

“L'air est **essentiel à chacun**  
et mérite l'**attention de tous.**”

## ETUDE

---

# Campagne de mesure de pesticides à Mordelles du 7 avril au 20 juillet 2010

*V1 aout 2012*



ORGANISME  
DE MESURE, D'ÉTUDE  
ET D'INFORMATION SUR  
LA QUALITÉ DE L'AIR  
EN BRETAGNE



Air Breizh  
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8<sup>ème</sup> étage - 35200 Rennes  
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

[www.airbreizh.asso.fr](http://www.airbreizh.asso.fr)

Etude réalisée par Air Breizh  
avec la participation du Conseil Régional et de Rennes Métropole

### Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur [www.airbreizh.asso.fr](http://www.airbreizh.asso.fr), dans la rubrique téléchargement.

### Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

### Contribution

Service Etudes	Service Technique	Validation
Cyprien LECLAIR Cyril BESSEYRE	Joël GRALL Vincent ESNEAULT Yves GUILLOCHON	Magali CORRON

## Sommaire

I. Introduction .....	5
II. Les pesticides .....	6
III. Présentation de la campagne de mesure.....	9
IV. Liste des composés recherchés .....	11
V. Résultats 2010.....	13
VI. Bilan des résultats depuis 2005.....	16
VII. Comparaison avec les mesures dans les autres régions françaises .....	21
VIII. Comparaison des mesures dans l'air et l'eau (Réseau CORPEP) .....	22
IX. Conclusions .....	23
X. Perspectives .....	23
Références bibliographiques.....	24

## Glossaire

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air
AFNOR	Association Française de NORmalisation
CMR	Produits chimiques cancérogènes et/ou mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction (CMR) : les produits chimiques ou les préparations peuvent présenter divers effets nocifs pour la santé humaine. Ils font l'objet de classements dans une catégorie dite "CMR", ces classements pouvant provenir de niveaux européens ou d'autres systèmes. Les substances ayant fait l'objet d'un classement européen harmonisé sont inscrites à l'annexe I de la directive 67/548/CEE qui correspond, en droit français, à l'annexe I de l'arrêté du 20 Avril 1994 modifié. Elle comporte, à ce jour, 259 substances classées et étiquetées CMR de catégorie 1 ou 2 (autres que les substances complexes dérivées du pétrole et du charbon)
CORPEP	Cellule d'Orientation Régionale pour la Protection des Eaux contre les Pesticides
DT50	La DT50 est la durée nécessaire à la dégradation de 50% de la quantité initiale de substance active dans le sol, l'eau ou l'air.
Féverole	Variété de fève fourragère
HAP	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques
Nématicide	Qui détruit les nématodes, qui peuvent être des parasites des plantes
ng/m <sup>3</sup>	Nanogramme (10 <sup>-9</sup> g) par mètre cube
NH <sub>3</sub>	Ammoniac
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
O <sub>3</sub>	Ozone
PM2.5	Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 µm
PM10	Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm
SAU	Surface Agricole utile
SFP	Surface Fourragère Principale comprenant les cultures fourragères et les surfaces toujours en herbe
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
UIPP	Union des Industries de la Protection des Plantes
µm	micromètre

## I. Introduction

La Bretagne a développé une agriculture intensive depuis les années soixante, se plaçant ainsi première région agricole française. Elle est, de ce fait, particulièrement touchée par la pollution d'origine agricole, notamment par les produits phytosanitaires qui sont régulièrement détectés dans l'air et dans les eaux bretonnes. Face à cette problématique, l'une des orientations prioritaires du Plan Régional pour la Qualité de l'Air est de mieux connaître l'exposition de la population aux polluants agricoles.

C'est dans ce cadre qu'Air Breizh mène des campagnes de mesures chaque année sur la région, généralement au printemps, saison la plus "chargée" en termes de présence de pesticides dans l'air ambiant, et en été.

Après une première campagne d'apprentissage de la mesure, menée sur une station expérimentale de la Chambre Régionale d'Agriculture, à Kerguéhennec dans le Morbihan en 2002, Air Breizh a réalisé en 2003 une campagne de mesure en zone urbaine, à Rennes, puis dans des communes situées à proximité de zones agricoles : en 2004, au Rheu (35) et à Vezin-Le-Coquet (35), en 2005, à Mordelles (35) et à Pontivy (56). Les mesures sont reconduites chaque année à Mordelles (en zone périurbaine), en partenariat avec Rennes Métropole et le Conseil Régional, afin d'étudier l'évolution pluriannuelle des pesticides dans l'air.

Air Breizh détecte une vingtaine de composés à chaque campagne de mesure, à des fréquences et des concentrations variables selon les composés, que ce soit à proximité de zone agricole ou en zone urbaine. Les pesticides retrouvés peuvent être utilisés en agriculture et/ou en non agricole (particuliers, collectivités...). Certaines substances, bien qu'interdites depuis plusieurs années, peuvent également être retrouvées.

A Mordelles, 36 molécules ont été détectées entre 2005 et 2009. Les résultats de ces campagnes ont fait l'objet de rapports d'études disponibles sur le site internet [www.airbreizh.asso.fr](http://www.airbreizh.asso.fr).

Ce rapport présente les résultats de la campagne 2010 qui s'est déroulée du 7 avril au 20 juillet.

## II. Les pesticides

### III.1. Définition

Le terme **pesticide** désigne généralement les substances actives ou les préparations contenant une ou plusieurs substances actives, utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes vivants jugés indésirables ou nuisibles pour les plantes et les animaux, par l'homme. Il s'agit, par définition, de produits toxiques d'origine chimique ou biologique [1].

D'un point de vue réglementaire, on distingue les pesticides utilisés principalement pour la protection des végétaux que l'on appelle **produits phytopharmaceutiques** ou **produits phytosanitaires** (Directive 91/414/CE [2]), des autres composés que l'on appelle **biocides** (définis notamment dans la directive 98/8/CE [3]), destinés à combattre les organismes nuisibles, par une action chimique ou biologique (désinfectants, insecticides dans les bâtiments d'élevage, produits répulsifs, produits de traitement du bois...).

### III.2. Consommation

La France est le premier consommateur de pesticides en Europe, et l'un des premiers consommateurs au monde, après le Brésil, les Etats-Unis et le Japon.

D'après les données du recensement agricole 2010, la Bretagne réalise 12 % de la production brute standard nationale. A ce titre, elle est la première région agricole française.

La Bretagne, qui a développé une agriculture intensive depuis les années soixante, est, de ce fait, particulièrement touchée par la pollution par les pesticides, qui sont régulièrement détectés dans l'air, les eaux de pluie, les eaux de surface et souterraines.

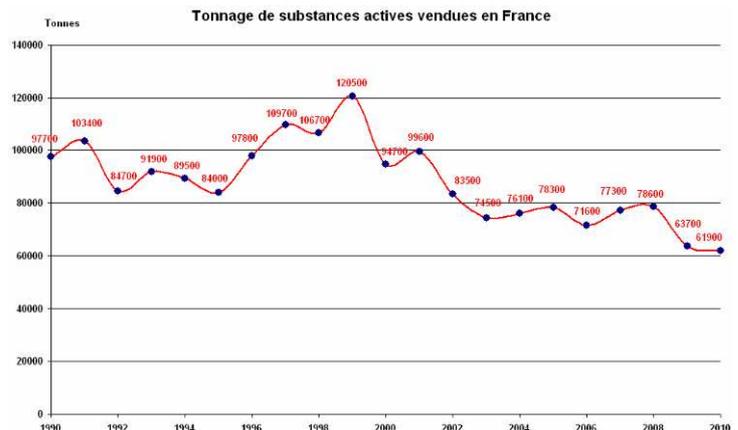


Fig.1 : Quantité de pesticides vendus en France (UIPP [4])

La nature des produits phytosanitaires utilisés dépend du type de cultures pratiquées. La Bretagne, première région française pour la production animale, a orienté ses productions végétales vers les fourrages. Ainsi, la surface fourragère principale représente 23% de sa surface agricole utile (SAU), le maïs représentant 81% des surfaces fourragères annuelles.

Les céréales occupent, quant à elles, 32 % de la surface agricole utile (principalement le blé, le maïs grain et l'orge) [5].

### Consommation en 2010 [4]

La baisse des ventes constatée à la fin de la campagne céréalière et à la fin de la campagne agricole se confirme. Après les deux années de hausse en 2007 et 2008, cette baisse confirme le retrait de l'année 2009 :

- Les ventes de fongicides sont en baisse de 15 % ;
- Les ventes d'herbicides ont baissé de 8 %, en raison de l'utilisation des stocks existants et de la progression des solutions les plus économiques ;
- Les ventes d'insecticides sont en hausse de 7 % ;
- Les ventes de produits divers sont en baisse de 14 %.

L'évolution des tonnages de substances actives fait apparaître en 2010 une baisse globale de 3 % par rapport à 2009.

### III.3. Contamination de l'atmosphère

La contamination de l'atmosphère par les pesticides a lieu dès l'application des produits et après traitement.

Au moment du traitement : Alors que seule une fraction de la quantité de pesticides pulvérisés atteint réellement la cible, une partie du produit passe dans l'atmosphère. Ce phénomène, appelé dérive, dépend principalement des conditions de pulvérisation, de la couverture végétale et des paramètres météorologiques [6].

Après traitement : Les pesticides sont transférés dans l'atmosphère par volatilisation (à partir du sol ou de la plante) ou érosion éolienne. L'importance de la volatilisation dépend des caractéristiques physico-chimiques des composés, des conditions météorologiques et environnementales [7].

Une fois dans l'atmosphère, les pesticides peuvent être transportés par des masses d'air, plus ou moins loin du lieu de traitement. Ils sont éliminés par des phénomènes de dépôts secs ou humides, ou des réactions de dégradation.

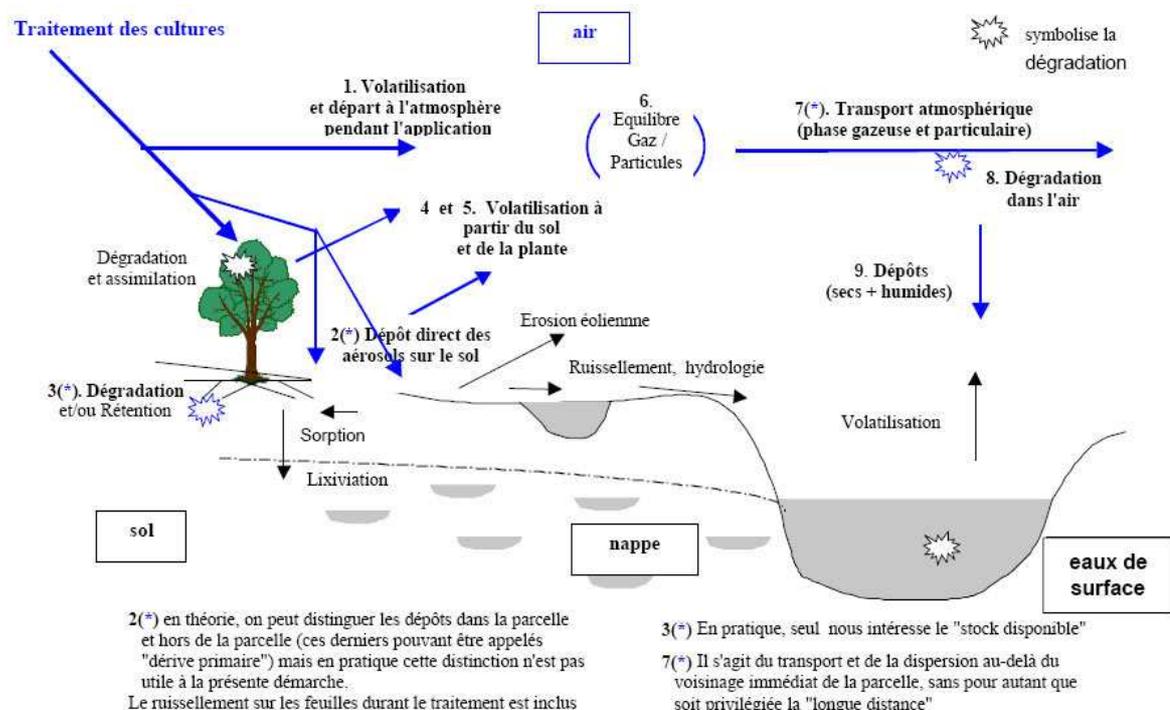


Fig. 2. : Voies contamination de l'atmosphère (Source INERIS [8])

### III.4. Voies d'exposition

Les voies d'exposition aux pesticides sont l'ingestion, représentant 90 à 95% de l'exposition totale aux pesticides, l'inhalation, et le contact cutané.

