

7. Nouvelles méthodes de lutte

7.4. Utilisation réduite de pesticides grâce aux développements dans le domaine des formulations

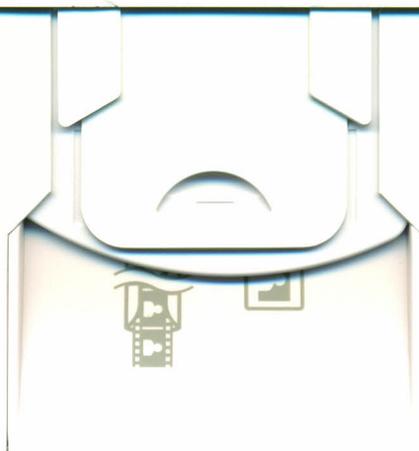
7.4.1. Innover dans la technologie des formulations pour une application des pesticides plus respectueuse de l'environnement

Schiffers B. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux
Copin A. Chimie analytique et Phytopharmacie
Passage des Déportés 2
B - 5030 Gembloux

Roland L. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux
Bureau Environnement et Analyses
Passage des Déportés 2
B - 5030 Gembloux

N° CDU 632.95/98

Mots clés *Pesticide, formulation, réduction des doses, formulation sans solvant, microgranulé, enrobage des semences, localisation*



Résumé

L'innovation dans la technologie des formulations de pesticides vise, en valorisant l'efficacité biologique, autant à la réduction de la consommation d'énergie que des quantités de matières actives appliquées à l'hectare, pour un meilleur respect de l'environnement. Ce but peut être atteint par un choix adéquat d'adjuvants et par le développement de nouvelles formulations qui exaltent le potentiel d'activité des pesticides.

Ainsi, le succès d'un traitement ne s'explique pas seulement par l'efficacité de la matière active utilisée mais aussi, sinon tout autant, par les qualités intrinsèques de sa formulation conditionnant par exemple la persistance d'action, la pénétration, la ténacité ou la sélectivité du pesticide. Le choix de la présentation du produit, des adjuvants et des emballages permet de réduire l'impact du traitement sur l'environnement. Les formulations à base d'eau, les microémulsions ou les suspoémulsions, offrent une alternative intéressante aux produits à base de solvants. De même, le développement des granulés, des enrobages de semences et des formulations à libération retardée de matière active, s'inscrit dans cet objectif de minimiser l'impact des traitements grâce à l'exploration de méthodes d'application très localisées, et accroît les possibilités de mettre au point des stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs.

1. Importance et objectifs de la technologie des formulations pour l'environnement

Beaucoup de facteurs interviennent pour conduire au succès d'un traitement, et les quantités de pesticides réellement utiles lors d'une application sont parfois dérisoires; elles dépendent pour une bonne part des méthodes d'applications et du type de parasite à détruire (Graham-Bryce et Hartley, 1978).

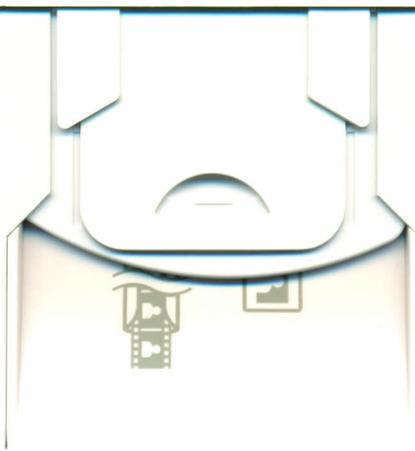
A côté de l'activité biologique, de l'efficacité et de la sélectivité qui résultent certes de la nature de la matière active, mais aussi des adjuvants de formulation, il faut s'intéresser aux interactions des propriétés physico-chimiques qui déterminent la persistance, la mobilité, la biodisponibilité (Schiffers et Galoux, 1992). Ainsi, si l'on place sur la surface foliaire d'une plante un composé herbicide pur, il ne montrera qu'un faible pourcentage - 10 % environ selon Schapira et Vincent (1988) - de son activité potentielle.

