

ATRAZINE

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

ATRAZINE

SOMMAIRE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Généralités | 4 |
| 1.1 | Définition et caractéristiques principales | 4 |
| 1.2 | Réglementations | 5 |
| 2 | Production et utilisations | 6 |
| 2.1 | Production et vente | 6 |
| 2.2 | Utilisations | 7 |
| 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 | 11 |
| 3.5 | Présence dans l'environnement | 11 |
| 3.6 | Devenir dans le compartiment eau | 16 |
| 4 | Possibilités de réduction des rejets | 17 |
| 4.1 | Rejets industriels | 17 |
| 4.2 | Produits de substitution | 17 |
| 4.3 | Réduction des émissions | 19 |
| 4.4 | Process de substitution | 20 |
| 5 | Aspects économiques | 20 |
| 5.1 | Place de la substance dans l'économie mondiale et française | 20 |
| 5.2 | Impact économique des mesures de réduction | 20 |
| 6 | Conclusions | 20 |
| 7 | Références | 21 |

ATRAZINE

| | |
|---|----|
| 7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés | 21 |
| 7.2 Sites Internet consultés | 21 |
| 7.3 Bibliographie | 22 |

ATRAZINE

1 GENERALITES

1.1 Définition et caractéristiques principales

1.1.1 Présentation de la substance

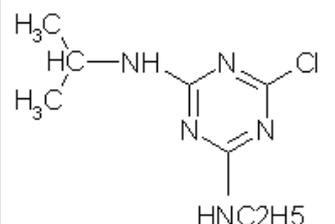
L'atrazine (C₈H₁₄ClN₅) est un herbicide de synthèse de la famille chimique des triazines¹. Cette substance se présente sous la forme d'une poudre cristalline incolore et peu soluble dans l'eau : 30 mg.L⁻¹ à 20°C (Santé Canada, 1993).

L'atrazine a été couramment utilisée en France sur les cultures de maïs entre 1960 et 2001, date de son interdiction (Miquel, 2003).

Selon le site internet e-phy, cet herbicide bloque la photosynthèse des végétaux par blocage de la protéine d1 du photosystème II. Selon Miquel (2003) son action est rapide et peut persister pendant 2 à 6 mois.

Le tableau 1.1, ci-dessous, compile les principales caractéristiques de l'atrazine.

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

| Substance chimique | N° CAS | N° EINECS | Synonymes | Formule développée |
|---|-----------|-----------|-----------|---|
| Atrazine C ₈ H ₁₄ ClN ₅ | 1912-24-9 | 217-617-8 | - |  |

1.1.2 Toxicité de la substance

Plusieurs compilations bibliographiques de données et limites toxicologiques et écotoxicologiques sont disponibles, notamment grâce aux sites internet de :

- l'USEPA-IRIS de l'EPA (<http://www.epa.gov/iris/subst/0209.htm>) ;
- PCS (<http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg047.htm>) ;

¹ Selon le site internet de l'IFREMER, la familles des triazines désigne et regroupe trois désherbants (atrazine, simazine et terbuthylazine) qui ont été largement utilisés dans la culture du maïs.

ATRAZINE

- l'ATSDR (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp153.html>) ;
- FOOTPRINT (<http://www.herts.ac.uk/aeru/footprint/>).

1.2 Réglementations

1.2.1 Classification

- **Classification toxicologique**

Xn - N - R43 - R48/22 - R50/53 (d'après Tissier et al., 2005).

Xn : NOCIF. Produit qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner des risques de gravité limitée.

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.

R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.

R48/22 : Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion.

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

- **Conseils de prudence**

Rubrique sans objet du fait de l'interdiction de la substance en France.

- **Classification CMR**

Substance cancérigène, troisième catégorie (Site internet de l'INSERM).

C3 : Effets cancérigènes possibles: substances préoccupantes mais sans données suffisantes

ATRAZINE

1.2.2 Textes législatifs de référence

Sur le plan de la réglementation des produits phytopharmaceutiques :

- pour l'Union européenne : cette substance active est interdite à la suite de l'examen relatif à l'inscription à l'annexe I de la directive 91/414/CE du 15 juillet 1991 ;
- pour la France : cette substance active n'est pas autorisée dans la composition de préparations bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché² : son interdiction a été décidée en 2001, les dates limites de distribution et d'utilisation ont été fixées respectivement au 30 septembre 2002 et au 30 septembre 2003 ;
- pour la France : les teneurs maximales pour les résidus de l'atrazine 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 0,1 mg.kg⁻¹ et 0,05 mg.kg⁻¹ pour l'ensemble des produits agricoles traités à l'exception du maïs) ;
- pour la France, une valeur limite de 0,1 µg.L⁻¹ d'atrazine dans l'eau destinée à la consommation a été fixée par le décret 2001- 1220 du 20 décembre 2001³.

