

Instruments de mesure de l'utilisation de produits phytosanitaires dans un contexte de développement durable

Luc Pussemier ⁽¹⁾, Walter Steurbaut ⁽²⁾

⁽¹⁾ Département Qualité et Sécurité. Centre d'Étude et de Recherches vétérinaires et agrochimiques. Leuvensesteenweg 17. B– 3080 Tervuren (Belgique).

⁽²⁾ Laboratorium voor Fytofarmacie. Vakgroep Gewasbescherming. Universiteit Gent. Coupure links 653. B – 9000 Gent (België).

Reçu le 3 février 2004, accepté le 19 avril 2004.

Pour mesurer les progrès réalisés en termes de développement durable dans les stratégies de protection phytosanitaire nécessitant l'usage de produits phytopharmaceutiques, des indicateurs sont proposés qui, suivant les objectifs fixés, peuvent être simples (valeur chiffrée directement disponible) ou de complexité croissante (ensemble de valeurs obtenues à l'aide d'algorithmes plus ou moins complexes). Les indicateurs les plus simples sont les indicateurs d'utilisation (tonnage utilisé dans une entité géographique déterminée, nombre de traitements par saison). Malgré des avantages évidents (facilité de calcul), ces indicateurs présentent des faiblesses car ils ne permettent pas de mettre en évidence des tendances en termes d'impact des produits phytosanitaires sur l'homme (en tant qu'applicateur de traitement, travailleur agricole, consommateur de denrées traitées) ou sur l'environnement (effets préjudiciables sur le sol, l'eau, l'air et sur les organismes qui y sont présents). Le présent article décrit un certain nombre d'indicateurs d'utilisation (Tonnage, Fréquence), de pression sur le sol et les eaux (SEPTWA) et d'impact (Seq, SyPEP, POCER), utilisés en Belgique en tant qu'instruments de mesure du développement durable. Des exemples d'applications sont présentés dans le cadre de la lutte intégrée. Ils portent sur le choix de substances actives, de produits commerciaux, de modalités d'application et de schémas de traitement identifiés par ces indicateurs comme étant les plus sûrs pour l'homme et les plus respectueux pour l'environnement.

Mots-clés. Produits phytosanitaires, protection des cultures, indicateurs, développement durable, lutte intégrée, toxicité, environnement, Belgique.

Instruments aimed to measure pesticide use in the framework of sustainable development. Indicators are proposed in order to be able to measure progress towards sustainability in crop protection strategies requiring the use of pesticides. According to the fixed objectives, such indicators can be either simple (figure easily obtainable) or more complex (set of figures obtained using more or less complex algorithms). The most simple indicators are indicators of use (tonnage which has been used in a well defined geographic area, number of treatments during a cropping season). While interesting for their simplicity and for their readily availability, those indicators present some drawbacks because they do not allow to take into account trends in the impact of pesticides on man (as a pesticide applicator, as an agricultural worker or as a consumer of treated foodstuffs) or on the environment (harmful effects on soil, water, air and on the organisms living therein). The present paper describes a set of indicators related to the usage (Tonnage, Frequency of application), to the soil and water pressure (SEPTWA) and to the impact (Seq, SyPEP, POCER), that has been used in Belgium in order to measure some progress towards sustainable development. Examples of application are provided in the framework of Integrated Pest Management. They deal with the choice of active ingredients, commercial preparations, application modes and treatment schemes that, using such indicators, are identified as safer for man and for the environment.

Keywords. Pesticides, crop protection, indicators, sustainable development, IPM, toxicity, environment, Belgium.

1. INTRODUCTION

Les produits de protection des plantes sont utilisés de façon intensive depuis plus d'un demi-siècle pour maintenir voire augmenter le niveau de production

agricole et horticole ainsi que pour assurer l'approvisionnement en denrées alimentaires de qualité répondant aux critères sanitaires les plus stricts. Bien que les modes d'action et les modalités d'application des produits phytosanitaires soient en

continue amélioration, ces produits restent sujets à discussion en raison du danger potentiel qu'ils peuvent présenter vu leurs propriétés (éco)toxicologiques. De nos jours, on consacre beaucoup d'efforts pour un usage plus responsable de ces produits afin d'assurer le caractère durable de la production agricole. Dans cette quête de la durabilité il est impératif de pouvoir mesurer les progrès accomplis à l'aide de paramètres quantitatifs et reposant sur des bases scientifiques. Le présent article décrit des recherches réalisées en Belgique en vue de développer un set d'indicateurs d'application universelle (agricole ou non-agricole, échelle de la parcelle ou de l'exploitation ou de la région). Ce travail a trouvé un accueil favorable tant au niveau des Régions et du Fédéral que dans les cercles européens et internationaux, et a été couronné en 2003 par le prix de l'Institut Phytifar pour la recherche sur le développement durable. La recherche scientifique de support à la prise de décision démontre que la connaissance scientifique et l'expérience peuvent contribuer à un usage plus responsable de produits phytosanitaires et au développement d'une protection des végétaux durable.

2. DÉVELOPPEMENT D'INDICATEURS POUR LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

L'utilisation de produits phytosanitaires peut être évaluée à deux niveaux.

- L'estimation de l'utilisation par la manipulation des données d'input (par ex. kg/an) ou des fréquences d'application (par ex. nombre de traitements/an).
- L'estimation du risque lié au traitement pour la santé (de l'applicateur, du consommateur, etc.) ou pour l'environnement (sol, eau, faune et flore, etc.). En outre, la combinaison de plusieurs indicateurs de risque offre des possibilités supplémentaires pour l'obtention de systèmes d'évaluation plus complexes que sont les PIAS (*Pesticide Impact Assessment Systems*).

