



AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
LOIRET



géo-hyd

membre d'Antea Group

Etude sur le périmètre du SAGE Val Dhuy Loiret afin de réduire les pollutions diffuses et localisées

Rapport de l'ETAPE 1 : phase 1 et 2

Financeurs de l'étude :



agence de l'eau
Loire-Bretagne



Conseil
Général le Loiret

Région



Centre

l'Europe
s'engage
en région Centre

FEDER

Fonds européen de développement régional

SOMMAIRE

PHASE 1 : RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES TECHNIQUES

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE 4

- A) Périmètre de l'Etude : Le SAGE Val dhuy Loiret 4
- B) Topographie 5
- C) Climat 5
- D) Occupation du sol 7
- E) Géologie 9
- A) Pédologie 13
- B) Hydrogéologie 19

LES USAGES DE L'EAU SUR LE SAGE 19

- A) Prélèvements pour l'Alimentation en Eau Potable 19
- B) Prélèvements pour l'Irrigation 20
- C) Prélèvements Industriels 21
- D) Bilan des usages de l'eau des cours d'eau du SAGE 22

LA QUALITE DES EAUX DU SAGE 24

- A) Objectifs et état des masses d'eau DCE 24
- B) Qualité physico-chimique des eaux Superficielles 32
- C) Qualité physico-chimique des eaux Souterraines 65

PHASE 2 : DEFINITION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES COURS D'EAU DU TERRITOIRE DU SAGE ET VULNERABILITE

CARACTERISATION DES RESSOURCES EN EAU 75

- A) Fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des masses d'eau du SAGE 75
- B) Bilan Hydrologique du SAGE 81

VULNERABILITE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES 84

- A) Notion de vulnérabilité 84
- B) Méthodologie De l'étude 85

C) Coefficient de ruissellement	86
D) Drainage.....	87
E) Distance aux cours d'eau	87
F) Sensibilité au ruissellement ou à l'infiltration.....	88
G) Sensibilité hydrogéologique à l'infiltration	94
H) Cartes de vulnérabilité	96
<u>Annexe 1 : Usages des principales substances actives retrouvées sur le SAGE</u>	<u>105</u>
<u>Annexe 2 : Liste non exhaustive de substances actives non autorisée en France.....</u>	<u>106</u>
<u>Annexe 3 : Coefficient de ruissellement</u>	<u>107</u>
<u>Annexe 4 : Arbre de décision pour évaluer la vulnérabilité des eaux superficielles</u>	<u>111</u>
<u>Annexe 5 : Arbre de décision pour évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines</u>	<u>121</u>
<u>Bibliographie :.....</u>	<u>126</u>

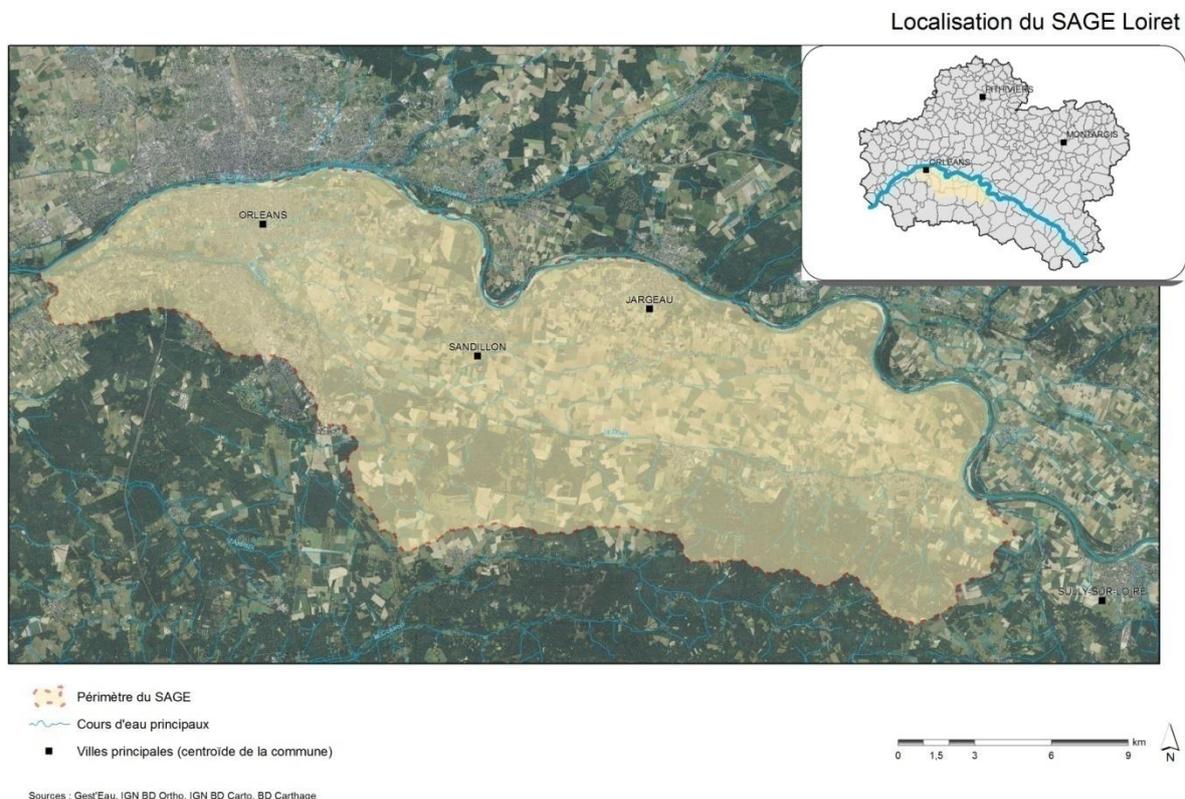
PHASE 1: RECUEIL ET TRAITEMENT DES DONNEES TECHNIQUES

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

A) PERIMETRE DE L'ETUDE : LE SAGE VAL DHUY LOIRET

Le périmètre du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Val Dhuy Loiret se trouve dans le département du Loiret en région Centre. Le SAGE couvre une surface de 330 km² délimitée au nord par le fleuve de la Loire et au sud par le plateau de Sologne. Le SAGE est traversé par le Loiret qui prend source au niveau du Parc Floral d'Orléans et se jette dans la Loire au niveau de la pointe de Courpain. Le principal affluent du Loiret est le Dhuy qui draine le Val d'Orléans à vocation agricole.

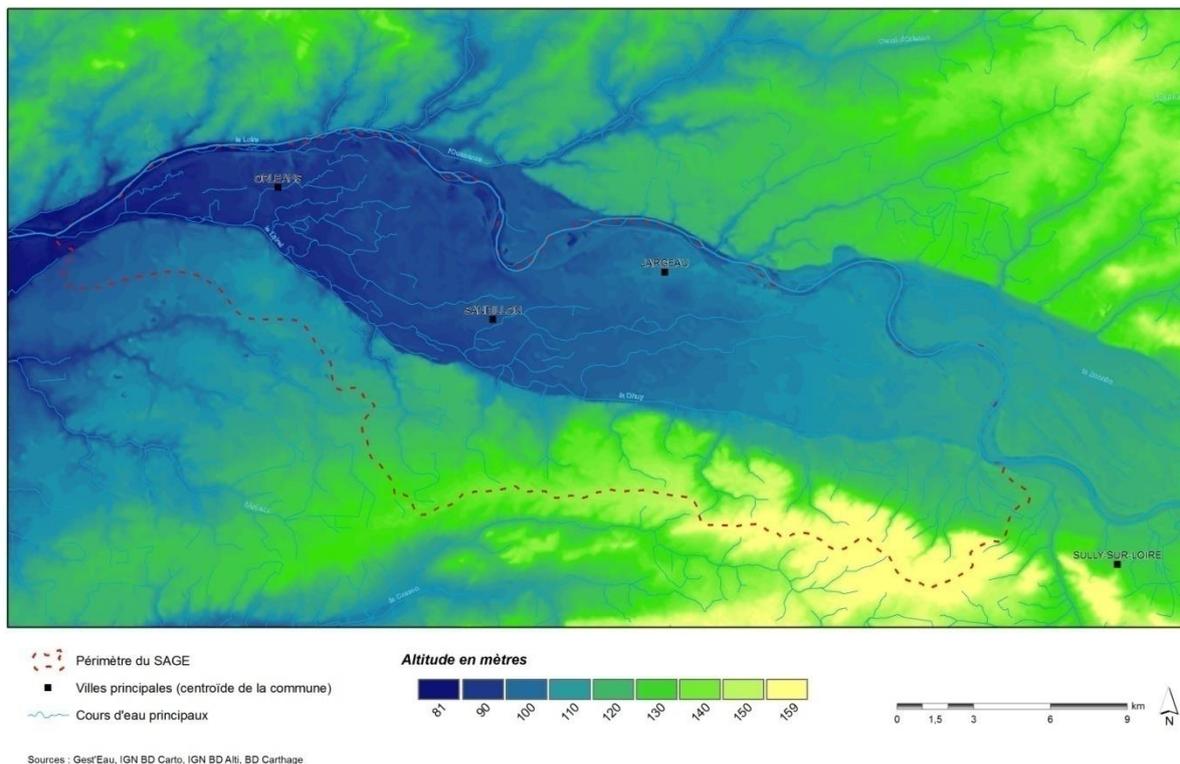
L'élaboration du SAGE Val de Dhuy Loiret a été lancée à l'initiative de l'Association pour la Défense, l'Animation et la Promotion de la Rivière Loiret (ADAPRIL). Le périmètre du SAGE a été fixé par l'arrêté préfectoral du 14 janvier 1999, la composition de la Commission Locale de l'Eau (CLE) a ensuite été actée en octobre 1999. Le 14 septembre 2009 s'est achevée la phase d'élaboration du SAGE par l'approbation des documents du SAGE par les membres de la CLE.



B) TOPOGRAPHIE

Le relief sur le SAGE est relativement peu marqué. L'altitude maximale est de 150 m au sud-est du SAGE, la plus basse de 93m au nord-est sur les bords de la Loire. Des variations rapides de relief sont observées au sud-est entre le Val d'Orléans et le coteau de Sologne. Le dénivelé peut être de 25 m à ce niveau là.

Altimétrie du SAGE Loiret



C) CLIMAT

Le climat sur le SAGE est tempéré à tendance continentale. Les hivers sont doux et pluvieux et les étés frais et humides. La station météorologique de Bricy permet de mesurer les variations de différents paramètres météorologiques (température, précipitations, etc.) de manière journalière. La température moyenne sur l'année dans la région du SAGE est d'environ 11°C. Entre 2002 et 2012, les précipitations annuelles ont été en moyenne de 632 mm. La pluie efficace est de l'ordre de 191 mm au niveau de la station de Bricy.

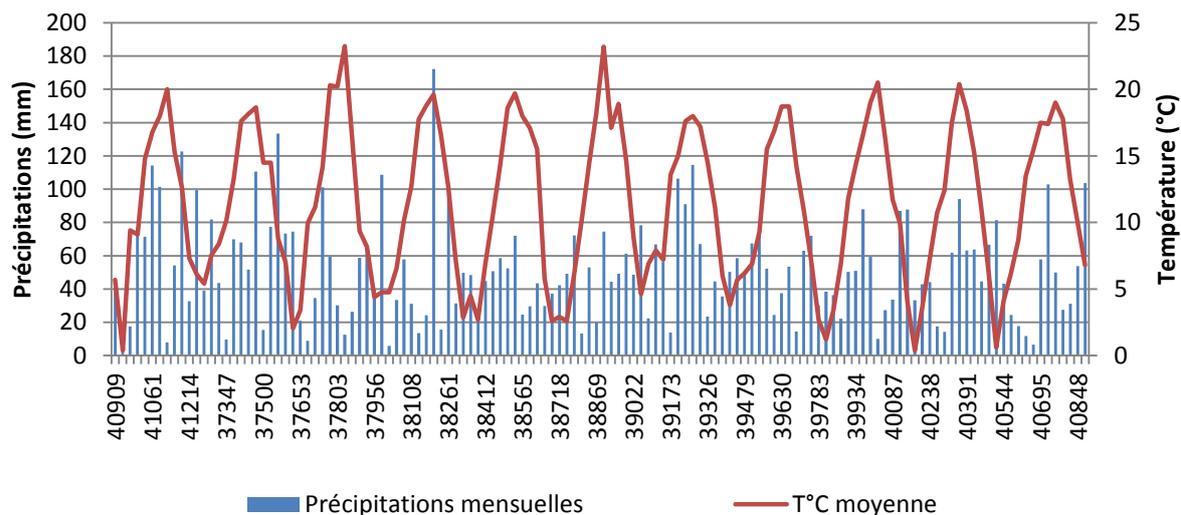


Figure 1 : Variation de la pluviométrie et des températures sur 10 ans (Source: station de Bricy)

Depuis 2002, les années les plus sèches sont celles de 2003, 2005 et 2011. A l'inverse, 2002, 2007 et 2012 sont les années les plus pluvieuses des 10 dernières années.

Tableau 1 : Cumul des précipitations par an (Source: station de Bricy)

Année	Cumul des précipitations
2002	773,3
2003	531,9
2004	645,1
2005	514,9
2006	605,8
2007	692,2
2008	596,2
2009	591,1
2010	627,3
2011	530,5
2012	751,2

Les précipitations sont réparties de manière équitable tout au long de l'année, avec une légère pointe en juin et juillet puis entre octobre et décembre.

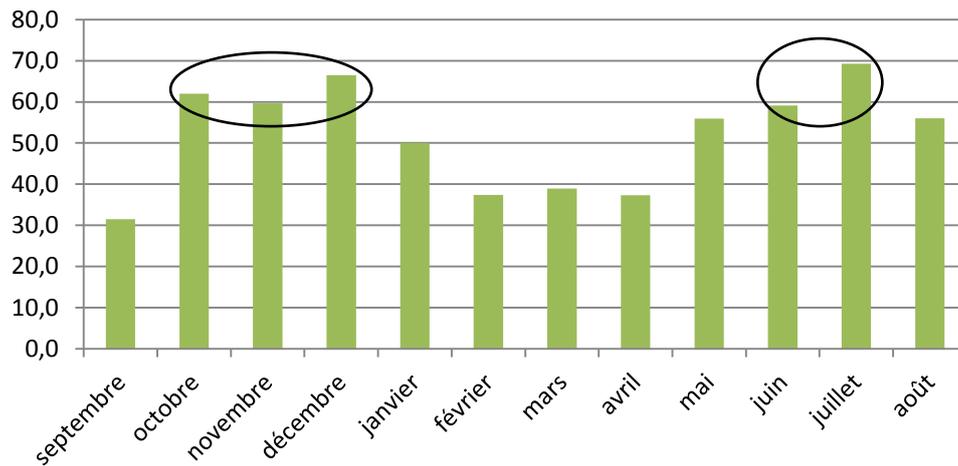
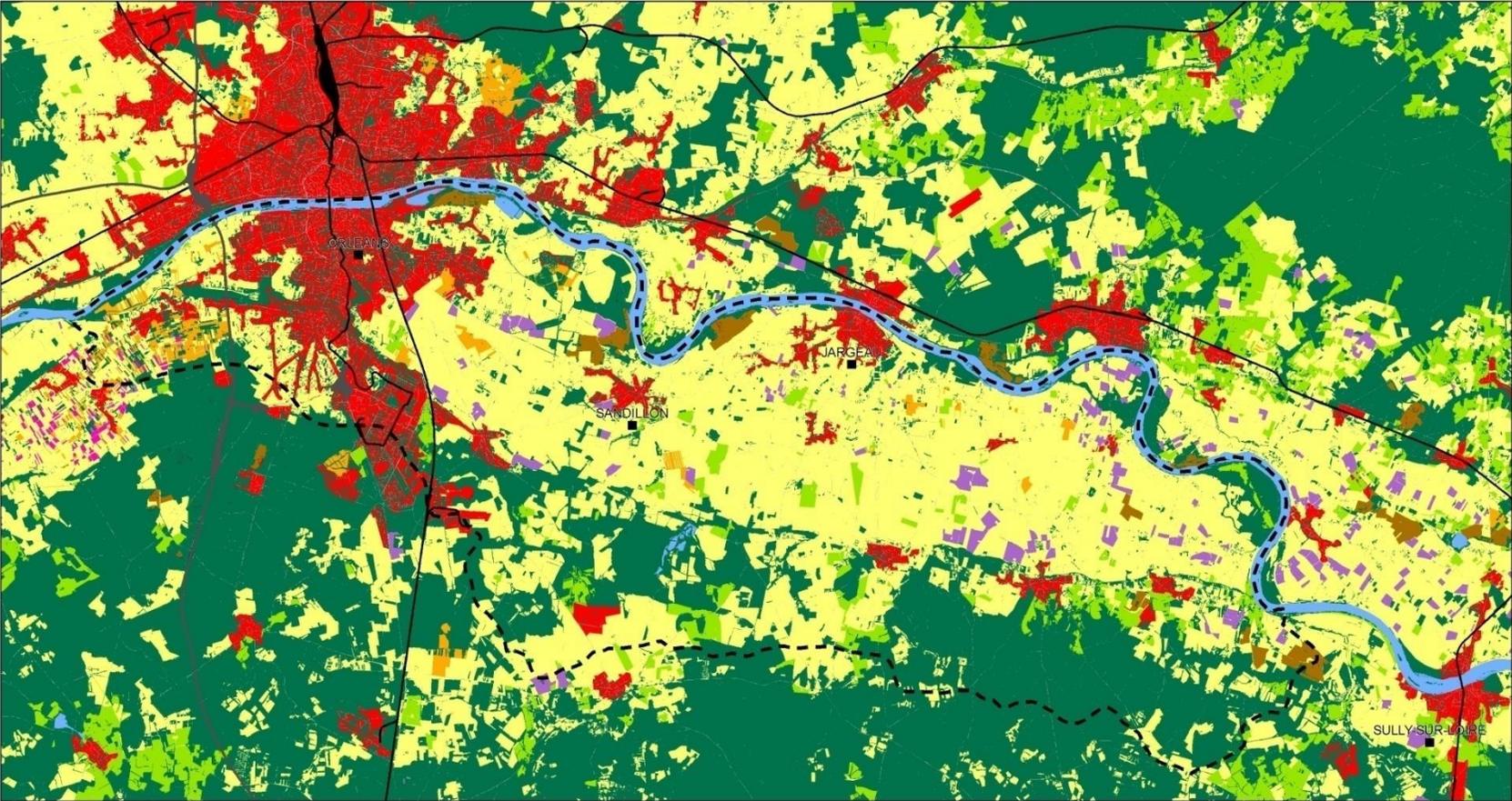


Figure 2 : Précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (source: station de Bricy)

D) OCCUPATION DU SOL

Une grande partie du SAGE est occupée par des terres agricoles. Les parcelles agricoles accueillent à la fois des grandes cultures, du maraîchage, de l'horticulture et de l'arboriculture. L'élevage est très peu présent sur le SAGE. La limite sud du SAGE est bordée de bois et forêts en particulier au sud-est sur les côteaux de Sologne. L'ouest du SAGE est le secteur le plus urbanisé avec l'agglomération Orléanaise. Les autres secteurs urbanisés se répartissent à proximité de la Loire (Jargeau et Sandillon) et le long du Dhuy (Vienne-en-Val, Tigy et Neuvy-en-Sullias). Plusieurs carrières sont également présentes sur le territoire, toutes en bord de Loire.

Occupation du sol du SAGE Loiret



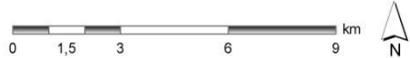
Périmètre du SAGE
 Villes principales (centroïde de la commune)

Occupation du sol

- Zones bâties - urbaine
- Parcelles cultivées
- Parcelles horticoles ou maraîchères
- Parcelles en prairies
- Vergers

- Vignes
- Ensembles boisés
- Carrières en exploitation
- Routes principales
- Routes secondaires

- Chemins de fer
- Hydrographie



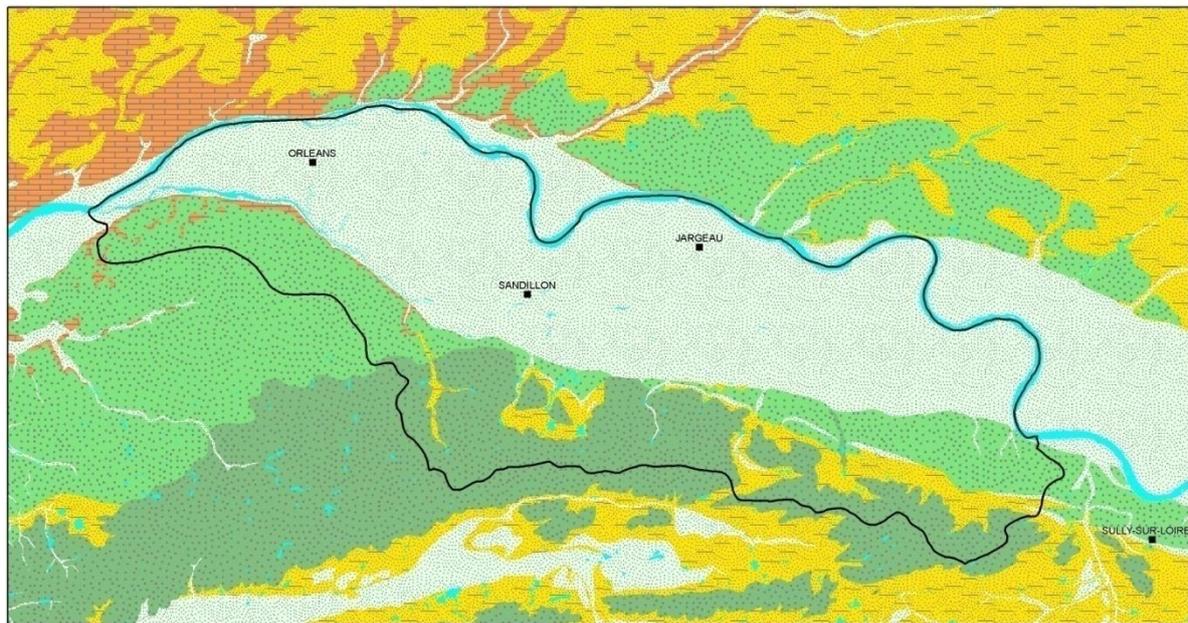
Sources : Gest'Eau, IGN BD Carto, IGN BD TOPO, SOeS - Corine Land Cover 2006, Agreste - RPG

E) GEOLOGIE

Le périmètre du SAGE se situe au sein des formations géologiques du Bassin Parisien. Il s'agit d'une cuvette de sédimentation régulière entre l'ère Secondaire et le début de l'ère Tertiaire. Entre le Miocène (III^{aire}) et le Pleistocène (IV^{aire}), la Loire, qui traverse ce bassin, a déposé d'importantes quantités de graviers, sables et argiles.

Les formations géologiques retrouvées sur le SAGE sont des formations continentales de l'ère Quaternaire et Tertiaire qui reposent sur un substratum du Crétacé (II^{aire}). Les formations du Quaternaire correspondent aux alluvions de la Loire et les formations de l'ère Tertiaire correspondent, notamment aux Sables et Argiles de Sologne et aux Calcaires de Beauce.

Formations géologiques du SAGE Loiret



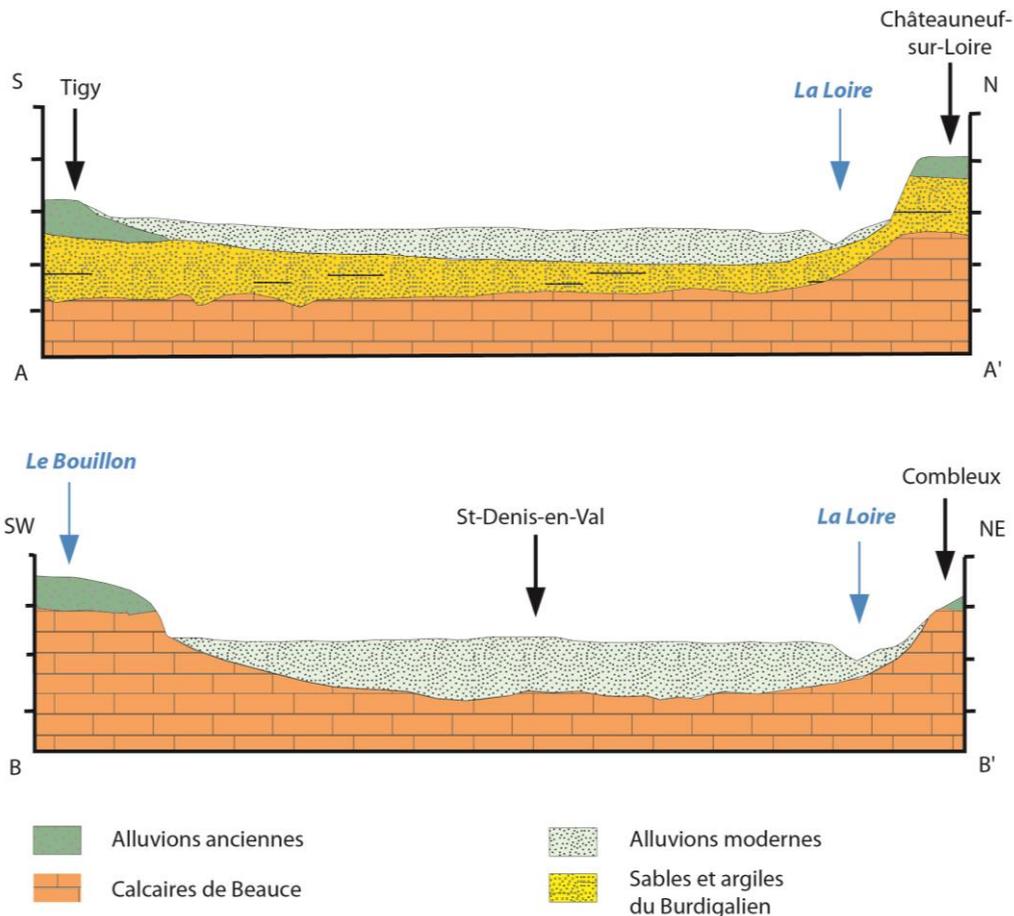
- Périmètre du SAGE
- Villes principales (centroïde de la commune)

Sources : Gest'Eau, BRGM, IGN BD Cartho

Formations géologiques

- Alluvions modernes et alluvions holocènes;
- Alluvions anciennes de la terrasse de Châteauneuf et Tigy
- Alluvions anciennes du Quaternaire
- Sables, marnes du Burdigalien
- Calcaires de Beauce, marnes de l'Aquitainien
- Hydro





Sur le secteur du SAGE Val Dhuy Loiret, Les formations du Quaternaire sont les suivantes :

- Alluvions modernes de la Loire et de l'Holocène
- Alluvions anciennes de la terrasse de Tigy et de Chateauneuf
- Alluvions anciennes du Quaternaire

Les **alluvions de la Loire** modernes sont constituées de sables et sablons fins et de graviers. Les alluvions anciennes sont également constituées de sables et graviers comprenant une variation granulométrique plus importante. Dans ces couches d'alluvions, on retrouve dans la partie supérieure des successions plus argileuses et des marques de transport par la glace (blocs siliceux de silex de la Craie et poudingue de l'Eocène). L'épaisseur des alluvions du SAGE ne dépasse pas 10 m.

Les **formations du Burdigalien** (marnes et sables de l'Orléanais, sables et argiles de Sologne) sont constituées d'un mélange de différents sables et argiles. La stratification est lenticulaire avec des lentilles d'argile imperméables. Cette dernière couche de sables et d'argiles est peu épaisse et discontinue sur le périmètre du SAGE. A l'est de Sandillon, les alluvions reposent sur ces sables et argiles de Sologne du Burdigalien tandis qu'à l'ouest, les alluvions reposent directement sur le calcaire de Beauce.

Enfin, les **formations de Beauce** de l'Aquitainen sont des calcaires lacustres avec des lentilles de marnes. Il s'agit d'une formation pouvant atteindre 75 m d'épaisseur La succession de couches géologiques que l'on retrouve le plus souvent au niveau du SAGE est la suivante :

- Marnes de Blamont
- Calcaires de Pithiviers
- Molasse du Gâtiniais, calcaires de Bechères
- Calcaires d'Etampes

La lithostratigraphie sur le SAGE est donc relativement simple : alluvions du Quaternaire surmontant des formations du Tertiaire constituées de sables et d'argiles (formation de Sologne du Burdigalien) et de calcaires (formation des calcaires de Beauce). Par ailleurs, la couche des sables et argiles du Burdigalien se biseaute vers le Nord et l'Ouest.

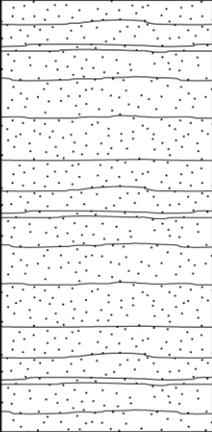
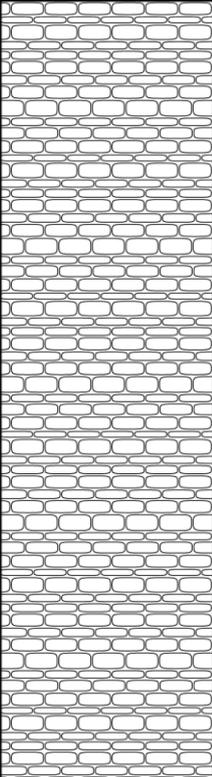
PERIODES Etages	Lithostratigraphies	Formations Epaisseur	Granulométries Constitutions	Caractéristiques
QUATERNAIRE		Fz : Alluvions modernes de la Loire Epaisseur variable de 1 à 6 m	Sables fins, limons, graviers, galets. Roches silicieuses issues de la désagrégation des roches granitiques et métamorphiques du Massif Central.	Alluvions actuelles et subactuelles qui occupent le lit mineur de la Loire et les zones inondables du lit majeur:
Holocène		Fy : Alluvions récentes Epaisseur variable de 4 à 12 m		Elles forment dans le lit majeur de la Loire des buttes insubmersibles appelées "montilles".
TERTIAIRE Aquitaniens		g 3 : Calcaire de Beauce Epaisseur irrégulière et imprécise: environ 60 m sous le Val	Calcaires d'origine lacustres inscrutés de lentilles de marnes et des passées meulieuri-sées.	Cette formation est le siège de phénomènes karstiques importants, qui créent, à la surface du sol des dépressions (gouffres). La source du Bouillon et de la Pie sont l'expression du réseau karstique présent dans les calcaires.

Figure 3 : Log stratigraphique à l'Ouest de Sandillon

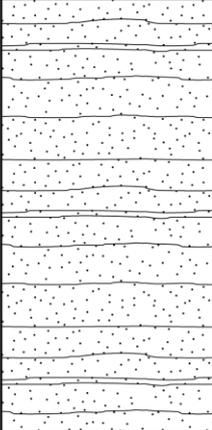
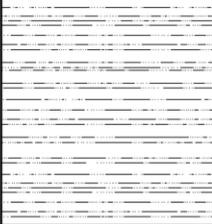
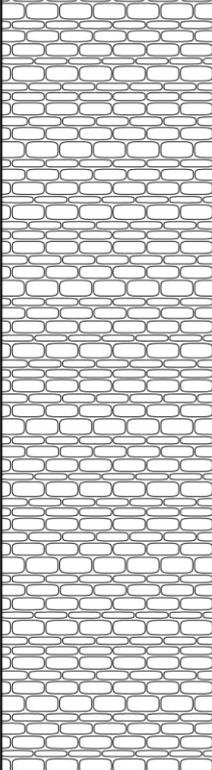
PERIODES Etages	Lithostratigraphies	Formations Epaisseur	Granulométries Constitutions	Caractéristiques
QUATERNAIRE		Fz : Alluvions modernes de la Loire Epaisseur variable de 1 à 6 m	Sables fins, limons, graviers, galets. Roches silicieuses issues de la désagrégation des roches granitiques et métamorphiques du Massif Central.	Alluvions actuelles et subactuelles qui occupent le lit mineur de la Loire et les zones inondables du lit majeur
Holocène		Fy : Alluvions récentes Epaisseur variable de 4 à 12 m		Elles forment dans le lit majeur de la Loire des buttes insubmersibles appelées "montilles".
TERTIAIRE Miocène (Burdigalien)		m1: Mélange de sable et d'argile	Sable souvent grossier, on y retrouve du quartz et feldspaths. On trouve parfois du graviers à l'état dispersé.	Présence de stratifications lenticulaires dans lesquelles des lentilles d'argiles sont fréquentes (marnes de l'Orléanais). Ce dépôt détritique fluvial a commencé au Burdigalien et s'est vraisemblablement poursuivi à l'Helvétien.
TERTIAIRE Aquitanien		g 3 : Calcaire de Beauce Epaisseur irrégulière et imprécise: environ 60 m sous le Val	Calcaire d'origine lacustre inscruté de lentilles de marnes et des passées meulieuri-sées	Cette formation est le siège de phénomènes karstiques importants, qui créent, à la surface du sol des dépressions (gouffres). La source du Bouillon et de la Pie sont l'expression du réseau karstique présent dans les calcaires.

Figure 4 : Log stratigraphique à l'Est de Tigy

A) PEDOLOGIE

LE CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Val (Référentiel pédologique du Loiret A Richer de Forges INRA)

Dans le val les sols se sont en totalité formés dans les alluvions de la Loire. Ces alluvions ont une origine lointaine puisqu'elles proviennent du massif central.

Le lit de la Loire est encombré d'îles plus ou moins stables et de bancs de sable apparaissant en période d'étiage. Entre ces amas alluviaux que le fleuve remanie lors des crues, des chenaux forment des fosses allongées séparées par des seuils.

Le val de Loire forme un vaste croissant qui s'étire du sud-est au sud-ouest du département. Il est large d'une dizaine de kilomètre aux environs de Jargeau, il se resserre nettement aux deux extrémités du département.

Le secteur d'étude est situé dans la partie la plus large.

Ce val plat est dominé au Nord et au sud par les terrasses anciennes. Le talus de raccordement est nettement visible.

La plaine alluviale forme le lit majeur. Le relief y est modéré mais on peut néanmoins y observer de petit monticule généralement construit. Elle est légèrement bombée en son centre. Ce bombement est découpé en « Montilles » par un réseau plus ou moins diffus et anastomosé de chenaux qu'empruntaient les crues exceptionnelles.

Ces bourrelets dominant de deux à trois mètres deux dépressions longitudinales et latérales. La Loire occupe la dépression Nord. L'autre au sud collecte les ruisseaux venus de Sologne et les achemine vers le Loiret par l'intermédiaire du Dhuy.

Le lit majeur de la Loire est inondable mais peu inondé grâce au système de levées. Les dépressions du val ne sont presque jamais marécageuses.

Les sols des terrasses

Au sud les sols se sont développés sur les anciennes alluvions de la Loire. Le Lit de la Loire s'est approfondi et a laissé ses dépôts anciens sur les terrasses ainsi formées. Les sols présents y sont plus évolués.

Du nord au sud s'étendent :

- la terrasse d'Olivet (sols sableux non hydromorphe)
- la terrasse de Maison fort (sols sableux à sablo limoneux acide non hydromorphe)
- La terrasse de Maison fort Hydromorphe
- La terrasse de Marcilly en Villette (sol sablo-limoneux ou limono-sableux hydromorphes).

LES FORMATIONS GEOLOGIQUES

Sur le Val les matériaux parentaux des sols sont constitués par trois types d'alluvions.

Les alluvions actuelles se trouvent dans les secteurs soumis actuellement aux crues entre la Loire et la levée principale. Elles sont constituées de sables fins clairs, jamais grossiers.

Les alluvions modernes présentent une granulométrie variant du sable fin aux galets. Elles sont siliceuses. Le sable et les graviers sont essentiellement constitué de quartz (en moyenne 90%) et de feldspaths. Les galets (peu visible en surface) sont surtout des silex, du quartz.

Les alluvions holocènes présentent la même composition et la même granulométrie que les alluvions modernes. Les alluvions holocènes forment les « montilles » du val. A l'inverse des alluvions modernes, les alluvions holocènes ont évolué superficiellement en sols alluviaux plus ou moins lessivés. Elles représentent la plus grande masse de ces dépôts. A la base, ce sont des matériaux graveleux (le « jars » ou « jarre » composés de grosses pierres ou de cailloux ou graviers roulés). Dans la partie centrale des matériaux plus ou moins lourds ont été entraînés dans les cailloutis les rendant moins perméables

Ces dépôts alluviaux reposent sur les formations des calcaires de Beauce. L'épaisseur de l'ensemble de ces dépôts varie en général de 5 à 10 mètres. Il est fort vraisemblable que toutes ces alluvions ne soit pas toutes holocènes ou modernes, mais que leur base soit Wurmiennne. La surface entre ces deux formations est irrégulière. Les alluvions forment des remplissages de poches qui pénètrent sur plusieurs mètres de profondeur. En outre, des dissolutions encore actives entraînent des effondrements.

Les systèmes des terrasses de Loire. (Référentiel pédologique du Loiret A Richer de Forges INRA)

Les alluvions quaternaires de la Loire s'étalent largement de part et d'autre du val moderne. Elles forment un système de terrasses emboîtées, créé par alluvionnement et surcreusements successifs. Ces terrasses sont d'autant plus anciennes que l'on s'éloigne du fleuve. Les terrasses se distinguent du val par leur altitude, leur matériel plus grossier et par leur sécheresse. Les surfaces de ces terrasses se caractérisent par un modelé remarquablement plan (plateau de Marcilly). Des empreintes périglaciaires telles que des fentes en coin en réseau polygonal sont fréquemment observées.

Ces matériaux comportent des apports lointains, longitudinaux, principalement de silex, de quartz, et de roches cristallines en provenance du Massif central. Mais ils présentent également des apports latéraux qui proviennent en particulier des formations de Sologne et de l'Orléanais. Le calcaire est absent de ces formations siliceuses. Leur granulométrie est le plus souvent à dominante sableuse, comportant de nombreux lits horizontaux de galets.

LA CARTOGRAPHIE DES SOLS DE LA ZONE D'ETUDE

Nous avons synthétisé plusieurs sources de données plus ou moins précises, et réalisé une synthèse à une échelle proche du 1/50 000 dans certains secteurs et proche du 1/ 75 000 dans d'autres principalement sous forêt. Un retour terrain a été effectué sur les zones faiblement référencées.

Dans l'ordre de précision nous avons utilisé :

- Des études diverses de plan d'épandage, de suivi d'épandage.
- la carte de « l'étude pédologique préalable à l'irrigation en val de Loire » réalisée en 1963 (Bretremieux et Gobillot). Cette étude s'étend sur les communes de Jargeau, Darvoy, Férolles et Sandillon. Elle concerne la totalité du val en son centre. La précision est d'un sondage pour 3 hectares environ.

- Pour la partie ouest et les terrasses de Sologne nous avons réutilisé la carte au 1/50 000 des terres agricoles de la Ferté st Aubin (INRA 1982) et celle de Châteauneuf sur Loire (Organisation et environnement 1984) en redécoupant plus finement les unités cartographiques. Un retour sur le terrain a été nécessaire.

GÉNÉRALITÉ SUR LES SOLS

Les sols de notre secteur ne sont pas calcaires. Ils sont le plus souvent peu acides à neutre, sauf dans les sols très sableux si ceux-ci ne sont pas régulièrement chaulés et sur les terrasses.

Sur le val se sont tous des sols peu évolués, à fraction sableuse importante, parfois légèrement lessivés sur les " Montilles ".

Le mode de dépôts par alternance de crue et de décrues a engendré une diversité importante de dépôts qui se traduit par des successions variables d'horizons différents, verticalement au sein des profils et latéralement à l'intérieur des parcelles. En particulier la granulométrie est extrêmement variée et sa répartition, tant horizontale que verticale, est très complexe. Ceci provoque une forte hétérogénéité intra parcellaire. En profondeur ou dès la surface on observe des horizons plus argileux voire franchement argileux qui limitent la circulation de l'eau en profondeur. La topographie plane et les difficultés d'écoulement naturel des eaux font que les problèmes d'excès d'eau peuvent être fréquents.

Sur les terrasses les sols sont plus anciens et ont pu subir plusieurs pédogénèses.

La texture est très variable bien que la fraction sableuse soit dominante. Elle va des sables profonds sains des bords de Loire et de la terrasse d'Olivet à l'Ouest, en passant par sols limono sableux de la terrasse de Marcilly et les sols limono sablo argileux de l'est du val, jusqu'au sols très argileux des alluvion modernes des bord du Dhuy et autres ruisseaux.

Afin d'être homogène avec l'étude du BAC nous avons utilisé la même typologie de sol, bien que les sols du val soient en général des sols peu évolués (fluviossol) et ceux des terrasses des sols à tendance planosoliques.

Notre découpage cartographique est donc basé sur la succession des textures dans le profil, la présence d'une hydromorphie nulle, moyenne ou forte et la présence de galets ou cailloux. Elle reprend en partie l'étude Betremieux et Gobillot de 1963.

Dans cette étude, 135 types de sols ont été relevés. Il est donc illusoire de vouloir les décrire tous ici.

Ils ont été classés en 7 groupes d'après la texture des horizons supérieurs

- I sols très sableux
- II Sols sableux
- III Sols sablo-limoneux
- IV sols sablo-argileux
- V Sols Limono-sableux
- VI Sols limono-argileux, Limono-argilo-sableux, Limono-sablo-argileux
- VII Sols argilo-sableux
- VIII Sols argilo-sableux lourds, argilo-limoneux et argileux

Dans chacun de ces groupes, ils sont répartis en sous-groupes suivant la classe de teneur en argile des horizons caractéristiques du sous-sol et l'importance de l'hydromorphie lorsqu'elle existe.

