

Corrélation et antinomie entre risque environnemental et risque santé humaine dans les pratiques phytosanitaires : des indicateurs d'évaluation pour gérer les risques.

Mghirbi Oussama (1,2), Ellefi Kamel (1), Le Grusse Philippe (1), Fabre Jacques (3), Mandart Elisabeth (1), Ayadi Habiba (1,2), Bord Jean-Paul (2)

(1) CIHEAM-IAMM : Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 3191 Route de Mende, 34093

Montpellier cedex 5 – oussama.mghirbi@gmail.com ; (2) UM3, Route de Mende, 34199 Montpellier cedex 5 ;

(3) DIATAE, 3191 Route de Mende, 34093 Montpellier cedex 5.

Introduction

La France est le quatrième consommateur mondial de produits phytosanitaires et se situe au premier rang au niveau européen. L'agriculture à elle seule représente 90 % de ces utilisations. Plusieurs études ont montré que les molécules phytosanitaires sont une cause de disparition d'espèces animales et végétales de grand intérêt écologique, telles que les abeilles domestiques (1). Par ailleurs les phytosanitaires sont à l'origine d'un grand nombre d'intoxications aiguës et chroniques chez l'homme (2). Pour mener une politique de prévention des risques dus à l'emploi de produits phytosanitaires, il est nécessaire de disposer de critères d'évaluation de ces risques. Les politiques actuelles de réduction des produits phytosanitaires en France, tel que le Plan Ecophyto 2018, utilisent essentiellement des indicateurs « de pression » (3), dont l'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) qui ne reflète pas les risques liés à la toxicité des produits sur la santé humaine et l'environnement. En complément aux indicateurs de pression (IFT, NODU, QSA), il existe des indicateurs dits d'impacts (4) qui ont été développés pour permettre d'évaluer les risques des pesticides sur l'environnement et qui sont calculés à partir d'une charge de phytosanitaires. Ces indicateurs ne tiennent pas compte de la spécificité des matières actives et de leur toxicité. D'autres travaux sont orientés vers des indicateurs spécifiques à un seul organisme non-cible ou à un seul compartiment naturel. La littérature montre ainsi le manque d'indicateurs globaux (5) génériques, simples et modulables.

Sur les territoires, les différents acteurs de terrain (agriculteurs, gestionnaires, techniciens de chambres d'agriculture et de coopératives, etc.) expriment le besoin d'indicateurs de gestion des risques des pratiques phytosanitaires, qui doivent être synthétiques et adaptables aux circonstances de l'environnement récepteur et de la parcelle cultivée en permettant une utilisation à différentes échelles spatiales (parcelle culturale, exploitation jusqu'au territoire).

1. Conception des indicateurs de risque de toxicité : IRSA et IRTE

Le besoin d'outils opérationnels de terrain d'aide à la réflexion pour la gestion des risques phytosanitaires à la fois sur la santé humaine et sur les différents compartiments de l'environnement nous a conduit à développer, en se basant sur des travaux Norvégiens (6), Québécois¹, et du groupe de travail européen FOCUS (7, 8, 9), des indicateurs permettant d'évaluer les risques phytosanitaires au niveau de la santé humaine (IRSA : Indicateur de Risque sur la Santé de l'Applicateur, anciennement IRTH) (10) et de l'environnement (IRTE : Indicateur de Risque de Toxicité sur l'Environnement) (11). L'IRSA représente un indicateur à notation, générique et modulable suivant le cas d'application. Il évalue les toxicités aiguë et chronique des produits phytosanitaires en considérant les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des matières actives. Il exprime aussi le risque associé à l'utilisation du produit en considérant l'exposition liée au type de formulation, au milieu et à la technique d'application. L'IRTE est la somme de six variables évaluant les impacts éco toxicologiques sur les organismes vivants non-cibles (des invertébrés terrestres, les oiseaux, les organismes aquatiques) et les comportements physicochimiques dans le milieu récepteur (Mobilité, Persistance dans le sol et Bioaccumulation). Il attribue à ces variables un poids avant de les intégrer au calcul. Ces indicateurs à notation sont génériques et modulables suivant les pratiques phytosanitaires, l'échelle spatiale et les conditions du milieu physique. Pour automatiser les calculs de ces deux indicateurs, un logiciel de calcul « EToPhy² » a été développé. Ces indicateurs sont utilisés comme paramètres dans

