



Université de Strasbourg – Faculté de Géographie et d'Aménagement  
Master 2 Géographie Environnementale

**Evolution spatio-temporelle de la pollution industrielle et  
domestique dans le Grand Canal d'Alsace suite à sa  
construction.  
(Suivi du phosphore, des chlorures, du cadmium et du cuivre)**

Réalisé par Louis HUBER  
Sous la direction de M. Badariotti et Mme Propeck

**Membres du Jury :**

M. Dominique Badariotti  
M. Christophe Eaux  
M. Jean-Nicolas Beisel

Soutenu le 25 juin 2018 à la Faculté de Géographie de Strasbourg



**Evolution spatio-temporelle de la pollution industrielle et domestique dans le Grand Canal d'Alsace suite à sa construction.**

**(Suivi du phosphore, des chlorures, du cadmium et du cuivre)**

Réalisé par Louis HUBER  
Sous la direction de M. Badariotti et Mme Propeck



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux tuteurs de stage, Dominique Badariotti et Eliane Propeck pour leur disponibilité, leur écoute et leurs conseils avisés tout au long de ce mémoire. Je les remercie aussi pour m'avoir offert la chance de réaliser ce travail de recherche exploratoire au sein du projet Juxta Rhenum.

Je remercie François Chabaux pour son implication dans le projet Juxta Rhenum et l'organisation des réunions qui ont permis de faire le point régulièrement sur l'avancement du mémoire et de structurer mon travail.

Je remercie également Laurent Schmitt pour son aide dans mes recherches bibliographiques.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance aux organismes contactés dans le cadre de mes recherches, la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand-Est, l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et la Commission Internationale pour la Protection du Rhin.

Je remercie les étudiants de master impliqués dans le projet Juxta Rhenum pour les conversations toujours passionnantes et plus particulièrement Caline Ly Keng pour m'avoir supporté tous les jours au bureau et son aide apportée sur la réglementation.

J'ai une pensée particulière pour Anaïs Walch, Marine Würtz et Benjamin Keller avec qui j'ai partagé mes repas, la pause-café mais aussi des échanges constructifs sur nos mémoires.

Je n'oublie pas non plus mes autres camarades de Master qui par leur bonne humeur ont rendu ce travail plus agréable au quotidien.

# Table des matières

Remerciements .....	5
Table des figures.....	9
Acronymes .....	11
<b>Introduction.....</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre 1 : Contexte et rappel historique sur le développement de la zone d'étude .....</b>	<b>15</b>
1.1. L'évolution des aménagements du Rhin .....	15
1.1.1. Le Rhin Sauvage .....	15
1.1.2. Le Rhin corrigé .....	17
1.1.3. La Régularisation.....	19
1.2. Le Grand Canal d'Alsace .....	20
1.2.1. Les caractéristiques du Grand Canal d'Alsace .....	21
1.2.2. Les écluses et centrales hydroélectriques .....	24
1.2.3. L'impact régional.....	25
1.3. La Centrale Nucléaire de Fessenheim .....	29
1.3.1. Le choix de l'implantation .....	29
1.3.2. Le fonctionnement et les types de rejets liquides de la centrale .....	32
1.3.3. L'impact local de la Centrale de Fessenheim .....	33
1.4. L'évolution de la Réglementation .....	38
1.4.1. Les Conventions de la CIPR.....	39
1.4.2. La Directive Cadre sur l'Eau .....	41
1.4.3. Les lois nationales et le Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'Eau .....	42

<b>Chapitre 2 : La démarche d'analyse</b> .....	46
2.1. L'évolution des objectifs .....	46
2.2. La collecte de données bibliographiques .....	50
2.2.1. Les recherches sur les rejets industriels de substances polluantes	50
2.2.2. Les recherches sur l'analyse de la qualité de l'eau .....	52
2.3. Les bases de données .....	53
2.3.1. Le Registre des Emissions Polluantes.....	53
2.3.2. Le Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse (SIERM) .....	54
2.3.3. Le portail Géorisque .....	54
2.3.4. Le site de la CIPR.....	55
2.4. Le traitement des données collectées.....	57
2.4.1. Les polluants étudiés .....	57
2.4.2. Le traitement de données des polluants .....	59
2.4.3. Le traitement de données des ICPE et STEP.....	59
<b>Chapitre 3 : Présentation des résultats</b> .....	61
3.1. L'évolution temporelle des ICPE et STEP.....	61
3.2. L'évolution spatio-temporelle des ICPE et STEP .....	62
3.2.1. L'évolution des ICPE .....	66
3.2.2. L'évolution des sites BASIAS .....	66
3.2.3. L'évolution des STEP .....	67
3.3. L'évolution spatio-temporelle des concentrations de polluants .....	67
3.3.1 L'évolution des chlorures .....	68
3.3.2. L'évolution du Phosphore .....	70
3.3.3. L'évolution du Cadmium .....	71
3.3.4. L'évolution du Cuivre .....	72

<b>Chapitre 4 : Limites, discussion et perspectives</b> .....	74
4.1. Les biais de la méthode .....	74
4.1.1. L'historique des sites industriels .....	74
4.1.2. Le problème spatial .....	74
4.1.3. L'interprétation des moyennes mobiles .....	75
4.2. Discussion des résultats .....	75
4.2.1. L'analyse globale .....	75
4.2.2. L'analyse sites industriels et des STEP .....	76
4.2.3. L'analyse des chlorures .....	77
4.2.4. L'analyse du phosphore.....	78
4.2.5. L'analyse du cadmium .....	78
4.2.6. L'analyse du cuivre .....	79
4.3. Constat et perspectives futures.....	80
<b>Conclusion</b> .....	81
Bibliographie .....	82
Annexes .....	88

## Table des figures

Figure 1 : Cartographie du Rhin Sauvage dans le secteur d'Istein vers 1840 (Carte d'état-major) Source : Infogéo68 .....	16
Figure 2 : Cartographie du Rhin corrigé dans le secteur d'Istein en 1880 (Carte Historique) Source : Infogéo68 .....	18
Figure 3 : Schéma des forces de courants avant et après la régularisation Source : cours de L. Schmitt.....	19
Figure 4 : Carte de situation du Vieux Rhin et du Grand Canal d'Alsace avec indication des dates de construction des biefs Source : F. Arnaud .....	21
Figure 5 : Bétonnage et dallage du canal Source : M. Rioual.....	23
Figure 6 : Canal bétonné et dallé Source : Vogt cité par L. Schmitt .....	23
Figure 7 : Photographie de la centrale et de l'écluse d'Ottmarsheim Source : M. Rioual .....	24
Figure 8 : Carte de localisation de la région de la Hardt Source : Atlas des Paysages d'Alsace .....	26
Figure 9 : Evolution démographique entre 1851 et 1962 du Haut-Rhin, de la Hardt et de Neuf-Brisach.....	28
Figure 10 : Localisation de la centrale de Fessenheim Source : L. Huber d'après EDF .....	30
Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'un CNPE en circuit ouvert Source : EDF .	32
Figure 12 : Schéma des différents types de rejets d'une centrale en circuit ouvert Source : EDF .....	33
Figure 13 : Photo de l'analyse physico-chimique du CNPE de Fessenheim en 1983 Source : Archives Départementales du Haut Rhin versement 2372W95 .....	34
Figure 14 : Tableau des rejets liquides chimiques du CNPE de Fessenheim en 2016 Source : EDF .....	35
Figure 15 : Tableau des rejets liquides radioactifs du CNPE de Fessenheim en 2016 Source : EDF .....	35
Figure 16 : Thermographie des rejets thermiques de la centrale issue du suivi écologie de 1979 Source : C.E.I.E.....	36
Figure 17 : Carte de la localisation du lieu de résidence des employés de la centrale de Fessenheim Source : T. Meyer.....	37

Figure 18 : Frise chronologique de l'évolution de la réglementation Source L. Huber .....	45
Figure 19 : Schéma Systémique de l'évolution de la pollution du Grand Canal d'Alsace Source : L. Huber .....	49
Figure 20 : Photo d'un exemple de fiche industrielle 1 Source : Archives départementales du Bas-Rhin .....	51
Figure 21 : Photo d'un exemple de fiche industrielle 2 Source : Archives départementales du Bas-Rhin .....	51
Figure 22 : Photo d'une feuille d'inventaire de recensement des ICPE par commune Source : Archives départementales du Bas-Rhin .....	52
Figure 23 : Image des sites BASIAS et ICPE dans la zone d'Huningue Source : Géorisque .....	55
Figure 24 : Graphique du nombre d'établissement par base de données Source : L. Huber .....	60
Figure 25 : Graphique d'évolution des sites industriels et domestiques en lien avec le GCA Source : L. Huber .....	62
Figure 26 : Carte de localisation des ICPE en lien avec le GCA par date d'implantation Source : L. Huber .....	63
Figure 27 : Carte de localisation des sites BASIAS en lien avec le GCA par date d'implantation Source : L. Huber .....	64
Figure 28 : Carte de localisation des STEP rejetant dans le GCA par date d'implantation Source : L. Huber .....	65
Figure 29 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Chlorures depuis 1953 Source : L. Huber .....	68
Figure 30 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Phosphore depuis 1978 Source : L. Huber .....	70
Figure 31 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Cadmium depuis 1978 Source : L. Huber .....	71
Figure 32 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Cuivre depuis 1975 Source : L. Huber .....	72

## **Acronymes**

AERM = Agence de l'Eau Rhin-Meuse

BDREP / IREP = Registre des Emissions Polluantes

CIPR = Commission Internationale pour la Protection du Rhin

CNPE = Centre Nucléaire de Production d'Electricité

DCE = Directive Cadre sur l'Eau

DREAL = Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EDF = Electricité de France

GCA = Grand Canal d'Alsace

ICPE = Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INRS = Institut National de Recherche et de Sécurité

LEMA = Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

LIVE = Laboratoire Image Ville Environnement

MDPA = Mines Domaniales de Potasse d'Alsace

SEQ = Système d'Evaluation de Qualité

SIERM = Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse

STEP = Station d'épuration



## **Introduction**

De nos jours, la plupart des grands fleuves ont fait l'objet d'aménagements hydrauliques. Ces aménagements ont des buts multiples qui peuvent être la production d'énergie (hydroélectrique), la facilitation de la navigation à grand gabarit et la protection du territoire contre les inondations (Savey et Cotterau, 1991).

En France, on retrouve ces aménagements sur le Rhin Supérieur et plus particulièrement sur le tracé du Grand Canal d'Alsace (GCA) qui condense plusieurs ouvrages d'envergures. En effet, sur ces 52 km le Rhin a été canalisé, quatre barrages ont été érigés et la centrale nucléaire de Fessenheim implantée à ses abords. Ces aménagements ne sont pas sans conséquence sur le socio-écosystème et l'étude de leur impact passé et futur sur la région constitue un sujet de recherche.

C'est dans cette problématique que s'inscrit ce mémoire réalisé au Laboratoire Image, Ville, Environnement (LIVE) de Strasbourg (UMR 7362) et financé par le projet IDeX Consolidation 2018-2019 dans le cadre du projet Juxta Rhenum. Le projet Juxta Rhenum a pour but de créer un observatoire pluri- et interdisciplinaire du socio-écosystème autour du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Fessenheim afin d'en suivre l'évolution au cours des prochaines décennies.

L'approche initiale était d'étudier l'impact des rejets liquides de la centrale de Fessenheim dans son environnement proche (le GCA) et de les distinguer des rejets industriels et domestiques. La zone d'étude correspond donc à l'ensemble du Grand Canal ainsi qu'aux établissements de rejets dont le CNPE fait partie.

Cette approche qui consiste à quantifier et distinguer les sources de rejets dans l'espace et dans le temps n'a pu se concrétiser. En effet, les données historiques sur les rejets industriels et domestiques se sont avérées trop disparates pour qu'un tel projet soit réalisable dans le temps du mémoire. C'est pourquoi l'objectif s'est tourné vers une analyse plus quantitative de l'évolution de la pollution de l'eau en lien avec le Grand Canal d'Alsace.

L'intérêt de ce mémoire réside donc dans l'apport de connaissances géo-historiques sur la construction du Grand Canal d'Alsace et de son influence sur la pollution industrielle et domestique.

Parallèlement, il a été nécessaire de traiter de l'aspect réglementaire pour comprendre l'évolution de la pollution de l'eau à partir des concentrations de polluants analysés.

Une réflexion concernant les différents points de recherches à aborder, reliant l'évolution historique et géographique de la pollution dans le Grand Canal d'Alsace a permis d'élaborer la problématique suivante : **Quelle est l'évolution spatio-temporelle de la pollution industrielle et domestique issue du Grand Canal d'Alsace ?**

L'évolution spatiale de la pollution industrielle et domestique renvoie au dynamisme industriel insufflé par la construction du Grand Canal d'Alsace, tandis que la pollution domestique a été restreinte aux stations d'épuration. Il s'agit donc d'identifier les établissements dont l'implantation a pu être motivée par la construction de l'ouvrage. La dimension temporelle suggère de trouver des données permettant d'analyser les variations de la pollution dans le temps.

# **Chapitre 1 :**

## **Contexte et rappel historique sur le développement de la zone d'étude**

Depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle, le Rhin a fait l'objet de plusieurs phases d'aménagements (Correction, Régularisation et Canalisation) et de travaux hydrauliques (barrages, usines hydro-électriques et centrale nucléaire). La construction du Grand Canal d'Alsace a été entreprise pour répondre à divers objectifs, il est donc important pour comprendre son utilité de saisir le contexte dans lequel il a été pensé et de connaître les aménagements passés qui ont mené à la mise en place de cet ouvrage. Cependant, la réalisation de cet ouvrage a engendré des impacts sur le milieu naturel et humain avec l'augmentation de l'activité industrielle mais aussi démographique (Decoville-Faller, 1967 et 1968). Le GCA a permis la construction de la centrale nucléaire de Fessenheim, dont la mise en marche date de 1978, a également généré un développement local non négligeable (Meyer, 2017). Parallèlement au développement industriel et démographique de la zone d'étude, le cadre réglementaire sur la protection des cours d'eau a évolué afin de limiter la pollution du milieu aquatique.

### **1.1. L'évolution des aménagements du Rhin**

Avant la mise en place du Grand Canal d'Alsace, l'hydromorphologie du Rhin a été modifiée par plusieurs phases d'aménagements dont les contextes et les objectifs dans lesquels ils ont été réalisés nécessitent d'être rappelés.

#### **1.1.1. Le Rhin Sauvage**

Avant 1840, le Rhin Sauvage entre Bâle et Lauterbourg était un fleuve très divagant (cf.figure 1). Ses chenaux tressés ou anastomosés étendaient son lit majeur sur une largeur moyenne de mille toises (environ 2 km) qui pouvait dépasser 3 km(Arnaud, 2012 ; d'Arçon, 1789).



Figure 1 : Cartographie du Rhin Sauvage dans le secteur d'Istein vers 1840 (Carte d'état-major) Source : Infogéo68

Ces chenaux multiples étaient très mobiles et il n'était pas rare que les villages bordant le Rhin passent d'une rive à l'autre, les faisant par la même occasion changer de frontière (d'Arçon, 1789 ; Tulla, 1827, Humbert et Descombes, 1985). Cette mobilité du lit du Rhin, entraînait d'autres problèmes, comme des inondations désastreuses, des difficultés de navigation, plus particulièrement dans le sens de la remontée du fait de l'impossibilité d'établir de chemins de tirage (halage) sur une rive (d'Arçon, 1789), ainsi que la propagation de maladies et notamment de la fièvre (paludisme) lié à l'insalubrité des bras morts (Tricart et Bravard, 1991 ; d'Arçon, 1789).

Face à cette situation, les riverains ont érigés des défenses telles que les fascines ou les digues pour lutter contre les inondations. Cependant, ces initiatives restaient locales et il n'y avait pas de plan d'ensemble pour lutter efficacement contre les crues, ce qui rendait les ouvrages obsolètes car facilement contournables en amont de leur implantation (Tricart et Bravard, 1991). Pire encore, la construction d'une digue d'un village avait pour conséquence de rejeter les eaux sur la rive opposée. Les riverains, en étant conscients, se sont donc livrés à une « guerre des fascines » et des endiguements locaux étaient détruits par les villages voisins car ils portaient préjudices à leur sécurité (Humbert et Descombes, 1985).

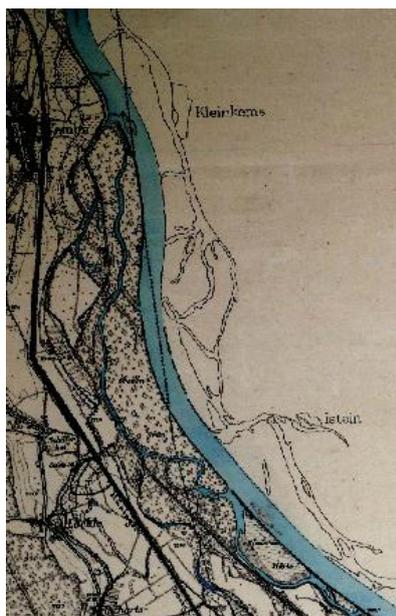
A partir de 1765, les autorités commencent à se préoccuper de cette situation et le directeur des ponts et chaussées d'Alsace, Abraham de Clinchamps présente un projet contre les débordements du Rhin (Humbert et Descombes, 1985 ; Maire, 1997).

En 1789, le Général français d'Arçon rédige un mémoire visant à corriger le tracé du lit du Rhin sans pour autant contraindre son écoulement. Dans ses écrits, il évoque les avantages pour la navigation, le gain de terres agricoles, la fixation de la frontière et la lutte contre les maladies et les inondations (d'Arçon, 1789 ; Humbert et Descombes, 1985).

En 1812, le Colonel badois Tulla présente également un mémoire afin de corriger le cours du Rhin. Il envisage d'établir un tracé très rectiligne (ce qui l'oppose à l'approche de d'Arçon) afin de provoquer l'incision du fleuve et donc un exhaussement des berges pour éviter les inondations (Tulla, 1827 ; Tricart et Bravard, 1991). Malgré les réticences des ingénieurs qui jugent son tracé trop rectiligne, c'est sa proposition qui est retenue et entérinée lors de la Convention du 5 avril 1840 traitant de la fixation de la frontière entre la France et le Grand-duché de Bade (Humbert et Descombes, 1985 ; Ravinet, 1840).

### **1.1.2. Le Rhin corrigé**

Les travaux de correction du Rhin sur la partie amont de Strasbourg ont duré de 1842 à 1876 (Maire, 1997). Conformément au projet de Tulla, le lit du Rhin est réduit en un chenal unique (cf. figure 2) qui s'écoule entre deux berges espacées de 200 à 250 mètres. Le lit majeur est encadré par des digues de hautes eaux (Humbert et Descombes, 1985 ; Maire, 1997).



**Figure 2 : Cartographie du Rhin corrigé dans le secteur d'Istein en 1880 (Carte Historique) Source : Infogéo68**

La correction du fleuve, du fait de son tracé rectiligne, a eu pour effet de raccourcir le cours du Rhin de 32 km entre Bâle et Lauterbourg (Arnaud, 2012), augmentant la pente et donc la vitesse.

Ces modifications morphologiques ont eu pour conséquence d'accélérer le processus d'érosion du lit et le Rhin s'est peu à peu creusé comme le souhaitait Tulla (Tricart et Bravard, 1991, Maire, 1997).

Cependant, l'érosion du Rhin s'est révélée tellement importante, qu'au niveau d'Istein, une barre rocheuse apparaît et marque un seuil infranchissable pour la navigation pendant une grande partie de l'année (Humbert et Descombes, 1985). De plus, le charriage important des alluvions a favorisé l'apparition en aval de séquences de seuils et de mouilles changeant après chaque crue, ce qui rendit la navigation très compliquée, notamment lors des basses eaux. À partir de 1864, le port de Strasbourg commence à dépérir et la navigation ne remonte pas plus loin que Mannheim (Marchal et Delmas, 1959 ; Maire, 1997).

Face à cette situation catastrophique pour la navigation rhénane et plus particulièrement pour la Suisse et les régions du Rhin Supérieur, plusieurs projets de régularisation ont été lancés afin de rétablir une navigation sûre et rentable.

### 1.1.3. La Régularisation

Les projets de régularisation du lit mineur du Rhin avaient pour objectifs de créer un chenal navigable large de 80 à 85 m à l'aide d'épis permettant de fixer les sédiments et d'éviter les alternances de seuils et mouilles (Energie électrique du Rhin, 1932) (cf. figure3).

Le courant ainsi concentré vers le centre du lit mineur devait creuser le talweg et permettre une profondeur acceptable pour la navigation (Energie électrique du Rhin, 1932). En aval de Strasbourg le projet proposé par Honsell en 1890 a été exécuté entre 1906 et 1918 (Energie électrique du Rhin, 1932).

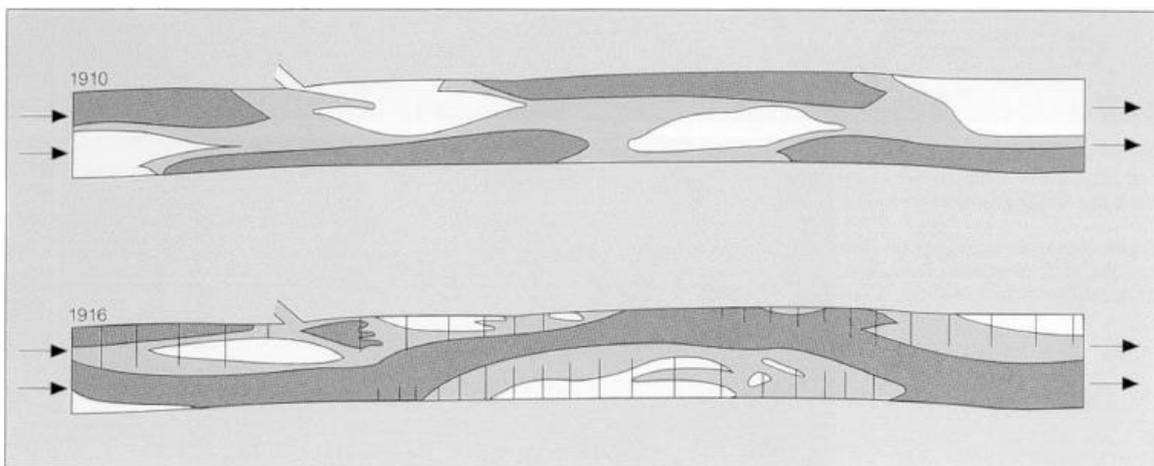


Figure 3 : Schéma des forces de courants avant et après la régularisation Source : cours de L. Schmitt

Dans la partie entre Bâle et Strasbourg, le but est d'obtenir un chenal d'une largeur de 75 m pour une profondeur de 2 m pendant une durée d'au moins 320 jours par an (Poitrat, 1949). En revanche les travaux ne commencent qu'en 1930 et s'achèvent en 1960 en raison de la Seconde Guerre mondiale (Humbert et Descombes, 1985).

Ces travaux de régularisation ont eu pour effet d'améliorer rapidement les conditions de navigations entre Bâle et Strasbourg. Il s'agissait donc d'une solution à court terme mais le problème d'incision de lit persistait malgré les essais de plusieurs méthodes visant à stopper l'érosion (Poitrat, 1949).

La régularisation souhaitée par la Suisse et l'Allemagne, même si elle a pu faciliter les conditions de navigation, est apparue comme peu viable sur le long terme. Dans le même temps, un autre projet portant sur la construction d'un canal latéral entre Kembs et Strasbourg proposé par la France a été validé par la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin (Humbert et Descombes, 1985).

