

# ENDOSULFAN

---

Dernière mise à jour : 30/03/2006

## RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : [jean-marc.brignon@ineris.fr](mailto:jean-marc.brignon@ineris.fr)

## EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

A. GOUZY

# ENDOSULFAN

## SOMMAIRE

1	Généralités .....	3
1.1	Définition et caractéristiques principales .....	3
1.2	Réglementation .....	4
2	Production et utilisation.....	7
2.1	Production et vente .....	7
2.2	Utilisations.....	8
3	Rejets et présence dans l'environnement .....	9
3.1	Principales sources de rejet.....	9
3.2	Rejets industriels .....	9
3.3	Rejets liés à l'utilisation de produits .....	9
3.4	Pollutions historiques .....	10
3.5	Présence dans l'environnement .....	10
4	Possibilités de réduction des rejets.....	11
4.1	Produits de substitution.....	11
4.2	Réduction des émissions .....	12
5	Aspects économiques .....	13
5.1	Place de la substance dans l'économie française.....	13
5.2	Impact économique des mesures de réduction.....	13
6	Conclusions .....	16
7	Références.....	16
7.1	Entreprises, organismes et experts interrogés .....	16
7.2	Sites Internet consultés .....	16
7.3	Bibliographie .....	17

# ENDOSULFAN

## 1 GENERALITES

### 1.1 Définition et caractéristiques principales

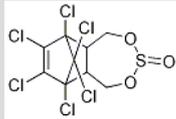
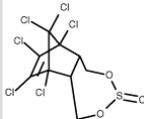
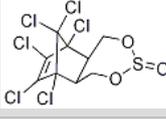
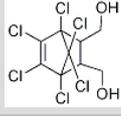
#### 1.1.1 Présentation de la substance

L'endosulfan ( $C_9H_6Cl_6O_3S$  ou 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-méthano-2,3,4-benzo-dioxathiepin-3-oxide) est de la famille chimique des organo-chlorés<sup>1</sup>. Cette substance a été développée dans le milieu des années 1950 et se présente sous forme de cristaux bruns, stables à la lumière et insolubles dans l'eau.

En France, cette spécialité est couramment utilisée comme pesticide sur les cultures vivrières et non vivrières.

L'endosulfan est composé des stéréo-isomères alpha et bêta (Tab. 1.1), dans les proportions  $\alpha/\beta = 70/30$  (WHO, 1984). D'autres composés peuvent également être présents à l'état d'impuretés : endosulfan alcool et endosulfan ether (EFSA, 2005).

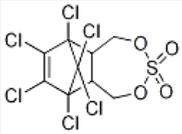
Tableau 1.1. Caractéristiques des composés de la famille de l'endosulfan.

Substance chimique	N° CAS	Synonyme	Formule développée
Endosulfan $C_9H_6Cl_6O_3S$	115-29-7 EINECS : 204-079-9	Endosulphan Thiodan Rasayansulfan Thiosulfan	
$\alpha$ -endosulfan $C_9H_6Cl_6O_3S$	959-98-8	Endosulfan I Endosulphan A	
$\beta$ -endosulfan $C_9H_6Cl_6O_3S$	33213-65-9	Endosulfan II Endosulphan B	
Endosulfan alcool $C_9H_6Cl_6O_2$	2157-19-9	-	

<sup>1</sup> organo-chlorés : composés organiques dans lequel un (ou plusieurs) atome(s) d'hydrogène a (ont) été remplacé(s) par des atomes de chlore.

# ENDOSULFAN

Tableau 1.1. Caractéristiques des composés de la famille de l'endosulfan (suite).

Substance chimique	N° CAS	Synonyme	Formule développée
Endosulfan sulfate $C_9H_6Cl_6O_4S$	1031-07-8	sulfate d'endosulfan	

## 1.2 Réglementation

### 1.2.1 Classification

- Classification toxicologique**

N - T - R24/25 - R36 - R50/53 (Décision de la CEE du 16/10/93 dans ACTA, 2004).

