

Évaluation du programme pilote sur le biote 2014/2015

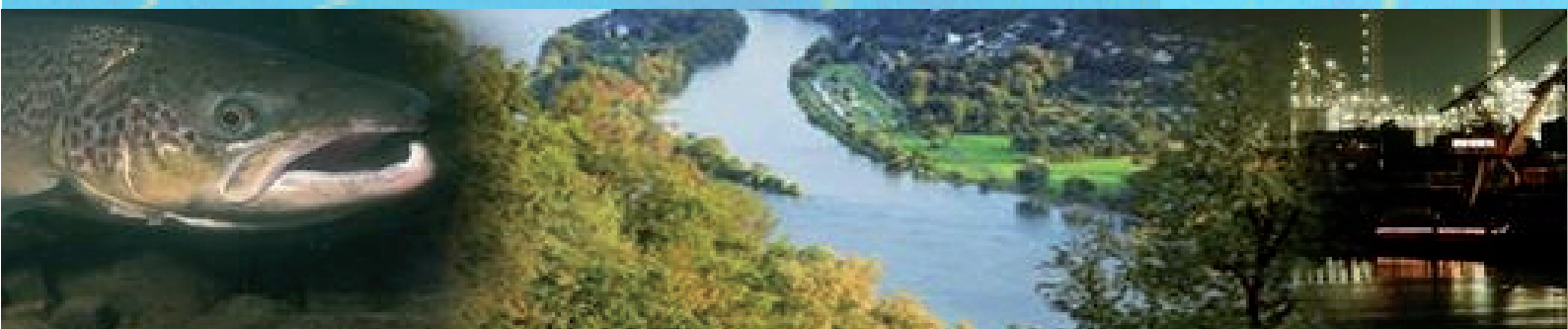


Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 252



Editeur:

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Coblenz
Téléphone +49-(0)261-94252-0, téléfax +49-(0)261-94252-52
Courrier électronique: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

Evaluation statistique des analyses de la contamination du biote/des poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015

Mandant

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR),
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Coblenz

Prestataire

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie
(Fraunhofer IME), Bereich Angewandte Oekologie, 57392 Schmallenberg

Direction de l'institut Fraunhofer IME (volet d'écologie appliquée) :

Prof. Dr. Christoph Schäfers

Exécution du projet :

Dr. Annette Fliedner

Dr. Martin Müller

Sommaire

1	Synthèse	3
2.	Arrière-plan/Introduction	4
3	Base de données	6
3.1	Substances et groupes de substances.....	6
3.2	Stations d'analyse	11
3.3	Jeux de données	11
4	Evaluation	19
4.1	Synthèse des données disponibles	19
4.2	Teneurs polluantes.....	24
4.2.1	Paramètres descriptifs	25
4.3	Comparaison entre analyses dans le filet et dans le poisson entier	27
4.4	Comparaison géographique sur la base de résultats d'analyse non standardisés	29
4.5	Comparaison géographique sur la base de résultats d'analyse standardisés	38
5	Références bibliographiques	40
6	Glossaire.....	45
7	Annexe	46
7.1	Tableaux.....	46
7.2	Cartes des pressions	46
7.3	Tableau synoptique de données néerlandaises supplémentaires sur des poissons subadultes du delta du Rhin.....	48

1 Synthèse

Le présent rapport regroupe les évaluations des données de monitoring collectées dans le cadre du projet pilote de la CIPR intitulé « Premier programme commun d'analyse de la contamination du biote (poissons) par des polluants dans le bassin du Rhin ».

Les données de 84 échantillons composites de filet au total, prélevés en 2014 et 2015, ont été intégrées dans l'évaluation. Les résultats des analyses recensés pour le compte de la CIPR dans le delta du Rhin à partir de poissons entiers n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation globale, à l'exception de ceux obtenus pour le mercure (Hg). Les données d'analyse dans les poissons entiers devront toutefois être pris en compte à l'avenir.

Les prélèvements ont porté sur les espèces piscicoles chevesne (*Squalius cephalus*), gardon (*Rutilus rutilus*), brème (*Abramis brama*), brème bordelière (*Blicca bjoerkna*), sandre (*Sander lucioperca*) et perche fluviatile (*Perca fluviatilis*). Ils sont issus de 37 stations d'analyse (SA) et 19 fleuves/rivières (Rhin, delta du Rhin (Hollands Diep, Ketelmeer et IJsselmeer), Neckar, Main, Moselle, Wupper, Ruhr, Lippe, Rotach, Schussen, Weschnitz, Schwarzbach, Kinzig, Sarre, Sûre et Alzette).

Sont comparés à la norme de qualité environnementale pour le biote (NQE) dans le présent rapport les données mesurées (non standardisées) (I.) et - dans le cas des gardons et des perches fluviales du Rhin et du delta du Rhin - les résultats d'analyses standardisés à un taux de graisse de 5 % (II.). La présente synthèse affiche à la fois les conclusions découlant des résultats d'analyse non standardisés et des résultats d'analyse standardisés.

I. Le contrôle des résultats d'analyse non standardisés apporte les conclusions suivantes :

Pour le **mercure (Hg)**, la norme de qualité environnementale pour le biote (NQE) est de 20 µg/kg de poids frais (PF) et est dépassée pratiquement partout, la plus forte pression étant constatée dans le Schwarzbach. On note cependant dans quelques stations que les concentrations de mercure sont certes dépassées dans les perches fluviales mais pas dans les gardons ou les chevesnes. La NQE n'est respectée que dans la station rhénane « Iffezheim jusqu'à Lauter ».

Pour le **perfluorooctane sulfonate (PFOS)**, on observe un dépassement de la NQE de 9,1 µg/kg PF dans 24 SA pour au moins une espèce piscicole. La contamination la plus élevée est détectée dans des poissons de la station rhénane « aval du débouché du Neckar ».

La contamination des poissons par les **dioxines, les furanes et les polychlorobiphényles de type dioxine (PCDD/F+dl-PCB)** est inférieure à la NQE de 6,5 pg/g OMS₂₀₀₅-TEQ dans toutes les SA.

On ne relève pas non plus de dépassements de la NQE pour l'**hexabromocyclododécane (HBCDD)** et l'**hexachlorobutadiène (HCBd)**. Il faut cependant signaler que la concentration d'HCBd est inférieure à la limite analytique de quantification comprise entre 0,02 et 1,0 µg/kg dans 70 des 84 échantillons.

En revanche, on observe un dépassement systématique de la NQE de 0,0085 mg/kg PF pour les **diphényléthers polybromés (PBDE)**. Les poissons de la Moselle supérieure à hauteur de Millery sont les plus contaminés.

L'**hexachlorobenzène (HCB)** est inférieur à la limite de quantification dans 15 échantillons. Des dépassements de la NQE de 10 µg/kg ne sont détectés que dans la Lahn, la Weschnitz et le Schwarzbach.

Pour les **polychlorobiphényles de type non dioxine (ndl-PCB)**, on se fonde sur la teneur

maximale de référence de 75 µg/kg PF fixée pour les produits alimentaires, car il n'existe pas de NQE jusqu'à présent. On trouve dans quelques échantillons du delta du Rhin des dépassements de cette valeur limite (Hollands Diep, Ketelmeer), ainsi que dans la Moselle amont (Liverdun, Millery) et la Wupper.

La NQE du **dicofol** fixée à 33 µg/kg est respectée dans toutes les SA échantillonnées.

L'**heptachlore et l'époxyde d'heptachlore (HC+HCE)** n'ont pas pu être mesurés avec une sensibilité suffisante dans un grand nombre de laboratoires mandatés. Là où les méthodes d'analyse étaient suffisamment sensibles, on a systématiquement détecté des concentrations supérieures à la NQE de 0,0067 µg/kg.

II. Le contrôle des résultats d'analyse standardisés à un taux de graisse de 5 % pour les substances lipophiles dans les gardons et les perches fluviatiles du Rhin et du delta du Rhin conduit aux conclusions suivantes :

La contamination des poissons par les **dioxines, furanes et polychlorobiphényles de type dioxine (PCDD/F + dl-PCB)** dépasse dans plusieurs tronçons du bassin du Rhin la NQE de 6,5 pg/g de TEQ OMS₂₀₀₅.

Dans le cas de l'**hexabromocyclododécane (HBCDD)**, il n'est pas constaté de dépassement de la NQE. Pour l'**hexachlorobutadiène (HCBd)**, les teneurs sont inférieures à la limite analytique de quantification comprise entre 0,02 et 1,0 µg/kg dans 12 des 17 échantillons. Les autres teneurs mesurables ne dépassent toutefois pas la NQE.

Pour les **polybromodiphényléthers (PBDE)**, on note en revanche un dépassement systématique et très élevé de la NQE fixée à 0,0085 µg/kg de PF.

Dans tous les échantillons de gardons et de perches fluviatiles du Rhin et du delta du Rhin, les teneurs d'**hexachlorobenzène (HCB)** sont inférieures à la NQE fixée à 10 µg/kg. La pression la plus forte est observée dans les perches fluviatiles pêchées en aval du débouché du Neckar.

La NQE du **dicofol** de 33 µg/kg est respectée dans toutes les stations analysées.

L'**heptachlore et l'époxyde d'heptachlore (HC+HCE)** n'ont pas pu être mesurés avec une sensibilité suffisante dans un grand nombre de laboratoires mandatés. Dans les cas où les méthodes d'analyse appliquées sont suffisamment sensibles, toutes les concentrations détectées dépassent la NQE fixée à 0,0067 µg/kg.

III. Comparaison entre les résultats standardisés et les résultats non standardisés

La comparaison des résultats montre que le contrôle des normes débouche pour l'essentiel sur les mêmes conclusions. Étant donné que les teneurs des substances lipophiles telles que **dioxines, furanes et polychlorobiphényles de type dioxine (PCDD/F+dl-PCB)** sont proches de la NQE, les différences qui apparaissent sont sensibles : après standardisation, les teneurs dans les poissons dépassent les NQE pour la somme des TEQ dans un beaucoup plus grand nombre de stations d'analyse.

A titre complémentaire, on signalera que la standardisation permet de mieux comparer les résultats obtenus dans le poisson entier ou le filet, dans l'échantillon instantané ou moyen ou encore de SA à SA. Pour standardiser les données, il faudrait déterminer la teneur en graisse et le taux de matière sèche.

2. Arrière-plan/Introduction

On échantillonne des poissons depuis de nombreuses années dans le cadre des monitorings du biote pour recenser les pressions sur les eaux. Les stratégies diffèrent cependant fortement en fonction des questions posées et des objectifs de protection.

Si la protection de la santé humaine est au premier plan, les analyses portent principalement sur des poissons de consommation. Les teneurs maximales autorisées - qui sont fixées dans le règlement (CE) n° 1881/2006 (UE 2006a) et les règlements additionnels (UE 2008a, UE 2011a,b,c) - se réfèrent ici habituellement à la chair musculaire de poissons de consommation sélectionnés. La valeur limite fixée pour le poisson entier ne s'applique que si le poisson est destiné à être consommé dans son intégralité.

En revanche, la directive cadre Eau en vigueur depuis l'an 2000 (DCE) (UE 2000) vise autant la protection de l'homme que celle de l'environnement. Son objectif est d'identifier, dans le cadre de cycles de surveillance réguliers, la qualité des eaux à l'aide de substances polluantes (« prioritaires ») particulièrement problématiques pour l'environnement. Pour ces substances, des NQE ont été déterminées. Elles fixent des objectifs et ont vocation à orienter les futures actions (par ex. des mesures de réduction des émissions). Une surveillance dans le biote est prévue pour quelques substances prioritaires difficiles à mesurer dans la phase aqueuse en raison de leurs propriétés physico-chimiques. Les NQE correspondantes s'appliquent à la fois aux objectifs de protection « santé humaine » et « protection d'animaux sauvages contre l'empoisonnement secondaire » car la valeur limite de l'objectif de protection le plus sensible est déterminant pour la fixation de la NQE (UE 2013). Neuf de ces substances et groupes de substances sont à surveiller dans les poissons. Il s'agit du mercure (Hg) et de ses composés, des retardateurs de flamme bromés hexabromocyclododécane (HBCDD) et diphényléthers polybromés (PBDE), des dioxines, furanes et PCB de type dioxine (PCDD/F + dl-PCB), de l'hexachlorobenzène (HCB), de l'hexachlorobutadiène (HCBd), du dicofol, de l'heptachlore et époxyde d'heptachlore (HC + HCE), de même que du tensio-actif perfluoré perfluorooctane sulfonate (PFOS).

Les données recensées pour la surveillance sont cependant encore très hétérogènes jusqu'en 2013. Les espèces, tailles et nombres de poissons varient selon le programme d'analyse considéré, de même que la matrice analysée (filet ou poisson entier). Il en résulte que les données ne sont comparables que dans une mesure restreinte. Au sein d'un même district hydrographique, les données sont souvent si hétérogènes qu'il est difficile de comparer les pressions d'une zone à l'autre (CIPR 2011, Foekema et al. 2016).

Au regard de ces difficultés, la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a réalisé sous le titre de « Premier programme commun d'analyse de la contamination du biote (poissons) par des polluants dans le bassin du Rhin » un projet pilote qui couvre simultanément les dispositions juridiques du droit de l'eau européen ainsi que du droit alimentaire et sanitaire dans la plus grande mesure possible. Le but est ici de créer une base de données comparables et fiables sur la gestion commune des contaminations du biote/des poissons dans le district hydrographique du Rhin.

Le monitoring s'est fondé sur le document guide CIS n° 25 (EC 2010) remanié, le projet cadre Monitoring de la Commission de travail des Länder allemands (LAWA) (LAWA-AO

2012) et le document guide CIS n° 32 sur le monitoring du biote (UE 2014), qui regroupe des recommandations de réalisation concrète du monitoring et de l'analyse des données.

L'objectif est d'obtenir à l'avenir à l'échelle du bassin des résultats comparables sur la contamination des poissons/du biote pouvant être exploités dans les domaines juridiques susmentionnés et pour maintenir dans un cadre raisonnable les coûts de prélèvement et d'analyse.

Les données d'analyse disponibles ont été ordonnées de manière structurée et vérifiées. Le présent rapport regroupe les évaluations des données de monitoring.

3 Base de données

3.1 Substances et groupes de substances

Dicofol (n° CAS 115-32-2) :

Le dicofol est un acaricide (insecticide contre les insectes piqueurs notamment) qui ressemble chimiquement au DDT, (p,p'dichlorodiphényltrichloroéthane) et est utilisé par exemple contre les araignées rouges dans les vergers, la viticulture et l'horticulture. Le produit technique contient en outre de faibles quantités de DDT et d'analogues chimiques du DDT. Le log Kow du dicofol est compris entre 3,5 et 6,06. En combinaison avec des facteurs de bioconcentration (BCF), on obtient ainsi un potentiel de bioaccumulation de 6 100 et 43 000 dans les poissons. La substance est surtout stockée dans le tissu adipeux. Par ailleurs, le dicofol est toxique pour les organismes aquatiques et provoque un amincissement des coquilles d'œufs d'oiseaux (UNEP 2016a). Il n'est plus autorisé au sein de l'UE depuis 2008 car le risque qu'il représente pour le consommateur n'est pas suffisamment évalué (UE 2008b). Le dicofol est inscrit dans la liste des substances candidates de la Convention de Stockholm (UNEP 2013a, 2017).

Heptachlore (HC ; n° CAS 76-44-8) et époxyde d'heptachlore (HCE ; n° CAS 1024-57-3) :

L'HC est un insecticide très efficace anciennement appliqué par ex. dans la lutte contre les termites et le moustique anophèle. L'HC et plus encore son produit de dégradation HCE sont très persistants dans l'environnement. Avec des log Kow de 5,40 à 6,10, ces substances ont un potentiel de bioaccumulation élevé avec BCF dans les poissons pouvant atteindre 11 000 (Ritter et al. 11.000). Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse (Ritter et al. 1995, WHO 2006). L'HC est toxique et soupçonné cancérigène. En vertu de la Convention de Stockholm de 2001 (UNEP 2001), l'HC est interdit à l'échelle mondiale.

Hexachlorobenzène (HCB ; n° CAS 118-74-1) :

L'HCB est un fongicide très largement répandu par le passé et qu'on utilisait entre autres pour traiter les semences et pour protéger le bois. C'est également un plastifiant et un stabilisant dans différents processus industriels, un produit chimique de base dans la production d'autres composés organochlorés tels que le pentachlorophénol, et un métabolite de pesticides organochlorés. La production et l'utilisation de l'HCB est restreinte dans l'UE depuis les années 1980. Malgré tout, de petites quantités d'HCB peuvent encore rejoindre le milieu ambiant du fait de l'utilisation de pesticides chlorés, de la fabrication de solvants ou de pesticides chlorés ou de la lixiviation de bois traité (Hillenbrand et al. 2007). Le log Kow de

l'HCB est compris entre 5,5 et 6,2 (Pubchem 2018) et cette substance s'accumule fortement dans les organismes, principalement dans les tissus riches en graisse. Le BCF moyen est de 128 000 pour les poissons (Moermond & Verbruggen 2013). De plus, l'HCB est toxique et reprotoxique. La Convention de Stockholm a interdit cette substance à l'échelle mondiale en 2001 (UNEP 2001).

Hexachlorobutadiène (HCBD (n° CAS 87-68-3) :

L'HCBD a surtout été utilisé comme solvant d'autres composés chlorés, par exemple dans la fabrication de chlore gazeux ou comme solvant d'élastomères. Il entrerait également dans la composition de lubrifiants et de produits phytosanitaires. L'HCBD est un sous-produit de fabrication d'autres composés chlorés tels que le tétrachlorocarbène ou le tétrachloroéthène (UNEP 2012). Sa dégradation est lente dans le milieu naturel. L'HCBD a une forte toxicité aquatique et passe pour être cancérigène. En raison de son log Kow élevé (3,7 - 4,9), il a tendance à s'adsorber aux particules et à s'accumuler dans les organismes (Hillenbrand et al. 2007, Lecloux 2004). Des BCF jusqu'à 17 000 ont été mesurés dans les poissons. Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse. La production et l'utilisation d'HCBD ont été interdites en 2015 dans le cadre de la Convention de Stockholm (UNEP 2016).

Sulfonate de perfluorooctane (PFOS, n° CAS 1763-23-1) :

Le PFOS appartient au groupe de produits tensioactifs fluorés et a été surtout utilisé comme agent d'imprégnation, par ex. pour les textiles. En outre, il est et il a été un composant de quelques mousses d'extinction, liquides hydrauliques en aviation et produits chimiques photolithographiques utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs. Le PFOS est toxique, persistant dans l'environnement et caractérisé par un fort potentiel de bioaccumulation et de bioamplification (UNEP 2006a). Il se lie aux protéines et les concentrations les plus élevées sont donc constatées dans les tissus riches en protéines tels que ceux du foie, des reins et du sang (Ahrens et al. 2009, Goeritz et al. 2013, Jones et al. 2003, Luebker et al. 2002, Martin et al. 2003). Le producteur principal 3M renonce volontairement depuis 2001 à produire du PFOS (Carlson 2009, Brooke et al. 2004). Depuis 2008, l'utilisation de PFOS au sein de l'UE est limitée à des applications spéciales en photolithographie, galvanisation et technique aéronautique (UE 2006b). Des restrictions d'utilisation s'appliquent à l'échelle mondiale depuis 2009 en vertu de la Convention de Stockholm (UNEP 2018).

Polybromodiphényléthers (PBDE) et hexabromocyclododécane (HBCDD) :

Les retardateurs de flamme bromés PBDE et HBCDD sont utilisés dans les matériaux de construction, les meubles rembourrés, les textiles, les emballages et les appareils électroniques et électriques. Ces deux substances entrent dans la catégorie des retardateurs de flamme additifs qui ne sont pas liés chimiquement au produit et peuvent donc s'échapper relativement facilement dans le milieu ambiant.

Le PBDE était déjà utilisé dans les années 1980 alors que l'HBCDD n'a gagné en importance que dans le courant des années 1990 quand a été limitée l'utilisation de mélanges techniques de penta-BDE et d'octa-BDE (Covaci et al. 2006, Sellström et al. 1998).

La famille des PBDE regroupe 209 congénères possibles formés de 1 à 10 atomes de brome. Les mélanges les plus répandus sont ceux qui contiennent principalement des congénères pentabromés, octabromés et décabromés. Les congénères les plus courants dans le pentaBDE technique (n° CAS 32534-81-9) sont le 2,2',4,4'-tétraBDE (BDE-47) et le 2,2', 4,4',5-pentaBDE (BDE-99), alors que le 2,2',3',4,4',5',6-heptaBDE (BDE-183) est le

composant principal de l'octaBDE technique (n° CAS 32536-52-0). Le décaBDE technique (n° CAS 1163-19-5) se compose principalement de BDE-209. L'HBCDD commercial est constitué pour l'essentiel des trois diastéréoisomères α -HBCDD, β -HBCDD et γ -HBCDD (n° CAS 134237-50-6, 134237-51-7 et 134237-52-8). Le diastéréoisomère γ domine avec un pourcentage de 70 à 95 % alors que l' α -HBCDD et l' β -HBCDD ne représentent qu'env. 5 à 30 % du total.

Le pentaBDE, l'octaBDE et l'HBCDD sont toxiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulateurs, avec des log Kow de 6,634 à 6,97 (PentaBDE), 6,29 (OctaBDE) et 5,63 (HBCDD). Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse. De plus, ces substances s'accumulent dans les chaînes alimentaire (UNEP 2006b, 2007, 2010). Depuis les années 1990, l'industrie chimique allemande renonce à produire du pentaBDE et de l'octaBDE ; ces substances sont interdites dans l'UE depuis 2004 (UE 2003). Dans le cadre de la Convention de Stockholm, les utilisations de pentaBDE et d'octaBDE sont fortement restreintes à l'échelle mondiale depuis 2009 (UNEP 2018). Des programmes volontaires de réduction des émissions d'HBCDD ont été engagés en 2004 et 2006 (EBFRIP 2010). La Convention de Stockholm a sensiblement rabaissé l'utilisation de cette substance en 2013 (UNEP 2013b).

Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine (dl-PCB) :

Les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont des composés issus involontairement de divers processus industriels sous forme de sous-produits. Les PCDD/F résultent par ex. de la combustion de matériaux organiques dans des conditions non optimales tels que dans les feux en plein air et les usines d'incinération mal exploitées. Ils sont par ailleurs des sous-produits des processus de fabrication de pesticides et de blanchiment de la pâte à papier. Les principaux responsables d'émissions de PCDD/F par le passé ont surtout été l'industrie du chlore et de la soude, l'industrie des métaux non ferreux, les usines d'incinération des déchets et les centrales thermiques. Les PCB de type dioxine entrent dans la composition de tous les mélanges de PCB largement utilisés jusque dans les années 1980, par ex. dans les lubrifiants, les liquides hydrauliques, les liquides de refroidissement et d'isolation, les plastifiants, les stabilisateurs de revêtements plastiques et les retardateurs de flamme. Douze des 209 congénères de PCB au total sont regroupés avec 7 dioxines sélectionnées et 10 furanes dans le calcul de teneurs limites et pour la détermination de la NQE sur les dioxines et les furanes, du fait de leurs propriétés de type dioxine (dl-PCB). Les PCB et les PCDD/F sont liposolubles et s'accumulent dans les tissus riches en graisse des organismes. Les log Kow des 17 dioxines et furanes sont compris entre 6,46 et 8,75, ceux des 12 PCB de type dioxine entre 5,13 et 7,98 (Becker et al. 2010). Ces substances sont hautement toxiques, cancérogènes et classés perturbateurs endocriniens (banque de donnée sur les dioxines, 2018). La toxicité des PCDD/F et des PCB de type dioxine est exprimée par des équivalents de toxicité (TEQ) qui se réfèrent au congénère de dioxine le plus toxique, à savoir la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD, poison Seveso) (Van den Berg et al. 2006). D'après la Convention de Stockholm, les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont interdits depuis 2001 (UNEP 2001).

PCB (PCB indicateurs (Σ 6 PCB de type non dioxine) :

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés fortement toxiques qui ont été utilisés dans de nombreuses applications jusque dans les années 1980 (voir plus haut). Environ 130 congénères de PCB différents entrent dans la fabrication de mélanges commerciaux. Les

congénères 28, 52, 101, 138, 153 et 180 du groupe des PCB de type non dioxine (ndl-PCB) sont ceux surtout présents dans les produits alimentaires. Des teneurs maximales dans les produits alimentaires ont été fixées pour la somme de ces 6 congénères (UE 2011a). En revanche, la directive cadre Eau ne prévoit pas de NQE spécifique pour les PCB de type non dioxine.

De nombreux PCB sont persistants dans l'environnement et disposent d'un fort potentiel de bioaccumulation. Les concentrations maximales apparaissent dans les tissus riches en graisse (log Kow congénères susmentionnés : 5,67 - 7,36 ; Becker et al. 2010). Les PCB ne sont plus produits en Allemagne depuis 1983 et leur utilisation est fortement restreinte dans l'UE depuis 1985. Des restrictions à l'échelle mondiale ont suivi en 2001 dans le cadre de la Convention de Stockholm (UNEP 2001).

Mercure (Hg ; n° CAS 7439-97-6) :

Le mercure est un métal omniprésent dans le milieu ambiant. On le trouve sous une multitude de formes physiques et chimiques. Les formes les plus significatives sont le mercure élémentaire (Hg) et les composés de mercure monométhylrique CH_3HgX , MeHg). Le MeHg est particulièrement problématique en raison de sa toxicité très élevée et de son fort potentiel bioaccumulateur et bioamplificateur (EQS Substance data sheet 2005, Merian et al. 2004). Étant donné que le mercure se lie aux protéines du groupe sulfhydryle (SH), les concentrations les plus élevées se trouvent dans les tissus riches en protéines SH, comme par ex. le tissu musculaire (Eisler 2007). Une part très importante de la contamination par le mercure provient d'activités humaines, une baisse des pressions sur l'environnement n'est donc possible que par une réduction des émissions. On a donc convenu en 2013 un accord global de protection de la santé humaine et de l'environnement contre le mercure avec la Convention de Minamata (UNEP 2013c). Cette convention contient des mesures telles que l'interdiction d'exploiter de nouvelles mines de mercure, l'obligation de fermer les anciennes et la prise de mesures de contrôle des émissions.

Le tableau 1 présente sous forme synthétique la NQE et les teneurs maximales réglementaires dans les denrées alimentaires :

Tableau 1 : Relevé des substances et groupes de substances évalués

Substance	Abréviation	Spécification N° CAS	NQE [µg/kg PF] ¹	NQE Objectif de protection	Teneur maximale dans les denrées alimentaires (poissons)
Dicofol	-	115-32-2	33	Empoisonnement secondaire d'animaux sauvages	RHmV ² (lait, viande) : 50 – 1 000 µg/kg PF
Heptachlore et époxyde d'heptachlore	HC + HCE	HC : 76-44-8 HCE : 1024-57-3	0,0067	Santé humaine	-
Hexabromocyclododécane	HBCDD	α-diaстéréoisomère 134237-50-6 β-diaстéréoisomère 134237-51-7 γ-diaстéréoisomère 134237-52-8	167	Empoisonnement secondaire d'animaux sauvages	-
Hexachlorobenzène	HCB	118-74-1	10	Santé humaine	RHmV : 50 µg/kg PF
Hexachlorobutadiène	HCBD	87-68-3	55	Empoisonnement secondaire d'animaux sauvages	-
Sulfonate de perfluorooctane et ses dérivés	PFOS	1763-23-1	9,1	Santé humaine	-
Diphénylétiers polybromés	PBDE	Somme des congénères BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154	0,0085	Santé humaine	-
Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine	PCDD/F + dl- PCB	Somme de 7 PCDD + 10 PCDF, 12 PCB de type dioxine	0,0065 ³	Santé humaine et empoisonnement secondaire d'animaux sauvages	Règlement (UE) 1259/2011 : 6,5 µg/kg OMS ₂₀₀₅ TEQ FG (0,0065 µg/kg)
Polychlorobiphényles PCB de type non dioxine (ndl-PCB)	PCB (6 PCB indicateurs)	Somme des PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180	-	-	Règlement (UE) 1259/2011 : 75 ng/g PF 75 µg/kg
Mercure et composés	Hg	7439-97-6	20	Empoisonnement secondaire d'animaux sauvages	Règlement (CE) 1881/2006 : 500 – 1000 µg/kg PF

¹ NQE : norme de qualité environnementale pour le biote conformément à la directive 2013/39/UE ; PF : poids frais ; ² RHmV : règlement allemand du 21.10.1999 sur les quantités résiduelles maximales, révisé en dernière date le 19.03.2010 ; ³ comme OMS₂₀₀₅-TEQ

3.2 Stations d'analyse

Il a été proposé dans le dossier de soumission du projet un réseau représentatif de SA le long du Rhin et de ses affluents.

Les SA réellement échantillonnées s'écartent en partie quelque peu de ces stations initialement fixées. Uniquement dans le cas de deux SA, celles de Nahe/Grosheim et de Lahn/Lahnstein, on ne s'est pas reporté sur des stations alternatives. La figure 1 montre où se trouvent les SA intégrées dans l'évaluation. Des informations plus détaillées sur les SA sont indiquées dans le tableau A1 (annexe).

Comme on ne disposait pas de données de l'Autriche sur les SA prévues 'Fussach' et 'Bregenzer Ach', on a intégré en remplacement la Schussen et la Rotach, affluents allemands du lac de Constance, dans l'évaluation.

Après concertation, il a donc été ajouté aux 33 SA prévues dans le dossier de soumission du projet les SA suivantes, qui ont été prises en compte dans l'évaluation :

- Rhin : WK3-OR4 / Iffezheim-Lauter
- Moselle : Liverdun, Millery, Vandières, Detzem
- Sarre : Gündingen, Fremersdorf.

3.3 Jeux de données

L'évaluation se concentre sur les jeux de données d'échantillons composites de filet prélevés dans les SA sélectionnées.

En outre, les Pays-Bas ont analysé des échantillons composites de poissons subadultes entiers (classe d'âge 2+/subadulte). Ces données n'ont pas été intégrées dans l'évaluation mais sont examinées dans la présentation des pressions du mercure. Les résultats de l'étude néerlandaise sont regroupés dans un rapport séparé (Foekema et al. 2016).

