



n° 17356-3

**SECURITE DE L'AGRICULTEUR
et
PROTECTION DES EAUX :**

**Amélioration des matériels de traitement et des
formulations de produits phytosanitaires**

Tome 2 : PRODUITS PHYTOSANITAIRES

**Par Magalie CAYON,
Ingénieur agronome (ENSH Versailles)**

**Sur une proposition de Monsieur René DELOUVEE
Responsable du service Agriculture
de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie**

Dans le cadre du cours "Environnement et Technologie : Politiques et
gestion" du **Conservatoire National des Arts et des Métiers
de PARIS**

DECEMBRE 1992

SOMMAIRE

AVANT . PROPOS	1
REMARQUES PRELIMINAIRES	2
RESUME.....	4
PROBLEMATIQUE	10

P R E M I E R E P A R T I E **LES EMBALLAGES DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES.....7**

A - EVOLUTION DES EMBALLAGES	19
B - EMBALLAGES DITS “INTELLIGENTS”	21
C - COÛTS DE MISE EN PLACE D’UN NOUVEL EMBALLAGE	24
1) Conception des moules d’emballage	24
2) Exemple de coûts des conditionnements de produits phytosanitaires	25
3) Chaîne de conditionnement.....	25
D - STRATEGIE DE L’UIPP EN MATIERE D’ELIMINATION DES EMBALLAGES	27
E - UNE STRATEGIE “ IDEALE “EXISTE-T-ELLE?	30
F - CONDITIONNEMENTS CONSIGNABLES	35
G - CONCLUSIONS	36

DEUXIEME PARTIE

PRODUITS PHYTOSANITAIRES39

AVERTISSEMENTS 40

I. QUELQUES NOTIONS DE FORMULATION.....41

- 1) La mise en formulation d'une matière active.. **43**
- 2) Obtention de l'efficacité biologique optimale.. **43**
- 3) Les différents types d'adjuvants utilisés dans les formulations 45
- 4) Conclusions..... 45

II. LES DIFFERENTES FORMULATIONS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES : description, avantages et inconvénients et LES POSSIBILITES D'EVOLUTION47

A. LES DIFFERENTES FORMULATIONS DE PRODUITS PHYTOSANITAIRES : description, avantages et inconvénients 48

- 1) Introduction..... **48**
- 2) Les formulations liquides..... **48**
- 3) Les formulations poudres mouillables (WP)..... **50**
- 4) Les formulations granulés dispersables (WG)..... **51**
- 5) Les formulations à effet retard et encapsulées..... **53**
- 6) Les tablettes effervescentes..... **54**

B - TRANSFORMER LES FORMULATIONS 55

- 1) Critères à prendre en compte pour le développement de nouvelles formulations pour des matières actives connues **55**
 - 1.1 le niveau d'activité de la matière active. **55**
 - 1.2 le critère physique..... 56
 - 1.3 le critère chimique..... 56
- 2) **Préserver** l'efficacité et les propriétés de la matière active 56
- 3) Modification de la viscosité des formulations liquides..... **57**

4) Vers les formulations granulés dispersables	58
4.1 Passage de formulation WP à une formulation WG.....	58
4.2 Passage de formulation WP à une formulation WG.....	58
4.3. Passage de formulationsuspension concentrée (SC) à une formulation WG	59
4.4. Conséquences sur les produits banalisés.....	60
4.5. Etat actuel de développement des WG	60
4.6 Conclusions	61
5) Les poudres mouillables et les sachets hydrosolubles	63
5.1 Utilisation des poudres mouillables en sachets hydrosolubles	63
5.2 Le sachet hydrosoluble : conditionnement ou partie intégrante de la formulation ?	63
5.3 Surcoût lié aux sachets hydrosolubles.....	64
5.4 limites du sachet hydrosoluble.....	64
5.5 La politique des sociétés phytosanitaires	64
6) Conclusions.....	65