2.1. Les indicateurs d'utilisation et d'exposition

Les indicateurs d'utilisation appartiennent au premier type de paramètres développés pour évaluer l'intensité d'utilisation de produits phytosanitaires. Ces indicateurs sont d'une grande simplicité et ne nécessitent que peu de données d'entrée (inputs). Bien qu'ils soient un moyen de mesure de l'utilisation des produits phytosanitaires, ils ne donnent pas d'information sur l'impact ni sur les effets secondaires et leur impact nuisible. À côté des chiffres classiques d'utilisation (kg/ha ou kg/an) on met également en exergue la fréquence de traitement (FA = *Frequency of Application*). Celle-ci représente une mesure de l'intensité des applications basée sur une dose

standard. Le gros inconvénient de ce dernier indicateur provient du fait que l'on suppose qu'un "traitement" correspond à une application d'un produit bio-actif sur le champ. En fait, la FA pénalise, d'une part, les traitements améliorés qui font appel à des doses réduites, et privilégie, par ailleurs, les applications qui requièrent des substances actives plus persistantes, nécessitant moins d'applications en comparaison avec leurs alternatives moins biodégradables (Van Bol *et al.*, 2003).

Les indicateurs d'exposition sont destinés à fournir des informations quantitatives sur la présence de produits phytosanitaires dans différents compartiments de l'environnement. SEPTWA (*System for the Estimation of Pesticide Transfer to Waters*) a été développé au CERVA (Centre d'Étude et de Recherches vétérinaires et agronomiques) en vue de prévoir l'exposition du milieu aquatique aux produits phytosanitaires dans les conditions prévalant en Belgique (Pussemier, Beernaerts, 1999). Cet indicateur d'exposition présente la particularité d'être basé sur des données géographiques d'utilisation des produits phytosanitaires (usages agricoles et non agricoles), des données agronomiques (cultures, protection phytosanitaire) et hydro-pédo-climatiques (types de sols, précipitations, bassins versants). Typiquement, SEPTWA fournit des données quantitatives à l'échelle du bassin versant sur les produits phytosanitaires susceptibles de se retrouver dans les eaux superficielles et souterraines. Cet indicateur d'exposition est utilisé par les autorités en vue de soutenir leur politique d'autorisation des produits et pour la mise en place de programmes de surveillance.

2.2. Les indicateurs d'impact

La grande différence avec les indicateurs d'utilisation provient du fait que les indicateurs d'impact tentent de mesurer non seulement l'usage mais aussi certaines influences et effets imputables aux traitements. Cet impact peut se situer au niveau de diverses influences sur l'environnement mais aussi au niveau des risques toxicologiques plus récemment cernés lors du traitement ainsi que des risques pour le consommateur des denrées alimentaires traitées. Suivant que l'évaluation porte sur un seul aspect ou sur une combinaison d'aspects, on fera respectivement appel à des indicateurs d'impact de type simple ou de type multiple. Ce dernier type est également souvent désigné par le vocable *Pesticide Impact Assessment Systems* (PIAS) du fait qu'il s'agit d'une intégration de plusieurs indicateurs simples dans un système d'évaluation basé sur une approche d'estimation du risque. Pour ce faire, le poids des différents indicateurs

simples est évalué par jugement d'expert en vue de pouvoir prendre en compte leur importance relative. Malgré cette composante subjective, il est clair que de tels systèmes peuvent fournir une contribution importante dans les stratégies de maîtrise des risques liés aux produits phytosanitaires (Lévitan, 1997).

Le Seq. Un des aspects secondaires importants liés à l'utilisation de produits phytosanitaires est la contamination des eaux superficielles. Afin de pouvoir évaluer celle-ci, il a été proposé en 1990 de considérer cet aspect comme étant essentiel (De Smet, Steurbaut, 2002). Vu le manque de données suffisantes et précises, des indicateurs simples ont été proposés tels que le Seq. Ce dernier est en fait un paramètre d'utilisation mais corrigé ou pondéré sur base de la persistance (temps de demi-vie, $t_{1/2}$) et de la concentration maximale tolérable (MTC) pour les organismes aquatiques. MTC est la plus petite des trois valeurs expérimentales suivantes : LC50 (toxicité aiguë pour poissons, c'est-à-dire concentration pour laquelle on observe 50 % de mortalité), EC50 (effets sur crustacés comme, par exemple, concentration à laquelle on observe l'immobilisation pour 50 % de la population exposée) et NOEC (concentration maximale ne manifestant aucun effet sur algues exposées). La valeur de Seq s'obtient donc de la façon suivante :

$$\text{Seq} = \text{usage (kg)} \times t_{1/2} / \text{MTC.}$$

Les indicateurs compartimentaux POCER. Par la suite, un set de nouveaux indicateurs de risque a été développé sous l'acronyme POCER-1 (*Pesticide Occupational and Environmental Risk indicators, version 1*). Ces indicateurs sont basés sur des principes largement acceptés (Principes Uniformes de la directive 91/414/EC). Ils dérivent des bases fondamentales de l'analyse de risque en étant établis à partir du rapport entre, d'une part, l'estimation de l'exposition et, d'autre part, l'évaluation de l'effet de l'exposition. Ce rapport est fréquemment établi en prenant respectivement la PEC (*Predicted Environmental Concentration*) ou l'exposition humaine estimée, et la PNEC (*Predicted No Effect Concentration*), c'est-à-dire la concentration estimée ne manifestant aucun effet (éco)toxicologique (**Figure 1**).