Les données biométriques disponibles sur les échantillons composites de filets sont rassemblées dans le tableau 2. Le tableau 3 montre les données biométriques des poissons dans les échantillons de poissons entiers du delta du Rhin.

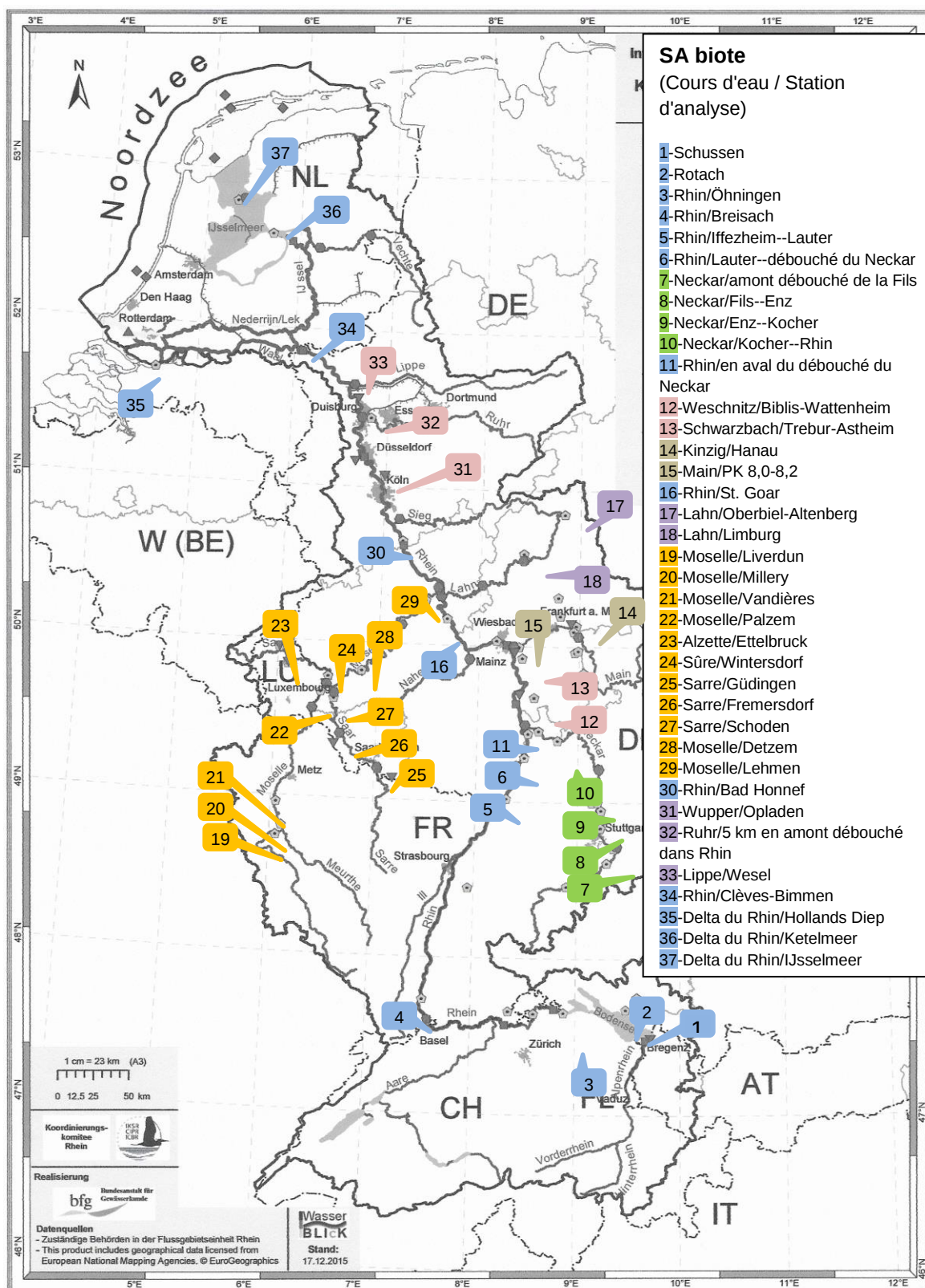


Fig. 1 : localisation des stations d'analyse du biote dans le Rhin et son bassin. En bleu : stations d'analyse sur le cours principal du Rhin, le delta du Rhin et les affluents du lac de Constance, en vert : sur le Neckar, en jaune : sur la Moselle et ses affluents, et en rose, violet et marron sur d'autres affluents du Rhin.

Tableau 2 : caractérisation des échantillons composites de filet dans les stations du Rhin et des affluents du lac de Constance (Schussen et Rotach)

Cours d'eau	N° du site de capture	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge (année) MOY	Teneur en graisse %
Schussen	WK 11-03	Schussen	2015	Chevesne		5	22,6	115,6	4	1,2
Rotach	WK 12-01	Rotach	2015	Chevesne		4	24,9	169,5	4	1,2
Rhin	WK 2-01	Öhningen	2014	Gardon	1	10	23,6	227,7	6	1,7
Rhin	WK 2-01	Öhningen	2015	Perche fluviatile	2	10	21,6	121,8	5	0,8
Rhin	WK 3-OR1	Breisach	2014	Chevesne	1	6	17,0	48,5	3	-
Rhin	WK 3-OR1	Breisach	2015	Chevesne	2	5	19,9	90,6	3,5	2,4
Rhin	WK 3-OR1	Breisach	2015	Gardon	3	10	17,3	65,8	3,5	2,4
Rhin	WK 3-OR4	Iffezheim -- Lauter	2015	Perche fluviatile		6	19,1	106,8	4	0,6
Rhin	WK 3-OR5	Lauter -- Neckar	2014	Gardon	1	10	20,2	110,0	5	1,4
Rhin	WK 3-OR5	Lauter -- Neckar	2015	Gardon	2	10	20,0	106,0	4	1,2
Rhin	RLP1	en aval du débouché du Neckar	2015	Gardon	1	9	20,3	121,3	3 ^s	2,2
Rhin	RLP1	en aval du débouché du Neckar	2015	Perche fluviatile	2	16	17,5	76,8	3 ^s	0,9
Rhin	RLP2	St. Goar	2015	Gardon	1	11	19,5	101,9	3 ^s	2,0
Rhin	RLP2	St. Goar	2015	Perche fluviatile	2	13	20,4	127,5	3 ^s	0,9
Rhin	103	WKST Süd Bad Honnef	2015	Chevesne		10	25,7	190,0	3,5	2,12
Rhin	504	WKST Nord Clèves-Bimmen	2015	Brème		7	18,9	18,9	3	0,64

* dans les figures 6, 7 et 10 ; - Aucune indication ; * L'âge n'a été déterminé que dans les échantillons instantanés

Tableau 2 (suite) : caractérisation des échantillons composites de filet dans les stations du delta du Rhin

Cours d'eau	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge subadulte (2+) ou adulte (>>2+)	Teneur en graisse %
Delta du Rhin	Hollands Diep	2015	Gardon	1	10	30,1	409,1	>>2+	2,8
Delta du Rhin	Hollands Diep	2014	Sandre	2	6	39,4	481,0	>>2+	0,9
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Gardon	1	8	24,5	233,5	>>2+	3,0
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Gardon	2	7	15,8	52,4	2+	2,2
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Brème	3	9	17,8	56,7	2+	1,3
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Perche fluviatile	4	9	20,7	129,9	>>2+	1,1
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Perche fluviatile	5	9	11,7	19,2	2+	1,3
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Sandre	6	8	34,0	334,5	>>2+	0,8
Delta du Rhin	Ketelmeer	2014	Sandre	7	9	17,7	44,3	2+	0,9
Delta du Rhin	IJsselmeer	2015	Gardon	1	8	24,6	215,3	>>2+	2,4
Delta du Rhin	IJsselmeer	2014	Perche fluviatile	2	7	23,6	210,6	>>2+	1,7

* dans les figures 6, 7 et 10

Tableau 2 (suite) : caractérisation des échantillons composites de filet dans la sélection de stations des affluents

Cours d'eau	N° du site de capture	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge (année) MOY	Teneur en graisse %
Neckar	WK 4-02	amont débouché de la Fils	2014	Perche	1	10	17,8	75,1	4	1,4
Neckar	WK 4-02	amont débouché de la Fils	2015	Chevesne	2	10	22,3	115,8	4	0,8
Neckar	WK 4-03	Fils -- Enz	2014	Chevesne	1	10	19,1	62,3	3	1,2
Neckar	WK 4-03	Fils -- Enz	2015	Chevesne	2	10	21,7	103,3	2,5	1,3
Neckar	WK 4-03	Fils -- Enz	2015	Gardon	3	10	19,2	87,2	3	0,6
Neckar	WK 4-04	Enz -- Kocher	2014	Gardon	1	10	23,9	267,7	5	2,5
Neckar	WK 4-04	Enz -- Kocher	2015	Chevesne	2	10	18,8	91,6	4	0,8
Neckar	WK 4-05	Kocher -- Rhin	2014	Chevesne	1	10	20,5	84,0	4	1,8
Neckar	WK 4-05	Kocher -- Rhin	2015	Chevesne	2	10	21,8	99,0	4	0,8
Weschnitz	DEHE_2394,1	Einhausen-Ost	2014	Chevesne	1	10	18,0	-	-	0,5
Weschnitz	DEHE_2394,1	Einhausen-Ost	2015	Chevesne	2	10	-	-	-	2,1
Schwarzbach	DEHE_2398,1	Trebur-Ost	2014	Gardon	1	13	18,0	-	-	0,7
Schwarzbach	DEHE_2398,1	Trebur-Ost	2015	Perche	2	14	-	-	-	0,8
Main	DEHE_24,1	Rive droite, PK 8,0-8,2	2015	Chevesne	1	14	20,0	-	3	2,2
Main	DEHE_24,1	Rive droite, PK 8,0-8,2	2015	Perche	2	8	19,0	-	3,5	-
Kinzig	DEHE_2478,1	Hanau	2014	Perche	1	11	16,0	-	-	0,4
Kinzig	DEHE_2478,1	Hanau	2015	Chevesne	2	11	-	-	-	5,3
Kinzig	DEHE_2478,1	Hanau	2015	Perche	3	6	-	-	-	1,1
Lahn	DEHE_258,2	Oberbiel-Altenberg	2014	Brème	1	9	20,0	-	-	3,5
Lahn	DEHE_258,2	Oberbiel-Altenberg	2015	Gardon	2	10	18,0	-	2,6	2,8
Lahn	DEHE_258,2	Oberbiel-Altenberg	2015	Chevesne	3	10	22,0	-	3,2	0,7
Lahn	DEHE_258,1	Limburg	2014	Gardon		14	17,0	-	-	3,1

* dans les figures 8 et 9 ; - aucune indication

Tableau 2 (suite) : caractérisation des échantillons composites de filet dans la sélection de stations des affluents

Cours d'eau	N° du site de capture	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge (année) MOY	Teneur en graisse %
Moselle		Liverdun	2015	Brème	1	12	19,6	102,2	3	4,4
Moselle		Liverdun	2015	Gardon	2	13	19,8	98,8	3	2,1
Moselle		Liverdun	2015	Chevesne	3	8	22,5	124,6	3	0,8
Moselle		Liverdun	2015	Sandre	4	2	39,5	638,0	3	1,1
Moselle		Liverdun	2015	Perche fluviatile	5	16	19,2	87,9	3	1,1
Moselle		Liverdun	2015	Perche fluviatile	6	4	23,8	204,0	5	1,5
Moselle		Millery	2015	Sandre	1	10	25,9	158,4	2	1,1
Moselle		Millery	2015	Perche fluviatile	2	14	19,1	88,9	3	1,4
Moselle		Millery	2015	Gardon	3	8	19,0	97,1	4	2,2
Moselle		Millery	2015	Brème	4	15	18,1	78,7	3	3,7
Moselle		Vandières	2015	Gardon	1	14	19,5	95,8	3	1,9
Moselle		Vandières	2015	Gardon	2	7	25,7	242,1	6	3,3
Moselle		Vandières	2015	Gardon	3	6	21,8	140,0	3	1,9
Moselle		Vandières	2015	Chevesne	4	13	22,2	114,8	3	1,2
Moselle		Palzem	2015	Perche fluviatile	1	10	18,1	80,7	3 ^s	1,0
Moselle		Palzem	2015	Gardon	2	10	19,0	82,9	3 ^s	1,5
Moselle		Detzem	2015	Gardon	1	10	18,4	84,0	3 ^s	2,0
Moselle		Detzem	2015	Perche fluviatile	2	10	18,7	86,2	3 ^s	1,2
Moselle		Detzem	2015	Chevesne	3	8	20,4	105,1	3 ^s	0,8
Moselle		Lehmen	2015	Perche fluviatile	1	9	21,4	137,8	3 ^s	0,9
Moselle		Lehmen	2015	Gardon	2	9	20,4	113,2	3 ^s	2,1
Wupper	2008	Opladen	2015	Gardon		9	13,3	26,9	3	2,3
Ruhr	22810	5 km amont débouché dans Rhin	2015	Chevesne		10	19,1	75,4	3	2,1
Lippe	6002	Wesel	2015	Chevesne		3	29,3	312,0	4	1,1

* dans les fig. 8 et 9 ; ^s âge déterminé uniquement dans échantillons instantanés

Tableau 2 (suite) : caractérisation des échantillons composites de filet dans la sélection de stations des affluents

Cours d'eau	N° du site de capture	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge (année) MOY	Teneur en graisse %
Sarre		Güdingen/Grosbliederstroff	2015	Chevesne	1	10	21,7	112,6	4	1,4
Sarre		Güdingen/Grosbliederstroff	2015	Gardon	2	11	20,0	97,3	3	2,1
Sarre		Fremersdorf	2015	Perche	1	9	19,9	113,2	3 ^S	1,1
Sarre		Fremersdorf	2015	Chevesne	2	10	23,0	147,2	3 ^S	1,4
Sarre		Fremersdorf	2015	Gardon	3	26	19,4	92,9	3 ^S	2,0
Sarre		Schoden	2015	Perche	1	6	21,0	151,8	3 ^S	1,1
Sarre		Schoden	2015	Gardon	2	15	18,6	90,6	3 ^S	2,0
Sûre		Wintersdorf	2015	Gardon	1	11	18,6	83,9	3 ^S	1,9
Sûre		Wintersdorf	2015	Perche	2	10	17,7	80,0	3 ^S	0,8
Alzette	L100011A21	Ettelbrück	2015	Gardon	1	9	22,0	154,0	-	2,1
Alzette	L100011A21	Ettelbrück	2015	Chevesne	2	10	22,0	132,0	-	1,8

* Dans la figure 9 ; - Aucune indication ; ^S L'âge n'a été déterminé que dans les échantillons instantanés

Tableau 3 : caractérisation des échantillons de **poissons entiers** dans les stations du delta du Rhin

Cours d'eau	Nom de la station d'analyse	Année	Espèce piscicole	N° d'échantillon*	Nombre de poissons dans l'échantillon composite	Taille des poissons (cm) MOY	Poids des poissons (g) MOY	Âge (subadulte)	Teneur en graisse %
Delta du	Hollands Diep	2014	Brème	3	7	17,8	63,0	2+	4,0
Delta du	Hollands Diep	2014	Sandre	4	4	18,5	57,5	2+	1,0
Delta du	Ketelmeer	2014	Gardon	8	9	14,9	41,3	2+	5,3
Delta du	Ketelmeer	2014	Brème	9	10	17,1	47,6	2+	3,4
Delta du	Ketelmeer	2014	Perche	10	10	11,1	15,9	2+	2,3
Delta du	Ketelmeer	2014	Sandre	11	9	18,7	52,9	2+	5,0
Delta du	IJsselmeer	2014	Gardon	3	6	11,1	13,1	2+	4,6
Delta du	IJsselmeer	2015	Brème	4	4	18,5	66,3	2+	7,1
Delta du	IJsselmeer	2014	Perche	5	9	12,6	20,4	2+	2,4
Delta du	IJsselmeer	2014	Sandre	6	5	22,2	90,8	2+	5,4

* Dans la figure 6

** Indications tirées de Foekema 2016

4 Evaluation

4.1 Synthèse des données disponibles

Le tableau 4 donne une vue d'ensemble des données disponibles. 37 SA situées sur 19 rivières ont été intégrées au total dans l'évaluation. Les données datent de 2015 pour la plus grande part (75 %). La règle de disposer d'au moins 10 poissons par échantillon composite n'est respectée que dans 60 % des jeux de données. Des indications sur la teneur en graisse de l'échantillon figurent dans 98 % des jeux de données. De même, la plupart des jeux de données contiennent des informations sur la taille moyenne et sur le poids moyen des poissons de l'échantillon composite. Les données sur l'âge sont plus rares. Elles sont par ailleurs plus hétérogènes et souvent uniquement obtenues à partir d'échantillons instantanés.

Tableau 4 : synthèse des données évaluées à partir d'échantillons composites de filet dans les stations d'analyse sélectionnées (MOY - Moyennes)

Paramètre	Nombre	Pourcentage de jeux de données évalués
Cours d'eau	19	-
Stations d'analyse	37	-
Echantillons (composites de filet)	84	100
Prélevés en 2014	21	25
Prélevés en 2015	63	75
Jeux de données avec teneur en graisse	82	98
Jeux de données avec taille (MOY)	80	95
Jeux de données avec poids (MOY)	71	85
Jeux de données avec indication de l'âge	62	74
Jeux de données ≥ 10 poissons/échantillon composite	50	60
Jeux de données ≥ 10 poissons/échantillon composite avec taille	47	56

Aux termes de la demande exposée dans le projet, les échantillons doivent se concentrer sur les espèces piscicoles chevesne, gardon, brème et brème bordelière. Il convient si possible d'analyser au moins deux espèces par SA, ceci pour rehausser la comparabilité des résultats sur le linéaire du Rhin. Ces règles n'ont toutefois pas pu être respectées dans toutes les SA. Ainsi, des brèmes bordelières et/ou des formes hybrides de brèmes bordelières et de brèmes ont été capturées dans quelques SA ; dans d'autres, des sandres ont été ajoutés ou capturés à la place de perches fluviatiles.

La figure 2 montre les pourcentages respectifs des différentes espèces de poissons. La figure 3 met en relief les espèces capturées dans les différentes SA.

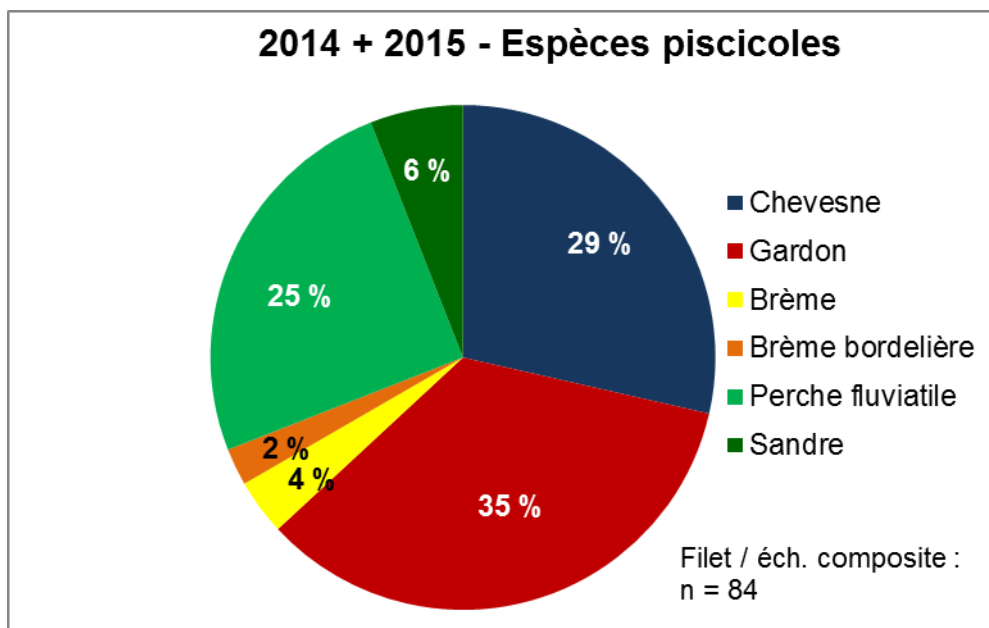


Fig. 2 : pourcentage respectif des espèces piscicoles échantillonnées en 2014/2015 dans les stations d'analyse sélectionnées. Base de données : échantillons composites de filet

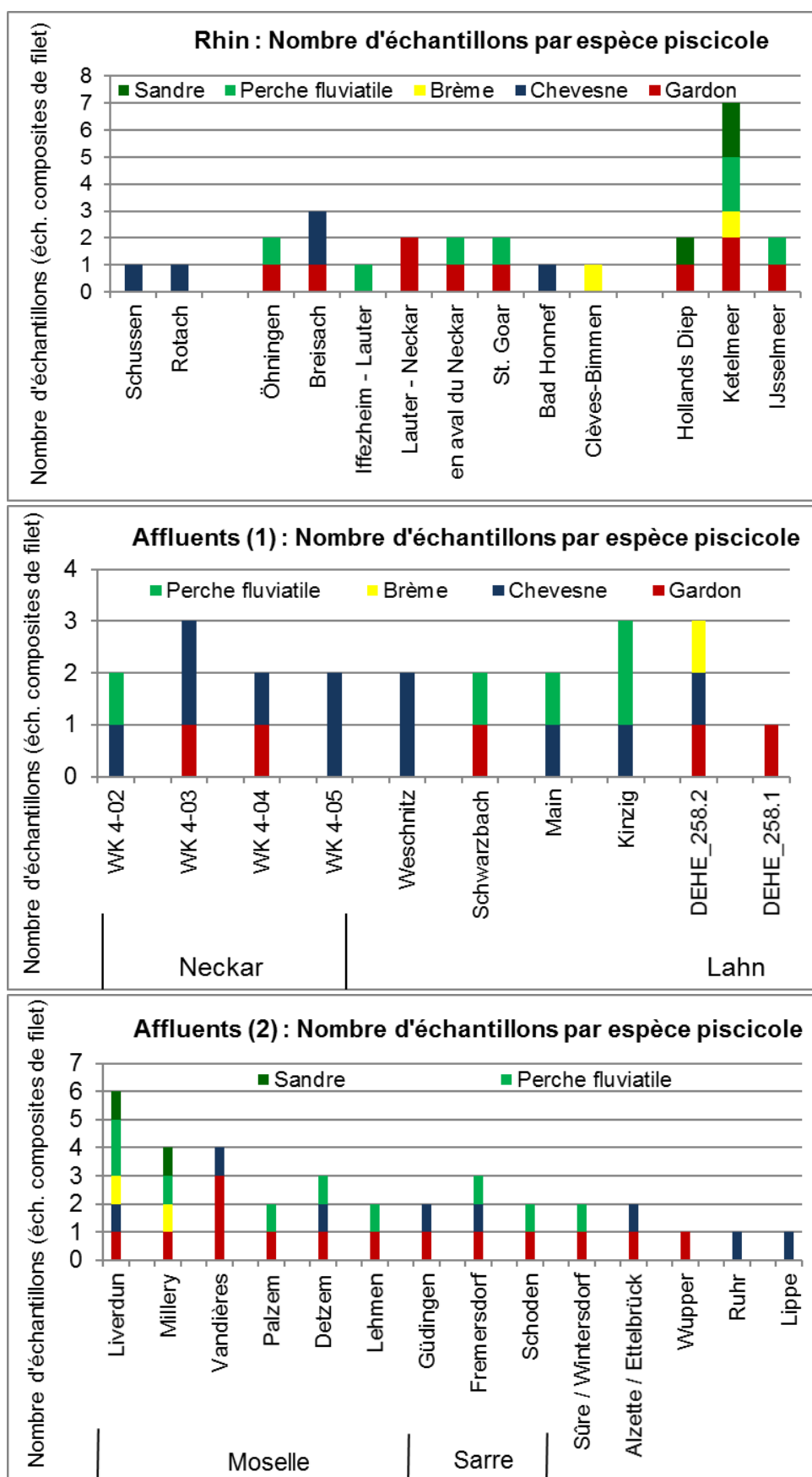


Fig. 3 : nombre d'échantillons (échantillons composites de filet) par espèce et station d'analyse au cours de la campagne de prélèvement 2014+2015

Il convient de rehausser la comparabilité des échantillons en prélevant, dans la mesure du possible, des poissons de même âge. Comme la détermination de l'âge des poissons est une procédure complexe et qu'une relation taille/classe d'âge est décrite (LAWA-AO 2016) pour les jeunes poissons analysés dans le cadre du projet, la classe d'âge ciblée de 3 ans a été « traduite » en classes de taille spécifiques à chaque espèce.

Ces données sont présentées dans le tableau 5. Y figurent, en plus de la synthèse de tous les échantillons, les données des poissons du delta du Rhin sans les adultes (>>2+) pour les gardons et les perches fluviatiles. Pour le chevesne, le gardon et la perche fluviatile, les distributions de taille et les tailles moyennes des poissons dans les échantillons composites des différentes SA sont visualisées dans la figure 4.

Tableau 5 : tailles des poissons dans les échantillons composites en 2014 et 2015 dans les stations d'analyse sélectionnées Base de données : échantillons composites de filet

Espèce piscicole	Nombre de jeux de données (filet/échantillon composite)	Taille prescrite CIPR (cm) pour poissons de 3 ans (2+)	Tailles moyennes des poissons dans les échantillons composites ^a (cm)	Nombre de jeux de données conformes aux règles
Chevesne	24	22 ± 2	17,0- 29,3	13
Gardon	29	20 ± 2	13,3- 30,1	19
Gardon*	26	20 ± 2	13,3- 25,7	19
Brème	3	20 ± 2	17,8- 20,0	2
Brème bordelière	2	-	18,1- 19,6	-
Perche fluviatile	21	19 ± 2	11,7- 23,8	13
Perche fluviatile*	19	19 ± 2	11,7- 23,8	12
Sandre	5	-	17,7- 39,5	-
Sandre*	3	-	17,7- 39,5	-

* Voir tableau 3 ; * sans poissons adultes (>>2+) issus du delta du Rhin

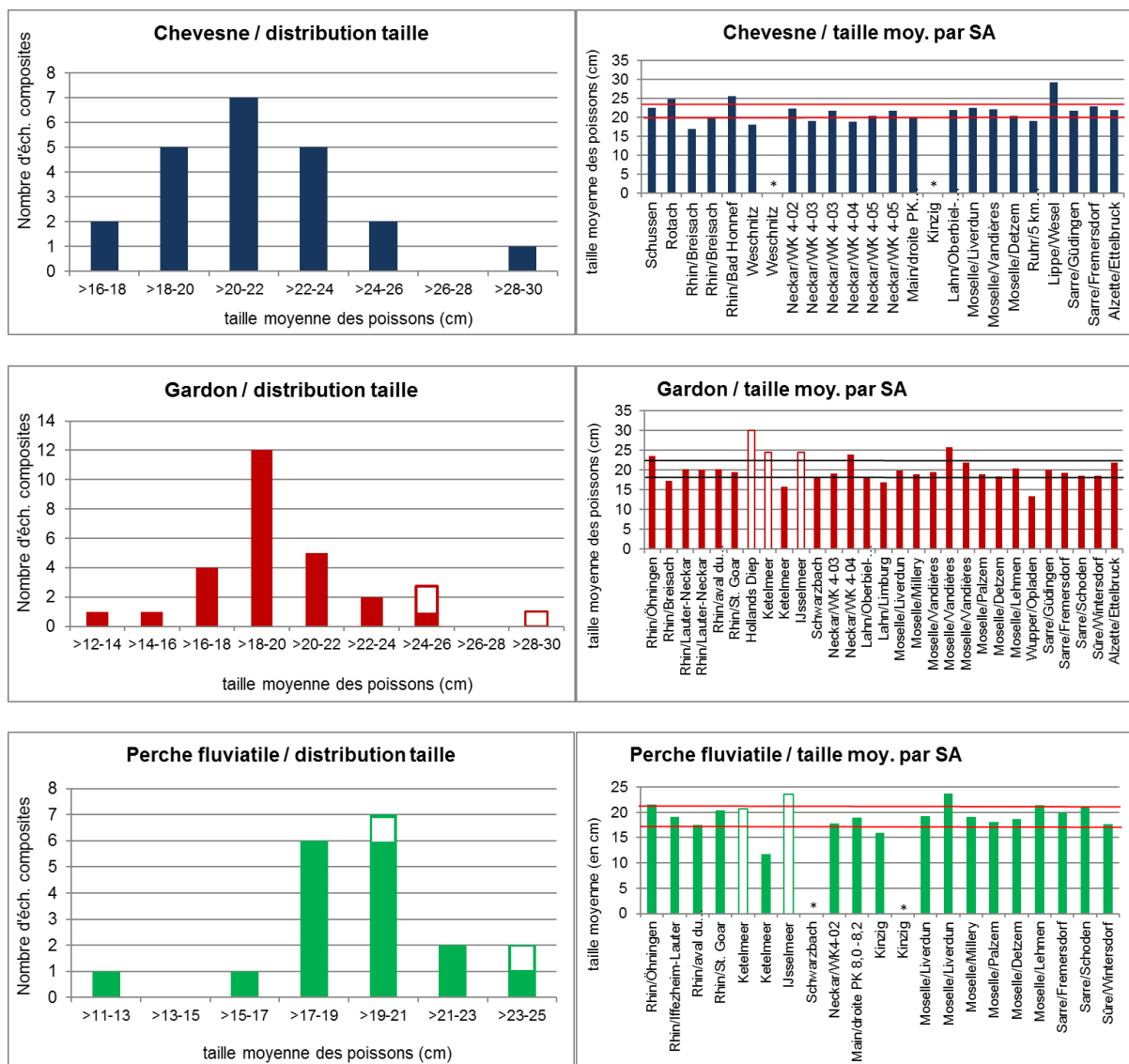


Fig. 4 : tailles moyennes (cm) des chevesnes, gardons et perches fluviatiles dans les échantillons composites.