¹ http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1504_IndicRisquesPesticides_2eEdition.pdf

² Logiciel EToPhy dépôt APP n° IDDN.FR.001.060017.000.D.C.2011.000.31500

des outils interactifs d'aide à la réflexion au niveau d'une exploitation agricole ou d'un territoire dans le cadre d'une approche participative.

2. Méthode du travail

Les études menées dans le domaine agricole sont basées sur la collecte des données auprès des coopératives, des chambres d'agriculture et de certains agriculteurs au Sud de la France et concernent les exploitations agricoles à vocation viticole et céréalière. A partir des données collectées, nous avons créé une base de données uniformisée et codée sur Access englobant tous les traitements phytosanitaires des systèmes de production des exploitations étudiées, ainsi que les différentes caractéristiques des intrants utilisés pour chaque système dans la région étudiée. Cette base de données nous a permis de calculer les indicateurs de risque de toxicité au niveau des exploitations agricoles selon leurs pratiques phytosanitaires.

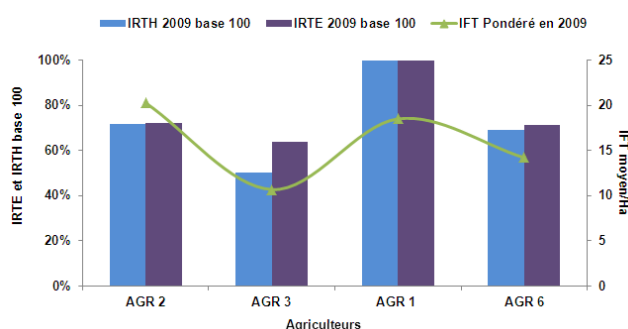
Le travail conduit sur les itinéraires techniques de vigne (raisins de cuve) et en grandes cultures (céréales) permet de comparer la valeur des indicateurs de risque de toxicité (IRSA et IRTE) à différents niveaux. Tout d'abord au niveau des exploitations sur plusieurs années pour déterminer s'il existe une variabilité interannuelle entre agriculteurs, pour les différents cépages de vigne et entre quelques types de céréales étudiés. Ensuite, au niveau des ITK individuels, une analyse de la variabilité entre les valeurs d'IFT et celles des indicateurs de risque des produits utilisés, a été faite pour comparer ces indicateurs et déterminer s'il y a des corrélations entre eux. En effet, nous avons procédé par l'évaluation de la contribution de chaque produit dans la valeur globale du risque de toxicité (IRSA et IRTE) et de la pression phytosanitaire (IFT) sur les parcelles étudiées. En troisième niveau d'analyse, chaque indicateur de toxicité a été décliné en sous indicateurs permettant d'identifier la part de toxicité aiguë et chronique, des produits phytosanitaires utilisés, dans la valeur d'IRSA, ainsi que leur part de toxicité dans chaque compartiment de l'environnement (air, eau, sol) dans la valeur d'IRTE. Le calcul de la part de l'IRTE terrestre (sol), oiseau (air) et aquatique (eau) ne tient compte que des notes d'écotoxicité et ne prend pas en considération la mobilité, persistance et la bioaccumulation de la matière active. La détermination de ces sous indicateurs est établie par rapport à la somme des notes maximales d'écotoxicité des trois compartiments.