A l'inverse, convenablement formulé avec des adjuvants appropriés, son efficacité peut être nettement augmentée, permettant ainsi de diminuer la dose requise pour le traitement, d'où la part importante que prend la formulation dans le développement d'un produit à activité phytosanitaire. Le rôle que peuvent jouer les 'surfactants', c'est-à-dire les adjuvants qui abaissent la valeur de la tension superficielle, est rappelé par Steurbaut (1992).

C'est pourquoi, formuler un produit phytosanitaire, c'est d'abord prendre une matière active sous sa forme de base, dite technique, et la rendre utilisable, c'est-à-dire qu'on puisse la transporter et la stocker sans risque, la manipuler sans intoxication, préparer la bouillie sans incompatibilité, l'épandre sans phytotoxicité, ni manque d'efficacité.

Mais c'est aussi s'attacher à :

- rendre la matière active plus efficace, dans le but de réduire les doses d'utilisation, par



exemple en augmentant sa pénétration, son recouvrement, sa biodisponibilité, son adhésivité, sa persistance et en diminuant sa volatilité, sa dégradation;

- prévenir et limiter les risques de pollution de l'environnement, notamment en choisissant adéquatement ses adjuvants (par exemple, la nature des solvants ou des émulseurs), ou encore en améliorant la localisation du traitement;
- combiner plusieurs matières actives dans une seule préparation commerciale;
- réduire les coûts de production;
- économiser la main d'œuvre, surtout au moment de l'application;
- pouvoir conditionner les pesticides dans des emballages réutilisables ou dont la destruction ne pose pas préjudice à l'environnement.

2. Situation actuelle et voies nouvelles

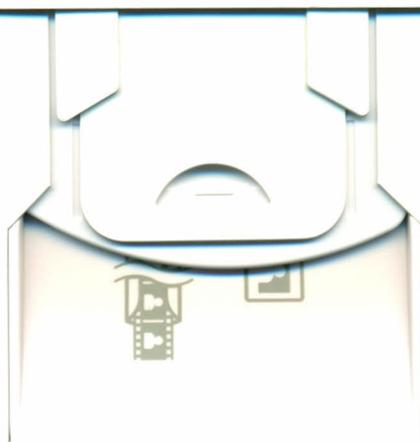
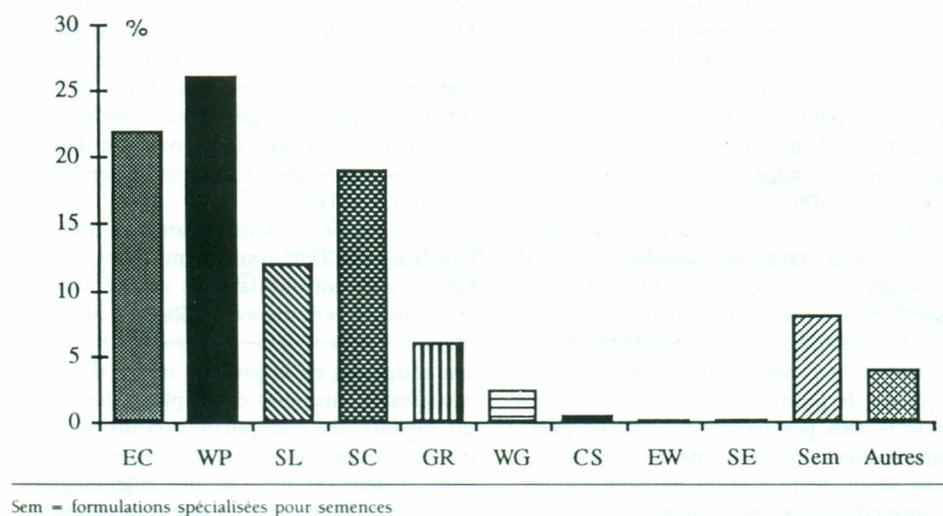
Répondre à tous ces objectifs amène à un compromis entre l'optimum d'efficacité biologique, la rentabilité du traitement et un coût de fabrication acceptable pour l'industriel, où les intérêts de l'utilisateur mais également de l'environnement seront pris en compte. Le résultat c'est un nombre croissant de types de formulations mises sur le marché: en 1978, le Groupement International des Associations nationales de Fabricants de Produits Agrochimiques (GIFAP) en avait

recensé 51; six ans plus tard, il établissait les codes de 64 spécialités différentes, et dans la troisième édition de son catalogue, en 1989, c'est quelques 71 types de formulations qui sont décrits, reflétant les progrès dans cette technologie.