## **1.2. Le Grand Canal d'Alsace**

Construit entre 1928 et 1959 afin de sécuriser la navigation entre Bâle et Strasbourg, le Grand Canal d'Alsace assure également une fonction énergétique puisqu'à chaque bief (Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün) est installé un barrage hydro-électrique (cf. figure 4).

La construction de cet ouvrage et son exploitation a fait l'objet de modifications du fait de l'évolution des intérêts et de situations géopolitiques entre la France et l'Allemagne notamment.

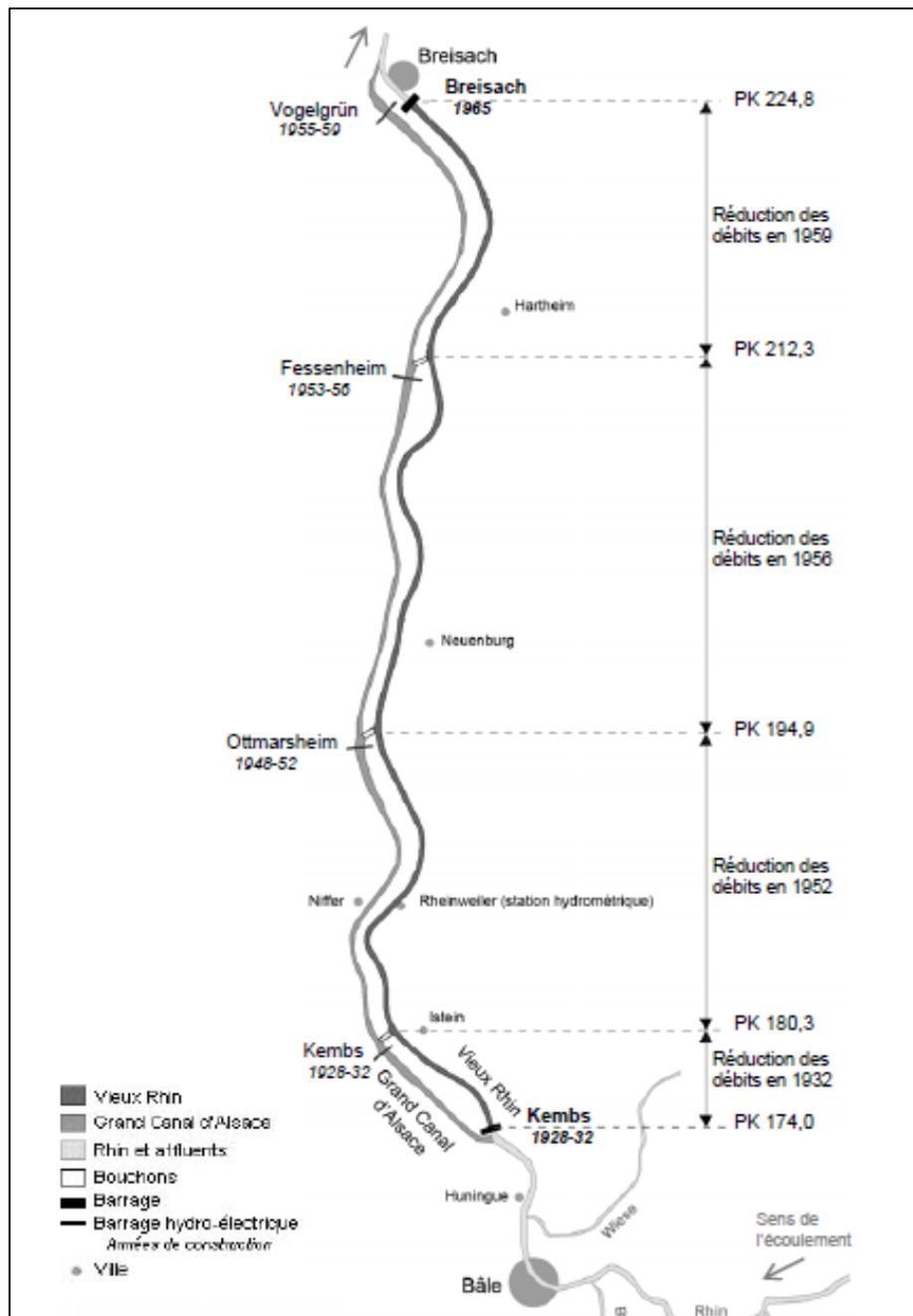


Figure 4 : Carte de situation du Vieux Rhin et du Grand Canal d'Alsace avec indication des dates de construction des biefs Source : F. Arnaud

### 1.2.1. Les caractéristiques du Grand Canal d'Alsace

En 1894, René Koechlin, ingénieur et fondateur de la Société des Forces Motrices du Haut-Rhin, établit un projet visant à exploiter l'énergie hydraulique du Rhin. Ce projet est repoussé en 1912 du fait des protestations de l'Allemagne et plus particulièrement du Grand-Duché de Bade. Cependant après la première guerre mondiale, grâce au traité de Versailles (1919) la France obtient le droit exclusif à l'énergie du Rhin (article 358) (Desaunais, 1933).

Parallèlement à la régularisation, le projet de construction d'un canal latéral a été proposé à la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin et approuvé en 1925 (Humbert et Descombes, 1985). Le canal devait avoir une longueur de 111 km entre Bâle et Strasbourg sur lequel 8 biefs et 8 usines hydro-électriques devaient être construites (Demangeon, 1928). La construction du premier bief (Kembs) qui permet de contourner la barre d'Istein débute en 1928 et s'achève en 1932 (Tricart et Bravard, 1991). L'eau est dirigée dans le canal grâce au barrage de dérivation. L'ouvrage de basse chute est composé de cinq passes de 30 m de large fermées par des vannes de 12 m de haut (Arnaud, 2012). Il s'agit du seul tronçon construit avant la deuxième guerre mondiale.

Les travaux du Grand Canal d'Alsace reprennent sous la direction d'Electricité de France seulement à partir de 1952 du fait, en partie, de la priorité mise sur l'énergie atomique et s'achèvent en 1959 avec la mise en service de la centrale de Vogelgrün (Tricart et Bravard, 1991 ; EDF, 2013).

À la suite des accords de Luxembourg du 27 octobre 1956, la longueur du Grand Canal d'Alsace est réduite à 52 km entre Kembs et Vogelgrün pour laisser place en aval à des aménagements en festons (Humbert et Descombes, 1985).

Les dimensions du canal varient légèrement suivant les biefs, on retrouve ainsi une largeur au plan d'eau maximale de 150 m à Kembs et de 135 m à Fessenheim tandis que la largeur au fond du canal est de 80 m sur tout le tracé. La profondeur varie entre 12 m à Kembs et 9 m à Ottmarsheim (EDF, 1959). Les berges du canal sont rendues étanches grâce à l'application d'un revêtement bétonné et par la pose de « dalles préfabriquées assemblées jointivement sur les digues en remblai dont elles épousent les déformations » (cf. figure 5 et 6) (Ritter, 1957).

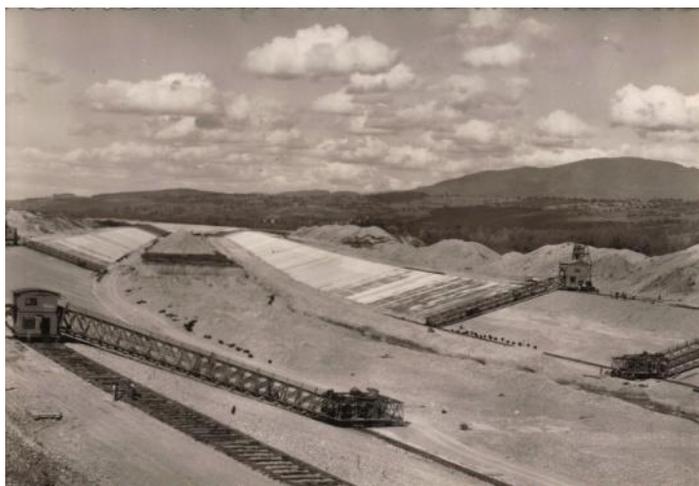


Figure 5 : Bétonnage et dallage du canal Source : M. Rioual



Figure 6 : Canal bétonné et dallé Source : Vogt cité par L. Schmitt

Le débit maximum dans le Grand Canal d'Alsace est passé de  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  lors de la mise en place du barrage de Kembs à  $1\,200 \text{ m}^3/\text{s}$  puis à  $1\,400 \text{ m}^3/\text{s}$  à partir de 1983 (EDF, 1982 et ECOTEC, 2006 cités par Arnaud, 2012 ; EDF, 1959). Lorsque les débits du Rhin au barrage de Kembs sont supérieurs à ces valeurs, le surplus est déversé dans le Vieux Rhin tandis que lorsqu'il est inférieur, le débit est égal au débit du Rhin avant Kembs moins le débit réservé pour le Vieux Rhin (Demoulin, 2013).

Cette régularisation et réduction des débits a permis à la navigation de remonter le cours du Rhin plus rapidement et pour un coût moindre. La construction du canal a donc pu redonner de l'importance au port de Bâle mais a également permis de créer les ports rhénan de Mulhouse-Ottmarsheim et de Colmar-Neuf-Brisach (Desaunais, 1933 ; EDF, 1959)

### 1.2.2. Les écluses et centrales hydroélectriques

Comme l'illustre la figure 4, le Grand Canal d'Alsace est découpé en 4 biefs séparés par des barrages hydro-électriques. Les barrages de Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün assurent une production d'électricité annuelle moyenne d'environ 4 milliards de kilowattheures (kWh) grâce à la force hydraulique du canal. Cela représente plus de 20 % des besoins d'électricité en Alsace (EDF, 2007).

La hauteur de chute diffère légèrement selon les centrales. Par exemple, la centrale de Vogelgrün dispose de la plus petite chute avec une hauteur d'environ 12,3 m alors que la chute de Fessenheim (la plus grande) est de 15,7 m (EDF, 1970). Afin de ne pas perturber la navigation, des écluses ont été établies à côté des centrales hydro-électriques (cf. figure 7).



Figure 7 : Photographie de la centrale et de l'écluse d'Ottmarsheim Source : M. Rioual

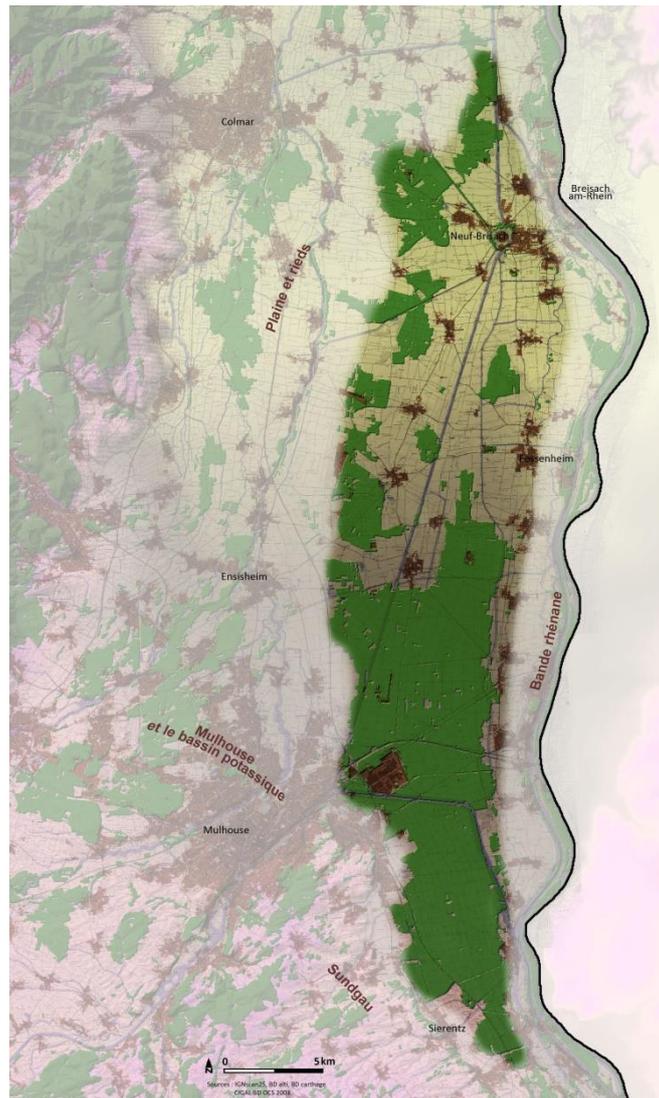
Le canal en amont de chaque usine est donc divisé en deux parties, l'une pour l'écluse afin de permettre la navigation, tandis que l'autre est dirigée vers l'usine. Les écluses possèdent toutes un double sas, dont les dimensions (185 m de long et 23 m de large pour le grand sas, 12 m de large pour le petit) sont similaires pour les sites d'Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün. L'écluse de Kembs possède un grand sas de 183 m de long et un petit sas de 98 m pour une largeur de 25 m chacun (Ritter, 1957 ; EDF, 1970).

### 1.2.3. L'impact régional

La construction d'un tel ouvrage provoque différents impacts, positifs et négatifs sur son environnement social, économique, écologique, paysager, etc. Il apparaît que le Grand Canal d'Alsace a sans conteste modifié le système régional.

D'un point de vue environnemental, le canal a dans un premier temps fortement modifié l'écoulement des eaux du Vieux Rhin puisque la totalité du débit est détourné vers le canal (cf 1.2 Le Grand Canal d'Alsace). Par ailleurs, le toit de la nappe phréatique a diminué de plusieurs mètres, ce qui a entraîné dans un premier temps l'assèchement des zones alluviales adjacentes du côté français et allemand (Tricart et Bravard, 1991). L'imperméabilité relative du GCA, du fait de son élévation par rapport au toit de la nappe et de son dallage /bétonnage (cf. figure 5 et 6), signifie que les apports ponctuels de polluants dans le Grand Canal proviennent majoritairement de l'amont, de l'Augraben qui se jette dans le GCA à l'aval de l'usine hydroélectrique de Kembs et des rejets des canalisations provenant des stations d'épurations (STEP) et des industries. Concernant l'impact écologique, l'assèchement de la zone a provoqué le dépérissement des espèces hygrophiles et l'obstacle que constituent les usines hydro-électriques et les barrages ont bloqué la montaison et dévalaison des poissons (Bonneau *et al.*, 1963).

Concernant le développement de la région, le canal a permis dans un second temps d'améliorer le réseau d'irrigation de la Hardt et d'augmenter les rendements agricoles (Ritter, 1957). La construction du Grand Canal doit donc permettre de maintenir l'activité agricole en place, cependant, selon Jean Ritter « *C'est l'industrialisation, favorisée par les disponibilités abondantes en énergie et les facilités de transports massifs offertes par la navigation rhénane, qui doit redonner vie à la région de la Hardt* » (cf. Figure 8).



**Figure 8 : Carte de localisation de la région de la Hardt**  
Source : Atlas des Paysages d'Alsace

La Hardt est une région de l'Alsace qui s'étend de Kembs jusqu'à Biesheim. Elle est entourée par la bande rhénane à l'est, la région de la plaine et rieds ainsi que la région du Sundgau à l'ouest.

Lors des études de Decoville-Faller, la bande rhénane n’existait pas et faisait partie intégrante de la région de la Hardt (Decoville-Faller, 1967) (cf. Figure 8).

En effet, les travaux d’aménagements ont entraîné la constitution de la zone industrielle d’Ottmarsheim – Chalampé et de Colmar-Neuf-Brisach (Decoville-Faller, 1968). On notera par exemple, l’implantation de la société Rhône-Poulenc dès 1955, de l’usine de chaudronnerie Rhénaméca ou encore d’un atelier de tricotage dans la zone d’Ottmarsheim, tandis que la zone industrielle de Neuf-Brisach est occupée par un nombre plus important d’industries mais d’une taille moindre que celle d’Ottmarsheim. On peut tout de même citer des implantations conséquentes comme par exemple La Cartonnerie de Kaysersberg ou l’usine Rhénalu (Decoville-Faller, 1968).

La construction du Grand Canal d’Alsace a également entraîné une augmentation ponctuelle de la population comme par exemple dans les communes où les cités EDF ont été construites ainsi qu’une augmentation plus persistante dans le temps du fait de l’industrialisation (Decoville-Faller, 1967). On estime que la population de travailleurs a varié entre 2000 et 4000 selon les périodes lors de la construction des écluses d’Ottmarsheim, de Fessenheim et de Vogelgrün. (Decoville-Faller, 1967 ; Ritter, 1957).

La démographie de la Hardt était en déclin depuis 1851 avant d’augmenter brutalement au début des années 1930 du fait de la construction du barrage et de la centrale de Kembs, puis l’on observe un deuxième pic de population qui s’explique par l’afflux d’ouvriers lors de la construction des autres biefs du canal avant de diminuer légèrement (cf. figure 9). La redynamisation de la Hardt du fait des grands travaux, de l’irrigation et de l’industrialisation semble avoir permis à la région de sortir d’une longue phase de déclin.

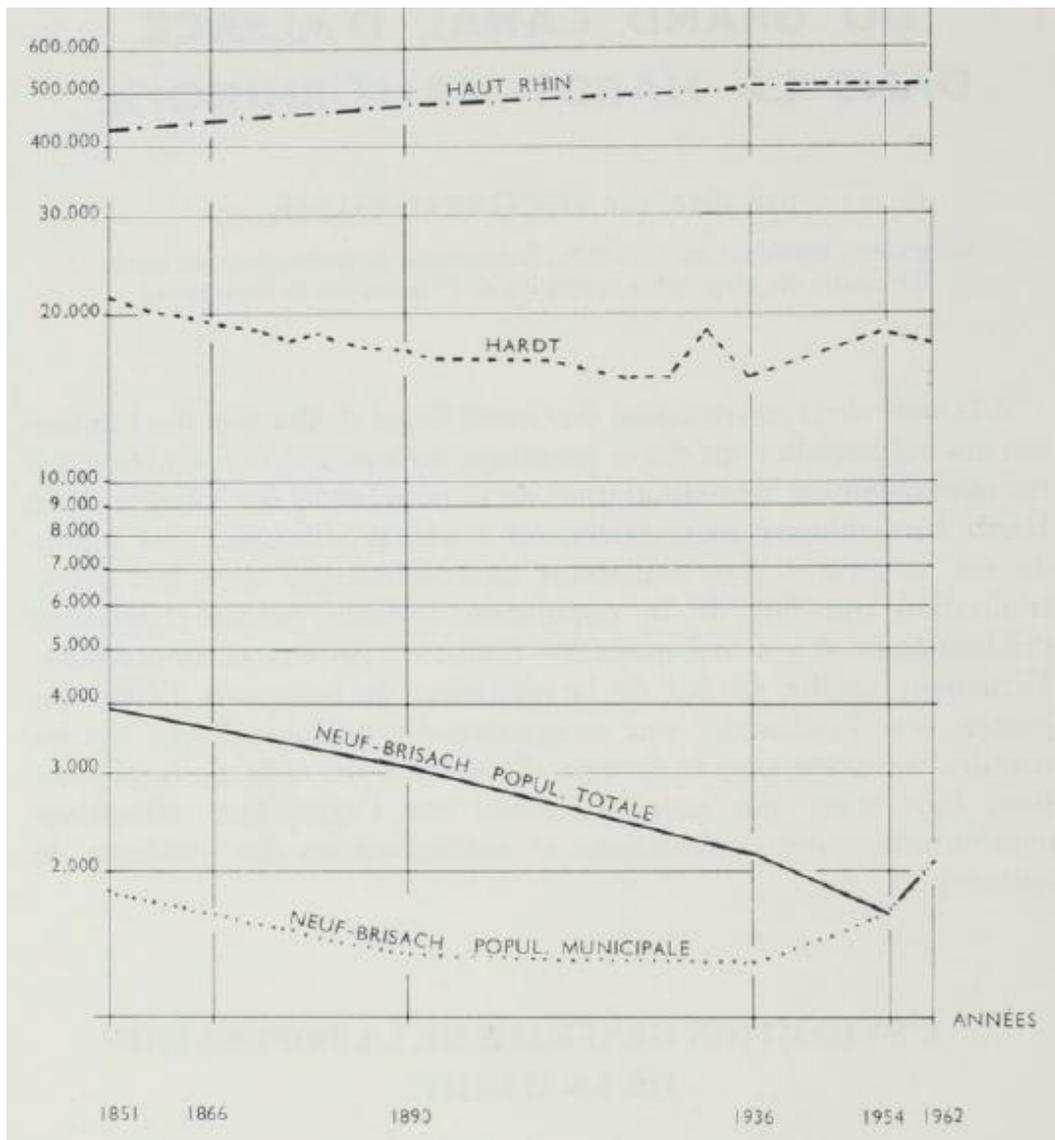


Figure 9 : Evolution démographique entre 1851 et 1962 du Haut-Rhin, de la Hardt et de Neuf-Brisach

« L'accident démographique » et le changement démographique sur le long terme montrent un premier impact dans le système régional. Par ailleurs, une modification dans la structure des emplois a eu lieu puisque la plupart des communes de la Hardt sont passées d'une population majoritairement agricole (secteur primaire) à une population plutôt industrielle (secteur secondaire) (Decoville-Faller, 1967).

La construction du Grand Canal et le développement industriel en émanant peuvent donc être considérés comme un premier choc régional au regard de tous les changements environnementaux, économiques, sociétaux et énergétiques évoqués.

Le rôle énergétique du Grand Canal d'Alsace prend de l'ampleur du fait de l'implantation de la centrale nucléaire de Fessenheim. En effet, cet ouvrage a considérablement augmenté la production électrique de la région. Cependant, la centrale de Fessenheim ne peut se résumer à sa fonction énergétique puisque sa construction a influencé la dynamique (notamment économique) régionale.

### **1.3. La Centrale Nucléaire de Fessenheim**

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE) de Fessenheim a été construit entre 1971 et 1977. Sa construction s'inscrit à cette époque dans la politique de développement de l'énergie nucléaire sur le territoire français. Aujourd'hui, la Centrale de Fessenheim est la plus ancienne centrale nucléaire dotée de deux réacteurs à eau pressurisée (REP) d'une puissance de 900 mégawatts (MW) électriques chacun. Son ancienneté et sa fermeture prochainement actée font l'objet de nombreux débats économiques, sociaux, ou environnementaux (EDF, 2014).

#### **1.3.1. Le choix de l'implantation**

La centrale est implantée en Alsace sur la commune de Fessenheim, située entre Colmar et Mulhouse, au bord de la rive gauche du Grand Canal d'Alsace, à l'amont de la centrale hydroélectrique (cf. figure 10).