Comme exemple, l'indicateur POCER pour organismes aquatiques est défini comme

$$\text{IR}_{\text{ORG. AQU.}} = \text{PEC}_{\text{INITIAL}} / \text{minimum (NORM}_{\text{ORG. AQU.}}) * 100$$

où minimum NORM_{ORG. AQU.} est la plus petite des 3 valeurs suivantes :

$$- 0,01 * \text{LC50}_{\text{POISSONS}}$$

$$- 0,01 * \text{EC50}_{\text{DAPHNIES}}$$

$$- 0,1 * \text{NOEC}_{\text{ALGUES}}$$

et $\text{PEC}_{\text{INITIAL}}$ la concentration initiale dans l'eau de surface (mg/l) d'un fossé jouxtant le champ, obtenue par la relation

$$[0,1 * D * (\text{drift}/d_{\text{FOSSÉ}})] * [(1-\text{FN})/(1-F)]$$

dans laquelle

- D = dose maximale appliquée (kg s.a./ha)
- drift = pourcentage de dérive (%)
- $d_{\text{FOSSÉ}}$ = profondeur du fossé (m) (par défaut = 0,3)
- N = nombre de traitements
- $F = e^{-k * t}$ ($k = \ln(2/\text{DT50}_{\text{EAU}})$; t = nombre de jours entre 2 traitements).

En se basant sur ce principe, une série d'indicateurs a été développée, indicateurs qui sont d'application pour divers aspects et effets secondaires des produits phytosanitaires. Ils sont conçus de telle façon qu'une valeur de 1 corresponde au *maximum permissible level* (MPL) et une valeur de 0 à un effet négligeable. Tenant compte de divers aspects liés à l'application (dose, formulation, mode d'application) et de facteurs environnementaux (sol, période de traitement, vêtements de protection, etc.) des scores sont obtenus en vue

- de la caractérisation du risque, lors du traitement, pour l'applicateur, les personnes se trouvant dans le voisinage (spectateur) et l'ouvrier agricole (employé) ;
- de la caractérisation du risque pour les organismes présents dans les eaux superficielles, le lessivage vers les eaux souterraines, les organismes telluriques, la persistance, les oiseaux, les abeilles et les arthropodes utiles utilisés en IPM (*Integrated Pest Management*) ;
- de la caractérisation du risque pour le consommateur.

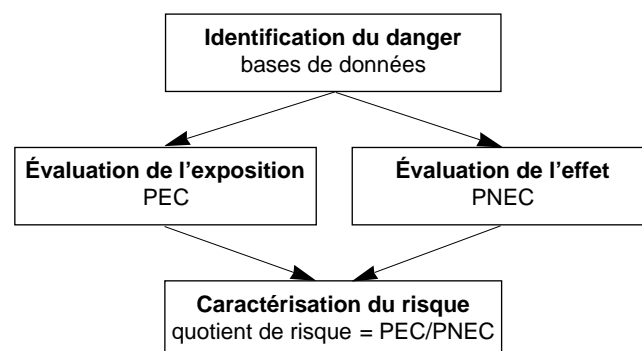


Figure 1. Évaluation du risque pour les produits phytosanitaires : principe des indicateurs POCER — *Risk assessment for pesticides: principle of the POCER indicators.*

Ces divers indices du risque peuvent être visualisés à l'aide d'un diagramme-radar dans lequel chaque direction donne un indice allant de 0 (centre) à 1 (marge extérieure) comme illustré dans la **figure 2**.

Les indicateurs compartimentaux SyPEP ou *System for the Prediction of Environmental impact of Pesticides* constituent un ensemble d'indicateurs d'impact qui a été développé parallèlement au système POCER (Pussemier, 1999). SyPEP est un indicateur

qui se focalise sur le compartiment aquatique en distinguant les eaux souterraines des eaux superficielles, d'une part, et les effets à court terme des effets à long terme, d'autre part. Le principe de calcul des indicateurs est similaire à celui présenté à la **figure 1** qui sert de base au calcul de POCER. En revanche, SyPEP se singularise du fait que l'exposition est estimée suivant des scénarios originaux et fidèles aux conditions prévalant en Belgique car le système prend en compte toutes les