Les utilisateurs de pesticides, notamment dans le milieu agricole, sont particulièrement exposés.

Il n'existe à ce jour aucune valeur limite réglementaire dans l'air ambiant, la réglementation ne spécifiant des seuils limites que pour les eaux de consommation humaine, ainsi que des teneurs maximales en résidus de pesticides dans les aliments.

### III.5. Impacts sanitaires

Les risques d'intoxication les plus élevés apparaissent lors de la manipulation du produit (brûlures, troubles digestifs, effets neurotoxiques, décès....).

L'évaluation des effets toxiques à long terme est plus complexe. Mais de plus en plus d'études tendent à démontrer les liens entre l'exposition à certains pesticides et leurs effets sur la reproduction et le développement, effets neurologiques, troubles de la reproduction et du développement, cancers....

Afin d'appréhender, les risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires, il existe différentes classifications :

- Classification suivant les propriétés toxicologiques.

La classification suivant les propriétés toxicologiques concerne à la fois les effets aigus et chroniques des substances et préparations, que ces effets découlent d'une seule exposition ou d'expositions répétées ou prolongées. Ces substances sont classées très toxiques (T+), toxiques (T), nocives (Xn), irritantes (Xi), corrosives (C), sensibilisantes (Xn ou Xi, affecté de certaines phrases de risques).

Les phrases de risques associées à ces symboles précisent la nature du risque encouru. Elles se présentent sous la forme d'un R suivi d'un ou de plusieurs nombres correspondant à un risque particulier.

- Classification sur la base des effets spécifiques sur la santé (substances CMR)

- Substances cancérigènes (C) pouvant par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, produire le cancer ou en augmenter la fréquence.
- Substances mutagènes (M) pouvant par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, produire des défauts héréditaires ou en augmenter la fréquence.
- Substances reprotoxiques (R) ou toxiques pour la reproduction pouvant, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductrices.

Les substances de chaque groupe sont divisées en trois catégories :

- Catégorie 1 : existence d'une relation de cause à effet prouvée par des données épidémiologiques,
- Catégorie 2 : Forte présomption fondée sur des études appropriées sur l'animal ou d'autres informations appropriées,
- Catégorie 3 : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles.

- Classification sur la base des effets sur l'environnement (Directive du 31 mai 1999)

La Directive 1999/45/CE du 31 mai 1999 instaure un classement environnemental des spécialités commerciales présentant ou pouvant présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs composantes de l'environnement (N : dangereux pour l'environnement).

L'annexe 1 reprend pour chacun des 36 pesticides détectés à Mordelles, entre 2005 et 2010, les différentes classifications.

### III. Présentation de la campagne de mesure

#### III.1. Description du site de mesure

Des campagnes de mesure de pesticides sont réalisées depuis 2005 à Mordelles, commune de Rennes Métropole, de 7 000 habitants, située à 13 kilomètres à l'ouest de Rennes.

L'objectif de ces campagnes est d'évaluer les concentrations en pesticides dans l'air ambiant, dans une commune située à proximité de terrains agricoles, et d'étudier l'évolution pluriannuelle de ces concentrations.

Les prélèvements sont réalisés sur les terrains communaux du Centre Technique Municipal, au nord-est de la ville, à moins de cent mètres de champs cultivés, essentiellement des grandes cultures (blé, maïs, avoine...).



Fig.3 : Implantation du site de mesure des pesticides à Mordelles en 2010

La surface agricole utile (SAU) du canton de Mordelles représente 6 309 ha. Elle est dominée par la culture des fourrages (maïs 43%, prairies semées 36%) et des céréales (blé tendre 64% et maïs grains 26%), comme le montrent les résultats du Recensement Général Agricole de l'année 2000 (AGRESTE).

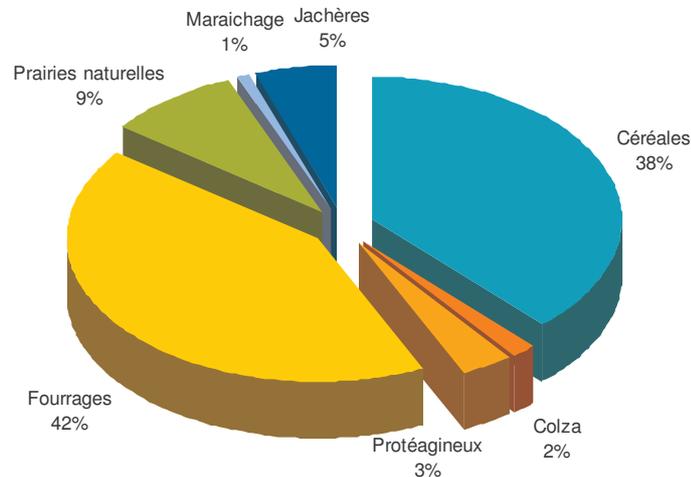


Fig.4 : Répartition de la surface agricole utile par type de culture sur le canton de Lamballe (RGA 2000)

D'après le cadastre des émissions bretonnes réalisé par Air Breizh, la commune de Mordelles fait partie du quart des communes ayant les émissions de pesticides les plus élevées (204 kg en 2003, dont 182 kg dus aux herbicides).

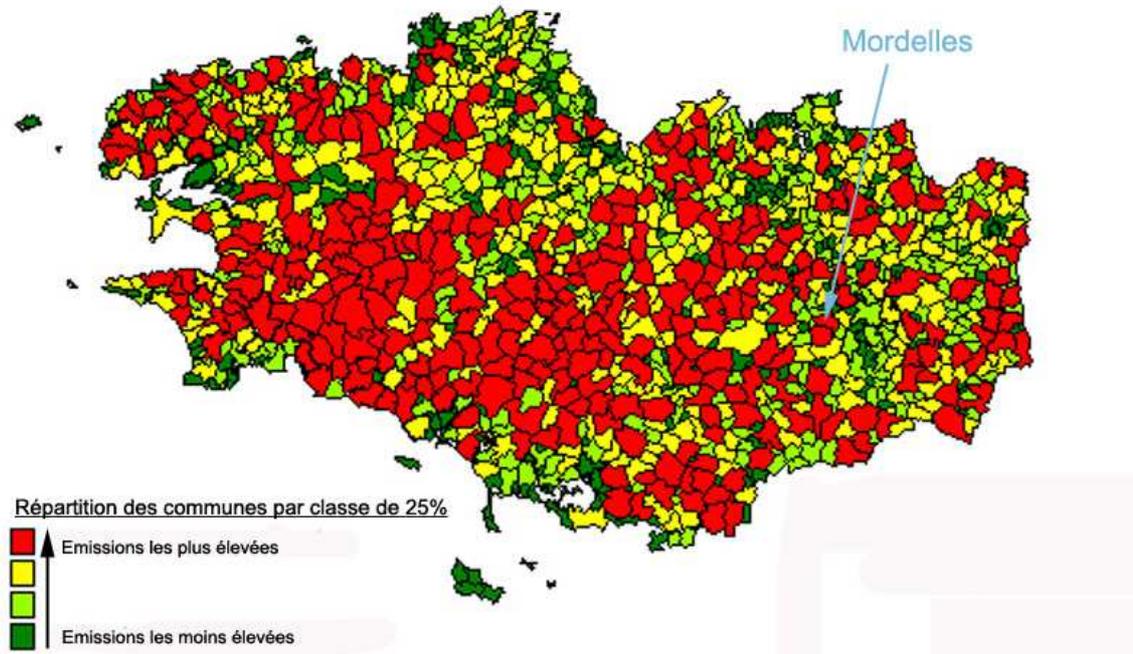


Fig.5 : Emissions de pesticides par commune en Bretagne en 2003 (source : Air Breizh)

### III.2. Dates de campagne

Des mesures ont été réalisées de 7 avril au 27 juillet 2010, à un rythme hebdomadaire.

### III.3. Prélèvements

Les prélèvements hebdomadaires sont réalisés selon la norme AFNOR XP X43-058 [9], avec un Partisol 2000, préleveur à moyen débit de 1 m<sup>3</sup>/h.

Le Partisol 2000 est équipé d'une cartouche dans laquelle sont conditionnés un filtre en quartz de 47 mm de diamètre pour la collecte des pesticides en phase particulaire, et une mousse en polyuréthane de dimensions 25 x 75 mm pour le piégeage des pesticides en phase gazeuse. Les cartouches sont conditionnées par le laboratoire afin d'éviter toute contamination liée à leur manipulation.



Fig.6 : Système utilisé pour prélever les pesticides dans l'air

### III.4. Analyses

Les analyses sont réalisées par le laboratoire Micropolluants Technologie selon la norme AFNOR XP X43-059 [10].

Les supports de prélèvement (mousses et filtres) subissent une extraction commune. Les extraits sont purifiés, puis analysés par couplage Chromatographie Gazeuse et Spectrométrie de Masse en mode de scrutation d'ions spécifiques (GC/MSD) ou par couplage Chromatographie Liquide et double Spectrométrie de Masse (LC/MS/MS).

### III.5. Qualité de la mesure

Conformément aux recommandations du LCSQA [11], un blanc terrain a été réalisé durant la série de prélèvement.

La réalisation d'un blanc terrain consiste à emmener un filtre et une mousse dans leur emballage sur le site de prélèvement sans qu'il soit ouvert et exposé à l'air ambiant, dans les mêmes conditions de manipulation, de transport, de stockage et de transfert vers le laboratoire d'analyse que les filtres et mousses destinés aux prélèvements.

L'analyse du blanc terrain n'a montré aucune contamination de la part des substances recherchées.

## IV. Liste des composés recherchés

Jusqu'en 2005, seuls les composés considérés « prioritaires » en Bretagne, de par leur utilisation régionale, leur toxicité, leur présence dans les eaux de pluie, leur rémanence..., étaient recherchés.

Depuis 2006, en raison d'un manque probable d'exhaustivité, la liste des composés étudiés a été élargie à l'ensemble des composés analysables par le laboratoire, passant ainsi de 32 substances recherchées en 2005, à 88 substances en 2010 (39 insecticides, 24 fongicides, 27 herbicides et 5 métabolites).

La liste des composés recherchés, leurs actions, leur éventuelle date d'interdiction d'utilisation, leur rendement d'extraction, et leur limite de quantification figurent ci-dessous.