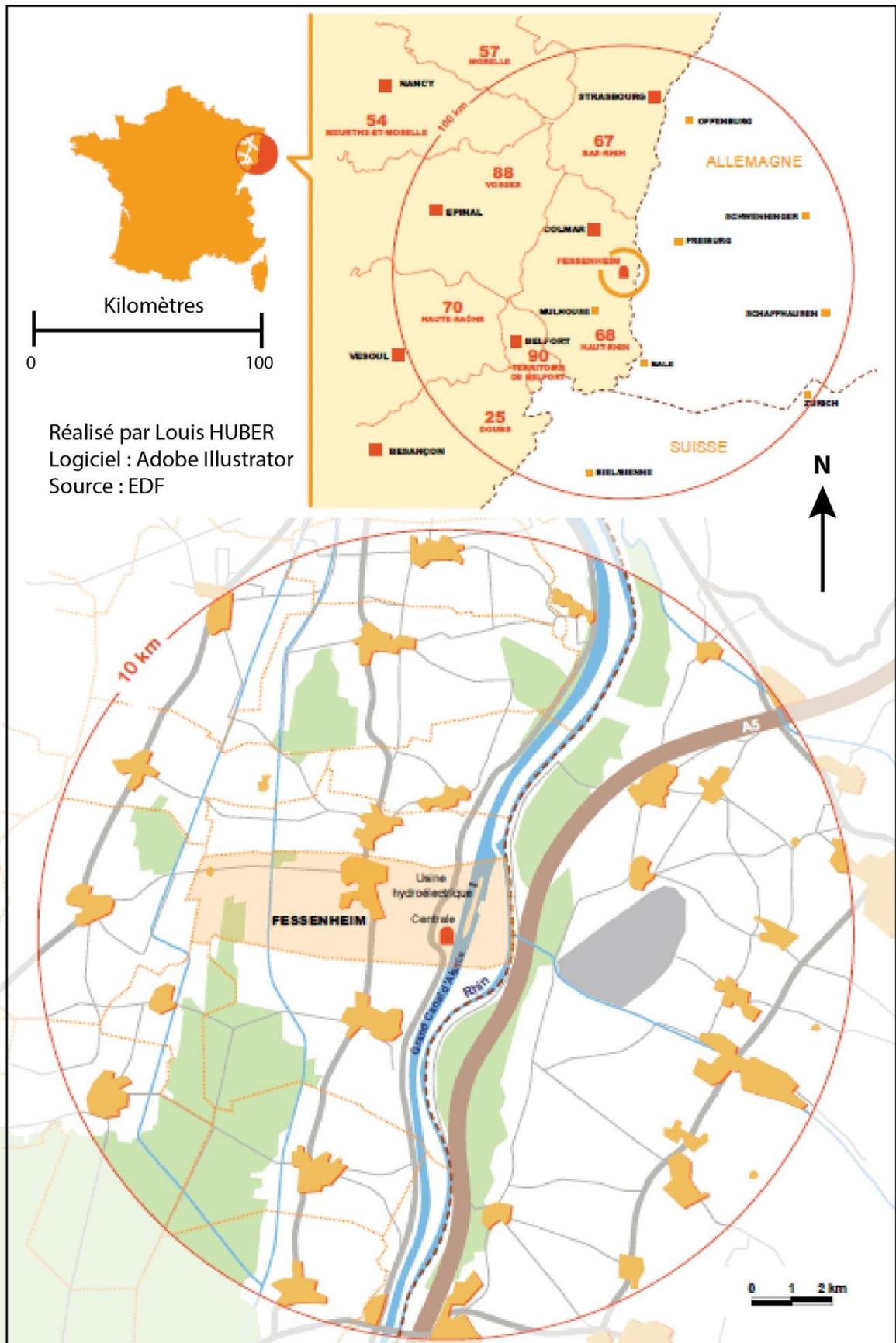


Figure 10 : Localisation de la centrale de Fessenheim Source : L. Huber d'après EDF

Le site d'implantation présente quelques caractéristiques spécifiques liées à l'environnement proche de la centrale. De ce fait, des mesures spécifiques ont dû être prises en ce qui concerne la protection contre les risques d'inondations et sismiques. En effet, la centrale se trouve 9 m en contrebas du Grand Canal d'Alsace et dans une zone sismique à risque modéré où le séisme de « référence » utilisé pour dimensionner les murs de la centrale est celui de Bâle en 1356 dont la magnitude a été estimée entre 6,2 et 6,9. (SYNDEX, 2012 ; IRSN, 2008).

La proximité avec le Grand Canal d'Alsace est nécessaire afin d'alimenter le circuit de refroidissement des deux unités de production du CNPE. Il s'agit d'un facteur de localisation microspatial dont dépend la centrale puisque le GCA permet un approvisionnement sécurisé à une source d'eau froide et possède un débit élevé et relativement constant (Mérenne-Schoumaker d'après Meyer, 2017).

Par ailleurs, la centrale se situe à quelques mètres au-dessus de la nappe phréatique d'Alsace (SYNDEX, 2012). En cas de contamination radioactive, cela engendrerait une véritable catastrophe, c'est pourquoi il a été décidé d'augmenter la taille du radier sous les deux réacteurs (IRSN, 2012).

D'un point de vue humain, l'implantation de la centrale correspond à un des trois facteurs macrospatiaux définis par Merenne-Schoumaker dans la thèse de Meyer. Ces trois critères sont la proximité avec des lieux de consommation, l'existence d'une zone faiblement peuplée et l'absence de matières énergétiques alternatives pouvant entrer en concurrence dans l'environnement proche de la centrale. Le premier critère évoqué est présent dans le cas de Fessenheim puisque l'on trouve plusieurs zones industrielles (Chalampé, Hombourg) et les ports rhénans de Colmar-Neuf-Brisach et Mulhouse-Ottmarsheim non loin.

Le critère de la densité de population dans la zone reste relatif. En effet, le nombre d'habitant se trouvant dans un rayon de 30 km autour de Fessenheim est assez élevé par rapport aux autres centrales françaises mais faible par rapport aux centrales allemandes (Meyer, 2017)

Cependant, le CNPE de Fessenheim se trouve à peu près à équidistance entre Fribourg, Colmar et Mulhouse. Il semble donc que les autorités aient tenté de placer les grandes agglomérations de la zone le plus loin possible de la centrale.

En revanche, en ce qui concerne l'absence de matières énergétiques alternatives pouvant entrer en concurrence, cela ne s'applique pas dans le cas de Fessenheim puisque, comme on l'a vu précédemment, le Rhin est aménagé par plusieurs centrales hydroélectriques.

La localisation aux abords du Grand Canal d'Alsace a un impact direct sur le fonctionnement de la centrale et sur les types de rejets.

### 1.3.2. Le fonctionnement et les types de rejets liquides de la centrale

Afin de comprendre les différents rejets engendrés par la centrale vers le milieu aquatique, il est important de connaître le fonctionnement de celle-ci. La centrale nucléaire de Fessenheim fonctionne en circuit ouvert, cela signifie qu'un débit est prélevé du Grand Canal d'Alsace à l'aide d'une prise d'eau pour alimenter le circuit de refroidissement, dans le cas du CNPE de Fessenheim ce débit est de  $50\text{m}^3/\text{s}$  (cf. figure 11).

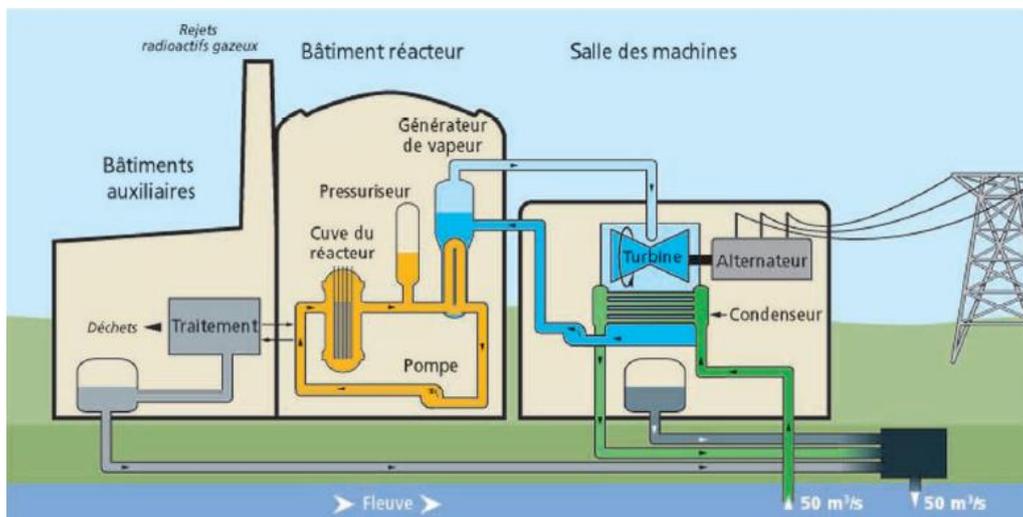
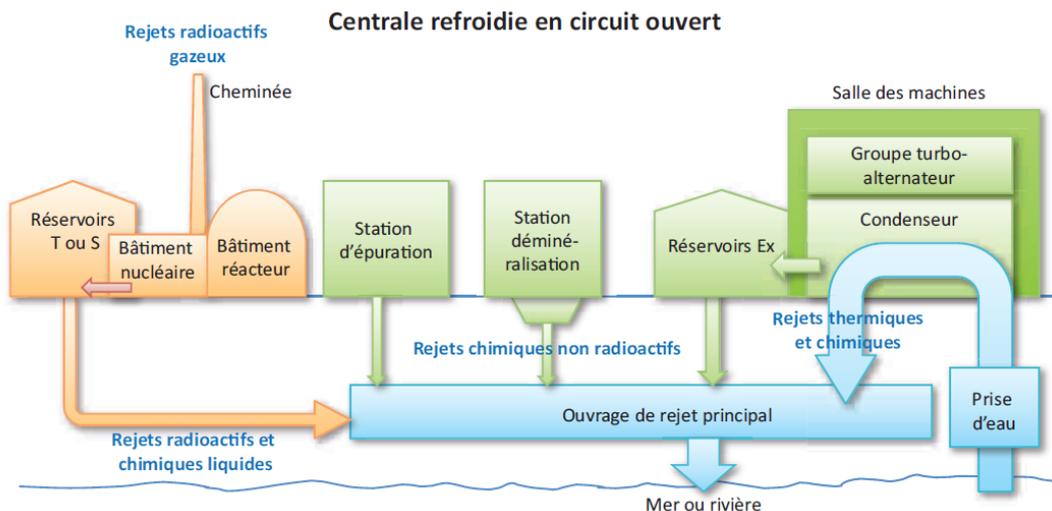


Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'un CNPE en circuit ouvert Source : EDF

Cette eau de refroidissement (tuyau vert) circule dans des tubes à l'intérieur du condenseur afin de pouvoir refroidir l'eau du système secondaire (tuyau bleu). Ce processus réchauffe également l'eau de refroidissement d'environ  $10^{\circ}\text{C}$  avant que celle-ci soit restituée directement dans le milieu naturel (Hartmann, et al., 2010). L'eau de refroidissement ainsi rejetée n'entre donc pas en contact avec des éléments radioactifs. Cependant, il ne s'agit pas des seuls rejets de la centrale. Les rejets d'eau peuvent être de différentes natures (thermiques, chimiques, radioactifs) selon leur provenance (cf. figure 12).



**Figure 12 : Schéma des différents types de rejets d'une centrale en circuit ouvert Source : EDF**

Ces effluents liquides ne sont pas rejetés directement dans le milieu naturel. En effet, ceux-ci sont d'abord dirigés vers les systèmes de traitements qui leur sont propres. Les rejets radioactifs n'ont donc pas le même processus de traitement que les rejets chimiques. Par ailleurs, suivant le type de pollution, l'eau est également dirigée vers un type spécifique d'infrastructure (cf. figure 12).

Avant chaque rejet dans l'environnement, les effluents traités sont encore contrôlés pour s'assurer que leur teneur en éléments chimiques ou en radioactivité soit inférieure à la réglementation en vigueur pour la centrale. Les effluents sont évacués par l'ouvrage de rejet principal dans lequel les rejets radioactifs sont prédilués.

En ce qui concerne les rejets thermiques du circuit de refroidissement, ceux-ci ne subissent aucun traitement mais sont tout de même soumis à une réglementation afin de limiter l'échauffement des eaux du Grand Canal d'Alsace.

### 1.3.3. L'impact local de la Centrale de Fessenheim

Tout comme le Grand Canal d'Alsace, la construction du CNPE de Fessenheim a eu impact sur le système local d'un point de vue environnemental, économique et social.

Malgré les rejets évoqués précédemment, il est difficile d'établir le véritable impact du CNPE de Fessenheim sur l'environnement aquatique. En effet, les études d'impacts qui ont été menées tendent à affirmer que les effets des rejets chimiques et radioactifs sont minimes voire inexistants (EDF, 2009). Seul l'impact des composés azotés et phosphorés est renseigné (cf. figure 13). Même s'il est difficile de quantifier les 12 années de rejets de Fessenheim (étude effectuée en 1989) en raison des nombreuses sources existantes sur le Rhin, « *la radioactivité imputable au fonctionnement de centrales nucléaires est dans tous les cas très faible dans l'écosystème aquatique* » (Foulquier et al., 1991).

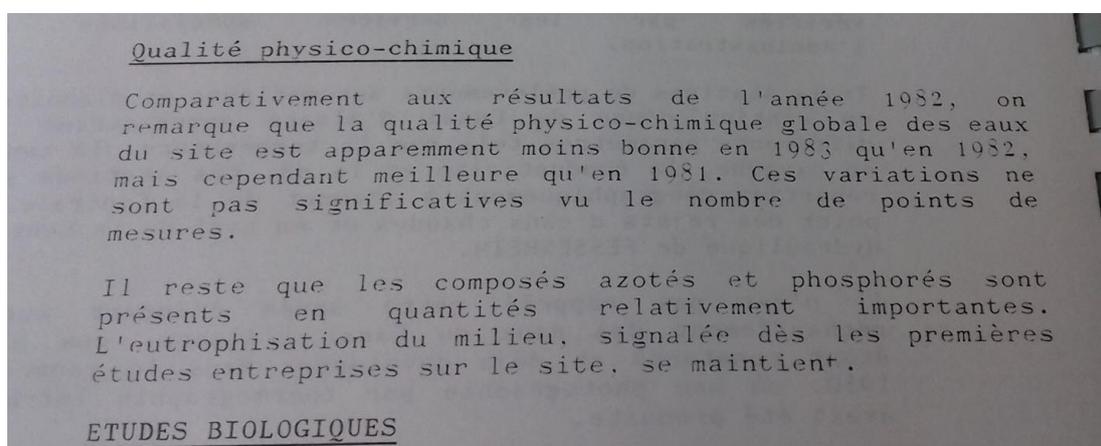


Figure 13 : Photo de l'analyse physico-chimique du CNPE de Fessenheim en 1983 Source : Archives Départementales du Haut Rhin versement 2372W95

En ce qui concerne les rejets chimiques, certains d'entre eux sont identifiés comme substances toxiques (acide borique, hydrazine) par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) ou le règlement « Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals » (REACH) et leurs effets semblent encore mal connus (Jargot et al., 2013 ; Bonnard et al., 2011). Cependant, il est à noter que les quantités rejetées par le CNPE de Fessenheim sont bien inférieures à la réglementation (cf. figures 14 et 15), ce qui dans tous les cas réduit l'impact sur l'environnement proche (EDF, 2016).

REJETS CHIMIQUES POUR LES RÉACTEURS EN FONCTIONNEMENT		
PARAMÈTRES	QUANTITÉ ANNUELLE AUTORISÉE (KG)	QUANTITÉ REJETÉE EN 2016 (KG)
Acide borique	17 000	9 710
Azote global*	5 000	652
Chlorure*	Sans objet	11 017
Détergents*	5 000	0,083
DCO*	Sans objet	250
Hydrazine	9	0,878
Métaux*	60	4,3
Morpholine	800	140
Phosphates	530	356
Sodium*	Sans objet	4 512

Figure 14 : Tableau des rejets liquides chimiques du CNPE de Fessenheim en 2016 Source : EDF

REJETS LIQUIDES RADIOACTIFS 2016				
	UNITÉ	LIMITE ANNUELLE RÉGLEMENTAIRE	ACTIVITÉ REJETÉE	% DE LA LIMITE RÉGLEMENTAIRE
Tritium	TBq	45	16,9	37,56
Carbone 14	GBq	130	14,4	11,1
Iodes	GBq	0,2	0,00429	2,145
Autres PF PA	GBq	18	0,356	2,36

Figure 15 : Tableau des rejets liquides radioactifs du CNPE de Fessenheim en 2016 Source : EDF

Un certain impact sur la faune aquatique dû au réchauffement des eaux et la présence des prises d'eau est tout de même avéré. Les rejets thermiques réchauffant l'eau du Rhin sur une certaine distance en aval de la centrale (cf. figure 16) peuvent freiner voire bloquer certains poissons migrateurs notamment pendant l'été lorsque la température du canal est déjà élevée.

Ces rejets thermiques ont également entraîné une forte diminution du nombre d'invertébrés dans la zone aval proche de la centrale. Cependant cet impact n'est pas considéré comme significatif (EDF, 2010).

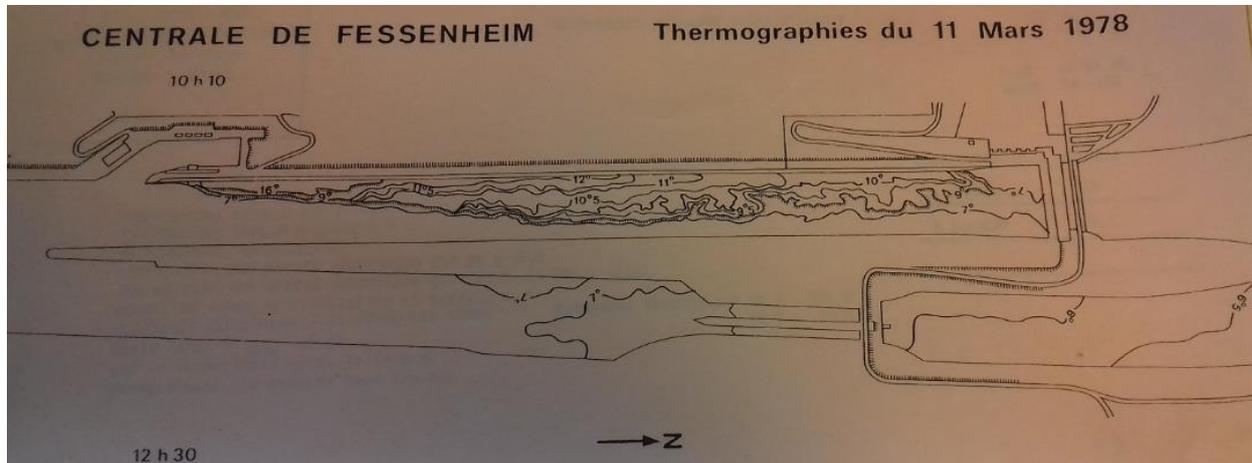


Figure 16 : Thermographie des rejets thermiques de la centrale issue du suivi écologie de 1979 Source : C.E.I.E

La présence des prises d'eau crée un phénomène d'aspiration des organismes vivants, cela est problématique notamment pour les espèces de petites tailles qui passent à travers les mailles des tambours filtrants et se retrouvent dans le circuit de refroidissement, ce qui entraîne la mort d'un certain nombre d'entre eux (EDF, 2010).

Si l'impact environnemental des rejets de la centrale semble limité, son influence économique et sociale sur le territoire local est en revanche bien établie.

En effet, du fait de la zone d'astreinte de la centrale, une majorité des employés doit résider à moins de 30 km de celle-ci. Cette zone d'astreinte a pour effet l'augmentation de la population sur le territoire de la commune de Fessenheim ainsi que sur le territoire des communes voisines (cf. figure 17). Cette augmentation démographique a induit l'augmentation des revenus fiscaux des communes émanant de la taxe d'habitation et de la taxe foncière (Meyer, 2017).

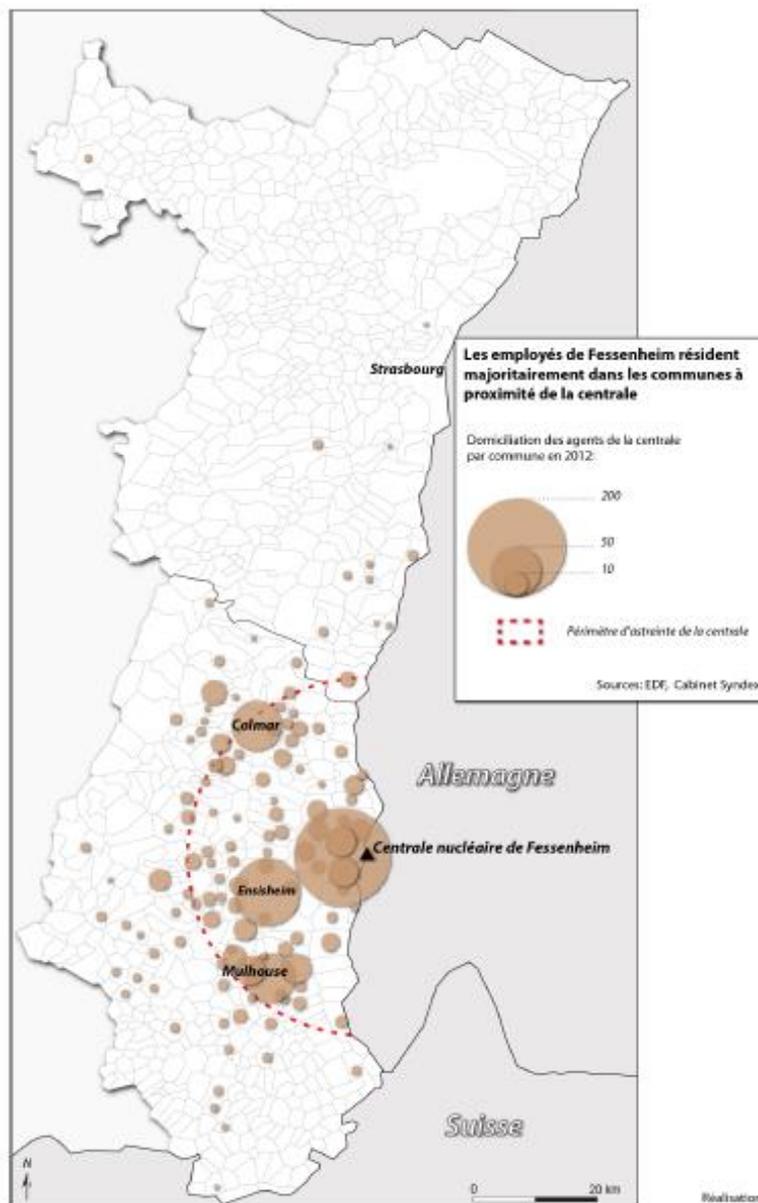


Figure 17 : Carte de la localisation du lieu de résidence des employés de la centrale de Fessenheim Source : T. Meyer

L'implantation de la centrale a été bénéfique pour les entreprises sous-traitantes. On estime que 400 entreprises alsaciennes sont prestataires de la centrale dont 16 qui consacrent plus de 10 % de leur personnel pour leur prestation au CNPE (Insee, 2014).

Cette implantation massive des employés de la centrale a causé une modification de la structure sociale des communes et notamment dans la vie politique locale du fait de leur intégration dans le conseil municipal (Meyer, 2017).

Les revenus fiscaux supplémentaires perçus par les communes ont amélioré le niveau d'équipement des communes. Par ailleurs, le CNPE de Fessenheim est impliqué dans le domaine associatif local en finançant directement plusieurs associations (Syndex, 2012).

La construction du CNPE de Fessenheim a donc eu un impact systémique local, touchant plusieurs domaines de la société (Algzim, Bougdour et Emeric, 2018). Cet impact se manifeste le plus fortement sur la commune de Fessenheim du fait notamment des retombées fiscales supérieures aux communes adjacentes (Meyer, 2017).

L'impact semble donc assez limité sur l'environnement aquatique même si des questions sont encore soulevées par diverses associations.

La construction d'infrastructures comme le Grand Canal d'Alsace et le CNPE de Fessenheim provoque donc des perturbations du système régional. Le dynamisme démographique et industriel implique une hausse des rejets (liquides dans notre cas) dans le milieu et donc une augmentation de la pollution menant à la dégradation des cours d'eau. Pour lutter contre la pollution, les Etats ont dû créer et modifier leur cadre réglementaire. Il semble donc important d'analyser les principales réglementations mises en place pour limiter la pollution du Rhin et des milieux aquatiques.