D'autre part, l'OMS fixe à 2 µg.L⁻¹ la valeur sanitaire maximale pour l'atrazine dans l'eau destinée à la consommation humaine (OMS, 2000).

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

2.1 Production et vente

Aucun site de production français d'atrazine n'a été identifié. En 2007, un site de formulation utilisant de l'atrazine a été identifié : l'usine BASF Agri-production à Gravelines. Cette unité formule des produits commerciaux destinés à l'exportation vers les pays de la CEE ou cette

² Un résumé des différentes limitations d'utilisation de la substance au cours de sa période d'homologation a été rédigé par Miquel (2003).

³ La norme fixe à 0,1 µg par litre la concentration pour chaque type de pesticide et 0,5 µg par litre la concentration totale en pesticides, dans les eaux de consommation humaine.

ATRAZINE

substance active est toujours autorisée (BASF communication personnelle). D'après cette source, l'usage de l'atrazine représente 20 tonnes par an.

Néanmoins, selon l'Union Européenne (données non publiées) cité par Tissier *et al.* (2005) et RPA (2000), les quantités produites au sein de l'union seraient de 700 tonnes par an à la fin des années 90. Selon ces mêmes sources, à cette même époque, les ventes européennes d'atrazine étaient estimées à 2 000 tonnes par an. Selon RPA (2000) le complément des quantités synthétisées en Europe est importé des Etats-Unis.

Au niveau mondial, il y a onze principaux producteurs / fournisseurs d'atrazine (RSC, 1998).

2.1.1 Principe de production

Selon le site internet GTZ, il n'existe pas de source naturelle d'atrazine.

La production d'atrazine s'effectue en faisant réagir successivement du chlorure de cyanuryle avec de l'éthylamine et de l'isopropylamine. Cette réaction s'accompagne d'une production de tétrachlorométhane.

2.1.2 Présence d'impuretés

Selon The E-pesticide Manual (2004), la substance active « atrazine » utilisée pour les préparations commerciales est pure à plus de 96%. Néanmoins, ces impuretés ne sont pas identifiées.

2.2 Utilisations

2.2.1 Usage de la substance

Avant son interdiction, les seuls usages rapportés pour l'atrazine étaient liés à son action herbicide pour des usage agricole, industriel et de traitement de voiries (site internet PAN UK). Le site internet Spectrum Laboratories rapporte qu'en 1972 aux Etats-Unis, la répartition des usages de cette substance étaient les suivants : usage agricole à 96%, usage commercial et industriel (y compris la reforestation) à 2% et usage domestique à 2%.

Selon AGPM et ITCF (2003), en France, avant 1997, les principaux utilisateurs d'atrazine étaient les agriculteurs (désherbage du maïs, du sorgho, des vignes et des vergers). De façon plus modeste, les autres utilisations (par ordre décroissant des quantités consommées) concernaient les collectivités locales et les services publics (entretien des voiries et autres espaces publics), la SNCF (désherbage des ballasts) et les jardiniers amateurs (désherbage des allées). Après 1997, seule son action sur le maïs et le sorgho étaient encore autorisée.

ATRAZINE

Selon cette même source, à cette époque, l'atrazine était utilisé sur 90% des surfaces de maïs, soit près de 3 millions d'hectares.

Le site internet d'Atmo Picardie indique également qu'avant 1997, l'atrazine a servi comme algicide dans les étangs ornementaux et les aquariums.

Avant son interdiction, cette substance était fréquemment utilisée du fait de sa simplicité d'usage, de son efficacité et de son prix peu élevé. Selon Miquel (2003), l'usage français atteignait une valeur supérieure à 5 000 tonnes par an.

Miquel (2003) précise également que dans le domaine agricole, en France, l'atrazine était principalement utilisée sur le maïs. En effet, cette culture a besoin d'être désherbée à la fois au moment de la pousse mais également pendant les 90 jours de végétation.

2.2.2 Usage quantitatif de la substance

Suite à son interdiction, il n'y a plus aucun usage actuel de cette substance en France. Le tableau 2.1 reprend l'évolution de la dose moyenne d'application en France entre 1959 et 2004.

Tableau 2.1. Evolution de la dose moyenne d'application de 1959 à 2004 ; en $g \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$; d'après le site internet d'Atmo Picardie.

| Année | 1959 | 2000 | 2003 | après le 30/06/03 |
|----------------------------|------|------|------|-------------------|
| Dose moyenne d'application | 2500 | 1000 | 730 | 0 |

A titre d'exemple, environ 210 tonnes d'atrazine ont été utilisées en 2001-2002 en Bretagne (Eau & Rivières de Bretagne, 2004).

2.3 Production accidentelle

Rubrique sans objet.