3. Diagnostic des pratiques phytosanitaires et analyse de la variabilité des indicateurs

3.1. Diagnostic globale des pratiques phytosanitaires des exploitations de vigne

L'analyse globale de la variabilité des indicateurs IFT, IRSA et IRTE interannuelle et entre les agriculteurs montre qu'il y a une corrélation globale entre ces indicateurs (Figure 1). La variabilité entre agriculteurs, est illustrée en 2009 entre les agriculteurs 1 et 3 : alors qu'il y a une corrélation globale entre les 3 indicateurs pour chaque agriculteur, l'AGR 1 possède un IFT, un IRSA et un IRTE élevés par rapport à ceux de l'AGR 3. D'autre part, au niveau de l'analyse de la variabilité interannuelle, l'exemple de l'AGR 3 nous montre une augmentation globale des indicateurs entre 2009 et 2010 puis une diminution entre 2010 et 2011 suggérant un problème d'attaque de ravageurs particulier en 2010. Une première analyse entre les différents cépages (Merlot, Carignan, Cinsault, Grenache, etc.) suggère qu'il n'existe pas de différence significative entre les cépages.

En conclusion, cette analyse globale au niveau des exploitations montre que la plus grande variabilité entre les indicateurs se situe au niveau des individus et reflète un choix de stratégie différent entre les agriculteurs.



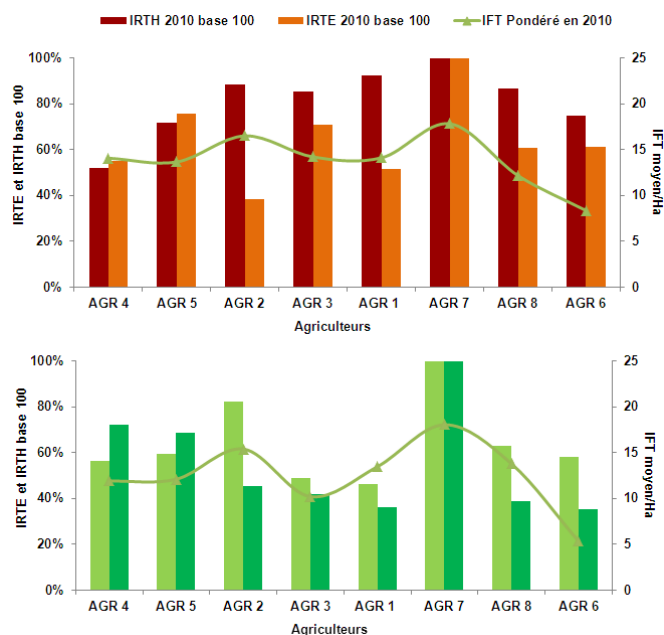


Figure 1. Variabilité des indicateurs IFT, IRSA et IRTE interannuelle et entre les exploitations viticoles (les valeurs maximales de l'IRSA et de l'IRTE ont été ramenées à 100%).

3.2.Exemple de diagnostic du risque de toxicité sur la santé humaine et l'environnement lié aux pesticides utilisés sur plusieurs itinéraires techniques

Après avoir analysé les variabilités à l'échelle des exploitations, nous avons détaillé les pratiques phytosanitaires au niveau des parcelles pour évaluer l'impact des produits utilisés sur la santé humaine (applicateur) et l'environnement. Fondé sur une analyse approfondie des itinéraires techniques (ITK) des viticulteurs, le tableau ci-dessous montre la variabilité des indicateurs (IFT, IRSA chronique et aigue, IRTE Terrestre, Oiseau et Aquatique) entre les années 2009 et 2011, en fonction des agriculteurs (AGR1, AGR 2 et AGR 3) et des cépages.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des indicateurs déterminés sur les parcelles étudiées.