N : Dangereux pour l'environnement (substances et préparations qui présenteraient ou pourraient présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs composantes de l'environnement).

T : Toxique (substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort).

R24/25 : Toxique par contact avec la peau et par ingestion.

R36 : Irritant pour les yeux.

R50/53 : Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

- Conseils de prudence**

S1/2 - S28 - S36/37 - S45 - S60 - S61 (<http://ecb.jrc.it/classification-labelling/>).

S1/2 : Conserver sous clé et hors de portée des enfants.

S28Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment.

S36/37 : Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.

S45 : En cas d'accident ou de malaise consulter un médecin.

S60 : Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.

S61 : Eviter les rejets dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales / la fiche de donnée de sécurité.

- Avertissements d'écotoxicité**

Contrairement à certains autres composés organo-chlorés, l'endosulfan ne s'accumule pas dans la chaîne alimentaire et est rapidement éliminé en cas d'ingestion. Ce pesticide est jugé

# ENDOSULFAN

moyennement dangereux pour les insectes auxiliaires et très dangereux pour les poissons et le gibier (ACTA, 2004).

## 1.2.2 Textes législatifs de référence

- **Alimentation animale**

Entrée en vigueur le 1er août 2003, la directive 2002/32/EC du Parlement Européen régit la présence de substances indésirables dans les produits destinés à l'alimentation animale (en remplacement des directives 1999/29/EC et 74/63/EEC). Parmi 39 autres substances, ce texte limite les teneurs en endosulfan pour l'ensemble des produits agricoles (maintenus à 12% d'humidité) à 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> à l'exception :

- des graines d'oléagineux limitées à 0,5 mg.kg<sup>-1</sup> ;
- du maïs limité à 0,2 mg.kg<sup>-1</sup> ;
- des produits alimentaires destinés à la pisciculture limités à 0,005 mg.kg<sup>-1</sup>.

Contrairement aux autres substances citées en annexe de la directive 2002/32/EC, l'endosulfan est encore utilisé en tant que pesticide.

- **Qualité des eaux destinées à la consommation humaine**

L'union européenne, à travers la directive 98/83/EC sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, a limité les teneurs acceptables en produits phytosanitaires (donc en endosulfan) dans les eaux de boisson à 0,1 µg.L<sup>-1</sup> (dans la limite de 0,5 µg.L<sup>-1</sup> pour l'ensemble des pesticides présents).

- **Alimentation humaine**

La législation européenne définit également les teneurs maximales en résidus<sup>2</sup> (LMR). Dans le tableau ci-dessous (Tab. 1.2), les LMR (en mg.kg<sup>-1</sup> ou ppm) regroupent la somme des endosulfan  $\alpha$  et  $\beta$  ainsi que du sulfate d'endosulfan (exprimé en endosulfan). Les données sont issues de la directive européenne 2002/32/EC qui constitue le texte législatif le plus récent.

---

<sup>2</sup> LMR ou concentration la plus élevée en résidus légalement acceptable pour que le produit soit commercialisable. Néanmoins l'existence d'une LMR n'a pas valeur d'autorisation d'usage.

# ENDOSULFAN

Tableau 1.2. LMR de pour l'ensemble de l'endosulfan  $\alpha$  et  $\beta$  ainsi que du sulfate d'endosulfan ; d'après (ACTA, 2004).

<i>Produits agricoles</i>	<i>LMR</i>	<i>Produits agricoles</i>	<i>LMR</i>	<i>Produits agricoles</i>	<i>LMR</i>
Agrumes	0.5	Fruits à coque	0.1*	Pomme de terre	0.05*
Autres fruits	0.05*	Fruits à pépins	0.3	Raisin	0.5
Autres graines oléagineuses	0.1**	Houblon	0.1*	Soja (fèves)	0.5
Autres légumes céréales	0.05	Mais	0.2	Thé	30
Coton (graine)	0.3	Pêche	0.5	Tomate	0.5
Cucurbitacées à peau non comestible	0.1*	Poivron	1	-	-

\* Limite de détermination

\*\* Limite de quantification

### 1.2.3 Autres textes

L'ajout de l'endosulfan au protocole de l'UNECE<sup>3</sup> sur les POP<sup>4</sup> est à l'étude (Protocoles sur les métaux lourds et les POP de 1998 ratifié en 2003).