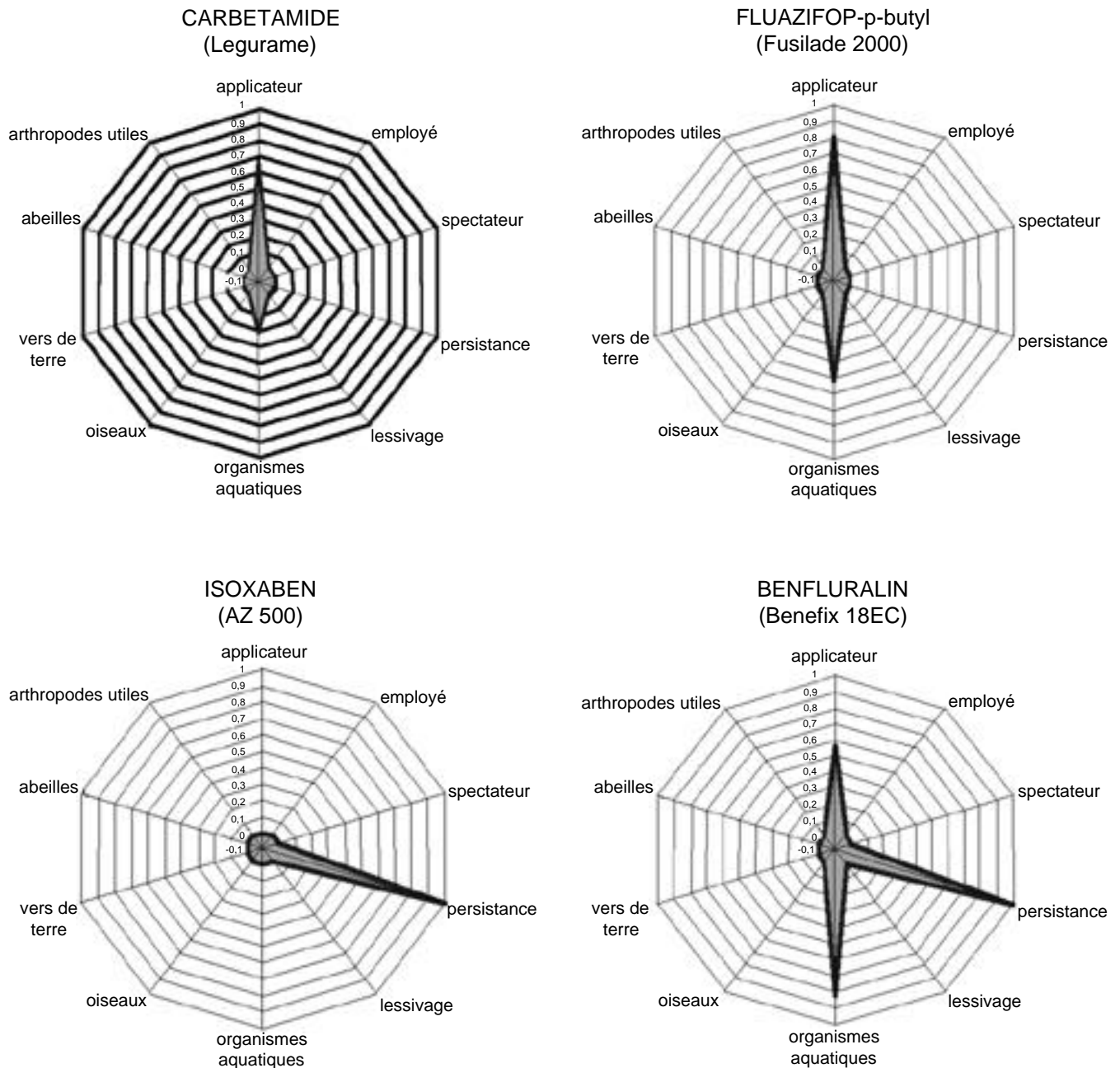


Figure 2. Exemple de présentation des résultats à l'aide des indicateurs POCER-1 — *Example of results presentation with the POCER-1 indicators.*

voies de transfert pertinentes, en ce compris les pertes ponctuelles générées par le non-respect des bonnes pratiques agricoles. SyPEP a fait l'objet d'une étude comparative dans le cadre d'un projet européen (*Concerted Action for Pesticides Environmental Risk Indicators*) ce qui a permis de valider les bases scientifiques du concept et de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres indicateurs, à l'aide de scénarios communs (Reus *et al.*, 2002).

Les indicateurs d'impacts multiples et les PIAS.

Une combinaison judicieuse de divers indicateurs compartimentaux conduit en définitive à l'obtention d'un système d'analyse d'impact. Dans l'approche POCER-1, on a donné à l'origine un poids équivalent à chaque indicateur et son compartiment. Vu qu'il y avait trois indices pour la caractérisation de l'exposition de l'homme et sept pour les effets sur l'environnement, POCER-1 se répartissait sur les deux classes de risques suivant un rapport de 3/7.

Une variante de POCER-1 a été développée pour les usages non agricoles (voirie publique, chemins de fer, etc.), variante dans laquelle des facteurs de pondération (FP) ont été appliqués sur les différents indices. Dès lors, le compartiment "risque pour l'homme" [applicateur (FP = 3), employés (FP = 1) et personnes exposées secondairement telles que les enfants (FP = 1) occupés à jouer et les spectateurs (FP = 2)] se trouve, cette fois, dans un rapport de 7/14 vis-à-vis des risques pour l'environnement [persistance (FP = 3), lessivage (FP = 3), organismes aquatiques (FP = 3), oiseaux (FP = 1,5), vers de terre (FP = 1,5), abeilles (FP = 1), arthropodes utiles (FP = 1)].

Actuellement, le système POCER connaît de nouveaux développements qui devront conduire à une nouvelle version (POCER-2) du PIAS entièrement remodelée (augmentation du nombre de compartiments, amélioration de l'attribution des scores basée sur la logique floue, introduction de modules d'agrégation dans le temps et l'espace, etc.) (Maraitte *et al.*, 2002).

3. APPLICATIONS DES INDICATEURS ET IMPORTANCE DE CEUX-CI EN TANT QU'INSTRUMENTS DE SUPPORT À LA PRISE DE DÉCISION

Les indicateurs capables d'évaluer l'utilisation et/ou l'impact des produits phytosanitaires sont des outils d'aide très importants pour la classification et l'évaluation des risques qui y sont liés. Dans le cadre d'une politique agricole durable, une pareille approche quantitative revêt une grande importance en vue de pouvoir suivre l'effet des mesures prises et afin de pouvoir mesurer les progrès accomplis vers un

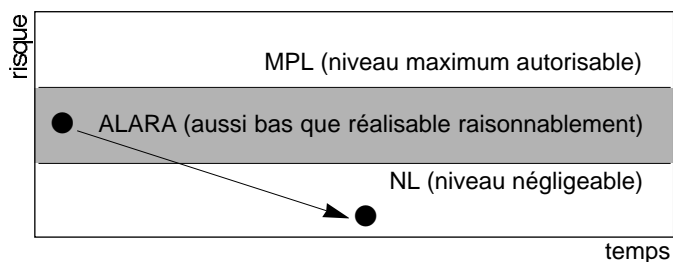


Figure 3. Valeurs seuil importantes pour limiter le risque des produits phytosanitaires — *Important thresholds limiting the risk of pesticides.*

système durable de protection des cultures, comme l'illustre la **figure 3**. L'objectif est de passer progressivement de la zone grise comprise entre MPL (*Maximum Permissible Level*, établi en conformité avec les principes généraux de gestion de risques) et NL (*Negligible Level*) vers un risque inférieur à NL sur base du principe ALARA (*“As Low As Reasonably Achievable”*). Il va de soi que cette approche est multifactorielle et qu'elle comprend aussi bien les aspects de faisabilité technique que les facteurs économiques (rapport coût-bénéfice et coût-efficacité), sociaux (disponibilité de la main-d'œuvre, conditions de travail), législatifs et même politiques. Il est clair qu'en cette matière les indicateurs quantitatifs sont très importants et même essentiels.