	IFT/Ha	IRSA/Ha	IRSACH/Ha	IRSAa/Ha	IRTE/Ha	IRTE T/Ha	IRTE O/Ha	IRTE A/Ha
AGR 1 (Carignan, 2011)	16,7	12810	4290	8520	1957	573	206	1111
		100%	33%	67%	100%	30%	11%	59%
AGR 2 (Carignan, 2011)	17,1	18478	7936	10542	2841	982	446	1404
		100%	43%	57%	100%	35%	16%	49%
AGR 1 (Merlot, 2009)	20,2	27734	11048	16686	4043	1484	155	2381
		100%	40%	60%		37%	4%	59%
AGR 3 (Merlot, 2009)	8,9	10849	3469	7380	1145	120	72	952
		100%	32%	68%		11%	6%	83%
AGR 1 (Cinsault, 2009)	20,2	27734	11048	16685	4043	1484	155	2381
		100%	40%	60%		37%	4%	59%
AGR 2 (Cinsault, 2009)	20,7	19784	8072	11711	3939	1289	279	2312
		100%	41%	59%		33%	7%	60%

Nous avons choisi à analyser deux itinéraires techniques ayant presque la même pression phytosanitaire (IFT) pour l'année 2011 : les ITK des agriculteurs AGR 1 et AGR 2, sur leur parcelle de Carignan (Figures 2 et 5). Les résultats obtenus indiquent qu'il existe, pour certains produits, une corrélation entre l'IFT et l'IRSA (figure 2, fongicides 2, 7, 8), alors que pour la majorité des produits utilisés sur la parcelle il n'y a pas de corrélation entre ces deux indicateurs. En effet, le « Fongicide 10 » représente 17% de la valeur globale de l'IRSA sur la parcelle de Carignan à l'année 2011 pour l'agriculteur 1 (AGR 1), avec seulement une contribution de 6% dans la valeur globale de l'IFT. De même pour l'IRTE, le « Fongicide 5 » représente 17% de l'IRTE globale de la parcelle et 6% de l'IFT total. Dans ces 2 exemples, l'indicateur de pression est beaucoup plus faible que les indicateurs de toxicité ce qui soulève un problème dans le choix des politiques publiques de diminuer uniquement la quantité des produits phytosanitaires utilisés. Cette différence de contribution dans la pression et dans la toxicité des produits reflète l'importance d'avoir des indicateurs complémentaires à l'IFT pour mieux évaluer les impacts sur la santé humaine (applicateur) et l'environnement de chaque produit utilisé sur la parcelle. Enfin, la comparaison des indicateurs de toxicité (IRSA et IRTE) indique que les produits qui contribuent le plus dans la valeur globale de l'IRSA, ne sont pas forcément les mêmes qui ont un poids important dans la valeur globale de l'IRTE ce qui montre qu'il peut y avoir antinomie entre risque environnemental et risque sur la santé des agriculteurs.

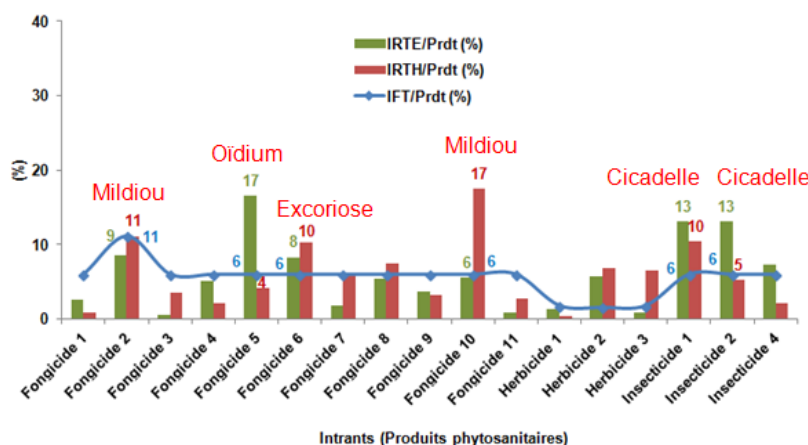


Figure 2. Contribution des produits dans la valeur de l'IRSA globale des pratiques phytosanitaires sur la parcelle de Carignan (AGR_1, année agricole 2011).