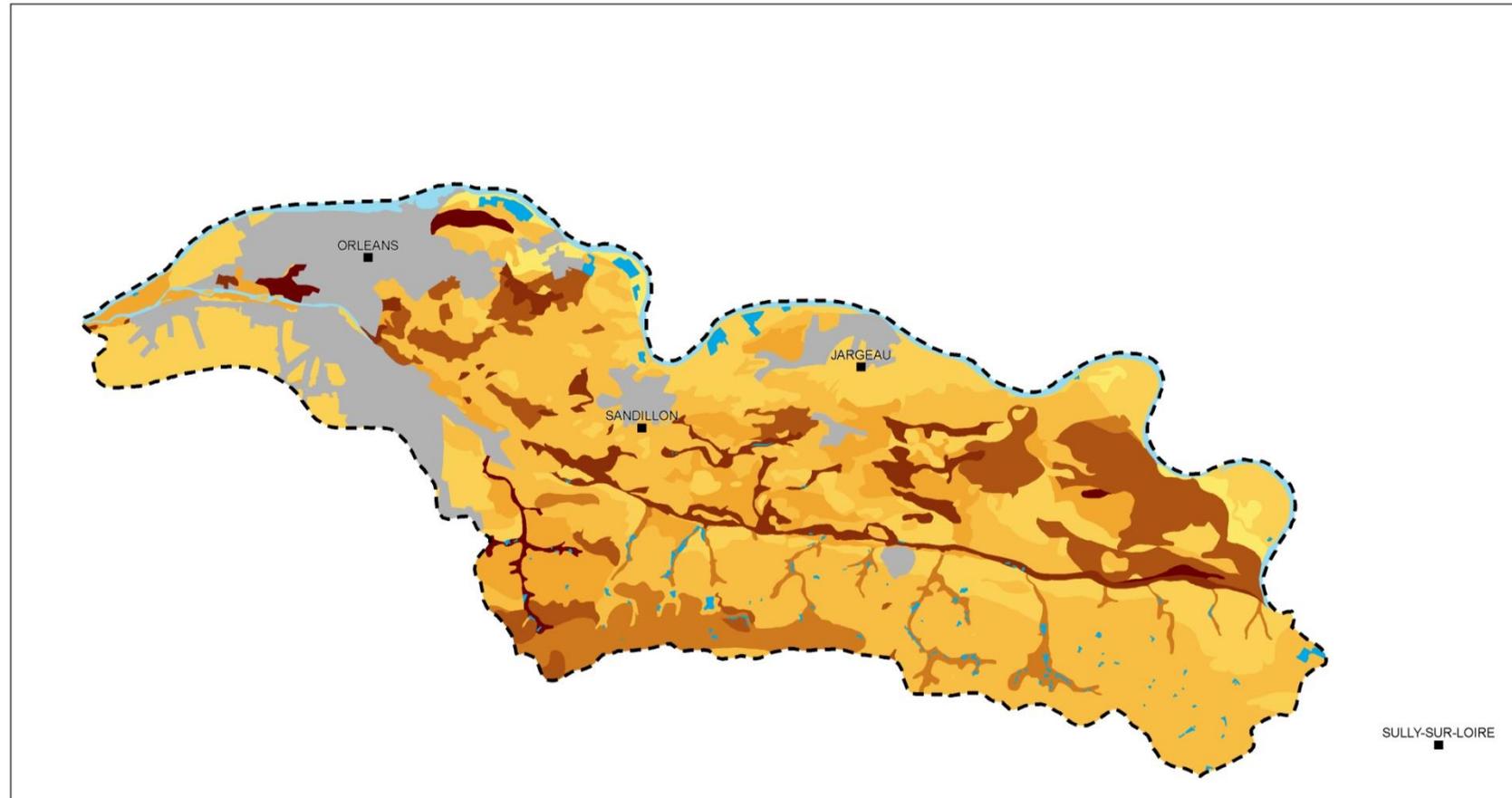
- A Sous-sol sableux et très sableux
- B Sous-sol sablo-argileux et sablo-limoneux

- C Sous-sol argilo-sableux et limono-argileux
- D Sous-sol argilo-sableux lourds et argilo-limoneux
- E Sous-sol argileux

Une note d'hydromorphie est rajoutée

- Rien sain ou légèrement hydromorphe
- h moyennement hydromorphe
- H fortement hydromorphe

Textures de surface des sols du SAGE Val Dhuy Loiret



- Périmètre du SAGE
- Villes principales (centroïde de la commune)
- Zone urbaine
- Cours d'eau
- Plan d'eau

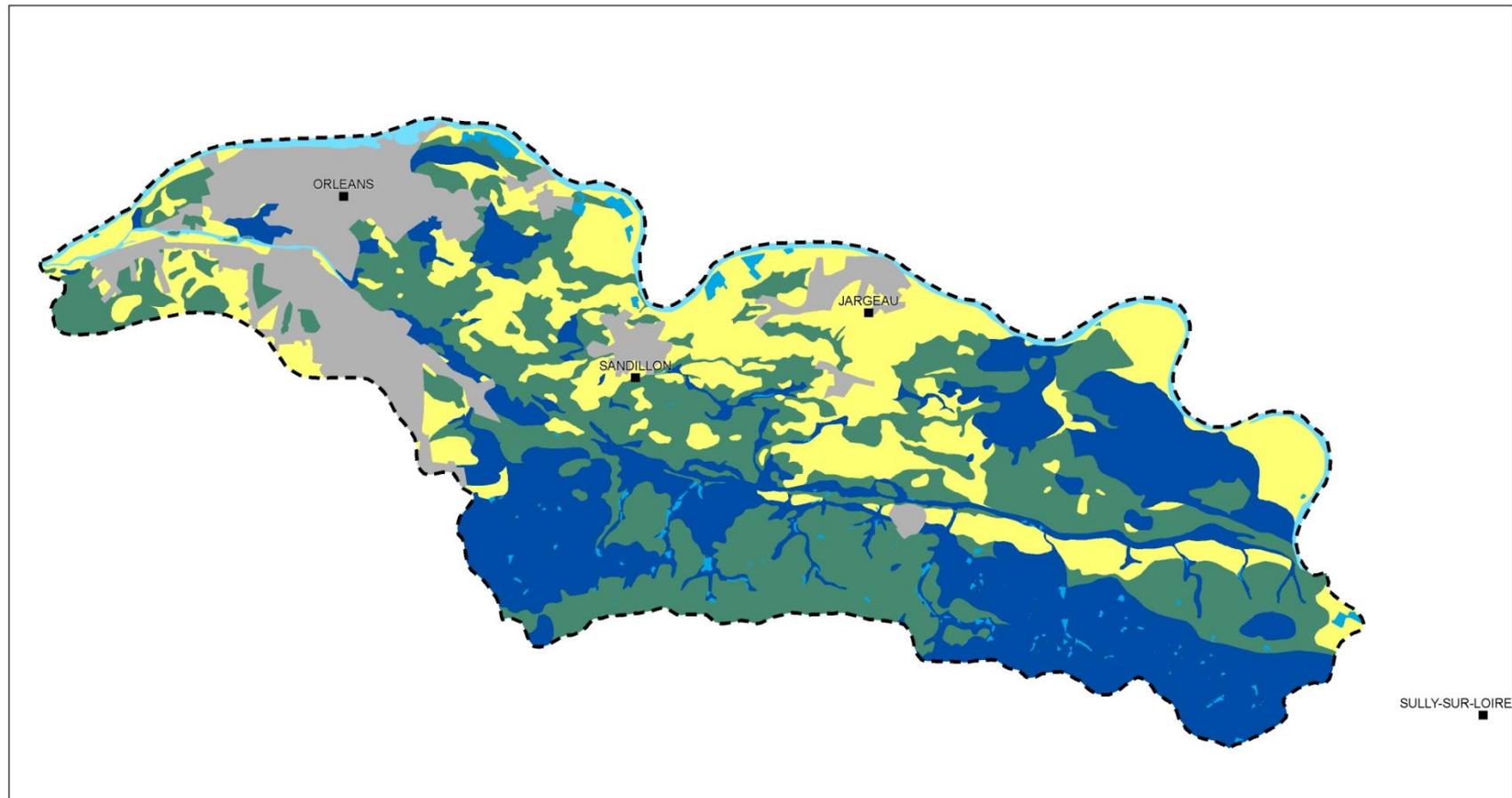
Texture de surface

- | | |
|---------------------------|---|
| Sols très sableux : I | Sols limono-sableux : V |
| Sols sableux : II | Sols limono-argileux, limono-argilo-sableux, limono-sablo-argileux : VI |
| Sols sablo-limoneux : III | Sols argilo-sableux : VII |
| Sols sablo-argileux : IV | Sols argilo-sableux lourds, argilo-limoneux, argileux : VIII |



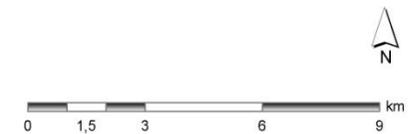
Sources : Chambre d'Agriculture du Loiret (2013)

Degré d'hydromorphie des sols du SAGE Val Dhuy Loiret



- | | |
|--|---|
|  Périimètre du SAGE | Texture de surface |
|  Villes principales (centroïde de la commune) |  Hydromorphie nulle à faible |
|  Zone urbaine |  Hydromorphie moyenne |
|  Cours d'eau |  Hydromorphie forte |
|  Plan d'eau | |

Sources : Chambre d'Agriculture du Loiret (2013)



L'hydromorphie est conditionnée par la présence de niveau argileux à profondeur variable.

Ce niveau arrive progressivement dans les sols du val. Il y a une relation positive entre le taux d'argile de surface et la proximité de niveau plus argileux peu perméable proche.

Sur les terrasse ces niveau peu perméables arrivent souvent brusquement et parfois par un niveau de gravier se situe entre les niveaux perméables de surfaces et ceux imperméables situés ver 50 60 cm de profondeur.

Il est difficile de représenter graphiquement ces différents types de sol. C'est pour cela que nous les représenterons par deux cartes une carte des textures de surface, une de l'hydromorphie.

Les vulnérabilités des sols à l'infiltration et au ruissellement ont été élaborées à partir de ces descriptions.

B) HYDROGEOLOGIE

Les deux aquifères principaux qui se superposent au niveau du SAGE sont: l'aquifère alluvial et l'aquifère des calcaires de Beauce.

La nappe des **alluvions de la Loire** est libre à semi-captive en raison de la présence de sables et d'argiles dans la partie supérieure des alluvions. Par son caractère libre, la nappe des alluvions de la Loire est relativement vulnérable aux pollutions superficielles.

La nappe des **calcaires de Beauce** est captive à semi-captive en fonction de la présence plus ou moins importante de couches superficielles imperméables (et en particulier de la présence de la formation du Burdigalien). Cette nappe est formée de calcaires lacustres, c'est-à-dire issus d'un dépôt de sédiments en eaux douces. L'épaisseur des dépôts lacustres se réduit d'Ouest en Est sur le périmètre du SAGE. Actuellement, on retrouve une succession de bancs calcaires et marneux au sein de la nappe de Beauce ce qui crée plusieurs unités aquifères. Une des caractéristiques majeures de la nappe de Beauce est son caractère fortement fracturé et l'importante karstification des calcaires à l'approche de la Loire. La présence de zones d'infiltration préférentielles (gouffres, pertes) et la karstification des calcaires rendent cette nappe vulnérable aux pollutions. Par ailleurs, en l'absence de la formation du Burdigalien, il n'est pas exclu que des communications par drainance aient lieu entre les eaux des nappes des alluvions de la Loire et des calcaires de Beauce.

Ces deux nappes sont utilisées pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et quelques prélèvements industriels.

LES USAGES DE L'EAU SUR LE SAGE

Le bilan suivant sur les usages de l'eau sur le SAGE Val Dhuy Loiret a été réalisé à partir des données redevances de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. A noter que les données les plus récentes datent de 2011.

A) PRELEVEMENTS POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

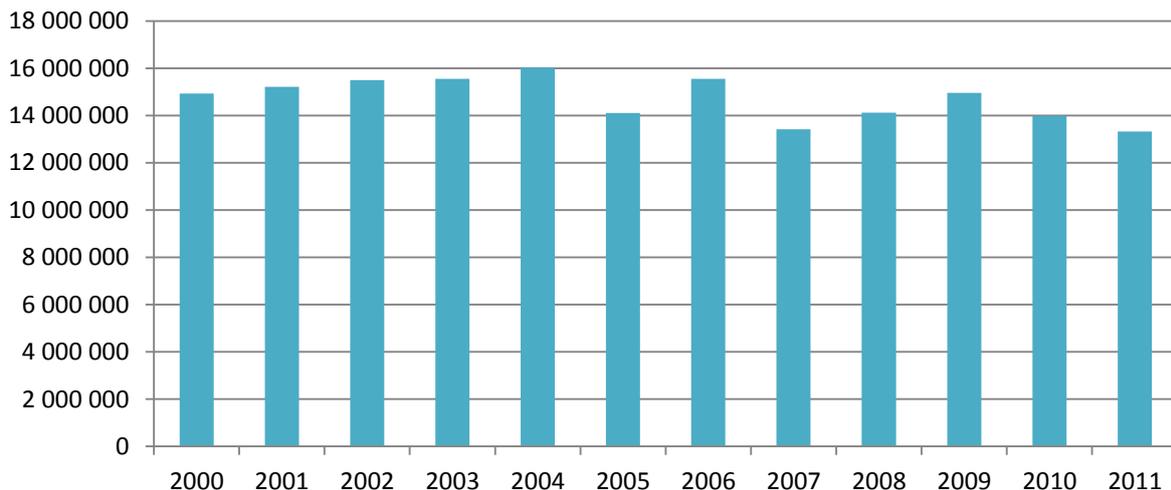


Figure 5 : Prélèvements annuels pour l'AEP de 2000 à 2011 (source : AELB)

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable varient peu entre 2000 et 2011 et sont de l'ordre de 14,7 Mm³/an.

Les prélèvements sont tous effectués en nappe en dehors du Service des eaux de Sully-sur-Loire qui possède une prise d'eau sur cours d'eau naturel (Loire).

B) PRELEVEMENTS POUR L'IRRIGATION

L'irrigation est importante sur le territoire du SAGE. L'Agence de l'Eau Loire Bretagne recense 546 compteurs sur le territoire du SAGE. Ces prélèvements sont soumis à redevance.

Au regard des prélèvements moyens effectués entre 2000 et 2013, on constate que la majorité des prélèvements sont réalisés en nappe. Seuls 0,1 % ont été prélevés sur les cours d'eau du SAGE. Sur la période 2000-2011, les prélèvements ont variés de 6,2 Mm³ à 12,7 Mm³. Les prélèvements moyens annuels sont de 9,3 Mm³ sur cette période. On n'observe pas de tendance particulière, l'irrigation étant ici corrélée aux conditions pédoclimatiques de chaque année.

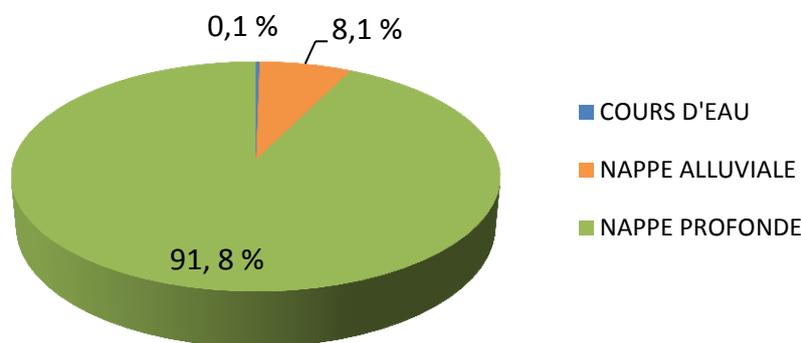


Figure 6 : Répartition des prélèvements pour l'irrigation de 2011 par type de ressource (source: AELB)

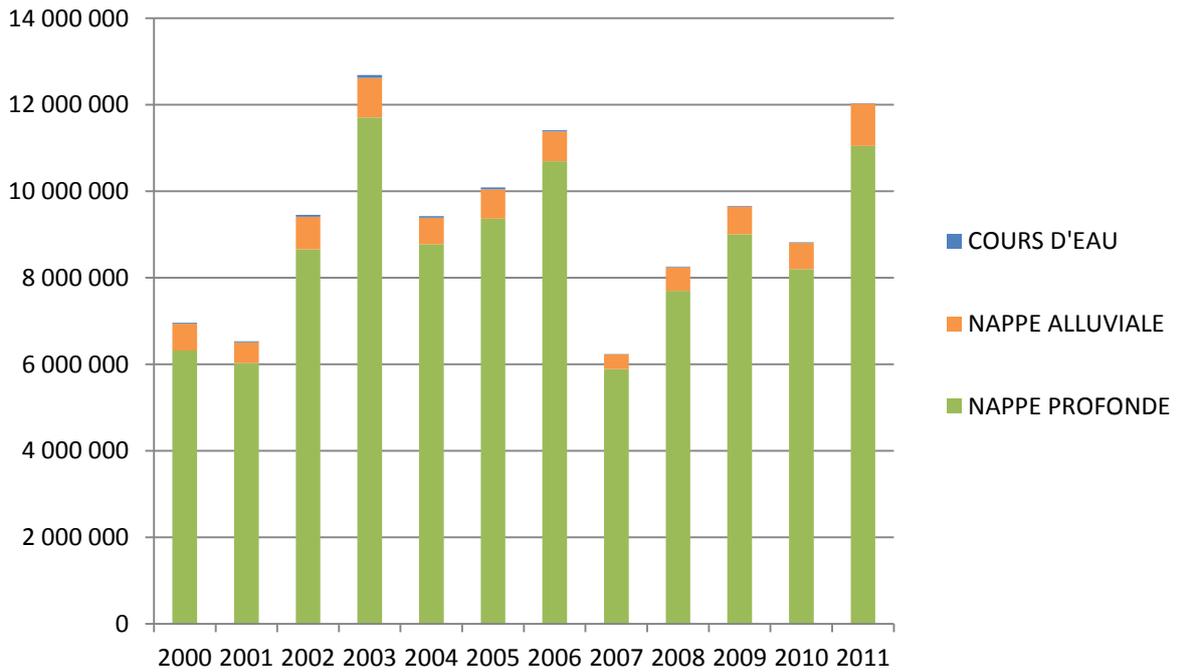


Figure 7 : Prélèvements annuels pour l'irrigation de 2000 à 2011 (source : AELB)

Ces prélèvements pour l'irrigation se concentrent sur 5 mois de l'année et sont réalisés de manière prépondérante en période d'été. Les données redevances sont disponibles par an et ne permettent pas d'évaluer les volumes prélevés par mois.

C) PRELEVEMENTS INDUSTRIELS

Sur le périmètre du SAGE, 11 entreprises sont redevables de l'AELB en tant que préleveurs. Les prélèvements annuels moyens sont de 0,9 Mm³ sur la période 2000-2011. Les prélèvements industriels ont diminué jusqu'en 2003 puis augmenté de 2003 à 2007 pour se stabiliser autour de 1,2 Mm³/an. Ces variations s'expliquent au regard des variations de prélèvements de l'entreprise de Morillon Corvol.

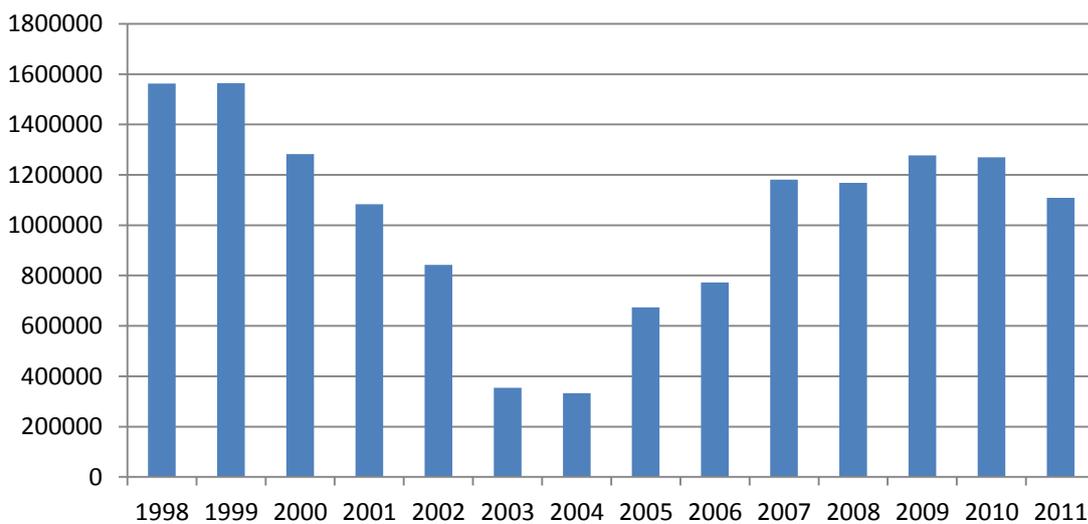


Figure 8 : Evolution des prélèvements industriels entre 2000 à 2011 (source : AELB)

La grande majorité des prélèvements est réalisée en nappe profonde. 4% des prélèvements sont effectués sur les cours d'eau du SAGE dont une partie est prélevée sur la Loire par l'entreprise CEMEX granulats et le reste au niveau du Loiret par le Parc Floral de la Source.

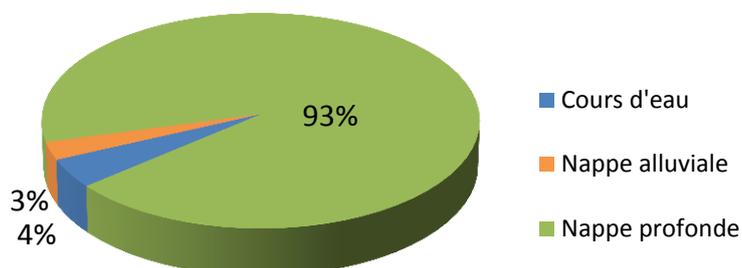


Figure 9 : Répartition des prélèvements par type de ressource, données de 2011 (source: AELB)

Au regard des autres types de prélèvements (AEP et irrigation), les prélèvements pour l'industrie sont peu importants.

D) BILAN DES USAGES DE L'EAU DES COURS D'EAU DU SAGE

Sur le SAGE, la quasi-totalité des prélèvements sont réalisés en nappe profonde, seul 1 % des prélèvements sont réalisés sur les cours d'eau. En nappe profonde, les volumes prélevés pour l'AEP et l'irrigation sont du même ordre de grandeur (respectivement 12,9 Mm³ et 11 Mm³). Par ailleurs, il semble intéressant de signaler que l'année 2011 fait partie des années les plus sèches sur ces 10 dernières années avec 530 mm de précipitations sur l'année. En année pluvieuse, la part des volumes prélevés par rapport à l'irrigation est plus importante.

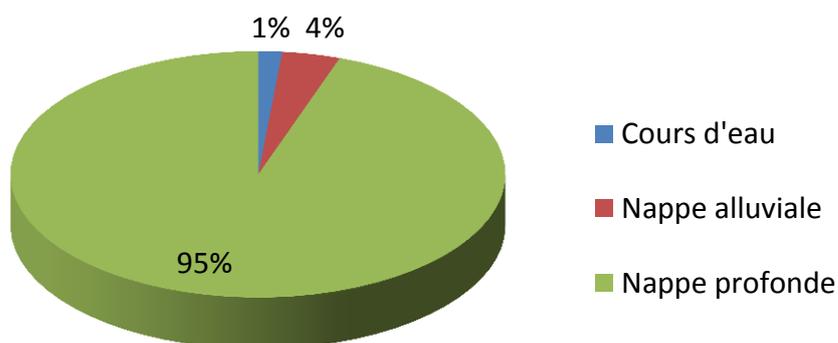


Figure 10 : Répartition des prélèvements par origine de la ressource, données de 2011 (source: AELB)

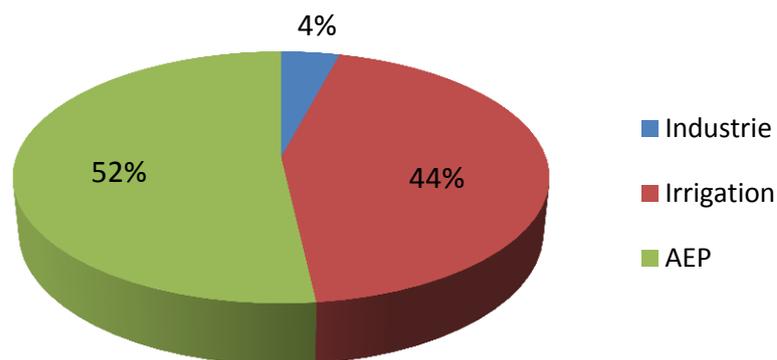


Figure 11 : Répartition des prélèvements en nappe profonde, données de 2011 (source: AELB)

En 2011, les prélèvements totaux effectués en rivière s'élevaient à 0,4 Mm³. A noter qu'il n'était pas possible de distinguer pour chaque point de prélèvement en rivière l'origine exacte de l'eau (il peut s'agir de la masse d'eau du Loiret, du Dhuy ou de la Loire). En ce qui concerne les prélèvements en rivière, la majorité sont réalisés pour l'AEP et notamment pour la commune de Sully-sur-Loire, (0,35 Mm³ prélevés en 2011). Cette même année, les industries ont prélevés 48 000 m³ d'eau (Parc Floral de la Source et l'entreprise CEMEX Granulats). Les prélèvements en rivière pour l'irrigation ont représenté 9 800 m³ en 2011.

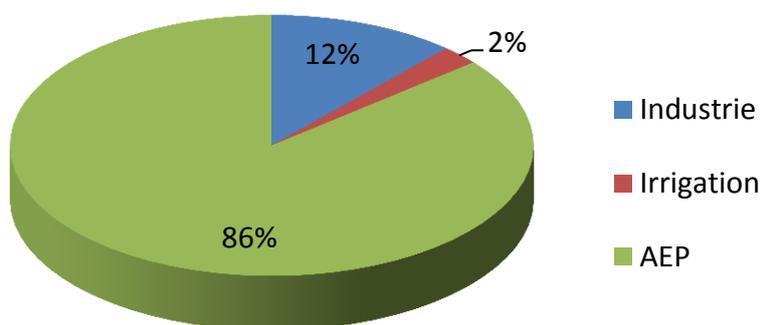


Figure 12 : Répartition des prélèvements en rivière de par usage, données de 2011 (source: AELB)

Il convient de rappeler que les prélèvements pour l'AEP et l'industrie restituent une part importante de l'eau utilisée dans le milieu naturel via les rejets d'assainissement (de l'ordre de 70 % à 80 %). En revanche, l'irrigation présente un taux de consommation plus élevé (de l'ordre de 50 %) dans la mesure où une partie de l'eau d'irrigation est perdue par évapotranspiration des cultures.

Au-delà de ces trois usages qui prélèvent des eaux du SAGE, il existe d'autres usages de l'eau dont notamment les usages de loisirs. Les usages de loisirs sont assez importants sur le Loiret.

La pêche est une des activités de loisirs assez présente sur le territoire et en particulier sur le Loiret. Il existe 3 associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques de pêche et 3 amicales de pêche sur le SAGE. Les activités de navigation de loisirs sont également présentes sur le SAGE. Il s'agit principalement de petites embarcations privées, d'avirons et de canoës-kayaks.

A) OBJECTIFS ET ETAT DES MASSES D'EAU DCE

MASSES D'EAUX SUPERFICIELLES

Les masses d'eau sont l'unité hydrographique d'évaluation de la qualité des eaux au sens de la Directive Cadre sur l'Eau (2000). Cette dernière impose d'atteindre le bon état pour l'ensemble des masses d'eau d'ici 2015. Le SAGE s'étend sur le bassin versant des 4 masses d'eau suivantes :

FRGR007b- LA LOIRE DEPUIS GIEN JUSQU'A SAINT-DENIS-EN-VAL,

FRGR007c – LA LOIRE DEPUIS SAINT-DENIS-EN-VAL JUSQU'A LA CONFLUENCE AVEC LE CHER,

FRGR0299 - LE LOIRET ET SES AFFLUENTS DEPUIS OLIVET JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LA LOIRE,

FRGR1140 - LA DHUY ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'A SA CONFLUENCE AVEC LE LOIRET.

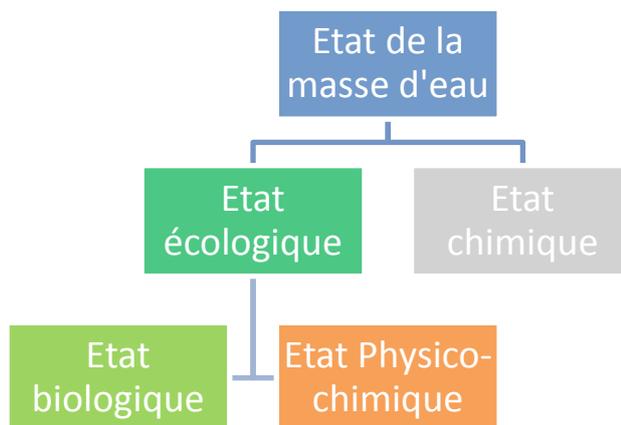
La Loire et le Dhuy sont des masses d'eau naturelles ; le Loiret est classé en masse d'eau fortement modifiée.

L'état d'une eau de surface se définit par :

L'état écologique qui correspond à la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Il agrège donc les principaux indices biologiques (IBGN, IBD et IPR) avec les éléments physico-chimiques structurants (bilan de l'oxygène, nutriments...) et les polluants spécifiques.

L'état chimique qui cible les 33 substances prioritaires et les 8 substances de l'annexe IX de la DCE, soit 41 molécules au total.

Une masse d'eau est dite en bon état DCE lorsque son état écologique et son état chimique sont qualifiés de Bon ou très bon.



Le SDAGE du bassin Loire-Bretagne a identifié trois des quatre masses d'eau du territoire en report d'objectif. Ces masses d'eau vont donc nécessiter un délai supplémentaire pour atteindre l'objectif de bon état. Le Dhuy est le cours d'eau le plus dégradé au sens de la Directive Européenne car un report d'objectif en 2027 est

demandé pour l'état écologique (macropolluants et morphologie) et chimique. Pour les deux masses d'eau en risque de non atteinte du bon état écologique en 2015 (Le Dhuy et La Loire de Saint-Denis-en-Val jusqu'à la confluence du Cher), les principales motivations du report sont la présence de conditions naturelles particulières associées à des coûts de travaux jugés disproportionnés dans le délai imparti. Le loiret ne bénéficie pas de report de délais vis-à-vis du bon état écologique qui est fixé à 2015 bien que l'objectif de bon état global soit fixé à 2027 en raison de l'état chimique. Seule la Loire de Gien à Saint-Denis-en-Val est considérée comme pouvant atteindre un bon état global en 2015.

Tableau 2 : Délai d'atteinte du bon état global, écologique et chimique

Code masse d'eau	Libellé masse d'eau	Objectif de bon état global	Objectif de bon état écologique	Objectif de bon état chimique
FRGR007B	La Loire depuis Gien jusqu'à St Denis-en-val	2015	2015	2015
FRGR007c	La Loire depuis St-Denis-en-val jusqu'à la confluence avec le Cher	2021	2021	2015
FRGR0299	Le Loiret et ses affluents depuis Olivet jusqu'à sa confluence avec la Loire	2027	2015	2027
FRGR1140	La Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret	2027	2027	2027

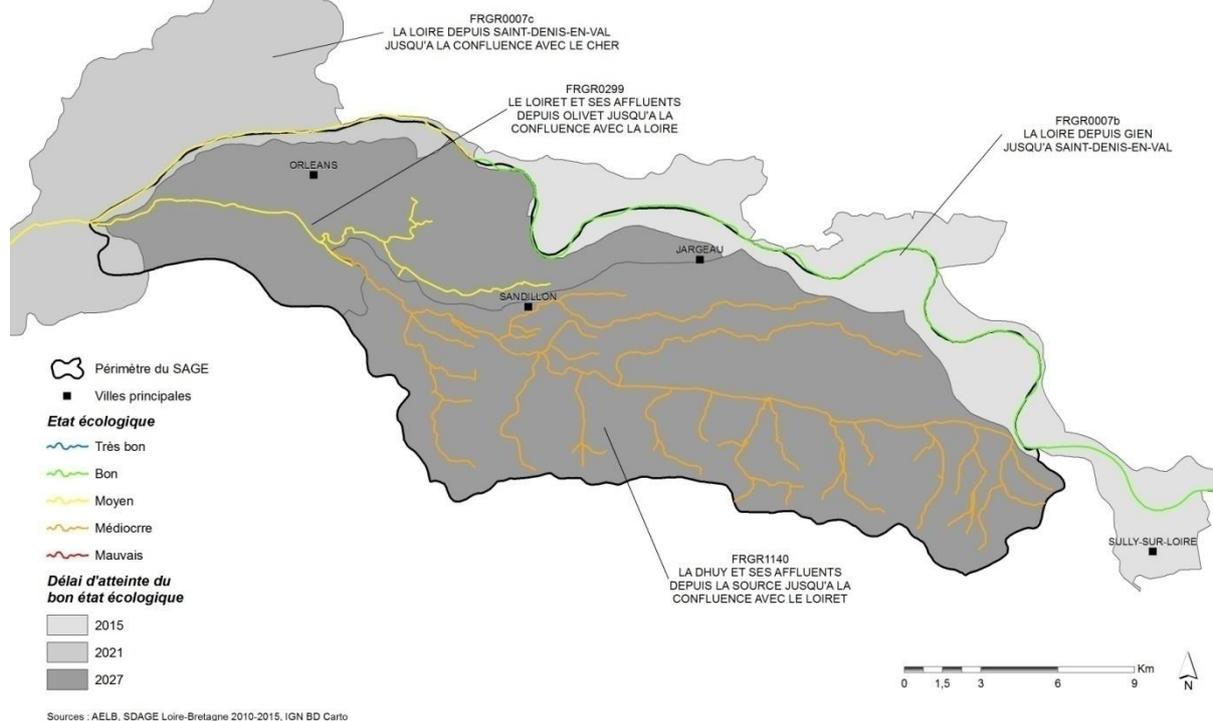
Tous les ans, l'Agence de l'eau Loire Bretagne procède au recalcul de l'état écologique et chimique de ces masses d'eau selon les documents de référence que sont le guide technique d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole de mars 2009 (réactualisé en 2012) et ses arrêtés complémentaires du 24 février 2010 / 12 août 2011. Les résultats obtenus sont relativisés en fonction d'un indice de confiance, car pour de nombreuses masses d'eau, les données sont insuffisantes (données incomplètes, représentativité des points de mesures). La dernière évaluation de l'état des masses d'eau a été validée en 2011 à partir des données de 2010-2011.

Seule la Loire depuis Gien jusqu'à St Denis-en-val est en bon état. Le reste des masses d'eau sont en état moyen ou médiocre pour le Dhuy. La biologie est la principale cause de déclassement de l'état écologique hormis pour le Loiret ou le jeu d'agrégation des sous états met en cause la physico-chimie.

Tableau 3 : Etat DCE des masses d'eau superficielles (2011)

Code masse d'eau	Libellé masse d'eau	Etat écologique		Etat biologique	Etat Physico-chimique
		Classe de qualité	Niv. confiance		
FRGR007B	La Loire depuis Gien jusqu'à St Denis-en-val	Bon	Moyen	Bon	Bon
FRGR007c	La Loire depuis St-Denis-en-val jusqu'à la confluence avec le Cher	Moyen	Elevé	Moyen	Bon
FRGR0299	Le Loiret et ses affluents depuis Olivet jusqu'à sa confluence avec la Loire	Moyen	Elevé	Bon	Moyen
FRGR1140	La Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret	Médiocre	Elevé	Médiocre	Moyen

Etat écologique des masses d'eau superficielles du SAGE



A l'heure actuelle, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne ne communique pas sur l'état chimique des masses d'eau 2010-2011. La précédente qualification indiquait que l'ensemble des masses d'eau est en bon état chimique. Néanmoins, ceci est à prendre avec précaution dans la mesure où le niveau de confiance est faible, synonyme d'absence de mesures de toutes les molécules chimiques nécessaires à l'évaluation DCE.

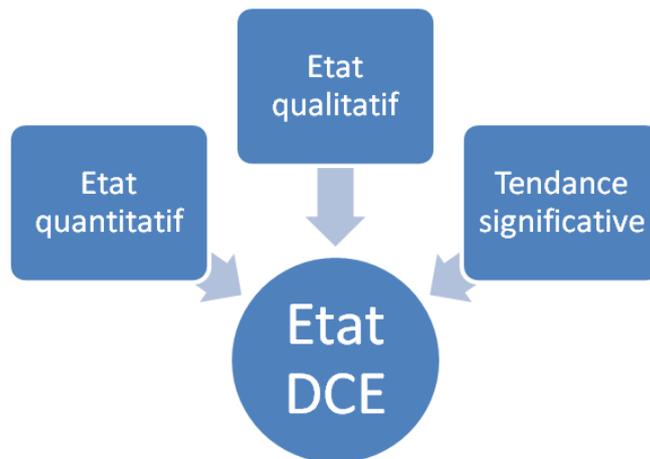
MASSES D'EAUX SOUTERRAINES

Le SAGE Val Dhuy Loiret comprend 4 masses d'eau définies dans le cadre de la DCE. Il s'agit des masses d'eau suivantes (classées par ordre de profondeur):

- FRGG108 – Alluvions Loire moyenne avant Blois
- FRGG094 - Sables et argiles du miocène de Sologne
- FRGG136- Calcaires tertiaires captifs de Beauce sous Sologne
- FRGG089- Craie du Séno-turonien captive sous Beauce sous Sologne

Les masses d'eau à proximité de la surface sont celles des Alluvions de la Loire moyenne avant Blois et des Sables et argiles du miocène de Sologne.

L'état DCE d'une masse d'eau souterraine résulte de la combinaison d'un **état quantitatif et qualitatif**. A cet état est annexé un traitement statistique afin de déterminer si la masse d'eau s'inscrit dans une **tendance durable et significative** à la hausse pour le paramètre **Nitrates**.

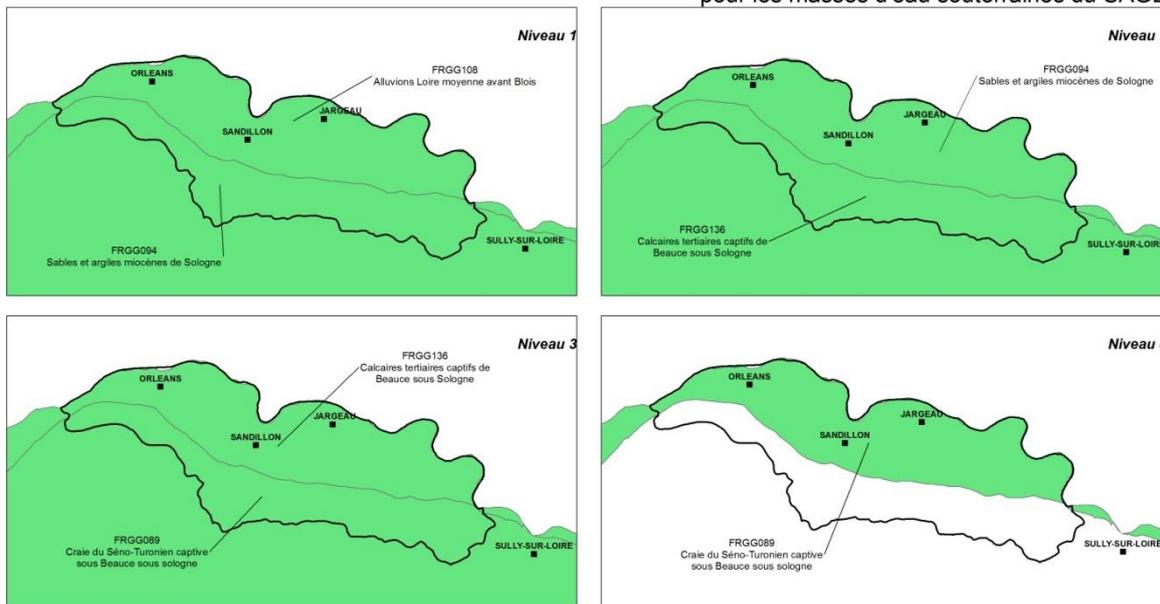


Aucun report d'objectif quantitatif n'est prévu pour ces masses d'eau, contrairement au chimique pour lequel l'objectif de bon atteinte est prévu à l'horizon 2021 pour la masse d'eau des Alluvions de la Loire. Les conditions naturelles, et notamment la présence de nitrates ont motivé ce choix.

Tableau 4 : Délai d'atteinte du bon état chimique et quantitatif

Code masse d'eau	Libellé masse d'eau	Objectif chimique	Objectif quantitatif
FRGG108	Alluvions Loire moyenne avant Blois	2021	2015
FRGG094	Sables et argiles miocènes de Sologne	2015	2015
FRGG136	Calcaires tertiaires captifs de Beauce sous Sologne	2015	2015
FRGG089	Craie du Céno-Turonien captive sous Beauce sous Sologne	2015	2015

Délais d'atteinte du bon état quantitatif pour les masses d'eau souterraines du SAGE

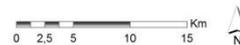


- Périimètre du SAGE
- Villes principales (Centroïde des communes)

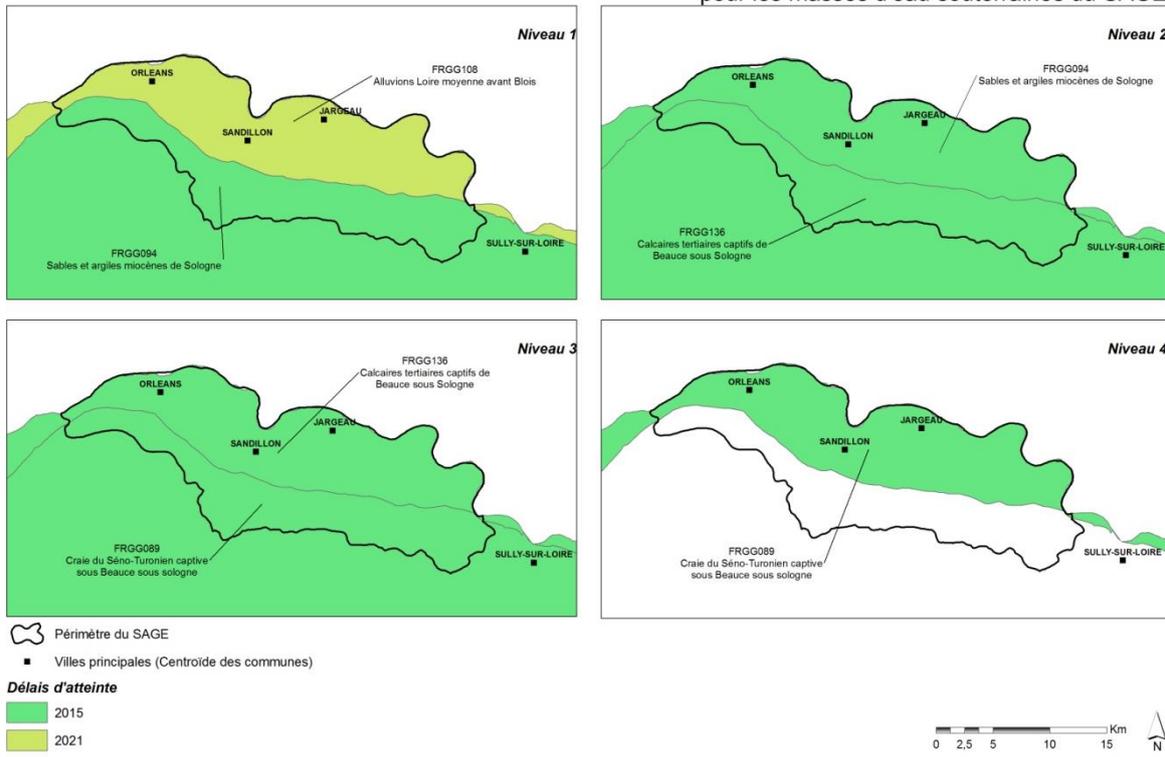
Délais d'atteinte

- 2015
- 2021

Sources: Gest'Eau, BRGM, SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015, IGN BD Carto



Délais d'atteinte du bon état chimique pour les masses d'eau souterraines du SAGE



Sources: Gest'Eau, BRGM, SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015, IGN BD Cartho

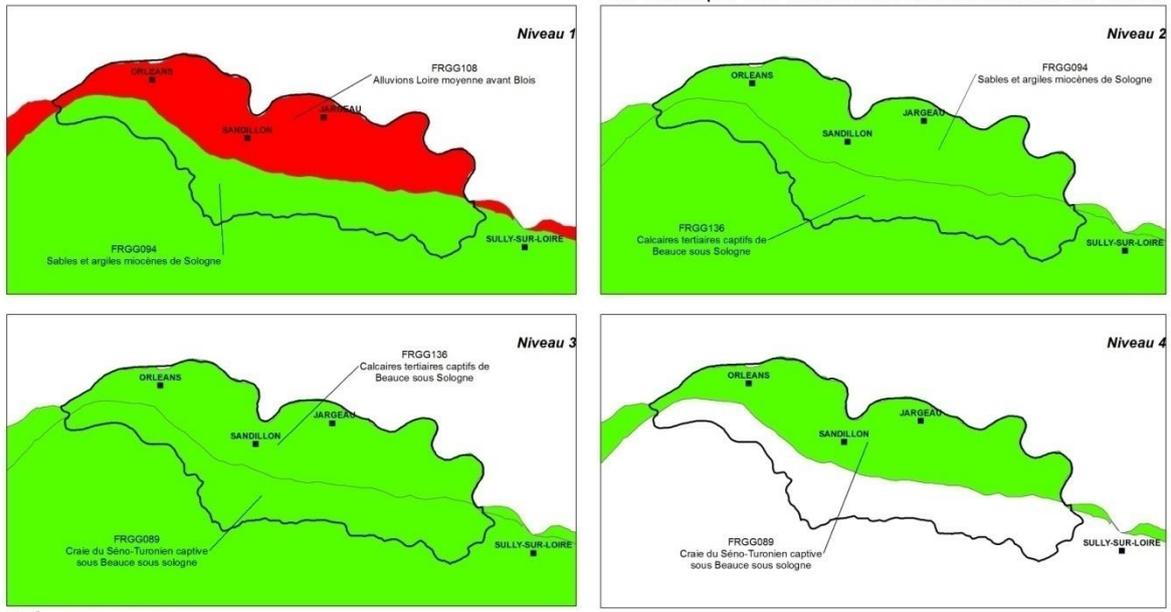
En dehors des Alluvions de la Loire, les 3 autres masses d'eau souterraines affichent un état DCE Bon pour l'ensemble des compartiments évalués. Pour les alluvions de Loire, si l'état quantitatif est qualifié de Bon, l'état chimique affiche une classe d'état médiocre, notamment à cause des nitrates. Aucune des quatre masses d'eau ne présente une tendance significative à la hausse du paramètre nitrates.