Les indicateurs tels que ceux présentés dans cet article constituent donc une contribution importante pour réduire l'impact des produits phytosanitaires, que ce soit dans un cadre imposé par l'autorité ou que ce soit dans un cadre volontaire. Ci-dessous sont présentés quelques exemples illustratifs et cas concrets.

3.1. Évaluation de l'utilisation des produits phytosanitaires

Dans le cadre de leurs recherches, les équipes de chercheurs ont à leur disposition les chiffres de vente des produits phytosanitaires en Belgique (compétences de l'ex-Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture). La ventilation de ceux-ci par groupes de produits phytosanitaires (insecticides, fongicides, herbicides) sur les Régions et sur les diverses classes de cultures (céréales, betteraves, pommes de terre, maïs, légumes, fruits, etc.) peut procurer nombre d'informations sur leurs utilisations et divers aspects complémentaires. Certaines relations en fonction du temps sont illustrées dans les **figures 4** et **5**.

Si pareille information de nature assez simple permet de générer toutes sortes d'outils d'aide à la prise de décision politique, il convient cependant de se munir de toute la prudence et connaissances nécessaires comme il apparaît à partir des constatations suivantes.

- L'évolution de l'utilisation des produits phytosanitaires en fonction du temps diffère suivant le critère

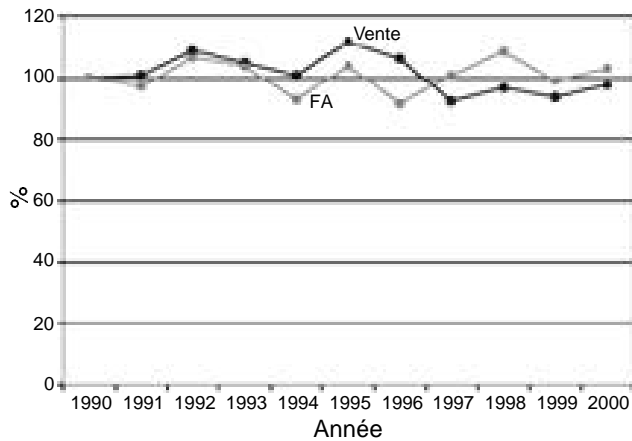


Figure 4. Relation entre l'indicateur de vente et l'indicateur de fréquence (FA) pour la Belgique (1990 = 100 %) — *Relation between the sale indicator and the frequency of application (FA) for Belgium (1990 = 100%).*

qui est appliqué. Ainsi, en Belgique, il apparaît que l'usage total (en kg ou en fréquence d'application, FA) ne varie pas de façon importante durant les deux dernières décennies et pourtant l'impact environnemental est bien en diminution (d'après le Seq) en raison de l'utilisation de produits plus respectueux de l'environnement.

- L'importance relative des divers groupes (ciblés) de produits phytosanitaires diffère suivant la nature de l'indicateur appliqué. L'ordre obtenu avec les quantités utilisées (herbicides>fungicides>insecticides) est complètement différent de celui obtenu à l'aide du Seq (insecticides>fungicides>herbicides) car dans ce dernier cas l'impact (sur les organismes aquatiques) prévaut.
- L'usage et l'impact sont beaucoup plus importants pour certaines cultures (pommes de terre, fructiculture, horticulture) que pour d'autres (céréales, betteraves, maïs).

L'indicateur Seq est utilisé comme norme en Flandre pour limiter l'usage des produits phytosanitaires. Les objectifs à moyen terme (MLTD-2005) visent, pour 2005, une réduction du Seq de 50 % par rapport à l'année de référence 1990. De la **figure 5**, il apparaît que cet objectif n'est, pour l'instant, pas encore atteint et que la distance par rapport à la cible est encore assez importante.

3.2. Évaluation du risque de l'utilisation de produits phytosanitaires au niveau de la parcelle, de la culture et de l'exploitation.

Sur base des schémas de traitements au niveau de la parcelle ou, tout en tenant compte des surfaces parcellaires, au niveau de l'exploitation, il est possible grâce à l'approche POCER de mesurer et d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires sous divers

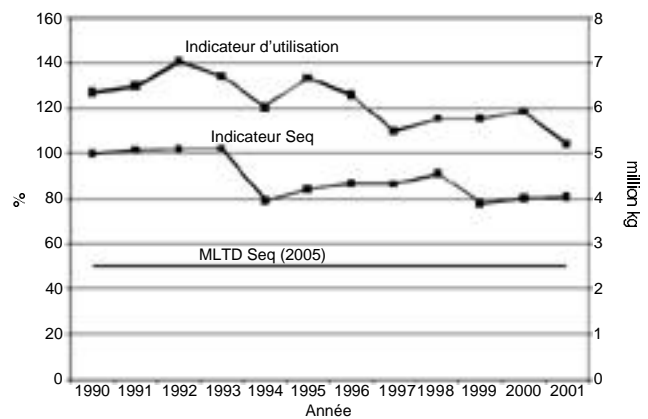


Figure 5. Relation entre l'indicateur d'utilisation (= vente) et l'indicateur Seq pour la Flandre (1990 = 100 %) et cible à atteindre (MLTD Seq 2005) compte tenu des dispositions politiques flamandes en matière de produits phytosanitaires — *Relation between the use indicator (= sale) and the Seq indicator for Flanders (1990 = 100%) and target to reach (MLTD Seq 2005) taking into account the Flemish political measures for pesticides.*