Ces exemples montrent que l'indicateur de pression IFT, même s'il est globalement corrélé aux indicateurs de toxicité au niveau des exploitations, ne l'est pas au niveau des itinéraires individuels, ce qui permet d'avoir un levier d'action dans la gestion des produits phytosanitaires dans le choix des produits. Basée sur l'analyse des pratiques phytosanitaires selon les cibles, la figure 2 montre que les fongicides 2 et 10, qui ont comme cible le mildiou, représentent 28% de la valeur de l'IRSA globale et 15% de celle de l'IRTE globale. De même, les insecticides 1 et 2 contribuent à 15% de l'IRSA globale et à environ 25% de la valeur de l'IRTE total. D'une façon globale, au niveau de cet ITK, nous constatons que la part des fongicides dans la valeur des indicateurs de risque de toxicité semble importante par rapport à celle des autres produits utilisés (insecticides et herbicides). En effet, la part de risque de toxicité des fongicides présente 69% de la valeur de l'IRSA globale et 59% de celle de l'IRTE de la parcelle. Par ailleurs, la figure 3 montre la part de la toxicité aiguë et de la toxicité chronique de l'IRSA pour chaque produit utilisé dans l'itinéraire précédent. Quatre produits sur 17 (les fongicides 2, 6 et 10 et l'insecticide 1) contribuent à environ 50% de la valeur globale de l'IRSA (Figure 2). Le risque de toxicité sur la santé d'applicateur pour l'ITK de l'agriculteur 1 s'agit essentiellement de la toxicité aiguë, qui dépasse les 50% dans la part de toxicité pour chaque produit, excepté pour l'herbicide 2 et le fongicide 3 (Figure 3). L'IRSA aiguë de l'itinéraire est de 8520 (67% de l'IRSA globale de la parcelle), alors que l'IRSA chronique est égale à 4290 (33% de l'IRSA globale de la parcelle). La décomposition de l'IRSA en deux sous indicateurs IRSA aiguë et chronique permet à l'agriculteur de mieux connaître les caractéristiques de chaque produit utilisé et mieux gérer ces stratégies de choix des pesticides utilisés.

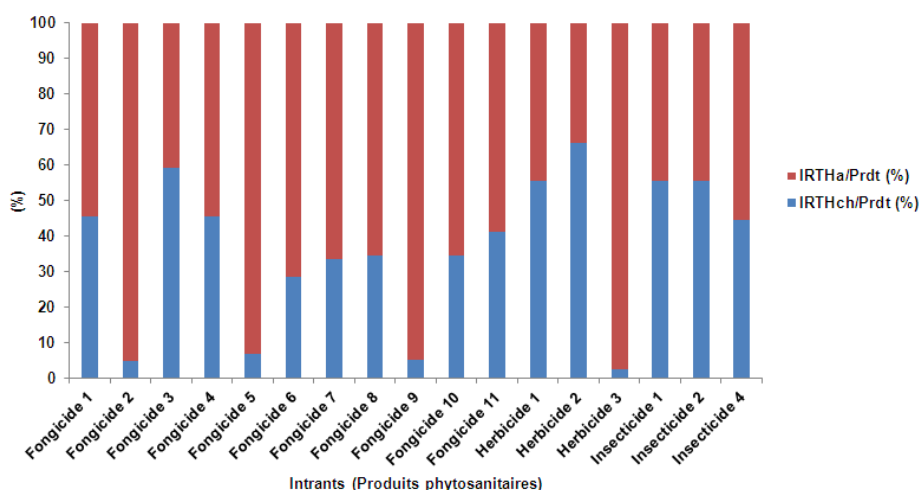


Figure 3. La part de la toxicité aigüe et chronique des produits utilisés sur la parcelle de Carignan (AGR_1, année agricole 2011).