Les marges indiquées dans les figures de droite affichent les fourchettes de taille proposées par la CIPR dans le dossier de soumission du projet (chevesne : 20-24 cm ; gardon : 18-22 cm ; perche fluviatile : 18-22 cm) ; * : jeux de données sans indication de taille ; colonnes blanches : poissons adultes (>>2+) issus du delta du Rhin.

4.2 Teneurs polluantes

On dispose de données sur Hg, PFOS, HBCDD, HCB et HCBd dans des échantillons composites de filet pour toutes les SA. Aucune donnée disponible en revanche sur :

- PCDD/F+dl-PCB (sans limite de quantification LQ) dans les poissons des SA Hollands Diep, Ketelmeer et IJsselmeer
- PCDD/F+dl-PCB (avec LQ) dans les poissons des SA Weschnitz/Einhausen (DEHE_2394.1), Schwarzbach/Trebur Ost (DEHE_2398.1), Main/PK 8,0-8,2 (DEHE_24.1), Kinzig/Hanau (DEHE_2478.1), Lahn/Oberbiel-Altenberg (DEHE_258.2) et Lahn/Limburg (DEHE_258.1)
- PBDE dans les poissons des SA Weschnitz/Einhausen DEHE_2394.1, Schwarzbach/Trebur Ost (DEHE_2398.1), Kinzig/Hanau (DEHE_2478.1), Lahn/Oberbiel-Altenberg (DEHE_258.2) et Lahn/Limburg (DEHE_258.1).
- ndl-PCB dans les poissons des SA Weschnitz/Einhausen DEHE_2394.1, Schwarzbach/Trebur Ost (DEHE_2398.1), Main/rive droite PK 8,0-8,2 (DEHE_24.1), Kinzig/Hanau (DEHE_2478.1), Lahn/Oberbiel-Altenberg (DEHE_258.2) et Lahn/Limburg (DEHE_258.1)

Le tableau 6 fait la synthèse des teneurs polluantes. Le tableau 2 (annexe) montre les pressions dans les différentes SA et le degré des éventuels dépassements de NQE. Dans le cas de Hg, le tableau montre les concentrations dans le poisson entier, obtenu par calcul à l'aide d'un facteur de conversion de 0,74¹, en plus de celles dans le filet. Ce facteur se fonde sur une analyse de 2 123 jeux de données sur des chevesnes, brèmes, gardons, perches fluviatiles, brochets et truites fario d'Allemagne. Pour Hg, les NQE sont dépassées pratiquement partout.

Le dicofol n'est détecté dans aucun échantillon. Les méthodes d'analyse étant suffisamment sensibles, on peut dire que la NQE du dicofol est respectée dans toutes les SA échantillonnées.

L'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore (HC+HCE) n'ont pas pu être mesurés avec une sensibilité suffisante dans un grand nombre de laboratoires mandatés. Le résultat « inférieur à la limite de quantification » (< LQ) ne dit donc rien sur le respect ou non de la NQE. Là où les méthodes d'analyse étaient suffisamment sensibles, on a systématiquement détecté des concentrations de HC+HCE supérieures à la NQE de 0,0067 µg/kg.

L'heptachlore et le trans-époxyde d'heptachlore ne sont identifiés que dans un échantillon (HC : 0,0032 µg/kg dans des brèmes de la station rhénane de Clèves-Bimmen; *trans*-HCE : 0,05 µg/kg dans des sandres subadultes (2+) de la Ketelmeer). En revanche, du *cis*-HCE est retrouvé dans 20 échantillons avec des concentrations évoluant entre 0,0167 et 0,208 µg/kg (les plus fortes concentrations sont détectées dans des chevesnes de la Ruhr).

La concentration d'HBCDD est inférieure à la limite analytique de quantification (LQ) dans 9 échantillons. 15 échantillons d'HCB sont < LQ et 70 d'HCBd. Pour l'HBCDD et l'HCBd, la NQE est respectée dans toutes les stations d'analyse, mais elle est dépassée pour l'HCB dans 4 stations.

¹ P. Lepom (UBA). Exposé présenté dans le cadre de l'entretien technique « Monitoring du biote selon la DCE - Expériences pratiques et résultats », Berlin, 16 et 17 janvier 2018.

Les concentrations de PBDE ne sont inférieures à la LQ (ici : 0,02 µg/kg) que dans un échantillon (>>2+). La NQE du PBDE est systématiquement dépassée.

Tableau 6 : synthèse des concentrations polluantes (µg/kg de poids frais) dans des échantillons composites de filet du Rhin et du bassin du Rhin en 2014 et 2015

Substance	NQE [µg/kg PF]	min [µg/kg]	Max. [µg/kg]	SA avec la pression la plus forte	LQ
Dicofol	33	<0,0001	-	-	0,00001 - 10
HC + HCE	0,0067	HC : < 0,0081 trans-HCE : < 0,024 cis-HCE : < 0,012	HC : 0,0032 trans-HCE : 0,5 cis-HCE : 0,208 HC+HCE : 0,208	Ruhr / 5 km amont débouché (HC + HCE)	0,002- 0,107
HCB	10	< 0,049	16,0	Lahn / Oberbiel- Altenberg	0,02- 0,407
HCBD	55	< 0,02	11,5	Lippe / Wesel	0,01- 1,3
Hg	20	11,0	250	Schwarzbach / Trebur-Ost	5 – 6
PFOS	9,1	1,25	83,9	Rhin / en aval du débouché du Neckar	0,037- 0,2
HBCDD	167	<0,03	6,54	Rhin / St. Goar	0,003 - 10
PBDE	0,0085	< 0,02	16,7	Moselle / Millery	0,001- 0,05
PCDD/F + dl-PCB	0,0065 OMS ₂₀₀₅ - TEQ	0,000229	0,00611	Moselle / Liverdun	0) 0,000589
PCB type non dioxine	Teneur maximale dans les denrées alimentaires : 75	2,76	170	Delta du Rhin / Hollands Diep	0 - 2,14

NQE : norme de qualité environnementale pour le biote ; SA : station d'analyse ; LQ : limite de quantification, OMS₂₀₀₅-TEQ : équivalent de toxicité

4.2.1 Paramètres descriptifs

Les paramètres descriptifs (moyenne, écart-type, quantiles supérieurs et inférieurs, médiane, minimum, maximum) ont été regroupés par substance et par espèce piscicole (tableau A3, annexe). La figure 5 présente des boîtes à moustaches intégrant les données de toutes les SA évaluées et illustrant les pressions sur les différentes espèces piscicoles. Dans l'évaluation qui suit, les brèmes et les brèmes bordelières sont regroupées, car il existe des formes hybrides et il n'est pas toujours possible de distinguer ces deux espèces avec certitude.

Les espèces piscicoles sont classées par ordre croissant de niveau trophique dans les boîtes à moustaches. Pour les niveaux trophiques, on s'est basé ici sur des valeurs génériques se référant à des poissons adultes (FishBase, Froese & Pauly 2018), car les niveaux trophiques déterminés dans le cadre de la présente étude ne sont déterminés que pour des échantillons de poissons provenant du delta du Rhin (Foekema et al. 2016). Bien que les valeurs génériques puissent s'écarter des niveaux trophiques réels, elles sont prises ici en compte à titre d'orientation. Les chevesnes, gardons, brèmes et brèmes bordelières adultes sont des espèces omnivores se nourrissant d'organismes végétaux et animaux de

différents niveaux trophiques. Les sandres et les perches fluviales adultes sont en revanche carnivores et ne mangent que des organismes animaux. Ils occupent donc une position plus élevée dans le réseau trophique.

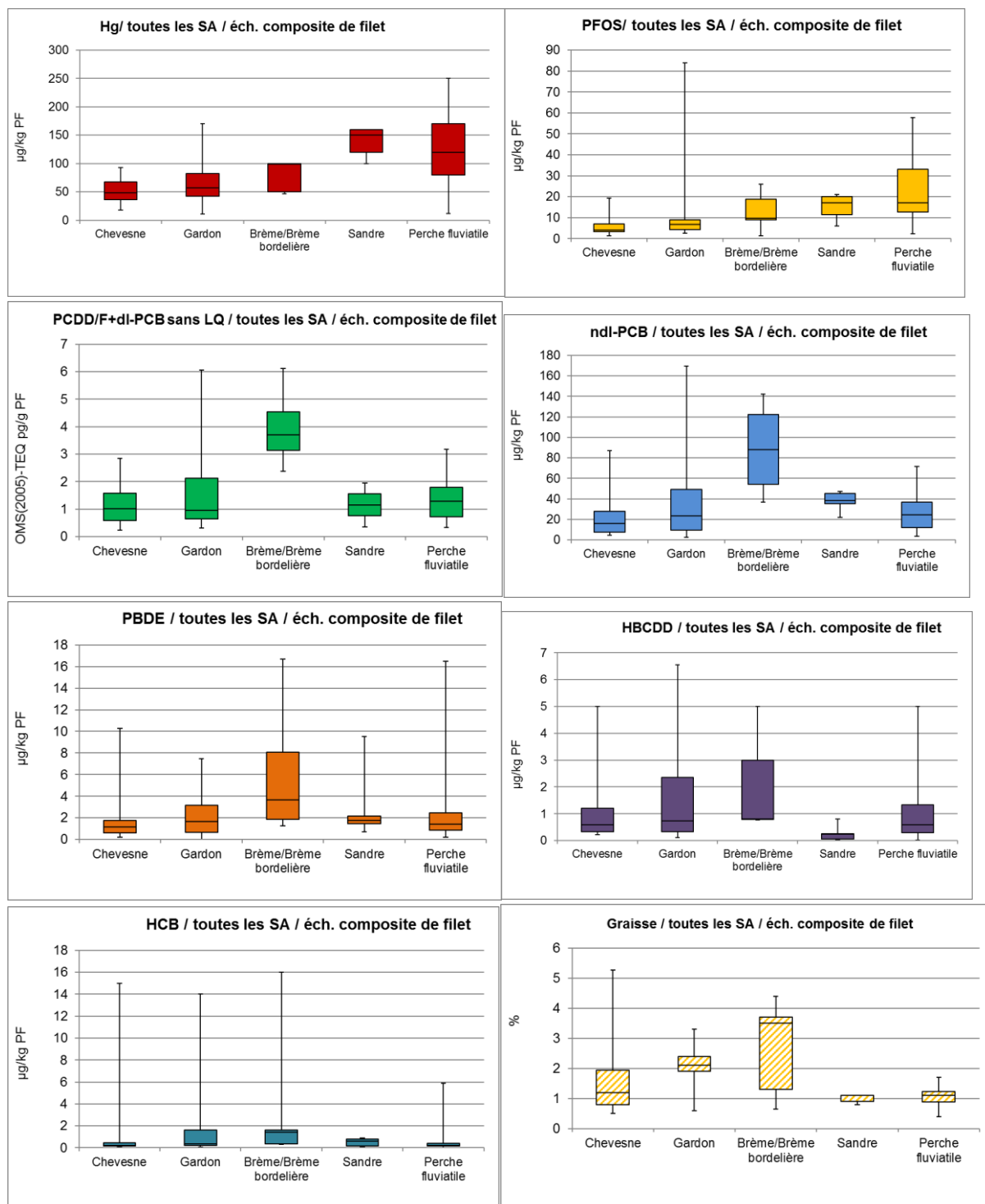


Fig. 5 : boîtes à moustaches : comparaison entre pression polluante et teneurs en graisse de différentes espèces piscicoles. Les données se réfèrent à des concentrations de substances dans le poids frais (PF). Les brèmes et les brèmes bordelières sont regroupées car il existe des formes hybrides et il n'est pas toujours possible de distinguer ces deux espèces avec certitude.
Base de données : échantillons composites de filet de 2014 + 2015 de toutes les stations d'analyse évaluées (SA).

Il ressort clairement de la figure que la contamination des poissons par le mercure augmente avec le niveau trophique. La contamination un peu plus élevée des sandres par rapport à celle des perches fluviatiles est impactée par le niveau d'information variable de la base de données : pour le sandre, on ne dispose que de 5 jeux de données provenant du delta du Rhin et du cours amont de la Moselle (Liverdun, Millery), qui affichent tous des concentrations similaires, alors qu'on dispose de 21 jeux de données qui varient beaucoup plus fortement pour la perche fluviatile.

On observe également une hausse de concentration pour le PFOS au fur et à mesure qu'augmente le niveau trophique des poissons. On note pour les gardons une valeur maximale extrême qui est imputable à un échantillon prélevé dans la SA du Rhin « Aval du débouché du Neckar » (voir ci-dessous, fig. 7).

Pour les substances liposolubles PCDD/F+PCB type dioxine, PCB de type non dioxine, PBDE, HBCDD et HCB, un lien de dépendance entre contamination et niveau trophique des poissons n'est pas clairement reconnaissable. Dans le cas de ces substances, la teneur en graisse dans l'échantillon a une influence déterminante sur le niveau de la concentration polluante (voir figure 5 sur les teneurs en graisse).

Les brèmes et les brèmes bordelières affichent des concentrations relativement élevées de ces substances. Ceci peut être en relation avec le mode d'alimentation sur les sédiments qui entraîne une forte exposition aux polluants liés aux sédiments. Il convient cependant de tenir compte du fait que pour les brèmes et brèmes bordelières regroupées seuls sont disponibles 4 jeux de données pour PCDD/F+PCB type dioxine, PCB de type non dioxine et PBDE et 5 jeux de données pour HBCDD (tab. A3, annexe) et que les deux échantillons de brèmes bordelières affichent des teneurs en graisse relativement élevées (4,4 et 3,7 % de graisse dans les échantillons composites de filet, tab. 2, Moselle) et des concentrations plus élevées de polluants liposolubles (fig. 9, tab. 2, annexe).

4.3 Comparaison entre analyses dans le filet et dans le poisson entier

Pour le delta du Rhin, on dispose de concentrations mesurées dans le poisson entier en plus des concentrations dans les filets de poissons (voir annexe - tableau 7.3 et Foekema et al. 2016). Pour la présente évaluation, les substances présentant un intérêt sont surtout celles dont la NQE se réfère à l'enjeu « empoisonnement secondaire d'animaux sauvages », à savoir le dicofol, l'HCBD, l'HCBD et l'Hg (tab. 1). Les animaux sauvages dévorant en général le poisson entier, il est judicieux pour ces substances de prendre la concentration dans le poisson entier pour une comparaison avec la NQE (UE 2014). Pour les PCDD/F + dl-PCB, on obtient une sensibilité similaire des enjeux « santé humaine » et « empoisonnement secondaire d'animaux sauvages » dans le cadre de la détermination de la NQE, si bien qu'il apparaît judicieux de suivre également pour ce groupe de substances une approche par concentration dans le poisson entier.

Dans les poissons des SA considérées ici, les concentrations de dicofol et d'HCBD sont toujours ou en majeure partie inférieures aux limites de quantification analytiques. En revanche, les PCDD/F+dl-PCB sont détectés dans tous les échantillons composites de filet et l'HBCDD dans la majorité de ceux-ci. Il n'est toutefois pas possible actuellement de convertir les concentrations dans le filet en concentrations dans le poisson entier car il n'existe pas jusqu'à présent de facteurs de conversion robuste pour ces substances. Quand les résultats des analyses de ces substances lipophiles sont standardisées à un taux de graisse de 5 %, la différence entre teneurs dans le poisson entier et dans le filet est mineure

et les données obtenues dans le filet peuvent être utilisées pour le contrôle de l'enjeu « empoisonnement secondaire d'animaux sauvages ».

Dans tous les échantillons de filet analysés, les concentrations d'HBCDD sont de loin inférieures à la NQE de 167 µg/kg PF et l'on peut donc supposer que les concentrations dans le poisson entier sont également au-dessous de la NQE. A l'opposé, les concentrations de PCDD/F+dl-PCB ne sont inférieures à la NQE que d'un facteur compris entre 0,46 et 0,98 dans quelques échantillons de filet (Rhin/St. Goar, Hollands Diep, Ketelmeer, Neckar/WK4-04, Moselle/Liverdun + Millery, Wupper, Lahn/Oberbiel-Altenberg, Sarre/Güdingen), ce qui rend probable un dépassement de la NQE si l'analyse est effectuée dans le poisson entier, comme c'est le cas dans la référence Foekema (2016) pour les poissons du delta du Rhin (résultats importants tirés de Foekema (2016) : voir annexe, tableau 7.3). Un avantage important des analyses dans le poisson entier est la moindre probabilité d'obtenir des valeurs inférieures à la limite de quantification.

On a déduit un facteur de conversion filet-poisson entier de 0,74 pour le mercure (voir plus haut). Le tableau 7 met en comparaison les concentrations calculées dans le poisson entier et celles mesurées dans le poisson entier dans les SA Hollands Diep, Ketelmeer et IJsselmeer.

La comparaison d'échantillons composites de poissons de taille similaire et prélevés la même année (tab. 7, en gras) montre que les concentrations mesurées dans le poisson entier sont le plus souvent légèrement supérieures (jusqu'à 12 %) aux valeurs calculées avec un facteur de 0,74 à partir des concentrations dans le filet. Seules des perches fluviatiles prélevées dans la Ketelmeer y font exception : les concentrations mesurées dans des poissons entiers de taille comparable sont ici légèrement plus faibles que celles obtenues par calcul. Foekema et al. (2006) ont déterminé un facteur de conversion de 0,68 pour les échantillons prélevés dans le delta du Rhin.

Tableau 7 : concentrations d'Hg dans les poissons du delta du Rhin. Comparaison entre les concentrations calculées dans le poisson entier (concentration dans le filet x 0,74) et les valeurs mesurées. Cases bleues : concentrations calculées dans le poisson entier, cases blanches : concentrations mesurées dans le poisson entier. Base de données : échantillons composites des années 2014 et 2015.

En gras : poissons de longueur comparable prélevés la même année (2014)

Espèce piscicole	Station	Année	Subadulte (2+) ou adulte (>>2+)	Longueur (en cm)	Tissu analysé	Hg filet (µg/kg PF)	Hg poisson entier (µg/kg PF)
Gardon	Hollands Diep	2015	>>2+	30,08	filet	72	53,3
	Ketelmeer	2014	>>2+	24,45	filet	77	57,0
	Ketelmeer	2014	2+	15,83	filet	42	31,1
	Ketelmeer	2014	2+	14,94	poisson entier		34,0
	IJsselmeer	2015	>>2+	24,55	filet	120	88,8
	IJsselmeer	2014	2+	11,15	poisson entier		75,0
Brème	Hollands Diep	2014	2+	17,83	poisson entier		45,0
	Ketelmeer	2014	2+	17,84	filet	50	37,0
	Ketelmeer	2014	2+	17,08	poisson entier		41,0
	IJsselmeer	2015	2+	18,45	poisson entier		48,0
Sandre	Hollands Diep	2014	>>2+	39,38	filet	120	88,8
	Hollands Diep	2014	2+	18,50	poisson entier		100
	Ketelmeer	2014	>>2+	34,01	filet	160	118
	Ketelmeer	2014	2+	17,68	filet	100	74,0
	Ketelmeer	2014	2+	18,69	poisson entier		83,0
	IJsselmeer	2014	2+	22,20	poisson entier		120
Perche fluviatile	Ketelmeer	2014	>>2+	20,71	filet	120	88,8
	Ketelmeer	2014	2+	11,73	filet	72	53,3
	Ketelmeer	2014	2+	11,15	poisson entier		52,0
	IJsselmeer	2014	>>2+	23,61	filet	150	111

	IJsselmeer	2014	2+	12,58	poisson entier		70,0
--	------------	------	----	-------	----------------	--	------

4.4 Comparaison géographique sur la base de résultats d'analyse non standardisés

Les pressions polluantes sur les poissons du Rhin et des affluents du Rhin sont exposées dans les figures 6 à 9. Par ailleurs, des cartes de pressions en annexe facilitent la localisation de la contamination des poissons (fig. A1.1 - A7-4, annexe).

Dans le cas du mercure, les concentrations affichées sont d'une part celles relevées dans le filet et d'autre part celles mesurées et celles calculées (avec un facteur de conversion de 0,74) dans le poisson entier (fig. 6).

Ne sont prises en compte dans les affluents du Rhin que les SA proches des débouchés (ou, en l'absence de données à ces endroits, les SA amont suivantes les plus proches des débouchés) (fig. 8) d'une part, et les évolutions de concentrations dans les affluents du Rhin Neckar et Moselle d'autre part, de même que les contaminations des poissons dans la Kinzig, un affluent du Main, et dans les affluents mosellans Sarre, Sûre et Alzette (fig. 9).

Sachant que les substances examinées ici s'accumulent dans la chaîne alimentaire, il est fait une distinction dans les figures entre poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) et carnivores (sandre, perche fluviatile). La variabilité de certaines contaminations élevées dans une même SA est à mettre sur le compte de différences entre espèces de poissons, taille de poissons et années retenues pour les prélèvements (tab. 2).

Pour une première évaluation de la contamination, les figures intègrent les NQE respectives. Comme il n'a pas encore été déterminé de NQE pour les PCB de type non dioxine, on indique ici à titre d'orientation la teneur maximale dans les denrées alimentaires admise pour les poissons (75 µg/kg PF).

Dans le **Rhin, la Rotach, la Schussen et le delta du Rhin** (fig. 6), les concentrations d'Hg dans le filet et le poisson entier sont supérieures à une exception près (perches fluviatiles de la SA « D'Iffezheim à la Lauter ») à la NQE de 20 µg/kg de poids frais (PF).

Pour le PFOS, la situation est plus hétérogène (fig. 7) : 10 des 17 échantillons de poissons omnivores sont inférieurs à la NQE de 9,1 µg/kg, alors que tous les échantillons de poissons carnivores dépassent la NQE. On notera la pression très élevée du PFOS sur des gardons dans la SA « en aval du débouché du Neckar ».

On observe une augmentation de la pression vers l'aval pour les PCDD/F+PCB type dioxine, les PCB de type non dioxine, l'HBCDD et l'HCB (fig. 7). La concentration relativement élevée d'HBCDD dans des poissons de la SA de St. Goar saute particulièrement aux yeux.

Les NQE de PCDD/F+PCB type dioxine, HBCDD et HCB sont respectées dans tous les échantillons du Rhin, du delta du Rhin, de la Schussen et de la Rotach (tab. A2, annexe). En revanche, la NQE du PBDE est systématiquement dépassée, bien qu'il n'ait pas été détecté de PBDE dans un échantillon (gardons adultes >> 2+ issus de l'IJsselmeer) alors que la LQ était supérieure la NQE avec une valeur de 0,02 µg/kg.

Les teneurs maximales de PCB de type non dioxine autorisées dans les poissons sont respectées dans la majorité des poissons du Rhin, du delta du Rhin, de la Rotach et de la Schussen. Ces teneurs ne sont dépassées que dans des gardons adultes de la station de Hollands Diep avec environ 170 µg/kg et dans des gardons subadultes de la Ketelmeer avec 75,2 µg/kg.

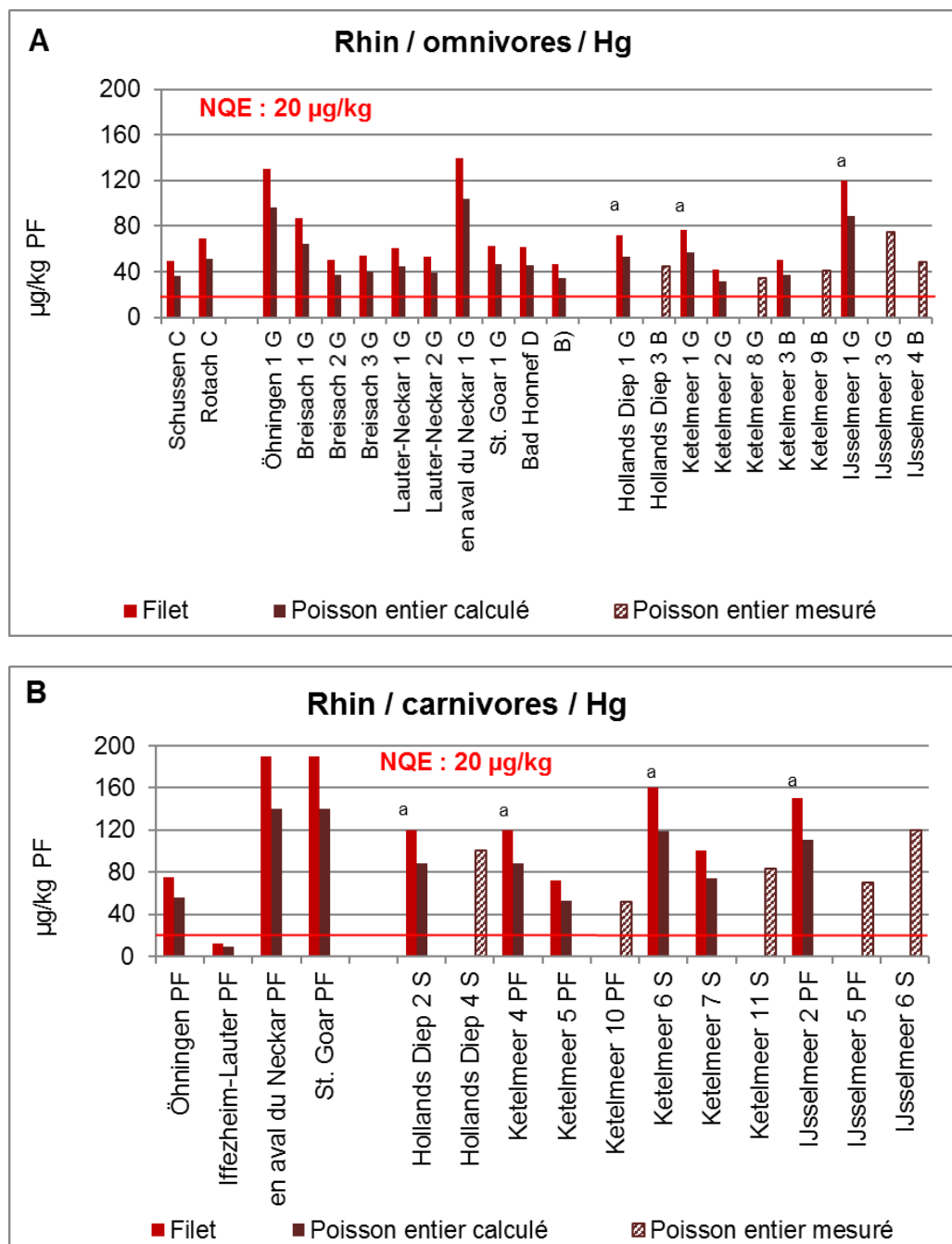


Fig. 6 : distribution spatiale des teneurs polluantes de mercure (Hg) dans les poissons omnivores (A) et carnivores (B) du Rhin (y compris Schussen, Rotach et delta du Rhin) en 2014 et 2015. Base de données : échantillons composites de filet. Calcul pour le poisson entier : concentration dans filet x 0,74 ; NQE : norme de qualité environnementale pour le biote ; C : chevesne ; G : gardon ; B : brème ; P : perche fluviatile ; S : sandre. Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2 et 3). Les analyses dans le delta du Rhin ont porté

sur des poissons subadultes (2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 3,4 ; Ketelmeer : 2,3,5,7,8,9,10,11 ; IJsselmeer : 3,4,5,6) et poissons adultes (>>2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 1,2 ; Ketelmeer : 1,4,6 ; IJsselmeer : 1,2 ; signalés par un « a »).

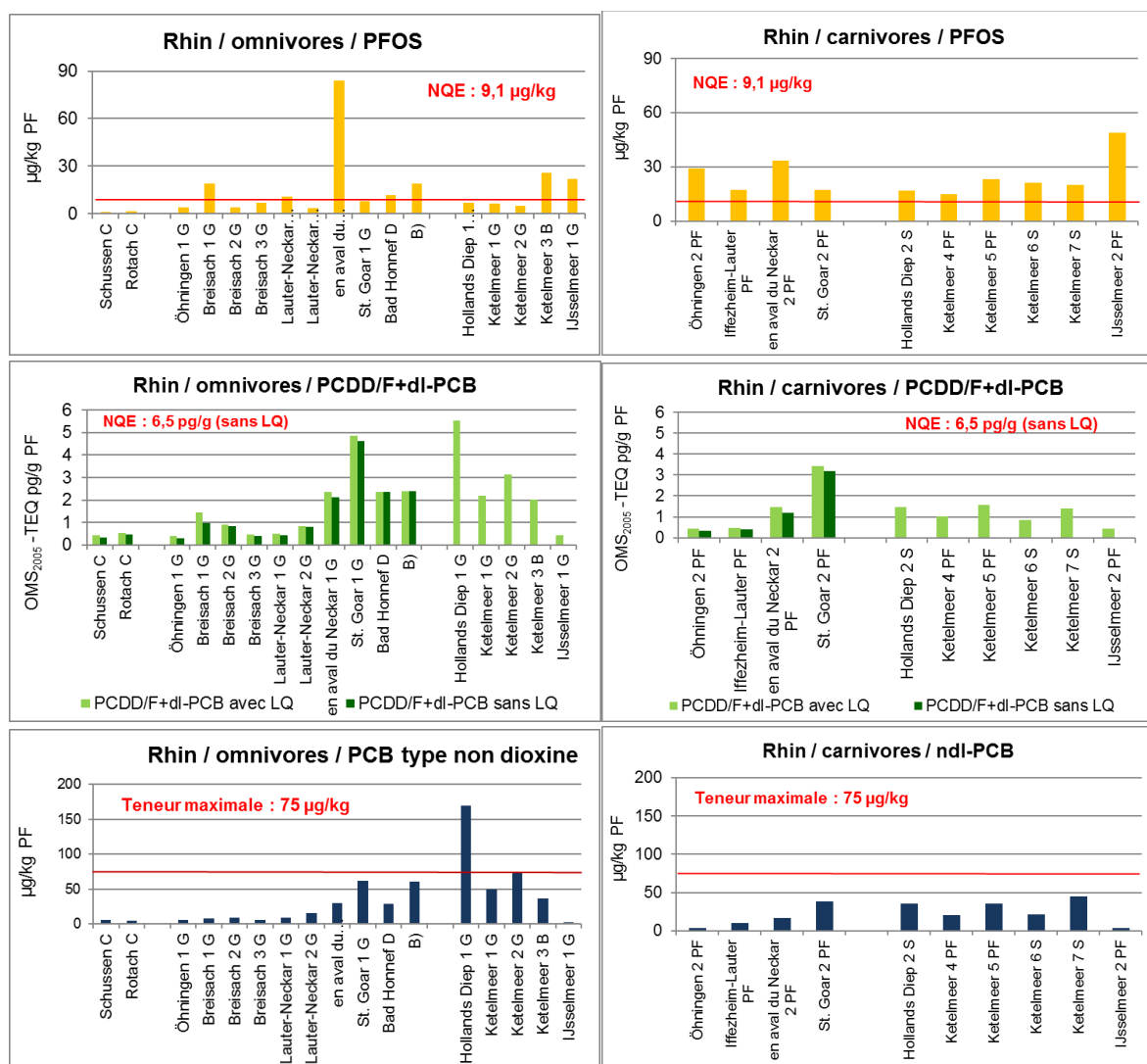


Fig. 7 : distribution spatiale des teneurs polluantes dans les poissons du Rhin (y compris Schussen, Rotach et delta du Rhin) en 2014 et 2015. Comparaison de la contamination de poissons omnivores (gardon, chevesne, brème /brème bordelière) et carnivores (perche fluviatile, sandre). Base de données : échantillons composites de filet.