Cependant, les concentrés émulsionnables (EC), poudres mouillables (WP) et concentrés solubles (SL) représentent encore plus de 50 % des préparations présentes sur le marché. La figure 1 donne une idée de la répartition des différents types de formulations en Belgique (Schiffers et Galoux, 1992). Notons que parmi ces formulations, une grande proportion est constituée de mélanges de deux ou plus de deux molécules.

Les nouvelles formulations, comme les granulés dispersables (WG), pénètrent progressivement le marché. Ces dernières années, sont apparues de nombreuses matières actives dont la dose d'utilisation s'exprime en g/ha au lieu de kg/ha; ce fait a sans conteste permis le développement non seulement de nouvelles formes de présentations, mais aussi d'emballages des produits phytosanitaires. Nous commenterons ou illustrerons brièvement ci-après les développements qui sont actuellement menés et qui visent par exemple à réduire la toxicité et l'écotoxicité des produits (élimination des poussières ou de certains solvants, encapsulation,...) tout en améliorant la facilité d'emploi (produits prêts

Figure 1 Répartition des formulations selon leur nature en Belgique



à l'emploi, emballages plus propres et plus efficaces, dosages plus aisés), à mieux valoriser la dose de matière active appliquée (formulations retard, enrobage des semences), à associer plusieurs matières actives.

3. Réduire la toxicité et l'écotoxicité

3.1. Eliminer les poussières, faciliter le dosage et rendre les emballages moins toxiques

Les poudres mouillables (WP) sont des formulations souvent moins onéreuses et plus sûres pour la culture que les formulations liquides, en raison de l'absence de solvants organiques dans leur composition. Cependant, elles sont plus difficilement dosables, ce qui peut conduire à un risque de surdosage, et elles donnent lieu à un dégagement de poussières lors de la mise en œuvre. Pour éviter ce problème, on les conditionne depuis quelques années en emballages hydrosolubles. En 1989, une société française a conditionné 4.200 tonnes de produits phytosanitaires sous films hydrosolubles à partir de résines d'alcool polyvinyliques (PVA). Les sachets de 5 g à 2.500 g de contenance se dissolvent complètement en quelques minutes. Le suremballage reste indemne de traces de poudre et peut donc être détruit comme un cartonnage ménager (Charmet, 1990). Ce succès s'explique également par l'apparition des gels, en sachets solubles (géludoses) permettant un dosage simple et précis et évitant tout contact avec le produit. Le sommet de la convivialité est atteint aujourd'hui par la présentation des produits sous forme de tablettes effervescentes emballées individuellement sous aluminium; le contact avec le produit est ainsi supprimé, le dosage est très facile et aucune dérive, vapeurs ou poussières ne sont à craindre. Les granulés dispersables dans l'eau (WG) présentent l'avantage de ne pas former de poussières et d'être aussi facilement dosables que des formulations liquides. Le taux de recouvrement obtenu est excellent du fait de la division des particules. De plus, et contrairement à certaines formulations liquides (SC), les emballages vides sont propres ce qui facilite leur destruction et prévient le gaspillage de produit. Les procédés de fabrication récents permettent d'y associer plusieurs matières actives et de ne plus être limité uniquement à celles qui sont solides. Incontestablement, les avantages offerts par

cette formulation devraient se traduire dans les parts de marché conquises par celle-ci dans les années à venir.

