

ALACHLORE

Dernière mise à jour : 05/03/2007

RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : jean-marc.brignon@ineris.fr

EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

A. Gouzy : aurelien.gouzy@ineris.fr

ALACHLORE

SOMMAIRE

1	Généralités	3
1.1	Définition et caractéristiques principales	3
1.2	Réglementations	4
2	Production et utilisations	6
2.1	Production et vente	6
2.2	Utilisations	8
2.3	Production accidentelle	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	10
3.4	Pollutions historiques	10
3.5	Présence dans l'environnement	11
4	Possibilités de réduction des rejets	16
4.1	Produits de substitution	16
4.2	Réduction des émissions	16
4.3	Process de substitution	17
5	Aspects économiques	19
5.1	Place de la substance dans l'économie mondiale et française	19
5.2	Impact économique des mesures de réduction	20
6	Conclusions	22
7	Références	23
7.1	Entreprises, organismes et experts interrogés	23
7.2	Sites Internet consultés	23
7.3	Bibliographie	24

ALACHLORE

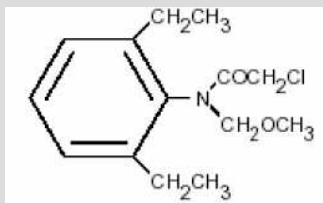
1 GENERALITES

1.1 Définition et caractéristiques principales

1.1.1 Présentation de la substance

L'alachlore ($C_{14}H_{20}ClNO_2$) est un herbicide de la famille chimique des amides¹. Cette substance se présente sous la forme d'un solide cristallin (incolore à jaune) inodore et très soluble dans l'eau : 240 mg.L⁻¹ à 25°C (ACTA, 2004). Selon ACTA (2004), cet herbicide est absorbé par le coléoptile² ou la jeune tige des adventices³. Son action est rapide et persiste pendant 2 à 3 mois. Peu fixé par les colloïdes du sol il donne également de bons résultats en terrain riche en matière organique. Il est actif contre les graminées et de nombreuses dicotylédones.

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

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Synonymes	Formule développée
Alachlore $C_{14}H_{20}ClNO_2$	15972-60-8	240-110-8	Métachlore	

1.1.2 Toxicité de la substance

Une compilation bibliographique des données et limites toxicologiques et écotoxicologiques est disponible :

- Par internet sur le site AGRITOX (Base de données sur les substances actives phyto-pharmaceutiques) gérée par l'AFSSA (<http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/fiches.php>) ;

¹ Selon le site internet du mddep, amide est un nom générique donné aux molécules contenant une fonction amide (R- CONH₂), où R est un radical organique se terminant par un atome de carbone. Cette fonction peut se trouver à l'intérieur d'une chaîne linéaire ou ramifiée ou inscrite dans un cycle. Les atomes d'hydrogène liés à l'atome d'azote peuvent être substitués par d'autres atomes, des chaînes ou des cycles, ou constituer un cycle.

² Petite gaine entourant les premières feuilles de la plantule des graminées dans les premiers stades de son développement.

³ Plantes indésirables qui colonisent les cultures.

ALACHLORE

- dans un rapport de l'IFREMER (Tissier *et al.*, 2005) disponible sur internet (http://www.ifremer.fr/delpc/pdf/RAPPORT_FICHES33_SUBSTANCES.pdf).

1.2 Réglementations

1.2.1 Classification

- **Classification toxicologique**

Xn - N - R22 - R40 - R43 - R50/53 (Décision de la CEE le 29/04/04 selon le site internet Agritox).

- Xn : NOCIF. Produit qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner des risques de gravité limités.
- N : TOXIQUE. Produit qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort.
- R22 : Nocif en cas d'ingestion.
- R40 : Possibilité d'effets irréversibles (jusqu'au 30 juillet 2004). Effet cancérigène suspecté : preuves insuffisantes (au 31 juillet 2004 - application de la directive 2001/59/CE).
- R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
- R50/53 : Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

- **Conseils de prudence**

S2 - S36/37 - S46 - S60 - S61 (Décision de la CEE le 29/04/04 selon le site internet Agritox).

- S2 : Conserver hors de la portée des enfants.
- S36/37 : Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
- S46 : En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.
- S60 : Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
- S61 : Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales / la fiche de donnée de sécurité.

ALACHLORE

- **Classification CMR**

Substance cancérogène, troisième catégorie.

C3 : Effets cancérogènes possibles: substances préoccupantes mais sans données suffisantes.

1.2.2 Textes législatifs de référence

Sur le plan de la réglementation des produits phytopharmaceutiques :

- pour l'Union européenne : cette substance active n'a actuellement été inscrite ni sur la liste positive, ni sur la liste des prochaines interdictions de la directive 91/414/CE du 15 juillet 1991 (ACTA, 2006) ;
- pour la France : cette substance active est autorisée dans la composition de préparations bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché ;
- pour la France : les teneurs maximales pour les résidus de l'alachlore sur et dans les denrées alimentaires sont fixées par les arrêtés de la République Française du 05 août 1992 relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles sur ou dans certains produits d'origine végétale et du 10 février 1989 relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles dans et sur les céréales destinées à la consommation humaine (respectivement $0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ pour les fèves de soja et le maïs) ;
- pour la France, une valeur limite de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ d'alachlore dans l'eau destinée à la consommation a été fixée par le décret 2001- 1220 du 20 décembre 2001⁴.

L'OMS fixe à $20 \mu\text{g.L}^{-1}$ la valeur sanitaire maximale pour l'alachlore dans l'eau destinée à la consommation humaine (Ministère de la Santé et des Solidarités, 2005).