C - INTERET DU DEVELOPPEMENT de NOUVELLES FORMULATIONS **66**

D - LES ATTENTES DES DEFENSEURS DU MILIEU NAUREL **67**

III - LES FORMULATIONS PHYTOSANITAIRES SUR LE MARCHE FRANCAIS..... **69**

A. TOTAL DES FORMULATIONS FONGICIDES, INSECTICIDES et HERBICIDES.....	71
1) Evolution sur 40 ans	71
2) Homologations par période de 5 ans	74
3) Conclusions	75
B. FONGICIDES.....	77
1) Evolution sur 40 ans	77
2) Homologation par périodes de 5 ans.....	79
3) Différentes formulation pour une même matière active	81
4) Apparition de nouvelles formulations pour de nouvelles matières actives, ou associations nouvelles de matières actives	83
5) Conclusions	85

C. INSECTICIDES	87
1) Evolution sur 40 ans.. 87
2) Homologations par périodes de 5 ans.....	89
3) Différentes formulations des matières actives.....	. 91
4) Apparition de nouvelles matières 'actives (ou associations de matières actives).....	. 92
5) Conclusions.....	. 92
D. LES HERBICIDES	95
1) Evolution sur 40 ans.. 95
2) Homologations par période de 5 ans 97
3) Différentes formulations de matières actives 99
4) Apparition de nouvelles formulations de matières actives	100
5) Conclusions.....	100
G. LEGISLATION EUROPEENNE.....	95

TROISIEME PARTIE

ETUDE DES COÛTS DE DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES FORMULATIONS.. 102

I - SURCOÛTS DE FABRICATION.....103

A. PROCEDURE	103
1) Changement mineur de formulation 103
2) Changement majeur de formulation 103
B. COÛT D'UNE HOMOLOGATION	103
C. SURCOÛTS.....	104
D. CONCLUSIONS.....	107

II - LE CHOIX D'UNE FORMULATION NOUVELLE DEPEND DES INVESTISSEMENTS INDUSTRIELS EN PLACE.....108

III - TECHNOLOGIES DE FORMULATION.....109

A. GENERALITES SUR LES PROCEDES DE FABRICATION	109
1) Fabrication des WP	109
2) La fabrication des WG	109
3) Comparaisons des différentes formulations WP, SC et WG	111
4) Coûts de formulation des WG	112
5) Coûts de formulation des WP	114
6) Sachets hydrosolubles	114
7) Chaînes de conditionnement	115

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....116

BIBLIOGRAPHIE.....119

ANNEXES120

ANNEXE 1 : cahier des charges d'un emballage de produit phytosanitaire	121
ANNEXES 2	124
Vocabulaire utilisé en Phytopharmacie	125
Liste des types de formulations de produits	126
GUIDE D'ENTRETIEN (pour les personnes rencontrées des sociétés phytosanitaires) :	127

III - PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Deux niveaux d'action :

- l'élimination "sûre" des emballages usagés
- évolution des formulations vers des formes réduisant les risques.

A. ELIMINATION "SÛRE" DES EMBALLAGES AYANT SERVI :

Vente annuelle de 200 000 tonnes de produits phytosanitaires.

Rejet dans la nature de 26 millions d'emballages ayant servi, pas plus de 5% des agriculteurs rincent **systématiquement**. (MEURS, 1992)

Avant incinération il reste entre 2 et 5 % de produits purs, soit 2 250 tonnes.

Il serait envisagé d'instaurer une "taxe" sur les emballages mais on peut penser que cela ne permettra que difficilement aux petites collectivités de prendre en charge le tri et l'élimination, **ce qui risque d'entraîner dans les années à venir la non gestion pure et simple des emballages de phytosanitaires.**

Propositions :

L'élimination des déchets de phytosanitaires doit faire l'objet d'un **circuit spécial différent** de celui des ordures ménagères. La **sécurité** ne pourra être assurée qu'en **concentrant les points de collecte.**

La solution la plus logique semble être de développer des aires de collecte chez les **distributeurs** qui pourront en retirer des avantages :

- fidélisation du client
- suppression d'un travail dangereux et **rébarbatif** pour l'agriculteur :
l'incinération des emballages
- suppression de la multitude de points de chute traditionnels : décharges sauvages, décharges publiques, etc.
- bonne couverture du territoire.

Diverses initiatives de **recupération** chez les distributeurs ont montré que jusqu'à 90% des emballages commercialisés reviennent après utilisation dans ces lieux de vente.