La figure 4, nous permet d'avoir une idée sur la part de toxicité de chaque produit utilisé sur la parcelle dans les différents compartiments de l'environnement : air (oiseaux), eau (organismes aquatiques) et sol (organismes terrestres). Nous remarquons que la majorité des produits ont une part de toxicité aquatique élevée qui peut atteindre 100% de l'IRTE du produit. En désagrégeant l'IRTE global selon les compartiments de l'environnement, on peut évaluer l'impact des pratiques phytosanitaires au niveau de la parcelle (tableau 1) sur l'environnement comme suit : l'IRTE aquatique correspond à 59% de l'IRTE global, l'IRTE oiseau à 11% et l'IRTE terrestre à 30%. La désagrégation de l'IRTE en trois sous indicateurs permet aux gestionnaires du territoire d'établir des plans de protection de la biodiversité (faune et flore) et la gestion de la toxicité dans les milieux naturels.

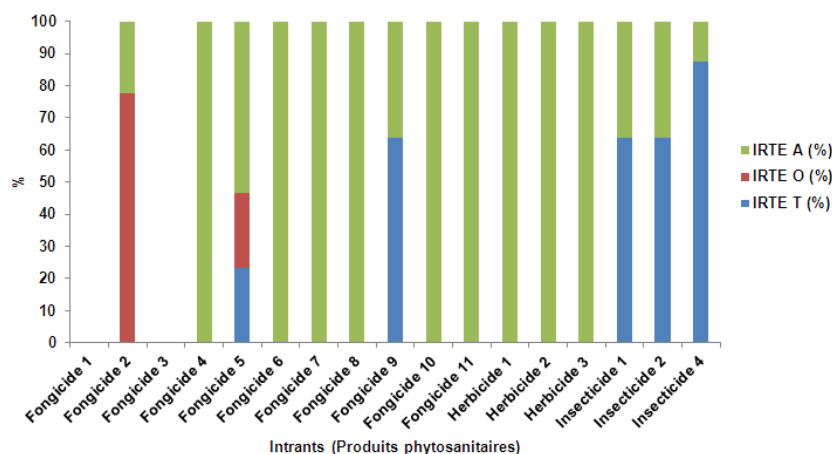


Figure 4. La part de la toxicité des produits utilisés sur la parcelle de Carignan dans chaque compartiment de l'environnement (AGR_1, année agricole 2011).

La comparaison des pratiques phytosanitaires de l'AGR 1 avec celles de l'AGR 2 (tableau 1) au niveau des itinéraires techniques (ITK) du même cépage (Carignan) et pour la même année (2011), montre que les 2 agriculteurs utilisent le même nombre de produits et qu'ils ont un IFT similaire (16,7 et 17,1). Cependant le risque sur la santé de l'applicateur est supérieur d'environ 45% chez l'agriculteur 2 (IRSA=18478) par rapport à celui de l'agriculteur 1 (IRSA = 12810). Cette première constatation montre que l'AGR 2 utilise des produits plus toxiques, au niveau santé humaine, que l'AGR 1. La figure 5 montre que les trois fongicides (1, 3 et 7) et l'insecticide 1 contribuent à 70% de la valeur globale de l'IRSA (18478) et à presque 40% de l'IFT total de la parcelle. Au niveau de l'analyse des produits individuels (figure 5), le manque de corrélation entre les 3 indicateurs reste

toujours visible pour la majorité des produits utilisés, comme par exemple l'« Insecticide 1 » représentant 25% de l'IRSA globale et 6% de l'IFT global. Les fongicides 3 et 7 présentent des contributions très différentes entre le risque santé pour l'applicateur et le risque environnemental, montrant, comme dans le cas de l'agriculteur 1, une antinomie entre le risque santé et le risque environnemental pour certains produits.