Cette substance est également incluse à la liste dressée par la convention OSPAR<sup>5</sup> en 1998 (List of Candidate Substances) et son étude a été confirmée en 2000 (List for Priority Action).

Les Communautés européennes ont envoyé à l'OMC un projet de décision de la Commission concernant la non-inclusion de l'endosulfan à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations octroyées pour les produits pharmaceutiques contenant cette substance active (<http://europa.eu.int/comm/enterprise/tbt/index.cfm?fuseaction=WhatNew.viewOld&num=14&year=2005&dspLang=FR>).

3 United Nations Commission for Europe.

4 Polluants Organiques Persistants

5 Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est.

# ENDOSULFAN

## 2 PRODUCTION ET UTILISATION

### 2.1 Production et vente

#### 2.1.1 Spécialités commerciales disponibles en France

- Endosulfan seul

Les noms d'usage des substances contenant uniquement de l'endosulfan comme substance active sont présentés ci-dessous au sein du tableau 2.1.

Tab. 2.1. Noms d'usage des spécialités et firmes de commercialisation de l'endosulfan ; d'après (ACTA, 2004).

<i>Spécialité commerciale :</i>	<i>Commercialisée par :</i>
Chimac endo 350	Agriphyt
Rocky	Calliope
Endor	Capiscol
Thiodan 35 CE	FlexAgri
End 35 LAPA	L.A.P.A.
Thionex	Makhteshim-Agan France
Techn`ufan	Sipcam-Phyteurop

- Usage en mélange

En France, l'endosulfan est également utilisé en mélange avec de la deltaméthrine. Le pesticide ainsi formulé est préconisé en tant qu'insecticide des parties aériennes des céréales, crucifères oléagineuses, pois protéagineux et du colza. Le tableau 2.2 présente le nom des spécialités commerciales et leurs firmes d'origine.

Tab. 2.2. Noms d'usage des spécialités et firmes de commercialisation du mélange endosulfan et deltaméthrine ; d'après (ACTA, 2004).

<i>Spécialité commerciale :</i>	<i>Commercialisée par :</i>
Sarbacane	Bayer CropScience
Galion	Dow AgroSciences

# ENDOSULFAN

## 2.1.2 Production d'endosulfan

La production mondiale d'endosulfan a été estimée à ~10 000 tonnes par an au milieu des années 1980 (ATSDR, 2000).

En 2005, un seul site de fabrication européen a été recensé (Francfort, Allemagne). D'après l'industriel (Aventis CropScience) ce site produit ~4 000 tonnes par an (EFSA, 2005 ; Denier van der Gon et al., 2005 ; Umweltbundesamt ; 2004) dont la majeure partie est exportée hors communauté européenne (EFSA, 2005).

## 2.2 Utilisations

Les seuls usages rapportés pour l'endosulfan sont liés à son action de pesticide (Umweltbundesamt ; 2004).

### 2.2.1 Usage qualitatif de la substance

L'endosulfan est un insecticide/acaricide par contact et ingestion. En France, il est utilisé sur :

- les grandes cultures : céréales, crucifères oléagineuses, féveroles, poids protéagineux, pomme de terre ;
- les arbres fruitiers : abricotier, cassissier, framboisier, noisetier, noyer, pêcher, poirier-cognassier-nashi, pommier ;
- les cultures légumières : artichaut (DAR<sup>6</sup> : 15 j.), asperge (DAR : 15 j.), betterave potagère, carotte, concombre (DAR : 3 j.), cornichon, courgette, choux (DAR : 15 j.), fraisier (DAR : 15 j.), laitue, melon (DAR : 3 j.), navet, pois de conserve (DAR : 15 j.), radis ;
- les cultures ornementales : rosier ;
- les sols : Traitement des sols contre les noctuelles terricoles sur toutes cultures.