#### **1.4. L'évolution de la Réglementation**

C'est dans ce cadre que la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a été créée dès 1950, regroupant l'Allemagne, la France, la Suisse, le Luxembourg et les Pays Bas. La CIPR permet à tous les Etats traversés par le Rhin de collaborer sur les différentes politiques à mener pour la lutte contre la pollution de l'eau. Dans ce cadre, plusieurs Conventions internationales sont signées afin d'améliorer la qualité de l'eau du Rhin. Les réglementations sur la pollution du Rhin proviennent donc d'abord de la volonté d'une coopération internationale puis se sont développées à l'échelle européenne, notamment par l'adoption d'une multitude de directives. L'objectif ici n'est pas d'énumérer toutes les réglementations existantes, mais de sélectionner les plus importantes, afin de comprendre leur fonctionnement et de tenter d'en observer l'efficacité lors de l'analyse des résultats.

### 1.4.1. Les Conventions de la CIPR

#### 1.4.1.1. *L'Accord concernant la Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution*

L'Accord concernant la Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution signée à Berne le 29 avril 1963 est la première Convention contractée entre les Etats membres de la CIPR. Cet accord tend surtout à renforcer la collaboration entre les Etats, déterminer le fonctionnement et les compétences de la CIPR. L'aspect de la collaboration est évoqué dans l'Article premier « *Les gouvernements signataires continuent de collaborer en matière de protection des eaux du Rhin en aval du Lac inférieur dans le cadre de la Commission Internationale pour la protection du Rhin contre la pollution* » tandis que l'Article 2 détaille les missions de la CIPR qui sont de « *préparer, faire effectuer toutes les recherches nécessaires pour déterminer la nature, l'importance et l'origine des pollutions du Rhin et exploiter les résultats de ces recherches* », de « *proposer aux Gouvernements signataires les mesures susceptibles de protéger le Rhin contre la pollution* ». Des aspects plus techniques sur l'organisation de la Commission sont évoqués par la suite. Ce premier Accord montre une prise de conscience des Etats transfrontaliers du Rhin et permet de poser les bases de la coopération pour la lutte des pollutions. Bien que sa création date de 1950, cet accord va conférer à la Commission un pouvoir de décision et de conseil auprès des Etats membres.

Plusieurs conventions pour la protection du Rhin sont signées dans le cadre de la CIPR (1976 et 1999).

#### 1.4.1.2. *La Convention de 1976 relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique*

Cette convention montre une évolution dans la lutte contre la pollution car elle distingue deux listes de substances dangereuses citées dans l'article premier :

« 1. *Les parties contractantes, pour améliorer la qualité des eaux du Rhin, prennent, conformément aux dispositions suivantes, les mesures appropriées pour :*

a) *éliminer la pollution des eaux de surface du bassin du Rhin par les substances dangereuses incluses dans les familles et groupes de substances*

*figurant à l'annexe I (ci-après dénommées « substances relevant de l'annexe I »). Elles se proposent d'atteindre progressivement, l'élimination des rejets de ces substances en tenant compte des résultats des examens effectués par les experts concernant chacune d'entre elles, ainsi que des moyens techniques disponibles ;*

*b) réduire la pollution des eaux du Rhin par les substances dangereuses incluses dans les familles et groupes de substances figurant à l'annexe II (ci-après dénommées « substances relevant de l'annexe II ») »*

Contrairement à la convention de 1963, des substances dangereuses sont identifiées et il est demandé aux Etats de prendre des mesures pour éliminer progressivement les rejets de ces polluants. L'article 5 de la Convention propose de définir des valeurs limites concernant l'annexe I tandis que l'article 6 indique que les rejets de substances de l'annexe II seront désormais soumis à la réglementation. Cette convention renforce donc le cadre réglementaire des rejets de certaines substances et fixe des limites quantitatives contrairement à la Convention de 1963 où le but était de réduire la pollution sans objectif quantitatifs. La Convention de 1976 a été abrogée par la Convention pour la protection du Rhin de 1999. Malgré le fait que cette Convention ne soit plus en vigueur, le système des listes instauré a été repris dans les directives futures comme la DCE. C'est pourquoi, ce critère figure dans la partie des 2.4.1 Les polluants étudiés.

#### *1.4.1.3. La Convention du 3 décembre 1976 relative à la protection du Rhin contre la pollution par les chlorures*

Une convention spécifique relative à la protection du Rhin contre la pollution par les chlorures a également été signée. Cette convention a pour objectif de limiter la concentration en ions-chlore à 200mg/l à la frontière germano-néerlandaise. Afin de remplir cet objectif, le paragraphe 1 de l'article 2 réglemente les rejets d'ions-chlore. « 1. Les rejets d'ions-chlore dans le Rhin seront réduits d'au moins 60 kg/s d'ions-chlore (moyenne annuelle). Cet objectif sera réalisé progressivement et sur le territoire français. ». La France est directement concernée par la diminution des rejets des ions-chlore du fait de l'activité des Mines de Potasses d'Alsace (MDPA). Le paragraphe 2 de l'article 2 précise que la République Française doit réduire ces rejets d'ions chlore de 20kg/s provenant des MDPA pendant une durée de 10 ans.

Bien que la convention ait été adoptée en 1976, celle-ci n'a été mise en vigueur qu'à partir du 5 juillet 1985.

#### *1.4.1.4. La Convention du 12 avril 1999 pour la protection du Rhin*

La Convention pour la protection du Rhin de 1999 diffère de la précédente, puisque selon le paragraphe 1 de l'Article 3 les objectifs concernent désormais le développement durable de l'Ecosystème du Rhin et l'entièreté de son bassin versant et ne sont donc plus seulement focalisés sur les rejets dans les eaux superficielles. L'accent est mis sur une restauration plus globale du cours d'eau.

#### **1.4.2. La Directive Cadre sur l'Eau**

La directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau plus communément appelée Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est une directive européenne dont le but principal évoqué dans l'Article premier est : « *d'établir un cadre pour la protection des eaux intérieures de surface, des eaux de transition, des eaux côtières et des eaux souterraines* ».

La DCE se différencie des Conventions mentionnées ci-dessus car elle fixe un cadre réglementaire global pour toutes les masses d'eau alors que les Conventions sont spécifiques à l'écosystème rhénan. Elle reprend cependant certains éléments des conventions comme la liste I et II de substances dangereuses.

Cette Directive renforce le cadre réglementaire déjà existant pour le Rhin car elle intègre la notion de « *bon état* » des masses d'eau et définit des objectifs à atteindre dans une certaine limite de temps. L'analyse de la masse d'eau comprend plusieurs critères pour rivières. Ces paramètres sont biologiques, hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques, chimiques et physico-chimiques soutenant les paramètres biologiques, généraux et les polluants spécifiques.

La DCE permet ainsi par des analyses quantitatives de classer les cours d'eau selon leur état de dégradation.

### 1.4.3. Les lois nationales et le Système d'Évaluation de la Qualité des cours d'Eau

La politique actuelle de l'eau est issue principalement de trois grandes lois nationales françaises sur l'eau (1964, 1992 et 2006) en plus de la DCE qui a été transposé le 21 avril 2004.

#### 1.4.3.1. *La Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution*

La loi sur l'eau de 1964 pose les fondements de la protection de l'eau en France, en plus de la mise en place de la réglementation sur les rejets. Cette loi a pour but de dresser un inventaire de l'état des eaux superficielles (Article 3). Cependant, l'importance de cette loi réside dans le fait qu'elle est à l'origine de la création des Comités de Bassins et des Agences financières de bassin qui sont aujourd'hui les Agences de l'Eau. Elle est donc à la base de la décentralisation de la gestion des cours d'eau. Cette loi a été abrogée par la loi sur l'eau de 1992 et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006.

#### 1.4.3.2. *La Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau*

La loi de 1992 pose comme principe dès l'Article premier que l'eau fait partie du « *patrimoine commun de la nation* » tandis que l'Article 2 évoque la gestion équilibrée de la ressource en eau afin d'assurer la préservation des écosystèmes aquatiques, la protection contre les pollutions et de la ressource en eau. A cet égard, la loi prévoit dans l'Article 3 la création de Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et de Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Le but de ces schémas est de planifier les orientations à suivre pour atteindre le « *bon état* » des cours d'eau et de proposer une gestion équilibrée des cours d'eau. Tout comme la DCE, la notion d'analyse quantitative et qualitative de la ressource en eau apparaît dans cette loi. La mise en place des SDAGE et SAGE permet de fixer des objectifs dans un espace-temps donné. L'outil de planification de la gestion de l'eau que sont les Schémas Directeurs et notamment les SAGE, permet de pouvoir agir avec plus de cohérence sur les enjeux et spécificités locales.

#### *1.4.3.3. La Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques*

La loi LEMA modernise les fondements des lois sur l'eau de 1964 et 1992. Elle reprend le cadre général de la gestion de l'eau établi par les lois précédentes et modifie, simplifie et renforce les dispositions antérieures. Une des principales orientations de cette loi reste l'atteinte du bon état des eaux fixé par la DCE (Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, 2009). L'aspect de la qualité de l'eau est donc toujours une mission importante, même si les dispositions prises concernent tous les niveaux de la gestion de la ressource en eau (organisation, accès à la ressource, utilisation, etc ...) (Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, 2009).

#### *1.4.3.4. Le Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'eau (SEQ-Eau)*

Tel qu'évoqué précédemment, l'évolution de la réglementation a de plus en plus cherché à analyser qualitativement l'état de l'eau. La DCE, pour caractériser le « bon état » de l'eau, a créé des Normes de Qualité Environnementales (NQE). Cependant, l'outil NQE ne distingue que deux classes d'état : « Bon » ou « Mauvais ». Il existe un autre outil en France permettant de mesurer la qualité de l'eau et distinguant plusieurs classes de qualité de l'eau.

Une première version de la grille de qualité destinées à mesurer l'état des cours d'eau à l'aide de critères d'appréciation de la qualité générale de l'eau a été mise en place dès 1971. Cette première version a été remplacée en 1999 par le SEQ-Eau version 1 car elle ne prenait en compte que cinq paramètres. Cet outil a été très utilisé en Alsace pour évaluer la qualité des masses d'eaux. Le but de cet outil est de pouvoir caractériser l'état physico-chimique et de définir des classes (Très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais) à partir des concentrations de substances retrouvées dans les prélèvements d'eau. Les limites du « bon état » de l'eau définies par la DCE est également repris dans ce système.

Le SEQ devait être remplacé par la version 2 en 2003, cependant, du fait de l'entrée en vigueur de la DCE, cette version 2 n'a pas été validée. Actuellement un nouvel outil est en cours d'élaboration, il s'agit du Système d'Evaluation de l'Etat des Eaux (SEEE).

Plusieurs niveaux de réglementations entrent donc en compte en ce qui concerne la qualité de l'eau du Rhin. Afin de mieux visualiser et comprendre cette évolution qui reste ici très générale, une frise chronologique a été construite à partir des différentes réglementations évoquées dans cette partie (cf. figure 18).

## FRISE CHRONOLOGIQUE DES RÉGLEMENTATIONS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU

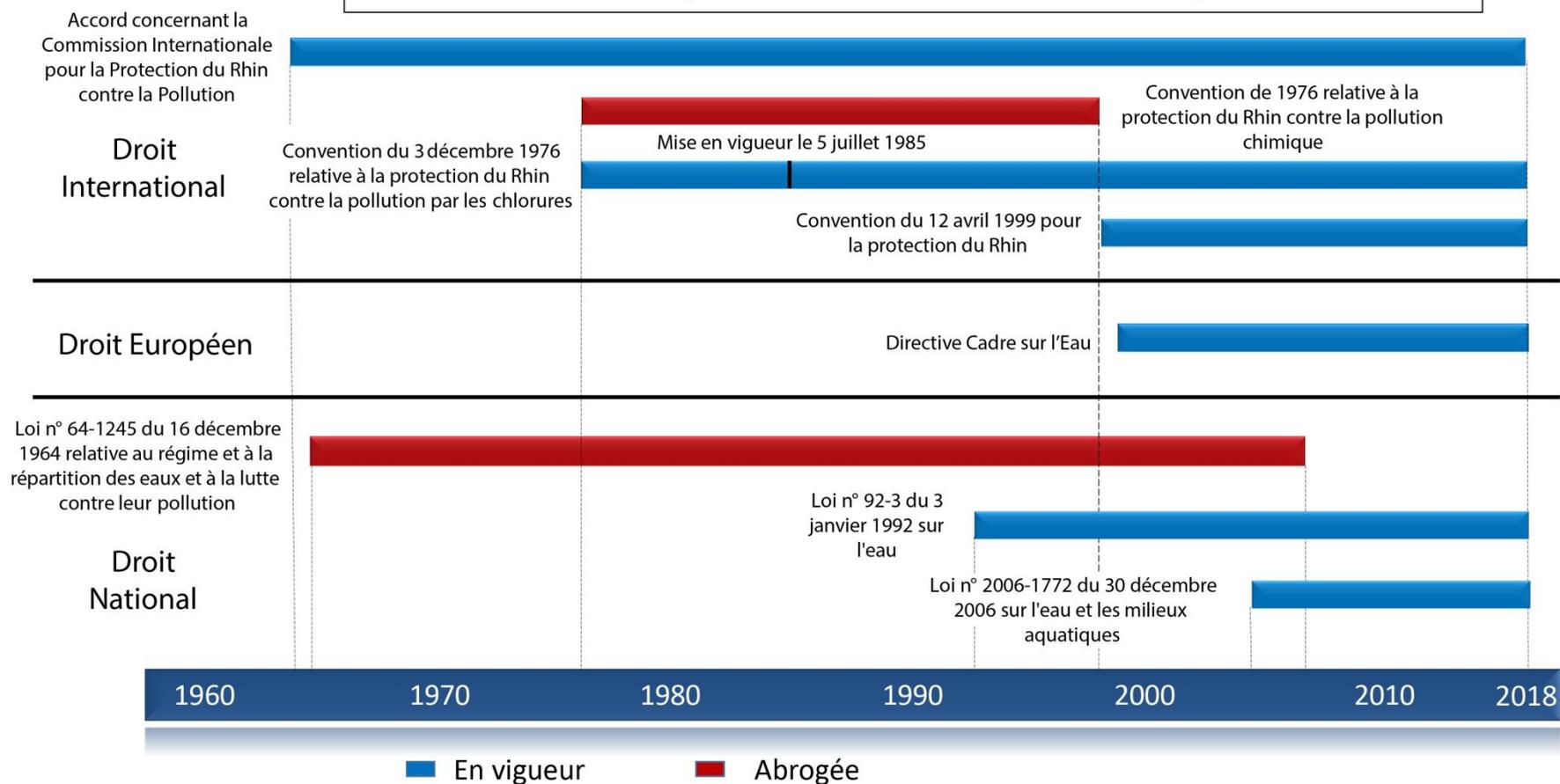


Figure 18 : Frise chronologique de l'évolution de la réglementation Source L. Huber

## **Chapitre 2 :**

### **La démarche d'analyse**

Les objectifs de ce mémoire ont évolué au fur et à mesure des données trouvées. La démarche quantitative centrée sur les rejets a peu à peu évolué vers une démarche quantitative des concentrations de polluants. Parallèlement, il a été tenté d'identifier et d'analyser l'évolution des sites industriels en lien avec le GCA. Le but à partir de ce double objectif est de tenter de comprendre l'impact industriel et les mécanismes pouvant influencer l'évolution de la pollution.

#### **2.1. L'évolution des objectifs**

L'ambition initiale était de distinguer les rejets liquides du CNPE de Fessenheim des rejets industriels et domestiques s'écoulant dans le GCA afin de pouvoir quantifier l'impact environnemental des différentes sources de pollution. Pour connaître les rejets industriels qui sont déversés dans le Grand Canal, un travail de recherche sur l'évolution des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) a dû être effectué. Les rejets domestiques sont quant à eux représentés par les rejets de STEP. Cependant, il est apparu que quantifier l'évolution des rejets (industriels et domestique) s'avère compliqué à cause du manque de données existantes (Garcier, 2005).

L'objectif a donc évolué vers l'analyse de l'évolution de la pollution en utilisant les concentrations de polluants dans l'eau. L'intérêt de cette approche était de voir si l'on pouvait quantifier les concentrations des polluants en entrée et en sortie du GCA. De ce fait, la différence de concentration entre les données d'entrée et les données de sortie aurait permis de quantifier la pollution se déversant dans le Grand Canal.

Distinguer les rejets liés à la centrale nucléaire des autres sources de rejets n'est plus possible par cette approche. En revanche, elle permet de voir si des évolutions majeures ont eu lieu dans le temps et l'impact du système du Grand Canal sur la pollution du Rhin.

Cependant, quantifier la différence de concentration des polluants s'est également heurté à un problème et l'objectif a dû être revu. En effet, les stations d'analyse ne permettent pas de cadrer spatialement la zone du Grand Canal d'Alsace. La station aval se situe à Lauterbourg, ce qui implique que d'autres sources de pollution sont prises en compte.

L'évolution de la pollution dans le GCA en lien avec le développement industriel et domestique n'a donc pas pu être analysée quantitativement sur la zone du Grand Canal. Les concentrations de pollutions ont été analysées entre les stations de la CIPR de Weil Am Rhein et de Lauterbourg car ceux sont les seules qui permettent d'obtenir des séries de données anciennes sur les concentrations de polluants.

Parallèlement, le travail sur l'identification des ICPE et STEP a permis de localiser les sites rejetant dans le GCA mais également les industries dont l'implantation a été motivée par la construction du Canal. Cependant, il est apparu que certains sites industriels ont été occupés par différents établissements au cours du temps, parfois il s'agit seulement d'un changement du nom de l'entreprise provenant de la fusion avec une autre industrie ou d'une séparation de l'activité, tandis que dans d'autres situations, les activités sont modifiées. Ce problème est également relaté dans la thèse de R. Garcier « *Le dénombrement exhaustif des établissements industriels est déjà problématique. Les recensements de sites potentiellement pollués réalisées par Frédéric Ogé et ses équipes donnent une idée de la complexité de la géographie des sources polluantes. Pour bien faire, il faudrait disposer d'une base informatique géoréférencée de tous les établissements, qui comporterait leurs dates d'activité et la nature de cette activité. Sur un même site industriel, plusieurs activités peuvent s'être succédées* ». Bien que R. Garcier ait travaillé à l'échelle du bassin versant de la Moselle et sur la période de 1850 à nos jours.

Identifier spatialement les sites (STEP et ICPE) en lien avec le Grand Canal d'Alsace a tout de même été possible grâce à l'emploi de trois bases de données (Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse (SIERM), Bases des Anciens Sites Industriels et des Activités de Services (BASIAS), ICPE).

Cependant, les renseignements fournis diffèrent fortement, notamment la base BASIAS qui fournit des informations plus ou moins précises selon le site industriel. La complexité ici a donc été de sélectionner des sites dont la localisation ou les rejets et la date de création, permettent de penser que son implantation est en lien avec la construction du Grand Canal d'Alsace.

À partir de ces éléments, l'objectif ne se résume plus qu'à l'analyse quantitative de la pollution en lien avec le développement industriel et domestique issu du GCA, mais tend plutôt à la compréhension de l'évolution de la pollution à partir de polluants définis. Cette réorientation des objectifs a nécessité des recherches sur la réglementation afin de comprendre, comment les Etats ont tenté de diminuer la pollution dans les cours d'eau et quels sont les outils de mesure pour évaluer la qualité d'un cours d'eau.

Ce travail sur la réglementation a été approfondi par Caline Ly Keng, étudiante en Master 2 de Droit de l'Environnement, des Territoires et des Risques dans le projet Juxta Rhenum et dont l'intitulé du mémoire est « *Réglementation concernant les rejets de substances dans le Rhin Supérieur* ».

A partir de cette démarche, on a tenté de comprendre et de schématiser une partie du fonctionnement du système de la pollution issue du Grand Canal d'Alsace (cf. figure 19).

Ce schéma systémique montre que les aménagements de l'hydrosystème rhénan ont conduit à l'anthropisation du milieu et ont accélérés la dynamique démographique et la dynamique industrielle / énergétique. L'amplification de ces dynamiques a entraîné une augmentation de la pollution.

Il en résulte que l'aggravation de la pollution va mener à la mise en application de réglementations afin de limiter les concentrations de polluants. De ce fait, une restauration de l'hydrosystème (dans notre cas la qualité de l'eau) va être possible. Cependant, les contraintes exercées par le cadre réglementaire tendent à diminuer la dynamique économique.

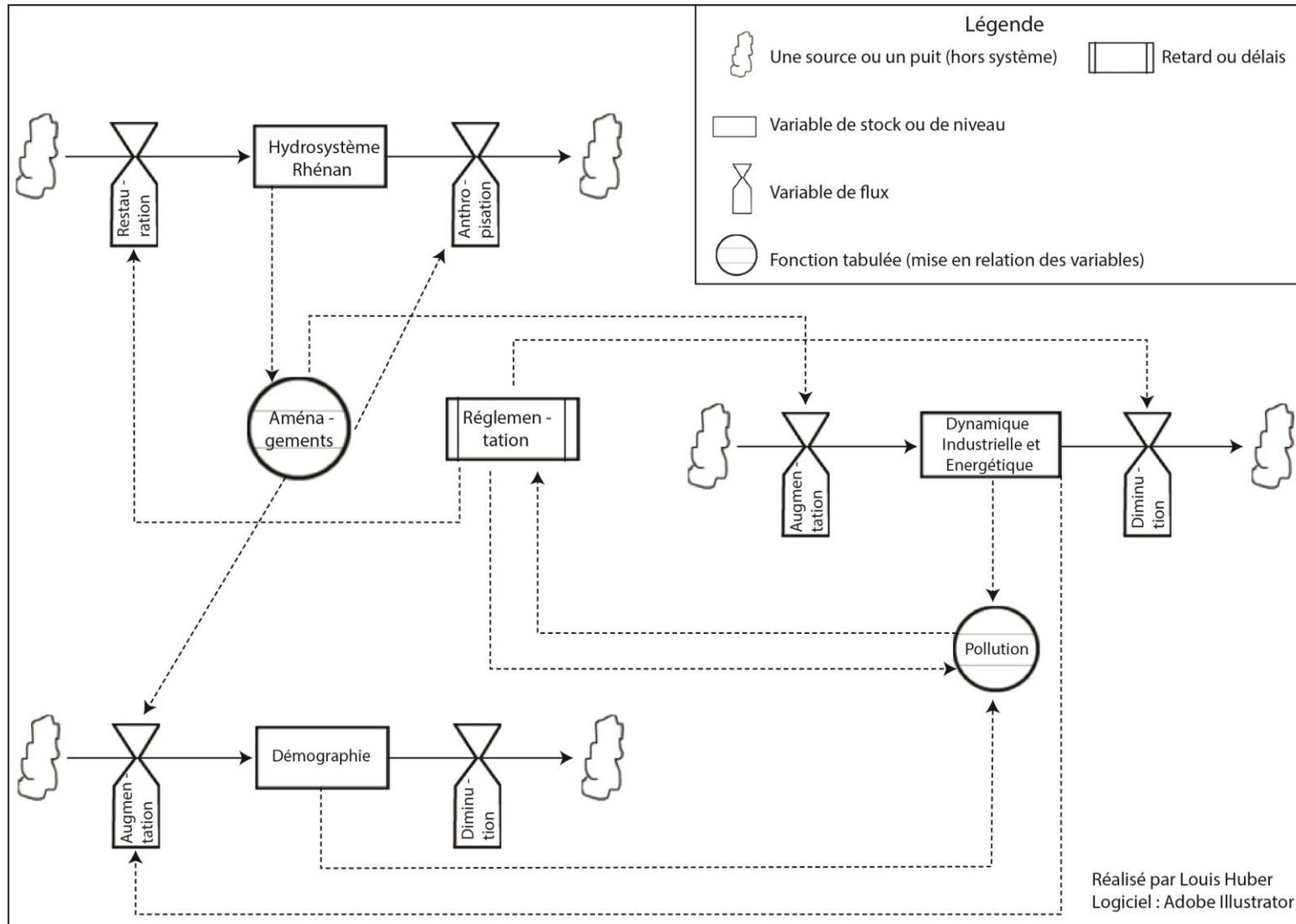


Figure 19 : Schéma Systémique de l'évolution de la pollution du Grand Canal d'Alsace Source : L. Huber

## **2.2. La collecte de données bibliographiques**

La recherche de données exploitables a été une part importante du travail de ce mémoire. Une recherche bibliographique et documentaire ainsi que la fouille de bases de données numériques ont été nécessaires afin d'avoir connaissance des données anciennes disponibles et exploitables. Les recherches qui ont été menées mais qui n'ont pas abouti à la découverte de données exploitables sont intégrées dans cette méthodologie car elles ont contraint la redéfinition des objectifs de cette étude et permettent de comprendre les problèmes rencontrés dans le cadre de ce travail exploratoire. Le caractère exploratoire provient du fait qu'aucune étude sur l'évolution de la pollution dans le GCA ne semble avoir été entreprise aujourd'hui. De plus la démarche quantitative utilisée ici, diffère de celle utilisée dans l'approche de R. Garcier.