ATRAZINE

3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

3.1 Principales sources de rejet

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

L'utilisation de cette substance étant interdite, les éventuelles contaminations sont donc limitées aux zones de stockage et/ou de formulation de produits phytosanitaires⁴. Cependant, ces deux types d'établissements sont soumis à autorisation par arrêtés préfectoraux et sont équipés, parmi d'autres dispositifs de sécurité :

- de bacs de rétentions intérieurs en cas de fuite et/ou de renversement accidentel ;
- de bacs de rétentions extérieurs pour la récupération des eaux d'extinction en cas d'incendies.

Si l'un de ces dispositifs est utilisé, les effluents doivent être récupérés et éliminés dans un centre de retraitement agréé.

3.2 Rejets industriels

Un seul site de rejet dans l'environnement a été rapporté lors de la formulation de produits commerciaux contenant de l'atrazine (usine BASF de Gravelines). Selon l'arrêté préfectoral d'exploitation (APE) de cette usine, les valeurs annuelles des rejets d'atrazine en solution aqueuse après traitement sont de 30 grammes. Ces rejets s'effectuent directement vers le milieu marin.

Néanmoins, pour les années 2003 et 2004, le registre IREP (Registre Français des Emissions Polluantes) ne renvoie qu'à un seul établissement : le site Syngenta Production France Sas d'Aigues-Vives avec de faibles rejets directs vers l'eau de respectivement 1,55 et 1.3 kg pour les années 2003 et 2004.

Selon Barré *et al.* (2006), l'atrazine a été quantifié dans environ 16% des rejets en sortie de stations d'épuration urbaines (sur 24 stations testées) et dans moins de 10% des rejets industriels (sur 1059 établissements testés). Ces rejets correspondent respectivement à des flux cumulés de moins de 0,1 kg.j⁻¹ et de 0,1 à 1 kg.j⁻¹ pour les rejets urbains et industriels. Précisons que la période de l'étude s'étend de 2002 à 2005 et comprend donc la date d'interdiction d'usage de l'atrazine.

Selon Barre *et al.* (2006) les secteurs industriels concernés sont les suivants :

⁴ A titre d'exemple, la région Centre compte 20 établissements de conditionnement et de stockage de produits phytosanitaires (toutes substances confondues) soumis à autorisation ou classés SEVESO (site internet du plan régional santé environnement de la région Centre).

ATRAZINE

- Traitement de surface, revêtement de surface (8 quantifications sur 163 recherches dans ce secteur) ;
- métallurgie (11 quantifications sur 131 recherches pour ce secteur) ;
- verrerie, cristallerie (2 quantifications sur 22 recherches pour ce secteur) ;
- chimie et parachimie (8 quantifications sur 99 recherches pour ce secteur) ;
- fabrication de peintures, de pigments, de colorants et de plastiques (2 quantifications sur 16 recherches pour ce secteur) ;
- industrie pharmaceutique et phytosanitaire (6 quantifications sur 30 recherches pour ce secteur) ;
- industrie pétrolière (3 quantifications sur 11 recherches pour ce secteur) ;
- traitement et stockage des déchets (4 quantifications sur 65 recherches pour ce secteur) ;
- papeterie (5 quantifications sur 47 recherches pour ce secteur) ;
- industrie agroalimentaire pour les produits d'origine végétale (1 quantification sur 80 recherches pour ce secteur) ;
- industrie agroalimentaire pour les produits d'origine animale (3 quantifications sur 54 recherches pour ce secteur) ;
- abattoirs (1 quantification sur 11 recherches pour ce secteur) ;
- centrales thermiques (1 quantification sur 7 recherches pour ce secteur).

Pour l'ensemble de ces secteurs, l'atrazine est rarement quantifiée. De plus, mis à part pour l'industrie phytosanitaire, pour les autres secteurs industriels on ne peut pas attribuer ces quantités 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.

3.3 Rejets liés à l'utilisation de produits

On attribue la totalité des rejets diffus d'atrazine à son usage en tant qu'herbicide. 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, ...

ATRAZINE

3.4 Pollutions historiques

Aucune pollution historique majeure des sols sédiments ou cours d'eau n'a été identifiée pour l'atrazine. Cependant, la stabilité de cette substance dans les eaux souterraines constitue de nos jours une pollution diffuse héritée.

Le tableau 3.1. présente les propriétés de cette substance vis à vis de différents phénomènes de dissipation.

Tableau 3.1. Quantification des principaux phénomènes de dissipation de l'atrazine dans l'environnement (d'après Tissier et al., 2005 et ATSDR, 2003).

| Phénomène de dissipation de l'atrazine : | Durée : |
|--|-------------|
| Temps de ½ vie dans l'eau (hydrolyse à pH7) | Stable |
| Temps de ½ vie dans l'eau (photolyse) | 335 j. |
| Temps de ½ vie dans l'atmosphère (photo-oxydation) | 2,6 h. |
| Temps de ½ vie dans les sols | 40 j. |
| Temps de ½ vie dans les sédiments aérobies | 28 - 134 j. |
| Temps de ½ vie dans les sédiments anaérobies | 608 j. |

3.5 Présence dans l'environnement

La figure 3.1 illustre la répartition théorique de l'atrazine d'après ses propriétés physico-chimiques 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.