Tableau 5 : Etat DCE des masses d'eau souterraines

Code masse d'eau	Libellé masse d'eau	Etat chimique			Etat quantitatif	Tendance significative et durable à la hausse
		Classe d'état	Nitrate	Pesticides		
FRGG108	Alluvions Loire moyenne avant Blois	Médiocre	Médiocre	Bon	Bon	Non
FRGG094	Sables et argiles miocènes de Sologne	Bon	Bon	Bon	Bon	Non
FRGG136	Calcaires tertiaires captifs de Beauce sous Sologne	Bon	Bon	Bon	Bon	Non

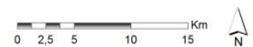
FRGG089	Craie du Céno-Turonien captive sous Beauce sous Sologne	Bon	Bon	Bon	Bon	Non
---------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Etat chimique des masses d'eau souterraines du SAGE



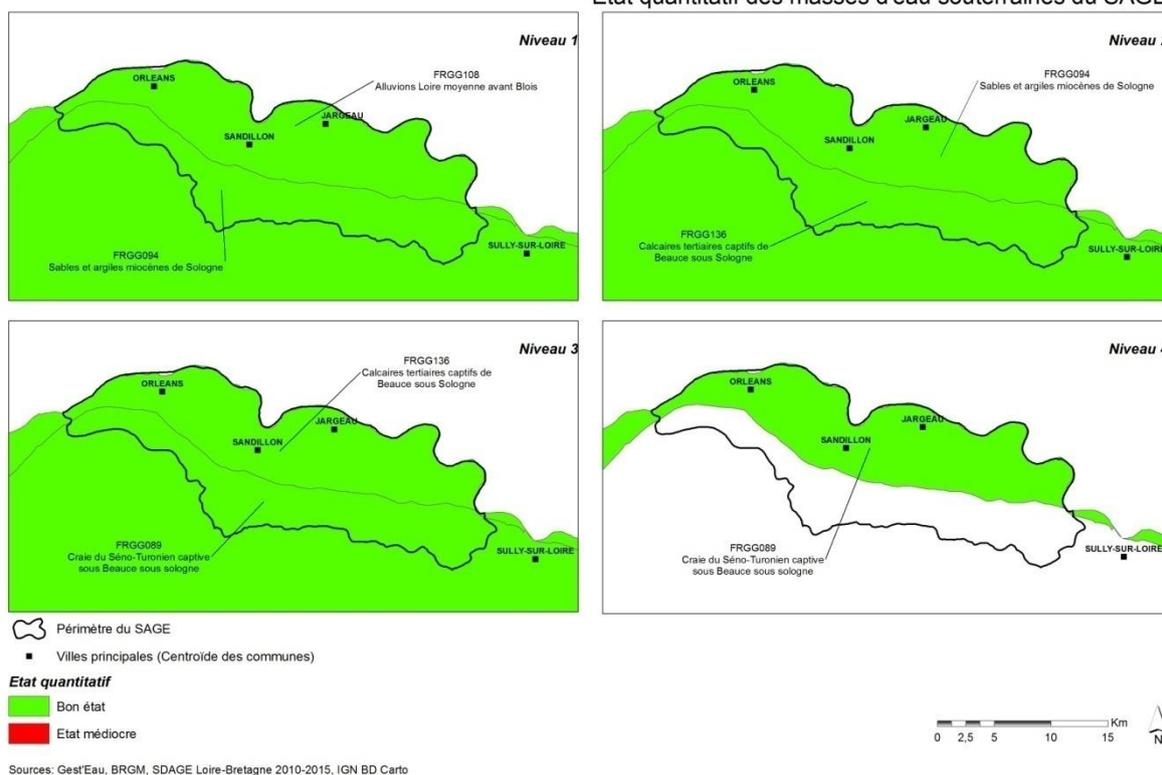
Périètre du SAGE
 Villes principales (Centroïde des communes)

Etat chimique
 Bon état
 Etat médiocre



Sources: Gest'Eau, BRGM, SDAGE Loire-Bretagne 2010-2015, IGN BD Carto

Etat quantitatif des masses d'eau souterraines du SAGE



B) QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SUPERFICIELLES

RESEAUX ET STATIONS DE MESURE DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne gère l'ensemble des informations de mesure de qualité au travers de la base de données OSUR. Celle-ci centralise les données recueillies par différents réseaux de mesure de la qualité des eaux superficielles : le Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS), le Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO), tous deux sous maîtrise Agence de l'Eau et enfin les Réseaux locaux (Réseaux départementaux ou à problématique spécifique). A titre d'exemple, pour l'étude des micropolluants ont également été prises en compte les données des stations GREPPES (Groupe Régional pour l'Etude de la Pollution par les Produits Phytosanitaires des Eaux et des Sols). En effet, 3 stations ciblant le Dhuy et le Bras de Bou disposent d'analyses entre 2001 et 2009.

Sur le périmètre du SAGE, une dizaine de stations de suivi ont été identifiées. Par ailleurs, compte tenu des interactions existantes avec la Loire, d'autres stations situées sur la Loire ont été prises en compte. L'analyse de la qualité des eaux sur le SAGE Val Dhuy Loiret sera réalisée sur la période 2000-2012. Or, on constate que de nombreuses stations ne disposent pas de chroniques de mesures sur la période étudiée. A noter également, qu'en fonction de la fréquence des prélèvements et des paramètres étudiés toutes les stations n'ont pas pu être toujours prises en compte.

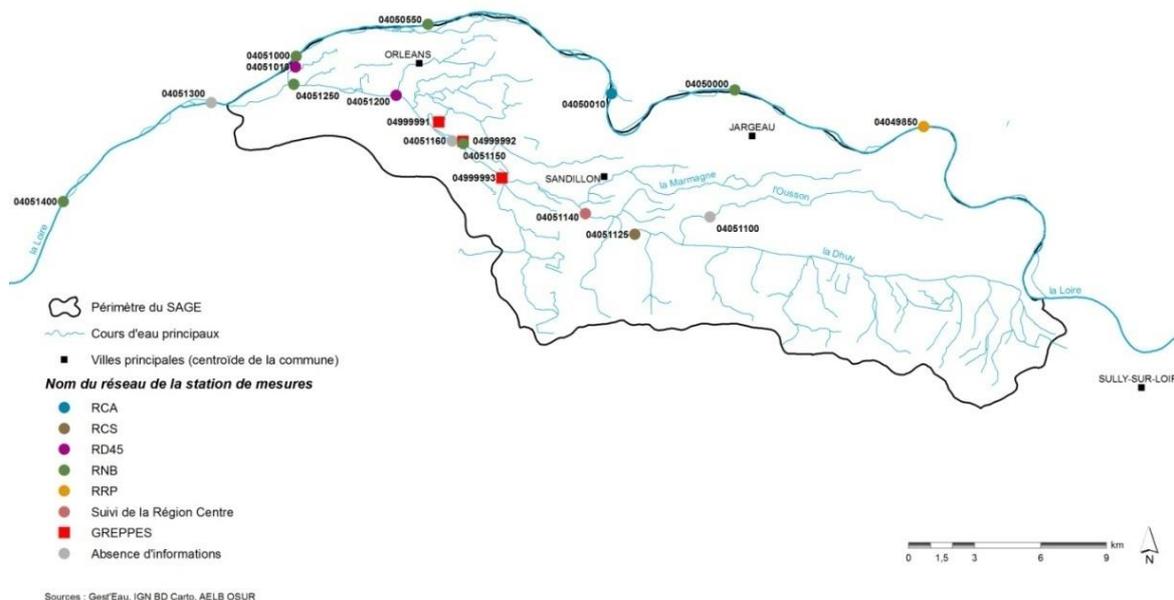
Au final sur les stations identifiées au préalable, seules 11 stations ont été prises en compte pour l'analyse de la qualité physico-chimique.

Code station	Libellé	Nbr de prélèvements	Fréquence de prélèvement	Année de début de suivi	Année de fin de suivi	Nbr de paramètres recherchés
--------------	---------	---------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------	------------------------------

04049850	LOIRE à CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE	63	6 à 9/an	2000	2012	23 à 39/an
04050000	LOIRE à JARGEAU	347	8 à 54/an	2001	2012	17 à 654/an
04050010	LOIRE à BOU	1	1/an	2009	2009	206/an
04050550	LOIRE à ORLEANS	-	-	-	-	-
04051000	LOIRE à LA CHAPELLE-SAINT-MESMIN	-	-	-	-	-
04051010	LOIRE à SAINT-PRYVE-SAINT-MESMIN	12	6/an	2000	2001	23 à 24/an
04051100	OUSSON à FEROLLES	-	-	-	-	-
04051125	DHUY à SANDILLON	73	11 à 13/an	2007	2012	32 à 635/an
04051140	DHUY - BERGERESSE à SANDILLON	-	-	-	-	-
04051150	DHUY à ORLEANS	99	6 à 13/an	2000	2008	27 à 339/an
04051160	LOIRET à ORLEANS	-	-	-	-	-
04051200	LOIRET à OLIVET	54	6/an	2000	2008	23 à 39/an
04051250	LOIRET à SAINT-HILAIRE-SAINT-MESMIN	163	12 à 14/an	2000	2012	28 à 635/an
04051300	LOIRE à CHAINGY	-	-	-	-	-
04051400	LOIRE à MEUNG-SUR-LOIRE	158	11 à 12/an	2000	2012	28 à 653/an
04999991	Bras de Bou	27	3 à 5/an	2001	2007	55 à 110/an (pesticides)
04999992	Dhuy Pont Gobson	36	2 à 5/an	2001	2009	55 à 137/an (pesticides)
04999993	Dhuy St Cyr-en-Val (amont de la zone)	29	2 à 5/an	2001	2008	55 à 111/an (pesticides)

Qualité des eaux superficielles du SAGE Loiret

Type de réseau des stations de mesures



EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES DE 2000 A 2012 (HORS NITRATES ET PESTICIDES)

Evaluation de la qualité des eaux de 2000 à 2012 avec la méthode SEQ-EAU

La méthodologie SEQ-EAU v2 (Système d'Evaluation de la Qualité de l'EAU) a été appliquée sur la période 2000-2012 (une partie seulement des analyses de 2013 sont disponibles) pour les stations disposant de chroniques suffisantes. Selon cette méthode, la qualité de l'eau est évaluée au moyen d'altérations, qui sont des regroupements de paramètres de même nature ou ayant les mêmes effets. Parmi les altérations on retrouve par exemple, l'altération matières azotées, micropolluants minéraux, etc. Pour chaque altération des règles d'évaluation sont définies ; en l'absence du respect d'une des règles, la station ne pourra être qualifiée pour l'année en question. Enfin, la qualité des eaux est déclinée par altération en cinq classes : très bonne, bonne, moyenne, médiocre et mauvaise.

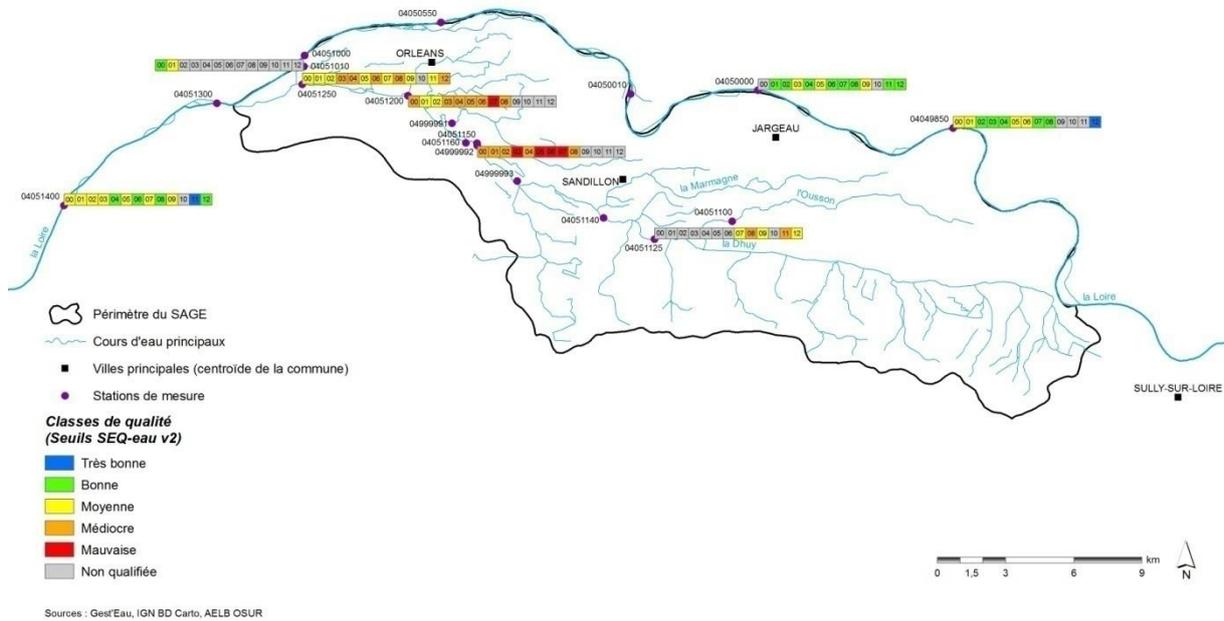
Altération Matières Organiques et Oxydables (MOOX)

Cette altération indique la présence de déversements de matières organiques carbonées ou azotées au travers de l'état d'oxygénation du milieu. Ces matières sont susceptibles de consommer l'oxygène présent dans les eaux superficielles. Les matières organiques oxydables peuvent avoir pour origine les eaux usées domestiques et industrielles, les débris de végétaux ou encore les effluents d'élevage.

La qualité du Dhuy et du Loiret est particulièrement dégradée par rapport à cette altération avec des classes de qualité de moyenne à mauvaise. Il semble que la qualité du Dhuy se dégrade d'amont en aval. Les paramètres déclassants les plus fréquents pour les stations sur le Dhuy sont le carbone organique puis les paramètres de l'azote kjeldahl, de l'ammonium et de l'oxygène. Sur le Loiret, ce sont les paramètres oxygènes (taux de saturation et oxygène dissous) qui sont à l'origine du déclassement de la qualité des eaux vis-à-vis des MOOX. En 2012, la qualité du Dhuy vis-à-vis des MOOX est moyenne et celle du Loiret médiocre. Au vu des données disponibles, il est difficile de conclure sur une éventuelle amélioration de cette altération depuis 2007 (passage d'une qualité mauvaise à médiocre voire moyenne).

La Loire quant à elle affiche une bonne à très bonne qualité pour cette altération.

Qualité des eaux superficielles
Altération Matières organiques oxydables (MOOX)



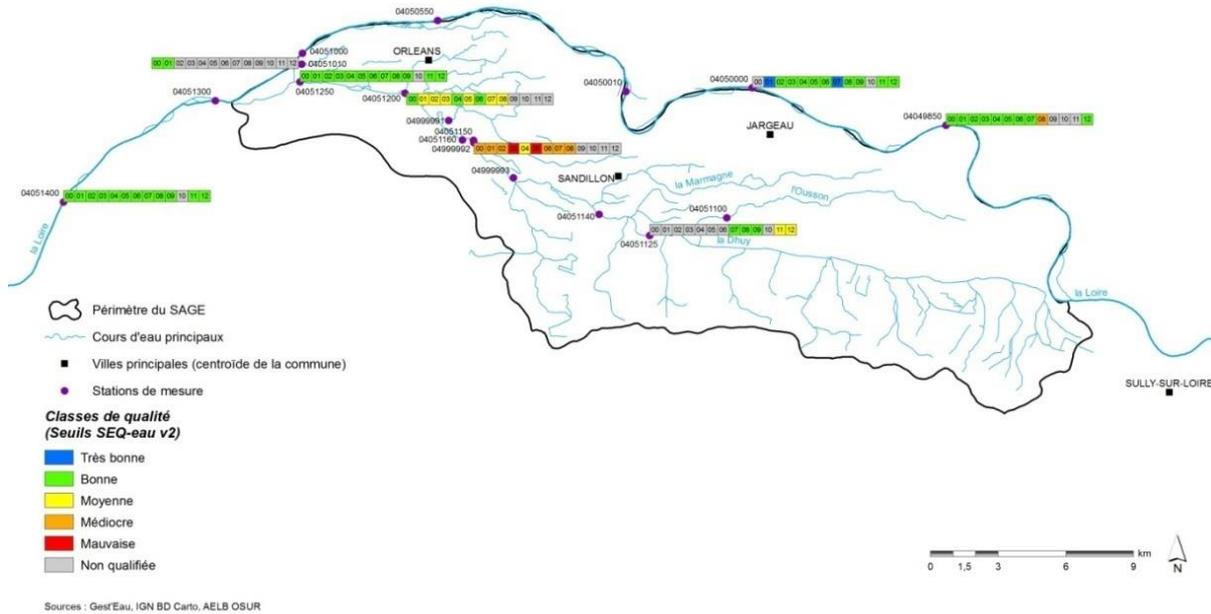
Altération Matières azotées hors nitrates

L'altération matières azotées hors nitrates est déterminée par trois paramètres : l'azote kjeldahl, ammonium et nitrites. Cette altération caractérise la présence de nutriments susceptibles de favoriser la croissance de certains végétaux (eutrophisation) et présentant des effets toxiques sur la faune piscicole. Les matières azotées peuvent avoir pour origine les eaux usées domestiques et industrielles.

La qualité des eaux du Dhuy est dégradée pour l'altération matières azotées ; cette dégradation semble s'accroître à l'aval du cours d'eau. La qualité du Loiret vis-à-vis des matières azotées est bonne à l'aval et moyenne à l'amont (chroniques disponibles jusqu'en 2008). Sur le Dhuy les paramètres azote Kjeldahl et ammonium sont en majorité responsables de cette dégradation. Sur le Loiret, il s'agit plutôt des paramètres nitrites et ammonium synonyme d'un déséquilibre au niveau de l'oxygénation du cours d'eau Loiret et/ou de la flore bactérienne du cours d'eau.

Cette altération semble s'être légèrement améliorée sur le SAGE entre 2000 et 2012. En effet, les données de 2012 sur le Loiret indiquent une bonne qualité et sur le Dhuy une qualité moyenne.

La qualité de la Loire est bonne depuis 2000 en dehors de la station à Châteauneuf-sur-Loire qui présente une qualité médiocre en 2008 due à la présence de nitrites.



Altération Matières phosphorées

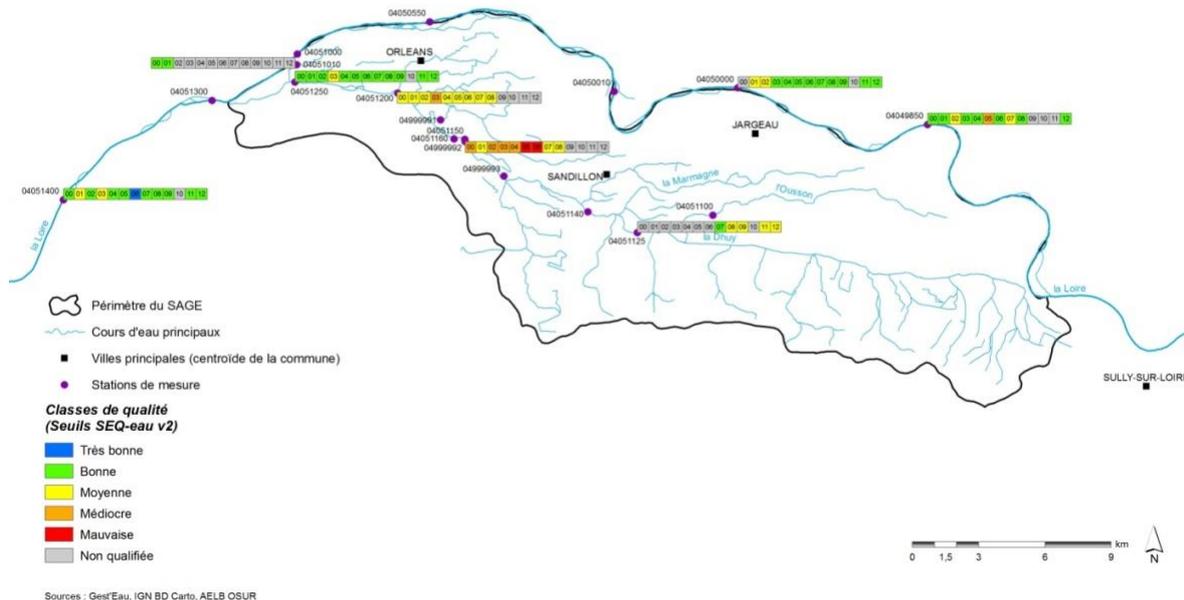
Cette altération est déterminée principalement avec la mesure du phosphore dans l'eau (phosphore total et orthophosphate). Les excès de phosphore sont principalement dus aux rejets urbains (lessives, détergents, effluents physiologiques...), industriels et agricoles (lessivage des engrais, ...). Ce paramètre joue un rôle important dans les phénomènes d'eutrophisation. A noter que le phosphore et ses formes oxygénées ont tendance à se fixer dans les sols et les sédiments des rivières. Le ruissellement en période de pluie ou la remise en suspension de sédiments suite à des variations de débit peuvent parfois entraîner des flux importants, longtemps après l'arrêt de toute source de pollution.

L'altération aux matières phosphorées est très similaire à celles des matières azotées. Le Loiret présente une bonne qualité à l'aval et une qualité plutôt moyenne à l'amont. La qualité des eaux du Loiret semble plutôt stable depuis 2003 (après une légère amélioration à l'amont comme à l'aval). Le Dhuy présente une altération plus importante que le Loiret avec une qualité bonne à médiocre, voire mauvaise en 2003 et 2005. Contrairement au Loiret, la dégradation du Dhuy est plus importante à l'aval du cours d'eau. Sur le Dhuy, le paramètre dégradant est principalement le phosphore total alors que sur le Loiret les dégradations sont pratiquement systématiquement à mettre en lien avec la présence d'orthophosphates et le phosphore total.

La qualité des eaux de la Loire est bonne depuis 2003 avec 2005 comme exception avec une qualité médiocre à Châteauneuf-sur-Loire.

Qualité des eaux superficielles

Altération Matières phosphorées

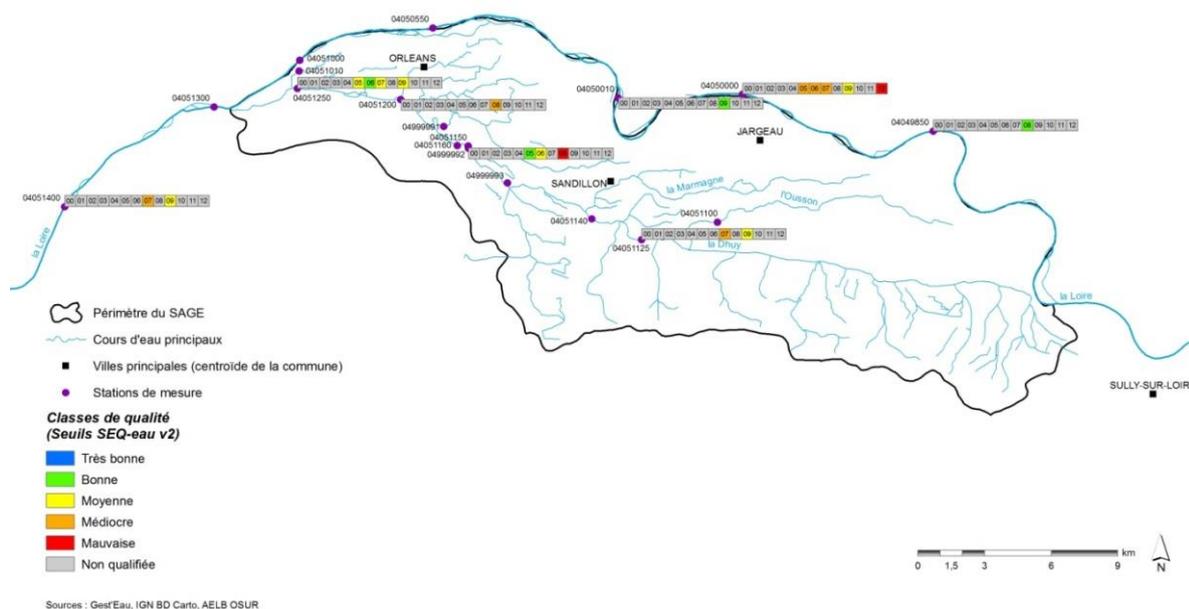


Altération Micropolluants Minéraux (MPMI)

L'altération aux MPMI prend en compte la présence de métaux et métalloïdes. La qualité des eaux vis-à-vis de cette altération est mesurée de manière disparate en fonction des années et des stations.

Des contaminations ponctuelles aux micropolluants sont détectées tant sur le Dhuy, le Loiret et la Loire. A noter que la qualité des eaux vis-à-vis des MPMI est mesurée de façon disparate entre les stations. De ce fait, peu d'années sont qualifiées. Sur le Dhuy et le Loiret on retrouve la présence de chrome, de cadmium, de nickel, d'arsenic, de mercure et de cuivre de manière ponctuelle. Sur la Loire, les principaux MPMI responsables d'une altération sont le cuivre, le zinc et le chrome.

Qualité des eaux superficielles
Altération Micropolluants minéraux (MPMI)



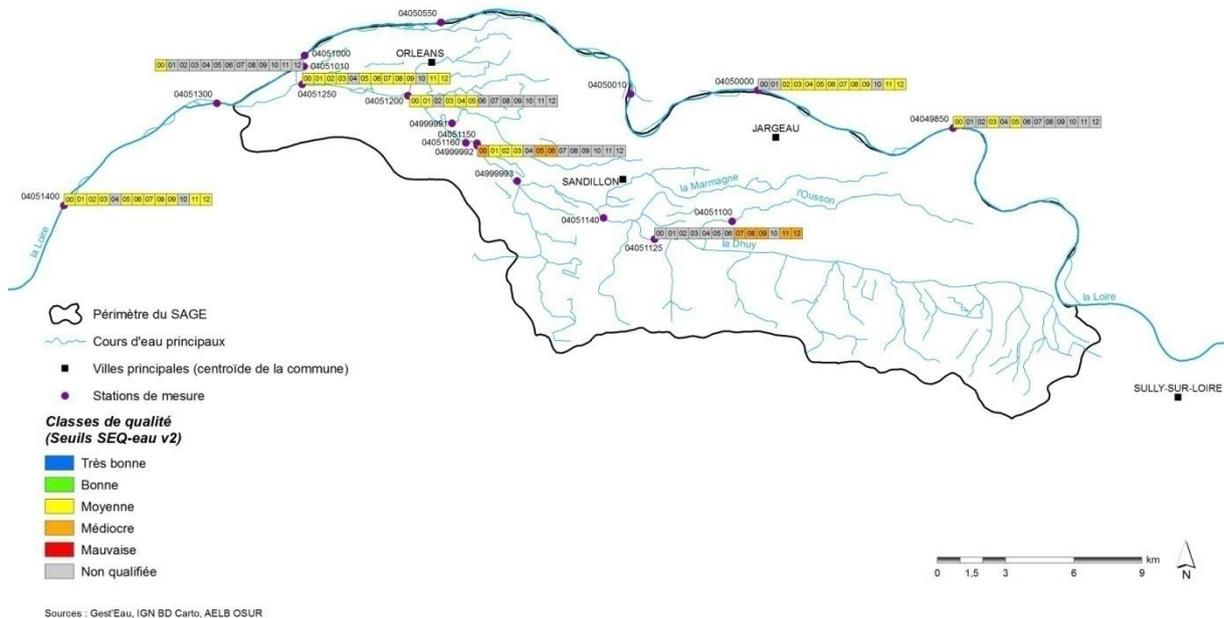
EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES DE 2000 A 2012 VIS-A-VIS DES NITRATES

Qualité SEQ-EAU, Altération Nitrates

Cette altération est fonction de la teneur en nitrates dans les eaux superficielles. La qualité de l'eau est déterminée par le prélèvement le plus déclassant en appliquant la règle du percentile 90 (élimination des 10% des plus mauvais prélèvements, ce qui évite de prendre en compte les situations exceptionnelles). Au-delà de 50 mg/L de nitrates la qualité est considérée comme mauvaise. Par ailleurs, les teneurs des eaux brutes et distribuées à partir d'une prise d'eau sur cours d'eau doivent être inférieures à 50 mg/L pour pouvoir être distribuées pour l'alimentation en eau potable.

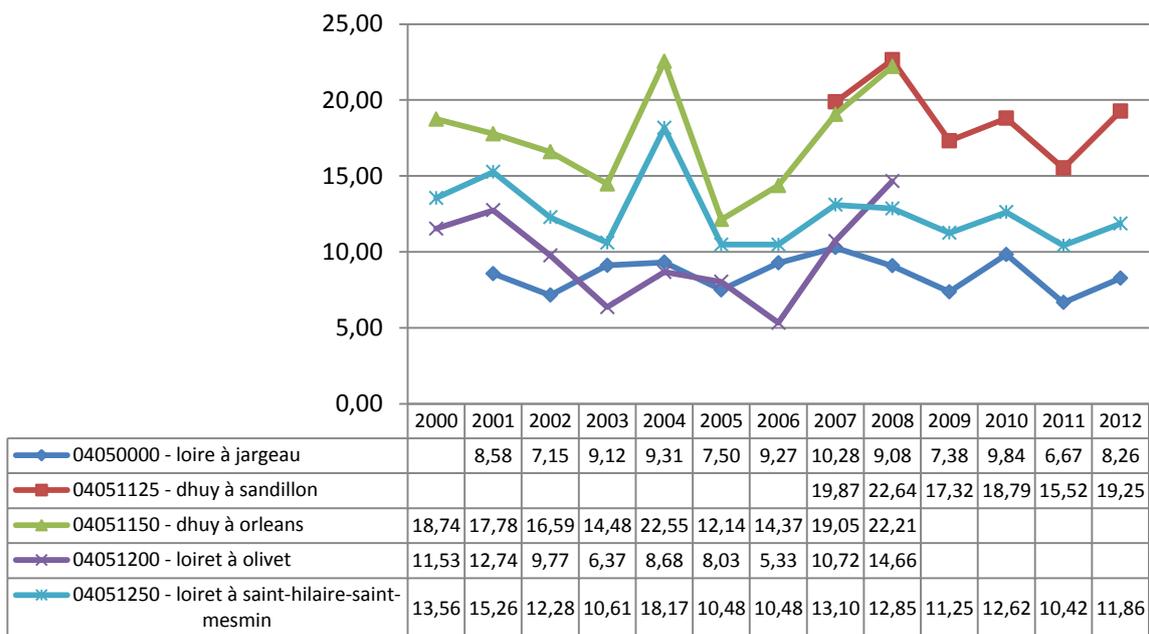
Sur le SAGE la qualité des eaux vis-à-vis des nitrates est moyenne sur le Loiret et médiocre sur le Dhuy. Aucune amélioration n'est perceptible entre 2000 et 2013.

La qualité des eaux de la Loire est également moyenne sur l'ensemble des stations de la Loire.



Evolution inter-annuelle des teneurs en nitrates

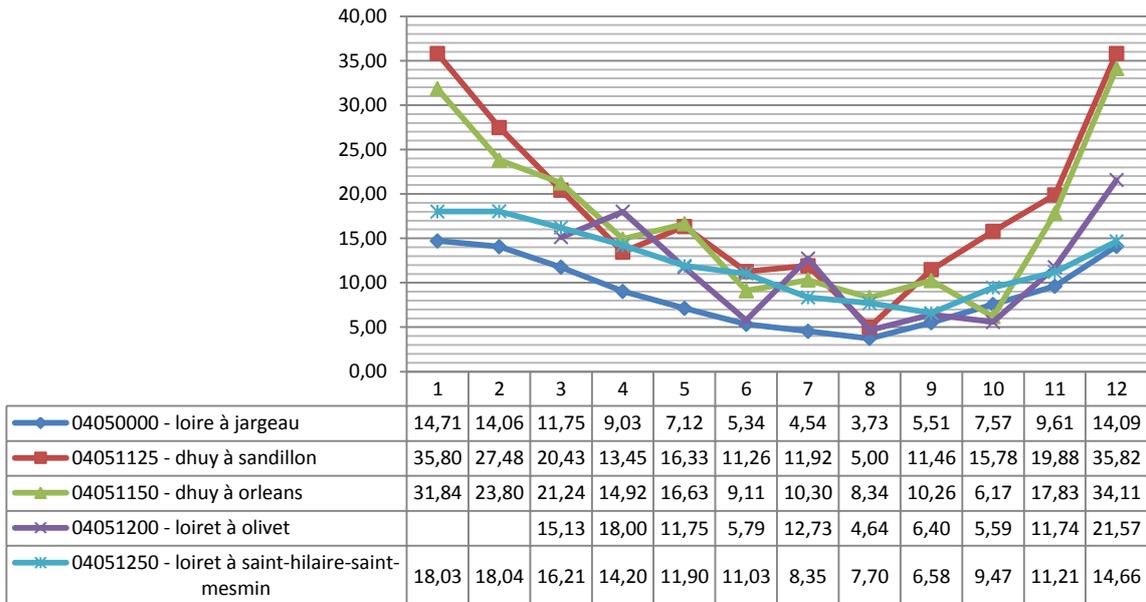
L'évolution moyenne annuelle indique une relative stabilité des teneurs en nitrates entre 2000 et 2012. Les teneurs moyennes annuelles ne dépassent pas 25 mg/L. Sur le Loiret, les teneurs moyennes sont comprises entre 5 et 18 mg/L et sur le Dhuy entre 12 et 22 mg/L. A noter que la moyenne annuelle lisse des variations qui peuvent être importantes au cours d'une même année. Les teneurs moyennes maximales sont observées en 2004 et 2008 et les teneurs moyennes minimales en 2003, 2005 et 2006.



Evolution intra-annuelle des teneurs en nitrates

L'évolution saisonnière des concentrations de nitrates indique des teneurs en nitrates plus élevées en période de hautes eaux (novembre à février) ; avec des teneurs maximales en décembre et janvier. Ce phénomène est lié au lessivage par les pluies hivernales de l'azote minéralisé à l'automne et des reliquats azotés des cultures précédentes. (lorsque les températures sont douces et le sol humide). Les teneurs en nitrates sont les plus basses autour des mois de juillet et août.

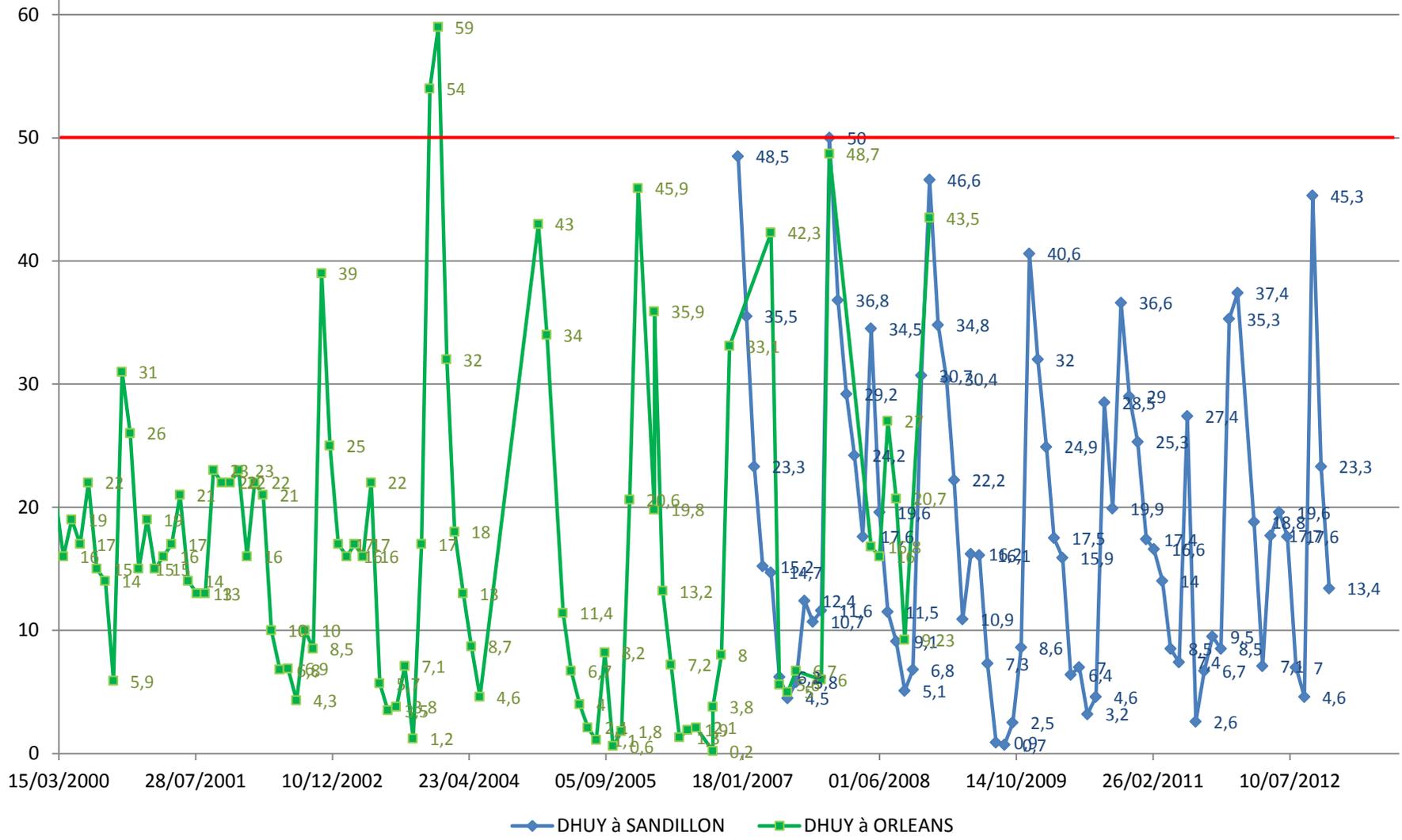
Par ailleurs, on constate que sur la Loire et à l'aval du Loiret la répartition des concentrations moyennes mensuelles est assez lissée en comparaison avec les autres stations.



Chronique d'évolution des teneurs en nitrates sur le Dhuy

L'analyse de l'ensemble des données nitrates sur le Dhuy indique que des variations importantes sont constatées sur ce cours d'eau. En période de hautes eaux des pics de nitrates sont observés avec notamment presque chaque année des valeurs dépassant 40 mg/L.

Teneurs en nitrates entre 2000 et 2012 sur les stations du Dhuy



Evolution des percentiles 90

A partir des données sur la période 2000 – 2012, les percentiles 90 par année ont été calculés sur les stations du Dhuy (2 stations) et du Loiret (2 stations). On constate que le percentile 90 est toujours inférieur à 25 mg/L sur le Loiret. Il varie entre 15 mg/L et 22 mg/L selon les années. Sur le Dhuy, le percentile 90 est quasiment toujours supérieur à 30 mg/L depuis 2004. A noter qu'en 2004 sur le Dhuy il n'y a eu que 5 analyses quantifiées, le percentile 90 correspond dans ce cas à la valeur maximale des analyses. Lors des années pluvieuses, telles que 2007 et 2012, le percentile 90 est en moyenne plus élevé.

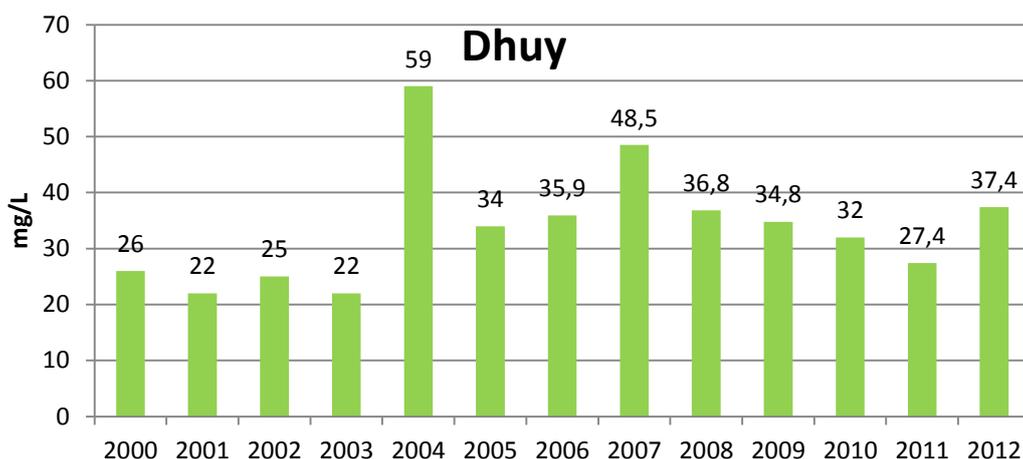


Figure 13 : Percentile 90 annuel entre 2000 et 2012 sur la base des données des stations Dhuy à Sandillon et Dhuy à Orléans

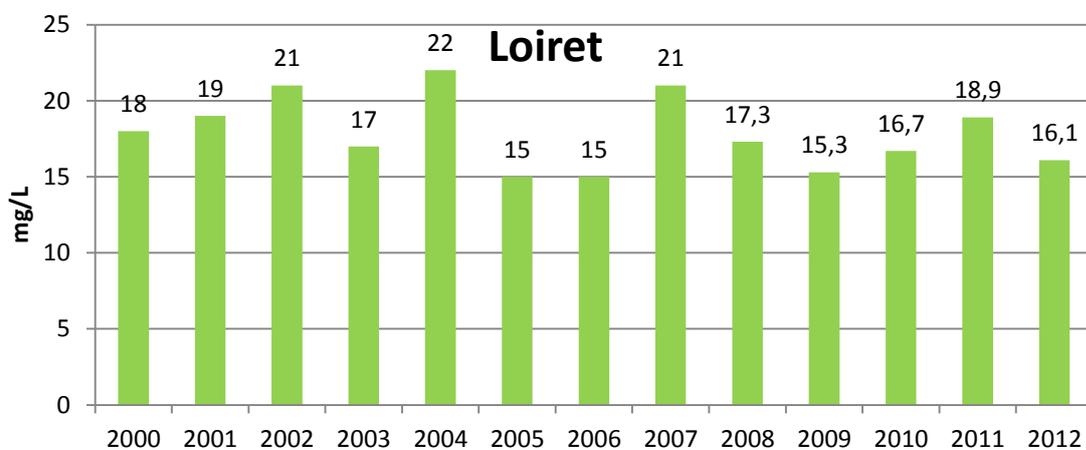


Figure 14: Percentile 90 annuel entre 2000 et 2012 sur la base des données des stations du Loiret à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin et Olivet

Si l'on prend en compte le percentile 90 mensuel sur la période 2000-2012, on retrouve la même allure que pour les valeurs moyennes. Les percentiles 90 les plus élevés sont retrouvés entre novembre et janvier. Les percentiles 90 les plus bas sont retrouvés en Août et septembre.

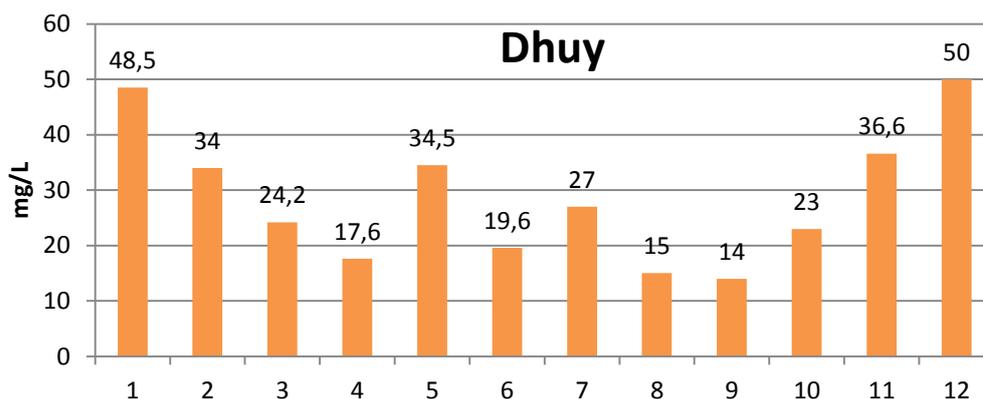


Figure 15: Percentile 90 mensuel sur la base des données des stations Dhuy à Orléans et Sandillon entre 2000 et 2012

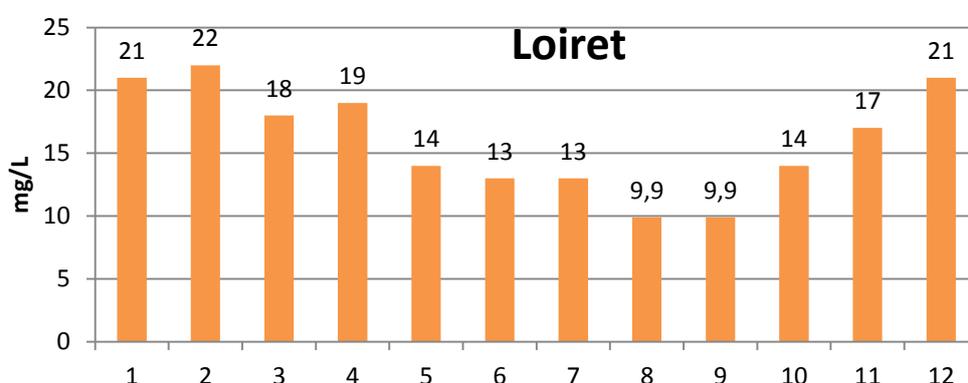


Figure 16: Percentile 90 mensuel sur la base des données des stations du Loiret à Olivet et à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin entre 2000 et 2012

Analyse des flux spécifiques d'azote et flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité du Dhuy

Le flux d'azote est le résultat du produit du débit par la concentration en nitrates. Le flux spécifique ou le débit spécifique correspond au flux ou débit rapporté sur l'ensemble du bassin versant. Les variations de flux liées aux changements de pratiques sur le bassin versant sont difficilement détectables à partir de la simple analyse des flux d'azote puisque les variations de flux sont essentiellement liées à la variabilité du débit et de la pluviométrie. L'hydraulicité est le rapport du débit annuel à sa moyenne interannuelle. Elle permet de positionner une année par rapport à une année dite « normale » sur l'intervalle pris en compte. Le flux d'azote pondéré par l'hydraulicité permet ainsi de corriger en partie l'effet de la variabilité climatique.