NQE : norme de qualité environnementale pour le biote ; C : chevesne ; G : gardon ; B : brème ; P : perche fluviatile ; S : sandre. Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2). Les analyses dans le delta du Rhin ont porté sur des poissons subadultes (2+) (n° des échantillons : Ketelmeer : 2,3,5,7) et poissons adultes (>>2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 1, 2 ; Ketelmeer : 1,4,6 ; IJsselmeer : 1,2).

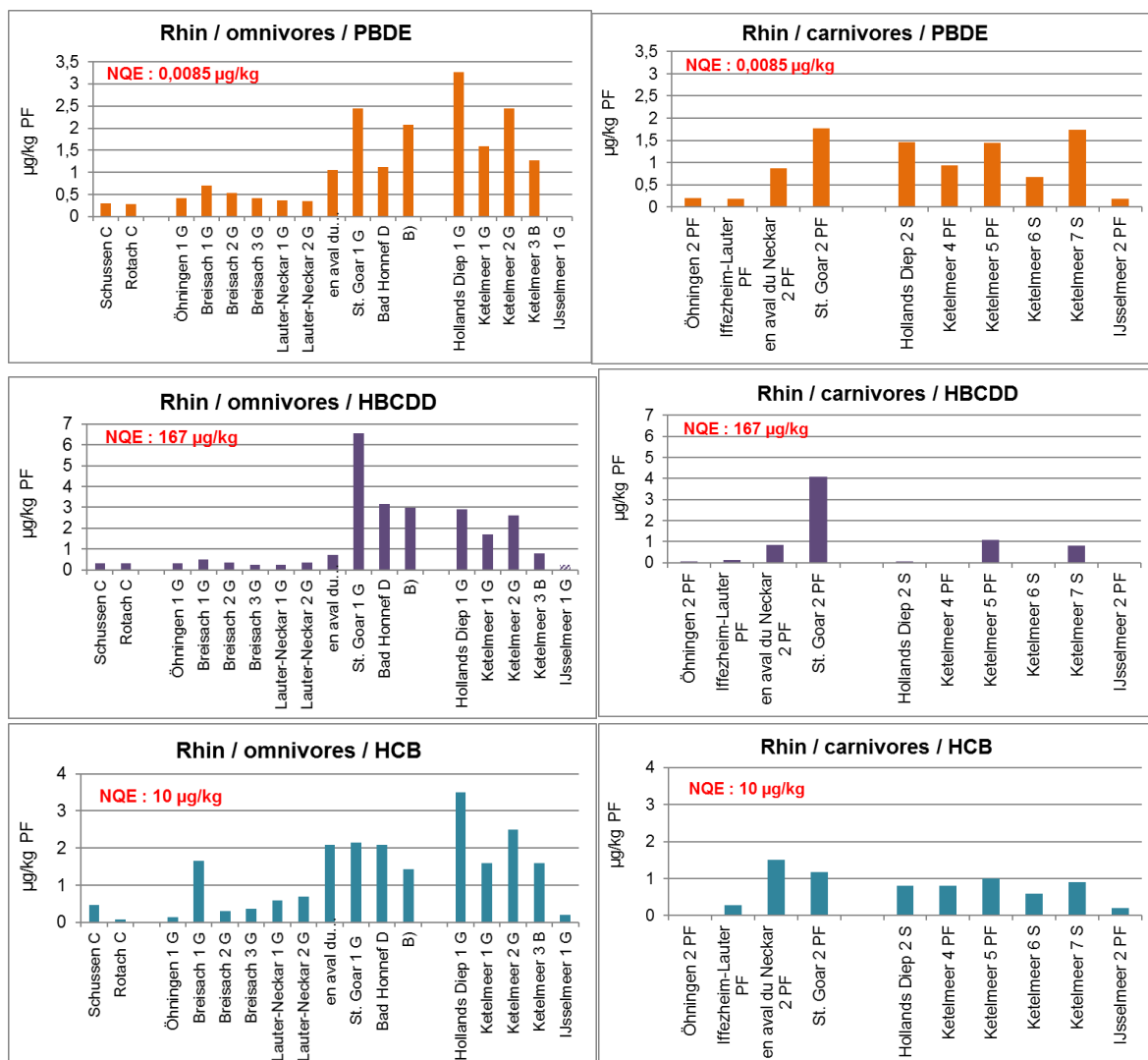


Figure 7 (suite) : distribution spatiale des pressions de polluants sur les poissons du Rhin (y compris Schussen, Rotach et delta du Rhin) en 2014 et 2015. Comparaison de la contamination de poissons omnivores (gardon, chevesne, brème /brème bordelière) et carnivores (perche fluviatile, sandre). Base de données : échantillons composites de filet.

NQE : Norme de qualité environnementale pour le biote. C : chevesne ; G : gardon ; B : brème ; P : perche fluviatile ; S : sandre Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2). Les analyses dans le delta du Rhin ont porté sur des poissons subadultes (2+) (n° des échantillons : Ketelmeer : 2,3,5,7) et poissons adultes (>>2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 1, 2 ; Ketelmeer : 1,4,6 ; IJsselmeer : 1,2).

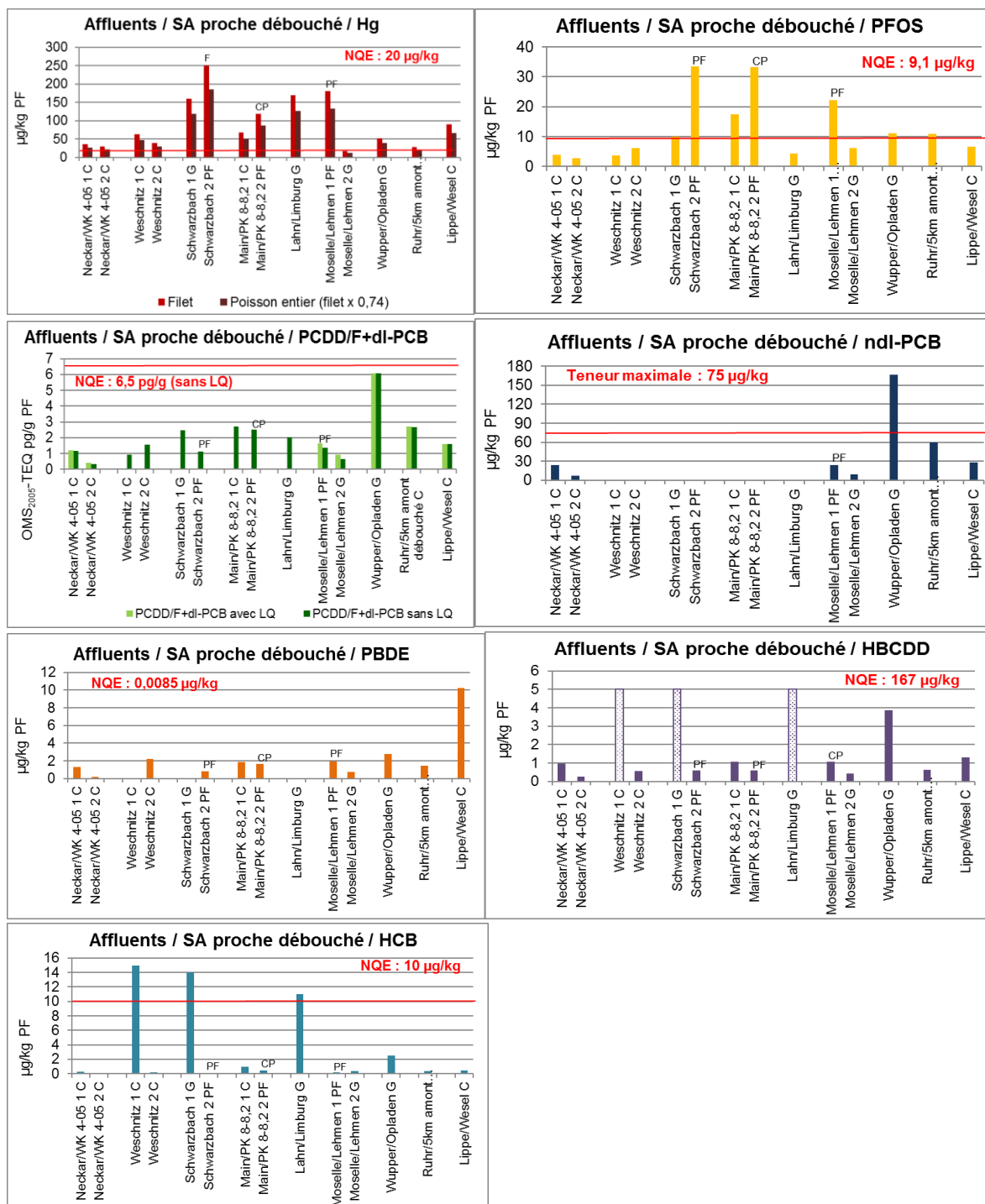


Fig. 8 : contamination des poissons d'affluents du Rhin en 2014 et 2015. Comparaison de la contamination des gardons, des chevesnes et des perches fluviales. Les figures portent sur les stations d'analyse (SA) les plus proches des débouchés dans le Rhin des affluents Neckar, Weschnitz, Schwarzbach, Main, Lahn, Moselle, Wupper, Ruhr et Lippe. Lorsque les concentrations d'HBCDD sont inférieures à la limite de quantification, on utilise comme valeur la moitié de la limite de quantification (colonnes claires). Base de données : échantillons composites de filet. NQE : Norme de qualité environnementale pour le biote. C : chevesne ; G : gardon ; P : perche fluviale. Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2).

La figure 8 fait état de la contamination des poissons dans des **SA situées sur des affluents du Rhin à proximité du débouché** dans le Rhin ou bien, si aucun échantillon n'a été prélevé dans une SA proche du débouché, dans les SA les plus proches du débouché dans le Rhin. Les figures présentent toutes les espèces piscicoles analysées dans ces SA mais les poissons carnivores (exclusivement des perches fluviatiles ici) sont signalés spécifiquement par un « P ».

La teneur d'Hg dans le filet et dans le poisson entier est supérieure à la NQE dans la plupart des SA. Les gardons de la SA Lehmen/Moselle sont les seules exceptions. Dans les SA où les échantillons prélevés englobent à la fois des poissons omnivores et des perches fluviatiles, ces dernières sont en général plus contaminées.

Des concentrations d'Hg particulièrement élevées sont détectées dans les SA Schwarzbach/Trebur-Astheim et Lahn/Limburg, ainsi que dans des perches fluviatiles de la SA Moselle/Lehmen (tab. A2, annexe).

Pour le PFOS également, la pression sur les perches fluviatiles est plus élevée que celle sur les poissons omnivores de la même SA. La NQE est dépassée dans la SA Schwarzbach/Trebur-Astheim, au PK 8,0-8,2 du Main, dans les SA Opladen/Wupper et dans la Ruhr à 5 km en amont du débouché dans le Rhin, ainsi que dans des perches fluviatiles de la SA Moselle/Lehmen.

La NQE fixée pour PCDD/F+dl-PCB est respectée dans toutes les SA représentées ici. Des concentrations relativement élevées de 6,1 pg/g OMS(2005)-TEQ sont identifiées dans des gardons de la SA Wupper/Opladen. C'est également le seul échantillon dans lequel la concentration de PCB de type non dioxine, de 167 µg/kg PF, dépasse sensiblement la teneur maximale autorisée dans les denrées alimentaires. Des poissons prélevés dans la SA Ruhr située 5 km en amont du débouché dans le Rhin (tab. A2, annexe) affichent également une contamination relativement élevée par les PCDD/F+PCB type dioxine et les PCB de type non dioxine.

Le PBDE est nettement supérieur à la NQE dans tous les échantillons. La concentration la plus élevée de 10,3 µg/kg est détectée dans des chevesnes de la SA Lippe/Wesel (tab. A2, annexe).

La concentration d'HBCDD est toujours très inférieure à la NQE. Les concentrations relativement élevées de 5 µg/kg PF qui ressortent de la figure 8 portent sur des concentrations inférieures à la limite de quantification analytique, à savoir de 10 µg/kg PF dans ce cas. Pour montrer que l'HBCDD est analysé dans les échantillons concernés, on intègre comme valeur la moitié de la limite de quantification dans la figure.

Des concentrations d'HCB supérieures à la NQE ne sont détectées que dans des chevesnes de la SA Weschnitz/ Biblis-Wattenheim (15 µg/kg PF), des gardons de la SA Schwarzbach/Trebur-Astheim (14 µg/kg PF) et des gardons de la SA Lahn/Limburg (11 µg/kg PF) (tab. A2 annexe).

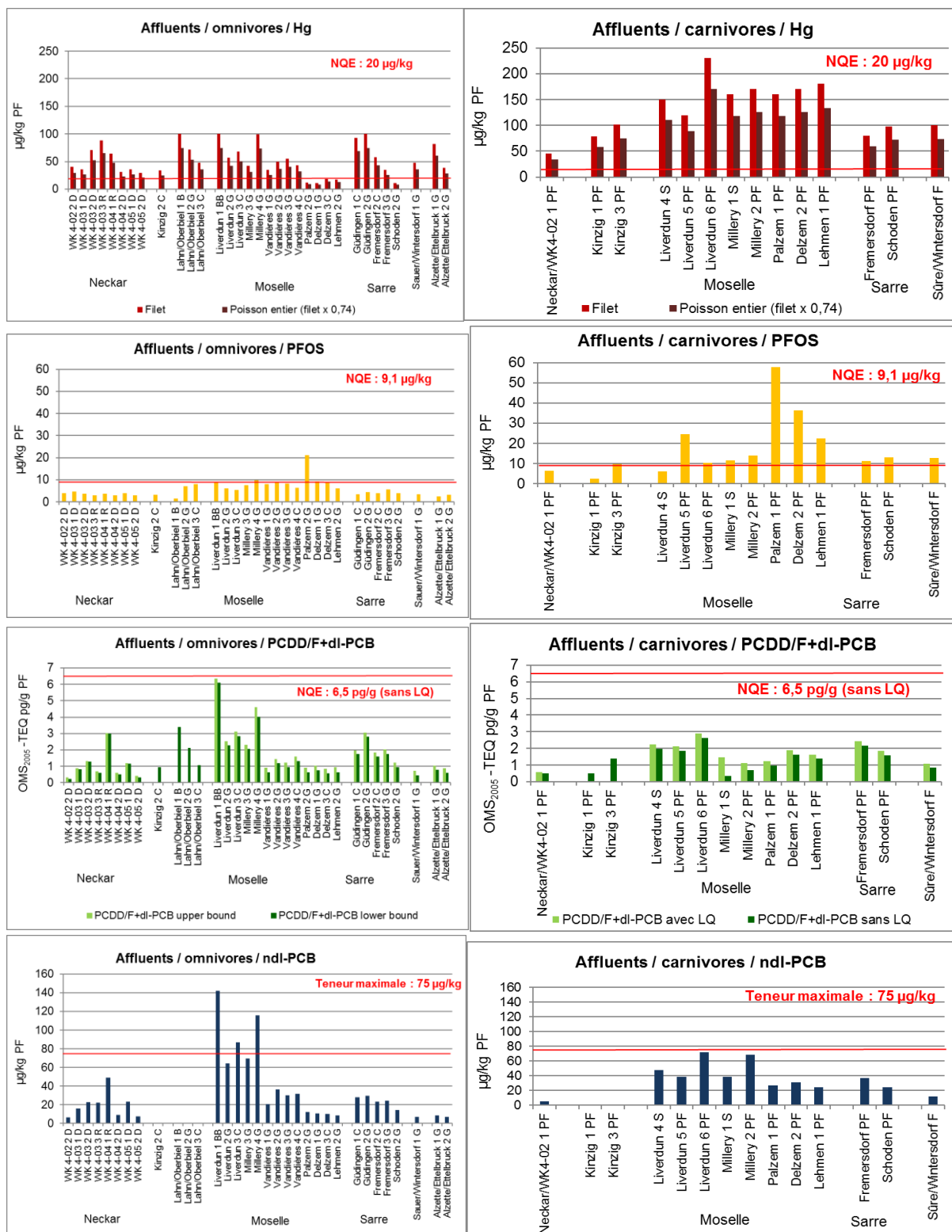


Fig. 9 : contamination des poissons prélevés dans le Neckar, la Lahn, la Moselle, la Kinzig, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015. Comparaison de la contamination de poissons omnivores (gardon, chevesne, brème /brème bordelière) et carnivores (perche fluviatile, sandre). Base de données : échantillons composites de filet. NQE : Norme de qualité environnementale pour le biote. C : chevesne ; G : gardon ; B : brème ; P : perche fluviatile ; S : sandre Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2).

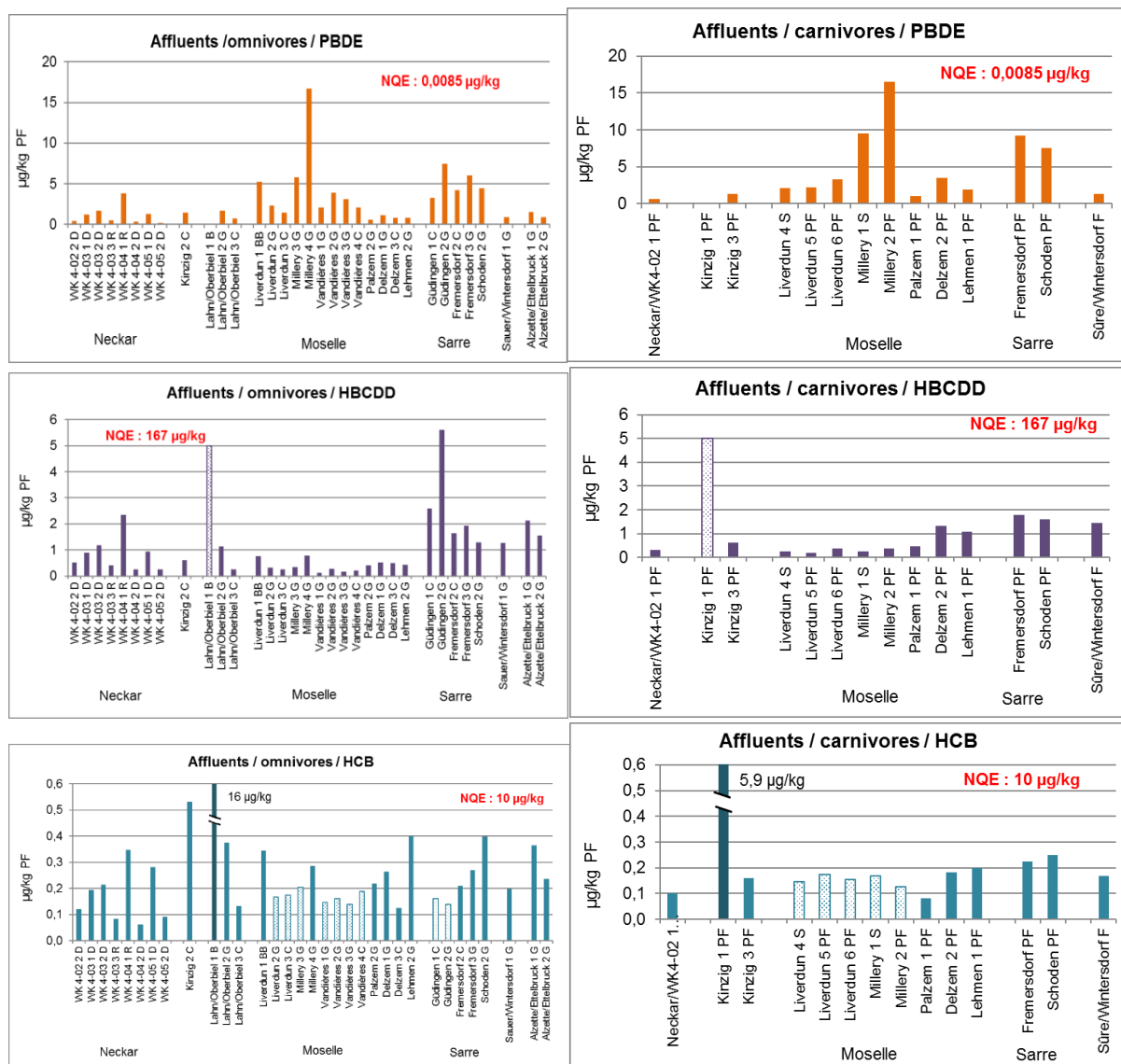


Fig. 9 (suite) : Contamination des poissons prélevés dans le Neckar, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015. Comparaison de la contamination de poissons omnivores (gardon, chevesne, brème /brème bordelière) et carnivores (perche fluviatile, sandre). Lorsque les concentrations d'HBCDD et d'HCB sont inférieures à la limite de quantification, on utilise comme valeur la moitié de la limite de quantification (colonnes claires). Base de données : échantillons composites de filet. NQE : Norme de qualité environnementale pour le biote. C : chevesne ; G : gardon ; B : brème ; P : perche fluviatile ; S : sandre Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2).

Les contaminations des poissons prélevés dans le **Neckar**, la **Lahn** et la **Moselle**, affluents du Rhin, dans la **Kinzig**, affluent du Main, dans la **Sarre** et la **Sûre**, affluents de la Moselle, et dans l'**Alzette**, tributaire de la Sûre, sont présentées dans la figure 9.

Les concentrations de mercure dans des poissons prélevés dans les affluents sont en majeure partie supérieures à la NQE, sachant que les poissons carnivores affichent des teneurs nettement plus élevées. Seuls des gardons et chevesnes des SA de Palzem, Detzem et Lehmen sur la Moselle et de la SA de Schoden sur la Sarre respectent les NQE

(tab. A2, annexe). La contamination des poissons omnivores prélevés dans la Moselle et la Sarre diminue vers l'aval, ce qui n'est pas le cas pour les poissons carnivores.

La teneur de PFOS la plus élevée est relevée dans des poissons de la SA Moselle/Palzem. La NQE n'est dépassée dans les poissons omnivores que dans cette station et dans celle de Moselle/Millery. A l'opposé, les poissons carnivores affichent presque partout des concentrations dépassant la NQE (exception : perches fluviatiles de la SA Neckar/WK4-02 et sandres de la SA Moselle/liverdun (tab. 2, annexe).

La NQE du PCDD/F et des PCB de type dioxine est respectée dans tous les échantillons quand les résultats d'analyse ne sont pas standardisés à un taux de graisse de 5 %, mais ces résultats sont régulièrement proches de la NQE, de sorte que les valeurs mesurées dépassent la NQE après standardisation à un taux de graisse de 5 % en raison de la faible teneur en graisse des échantillons composites (cf. données tirées du Rhin, figure 10, chap. 4.5). Des concentrations relativement élevées de 6,1 et 4,0 pg/g WHO(2005)-TEQ (en dehors de la limite de quantification) sont détectées sur des brèmes bordelières du cours amont de la Moselle (SA de Liverdun et de Millery). Ces deux échantillons affichent également les concentrations les plus élevées de PCB de type non dioxine (142 µg/kg et 116 µg/kg). Ils dépassent ainsi, avec les chevesnes de Liverdun, la valeur limite de 75 µg/kg de PCB de type non dioxine fixée pour les denrées alimentaires (tab. A2, annexe). La contamination des poissons omnivores prélevés dans la Moselle et la Sarre par les PCDD/F+PCB de type dioxine et par les PCB de type non dioxine diminue vers l'aval. Une tendance similaire est observée pour les PCB de type non dioxine dans des poissons carnivores.

La NQE du PBDE est également dépassée systématiquement dans les affluents. Des pressions particulièrement élevées sont détectées dans la Moselle amont à Millery et dans la Sarre.

La contamination des poissons par l'HBCDD est faible (toutes les concentrations sont nettement inférieures à la NQE). Les concentrations les plus élevées sont détectées dans des poissons de la Sarre (max. 5,6 µg/kg), de l'Alzette et dans des chevesnes prélevés dans la SA Neckar/WK4-03 sur le Neckar. En revanche, les valeurs relativement élevées de 5 µg/kg constatées dans des brèmes de la SA Lahn/Oberbiel-Altenberg et dans des perches fluviatiles de la Kinzig sont dues à des concentrations inférieures à la limite de quantification et pour lesquelles a appliqué comme valeur la moitié de la limite de quantification.

L'HCB ne dépasse la NQE que dans un échantillon : celui de brèmes prélevées dans la SA Lahn/Oberbiel-Altenberg avec 16 µg/kg, une concentration nettement supérieure à celle de tous les autres échantillons. Des perches fluviatiles de la Kinzig sont également fortement contaminées (5,9 µg/kg, tabl. A2, annexe).

4.5 Comparaison géographique sur la base de résultats d'analyse standardisés

Pour faciliter la comparaison géographique des pressions dans le Rhin, les données obtenues sur les gardons et celles sur les perches fluviales ont été examinées de manière distincte (fig. 10). Ces deux espèces piscicoles ont été prélevées dans la majorité des SA du Rhin et du delta du Rhin. Pour rehausser la comparabilité des données, les concentrations des polluants liposolubles PCDD/F+dl-PCB, ndl-PCB, PBDE, HBCDD et HCB ont été standardisées à un taux de graisse de 5%. Pour les brèmes et les chevesnes, on ne dispose que de 3 et 4 jeux de données du Rhin pour effectuer une standardisation à la teneur en graisse. Il n'est donc pas judicieux de présenter l'évolution spatiale.

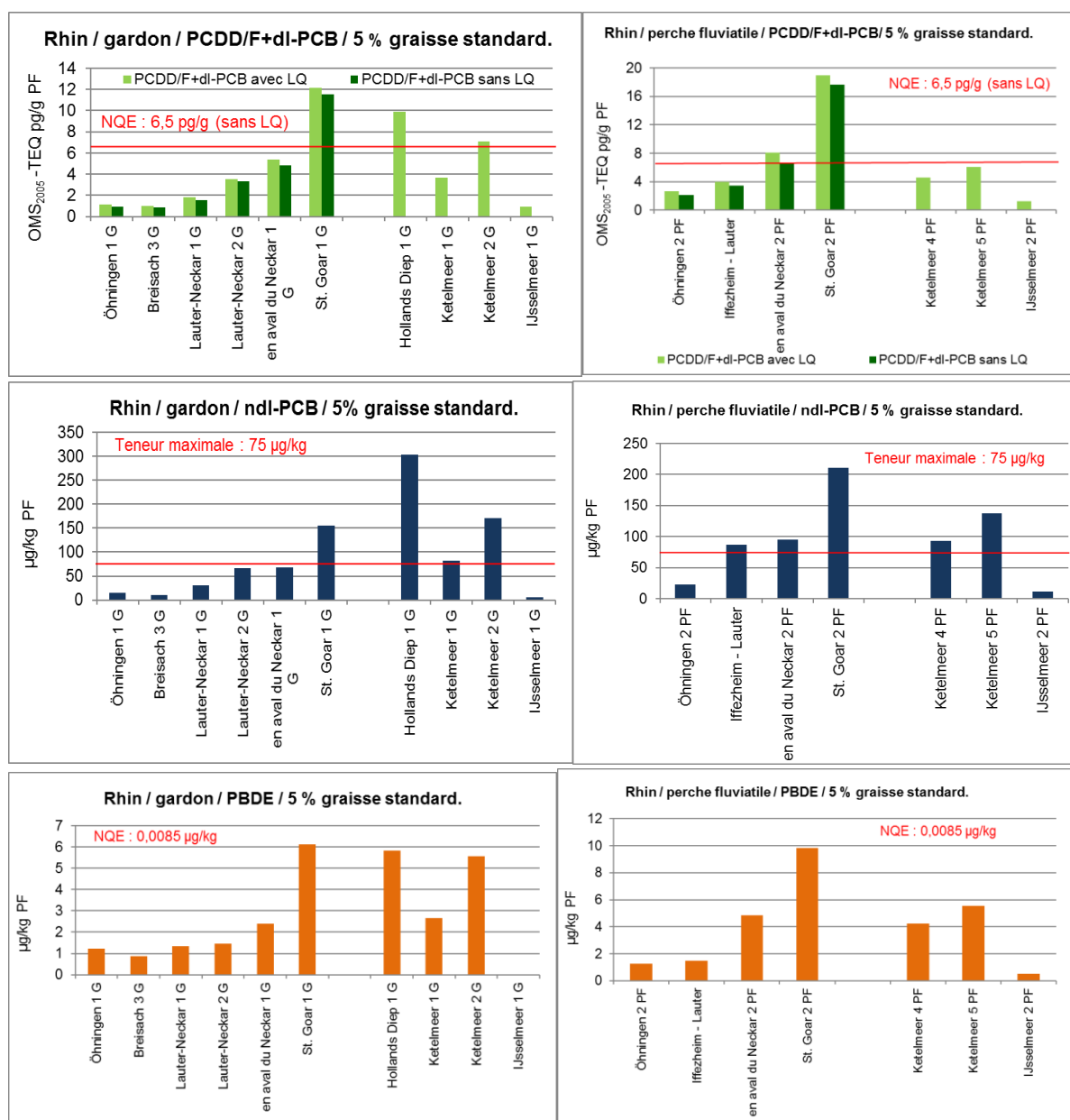


Fig. 10 comparaison de la pression des PCDD/F+dl-PCB, ndl-PCB et PBDE sur les gardons (à gauche) et les perches fluviales (à droite) prélevés dans le Rhin et le delta du Rhin. Base de données : concentrations standardisées à un taux de graisse de 5 %

dans des échantillons composites de filet de 2014 et 2015. Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2). Les analyses dans le delta du Rhin ont porté sur des poissons subadultes (2+) (n° des échantillons : Ketelmeer : 2,5,7) et poissons adultes (>>2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 1, ; Ketelmeer : 1,4, ; IJsselmeer : 1,2).