B. FORMULATIONS PLUS "SÛRES" :

- les poudres mouillables contiennent des **poussières** contaminantes.
- les solvants facilitent la **pénétration** dans la peau des matières actives .
- les formulations visqueuses laissent des emballages souillés s'ils ne sont pas rincés.

1. Alternatives pour les poudres mouillables (WP) et les suspensions concentrées (SC) :

a- Evolution "poudres mouillables" (WP) vers "granulés dispersables" (WG)

Les granulés dispersables éliminent les **poussières** et **facilitent le dosage**. Les WG sont plus chers à fabriquer que les WP et seules les contraintes liées au segment de marché du produit et à la nécessité d'investir pour cette technologie sont limitantes.

Les WP, souvent des matières actives anciennes, ont parfois des marchés peu attractifs qui ne justifient pas des frais supplémentaires de formulation; les sachets hydrosolubles constituent alors une solution.

b- Conditionnement en sachet hydrosoluble :

Il élimine le contact direct entre matière active et utilisateur et facilite la manipulation. Lorsque les sachets sont trop nombreux, ils peuvent être difficiles à incorporer par le bac d'incorporation et peuvent colmater les buses. Il arrive parfois que le **film se déliter** difficilement lors du **mélange** de plusieurs formulations dans la cuve.

c- Evolution des suspensions concentrées (SC) vers les granulés dispersables (WG) :

Pour certaines formulations les adjuvants liquides déterminent l'efficacité du produit et le passage d'un liquide vers un solide peut alors engendrer une perte **d'efficacité**. Mais l'évolution d'une forme SC vers une forme WG est néanmoins parfois possible.

d- Conclusion

développement des granulés dispersables :

- 26% des **spécialités** sont des poudres mouillables (WP),
- 21% des spécialités sont des suspensions concentrées (SC),
- **5,5 %** seulement des spécialités sont des granulés dispersables (**WG**).

Pour des raisons commerciales, les poudres mouillables en sachets hydrosolubles et les granulés dispersables se sont développés pour des **matières** actives banalisées dont les marchés sont encore attractifs. L'agriculteur est sensible **à** l'absence de manipulation, même pour un prix un peu plus élevé.

Sur les segments moins attractifs, les nouvelles présentations se développent peu.

Le réexamen prévu en 1993 de 90 matières actives devrait faire disparaître de nombreuses spécialités. **Celles qui persisteront auront probablement leur présentation modifiée. La forme WG et le sachet hydrosoluble sont à encourager, la forme WP à éviter.**

Les conversions de WP ou SC vers WG sont souvent réalisables et il serait souhaitable **d'accélérer** ces conversions.

2. Alternatives aux formulations liquides:

a- Formulations aux **matières** actives liquides :

Il serait souhaitable de se dispenser, chaque fois que cela est possible, d'ajouter des solvants organiques. Les formulateurs sont prudents dans la sélection des solvants organiques et choisissent aujourd'hui les moins toxiques.

b- Les suspensions de **microcapsules** :

Les matières actives **liquides** ou en solution dans un solvant sont enveloppées dans une membrane de polymère, formant ainsi des microcapsules.

Avantages :

- toxicité **aiguë diminuée** (suppression du contact **matière active-manipulateur**) : **le parathion-éthyl et le parathion-méthyl, produits très toxiques, encapsulés par Atochem Agri sont 6 à 10 fois moins toxiques que les concentrés émulsionnables EC.**
- persistance d'efficacité augmentée par **libération** progressive de la **matière** active permettant de diminuer la cadence de traitement
- **phytotoxicité réduite**
- par contre l'effet "choc" est **réduit** et le coût plus élevé.

c- L'avenir : les cachets effervescents?

Ils permettent de remplacer une mesure en poids ou en volume par un simple comptage et réduisent le contact **matière active-manipulateur**.

Cette **présentation** est **limitée** par l'obligation d'avoir une matière active **à très** haute activité (quelques dizaines de grammes **à** l'hectare).

d- Conclusion

- 23 % des **spécialités** sont des **concentrés** émulsionnables EC
- 13% des **spécialités** sont des concentrés solubles SL
- **0,86 %** seulement des **spécialités** sont des microcapsules CS. Cette forme doit être encouragée.