### 2.2.2 Usage quantitatif de la substance

- Usage de l'endosulfan en Europe

Les quantités consommées pour chaque pays de l'union européenne ont été publiées dans le rapport Umweltbundesamt de 2004, et ce, pour les années 1994 à 1999. Ainsi, en 1999,

---

<sup>6</sup> DAR : Délai d'emploi avant récolte

# ENDOSULFAN

70,8 tonnes d'endosulfan ont été consommées en France (28 t au nord et 42,8 t au sud) : soit ~15% des quantités utilisées pour l'ensemble de l'Europe à l'époque (OSPAR, 2002).

L'utilisation de l'endosulfan dans l'union européenne n'a cessé de décroître au cours des dernières années. A ce jour, la substance est encore autorisée dans sept états membres mais il a été envisagé que cette autorisation soit retirée par les Etats membres en 2006 (EFSA, 2005).

- **Usage de l'endosulfan en France**

Pour les cinq dernières années (2000 à 2005), les quantités consommées en France sont estimées entre 100 à 200 tonnes par an.

## 3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

### 3.1 Principales sources de rejet

Pour cette substance aucune source naturelle n'a été identifiée (ATSDR, 2000).

Les principales contaminations sont donc limitées aux zones d'utilisation de l'endosulfan et, dans une moindre mesure, à ses zones de fabrication et/ou de stockage.

### 3.2 Rejets industriels

Aucun rejet dans l'environnement n'a été rapporté lors de la fabrication ou du stockage de l'endosulfan (rappelons qu'aucun site de production n'existe en France).

### 3.3 Rejets liés à l'utilisation de produits

L'endosulfan est rejeté dans l'environnement suite à son usage en tant que pesticide (ATSDR, 2000). Les rejets de cette substance suite à son application en plein champ sont donc multiples et répartis sur l'ensemble du territoire national (notons que cette substance est plus utilisée en région méditerranéenne qu'au nord de la France).

Après son application, cette substance se retrouve à la fois dans le compartiment atmosphérique, dans le sol et/ou les sédiments, dans l'eau et, dans une moindre mesure, dans les végétaux.

# ENDOSULFAN

## 3.4 Pollutions historiques

Du fait des temps de demi-vie de l'endosulfan dans l'air, les sols, l'eau et les sédiments (demi-vies inférieures à un an), aucune pollution historique n'est rapportée. Néanmoins, il pourrait s'avérer nécessaire de surveiller les sites de stockage.

## 3.5 Présence dans l'environnement

L'endosulfan peut être transporté sur de longues distances par voie atmosphérique mais est relativement immobile dans les sols (ATSDR, 2000). Dans les conditions naturelles, l'assimilation directe d'endosulfan depuis le sol par les plantes ainsi que le transport au sein des végétaux est négligeable (EFSA, 2005).

- **Endosulfan dans le compartiment aérien**

Une partie très importante de l'endosulfan s'évapore des cultures traitées et se trouve transportée dans l'atmosphère sur de longues distances (UNECE, 2003). En effet, ces deux stéréo-isomères sont relativement résistants à la photo dégradation (au contraire de certains de ses métabolites : endosulfan sulfate et diol).

- **Endosulfan dans l'eau**

Le temps de demi-vie des deux stéréo-isomères de l'endosulfan dans l'eau naturelle est estimé de 4 à 7 jours. Néanmoins, à pH bas et dans des conditions anaérobiques, le temps de demi-vie peut atteindre 5 mois (ATSDR, 2000).

Les données de demi-vie présentées dans le tableau 3.1. synthétisent les résultats obtenus en laboratoire pour des eaux maintenues a des pH différents.

*Tab. 3.1. Persistance de l'endosulfan dans l'eau (données mesurées in-vitro).*

<i>Temps de demi-vie (jour) :</i>	<i>Ph :</i>
< 1	9
< 19	7
> 200	5

Malgré la rareté des informations françaises sur la présence d'endosulfan dans les eaux de surface et les eaux souterraines, on peut estimer que cette substance n'est présente que rarement dans les eaux de surface (fréquence de détection <2%) et jamais dans les eaux souterraines (IFEN, 2002).