⁴ La norme fixe à $0,1 \mu\text{g}$ par litre la concentration pour chaque type de pesticide et $0,5 \mu\text{g}$ par litre la concentration totale en pesticides, dans les eaux destinées à la consommation humaine.

ALACHLORE

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

2.1 Production et vente

2.1.1 Spécialités commerciales disponibles en France

Les données présentées ci-dessous concernent la France et sont issues d'ACTA (2007). D'autres préparations contenant de l'alachlore peuvent exister et être autorisées en France, la liste de référence, fréquemment remise à jour, est disponible sur le site internet e-phy du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

- Alachlore seul

Le tableau 2.1 ci-après présente le nom des spécialités commerciales et leurs firmes d'origine.

Tableau 2.1. Noms d'usage des spécialités et firmes de commercialisation de l'alachlore ; (d'après ACTA, 2007).

Spécialité commerciale :	Commercialisée par :
Alasun	Green Sun SARL
Adar AM	Makhteshim-Agan France
Alagam ME	Makhteshim-Agan France
Alagan AM	Makhteshim-Agan France
Faeton EC	Phyteurop
Lariat microtech	Monsanto
Lasso	Monsanto
Lasso Microtech	Monsanto
Reneur	Phytorus
Swift AM	Makhteshim-Agan France
Swift MI	Makhteshim-Agan France
Tradiachlor EC	Tradi-agri

ALACHLORE

Selon l'ACTA (2004), l'alachlore est applicable en pré-levée dans les 5 jours qui suivent le semis, en pré-semis (incorporé), en post-semis et en post-levée précoce. De même, les doses sont modulables selon le type de sol.

L'usage de l'alachlore en tant qu'herbicide (dicotylédones et graminées) est autorisé pour les cultures présentées ci-après :

- maïs ;
- soja.

Cette substance est applicable pendant le repos végétatif à la sortie de l'hiver, lorsque les mauvaises herbes sont encore au stade plantule en un seul passage.

- **Alachlore en mélange**

Selon ACTA (2007) l'alachlore est également commercialisé en France en mélange avec de la pendiméthaline. Le tableau 2.2 ci-après présente les noms des spécialités commerciales et leurs firmes d'origine.

Tableau 2.2. Noms d'usage des spécialités et firmes de commercialisation du mélange alachlore et pendiméthaline (d'après ACTA, 2007).

Spécialité commerciale :	Commercialisée par :
Arizonar	Monsanto.
Indiana	BASF AGRO

L'usage de ce mélange est préconisé en tant qu'herbicide pour la culture de maïs.

2.1.2 Production d'alachlore

Aucun site de production français d'alachlore n'a été identifié. Jusqu'en 2005, un site de formulation utilisant de l'alachlore : l'usine BASF Agri-production à Gravelines. L'usage de cette substance a été abandonné depuis (BASF communication personnelle).

Un seul fournisseur de cette substance (basé en Allemagne) est cité dans la base de données « Chemicals and Companies » (RSC, 1998). Selon The Chemical Directory (CIA, 2000) il existe deux producteurs européens et un fournisseur additionnel.

ALACHLORE

Néanmoins, selon l'Union Européenne (non publié) cité par Tissier *et al.* (2005), les quantités produites au sein de l'union seraient supérieures à 1 000 tonnes par an.

2.1.3 Présence d'impuretés

Selon The E-pesticide Manual (2004), la substance active «alachlore» utilisée pour les préparations commerciales est pure à plus de 93%. Néanmoins, ses impuretés ne sont pas identifiées.

2.2 Utilisations

2.2.1 Usage de la substance

En France et à l'international, les seuls usages rapportés pour l'alachlore sont liés à son action herbicide pour un usage agricole (site internet Scorcard).

2.2.2 Usage quantitatif de la substance

Aucun chiffre de consommation à l'échelle européenne et/ou nationale n'a été obtenu. Néanmoins, selon nos informations, la consommation française peut être estimée à 700 tonnes par an.

A l'échelle régionale, parmi les 10 molécules agricoles les plus utilisées en Bretagne, l'alachlore est classé 5^{ième} avec un tonnage correspondant à 71,15 tonnes pour l'année 2001-2002 (site internet Eau & Rivières de Bretagne 1).

La tendance pour les trois prochaines années (2007-2009) devrait consister en une importante diminution des quantités d'alachlore vendues en France. En effet, cette substance est visée par le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides⁵ qui a pour objectif de réduire de 50% les ventes globales des substances les plus dangereuses.

2.3 Production accidentelle

Rubrique sans objet.

⁵ Liste des substances publiée au Journal Officiel de la République Française daté du 10 décembre 2006.

ALACHLORE

3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

Les substances commerciales comprenant de l'alachlore peuvent exister en formulation liquide (concentrée ou non), en granules, en poudre et en tablettes. Quelle que soit la forme physique d'origine, avant application (l'application n'effectuant sous forme de spray), cette substance est remise en solution.

3.1 Principales sources de rejet

Pour cette substance aucune source naturelle n'a été identifiée.

Les éventuelles contaminations sont donc limitées aux zones d'utilisation d'alachlore et, dans une moindre mesure, aux sites de stockage, de production et/ou de formulation de produits phytosanitaires (site internet de l'EPA).

Le registre IREP (Registre Français des Emissions Polluantes) n'est d'ailleurs pas renseigné pour l'alachlore.

3.2 Rejets industriels

- Fabrication de la substance

Aucun rejet dans l'environnement n'a été rapporté lors de la fabrication de l'alachlore (rappelons qu'aucun site actuel de production n'a été identifié en France). Néanmoins, il pourrait s'avérer nécessaire de surveiller les sites de stockage de cette substance.