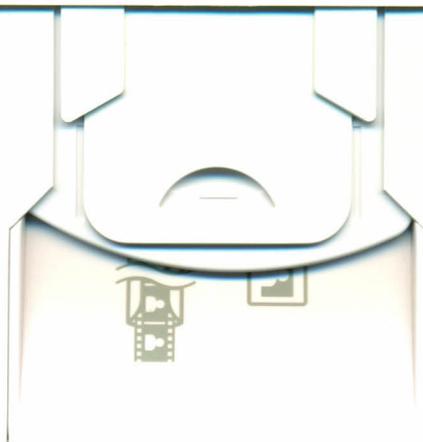
Pour toutes ces présentations, il faudra cependant veiller à ce que la dissolution soit suffisamment rapide et complète sous peine de voir les têtes de jet se boucher; la dureté de l'eau, plus encore que sa température, conditionne les performances de désagrégation et de mise en suspension.

3.2. Eviter ou remplacer les solvants les plus agressifs

En 1987, l'E.P.A. a classés dans 4 listes par ordre de toxicité environ 1200 adjuvants couramment utilisés en formulation de pesticide, comme les solvants des solutions émulsionnables (EC) (Thomas, 1990). Cela signifie que le xylène, et à terme tous les solvants aromatiques, est considéré comme un adjuvant toxique et que toute formulation nouvelle contenant ce solvant devra être approuvée par l'E.P.A. (Almhöjd, 1989). En Belgique, des solvants tels le méthanol, les oxyéthanol, le benzène, l'hexane, le nitropropane, le nitrobenzène et la diméthylformamide sont interdits sauf si la preuve scientifique de leur nécessité technologique est fournie (Schiffers et Galoux, 1992). L'idéal serait de se passer des solvants en émulsionnant la matière active; mais du fait de leur viscosité, des problèmes posés par leur mise en émulsion et du manque de stabilité de la phase dispersée, les mélanges de matière active concentrée et d'émulsifiants ne représentent pas une solution, sauf cas particulier. Par ailleurs, le remplacement des solvants aromatiques pour la fabrication des EC s'avérant délicat, des émulsifiants qui rendent possible l'usage de l'eau comme solvant ont été développés. Deux types de formulations liquides à base d'eau sont maintenant disponibles pour la préparation de certaines molécules: la microémulsion (ME) et l'émulsion (EW).

L'apparition de ces formulations est tout bénéfique pour l'environnement. Ainsi, l'absence de solvant dans les microémulsions leur confère certains avantages non négligeables:

une réduction de la toxicité; moins d'odeur désagréable; un point éclair plus élevé - ce qui signifie une manipulation et un transport moins risqués; des emballages moins coûteux; et dans certains cas, une augmentation de l'activité biologique et une diminution de



la phytotoxicité. De même, selon Chiba (1990), en plus des qualités d'incombustibilité et de sécurité au transport, les formulations EW limitent fortement l'irritabilité de la peau des pyrèthroïdes, réduisent les risques de dérive (les gouttes pulvérisées étant plus grosses qu'avec les EC) et améliorent la stabilité en empêchant l'hydrolyse (Schiffers et Galoux, 1992).

Le succès des suspensions concentrées (SC), avec près de 20 % des préparations, tient à leurs qualités intrinsèques: suppression des solvants - à part un faible pourcentage de glycol comme anti-gel - et forte division de la matière active (micronisation) permettant d'obtenir une répartition très régulière, tenace sur le végétal traité et particulièrement efficace. Elles permettent aussi des applications à volume/ha plus réduit. Elles sont malheureusement réservées aux matières actives combinant une faible solubilité dans l'eau et un point de fusion supérieur à 60°C.

D'un autre côté, les possibilités offertes par les huiles végétales sont de plus en plus prometteuses. Chaque année apparaissent sur le marché des formulations à base d'huile végétale, essentiellement des esters de colza. Mais