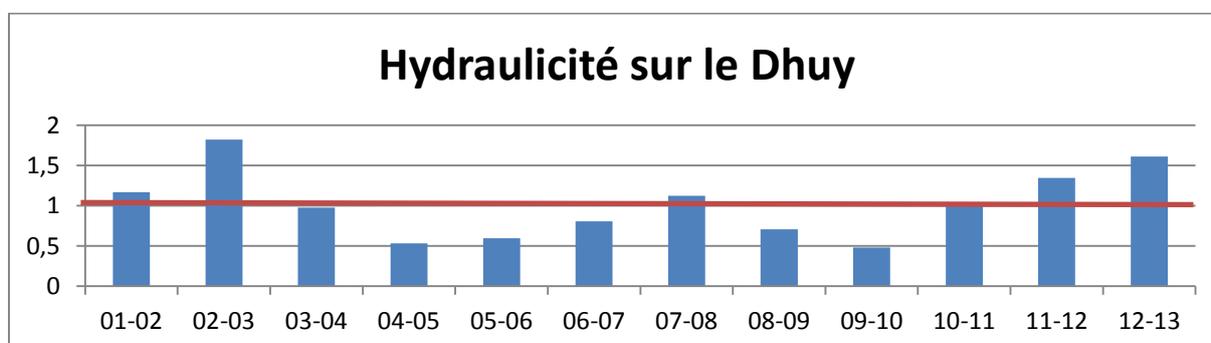


Figure 17 : Indice d'hydraulicité au vu des débits du Dhuy

Remarque importante : lorsque les prélèvements par année hydrologique ne sont pas suffisants ou non répartis de manière homogène l'estimation du flux est la plupart du temps biaisée. On considère que les flux estimés sur les années hydrologiques avec au moins 6 prélèvements et avec au moins un prélèvement par trimestre peuvent être considérés comme représentatifs. Au vu des données disponibles, sur la station du Dhuy à Orléans les années hydrologiques 2003-2004, 2004-2005, 2006-2007 et 2007-2008 doivent être considérées comme non représentatives soit la majorité des années. Il est donc impossible de tirer des conclusions sur l'évolution des flux sur cette station. Pour les données de la station du Dhuy à Sandillon seule l'année 2006-2007 est jugée non significative.

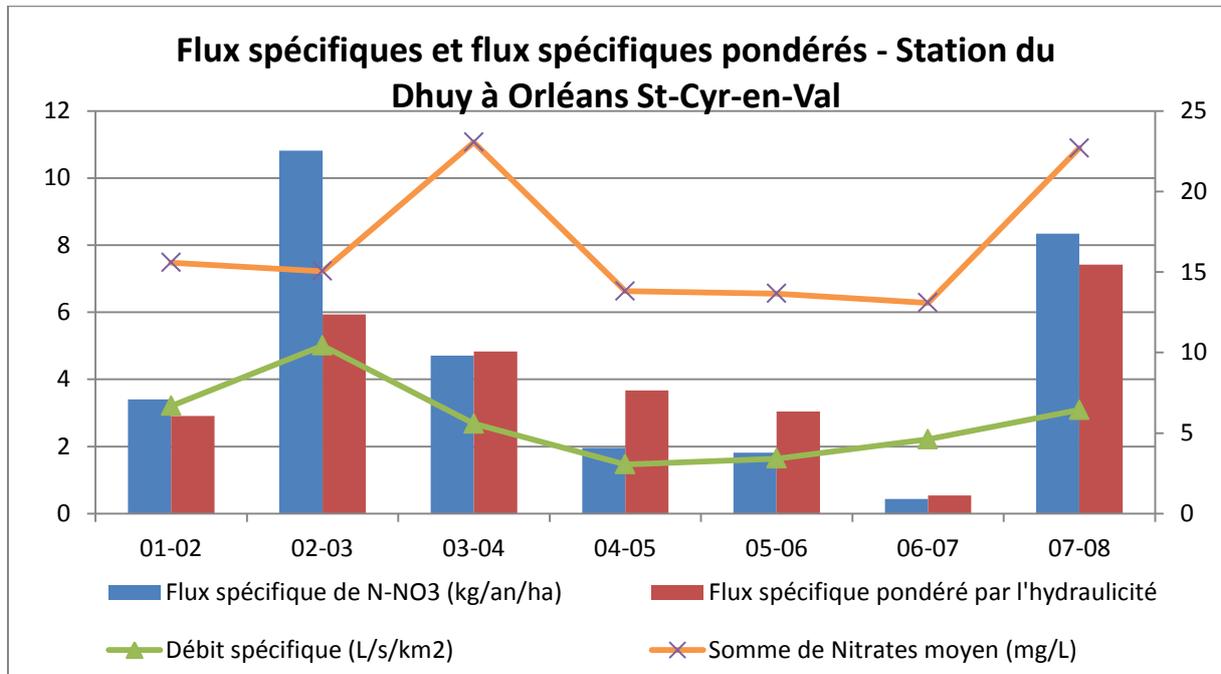


Figure 18 : Flux spécifiques et flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité sur le Dhuy à Orléans Saint-Cyr-en-Val

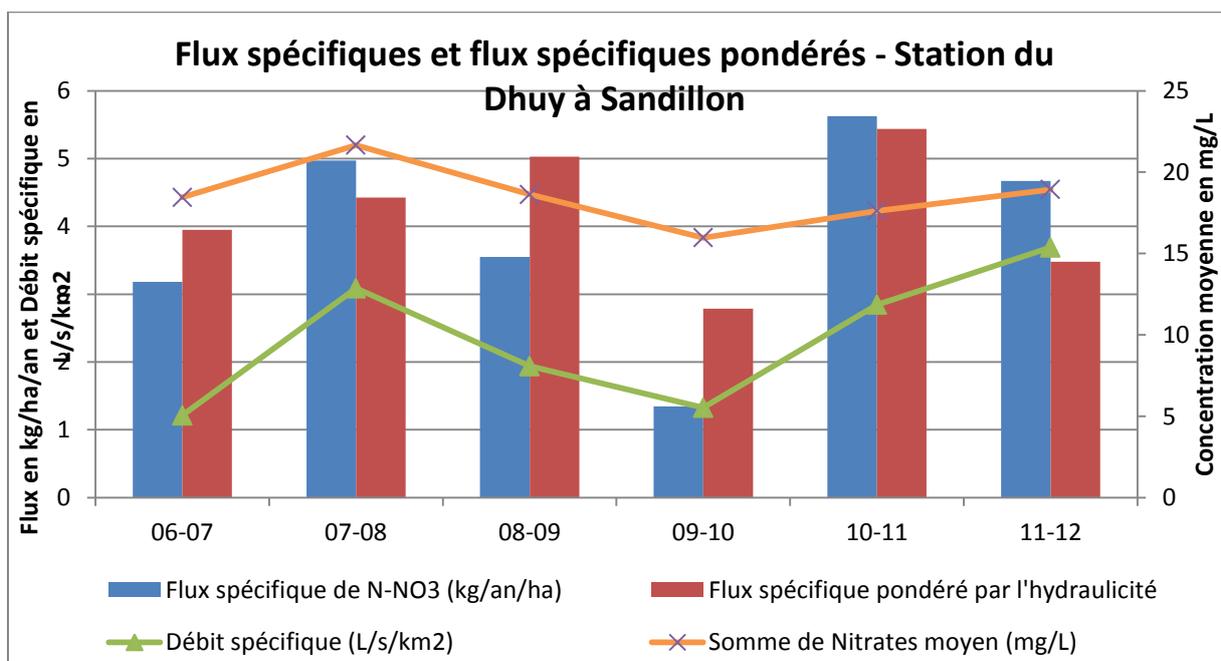


Figure 19 : Flux spécifiques et flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité du Dhuy à Sandillon

Au vu des résultats, on constate que le flux d'azote suit les mêmes variations que le débit spécifique. Les flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité sur le Dhuy à Sandillon ont augmentés entre 2006 et 2009. Après une année sèche en 2009-2010 où le flux spécifique pondéré a nettement augmenté. Sur les 7 années hydrologiques sur lesquelles il a été possible d'évaluer le flux d'azote à Sandillon, les flux d'azote semblent très variables. Il n'est pas possible de conclure sur l'effet éventuel sur le milieu d'évolutions de pratiques (ex : mise en place de bandes enherbées depuis 2008).

EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES DE 2000 A 2012 VIS-A-VIS DES PESTICIDES

Une évaluation spécifique de la qualité des eaux vis-à-vis des pesticides a été réalisée sur le SAGE Val Dhuy Loiret. Les données pesticides prises en compte proviennent à la fois des stations du Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS) et du Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) ainsi que des stations complémentaires mises en place par le GREPPES. A noter que les 3 stations GREPPES disposent de 2 à 4 prélèvements par an mais qu'à partir de 2008 la fréquence des prélèvements se fait moins dense et les analyses s'arrêtent en 2009. Sur les 4 stations RCS et RCO, les prélèvements ont débuté en 2005 et se poursuivent actuellement. Par ailleurs, sur l'ensemble des analyses, jusqu'à 386 molécules par an sont analysées.

Tableau 6 : Nombre de molécules pesticides recherchées par an sur chaque station

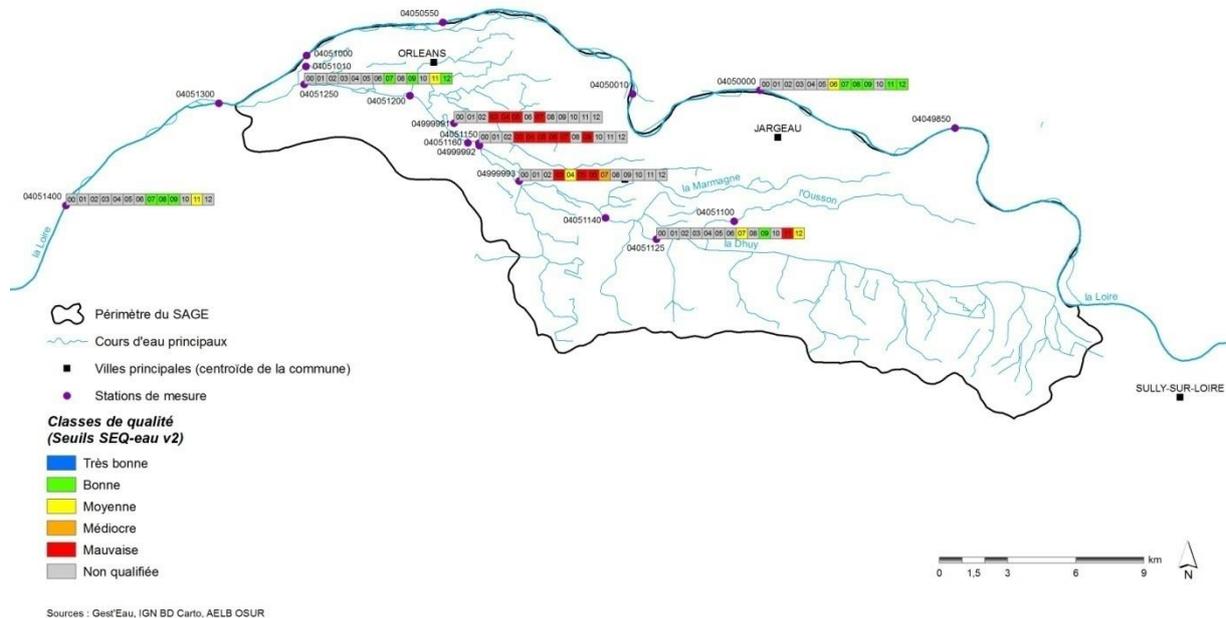
Code	Station	Support	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
04050000	LOIRE à JARDEAU	Eau					77	351	352	247	130	1	1	386
04051400	LOIRE à MEUNG-SUR-LOIRE	Eau							352	247	166		248	
04051250	LOIRET à SAINT-HILAIRE-SAINT-MESMIN	Eau							352		130	248	248	386
04999991	Bras de Bou	Eau	55	55	55	55	61	97	106					
04999992	Dhuy – Pont Gobson	Eau	55	55	55	55	61	98	106	82	135			
04999993	Dhuy – St Cyr-en-Val (amont de la zone)	Eau	55	55	55	55	61	98	110	82				
04051125	DHUY SANDILLON	à Eau							352		130	248	248	386

Tableau 7: Nombre d'analyses par an réalisées sur chaque station

Code Station	Libellé Station	Support	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
4050000	LOIRE à JARGEAU	eau					154	2453	1593	689	1227	12	12	1544
4051400	LOIRE à MEUNG-SUR-LOIRE	eau							1621	1723	1370		1736	
4051250	LOIRET à SAINT-HILAIRE-SAINT-MESMIN	eau							1593		1227	1736	1736	2702
4999991	Bras de Bou	eau	164	165	220	220	244	379	530					
4051125	DHUY à SANDILLON	eau							1593		1227	1736	1736	2702
4999992	Dhuy – Pont Gobson	eau	165	220	275	220	244	474	530	162	534			
4999993	Dhuy – St Cyr-en-Val (amont de la zone)	eau	165	165	220	220	244	380	534	162				

Qualité SEQ-EAU, Altération Pesticides

Pour l'altération pesticides, 7 stations avec analyses sur les pesticides ont été prises en compte (2 sur la Loire, 1 sur le Loiret, 1 sur le Bras de Bou, 3 sur le Dhuy).



Les stations du GREPPES (04999991, 04999992, 04999993) indiquent que la qualité à l'amont du Loiret et sur le bras de Bou est, la plupart des années, mauvaise. A l'aval du Loiret, la qualité vis-à-vis des pesticides est bien meilleure avec une qualité bonne à moyenne. Sur le Dhuy, la qualité des eaux varie fortement d'une année à l'autre (de bonne à mauvaise). Sur le Loiret et le Dhuy, la somme des pesticides est régulièrement responsable des déclassements.

Sur la Loire, la qualité vis-à-vis des pesticides est globalement bonne avec des dégradations ponctuelles en 2006 et 2011 par exemple.

Les molécules principales responsables des déclassements sont : Glyphosate, AMPA, Diuron, Simazine, Alachlore, Chlortoluron, Isoproturon, Aldrine, Pyrethrine et Folpel.

Qualité des eaux de 2001 à 2012 vis-à-vis des pesticides

Sur l'ensemble des molécules analysées pendant la période 2001-2012, 92 molécules ont été détectées et quantifiées sur l'ensemble du bassin.

Pour la Loire (2 stations de mesure), 29 molécules différentes ont été détectées et quantifiées entre 2001 et 2012. La plupart des molécules n'a été quantifiée qu'une seule fois entre 2001 et 2012. En termes de fréquence, le diuron et l'AMPA, métabolite du glyphosate, se démarquent avec autour de 20 prélèvements où la molécule a été quantifiée. Pour ces 2 molécules, les prélèvements avec des concentrations élevées sont réalisés principalement en fin d'été (août, septembre) et au printemps (mai, juin). Les concentrations moyennes des prélèvements sont supérieures à 0,1µg/L pour 7 molécules : aldicarbe sulfoné, aminotriazole, AMPA, azoxystrobine, chlortoluron, lénacile et néburon. Ces substances sont principalement des herbicides. A titre de remarque, l'eau distribuée pour l'alimentation en eau potable ne doit pas dépasser 0,1 µg/L par substance et la somme des pesticides ne doit pas dépasser 0,5 µg/L.

Molécules	famille	Usage	Nb d'analyses	Nb d'analyses quantifiées	Taux de quantification	[C moy] µg/L	[C max] µg/L
2-hydroxy atrazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,03	0,03
Acétochlore*	chloroacetanilide	herbicide	7	1	14,30%	0,03	0,03
Aldicarbe sulfoné*	carbamates	Insecticide nématocide	12	1	8,30%	0,11	0,03
Aminotriazole	triazoles	herbicide	7	1	14,30%	0,31	0,11
AMPA	Amino Phosphanates	herbicide	28	18	64,30%	0,26	0,31
Anthraquinone*	HAP	répulsif	6	2	33,30%	0,03	0,96
Atrazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,02	0,04
Atrazine déséthyl*	triazines	herbicide	14	3	21,40%	0,03	0,02
Azoxystrobine	Strobilurines	fongicide	7	1	14,30%	0,19	0,04
1-(3,4-dichlorophenyl)-3-methyl-uree	Urées substituées	herbicide	7	2	28,60%	0,03	0,19
Chlortoluron	urées substituées	herbicide	14	2	14,30%	0,23	0,42
Diflufenicanil	Phénoxy nicotinilide	herbicide	10	2	20,00%	0,02	14
Dimethenamide*	Chloroacetamide	herbicide	7	1	14,30%	0,01	0,01
Diuron*	urées substituées	herbicide	47	20	42,60%	0,05	0,16
Flusilazole*	triazoles	fongicide	7	1	14,30%	0,04	0,04
Glyphosate	Amino Phosphanates	herbicide	11	3	27,30%	0,05	0,06
Isoproturon	urées substituées	herbicide	43	5	11,60%	0,08	0,26
Lénacile	uraciles	herbicide	7	1	14,30%	0,1	0,1
Linuron	urées substituées	herbicide	2	1	50,00%	0,03	0,03
Métamitron	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,06	0,06
Métolachlore*	acétanilides	herbicide	11	2	18,20%	0,03	0,04
Néburon*	urées substituées	herbicide	7	1	14,30%	0,21	0,21
Nicosulfuron	sulfonylurées	herbicide	7	1	14,30%	0,06	0,06
Oxadiazon	Oxadiazolones	herbicide	7	1	14,30%	0,02	0,02
Pentachlorophénol	composés phénoliques	fongicide	12	1	8,30%	0,04	0,04
Piperonyl butoxyde	dioxoles	Insecticide	7	1	14,30%	0,4	0,4
Propyzamide	benzamides	herbicide	7	1	14,30%	0,02	0,02
Simazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,02	0,02
Triclopyr	dérivés de l'acidepyridyloxyacétique	herbicide	7	2	28,60%	0,02	0,02

*Molécule non autorisée

Figure 20 : Molécules quantifiées au moins une fois sur la Loire (2 stations)

Entre 2001 et 2012, 18 molécules ont été détectées et quantifiées sur le Loiret (1 station de mesure). La moitié des molécules quantifiées n'a été quantifiée qu'une seule fois sur cette période de temps. Les molécules les plus détectées et quantifiées sont : l'AMPA, le chlortoluron, le diuron, le glyphosate, l'isoproturon et l'oxadiazon. Par ailleurs, l'aldicarbe sulfoné et le diméthomorphe ont été quantifiés à des concentrations dépassant largement les 0,2 µg/L (0,56 µg/L et 0,98 µg/L). Ces prélèvements avaient été effectués respectivement en octobre et en juin.

Molécules	Famille	Usage	Nb d'analyses	Nb d'analyses quantifiées	Taux de quantification	[C moy] µg/L	[C max] µg/L	Date [C max]
2-hydroxy atrazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,03	0,03	2012-04
Aldicarbe sulfoné*	carbamates	Insecticide nématocide	12	1	8,30%	0,56	0,56	2009-10
AMPA	Amino Phosphanates	herbicide	21	12	57,10%	0,12	0,218	2012-04
Anthraquinone	HAP	répulsif	3	1	33,30%	0,13	0,13	2007-02
Atrazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,03	0,03	2011-06
Atrazine déisopropyl*	triazines	herbicide	14	2	14,30%	0,03	0,03	2011-06
Atrazine déséthyl*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,05	0,08	2011-06
Chlortoluron	urées substituées	herbicide	24	5	20,80%	0,12	0,45	2010-12
Diméthomorphe	dérivés de l'acide cinnamique	fongicide	7	1	14,30%	0,98	0,98	2011-06
Diuron*	urées substituées	herbicide	19	5	26,30%	0,02	0,031	2007-06
Glufosinate*	acide aminé	herbicide	7	1	14,30%	0,14	0,14	2010-12
Glyphosate	Amino Phosphanates	herbicide	21	6	28,60%	0,14	0,27	2010-12
Isoproturon	urées substituées	herbicide	38	4	10,50%	0,08	0,148	2007-12
Oxadiazon	Oxadiazolones	herbicide	17	4	23,50%	0,02	0,03	2011-12
Pendiméthaline	toluidines	herbicide	7	1	14,30%	0,02	0,02	2011-04
Propyzamide	benzamides	herbicide	3	2	66,70%	0,1	0,14	2007-01
Simazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,03	0,03	2010-06
Terbuthylazine*	triazines	herbicide	7	1	14,30%	0,08	0,08	2011-06

*Molécule non autorisée

Figure 21 : Molécules quantifiées au moins une fois sur le Loiret (1 station)

Le Dhuy est, à priori, le cours d'eau le plus contaminé aux produits phytosanitaires. A noter que le Dhuy dispose de 3 stations avec analyses contre 2 pour la Loire et 1 seule station pour le Loiret. Près de 80 molécules différentes ont été quantifiées entre 2001 et 2012 sur les 4 stations. Une vingtaine de molécules a été quantifiée plus de 10 fois sur cette période. Les molécules présentes le plus souvent sont : l'alachlore, l'AMPA, l'atrazine, le diflufenicanil, le diuron, l'hexachlorocyclohexane gamma et l'oxadiazon. De plus, parmi ces molécules plusieurs ont des concentrations moyennes supérieures à 0,1 µg/L (alachlore, AMPA, atrazine, diuron). La présence d'atrazine sur le Dhuy est principalement liée à des prélèvements antérieurs à 2003 (date de son interdiction en France). Néanmoins, en 2007 des pics d'atrazine allant jusqu'à 0,35 µg/L ont été relevés en automne et au printemps et des teneurs autour de 0,1 µg/L ont été mises en évidence encore en 2009 et 2010. Ce phénomène s'observe couramment et s'explique par le stockage important de la molécule dans le sol et sa durée de vie.

Molécules	Famille	Usage	Nbr d'analyses	Nb d'analyses quantifiées	Taux de quantification	[C moy] µg/L	[C max] µg/L
2,4-MCPA	aryloxy-acétiques	Herbicide hormoné	10	3	30,00%	0,18	0,39
2,4-D	aryloxy-acétiques	herbicide	5	4	80,00%	0,42	0,64
2-hydroxy atrazine*	triazines	herbicide	23	20	87,00%	0,09	0,4
Acétochlore*	chloroacetanilide	herbicide	15	12	80,00%	0,07	0,15

Aclonifène	diphényl-éther	herbicide	1	1	100,00%	0,05	0,27
Alachlore*	amides	herbicide	64	54	84,40%	0,24	0,05
Aldicarbe*	carbammates	Insecticide nématocide	12	1	8,30%	0,07	2,3
Aminotriazole	triazoles	herbicide	26	18	69,20%	0,59	0,07
AMPA	Amino Phosphanates	herbicide	75	69	92,00%	1,56	1,9
Anthraquinone	HAP	répulsif	3	2	66,70%	0,05	8,1
Atrazine*	triazines	herbicide	73	48	65,80%	0,26	0,05
Atrazine déisopropyl*	triazines	herbicide	22	22	100,00%	0,1	1,25
Atrazine déséthyl*	triazines	herbicide	4	3	75,00%	0,13	0,15
Azoxystrobine	strobilurines	fongicide	4	4	100,00%	0,33	0,34
Bentazone	thiadiazinone	herbicide	20	13	65,00%	0,14	0,9
Bromacil*	uraciles	herbicide	2	2	100,00%	0,45	0,4
1-(3,4-dichlorophenyl)-3-méthyl-uree	Urées substituées	herbicide	23	17	73,90%	0,15	0,75
Carbaryl*	carbammates	insecticide	4	4	100,00%	0,11	0,17
Carbendazime*	carbammates	fongicide	10	6	60,00%	0,1	0,26
Carbétamide	carbammates	herbicide	9	6	66,70%	0,36	1,19
Carbofuran*	carbammates	insecticide	21	20	95,20%	0,15	0,38
Chlortoluron	urées substituées	herbicide	32	17	53,10%	0,92	11,3
Clopyralide	pyridine	herbicide	9	7	77,80%	0,12	0,23
Cyproconazole	triazoles	fongicide	3	3	100,00%	0,05	0,05
Cyprodinil	phénylaminopyrimidine	fongicide	7	1	14,30%	0,02	0,03
Desméthylisoproturon	Urées substituées	herbicide	8	2	25,00%	0,09	0,11
Dicamba	acide benzoïque	herbicide	3	2	66,70%	0,18	0,28
Dichlobenil*	benzonitriles	herbicide	5	5	100,00%	0,24	0,43
Dichlorprop	dérivés aryloxy-propioniques	herbicide	2	1	50,00%	0,07	0,07
Diflufenicanil	phénoxynicotinanilide	herbicide	64	56	87,50%	0,08	0,53
Diméchllore	chloroacetanilide	herbicide	8	2	25,00%	0,07	0,08
Diméthomorphe	dérivés de l'acide cinnamique	fongicide	4	1	25,00%	0,76	0,76
Diuron*	urées substituées	herbicide	95	59	62,10%	0,26	2
Epoxiconazole	triazoles	fongicide	1	1	100,00%	0,1	0,1
Ethofumésate	benzofurannes	herbicide	14	2	14,30%	0,12	0,21
Ethylenthiouree	Dithiocarbammates	fongicide	7	2	28,60%	0,06	0,094
Fenpropidine	morpholines	fongicide	2	1	50,00%	0,05	0,05
Fluquinconazole	triazoles	fongicide	1	1	100,00%	0,06	0,06
Flurochloridone	pyrrolidone	herbicide	4	4	100,00%	0,06	0,07
Flusilazole*	triazoles	fongicide	1	1	100,00%	0,1	0,1
Glufosinate*	acide aminé	herbicide	7	1	14,30%	0,34	0,34
Glyphosate	Amino Phosphanates	herbicide	7	1	14,30%	0,6	2,4
Hexachlorocyclohexane gamma	organochlorés	insecticide	79	68	86,10%	0,03	0,03
Hexaconazole*	triazoles	fongicide	1	1	100,00%	0,59	0,59
Hydroxyterbutylazine	triazines		2	1	50,00%	0,05	0,13
Imidaclopride	néonicotinoïdes	insecticide	26	15	57,70%	0,24	0,24

Isoproturon	urées substituées	herbicide	7	1	14,30%	0,14	0,83
Isoxaben	benzamides	herbicide	50	17	34,00%	0,27	1,4
Lénacile	uraciles	herbicide	14	14	100,00%	0,03	0,04
Linuron	urées substituées	herbicide	7	2	28,60%	0,03	0,028
Mécoprop	aryloxy-propioniques	herbicide	12	1	8,30%	0,18	0,34
Métaldéhyde	Cyclo-octanes	molluscicide	6	5	83,30%	0,22	0,89
Métazachlore	chloroacétamides	herbicide	25	18	72,00%	0,03	0,03
Methanal*	aldéhydes	insecticide	8	2	25,00%	51,2	51,2
Métobromuron*	urées substituées	herbicide	1	1	100,00%	0,11	0,11
Métolachlore*	acétanilides	herbicide	40	24	60,00%	0,1	0,37
Métoxuron	urées substituées	herbicide	1	1	100,00%	0,11	0,11
Métribuzine	triazinones	herbicide	2	2	100,00%	0,1	0,13
Monuron	urées substituées	herbicide	2	2	100,00%	0,03	0,03
Napropamide	amides	herbicide	2	2	100,00%	0,06	0,07
Néburon*	urées substituées	herbicide	1	1	100,00%	0,22	0,22
Nicosulfuron	sulfonylurées	herbicide	11	3	27,30%	0,08	0,18
Oxadiazon	Oxadiazolones	herbicide	65	59	90,80%	0,41	1,7
Oxadixyl*	oxazolidinones	herbicide	33	30	90,90%	0,14	0,66
Pendiméthaline	toluidines	herbicide	4	2	50,00%	0,05	0,07
Prochloraz	imidazoles	fongicide	2	1	50,00%	0,02	0,02
Procymidone	dicarboximides	fongicide	1	1	100,00%	0,08	0,08
Propyzamide	benzamides	herbicide	14	8	57,10%	0,06	0,14
Prosulfocarbe	thiocarbamates	herbicide	7	1	14,30%	0,09	0,09
Simazine*	triazines	herbicide	29	12	41,40%	0,06	0,17
Simazine-hydroxy*	triazines	herbicide	13	11	84,60%	0,13	0,22
Tébuconazole	triazoles	fongicide	1	1	100,00%	0,14	0,14
Tébutame*	benzamide	herbicide	3	3	100,00%	0,02	0,03
Terbuthylazine*	triazines	herbicide	10	4	40,00%	0,04	0,1
Terbuthylazine désethyl*	triazines	herbicide	11	9	81,80%	0,03	0,06
Terbutryne*	triazines	herbicide	1	1	100,00%	0,03	0,03
Thifensulfuron méthyl	sulfonylurées	herbicide	3	1	33,30%	0,2	0,2
Triclopyr	dérivés de l'acide pyridyloxyacétique	herbicide	10	5	50,00%	0,2	0,44
Trifluraline*	toluidines	herbicide	17	6	35,30%	0,44	2,515

*Molécule non autorisée

Figure 22 : Molécules quantifiées au moins une fois sur le Dhuy (3 stations)

Analyses supérieures à 0,1µg/L

Tableau 8 : Nombre d'analyses supérieures à 0,1 µg/L par station

Stations de suivi	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
LOIRE à JARGEAU						7	1	1	1			5
LOIRE à MEUNG-SUR-LOIRE								5	1		6	
LOIRET à SAINT-HILAIRE-SAINTE-MESMIN							3		1	6	6	1
Bras de Bou (GREPPES)	12	35	46	32	28	33	59					
DHUY à ORLEANS St-Cyr-en-Val						1						
DHUY à SANDILLON							7		3	13	16	5
Dhuy – Pont Gobson (GREPPES)	18	26	34	21	25	27	37	18	28			
Dhuy – St Cyr-en-Val (GREPPES)	15	20	35	14	21	16	29	12				

Les résultats sur le nombre de dépassement par an indiquent que le Dhuy est le cours d'eau présentant le plus de dépassements. Sur les stations suivies par le GREPPES, il semblerait que le nombre de dépassement des 0,1 µg/L soient en augmentation sur la période 2001-2007.

Sur les 3 dernières années, le nombre de dépassement est en forte diminution. Cependant, il est difficile de conclure car à partir de 2010 le nombre de station de suivi avec des analyses pesticides se réduit fortement (une seule station persiste sur le Dhuy).

Sur la Loire, 9 molécules sont à l'origine d'analyses supérieures à 0,1 µg/L sur les 5 dernières années où nous disposons de données (2008-2012). L'AMPA est responsable de plusieurs dépassements chaque année.

Tableau 9 : Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur la Loire (toutes stations confondues) sur les 5 dernières années

Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur la LOIRE	2008	2009	2011	2012
Aldicarbe sulfoné*		1		
Aminotriazole	1			
AMPA (molécule de dégradation du Glyphosate)	3	1	3	4
AZOXYSTROBINE			1	
Chlortoluron			1	

Diflufenicanil				1
Isoproturon			1	
Néburon*	1			
Piperonyl butoxyde	1			
Nombre de dépassement par an	6	2	6	5

*Molécule non autorisée

Sur le Loiret, 6 molécules sont à l'origine d'analyses dépassant les 0,1 µg/L sur les 5 dernières années (2008-2012). L'AMPA semble être retrouvée régulièrement à des concentrations élevées (4 analyses supérieures à 0,1 µg/L en 2011).

Tableau 10 : Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur le Loiret sur les 4 dernières années

Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur le LOIRET	2009	2010	2011	2012
Aldicarbe sulfoné*	1			
AMPA (molécule de dégradation du Glyphosate)		2	4	1
Chlortoluron		1		
Diméthomorphe			1	
Glufosinate*		1		
Glyphosate		2	1	
Nombre de dépassement par an	1	6	6	1

*Molécule non autorisée en France

Sur le Dhuy, 30 molécules différentes sont responsables d'analyses dépassant les 0,1 µg/L. En 2012, seule l'AMPA est responsable de dépassement avec 5 prélèvements dépassant les 0,1 µg/L. En outre, chaque année cette molécule est à l'origine de dépassements. La molécule du glyphosate est également à l'origine de dépassement réguliers au cours des 5 dernières années. A noter, que le diuron est retrouvé en 2011 à des concentrations supérieures à 0,1 µg/L alors qu'elle est interdite depuis 2008. Ceci peut être signe d'un relargage des sols.

Tableau 11 : Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur le Dhuy sur les 5 dernières années

Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur le DHUY	2008	2009	2010	2011	2012
2,4-MCPA	1				
2-hydroxy atrazine* (molécule de dégradation de l'atrazine)		1			
Acétochlore*	1				
Aminotriazole	1				
AMPA (molécule de dégradation du Glyphosate)	4	4	7	7	5
Atrazine*		1			
AZOXYSTROBINE	1	1			
Carbendazime*	1				
Carbofuran*	1				
Chlortoluron			1	2	
Clopyralide	1	1			
Dicamba		1			
Dichlobenil*	1	2			
Diflufenicanil	2				
Diméthomorphe		1			
Diuron*	2			1	
Ethofumésate				1	
Glufosinate*			1		
Glyphosate	4	4	2	2	
HYDROXYTERBUTHYLAZINE			1		
Imidaclopride				1	
Isoproturon		2	1	1	
Isoxaben	1	3			
Mécoprop		1			
Métaldéhyde	1				
Methanal*				1	
Métolachlore*	3	2			
Nicosulfuron		1			
Oxadiazon	3	2			
Simazine-hydroxy* (molécule de dégradation de la simazine)	2	3			
Thifensulfuron méthyl*		1			
Nombre de dépassement par an	30	31	13	16	5

*Molécule non autorisée en France

Molécules les plus fréquemment retrouvées

Le tableau ci-dessous reprend la liste des 20 molécules retrouvées le plus fréquemment dans les cours d'eau étudiés. On constate que les molécules les plus quantifiées le sont avec des concentrations moyennes relativement élevées, dépassant pour la plupart 0,1 µg/L. L'AMPA, métabolite du glyphosate, est la molécule la plus quantifiée et avec des concentrations non négligeables (en moyenne 1,18 µg/L).

Étiquettes de lignes	Nb d'analyses quantifiées	[C µg/L] moyenne	[C µg/L] maximum
AMPA	119	1,18	8.1
Diuron (non autorisée)	103	0,43	5.6
Glyphosate	102	0,84	11.6
Oxadiazon	91	0,49	2.1
Diflufenicanil	80	0,07	0.53
Atrazine (non autorisée)	64	0,22	1.25
Alachlore (non autorisée)	59	0,22	2.3
Oxadixyl (non autorisée)	53	0,45	3.4
Aminotriazole	35	1,44	5.7
Atrazine déséthyl (molécule de dégradation de l'atrazine, non autorisée)	34	0,10	0.34
Métaldéhyde	33	0,22	0.99
1-(3,4-dichlorophenyl)-3-methyl-uree	31	0,22	1.01
Simazine (non autorisée)	31	0,19	1.4
Isoproturon	28	0,13	0.83
Métolachlore (non autorisée)	28	0,10	0.37
2-hydroxy atrazine (molécule de dégradation de l'atrazine, non autorisée)	24	0,08	0.15
Chlortoluron	24	0,69	11.3
Carbofuran (non autorisée)	23	0,15	0.38
AZOXYSTROBINE	22	0,24	0.9
Propyzamide	22	0,21	1.2

Figure 23 : 20 molécules les plus quantifiées sur le SAGE toutes stations confondues

Molécules responsables d'une contamination aigue

Sur la période 2001-2012, 8 molécules sont responsables de contaminations aiguës avec de teneurs supérieures à 5 µg/L. Il s'agit principalement de l'AMPA et de l'aminotriazole, deux herbicides. Les contaminations aiguës à l'aminotriazole concernent le Bras de Bou, affluent du Loiret, tandis que les contaminations à l'AMPA concernent le Dhuy (à Gobson et Saint Cyr-en-Val). Ces contaminations aiguës concernent principalement le Bras de Bou. Le reste concerne des prélèvements effectués sur le Dhuy.

Molécule	[C µg/L] maximale quantifiée	Nb de prélèvements >5µg/l
Aminotriazole	5,7	3
AMPA	8,1	3
Bromacil (non autorisée)	5,6	1
Chlortoluron	11,3	1
Diuron (non autorisée)	5,6	1
Glyphosate	11,6	2
Methanal (non autorisée)	51,2	1
Oxydéméton-méthyl (non autorisée)	19,5	1

Figure 24 : 8 molécules responsables de contaminations aiguës (> 5µg/L)

Zoom sur 7 molécules à quantification récurrente

L'évolution des concentrations annuelles et mensuelles a été étudiée pour 7 molécules : l'alachlore, l'AMPA, l'atrazine, le diuron, le glyphosate et l'oxadiazon. Notons que l'atrazine est interdite depuis 2003 et le diuron depuis 2008. L'année 2006 correspond à la mise en place du réseau de suivi DCE, ce qui explique que pour plusieurs stations des données n'apparaissent qu'à partir de 2007.

La Loire

Sur la Loire (à Jargeau et Meung-sur-Loire) 6 des 7 molécules ont été au moins quantifiées une fois depuis 2005. L'atrazine n'est retrouvé qu'en septembre 2006 à des concentrations relativement faibles. Le glyphosate n'est retrouvé qu'en 2011 mais son produit de dégradation l'AMPA est retrouvé en 2006, 2008, 2009 et 2011. Par ailleurs, les concentrations en AMPA sont toujours supérieures à 0,1 µg/L L'AMPA et le diuron sont les molécules les plus présentes. Elles sont détectées la plupart des mois de l'année avec une augmentation des concentrations entre avril et juin et en septembre qui correspondent aux périodes de désherbage de printemps et de début d'automne. Par ailleurs, après 2008, date de son interdiction, le diuron n'a plus été retrouvé dans les eaux de la Loire.

Loire à Jargeau

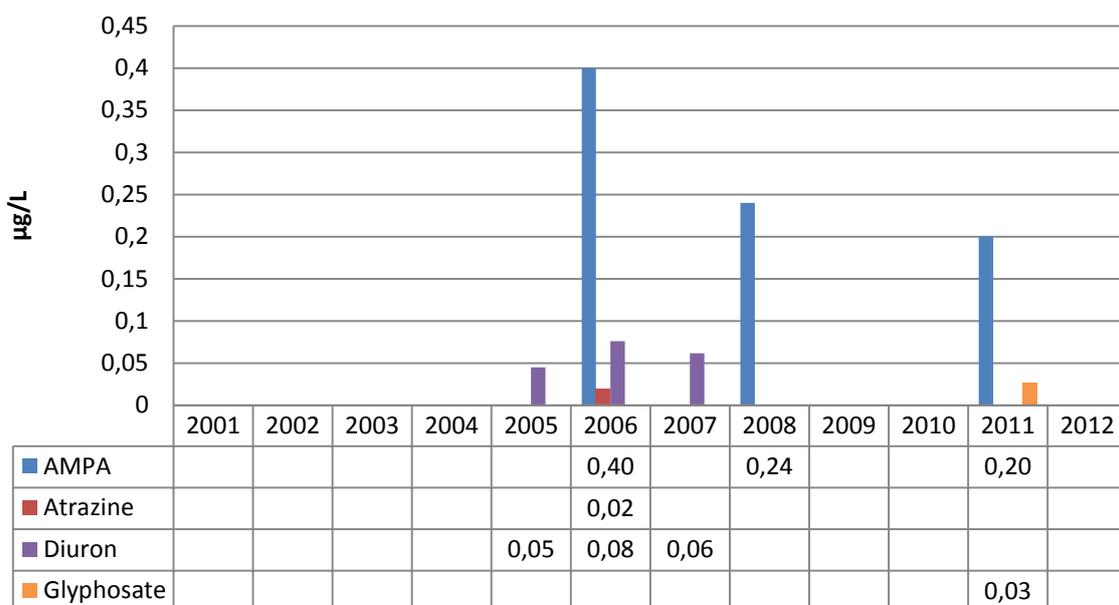


Figure 25: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loire à Jargeau entre 2001 et 2012

Loire à Meung-sur-loire

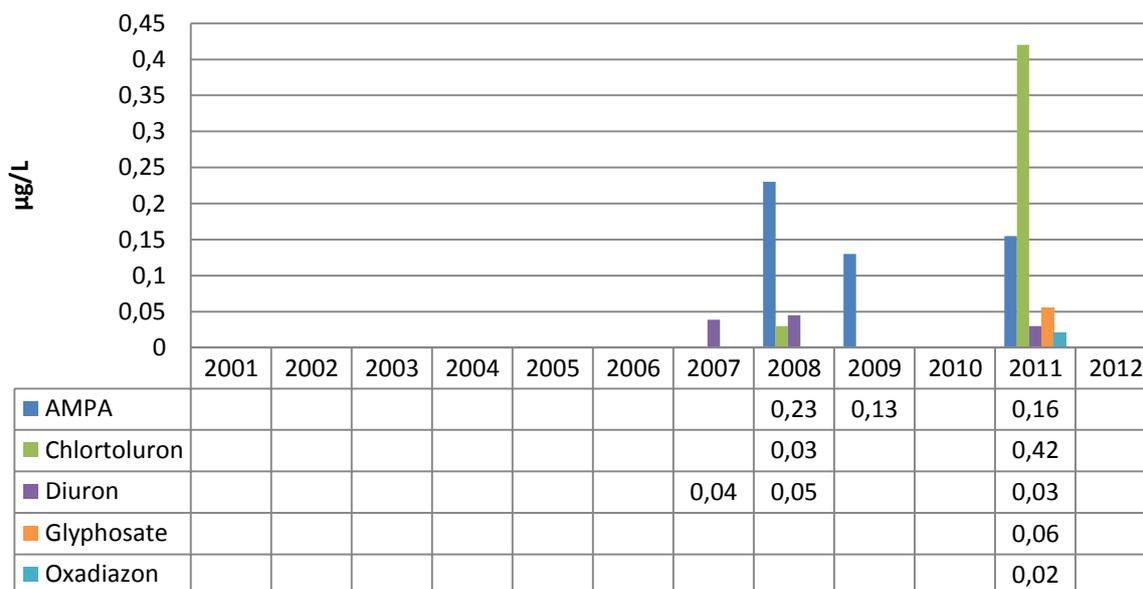


Figure 26: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loire à Meung-sur-loire entre 2001 et 2012

La Loire (2 stations)

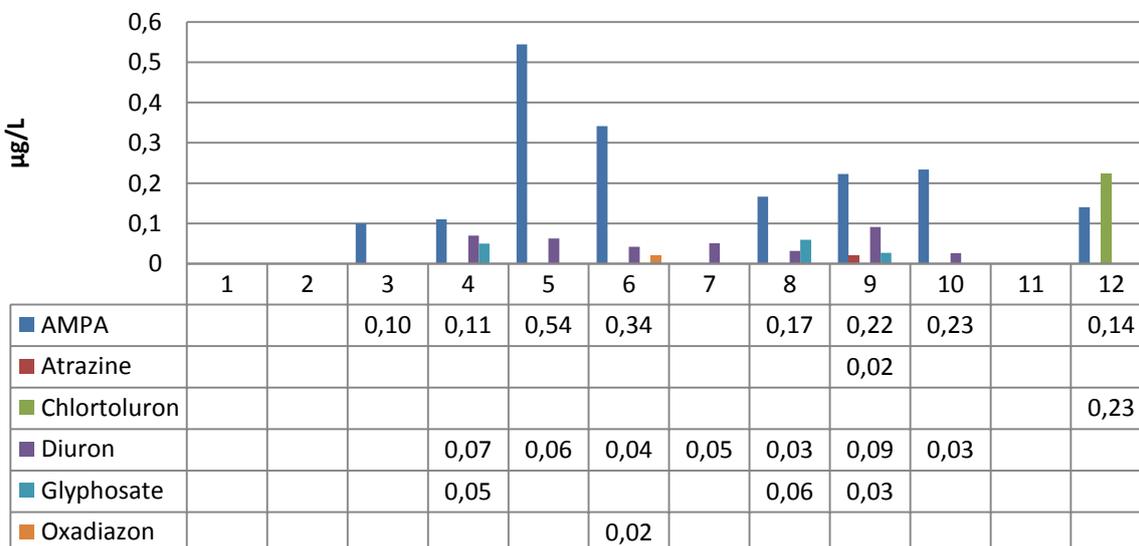


Figure 27 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 2 stations de la Loire entre 2001 et 2012

Le Loiret et son affluent le Bras de Bou

Sur le Loiret à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin des recherches, de pesticides ont été réalisées qu'à partir de 2007. En revanche, sur son affluent le bras de Bou les analyses de pesticides s'arrêtent en 2007 (station GREPPES). Sur le

Loiret, toutes les molécules sauf l'alachlore ont été détectées de 2007 à 2012. Sur son affluent le bras de Bou, toutes les molécules ont été détectées au moins une fois en dehors du chlortoluron entre 2001 et 2007.