ATRAZINE

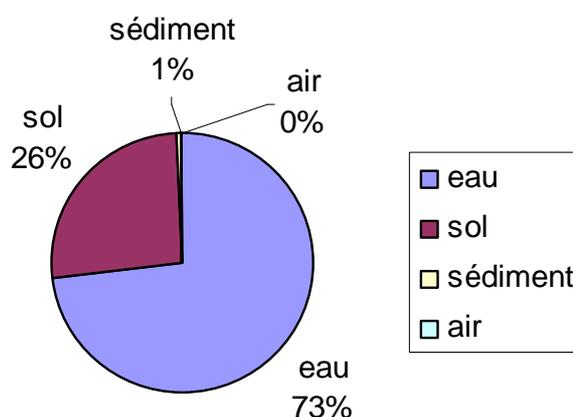


Figure 3.1. Répartition de l'atrazine dans les différents compartiments (d'après Tissier et al., 2005).

- **Atrazine dans les sols**

Selon l'ATSDR (2003), le temps moyen de $\frac{1}{2}$ vie dans les sols est de 40 jours. Selon The e-Pesticide Manual (2004), le temps de $\frac{1}{2}$ vie en plein champ est compris entre 16 et 77 jours, cette dernière valeur correspond à des conditions climatiques froides et sèches.

L'atrazine s'adsorbe peu aux particules du sol, ce qui se traduit par un potentiel important de contamination des eaux souterraines et de surface (santé Canada, 1993).

Dans les sols, l'atrazine est dégradée par action microbienne aérobie et par hydrolyse. Par ordre décroissant, ses résidus principaux, sont, la diéthyl-atrazine, la déisopropyl-atrazine, la diaminochloro-atrazine, ainsi que l'hydroxy-atrazine (Institut national de santé publique du Québec, 2003).

- **Atrazine dans le compartiment aérien**

L'atrazine est faiblement volatile (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, avant son interdiction, elle pouvait être détectée dans le compartiment aérien en phase gazeuse de fin avril à mi-juin, ce qui correspondait à sa période d'utilisation (Delaunay et al., 2006).

Selon l'Institut Pasteur de Lille, cité par Delaunay et al. (2006), dans la région Nord - Pas de Calais, de 1999 à 2002, (période pré-interdiction) il a été mis en évidence, sur un même échantillon, la présence simultanée d'atrazine et de ses sous-produits de dégradation (déisopropylatrazine et déséthylatrazine).

ATRAZINE

Le tableau 3.2 illustre la variabilité des concentrations d'atrazine sur un même site entre 2003 et 2004. On constate une diminution par 20 des teneurs en atrazine suite à son interdiction fin septembre 2003.

Tableau 3.2. Comparaison de valeurs d'atrazine recherchées pour un même site en 2003 et 2004 ; d'après Delaunay et al., 2006 (Sources Atmo Nord - Pas de Calais).

| Région | Maximum (ng.m ⁻³) | Minimum (ng.m ⁻³) | Fréquence de détection (%) |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Nord-Pas de Calais (2003) | 0,99 | 0,05 | 16 |
| Nord-Pas de Calais (2004) | 0,05 | 0,05 | 2 |

- **Atrazine dans les eaux**

Selon Miquel (2003), le rapport déséthyl-atrazine / atrazine (D/A) permet de mesurer la vitesse des transferts de cette substance des sols vers l'eau. En cas de pollution rapide (ruissellement en rivière ou une infiltration rapide dans une nappe), le rapport D/A est inférieur à 0,4. En cas de pollution diffuse dans une nappe souterraine, le rapport D/A est voisin ou supérieur 1.

Ainsi, selon Miquel (2003) les pollutions dans les eaux de surface sont plutôt mesurées par la concentration d'atrazine (c'est le cas en Bretagne où les cours d'eau sont pollués à l'atrazine) tandis que les pollutions dans les eaux souterraines doivent plutôt être suivies par son métabolite (la déséthyl-atrazine).

Selon Tissier *et al.* (2005), dans l'eau, la volatilisation est peu importante. De plus, cette substance est faiblement adsorbée par les matières en suspension et le sédiment. L'atrazine est donc principalement retrouvée en solution.

Peu de données sont disponibles quant aux teneurs en atrazine des eaux de pluie, de surface et souterraines. A titre informatif, le tableau 3.3 présente quelques données disponibles.

Tableau 3.3. Teneur des eaux en atrazine.