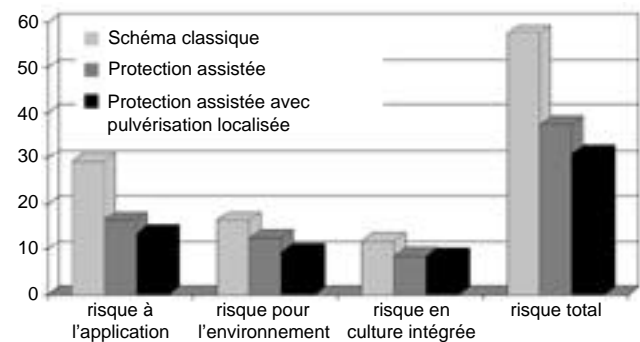


Figure 6. Comparaison entre le mode de protection conventionnel (schéma classique) et les modes de protection assistés (avec ou sans pulvérisation localisée) en culture de poireaux — *Comparison between the conventional crop protection mode and the stewarded crop protection modes (with or without furrow spraying) in leek crop.*

aspects. De cette façon, il est possible de comparer les schémas de traitements entre eux et de formuler des propositions pour un usage plus responsable et moins préjudiciable. La **figure 6** retrace, par exemple, les scores POCER-1 obtenus pour divers schémas de traitements tant dans la pratique conventionnelle que dans des parcelles traitées sur base de conseils et d'avertissements (protection assistée). Il en ressort qu'il existe encore actuellement beaucoup de possibilités de réduction de l'impact des produits phytosanitaires dans la pratique de tous les jours.

Au niveau de l'exploitation, divers scénarios de traitements ont été testés avec SyPEP en culture de pommes, de pommes de terre et de blé dans le cadre de l'action concertée européenne CAPER. Pour chaque

culture, les scénarios ont été choisis suivant le profil de l'agriculteur et sa propension à être très parcimonieux dans l'utilisation de produits (évite les traitements) ou, au contraire, à exagérer dans l'utilisation de produits (traite fréquemment) en passant par le type modéré qui peut être considéré comme un cas typique. Les résultats sont présentés dans le **tableau 1**.

On peut constater que, d'après SyPEP, les eaux superficielles sont plus sujettes aux risques (scores plus élevés) que les eaux souterraines. Si l'on considère les cas typiques (scénarios modérés), les effets sur les eaux augmentent suivant l'ordre de cultures : Blé < Pommes de terre < Pommes, dans le rapport 1 / 1,2 / 2,5. Par ailleurs, on constate qu'il y a davantage d'écart entre les scénarios extrêmes pour le blé (rapport de 1/6,6) suivi des pommes (1/3,1) et des pommes de terre (1/2,1). Le système permet donc de comparer des cultures entre elles et, au sein d'une culture, les schémas de traitements entre eux.

Au niveau de la culture, les données du **tableau 2** montrent comment, de nos jours, l'impact des produits phytosanitaires a diminué, dans la culture de chicons, de plus de 50 % par rapport à 1975, principalement suite à l'adoption de nouveaux produits (à impact négatif réduit) et à l'introduction des systèmes

Tableau 1. Examen de divers scénarios "culture/intensité lutte chimique" et résultats obtenus avec SyPEP — *Investigation of various scenarios "crop/intensity in the use of pesticides" and results obtained with SyPEP.*

Culture Scénario testé*	Score eaux superficielles	Score eaux souterraines	Score total
Pommes			
Évite les traitements	53	4	57
Modéré	105	13	118
Traite fréquemment	159	15	174
Pommes de terre			
Évite les traitements	33	8	41
Évite les anciens produits	58	5	63
Modéré	53	4	57
Traite fréquemment	50	10	60
Utilise les anciens produits	66	22	88
Blé			
Évite les traitements	7	3	10
Tendance à sous-traiter	36	8	44
Modéré	38	9	47
Tendance à sur-traiter	52	13	65
Traite très fréquemment	46	20	66

* Niveau d'utilisation des produits phytosanitaires dans le schéma de traitement.

Tableau 2. Réduction de l'impact des produits phytosanitaires dans la culture de chicons — *Reduction of the pesticide impact in the chicory crop.*

Indicateur POCER	1975	1990	2001	optimum*
Culture des racines				
applicateur	25,81	12,82	10,77	9,80
persistance	6,48	5,66	3,21	2,74
lessivage	6,75	2,00	4,00	4,00
organismes aquatiques	0,16	0,05	0,00	0,00
organismes telluriques	3,64	1,79	1,86	1,36
oiseaux	4,87	0,00	0,00	0,00
arthropodes utiles	0,36	1,49	0,36	0,36
	3,54	1,83	1,33	1,33
Conservation				
+ forcerie**	7,26	2,94	2,63	1,98
applicateur	4,87	1,79	1,31	0,66
employé	1,39	1,16	0,32	0,32
organismes telluriques	1,00	0,00	0,00	0,00
organismes aquatiques	0,00	0,00	1,00	1,00
Total	33,07	15,76	13,40	11,78

* autres s.a, vêtements de protection, zones de non pulvérisation, buses anti-dérive, etc.