L'AMPA est une des molécules les plus présentes à la fois au printemps et à l'automne sur le Loiret. Le glyphosate est également présent parfois à des concentrations supérieures à 0,1 µg/L (mai, octobre, décembre). L'atrazine a été détectée sur le Loiret en juin 2011 à une concentration de 0,03 µg/L malgré son interdiction. Les urées substituées (chlortoluron, diuron) sont détectées généralement à des concentrations inférieures à 0,1 µg/L. On notera tout de même une contamination aigue au chlortoluron en 2010 (0,45 µg/L mesuré lors d'une analyse de décembre 2011).

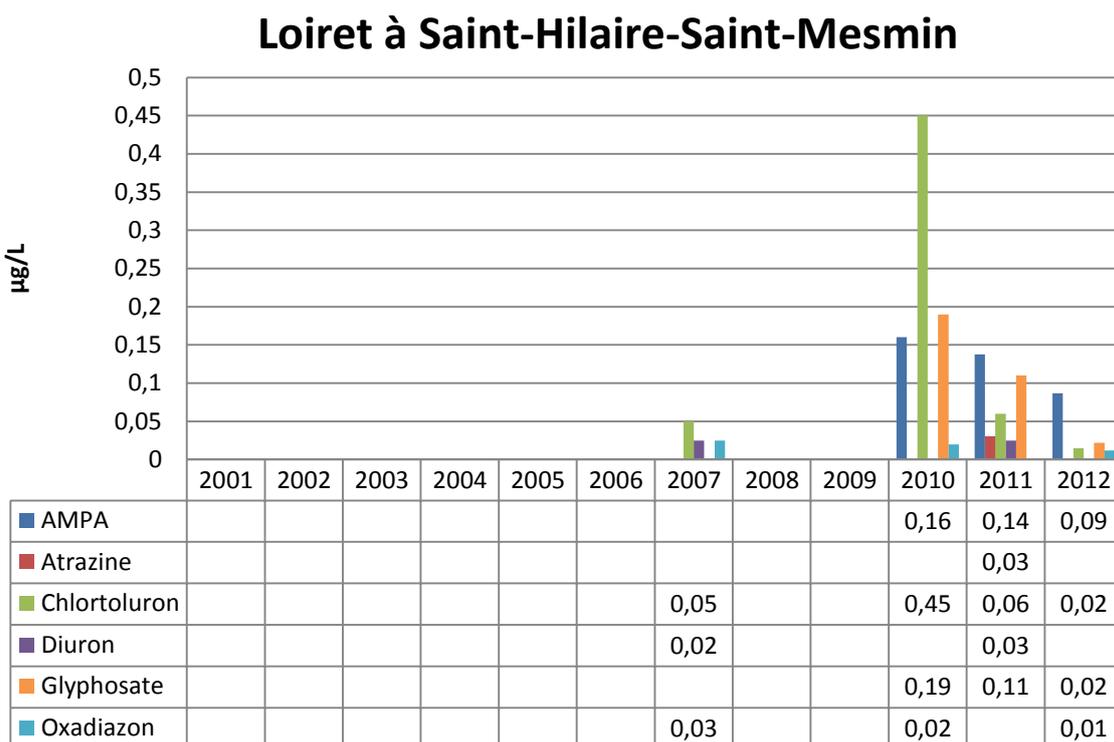


Figure 28: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loiret à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin entre 2001 et 2012

Le Loiret (1 station)

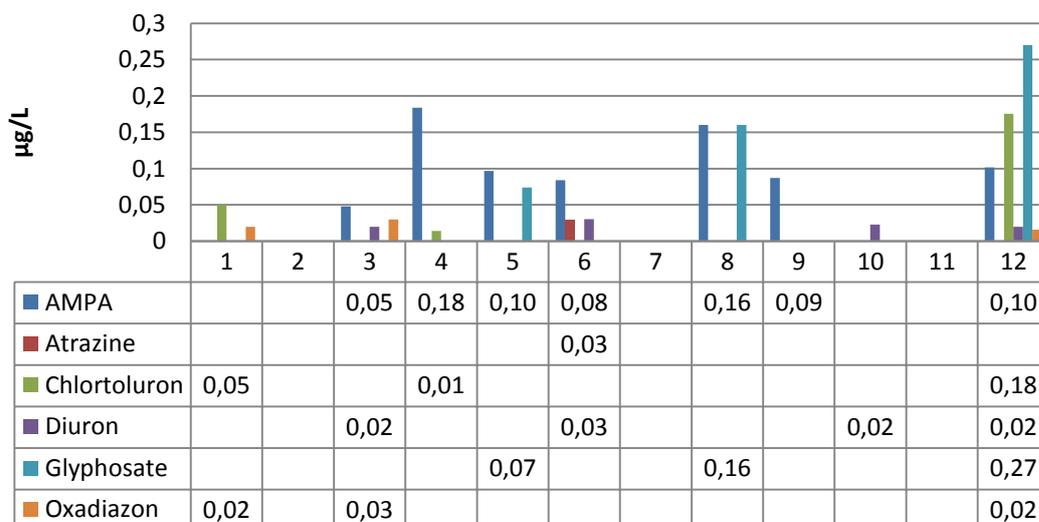


Figure 29: Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station du loiret entre 2001 et 2012

Sur le Bras du Bou, les pesticides sont détectés essentiellement entre mai et septembre avec des concentrations particulièrement élevée en septembre probablement en lien avec les premières pluies en fin d'été. Les concentrations des analyses sur les 6 molécules détectées sont généralement plus élevées que sur le Loiret, très certainement du fait du contexte plus agricole autour du Bras de Bou. Les teneurs en glyphosate sont en moyenne assez élevées (> 0,5 µg/L) et sont probablement le résultat du lessivage direct des molécules épandues au champ. En effet, sur la Loire et le Loiret c'est la molécule de dégradation, l'AMPA, qui est retrouvée préférentiellement. Sur la période où les analyses ont été faites (2001-2007), l'ensemble des molécules a au moins été détecté une fois dans chaque année.

Le Bras de Bou

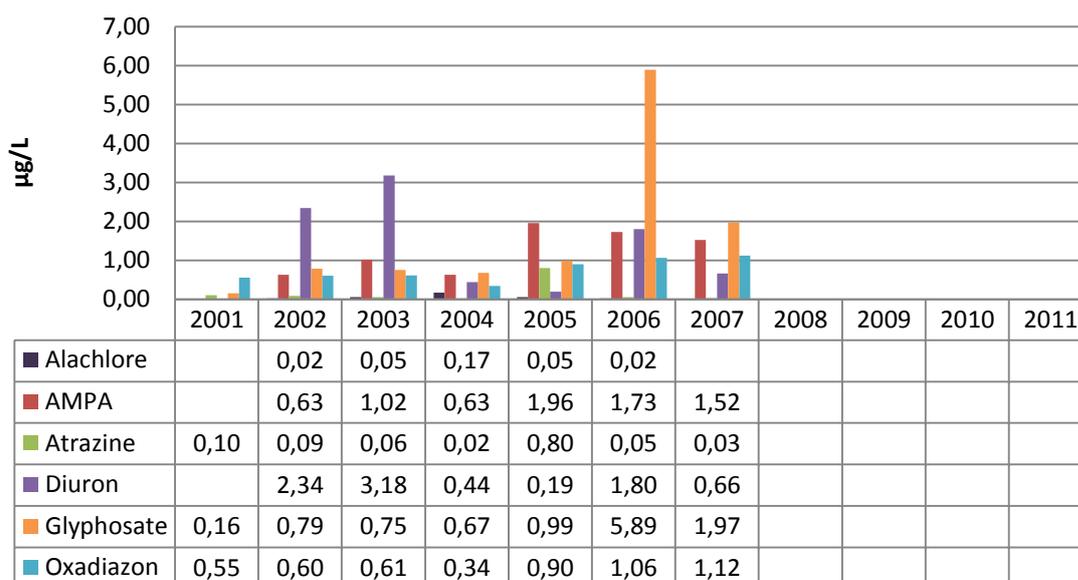


Figure 30: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station Le Bras de Bou entre 2001 et 2012

Le Bras de Bou

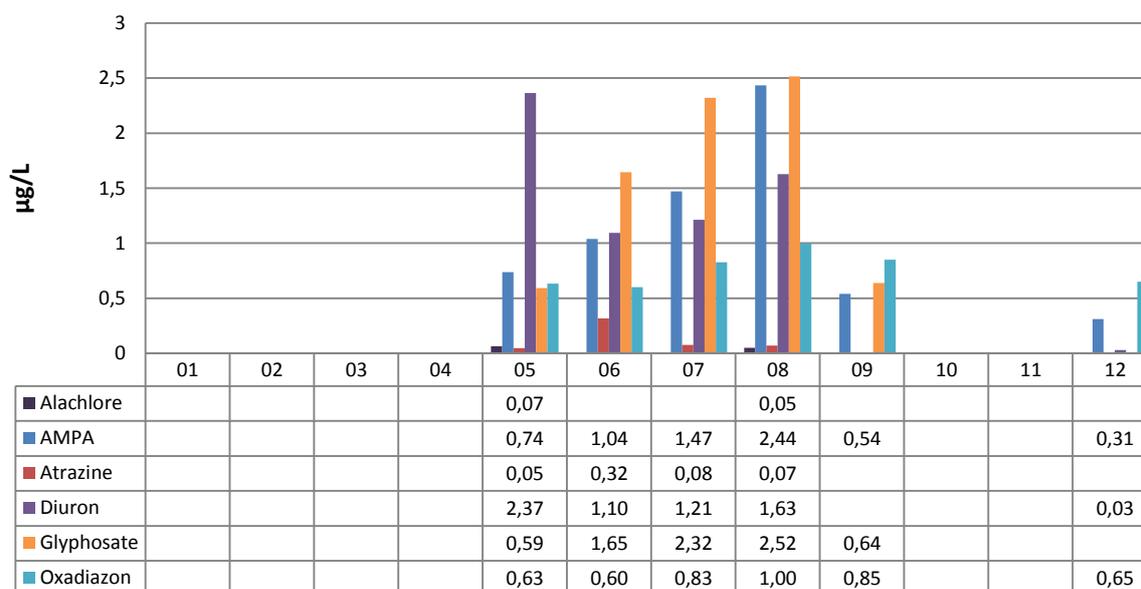


Figure 31 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station le Bras de Bou entre 2001 et 2012

Le Dhuy

Trois stations sur le Dhuy ont réalisé des analyses pesticides entre 2001 et 2012. Les deux stations du réseau GREPPES (Dhuy à Saint-Cyr-en-Val et Gobson) ont des analyses pesticides qui s'arrêtent en 2008 ou 2009. Sur le Dhuy à Sandillon les analyses ont commencé en 2007 (aucune analyse n'a été faite en 2008).

Sur le Dhuy à Gobson et Saint-Cyr-en-Val entre 2002 et 2008 toutes les molécules en dehors du chlortoluron ont été détectées au moins un fois par an. Par ailleurs, la plupart des molécules sont détectées entre mai et septembre avec des pics de concentration en juillet et août. En revanche, sur la station aval du Dhuy à Sandillon on retrouve la plupart des molécules sur l'ensemble de l'année avec des pointes en mai, juin et août, septembre. Le chlortoluron est une molécule détectée à des concentrations relativement faibles sur le Dhuy à Gobson et Saint-Cyr-en-Val. En revanche, cette molécule est responsable d'une contamination aigue en décembre 2010 et 2011 sur la station de Sandillon. On retrouve d'ailleurs cette molécule encore en aval sur la station du Loiret ces mêmes années. L'AMPA est une molécule que l'on retrouve à la fois de nombreux mois par an et à des concentrations parfois très élevées (jusqu'à 4,3 µg/L). Concernant, le diuron, on retrouve cette molécule dans les eaux de Dhuy après 2008 bien que les concentrations soient relativement faibles. Il s'agit probablement d'une libération progressive des stocks de matière active dans les sols. En revanche, l'atrazine est encore retrouvée à des concentrations supérieures à 0,1 µg/L près de 5 ans après son interdiction.

Le Dhuy à Sandillon

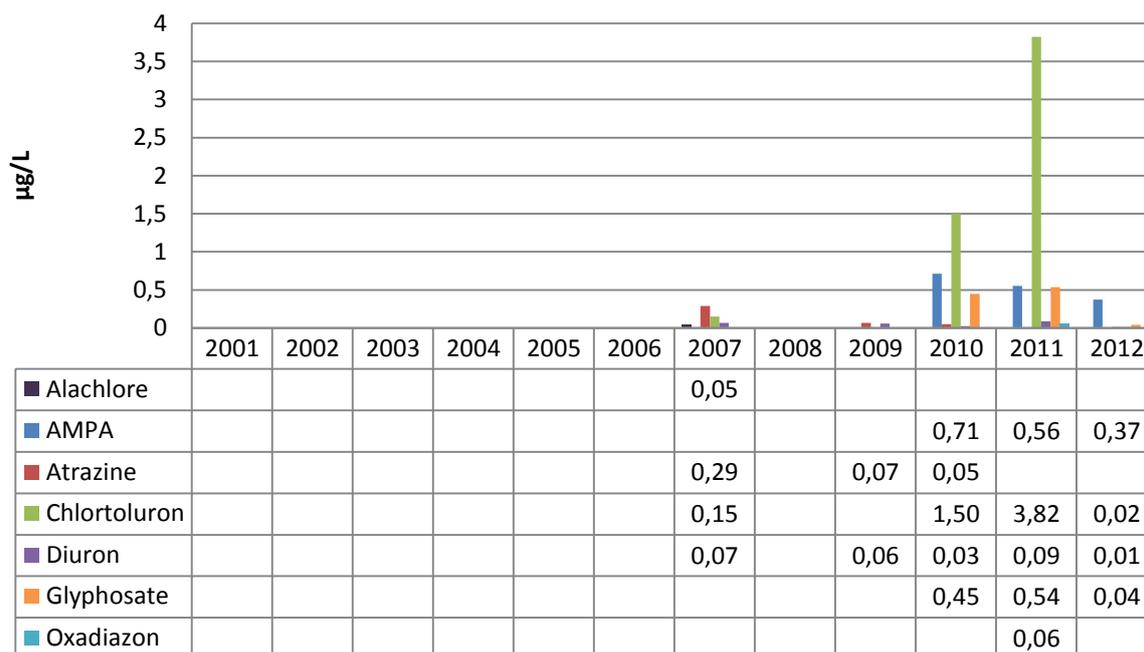


Figure 32: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Sandillon entre 2001 et 2012

Dhuy à Sandillon

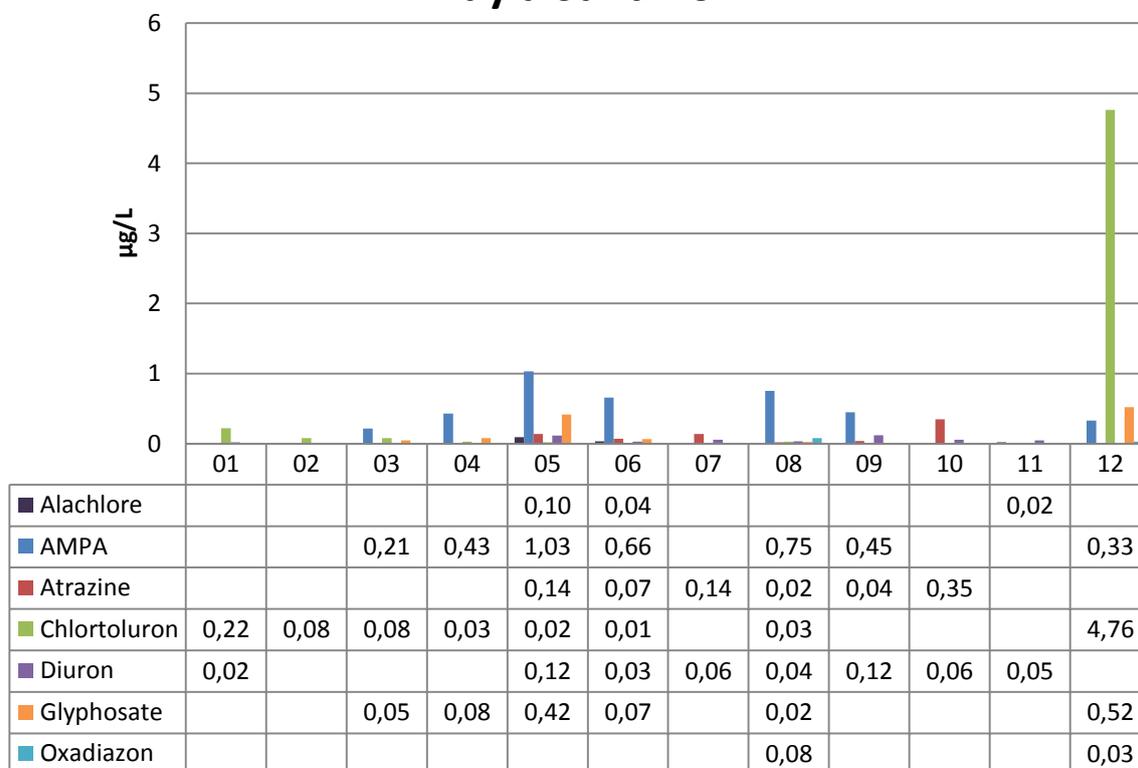


Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Sandillon entre 2001 et 2012

Le Dhuy à Gobson

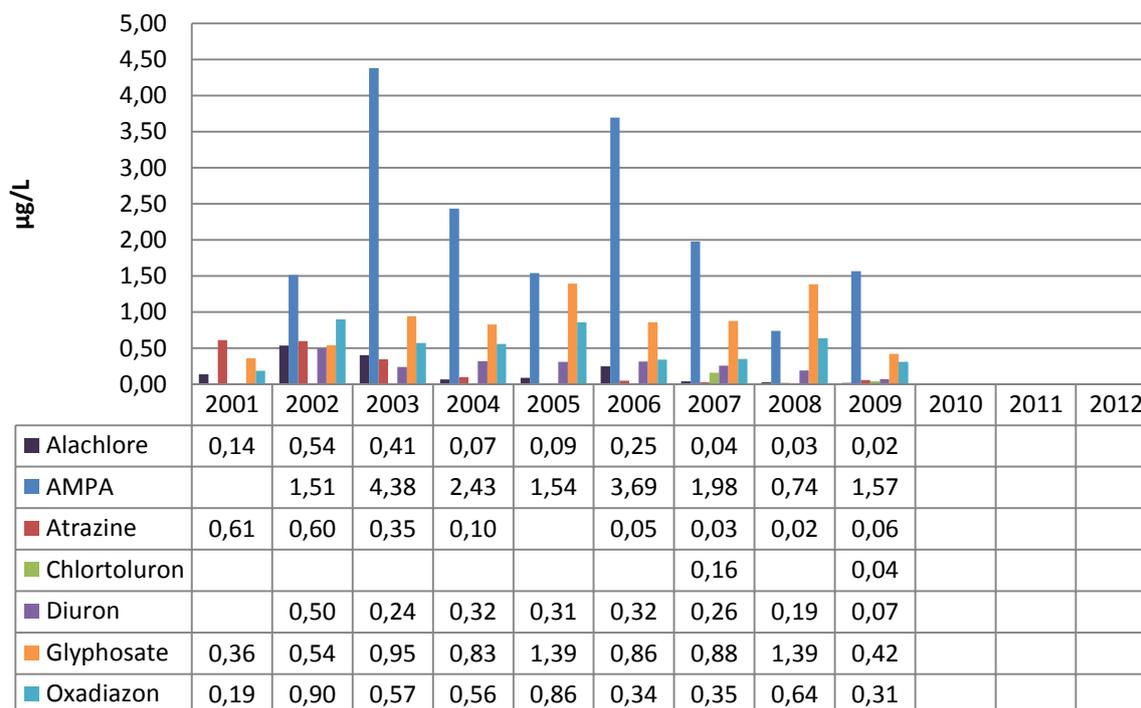


Figure 34 : Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Gobson entre 2001 et 2012

Dhuy à Gobson

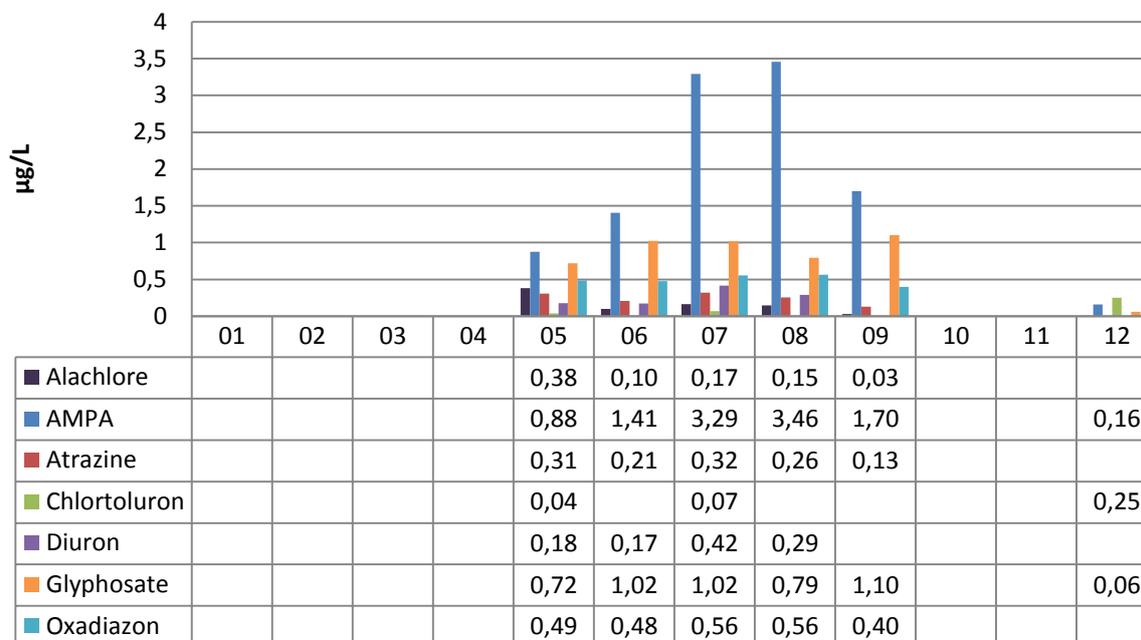


Figure 35 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Gobson entre 2001 et 2012

Le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val

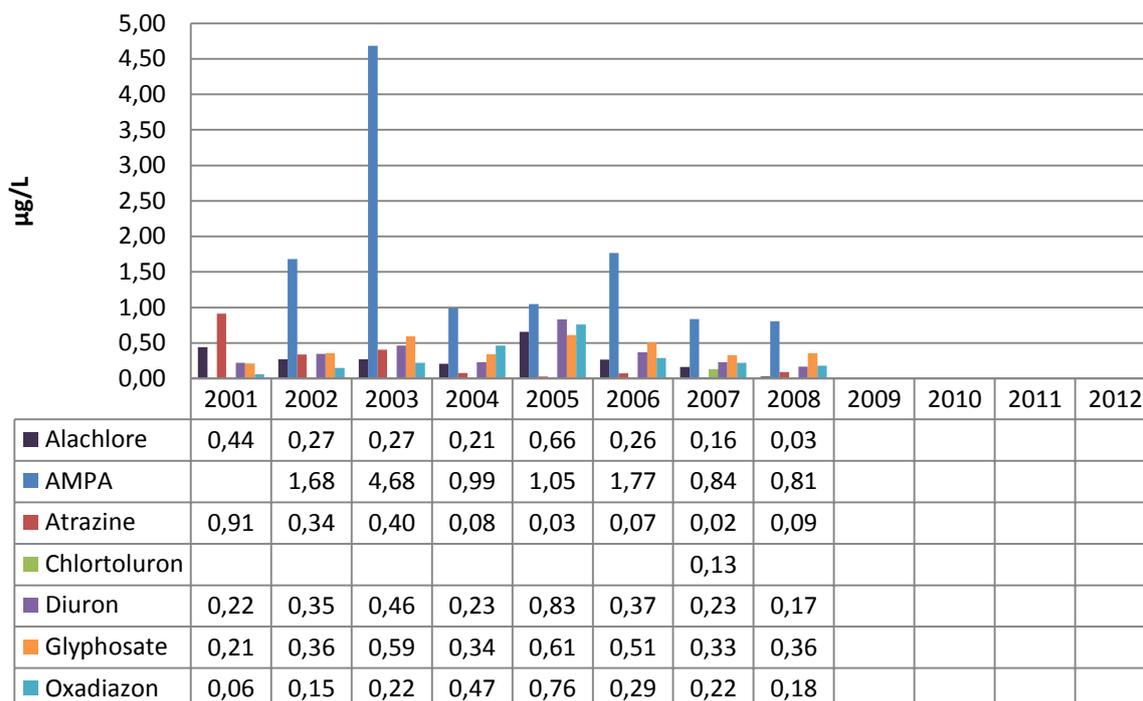


Figure 36: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val entre 2001 et 2012

Dhuy à Saint-Cyr-en-Val

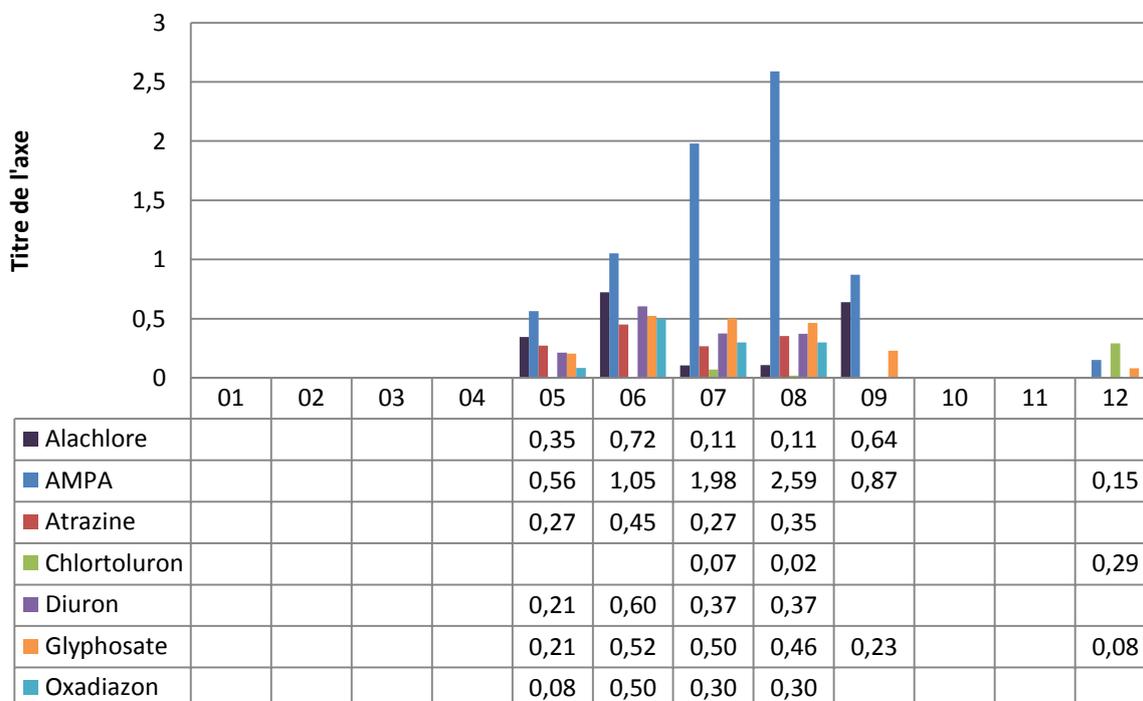


Figure 37 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val entre 2001 et 2012

C) QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

RESEAUX ET STATIONS DE MESURE DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES

La banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) rassemble des données qualitatives et piézométriques sur les eaux souterraines. Les données qualité ont deux origines :

- le **réseau national de suivi qualitatif des eaux souterraines** dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne,
- le **réseau national de surveillance du contrôle sanitaire sur les eaux brutes** : il s'agit des données du contrôle des DDASS (aujourd'hui Agence Régionale de Santé) sur la qualité des eaux souterraines captées pour la production d'eau potable. Ces données alimentent la base de données SISE-Eaux (système d'information en santé-environnement sur les eaux d'alimentation) du ministère chargé de la santé.

35 stations de mesures de la qualité des eaux souterraines sont implantées sur le territoire du SAGE pour la période 2001 – 2012. Une partie de ces stations s'est vue écartée car elles n'apportent pas d'informations intéressantes (données hors période d'étude, piézomètre sans données qualité...). Au final, 27 stations ont été prises en compte pour l'analyse de la qualité des eaux souterraines. Le détail des suivis effectués sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Code Station (BSS)	Usage	Commune	Aquifère capté	Nbr de prélèvements	Fréquence d'analyses	Nbr d'analyse	Nbr paramètres analysés	de
03981X0005/FAEP	AEP	Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	Calcaires de Beauce	7	1 par an	629	16 à 132 par an	
03981X0265/P4AEP	AEP	Olivet	Calcaires de Beauce	9	1 à 2 par an	726	49 à 132 par an	
03982X0006/F	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	31	1 à 6 par an	2954	75 à 133 par an	
03982X0007/P	AEP	Olivet	Calcaires de Beauce	31	1 à 5 par an	2924	73 à 155 par an	
03982X0009/P	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	27	1 à 5 par an	2587	73 à 133 par an	
03982X0413/FAEP	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	6	1 par an	630	50 à 132 par an	
03982X0440/F4AEP	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	18	1 à 2 par an	1880	67 à 147 par an	
03982X0442/F1AEP	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	18	1 à 2 par an	1872	67 à 148 par an	
03982X0890/PZ1	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	4	1 à 2 par an	227	53 à 69 par an	
03982X0891/PZ2	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	3	1 à 2 par an	157	52 à 55 par an	
03982X0945/PZALL1	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	1	1 par an	68	68 par an	
03982X0946/PZCP	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	2	2 par an	71	69 par an	
03982X0947/PZALL2	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	2	2 par an	137	69 par an	
03982X0948/P	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	3	1 à 2 par an	159	52 à 54 par an	
03982X0949/PZCF	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	1	1 par an	69	69 par an	
03982X0950/PZALL3	piézomètre	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	2	2 par an	71	69 par an	
03982X0951/PZ3	piézomètre	Orléans	Calcaires de Beauce	6	1 à 2 par an	18	3 par an	
03982X0952/PZ2	piézomètre	Orléans	Calcaires	6	1 à 2 par an	18	3 par an	

			de Beauce				
03982X0953/PZ1	piézomètre	Orléans	Calcaires de Beauce	6	1 à 2 par an	18	3 par an
03983X0004/FAEP	AEP	Sandillon	Calcaires de Beauce	7	1 à 2 par an	655	49 à 138 par an
03983X0268/F	AEP	Saint-Cyr-en-Val	Calcaires de Beauce	18	1 à 2 par an	1885	67 à 148 par an
03984X0003/FAEP	AEP	Darvoy	Calcaires de Beauce	6	1 à 2 par an	579	50 à 133 par an
03984X0007/FAEP	AEP	Jargeau	Calcaires de Beauce	26	1 à 5 par an	1687	19 à 154 par an
03984X0010/FAEP	AEP	Vienne-en-Val	Calcaires de Beauce	7	1 par an	501	4 à 132 par an
03991X0008/FAEP	AEP	Tigy	Calcaires de Beauce	7	1 à 2 par an	611	34 à 132 par an
03991X0009/FAEP	AEP	Sigloy	Calcaires de Beauce	28	1 à 4 par an	2285	20 à 340 par an
03992X0201/FAEP	AEP	Guilly	Calcaires de Beauce	26	1 à 4 par an	2101	17 à 340 par an
03991X0403/F	Aspersion	Tigy	Alluvions de Loire	22	2 à 4 par an	6870	427 par an

Figure 38 : Détail des stations de mesures de la qualité eaux souterraines (2000 – 2012)

EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES DE 2000 A 2012

Comme pour les eaux superficielles, la qualité des eaux souterraines a été abordée sous l'angle de la méthodologie SEQ EAU V2 –volet souterrain – et plus spécifiquement de l'usage qualité de l'eau pour les nitrates et les pesticides :

- SEQ EAU V2 –volet souterrain - usage milieux : La fonction "potentialités biologiques" exprime l'aptitude de l'eau à permettre les équilibres biologiques ou, plus simplement, l'aptitude de l'eau à la biologie dans les cours d'eau, lorsque les conditions hydrologiques et morphologiques conditionnant l'habitat des êtres vivants sont par ailleurs réunies. La fonction "potentialités biologiques " a été introduite dans le Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines afin de pouvoir juger l'influence éventuelle de leur qualité sur celle de cours d'eaux qu'elles sont susceptibles d'alimenter.
- SEQ EAU V2 –volet souterrain - usage AEP : La démarche choisie, pour définir les classes d'aptitude à la production d'eau potable, s'appuie sur :
 - les réglementations françaises et européennes qui sont retenues comme prioritaires pour définir les seuils bleu/jaune d'aptitude à la consommation et jaune/rouge d'inaptitude à la production d'eau potable,
 - Le point de vue du traiteur et du distributeur d'eau pour définir les seuils d'aptitude aux traitements.

Evaluation de la qualité des eaux de 2000 à 2012 avec la méthode SEQ-EAU

Altération Nitrates

La qualité des eaux souterraines vis-à-vis des nitrates est globalement de bonne à très bonne qualité. La qualité des eaux semble s'être légèrement améliorée en particulier sur le captage du Theuriet.

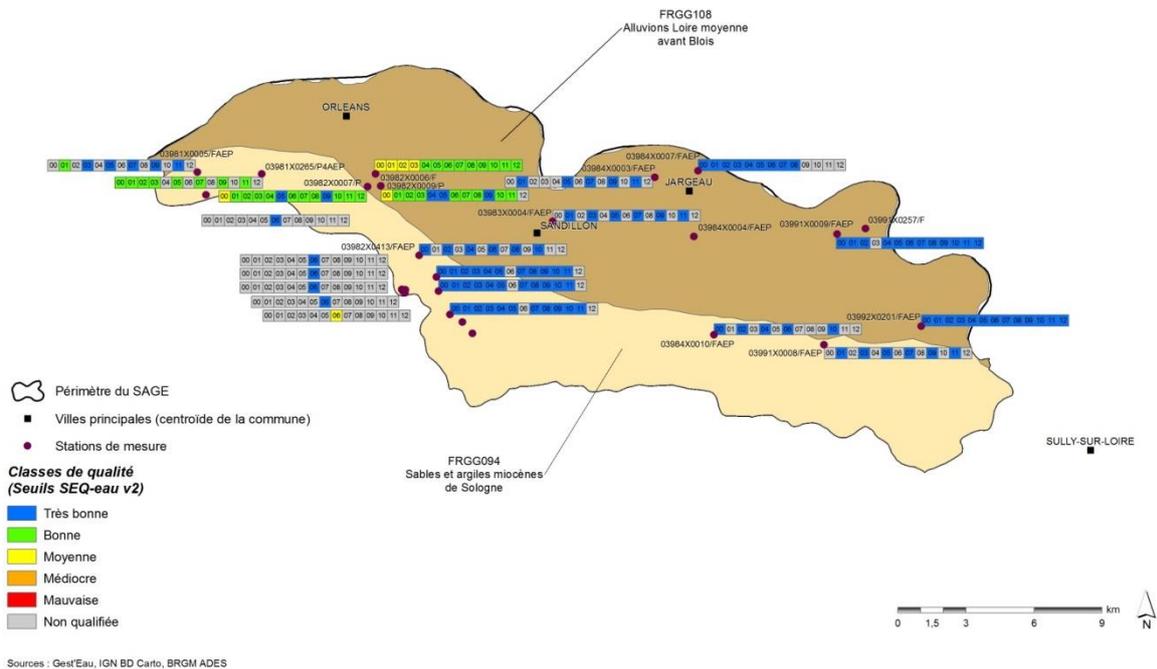


Figure 39 : Qualité nitrates, SEQ eau volet eaux souterraines, 2000-2012

Si l'on étudie de plus près les concentrations en nitrates des 12 qualimètres du territoire disposant d'analyses quantifiées, on s'aperçoit que les concentrations sont relativement faibles avec plus de 99% des analyses inférieures au seuil de 25 mg/l (Tableau 12 : Indicateurs statistiques globaux de la qualité des nitrates des points d'eau présents dans le périmètre du SAGE). Sept des douze captages disposent même d'une part non négligeables d'analyses dont la concentration est inférieure à 10 mg/l. Le captage 03982X0945/PZALL1 à Saint Cyr-en-Val se démarque avec 100% de ses analyses supérieur à 25 mg/l. Néanmoins, ce constat est à fortement relativiser, une seule analyse nitrates ayant été mesurées le 17/01/2006.

Code station (BSS)	Commune	Min	Moy	Max	% de mesures < 25 mg/l	% de mesures < 10 mg/l
03981X0005/FAEP	Saint-Hilaire-Saint-Mesmin	9	9,8	12,3	100	83
03981X0265/P4AEP	Olivet	11,1	17,1	19,3	100	0
03982X0006/F	Saint-Cyr-en-Val	6,9	15,2	24,5	100	21
03982X0007/P	Olivet	5,4	12,0	21	100	30
03982X0009/P	Saint-Cyr-en-Val	4,1	11,0	21	100	35
03982X0413/FAEP	Saint-Cyr-en-Val	1,4	2,4	3,9	100	100
03982X0440/F4AEP	Saint-Cyr-en-Val	0,1	0,1	0,1	100	100
03982X0945/PZALL1	Saint-Cyr-en-Val	26,7	26,7	26,7	0	0
03982X0946/PZCP	Saint-Cyr-en-Val	3,53	3,53	3,53	100	100
03982X0950/PZALL3	Saint-Cyr-en-Val	1,39	1,39	1,39	100	100
03984X0003/FAEP	Darvoy	0,2	0,2	0,2	100	100
03992X0201/FAEP	Guilly	0,1	0,1	0,1	100	100
03991X0403/F	Tigy	58	65,9	71	0	0

Tableau 12 : Indicateurs statistiques globaux de la qualité des nitrates des points d'eau présents dans le périmètre du SAGE

L'évolution annuelle des concentrations en nitrates sur la période 2000 – 2012 a été étudiée sur les captages ayant au moins 3 années de suivi depuis 2007. Les captages 03982X0945/PZALL1, 03982X0946/PZCP, 03982X0950/PZALL3, 03984X0003/FAEP et 03982X0440/F4AEP ont ainsi été écartés, tous ayant une seule et unique année de suivi pour le paramètre nitrates.

Sur les sept captages étudiés, 3 grandes tendances se dessinent :

- Une tendance à la baisse des concentrations. Seul le captage 03982X0009/P est concerné et voit ses concentrations moyennes passée de 13.1 mg/l en 2000 à 7.7 mg/l en 2011. Ce constat reste toutefois à prendre avec précaution puisqu'aucune analyse nitrates n'a été réalisée en 2012 et que son évolution annuelle reste intimement liée à celle du captage 03982X0007/P dont la concentration moyenne repart à la hausse en 2012.
- Une tendance à la stabilisation voir une très légère baisse des concentrations. Cette tendance est celle qui est la plus observée : quatre des sept captages étudiés y adhèrent.
- Pour les captages 03982X0006/F et 03982X0007/P, une tendance globale à la baisse un différentiel de (moins 3mg/l en moyenne entre 2000 et 2011) ponctuée par une reprise à la hausse pour l'année 2012. Le captage 03982X0006/F affiche ainsi un bond de 11.9 mg/l à 18.6 mg/l et le captage 03982X0007/P un bond de 9.9mg/l à 15.5 mg/l, atteignant pratiquement les concentrations moyennes maximales observées sur les dix dernières années.

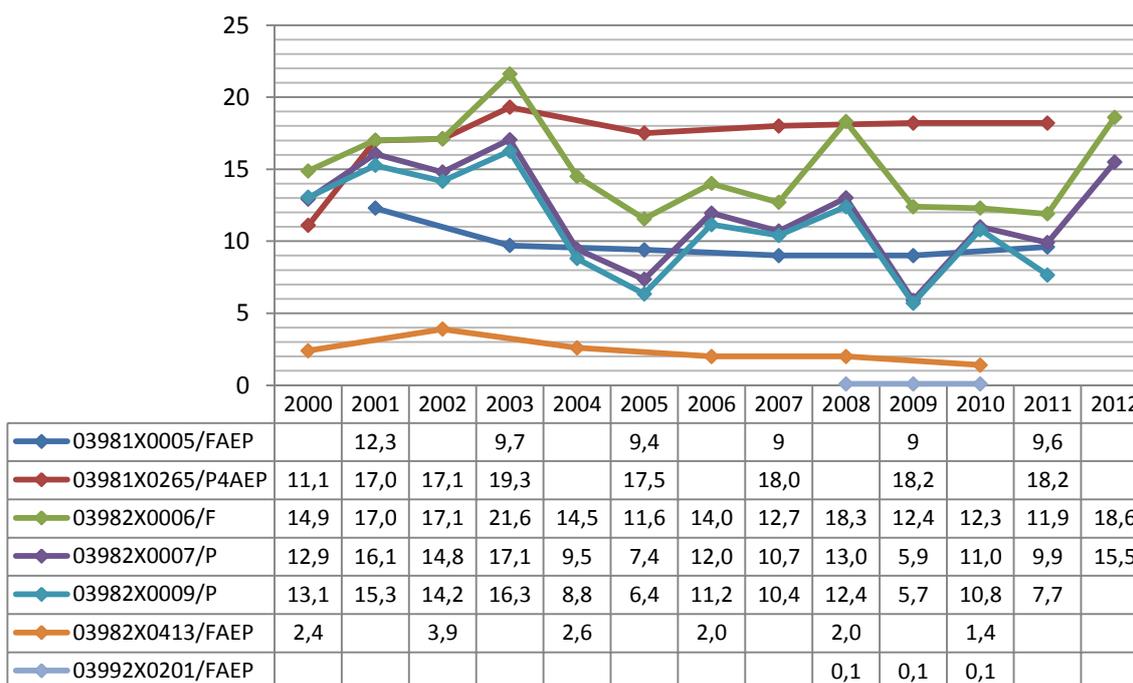


Figure 40 : Evolution des concentrations annuelles en nitrates (2000 – 2012) dans les captages du SAGE

Par ailleurs, pour le captage captant les alluvions de Loire l'évolution annuelle est la suivante :

Valeurs	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Moyenne annuelle	64,3	66,6	64,6	66,3	64,7	69,3	66
Valeur maximale	65,5	71	67,6	70,6	68	70	67
Valeur minimale	63	60,4	61,6	63,2	58	69	65

Les teneurs moyennes annuelles dans les eaux des alluvions de la Loire sont beaucoup plus élevées que dans les Calcaires de Beauce. Les teneurs varient entre 58 et 71 mg/L. On n’observe pas de périodes de pics particulière.

D'un point de vu saisonnier, l'ensemble des captages suit un fonctionnement similaire avec une baisse des concentrations mensuelles de février à août/septembre pour ensuite ré-augmenter jusqu'en janvier (**figure 37**). On notera également que :

- Pour les captages les mieux suivis, un pic de concentration est observé en avril,
- Pour les captages 03981X0265/P4AEP et 03982X0413/FAEP, les concentrations moyennes ré-augmentent légèrement de juin à juillet.

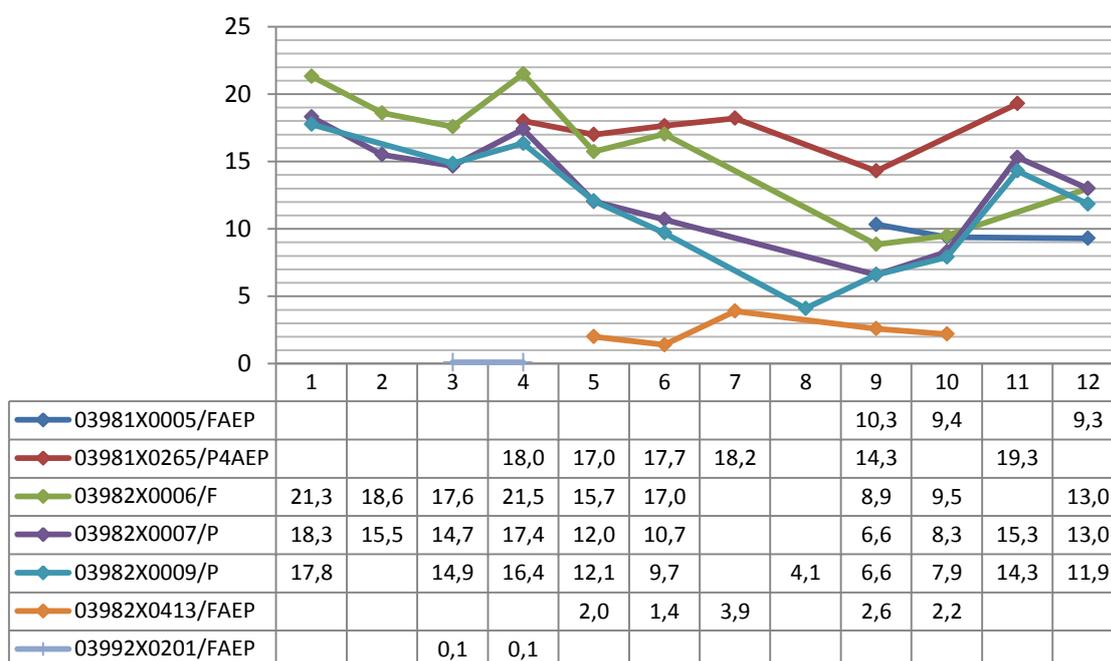


Figure 41 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles en nitrates (période 2000 – 2011) dans les captages du SAGE

Altération pesticides

La qualité des eaux souterraines est globalement bonne vis-à-vis des pesticides. Cependant, les déclassements en qualité moyenne se font de plus en plus régulièrement depuis 2010. Le déclassement observé sur le captage 03982X0006/F en 2004 est lié à la présence de Simazine-déséthyl et à la somme des pesticides. En 2011, le chlortoluron, et la somme des pesticides sont responsables du déclassement en qualité moyenne du captage 03982X0009/P. La somme des pesticides combinée avec l’atrazine-2-hydroxy est également responsable de la qualité moyenne du captage 03983X0004/FAEP. Enfin, en 2012, la molécule glyphosate et la somme des pesticides sont incriminés dans l’état moyen des captages 03982X0006/F et 03982X0007/P.