- Autres secteurs industriels

Selon Barré *et al.* (2006), l'alachlore a été quantifié dans moins de 10% des rejets industriels de 1057 établissements pris en compte. Ces rejets correspondent à des flux cumulés de 1 à 10 g.j⁻¹. Les secteurs industriels concernés sont les suivants :

- métallurgie (1 quantification sur 131 recherches pour ce secteur) ;
- chimie et parachimie (3 quantifications sur 99 recherches pour ce secteur) ;
- industrie pharmaceutique et phytosanitaire (4 quantifications sur 30 recherches pour ce secteur) ;
- industrie pétrolière (1 quantification sur 11 recherches pour ce secteur) ;
- papeterie (1 quantification sur 47 recherches pour ce secteur) ;
- industrie agroalimentaire (1 quantification sur 81 recherches pour ce secteur).

ALACHLORE

Pour l'ensemble de ces secteurs l'alachlore est donc rarement quantifié. De plus, notre étude n'a identifié aucun usage industriel de cette substance autre que celui lié à son action herbicide. On ne peut pas attribuer ces détections à un usage de type industriel. Il convient donc de s'interroger sur l'usage de cette substance en tant qu'herbicide pour l'entretien des sites et locaux ou sur des pollutions exogènes (pollution de la nappe ou du cours d'eau où s'alimentent les industries). Cette dernière hypothèse est d'ailleurs vraisemblable du fait de la stabilité de cette substance dans les eaux souterraines (cf. § 3.4).

3.3 Rejets liés à l'utilisation de produits

On attribue la majorité des rejets diffus d'alachlore à son usage en tant qu'herbicide. Néanmoins, dans une optique de protection du milieu aquatique il convient de souligner la grande vulnérabilité aux herbicides de certaines zones traitées :

- les berges des cours d'eau, lacs, ... ;
- les fossés en liaison directe avec les cours d'eau, lacs, ...

Sur ces zones plus qu'ailleurs, la vigilance lors de traitements phytosanitaires s'impose.

3.4 Pollutions historiques

Aucune pollution historique n'a été identifiée pour l'alachlore. Le tableau 3.1. présente les propriétés de cette substance vis à vis de différents phénomènes de dissipation. Ainsi, bien que la rémanence de l'alachlore est faible dans les sols (< 1 mois), sa stabilité dans les eaux peut entraîner un effet « retard ».

Tableau 3.1. Quantification des principaux phénomènes de dissipation de l'alachlore dans l'environnement (d'après Tissier et al., 2005 et The e-Pesticide Manual, 2004).

Phénomène de dissipation de l'alachlore :	Durée :
Temps de ½ vie dans l'eau (hydrolyse à pH7)	Stable
Temps de ½ vie dans l'eau (photolyse)	De 2 h à 239 j
Temps de ½ vie dans l'atmosphère (photo-oxydation)	2,1 h
Temps de ½ vie dans les sols	1 à 30 j

ALACHLORE

3.5 Présence dans l'environnement

La figure 3.1 illustre la répartition théorique de l'alachlore d'après ses caractéristiques physicochimiques dans les différents compartiments de l'environnement d'après Tissier *et al.* (2005). Cette répartition a été calculée par le modèle de Mackay niveau I.

ALACHLORE

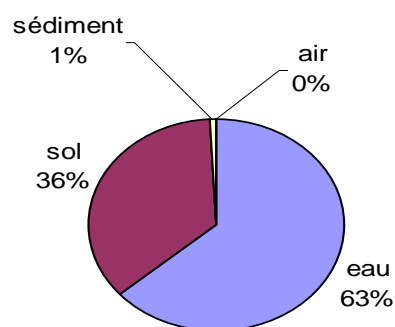


Figure 3.1. Répartition de l'alachlore dans les différents compartiments (d'après Tissier *et al.*, 2005).

- **Alachlore dans les sols**

Selon Tissier *et al.* (2005), l'alachlore persiste dans les sols de 42 à 70 jours, selon les conditions. Cette substance est peu mobile et cette mobilité décroît avec la richesse du sol en carbone organique et en argiles (Tissier *et al.*, 2005).

Selon le e-Pesticide Manual (2004), une fois incorporé au sol, l'alachlore est principalement métabolisé par biodégradation.

- **Alachlore dans le compartiment aérien**

L'alachlore est très peu volatil (Tissier *et al.*, 2005). Il est ainsi peu probable que cette substance se disperse dans l'air, se volatilise après le traitement des sols ou depuis les eaux de surface. Néanmoins, elle peut être détectée dans le compartiment aérien en phase gazeuse de fin avril à mi-juin, ce qui correspond à sa période d'utilisation (Delaunay *et al.*, 2006).

Selon Delaunay *et al.* (2006), les teneurs observées sont généralement comprises entre 0,1 et 0,5 ng.m⁻³ mais atteignent ponctuellement 1,15 ng.m⁻³ (teneur mesurée début mai 2003 sur le site de Caudry). Le tableau 3.2 illustre la variabilité de ces concentrations.

ALACHLORE

Tableau 3.2. Comparaison de valeurs d'alachlore recherchées dans différentes régions ; d'après Delaunay *et al.*, 2006 (Sources Atmo Nord - Pas de Calais, Lig'Air, Air Breizh, Atmo Poitou-Charentes).

Région	Maximum (ng.m ⁻³)	Minimum (ng.m ⁻³)	Fréquence de détection (%)
Bretagne (2004)	6,00	0,64	80
Centre (2003)	6,66	0,14	40
Poitou-Charentes (2004)	3,2	-	58
Nord-Pas de Calais (2003)	1,15	0,09	13
Nord-Pas de Calais (2004)	0,16	0,05	9

- Alachlore dans les eaux

Selon Tissier *et al.* (2005), dans l'eau, la volatilisation n'intervient pas. De plus, cette substance est très peu adsorbée par les matières en suspension et le sédiment. L'alachlore se retrouvera donc principalement en solution.