Substance recherchées	Action	Date d'interdiction d'utilisation en France	Rendement d'extraction	Limite de quantification (ng / éch)	Substances recherchées	Action	Date d'interdiction d'utilisation en France	Rendement d'extraction	Limite de quantification (ng / éch)
2,4'DDD	M		95	8	Fenoxaprop-p-ethyl	H		102	8
2,4'DDE	M		94	8	Fenoxicarbe	I		77	8
2,4'DDT	I	19/02/1971	97	8	Fenpropidine	F		95	8
4,4'DDD	I		104	8	Fenpropimorphe	F		65	8
4,4'DDE	M		97	8	Fluazinam	F		93	8
4,4'DDT	I	19/02/1971	79	8	Fludioxonil	F		94	8
A HCH	I	01/07/1998	94	8	Flusilazole	F		95	8
Acétochlore	H		103	8	Folpel	F		101	40
Aclonifen	H		95	40	Hexaconazole	F	30/06/2008	87	8
Alachlore	H	18/06/2008	102	8	Isoproturon	H		86	8
Alicarbe			107	8	Krésoxim-méthyl	F		104	8
Atrazine	H	30/09/2003	79	8	Lambda-cyhalothrine	I		107	8
Atrazine Desisopropyl	M		63	8	Lénacile	H		91	8
Atrazine Desethyl	M		65	8	Lindane (G HCH)	I	agri : 01/07/98	97	20
Azoxistrobine	F		85	40	Lufenuron	I		78	8
Benomyl	F	06/02/2004	83	40	Malathion	I	21/02/2009	96	8
B HCH	I	01/07/1998	94	8	MCPA	H		70	200
Captane	F	21/02/2009	104	8	Metazachlore	H		96	8
Carbaryl	I	20/11/2008	86	8	Méthidathion	I	31/12/2007	99	8
Carbofuran	I	13/12/2008	87	8	Methomyl	I	21/02/2009	106	8
Chlorothalonil	F	21/02/2009	102	8	Metolachlore	H	31/12/2003	107	8
Chlorpyrifos-éthyl	I		96	8	Norfurazon	H	01/01/2004	89	8
Chlortoluron	H	21/02/2009	89	8	Oryzalin	H		85	200
Cyfluthrine	I		101	40	Oxadiazon	H		104	8
Cymoxanil	F		81	200	Oxydéméton-s-méthyl	I	20/11/2008	73	200
Cypermethrine	I		101	100	Oxyfluortène	H		104	8
Cyproconazole	F		96	8	Parathion ethyl	I	30/09/2002	89	40
Cyprodinil	F		85	8	Pendiméthaline	H		100	8
D HCH	I	01/07/1998	88	8	Phosmet	I		100	8
Deltamethrine	I		98	20	Phoxime	I	21/02/2009	93	40
Diazinon	I	01/12/2008	95	8	Propachlore	H	18/03/2010	101	8
Dichlobénil	H	18/03/2010	100	8	Propargite	I		105	40
Dichlorvos	I	01/12/2008	100	8	Propyzamide	H		96	8
Dicofol	I	30/03/2010	120	8	Simazine	H	30/09/2003	92	8
Diflufenicanil	H		98	8	Spiroxamine	F		112	8
Dimethenamide	H	22/06/2008	98	8	Tau-fluvalinate I+II	I		117	8
Diméthomorphe I+II	F		83	40	Tébuconazole	F		94	8
Dinocap	F	31/12/2009	70	200	Tebutame	H		97	8
Diuron	H	21/02/2009	83	40	Terbuthylazine	H	30/09/2003	88	8
A-endosulfan	I	30/05/2007	100	40	Tetraconazole	F		95	8
Epoxycanazole	F		94	8	Thiodicarbe	I	20/11/2008	98	8
Estfenvalérate	I		100	40	Tolyfluanide	F		105	8
Ethofumesate	H		105	40	Trifluraline	H	31/12/2008	96	8
Ethoprophos	I-N		103	8	Vinchlozoline	F	31/12/2007	100	8

### V. Résultats 2010

En 2010, 9 substances actives ont été détectées à Mordelles, entre le 7 avril et le 20 juillet. 87% des échantillons sont contaminés par au moins un pesticide (13 prélèvements sur 15).

Echantillon N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dates de prélèvement	07/04-14/04	14/04-21/04	21/04-28/04	28/04-05/05	05/05-12/05	12/05-19/05	19/05-26/05	26/05-02/06	02/06-09/06	09/06-16/06	16/06-23/06	23/06-30/06	30/06-07/07	07/07-13/07	13/07-20/07
Acetochlor				0,46	1,00	0,82				0,45					
Chlorothalonil			7,39	7,28	5,25	4,78	11,20	3,43	2,82	3,50	2,54	3,20	1,26	1,40	
Diazinon						1,19									
Dimethenamide				<0,11		<0,11									
Fenpropimorphe			0,21		<0,11	<0,11	<0,11		<0,11						
Lindane				<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,13		0,19		<0,12	<0,12	<0,25	<0,11
Hexaconazol							0,11								
Metolachlore			<0,11	0,16	0,53	0,45	0,38	0,99	0,42	0,56	<0,17				
Pendimethaline				0,18	0,45	0,30		0,63		0,34					
Somme des concentrations			7,71	7,66	6,01	6,75	11,93	4,55	3,35	4,25	2,71	3,31	1,38	1,64	0,11
Nombre de substances détectées	0	0	3	6	6	8	5	4	3	5	2	2	2	2	1

Les concentrations relevées sont comprises entre 0 et 11,2 ng/m<sup>3</sup> (concentration maximale en chlorothalonil mesurée dans l'échantillon N° 7, prélevé entre le 19 mai et le 26 juin). Le chlorothalonil est un fongicide polyvalent très employé par les agriculteurs.

Trois composés présentent des concentrations supérieures ou égales à 1 ng/m<sup>3</sup> : le chlorothalonil (concentration maximale : 11,2 ng/m<sup>3</sup>), le diazinon (1,19 ng/m<sup>3</sup>) et l'acétochlore (1,00 ng/m<sup>3</sup>).

Le nombre maximal de pesticides détectés dans un échantillon est de 8 pour la semaine du 12/05/10 au 19/05/10.

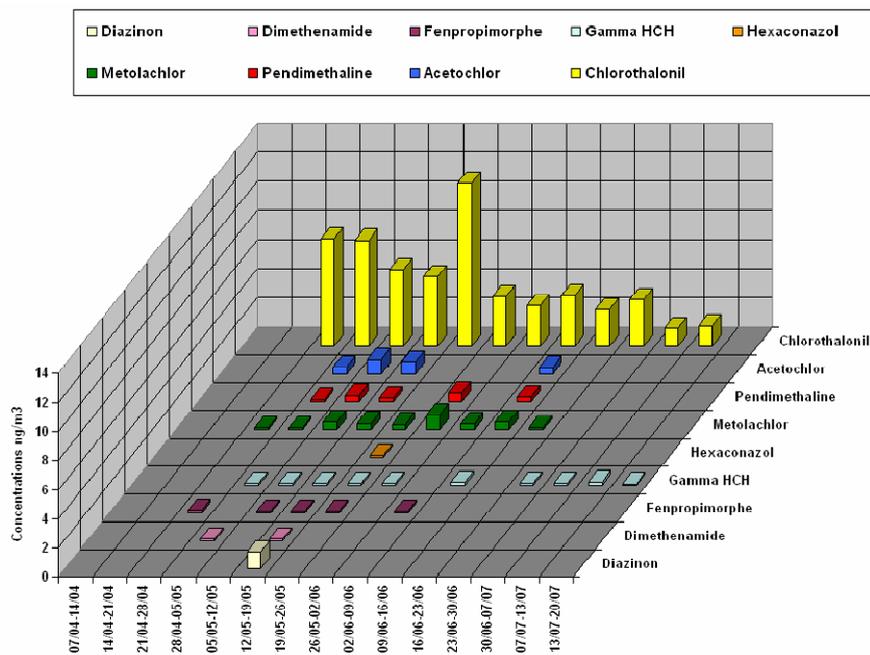


Fig.7 : Composés détectés à Mordelles en 2010

Les propriétés physico-chimiques des molécules détectées lors de la campagne 2010 figurent dans le tableau ci-dessous [12] :

Substances	Usage	Formule brute	Constante d'Henry Pa.m <sup>3</sup> /mol	DT 50* aux champs	DT 50* dans l'air
Acétochlore	Herbicide	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> NO <sub>2</sub> Cl	4,3.10 <sup>-3</sup>	-	-
Chlorothalonil	Fongicide	C <sub>8</sub> Cl <sub>4</sub> N <sub>2</sub>	2,5.10 <sup>-2</sup>	18 – 70 jours	4,7 ans
Diazinon	Insecticide	C <sub>12</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> PS	6,1.10 <sup>-2</sup>	-	> 1 jours
Diméthénamide	Herbicide	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> ClNO <sub>2</sub> S	8,3.10 <sup>-3</sup>	45 jours	2.45 heures
Fenpropimorphe	Fongicide	C <sub>20</sub> H <sub>33</sub> NO	3,0.10 <sup>-1</sup>	15 -98 jours	
Gamma HCH (Lindane)	Insecticide	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	1,5.10 <sup>-1</sup>	20-25 jours	2,3 à 13 jours
Hexaconazol	Fongicide	C <sub>14</sub> H <sub>17</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>3</sub> O	3,4.10 <sup>-4</sup>	-	-
Métolachlore	Herbicide	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> ClNO <sub>2</sub>	2,4.10 <sup>-3</sup>	-	-
Pendiméthaline	Herbicide	C <sub>13</sub> H <sub>19</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	8,7.10 <sup>-2</sup>	27 -155 jours	12 heures

\* DT 50 (ou demi-vie d'un composé) : temps nécessaire pour que 50 % de la masse d'un composé disparaissent à la suite de transformations.

L'étude de la constante de Henry (H), rapport de la pression de vapeur à la solubilité permet d'appréhender la volatilité d'une substance.

Les substances ayant :

- H supérieure ou égales à 2,5.10<sup>-5</sup> Pa.m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup> seront considérées comme volatile.
- H inférieure à 2,5.10<sup>-5</sup> Pa.m<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup> seront considérées comme non volatile.

Sans surprise, l'ensemble des substances retrouvées dans l'air à Mordelles en 2010 sont considérées comme volatiles avec par ordre de volatilité croissant : Hexaconazol < Métolachlore < Acétochlore < Diméthénamide < Chlorothalonil < Diazinon < Pendiméthaline < Lindane < Fenpropimorphe.

- Acétochlore

L'acétochlore est un herbicide utilisé pour le désherbage du maïs avant la levée des adventices. Son action est dirigée contre les graminées et de nombreuses dicotylédones. Cette substance active est interdite selon la décision 2008/934/CE et sa date limite d'utilisation est fixée 31/12/11.

Quatre échantillons ont été contaminés durant la campagne. La concentration maximale hebdomadaire s'élève à 1 ng/m<sup>3</sup>.

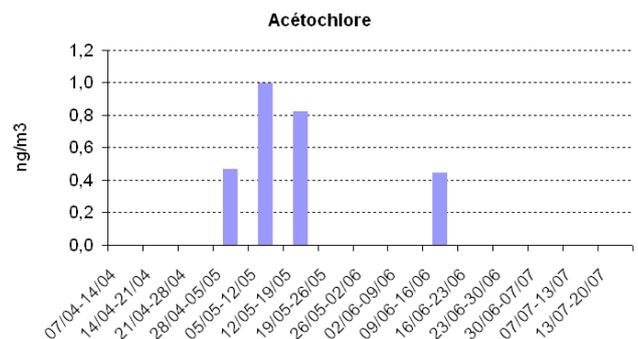


Fig.8 : Teneurs en acétochlore dans l'air à Mordelles en 2010

- Chlorothalonil

Le chlorothalonil est un fongicide largement utilisé sur les grandes cultures (blé, orge, féveroles, pois), les cultures légumières et fruitières et pour les végétaux d'ornementation.