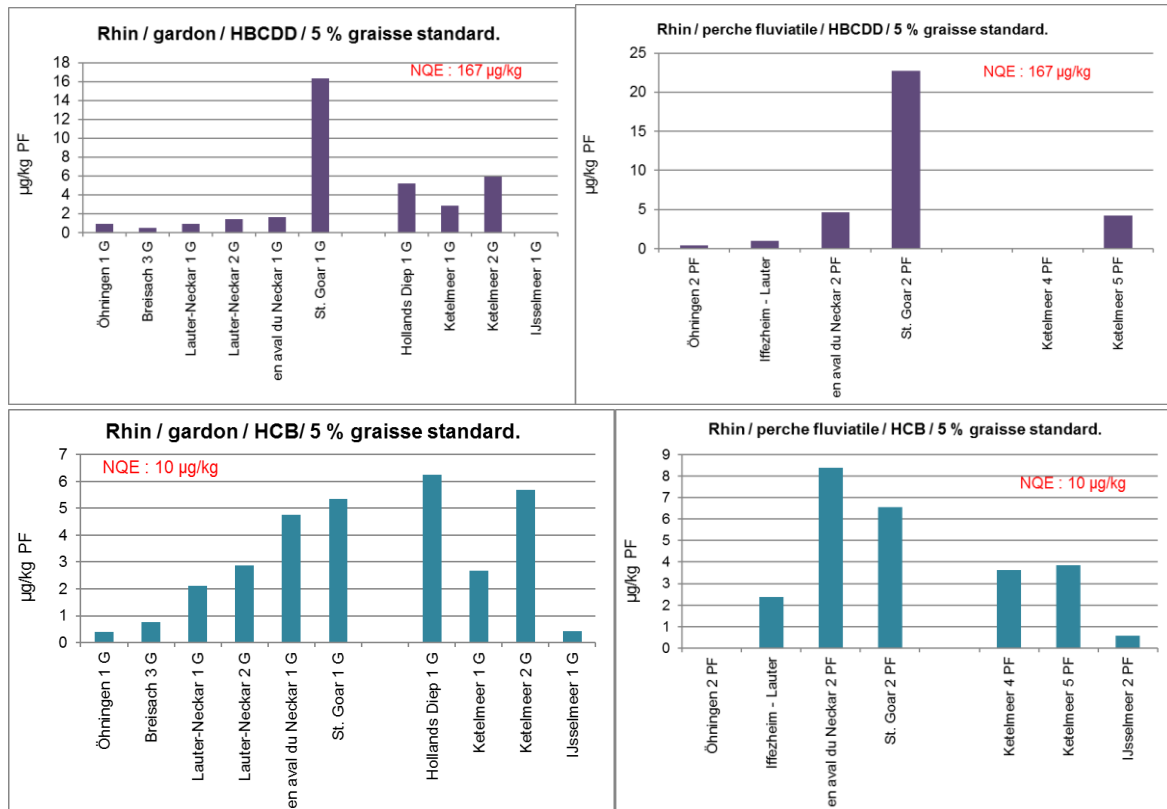


Fig. 10 (suite) : (suite) : comparaison de la pression de l'HBCDD et de l'HCB sur les gardons (à gauche) et les perches fluviales (à droite) prélevés dans le Rhin et le delta du Rhin. Base de données : concentrations standardisées à un taux de graisse de 5 % dans des échantillons composites de filet de 2014 et 2015. Les numéros d'échantillons servent à classer ces échantillons (tab. 2). Les analyses dans le delta du Rhin ont porté sur des poissons subadultes (2+) (n° des échantillons : Ketelmeer : 2,5,7) et poissons adultes (>>2+) (n° des échantillons : Hollands Diep : 1, ; Ketelmeer : 1,4, ; IJsselmeer : 1,2).

La pression par les PCDD/F+dl-PCB, ndl-PCB, PBDE et HBCDD augmente vers l'aval jusqu'à St. Goar et l'on note tout particulièrement des concentrations d'HBCDD relativement élevées dans des poissons de la SA St. Goar (voir fig. 7). Une augmentation des concentrations d'HCB vers l'aval est également reconnaissable dans les gardons et cette tendance se confirme jusque dans le delta du Rhin à Hollands Dieps (comme d'ailleurs également pour les PCB de type non dioxine).

5 Références bibliographiques

Ahrens L, Siebert U, Ebinghaus R (2009): Total body burden and tissue distribution of polyfluorinated compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight. Mar Pollut Bull 58: 520 - 525

Becker L, Hennecke D, Düring RA (2010): Expositions Betrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxin, dioxinähnlichen PCB und PCB – Literaturstudie. Texte 57 / 2011, Office fédéral allemand de l'environnement Dessau-Roßlau, 198 S.

Brooke D, Footitt A, Nwaogu TA (2004): Environmental Risk Evaluation Report: Perfluorooctanesulphonate (PFOS). Environmental Agency. Chemicals Assessment Section, Wallingford OX10 8BD, UK. ISBN: 978-1-84911-124-9

Carloni D (2009): Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) production and use: Past and current evidence. UNIDO Report

CIPR (2011) : Rapport sur la contamination de la faune piscicole par les polluants dans le bassin du Rhin. Analyses réalisées et en cours de réalisation dans les Etats riverains du Rhin. Commission Internationale pour la Protection du Rhin. Rapport CIPR n° 195, 74 pages

Covaci A, Gerecke AC, Law RJ, Voorspoels S, Kohler M, Heeb NV, Leslie H, Allchin CR, de Boer J (2006): Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: a review. Environ Sci Technol 40:3679–3688

Dioxin-Datenbank (2018): Dioxindatenbank des Bundes und der Länder.
[http://www.dioxindb.de/f_stoffe_basics.html]

EBFRIP (2010): European brominated flame retardant industry panel. The voluntary emissions control action programme—measurable achievements. Annual Progress Report 2009. Brussels, Belgium. [http://www.vecap.info/uploads/VECAP_report_22%2001.pdf]

Eisler, R (2007): Eisler's Encyclopedia of environmentally hazardous priority chemicals, Elsevier Amsterdam NL, 1. Edition 2007

EQS substance data sheet (2005): Environmental Quality Standards (EQS) substance data sheet. Priority substance No. 21: Mercury and its compounds. Brussels 2005.
[https://circabc.europa.eu/sd/a/ff8e163c-71f6-4fc0-98ef-875a20add4c8/21_Mercury_EQSdatasheet_150105.pdf]

Foekema EM, Kotterman M, Hoek-van Nieuwenhuizen M (2016): Chemische biotamonitoring conform KRW. Methodeontwikkeling en compliance-check 2014/2015. Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES rapport C082/16. 91 blz

Froese R, Pauly D (eds) (2018): FishBase. World Wide Web electronic publication.
[www.fishbase.org, version 02/2018]

Goeritz I, Falk S, Stahl T, Schäfers C, Schlechtriem C (2013): Biomagnification and tissue distribution of perfluoroalkyl substances (PFAS) in market-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environ Toxicol Chem 32:2078-2088

Hillenbrand T, Marscheider-Weidemann F, Strauch M, Heitmann K, Schaffrin D (2007): Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie – Stoffdatenblätter. Umweltbundesamt Forschungsbericht 203 21 280. UBA Texte 29/07. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3312.pdf>

Jones PD, Hu W, De Coen W, Newsted JL, Giesy JP (2003): Binding of perfluorinated fatty acids to serum proteins. Environ Toxicol Chem 22:2639–2649

LAWA-AO (2012) : LAWA-AO Rahmenkonzept Monitoring, Teil B – Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Arbeitspapier IV.3 Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2013/39/EU. Mise à jour de mars 2012.

LAWA-AO (2016) : LAWA-AO Rahmenkonzept Monitoring, Teil B – Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Arbeitspapier IV.3 Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2013/39/EU. Stand 27.10.2016.

Lecloux A (2004): Hexachlorobutadiene – Sources, environmental fate and risk characterization. Science Dossier. Euro Chlor [<http://www.eurochlor.org/media/14939/sd5-hexachlorobutadiene-final.pdf>]

Luebker DJ, Hansen KJ, Bass NM, Butenhoff JL, Seacat AM (2002): Interactions of fluorochemicals with rat liver fatty acid-binding protein. Toxicology 176:175–185

Martin JW, Mabury SA, Solomon KR, Muir DCG (2003): Bioconcentration and tissue distribution of perfluorinated acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environ Toxicol Chem 22:196-204

Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppeler M (2004): Elements and their compounds in the Environment, vol. 2: Metals and their Compounds. 2nd Edition. Wiley-VCH. pp. 932-934

Moermond CTA, Verbruggen EMJ (2013): An evaluation of bioaccumulation data for hexachlorobenzene to derive water quality standards according to the EU-WFD methodology. Int Environ Assess Manag 91: 87-97

Pubchem (2018): Open Chemistry Database. NIH U.S. National Library of Medicine. [<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hexachlorobenzene#section=Top>]

RHmV (2010): Rückstands-Höchstmengenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Oktober 1999 (BGBl. I S. 2082; 2002 I S. 1004), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 19. März 2010 (BGBl. I S. 286) geändert worden ist.

Ritter L, Solomon KR, Forget J, Stemmeroff M, O’Leary C (1995): An Assessment Report on: DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane-Heptachlor-Hexachlorobenzene-Mirex-Toxaphene-Polychlorinated Biphenyls-Dioxins and Furans. The International Programme on Chemical Safety (IPCS) within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). [<http://www.chem.unep.ch/pops/indxhtmls/asses0.html#TOC>]

Sellström U, Kierkegaard A, de Wit C, Jansson B (1998): Polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in sediment and fish from a Swedish river. *Environ Toxicol Chem* 17: 1065–1072

UE (2000) : 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. *Journal officiel (UE)* n° L 327/1, 22/12/2000

UE (2003) : Directive n° 2003/11/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juin 2003 portant vingt-quatrième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (pentabromodiphényléther, octabromodiphényléther) *Journal officiel (UE)* n° L 42/45, 15/2/2003

UE (2006a) : Règlement (CE) n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel (UE)* n° L 364/5, 20/12/2006

UE (2006b) : Directive n° 2006/122/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 portant trentième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (acide perfluorooctanesulfonique). *Journal officiel (UE)* n° L 372/32, 27/12/2006

UE (2008a) : Règlement (CE) n° 629/2008 de la Commission du 2 juillet 2008 modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel (UE)* n° L173/6, 3/7/2008

UE (2008b) : 2008/764/CE : Décision de la Commission du 30 septembre 2008 concernant la non-inscription du dicofol à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations de produits phytopharmaceutiques contenant cette substance. *Journal officiel (UE)* n° L 262/40, 1/10/2008

UE (2010) : Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) : Guidance document no. 25 on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. European Commission. Technical Report - 2010 – 014

UE (2011a) : Règlement (UE) n° 1259/2011 de la Commission du 2 décembre 2011 modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en dioxines, en PCB de type dioxine et en PCB de type non dioxine des denrées alimentaires *Journal officiel (UE)* L 320/18, 3/12/2011

UE (2011b) : Règlement (CE) n° 420/2011 de la Commission du 29 avril 2011 modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel (UE)* n° L 111/3, 30.4.2011

UE (2011c) : Règlement (CE) n° 835/2011 de la Commission du 19 août 2011 modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales d'hydrocarbures

polycycliques aromatiques dans les denrées alimentaires. Journal officiel (UE) n° L 215/4, 20.8.2011

UE (2013) : Directive 2013/39/UE du Parlement Européen et du Conseil du 12 août 2013 portant modification des directives 2000/60/CE et 2008/105/CE sur les substances prioritaires dans le domaine de l'eau. Journal officiel (UE) n° L 226/1, 24.8.2013

UE (2014) : Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) : Guidance document no. 32 on biota monitoring (the Implementation of EQS Biota) under the Water Framework Directive. European Commission. Technical Report – 2014 - 083

UNEP (2001): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Stockholm, 22 May 2001.

[<http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/The12InitialPOPs/tabid/296/Default.aspx>]

UNEP (2006a): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Addendum - Risk profile on perfluorooctane sulfonate. UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5

UNEP (2006b): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Addendum - Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether. UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1

UNEP (2007): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting. Addendum - Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether. UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6

UNEP (2010): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting. Addendum - Risk profile on hexabromocyclododecane. UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2

UNEP (2012): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting. Addendum - Risk profile on hexachlorobutadiene. UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2

UNEP (2013a): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Proposal to list dicofol in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. UNEP/POPS/POPRC.9/3

UNEP (2013b): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. SC-6/13: Listing of hexabromocyclododecane

UNEP (2013c): Minamata Convention on Mercury. United Nations Environment Programme. Geneva, Switzerland: Text agreed upon in UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/3; January 13-19, 2013

UNEP (2016a): Dicofol Draft Risk Profile - Intersessional working group on dicofol. Persistent Organic Pollutants Review Committee

UNEP (2016b): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. SC-7/12: Listing of hexachlorobutadiene

UNEP (2017): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants
UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.1. Report of the Persistent Organic Pollutants Review
Committee on the work of its thirteenth meeting. Addendum. Risk 1.) gestion evaluation on
dicophol.

UNEP (2018): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. [[https://
chem.pops.int/TheConnvention/ThePops/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx](https://chem.pops.int/TheConvention/ThePops/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx)]

Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, de Vito M, Fraland W, Feeley M, Fiedler H,
Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Roes M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A,
Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE (2006): The 2005 World Health Organization
reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like
compounds. Toxicol Sci 93: 223–241

WHO (2006): Concise International Chemical Assessment Document 70 – Heptachlor. First
draft prepared by J. Kielhorn, S. Schmidt and I. Mangelsdorf. World Health Organization.
ISBN 9241530707.

6 Glossaire

dl-PCB	Polychlorobiphenyles de type dioxine
HBCDD	Hexabromocyclododécane
HC	Heptachlore
HCB	Hexachlorobenzène
HCDB	Hexachlorobutadiène
HCE	Époxyde d'heptachlore
Hg	Mercure
log Kow	Logarithme du coefficient n de partage eau/octanol
LQ	Limite de quantification
Max	Maximum (ici : concentration la plus élevée)
Min	Minimum (ici : concentration la plus basse)
MOY	Moyenne
ndl-PCB	Polychlorobiphenyles de type non dioxine
NQE environnementale pour le biote)	Norme de qualité environnementale (ici : norme de qualité environnementale pour le biote)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OMS ₂₀₀₅ -TEQ	Ici : somme de la toxicité de 7 dioxines, 10 furanes et 12 PCB de type dioxine par rapport à la dioxine dite Seveso (2,3,7,8- TCDD). En 2005, l'OMS a attribué des facteurs à ces 29 substances en fonction de leur toxicité relative.
PBDE	Diphényléthers bromés
PCB	Polychlorobiphenyles
PCDD/F	Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes
PF	Poids frais
PFOS	Sulfonate de perfluorooctane et ses dérivés
RHmV	Règlement allemand sur les quantités résiduelles maximales
SA	Station d'analyse
TEQ	Équivalent toxique

7 Annexe

7.1 Tableaux

Tableau A1 : Stations d'analyse évaluées

Tableau A2 : Concentrations polluantes dans les poissons (échantillons composites de filet) analysés dans des stations du Rhin et du bassin du Rhin et comparaison avec les normes de qualité environnementale (NQE) 'biote'.

Tableau A3 : paramètres descriptifs par espèce piscicole et substance. Base de données : échantillons composites de filet, 2014 + 2015, toutes les stations d'analyse évaluées.

7.2 Cartes des pressions

Hg

Fig. A1-1 : concentrations de Hg [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A1-2 : concentrations de Hg [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A1-3 : concentrations de Hg [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A1-4 : concentrations de Hg [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

PFOS

Fig. A2-1 : concentrations de PFOS [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A2-2 : concentrations de PFOS [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A3-3 : concentrations de PFOS [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A2-4 : concentrations de PFOS [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluviatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

PCDD/F+PCB type dioxine

Fig. A3-1 : concentrations de PCDD/F+PCB type dioxine [OMS₂₀₀₅-TEQ sans LQ en pg/g PF] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A3-2 : concentrations de PCDD/F+PCB type dioxine [OMS₂₀₀₅-TEQ sans LQ en pg/g PF] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluviatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A3-3 : concentrations de PCDD/F+PCB type dioxine [OMS₂₀₀₅-TEQ sans LQ en pg/g PF] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A3-4 : concentrations de PCDD/F+PCB type dioxine [OMS₂₀₀₅-TEQ sans LQ en pg/g PF] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluviatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

PCB type non dioxine

Fig. A4-1 : concentrations de PCB type non dioxine [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A4-2 : concentrations de PCB type non dioxine [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluviatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A4-3 : concentrations de PCB type non dioxine [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A4-4 : concentrations de PCB type non dioxine [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluviatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

PBDE

Fig. A5-1 : concentrations de PBDE [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A5-2 : concentrations de PBDE [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A5-3 : concentrations de PBDE [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A5-4 : concentrations de PBDE [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

HBCDD

Fig. A6-1 : concentrations de HBCDD [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A6-2 : concentrations de HBCDD [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A6-3 : concentrations de HBCDD [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A6-4 : concentrations de HBCDD [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

HCB

Fig. A7-1 : concentrations d'HCB [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A7-2 : concentrations d'HCB [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans les stations d'analyse du Rhin et d'affluents du Rhin en 2014 et 2015.

Fig. A7-3 : concentrations d'HCB [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons omnivores (chevesne, gardon, brème/brème bordelière) dans le Neckar, la Kinzig, la Lahn, la Moselle, la Sarre, la Sûre et l'Alzette en 2014 et 2015.

Fig. A7-4 : concentrations d'HCB [$\mu\text{g/kg PF}$] dans les poissons carnivores (sandre, perche fluvatile) dans le Neckar, la Kinzig, la Moselle, la Sarre et la Sûre en 2014 et 2015.

7.3 Tableau synoptique de données néerlandaises supplémentaires sur des poissons subadultes du delta du Rhin

7 Annexe

7.1	Tableaux.....	2
7.2	Cartes des pressions	9
7.3	Tableau synoptique de données néerlandaises supplémentaires sur des poissons subadultes du delta du Rhin (cf. Foekema (2016))	37

7.1 Tableaux

Tableau A1 : Stations d'analyse évaluées

Cours d'eau	PK	Etat / Land	Masse d'eau n°	Nom de la station d'analyse	Observations
Rhin alpin / lac de Constance					
Schussen		D/BW		Affluent du lac de Constance	Autre option pour AT / Fussach
Rotach		D/BW		Affluent du lac de Constance	Autre option pour AT / Bregenzer Ach
Haut Rhin (PK 28-172, Lac de Constance - Bâle)					
Rhin	40	D/BW	2-01	Öhningen	
Rhin supérieur (PK 172-530 du Rhin, Bâle - Bingen)					
Rhin	208	D/BW + F	3-OR1	Breisach (Vieux Rhin)	
Rhin	345	D/BW + F	3-OR4	Iffezheim -- Lauter	
Rhin	386	D/BW + F	3-OR5	Lauter -- Débouché du Neckar	Ajouté à l'évaluation
Rhin	415	D/RLP		en aval du débouché du Neckar	Autre option pour Worms
Weschnitz	5,1	D/HE		Biblis-Wattenheim	
Schwarzbach	1,1	D/HE		Trebur-Astheim	
Bassin du Neckar (PK 428,16, débouché dans le Rhin)					
Neckar	270	D/BW	4-02	amont débouché de la Fils	
Neckar	160	D/BW	4-03	Fils -- Enz	
Neckar	116	D/BW	4-04	Enz -- Kocher	
Neckar	15	D/BW	4-05	Kocher -- Rhin	
Bassin du Main (PK 496,63, débouché dans le Rhin)					
Main	8,0 – 8,2	D/HE	25	Rive droite, PK 8,0 – 8,2	
Kinzig	1,94	D/HE	26	Hanau	
Rhin moyen (PK Rhin 530 – 651, Bingen - Bonn)					
Rhin	555,5	D/RLP	13	St. Goar	Autre option pour Coblenze

Tableau A1 (suite) : Stations d'analyse évaluées

Cours d'eau	PK	Etat / Land	Masse d'eau n°	Nom de la station d'analyse	Observations
Bassin de la Lahn (PK 137,3, débouché dans le Rhin)					
Lahn	119,6	D/HE	29	Oberbiel-Altenberg	
Lahn	57,5	D/HE	30	Limburg	
Moselle/Sarre (PK 581,0, débouché dans le Rhin)					
Moselle	20	D/RLP	18	Barrage de Lehmen	Autre option pour le barrage de Coblenze
Sarre	9	D/RLP	14	Barrage de Schoden	
Sarre	49	D/SL		Fremersdorf	Ajouté à l'évaluation
Sarre	93	D/SL + F		Güdingen/Grosbliederstroff	Ajouté à l'évaluation
Sûre	12	D/RLP + L	16	Wintersdorf	Autre option pour Wasserbillig
Alzette	48,5	L	56	Ettelbrück	
Moselle	166	D/RLP		Detzem	Ajouté à l'évaluation
Moselle	230 D	D/RLP + F + L	15	Palzem	
Moselle	319	PF		Vandières	Ajouté à l'évaluation
Moselle	345	PF		Millery	Ajouté à l'évaluation
Moselle	360	PF		Liverdun	Ajouté à l'évaluation
Rhin inférieur (PK Rhin 651-856, Bonn-Bimmen)					
Rhin	640	D/NRW	32	de Bad Honnef à Rhöndorf	
Wupper	5,4	D/NRW	37	Opladen	
Ruhr	14,3	D/NRW	38	5 km en amont du débouché dans le Rhin	
Lippe	3,7	D/NRW	39	Wesel	
Rhin	865	D/NRW	35	De Clèves-Bimmen à Emmerich	
Delta du Rhin (PK Rhin 860-1032, Lobith–Hoek van Holland)					
Delta du Rhin	992	NL		Hollands Diep	
Delta du Rhin	999	NL		Ketelmeer	
Delta du Rhin	1034	NL		IJsselmeer	

Légende :

D = Allemagne

F = France

NL = Pays-Bas

L = Luxembourg

BW = Bade-Wurtemberg

HE = Hesse

NRW = Rhénanie-du-Nord-

Westphalie

RLP = Rhénanie-Palatinat

SL = Sarre

Tableau A2 : Concentrations polluantes dans les poissons (échantillons composites de filet, concentrations mesurées rapportées au poids frais) analysés dans des stations du Rhin et du bassin du Rhin et comparaison avec les normes de qualité environnementale (NQE) 'biote'. Facteur : degré de dépassement de la NQE (en gras : dépassement le plus élevé). Orange : NQE ; orange foncé : teneur maximale dans les aliments ; rouge : > NQE, vert : < NQE ; jaune : LQ > NQE : aucune indication possible.

Cours d'eau	Lieu de capture	Espèce piscicole	Longueur moyenne	Teneur en graisse	Hg filet	Facteur	Hg poisson entier	Facteur	PFOS	Facteur	PCDD/F+PCB type dioxine	Facteur	PCDD/F+PCB type dioxine	Facteur	PCB type non dioxine	Facteur	PBDE	Facteur	HBCDD	HCB	Facteur	HCBD	HC+HCE	Facteur	Dicofol
			cm	%	20 µg/kg		20 µg/kg		9.1 µg/kg		6.50 avec LQ pg/g		6.50 sans LQ pg/g		75 µg/kg		0.0065 µg/kg		167 µg/kg	10 µg/kg		55 µg/kg	0.0067 µg/kg		33 µg/kg
Schussen	Schussen	Chevesne	22.6	1.2	49	2.5	36.25	1.8	1.3		0.42	0.07	0.34	0.05	6.1		0.31	36.0	0.33	0.47	< LQ	< LQ	0.0471	7.0	< LQ
Rotach	Rotach	Chevesne	24.9	1.2	69	3.5	51.1	2.6	1.7		0.55	0.08	0.47	0.07	4.5		0.29	34.1	0.31	0.08	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	Ohningen	Gardon	23.6	1.7	130	6.5	96.2	4.8	4.0		0.40	0.06	0.31	0.05	5.0		0.41	48.4	0.31	0.13	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	Ohningen	Perche fluviatile	21.6	0.8	75	3.8	55.5	2.8	29.0	3.2	0.43	0.07	0.34	0.05	3.6		0.20	24.0	0.07	< LQ	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	Breisach	Chevesne	17.0		87	4.4	64.4	3.2	19.2	2.1	1.44	0.22	0.97	0.15	7.9		0.71	83.1	0.50	1.65	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	Breisach	Chevesne	19.9	2.4	50	2.5	37.0	1.9	4.0		0.91	0.14	0.94	0.13	8.5		0.53	62.1	0.35	0.31	0.15	< LQ			< LQ
Rhin	Breisach	Gardon	17.3	2.4	54	2.7	40.0	2.0	7.2		0.48	0.07	0.40	0.06	5.2		0.41	48.6	0.23	0.37	0.16	< LQ			< LQ
Rhin	Iffezheim-Lauter	Perche fluviatile	19.1	0.6	12		8.9		17.1	1.9	0.47	0.07	0.41	0.06	10.4		0.18	21.1	0.12	0.29	0.03	< LQ			< LQ
Rhin	Lauter-Neckar	Gardon	20.2	1.4	61	3.1	45.1	2.3	10.8	1.2	0.50	0.08	0.44	0.07	8.6		0.37	44.0	0.26	0.59	< LQ	0.0188	2.8	< LQ	
Rhin	Lauter-Neckar	Gardon	20.0	1.2	53	2.7	39.2	2.0	3.7		0.84	0.13	0.80	0.12	15.8		0.35	41.3	0.34	0.69	0.17	< LQ			< LQ
Rhin	en aval du débouché du Neckar	Gardon	20.3	2.2	140	7.0	104	5.2	83.9	9.2	2.37	0.36	2.12	0.33	30.2		1.06	124.1	0.73	2.09	< LQ	0.0262	3.9	< LQ	
Rhin	en aval du débouché du Neckar	Perche fluviatile	17.5	0.9	190	9.5	141	7.0	33.5	3.7	1.46	0.22	1.20	0.18	17.1		0.87	102.9	0.83	1.51	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	St. Goar	Gardon	19.5	2.0	63	3.2	46.6	2.3	9.1		4.66	0.75	4.62	0.71	61.9		2.45	288.2	6.54	2.14	0.37	0.0223	3.3	< LQ	
Rhin	St. Goar	Perche fluviatile	20.4	0.9	190	9.5	141	7.0	17.2	1.9	3.42	0.53	3.17	0.49	38.0		1.77	208.0	4.09	1.18	< LQ	< LQ			< LQ
Rhin	Bad Honnef	Chevesne	25.7	2.1	61.8	3.1	45.7	2.3	11.8	1.3	2.36	0.36	2.36	0.36	29.0		1.13	132.7	3.15	2.08	0.05	0.046	6.9	< LQ	
Rhin	Clèves-Bimmen	Brème	18.9	0.6	46.3	2.3	34.3	1.7	18.9	2.1	2.38	0.37	2.38	0.37	60.0		2.07	243.4	2.99	1.43	0.22	0.0292	4.4	< LQ	
Hollands Diep	Hollands Diep	Gardon	30.1	2.8	72	3.6	53.3	2.7	6.8		5.53	0.85			170	2.3	3.26	383.5	2.90	3.50	0.30	< LQ			< LQ
Hollands Diep	Hollands Diep	Sandre	39.4	0.9	120	6.0	88.8	4.4	17.0	1.9	1.46	0.22			35.5		1.46	171.8	0.96	0.80	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Gardon	24.5	3.0	77	3.9	57.0	2.8	9.4		2.19	0.34			49.5		1.59	187.1	1.70	1.60	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Gardon	15.8	2.2	42	2.1	31.1	1.6	4.9		3.12	0.48			75.2	1.0	2.45	288.2	2.60	2.50	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Brème	17.8	1.3	50	2.5	37.0	1.9	26.0	2.9	2.01	0.31			36.6		1.27	149.4	0.80	1.60	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Perche fluviatile	20.7	1.1	120	6.0	88.8	4.4	15.0	1.6	1.01	0.16			20.4		0.93	109.4	< LQ	0.80	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Perche fluviatile	11.7	1.3	72	3.6	53.3	2.7	23.0	2.5	1.58	0.24			35.7		1.44	169.4	1.10	1.00	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Sandre	34.0	0.8	160	8.0	118	5.9	21.0	2.3	0.84	0.13			21.7		0.68	80.0	< LQ	0.60	< LQ	< LQ			< LQ
Ketelmeer	Ketelmeer	Sandre	17.7	0.9	100	5.0	74.0	3.7	20.0	2.2	1.39	0.21			45.2		1.74	204.7	0.80	0.90	< LQ	0.09	13.4	< LQ	
Usselmeer	Usselmeer	Gardon	24.6	2.4	120	6.0	88.8	4.4	22.0	2.4	0.44	0.07			2.8		0.6	< LQ	< LQ	0.20	< LQ	< LQ			< LQ
Usselmeer	Usselmeer	Perche fluviatile	23.6	1.7	150	7.5	111	5.6	49.0	5.4	0.42	0.06			3.9		0.18	21.2	< LQ	0.20	< LQ	< LQ			< LQ

Tableau A2 (suite) : concentrations polluantes dans les poissons (échantillons composites de filet, concentrations mesurées rapportées au poids frais) analysés dans des stations du Rhin et du bassin du Rhin et comparaison avec les normes de qualité environnementale (NQE) 'biote'. Facteur : degré de dépassement de la NQE (en gras : dépassement le plus élevé). Orange : NQE ; orange foncé : teneur maximale dans les aliments ; rouge : > NQE, vert : < NQE ; jaune : LQ > NQE : aucune indication possible.