Bien que les données de dégradation soient peu nombreuses et contrastées (Tissier *et al.*, 2005), il semble que l'alachlore est peu biodégradable (demi-vie de dégradation estimée à 23 jours en eau de rivière).

Peu de données sont disponibles quant aux teneurs en alachlore des eaux de pluie, de surface et souterraines. Néanmoins, à seule fin d'information, le tableau 3.3 présente les données disponibles et leurs caractéristiques.

Tableau 3.3. Teneur des eaux en alachlore.

	Valeur moyenne (µg.L ⁻¹)	Valeur maximale (µg.L ⁻¹)	Référence(s)
Eaux de pluie en Bretagne (2000)	0,25	2,4	Miquel (2003)
Eaux superficielles du Flume affluent de la Vilaine (1996)	n.c.	3,2	
Eaux souterraines en Poitou Charentes (2001-2003)	n.c.	> 0,1	GRAP Poitou-Charentes (2004) Guiho (1998)

ALACHLORE

Ainsi, selon le GRAP Poitou-Charentes (2004), parmi les eaux continentales l'alachlore est quasi exclusivement retrouvé dans les eaux superficielles au printemps.

L'IFEN (2002) dans le cadre de ses bilans nationaux de contamination des eaux par les pesticides (données des années 2000) présente un état des lieux pour les substances prioritaires (dont l'alachlore). Pour cette substance, le tableau 3.4 reprend les principales informations.

Tableau 3.4. Statistiques de recherche et de quantification des eaux de surface et souterraines pour l'alachlore (d'après IFEN, 2002).

Nombre de points de recherche		Taux de recherche de l'alachlore		Taux de quantification de l'alachlore	
Eaux de surface	Eaux souterraines	Eaux de surface	Eaux souterraines	Eaux de surface	Eaux souterraines
439	647	54,3	29,9	8,5	1,3

Ces données soulignent le fait que l'alachlore, bien que rare, est un contaminant des eaux de surface et des eaux souterraines. De plus, les forts taux de recherche démontrent bien le caractère préoccupant de cette contamination.

Plus en détails, ces informations ont été reprises sous forme cartographique (Figures 3.2). Ces documents repris du rapport IFEN (2002).

ALACHLORE

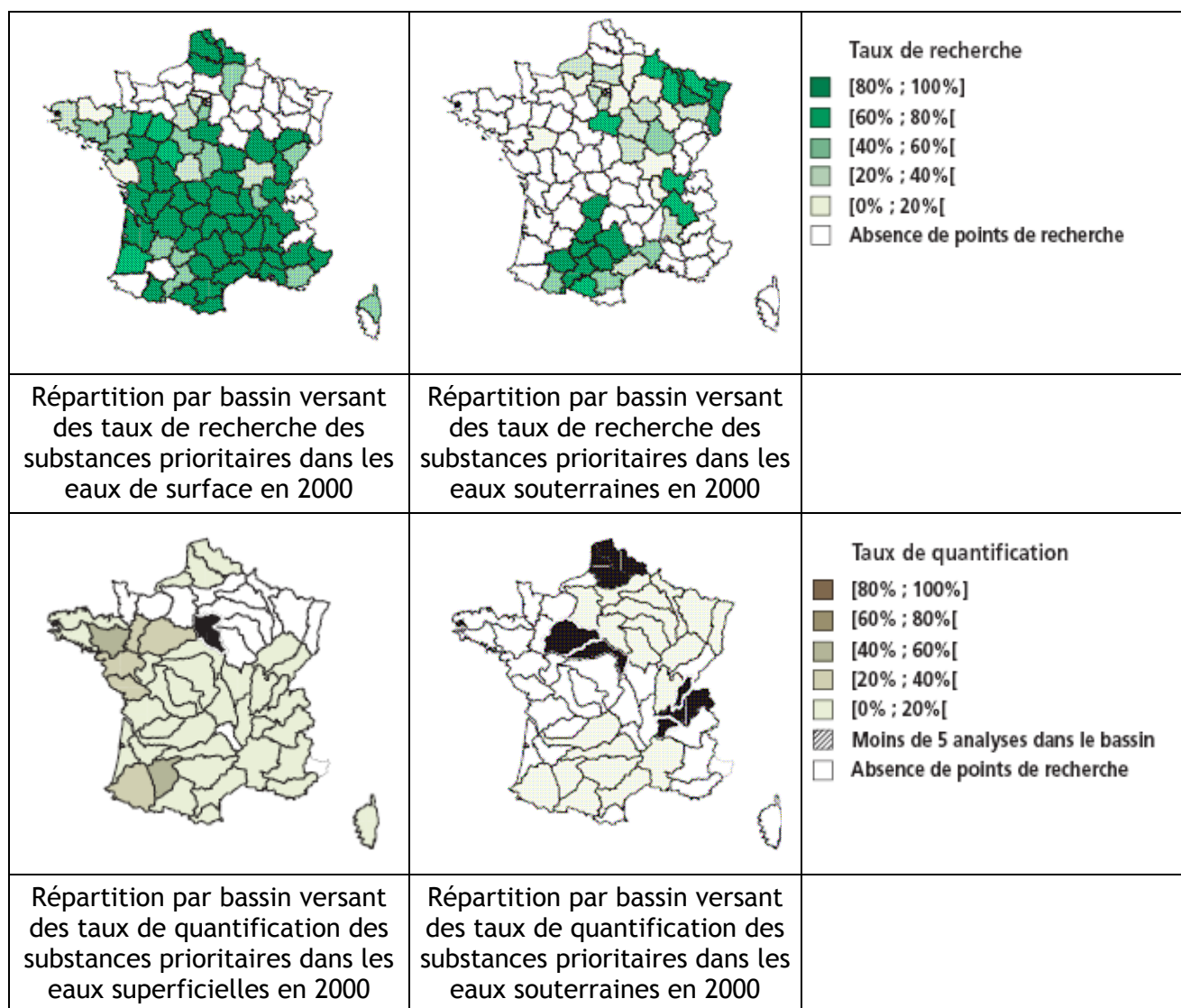


Figure 3.2. Représentations cartographiques des données de recherche et de quantification des eaux de surface et souterraines pour l'alachlore (d'après IFEN, 2002).