Sur la période d'investigation (avril à juillet), le chlorothalonil est le composé le plus important tant en termes de fréquence de détection (80 % des échantillons contaminés) qu'en termes de concentrations dans l'air ambiant (valeur hebdomadaire maximale de 11,20 ng/m<sup>3</sup>).

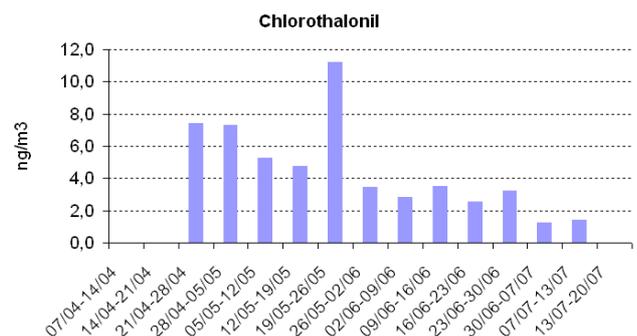


Fig.9 : Teneurs en chlorothalonil dans l'air à Mordelles en 2010

- Diazinon

Le diazinon est un insecticide organophosphoré utilisé pour lutter contre les insectes nuisibles dans le sol et la maison, ainsi que les insectes suceurs et broyeurs et les acariens dans une grande variété de cultures. Il est interdit d'utilisation en France depuis le 01/12/08, selon l'avis du Ministère en charge de l'environnement du 11 octobre 2008.

Il a été mesuré à une seule reprise en 2010 durant la semaine du 12/05/10 au 19/05/10 à une concentration de 1,19 ng/m<sup>3</sup>.

- Diméthénamide

Comme l'acétochlore, le diméthénamide est utilisé comme herbicide pour éviter le développement des graminées et des dicotylédones. Il est préconisé pour la culture du maïs et pour les gazons installés. Il est interdit d'utilisation depuis le 22 juin 2008.

Lors de cette campagne de mesure, 2 échantillons ont été contaminés par cet herbicide en des quantités très faibles, inférieures à la limite de quantification (0,11 ng/m<sup>3</sup>).

- Fenpropimorphe

Le fenpropimorphe est un fongicide utilisé pour combattre les champignons de type Oïdium et Rouilles des céréales. Il sert au traitement du blé, de la betterave, de l'orge et du tournesol.

La présence de ce fongicide a été mise en évidence dans 5 échantillons. La concentration hebdomadaire maximale a été observée du 21/04 au 28/04 et s'élève à 0,21 ng/m<sup>3</sup>. Les 4 autres mesures sont inférieures à la limite de quantification.

- Lindane

Le lindane est un insecticide à large spectre d'activité. Il est efficace sur certains insectes et parasites des hommes et des animaux. Il est interdit en France depuis 1998 en agriculture, 2006 pour le traitement du bois, et 2007 pour le traitement antiparasitaire. Pourtant, en raison des phénomènes d'accumulation dans les sols et de relargage dans l'air, on retrouve des traces de lindane dans 10 échantillons sur 15. Seul le prélèvement n°10 (09/06-16/06) présente une concentration supérieure à la limite de quantification (0,19 ng/m<sup>3</sup>).

- Hexaconazole

L'hexaconazole est un fongicide utilisé pour le traitement des céréales et des vergers. Il est interdit de l'utiliser en France depuis le 30 juin 2008. Il a été mesuré dans un seul échantillon et en faible concentration (0,11 ng/m<sup>3</sup>).

- Métolachlore

Interdit depuis fin 2003, le métolachlore a été remplacé par un isomère le S-métolachlore comme herbicide pour les cultures de céréales et le maraîchage. D'un point de vue analytique, il n'est pas possible de séparer ces 2 molécules, aussi les échantillons contaminés (du 21/04 au 23/06) l'ont certainement été suite à l'épandage de S-métolachlore à proximité du site de prélèvement. La concentration maximale hebdomadaire mesurée dans l'air ambiant s'élève à 0,99 µg/m<sup>3</sup>.

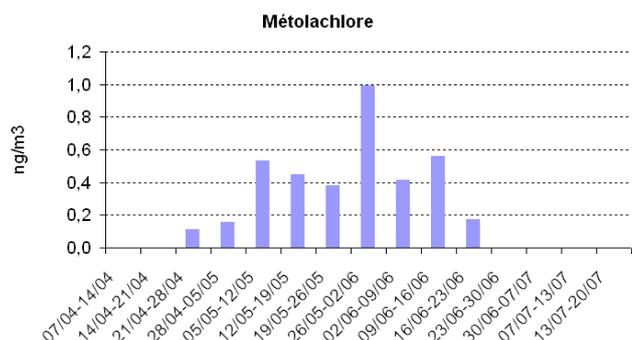


Fig.10 : Teneurs en métolachlore dans l'air à Mordelles en 2010

- Pendiméthaline

Le pendiméthaline est un herbicide dont l'action inhibe la croissance cellulaire des jeunes plantules. Il est largement utilisé dans le monde agricole pour les grandes cultures (blé, maïs, seigle, ...), la viticulture, les vergers, les cultures légumières. On l'emploie également en horticulture. Durant la campagne de mesure, 5 échantillons ont été contaminés, présentant des concentrations de 0,18 ng/m<sup>3</sup> à 0,63 ng/m<sup>3</sup>.

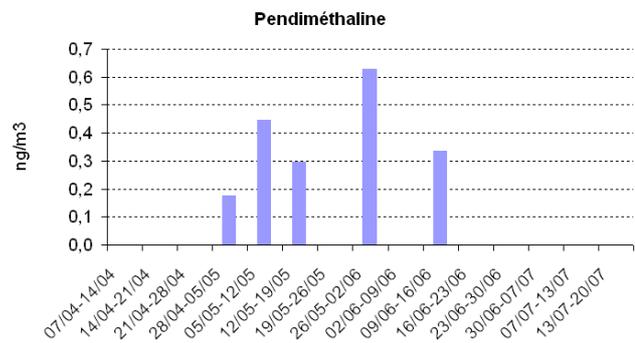


Fig.11 : Teneurs en pendiméthaline dans l'air à Mordelles en 2010

Notons que le pendiméthaline et le métalochlore, tous deux des herbicides, semblent connaître la même évolution dans le temps. Il se pourrait donc qu'un traitement associant les 2 molécules a été utilisé sur les cultures avoisinant le point de prélèvement.

## VI. Bilan des résultats depuis 2005

### VI.1. Nombres de substances détectées depuis 2005

36 substances (33 pesticides et 3 métabolites) ont été détectées à Mordelles, depuis 2005 (15 en 2005, 20 en 2006, 21 en 2007 et en 2008, 10 en 2009 et 9 en 2010).

Chaque année, l'atmosphère est plus chargée en pesticides d'avril à juin, lorsque les traitements sont les plus importants.

Contrairement aux années précédentes, il semblerait que les traitements aient débuté plus tard en 2010. En effet, aucune molécule n'a été détectée les semaines 14 et 15.

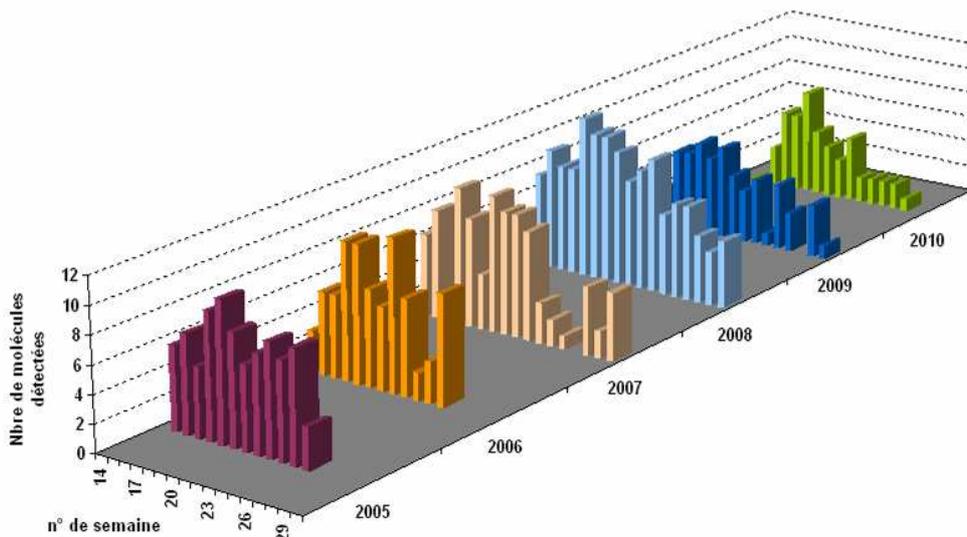


Fig.12 : Nombre de substances détectées par échantillon depuis 2005<sup>1</sup>

La baisse du nombre de pesticides observé dans l'air en 2009 se confirme en 2010 même si elle est moins importante qu'entre 2008 et 2009, comme le montre le graphique du cumul du nombre de composés détectés ci-dessous.

<sup>1</sup> Afin de comparer les résultats par année, les échantillons sont identifiés par le numéro de la semaine sur l'année, comprenant le premier jour de prélèvement (correspondant à un mardi en 2005, et un mercredi de 2006 à 2010).

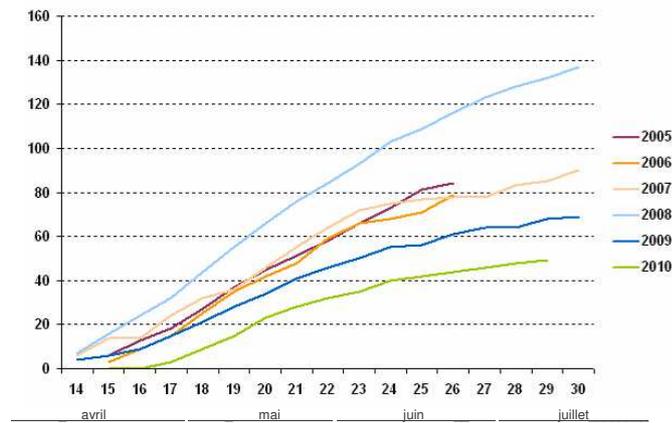


Fig.13 : Cumul du nombre de composés détectés par année

Cette baisse du nombre de molécules détectées est corrélée avec l'évolution des ventes de produits phytopharmaceutiques mis sur le marché au niveau national et avec l'interdiction de mise sur le marché de certaines substances actives depuis 2008, comme l'alachlore par exemple.

Remarque : 32 substances étaient recherchées en 2005, 85 en 2006 et 2007, 95 depuis 2008.

### VI.2. Composés détectés - Fréquences de détection

Le tableau suivant présente les fréquences de détection des différents pesticides retrouvés dans l'atmosphère à Mordelles, depuis 2005.