Cours d'eau	Lieu de capture	Espèce piscicole	Longueur moyenne	Teneur en graisse	Hg filet	Facteur	Hg poisson entier	Facteur	PFOS	Facteur	PCDD/F+PCB type dioxine	PCDD/F+PCB type dioxine	PCB type non dioxine	PBDE	Facteur	HBCDD	PCB	Facteur	HCBD	HC+HCE	Facteur	Dicofol
			cm	%	20 µg/kg		20 µg/kg		9,1 µg/kg		6,50 avec LQ pg/g	6,50 sans LQ pg/g	75 µg/kg	0,0085 µg/kg		167 µg/kg	10 µg/kg		55 µg/kg	0,0067 µg/kg		33 µg/kg
Neckar	WK 4-02	Perche fluviatile	17,8	1,4	46	2,3	34,0	1,7	6,3		0,59	0,52	5,3	0,66	78	0,30	0,10		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-02	Chevesne	22,3	0,8	40	2,0	29,6	1,5	4,0		0,31	0,23	6,4	0,42	49	0,51	0,12		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-03	Chevesne	19,1	1,2	36	1,8	26,6	1,3	4,7		0,89	0,81	16,1	1,17	138	0,90	0,20		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-03	Chevesne	21,7	1,3	71	3,6	52,5	2,6	3,7		1,32	1,27	22,7	1,65	194	1,18	0,22		0,04	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-03	Gardon	19,2	0,6	88	4,4	65,1	3,3	2,9		0,69	0,61	22,4	0,47	55	0,42	0,08		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-04	Gardon	23,9	2,5	64	3,2	47,4	2,4	3,7		3,01	2,98	49,0	3,84	452	2,35	0,35		< LQ	0,0318	4,7	< LQ
Neckar	WK 4-04	Chevesne	18,8	0,8	31	1,6	22,9	1,1	3,0		0,60	0,52	9,3	0,31	36	0,26	0,06		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-05	Chevesne	20,5	1,8	36	1,8	26,6	1,3	4,0		1,20	1,15	23,6	1,29	152	0,95	0,28		< LQ	< LQ		< LQ
Neckar	WK 4-05	Chevesne	21,8	0,8	29	1,5	21,5	1,1	2,9		0,41	0,33	7,5	0,20	23	0,25	0,09		< LQ	< LQ		< LQ
Weschnitz	Einhausen-Ost	Chevesne	18,0	0,5	63	3,2	46,6	2,3	3,6			0,93			< LQ	15,0	1,5		< LQ	< LQ		< LQ
Weschnitz	Einhausen-Ost	Chevesne		2,1	39,3	2,0	29,1	1,5	6,1			1,54		2,21	260	0,57	0,16		< LQ	< LQ		< LQ
Schwarzbach	Trebur-Ost	Gardon	18,0	0,7	160	8,0	118	5,9	10,0	1,1		2,47			< LQ	14,0	1,4		< LQ	< LQ		< LQ
Schwarzbach	Trebur-Ost	Perche fluviatile		0,8	250	12,5	185	9,3	33,6	3,7		1,14		0,81	95	0,59	0,10		< LQ	< LQ		< LQ
Main	Rive droite, PK 8,0-8,2	Chevesne	20,0	2,2	67,1	3,4	49,7	2,5	17,4	1,9		2,69		1,84	216	1,07	0,93		0,08	< LQ		< LQ
Main	Rive droite, PK 8,0-8,2	Perche fluviatile	19,0		118	5,9	87,3	4,4	33,2	3,6		2,50		1,66	195	0,59	0,42		0,12	< LQ		< LQ
Kinzig	Hanau	Perche fluviatile	16,0	0,4	79	4,0	58,5	2,9	2,4			0,50			< LQ	5,90			< LQ	< LQ		< LQ
Kinzig	Hanau	Chevesne		5,3	33,8	1,7	25,0	1,3	3,2			0,93		1,48	174	0,60	0,53		< LQ	< LQ		< LQ
Kinzig	Hanau	Perche fluviatile		1,1	101	5,1	74,7	3,7	9,6	1,1		1,37		1,33	156	0,61	0,16		< LQ	< LQ		< LQ
Lahn	Oberbiel-Altenberg	Brème	20,0	3,5	100	5,0	74,0	3,7	1,4			3,40			< LQ	16,0	1,6		< LQ	< LQ		< LQ
Lahn	Oberbiel-Altenberg	Gardon	18,0	2,8	71,6	3,6	53,0	2,6	7,1			2,13		1,68	198	1,15	0,37		< LQ	< LQ		< LQ
Lahn	Oberbiel-Altenberg	Chevesne	22,0	0,7	48	2,4	35,5	1,8	8,0			1,07		0,71	83	0,26	0,13		< LQ	< LQ		< LQ
Lahn	Limburg	Gardon	17,0	3,1	170	8,5	126	6,3	4,3			2,04			< LQ	11,0	1,1		< LQ	< LQ		< LQ

Tableau A2 (suite) : concentrations polluantes dans les poissons (échantillons composites de filet, concentrations mesurées rapportées au poids frais) analysés dans des stations du Rhin et du bassin du Rhin et comparaison avec les normes de qualité environnementale (NQE) 'biote'. Facteur : Degré de dépassement de la NQE (en gras : dépassement le plus élevé). Orange : NQE ; orange foncé : teneur maximale dans les aliments ; rouge : > NQE, vert : < NQE ; jaune : LQ > NQE : aucune indication possible.

Cours d'eau	Lieu de capture	Espèce piscicole	Longueur moyenne	Teneur en graisse	Hq filet	Facteur	Hq poisson entier	Facteur	PFOS	Facteur	PCDD/F+PCB type dioxine	PCDD/F+PCB type dioxine	PCB type non dioxine	Facteur	PBDE	Facteur	HCBDD	HCB	HCBD	HC+HCE	Facteur	Dicofol	
			cm	%	20		20		9.1		6.50	6.50	75		0.0085		167	10	55	0.0067		33	
					µg/kg		µg/kg		µg/kg		avec LQ pg/g	sans LQ pg/g	µg/kg		µg/kg		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		µg/kg	
Moselle	Liverrun	Brème bordelière	19.6	4.4	100	5.0	74.0	3.7	9.0	1.0	6.34	6.11	142	1.9	5.22	614	0.77	0.36	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Liverrun	Gardon	19.8	2.1	57	2.9	42.2	2.1	6.1		2.52	2.28	64.2		2.31	272	0.33	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Liverrun	Chevesne	22.5	0.8	68	3.4	50.3	2.5	5.4		3.11	2.85	87.0	1.2	1.42	167	0.25	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Liverrun	Sandre	39.5	1.1	150	7.5	111	5.6	6.0		2.22	1.95	47.4		2.15	253	0.26	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Liverrun	Perche fluviatile	19.2	1.1	120	6.0	88.8	4.4	24.5	2.7	2.12	1.84	38.9		2.17	255	0.18	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Liverrun	Perche fluviatile	23.8	1.5	230	11.5	170	8.5	10.3	1.1	2.88	2.62	71.8		3.26	384	0.38	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Millery	Sandre	25.9	1.1	160	8.0	118	5.9	11.5	1.3	1.45	0.36	38.5		9.50	1118	0.24	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Millery	Perche fluviatile	19.1	1.4	170	8.5	126	6.3	13.8	1.5	1.10	0.68	68.2		16.5	1941	0.37	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Millery	Gardon	19.0	2.2	42	2.1	31.1	1.6	7.6		2.32	2.06	69.6		5.79	681	0.35	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Millery	Brème bordelière	18.1	3.7	99	5.0	73.3	3.7	9.8	1.1	4.62	4.01	116	1.5	16.7	1965	0.79	0.29	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Vandières	Gardon	19.5	1.9	35	1.8	25.9	1.3	8.0		0.92	0.64	20.6		2.07	244	0.12	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Vandières	Gardon	25.7	3.3	50	2.5	37.0	1.9	9.0	1.0	1.45	1.19	36.5		3.93	462	0.28	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Vandières	Gardon	21.8	1.9	55	2.8	40.7	2.0	8.3		1.23	0.95	30.4		3.07	361	0.18	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Vandières	Chevesne	22.2	1.2	43	2.2	31.8	1.6	6.3		1.58	1.31	31.5		2.09	246	0.22	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Palzem	Perche fluviatile	18.1	1.0	160	8.0	118	5.9	57.8	6.4	1.23	0.95	26.5		1.00	118	0.45	0.08	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Palzem	Gardon	19.0	1.5	12		8.9		21.0	2.3	0.91	0.63	12.5		0.58	68	0.41	0.22	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Detzem	Gardon	18.4	2.0	11		8.1		9.3	1.0	1.04	0.75	11.0		1.12	131	0.53	0.26	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Detzem	Perche fluviatile	18.7	1.2	170	8.5	126	6.3	36.3	4.0	1.89	1.63	31.4		3.49	411	1.33	0.18	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Detzem	Chevesne	20.4	0.8	18		13.3		9.0	1.0	0.85	0.57	10.1		0.80	94	0.50	0.13	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Lehmen	Perche fluviatile	21.4	0.9	180	9.0	133	6.7	22.3	2.5	1.62	1.37	24.1		1.96	230	1.07	0.20	< LQ	< LQ		< LQ	
Moselle	Lehmen	Gardon	20.4	2.1	17		12.6		6.2		0.94	0.64	8.9		0.77	91	0.43	0.40	< LQ	< LQ		< LQ	
Wupper	Opladen	Gardon	13.3	2.3	52.3	2.6	38.7	1.9	11.2	1.2	6.07	6.07	167	2.2	2.80	329	3.85	2.50	1.23		0.08	12	< LQ
Ruhr	km amont débouc	Chevesne	19.1	2.1	27.9	1.4	20.6	1.0	10.9	1.2	2.71	2.66	60.0		1.48	174	0.63	0.39	0.14		0.208	31	< LQ
Lippe	Wesel	Chevesne	29.3	1.1	89.2	4.5	66.0	3.3	6.7		1.61	1.60	28.0		10.3	1206	1.29	0.46	11.50		0.02	3.0	< LQ
Sarre	Güdingen	Chevesne	21.7	1.4	93	4.7	68.8	3.4	3.3		1.97	1.74	28.2		3.30	388	2.60	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Sarre	Güdingen	Gardon	20.0	2.1	100	5.0	74.0	3.7	4.4		3.05	2.80	29.5		7.48	880	5.60	< LQ	< LQ	< LQ		< LQ	
Sarre	Fremersdorf	Perche fluviatile	19.9	1.1	80	4.0	59.2	3.0	11.2	1.2	2.42	2.15	36.7		9.20	1082	1.77	0.23	< LQ		0.0189	2.8	< LQ
Sarre	Fremersdorf	Chevesne	23.0	1.4	58	2.9	42.9	2.1	3.9		1.85	1.58	23.6		4.21	496	1.64	0.21	< LQ	< LQ		< LQ	
Sarre	Fremersdorf	Gardon	19.4	2.0	35	1.8	25.9	1.3	5.5		2.04	1.75	24.6		5.99	705	1.94	0.27	< LQ		0.0198	3.0	< LQ
Sarre	Schoden	Perche fluviatile	21.0	1.1	98	4.9	72.5	3.6	12.9	1.4	1.85	1.60	24.6		7.57	890	1.59	0.25	< LQ		0.021	3.1	< LQ
Sarre	Schoden	Gardon	18.6	2.0	11		8.1		4.0		1.22	0.95	14.3		4.46	525	1.29	0.40	< LQ		0.022	3.3	< LQ
Sûre	Wintersdorf	Gardon	18.6	1.9	48	2.4	35.5	1.8	3.3		0.74	0.46	6.8		0.89	105	1.28	0.20	< LQ		0.0219	3.3	< LQ
Sûre	Wintersdorf	Perche fluviatile	17.7	0.8	100	5.0	74.0	3.7	12.7	1.4	1.09	0.83	11.9		1.36	161	1.44	0.17	< LQ		0.0235	3.5	< LQ
Alzette	Ettelbrück	Gardon	22.0	2.1	82	4.1	60.7	3.0	2.5		1.05	0.79	8.7		1.53	180	2.14	0.36	< LQ		0.0448	6.7	< LQ
Alzette	Ettelbrück	Chevesne	22.0	1.8	39	2.0	28.9	1.4	3.2		0.88	0.60	7.2		0.85	100	1.55	0.24	< LQ		0.0296	4.4	< LQ

Tableau A3 : paramètres descriptifs par espèce piscicole et substance. Base de données : échantillons composites de filet, 2014 + 2015, toutes les stations d'analyse évaluées.

		Teneur en graisse %	Hg [µg/kg]	PFOS [µg/kg]	PCDD/F+dl-PCB, LQ [§] incluse [pg/g OMS ₂₀₀₅ -TEQ]	PCDD/F+dl-PCB, LQ [§] exclue [pg/g OMS ₂₀₀₅ -TEQ]	PCB type non dioxine, LQ [§] incluse [µg/kg]	PBDE [µg/kg]	HBCDD [µg/kg]	HCB [µg/kg]	HCBD [µg/kg]
Chevesne	N	23	24	24	19	24	19	23	24 (1<LQ)*	24 (3<LQ)*	24 (18<LQ)
	MOY	1,52	52,0	6,13	1,31	1,22	22,0	1,68	1,04	1,01	1,99
	ET	0,99	20,7	4,60	0,80	0,78	20,9	2,11	1,13	3,02	4,66
	Minimum	0,50	18,0	1,25	0,31	0,23	4,47	0,20	0,22	0,06	0,04
	Q1	0,80	36,0	3,28	0,72	0,59	7,74	0,62	0,33	0,15	0,05
	Médiane	1,20	48,5	4,02	1,20	1,02	16,1	1,17	0,59	0,21	0,11
	Q3	1,93	67,3	7,03	1,73	1,59	28,1	1,75	1,21	0,46	0,15
	Maximum	5,27	93,0	19,2	3,11	2,85	87,0	10,3	5,00	15,0	11,5
Gardon	N	29	29	29	26	25	26	27	29 (3<LQ)*	29 (6<LQ)*	29 (24<LQ)
	MOY	2,08	68,0	10,1	1,92	1,64	38,5	2,26	1,67	1,56	0,45
	ET	0,62	42,2	14,9	1,57	1,40	43,9	1,95	1,86	3,19	0,45
	Minimum	0,60	11,0	2,53	0,40	0,31	2,76	0,00	0,12	0,08	0,16
	Q1	1,90	42,0	4,30	0,86	0,64	9,42	0,67	0,33	0,20	0,17
	Médiane	2,10	57,0	6,80	1,23	0,95	23,5	1,68	0,73	0,36	0,30
	Q3	2,40	82,0	8,96	2,48	2,13	49,4	3,17	2,35	1,60	0,37
	Maximum	3,30	170	83,9	6,07	6,07	170	7,48	6,54	14,00	1,23
Brème/brème bordelière [#]	N	5	5	5	4	4	4	4	5 (1<LQ)*	5	5 (4<LQ)
	MOY	2,71	79,1	13,0	3,84	3,98	88,7	6,31	2,07	3,93	-
	ET	1,64	28,3	9,55	2,03	1,57	48,7	7,13	1,90	6,77	-
	Minimum	0,64	46,3	1,40	2,01	2,38	36,6	1,27	0,77	0,29	-
	Q1	1,30	50,0	8,96	2,29	3,15	54,2	1,87	0,79	0,35	-
	Médiane	3,50	99,0	9,78	3,50	3,71	88,0	3,64	0,80	1,43	-
	Q3	3,70	100	18,9	5,05	4,54	123	8,09	2,99	1,60	-
	Maximum	4,40	100	26,0	6,34	6,11	142	16,7	5,00	16,0	0,22

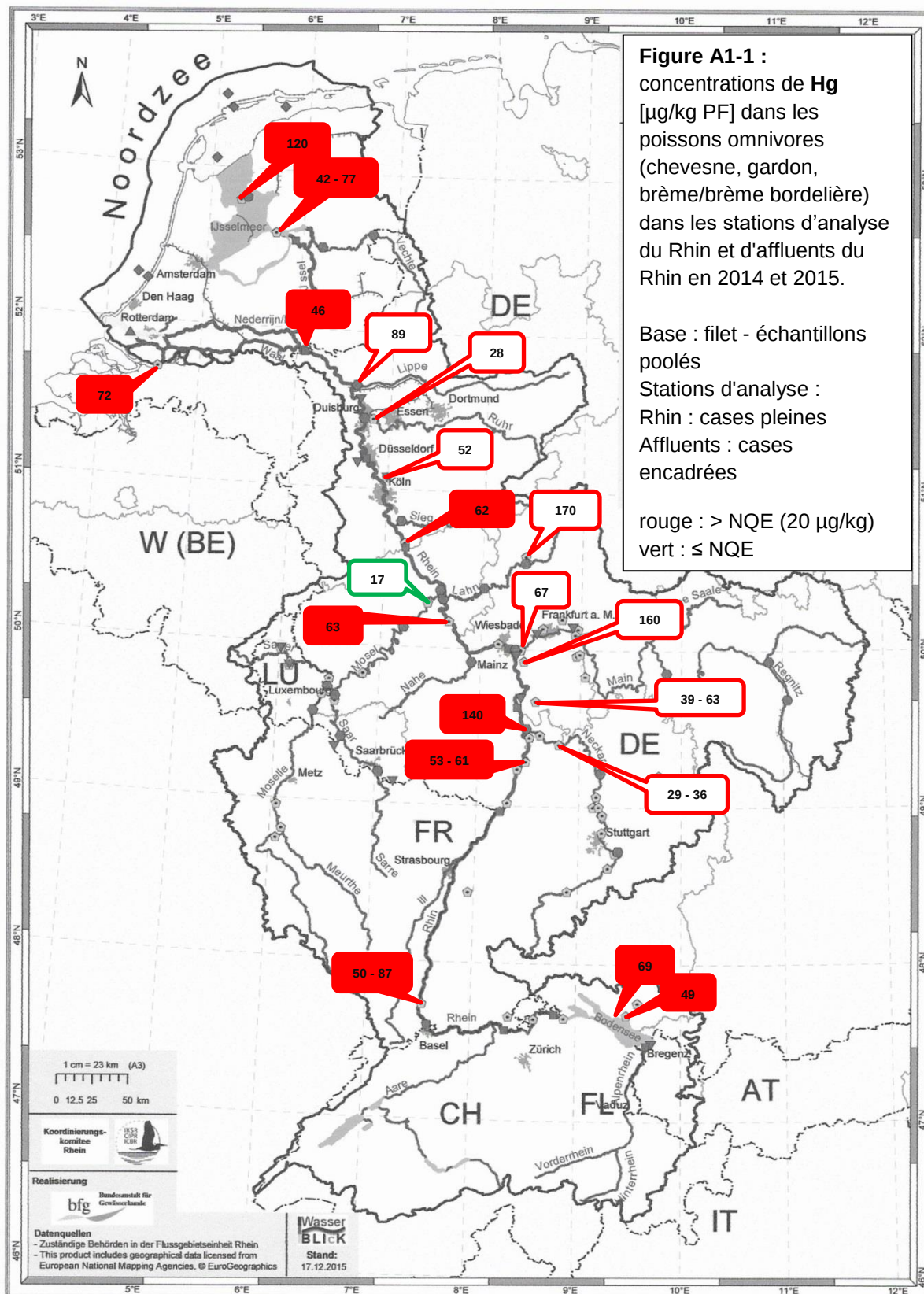
[§] avec LQ : quand les concentrations sont inférieures à la limite de quantification (LQ), la limite de quantification est intégrée comme valeur dans le calcul de la somme ; sans LQ : les concentrations inférieures à la limite de quantification ne sont pas prises en compte dans le calcul de la somme ; * Les valeurs < LQ ont été évaluées comme correspondant à 0,5*LQ ; [#] Les brèmes et les brèmes bordelières sont ici regroupées, car il existe des formes hybrides et il n'est pas toujours possible de distinguer ces deux espèces avec certitude.

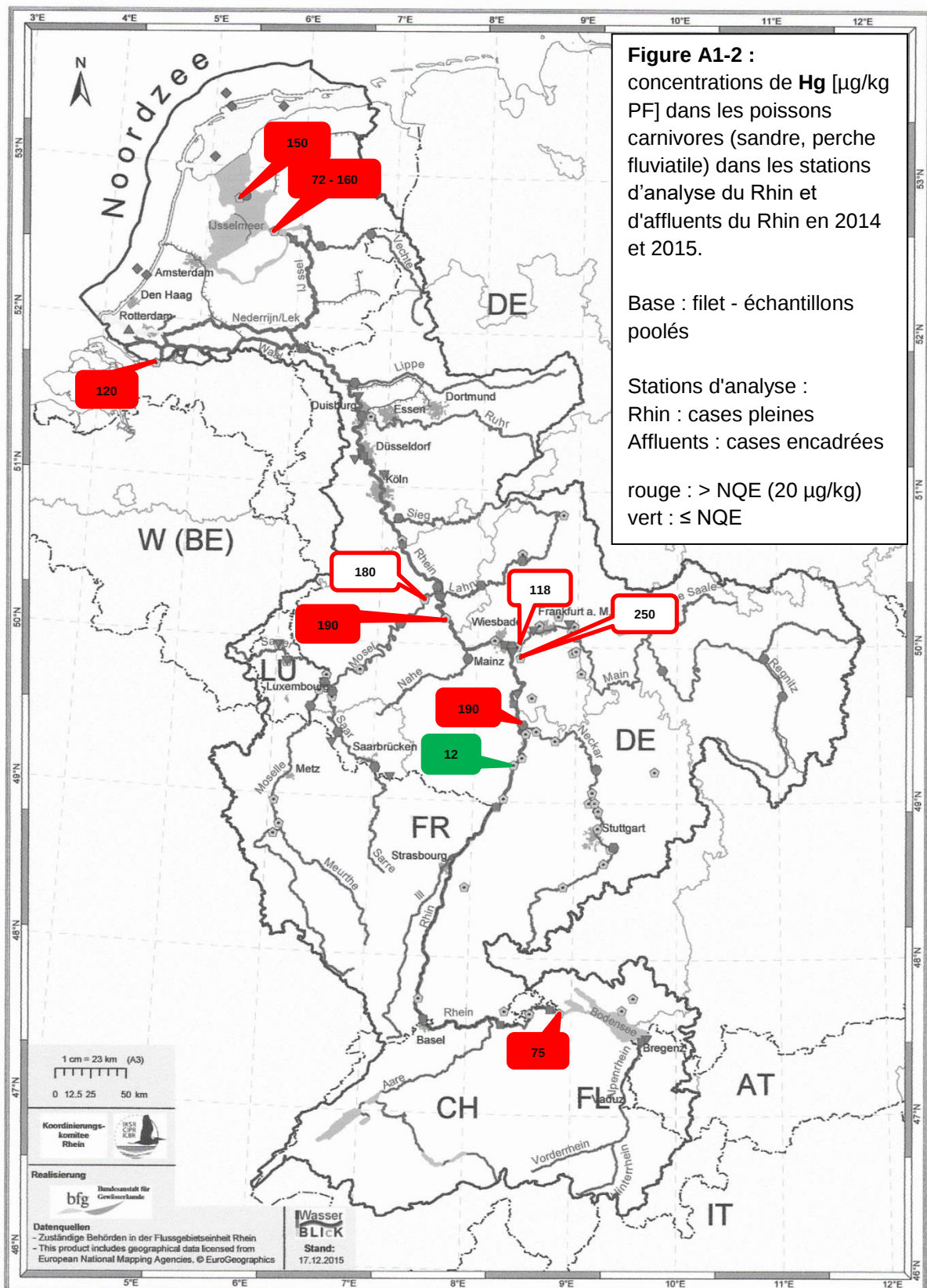
Tableau A3 (suite) : paramètres descriptifs par espèce piscicole et substance, base de données : échantillons composites de filet, 2014 + 2015, toutes les stations d'analyse évaluées.

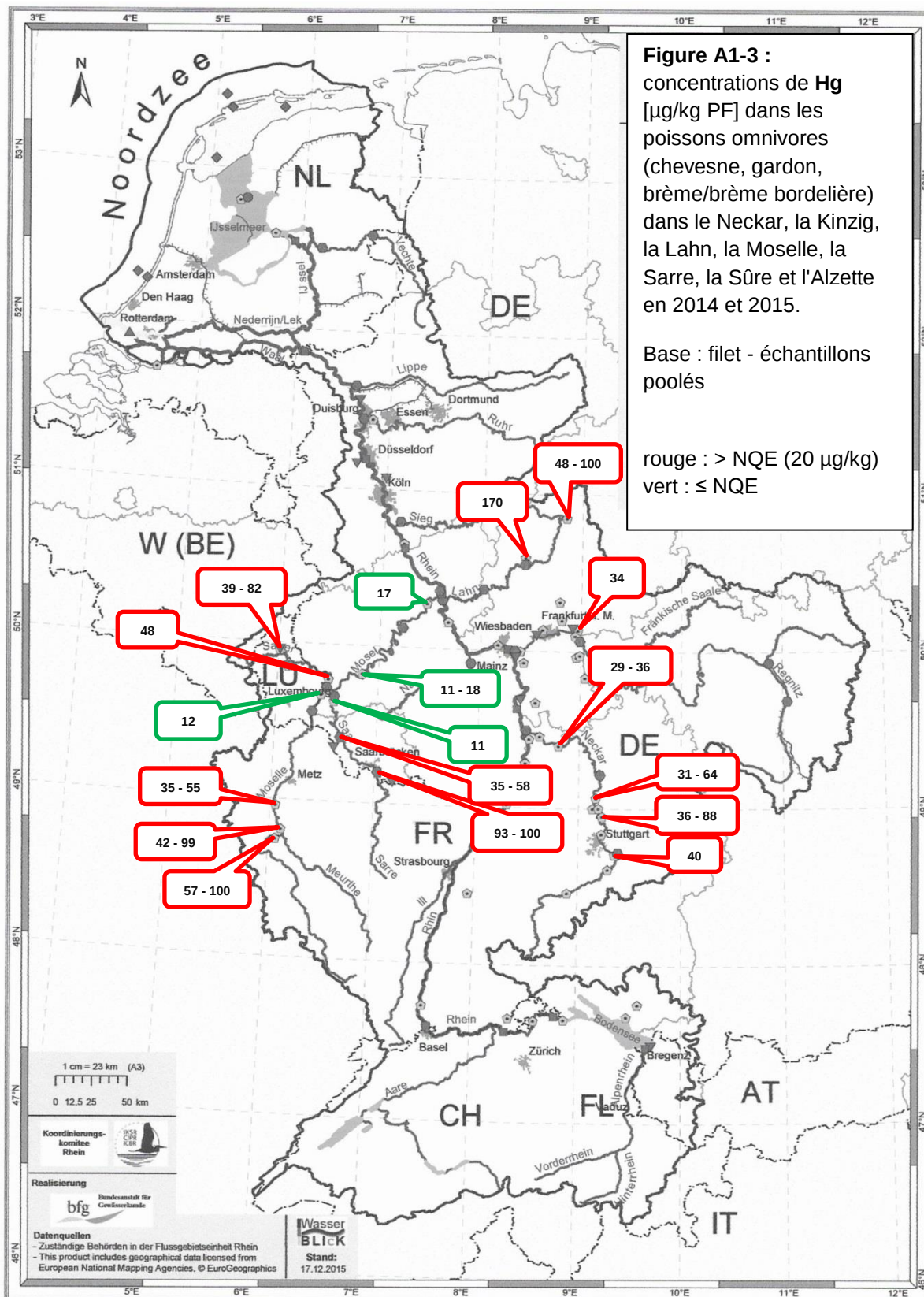
		Teneur en graisse %	Hg [µg/kg]	PFOS [µg/kg]	PCDD/F+dl-PCB, LQ [§] incluse [pg/g OMS ₂₀₀₅ -TEQ]	PCDD/F+dl-PCB, LQ [§] exclue [pg/g OMS ₂₀₀₅ -TEQ]	PCB type non dioxine, LQ [§] incluse [µg/kg]	PBDE [µg/kg]	HBCDD [µg/kg]	HCB [µg/kg]	HCBD [µg/kg]
Sandre	N	5	5	5	5	2	5	5	5 (2<LQ)*	5 (2<LQ)*	6 (6<LQ)
	MOY	0,96	138	15,09	1,47	1,15	37,7	3,11	0,27	0,52	-
	ET	0,13	26,8	6,30	0,49	1,13	10,2	3,61	0,31	0,35	-
	Minimum	0,80	100	5,96	0,84	0,36	21,7	0,68	0,02	0,15	-
	Q1	0,90	120	11,5	1,39	0,76	35,5	1,46	0,06	0,17	-
	Médiane	0,90	150	17,0	1,45	1,15	38,5	1,74	0,24	0,60	-
	Q3	1,10	160	20,0	1,45	1,55	45,2	2,15	0,26	0,80	-
	Maximum	1,10	160	21,0	2,22	1,95	47,4	9,50	0,80	0,90	-
Perche fluviatile	N	20	21	21	17	18	17	20	21 (3<LQ)*	21 (4<LQ)*	21 (19<LQ)
	MOY	1,33	129	22,4	1,50	1,38	27,6	2,83	1,04	0,63	-
	ET	1,32	60,9	14,2	0,86	0,82	19,9	3,98	1,29	1,27	-
	Minimum	0,40	12,0	2,40	0,42	0,34	3,57	0,18	0,02	0,02	0,01
	Q1	0,90	80,0	12,7	1,01	0,72	11,9	0,86	0,30	0,15	-
	Médiane	1,10	120	17,2	1,46	1,29	24,6	1,40	0,59	0,20	-
	Q3	1,30	170	33,2	1,89	1,79	36,7	2,44	1,33	0,42	-
	Maximum	1,70	250	57,8	3,42	3,17	71,8	16,50	5,00	5,90	0,25

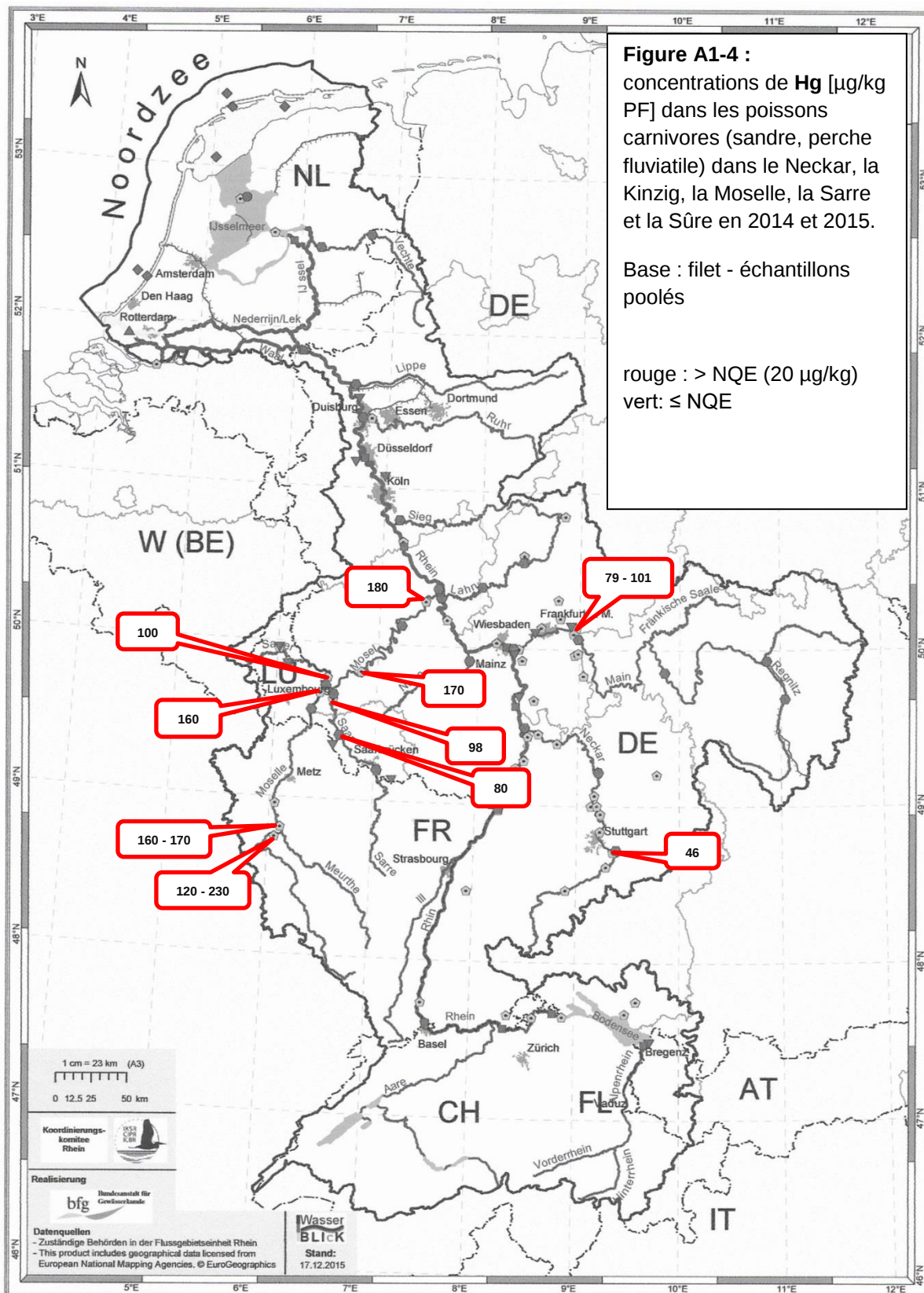
[§] avec LQ : quand les concentrations sont inférieures à la limite de quantification (LQ), la limite de quantification est intégrée comme valeur dans le calcul de la somme ; sans LQ : les concentrations inférieures à la limite de quantification ne sont pas prises en compte dans le calcul de la somme ; * Les valeurs < LQ ont été évaluées comme correspondant à 0,5*LQ ; # Les brèmes et les brèmes bordelières sont ici regroupées, car il existe des formes hybrides et il n'est pas toujours possible de distinguer ces deux espèces avec certitude.