ALACHLORE

4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

4.1 Produits de substitution

4.1.1 Retour d'expérience

Il semble difficile de trouver un produit de substitution idéal pour remplacer l'alachlore. En effet, cette substance est actuellement employée comme produit de substitution de l'atrazine (site internet Eau & Rivières de Bretagne 2). Néanmoins, en substitution de l'alachlore, la Confédération Paysanne (2004) préconise l'usage d'herbicides « exemptés de classement » comme la mésotrione ou le nicosulfuron.

Il conviendrait d'encourager non pas la substitution de substances mais l'introduction de nouveaux process (cf. § 4.3) en privilégiant ceux ayant un impact plus faible sur les environnements (désherbage mécanique, désherbage thermique, faux semis, lutte biologique...). Bien que non applicables de façon uniforme à tous les environnements et à tous les cas de figures, ces techniques alternatives ont été étudiées et évaluées (site internet des Chambres d'Agriculture Rhône-Alpes ; Corpen, 1999).

De même, l'utilisation d'alachlore dans de bonnes conditions peut permettre de diminuer les doses employées. Cela concerne plus particulièrement les conditions d'hygrométrie, de vent et de température (Confédération Paysanne, 2004).

Néanmoins, pratique agricole 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

4.2.1 Techniques de traitement des milieux pollués

Les multiples sources agricoles de rejets d'alachlore à l'échelle nationale limitent les possibilités de réduction des rejets par traitement spécifique des effluents contaminés. Ainsi, l'essentiel des possibilités de réduction des rejets passe par :

- la réduction du recours à cette substance,
- de meilleures conditions pour l'utilisation pour ce produit,
- l'usage de molécule(s) de substitution.

ALACHLORE

4.2.2 Retour d'expérience

Selon les dirigeants de l'usine BASF de Gravelines (site industriel qui réalisait jusqu'en 2005) la formulation de produits commerciaux contenant de l'alachlore), les effluents d'eaux de formulation (eaux de lavage) du site étaient incinérés.

4.2.3 Stations d'épuration

Bien que d'usage uniquement agricole, une partie des rejets d'alachlore peut potentiellement être récupérée par le réseau d'eaux pluviales qui peut être partiellement traité. Pour une efficacité maximale, ce traitement peut consister en un passage sur des filtres à charbon actif.

A ce propos, les firmes productrices de charbon actif indiquent que l'alachlore présente une très grande probabilité d'être efficacement adsorbé sur le charbon actif. De même, le site internet de l'EPA identifie cette technique comme la meilleure technique disponible de traitement des effluents.

Cependant, du fait de son coût cette technique ne semble pas adaptée aux stations de traitement des eaux de petites tailles.

4.3 Process de substitution

Les paragraphes ci-dessous reprennent les principales stratégies et techniques de désherbage alternatives déjà appliquées en France en zone agricole : désherbage mécanique, désherbage mixte (mécanique et chimique) et désherbage thermique. Pour préserver ou restaurer la qualité des eaux dans les milieux agricoles, Speich (2006) recommande d'appliquer ces techniques (de préférence à tout autre traitement phytosanitaire) aux zones inclinées fortement susceptibles d'entraîner, non pas l'infiltration dans les sols, mais le ruissellement à leur surface des substances actives.

Le site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne et Phyt'Eauvergne (2004) présente des exemples de désherbage alternatif du maïs avec le cahier des charges suivant :

- un désherbage efficace ;
- une diminution ou une suppression des produits phytosanitaires employés ;
- le maintien ou l'amélioration des conditions agronomiques favorables (décroûtage et aération du sol).

ALACHLORE

4.3.1 La lutte préventive

Selon le site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne, la mise en place de mesures adéquates avant l'implantation du maïs facilite grandement la réussite du désherbage :

- mise en place d'une rotation culturale favorable (par exemple, la pression exercée par les adventices après la culture d'une prairie temporaire est nettement plus faible que celle observée après une rotation maïs - blé) ;
- mise en place d'un faux semis (une préparation du sol identique à celle réalisée avant un semis provoque la germination d'une partie des graines des adventices. Il faut alors d'intervenir avec une herse étrillée pour détruire cette germination avant d'effectuer le semis réel) ;
- mise en place d'une variété de maïs adaptée (la vigueur au démarrage et la précocité peuvent être des atouts, en effet, la levée des adventices n'est plus à craindre après le stade « 8 feuilles » du maïs).

4.3.2 Désherbage alternatif (désherbage mécanique : étape préliminaire)

Selon Phyt'Eauvergne (2004), le désherbage mécanique est une opération qui consiste à détruire les adventices et améliorer la structure du sol des plantes cultivées en ligne. Ce processus permet l'échange hygrométrique et favorise la croissance de la culture mais présente l'inconvénient d'être inefficace sur les adventices situées sur le rang.

Les différents outils utilisables pour effectuer cette opération (herse étrillée, houe rotative et bineuse) sont présentés sur le site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne. Ce site présente également les préconisations d'usage pour chacun de ces matériels.