# ENDOSULFAN

- **Endosulfan dans les sols**

Dans le sol, l' $\alpha$ -endosulfan a un temps de demi-vie (60 jours) plus court que le  $\beta$ -endosulfan (900 jours). Au contraire des deux compartiments précédents (air et eau) le transport dans le compartiment sol est très faible.

- **Endosulfan dans les sédiments**

Le temps de demi-vie de l'endosulfan dans les sédiments atteint 10 - 12 jours dans des conditions aérobies et > 6 mois dans des conditions anaérobies (UNECE, 2003).

- **Endosulfan dans les végétaux**

Les résidus d'endosulfan au sein plantes traitées varient de 1 à 100 mg.kg<sup>-1</sup> (à j0). A j+7, les résidus ont diminué de ~20% (WHO, 1984).

Quel que soit le compartiment considéré, la dégradation dépend de l'environnement, des conditions climatiques et du type de micro-organismes présents.

## 4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

### 4.1 Produits de substitution

- **Pratiques à l'étranger**

Du point de vue socio-économique de nombreux pays ont interdit, n'ont pas approuvé ou ont sévèrement restreint l'usage de l'endosulfan : cet état de fait tend à prouver, qu'à ce jour, il existe des produits de remplacement (Nations Unies, 2003).

- **Point de vue des producteurs**

En revanche, la firme Bayer CropScience avance les arguments suivants quant aux avantages de cette substance vis à vis de ses principaux produits de substitutions (Umweltbundeseamt, 2004) :

- faible toxicité pour les insectes auxiliaires ;
- bon rapport efficacité/prix ;
- large spectre d'action ;
- bonne tolérance des cultures à l'endosulfan ;
- mode d'action original (intérêt pour le management de la résistance des insectes aux pesticides).

# ENDOSULFAN

Néanmoins, l'industriel poursuit des recherches sur des pistes prometteuses quant au développement de produit de substitution (en particulier le mélange de plusieurs ingrédients actifs).

- **Point de vue des utilisateurs**

Selon l'INRA et Arvalis, l'éventuelle disparition de l'endosulfan ne semblerait poser un problème technique que pour la lutte contre la bruche du pois et de la féverole (pour contrer ces insectes, à ce jour, on ne possède pas de substance active aussi efficace)<sup>7</sup>. Pour les autres cultures, mis à part un usage non homologué en France (traitement des pucerons verts du pommier) mais qui serait fréquemment rencontré en pratique, l'endosulfan est un insecticide marginal (grandes cultures, viticulture, arboriculture).

- **Produits de substitution**

Il semble difficile de trouver un unique produit de substitution pour remplacer tous les usages de l'endosulfan et ce sur l'ensemble des cultures concernées. En revanche, pratique par pratique, des traitements équivalents peuvent être proposés : les correspondances sont listées, par exemple, dans l'index phytosanitaire (publication ACTA remise à jour annuellement).

## 4.2 Réduction des émissions

L'usage uniquement agricole de l'endosulfan (d'où de multiples sources de rejets à l'échelle nationale) limite les possibilités de réduction des rejets. En effet, en plein champ, les eaux de ruissellement ne sont récupérées que dans une très faible mesure (aucun traitement n'est donc envisageable).

L'essentiel des possibilités de réduction des rejets passe donc par la réduction de l'utilisation de la substance et/ou sa substitution.

Notons néanmoins l'existence de récentes recherches fondamentales visant à identifier des acteurs potentiels de dégradation de cette substance :

- dans les sols par l'intermédiaire d'algues vertes (Lee et al., 2003) ;
- sur un milieu de culture par l'intermédiaire de micro-organismes (Siddique et al, 2003).

A ce jour, aucune application concrète de ces recherches n'est disponible à notre connaissance.