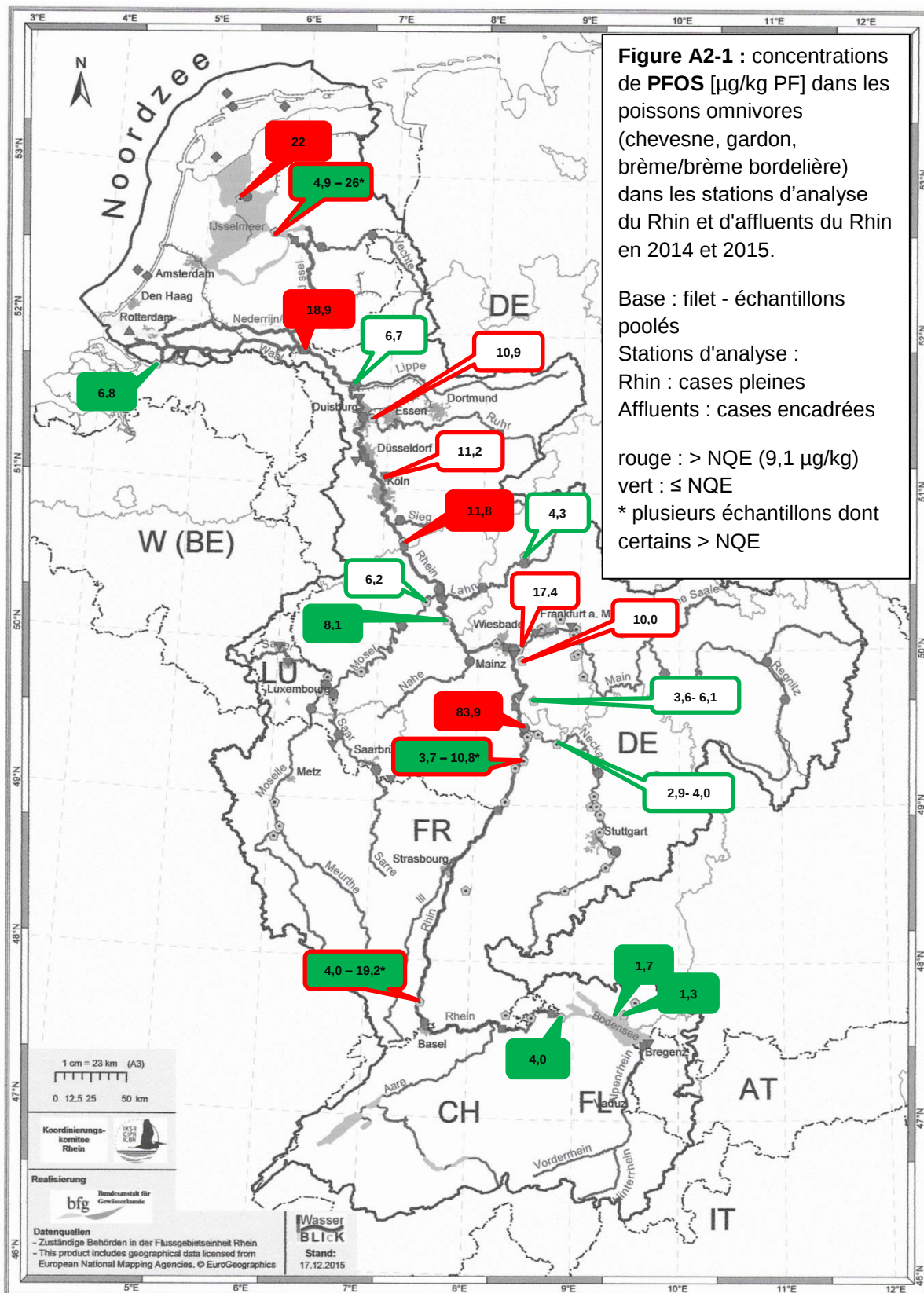
7.2 Cartes des pressions

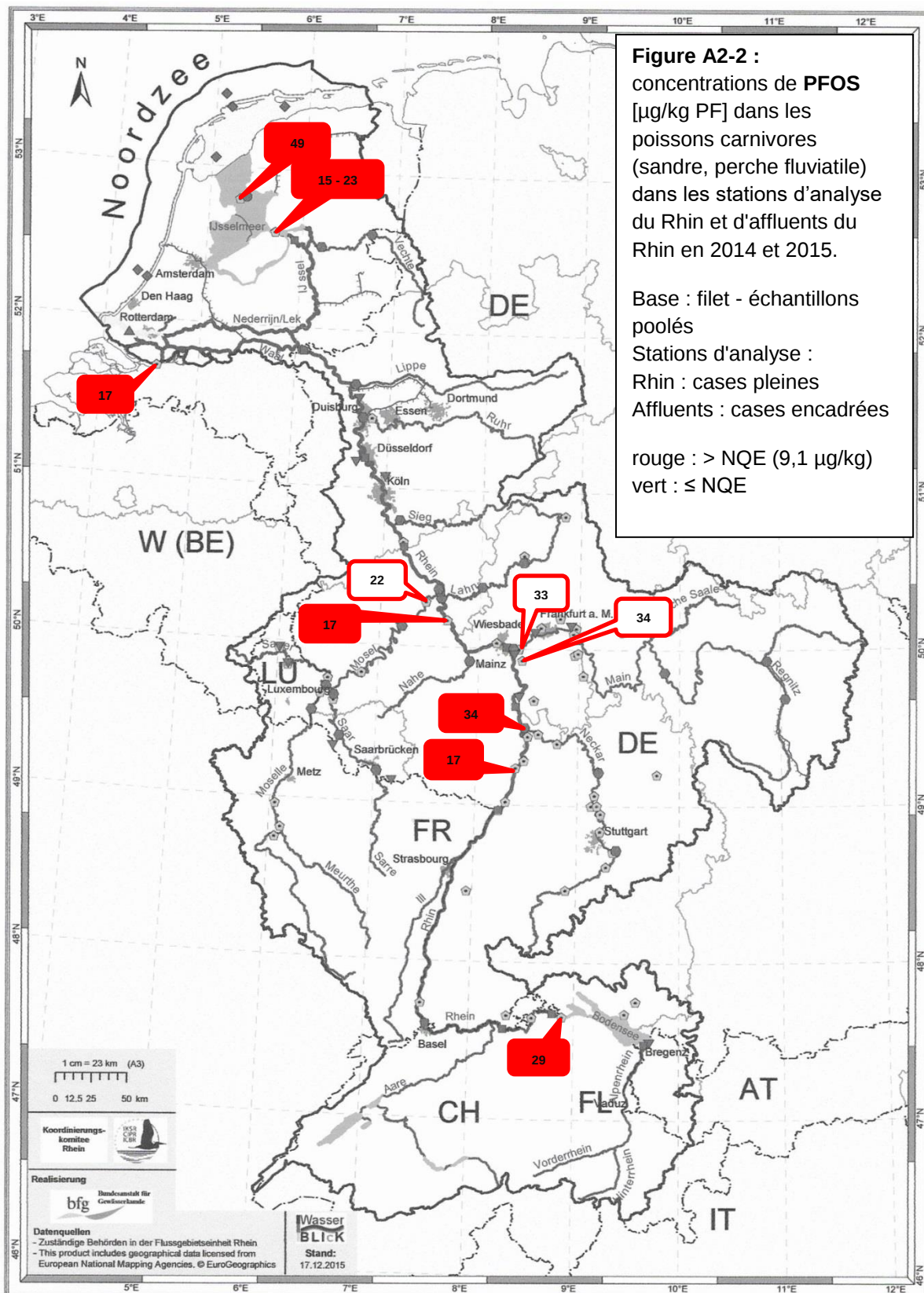


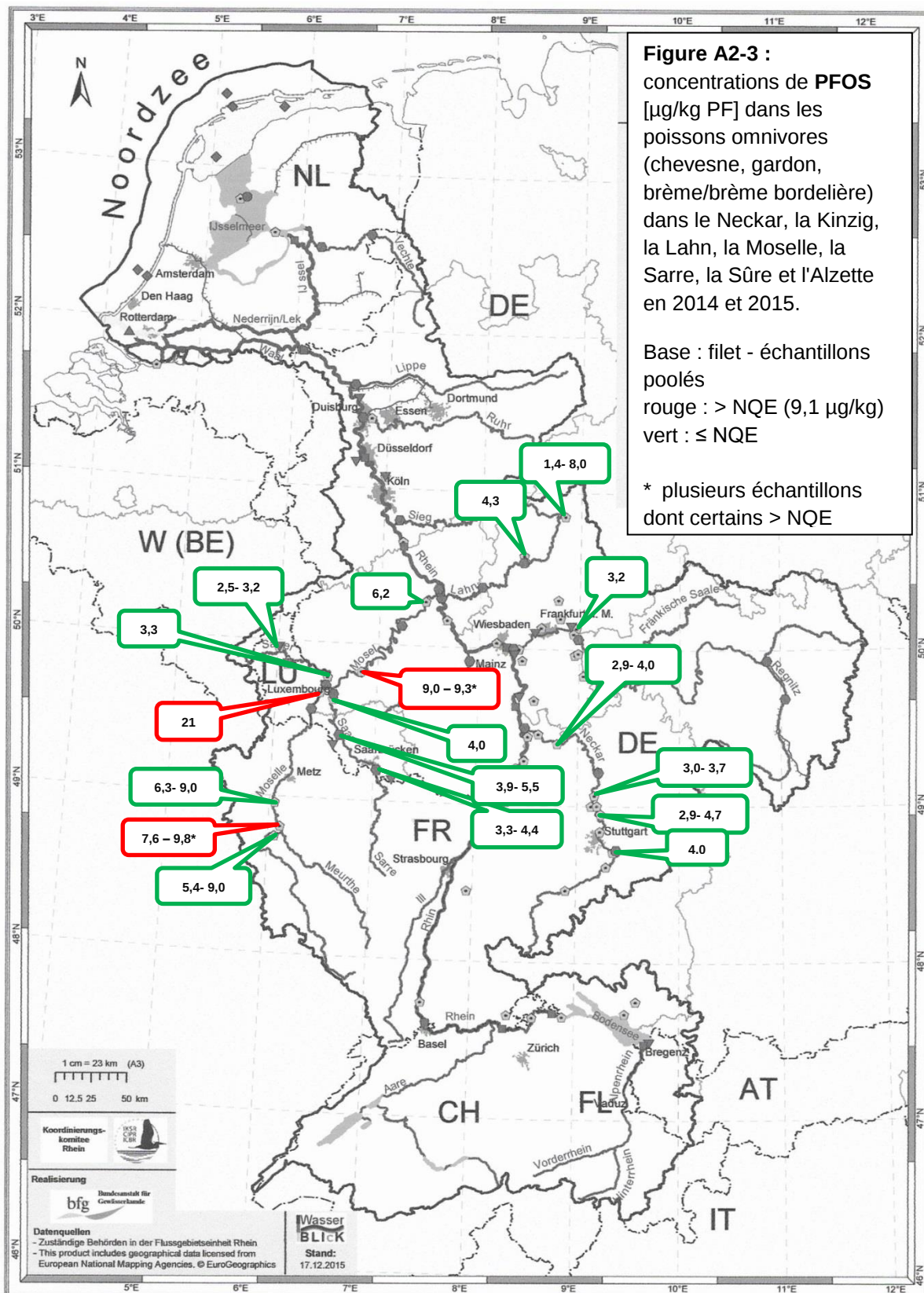


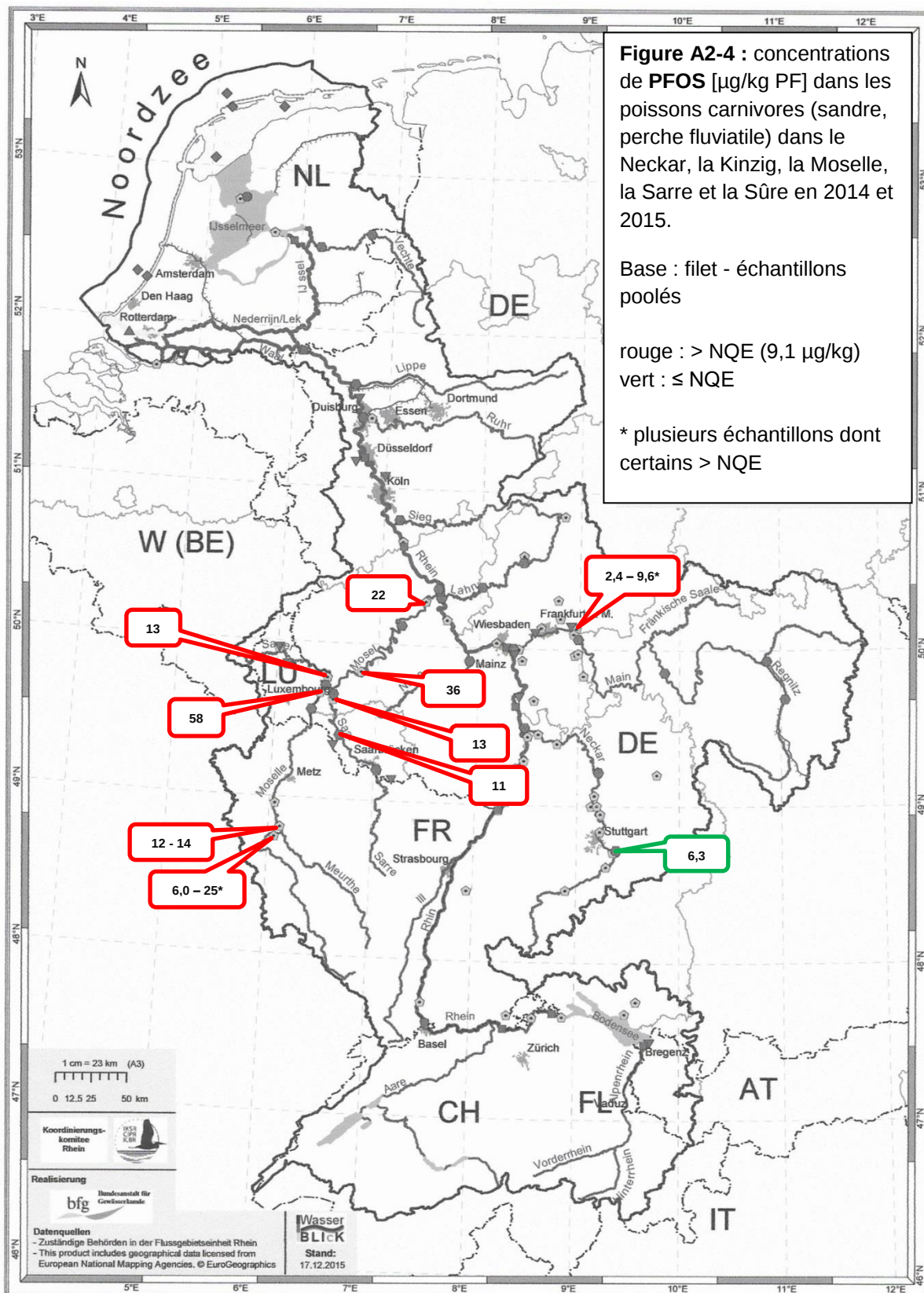


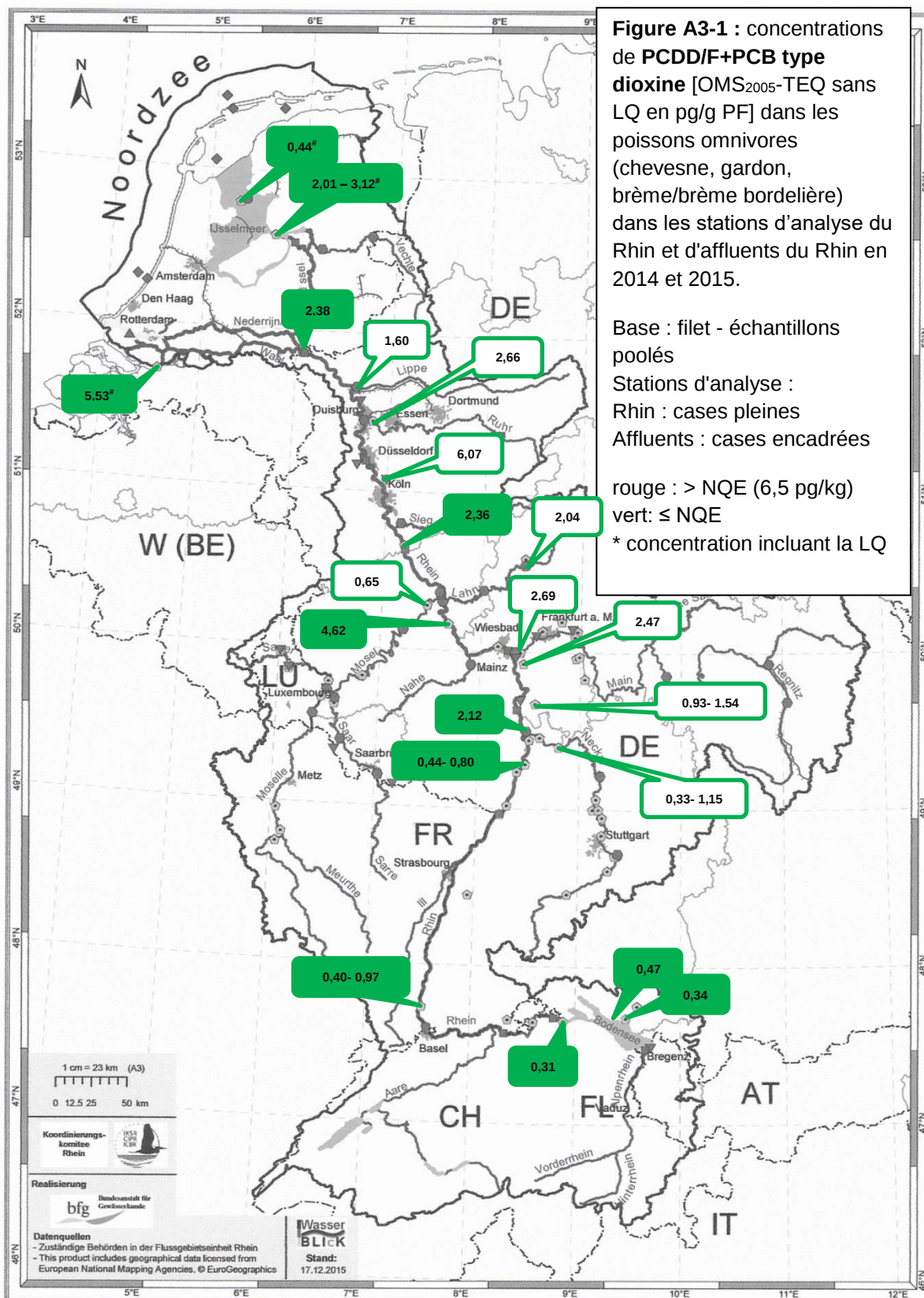


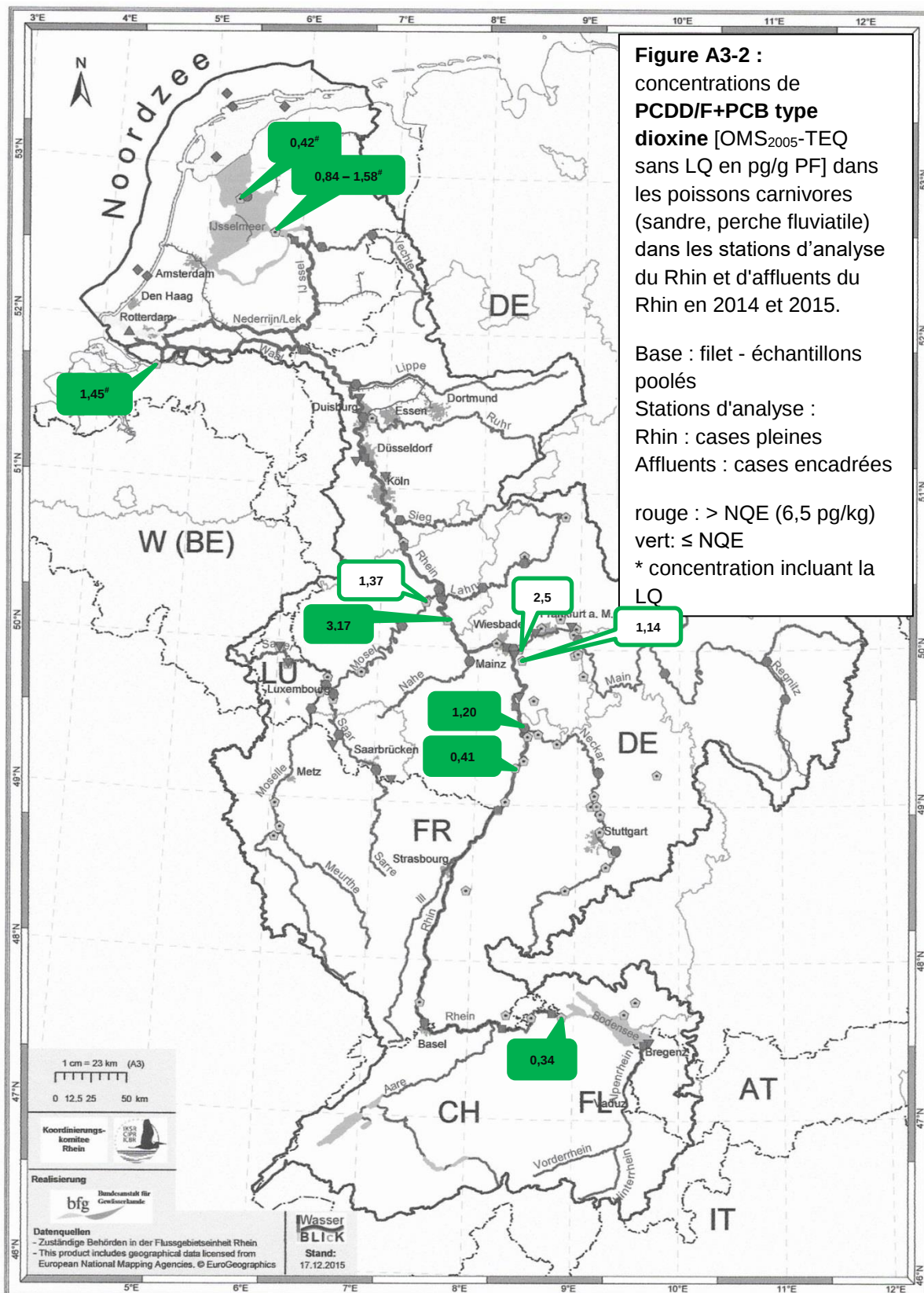


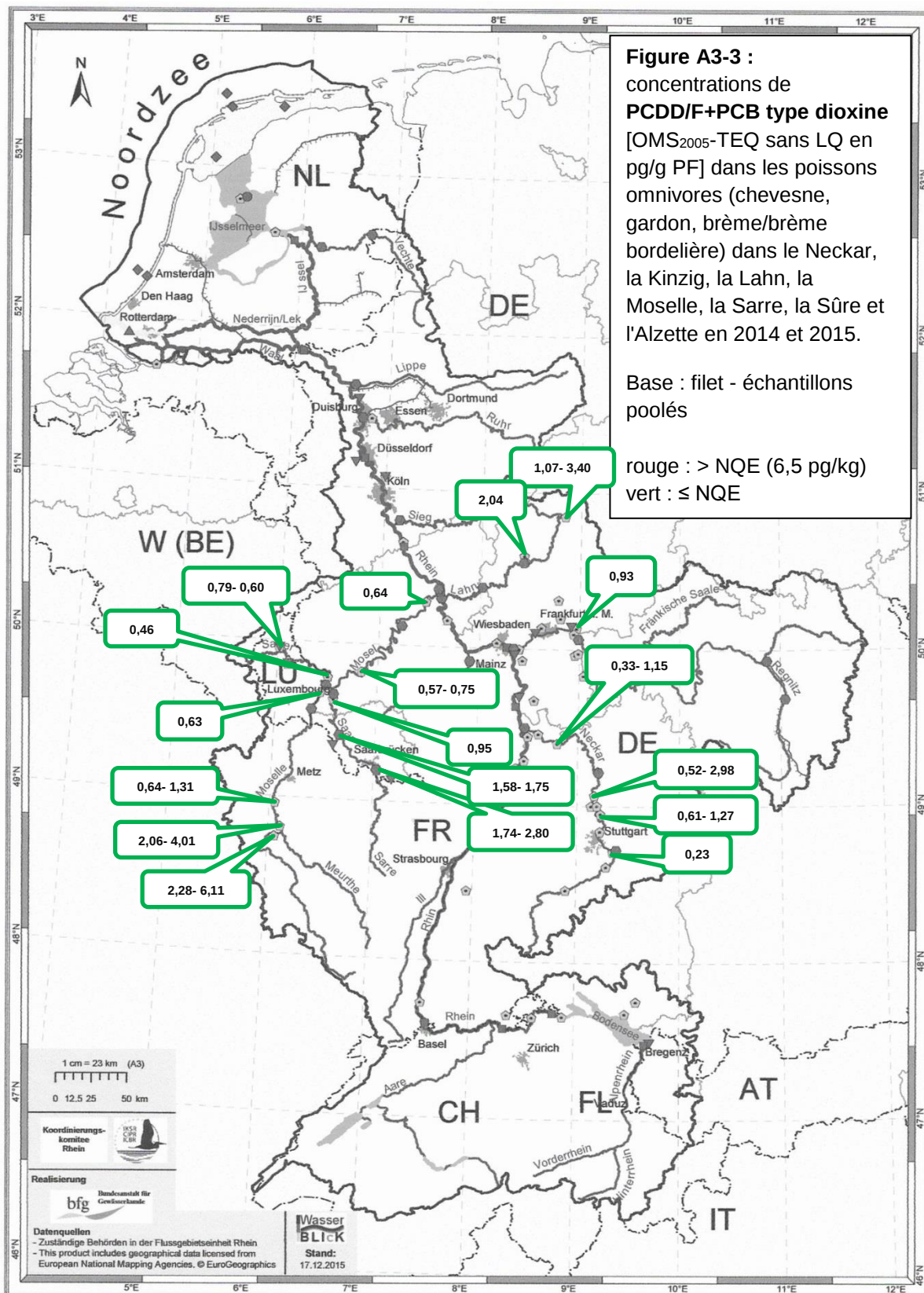