### **2.2.1. Les recherches sur les rejets industriels de substances polluantes**

La recherche aux archives d'articles recensant les ICPE et pouvant potentiellement indiquer les rejets a été motivée par la découverte d'un travail sur les sites industriels en Alsace (Ogé, 2011).

Cependant, les différentes recherches qui ont été menées en bibliothèque et aux archives départementales du Haut-Rhin et du Bas-Rhin n'ont pas permis de trouver d'inventaires ou de bases de données récapitulant les rejets anciens des entreprises. Il est tout de même intéressant de noter l'existence de questionnaires (cf. figure 20 et 21) émanant du Service Régional de l'Aménagement des Eaux (SRAE) et dont l'objectif est de créer un inventaire des prélèvements et des rejets d'eau par l'industrie.

Le problème est qu'en l'absence de l'inventaire complet, trouver et rassembler toutes les fiches depuis 1950 n'aurait pas été possible en 5 mois d'études. De plus, ces fiches ont été remplies par les industriels qui n'ont pas tous répondu avec le

A joindre au questionnaire principal et à retourner :  
 Secrétariat du **COMITE TECHNIQUE DE L'EAU D'ALSACE**  
 Service Régional de l'Aménagement des Eaux  
 24, Grand Rue - 68 - HORSBOURG - Tél. (89) 41-48.11 et 41-06.83

PREMIER MINISTRE  
 DELEGATION A L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET A L'ACTION REGIONALE

**MISSION TECHNIQUE DE L'EAU «Rhin-Meuse»**  
 INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS ET DES REJETS D'EAU PAR L'INDUSTRIE  
 QUESTIONNAIRE COMPLEMENTAIRE

NOTA : Les renseignements recueillis resteront confidentiels et ne pourront, en aucun cas, donner lieu à des contrôles fiscaux ou à des mesures de police.  
 Sauf indication explicite contraire, tous les renseignements demandés concernent l'ANNEE 1966.  
 Un questionnaire devra être rempli pour chaque établissement distinct de l'entreprise.

1) - Nom et adresse complète de l'établissement intéressé :  
**LABORATOIRES GEIGY**  
 28, Avenue de Bâle 68 - HUNINGUE

2) - N° d'identification I.N.S.E.E. : 3 5 9 6 4 9 9

3) - Matières premières mises en œuvre (Préciser les unités) :

NATURE	QUANTITES ANNUELLES
Produits chimiques à usage pharmaceutique fournis par différents fournisseurs.	

Figure 20 : Photo d'un exemple de fiche industrielle 1 Source : Archives départementales du Bas-Rhin

A joindre au questionnaire principal et à retourner :  
 Secrétariat du **COMITE TECHNIQUE DE L'EAU D'ALSACE**  
 Service Régional de l'Aménagement des Eaux  
 24, Grand Rue - 68 - HORSBOURG - Tél. (89) 41-48.11 et 41-06.83

PREMIER MINISTRE  
 DELEGATION A L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET A L'ACTION REGIONALE

**MISSION TECHNIQUE DE L'EAU «Rhin-Meuse»**  
 INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS ET DES REJETS D'EAU PAR L'INDUSTRIE  
 QUESTIONNAIRE COMPLEMENTAIRE

NOTA : Les renseignements recueillis resteront confidentiels et ne pourront, en aucun cas, donner lieu à des contrôles fiscaux ou à des mesures de police.  
 Sauf indication explicite contraire, tous les renseignements demandés concernent l'ANNEE 1966.  
 Un questionnaire devra être rempli pour chaque établissement distinct de l'entreprise.

1) - Nom et adresse complète de l'établissement intéressé :  
**Etablissements GSIOT S.A.**  
 77, Avenue de Bâle, 68 - HUNINGUE

2) - N° d'identification I.N.S.E.E. : 3 5 9 6 4 9 9

3) - Matières premières mises en œuvre (Préciser les unités) :

NATURE	QUANTITES ANNUELLES
Acide sulfurique	270 tonnes
Chlorure sulfurique	150 "
Ethanol	150 "
Oléum	420 "
Phénol	600 "
Matières autres (env. 140 produits)	5000 "

Figure 21 : Photo d'un exemple de fiche industrielle 2 Source : Archives départementales du Bas-Rhin

même niveau de précision comme on peut le voir dans le champ « Nature » et « quantités annuelles » ci-après sur les figures 20 et 21.

Si les recherches sur les rejets n'ont pas été très concluantes, il existe tout de même des inventaires par années et classant les ICPE par commune. On y trouve quelques informations pouvant être intéressante comme l'adresse et le type d'activité (cf. figure 22).

Matricule de codification hydrologique	de chiffre de principal	Nature	Activité sectorielle	Importance	Activité principale	département	Commune	Indice d'expl	N° d'ordre	N° dans la voie	Voie en clair	Indication sommaire de l'activité principale	
												- 12 -	
7	1		350	1	354	68	149	0 004	37		R de Bâle	Geigy Fab Tanins synthétiques	65
0	1			2	359	"	"	0 001	28		"	Laboratoires Geigy Prod pharm	54
2	1			2	366	"	"	0 001	45		R de Bâle	Kühlmann Fab d'insecticides	53
0	1			2	545	"	"	0 003	26		R La Concorde	Cellux France Bandes adhésives	53
0	1			2	611	"	"	0 001	1		Rte de St Louis	Cie Française Mat Plastique	54
0	1			2	616	"	"	0 001	13		Q du Maroc	Anisa Fab Transf Matière Plast	53
					704	"	"				Rue Abattoir	Tuerie communale Fellmann	X
											HUSSEREN WESSERLING		
5	1			2	474	68	151	0 001			Rte nationale	Soc Alsac Tissages Gros Romann	54
0	1			1	486	"	"	0 001			Rte nationale	Manuf d'impression Wesserling	66

Figure 22 : Photo d'une feuille d'inventaire de recensement des ICPE par commune  
Source : Archives départementales du Bas-Rhin

Tous les versements des archives consultés font partie de la série « W ». Cela signifie qu'il s'agit de versements administratifs provenant de la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) et de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) par exemple.

La Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Grand-Est a également été contactée. L'entretien avec Mme Blanchard du Service Prévention des Risques Anthropiques a permis de signaler l'existence du Registre des Emission Polluantes (IREP). Ce registre qui est une Base de données en ligne sera détaillé dans la partie 2.3 Les bases de données.

Face à cette mosaïque de données sur les rejets d'industrie et le manque de cohérence dans le peu de renseignements qui ont été trouvés, il a été décidé d'abandonner l'approche par les rejets et de se focaliser sur l'évolution de la pollution de l'eau en se basant sur la qualité de l'eau du Rhin.

### 2.2.2. Les recherches sur l'analyse de la qualité de l'eau

Les recherches concernant l'évolution de la pollution se sont avérées plus fructueuses. En effet, des documents et cartographies sur la qualité des cours d'eaux en Alsace provenant de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM) ont été trouvées.

Les cartes établissent une classification de l'état chimique des cours d'eau par années entre 1992 et 2003, ce qui signifie que des analyses ont dû être effectuées.

La prise de contact avec l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a été très utile puisque le Département Communication de l'agence de l'eau Rhin-Meuse m'a suggéré de consulter le portail documentaire de l'Agence de l'Eau. Celui-ci contient un nombre important de documents dont beaucoup ne sont numérisés qu'en partie. Il permet tout de même d'identifier les ressources potentiellement intéressantes avant d'aller les consulter sur place. Dans le cas présent, j'ai pu trouver des tableaux de données sur des analyses de l'eau de la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) de 1953 à 1975.

Les échanges avec le Département Communication de l'agence de l'eau Rhin-Meuse ont suggéré une recherche d'informations sur le Système d'Information sur l'Eau Rhin Meuse qui est une base de données mise en place par l'Agence. Elle sera détaillée plus loin dans la partie 2.1. Les bases de données.

### **2.3. Les bases de données**

Suite à aux entretiens avec la DREAL et l'AERM et grâce à des connaissances et recherches personnelles, l'utilisation des bases de données en ligne s'est révélée très importantes dans l'exploitation des données, que ce soit pour l'identification des ICPE ou l'évolution de la pollution.

#### **2.3.1. Le Registre des Emissions Polluantes**

La première base de données évoquée précédemment (cf. 2.2.1. Les recherches sur les rejets industriels de substances polluantes) est le Registre des Emissions Polluantes. Elle permet de voir les quantités de polluants rejetées dans le milieu par établissement, ce qui peut s'avérer un outil très pratique pour les études de rejets, mais elle ne suffit pas dans le cadre de cette étude puisque les données les plus anciennes datent de l'année 2003. L'IREP représente la partie publique des déclarations du GEREP, afin d'accéder aux données du GEREP, une convention a dû être établie entre le Laboratoire Image Ville Environnement (LIVE) et la DREAL mais faute de temps ces données n'ont pu être exploitées dans cette étude.

### **2.3.2. Le Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse (SIERM)**

Le SIERM est un portail contenant de nombreuses données sur l'eau du bassin Rhin-Meuse. Dans notre cas, il a permis de connaître les établissements industriels et les STEP qui rejettent dans le Grand Canal d'Alsace et ceux qui rejettent dans l'Augraben qui est le seul affluent naturel du GCA. Le SIERM a permis de connaître les coordonnées des stations d'épurations et de les géolocaliser dans un SIG.

Le SIERM contient également des données de stations d'analyses. Cependant, les données disponibles sont trop récentes pour permettre une analyse complète de l'évolution de la pollution.

### **2.3.3. Le portail Géorisque**

Afin de pouvoir identifier la localisation des sites industriels présents dans la zone, le portail Géorisque s'est avéré être le meilleur moyen de recherche en l'absence des données du GEREP. En effet, ce site concentre plusieurs bases de données géolocalisées comme la Base des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS), la base des installations classées, le Registre des Emissions Polluantes et la Base des sols pollués (BASOL). Ainsi il a été possible d'extraire ces données pour géolocaliser les sites sur un SIG.

Le nombre d'ICPE et de sites BASIAS étant important, il a été décidé de sélectionner les installations rejetant directement dans le Grand Canal d'Alsace ainsi que les sites dont l'implantation se situe dans les zones industrielles et ports rhénans de Mulhouse-Ottmarsheim et Colmar Neuf-Brisach et les quelques sites se trouvant aux abords directs du canal.

Cependant, l'impact de la construction du canal a également dynamisé le port de Huningue. Ce secteur est plus complexe que les autres car il est constitué d'une multitude de sites antérieurs à la création du GCA du fait de la dynamique industrielle déjà existante de l'agglomération Bâloise. La figure 23 permet de constater que la zone d'Huningue présente une densité de sites BASIAS supérieur aux ports rhénans se trouvant sur le parcours du GCA.

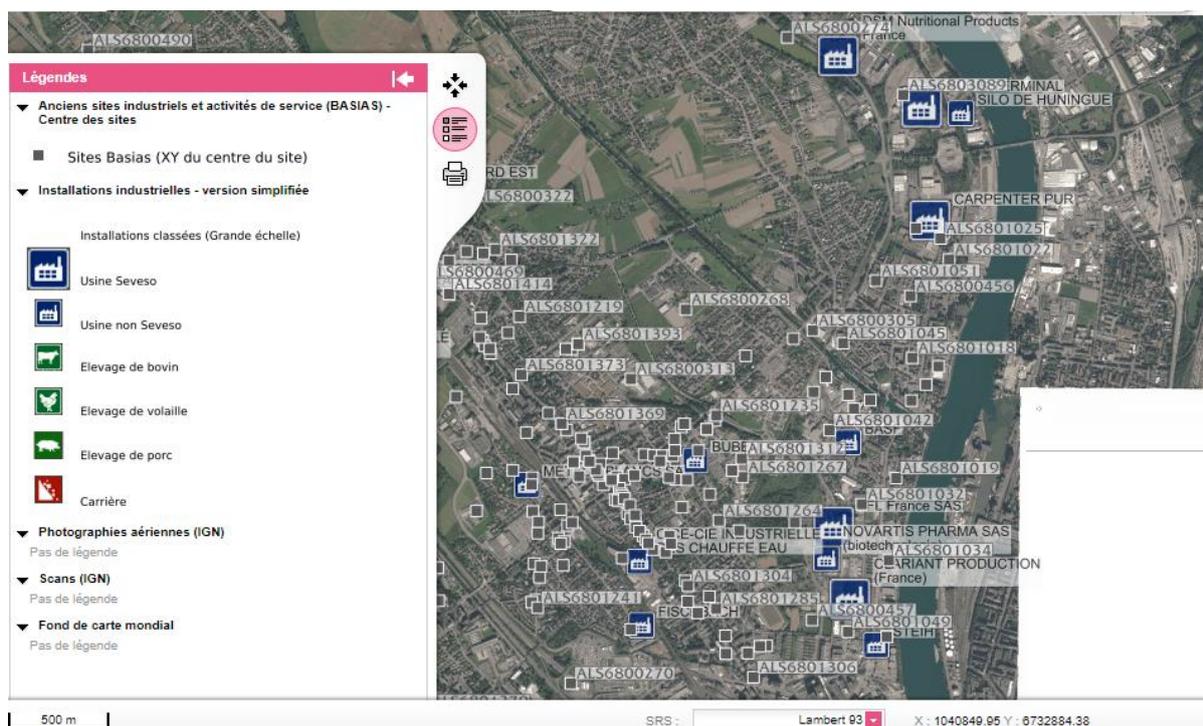


Figure 23 : Image des sites BASIAS et ICPE dans la zone d'Huningue Source : Géorisque

Deux critères ont été utilisés pour sélectionner les sites de cette zone.

Le premier a été d'identifier les entreprises rejetant dans le Rhin comme Clariant, BASF ou Novartis par exemple. Le deuxième critère se base sur la date de création de l'établissement car comme on l'a expliqué précédemment de nombreux sites existaient avant la construction du Grand Canal d'Alsace.

De ce fait, seules les ICPE ont été retenues dans cette zone car les sites BASIAS ne donnaient aucune assurance sur le lieu de rejet et les sites localisés aux abords du Rhin étaient tous issus d'anciennes implantations.

Après avoir identifié les sites en lien avec la construction du Grand Canal d'Alsace il a fallu s'intéresser à l'évolution de la pollution.

#### 2.3.4. Le site de la CIPR

Cette réorientation de l'étude sur la qualité de l'eau plutôt que sur les rejets a permis de découvrir l'existence du portail de téléchargement de la CIPR. Celui-ci contient toutes les analyses des stations de la CIPR au format numérique.

Les stations de la CIPR ont l'avantage de prendre en compte un nombre important de polluants, cependant, la temporalité des données varie fortement selon le type de substance. Les chlorures dont le problème de pollution a vite été une priorité sont analysés depuis 1953. C'est le paramètre qui dispose de la série de données la plus ancienne et la plus complète. Cette variation des données est due à l'évolution des techniques, enjeux, connaissances et réglementations (AERM, 2014). Cela explique pourquoi les données des premières stations concernent quelques paramètres, alors que les stations actuelles proposent plus de 200 paramètres différents sur le portail.

Un autre désavantage des stations de la CIPR est leur spatialité : les deux stations de la zone d'étude qui sont prises en compte sont la station de Weil am Rhein (anciennement Village-Neuf) placée juste à l'amont du canal et la station de Lauterbourg (anciennement Seltz) qui se situe à l'aval de Strasbourg. Du fait de la localisation de la station aval, toute analyse précise de l'apport des polluants semble donc difficilement réalisable à partir de cette étude. Des recherches ont donc été entreprises afin de trouver un point de prélèvement plus proche du GCA, comme par exemple grâce aux campagnes de prélèvement de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Il n'a cependant pas été possible de trouver un nombre important des études de qualités de l'eau du Rhin, sur le portail documentaire de l'AERM, seuls des études de la qualité des eaux du Rhin de 1983 et 1984 sont disponibles. Ces études prennent en compte quelques paramètres (Oxygène dissous, taux de saturation en oxygène, DBO5, DCO et les ions ammonium) aux stations de Kembs, Rhinau et Seltz.

A partir de ces différentes recherches, il est apparu que l'analyse de l'évolution de la pollution globale dans le GCA n'est pas possible, seul un travail sur les rejets pourrait le permettre mais cela nécessite un travail de recherche plus long. L'objectif s'est donc dirigé vers la compréhension de l'évolution de la pollution à partir de l'exemple des chlorures, du phosphore, du cadmium et du cuivre. Ce choix est justifié dans la partie 2.4.1. Les polluants étudiés.

## 2.4. Le traitement des données collectées

Les recherches bibliographiques et dans les bases de données ont montré que la construction du GCA et du CNPE de Fessenheim a favorisé le développement industriel et l'augmentation de la démographie dans la région de la Hardt. Cela a provoqué une augmentation des rejets d'eaux usées industrielles et domestiques. Il en a résulté une augmentation de la pollution des eaux et une prise de conscience sur la nécessité de protéger et de surveiller la qualité des eaux du Rhin en réglementant les rejets d'effluents liquides. En raison du nombre important de substances retrouvées dans le Rhin, il a été de cibler la pollution au phosphore, aux chlorures, au cadmium et au cuivre.

### 2.4.1. Les polluants étudiés

Les polluants ont été choisis en fonction de leur type, des sources de pollutions qu'ils représentent, de la disponibilité de la donnée et de leur classification dans les listes de substances (cf. 1.4.1. Les Conventions de la CIPR).

- Les chlorures témoignent d'une pollution minérale par les sels. Ils peuvent être issus de plusieurs activités comme la fabrication de produits minéraux non métalliques, de l'industrie chimique et de la collecte et traitement des eaux usées car le chlore est utilisé comme biocide (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2016). Les chlorures sont également rejetés par le CNPE de Fessenheim (cf. figure 15). Cependant, dans notre cas, la pollution provient principalement de l'activité des Mines Domaniales de Potasse d'Alsace (MDPA) (Kiss, 1983). La pollution par les chlorures est donc très dépendante d'un type d'activité mais elle représente un exemple type de lutte contre la pollution.

La pollution aux chlorures est analysée depuis 1953, ce qui en fait la plus longue série de données exploitable dans le cas de notre étude.

Il est compliqué de déterminer si les chlorures entrent dans l'annexe II car celle-ci comporte l'intitulé « 2. Biocides et leurs dérivés ne figurant pas dans l'annexe I ; » mais ne comporte pas explicitement l'intitulé « chlorure ». Les Chlorures, ont pourtant fait l'objet d'une Convention spécifique pour diminuer les concentrations dans le Rhin.

- Le phosphore fait partie des sels minéraux entrant dans la catégorie de la pollution classique (Garcier, 2005). Il provient de la production d'engrais phosphatés, des détergents et des lessives (Nemery, 2017). Il résulte donc aussi bien de la pollution domestique que de la pollution industrielle, même s'il est aujourd'hui majoritairement rejeté par les stations d'épuration (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2016).

Les données de concentrations du phosphore sont analysées depuis 1978. D'un point de vue réglementaire, le phosphore fait partie de l'annexe II de la Convention de 1976 et figure sous l'intitulé «5. Composés inorganiques de phosphore et phosphore élémentaire ; ». Le phosphore est donc considéré comme substance dangereuse et des actions ont donc dû être entreprises pour diminuer sa concentration dans l'environnement.

- Le Cadmium fait partie des métaux lourds et provient de différentes activités industrielles, des rejets domestiques. (Damy, 2011 ; INERIS, 2017).

Tout comme le phosphore, les données sont analysées depuis 1978 pour le cadmium.

Le Cadmium fait partie de l'annexe I de la Convention de 1976 sous l'intitulé « *Cadmium et ses composés* ». Contrairement aux polluants de l'annexe II, l'objectif est d'éliminer totalement les rejets de cadmium dans l'environnement.

- Le Cuivre entre également dans la catégorie des métaux lourds. Cet élément a été choisi car il est utilisé dans de nombreux secteurs et notamment dans les conduites d'eau, les coques de bateaux et l'automobile (INERIS, 2014 ; CIPR, 2013). Le but est de voir si la dynamique générale du GCA a entraîné une augmentation des rejets de cuivre.

L'évolution du cuivre est analysée depuis 1975 à la station de Village-Neuf et depuis 1978 à Seltz.

Le cuivre figure dans l'annexe II de la Convention de 1976 sous l'intitulé « 1. *Métalloïdes et métaux suivants, ainsi que leurs composés* : 2. *Cuivre* ».

#### **2.4.2. Le traitement de données des polluants**

Après avoir choisis les polluants, le but était d'obtenir des graphiques d'évolution en utilisant les moyennes annuelles disponibles sur le portail de la CIPR. Il a fallu tout d'abord assembler les données dans un tableur Excel car les stations anciennes ont été remplacées. Les données de Seltz comprennent donc les stations de (Seltz/Lauterbourg, Seltz et Lauterbourg) tandis que les données de la station de Village-Neuf proviennent de (Kembs, Village-Neuf et Weil am Rhein).

Une fois les données assemblées il a été décidé de faire figurer les variations de débits annuels afin de voir si les variations sont dues à des niveaux de débits exceptionnellement élevés ou bas.

Les moyennes utilisées pour les polluants et les débits sont des moyennes mobiles effectuées sur la période de trois années. Celles-ci ont été utilisées dans le but de limiter les effets des événements exceptionnels et permettent une meilleure lecture des graphiques.

Enfin, pour juger du niveau de pollution, la limite du bon état de l'eau pour chaque polluant figurant dans le SEQ version 2 a été ajoutée. Cette limite permet également de voir si les objectifs de luttés contre la pollution sont atteints. Pour le cadmium et le cuivre, il a fallu déterminer le niveau de dureté de l'eau car celui-ci influe sur les limites du « *bon état* » de l'eau. La dureté totale de l'eau est égale à la somme de la concentration de calcium et de magnésium (Sigg, Behra et Stumm, 2000).

#### **2.4.3. Le traitement de données des ICPE et STEP**

Les données concernant les ICPE, les STEP et les sites BASIAS proviennent du portail Géorisque qui utilise la base de données BASIAS et des ICPE et du Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse.