** culture en pleine terre en 1975; hydroculture en 1990, 2001 et optimum.

d'hydroculture. Par l'optimalisation de certaines mesures réalisables dans la pratique telles que vêtements de protection, zones de non pulvérisation, buses anti-dérive, et autres, il est possible d'encore réduire l'impact.

Support aux systèmes de label. L'indicateur POCER peut être appliqué pour le support de systèmes de qualité et de labels de qualité en l'utilisant comme système de classification et/ou de sélection de produits phytosanitaires. Certains labels peuvent être orientés vers le respect de l'environnement alors que, pour d'autres labels, l'accent sera mis sur la compatibilité avec la lutte intégrée (IPM) ou d'autres aspects encore. Il est dès lors possible de réaliser un système adapté aux besoins du client grâce à une sélection appropriée d'indicateurs compartimentaux pondérés par un jugement d'experts. C'est ainsi que dans le mode de production Flandria, un label de qualité pour la production agricole et horticole belge, on accorde une attention toute particulière à certains compartiments environnementaux comme les eaux souterraines (lessivage), certains organismes sensibles et les arthropodes utiles (lutte intégrée). Les produits qui sont moins bien évalués pour ces aspects sur base des scores POCER sont classés comme interdits (rouge) ou "à éviter" (jaune) sur les fiches de traitement qui guident le système de qualité. Seuls les produits offrant toute sécurité (vert) sont autorisés sans restriction (sauf dispositions légales).

Instrument pour la réalisation de systèmes de protection de culture durable. De nos jours, il existe de nombreuses actions qui portent sur diverses mesures de restriction ou de correction et qui devraient conduire à une réduction des effets secondaires des produits phytosanitaires. Un inventaire succinct de pareilles mesures actuellement réalisables avec les moyens disponibles est donné ci-dessous.

- Code des Bonnes Pratiques Agricoles (Code BPA).
- Moins de formulations à risque.
- Vêtements de protection.
- Buses anti-dérive.
- Combinaison de mesures BPA.
- Produits alternatifs.
- Schéma de traitements intégrés.
- Utilisation de semences traitées (ex. chlorpyrifos).
- Désherbage mécanique des champs de production.
- Systèmes d'avertissement pour la lutte contre les chenilles et les pucerons.
- Combinaison de mesures de restriction.
- Schéma de traitement avec minimum de nuisances.

Toutes ces mesures peuvent avoir un effet favorable sur un ou plusieurs effets secondaires. Afin de vérifier si ces mesures apportent une contribution significative ou négligeable comme moyen de réduction des nuisances, on peut les évaluer à l'aide de l'approche POCER.

Le côté intéressant de tels exercices sur scénarios est que l'on peut rapidement déterminer quelles mesures il convient d'adopter en première instance afin de pouvoir engranger rapidement des résultats tangibles, de façon économiquement responsable. Ceci peut être obtenu par application du principe de Pareto. Il s'agit d'une technique d'analyse dans laquelle les effets sont classés dans l'ordre de leur importance. D'après les systèmes de qualité, il apparaît que 80 % des effets sont la résultante de 20 % des causes. De cette façon, il est possible d'établir des priorités et d'affronter les causes de problèmes d'une façon plus efficiente.

De cette approche il ressort que la réduction de l'utilisation (en kg ou FA) n'est pas toujours la mesure la plus efficace et judicieuse quoique souvent très dépendante de la culture. Ceci transparaît du **tableau 3** d'où il ressort que la diminution d'usage et l'impact de diverses mesures restrictives peuvent avoir des conséquences très différentes et qui sont très liées à la nature de la culture. La réduction des effets secondaires (telle que mesurée par l'approche POCER) est d'environ 70 % dans toutes les cultures. Et pourtant, cette réduction est associée dans certaines cultures à une diminution des quantités utilisées de 15 à 25 % (culture de choux et de poireaux) alors que dans d'autres cultures, une réduction bien plus drastique de l'usage est nécessaire (80 % en betteraves

Tableau 3. Efficacité de mesures de restriction dans diverses cultures — *Efficacy of restriction measures in various crops.*

	POCER			Combinaison optimale	
	BPA (%)	Choix s.a. (%)	IPM (%)	POCER (%)	kg/ha (%)
Chicons	-45	-14	-38*	-68	-65
Poireaux	-34	-20	-37	-68	-25
Choux de Bruxelles	-32	-23	-39	-71	-17
Choux-fleurs	-33	-33	-42	-78	-15
Betteraves sucrières	-39	-41	-51*	-70	-80

* pulvérisation localisée + correction par outils mécaniques.

sucrières) pour obtenir une réduction d'impact comparable. Ceci semble être particulièrement en rapport avec l'introduction du désherbage mécanique grâce auquel les quantités d'herbicides utilisées chutent de façon drastique sans pour autant affecter directement la plupart des scores POCER.

4. PERSPECTIVES D'AVENIR

Le développement d'indicateurs d'impact pour les produits phytosanitaires revêt une grande importance pour l'évaluation de leurs effets secondaires. La recherche et le développement dans ce domaine n'en sont qu'à leurs débuts. En témoignent les nombreuses études récemment entreprises tant au plan national qu'international. Ainsi, l'Union européenne a lancé un appel pour poursuivre l'élaboration de tels indicateurs, et un domaine de recherche distinct a été réservé pour le développement et la coordination de tels systèmes dans le 6^e Programme Cadre de 2003.