Substances	Fréquence de détection en %						Moyenne en %
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
2,4'DDD		0	0	0	0	0	0
2,4'DDE		0	0	0	0	0	0
2,4'DDT		0	0	0	0	0	0
4,4'DDD		0	0	5	3	0	2
4,4'DDE		0	0	5	0	0	1
4,4'DDT		0	0	0	0	0	0
Acétochlore	100	50	40	45	23	27	43
Acionifén	25	0	0	0	0	0	3
A-HCH	0	0	0	0	0	0	0
Alachlore	67	58	35	20	0	0	27
Aldicarbe						0	0
Atrazine		0	0	0	0	0	0
Azoxystrobine		0	0	0	0	0	0
Benomyl				0	0	0	0
B HCH		0	0	0	0	0	0
Captane		0	0	0	0	0	0
Carbaryl		0	0	0	0	0	0
Carbofuran	17	0	0	0	0	0	2
Chlorothalonil	100	75	55	80	61	80	72
Chlorpyrifos éthyl	0	8	45	45	0	0	17
Chlortoluron		0		0	0	0	0
Cyfluthrine I+II+III		0	0	0	0	0	0
Cyhalothrine lambda		0	0	0	0	0	0
Cymoxanil		8	0	0	0	0	1
Cyperméthrine I+II+IV		0	0	0	0	0	0
Cyproconazole		0	0	15	0	0	3
Cyprodinil		42	20	30	0	0	15
Deltaméthrine		0	0	0	0	0	0
Déséthylatrazine		0	0	0	0	0	0
Désisopropylatrazine		0	0	5	0	0	1
D-HCH		0	0	0	0	0	0
Diazinon		0	8	0	0	7	2
Dichlobenil		0	0	0	25	0	5
Dichlorvos		0	0	0	0	0	0
Dicofol		0	0	0	0	0	0
Diiflufenicanyl		0	0	0	0	0	0
Diméthénamide	8	25	25	30	19	13	21
Diméthomorphe I+II		0	0	0	0	0	0
Dinocap		0	0	0	0	0	0
Diuron				0	0	0	0
A-endosulfan	50	25	5	0	0	0	9
Epoxyconazole		0	0	25	0	0	5
Esténvalérate		0	0	0	0	0	0
Ethofumesate		0	0	0	0	0	0
Ethoprophos		8	0	0	0	0	1

Non recherché

Substances	Fréquence de détection en %						Moyenne en %
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Fenoxaprop p éthyl	0	0	0	0	0	0	0
Fenoxicarb					0	0	0
Fenpropridine	58	42	5	20	0	0	15
Fenpropimorphe	58	67	20	35	0	33	28
Fluazinam		0	0	0	0	0	0
Fludioxonyl		0	0	0	0	0	0
Flusilazole	17	0	0	0	0	0	2
Folpel	17	0	0	0	3	0	3
Hexaconazole		8	5	10	0	7	5
Isoproturon				0	0	0	0
Kresoxim méthyl	0	17	0	0	0	0	2
Lenacile		0	0	5	0	0	1
Lindane	100	50	80	100	84	67	82
Lufenuron					0	0	0
Malathion		0	0	0	0	0	0
MCPA					0	0	0
Metazachlore		0	0	0	0	0	0
Methidathion		0	0	0	0	0	0
Methomyl		0	0	0	0	0	0
Metolachlore		8	25	55	29	60	36
Norflurazon		0	0	0	0	0	0
Oryzalin		0	0	0	0	0	0
Oxadiazon	0	0	0	0	0	0	0
Oxydemeton-S-méthyl		0	0	0	0	0	0
Oxyfluorfen		0	0	0	0	0	0
Parathion éthyl		0	0	0	0	0	0
Parathion méthyl		0	0	0	0	0	0
Pendiméthaline	42	67	40	65	32	33	45
Phosmet		0	10	0	0	0	2
Phoxime		0	0	5	0	0	1
Propachlore	0	0	5	20	0	0	5
Propargite		0	0	0	0	0	0
Propyzamide		0	0	0	0	0	0
Simazine		0	0	0	0	0	0
Spiroxamine		25	20	55	19	0	24
Tau-fluvalinate I et II		0	0	0	0	0	0
Tebuconazole	0	8	0	0	0	0	1
Tebutame	33	0	0	0	0	0	4
Terbutylazine		0	0	0	0	0	0
Tetraconazole	0	0	0	10	0	0	2
Thiodicarbe				0	0	0	0
Tolyfluamide		0	0	0	0	0	0
Trifluraline	83	50	25	45	6	0	29
Vinclozoline		0	5	0	0	0	1

● **Six composés sont détectés chaque année depuis le début des campagnes de mesure**

Ces composés, qui ont, en général, les fréquences de détection les plus élevées (moyennes des fréquences de détection comprises entre 21 et 82% sur les six campagnes), sont :

- le lindane, interdit en agriculture depuis 1998, 82%
  - le chlorothalonil (utilisé sur différents types de cultures), 72%
  - la pendiméthaline (utilisée sur différents types de cultures), 45%
  - l'acétochlore (utilisé sur le maïs), 43%
  - le métolachlore (utilisé sur les grandes cultures, cultures fruitières et légumières), 36%
  - le diméthénamide (utilisé sur le maïs et le gazon), 21%
- Certains composés, détectés chaque année, ne sont pas retrouvés en 2010 : la spiroxamine (fongicide utilisé pour les céréales et la viticulture) et la triflurarine (herbicide répandu sur un grand nombre de cultures notamment colza, tournesol et soja).
  - A l'inverse certains composés qui n'étaient plus détectés depuis 2008 ont refait leur apparition en 2010 (fenpropimorphe et hexaconazole). Ce constat démontre notamment l'intérêt de poursuivre les mesures sur un même site, durant plusieurs années.

**VI.3. Evolution des concentrations**

A l'instar du nombre de pesticides détectés, la somme des concentrations calculée par échantillon est plus élevée de mi-avril à mi-mai.

L'année 2006 fait exception avec des concentrations très élevées en juin. On mesure notamment des concentrations cumulées de 81,9 ng/m<sup>3</sup> (dont 78,8 ng/m<sup>3</sup> de chlorothalonil) la semaine 22 (début juin) et de 61,8 ng/m<sup>3</sup> la semaine 23 (mi-juin).

Le cymoxanil a, lui, été détecté, dans un seul échantillon, fin juin/début juillet (semaine 26), à la concentration de 40,3 ng/m<sup>3</sup>.

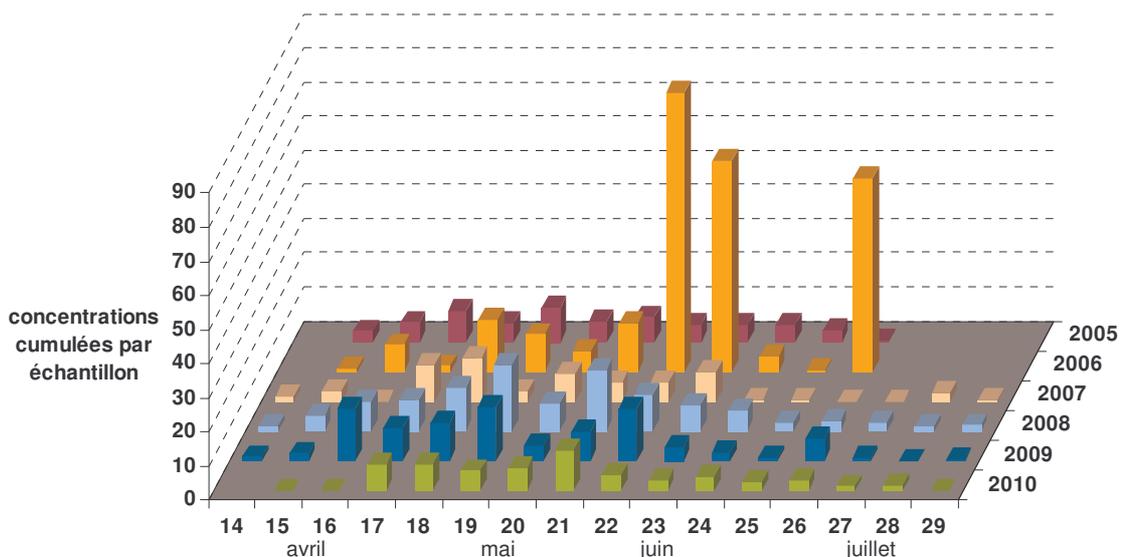
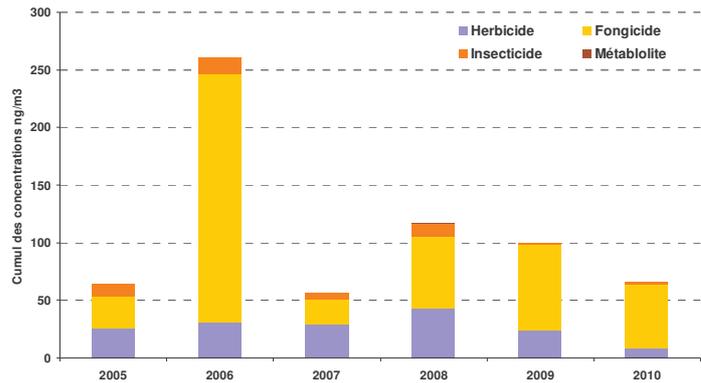


Fig.14 : Cumuls des concentrations en pesticide par échantillon

Le graphique ci-dessous regroupe les pesticides par famille d'utilisation. Pour chaque campagne, les concentrations cumulées de fongicides, herbicides, insecticides et métabolites sont calculés pour la période de mesure commune (mi-avril à fin juillet).

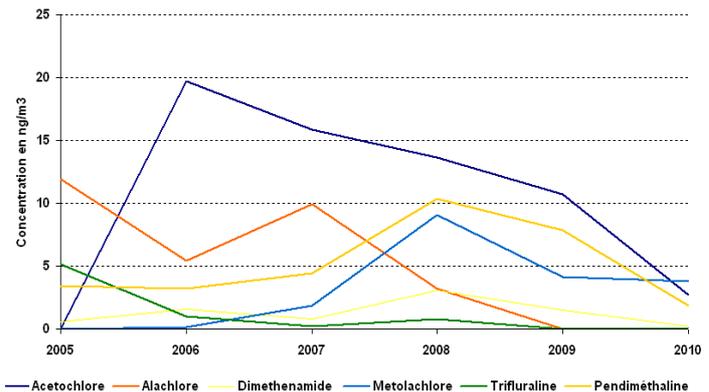
Aucune tendance franche ne se dégage pour l'évolution des concentrations cumulées en pesticides, depuis 2005.

Fig.15 : Cumuls des concentrations par familles d'utilisation de 2005 à 2010



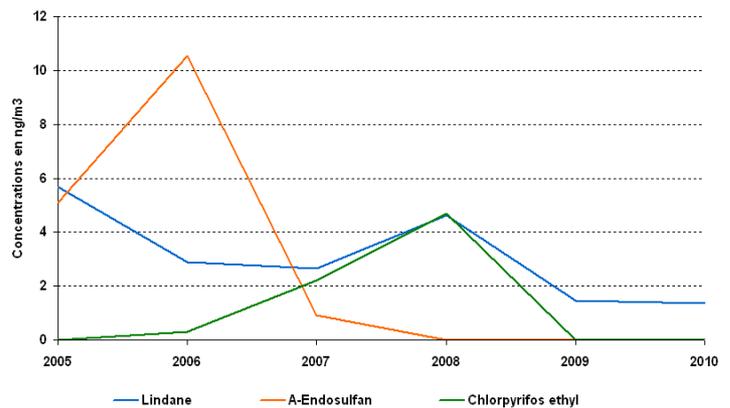
Concernant les herbicides, notons la disparition de l'alachlore et de la trifluraline depuis 2008, ainsi que les diminutions de l'acétochlore et de la pendiméthaline.