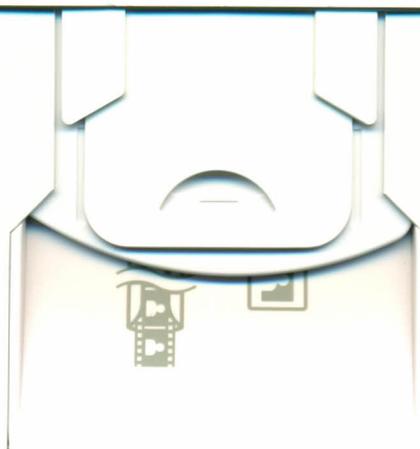
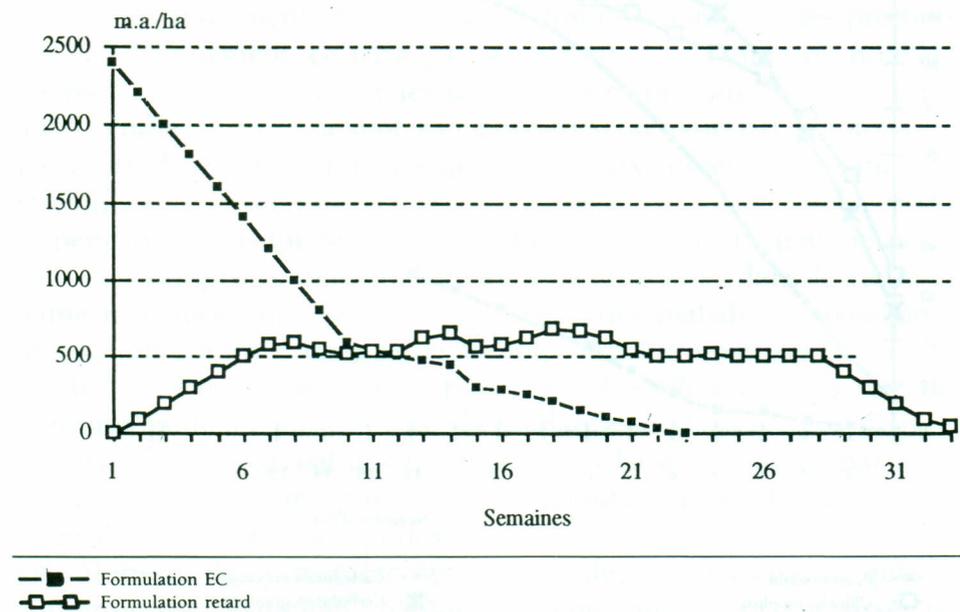
les huiles végétales sont surtout utilisées en 'tank mix' pour exalter l'efficacité des matières actives. Salembier (1992) a passé en revue l'utilisation de diverses huiles et autres adjuvants, ainsi que leur rôle sur l'efficacité d'antigraminées foliaires en froment.

4. Mieux valoriser l'application

Mieux valoriser les quantités de pesticides appliquées, c'est aussi allonger leur persistance d'action et réduire l'impact des pesticides sur l'environnement par la ponctualisation des dépôts. Les formulations à libération retardée, comme la microencapsulation ou l'enrobage des semences avec des matières actives intégrées à des polymères biodégradables, grâce à la diffusion progressive de la matière active vers l'extérieur, libèrent la juste quantité nécessaire à la destruction de l'insecte, du nématode ou de l'adventice (Figure 2).

Les microcapsules (CS) présentent une toxicité réduite pour les mammifères des matières actives, insecticides et herbicides, leurs parois agissant comme un isolant. De plus, la taille et le poids spécifique des capsules rendent ces spécialités moins sensibles au lessivage par les pluies que les autres formu-

Figure 2 Comparaison de la persistance d'efficacité de deux formulations à dose de matière active épandue égale (formulation EC versus formulation retard). Le niveau de 500 g m.a./ha est considéré comme efficace



lations. Les capsules permettent de maintenir la matière active dans la zone superficielle du sol (zone de germination des adventices) et évitent son entraînement dans les nappes phréatiques par les eaux de percolation (Petersen et Shea, 1989). Ainsi en Italie, seules les formulations microencapsulées de l'alachlore sont autorisées à la vente (Mauve, 1992).