---

<sup>7</sup> La culture de pois protéagineux représentait 318 000 ha en 2005 et la féverole 101 000 ha.

# ENDOSULFAN

## 4.2.1 Stations d'épuration

Bien que constituant une voie de rejet très minoritaire (cf. §3.1), les eaux polluées par de l'endosulfan (eaux usées, eaux de ruissellement) peuvent être traitées en station d'épuration. Quand on vise des rendements d'élimination supérieurs à 90%, on utilise la technique d'adsorption sur charbon actif ([http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/preservation/05\\_proteger.htm](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/preservation/05_proteger.htm)).

Ainsi, une société spécialisée dans le traitement de l'eau indique que l'endosulfan présente une très grande probabilité d'être efficacement adsorbé sur charbon actif. Cependant, ces techniques ont un coût et ne sont adaptées aux stations non-industrielles de traitement des eaux.

## 5 ASPECTS ECONOMIQUES

### 5.1 Place de la substance dans l'économie française

En France, la place de l'endosulfan dans l'économie est uniquement liée à l'usage de cette substance en tant que produit phytosanitaire. Ainsi, en croisant les quantités utilisées et le prix moyen de vente (en octobre 2005), il est possible de calculer le coût de l'usage de l'endosulfan à l'échelle nationale : soit ~ 6 000 k€.an<sup>-1</sup>.

### 5.2 Impact économique des mesures de réduction

Aux Etats-Unis et en 2001, les cultures les plus traitées par l'endosulfan (en terme de vente) ont été listées (Umweltbundesamt, 2004) : le coton ; les melons ; les tomates et les pommes de terre. Sur cette liste restreinte de cultures, une évaluation du coût économique du remplacement de l'endosulfan par un autre pesticide à même spectre d'action peut être menée (Tableau 5.1). Les substances de remplacement ainsi que les doses recommandées d'application sont issues de l'index phytosanitaire (ACTA, 2004).

Du fait de la difficulté annoncée par les experts à trouver des substances de substitution de l'endosulfan pour son usage insecticide anti-bruche sur les féveroles (§4.1), cette culture a été adjointe à ce tableau.

Néanmoins, il faut rappeler que le remplacement d'une substance phytosanitaire par une autre n'est pas sans impact sur les environnements. Pour cela, le tableau 5.1 synthétise également les informations disponibles sur l'impact potentiel de ces substitutions de substances actives sur l'environnement. Ces évaluations s'effectuent selon trois composantes de l'environnement :

# ENDOSULFAN

- l'air grâce à une estimation d'impact des substances sur la santé suite à une exposition par voie atmosphérique (Gouzy et Farret, 2005) ;
- l'eau de surface grâce à une estimation de la potentialité que les substances atteignent l'eau de surface ;
- l'eau souterraine grâce à cette même méthode déclinée au cas des eaux souterraines.

Le tableau 5.1 montre que, sur l'ensemble des usages rapportés, la substitution du chlorpyriphos par un autre produit phytosanitaire pourrait s'effectuer sans augmentation d'impacts sur les environnements (air, eau de surface et eau souterraine) ainsi que sans surcoût pour le producteur.

Néanmoins, il faut préciser que cette évaluation de l'impact économique des mesures de réduction est purement indicative et dépend en grande partie des informations disponibles sur le prix des substances.

# ENDOSULFAN

Tab. 5.1. Evaluation du coût économique du remplacement de l'endosulfan par une autre substance.