Il est apparu que l'usage de produits phytosanitaires ne se limite pas aux secteurs agricole et horticole. On évalue, au contraire, que les usages non agricoles de produits phytosanitaires et de biocides recouvrent plus d'un tiers du marché total en termes de tonnage commercialisé. Les modalités d'utilisation et d'application dans cette pratique non agricole sont totalement différentes et il est de plus en plus fréquemment démontré que ces applications comportent parfois plus d'effets secondaires que l'usage agricole (qui est mieux réglementé et mieux contrôlé). Il y a donc un grand besoin de développer des indicateurs d'impact pour ces usages (maîtrise du désherbage le long des espaces verts, biocides pour les traitements de préservation du bois, lutte contre la vermine, etc.). À l'heure actuelle, l'application des indicateurs se limite quasi exclusivement aux produits phytosanitaires chimiques et ne s'occupe pas de

l'évaluation des effets secondaires d'éventuelles alternatives non chimiques telles que le désherbage mécanique ou physique, la lutte biologique, les mesures phytotechniques, la mise en œuvre de variétés génétiquement modifiées, etc. Il est clair que les éventuels effets secondaires de ces méthodes de protection des cultures ne peuvent pas être évalués de la même façon par une approche de type POCER. La comparaison par le biais d'une norme telle que la LCA («*Life Cycle Analysis*») serait une méthodologie mieux appropriée. À l'avenir, il sera sûrement nécessaire d'investiguer, par une approche scientifique, tous les avantages et inconvénients potentiels de ces méthodes alternatives.

Enfin, le problème de la protection des plantes ne constitue qu'un aspect d'une quête de durabilité globale du système de production. Dans cette recherche de la durabilité, de nombreux autres facteurs ont un rôle à jouer comme l'utilisation de nutriments (fertilisants) et d'énergie, la problématique des déchets, l'usage rationnel de l'eau, sans oublier les aspects socio-éthiques (comme les conditions de travail, le bien-être animal) ni, bien sûr, les aspects économiques (rapport coûts/bénéfice, position concurrentielle). L'intention est de développer des indicateurs d'impact pour tous ces aspects en vue de réaliser concrètement un processus de production durable.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Institut Phytifar pour l'octroi du prix scientifique pour la recherche sur le développement durable qui leur a été décerné en 2003 pour les travaux décrits dans cet article. Ces remerciements s'adressent également aux deux équipes de recherches respectives et plus spécialement à Fangio Vercruysse et Sarah Claes pour l'Université de Gand et à Philippe Debongnie, Sabine Beernaerts et Vincent Van Bol pour le CERVA. Les recherches décrites dans cet article ont été financées par le service "recherche subventionnée" de l'ex-Ministère Fédéral des Classes moyennes et de l'Agriculture ainsi que par la Commission européenne (programme FLAIR) et diverses instances appartenant aux Régions wallonne (DGRNE, SPGE) et flamande (VMM, AMINAL). La poursuite des recherches fait l'objet d'un projet coordonné par le professeur Henri Maraite et est financée par les Services scientifiques techniques et culturels (actuellement dénommés Service public fédéral de Programmation de la Politique scientifique).

Bibliographie

- Beernaerts S., Debongnie Ph., Delvaux A., Pussemier L. (1999) Pesticides transport into surface water from a small catchment in Belgium. *Med. Fac. Landbouwwet. Univ. Gent*, 64.
- De Smet B., Steurbaut W. (2002) *Up-date of the SEQ indicator for assessing pesticide use in Flanders*. University of Ghent, Belgium.
- Lévitan L. (1997). *An overview of Pesticide Impact Assessment Systems (a.k.a. "Pesticide Risk Indicators") based on indexing or ranking pesticides by environmental impact*. *Pesticide Risk Indicator*, Copenhagen, Denmark: OECD.
- Maraite H., Godfriaux J., Van Bol V., Debongnie Ph., Pussemier L., Claeys S., Steurbaut W. (2002). Development of awareness tools for a sustainable use of pesticides. *EU Commission Stakeholders' Conference on the Development of a thematic Strategy on the Sustainable Use of Pesticides*. Brussels, November 2002.
- Pussemier L, Beernaerts S. (1999) SEPTWA: A system for the estimation of pesticide emissions to surface and groundwater in Belgium. *UBA-Texte 85/99*. Berlin: Umweltbundesamt, p 30–38.
- Pussemier L. (1999) SYPEP: A system for predicting the environmental impact of pesticides in Belgium. In *Proceedings of the XI Symposium Pesticide Chemistry "Human and environmental exposure to xenobiotics", 12-15 September 1999, Cremona, Italy*, p. 851–859.
- Reus J., Leendertse P., Bockstaller C. *et al.* (2002). Comparison and evaluation of eight pesticide environmental risk indicators developed in Europe and recommendations for future use. *Agric. Ecosyst. Environ.* **90** (2), p. 177–187.
- Van Bol V., Claeys S., Debongnie Ph., Godfriaux J., Pussemier L., Steurbaut W., Maraite H. (2003). Pesticide indicators. *Pestic. Outlook* August 2003, p. 159–163.
- Vercruysse F., Drieghe S., Steurbaut W., Dejonckheere W. (1999). Exposure assessment of professional pesticide users during treatment of potato fields. *Pestic. Sci.* **55**, p. 467–473.
- Vercruysse F., Steurbaut W. (2001) On-farm exposure to pesticides. *Parasitica* **57**, p. 39–50.
- Vercruysse F., Steurbaut W., Drieghe S., Dejonckheere W. (1999). Exposure to pesticides in apple and pear orchards. In *Human and environmental exposures to xenobiotics. Proc. XI Symposium Pesticide Chemistry, September 11–15, Cremona*. Pavese, Italy: La Goliardica
- Vercruysse F., Steurbaut W. (2002). POCER, the pesticide occupational and environmental risk indicator. *Crop Prot.* **21**, p. 307–315.

(12 réf.)