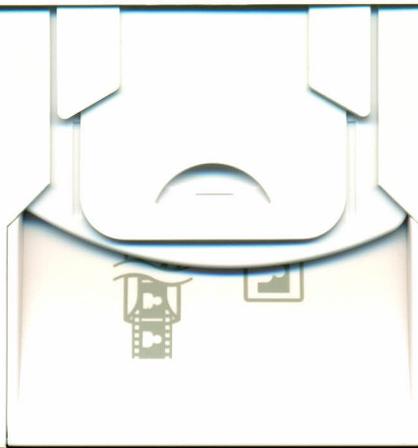
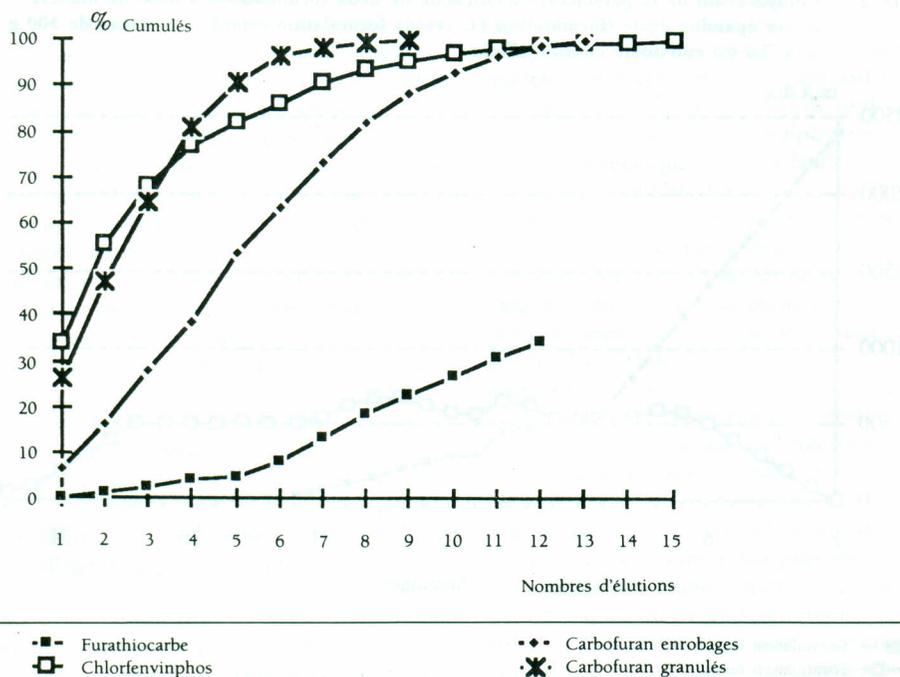
Le dépôt d'insecticide peut être réduit jusqu'à la ponctualisation en incorporant le(s) pesticide(s) à l'enrobage des semences, moins de 1 % de la surface cultivée est alors traitée. La localisation du produit sur la semence et son incorporation au sol conduisent à un rendement d'utilisation de loin supérieur à celui d'une pulvérisation ou de l'épandage d'un granulé, à une contamination minimale de l'environnement et à une exposition réduite, voire nulle, des insectes auxiliaires. Ce respect pour l'environnement se traduit d'ailleurs dans la nouvelle réglementation sur les produits végétaux bio qui prévoit que les agriculteurs biologiques peuvent

utiliser les semences traitées classiquement (règlement CEE de juin 1991). En outre, les traitements industriels de semences sont réalisés dans des installations fermées, sous contrôle, et sont confiés aux soins d'opérateurs entraînés, ce qui permet l'application de produits de plus en plus élaborés sans craindre d'interférences avec les impondérables climatiques ou autres.

Des formulations spécialement adaptées au traitement des semences ont donné une nouvelle jeunesse à cette méthode de lutte: le pelliculage ('coating') et l'enrobage en billes ('pelleting', combinés aux techniques récentes d'encapsulation, permettent d'obtenir une longue persistance d'efficacité et une économie en matière active dépensée ('slow release formulations').