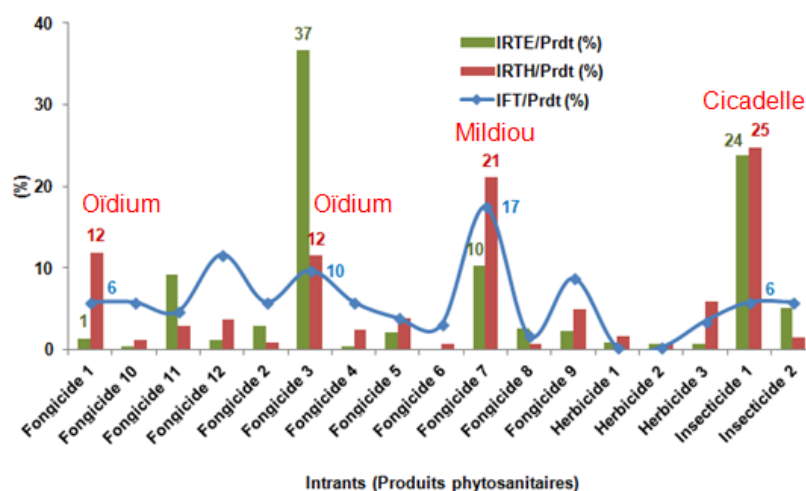


Figure 5. Contribution des produits dans la valeur de l'IRSA globale des pratiques phytosanitaires sur la parcelle de Carignan (AGR_2, année agricole 2011).

Concernant l'analyse des pratiques phytosanitaires selon les cibles, la figure 5 nous montre que les deux produits « Fongicide 1 et 3 », qui ont comme cible l'oïdium, représentent 24% de la valeur de l'IRSA globale et 38% de celle de l'IRTE globale. De même, pour l'« Insecticide 1 » qui contribue à 25% de l'IRSA globale et à 24% de l'IRTE globale. D'une façon globale, au niveau de cette ITK, nous constatons que la part de risque de toxicité des fongicides présente plus que 65% de la valeur de l'IRSA globale et de celle de l'IRTE de la parcelle.

Conclusion

La démarche participative que nous avons développée permet de définir de nouveaux leviers de gestion dans le choix des produits phytosanitaires en fonction des impacts sur la santé humaine (applicateur) et la biodiversité et de quantifier les corrélations et les antinomies des produits de traitement en terme de risque environnemental et de santé humaine (applicateur) permettant ainsi de rechercher des compromis en terme de stratégie de protection des cultures.

Par ailleurs, l'analyse de variabilité entre les valeurs d'IFT et celles des indicateurs de risque de toxicité a permis de montrer également des cas de corrélation entre ces indicateurs et des antinomies montrant l'utilité d'établir des indicateurs de risque de toxicité pour une meilleure gestion des pratiques phytosanitaires. En terme de gestion, ces analyses comparées permettent de construire des raisonnements localisés en terme de stratégie de choix de produits, de leur alternance et de recommandation sur des délais de retour dans les pratiques phytosanitaires.

Tableau annexe. Caractéristiques physico-chimiques des produits utilisés dans les ITK étudiés.

ITK_AGR 1

Produit_Phyto	Matière Active	Formulation
Fongicide 1	Tétraconazole	Concentré émulsionnable
Fongicide 2	Cuivre de l'hydroxyde de cuivre	Granulé dispersable
Fongicide 3	Tébuconazole	Emulsion de type aqueux
Fongicide 4	Trifloxystrobine	Granulé dispersable
Fongicide 5	Soufre pour pulvérisation (micronisé)	Granulé dispersable
Fongicide 6	Folpel	Granulé dispersable

	Fosétyl-Aluminium	
Fongicide 7	Spiroxamine	Concentré émulsionnable
	Tébuconazole	
Fongicide 8	Bénalaxyl-M	Granulé dispersable
	Folpel	
Fongicide 9	Spiroxamine	Concentré émulsionnable
Fongicide 10	Cymoxanil	Poudre mouillable
	Mancozèbe	
Fongicide 11	Krésoxim-méthyl	Granulé dispersable
Herbicide 1	Penoxsulame	Emulsion de type huileux
Herbicide 2	Oxyfluorène	Suspension concentré
	Propyzamide	
Herbicide 3	Glyphosate	Concentré soluble
Insecticide 1	Alphaméthrine	Concentré émulsionnable
Insecticide 2	Alphaméthrine	Granulé dispersable
Insecticide 4	Indoxacarbe	Granulé dispersable