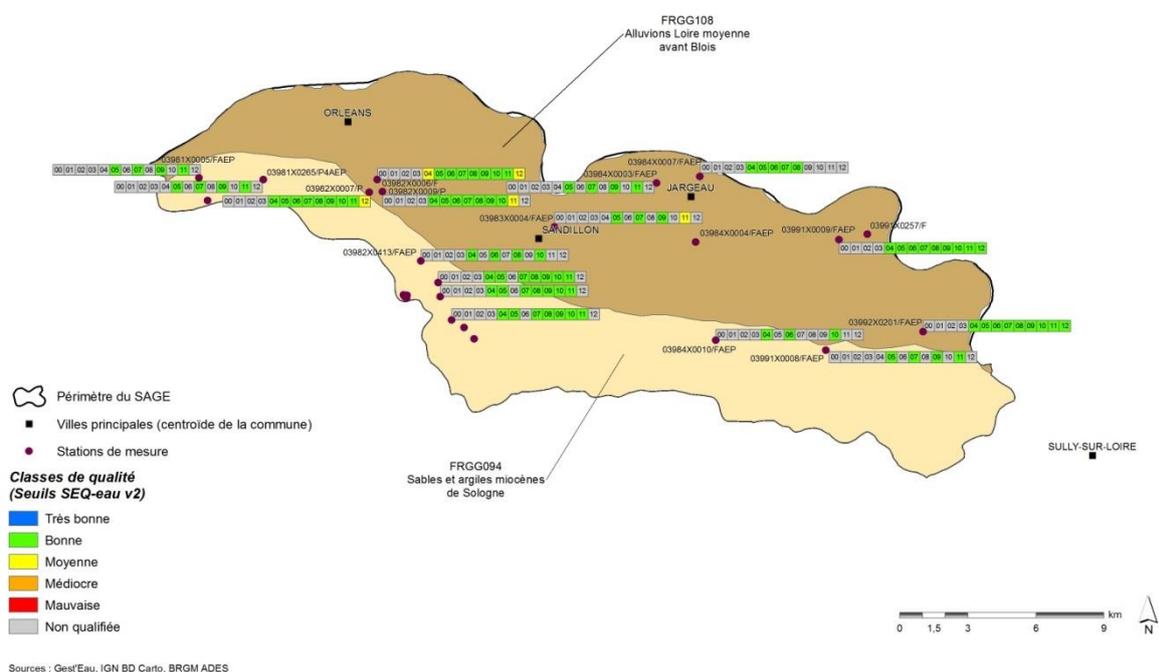


Figure 42 : Qualité Pesticides, SEQ Eau volet eaux souterraines, 2000-2012

11 molécules ont été quantifiées sur six captages du SAGE (Tableau 13). Toutes ces molécules sont des substances actives de produits phytosanitaires dont l'utilisation principale est le désherbage. Seul le parathion éthyl est plutôt utilisé comme un insecticide.

Molécule	Type de produit	Famille	Usage
2-hydroxy atrazine	Phytosanitaire	Triazines (métabolites)	herbicide
Atrazine	Phytosanitaire	triazines	herbicide
Atrazine déisopropyl	Phytosanitaire	Triazines (métabolites)	herbicide
Atrazine déséthyl	Phytosanitaire	Triazines (métabolites)	herbicide
Chlortoluron	Phytosanitaire	urées substituées	herbicide
Diuron	Phytosanitaire	urées substituées	herbicide
Glyphosate	Phytosanitaire	Amino Phosphanates	herbicide
Isoproturon	Phytosanitaire	urées substituées	herbicide
Parathion éthyl	Phytosanitaire	organo-phosphorée	insecticide et acaricide.
Simazine	Phytosanitaire	triazines	herbicide
Sulcotrione	Phytosanitaire	triccétone	herbicide

Tableau 13 : molécules pesticides quantifiées dans les captages du SAGE (période 2000 – 2010)

L'atrazine et son métabolite l'atrazine déséthyl sont les molécules les plus quantifiées avec des taux aux alentours de 5%. Ces molécules sont également celles qui disposent du plus grand nombre d'analyses quantifiées (respectivement 7 et 9) et ce, de manière récurrente puisqu'elles apparaissent sur au moins cinq des dix dernières années. Dans une moindre mesure, le Diuron, affiche également un taux de quantification proche de 5% mais concentré sur 3 ans. Pour les huit autres molécules, le taux de quantification reste marginal et ne dépasse pas les 2%.

Aucune analyse ne dépasse la valeur seuil de 0.1 µg/l, seul le 2-hydroxy atrazine se met en avant avec une unique valeur de concentration égale à 0.1 µg/l. Le Glyphosate, bien qu'inférieur au seuil, fleurit régulièrement avec celui-ci, les deux analyses quantifiées en 2012 affichant des concentrations de 0.8µg/l et 0.9µg/l.

Molécules	Taux quanti.	de	Nb quanti.	d'ana.	[C min] µg/l	[C moy] µg/l	[C max] µg/l	Nb années quanti
2-hydroxy atrazine	0,76		1		0,10	0,10	0,10	1
Atrazine	4,24		7		0,02	0,02	0,03	6
Atrazine déisopropyl	0,75		1		0,06	0,06	0,06	1
Atrazine déséthyl	5,45		9		0,02	0,03	0,05	5
Chlortoluron	0,75		1		0,06	0,06	0,06	1
Diuron	4,48		6		0,02	0,02	0,03	3
Glyphosate	1,50		2		0,07	0,08	0,09	1
Isoproturon	0,75		1		0,04	0,04	0,04	1
Parathion éthyl	5,56		1		0,06	0,06	0,06	1
Simazine	1,82		3		0,02	0,02	0,02	3
Sulcotrione	0,75		1		0,05	0,05	0,05	1

Tableau 14 : éléments statistiques relatifs aux pesticides quantifiés dans les captages du SAGE (période 2000 – 2012)

D'une manière générale, on constate que les molécules quantifiées sont pour un certain nombre des molécules interdites aujourd'hui : atrazine, diuron, simazine, parathion éthyl. La détection des triazines s'effectue de façon régulière dans le temps avec des quantifications rencontrées jusqu'en 2007 & 2011 pour les molécules mère (atrazine et simazine). Toutefois, l'interdiction de certaines substances de cette famille en 2003 se ressent avec des quantifications moins régulières voir même leur disparition sur la période 2008-2010. A *contrario*, d'un point de vue des concentrations, aucune baisse significative n'est visible dans le temps. Depuis 2006, le Diuron n'est plus quantifié dans les captages du SAGE. Le parathion éthyl, le Sulcotrione, l'Isoproturon, le chlortoluron et le glyphosate apparaisse de façon éphémère (une année) dans les chroniques depuis 2000.

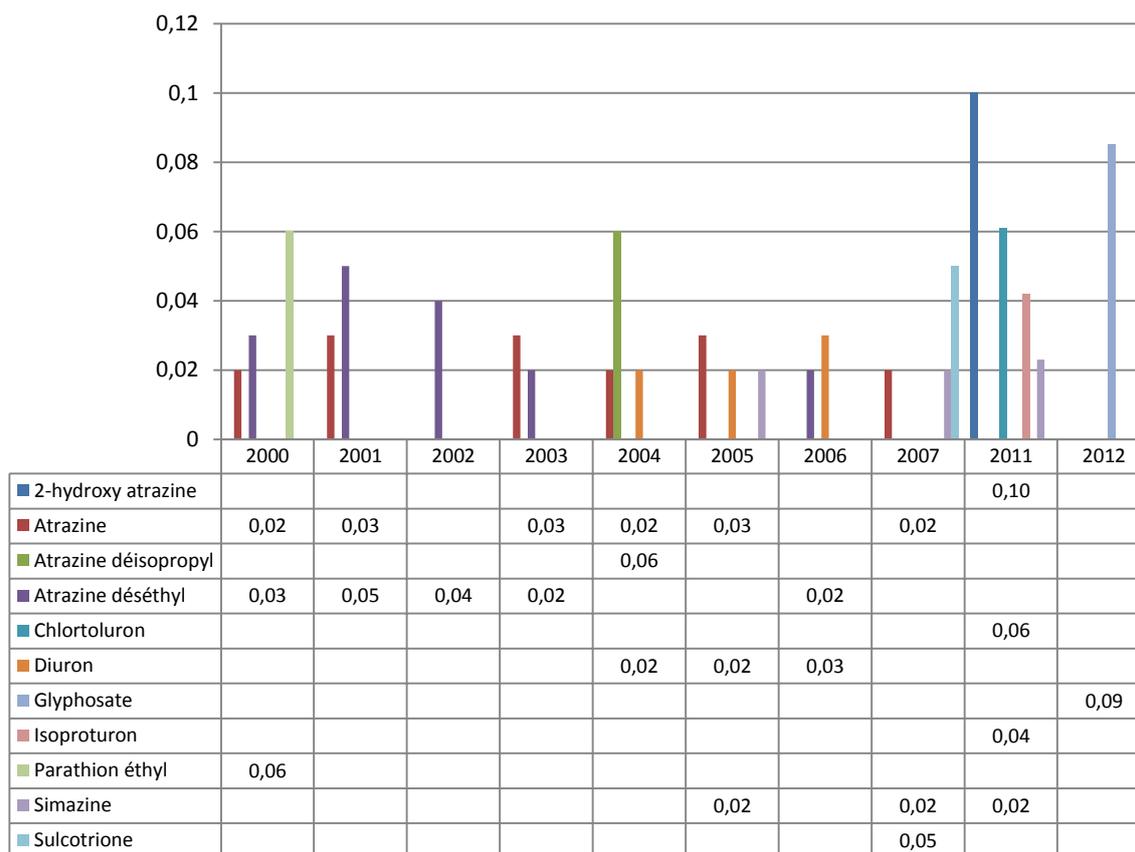


Figure 43: Evolution des concentrations moyennes annuelles des molécules pesticides détectées (µg/l) dans les captages du SAGE (période 2000-2012)

La plupart des molécules sont quantifiées de février, avril, mai et septembre, mois qui correspondent soit au lessivage des sols (drainage ou premières pluies) soit à l'application des produits sur les cultures. A noter que l'atrazine et son métabolite l'atrazine déséthyl semble former un bruit de fond sur les quatre premiers mois de l'année.

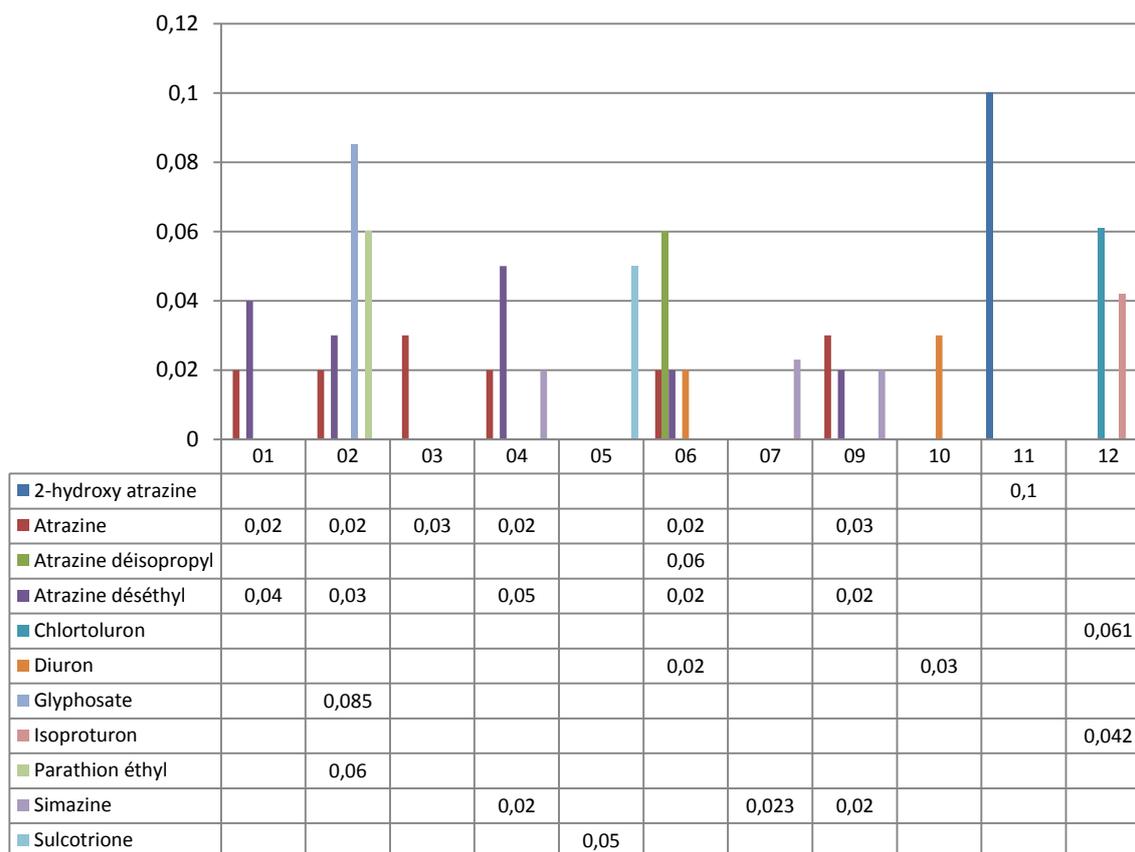


Figure 44 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles des molécules pesticides détectées (µg/l) dans les captages SAGE (période 2000-2007)

D'un point de vue géographique, au cours des dix dernières années, un peu plus de 40% des pesticides qui ont été quantifiés l'ont été sur le captage 03982X0006/F. Les captages 03983X0004/FAEP et 03984X0007/FAEP ne disposent, quant à eux, que d'une seule et unique quantification à savoir, respectivement, du 2-hydroxy atrazine (0.1µg/l le 16/11/2011) et du Sulcotrione (0.05 µg/l le 23/05/2007).

Code station(BSS)	Nombre d'analyses quantifiées	%
03981X0265/P4AEP	5	15,2
03982X0006/F	14	42,4
03982X0007/P	6	18,2
03982X0009/P	6	18,2
03983X0004/FAEP	1	3,0
03984X0007/FAEP	1	3,0
Total général	33	100

Tableau 15 : répartition des analyses pesticides quantifiées par captage du SAGE

Si l'on somme l'ensemble des pesticides quantifiés par prélèvement, quatre prélèvements sur les 24 dépassent le seuil de 0.1 µg/l. Le captage 03982X0006/F se démarque une nouvelle fois puisqu'il est incriminé sur deux de ces prélèvements. Néanmoins, depuis 2004, la somme des pesticides par prélèvement sur ce captage reste inférieure à 0.1µg/l (valeur maximale : 0.085 µg/l le 24/02/2012).

Pour le captage 03983X0004/FAEP, la somme des pesticides est portée comme nous l'avons vu précédemment par une seule et unique valeur de 2-hydroxy atrazine. Pour le captage 03982X0009/P, le dépassement du seuil de 0.1µg/l est du à la combinaison de concentrations de chlortoluron (0,061 µg/l) et d'isoproturon (0.042 µg/l).

Code station (BSS)	Dat de prélèvement	Somme des pesticides
03982X0006/F	01/02/2000	0,11
03982X0009/P	19/12/2011	0,103
03982X0006/F	29/06/2004	0,1
03983X0004/FAEP	16/11/2011	0,1

Tableau 16 : prélèvements dont les pesticides totaux dépassent le seuil de 0.1 µg/l

Altération Micropolluants minéraux (MPMI)

En ce qui concerne la qualité des eaux souterraines vis-à-vis de l'altération MPMI, une nette amélioration est constatée, notamment sur les trois captages du val d'Orléans (Gouffre, Bouchet et Theuriet) servant à l'alimentation en eau potable. En effet, la classe de qualité évolue de moyenne en 2000-2001 à très bonne en 2008 en passant par la classe bonne entre 2002 et 2007. A l'inverse, les captages 03982X0440/F4AEP, 03982X0442/F1AEP et 03984X0010/FAEP semblent ancrer dans l'état moins que bon avec, depuis 2000, des qualifications récurrentes en classe de qualité moyenne et médiocre. L'arsenic est responsable de ces déclassements.

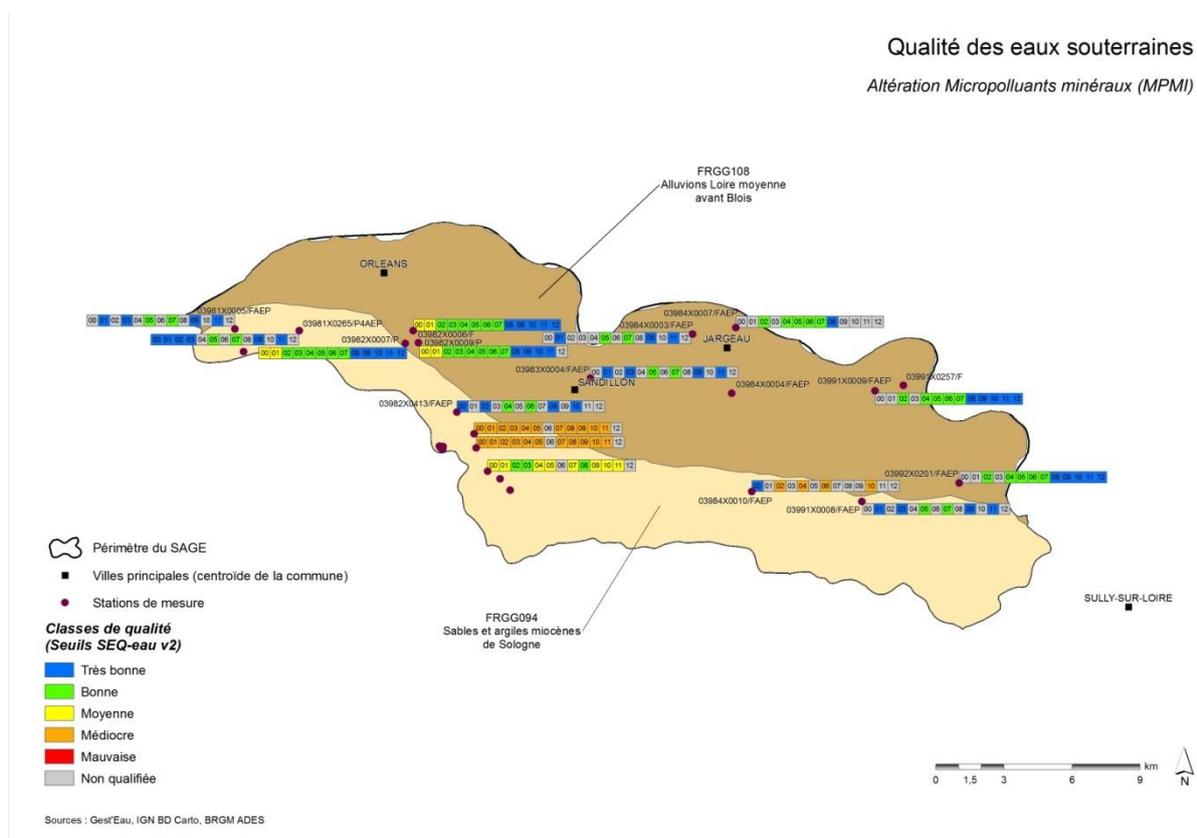


Figure 45 : Qualité MPMI, SEQ Eau volet eaux souterraines, 2000-2012

PHASE 2: DEFINITION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES COURS D'EAU DU TERRITOIRE DU SAGE ET VULNERABILITE

CARACTERISATION DES RESSOURCES EN EAU

A) FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DES MASSES D'EAU DU SAGE

EAUX SUPERFICIELLES

Le Loiret

Description

Le bassin-versant du Loiret couvre une superficie de 75 km². Le linéaire de cours d'eau du Loiret est de 11,6 km. Les principales sources du Loiret sont celles situées au Parc Floral de La Source à Orléans : le Bouillon (1 m³/s), l'Abîme, les Béchets, le Pont Saint Nicolas et la Pie. L'Abîme était auparavant la principale source du Loiret jusqu'à ce qu'un effondrement en 1672 vienne combler la source, elle a été désobstruée en 2000 par des plongeurs spéléologues. Par ailleurs, le Loiret est alimenté par de petites sources situées le long du cours d'eau. Ces sources sont pour la plupart des gouffres émissifs qui ne fonctionnent pas toute l'année du fait du système karstique. Le cours d'eau du bras du Bou, situé rive droite constitue également un apport en eau au Loiret.

Le principal affluent du Loiret est le Dhuy. On recense d'autres affluents en rive droite : le bras de Bou, des Montées et du Couesnon.

Par ailleurs, le bassin de l'Anche au nord de la Loire alimente également le Loiret via des pertes

Le Loiret est un cours d'eau fortement modifié. On compte 7 anciens moulins sur son linéaire qui forment des plans d'eau successifs.

Débits

Les débits du Loiret sont liés à la fois aux débits de la Loire (via les pertes de Loire) et aux débits du Dhuy (influence locale de l'affluent principal). Le projet ICERE a mis en évidence que le Loiret est soutenu à environ 80% par la Loire et principalement par les pertes en Loire. Le Dhuy contribuerait donc pour seulement 20% à l'alimentation du Loiret.

Le Dhuy

Description

Le Dhuy est le principal affluent du Loiret. Le bassin-versant du Dhuy couvre une superficie de 206 km². Le cours d'eau du Dhuy est long de 34 km.

Historiquement le Dhuy correspondait à 3 cours d'eau distincts : le Leu à l'amont, la Bergeresse et le Dhuy à l'aval. Après des remembrements agricoles et des travaux d'aménagement du lit de la rivière, ces trois cours d'eau ont été réunis en un seul. Les principaux affluents du Dhuy sont l'Ousson et la Marmagne. Ces cours d'eau ne courent qu'une partie de l'année. En effet, ils ont été entièrement recalibrés. De plus, la rive droite du Dhuy comporte un réseau important de fossés construits pour drainer le territoire. Sur la rive gauche on dénombre plusieurs petits affluents qui drainent les coteaux de Sologne et sont souvent interceptés par des plans d'eau.

Débits

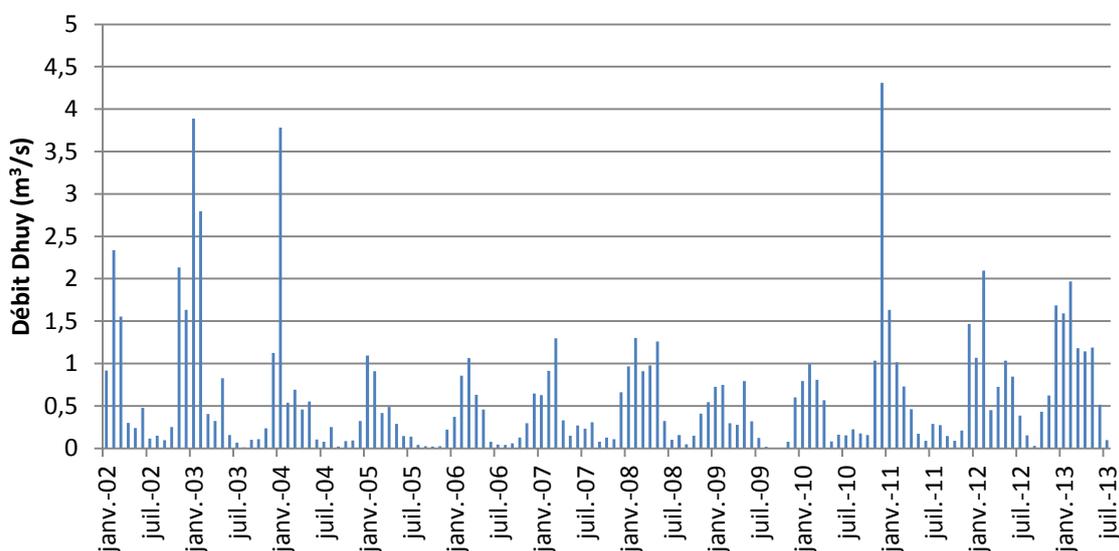


Figure 46: Débit moyen mensuel du Dhuy (source: Banque Hydro)

Les débits du Dhuy varient de manière importante sur une année hydrologique. En effet, en période de hautes eaux le débit est compris entre 1 et 4 m³/s sur les 10 dernières années et en période d'étiage le débit peut être quasi-nul.

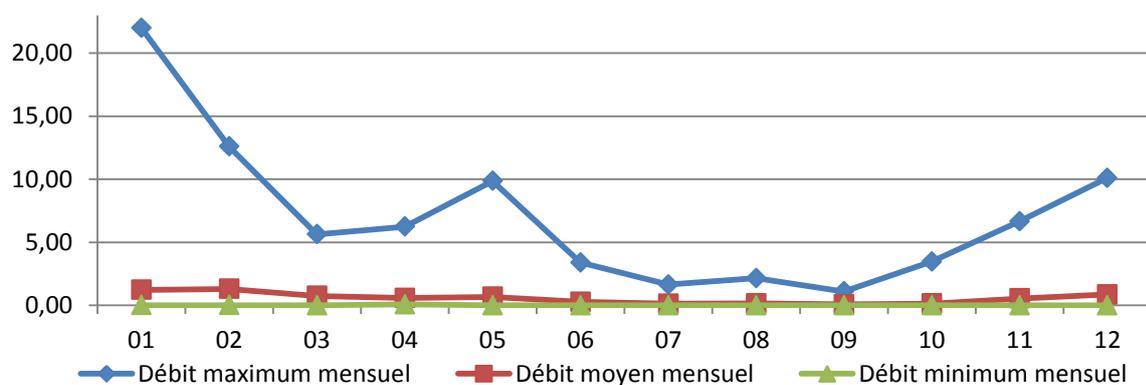


Figure 47: Débits maximums, moyens et minimums mensuels sur le Dhuy (source: Banque Hydro)

La Loire

Le bassin-versant de la Loire à Orléans couvre une superficie de 36970 km².

Les débits moyens mensuels sont de l'ordre de 50m³/s en période d'étiage et peuvent atteindre plus de 1000 m³/s en période de hautes eaux. La Loire présente des fluctuations saisonnières bien marquées. Les hautes eaux s'observent du début de l'hiver au début du printemps.

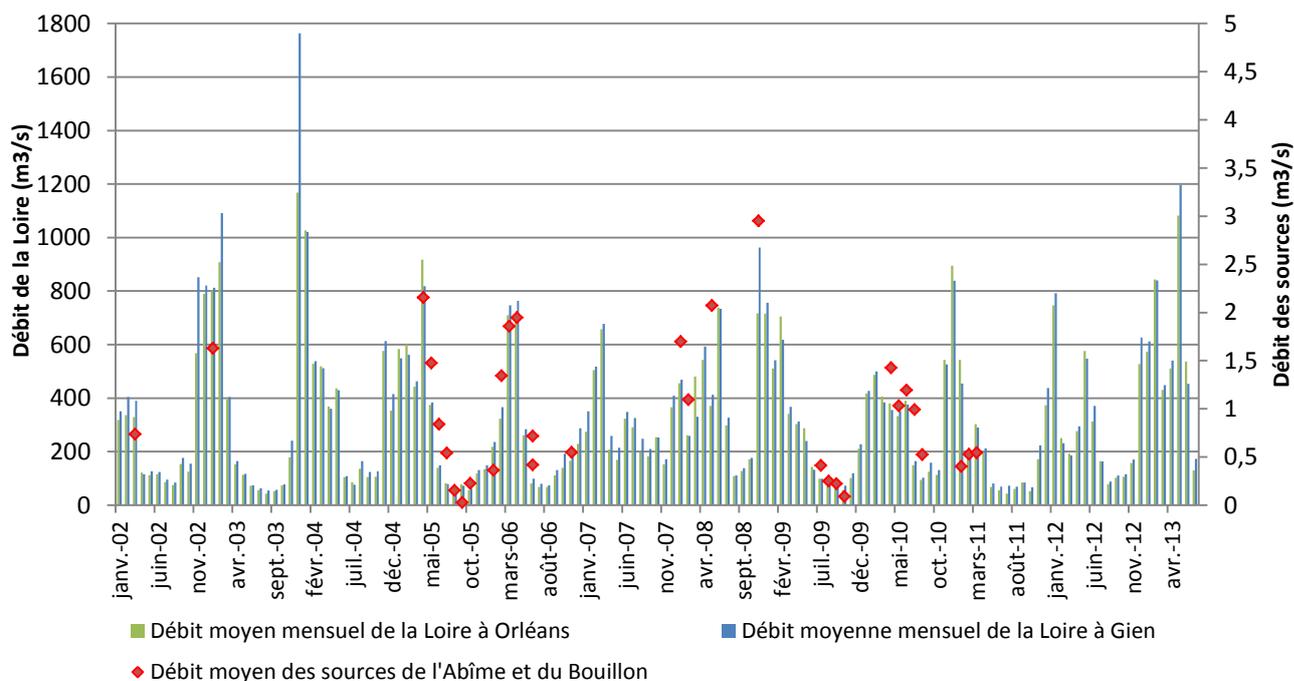


Figure 48 : Débit moyen mensuel de la Loire à Orléans et à Gien et débit des sources de l'Abîme et du Bouillon (source: Banque Hydro et Université d'Orléans)

RESERVOIRS AQUIFERES ET NAPPES

La nappe alluviale de Loire

Il s'agit d'un aquifère libre (à semi-captif) et d'épaisseur limitée comprise entre 5 et 15 m. Ses caractéristiques naturelles en font un aquifère vulnérable aux pollutions de surface et de la Loire. La nappe des alluvions est drainée par la nappe des calcaires de Beauce sous-jacente.

D'une manière générale, la nappe alluviale reçoit et emmagasine les eaux de la Loire en période de crue et les restitue en période d'étiage. Néanmoins, entre Châteauneuf-sur-Loire et Orléans, la côte piézométrique de la nappe alluviale est toujours inférieure au niveau de la Loire même en période de basses eaux. Sur ce secteur, la Loire alimente la nappe alluviale. D'ailleurs, c'est sur ce même tronçon que l'on retrouve les pertes de Loire qui s'engouffrent dans le système karstique souterrain. Avant Châteauneuf-sur-Loire et après Orléans, c'est la nappe alluviale qui est drainée par la Loire. En outre, les précipitations efficaces qui s'infiltrèrent sur le bassin versant contribuent également à alimenter la nappe alluviale. Dans le massif alluvionnaire des axes de drainage préférentiel peuvent être mis en évidence ; la vitesse de circulation est de l'ordre de 0,3 à 4 m/j. Les débits spécifiques des captages sont de l'ordre de 10 à 25 m³/s. Cet aquifère a donc une bonne productivité.

Le sens d'écoulement de la nappe des alluvions de la Loire suit globalement un axe nord-est/sud-ouest.

Bilan des caractéristiques de l'aquifère continu des alluvions de la Loire :

Alluvions de la Loire	
Type de formation	Roches sédimentaires issues de dépôts fluviaux
Type de lithologie	Hétérogénéité du faciès alluvionnaire : succession de sables fins à grossiers, graviers, cailloux, marnes et argiles
Type de structure	Milieu poreux relativement homogène
Géomorphologie	Absence de zones d'infiltrations préférentielles
Type d'infiltration	Infiltration lente et diffuse
Vitesse de transit	Globalement lente

Les Sables et argiles de la Sologne ou de l'Orléanais

Il s'agit d'un aquifère multicouches de sables grossiers du Miocène séparés par des bancs d'argile d'une épaisseur totale d'environ 20 mètres. Au sein de ce système géologique on retrouve des réservoirs aquifères superposés. Les nappes des réservoirs aquifères superposés sont libres en surface et captives en profondeur. Cet aquifère est de faible productivité et très peu exploité. Cette nappe participe à l'alimentation de la nappe des calcaires de Beauce. La présence à l'est du SAGE de cette formation de bancs d'argile constitue un plancher imperméable entre les Calcaires de Beauce et les Alluvions de la Loire.

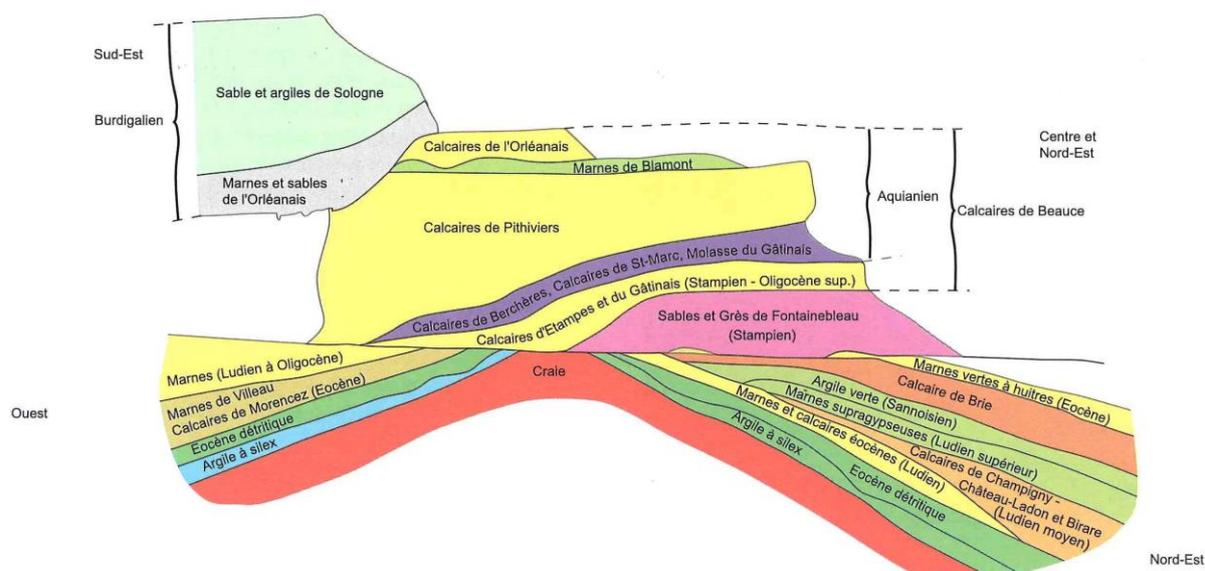


Figure 49 : Schéma lithostratigraphique synthétique des formations de la Beauce (Rapport BRGM R 40571)

La nappe des Calcaires de Beauce

Cette nappe est captive à semi-captive. En effet, à l'extrême est du SAGE, les formations de Sologne et les marnes de Blamont sont des formations imperméables qui assurent la captivité de la nappe de Beauce. Cette nappe est donc moins vulnérable que les alluvions de Loire. En revanche, à l'ouest, les deux nappes semblent communiquer à la fois du fait de la disparition par endroits des couches supérieures imperméables (formation de Sologne) et au travers de nombreux gouffres et forages. Sur ce secteur la nappe est donc semi-captive.

La nappe des calcaires de Beauce est relativement étendue : de la forêt d'Orléans à la Sologne.

Cette aquifère se trouve au sein de dépôts lacustres relativement épais (de 50 à 70 mètres). L'épaisseur des dépôts se réduit d'ouest en est.

Plusieurs niveaux de calcaires sont présents au sein de cette formation (Calcaires de l'Orléanais, Calcaires de Pithiviers, Calcaires d'Etampes) et séparés par des formations moins perméables comme la molasse du Gâtinais.

L'aquifère karstique renferme un réseau karstique important qui s'est développé avec l'action des eaux acides issues du massif central et des infiltrations des eaux de Loire. Les différentes formations calcaires peuvent donc à certains endroits communiquer entre elles. De part ce système karstique, la nappe des calcaires de Beauce est relativement productive. En fonction de la présence plus ou moins importante de circulations karstiques, les débits spécifiques des ouvrages sont de l'ordre de 10 à 50 m³/s. Des axes de drainage préférentiel ont été mis en évidence entre la Loire et le Loiret. L'alimentation de la nappe de Beauce provient des écoulements sous-fluviaux de la Loire et de la contribution des Sables et Calcaires de Sologne. En effet, contrairement aux alluvions de la Loire, la vitesse d'infiltration peut être très rapide au niveau des zones d'infiltration préférentielle (gouffres, pertes, karstification). Au niveau des drains, la vitesse d'infiltration est en moyenne de 150 à 200 m/h. La direction des écoulements dans la nappe est dans un axe est-ouest et nord-est sud-est. Par ailleurs, du point de vue qualitatif le système karstique reste très vulnérable aux pollutions.

Bilan des caractéristiques de l'aquifère discontinu des calcaires de Beauce karstifiés :

Calcaire de Beauce	
Type de formation	Roches sédimentaires d'origine lacustre
Type de lithologie	Calcaires plus ou moins marneux
Type de structure	Présence d'un réseau de drains primaires et secondaires
Géomorphologie	Zones d'infiltration préférentielle : présence de dolines, avens et pertes dans le lit de la Loire
Type d'infiltration	Infiltration rapide au niveau des pertes et lente et diffuse dans le reste de l'aquifère
Vitesse de transit	Très importante au niveau des drains (150 à 200 m/h)

ECHANGES ENTRE LES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

Un système karstique très développé est présent dans les roches carbonatées du Val d'Orléans. Ce système karstique va favoriser des écoulements préférentiels au travers de fissures et de fractures de la roche. Entre Châteauneuf-sur-Loire et Sandillon, là où se trouvent les affleurements des calcaires de Beauce, des pertes massives de la Loire ont été constatées. Il s'agit de pertes diffuses au travers des alluvions ou des gouffres creusés dans les calcaires de Beauce qui sont de l'ordre de 7 à 20 m³/s. Ces débits sont difficilement quantifiables et varient de manière importante entre l'hiver et l'été. De nombreux traçages ont été réalisés pour mettre en évidence les liaisons entre la Loire et le Loiret. Ces traçages confirment que les pertes de la Loire rejaillissent, 3 à 4 jours plus tard, au niveau de la source du Bouillon et tout le long du Loiret. Les vitesses de transit sont de l'ordre de 100 m/h mais peuvent atteindre 200m/h. On estime que le drainage des calcaires représente au maximum 55% des débits de l'ensemble du système Loiret surface et souterrain (étiage 1986). La Loire participe donc amplement à maintenir un certain débit dans le Loiret.

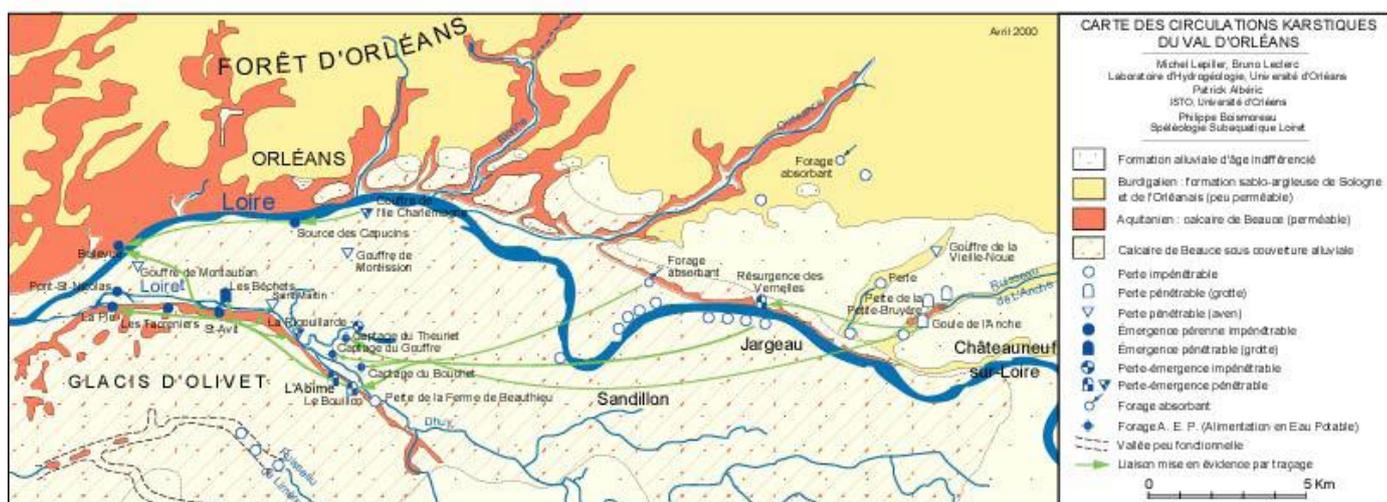


Figure 50: Circulations karstiques du Val d'Orléans (source: fonctionnement du système karstique du Val d'Orléans : les acquis, les interrogations – François Lelong, Nevila Jozia – 17 mai 2008)

Grâce à une série de traçages notamment à la fluorescéine, la présence de chenaux karstiques a été mise en évidence ainsi que les liens directs entre Loire et Loiret. Ces traçages réalisés dans les pertes de Loire ont débuté en 1901 et ont mis en évidence des vitesses de transfert assez rapides.

Par ailleurs, au niveau des principales sources du Loiret un phénomène d'inversac, c'est-à-dire un fonctionnement occasionnel en perte d'une émergence pérenne, peut être observé dans des conditions hydrauliques bien spécifiques. D'après l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, ce phénomène est étroitement lié aux hauteurs d'eau de la Loire et de sa nappe. Ce phénomène est observable lorsque les eaux de la Loire et de sa nappe sont basses (inférieures à 25 m à l'échelle limnimétrique d'Orléans) et en présence d'une montée rapide des eaux du Dhuy due à des précipitations locales. Cette situation provoque l'inversion du sens des écoulements souterrains et on observe un fonctionnement en perte des sources du Bouillon, de l'Abîme et de la Rigouillarde.

L'influence des eaux souterraines est donc déterminante sur le fonctionnement hydrologique du système Loiret. En effet, la rivière Loiret est en interaction permanente avec l'aquifère des calcaires de Beauce sous-

jaçant. En période de hautes eaux, les contributions des résurgences de la Loire sont importantes en raison du débit important de la Loire. A ces apports viennent s'ajouter ceux du Dhuy et des affluents du Loiret à chaque épisode pluvial. En période de basses eaux, ce sont les résurgences qui dictent majoritairement le débit du Loiret puisque le débit du Dhuy peut être quasi-nul. Cependant, en cas d'épisode pluvieux important sur le bassin du Dhuy, le phénomène d'inversac peut se produire.

Concernant le Dhuy, des relations sont possibles entre le Dhuy et le système karstique du Val de Loire. D'après Patrick Albéric, chercheur à l'ISTO, une cavité a notamment été identifiée dans le lit du Dhuy à proximité de la ferme des Beauthier mais semble colmatée et non visible. Aucun traçage n'a été réalisé au niveau de cette cavité. Par ailleurs, dans un rapport des Eaux de la ville d'Orléans de 1902, Félix Marboutin signale qu'une partie des eaux du Dhuy semblent se perdre à proximité du Puits du Gouffre. Enfin, le rapport « Recherche de l'origine et état actuel des pollutions observées sur les captages du Gouffre, du Theuriet et du Bourchet à Saint-Cyr-en-Val et Orléans » de M.Caudron et Despres de 1974 évoque une perte du Dhuy déduite de jaugeages réalisés en 1974 à l'entrée du champ captant de la ville d'Orléans.

B) BILAN HYDROLOGIQUE DU SAGE

Le bilan hydrologique vise à établir la balance entre les entrées et les sorties en eau du système. Pour réaliser un bilan hydrologique, on considère un système fermé don't on peut résoudre l'équation suivante:

$$\text{Entrées annuelles} = \text{sorties annuelles} + \text{ou} - \text{variations de stocks du système}$$

Cependant, au vu du peu de données sur les débits du Loiret et de la complexité des échanges entre les différents compartiments superficiels et souterrains, il est difficile sur le SAGE Val Dhuy Loiret de délimiter précisément le système à prendre en compte et d'y établir un bilan hydrologique.