Pour chaque site identifié, le nom de l'établissement, la localisation (en coordonnées), la date de création du site et la décennie dans laquelle elle s'inscrit ainsi que la date de fin d'activité ont été renseignées.

Ces informations doivent nous permettent de déterminer le développement industriel et domestique en lien avec le GCA. L'objectif est de voir si l'évolution de la dynamique industrielle et domestique du Grand Canal d'Alsace influe sur les concentrations des polluants étudiés.

L'évolution temporelle des établissements a d'abord été représentée sous forme graphique afin de pouvoir analyser les différentes dynamiques par décennies. Il apparaît que dans notre zone d'étude, les ICPE sont les plus représentées avec 45 sites, devant les sites BASIAS (21) et les STEP (7) (cf. figure 24). Cela représente un total de 73 établissements.

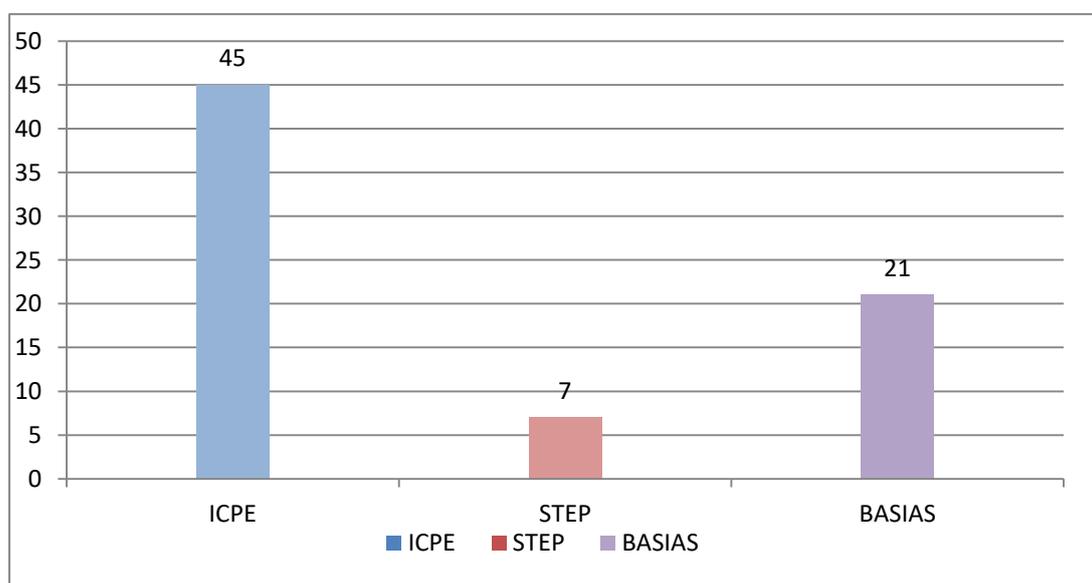


Figure 24 : Graphique du nombre d'établissement par base de données Source : L. Huber

La différence entre les ICPE et les sites BASIAS s'explique par le fait que les installations classées sont toujours en activité et dispose d'informations précises contrairement aux sites BASIAS où l'information n'est pas toujours complète. Pour les STEP, il a été possible de trouver des informations seulement sur celles en activité. Plusieurs cartographies ont également été réalisées afin de déterminer dans quelles zones et à partir de quelle décennie le développement industriel et domestique a été le plus important. Afin de pouvoir mieux distinguer les sources et leur date d'implantation, il a été décidé séparer les ICPE, les STEP et les sites BASIAS.

# **Chapitre 3 :**

## **Présentation des résultats**

Les résultats, comme évoqués dans le chapitre précédent, sont représentés sous différentes formes (graphiques et cartographiques). Dans un premier temps, l'évolution des ICPE et STEP est analysée séparément de l'évolution des polluants. Puis, dans un second temps, une analyse plus globale sera proposée.

### **3.1. L'évolution temporelle des ICPE et STEP**

A partir des sites identifiés, il a été possible de construire un graphique d'évolution par décennie (cf. figure 25). Le but est de voir les dynamiques existantes entre la construction du GCA et aujourd'hui en termes de création d'établissements.

On constate tout d'abord que 13 établissements implantés avant 1950 ont par la suite rejetés dans le Grand Canal, dont l'installation s'est effectuée selon trois étapes :

- Une dynamique « forte » des décennies 1960-1969 et 1990-1999 où 18 et 15 établissements ont été créés.
- Une dynamique « moyenne » qui s'étend de 1970 à 1989 avec la création de 7 installations pour la première décennie et 8 installations pour la deuxième. La décennie 2000-2009 entre aussi dans cette dynamique « moyenne » avec 9 nouvelles installations.
- Une dynamique « faible » pour les décennies 1950-1959 et 2010-2018 où un et deux établissements ont été créés.

En ce qui concerne les établissements qui ont eu une fin d'activité sans que le site ne soit repris, on remarque que la zone connaît peu de changements. Toutefois, les deux dernières décennies sont celles qui ont le plus de fermetures (4 et 3) et que la décennie 2000-2018 est la seule où le nombre d'établissements a diminué.

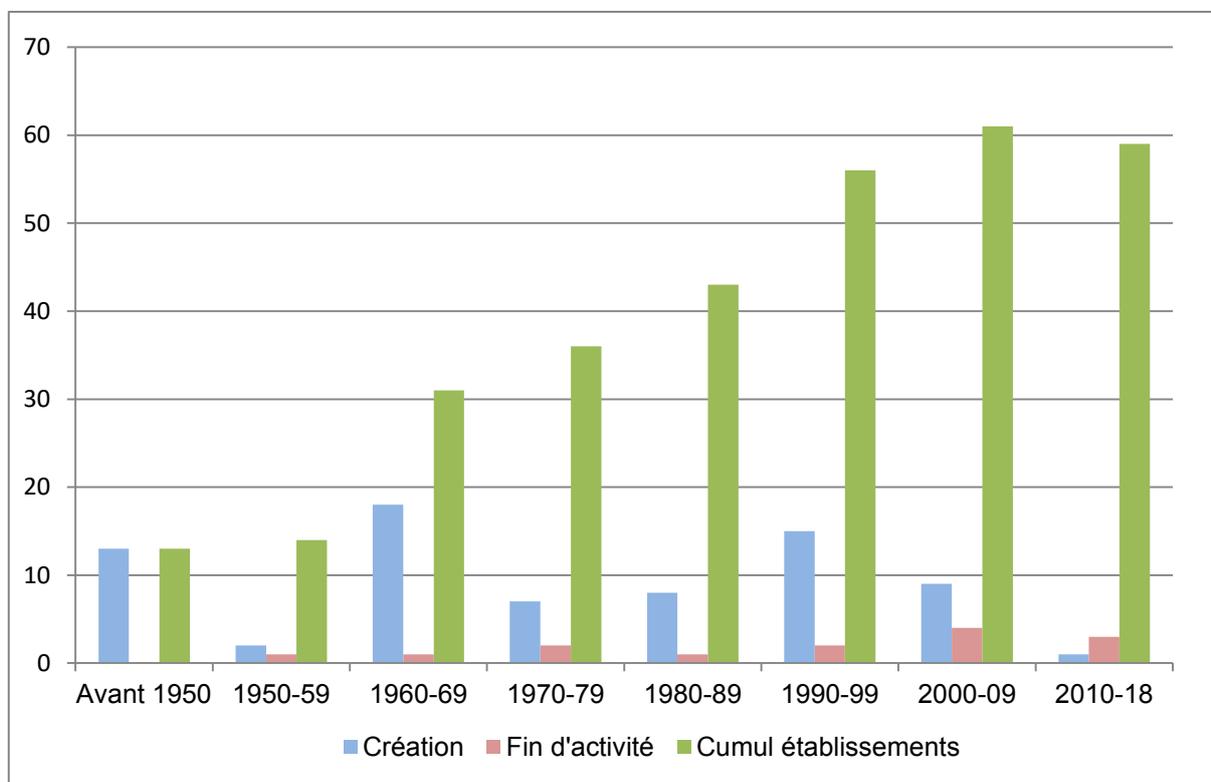


Figure 25 : Graphique d'évolution des sites industriels et domestiques en lien avec le GCA Source : L. Huber

### 3.2. L'évolution spatio-temporelle des ICPE et STEP

Les trois cartes (cf. figure 26, 27 et 28) montrent la répartition des ICPE, sites BASIAS et des STEP selon leur date d'implantation exprimée en décennie afin d'utiliser le même espace-temps que le graphique de la Figure 25. La carte synthétique est présentée en annexe (cf. annexe 1)

# Carte de localisation des ICPE en lien avec le Grand Canal d'Alsace par date d'implantation

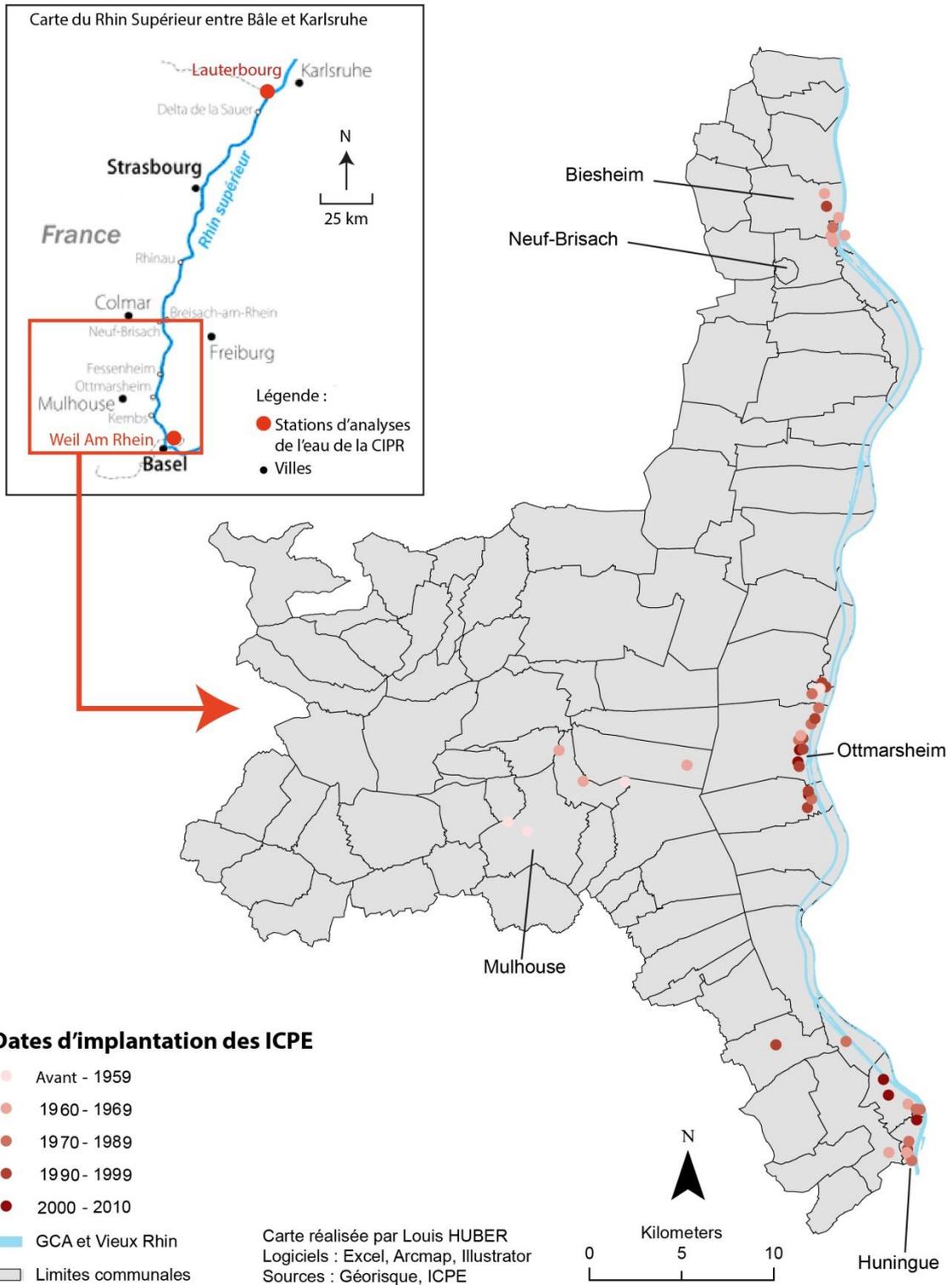


Figure 26 : Carte de localisation des ICPE en lien avec le GCA par date d'implantation  
 Source : L. Huber

## Carte de localisation des Sites BASIAS en lien avec le Grand Canal d'Alsace par date d'implantation

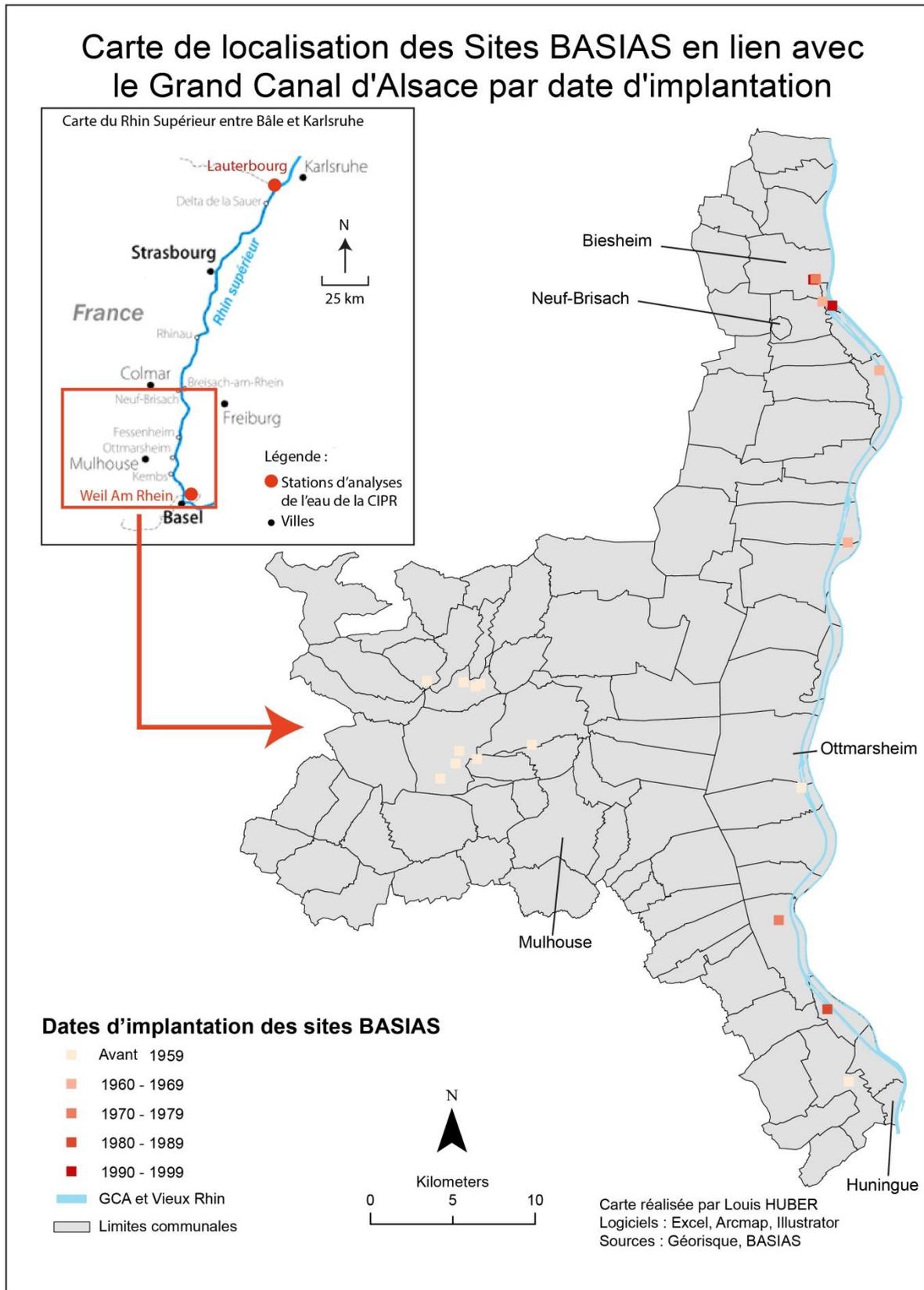


Figure 27 : Carte de localisation des sites BASIAS en lien avec le GCA par date d'implantation  
Source : L. Huber

## Carte de localisation des STEP rejetant dans le Grand Canal d'Alsace par date d'implantation

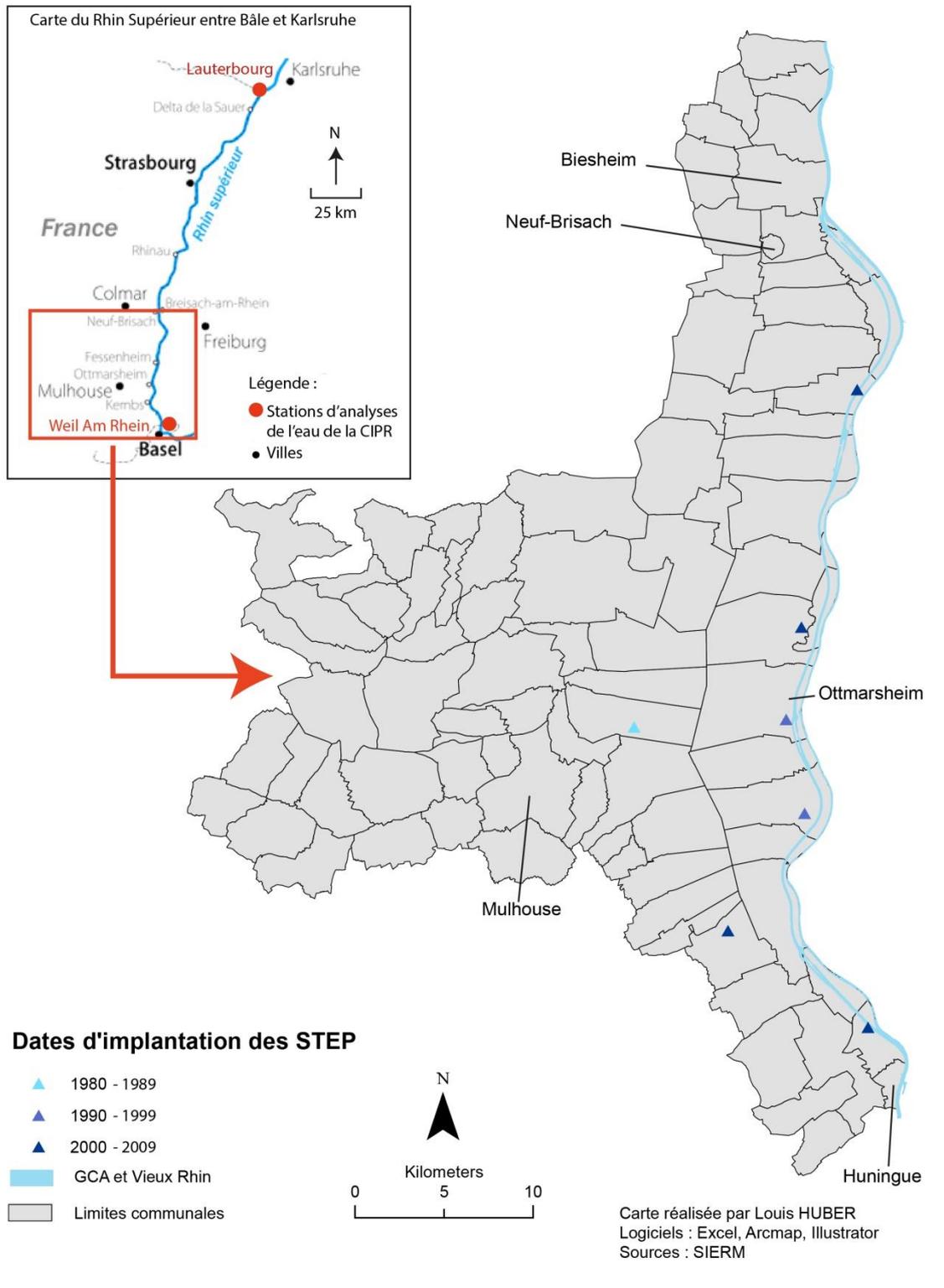


Figure 28 : Carte de localisation des STEP rejetant dans le GCA par date d'implantation  
Source : L. Huber

### **3.2.1. L'évolution des ICPE**

Les données de la carte des ICPE ont été classées selon la méthode de Jenks, car elle optimise les différences entre les classes. Ainsi les décennies de 1960 et 1990 qui ont une dynamique « forte » sont représentées par une classe chacune tandis que les autres décennies sont regroupées en trois classes (1950 et avant, 1970 et 1980, 2000 et 2010).

On remarque une forte concentration des ICPE le long du GCA et plus particulièrement dans les zones des ports rhénans. Quelques installations se trouvent également au niveau de Mulhouse. Ces ICPE sont les industries raccordées à la STEP de Sausheim qui traite les égouts de Mulhouse et dont les rejets se déversent dans le Grand Canal. Les installations dans la zone de Mulhouse sont les plus anciennes puisque l'on ne trouve que des ICPE dont l'implantation s'est faite avant 1969. En ce qui concerne les ports rhénans, celui de Colmar-Neuf-Brisach est constitué en majorité de sites des années 1960. C'est-à-dire juste après la construction du GCA, contrairement aux ports de Mulhouse-Ottmarsheim et de Huningue qui ont des dates d'implantations plus hétérogènes. Le port de Mulhouse-Ottmarsheim est celui où le plus d'ICPE se sont créées. Il s'agit du port dont le nombre d'implantation est le plus important. On peut voir aussi qu'il concentre la plupart des installations depuis les années 1980.

Le port d'Huningue est quant à lui très hétérogène et dispose d'installations créées entre les années 1960 et 2010.

### **3.2.2. L'évolution des sites BASIAS**

Etant donné le faible nombre d'installation et la forte densité d'implantation avant les années 1960, une classification manuelle est utilisée ici afin qu'une classe corresponde à une décennie.

La carte des sites BASIAS permet de voir que la plupart des installations identifiées sont les sites des MDPA. Par conséquent, on retrouve beaucoup d'implantations dans le bassin potassique avant 1960.

Les autres sites identifiés datent d'après 1960 et sont dispersés le long du GCA. On peut tout de même constater un petit regroupement de sites dans la zone de Colmar-Neuf-Brisach.

### **3.2.3. L'évolution des STEP**

Au niveau de la classification des données, le même principe que les sites BASIAS a été appliqué du fait du faible nombre d'installation.

La carte des STEP montre que celles-ci sont localisées le long du GCA. Seules les stations d'épuration de Sausheim et de Sierentz sont implantées bien plus à l'ouest. Les dates d'implantations sont plutôt récentes puisque les localisations et les dates de création des anciennes stations n'ont pas pu être trouvées.

Les différentes cartographies réalisées montrent que la plupart des établissements en lien avec le GCA se situent aux abords directs de celui-ci et plus spécifiquement dans les zones des ports rhénans, bien que certaines zones plus en retraits peuvent également être connectées, comme en témoigne les sites des MDPA, les industries de Mulhouse ou la STEP de Sausheim.

D'un point de vue temporel, les sites dont l'implantation date d'avant la construction du GCA sont situés plus loin que ceux installés après sa construction. Les ports rhénans ont quant à eux différentes dynamiques d'implantation, comme évoqué précédemment dans l'analyse de la cartographie des ICPE.