ITK_AGR 2

Produit_Phyto	Matière Active	Formulation
Fongicide 1	Triadiménol	Emulsion de type aqueux
Fongicide 10	Pyriméthanil	Suspension concentré
Fongicide 11	Soufre pour pulvérisation (micronisé)	Granulé dispersable
Fongicide 12	Krésoxim-méthyl	Granulé dispersable
Fongicide 2	Quinoxifène	Suspension concentré
Fongicide 3	Soufre sublimé	Poudre pour poudrage
Fongicide 4	Tébuconazole	Emulsion de type aqueux
Fongicide 5	Cuivre de l'hydroxyde de cuivre	Granulé dispersable
Fongicide 6	Acide phosphoreux	Concentré soluble
Fongicide 7	Diméthomorphe	Granulé dispersable
	Folpel	
Fongicide 8	Métirame-zinc	Granulé dispersable
Fongicide 9	Iprodione	Granulé dispersable
Herbicide 1	Oxyfluorène	Concentré émulsionnable
Herbicide 2	Flazasulfuron	Granulé dispersable
Herbicide 3	Glyphosate	Concentré soluble
Insecticide 1	Cyperméthrine	Autres liquides
Insecticide 2	Indoxacarbe	Granulé dispersable

Références Bibliographiques

- (1) **Réseau d'Avertissements Phytosanitaires (RAP), 2009.** Protégeons les abeilles des pesticides. Bulletin d'information; Ordre Général N°02- 12 juin 2009 : <http://agrireseau.qc.ca/rap>.
- (2) **Costello S, 2008.** Department of Environmental Health Sciences, School of Public Health, University of California, Berkeley. Sept 2008, p 5.
- (3) **Pingault N., Pleyber E., Champeaux C, Guichard L., Omon B., 2009.** Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement (IFT). Notes et études socio-

économiques n° 32, mars 2009, pp. 61-94.

- (4) **Devillers, J., R. Farret, P. Girardin, J.-L. Rivière, and G. Soulias. 2005.** Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides Ed Tec et Doc
- (5) **Zham F., 2003.** Méthodes de diagnostic des exploitations agricoles et indicateurs : panorama et cas particuliers appliqués à l'évaluation des pratiques phytosanitaires. Ingénieries N° 33, Mars 2003, p 13- p 34.
- (6) **Spikkerud E., Terje Haraldsen, Abdelkarim Abdellaue and Marianne T. Holmen., 2004.** Pesticide Risk Indicators for Human Health and the Environment. Norwegian Food Safety Authority, National Centre of Plants and Vegetable Foods. 12 p.
- (7) **FOCUS, 1997.** Soil persistence models and EU registration. The final report of the work of the Soil Modelling Work group of FOCUS (Forum for the Co-ordination of pesticide fate models and their Use). 77 p.
- (8) **FOCUS, 2003(a).** Surface water scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC. Report prepared by the FOCUS Working Group on Surface Water Scenarios
- (9) **FOCUS, 2003(b).** Appendix I., steps 1-2 in FOCUS user manual. 28 p. <http://viso.ei.jrc.it/focus/>
- (10) **Le Grusse Philippe, Mandart Elisabeth, Ayadi Habiba, Fabre Jacques (2012) :** L'Indicateur de Risque de Toxicité Humaine (IRTH) Colloque Phyto-Santé 17 Décembre 2012, Venours, Poitou Charentes (86).
- (11) **Ayadi H, Le Grusse P, Fabre J, Mandart E, Bouaziz A, Bord J-P (2012) :** Indicateurs et diagnostic de la pollution phytosanitaire diffuse d'origine agricole : construction d'un indicateur de risque de toxicité environnementale (IRTE). Actes 42ème Congrès du Groupe Français des Pesticides : Poitiers.