Fig.16 : Evolution des concentrations cumulées des principaux herbicides



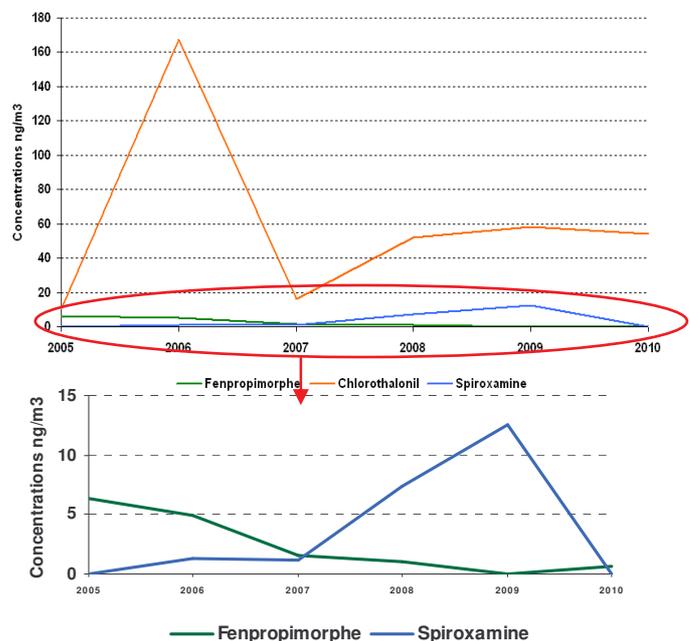
Pour les insecticides, le lindane diminue progressivement, l'alpha-endosulfan et le chlorpyrifos-éthyl ne sont plus détectés depuis 2007 et 2008.

Fig.17 : Evolution des concentrations cumulées des principaux insecticides



Concernant les fongicides, le chlorothalonil reste très présent d'une année sur l'autre avec des concentrations cumulées proche de 55 ng/m<sup>3</sup>, depuis 2008, et une concentration cumulée maximale de 167 ng/m<sup>3</sup>, en 2006. Les concentrations cumulées des autres fongicides sont plus faibles, généralement inférieures à 10 ng/m<sup>3</sup>. En 2009, une contamination exceptionnelle a été observée au cours du mois d'avril, pour la spiroxamine (11,2 ng/m<sup>3</sup>).

Fig.18, 19 : Evolution des concentrations cumulées des principaux fongicides



Exception faite de l'année 2005, le chlorothalonil présente les concentrations hebdomadaires les plus élevées, avec des concentrations maximales comprises entre 7,2 ng/m<sup>3</sup> et 78,8 ng/m<sup>3</sup>. Le tableau ci-dessous reprend les valeurs maximales hebdomadaires observées pour chacune des campagnes de mesure.

Substances	Concentration maximale ng/m <sup>3</sup>						Valeur maximale
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
2,4'DDD	0	0	0	0	0	0	0
2,4'DDE	0	0	0	0	0	0	0
2,4'DDT	0	0	0	0	0	0	0
4,4'DDD	0	0	0,69	0,12	0	0,69	0,69
4,4'DDE	0	0	0,37	0	0	0,37	0,37
4,4'DDT	0	0	0	0	0	0	0
Acétochlore	0,52	9,46	3,94	3,17	3,89	1,00	9,46
Aclofenifen	1,80	0	0	0	0	0	1,8
A-HCH			0	0	0	0	0
Alachlore	3,11	2,26	5,89	1,92	0	0	5,89
Aldicarbe							0
Atrazine	0	0	0	0	0	0	0
Azoxystrobine	0	0	0	0	0	0	0
Benomyl			0	0	0	0	0
B-HCH	0	0	0	0	0	0	0
Captane	0	0	0	0	0	0	0
Carbaryl			0	0	0	0	0
Carbofuran	0,49	0	0	0	0	0	0,49
Chlorothalonil	1,88	78,80	7,19	10,46	13,71	11,20	78,8
Chlorpyrifos ethyl	0	0,32	0,44	0,69	0	0	0,69
Chlortoluron	0			0	0	0	0
Cyfluthrine I+II+III	0	0	0	0	0	0	0
Cyhalothrine lambda	0	0	0	0	0	0	0
Cymoxanil		40,25	0	0	0	0	40,25
Cyperméthrine I+II+III+IV		0	0	0	0	0	0
Cyproconazole	0	0	0,32	0	0	0	0,32
Cyprodinil		0,63	0,24	0,51	0	0	0,63
Deltaméthrine	0	0	0	0	0	0	0
Déséthylatrazine	0	0	0	0	0	0	0
Désisopropylatrazine	0	0	0,13	0	0	0	0,13
D-HCH			0	0	0	0	0
Diazinon	0	0,26	0	0	0	1,19	1,19
Dichlobenil		0	0	0,42	0	0	0,42
Dichlorvos	0	0	0	0	0	0	0
Dicofol	0	0	0	0	0	0	0
Diflufenicanil	0	0	0	0	0	0	0
Diméthénamide	0,54	0,84	0,28	0,81	0,59	0,11	0,84
Diméthomorphe I+II	0	0	0	0	0	0	0
Dinocap		0	0	0	0	0	0
Diuron				0	0	0	0
A-endosulfan	1,14	4,15	0,92	0	0	0	4,15
Epoxyconazole	0	0	0,44	0	0	0	0,44
Esfenvalérate	0	0	0	0	0	0	0
Ethofumesate	0	0	0	0	0	0	0
Ethoprophos		0,15	0	0	0	0	0,15

Substances	Concentration maximale ng/m <sup>3</sup>						Valeur maximale
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Fenoxaprop p ethyl	0	0	0	0	0	0	0
Fenoxicarb				0	0	0	0
Fenpropidine	5,07	0,38	0,2	< 1,0	0	0	5,07
Fenpropimorphe	2,40	1,70	0,92	0,35	0	0,21	2,4
Fluazinam	0	0	0	0	0	0	0
Fludioxonil	0	0	0	0	0	0	0
Flusilazole	0,44	0	0	0	0	0	0,44
Folpel	0,99	0	0	0	3,62	0	3,62
Hexaconazole		2,1	0,13	0,23	0	0,11	2,1
Isoproturon				0	0	0	0
Kresoxim methyl	0	0,3	0	0	0	0	0,3
Lenacle				0	0,5	0	0,5
Lindane	0,98	1,21	0,49	0,71	0,16	0,25	1,21
Lufenuron				0	0	0	0
Malathion	0	0	0	0	0	0	0
MCPA				0	0	0	0
Metazachlore	0	0	0	0	0	0	0
Methidathion	0	0	0	0	0	0	0
Methomyl				0	0	0	0
Métolachlore		0,12	0,71	3,61	1,17	0,99	3,61
Norflurazon	0	0	0	0	0	0	0
Oryzalin	0	0	0	0	0	0	0
Oxadiazon	0	0	0	0	0	0	0
Oxydemeton-S-methyl				0	0	0	0
Oxyfluorfen				0	0	0	0
Parathion éthyl	0	0	0	0	0	0	0
Parathion méthyl	0	0	0	0	0	0	0
Pendiméthaline	1,03	0,58	1,69	2,64	1,97	0,63	2,64
Phosmet		0	0,22	0	0	0	0,22
Phoxime		0	0	1,46	0	0	1,46
Propachlore	0	0	0,17	0,86	0	0	0,86
Propargite				0	0	0	0
Propyzamide	0	0	0	0	0	0	0
Simazine				0	0	0	0
Spiroxamine		0,52	0,50	1,52	11,22	0	11,22
Tau-fluvalinate I et II		0	0	0	0	0	0
Tebuconazole	0	0,74	0	0	0	0	0,74
Tebutame	0,31	0	0	0	0	0	0,31
Terbutylazine				0	0	0	0
Tetraconazole	0	0	0	0,12	0	0	0,12
Thiodicarbe				0	0	0	0
Tolyfluanide				0	0	0	0
Trifluraline	0,91	0,39	0,34	0,23	0,25	0	0,91
Vinclozoline		0	0,35	0	0	0	0,35

#### VI.4. Molécules interdites et détection

- **Le lindane**, interdit en France depuis 1998 en agriculture, 2006 pour le traitement du bois et 2007 pour le traitement antiparasitaire, est régulièrement détecté par les associations de surveillance de la qualité de l'air dont Air Breizh, à des concentrations inférieures à 1 ng/m<sup>3</sup>.
- **Le métolachlore**, interdit depuis 2003, est détecté chaque année à Mordelles. A noter que lors de l'analyse, le métolachlore et son isomère le s-métholachlore, qui, lui, est autorisé, ne peuvent être distingués.
- **Le diméthénamide**, interdit depuis le 22 juin 2008, est encore détecté en 2010 mais à de très faibles concentrations (inférieurs à la limite de quantification).
- **Le tébutame**, interdit depuis 2003, a été retrouvé à Mordelles en juin 2005, dans deux échantillons.
- **L'hexaconazole**, interdit depuis le 30 juin 2008, a été mesuré dans un échantillon en 2010.
- Le **diazinon**, interdit d'utilisation en France depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2008, a été mesuré dans un échantillon en 2010.
- **L'atrazine** n'a pas été retrouvé dans l'atmosphère, par Air Breizh, depuis son interdiction en 2003.
- De même, **l'endosulfan**, systématiquement détecté jusqu'en 2007, n'a pas été retrouvé depuis son interdiction, en mai 2007.

- A noter que l'**alachlore**, la **trifluraline**, le **phoxime**, interdits respectivement depuis juin 2008, décembre 2008 et février 2009, ne sont plus détectés depuis 2009.

## VII. Comparaison avec les mesures dans les autres régions françaises

Afin de mieux appréhender les niveaux observés à Mordelles depuis 2005, nous établissons une comparaison des concentrations mesurées en France, regroupées au sein de la base de données LCSQA (période 2001-2006) [13]. Pour chacune des molécules détectées, les écarts entre les concentrations maximales hebdomadaires relevées à Mordelles et par les autres AASQA sont reportés sur le graphique ci-dessous.

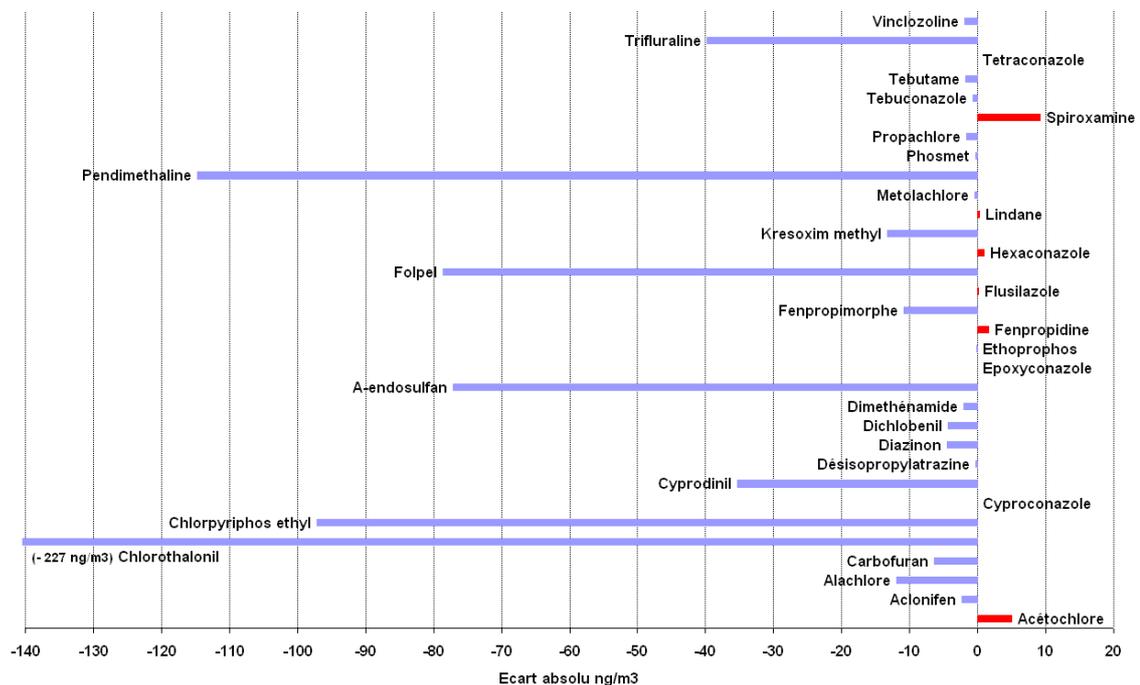


Fig.20 : Comparaison des mesures réalisées à Mordelles et dans les autres régions françaises

Au regard de ce graphique, il apparaît que le site de Mordelles présente les concentrations hebdomadaires les plus élevées de France pour la spiroxamine, le lindane, l'hexaconazole, le flusilazole, le fenpropidine et l'acétochlore. L'écart est particulièrement marqué pour la spiroxamine (+ 9 ng/m<sup>3</sup>) et l'acétochlore (+ 4 ng/m<sup>3</sup>).