ATRAZINE

| | Valeur moyenne ($\mu\text{g.L}^{-1}$) | Valeur maximale ($\mu\text{g.L}^{-1}$) | Référence(s) |
|--|--|---|---------------|
| Eaux de pluie en Bretagne (2000) | 0,1 | 0,6 | Miquel (2003) |
| Eaux superficielles du Flume affluent de la Vilaine (2000) | - | 11,1 | Miquel (2003) |
| Eaux souterraines réseau national (1998-1999) | 0,07 | 2,5 | IFEN (2001) |

L'IFEN (2002) dans le cadre de ses bilans nationaux de contamination des eaux par les pesticides (données de 2000) présente un état des lieux pour les substances prioritaires (dont l'atrazine). 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'atrazine (d'après IFEN, 2002 ; données de 2000).

| Nombre de points de recherche | | Taux de recherche de l'atrazine | | Taux de quantification de l'atrazine | |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Eaux de surface | Eaux souterraines | Eaux de surface | Eaux souterraines | Eaux de surface | Eaux souterraines |
| 689 | 1868 | 85,3 | 86,2 | 66,2 | 54,2 |

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

Plus en détail, ces informations, ont été reprises sous forme cartographique (Figures 3.2) à partir de documents issus du rapport IFFEN (2002).

Néanmoins, précisons que les données recueillies datent d'avant l'interdiction de l'atrazine.

ATRAZINE

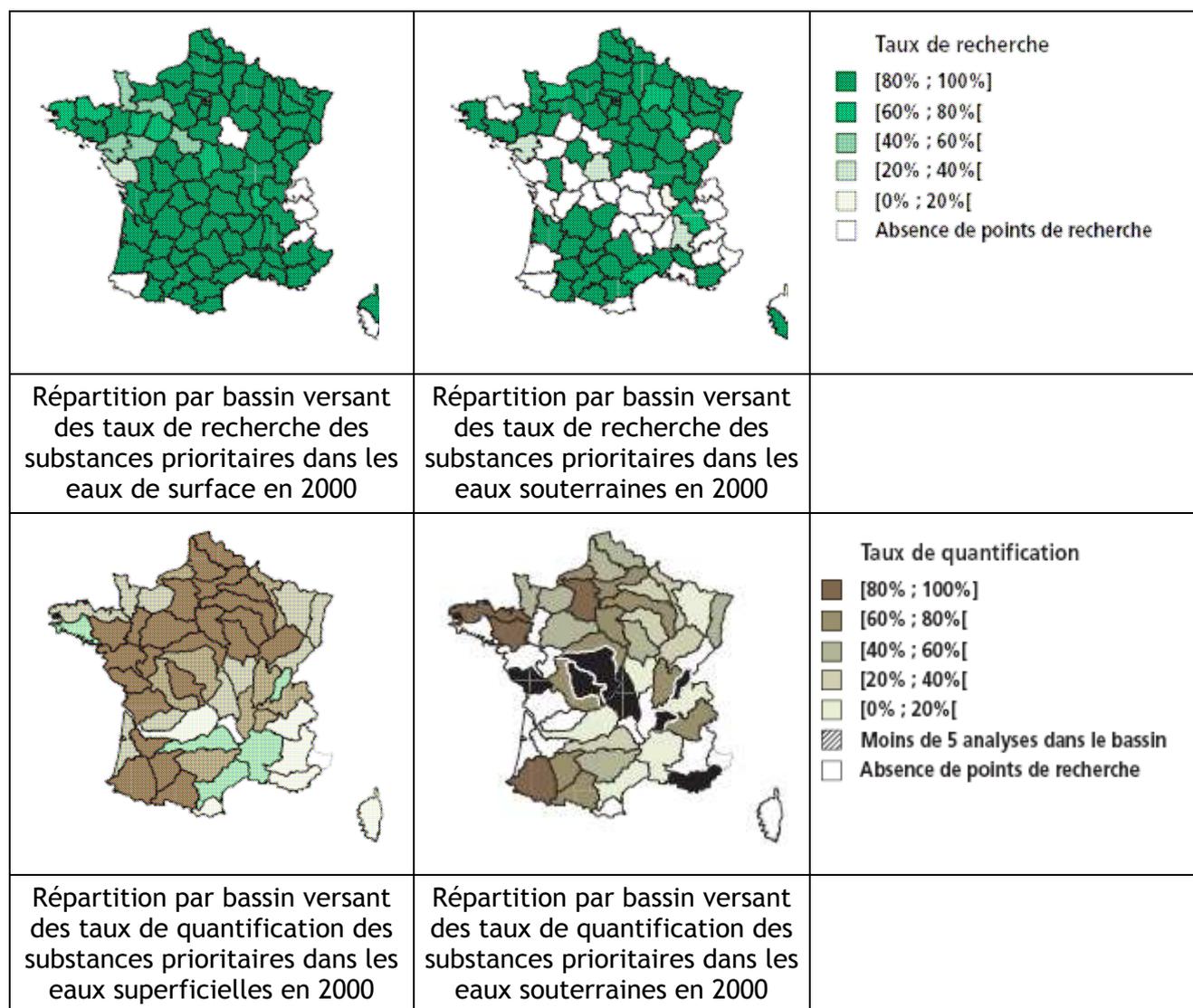


Figure 3.2. Représentations cartographiques des données de recherche et de quantification des eaux de surface et souterraines pour l'atrazine (d'après IFEN, 2002).