### **3.3. L'évolution spatio-temporelle des concentrations de polluants**

L'évolution spatio-temporelle de la pollution a été représentée sous forme graphique illustrant les variations des polluants analysés aux stations de Village-Neuf et de Seltz. En plus des variations de polluants, les débits ont été ajoutés afin de voir si la variation des concentrations est due à un réel changement de tendance ou simplement à des années exceptionnelles. Enfin la limite du « *bon état* » établie par le SEQ 2 a été représentée pour voir si l'objectif est atteint ou non. Pour chaque graphique, les moyennes sont exprimées en moyennes annuelles mobiles comme évoqué dans la partie 2.4.2. Le traitement de données des polluants.

### 3.3.1 L'évolution des chlorures

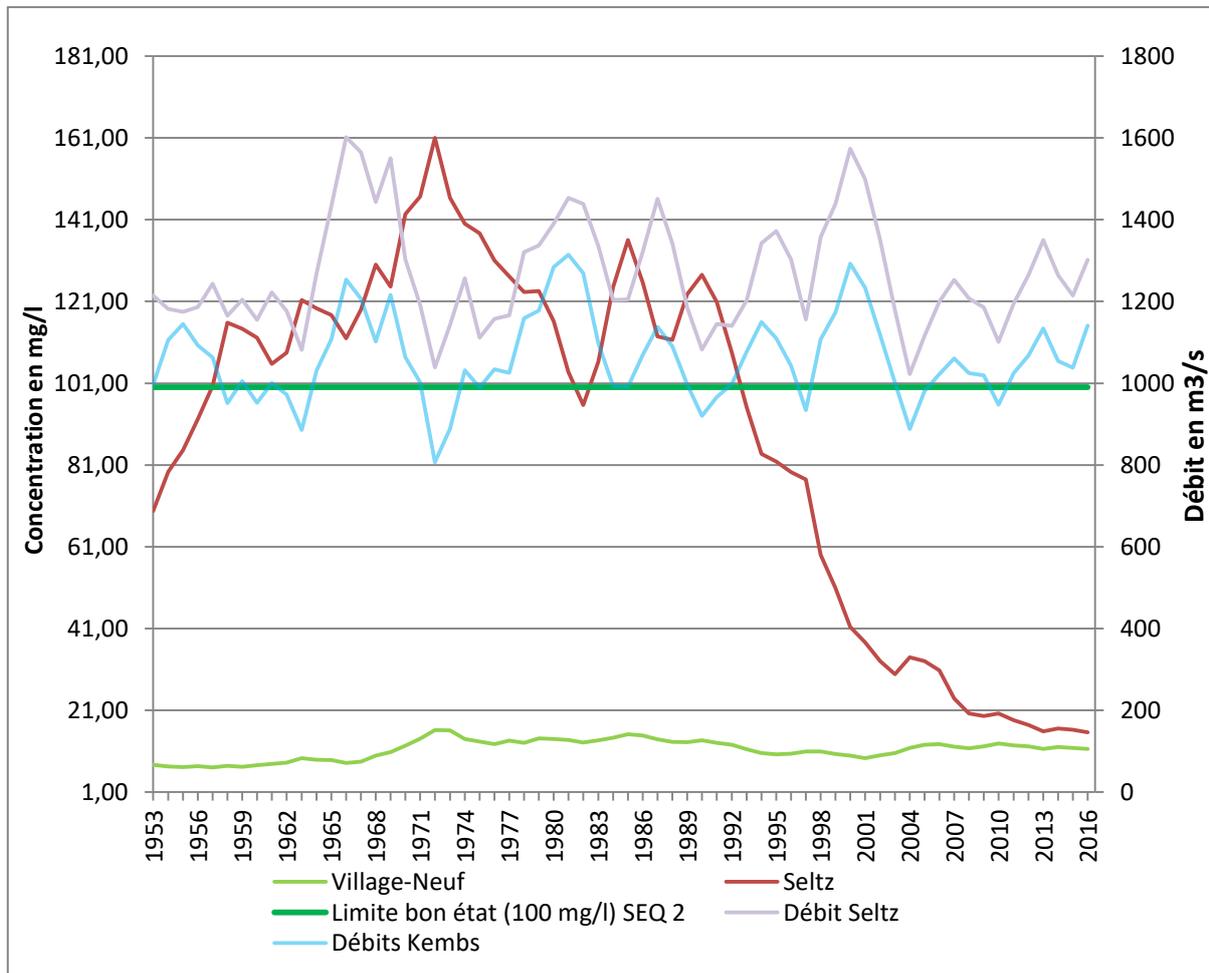


Figure 29 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Chlorures depuis 1953  
Source : L. Huber

Le graphique des chlorures montre une légère augmentation des concentrations moyennes à la station de Village-Neuf entre 1953 et 1972, puis une stagnation des concentrations entre 10 et 15 mg/l jusqu'à nos jours, ce qui est largement en-dessous de la limite du bon état de la qualité de l'eau. En outre les variations dues au débit sont faibles.

L'évolution des concentrations de chlorures à Seltz est bien différente. En effet, entre 1953 et 1972, la valeur moyenne passe de 70 mg/l à 161 mg/l. Puis on observe une diminution entre 1972 et 1982 (95 mg/l) avant que les valeurs remontent jusqu'en 1990 à 127 mg/l pour diminuer progressivement jusqu'à nos jours et atteindre des concentrations de 15 mg/l.

Ce graphique permet tout de même de constater que les variations de débits ont un impact non négligeable sur les concentrations de chlorures d'autant plus lorsque ces concentrations sont élevées. Cependant, à partir des années 1990 les concentrations de rejets de chlorures diminuent fortement et les variations de débits influent que très légèrement sur leur diminution.

Ces courbes d'évolution indiquent que des déversements importants de chlorures ont eu lieu entre Village-Neuf et Seltz. Cela a eu pour effet de faire augmenter les concentrations qui ont variés entre 1958 et 1990 principalement, semble-t-il, du fait des variations de débits avant de diminuer jusqu'à atteindre des valeurs similaires à Village-Neuf.

### 3.3.2. L'évolution du Phosphore



Figure 30 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Phosphore depuis 1978  
Source : L. Huber

L'évolution des concentrations en phosphore montre une augmentation des teneurs entre les stations de Village-Neuf et de Seltz. À la station de station de Village-Neuf, les valeurs sont en dessous de la limite du bon état depuis 1978, et les valeurs de concentrations diminuent progressivement entre 1978 et 1999 puis stagnent jusqu'à aujourd'hui.

La courbe de la station de Seltz indique une diminution brutale des teneurs en phosphore entre 1979 et 1983, puis une légère augmentation jusqu'en 1993 et une diminution par paliers jusqu'à nos jours. Les valeurs actuelles sont égales aux valeurs de Village-Neuf.

Par ailleurs, les variations de débits n'ont pas d'influence significative sur les variations en phosphore.

En revanche, une pollution au phosphore a été apportée entre Village-Neuf et Seltz, mais cette pollution a progressivement diminué pour atteindre les objectifs de bon état.

### 3.3.3. L'évolution du Cadmium

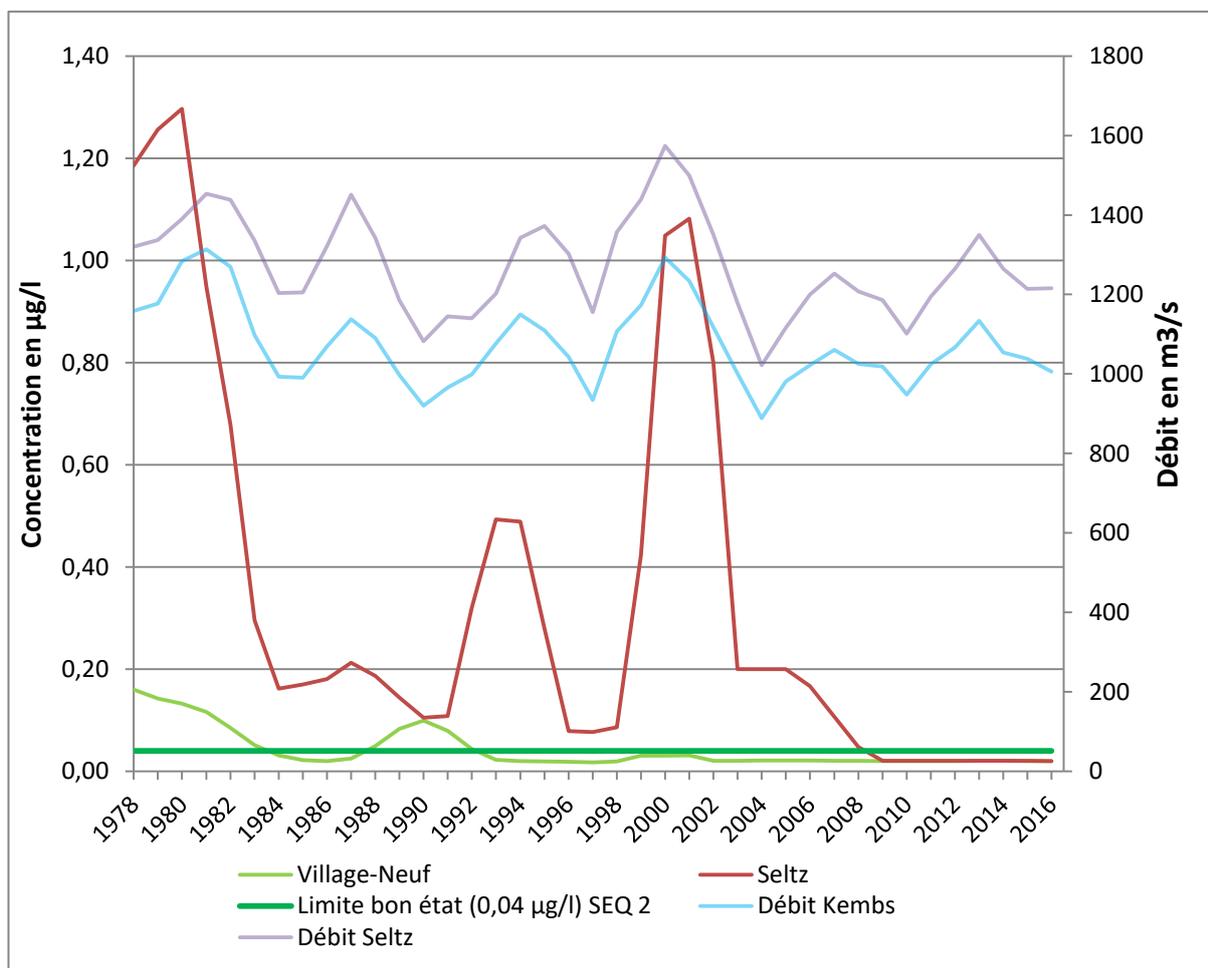


Figure 31 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Cadmium depuis 1978 Source : L. Huber

La pollution au cadmium est intéressante car contrairement aux polluants précédents, les valeurs à Village-Neuf et à Seltz se situent au-dessus de la limite du bon état.

Les concentrations à Village-Neuf oscillent entre 0,16 µg/l et 0,03 µg/l entre 1978 et 1992 avant de passer définitivement sous la limite du bon état.

Pour les teneurs de Seltz on observe un pic en 1980 à 1,30 µg/l avant une diminution brutale jusqu'en 1984 à 0,16 µg/l. Deux autres pics de pollution sont notables entre 1993 et 1994 puis entre les années 2000 et 2001.

A partir de 2005, les concentrations diminuent progressivement puis atteignent les niveaux de la station de Village-Neuf à partir de 2009.

En ce qui concerne les débits, on n'observe aucun lien significatif entre leur variation et les évolutions de concentrations.

### 3.3.4. L'évolution du Cuivre

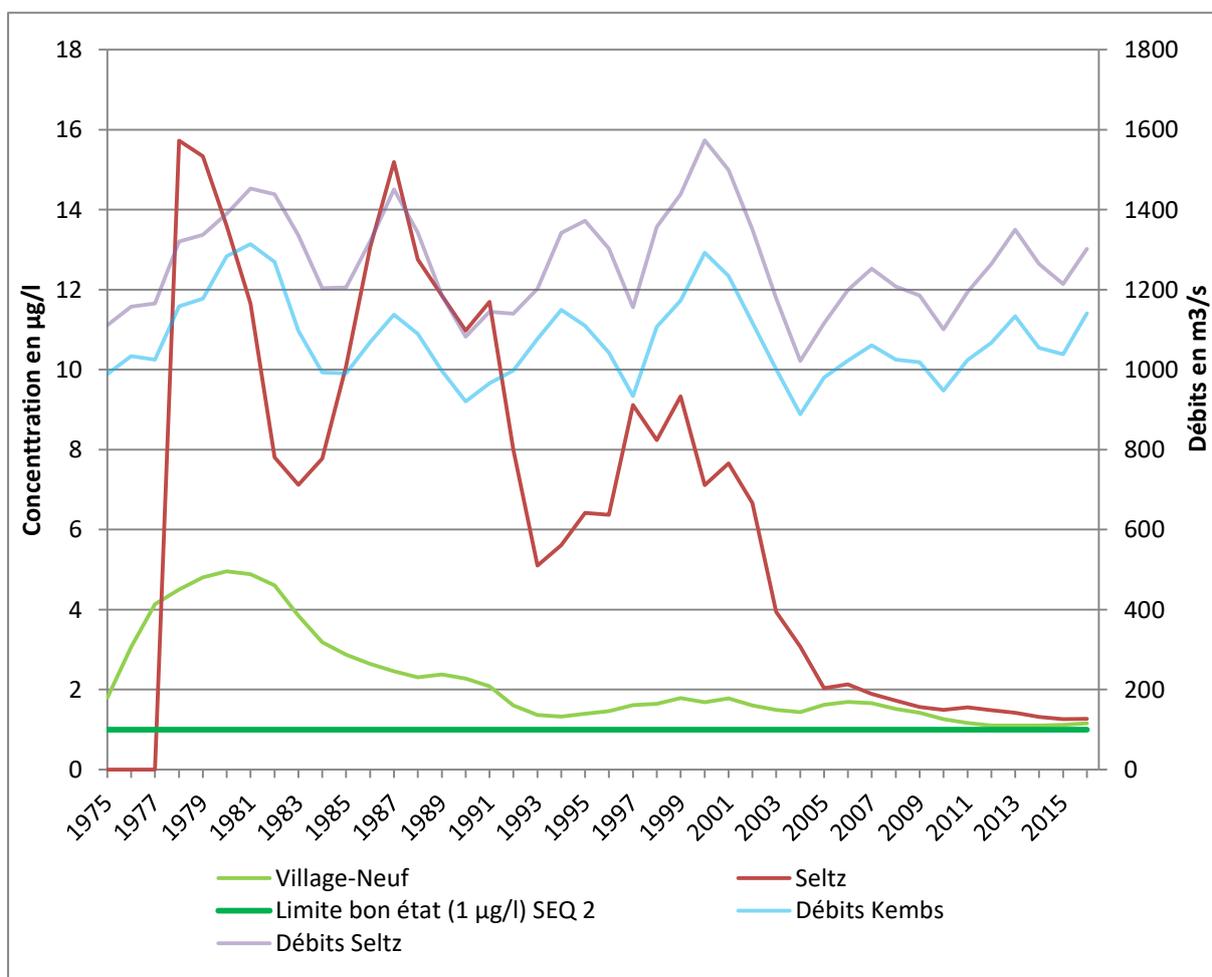


Figure 32 : Evolution des concentrations moyennes annuelles en Cuivre depuis 1975 Source : L. Huber

Avant d'analyser les courbes du graphique, il faut noter que les données de Village-Neuf commencent à partir de 1975 tandis qu'à Seltz la série de donnée débute en 1978. La courbe de Seltz ne commence donc pas en 1977 comme on pourrait le croire.

Les concentrations en cuivre sont supérieures à la limite du bon état de l'eau depuis 1975 pour la station de Village-Neuf et depuis 1978 pour la station de Seltz.

Il s'agit de la seule substance étudiée où les concentrations ne sont actuellement pas en-dessous de ce seuil.

La pollution au cuivre à Village-Neuf a augmenté entre 1975 et 1980 pour atteindre une valeur de 4,95 µg/l puis n'a cessé de diminuer jusqu'en 1991. Depuis cette date, les valeurs varient entre 1,20 µg/l et 1,80 µg/l.

L'évolution à Seltz est différente. En effet, la teneur en cuivre chute brutalement entre 1978 et 1983 avant au-dessus de 15 µg/l en 1987. La courbe diminue rapidement pour atteindre 5 µg/l en 1987 puis remonte à 9 µg/l en 1999.

Depuis cette date, la concentration en phosphore a progressivement diminué pour atteindre le même niveau qu'à Village-Neuf. On ne constate pas d'influence significative des débits sur la concentration en cuivre.

Les résultats présentés ici, montrent qu'une augmentation des sites industriels et des STEP a bien eu lieu depuis la construction du GCA et que les polluants pouvant être rejetés par ces sites ont des évolutions différentes bien que leur niveau général de concentration soit aujourd'hui bien plus bas par rapports aux concentrations passées.

## **Chapitre 4 :**

### **Limites, discussion et perspectives**

La démarche d'analyse et les résultats soulèvent certains points qui nécessitent d'être évoqués. En effet, certaines difficultés rencontrées ont mené à des réflexions sur l'analyse des résultats. Il en ressort que ce mémoire, au-delà des résultats quantitatifs, a permis de comprendre certains mécanismes qui influent sur l'évolution de la pollution. Ces mécanismes nécessiteraient des études supplémentaires afin de comprendre leur influence réelle sur certaines pollutions.

#### **4.1. Les biais de la méthode**

Avant d'analyser les résultats, il semble important d'évoquer les biais pouvant provenir des données disponibles, de leur précision et du traitement statistique.

##### **4.1.3. L'historique des sites industriels**

Comme évoqué dans la partie 2.1. L'évolution des objectifs, il a été décidé de représenter l'impact industriel par le nombre d'implantation par site plutôt que par établissements. Même si cela a réduit les erreurs d'interprétations, le manque de données sur les sites a pu causer certaines erreurs notamment pour les sites BASIAS dont le lieu de rejet des anciens sites n'est pas renseigné.

Pour les ICPE, le problème repose dans l'historique du site. En effet, les arrêtés préfectoraux d'autorisation à l'exploitation sont mis à disposition sur le site des ICPE. Cependant, ils ne concernent souvent que l'établissement actuellement en activité et ne mentionne que rarement les établissements antérieurs. Il existe par ailleurs une différence entre l'implantation de l'industrie et sa mise en activité, ce qui peut entraîner des erreurs de l'ordre d'un ou deux ans.

##### **4.1.2. Le problème spatial**

Lors de la démarche d'analyse, les données quantitatives des stations de la CIPR ont été sélectionnées. Bien que ces stations proposent de longues séries de données, la localisation de la station de Seltz provoque un biais dans les résultats : du fait de la distance relativement importante entre le GCA et Seltz, d'autres apports

de pollutions industrielles et domestiques non issus du GCA sont pris en compte par la station. Les polluants comme le phosphore, le cuivre et le cadmium peuvent également voir leur concentration modifiée par l'apport de pollution agricole qui n'existe normalement pas dans le Grand Canal d'Alsace du fait de son imperméabilité avec son environnement.

#### **4.1.3. L'interprétation des moyennes mobiles**

Comme évoqué dans la partie 2.4.2. Le traitement de données des polluants, les moyennes mobiles permettent de dégager une tendance générale et permettent d'atténuer les variations, ce qui facilite la lecture du graphique. Cependant, si elles tendent à atténuer l'intensité des événements exceptionnels, elles ont le défaut de rallonger phénomène dans le temps. Par exemple, dans le cas du cadmium, les valeurs des pics s'étendent sur deux années, ce qui est également vrai si l'on prend les moyennes annuelles simple. En revanche, la phase d'ascension et de diminution est « erronée » car la valeur extrême se reporte sur la moyenne annuelle antérieure et postérieure.

### **4.2. Discussion des résultats**

A partir des résultats obtenus, le but est désormais d'interpréter l'évolution des polluants étudiés de manière globale puis de les analyser plus spécifiquement afin de mettre en évidence des phénomènes susceptibles d'expliquer ces différences d'évolution dans le temps.

#### **4.2.1. L'analyse globale**

Les stations de Village-Neuf et de Seltz ont permis de montrer qu'un apport relativement important de polluants a existé. Bien qu'il ne soit pas possible de distinguer la pollution provenant des sites industriels et STEP du Grand Canal d'Alsace, de la pollution provenant de l'aval, on peut tout de même en déduire qu'il y a eu un impact visible par le passé. L'analyse de l'évolution des installations prouve que l'augmentation des sites industriels (cf. Figure 25) n'est plus corrélée à une augmentation de la pollution (cf. figure 29, 30, 31, 32).

En effet, l'augmentation de l'implantation des sites se poursuit jusqu'aux années 2000 alors que les polluants analysés ont tous connu une diminution de leur concentration dans les eaux du Rhin entre Village-Neuf et Lauterbourg. Ces diminutions se sont définitivement confirmées en 2001 pour le cadmium et le cuivre, en 1990 pour les chlorures et en 1993 pour le phosphore. Cela montre que l'augmentation des installations dans la zone du Grand Canal d'Alsace (cf. figure 25) a aujourd'hui un impact limité sur les concentrations des polluants étudiés. Cela pourrait s'expliquer par la mise en place d'un cadre réglementaire plus restrictif visant à mieux protéger la qualité du milieu naturel. Cependant, attribuer la diminution de la pollution étudiée à la seule réglementation constituerait une interprétation trop simpliste.

En effet, avant que la diminution globale de chaque polluant soit amorcée, il existait déjà des variations ponctuelles des concentrations moyennes annuelles. Ces variations suggèrent des hypothèses de réponses sur les différents éléments qui influencent les concentrations de pollution.

#### 4.2.2. L'analyse des sites industriels et des STEP

L'analyse des sites industriels montre qu'il existe des dynamiques d'implantation différentes selon les décennies. Certaines de ces variations peuvent s'expliquer par la construction du GCA, notamment l'augmentation des implantations entre 1960 et 1969.

Cependant, il faut par ailleurs prendre en compte le contexte économique mondial. En effet, la France se trouve dans la période des « *Trente Glorieuses* » depuis l'après-guerre jusqu'au premier choc pétrolier de 1973 qui marque un ralentissement de l'activité économique (Thibault, 2008). Cette logique semble se retrouver dans la tendance d'implantation des sites en lien avec le GCA jusqu'aux années 1980. La tendance d'augmentation des créations de sites des années 1990 semble plutôt s'expliquer par la dynamique régionale qui voit à « *partir du milieu des années quatre-vingt, une nette reprise de l'investissement étranger* » (Stoskopf et Vonau, 2015). De ce fait, les implantations du GCA dans les années 1990 pourraient s'expliquer aussi bien par la position géographique du canal que par son attractivité.

La distribution spatiale des sites indique que la plupart des industries se situent dans les zones industrielles et portuaires du GCA, et dans une moindre mesure dans la zone de Mulhouse et de son bassin potassique.

Cette répartition des industries indique que les rejets s'effectuant dans le GCA ont une dimension très locale et sont relativement concentrés en certains secteurs.

Pour les STEP, il semble compliqué d'extraire une analyse spatio-temporelle à partir des établissements recensés. On peut tout de même constater que l'installation des stations d'épuration en activité date pour la majorité des années 1990 et 2000 ce qui pourrait expliquer en partie la diminution de concentrations, même si les efforts en matière d'épuration dans le bassin Rhin-Meuse ont commencé dans les années 1970 (Garcier, 2005).