Une synthèse de bilans hydrologiques réalisés sur le Val d'Orléans est présentée ci-dessous. La plupart de ces bilans ont été réalisés sur un système d'environ 400 km². Or, le SAGE s'étend sur surface du même ordre de grandeur (330 km²).

Les termes de l'équation du bilan hydrologique pour les entrées du système sont:

- Précipitations efficaces : Pe
- Coteaux Sologne : Qc
- Pertes Loire : PI

Les termes de l'équation du bilan hydrologique pour les sorties du système sont:

- Exhaure : Ex
- Volume écoulé : QI
- Résurgence aval Orléans : RI

	Auteurs	Chéry 1983 (a)	Livrozet 1984 (b)	Gonzalès 1991 (c)	Géo-Hyd 2004 (d)	Lepiller 2006 (e)	F.Lelong, N. Jozja 2008 (f)	Binet et Gutierrez 2010	Géo-hyd (2011) Etude B.A.C Val d'Orléans
	Conditions Climatiques	Année humide		Année moyenne					2009/2010
Entrées	Pe Précipitations efficaces	74	106	(60)	18	27	60	65.2	36.00
	Qc Coteaux Sologne	-	-	-	-	-	5	1	1.00
	PI Pertes Loire	281	317	(515)	449	453	485	363	363.00
Sorties	Ex Exhaure	40	45	40	10	35	50	27.8	27.80
	QI Volume écoulé	315	378	315	315	170	200	221	223.86
	RI Résurgence aval Orléans	-	-	220	142	275	300	174.5	174.50
Total entrées		355	423	575	467	480	550	429.2	400
Total Sorties		355	423	575	467	480	550	423.3	400

Contribution Pe au total bilan hydrologique (%)		20.85	25.06	10.43	3.85	5.63	10.91	15.19	14.29
Contribution PI au total bilan hydrologique (%)		79.15	74.94	89.57	96.15	94.38	88.18	84.58	85.47
Superficie estimée (km²) du système Val d'Orléans		400	400	400	140	460	400	343	400

(a) : Système de 400 km², précipitations efficaces Pe de 180 mm au lieu de 150 mm/an en moyenne,

(b) : Système de 400 km², précipitations efficaces très excédentaires (Pe= 265 mm/an),

(c) : Système de 400 km², valeurs entre parenthèses tirées des précédentes, recalculées en année moyenne, en tenant compte des résurgences en Loire évaluées par cet auteur,

(d) : Système de 140 km², étude préalable à l'établissement du SAGE, précipitations efficaces Pe de 130 mm, dont 30 mm de ruissellement et 100 mm qui alimentent le système,

(e) : Système de 460 km², précipitations efficaces de 100 mm, dont 40 mm de ruissellent et 60 mm qui s'infiltrent,

(f) : Système de 400 km², année de pluviosité moyenne (150 mm/an) ; le débit souterrain venant du coteau de Sologne est estimé par la loi de Darcy avec des données suivantes : transmissivité = 0,01 m²/s, gradient hydraulique = 0,05%, largeur du front de nappe 40 km.

En italique : Valeurs déduites de la somme arithmétique des autres termes

Les résultats des bilans hydrologiques réalisés doivent être pris avec précaution car la complexité du système du Val d'Orléans, système aquifère discontinu karstique défini par le calcaire de Beauce, induit une forte incertitude sur l'estimation des volumes présentés dans le bilan hydrologique.

Néanmoins, il est possible de mettre en évidence que les résurgences aval du Val (RI) et les volumes écoulés (QI) représentent une part importante des volumes sortant du système. De plus, les pertes en Loire correspondent à l'apport largement majoritaire au système au regard des précipitations efficaces et des apports des coteaux de Sologne.

VULNERABILITE DES EAUX SUPERFICIELLES ET SOUTERRAINES

A) NOTION DE VULNERABILITE

VULNERABILITE

La vulnérabilité intrinsèque correspond à une vitesse de propagation de la pollution vers les eaux superficielles ou souterraines. Elle caractérise la propriété du milieu à être atteint par des polluants. Cette notion ne préjuge pas de l'intensité de l'atteinte ni des impacts sur le milieu. La vulnérabilité du milieu dépend des caractéristiques du milieu physique et des grands types de circulation des eaux sur le territoire étudié.

MODES DE TRANSFERT DES NITRATES ET PESTICIDES SUR LE SAGE

Les transferts de nitrates et de produits phytosanitaires vers les eaux superficielles ou souterraines sont conditionnés par les types d'écoulement induits par les précipitations ou l'irrigation. Deux voies de circulation sont possibles : les transferts horizontaux vers les eaux de surface et les transferts verticaux vers les eaux souterraines.

Les transferts horizontaux vers les eaux de surface proviennent du ruissellement de surface et des écoulements de sub-surface (hypodermiques). Le ruissellement de surface est lié à la pente, à l'occupation du sol, à la capacité du sol à former une croûte de battance et à la perméabilité du sol. L'écoulement de sub-surface ou hypodermique intervient dans les horizons saturés en eau. Ces écoulements interviennent dans des sols présentant une rupture de perméabilité (semelle de labour, accumulation d'argile lessivée, horizon argileux plus ou moins profond). Ces deux types d'écoulement sont les voies préférentielles de circulation de l'eau en cas d'épisode pluvieux important. La présence de drainage a une influence sur le transfert de polluant vers les eaux superficielles. Il accélère l'arrivée des nitrates et ralentit voire annule les fuites de nombreux produits phytosanitaires, le phosphore et l'érosion.

Les transferts verticaux vers les eaux souterraines se font par lixiviation des éléments dissous ou par lessivage des argiles qui est réelle sur le très long terme. Ce chemin préférentiel d'écoulement s'effectue majoritairement en hiver. Ces transferts verticaux s'effectuent tant que l'eau ne rencontre pas d'horizon imperméable (argile, roche imperméable, drain, semelle de labour). La vitesse de transfert dépend de la perméabilité du sol et de sa capacité de rétention de l'eau ; les transferts peuvent être accélérés par des structures du type gouffre, doline, réseau karstique.

Sur le territoire du SAGE, la topographie est assez homogène et favorise plutôt l'infiltration des eaux. L'eau s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes via des cheminements préférentiels tels que les drains karstiques situés dans les calcaires de Beauce ou les gouffres qui se sont formés à la surface. Lorsque l'eau rencontre les horizons du Burdigalien peu perméables des transferts latéraux interviennent.

B) METHODOLOGIE DE L'ETUDE

PRINCIPES

La vulnérabilité caractérise la propriété d'un milieu aquatique à être atteint par des polluants. Cette notion ne préjuge pas de l'intensité de cette atteinte, ni même des impacts sur le milieu. Elle ne traduit que la possibilité de migration de substances polluantes vers le milieu aquatique. Elle est fonction des caractéristiques du milieu physique déterminant les grands types de circulation de l'eau identifiés à l'échelle de la parcelle puis du territoire.

Les transferts de nitrates et de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines ou superficielles sont conditionnés par les types d'écoulement des eaux de pluie ou d'irrigation.

Deux voies de circulation des eaux sont possibles : les transferts verticaux vers les eaux souterraines et les transferts horizontaux vers les eaux de surface.

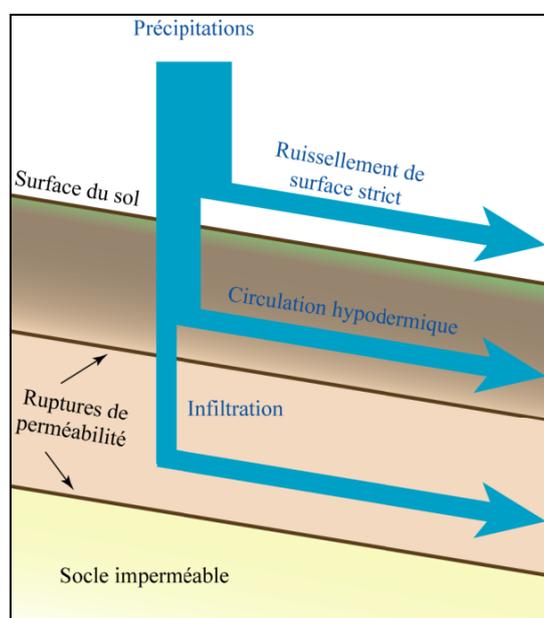


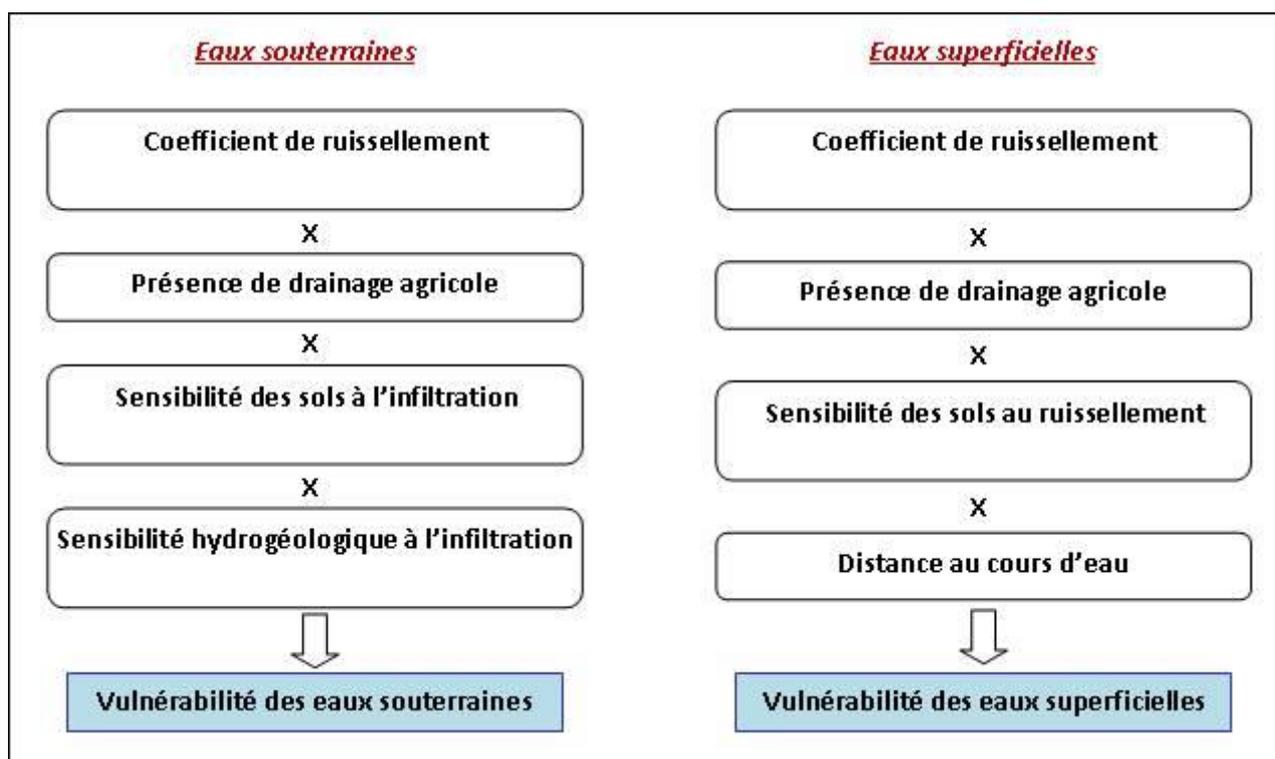
Figure 51: Voies de circulation préférentielles de l'eau

SCHEMA DE CROISEMENT DES DONNEES

Plusieurs méthodes d'estimation du risque de transfert de produits phytosanitaires vers les ressources en eau à l'échelle régionale ont été évaluées par l'unité InfoSol de l'INRA Orléans ainsi que celle préconisée par le CORPEN (CORPEN Groupe Phytopratt-SIG, 2003). A la suite de ces évaluations, une méthodologie générique de ce type de diagnostic régional a été mise en place pour les produits phytosanitaires (Rabot et Schnebelen, 2008). La méthode appliquée dans cette étude s'appuie sur les résultats obtenus par cette équipe ; il s'agit, par ailleurs, de la méthode employée dans l'étude du Bassin d'Alimentation des Captages du Val d'Orléans (Géohyd, Chambre d'agriculture du Loiret, 2012).

Ainsi, une première carte de vulnérabilité a été élaborée pour les eaux superficielles. Elle prend en compte les écoulements latéraux à savoir le ruissellement de surface et hypodermique. Une deuxième carte de vulnérabilité a été réalisée pour les eaux souterraines en prenant en compte les mécanismes liés à l'infiltration

des eaux. Un croisement des données a été réalisé pour caractériser la vulnérabilité des eaux superficielles et souterraines. Les paramètres qui ont été retenus sont ceux qui influencent majoritairement les transferts latéraux (ruissellement) et verticaux (infiltration) à savoir, le mode d'occupation du sol (coefficient de ruissellement), le drainage agricole, la distance au cours d'eau, la pédologie (sensibilité du sol à l'infiltration ou au ruissellement) et l'hydrogéologie. La vulnérabilité des eaux est obtenue par un croisement logique des différents paramètres qui caractérisent le milieu. Pour hiérarchiser les secteurs du SAGE selon la vulnérabilité des eaux, deux arbres de décision ont été créés ; l'un pour les eaux superficielles et l'autre pour les eaux souterraines. Il permet d'attribuer à chaque combinaison de paramètres un code de sensibilité aux transferts de polluants (Annexe 2 et 3).



C) COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

L'occupation du sol joue un rôle important sur le ruissellement de surface. Afin de caractériser l'effet joué par l'état de la surface, une pondération de chaque type d'occupation a été réalisée.

Pour chaque type d'occupation du sol, un coefficient de ruissellement a été attribué. Celui-ci a été choisi sur la base des coefficients de ruissellement de la carte d'occupation des sols CORINE LAND COVER 2006. Ces coefficients de ruissellement ont eux même été calculés selon la méthode de dimensionnement des bassins d'orages (circulaire CG 1333 du 22 février 1949 et norme Suisse SNV 640 351).

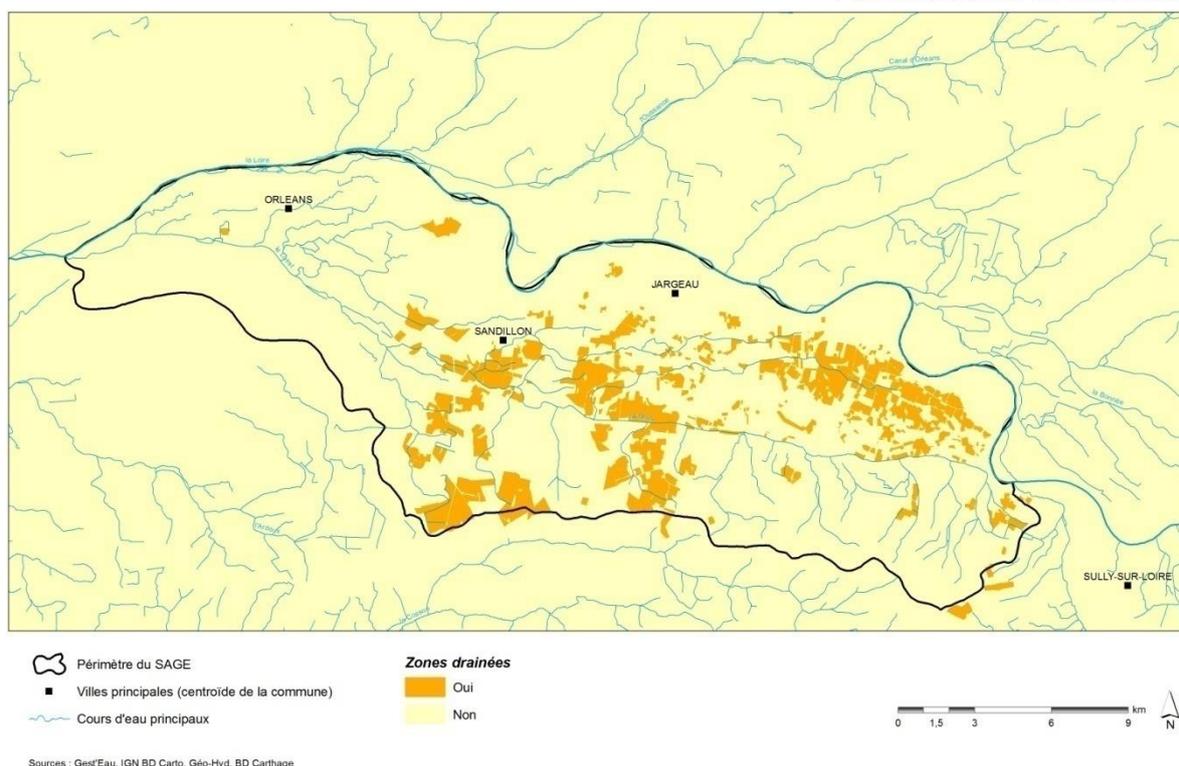
Afin de hiérarchiser le phénomène de ruissellement en fonction du type d'occupation, 4 classes ont été définies à partir des coefficients de ruissellement, allant d'un faible ruissellement (ex : prairie) à un ruissellement très fort (ex : tissu urbain).

D) DRAINAGE

Le drainage favorise l'atteinte des eaux superficielles par des eaux de sub-surface dans la mesure où les drains favorisent un acheminement direct vers les eaux de surface.

La carte suivante permet d'identifier les parcelles drainées de celles qui ne le sont pas. Cette carte a été élaborée en 2003 dans le cadre du diagnostic du SAGE Val Dhuy Loiret. Les données sont issues de l'Atlas Hydraulique du Syndicat Intercommunal du Bassin du Loiret et de la Chambre Départementale d'Agriculture du Loiret.

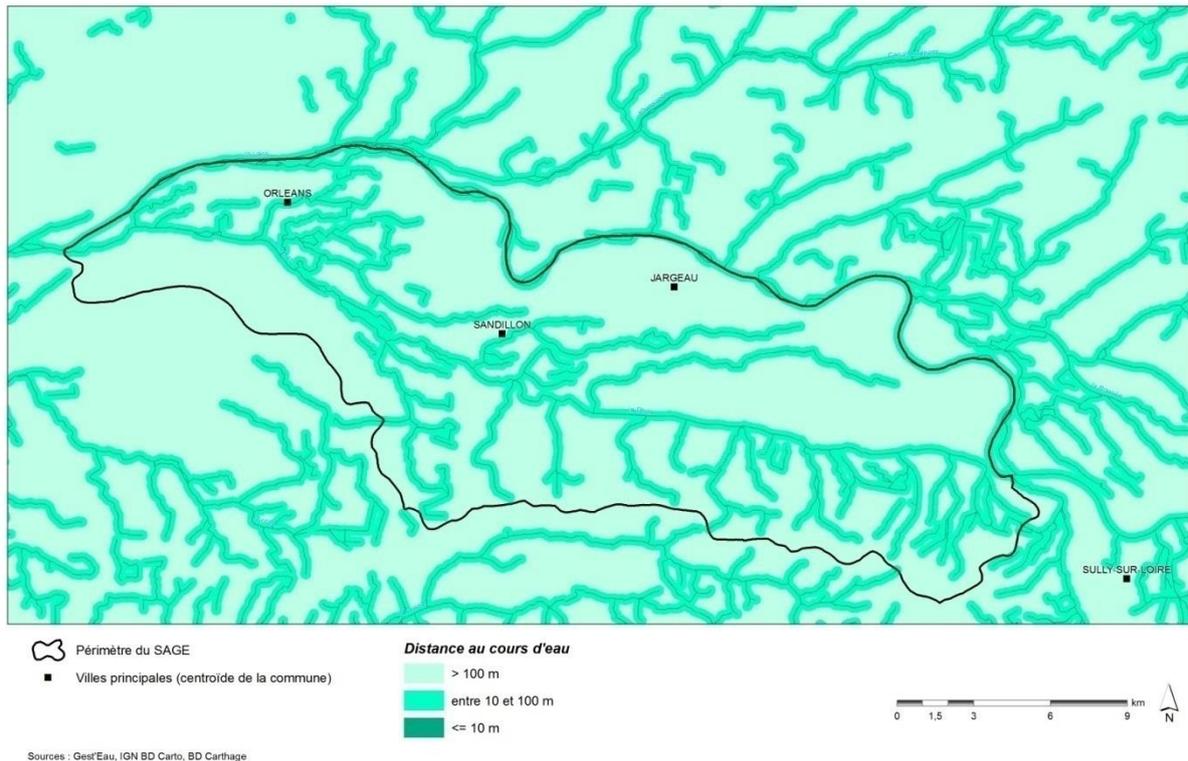
Parcelles drainées du SAGE Loiret



E) DISTANCE AUX COURS D'EAU

La proximité du réseau hydrographique aggrave les risques d'atteinte du milieu superficiel par un polluant. Trois classes de distance ont été élaborées en tenant compte du contexte local. Les classes suivantes de potentiel de transfert au cours d'eau ont été retenues :

- Classe 1 : faible > 100 m
- Classe 2 : moyen de 10 à 100 m
- Classe 3 : fort < 10 m



F) SENSIBILITE AU RUISSELLEMENT OU A L'INFILTRATION

SENSIBILITE DES SOLS A L'INFILTRATION

Notre évaluation de la sensibilité des sols à l'infiltration s'appuie, en l'adaptant au contexte local, du document « Etablissement d'une méthode générique d'estimation du risque de transferts de produits phytosanitaires vers les eaux à l'échelle régionale » (Eva RABOT sous la direction de Mme Nathalie SCHNEBELEN, 2008) qui reprenait un travail réalisé par Hervé Nédélec (2007). Nous reprenons la méthode employée pour le BAC

Les deux grands types de circulation de l'eau dans les sols sont différenciés. L'infiltration nous préoccupe principalement dans le cadre de la protection des captages et le ruissellement de surface qui atteint le Dhuy ou les autres rivières du secteur. Ils contrôlent le type de ressource potentiellement atteinte par une pollution par des produits phytosanitaires et les nitrates.

Ainsi, deux traitements distincts sont réalisés : la sensibilité des sols à l'infiltration et la sensibilité des sols aux écoulements latéraux.

Il s'agit d'évaluer la capacité du sol à laisser l'eau s'infiltrer en profondeur d'une part et de déterminer la sensibilité des sols aux écoulements de surface d'autre part.

La combinaison de paramètres du sol permet d'attribuer une note d'infiltration et de ruissellement, déterminée au sein d'un même algorithme. Ces notes sont donc complémentaires et peuvent être déduites l'une de l'autre.

Le caractère filtrant d'un sol est une propriété physique traduisant sa plus ou moins grande facilité à se laisser traverser par l'eau. Il s'inspire de « l'algorithme infiltration », de validité régionale, élaboré par les Chambres d'Agriculture de la Vienne, de l'Indre, de l'Indre-et-Loire et du Cher (Cam et al., 1996) et de différentes

méthodes de diagnostic régional. Cet algorithme quantifie et pondère huit paramètres du sol traduisant un refus d'infiltration ou une capacité de stockage de l'eau dans le sol auxquels il affecte une « note ».

Chaque UTS (Unité Typologique de Sol) de la carte des sols du sage a été renseignée pour ces paramètres. Compte tenu du contexte nous n'avons retenu que les 5 paramètres suivants :

- **Battance ± teneur en éléments grossiers** (importance : +++)
- **Texture de surface ± structure** (+++)
- **Hydromorphie** (+++)
- **Présence d'un plancher imperméable** (+++)
- **Réserve utile** (++)

Les notes des paramètres sont ensuite sommées pour chaque type de sol afin de donner un indice de filtrance.

Note : La matière organique (MO), de part ses capacités de sorption, permet de fixer les substances polluantes et influe donc sur les transferts de produits phytosanitaires vers les eaux souterraines. Nous n'avons pas de données assez fines pour prendre cet élément en compte. De plus les valeurs observées dans ces secteurs se situent en majorité dans la classe la plus faible proposée (<2%). Dans le secteur d'étude ce paramètre ne sera donc pas discriminant.

➤ **La Battance**

La battance correspond à la dégradation de la structure de surface de certains sols par destruction des agrégats sous l'impact des gouttes de pluie. Elle conduit à la formation d'une croûte mince, la croûte de battance, faisant obstacle à l'infiltration de l'eau dans le sol. Plus un sol est battant, plus le phénomène de ruissellement est important. La battance intervient principalement sur les sols limoneux. La probabilité d'occurrence de ce phénomène est déterminée classiquement par l'indice de battance (IB), qui est fonction de la composition granulométrique du sol et du taux de matière organique.

N'ayant pas de donnée analytique nous avons évalué cette battance par expertise à partir de la texture de surface.

La classification pour la battance est la suivante

Classe 1 : sol battant à très battant	1 pt
Classe 2 : sol moyennement battant	10 pts
Classe 3 : sol non battant	20 pts

➤ **Taux d'éléments grossiers**

Le taux d'éléments grossiers diminue le phénomène de battance. La destruction des agrégats est diminuée et la fermeture de la porosité est réduite. Par ailleurs, leur présence permet de ménager des espaces, facilitant l'infiltration de l'eau et améliore la résistance au ruissellement grâce à l'augmentation de la rugosité de surface.

Le taux d'éléments grossiers modifie donc la classe de battance précédemment calculée :

Ce taux d'éléments grossiers découle des descriptions de sol trouvées dans les notices des deux cartes. Ils sont en général inférieurs à 25%.

Classe 1 : %EG ≤ 25% classe IB (classe battance)

Classe 2 : %EG > 25% classe IB + 1 (classe battance + 1)

➤ **Texture de l'horizon de surface**

La texture est observée lors de la prospection pédologique. Elle traduit la proportion en argiles, limons et sables. Un qualificatif est donné à ces textures à partir du triangle de textures de l'Aisne. Elles sont reclassées en quatre grandes classes selon que la « filtrance » est faible (classe 1) ou importante (classe 4), puis une note est attribuée à chacune de ces grandes classes

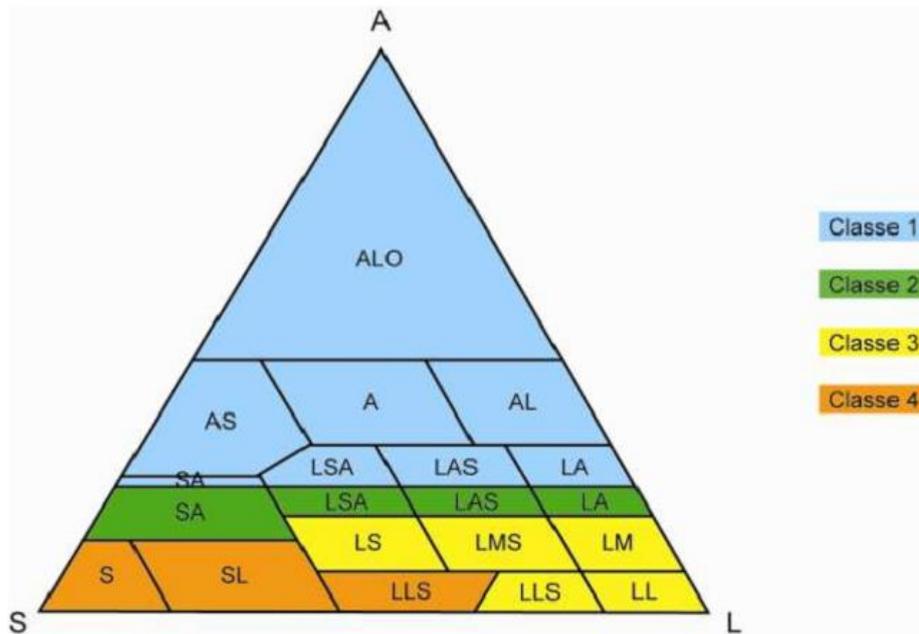


Figure 2 : Classes de filtrance selon le triangle de textures de l'Aisne.

Classe 1 : ALO, AS, A, AL, et SA, LSA, LAS, LA avec A ≥ 22% **1 pt**

Classe 2 : SA, LSA, LAS, LA avec A < 22% **10 pts**

Classe 3 : LL, LLS avec L ≥ 65%, LM, LMS, LS **15 pts**

Classe 4 : S, SL, LLS avec L < 65% **20 pts**

➤ **Structure de l'horizon de surface**

La répartition en classes du paramètre texture n'intègre pas la fissuration des argiles par retrait en période sèche. Un paramètre structure est donc ajouté. Ce phénomène n'existe pas en période humide et est donc uniquement pris en compte en période estivale. Néanmoins, la fissuration des argiles n'a un effet significatif que si l'épaisseur de l'horizon argileux est faible, les fissures le traversant alors de part en part, permettant l'infiltration directe de l'eau.

Il y a peu de sol argileux dans le périmètre et lorsqu'ils sont présents, ces derniers sont épais. Nous n'avons donc pas tenu compte de ce critère.

➤ Hydromorphie

L'hydromorphie exprime la sensibilité d'un sol à l'excès d'eau. Les sols hydromorphes sont plus rapidement sujets à un engorgement par l'eau et peuvent ainsi induire des phénomènes de ruissellement, dits par « refus d'infiltration ». La présence d'hydromorphie est souvent due à la présence d'un niveau moins perméable à profondeur variable, limitant l'infiltration.

Elles sont définies sur le terrain grâce à la présence de phénomènes d'oxydo-réduction (rédoxiques ou réductiques).

Dans nos données cette hydromorphie était désignée par :

- Aucune notation : sol sain
- h : moyennement hydromorphe
- H : fortement hydromorphe
- Une hydromorphie faible a été attribuée aux sols où un horizon argilo sableux ou argileux était présent en profondeur

Elles sont regroupées en 4 classes pour l'établissement de la vulnérabilité :

Classe 1 : sol hydromorphe (DRAI_NAT : 6, 7, 8 et 9)	H	1 pt
Classe 2 : sol à hydromorphie moyenne (4 et 5)	h	10 pts
Classe 3 : sol à hydromorphie faible (3)		15 pts
Classe 4 : sol non hydromorphe (1 et 2)	sain	20 pts

➤ Présence d'un plancher imperméable

Un plancher constitue un obstacle physique, peu ou non perméable. Il fait obstacle à la percolation de l'eau et peut générer un engorgement temporaire, voire une évacuation par circulation latérale de l'eau.

Ce niveau peut être constitué par un horizon argileux ou argilo-sableux.

Des niveaux peuvent être plus ou moins perméables, nous avons donc mis une classe intermédiaire supplémentaire aux propositions de l'INRA

Trois classes de 5 à 20 points sont différenciées :

Classe 1 : présence net de plancher	5 pts
Classe 2 : plancher semi perméable	10 pts
Classe 3 : absence de plancher	20 pts

➤ Vitesse de percolation dans le substrat

La vitesse de percolation dans le substrat traduit la capacité de la roche sous-jacente au sol à évacuer l'eau ou à la retenir. Elle dépend de sa porosité et de son état de fracturation. Ceci est étudié dans les caractéristiques hydrogéologiques qui suivent et a donc été supprimé pour la couche sol.

➤ Réservoir Utilisable Maximal

Le Réservoir Utilisable Maximal correspond à la quantité maximale d'eau stockée dans le sol utilisable par les plantes. Elle est classiquement mesurée de manière expérimentale sur des échantillons de sol, mais cette information n'est pas directement renseignée.

Ce paramètre ne représente qu'une fraction du volume total de l'eau stockée dans le sol.

Le Réservoir Utilisable Maximal est calculé en prenant en compte la terre fine et les éléments grossiers.

Une RU par cm de sol a été affectée à chaque texture. Chaque UTS étant décrite par tranche de 40 cm, il a été possible de calculer une RU sur 1 m sur la majorité des sols.

Lors de la phase terrain de l'étude, l'enracinement observé dans de nombreux profils de sols très sableux ne dépassant généralement pas le labour, nous n'avons fait le calcul que sur les 50 premiers cm.

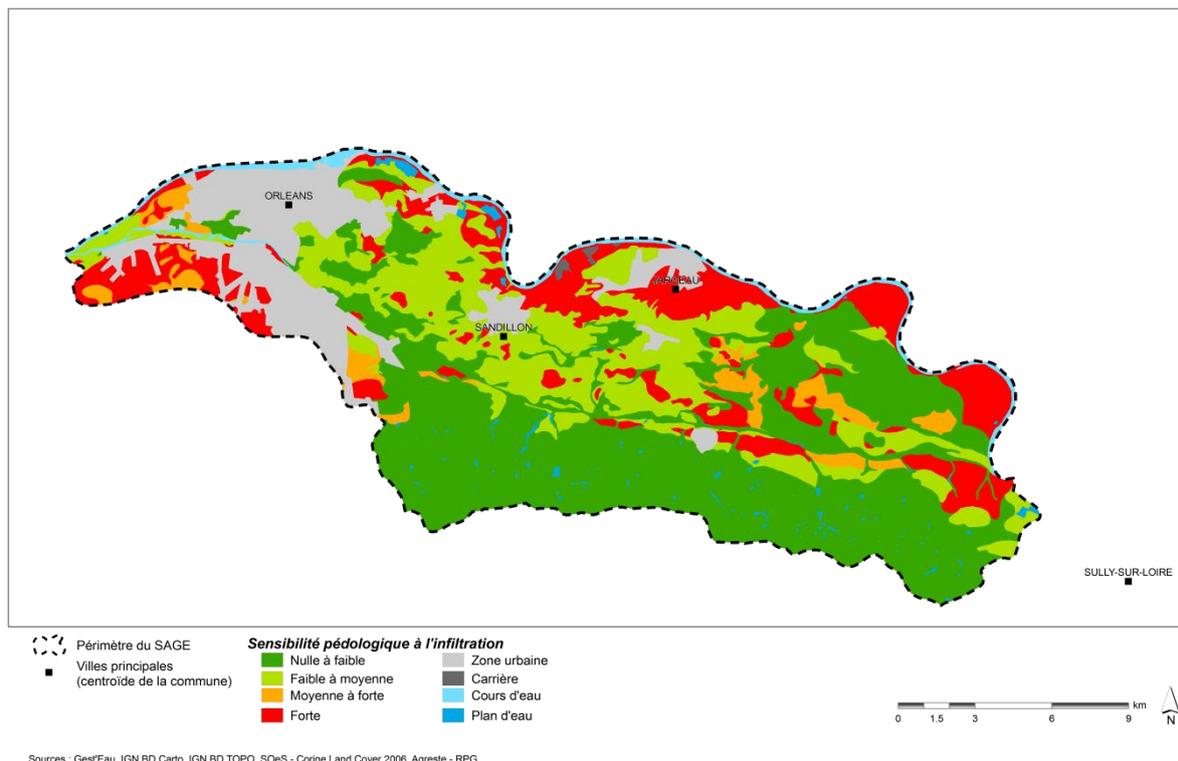
Une note est attribuée, de 1 point (RUM forte) à 15 points (RUM faible), selon 4 classes (Nédélec, 2007) :

Classe 1 : RUM > 150 mm	1 pt
Classe 2 : 100 mm ≤ RUM < 150 mm	5 pts
Classe 3 : 50 mm ≤ RUM < 100 mm	13 pts
Classe 4 : RUM < 50 mm	15 pts

➤ **La sensibilité à l'infiltration de la strate sol**

Les points obtenus par chaque UTS (Unité Typologique de Sol) sur les 6 paramètres pris en compte dans l'évaluation de la sensibilité des sols à l'infiltration sont sommés. 4 classes sont définies selon le score atteint, les notes minimales et maximales étant respectivement de 9 et 95 points :

Classe 1 : filtrance nulle à faible	< 50 pts
Classe 2 : filtrance faible à moyenne	50 à 65 pts
Classe 3 : filtrance moyenne à forte	65 à 80 pts
Classe 4 : filtrance forte	> 80 pts



Remarque : sur les espaces urbanisés la pédologie n'a pas été évalué mais il est considéré que la sensibilité à l'infiltration vers les eaux souterraines est faible ou du nul du fait de l'imperméabilisation des sols dans ces zones.

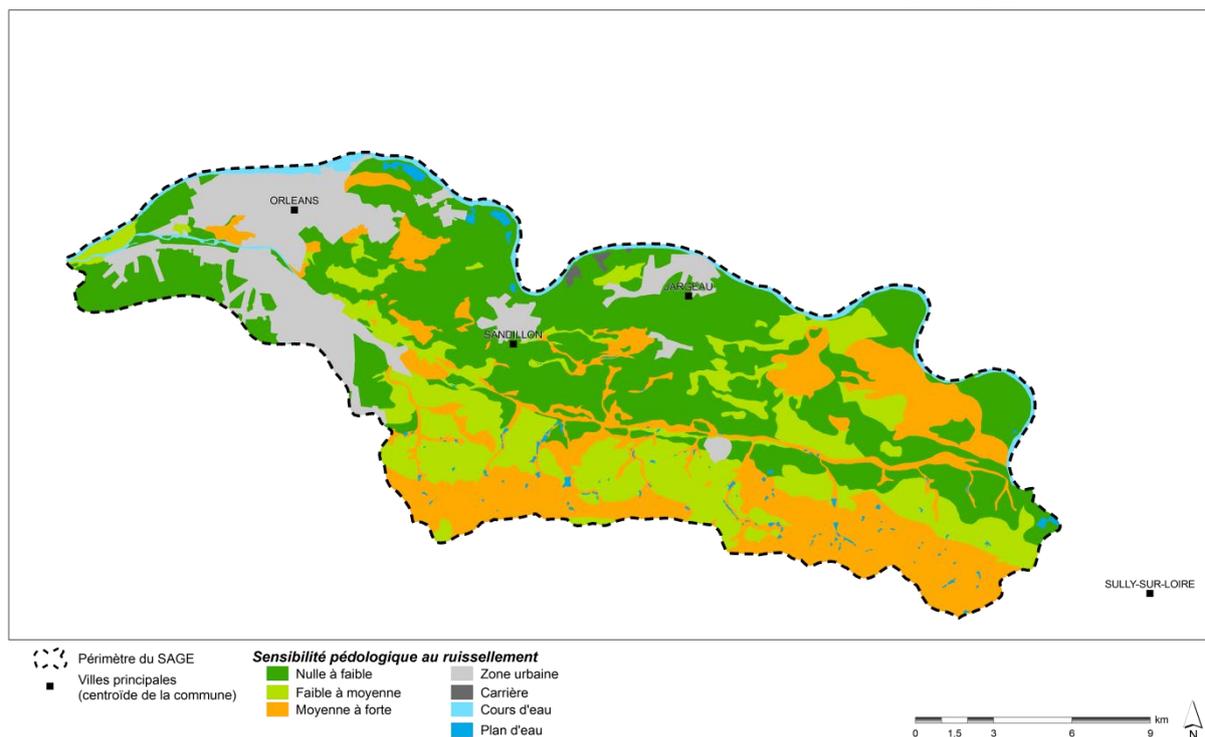
SENSIBILITE DES SOLS AU RUISSELLEMENT

La sensibilité des sols au ruissellement correspond à l'inverse de la sensibilité des sols à l'infiltration. Nous avons donc retenu l'indice ruissellement calculé de la façon suivante :

$$\text{Indice ruissellement} = 95 (\text{note maximum de filtrance}) - \text{indice de filtrance.}$$

Quatre classes ont été retenues.

Classe 1 : ruissellement nulle à faible	< 40 pts
Classe 2 : ruissellement faible à moyenne	40 à 55 pts
Classe 3 : ruissellement moyenne à forte	55 à 70 pts
Classe 4 : ruissellement forte	> 70 pts



G) SENSIBILITE HYDROGEOLOGIQUE A L'INFILTRATION

Le caractère filtrant du sous-sol a été évalué sur le territoire d'étude à partir des trois critères suivants :

- Présence ou absence de gouffres,
- Epaisseur de la zone non saturée (=profondeur d'apparition de la nappe),
- Présence d'un plancher imperméable constitué par les sables et argiles du Burdigalien.

Présence ou absence de gouffres

Un gouffre est le résultat d'un effondrement d'une cavité souterraine. Sur le SAGE Val Dhuy Loiret des gouffres sont présents là où des conduits karstiques souterrains se sont effondrés. Sous l'effet des circulations souterraines, par soutirage des matériaux alluvionnaires emportés dans ces conduits des cavités naturelles se forment dans le karst et peuvent céder.

La vitesse de circulation de l'eau dans les gouffres est importante, par conséquent, une pollution présente au niveau d'un gouffre est susceptible d'atteindre rapidement la nappe d'eau souterraine.

La localisation des gouffres sur le SAGE a été faite à partir d'un document de l'Université d'Orléans qui recense dans le Val d'Orléans les informations de la base BDCavité (BRGM, 2001). Sur le SAGE, un peu plus de 100 cavités ont été recensés. Néanmoins, certains gouffres n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation de la vulnérabilité du milieu. En effet, les gouffres situés en milieu urbain sont généralement recouverts de bitume et ne représentent donc pas un risque en termes d'écoulement vertical. Par ailleurs, les cavités situées dans les cours d'eau et identifiées comme sources ne seront pas prises en compte.

Pour les gouffres en milieu rural où des chemins d'écoulement préférentiels subsistent en profondeur il a été considéré que le secteur vulnérable comprend une zone de 100 m de rayon autour du gouffre dans la mesure où le Modèle Numérique de Terrain 25 m ne permet pas de tracer les bassins versants des gouffres de manière représentative.

La présence de gouffres correspond au critère le plus discriminant au regard des autres critères. La présence de gouffres (hors gouffres en milieu urbain et sources) engendre donc une vulnérabilité forte du milieu.

Épaisseur de la zone non saturée

L'épaisseur de la zone non saturée (ZNS) est la distance entre la surface du sol et le toit de la première nappe d'eau souterraine rencontrée en profondeur. Elle permet de caractériser le temps de transit plus ou moins rapide de l'eau entre la surface et la nappe. Ce temps de transfert influence la dégradation physico-chimique des substances phytosanitaires ou nitrates.

L'épaisseur de la ZNS a été calculée à partir du différentiel entre le MNT 25 m et la piézométrie en période de hautes eaux des alluvions de la Loire et des calcaires de Beauce.

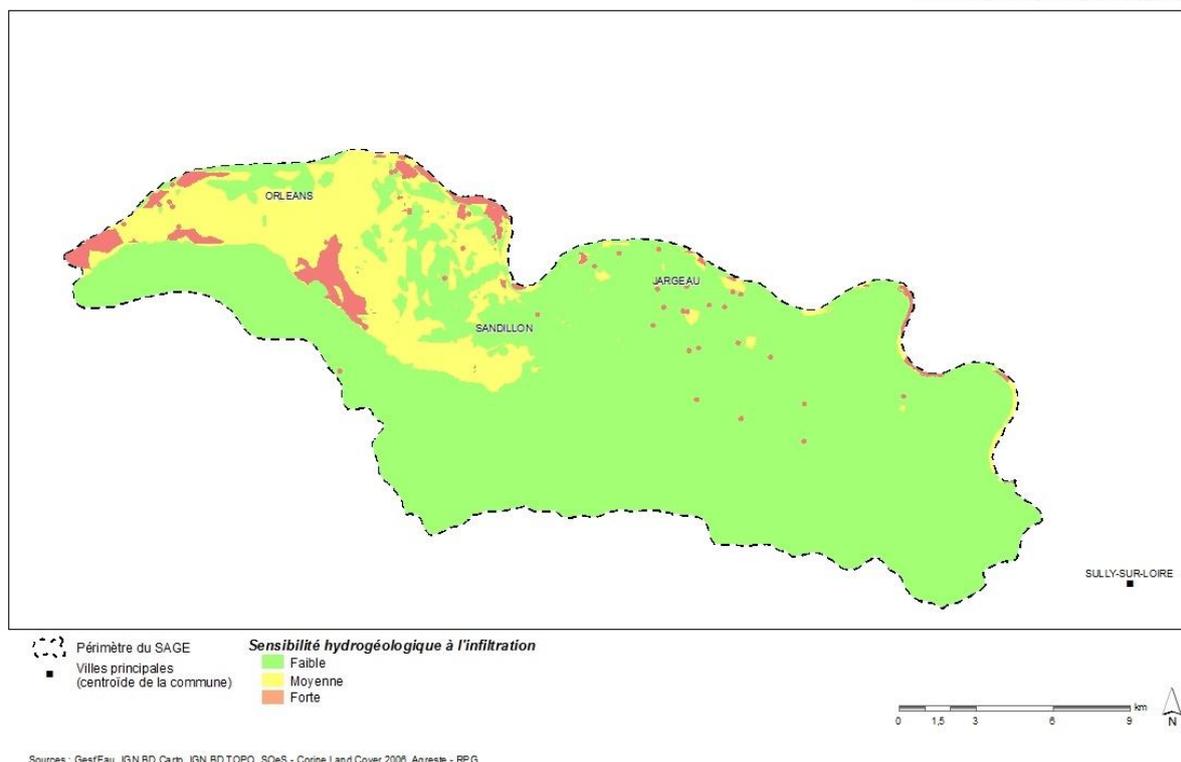
Présence de la couche imperméable des sables et argiles du Burdigalien

La formation des sables et argiles du Burdigalien est une couche imperméable peu épaisse et discontinue sur le périmètre du SAGE Val Dhuy Orléans qui se place entre le calcaire de Beauce et les alluvions de la Loire. Cette couche est présente sous forme de lentilles sur la partie est du SAGE et absente sur la partie ouest. La présence de cette couche protectrice du Burdigalien rend impossible les infiltrations en profondeur lorsqu'elle existe. Les échanges entre la nappe alluviale et la nappe des calcaires de Beauce.