De plus, selon Eau & Rivières de Bretagne (2004), l'atrazine fait partie des dix pesticides les plus fréquemment détectés à plus de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (22% de dépassement en 2002). Avant son interdiction, cette substance était donc problématique vis à vis des critères de potabilité des eaux.

ATRAZINE

3.6 Devenir dans le compartiment eau

D'après le bilan 2002 de l'IFEN (2004), 60% des 1014 stations révèlent la présence de pesticides, alors que près d'un quart des stations nécessiteraient un traitement spécifique pour permettre la production d'eau destinée à la consommation humaine. Ce sont essentiellement les triazines qui sont présentes dans les eaux souterraines : l'atrazine a, depuis 1997, un taux de quantification compris entre 40 et 54%. Le principal produit de dégradation de l'atrazine, la déséthylatrazine, est retrouvé à une fréquence égale (1998-2000) voire supérieure (en 2002, la déséthylatrazine a été quantifiée dans 48% des mesures) au produit parent. Parmi les 8 autres produits les plus fréquemment quantifiés en 2002 dans les eaux souterraines (tous réseaux confondus) on note la désisopropylatrazine et l'hydroxyatrazine, tous deux des métabolites de l'atrazine (IFEN, 2004).

Suite à l'arrêt en avril 2003 des apports d'atrazine sur un bassin d'alimentation, Mouvet et Baran (2005) observent seulement une légère diminution des concentrations des eaux souterraines (qui restent bien supérieures à la limite de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$). En revanche, les concentrations en déséthylatrazine ne montrent aucune tendance à la diminution, signe probable de l'existence d'un stock considérable dans le sol, la zone non saturée de la nappe ainsi que la nappe elle-même. Mouvet et Baran (2005) estiment donc que le retour à une eau dépourvue de contamination par ces deux molécules nécessitera une durée nettement plus longue que les 3 années écoulées, probablement de l'ordre d'une ou de plusieurs décennies.

Ce dernier constat est, apparemment, en contradiction avec les résultats d'une étude du Ministère de la Région wallonne (2006) qui rapporte que depuis 2002, les sociétés de distribution d'eau constatent une diminution de la pollution par l'atrazine, et dans une moindre mesure par la déséthylatrazine. Bien que cette diminution soit, pour une part, à mettre au bénéfice des restrictions d'usage de cette matière active en Belgique, il convient de préciser qu'elle est également due à un biais statistique lié à la mise hors service des captages les plus pollués (Ministère de la Région wallonne, 2006). Ainsi, ce même rapport conclut que : « la dégradation et la migration de l'atrazine et de ses métabolites sont en général des processus relativement lents, qui dépendent des propriétés de la matière active et des caractéristiques des sols et des aquifères. Il faudra certainement plusieurs dizaines d'années avant que ces produits ne disparaissent totalement des masses d'eau les plus polluées. »

Citons également les travaux de Rat *et al.* (2005) réalisés dans le cadre du PIREN Seine qui consistent à la fois en une simulation du comportement des produits de dégradation de l'atrazine dans le sol et en une modélisation de l'évolution des concentrations dans les eaux souterraines. Les résultats de ces travaux restent toutefois à valider.

ATRAZINE

4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

Suite à l'interdiction de l'atrazine, les rejets de cette substance ont disparu. Quant à lui, Miquel (2003) estime que l'interdiction totale de tout usage de l'atrazine a été décidée car « les précédentes mesures de restrictions d'usage n'ont pratiquement eu aucun effet sur les concentrations observées dans les eaux ».

4.1 Rejets industriels

Aucun rejet dans l'environnement n'a été rapporté lors de la fabrication d'atrazine (rappelons qu'aucun site de production n'a été formellement identifié en France). Actuellement des rejets dans l'environnement ont été rapportés lors de la formulation de produits commerciaux contenant cette substance active (usine BASF de Gravelines).

Selon l'exploitant de ce site, les effluents d'eaux de formulation (eaux de lavage) de l'usine sont traitées par un procédé physico-chimique sur colonne de charbon actif en station de traitement des eaux. Conformément à l'arrêté préfectoral d'exploitation (APE) Les eaux traitées sont rejetées en discontinu par un émissaire en mer après contrôle des traces résiduelles de matières actives dans chaque rejet.