Les matières actives peuvent être incorporées à des matrices (polymères), broyées et calibrées, qui seront intimement mélangées aux matériaux d'enrobage pour obtenir un effet de libération-retard de la matière active; les semences de légumes, de céréales ou de

Figure 3 Comparaison entre les cinétiques de libération du carbofuran à partir de microgranulés ou de formulations d'enrobages de semence; du chlorfenvinphos et du furathiocarbe à partir d'autres formulations d'enrobage (enrobages réalisés dans notre laboratoire)



légumineuses font l'objet de programmes particuliers de recherche (Schiffers et al., 1988). La figure 3 permet de comparer, dans un test standardisé, les vitesses de libération de divers insecticides incorporés aux enrobages de semences à une formulation de microgranulés de référence.

5. Associer plusieurs matières actives

L'association des matières actives phytopharmaceutiques entre elles ou avec d'autres produits présente de nombreux avantages, dont celui de lutter simultanément contre des organismes différents en appliquant en même temps, par exemple, un fongicide et un insecticide. Combinant parfois jusqu'à quatre composés actifs différents et complémentaires dans la même formule, ces mélanges présentent l'avantage de supprimer toute préparation en tank, de diminuer globalement le nombre de spécialités sur le marché, de permettre un gain de temps en réduisant le nombre de passages et donc de réduire le coût des interventions. Du point de vue de la sauvegarde de notre environnement, utiliser des associations de produits dont, par synergie, le résultat d'efficacité est supérieur à la somme de l'activité de chacun des com-

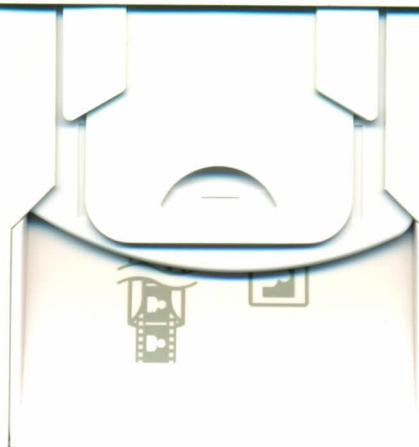
posés, est très intéressant car il permet de réduire les doses d'application. Cependant, il faut rester conscient que la réduction de produit entraîne non seulement la réduction de la matière active mais aussi celle de tous les adjuvants et donc de leur concentration dans la bouillie. Ainsi, pour un EC de phenmédiphame, passer d'une concentration de 2 l à 0,5 l/hl entraîne une série d'effets secondaires qui ont pour principal résultat le bouchage des têtes de jet par des cristaux de matière active. Il est connu que l'association de phenmédiphame avec l'éthofumésate, le triallate ou le cycloate permet de diminuer la dose d'utilisation, et Galoux (1992) a avancé l'hypothèse que les matières actives associées jouant le rôle de co-solvant réduisaient la cristallisation du phenmédiphame dans la bouillie. Les propriétés physico-chimiques des matières actives s'opposent souvent à leur combinaison et de nouvelles technologies doivent être développées pour les combiner dans des formulations contenant plus d'une phase: les suspo-émulsions (SE) sont un exemple intéressant d'évolution vers ces formulations mixtes (Schiffers et Galoux, 1992).

Conclusions

Rendre les traitements plus efficaces, diminuer l'impact des produits sur l'environnement, ce n'est pas seulement sélectionner de nouvelles molécules ou améliorer les techniques d'application, mais c'est aussi rendre au produit tout son potentiel d'activité par le choix judicieux d'adjuvants dont les qualités écotoxicologiques seront reconnues.

Cependant, étant donné que les pesticides les plus anciens ne peuvent être remplacés immédiatement, leur utilisation dans le cadre d'une régulation intégrée des ravageurs et des maladies impose une innovation continue dans la technologie des formulations pour rendre les traitements nécessaires plus sûrs, plus efficaces, plus sélectifs et moins polluants. Selon nous, la tendance ira dans le sens d'un remplacement progressif des formulations à base de solvant par celles à base d'eau, et d'autre part, vers les formulations solides au détriment des formulations liquides.

En valorisant d'une manière optimum la dépense en produit qui est consentie par l'exploitant, les formulations contribuent à abaisser le



coût des intrants tout en maintenant l'efficacité biologique qui est la raison même des traitements phytosanitaires.