Le gel organique Geludose de Propiconazole présenté sous forme de sachet hydrosoluble par Ciba-Geigy est la seule formulation "liquide" à ne pas laisser d'emballage souillé.

3. Possibilités et limites des présentations nouvelles :

Le changement de **formulation** d'une matière active est difficilement **"théorisable"**. Les **caractéristiques** des principes actifs **déterminent** ce que **l'on** peut **faire**. En **général** le passage de EC ou SL en formulation solide WG fait perdre de l'efficacité due **à** la suppression des solvants et **à** la diminution de la **pénétration de la matière** active dans la cible qui en **résulte**. **Les** souhaits de l'agriculteur sont **à** prendre en compte en même temps que la **sécurité**.

4. Coûts des présentations nouvelles :

a- Homologation :

Une nouvelle formulation même avec une matière active déjà connue, doit être **présentée** à la commission d'homologation.

Le coût d'homologation varie de 100 à 500 kF et se décompose ainsi :

dépôt de dossier	6000F	
Essais biologiques	100 000 F	(une dizaine à 10 kF l'un)
Essais toxicologiques	400000F	

b- Changement de formulation :

Les doses **de matières** actives apportées à l'hectare demeurent les mêmes, le **surcoût** est pratiquement nul. Les différences de prix des adjuvants pourront au maximum atteindre 10% du prix de fabrication du produit fini. Les **surcoûts** proviennent surtout des investissements en **procédés industriels**.

Ainsi les conversions en granulés dispersables, sachets hydrosolubles, tablettes effervescentes, nécessitent la mise en place de technologies spécifiques :

- tours de granulation pour les WG
- presses en atmosphère sèche pour les TE3 (technologie pharmaceutique)
- poste d'ensachage sous atmosphère contrôlée pour les sachets hydrosolubles.

Les responsables de sociétés ne nous ont pas fourni de données chiffrées pour ces investissements mais des **surcoûts** à l'unité de poids fabriquée et à l'hectare traité. Cette dernière valeur est représentative de ce que pourrait payer l'agriculteur pour les nouvelles formulations :

SURCOÛTS DE FABRICATION DES NOUVELLES FORMULATIONS *cost of manufacturing new chemical formulations*

conversion des formulations	surcoût rapporté au poids fabriqué	surcoût rapporté à l'ha traité
1) EC ---> TB	+ 400 à 500%	+ 20 à 25%
2) WP --> WP s.h.	+ 5 à 10% (?)	+ 2%
3) WP ---> WG	+ 40 à 50% (?)	+ 2,5%
4) EC ---> microémulsion	+ 250 à 300%	+ 5%
5) EC ---> gel s.h.	+ 300%	+ 0%
6) WP ---> WG s.h.		+ 5%
7) WP s.h.---> WG s.h.		+ 3%

s.h. : sachets hydrosolubles

Dans les cas 1), 4) et 5) les **surcoûts** industriels sont importants mais les coûts à l'hectare sont peu majorés. En effet, les tablettes effervescentes, les microémulsions ou les doses liquides en sachets hydrosolubles **nécessitent** moins d'adjuvants.

Les coûts industriels ne représentent en moyenne que **5 à 8 %** du coût du produit et l'emballage entre 2 et 5 % . Le plus cher est la matière active. Plus son prix sera élevé, plus la part des investissements industriels de fabrication et de conditionnement seront **négligeables**. Les **surcoûts** présentés dans le tableau sont uniquement les prix de revient de fabrication. Les promotions, le prix du marché masquent le coût **réel** de la formulation.

Pour des formulations sûres, les agriculteurs français ne sont prêts à surpayer que 5% à l'hectare : ce qui limite leur développement. Ce sont les **critères** de marché qui **décident** de l'évolution des présentations. **Comme il vaut mieux prévenir, on souhaite que les pouvoirs publics encouragent à la modification rapide des présentations de certains produits phytosanitaires.**

références bibliographiques :

MEURS M., APSIA : Entreprise d'application de Prévention et de Sécurité pour l'Industrie et l'Agriculture, Reims; Les risques d'intoxication et de pollution liés à l'application des produits de traitements agricoles et les moyens de les prévenir, 1992.