Culture	Action insecticide *	Dose d'application	Coût	Substance de remplacement*	Impact air ♦	Impact eau surface ♦♦	Impact eau profonde ♦♦♦	Dose d'application	Coût	Coût du remplacement***
								g.ha <sup>-1</sup> *	€.ha <sup>-1</sup> **	€.ha <sup>-1</sup> **
Coton	n.c.	-	-	-				-	-	-
Melon	Pucerons	612	12,8	Bifenthrine	☺	☺	☺	20	15,6	+ 2,8
				Méthomyl	☺	☺	☹	300	n.d.	-
				Pymétrozine	☺	n.d.	n.d.	100	n.d.	-
				Pyrimicarbe	☺	n.d.	n.d.	375	n.d.	-
				Tau-fluvalinate	☺	☺	☺	48	9,4	- 3,4
Melon	Pyrale du maïs	700	14,6	Deltaméthrine	☺	☺	☺	12,50	12,1	- 2,5
				Lambda-cyhalothrine	☺	☺	☺	20,00	22,0	+ 7,4
Tomate	n.c.	-	-	-				-	-	-
Pomme de terre	Doryphore	350	7,3	Alphaméthrine	☺	☺	☺	12	3,7	- 3,6
				Azinphos méthyl	☺	☺	☺	437	23,7	+ 16,4
				Betacyfluthrine	☺	n.d.	n.d.	7	n.d.	-
				Carbaryl	☺	n.d.	n.d.	850	15,6	+ 8,3
				Cyfluthrine	☺	☺	☺	15	n.d.	-
				Cyperméthrine	☺	☺	☺	20	0,8	- 6,5
				Deltaméthrine	☺	☺	☺	7	7,3	- 0,0
				Esfenvalérate	☺	☺	☺	12	8,5	+ 1,2
				Lambda-cyhalothrine	☺	☺	☺	12	13,7	+ 6,4
				Mercaptodiméthur	☺	☺	☹	1000	100,0	+ 92,7
				Méthidathion	☺	☺	☺	300	n.d.	-
				Phosalone	☺	☺	☺	612	32,5	+ 25,2
				Phosmet	☺	☺	☺	500	n.d.	-
				Roténone	☺	n.d.	n.d.	256	n.d.	-
Tau-fluvalinate	☺	☺	☺	48	9,4	+ 2,1				
Féverole	Bruche	700	14,6	Betacyfluthrine	☺	n.d.	n.d.	7	n.d.	-
				Cyfluthrine	☺	☺	☺	15	n.d.	-
				Lambda-cyhalothrine	☺	☺	☺	6	6,9	- 7,7

n.c. aucune action autorisée en France sur cette culture ;

n.d. donnée non disponible ;

\* d'après ACTA (2004) ;

\*\* d'après le Groupe Lorca (prix moyen de la substance ; tarif au 20 octobre 2005) ;

\*\*\* le coût de remplacement ne prend en compte que le prix d'achat des substances.

☺ pour un milieu donné ces substances peuvent être recommandées pour remplacer le chlorpyrifos ;

☺ pour un milieu donné ces substances de remplacement sont équivalentes au chlorpyrifos ;

☹ pour un milieu donné ces substances ne saurait être recommandées pour remplacer le chlorpyrifos.

♦ d'après une estimation d'impact sur la santé humaine par voie atmosphérique (Gouzy et Farret, 2005) ;

♦♦ d'après le classement « SIRIS » en vue de la surveillance de la qualité des eaux (GT Listes prioritaires, 1995).

# ENDOSULFAN

## 6 CONCLUSIONS

A l'horizon 2015, la suppression des rejets exigée par la DCE semble possible, en raison du nombre réduit d'usages liés à cette substance et de la disponibilité d'alternatives dont le surcoût est faible à inexistant. Seules quelques rares difficultés résiduelles pourraient subsister telles que l'usage des stocks anciens de substance, ...

Au-delà de la question de l'endosulfan, la substitution d'une substance par d'autres produits phytosanitaires pourrait continuer d'engendrer des problèmes environnementaux. Il conviendrait donc d'inscrire la réduction des rejets d'endosulfan dans une démarche générale de réduction de l'emploi des pesticides, et d'évolution vers des molécules moins écotoxiques.