4.3.3 Désherbage alternatif (traitement chimique ou thermique : seconde étape)

En combinant le désherbage mécanique avec un système de désherbage chimique ou thermique sur le rang, la culture est désherbée en totalité et le nécessaire apport de produits phytosanitaires est réduit de 50 à 70% (Phyt'Eauvergne, 2004 ; site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne).

L'apport de produit phytosanitaire peut même être supprimé dans le cas du désherbage thermique (Phyt'Eauvergne, 2004). En effet, l'association d'un système de brûleurs à gaz⁶ (plasmolyse) au dispositif mécanique a pour but de créer un choc thermique sur la partie aérienne des adventices afin d'obtenir une coagulation de leurs protéines. Néanmoins, cette

⁶ Néanmoins, l'utilisation de combustibles fossiles pose un problème en termes de production de CO₂.

ALACHLORE

alternative n'est applicable que sur les cultures supportant le choc thermique tel que le maïs, le soja, ... (Phyt'Eauvergne, 2004).

4.3.4 Technologies émergentes

Les organismes génétiquement modifiés (O.G.M.) peuvent constituer, dans certains cas, une solution alternative à l'usage de pesticides. Par exemple, selon Soudon (1998), les variétés de maïs résistantes au glyphosate permettent de réduire très sensiblement l'utilisation de molécules conventionnelles persistantes dans le milieu comme l'alachlore.

Néanmoins, selon le site internet interministériel sur les OGM, « parmi les risques que sont susceptibles de présenter les OGM, figurent notamment des risques pour la santé humaine par toxicité ou allergénicité et des risques pour l'environnement comme la déstabilisation de certains écosystèmes ». Il semble donc difficile de préconiser cette solution sans en avoir au préalable vérifié l'innocuité sanitaire et environnementale.

5 ASPECTS ECONOMIQUES

5.1 Place de la substance dans l'économie mondiale et française

La place de l'alachlore dans l'économie française est liée à l'usage de cette substance en tant que produit phytosanitaire. Ainsi, en croisant les quantités utilisées (d'après le site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne) avec le prix moyen de vente, il est possible de calculer à la fois :

- le prix unitaire de vente de la substance active en euro : soit ~ 10 €.kg⁻¹ ;
- le coût de l'usage de l'alachlore à l'échelle nationale : soit ~ 7 000 k€.an⁻¹.

Sachant qu'en 2004 les facturations françaises d'herbicides atteignaient 930 M€ (site internet du SESSI), la place de l'alachlore dans l'économie française représente moins de 1% des facturations totales d'herbicides en 2004.

Il convient de préciser qu'en France, cette substance a connu une forte croissance suite à l'interdiction de l'atrazine (site internet Eau & Rivières de Bretagne 2) pour laquelle la date limite de distribution était fixée au 30 septembre 2002 et la date limite d'utilisation fixée au 30 septembre 2003 (Miquel, 2003).

ALACHLORE

5.2 Impact économique des mesures de réduction

Selon l'ACTA (2004), en France métropolitaine, deux cultures sont représentatives quant à l'usage de l'alachlore (appliqué à une teneur proche de 2 500 g.ha⁻¹) : le maïs et le soja. Sur ces cultures, une évaluation du coût économique du remplacement de l'alachlore par d'autres pesticides à même spectre d'action peut être menée (Tableau 5.1 ; ci-après). Les substances de remplacement ainsi que les doses d'application recommandées sont issues d'une fiche pratique « Maïs : désherbage chimique » publié sur le site internet de la Chambre d'agriculture de la Mayenne ainsi que de l'ACTA (2004).

Néanmoins, il faut rappeler que le remplacement d'une substance phytosanitaire par une autre n'est pas sans impact sur l'environnement. Pour cela, le tableau 5.1 synthétise également les informations disponibles sur l'impact potentiel de ces substitutions. Ces évaluations sont effectuées pour trois milieux de l'environnement :

- **l'air**, grâce à une estimation de l'impact des substances sur la santé suite à une exposition par voie atmosphérique : méthode Sph'air (Gouzy *et al.*, 2005) ;
- **l'eau de surface**, grâce à une estimation du transfert potentiel vers les eaux de surface : méthode SIRIS (Groupe de travail « Listes prioritaires » du Comité de Liaison, 1995 : listes remises à jour en 2006) ;
- **l'eau souterraine**, grâce à cette même méthode déclinée au cas des eaux souterraines : méthode SIRIS (Groupe de travail « Listes prioritaires » du Comité de Liaison, 1995 : listes remises à jour en 2006).

Les méthodes de hiérarchisation indiquées ci-dessus attribuent un rang à chaque substance. Ce rang reflète le potentiel de transfert vers les eaux (méthode SIRIS) et l'impact potentiel sur la santé à travers l'exposition atmosphérique aux pesticides (méthode Sph'air). L'intérêt d'effectuer les substitutions est illustré dans le tableau 5.1 sous la forme d'une comparaison entre le rang Siris ou Sph'air de la molécule à substituer et les rangs des molécules de substitution.

Le tableau 5.1 présente également les possibilités économiques de substitution de l'alachlore par d'autres substances actives. Il faut préciser que cette évaluation est purement indicative et dépend en grande partie des informations disponibles sur le prix des substances. Au vu de ces renseignements préliminaires plusieurs substances de substitutions apparaissent comme préférables à l'alachlore en terme de contamination de l'environnement. Néanmoins, il semble que la substitution de cette molécule s'accompagne d'un surcoût.