DELOUVEE R., Enquêtes sur les causes de pollution par les produits phytosanitaires dans le bassin Seine-Normandie, 1992.

PROBLEMATIQUE

Des enquêtes sur les causes de pollution des eaux superficielles par les produits phytosanitaires effectuées sur 9 années dans le bassin Seine - Normandie (R. DELOUVEE, 1992) (tableau 1) montre les faits suivants (outre 18% d'autres cas) :

Dans 60 % des cas enquêtes, c'est l'utilisation du matériel de traitement qui est en cause: soit, par ordre d'importance décroissante :

avant traitement

- le débordement de bouillie lors du remplissage **24%**
- le retour de bouillie dans le milieu **20%**
(rivières, étangs, réseau d'eau public) lors du remplissage

après traitement

- la vidange volontaire (fond de cuve et produits de lavage de cuve) **16%**

Dans 16% des cas enquêtés, la mauvaise gestion des emballages usagés de produits phytosanitaires était mise en cause. Par ordre d'importance :

- l'abandon de bidons ou d'emballages mal vidés **8%**
- l'abandon de bidons mal incinérés **5,5%**
- les problèmes liés à la manipulation des bidons : chute et crevaison **2,5%**

Dans 6% des cas enquêtés, le lessivage du traitement par les pluies d'orage était en cause

NB : Cette étude ne relève pas la gravité des pollutions signalées, mais seulement de la fréquence des causes.

Une autre étude (MONNIER, 1991) du Conseil Supérieur de la pêche (Délégation régionale de Bretagne-Basse Normandie) faite sur les pollutions accidentelles par les pesticides au cours des trois dernières années (1-07-88 au 30-06-91) permet de dégager les conclusions suivantes (compilation par A.RONGERE, 1992) :

sur 49 accidents dénombrés :

78 % sont imputables à l'agriculture

6% à des particuliers

2% aux collectivités

23 matières actives ont été identifiées, parmi lesquelles :

41% des accidents sont dus au dinoterbe

16% " lindane

18% " à l'atrazine

Les dommages ont concerné 126 **km** de ruisseaux et détruit approximativement 3300kg de poissons sauvages, essentiellement des truites.

Les **trois principales circonstances d'accidents** sont les suivantes :

- | | |
|---|--------------------|
| - remplissage des cuves à proximité d'un cours d'eau | 39% des cas |
| - rincage des cuves à proximité d'un cours d'eau | 23% des cas |
| traitement agricole en bordure d'un cours d'eau | 18% des cas |

De **manière** analogue aux conclusions de l'étude de R. DELOUVEE, 60% des accidents sont imputables à l'utilisation du matériel **avant et après traitement**. 16% des cas de pollutions sont imputables à la mauvaise gestion des emballages usagés.

Le rôle déterminant joué par ces pertes de produits phytosanitaires avant et après traitement dans l'amplification de la pollution des eaux superficielles implique la responsabilité des matériels de traitement, de leur conception à leur utilisation, des formulations et des divers conditionnements de produits. L'agriculteur qui manipule ces produits en se souciant trop peu des autres usagers de l'eau a bien entendu également une grande part de responsabilité.

La **présente** Ctude limitera son champ de prospection aux solutions susceptibles d'être mises en œuvre lors de la **préparation** de la bouillie et à la fin du traitement.

Les principales orientations de notre travail en matière de lutte contre ces pollutions **répétitives** ponctuelles / dispersées, qu'elles soient conscientes ou accidentelles seront donc :

- **agir sur les conditionnements et les formulations des produits**
- **agir sur les matériels de traitement**

Des solutions techniques seront **présentées**, dont nous tenterons d'évaluer les coûts de mise en place.

Il conviendra de replacer les solutions **présentées** dans la **présente** Ctude dans un cadre plus large d'action que l'on peut **résumer** dans les quatre points suivants :

1) Au niveau de l'agriculture

Il est souhaitable de développer :

- la *‘lutte intégrée’*, qui est par définition *‘l’emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes dont on dispose contre les différents ennemis des cultures, de façon à maintenir leurs nocivités à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables ‘ (ACTA)**

- la *“lutte raisonnée”*, qui est *“l’emploi rationnel de produits agropharmaceutiques, se définissant notamment par le choix des produits, de la dose, de l’époque d’application et des techniques à mettre en œuvre” (ACTA)*

2) Au niveau de l'agriculteur

La solution de ces problèmes passe par une information et une formation plus importantes sur les risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires : risques de nuire à la santé de l'agriculteur et à l'intégrité du milieu naturel. L'information doit également porter sur les solutions et les gestes à faire pour prévenir ces risques.