4.2 Produits de substitution

Pour pallier l'interdiction de l'atrazine, certains organismes de surveillance de l'environnement et groupes professionnels ont publié des conseils destinés aux maïsiculteurs quant à leur stratégie de désherbage (AGPM *et al.*, 2003 ; Phyt'eau Jauron, 2004). Ces sources, préconisent l'usage de plusieurs substances en association, recommandent des traitements en plusieurs passages ou bien encore proposent des moyens mécaniques ou thermiques.

Selon DETR (1999) cité par RPA (2000), la cyanazine, la simazine et le bromoxynil peuvent être considérés comme substances de substitution à l'atrazine. Il doit être mentionné que la simazine est également une substance identifiée comme dangereuse prioritaire pour l'eau à la fois par les directives européennes 2000/60/CE et 76/464/CE. De plus, En France il a été décidé du retrait des autorisations de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques contenant de la simazine pour tous les usages agricoles et non agricoles⁵.

⁵ Avis du 27 novembre 2001 relatif aux détenteurs d'autorisation de mise sur le marché, aux distributeurs et aux utilisateurs de produits phytopharmaceutiques contenant de l'atrazine, de la simazine, de la cyanazine, de l'amétryne ou de la terbuthylazine (JO du 27 novembre 2001).

ATRAZINE

Il faut également rappeler que le remplacement d'une substance phytosanitaire par une autre n'est pas sans impact sur l'environnement. Pour cela, le tableau 4.1 synthétise 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.

ATRAZINE

Tab. 4.1. Evaluation de l'impact pour l'environnement de l'atrazine par une autre substance.

| Substance de remplacement* | Impact air ♦ | Impact eau surface ♦♦ | Impact eau profonde ♦♦ |
|----------------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| Bromoxynil | ☹ | ☺ | ☺ |
| Cyanazine | ☹ | ☹ | ☺ |
| Simazine | ☹ | ☺ | ☺ |

- ☺ pour un milieu donné ces substances peuvent être recommandées pour remplacer l'atrazine (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'atrazine (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'atrazine (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) ;
- ♦♦ 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) ;
- * d'après DETR (1999) cité par RPA (2000).

Il semble donc que la substitution de l'atrazine par du bromoxynil, de la cyanazine ou de la simazine soit en accord avec l'objectif visé qui était de réduire la pollution du compartiment eau.

4.3 Réduction des émissions

Suite à l'interdiction de l'atrazine, les émissions agricoles sont censées avoir disparu. Mais des importations marginales illégales de cette substance depuis des pays frontaliers où cette substance est autorisée (Espagne, ...) sont soupçonnés.

Comme l'usage de l'atrazine est interdit, nous ne décrivons pas dans le cadre de ces fiches des techniques de traitement⁶ ou des process de désherbage alternatifs. Les informations fournies dans le cadre des autres fiches concernant les substances herbicides (en particulier ceux appliqués à l'alachlore) sont toutefois applicables.

⁶ Selon US EPA (1989), le charbon actif granulaire ou particulaire, l'osmose inverse, l'échange ionique, l'oxydation à l'ozone et le rayonnement ultraviolet ont tous été utilisés avec succès pour éliminer l'atrazine et ses métabolites de l'eau potable.

ATRAZINE

4.4 Process de substitution

Cf. les fiches dédiées aux substances herbicides possédant une autorisation de mise sur le marché.

5 ASPECTS ECONOMIQUES

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

Avant son interdiction, on estimait le prix de l'atrazine à environ 3 €.L⁻¹ (site internet du logiciel Agri 4D) soit 15 M€.an⁻¹ pour une consommation estimée à 5 000 tonnes. Sachant qu'en 2004 les facturations françaises d'herbicides atteignaient 930 M€ (site internet du SESSI), la place de l'atrazine dans l'économie française des herbicides représentait moins de 2%.

5.2 Impact économique des mesures de réduction

Aucune information n'a été trouvée sur les coûts liés à l'interdiction de l'atrazine en France. Cependant, les évaluations effectuées pour les Etats-Unis ont suggéré qu'une interdiction pourrait coûter 517 à 665 M\$ aux producteurs et aux consommateurs américains (RPA, 2000).

6 CONCLUSIONS

A l'horizon 2015, le retour à la pureté des eaux vis à vis de l'atrazine (objectif fixé par la Directive Cadre Eau) est discutable du fait de l'effet « retard » que présente cette molécule et ses principaux métabolites. Toutefois, aucune autre mesure ne saurait être proposée mis à part un contrôle plus strict des possibles importations illégales.