ALACHLORE

Tab. 5.1. Evaluation du coût économique du remplacement de l'alachlore par d'autres substances (en gras les substances de substitution recommandées par le site internet de la Chambre d'Agriculture de la Mayenne).

Culture	Dose d'application	Coût	Substance de remplacement	Impact air ♦	Impact eau surface ♦♦	Impact eau profonde ♦♦♦	Dose d'application	Coût	Coût du remplacement***
	g.ha ⁻¹ *	€.ha ⁻¹ **					g.ha ⁻¹ *	€.ha ⁻¹	€.ha ⁻¹
Maïs	2 500	25	2,4-D	☺	☺	☺	1100 à 1224	8 à 9 ^b	- 17 à - 16
			Bentazone	☺	☺	☹	1 200 à 1 392	35 ^c à 41 ^b	+ 10 à + 16
			Bromoxynil	☺	☺	☺	337,5 à 600	n.d.	n.d.
			Clopyralid	☺	☺	☹	125	61 ^d à 75 ^d	+ 36 à + 50
			Cycloxydime	☺	☺	☺	200	40 ^a	+ 15
			Dicamba	☺	☺	☹	288	34	+ 9
			Dimethenamide	☺	☺	☺	1440	44 ^b	+ 19
			DMTA-P	n.d.	n.d.	n.d.	1 008	40 ^c	+ 15
			Fluroxypyr	☺	☺	☺	200 à 250	n.d.	n.d.
			Isoxaflutole	☺	☺	☺	100	n.d.	n.d.
			Mésotrione	☺	☺	☺	150	20 à 40 ^c	- 5 à + 15
			Nicosulfuron	☺	☺	☺	60	n.d.	n.d.
			Pendiméthaline	☺	☺	☺	2000	28 ^b	+ 3
			Pyridate	☺	☺	☺	900	58	+ 33
			Rimsulfuron	☺	☺	☺	15	n.d.	n.d.
			S-métolachlore	n.d.	n.d.	n.d.	1920	n.d.	n.d.
Sulcotrione	☺	☺	☹	300 à 450	20 à 40 ^c	- 5 à + 15			

n.d. donnée non disponible ;

* d'après ACTA (2004) ;

** d'après le site internet de la Chambre d'Agriculture de la Mayenne ;

*** 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 l'alachlore (substances hiérarchisées de substitution situées à plus de 10 rangs vers les substances moins préoccupantes) ;

☺ pour un milieu donné ces substances de remplacement sont équivalentes à l'alachlore (substances de substitution hiérarchisées à moins de 10 rangs indifféremment vers les substances plus ou moins préoccupantes) ;

☹ pour un milieu donné ces substances ne sauraient être recommandées pour remplacer l'alachlore (substances de substitution hiérarchisées à plus de 10 rangs vers les substances les plus préoccupantes).

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

ALACHLORE

- ♦♦ d'après le classement « SIRIS » en vue de la surveillance de la qualité des eaux (GT Listes prioritaires, 1995 ; listes mises à jour en 2006).
- a d'après le site internet du Centre Français du Riz (2006) ;
- b d'après Benbrook (2001) ;
- c d'après Chambre d'Agriculture de la Mayenne, 2006 ;
- d d'après Office phytosanitaire de Neuchâtel (2004).

6 CONCLUSIONS

A l'horizon 2015, le retour au bon état écologique des eaux vis à vis de l'alachlore (objectif fixé par la Directive Cadre Eau) semble techniquement possible pour les eaux de surface. Pour les eaux souterraines, du fait de la stabilité de cette substance, un délai plus long sera peut-être nécessaire. Néanmoins, pour s'approcher au plus près de l'objectif de la Directive, d'importantes mesures de réduction d'utilisation doivent entrer en action au plus tôt.

Dans ce cadre, le plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides peut s'avérer un bon moteur pour initier la mise en place de ces mesures de réduction. En effet, d'ici 2009, il est annoncé une diminution par deux des quantités d'alachlore vendues en France.

Pour ce faire, la méthodologie la plus crédible réside, non pas dans le traitements des rejets, mais plutôt dans la suppression ou la diminution drastique de l'utilisation de cette substance (donc la suppression des rejets). Cette évolution doit s'accompagner d'un effort quant à la mise en place des techniques alternatives de désherbage afin d'éviter la contamination de l'environnement par une autre substance phytosanitaire par effet balancier.

Cette conclusion s'est construite à partir des faits suivants :

- le nombre réduit d'usages agricoles de cette substance ;
- le caractère uniquement agricole de cette substance ;
- l'existence de traitements phytosanitaires alternatifs ;
- l'existence de traitement non-chimiques alternatifs.

Néanmoins, précisons que pour une amélioration globale de la qualité environnementale en France, il conviendrait, dans la mesure du possible, de privilégier les solutions de lutte préventive non-chimiques et des techniques de désherbage mécanique (ou thermique pour certains usages particuliers). En effet, au-delà de la question de l'alachlore, la substitution

ALACHLORE

d'une substance par d'autres produits phytosanitaires continue d'engendrer des problèmes environnementaux même si ceux-ci sont minimisés.

7 REFERENCES

7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

BASF	Industriel réalisant la formulation de produits commerciaux contenant de l'isoproturon ;
INERIS	Méthodes de hiérarchisation des pesticides.