A ces molécules, s'ajoutent le cymoxanil, le lénacile et le phoxime, détectés à Mordelles mais pas dans les autres régions. Ces composés sont rarement présents dans l'air, puisqu'ils n'ont été observés qu'à une seule reprise, sur la période 2005-2010.

Le cymoxanil est un fongicide utilisé en association avec d'autres substances actives pour le traitement de la vigne, des pommes de terres ou des pois. Il est probable que la contamination observée à une seule reprise en 2006, soit liée aux traitements des pois protéagineux dont la culture représente 189 ha à l'échelle du canton de Mordelles.

Concernant le lénacile (herbicide), la contamination pourrait être liée aux cultures des betteraves fourragères (8 ha).

En 2008, le phoxime était un insecticide largement employé (interdit depuis 2009 sur les cultures mais toujours autorisé pour le jardinage), il est donc délicat de faire une hypothèse quant à la source de contamination.

Pour les 32 molécules mesurées à la fois en Bretagne et dans les autres régions françaises, les différences de concentrations peuvent être considérées comme :

- proches (+ ou - 1 ng/m<sup>3</sup>) dans 34 % des cas,
- moyennes (écarts compris entre 1 et 5 ng/m<sup>3</sup>) pour 25 % des observations,
- élevées (écarts supérieurs à 5 ng/m<sup>3</sup>) pour 41 %.

A noter que pour le chlorothalonil, substance pour laquelle les concentrations sont les plus fortes en Bretagne, des niveaux plus élevés peuvent être observés dans d'autres régions françaises, notamment dans la Beauce où la concentration maximale hebdomadaire a atteint 305 ng/m<sup>3</sup> [14].

## VIII. Comparaison des mesures dans l'air et l'eau (Réseau CORPEP)

Une comparaison des résultats de mesure d'Air Breizh avec ceux du réseau CORPEP dans les eaux superficielles bretonnes, est effectuée pour l'année 2010 [15].

Le réseau CORPEP (Cellule d'Orientation Régionale pour la Protection des Eaux contre les Pesticides), constitué, cette année-là, de dix stations, permet de suivre la contamination des eaux superficielles par les pesticides de dix rivières bretonnes.

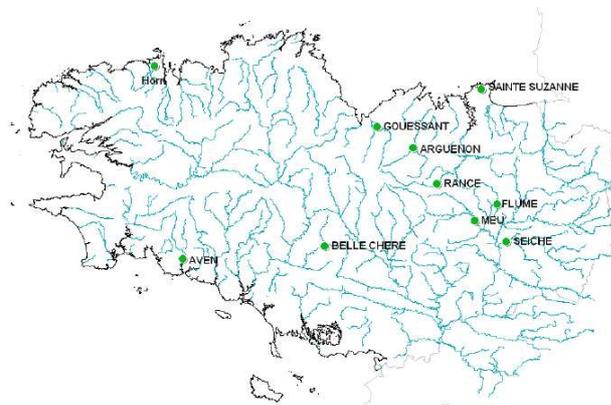


Fig.21 : Réseau CORPEP en Bretagne

Parmi les 50 substances les plus fréquemment détectées dans les eaux superficielles, 18 molécules étaient recherchées par Air Breizh, les autres molécules n'étant pas analysables par le laboratoire. Parmi ces 18 pesticides, 3 ont été détectés dans les échantillons d'air en 2010. Il s'agit du diméthénamide, de l'acétochlore et de la pendiméthaline.

Le chlorothalonil, abondant dans l'air, est absent des échantillons d'eau. Selon la base de données AGRITOX, le temps de dissipation de ce composé dans l'eau (DT50) est de 2,5 heures et il atteint 4,7 ans dans l'air. Cette différence de comportement dans les différents compartiments de l'environnement, liées aux caractéristiques physico-chimiques des molécules explique ce constat.

## IX. Conclusions

Air Breizh réalise des campagnes de mesures de pesticides à Mordelles depuis 2005, au printemps et en été, périodes correspondant aux traitements des cultures les plus importants.

- D'une vingtaine de substances détectées chaque année entre 2005 et 2008, le nombre de molécules observées en 2009 et 2010 se chiffre à une dizaine. Cette diminution pourrait être liée à l'interdiction de nombreuses substances actives depuis 2008.
- Malgré leur interdiction, certaines molécules sont toujours présentes dans l'air, en 2010, en raison des phénomènes d'accumulation dans les sols et de relargage dans l'air ; c'est le cas du lindane, du diméthénamide, de l'hexaconazole, et du diazinon.
- Chaque année, les concentrations maximales relevées concernent le chlorothalonil. En 2010, trois composés présentent des concentrations supérieures ou égales à 1 ng/m<sup>3</sup> : le chlorothalonil (11,2 ng/m<sup>3</sup>), le diazinon (1,2 ng/m<sup>3</sup>) et l'acétochlore (1,0 ng/m<sup>3</sup>).
- Certains composés qui n'étaient plus détectés depuis 2008 ont refait leur apparition en 2010 (fenpropimorphe et hexaconazole).
- En comparant les résultats des campagnes de mesure à Mordelles avec les observations réalisées dans les autres régions françaises (période 2001-2006), nous pouvons noter que les concentrations maximales hebdomadaires de spiroxamine et d'acétochlore sont plus élevées à Mordelles que sur les autres sites français.

## X. Perspectives

Si certaines molécules se retrouvent chaque année dans les prélèvements effectués à Mordelles, d'autres composés apparaissent ou disparaissent en fonction des années. Ce constat montre tout l'intérêt de poursuivre les mesures sur un même site, durant plusieurs années.

Le type de cultures pratiquées à Mordelles influe sur les résultats de mesures dans l'air. Ainsi, une majorité des composés retrouvés s'applique sur les cultures céréalières. On peut supposer que des mesures réalisées en zone maraîchère conduiraient à des résultats différents. Il serait intéressant de réaliser des campagnes de mesures dans d'autres zones agricoles, maraîchères notamment, la contamination de l'air par les pesticides dépendant en partie des cultures locales.

La construction d'un historique de mesure à Mordelles et la réalisation de campagnes ponctuelles dans d'autres zones sont en adéquation avec les préconisations du plan Ecophyto 2018 issu du Grenelle de l'Environnement (Axe 1 : développer les indicateurs de l'environnement et du suivi de la réduction des usages des produits phytosanitaires) et pourraient constituer des éléments de suivi de ce plan au niveau régional.

## Références bibliographiques

- [1] LAMIOT F. 2001. « Les pesticides dans l'air ambiant ». Pollution atmosphérique. N° 170. 237-246.
- [2] Directive 91/414/CEE du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques. Journal officiel des Communautés européennes. N° L 230 du 19/08/1991.
- [3] Directive 98/8/CE du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. Journal officiel des Communautés européennes. N° L 123 du 24/04/1998.
- [4] Union des Industries de la Protection des Plantes, Rapport d'activité 2009/2010
- [5] Agreste Bretagne, Statistique Agricole Annuelle 2010, 16p.
- [6] Barneaud A. 2002. « Eléments d'évaluation de l'exposition des habitants du vignoble nantais aux pesticides dans l'atmosphère ». Mémoire de fin d'études. Formation d'Ingénieurs du Génie Sanitaire de l'Ecole Nationale de la Santé Publique, 12-16
- [7] BEDOS C., CELLIER P., CALVAT R., BARRIUSO E., GABRIELLE B. 2002. Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilisation from soil and plants : overview. Agronomie. N° 22. 21-33
- [8] INERIS. 2005. « Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation. Synthèse du comité de pilotage ». Rapport d'étude INERIS-DRC/MECO-CGR-143/2005-AGo.
- [9] AFNOR, 2007. Norme XP X43-058 Air ambiant - Dosage des substances phytosanitaires (pesticides) dans l'air ambiant - Prélèvement actif
- [10] AFNOR, 2007. Norme XP X43-059 Air ambiant - Dosage de substances phytosanitaires (pesticides) dans l'air ambiant - Préparation des supports de collecte - Analyse par méthodes chromatographiques
- [11] LCSQA, 2004 : Pesticides dans l'air ambiant : Bilan de la méthodologie de prélèvement – Rapport d'étude n°8 DRC – 04 – 55269 – AIRE – n°1012/FMr
- [12] ANSES - AGRITOX : base de données sur les propriétés physiques et chimiques, la toxicité, l'écotoxicité, le devenir dans l'environnement, les données réglementaires des substances actives phytopharmaceutiques. [www.dive.afssa.fr/agritox/index.php](http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php), consulté le 25/10/11
- [13] LCSQA, 2009 : Observation des niveaux de concentration en pesticides dans l'air ambiant (2/2)
- [14] AIRPARIF. Evaluation des concentrations en pesticides dans l'air francilien : Campagne exploratrice 2006. Juin 2007
- [15] DREAL : Les pesticides dans les eaux superficielles bretonnes- Réseau CORPEP, Bilan 2010.

## Annexe 1 : Classification et usages des 37 molécules détectées à Mordelles depuis 2005

Le tableau suivant présente l'ensemble des composés détectés à Mordelles depuis 2005, leurs principales utilisations, leur date éventuelle d'interdiction et leur classement.