De plus, bien que cette substance soit déjà interdite et donc que des substituts aient déjà été identifiés, il conviendrait de se pencher sur la mise en place des techniques alternatives de désherbage afin d'éviter la contamination de l'environnement par effet balancier par une ou plusieurs autres substances phytosanitaires.

ATRAZINE

7 REFERENCES

7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

| | |
|----------------------------|--|
| DRIRE Nord-Pas-de-Calais | Conditions de stockage des pesticides |
| INERIS | Méthodes de hiérarchisation des pesticides |
| Syngenta Production France | Développeur/Fabriquant de produits phytosanitaires |

7.2 Sites Internet consultés

Agri4D : logiciel intégré qui gère la gestion de parcelles, la facturation et la comptabilité (<http://www.agri4d.com/Document/presulta.pdf>) ;

Atmo Picardie : (<http://www.atmo-picardie.com/Publications/Contenus/660/polluants35.htm>) ;

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/>) ;

GTZ : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (<http://www2.gtz.de/uvp/publika/French/begin3.htm#Contents>) ;

IFREMER : (<http://www.ifremer.fr/envlit/glossaire/index.php?p=definition&num=1355>) ;

INSERM : l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale ([http://www.rh.inserm.fr/INSERM/IntraRH/RHPublication.nsf/vMotsClefsWebByCat/EEAEDC FB93CA5FE8C1256C41004B69A5/\\$file/LISTE+CE+CMR+.pdf?OpenElement](http://www.rh.inserm.fr/INSERM/IntraRH/RHPublication.nsf/vMotsClefsWebByCat/EEAEDC FB93CA5FE8C1256C41004B69A5/$file/LISTE+CE+CMR+.pdf?OpenElement)) ;

PAN UK : Pesticide Action Network UK (<http://www.pan-uk.org/pestnews/Actives/atrazine.htm>) ;

Le plan régional santé environnement de la région Centre (http://centre.sante.gouv.fr/drass/environ/prse/11_action.htm) ;

SESSI : Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, Statistiques industrielles (<http://www.industrie.gouv.fr/sessi/index.htm>) ;

ATRAZINE

Spectrum Laboratories

(<http://www.speclab.com/compound/c1912249.htm>).

7.3 Bibliographie

AGPM et ITCF, 2003. Maïs : réussir l'après atrazine, 18 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2003. Toxicological profil for Atrazine (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp153.pdf>).

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.

DETR, 1999. Design of a Tax or Charge Scheme for Pesticides, informations téléchargées depuis « UK Department of the Environment, Transport and the Regions » en 1999 (www.detr.gov.uk).

Eau & Rivières de Bretagne, 2004. Quels pesticides trouve-t-on dans les eaux bretonnes ? (http://www.mce-info.org/Pdf/pesticides_bretagne.pdf).

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

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).

IFEN, 2001. Les pesticides dans les eaux - Bilan des données 1998 et 1999 réalisé en 2000. Etudes et Travaux n° 34.

IFEN, 2002. Les pesticides dans les eaux, bilan annuel 2002. Etudes et Travaux n° 36. Institut national de santé publique du Québec, 2003. Atrazine et ses métabolites, 10 p. (<http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/Atrazine.pdf>).

ATRAZINE

IFEN, 2004. Les pesticides dans les eaux. Sixième bilan annuel. Données 2002. Etudes et travaux n° 42, ISBN 2-911089-70-7, 32 p.

Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement, 2006. Rapport sur l'état de l'environnement wallon Tableau de bord de l'environnement wallon 2005 (http://mrw.wallonie.be/dgrne/eew/files/tbe2005/tbe2005_EAU.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>).

Mouvet, C. et Baran, N., 2005. Contamination par les produits phytosanitaires Mécanismes impliqués et concentrations observées, Géosciences, 2, p. 60-65 (http://www2.brgm.fr/Fichiers/Revue_02/Contamination.pdf).

OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2000. Atrazine. In : Directives pour la qualité de l'eau de boisson. Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, p. 654-661.

Rat, A., Mercier, P. et Ledoux, E., 2005. Modélisation des transferts de pesticides vers les eaux souterraines (application au devenir de l'atrazine). Rapport d'activités 2005 du PIEREN Seine (http://www.sisyphe.upmc.fr/internet/piren/v2/modules/rapports/index.php?cat_id=10).

RPA, 2000. Socio-Economic Impacts of the Identification of Priority Hazardous Substances under the Water Framework Directive. European Commission Directorate-General Environment, 121 p. (<http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies2.htm>).

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

Santé Canada, 1993. L'atrazine. Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada (http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/doc-sup-appui/atrazine/atrazine_f.pdf).

Tissier, C., Morvan, C., Bocquéné, G., Grossel, 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).

US EPA (Environmental Protection Agency), 1989. Methods for the determination of organic compounds in drinking water. EPA Report No.EPA-600/4-88/039; U.S. NTIS PB-89-220461. Cincinnati, OH.