7.2 Sites Internet consultés

AGRITOX : Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques
(<http://www.inra.fr/agritox/php/fiches.php>) ;

Centre Français du Riz : Guide de désherbage 2006
(<http://www.riz-de-camargue.com/images/cfr/Guide%20du%20desherbage%202006.pdf>) ;

Chambre d'agriculture de la Mayenne
(<http://www.mayenne.chambagri.fr/services/documentation/mais.htm>) ;

Chambres d'Agriculture Rhône-Alpes
(<http://www.rhone-alpes.chambagri.fr/phytov3/index.htm>) ;

Rivières de Bretagne 1
(http://www.mce-info.org/Pdf/pesticides_bretagne.pdf) ;

Eau & Rivières de Bretagne 2
(<http://assoc.orange.fr/erb/pesticides.htm>) ;

EPA : U.S. Environmental Protection Agency
(<http://www.epa.gov/OGWDW/dwh/t-soc/alachlor.html>) ;

e-phy : Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France
(<http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>) ;

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

ALACHLORE

MDDEP : Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec (Guide de classement des pesticides par groupe chimique)

(http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/guide/description_a.htm) ;

Scorecard : The pollution information site

(http://www.scorecard.org/chemical-profiles/summary.tcl?edf_substance_id=15972-60-8) ;

SESSI : Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Statistiques industrielles

(<http://www.industrie.gouv.fr/sessi/index.htm>) ;

Site interministériel sur les OGM :

(<http://www.ogm.gouv.fr>).

7.3 Bibliographie

ACTA, Association de Coordination Technique Agricole, 2007. Index phytosanitaire, 43^{ème} édition, 832p.

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

ACTA, Association de Coordination Technique Agricole, 2006. Index phytosanitaire, 42^{ème} édition, CD-Rom.

Barré, H., Greaud-Hoveman, L., Lepot, B. et Saint-Jean, O., 2006. Les substances dangereuses dans les rejets industriels et urbains en France, 2^{ème} bilan de l'Action Nationale de Recherche de Substances Dangereuses dans l'Eau par les Installations Classées et autres installations (Action 3RSDE), années 2003 à 2005. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Direction de l'eau. Rapport établi par l'Institut National de l'Environnement et des Risques (INERIS), 141p.

Benbrook, C.M., 2001. Troubles Times Amid Commercial Success for Roundup Ready Soybeans : Glyphosate Efficacy is Slipping and Unstable Transgene Expression Erodes Plant Defenses and Yields (<http://www.biotech-info.net/troubledtimes.html>).

CIA (Chemical Industries Association), 2000. The Chemical Directory, (database of chemical companies and products), UK (www.chemextra.com).

Confédération Paysanne, 2004. Réduire l'usage des pesticides en grandes cultures. Campagnes Solidaires, 184, 6 (http://www.confederationpaysanne.fr/images/imagesFCK/File/CS/CS_DOS_184.pdf?PHPSESSID=c869dd8810e65734e04c5c714fb7cf4e).

CORPEN, 1999. Eléments de raisonnement pour une maîtrise des adventices limitant les risques de pollution des eaux par les produits phytosanitaires, 149 p. (<http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/CORPEN/0009.pdf>).

ALACHLORE

Delaunay, T., Lecoq, F., Lacoste, P. et Picque E., 2006. Etude de la contamination du compartiment atmosphérique en produits phytosanitaires de la région Nord - Pas de Calais de mars 2003 à mars 2005. Rapport « Etude Phyto Air » (<http://www.atmo-npdc.fr/admin/mediatheque/Rapport%20Phytoair-Octobre%202006.pdf>).

The E-pesticide Manual, 2004. Version 3.1, Thirteenth Edition (CD-Rom) sous la direction de S. Tomlin.

GRAP Poitou-Charentes, 2004. Les produits phytosanitaires dans les eaux en Poitou-Charentes (http://www.eau-poitou-charentes.org/GRAP_4/).

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. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Environnement, Ministère chargé de la Santé, Comité de Liaison « Eau-Produits Antiparasitaires », 51 p. (ce document est disponible à la demande auprès de la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, et de la Direction de l'eau au Ministère de l'Environnement).

Guiho, M. (DIREN de Bretagne), 1998. Les réseaux de surveillance des produits phytosanitaires dans la ressource en eau et leurs résultats. Actes du colloque régional de Quéven (56) : L'eau, les pesticides et la santé (<http://assoc.orange.fr/erb/colqP2.htm>).

IFEN, 2002. Les pesticides dans les eaux, bilan annuel 2002. Etudes et Travaux n° 36.

Ministère de la Santé et des Solidarités, 2005. Les pesticides dans l'eau potable (http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/eaux_alimentation/eaux_pesticides.pdf).

Miquel, G., 2003. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport 215, tome 2 (2002-2003) (<http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-21.pdf>).

Office phytosanitaire de Neuchâtel, 2004. Spécial chardon : description et technique de lutte, 2 p. (http://sea.ne.ch/Docs/pdf/Chardon_Ft_NE.PDF).

RSC, 1998. Chemicals and Companies - Chemicals, Formulated Products and their Company Sources (CD ROM Database), Royal Society of Chemistry, Autumn 1998 Edition.

Speich, P., 2006. Entretien des sols viticoles et contamination des eaux : Comment préserver la qualité des eaux. Phytoma, La Défense des Végétaux, 590, 50-51.

Soudon, F. (Coopagri Bretagne), 1998. Stratégie et action de Coopagri Bretagne en terme de protection des cultures. Actes du colloque régional de Quéven (56) : L'eau, les pesticides et la santé (<http://assoc.orange.fr/erb/colqP2.htm>).

ALACHLORE

Tissier, C., Morvan, C., Bocquené, G., Gossel, H., James, A. et Marchand, M., 2005. Les substances prioritaires de la Directive cadre sur l'eau (DCE), Fiches de synthèse, Rapport IFREMER (http://www.ifremer.fr/delpc/pdf/RAPPORT_FICHES33_SUBSTANCES.pdf).

Union Européenne, non publié. Quality standards determination under the European Water Framework Directive. Substance data sheet foralachlore. Draft 01/03/04.