## 7 REFERENCES

### 7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

Arvalis (B. Réal)	Produit de remplacement
INRA (R. Delorme)	Produit de remplacement
Groupe Lorca	Prix de substances de remplacement

### 7.2 Sites Internet consultés

INRA : <http://www.inra.fr/agritox/php/fiches.php>

CNRS : [http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/preservation/05\\_proteger.htm](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/preservation/05_proteger.htm)

Lenntech : <http://www.lenntech.com/fran%C3%A7ais/adsorption.htm>

European Commission - DG Enterprise TBT :

<http://europa.eu.int/comm/enterprise/tbt/index.cfm?fuseaction=WhatNew.viewOld&num=14&year=2005&dspLang=FR>

# ENDOSULFAN

## 7.3 Bibliographie

ACTA, Association de Coordination Technique Agricole, 2004. Index phytosanitaire, 40ème édition, 804p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2000. Toxicological profile for endosulfan. Atlanta, USA.

Ballschmitter, K., Schophan, I. and Tölg, G., 1967. The metabolization of endosulfan in insects and mammals. Paper presented to the VI International Plant Protection Congress, Vienna.

Craine, E.M., 1986. A dermal absorption study in rats with <sup>14</sup>C-Endosulfan. Unpublished Report No. A-36685 from WIL Research Laboratories, Inc., Ashland, Ohio. Submitted to WHO by Hoechst AG, Frankfurt, FRG.

Denier van der Gon, H.A.C., Van het Bolscher, M., Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J., 2005. Study to the effectiveness of the UNECE Persistent Organic Pollutants Protocol and cost of possible additional measures - Phase I : Estimation of emission reduction resulting from the implementation of the POP Protocol. TNO Report 2005/194, Apeldoorn, The Netherlands.

Gouzy, A., Farret, R. and Le Gall, A.C., 2005. Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation, Rapport INERIS n° DRC - 05 - 45936 - 95 - AGo.

Groupe de travail « Listes prioritaires » du Comité de Liaison, 1995. Classements des substances actives phytosanitaires en vue de la surveillance de la qualité des eaux à l'échelle nationale, Rapport du Comité de Liaison « Eau-Produits Antiparasitaires » des ministères de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Environnement et de la Santé, 51 p.

IFEN, 2002. Les pesticides dans les eaux : Bilan annuel 2002. Etudes et Travaux IFEN n° 36, 25p. (<http://www.ifen.fr/publications/ET/pdf/et36.pdf>).

JMPR, 1998. Endosulfan, JMPR Evaluations, Part II Toxicological. International Agency for Research on Cancer Lyon, France.

Lachmann, G., 1987. Dermal absorption of <sup>14</sup>C-Endosulfan in rhesus monkeys. Unpublished Report No. A36685 from Battelle-Institut, Frankfurt, FRG. Submitted to WHO by Hoechst AG, Frankfurt, FRG.

Lee, S.E., Kim, J.S., Kennedy, I.R., Park, J.W., Kwon, G.S., Koh, S.C. and Kim, J.E., 2003. Biotransformation of an organochlorine insecticide, endosulfan, by Anabaena species. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 1336-1340.

OSPAR, 2002. Non-agricultural use of pesticides by OSPAR contracting Parties OSPAR Commission. London, United-Kingdom (ISBN 0-946955-84-0).

# ENDOSULFAN

Siddique, T., Okeke, B.C., Arshad, M., Frankenberger, W.T.Jr., 2003. Enrichment and isolation of endosulfan-degrading microorganisms Journal of Environmental Quality, 32, 47-54.

Stumpf, K., ABhauer, J., 1986. An up-to-date review of the environmental safety of Endosulfan. Unpublished Report No. A35180 from the Analytical Laboratory, Hoechst AG. Submitted to WHO by Hoechst AG, Frankfurt, Germany.

Umweltbundesamt, 2004. Endosulfan - Draft Dossier prepared in support of a proposal of endosulfan to be considered as a candidate for inclusion in the UN-ECE LRTAP protocol on persistent organic pollutants. German Federal Environment Agency, Berlin, Germany.

UNECE, 2003. Nouvelle évaluation des polluants organiques persistants (POP). EB.AIR/WG.5/2003/3, Genève, Suisse.

WHO (World Health Organisation), 1984. Endosulfan. Environmental Health Criteria 40. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Geneva, Switzerland.