#### 4.2.3. L'analyse des chlorures

La pollution aux chlorures principalement engendrée par les rejets des MDPA a atteint son paroxysme en 1972. Ce pic de concentration a probablement été atteint du fait des débits exceptionnellement bas et d'une activité de rejets supérieure aux années précédentes. En effet, si l'on compare le débit de 1972 qui est de 1039 m<sup>3</sup>/s avec celui de l'année 1963 qui lui est similaire, on constate un écart significatif de 40 mg/l entre les valeurs de concentrations de chlorures.

Cette hypothèse sur l'évolution des concentrations de chlorures semble correspondre aux deux facteurs évoqués par R. Garcier, à savoir la diminution d'apport au cours d'eau et la régulation des débits de rejets dans le milieu, en fonction du débit du cours d'eau. Comme l'indique la Figure 29, les diminutions semblent principalement relatives aux débits, avant de devenir absolue à partir de 1990.

L'année 1982 présente un caractère exceptionnel car il s'agit de la seule date entre 1957 et 1992 où les concentrations de chlorures se trouvent en dessous de la limite de 100 mg/l. Cela est étonnant, car si l'on observe le débit de 1987 qui est similaire à celui de 1982, les concentrations sont égales à 112 mg/l. L'explication pourrait donc être une diminution brutale des rejets cette année-là, corrélée à une forte valeur de débits.

#### **4.2.4. L'analyse du phosphore**

La concentration de phosphore a diminué par palier. Ce type d'évolution semble suggérer que des actions efficaces ont été entreprises pour diminuer les rejets. Contrairement aux chlorures, la baisse est absolue depuis 1978, et connaît des périodes de stagnation avant de diminuer à nouveau.

Comme évoqué dans la partie 2.4.1 Les polluants étudiés, le phosphore fait partie des pollutions classiques et provient aussi bien des rejets industriels que domestiques. Une diminution brutale par palier pourrait s'expliquer par la mise en application de mesures spécifiques pour limiter les apports de phosphore.

Cette hypothèse pourrait permettre d'expliquer la baisse de concentration à partir de 1993. En effet, en juillet 1991, une convention a été signée en France entre l'Etat et les industriels dans le but de diminuer par deux les rejets de phosphore sur une période de dix ans (Abirached, Delage, Faby, 2008). Les valeurs de concentrations entre 1991 et 2001 évoluent de 0,27 mg/l à 0,12 mg/l. Si on peut, dans ce cas, constater l'efficacité d'une mesure spécifique, cela ne peut s'appliquer à la diminution brutale après 1979 car les mesures prises pour le phosphore en France et en Europe n'ont été prise qu'à partir des années 1990 (Tardivo, 2013).

L'hypothèse d'une diminution provenant simplement de l'augmentation du nombre de stations d'épuration (Garcier, 2005) semble être exclue car cela suggérerait une diminution progressive datant d'avant 1979. En somme, il semblerait que l'augmentation du phosphore en 1978 provienne soit d'une pollution accidentelle, soit d'une pollution diffuse.

#### **4.2.5. L'analyse du cadmium**

L'évolution du cadmium est intéressante car, malgré le fait que ce polluant soit inscrit dans la liste I des substances dangereuses depuis la convention de 1976 (cf. 1.4.1.2. La Convention de 1976 relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique), on constate que des problèmes de pollutions ont eu lieu de 1993 à 1994 et de 2000 à 2001.

Ces pics de pollution entre les deux stations sont surprenants du fait de leur durée dans le temps et permettent de poser plusieurs hypothèses sur leur origine.

La première hypothèse pourrait être la cause accidentelle. Cependant, la durée de la pollution semble peut cohérente avec un accident qui est un événement exceptionnel, ce qui suppose que la durée du rejet ne s'étale pas sur deux années.

L'autre hypothèse est que l'origine de ces pics de pollutions pourrait être due à la remobilisation du cadmium précipité ou fixé sur les sédiments et dont « la moindre perturbation de l'environnement peut remobiliser les métaux » (Schneider, 2001). On constate que les augmentations de concentrations à Seltz interviennent toutes entre 1979 et 2001, lors des années où le débit moyen est élevé, des épisodes de crues pourraient donc être à l'origine de ces épisodes sans pour autant que l'on puisse l'affirmer.

En ce qui concerne l'absence de pics de pollutions depuis 2001 et la diminution globale des concentrations de cadmium, cela pourrait s'expliquer par la mise en place de limitations de rejets, d'interdiction d'utilisation dans plusieurs activités issue de différentes réglementations depuis le début des années 2000 (INERIS, 2015).

#### **4.2.6. L'analyse du cuivre**

Le cuivre se distingue des autres polluants étudiés car il s'agit du seul dont la limite définie par le bon état n'est pas encore atteinte. De plus, des phases de pollutions importantes apparaissent encore après 1978, ces phases contrairement au cadmium s'étendent sur des périodes plus longues.

Ces phases pourraient être expliquées par l'augmentation des quantités rejetées dans le milieu. Contrairement au cadmium, elles n'interviennent pas seulement lorsque le débit est élevé, une augmentation des concentrations uniquement par remobilisation du cuivre dans les sédiments semble donc être exclue.

En ce qui concerne la diminution des concentrations de cuivre à partir de 1999, celle-ci pourrait s'expliquer par l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations qui réglemente les rejets de cuivre et de ses composés (INERIS, 2014).

Malgré cette limitation on constate que les concentrations de cuivre n'ont pas atteint le bon état de l'eau.

Comme évoqué dans la partie 2.4.1 Les polluants étudiés, le cuivre est employé dans de nombreux domaines, et notamment pour la fabrication des coques de bateaux. Les concentrations actuelles proviendraient donc de la pollution diffuse plutôt que de rejets ponctuels (CIPR, 2013).

### **4.3. Constat et perspectives futures**

A travers ces différentes analyses, il ressort que les implantations industrielles en lien avec le Grand Canal d'Alsace semblent avoir contribué à l'augmentation des concentrations jusqu'aux années 1970. Puis cette pollution diminue sans pour autant être totalement endiguée jusqu'aux années 1990. Dans le même temps, se manifeste une réduction de la dynamique industrielle. A partir des années 1990 et 2000, on constate une diminution rapide des concentrations et l'atteinte de la limite du bon état de l'eau, cette période coïncide avec l'implantation des nouvelles STEP rejetant dans le GCA. Parallèlement, l'augmentation de la dynamique industrielle pendant cette période de diminution de la pollution suggère que l'influence des rejets ponctuels a désormais un impact limité sur le milieu.

Cette diminution générale peut être attribuée en partie à l'évolution du cadre réglementaire mais pas seulement. En effet, l'analyse spécifique des polluants suggère que d'autres sources de pollutions existent (pollution diffuse, remobilisation) et que d'autres mécanismes comme des réglementations spécifiques sur les rejets de certains polluants, l'augmentation des stations de traitements des eaux des industries, les variations et les changements du type d'activité des établissements, entrent en compte pour expliquer les variations de la pollution.

Ce mémoire par son caractère exploratoire a montré que l'étude quantitative de la pollution sur la zone du Grand Canal D'Alsace nécessite des études plus précises afin de pouvoir évaluer l'impact des différents processus. D'autre part, il semble que l'étude quantitative de la pollution atteint certaines limites car selon Romain Garcier : *« L'impact polluant d'un établissement industriel dépend d'une multitude de paramètres difficiles à spécifier tous : la taille de l'établissement, ses processus de production, le mode d'épuration et de rejet des effluents à la rivière. »*

A cet égard, une étude qualitative de l'évolution de la pollution dans le Grand Canal d'Alsace pourrait s'avérer intéressante.

## Conclusion

L'étude de l'évolution spatio-temporelle de la pollution industrielle et domestique dans le Grand Canal d'Alsace montre que l'approche quantitative nécessite de nombreuses recherches afin de disposer de données exploitables. Il apparaît que les données anciennes sont souvent difficilement disponibles et exploitables. Une redéfinition des objectifs au cours du mémoire a donc été nécessaire.

A partir des bases de données, il a été possible de mettre en évidence certaines tendances sur la répartition des sites liés à la construction du GCA ainsi que sur l'évolution de la pollution en étudiant les concentrations de chlorures, phosphore, cadmium et cuivre. L'analyse de ces tendances a montré que la dynamique d'implantation des sites a entraîné l'augmentation de la pollution, avant que celle-ci diminue de manière globale. La pollution ne dépend donc pas seulement de la dynamique industrielle mais appelle d'autres processus comme la mise en place d'un cadre réglementaire de plus en plus restrictif.

Cependant, les variations spécifiques des polluants ont montré que la réglementation, si elle permet d'expliquer la diminution globale de la pollution, ne suffit pas pour expliquer les différentes phases d'évolution des concentrations de polluants.

De ce fait, l'analyse exploratoire de ce mémoire permet de mettre en perspectives d'autres approches et sujets de recherche permettant d'expliquer l'évolution de la pollution dans le Grand Canal d'Alsace.

Enfin, si les polluants étudiés donnent une vision globale de l'évolution de la pollution, il se pourrait que d'autres types de polluants comme les micropolluants (autres que les métaux lourds) et les polluants émergents ne répondent pas à la tendance générale.

## Bibliographie

Abirached M., Delage D., Faby J.A., 2008, Interdiction des phosphates dans tous les produits lessiviels d'ici 2010\* : synthèse sur les dispositions en vigueur dans divers pays européens (UK, DK, NL, ALL, CH), Convention ONEMA-OIEau, 28 p.

Aglzim H., Bougdour S., Emeric H., 2018, *Vers un observatoire d'un espace à enjeu Fessenheim*, Mémoire Master 2 Observation de la Terre et Géomatique, 79 p.

Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2014, Dossier qualité de l'eau, *Rhin-Meuse Infos*, juin 2014, n°109, 8 p.

Arnaud F., 2012, *Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial aménagé : le cas du Vieux Rhin entre Kembs et Breisach (France, Allemagne)*, Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, 280 p.

Bonnard N. et al., 2011, Acide borique, INRS, fiche toxicologie n°138, 8 p.

Bonneau M., Heinrich J.-C., Lévy G., 1963, Etude d'un bilan hydrique : les « Iles du Rhin » en Alsace, *Revue Forestière Française*, n°4, 304-318.

CIPR, 2013, Le Rhin et son bassin : un survol, 36 p.

Damy P.-C., 2011, Synthèse des connaissances sur l'origine et la disponibilité du cadmium dans les eaux continentales, 39 p.

D'Arçon, 1789, Projet général sur les moyens de parvenir à concentrer les dérivations du Rhin dans un lit invariable, 140 p.

Decoville-Faller M., 1968, La Hardt Haut-Rhinoise : Contribution à l'étude d'une région agricole en voie de développement, 150 p.

Decoville-Faller M., 1967, Les conséquences démographiques de la construction du Grand Canal d'Alsace dans la Hardt haut-rhinoise, *Actes du 92<sup>e</sup> Congrès national des sociétés savantes*, Section de Géographie, 49-79.

Demangeon A., 1928, Le grand canal d'Alsace, *Annales de Géographie*, n°210, p. 556.

Demoulin P., 2013, Enquête publique au titre de la loi sur l'eau relative à la renaturation d'un ancien bras du Rhin et d'un ancien champ cultivé sur l'île de Kembs par EDF, Dossier N° : E13000154/67, 54 p.

Desaunais A., 1933, Le bief de Kembs, premier tronçon du grand canal d'Alsace, *Les Études rhodaniennes*, vol. 9, n°2, 143-148.

Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, 2009, La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, 8 p.

EDF, Groupe régional de production hydraulique « Rhin », 1959, La première chaîne des centrales du Rhin : Kembs, Ottmarsheim, Fessenheim et Vogelgrün, 32 p.

EDF, Groupe régional de production hydraulique « Rhin », 1970, Les équipements hydro-électriques du Rhin de Kembs à Strasbourg, 18 p.

EDF, 2007, Kembs : concilier énergie renouvelable, navigation et écosystèmes, Unité de Production Est, Mulhouse, 8 p.

EDF, 2009, Centrale nucléaire de Fessenheim – INB 75 Déclaration de modification au titre de l'article 26 - Résumé non technique de l'étude d'impact, 33 p.

EDF, 2013, Les aménagements hydroélectriques du Rhin Franco-Allemand, 12 p.

EDF, 2014, Rapport sur la sûreté nucléaire et la radioprotection de l'installation nucléaire de Fessenheim, 48 p.

EDF, 2016, Rapport annuel d'information du public relatif aux installations nucléaires de base de Fessenheim, 48 p.

Energie Electrique du Rhin, 1932, L'Usine hydroélectrique de Kembs : premier échelon du grand canal d'Alsace, 49 p.

Foulquier L. et al., 1991, Exemples d'impact radioécologique de centrales nucléaires sur des cours d'eau français, *Hydroécologie appliquée*, Tome 3 vol. 2, 149-208.

Hartmann P. et al., 2010, Centrales Nucléaires et Environnement prélèvements d'eau et rejets, EDF, 256 p.

Gass C., Moreau S., 2014, Une inscription territoriale diffuse pour la centrale nucléaire de Fessenheim, *Insee Analyses Alsace*, juillet 2014, n°2, 5 p.

Garcier R., 2005, La pollution industrielle de la Moselle française. Naissance, développement et gestion d'un problème environnemental, 1850-2000, Géographie, Université Lumière - Lyon II, 488 p.

Humbert J., Descombes R., 1985, Rhin, Encyclopédie de l'Alsace, Strasbourg, 6391-6400.

INERIS, 2014, Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : cuivre, composés et alliages, DRC-14-136881-02236A, 91 p.

INERIS, 2015, Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : DRC-16-158744-09774A, p. 58

IRSN, 2012, Avis IRSN n°2012-00519, 5 p.

IRSN, 2008, Avis sur le rapport RESONANCE relatif au risque sismique sur le site de Fessenheim n°2008-93, 10 p.

Jargot D. et al., 2013, Hydrazine, hydrate d'hydrazine et solutions aqueuses, INRS, fiche toxicologique n°21, 12 p.

Kiss A., 1983, La pollution du Rhin : Suite (et fin ?), *Annuaire Français de Droit International*, vol. 29, 773-785.

Maire G., 1997, Evolution des objectifs d'aménagement du Rhin et de ses espaces riverains aux XIXème et XXème siècles, *Racine P. [eds], colloque « Fleuves, rivières et canaux dans l'Europe occidentale et médiane »*, 1-2 décembre 1995, Association Interuniversitaire de l'Est et C.R.D.P. de Nancy, 445-454.

Marchal M., Delmas G., 1959, L'aménagement du Rhin à courant libre de Bâle à Lauterbourg, *La Houille Blanche*, 2: 177-202.

Meyer T., 2017, *Une analyse comparative des géopolitiques du nucléaire civil en Allemagne, en France et en Suède*, Thèse de doctorat, Université Paris 8 – Vincennes / Saint-Denis école doctorale sciences sociales – ED 401, Centre de Recherches et d'Analyses Géopolitiques Institut Français de Géopolitique, 677 p.

Ministère de la transition écologique et solidaire, 2016, Les rejets dans l'eau de l'industrie, 1 p.

Nemery J., 2017, Phosphore et eutrophisation, *Encyclopédie de l'Environnement*, 7 p.

Ogé F., 2011, *Éléments pour servir à l'histoire et à la géographie industrielle de la Région Alsace du début du XIXe siècle à nos jours*, UMR PRODIG, CNRS-PRODIG, 100 p.

Poitrat R., 1949, L'Aménagement du Rhin entre Strasbourg et BÂLE : Conférence de 1949 à Strasbourg, *Société pour l'Expansion du port du Strasbourg et de son Hinterland*, 30 p.

Ritter J., 1957, La poursuite des travaux du Grand Canal d'Alsace, *Annales de Géographie*, n°358, 549-553.

Ravinet T., 1840, Code des ponts et chaussées et des mines, ou collection complète des lois, arrêtés, décrets, ordonnances, règlements et circulaires concernant le service des ponts et chaussées et des mines, jusqu'au 1<sup>er</sup> août 1840, vol. 8, 328-333.

Savey P. et Cottureau, 1991, Aménagements à buts multiples de grands fleuves, *La Houille Blanche*, n°7, 10 p.

Schneider G., 2001, Boues de curage des cours d'eau, *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, n°43, 146-147.

Sigg L., Behra P., Stumm W., 2000, Chimie des milieux aquatiques : Chimie des eaux naturelles et des interfaces dans l'environnement, Dunod, 3e édition, 567 p.

Stoskopf N., Vonau P., 2004, L'Alsace du second XXe siècle : la grande mutation industrielle, *Revue d'Alsace*, Fédération des sociétés d'histoire et d'archéologie d'Alsace, 159-192.

SYNDEX, 2012, CNPE de Fessenheim Étude d'impact socioéconomique et conséquences d'une éventuelle fermeture, 124 p.

Tardivo B. 2013, Plan assainissement 2012-2018, Comité de suivi du 22 février 2013, 5 – La réduction du phosphore dans les détergents, 13 p.

Thibault G., 2008 Quelle stratégie industrielle pour la France face à la mondialisation ?, Technip, 278 p.

Tricart J., Bravard J.P., 1991. Le cours périalpin du Rhin, du Rhône et du Danube : aménagement fluvial et dérives de l'environnement, *Annales de Géographie*, n°561-562, 668-713.

Tulla J.G., 1827, Mémoire sur la rectification du cours du Rhin. Journal de la Société des Sciences, Agriculture et Arts de Strasbourg, 5-69.

### **Convention et traités**

Accord concernant la Commission Internationale pour la Protection du Rhin contre la Pollution signée à Berne le 29 avril 1963, 45-51.

Convention relative à la protection du Rhin contre la pollution chimique, 11 p.

Convention du 3 décembre 1976 relative à la protection du Rhin contre la pollution par les chlorures, 7 p.

Convention pour la Protection du Rhin contre la pollution, 15 p

### **Droit dérivé de l'Union Européenne**

Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, 72 p.

## **Législation Nationale**

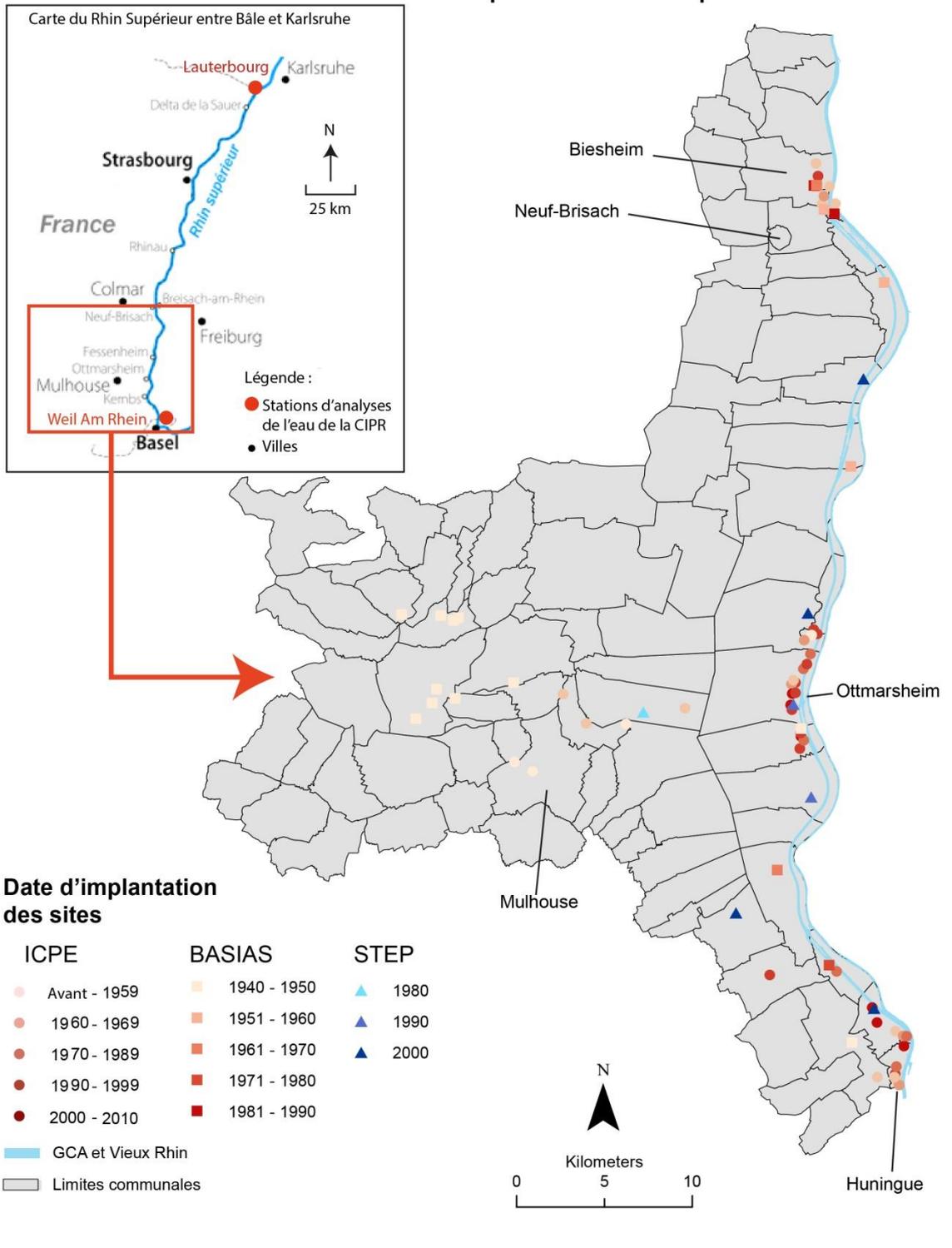
Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution

Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques

# Annexes

## Carte de localisation des établissements en lien avec le Grand Canal d'Alsace par date d'implantation



## **Résumé**

Le projet Juxta Rhenum a pour but d'étudier le socio-écosystème de la centrale nucléaire de Fessenheim. L'objectif initial de l'étude était de distinguer les rejets du CNPE de Fessenheim des rejets industriels et domestiques en lien avec le Grand Canal d'Alsace. Cependant, le manque de données quantitatives sur les rejets a conduit l'étude vers une analyse plus globale de l'évolution spatio-temporelle de la pollution à partir des concentrations de chlorures, du phosphore, du cadmium et du cuivre entre les stations de Village-Neuf / Weil-am-Rhein et de Seltz / Lauterbourg. Parallèlement, l'identification des sites industriels et domestiques dont l'implantation serait due au GCA a permis de faire apparaître différentes tendances. Il en résulte que la pollution dans le GCA ne dépend pas seulement de la dynamique industrielle mais s'inscrit dans un système beaucoup plus complexe.

Mots clés : Pollution - Chlorure - Phosphore - Cadmium - Cuivre - Grand Canal d'Alsace - Industrie - Domestique

## **Abstract**

The purpose of the Juxta Rhenum project is to study the socio-ecosystem of the Fessenheim nuclear power plant. The initial objective of the study was to distinguish releases from the Fessenheim NPP from industrial and domestic discharges related to the Grand Canal d'Alsace. However, the lack of quantitative data on discharges led the study towards a more global analysis of the spatio-temporal evolution of pollution from chlorides, phosphorus, cadmium and copper concentrations between the Village-Neuf / Weil-am-Rhein and Seltz / Lauterbourg stations. At the same time, the identification of the industrial and domestic sites-whose implementation would be due to the GCA- made it possible to reveal different trends. As a result, pollution in the GCA does not only depend on industrial dynamics but is part of a much more complex system.

Key words : Pollution - Chloride - Phosphorus - Cadmium - Copper - Grand Canal d'Alsace - Industry - Domestic