### Légende

X : composé détecté                      0 : composé non retrouvé                      NR : composé non recherché  
 nd : donnée non disponible            H : herbicide    F : fongicide  
 I : insecticide                                N : nématicide    M : métabolite

Substance détectée	Action	Principales utilisations de la substance seule ou en association <sup>2</sup>	Utilisation seul ou en en association	Classement de la substance active <b>seule</b>	Date d'interdiction d'utilisation en France
4,4'DDD	M				DDT : 1973
4,4'DDE	M				DDT : 1973
Acétochlore	H	Maïs	En association avec le dichlormide	Xn – N – R20 – R37/38 – R43 – R50/53	
Aclonifen	H	<u>Grandes cultures</u> : féverole, pois, tournesol, lentille, pomme de terre <u>Cultures légumières</u> : ail, échalote, oignon, carotte, poireau... <u>Cultures porte-graine mineures</u>	Seul ou en association (aminotriazole, flurtamone)	N – R50/53	
Alachlore	H	Maïs, soja	Seul	Xn – N – R22 – R40 – R43 – R50/53 ( <b>C3</b> )	18/06/08
Carbofuran	I	<u>Grandes cultures</u> : betterave, crucifères oléagineuses, maïs, soja, tournesol <u>Cultures légumières</u> : ail, chou, haricot, échalote, oignons, poireaux... <u>Végétaux d'ornement</u> : cultures florales, arbres et arbustes d'ornement cultures diverses	Seul ou en association avec le flutriafol	<b>T+</b> - N – R26/28 – R50/53	13/12/08
Chlorothalonil	F	<u>Grandes cultures</u> : blé, orge, féveroles, pois, pommes de terres <u>Cultures légumières</u> : ail, asperge, carotte, chou, concombres, courgettes, échalote, oignons, poireaux, pois, tomates... <u>Cultures fruitières</u> : vignes, fraisiers <u>Végétaux d'ornement</u> : cultures florales, arbres et arbustes d'ornement	Seul ou en association (carbendazime, cymoxanil, folpel, méfenoxam, tétraconazole, cyproconazole, flutriafol, propamocarbe HCl, pyriméthanyl)	<b>T+</b> - N – R26 – R37 – R40 – R41 – R43 – R50/53 ( <b>C3</b> )	21/02/09
Chlorpyrifos ethyl	I	Toutes cultures	Seul ou en association (cyperméthrine, diméthoate, zetacyperméthrine)	<b>T</b> – N – R25 – R50/53	
Cymoxanil	F	<u>Grandes cultures</u> : féveroles, pois, pommes de terres <u>Cultures légumières</u> : pois, laitue, tomates... cultures mineures : betterave porte-graine... <u>Cultures fruitières</u> : vignes	En association (chlorothalonil, folpel, cuivre, famoxadone, mancozèbe, métiram-zinc, propinèbe, fosétyl-Al, méfenoxam, fludioxonil)	Xn – N – R22 – R43 – R50/53	

<sup>2</sup> Sources : Index phytosanitaire ACTA 2008

Cyproconazole	F	<u>Grandes cultures</u> : avoine, betterave, blé, crucifères oléagineuses, orge, pois, seigle, triticales <u>Cultures légumières</u> : bette, betterave, pois <u>Cultures fruitières</u> : vigne, arbres fruitiers <u>Végétaux d'ornement</u> : arbres et arbustes d'ornement, gazon	Seul ou en association (captane, azoxistrobine, chlorothalonil, propiconazole, cyprodinil, quinoxyfène, trifloxystrobine)	Xn – N – R22 – R50/53 – R63 ( <b>R3</b> )	
Cyprodinil	F	<u>Grandes cultures</u> : blé, triticales, orge, pois <u>Cultures légumières</u> : haricot, laitue, scarole frisée <u>Cultures fruitières</u> : vigne, arbres fruitiers <u>Végétaux d'ornement</u> : arbres et arbustes d'ornement, cultures florales	Seul ou en association (anthraquinone, cyproconazole, fenpropidine, fludioxonil, propiconazole, tébuconazole)	Xi – N – R43 – R50/53	
Désisopropylatrazine	M	Métabolite de l'atrazine			Atrazine : 30/09/03
Diazinon	I	<u>Grandes cultures</u> : betterave <u>Cultures légumières</u> : asperge <u>Cultures fruitières</u> : vigne, arbres fruitiers	Seul	Xn – N – R22 – R50/53	01/12/08
Dichlobénil	H	Vignes, cassissier, lavandin, rosier, arbres et arbustes d'ornement (espaces verts, pépinières), dégagement de forêt, allée de parc, jardins, trottoir	Seul	Xn – N – R21 – R51/53	18/03/10
Diméthénamide	H	Maïs, gazon	Seul	Xn – R22 – R43 – R50	22/06/08
A-endosulfan	I	Toutes cultures <u>Grandes cultures</u> : céréales, crucifères oléagineuses, pois, féverole, pommes de terre <u>Cultures légumières</u> : artichaut, asperge, betterave, carotte, courgette, concombre, chou, laitue, navet, radis, ... <u>Cultures fruitières</u> : arbres fruitiers, fraisiers <u>Végétaux d'ornement</u> : rosiers	Seul ou en association (deltaméthrine, diéthion, thiométon)	N – T – R24/25 – R36 – R50 – R53	30/05/07
Epoxiconazole	F	<u>Grandes cultures</u> : Avoine, betterave, blé, maïs, orge, seigle, triticales...	Seul ou en association (boscalid, fenpropimorphe, krésoxim-méthyl, pyraclostrobine)	Xn – N – R40 – R51/53 – R62 – R63 ( <b>C3, R3</b> )	
Ethoprophos	I-N	Toutes cultures	Seul	T+ - N – R25 – R26/27 – R43 – R50/53	
Fenpropidine	F	Blé, orge, betterave, cultures porte-graine mineures	Seul ou en association (cyprodinil, difénoconazole, propiconazole)	Xn – N – R22- R36 – R43 – R50/53	

Fenpropimorphe	F	<u>Grandes cultures</u> : blé, betterave, orge, tournesol, avoine, seigle, triticale	Seul ou en association (azoxystrobine, époxiconazole, flusilazole, krésoxim-méthyl, pyraclostrobine, quinoxifène)	Xn – N – R22 – R38 – R51/53 - R63 <b>(R3)</b>	
Flusilazole	F	<u>Grandes cultures</u> : betterave, blé, orge, colza, maïs, tournesol <u>Cultures fruitières</u> : vignes, arbres fruitiers	Seul ou en association (carbendazime, fenpropimorphe)	T – N – R22 – R40 – R51/53 – R61 <b>(R2)</b>	
Folpel	F	<u>Grandes cultures</u> : blé, orge, pois, pomme de terre <u>Cultures légumières</u> : tomate, laitue, <u>Cultures fruitières</u> : vignes, arbres fruitiers	Seul ou en association (azoxystrobine, béalaxyl, chlorothalonil, cymoxanil, cuivre, mancozèbe, famoxadone, fénamidone, manèbe, méfenoxam, propiconazole, thiophanate-méthyl, fosétyl-AI)	Xn – N – R20 – R36 – R40 – R43 – R50 <b>(C3)</b>	
Hexaconazole	F	<u>Grandes cultures</u> : avoine, blé, orge, pois, seigle, triticale <u>Cultures légumières</u> : ail, asperge, poireau, chou, concombre, courgette, pois, melon.. <u>Cultures fruitières</u> : vigne, fraisières, arbres fruitiers	Seul ou en association (azoxystrobine, chlorothalonil, fenpropidine)	N - Xi - R43 - R51 - R53	30/06/08
Kresoxim-méthyl	F	<u>Grandes cultures</u> : betterave, avoine, blé, orge, seigle, triticale, <u>Cultures porte-graine mineures</u> <u>Cultures légumières</u> : melon. <u>Cultures fruitières</u> : vigne, arbres fruitiers <u>Végétaux d'ornement</u> arbres et arbustes d'ornement, cultures florales	Seul ou en association (boscalid, époxiconazole, fenpropimorphe, pyraclostrobine)	Xn – N – R40 – R50/53 <b>(C3)</b>	
Lénacile	H	Betterave fourragère et industrielle, épinard, plantes à parfum, aromatiques et médicinales	Seul ou en association avec le linuron	Exemptée de classement	
Lindane	I	Cultures fruitières, horticoles et de plein champ Industrie du bois Hygiène antiparasitaire		T - N R23/24/25 - R36/38- R50/53	Agriculture 1998 Traitement du bois 2006 Traitement antiparasitaire déc 2007
Métolachlore	H	Métolachlore interdit S-métolachlore utilisé sur maïs, pomme de terre, haricot, betterave, tournesol, courgettes, potiron	S-métolachlore utilisé seul ou en association (bénoxacor, mésotrione)	Métolachlore : nd S-métolachlore Xi - N - R43 - R50 - R53	Substance interdite depuis le 30/12/03 S-métolachlore autorisé

Pendiméthaline	H	<p><u>Grandes cultures</u> : blé, orge, seigle, triticale, féverole, pois, maïs, soja, sorgho, tournesol</p> <p><u>Cultures légumières</u> : ail, chou-fleur, échalote, oignon, poireau, tomate, carotte, pois, salsifis....</p> <p><u>Cultures fruitières</u> : arbres fruitiers, vignes,</p> <p><u>Végétaux d'ornement</u> : arbres et arbustes ornementaux, gazon, muguet</p> <p><u>Cultures diverses</u> : Plantes à parfum, aromatiques et médicinales</p>	Seul ou en association (alachlore, dimethenamide, diuron, imazamox, oxyfluorène, picolinafen)	Xi - N - R43 - R50/53	
Phosmet	I	Arbres fruitiers, pomme de terre	Seul	Xn - R21/22	
Phoxime	I	Toutes cultures	Seul	Xn - R22	21/02/09
Propachlore	H	Choux, échalote, oignon, poireau, sorgho	Seul	Xn - R22 - R36 - R43	18/03/10
Spiroxamine	F	<p><u>Grandes cultures</u> : avoine, blé, orge, seigle</p> <p><u>Cultures fruitières</u> : vignes</p>	Seul ou en association avec la spiroxamine	Xn - N - R20/21/22 - R38 - R43 - R50/53	
Tébuconazole	F	<p><u>Grandes cultures</u> : avoine, blé, crucifères oléagineuses, orge, seigle, triticale, féverole, légumineuses fourragères, lin, pois</p> <p><u>Cultures légumières</u> : ail, asperge, chou-fleur, chou, céleri, poireau ....</p> <p><u>Cultures fruitières</u> : arbres fruitiers, vignes,</p> <p><u>Végétaux d'ornement</u> : gazon</p> <p><u>Cultures porte-graine mineures</u></p>	Seul ou en association (fludioxonil, anthraquinone, cyprodinil, imidaclopride, triazoxide, bromuconazole, carbendazime, prochloraze, propiconazole, spiroxamine, triadiméno)	Xn - R22	
Tébutame	H	Colza	En association avec la clomazone		31/12/03
Tétraconazole	F	Blé, orge, avoine, seigle, triticale, vigne, pommier, betterave fourragères et industrielle	Seul ou en association (chlorothalonil, prochloraze)	Xn - N - R22 - R48/22 - R51/53	
Trifluraline	H	<p><u>Grandes cultures</u> : avoine, seigle, blé, orge, pois, féverole, Colza, soja, tournesol</p> <p><u>Cultures légumières</u> : chou, ail,</p> <p><u>Végétaux d'ornement</u> : arbres et arbustes d'ornement, cultures florales</p> <p><u>Cultures diverses</u> : plantes à parfum, aromatiques et médicinales</p>	Seul ou en association (clomazone, linuron, isoxaben)	Xi - N - R36 - R43 - R50/53	31/12/08
Vinchlozoline	F	<p><u>Grandes cultures</u> : crucifères oléagineuses, féverole, pois, tournesol, soja</p> <p><u>Cultures légumières</u> : aubergines, cornichon, courgettes, poivron, ail, chicorée, fraisiers, haricot, laitue</p> <p><u>Cultures fruitières</u> : arbres fruitiers, vignes</p>	Seul ou en association avec le carbendazime	N - Xn - R40 - R43 - R50 - R53 - R62 - R63	31/12/07

R20	Nocif par inhalation.
R21	Nocif par contact avec la peau
R22	Nocif en cas d'ingestion.
R25	Toxique en cas d'ingestion.
R26	Très toxique par inhalation.
R36	Irritant pour les yeux.
R37	Irritant pour les voies respiratoires.
R38	Irritant pour la peau.
R40	Effet cancérigène suspecté : preuves insuffisantes.
R41	Risque de lésions oculaires graves.
R43	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
R50	Très toxique pour les organismes aquatiques.
R51	Toxique pour les organismes aquatiques.
R53	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
R61	Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant
R62	Risque possible d'altération de la fertilité.
R63	Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
R20/21/22	Nocif par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.
R21/22	Nocif par contact avec la peau et par ingestion.
R23/24/25	Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R24/25	Toxique par contact avec la peau et par ingestion.
R26/27	Très toxique par inhalation et par contact avec la peau
R26/28	Très toxique par inhalation et par ingestion
R36/38	Irritant pour les yeux et la peau
R37/38	Irritant pour les voies respiratoires et la peau.
R48/22	Nocif : risques 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.
R51/53	Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.