3) Au niveau des fabricants de matériels de traitement

Repérer et promouvoir les produits “propres”.

Ex : pulvérisateurs classiques --> diminution du volume mort
--> diminution du fond de cuve
--> **système** de rinçage des rampes et de la cuve
--> bac d'incorporation des produits.. .
Ex : pulvérisateurs nouveaux --> systèmes à circuits d'eau et de produits phytosanitaires **séparés**.

* ACTA : Association de Coordination Technique Agricole : 149, rue de Bercy 75 595 PARIS Cedex 12

CONCLUSIONSETPERSPECTIVES

Nombre d'enquêtes constatent l'absence de statistiques complètes sur la consommation des pesticides dans le domaine agricole, ce qui rend difficile l'évaluation quantitative de ces produits. Cette situation est en partie due **à** la confidentialité commerciale et **à** la réticence des industriels **à** fournir des informations sur les profits de leurs productions ou de leurs ventes. Cette remarque s'applique également aux distributeurs des produits agrochimiques. D'autre part, il n'existe pas en France, de gestion centralisée de l'utilisation des pesticides (TRONCZYNSKI, 1990).

On se heurte encore davantage aux questions de confidentialité lorsqu'il s'agit de déterminer la valeur des différents paramètres constituant le prix d'un produit phytosanitaire (coût des matières premières, de formulations, des conditionnements, des promotions, du marketing, . . .). Il s'agit là d'un **véritable** "mur de secrets". Nous n'avons pu obtenir que les pourcentages de **surcoût** de mises en place de nouvelles formulations par rapport aux anciennes, et ceci uniquement pour le paramètre : coût industriel de fabrication. Ceci nous a cependant permis de poser cette question des paramètres du prix, ce qui a mis en évidence le fait que ces produits **sont entièrement dépendants du marché**, et très peu de leur coût de fabrication (ex : un produit unique en son genre est vendu **à** un prix libre tant qu'il est protégé par son brevet. A péremption de celui-ci, le prix chute dans des proportions considérables).

Ajoutons que l'abandon par les firmes et les distributeurs, de cette politique de **confidentialité** permettrait aux décideurs d'attribuer des aides **à** l'investissement en connaissance de cause pour ce qui concerne les changements de formulation, **à** l'image de ce qui a pu se passer dans l'industrie automobile pour l'adoption du pot catalytique (**crédits** d'études, aides **à** l'innovation, . . .).

En ce qui concerne la question des emballages, **très** mal gérée pour le moment, il nous paraît nécessaire d'imposer systématiquement le retour des emballages usages, même rincés, chez les distributeurs dans la perspective de leur **récupération et/ou** destruction.

Afin d'améliorer la connaissance de l'usage des pesticides (tonnages, nature des produits, identités des utilisateurs), il serait utile d'instaurer au niveau des négociants la tenue d'un registre de vente des produits. Ce dernier devrait être accessible aux **différents** acteurs qui travaillent sur la pollution du milieu par les produits phytosanitaires.

Afin de chiffrer les efforts financiers à mettre en place pour inciter l'amélioration des formulations, il serait utile de connaître:

- 1- les composantes des prix d'un produit phytosanitaire,
- 2- les tonnages des différentes matières actives **commercialisées** en fonction de leurs formulations,
- 3- les scénarios technico-économiques de changement de formulations.

Très concrètement, si la décision était prise de parvenir à des changements de WP vers les formulations plus "sûres" WG, à quelles quantités de chacune des matières actives de formulation WP avons-nous affaire ?

Concluons pour notre part qu'il nous est aujourd'hui **difficile** d'aller plus loin dans cette enquête sans une collaboration avec d'autres organismes (**UIPP**) ou même avec certaines **firmes** plus ouvertes que d'autres.. .