Remerciements

Les auteurs remercient la firme Zaadunie B.V. pour son support financier et sa collaboration à l'élaboration de certaines formulations d'enrobage de semences, ainsi que la firme Bayer Belgium S.A. pour la fourniture des microgranulés de carbofuran.

Bibliographie

ALMHÖJD, L. 1989. Microemulsions offer alternatives to solvents. Farm Chemicals International, November 1989, 26-28.

ANONYME, 1989. Catalogue of pesticide formulation types and international coding system. GIFAP Technical Monograph N°2, 36 p.

CHARMET, F. 1990. Pour Nedi, rien d'insoluble. Phytoma, **418**, 52.

CHIBA, K. 1990. Current trends of pesticides formulation techniques. Japan Pesticide Information, **56**, 9-11.

GALOUX, M. 1992. Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et l'efficacité biologique de différents concentrés émulsionnables à base de phenmédiophane (thèse de doctorat). Gembloux, Faculté des Sciences agronomiques, 160 p.

GRAHAM-BRYCE, I.J. and HARTLEY, G.S. 1978. The scope for improving pesticidal efficiency through formulation. Advances in pesticide science, Part 3, IUPAC, Pergamon Press, 718-725.

MAUVE, F. 1992. Perfect, herbicide maïs et soja. Phytoma, **442**, 41-42.

PETERSEN, B.B. and SHEA, P.J. 1989. Microencapsulated alachlor and its behavior on wheat straw. Weed Science, **37**, 719-723.

SALEMBIER, J.F. 1992. Effets des huiles et des mouillants sur l'efficacité des herbicides antigraminées foliaires en froment d'hiver. Annales de l'A.N.P.P. (sous presse).

SCHAPIRAJ, et VINCENT, J. 1988. Optimisation de l'activité biologique d'un herbicide par la formulation. L'actualité chimique, Mars 1988, 52-57.

SCHIFFERS, B. C., DREZE, Ph., FRASELLE, J. and GASIA, M.C. 1988. Carbofuran seed coating as controlled release formulation. Compte-rendu du Symposium International sur les Techniques d'Application, Paris. Annales de l' A.N.P.P., **IV/I** (1), 315-322.

SCHIFFERS, B. et GALOUX, M. 1992. Le point sur l'évolution dans le domaine des formulations. Parasitica, **47** (2-3), 137-146.

STEURBAUT, W. 1992. Het belang van hulpstoffen (adjuvants) bij het gebruik van pesticiden. Revue de l'Agriculture - Landbouwtijdschrift, **45** (numéro hors série 'Protection des cultures et environnement').

THOMAS, B. 1990. Regulatory pressures on pesticide formulations. Pesticide Science, **29**, 475-479.

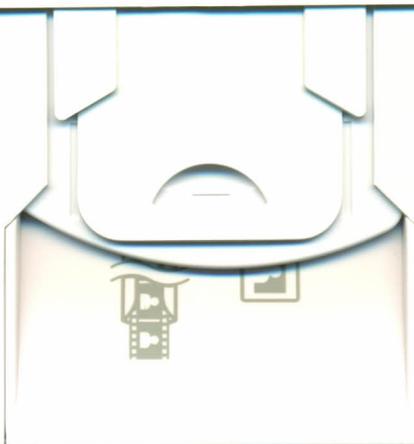
Summary

Improvement of pesticide formulations and application methods to reduce their negative environmental impact

The development of pesticide formulations and several new methods of application try to reduce as high as possible the energy consumption as well as the amount of active ingredient applied per ha, for an increasing of the environment protection and biological efficacy.

The scope for improving pesticidal efficiency

through formulation can be reached by the choice of some adequate adjuvants and new formulations types which intensify the activity potentiel of the pesticide. Water base formulations instead of solvent base formulations, solid formulations against liquid formulations, and controlled release pesticide formulations, like microgranules or pelleted



seeds, will try to decrease the negative impact on environment in the near future. Seed pelleting with controlled release formulations offers a real opportunity to minimize

the application rates used and enhances the insecticide efficacy. Typical patterns of active ingredients release are given.