Carte de la sensibilité hydrogéologique à l'infiltration

Trois classes ont été définies à partir des critères précédents :

- Classe 1 : Sensibilité à l'hydrogéologie faible
Présence de la couche des sables et argiles du Burdigalien et/ou épaisseur de la ZNS de 5 à 10 m
- Classe 2 : Sensibilité à l'hydrogéologie moyenne
Épaisseur de la ZNS de 2 à 5 m
- Classe 31 : Sensibilité à l'hydrogéologie forte
Présence de gouffres et/ou ZNS comprise entre 0 et 2 m



H) CARTES DE VULNERABILITE

Remarque 1 : la pédologie n'a pas été évaluée sur les espaces urbanisés car il est difficile de réaliser une prospection pédologique en milieu urbain fortement remanié et dans la mesure où la pédologie influence peu la vulnérabilité de ces espaces imperméables. De ce fait aucun coefficient n'a été attribué pour la sensibilité au ruissellement et ces espaces n'ont pas été pris en compte dans l'arbre de décision permettant d'attribuer une classe de vulnérabilité. Sur ces espaces, il peut être considéré que l'eau qui ruisselle est collectée par des réseaux avec un exutoire ponctuel. De plus, une partie des eaux pluviales sont acheminées vers la Loire et n'impacte probablement pas directement les eaux du SAGE. Enfin, la localisation de ces exutoires d'eaux pluviales et des surfaces drainées associées n'est malheureusement pas connue. A défaut, les espaces urbanisés pourraient être considérés avec une sensibilité forte au ruissellement par défaut afin d'être intégré dans le modèle de croisement des données.

Remarque 2 : la vulnérabilité n'a pas été évaluée avec la méthode présentée pour les étangs et plans d'eau situés sur le SAGE. En effet, sur les étangs des phénomènes de dépollution notamment par dénitrification peuvent intervenir et réduire la vulnérabilité. Cependant, la gestion des étangs notamment au moment des vidanges peut, quant à elle, induire une dégradation de la qualité des eaux superficielles. Ces milieux n'ont donc pas été intégrés dans la méthode d'évaluation de la vulnérabilité.

EAUX SUPERFICIELLES

La vulnérabilité des eaux superficielles a été évaluée sous deux angles : vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement de produits solubles et vulnérabilité des eaux superficielles vis-à-vis de substances non solubles. En effet, les polluants sont d'autant plus facilement transportés par ruissellement qu'ils sont facilement solubles dans l'eau. Par ailleurs, l'effet du drainage sur la vulnérabilité des eaux superficielles peut être différent selon la solubilité du polluant en question. En présence d'une molécule soluble, le drainage aura tendance à accentuer la vulnérabilité des eaux superficielles par entrainement des polluants solubles vers les eaux superficielles. En revanche, dans le cas des molécules peu solubles et plutôt transportées par des dépôts de matériaux solides, le drainage a tendance à assécher les parcelles et limite le ruissellement en surface. Dans ce cas, l'effet du drainage sur la vulnérabilité des eaux superficielles est plus limité.

Les polluants peuvent être classés en fonction de leur solubilité. Parmi les substances peu solubles on compte le phosphore, la plupart des produits phytosanitaires de la famille des Pyréthrinoides, le DDT, l'Endosulfan, l'Atrazine et la Simazine. Parmi les molécules solubles on compte, l'Aminotriazole, le Glyphosate, l'Alachlore, l'Aldicarbe, l'Oxadixyl, le Prosulfuron, le Diuron, l'Isoproturon et le Carbofuran.

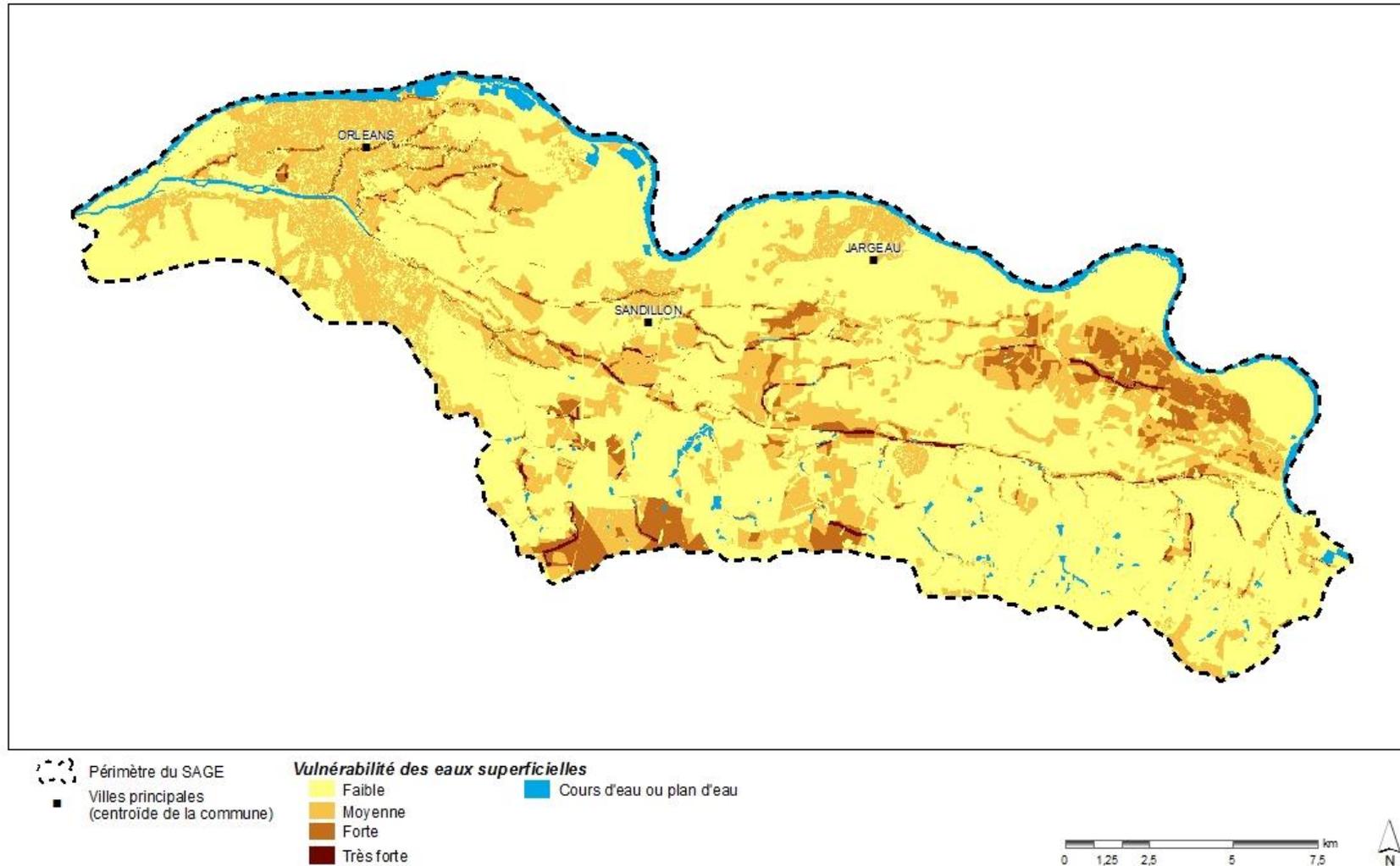
Tableau 17 : Classification de produits phytosanitaires en fonction de leur solubilité dans l'eau (d'après INERIS)

Solubilité nulle à faible		Solubilité moyenne à forte	
Endosulfan	Téfluthrine	Isoproturon	Aminotriazole
Deltaméthrine	Atrazine	Diuron	Glyphosate (et AMPA)
Lindane	Simazine	Métazachlore	Mevinphos
DDT	Triazines	Alachlore	Formaldehyde
Carbendazime	Méthomyl	Aldicarbe	2,-MCPA
Cyperméthrine	Bifenthrine	Carbofuran	Mécoprop (mcpp)
Chlorpyrifos-éthyl	Endosulfan	Triallate	Chlorsulfuron
Zirame	Buprofezine	Manède	Dicamba
Pyridate	Isoxaben	Chlorfenvinphos	Bromure de méthyle
Terbufos	Captane	Parathion	Clopyralid
Azoxystrobine	Epoxiconazole	Nicosulfuron	Prosulfuron
Propyzamide	Carbaryl	Oxadixyl	Tebutame
Cyprodinil	Fonofos	Bromacil	Métazachlore
Prosulfocarbe	Thiocarbe	Linuron	Trétraconazole

La vulnérabilité des eaux superficielles aux transferts de polluants est principalement localisée à proximité des cours d'eau. En effet, sur le SAGE, du fait de la faiblesse des pentes, la distance aux cours d'eau est un des facteurs qui intervient de manière importante sur la vulnérabilité des eaux superficielles. Dans les zones moyennement vulnérables, on retrouve les parcelles drainées ainsi que les secteurs dont la pédologie a révélé une sensibilité importante au ruissellement (au sud de Châteauneuf-sur-Loire et au du périmètre du SAGE). Les zones urbaines apparaissent également comme moyennement vulnérables du fait de l'imperméabilisation des sols.

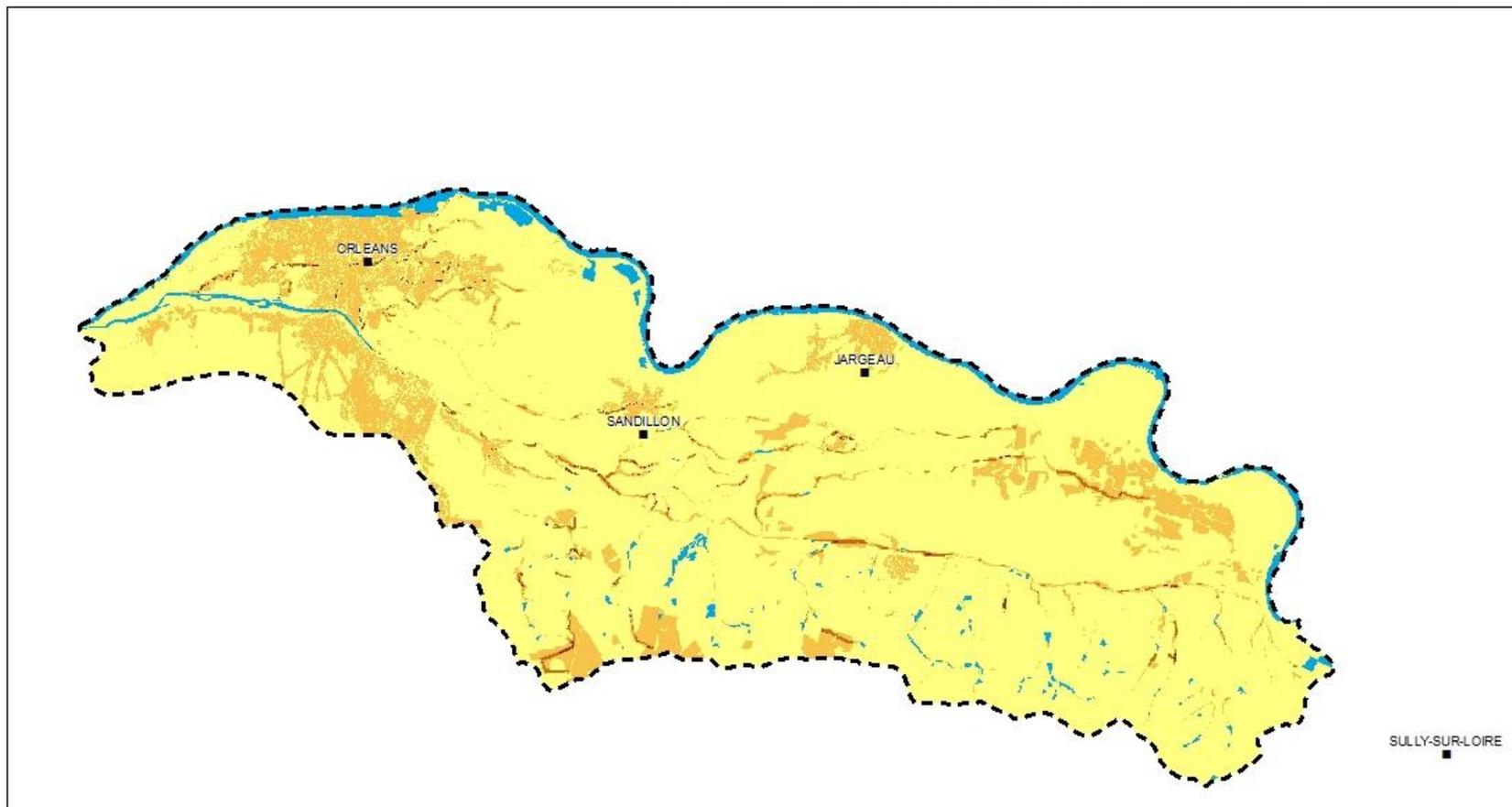
On note également, que les notes de vulnérabilité sont sensiblement plus élevées en présence de substances solubles donc plus facilement mobilisables par les eaux de ruissellement.

Vulnérabilité des eaux superficielles aux substances solubles



Sources : GestEau, IGN BD Carb, IGN BD TOPO, SOeS - Corine Land Cover 2006, Agreste - RPG, Ch. Agriculture 45, BRGM Ades, Onema BD Carthage, IGN BD Alt

Vulnérabilité des eaux superficielles aux substances non solubles

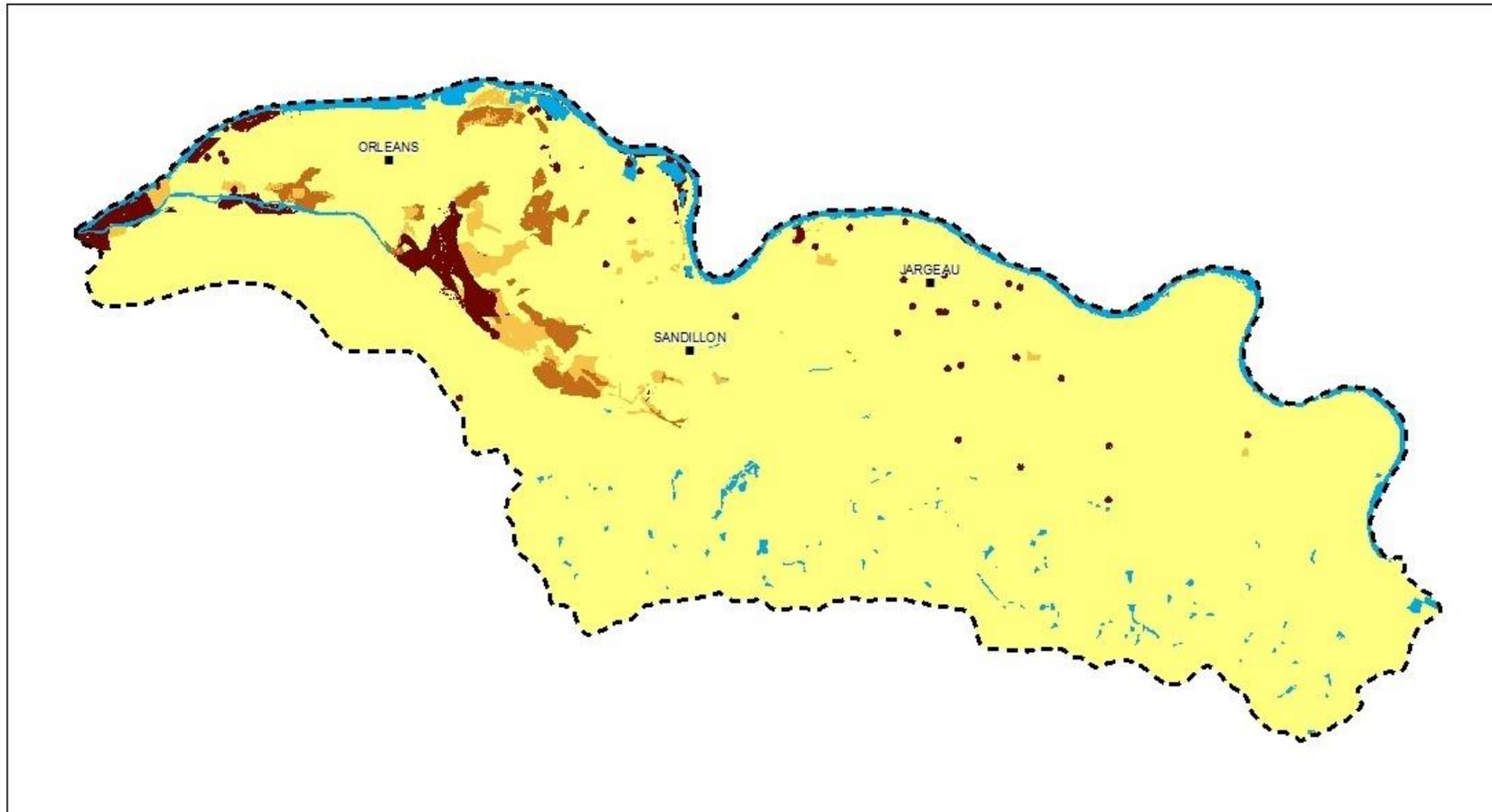


Sources : GestEau, IGN BD Carb, IGN BD TOPO, SOeS - Corine Land Cover 2006, Agreste - RPG, Ch. Agriculture 45, BRGM Ades, Onema BD Carthage, IGN BD Alti

EAUX SOUTERRAINES

La vulnérabilité des eaux souterraines prend en compte à la fois la vulnérabilité des Alluvions de la Loire sur la partie nord du SAGE et des Calcaires de Beauce sur la partie sud. Globalement, la nappe des Alluvions de la Loire est plus vulnérable que celle des Calcaires de Beauce. Les secteurs les plus vulnérables correspondent aux surfaces à proximité de gouffres et aux secteurs où la couche du Burdigalien est absente et avec une épaisseur de zone non saturée relativement faible.

Vulnérabilité des eaux souterraines



Sources : Gest'Eau, IGN BD Carib, IGN BD TOPO, SOeS - Corine Land Cover 2006, Agreste - RPG, Ch. Agriculture 45, BRGM Ades, Onema BD Carthage, IGN BD Alt

Figure 1 : Variation de la pluviométrie et des températures sur 10 ans (Source: station de Bricy)	6
Figure 2 : Précipitations mensuelles moyennes sur 10 ans (source: station de Bricy)	7
Figure 3 : Log stratigraphique à l'Ouest de Sandillon.....	11
Figure 4 : Log stratigraphique à l'Est de Tigy.....	12
Figure 5 : Prélèvements annuels pour l'AEP de 2000 à 2011 (source : AELB).....	20
Figure 6 : Répartition des prélèvements pour l'irrigation de 2011 par type de ressource (source: AELB)	20
Figure 7 : Prélèvements annuels pour l'irrigation de 2000 à 2011 (source : AELB)	21
Figure 9 : Répartition des prélèvements par type de ressource, données de 2011 (source: AELB)	22
Figure 10 : Répartition des prélèvements par origine de la ressource, données de 2011 (source: AELB)	22
Figure 11 : Répartition des prélèvements en nappe profonde, données de 2011 (source: AELB)	23
Figure 12 : Répartition des prélèvements en rivière de par usage, données de 2011 (source: AELB)	23
Figure 13 : Percentile 90 annuel entre 2000 et 2012 sur la base des données des stations Dhuy à Sandillon et Dhuy à Orléans.....	42
Figure 14: Percentile 90 annuel entre 2000 et 2012 sur la base des données des stations du Loiret à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin et Olivet	42
Figure 16: Percentile 90 mensuel sur la base des données des stations du Loiret à Olivet et à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin entre 2000 et 2012.....	43
Figure 17 : Indice d'hydraulicité au vu des débits du Dhuy.....	43
Figure 18 : Flux spécifiques et flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité sur le Dhuy à Orléans Saint-Cyr-en-Val	44
Figure 19 : Flux spécifiques et flux spécifiques pondérés par l'hydraulicité du Dhuy à Sandillon	44
Figure 21 : Molécules quantifiées au moins une fois sur le Loiret (1 station)	49
Figure 22 : Molécules quantifiées au moins une fois sur le Dhuy (3 stations).....	51
Figure 23 : 20 molécules les plus quantifiées sur le SAGE toutes stations confondues.....	56
Figure 24 : 8 molécules responsables de contaminations aiguës (> 5µg/L).....	56
Figure 25: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loire à Jargeau entre 2001 et 2012	57
Figure 26: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loire à Meung-sur-loire entre 2001 et 2012.....	58
Figure 27 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 2 stations de la Loire entre 2001 et 2012	58

Figure 28: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station Loiret à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin entre 2001 et 2012	59
Figure 29: Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station du loiret entre 2001 et 2012	60
Figure 30: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station le Bras de Bou entre 2001 et 2012.....	60
Figure 31 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, 1 station le Bras de Bou entre 2001 et 2012.....	61
Figure 32: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Sandillon entre 2001 et 2012	62
Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Sandillon entre 2001 et 2012	62
Figure 34 : Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Gobson entre 2001 et 2012	63
Figure 35 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Gobson entre 2001 et 2012	63
Figure 36: Evolution des concentrations moyennes annuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val entre 2001 et 2012.....	64
Figure 37 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles sur 7 molécules à quantification récurrente, station le Dhuy à Saint-Cyr-en-Val entre 2001 et 2012.....	64
Figure 38 : Détail des stations de mesures de la qualité eaux souterraines (2000 – 2012).....	66
Figure 39 : Qualité nitrates, SEQ eau volet eaux souterraines, 2000-2012	67
Figure 40 : Evolution des concentrations annuelles en nitrates (2000 – 2012) dans les captages du SAGE	68
Figure 41 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles en nitrates (période 2000 – 2011) dans les captages du SAGE.....	69
Figure 42 : Qualité Pesticides, SEQ Eau volet eaux souterraines, 2000-2012.....	70
Figure 43: Evolution des concentrations moyennes annuelles des molécules pesticides détectées (µg/l) dans les captages du SAGE (période 2000-2012).....	72
Figure 44 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles des molécules pesticides détectées (µg/l) dans les captages SAGE (période 2000-2007)	73
Figure 45 : Qualité MPMI, SEQ Eau volet eaux souterraines, 2000-2012	74
Figure 46: Débit moyen mensuel du Dhuy (source: Banque Hydro).....	76
Figure 47: Débits maximums, moyens et minimums mensuels sur le Dhuy (source: Banque Hydro).....	76
Figure 48 : Débit moyen mensuel de la Loire à Orléans et à Giens et débit des sources de l'Abîme et du Bouillon (source: Banque Hydro et Université d'Orléans)	77

Figure 50: Circulations karstiques du Val d'Orléans (source: fonctionnement du système karstique du Val d'Orléans : les acquis, les interrogations – François Lelong, Nevila Jozia – 17 mai 2008) 80

Tableau 1 : Cumul des précipitations par an (Source: station de Bricy)	6
Tableau 2 : Délai d'atteinte du bon état global, écologique et chimique	25
Tableau 3 : Etat DCE des masses d'eau superficielles (2011).....	26
Tableau 4 : Délai d'atteinte du bon état chimique et quantitatif	28
Tableau 5 : Etat DCE des masses d'eau souterraines.....	30
Tableau 6 : Nombre de molécules pesticides recherchées par an sur chaque station	45
Tableau 7: Nombre d'analyses par an réalisées sur chaque station	46
Tableau 8 : Nombre de dépassement des 0,1 µg/L par an et par station.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 9 : Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur la Loire (toutes stations confondues) sur les 5 dernières années	53
Tableau 10 : Molécules responsables d'un dépassement des 0,1 µg/L sur le Loiret sur les 5 dernières années .	54
Tableau 11 : Indicateurs statistiques globaux de la qualité des nitrates des points d'eau présents dans le périmètre du SAGE.....	68
Tableau 12 : molécules pesticides quantifiées dans les captages du SAGE (période 2000 – 2010).....	71
Tableau 13 : éléments statistiques relatifs aux pesticides quantifiés dans les captages du SAGE (période 2000 – 2012)	71
Tableau 14 : répartition des analyses pesticides quantifiées par captage du SAGE	73
Tableau 15 : prélèvements dont les pesticides totaux dépassent le seuil de 0.1 µg/l.....	74

ANNEXE 1 : USAGES DES PRINCIPALES SUBSTANCES ACTIVES RETROUVEES SUR LE SAGE

Substance active	Entretien espaces verts et voiries	Usage agricole
Aminotriazole	oui	désherbage : vergers, maïs, cultures
Azoxystrobine	oui	traitement parties aériennes : maraîchage, tournesol, tritical, vigne, pois, orge, lentilles, lupin, avoine
Chlortoluron		désherbage : blé, cultures porte-graine, orge
Clopyralide	oui	désherbage : maraîchage, prairies, seigle, sorgho, triticales, colza, blé, avoine, fétuque, lin, maïs, orge
Diflufénicanil	oui	désherbage : blé, orge, seigle, triticales
Diméthomorphe		traitement des parties aériennes : maraîchage, fleurs, pomme de terre, tabac, vigne, pois
Dicamba	oui	désherbage : maïs, sorgho
Ethofumésate		désherbage : betterave, fétuque, cultures porte-graine, haricot
Glyphosate	oui	désherbage : arboriculture, cultures, jachères, vigne,
Imidaclopride		traitement des semences : betteraves, blé, céréales, orge ; traitement des parties aériennes : fruitiers, rosiers
Isoxaben	oui	désherbage : triticales, seigle, lupin, colza, blé, avoine, fruits et arbres fruitiers, maraîchage, fleurs
Isoproturon		désherbage : blé, orge, triticales, seigle, cultures porte-graine
Métaldehyde	oui	traitement : mollusques, escargots
Mécoprop		désherbage graminées
Nicosulfuron		désherbage : maïs
Oxadiazon	oui	désherbage : fruitiers, rosiers, tournesol, soja, vigne, fleurs
Propyzamide		désherbage : fruitiers, luzerne, soja, tournesol, vigne, maraîchage
Piperonyl butoxyde		Traitement des parties aériennes : maraîchage, fruitiers, céréales, pois, tabac, lentille

ANNEXE 2 : LISTE NON EXHAUSTIVE DE SUBSTANCES ACTIVES NON AUTORISEE EN FRANCE

Liste non exhaustive de substances phytopharmaceutiques non autorisées en France		
Acétochlore	Dinocap	Monuron
Alachlore	Diuron	Néburon
Aldicarbe	Endosulfan	Oxadixyl
Aldicarbe sulfoné	Fenthion	Oxydéméton-méthyl
Atrazine	Flusilazole	Parathion méthyl
Azinphos-méthyl	Glufosinate	parathion-éthyl
Azocyclotin	Hexaconazole	Procymidone
Bromacil	Hexazinone	Simazine
Carbaryl	Isoprocarbe	Tébutame
Carbendazine	Méthabenzthiazuron	Terbutylazine
carbofuran	Méthanal	Terbutryne
chlorfenvinphos	Métobromuron	Trichloracetate de sodium
Dichlobénil	Métolachlore	Trifluraline
Dimethanamide		Dichlorprop

ANNEXE 3 : COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Les coefficients de ruissellement sont issus de la carte d'occupation des sols CORINE Land Cover 2006 de l'IFEN à l'échelle du 1/ 100 000^e. Ils sont calculés selon la méthode utilisée pour le dimensionnement des bassins d'orages (circulaire CG 1333 du 22 février 1949, norme Suisse SNV 640 351) (annexe 2). Une logique similaire est utilisée par l'INRA pour la modélisation et la cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale [Le Bissonnais et al., 2004 ; Le Bissonnais et al., 2002].

Le calcul du coefficient de ruissellement (C_r) et son emploi sont simples, mais notons qu'il peut conduire à commettre de grossières erreurs. Il est défini comme suit :

$$C_r = \frac{\text{Hauteur d'eau ruisselée [mm]}}{\text{Hauteur d'eau précipitée [mm]}}$$

Les coefficients de ruissellement ont été spatialisés sur la base de Corine Land Cover (IFEN).

Code CLC3	Nb Objet	Surface total (km ²)	Type d'occupation des sols	CR	Sources
111	32	17	Tissu urbain continu: espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes couvrent la quasi-totalité du sol. La végétation non linéaire et le sol nu sont exceptionnels.	0,9	CGR 1333
112	809	553	Tissu urbain discontinu: espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables.	0,5	CGR 1333
121	88	70	Zones industrielles et commerciales: zones recouvertes artificiellement (zones cimentées, goudronnées, asphaltées ou stabilisées : terre battue, par exemple), sans végétation occupant la majeure partie du sol. Ces zones comprennent aussi des bâtiments et / ou de la végétation.	0,7	Certu / La ville et son assainissement
122	16	6	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés: Autoroutes, voies ferrées, y compris les surfaces annexes (gares, quais, remblais). Largeur minimale prise en compte : 100 m	0,8	CGR 1333
124	8	8	Aéroports: infrastructures des aéroports : pistes, bâtiments et surfaces associées	0,3	CGR 1333

131	41	21	Extraction de matériaux: extraction de matériaux à ciel ouvert (sablères, carrières) ou d'autres matériaux (mines à ciel ouvert). Y compris gravières sous eau, à l'exception toutefois des extractions dans le lit des rivières.	0,5	CGR 1333
132	1	0	Décharges: décharges et dépôts des mines, des industries ou des collectivités publiques	0,4	CGR 1333 Interprétation
133	2	1	Chantiers: espaces en construction, excavations et sols remaniés	0,4	CGR 1333 Interprétation
141	4	1	Espaces verts urbains: espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain, y compris parcs urbains et cimetières avec végétation	0,3	CGR 1333
142	42	17	Equipements sportifs et de loisirs: infrastructures des terrains de camping, des terrains de sport, des parcs de loisirs, des golfs, des hippodromes... y compris les parcs aménagés non inclus dans le tissu urbain	0,3	CGR 1333
211	815	2251	Terres arables : céréales, légumineuses de plein champ, cultures fourragères, plantes sarclées et jachères. Y compris les cultures florales, forestières (pépinières) et légumières (maraîchage) de plein champ, sous serre et sous plastique, ainsi que les plantes médicinales, aromatiques et condimentaires. Non compris les prairies	0,2	SNV640351
221	17	8	Vignobles: surfaces plantées de vignes	0,5	SNV640351
222	19	11	Vergers et petits fruits: parcelles plantées d'arbres fruitiers ou d'arbustes fruitiers : cultures pures ou mélange d'espèces fruitières, arbres fruitiers en association avec des surfaces toujours en herbe. Y compris les châtaigneraies et les noiseraies	0,25	SNV640351 Interprétation
231	2593	8664	Prairies: surfaces enherbées denses de composition floristique composées principalement de graminacées, non incluses dans un assolement. Principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. Y compris des zones avec haies (bocages)	0,07	CGR 1333
242	3316	3744	Systèmes culturaux et parcellaires complexes: juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et / ou de cultures permanentes	0,05	CGR 1333

			complexes		
243	1362	788	Zones agricoles hétérogènes: surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants. Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par de la végétation naturelle	0,05	CGR 1333
311	1758	3205	Forêts de feuillus: formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où dominant les espèces forestières feuillues Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où dominant les espèces forestières feuillues	0,04	CGR 1333
312	1169	2680	Forêts de conifères: formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où dominant les espèces forestières de conifères	0,04	CGR 1333
313	1014	1545	Forêts mélangées: formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où ni les feuillus ni les conifères ne dominant	0,04	CGR 1333
321	189	895	Pelouses et pâturages naturels: herbages de faible productivité. Souvent situés dans des zones accidentées. Peuvent comporter des surfaces rocheuses, des ronces et des broussailles	0,07	CGR 1333
322	303	216	Landes et broussailles: formations végétales basses et fermées, composées principalement de buissons, d'arbustes et de plantes herbacées (bruyères, ronces, genêts, ajoncs, cytises, etc.).	0,08	CGR 1333
324	656	386	Forêt et végétation arbustive en mutation: végétation arbustive ou herbacée avec arbres épars. Formations pouvant résulter de la dégradation de la forêt ou d'une recolonisation / régénération par la forêt	0,08	CGR 1333
331	3	1	Plages, dunes et sable: les plages, les dunes et les étendues de sable ou de galets du milieu littoral et continental, y compris les lits mineurs des rivières à régime torrentiel.	0,15	CGR 1333

332	18	5	Roches nues: éboulis, falaises, rochers, affleurements.	0,9	CGR 1333 Interprétation
333	7	3	Végétation clairsemée: comprend les steppes, toundras et "bad lands" (zones sèches avec peu de végétation et présence de roches nues). Végétation éparsée de haute altitude	0,25	CGR 1333 Interprétation
411	19	8	Marais intérieurs: terres basses généralement inondées en hiver et plus ou moins saturées d'eau en toutes saisons	0,3	CGR 1333 Interprétation
412	17	7	Tourbières: terrains spongieux humides dont le sol est constitué principalement de mousses et de matières végétales décomposées. Tourbières exploitées ou non.	0,15	CGR 1333 Interprétation
511	3	36	Cours et voies d'eau: cours d'eau naturels ou artificiels qui servent de chenal d'écoulement des eaux. Y compris les canaux. Largeur minimale de prise en compte : 100 m	0	Sans objet
512	78	58	Plans d'eau: étendues d'eau, naturelles ou artificielles, de plus de 25 hectares.	0	Sans objet

4 Classes de coefficients de ruissellement sont dégagées :

Classe 1 : Très fort **0,6 - 1**
Occupation du sol urbaine

Classe 2 : Fort **0,3 - 0,6**
Aéroports, zones d'extraction, espaces verts urbains, vignobles et marais intérieure.

Classe 3 : Moyen **0,1 - 0,3**
Terres arables et vergers, plages, dunes, végétation clairsemée et tourbières

Classe 4 : Faible **< 0,1**
Prairies, zones agricole hétérogènes, forêts, pelouses, landes et broussailles

ANNEXE 4 : ARBRE DE DECISION POUR EVALUER LA VULNERABILITE DES EAUX SUPERFICIELLES

Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement de produits solubles

	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Sensibilité des sols au ruissellement	Distance au cours d'eau	Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement
CLASSES	1 = Très fort	1 = oui	1 = Nulle à faible	1 = > 100 m	1 = Faible
	2 = Fort	2 = non	2 = Faible à moyenne	2 = entre 10 et 100 m	2 = Moyenne
	3 = moyen		3 = Moyenne à forte	3 = <10 m	3 = Forte
	4 = Faible		4 = Forte		4 = Très forte
N°	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Classes de sensibilité des sols au ruissellement	Distance au cours d'eau	Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement
1	1	1	1	1	Pas d'information
2				2	Pas d'information
3				3	Pas d'information
4			2	1	Pas d'information
5				2	Pas d'information
6				3	Pas d'information
7				1	Pas d'information
8			3	2	Pas d'information
9				3	Pas d'information
10				1	Pas d'information
11			4	2	Pas d'information

12				3	Pas d'information	
13		2	1	1	1	
14				2	2	2
15				3	3	4
16			2	1	1	1
17				2	2	2
18				3	3	4
19			3	1	1	2
20				2	2	2
21				3	3	4
22			4	1	1	2
23				2	2	3
24				3	3	4
25		1	1	1	Pas d'information	
26				2	2	Pas d'information
27				3	3	Pas d'information
28			2	1	1	Pas d'information
29	2			2	2	Pas d'information
30				3	3	Pas d'information
31			3	1	1	Pas d'information
32				2	2	Pas d'information
33				3	3	Pas d'information

34			1	Pas d'information	
35		4	2	Pas d'information	
36			3	Pas d'information	
37		1	1	1	
38			2	2	
39			3	4	
40		2	1	1	
41			2	2	
42			3	4	
43		3	1	1	
44			2	2	
45			3	4	
46		4	1	1	
47			2	2	
48			3	4	
49	3	1	1	2	
50			1	2	2
51				3	4
52				1	2
53				2	3
54				3	4
55				3	1

56			2	4		
57			3	4		
58			1	3		
59		4	2	4		
60			3	4		
61		2	1	1		
62			1	2	1	
63				3	3	
64				1	1	
65			2	2	2	
66				3	3	
67				1	2	
68			3	2	3	
69				3	4	
70				1	2	
71			4	2	3	
72				3	4	
73	4		1		1	
74				1	2	1
75					3	2
76					2	1
77				2	2	1

78			3	3	
79		3	1	1	
80			2	2	
81			3	3	
82		4	1	2	
83			2	2	
84			3	3	
85	2	1	1	1	
86				2	1
87				3	1
88			2	1	1
89				2	1
90				3	1
91			3	1	1
92				2	1
93				3	2
94			4	1	1
95				2	1
96				3	2

Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement de produits non solubles

	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Sensibilité des sols au ruissellement	Distance au cours d'eau	Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement			
CLASSES	1 = Très fort	1 = oui	1 = Nulle à faible	1 = > 100 m	1 = Faible			
	2 = Fort	2 = non	2 = Faible à moyenne	2 = entre 10 et 100 m	2 = Moyenne			
	3 = moyen		3 = Moyenne à forte	3 = <10 m	3 = Forte			
	4 = Faible		4 = Forte		4 = Très forte			
N°	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Classes de sensibilité des sols au ruissellement	Distance au cours d'eau	Vulnérabilité des eaux superficielles au ruissellement			
1	1	1		1	Pas d'information			
2				2	Pas d'information			
3				3	Pas d'information			
4			2		1	Pas d'information		
5					2	Pas d'information		
6					3	Pas d'information		
7			3		1	Pas d'information		
8					2	Pas d'information		
9					3	Pas d'information		
10					4		1	Pas d'information
11							2	Pas d'information
12							3	Pas d'information
13		2		1	1			
14				2	2			

15				3	3	
16				2	1	1
17					2	2
18			3		3	
19			3	1	1	
20				2	2	
21				3	4	
22			4	1	2	
23				2	2	
24				3	4	
25	2	1	1	1	Pas d'information	
26				1	2	Pas d'information
27					3	Pas d'information
28			2		1	Pas d'information
29				2	Pas d'information	
30				3	Pas d'information	
31			3	1	1	Pas d'information
32					2	Pas d'information
33					3	Pas d'information
34			4	1	1	Pas d'information
35	2	Pas d'information				
36	3	Pas d'information				

59			2	3	
60			3	4	
61		2	1	1	
62			1	2	1
63			1	3	2
64			2	1	1
65			2	2	1
66			2	3	2
67			3	1	1
68			3	2	2
69			3	3	3
70			4	1	1
71			4	2	3
72			4	3	4
73	4	1	1	1	
74			1	2	1
75			1	3	2
76			2	1	1
77			2	2	1
78			2	3	2
79			3	1	1
80			3	2	2

81			3	3	
82		4	1	2	
83			2	2	
84			3	3	
85	2	1	1	1	
86				2	1
87				3	1
88			2	1	1
89				2	1
90				3	1
91			3	1	1
92				2	1
93				3	2
94			4	1	1
95				2	1
96				3	2

ANNEXE 5 : ARBRE DE DECISION POUR EVALUER LA VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES

	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Sensibilité des sols à l'infiltration	Sensibilité hydrogéologique à l'infiltration	Vulnérabilité des eaux souterraines à l'infiltration
CLASSES	1 = Très fort	1 = présence	1 = Nulle à faible	1 = Faible	1 = Faible
	2 = Fort	2 = absence	2 = Faible à moyenne	2 = Moyenne	2 = Moyenne
	3 = moyen		3 = Moyenne à forte	3 = Forte	3 = Forte
	4 = Faible		4 = Forte		4 = Très forte
N°	Coefficient de ruissellement (occupation du sol)	Drainage agricole	Sensibilité des sols à l'infiltration	Sensibilité hydrogéologique à l'infiltration	Vulnérabilité des eaux souterraines à l'infiltration
1	1	1	1	1	Pas d'information
2				2	Pas d'information
3				3	Pas d'information
4			2	1	Pas d'information
5				2	Pas d'information
6				3	Pas d'information
7			3	1	Pas d'information
8				2	Pas d'information
9				3	Pas d'information
10			4	1	Pas d'information
11				2	Pas d'information
12				3	Pas d'information

13				1	1
14			1	2	1
15				3	1
16			2	1	1
17				2	1
18				3	1
19		2	3	1	1
20				2	2
21				3	2
22			4	1	1
23				2	2
24				3	2
25	2	1	1	1	Pas d'information
26				2	Pas d'information
27				3	Pas d'information
28			2	1	Pas d'information
29				2	Pas d'information
30				3	Pas d'information
31			3	1	Pas d'information
32				2	Pas d'information
33				3	Pas d'information
34				4	1

35				2	Pas d'information		
36				3	Pas d'information		
37				1	1	1	
38					2	2	
39					3	4	
40				2	1	1	
41					2	2	
42					3	4	
43				2	3	1	1
44						2	2
45						3	4
46					1	1	
47				4	2	3	
48					3	4	
49	3	1	1	1	1		
50				2	1		
51				3	4		
52			2	1	1		
53				2	1		
54				3	4		
55			3	1	1		
56				2	2		

57				3	4		
58			4		1	2	
59					2	3	
60					3	4	
61		2	1		1	1	
62					2	1	
63					3	4	
64			2			1	1
65						2	2
66						3	4
67			3			1	1
68						2	3
69					3	4	
70					1	2	
71	4				2	4	
72					3	4	
73		4		1		1	1
74						2	1
75			3		4		
76	2				1	1	
77					2	1	
78					3	4	

79			3	1	1
80				2	2
81				3	4
82			4	1	1
83				2	2
84				3	4
85		2	1	1	1
86				2	1
87				3	4
88			2	1	1
89				2	2
90				3	4
91	3		1	1	
92			2	3	
93			3	4	
94	4		1	2	
95			2	4	
96			3	4	

BIBLIOGRAPHIE :

Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France), Thèse Doctorat, spécialité sciences de l'eau, Unité Mixte de Recherche Cemagref-ENGREF « Structures et Systèmes Spatiaux », Montpellier – Colin F., 2000

Classification des bassins versants de Poitou-Charentes en fonction de la vulnérabilité des sols aux transferts de produits phytosanitaires. Mémoire M2 Géotechnologie Environnementale, Univ. Poitiers – Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes. – Nédélec H. – 2007

Etablissement d'une méthode générique d'estimation du risque de transferts de produits phytosanitaires vers les eaux à l'échelle régionale : Application à trois bassins versants de la région Poitou-Charentes. Université François Rabelais Tours - Unité INRA Orléans. 47p. – Rabot E., Schnebelen N., - 2008

Etat des lieux du SAGE Loiret – Géo-hyd – 2004

Etat des lieux du ruisseau du Bras de Bou et proposition d'un plan d'action pour sa restauration, rapport de Licence professionnelle Université de Limoges – Amélie Soulat - 2010

Etat qualitatif des eaux de la nappe du Val d'Orléans : Impact du changement climatique et gestion durable de la ressource, thèse Université d'Orléans – Emmanuelle Joigneaux - 2011

Etude du bassin d'alimentation des captages du Val d'Orléans, rapport final – Geo-hyd – 2012

Fonctionnement du système karstique du Val d'Orléans: les acquis, les interrogations. CFH - Colloque hydrogéologie karst au travers des travaux de Michel Lepiller – Lelong F. & Joiza N. – 2008

Géologie du bassin de la Loire – Géoscience n°12 – Nehlig P.

Guide technique d'évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole (03/2009) et Arrêtés complémentaires de 2010: Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement (version consolidé au 12/08/2011) – 2009 & 2010

Hydrogéologie et karst au travers des travaux de Michel Lepillier, journées techniques du Comité Français de l'Association Internationale des hydrogéologues - 2008

Impact des changements Environnementaux sur la Ressource en Eau, construction d'un modèle hydrogéologique d'étiage sur le Val d'Orléans, projet ICERE, rapport final - 2013

La Loire souterraine : circulations karstiques dans le Val d'Orléans – Géosciences 12 – Binet S. & Gutierrez A. – 2010

Le Val d'Orléans, annales de géographie t12 n°64 p 307-323 – Blanchard Raoul – 1903

L'inversac (perte-émergence) de la résurgence du Bouillon (source du Loiret, France), Sc. Tech. Envir., Mém. H.S. – Albéric P. - 2001

SEQ eau V2 : Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau, étude interagence n°72 – principes généraux – 1999

Un indicateur de risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires, Contrat Bretagne Eau Pure - Etude CORPEP – Arousseau P., Gascuel-Odoux C. – 1998

Vulnérabilité intrinsèque des aquifères et des zones humides de la région Centre – BRGM - 2005