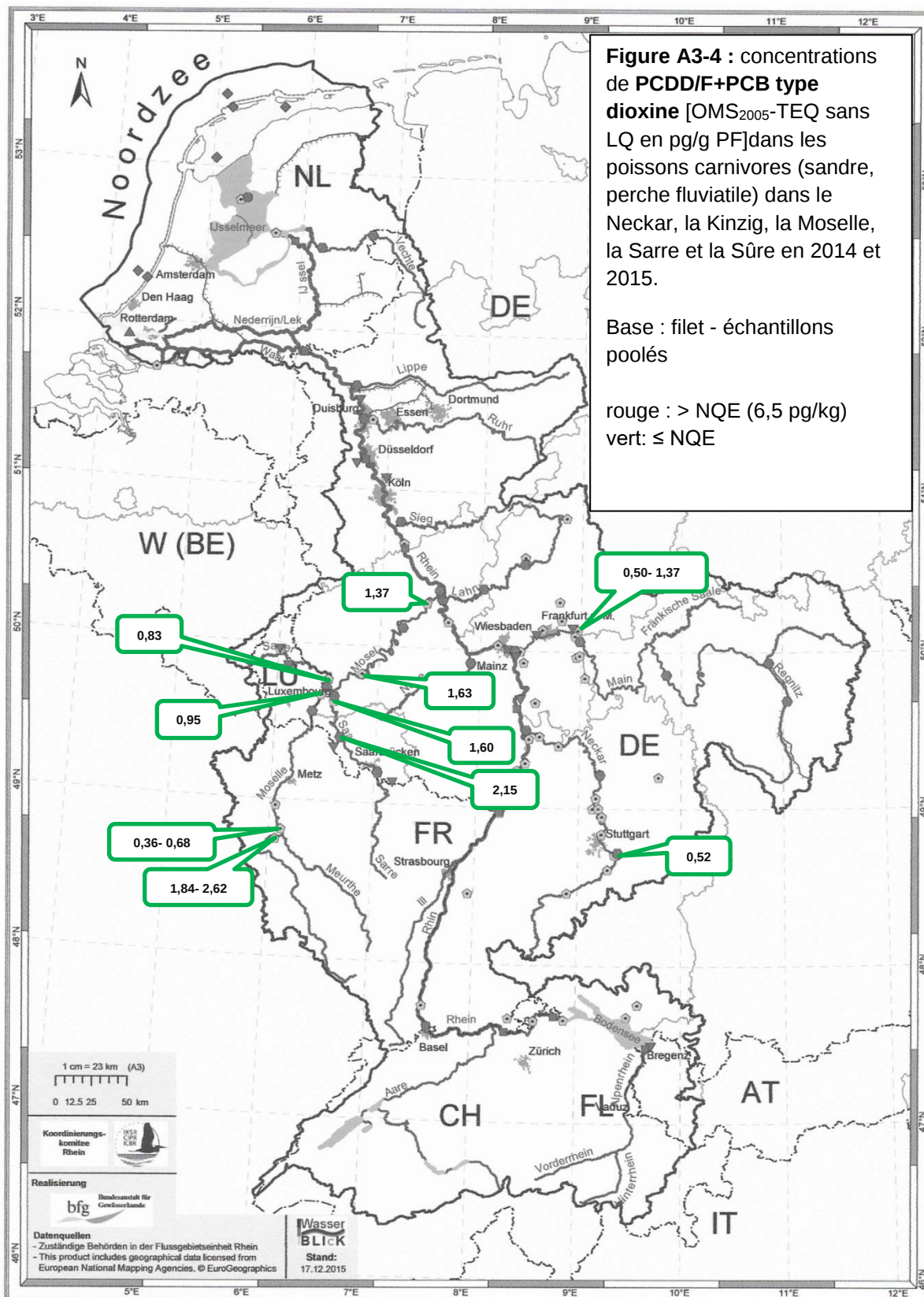


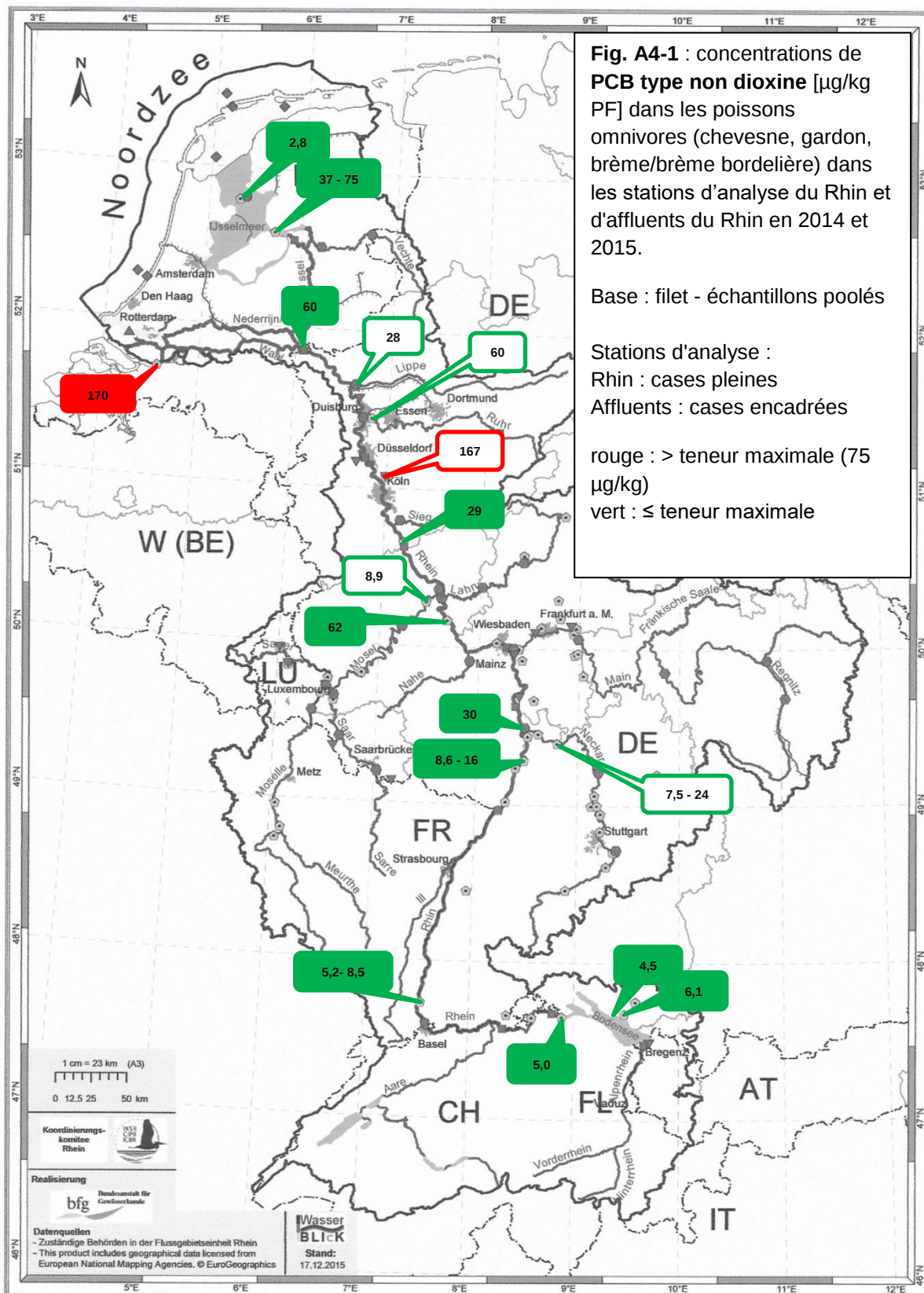


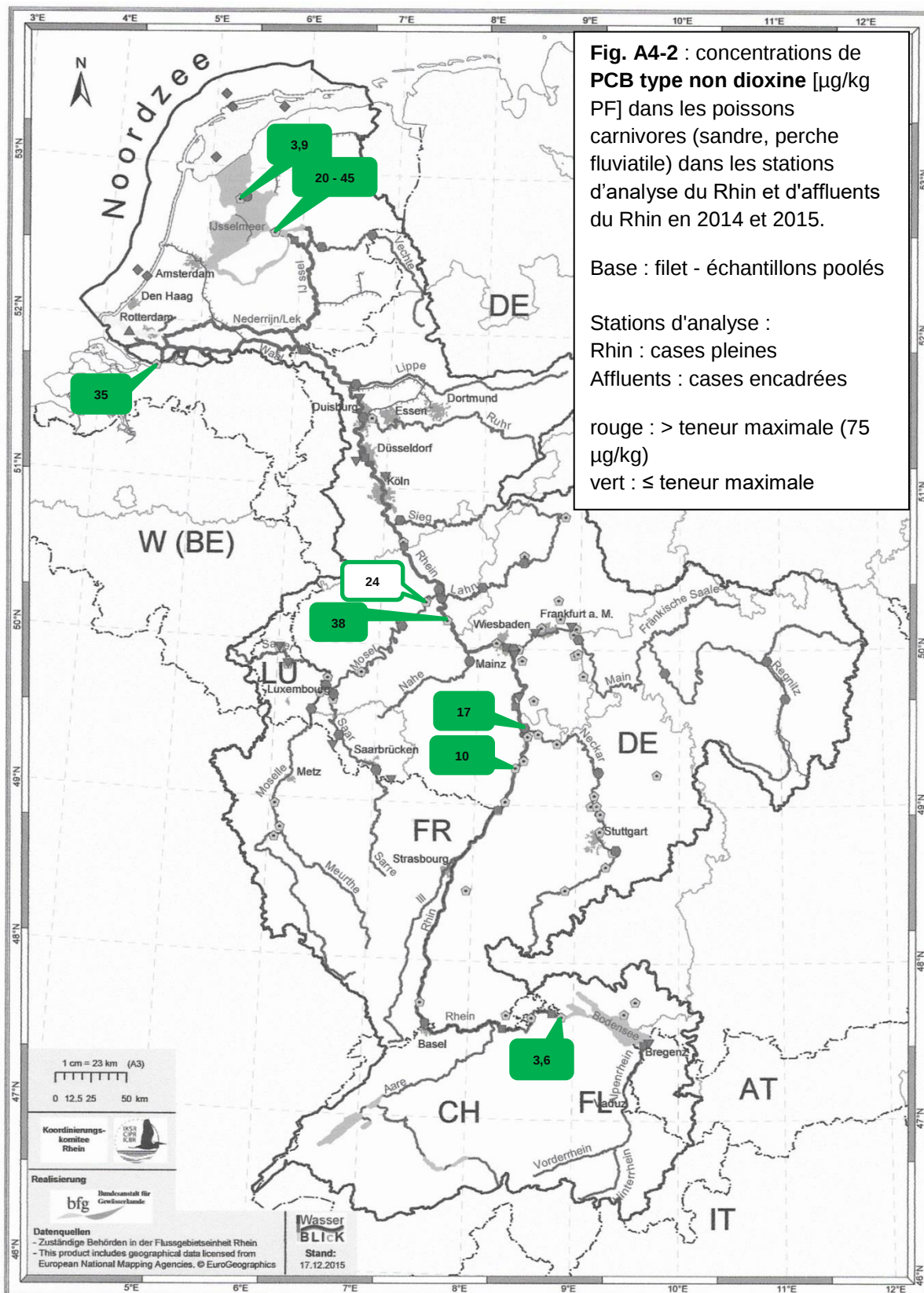


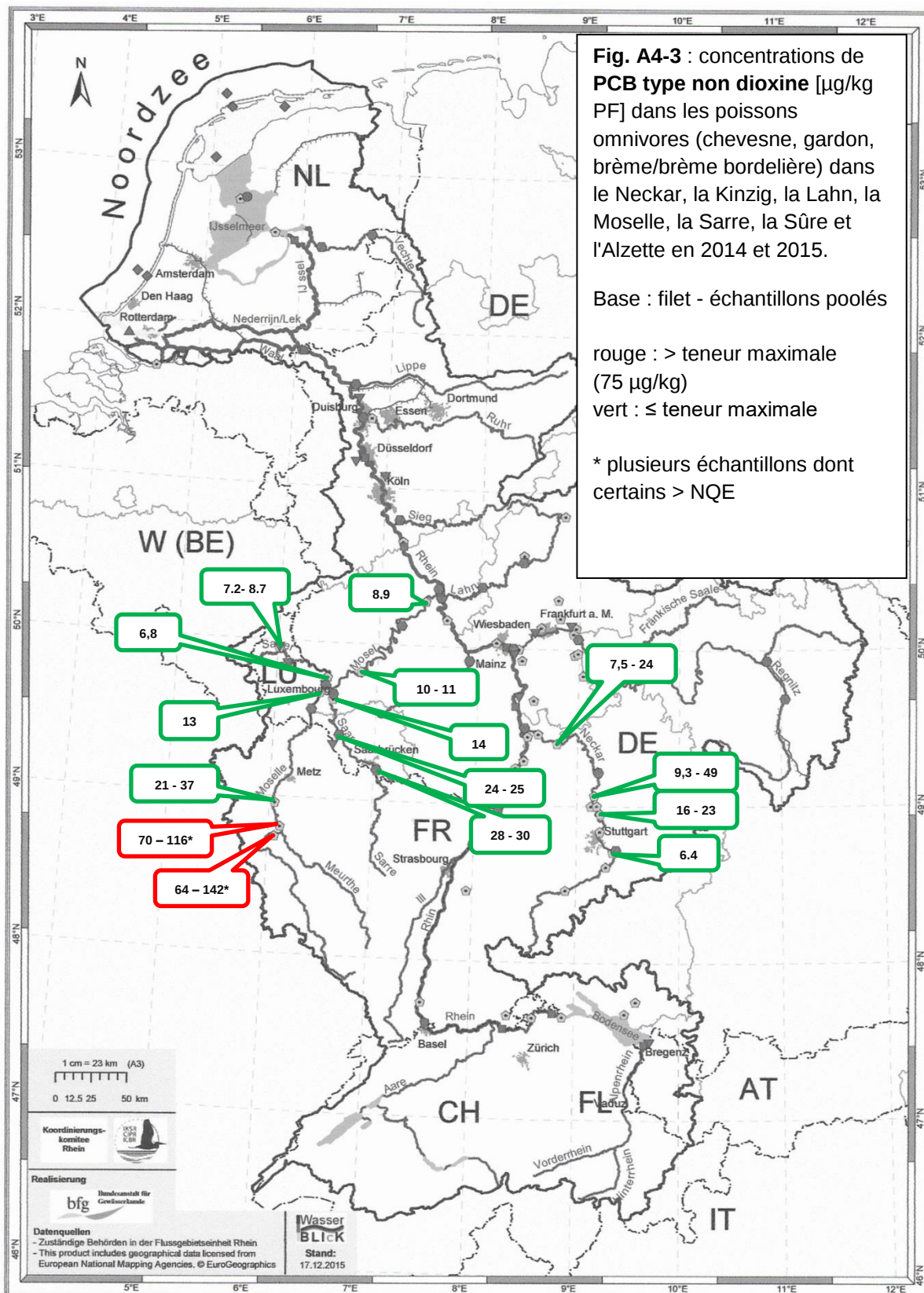


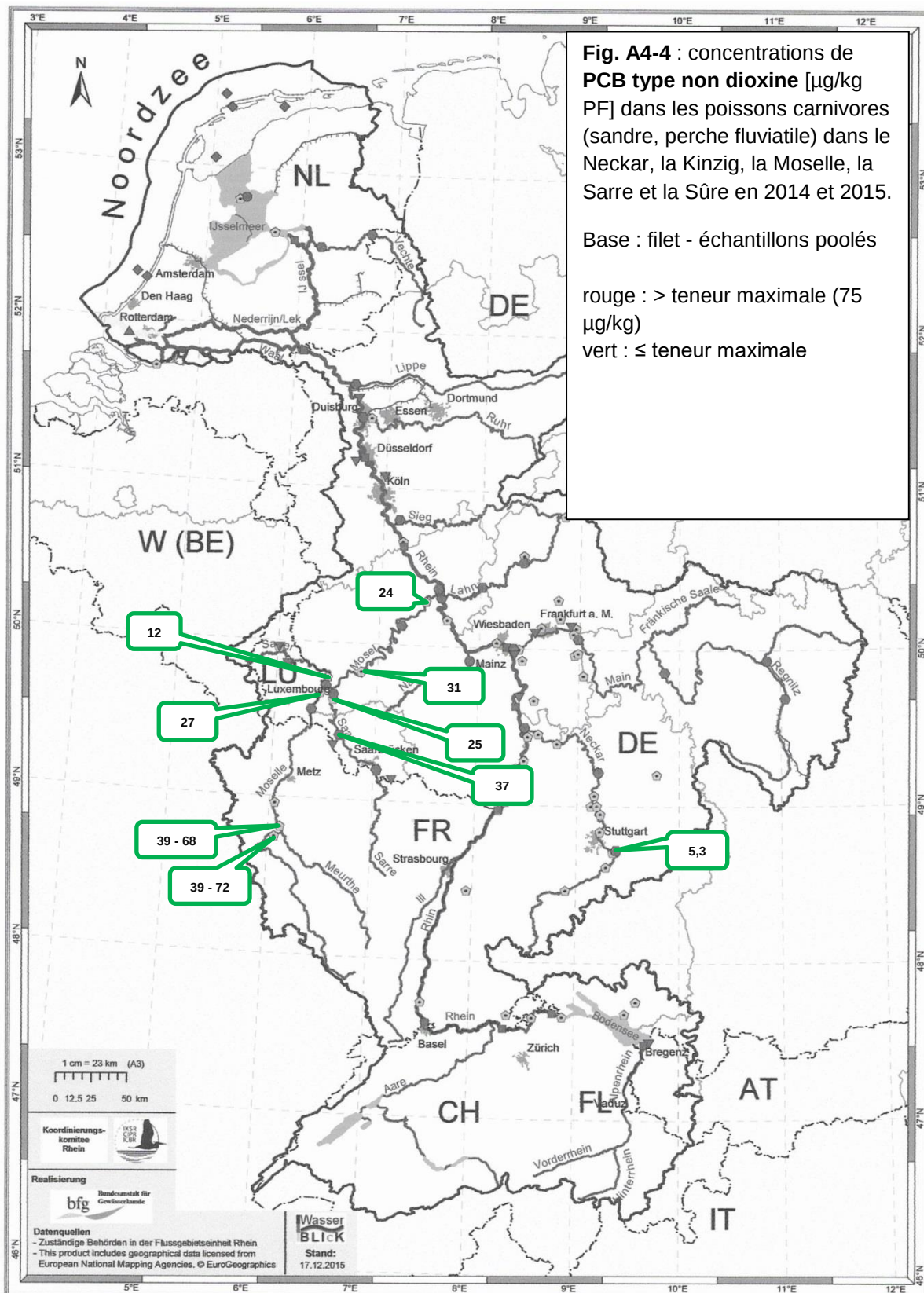


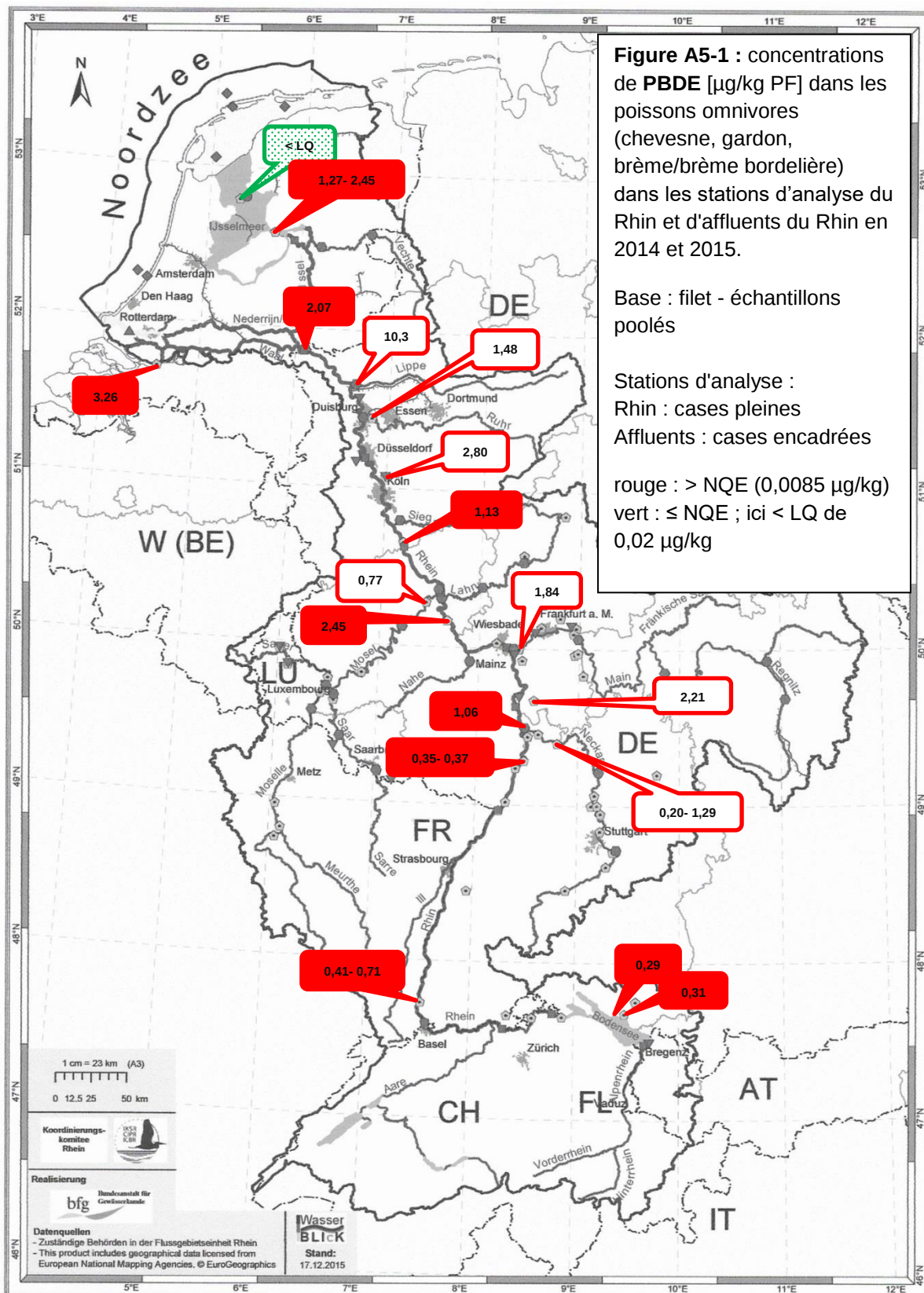


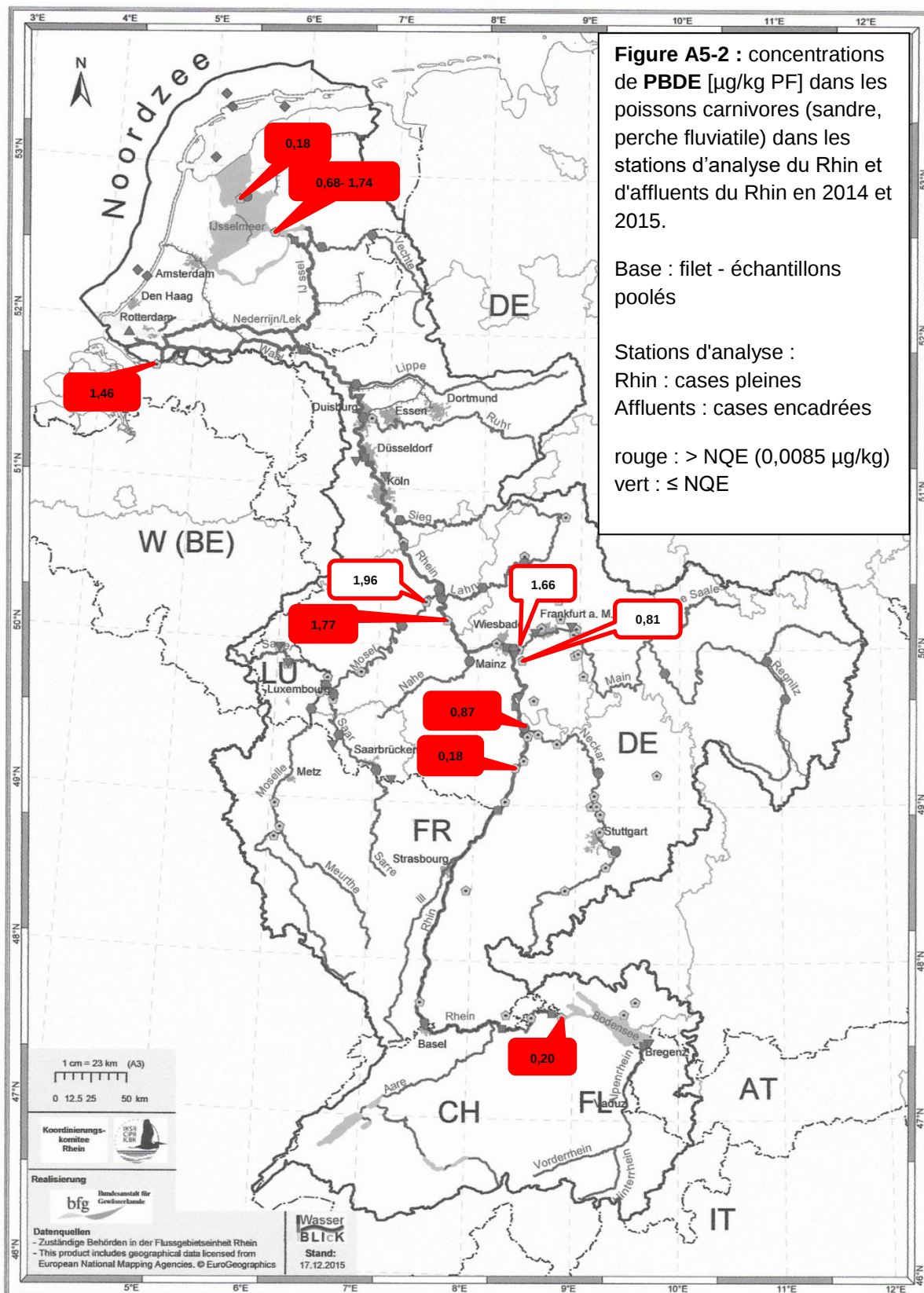


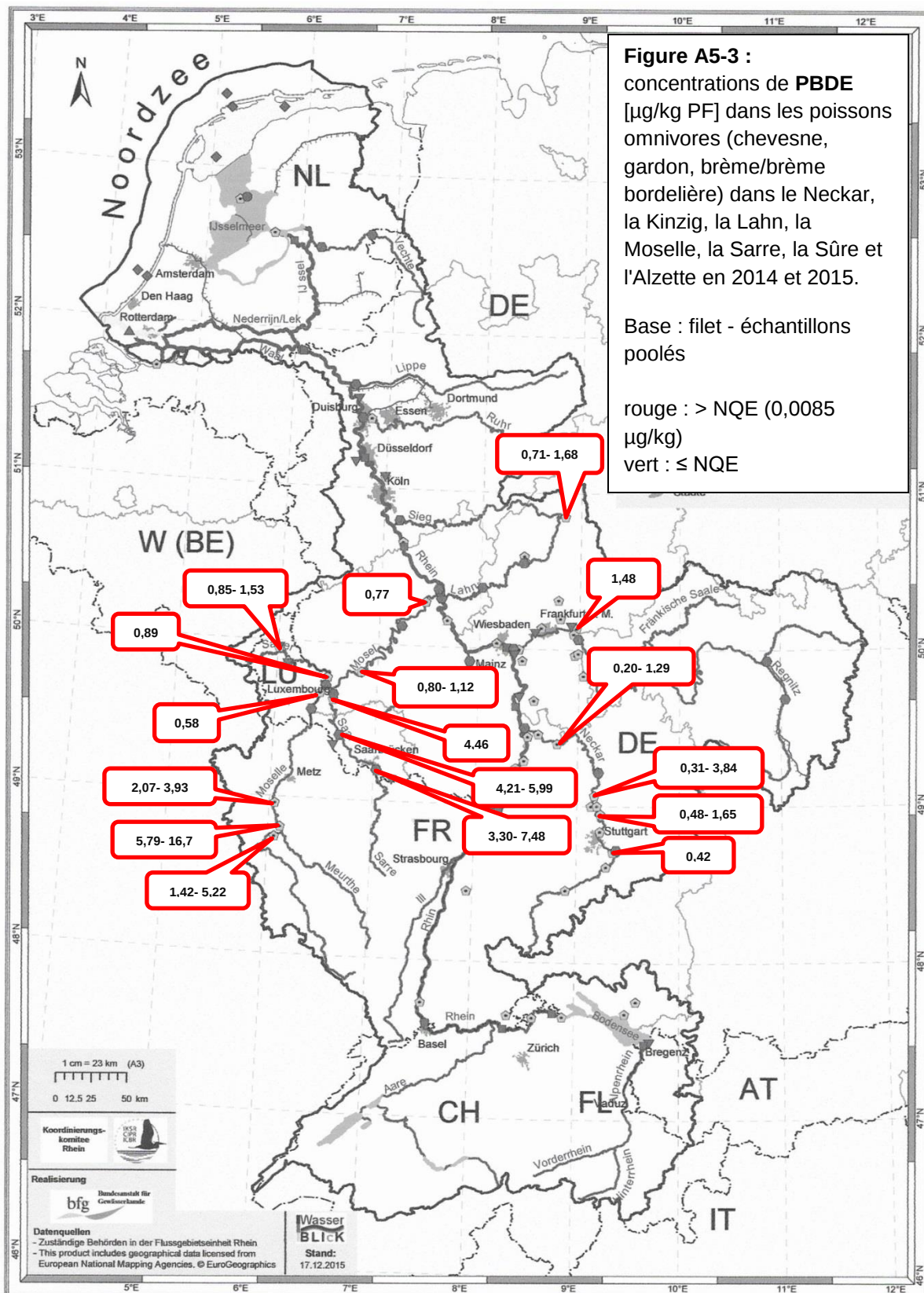


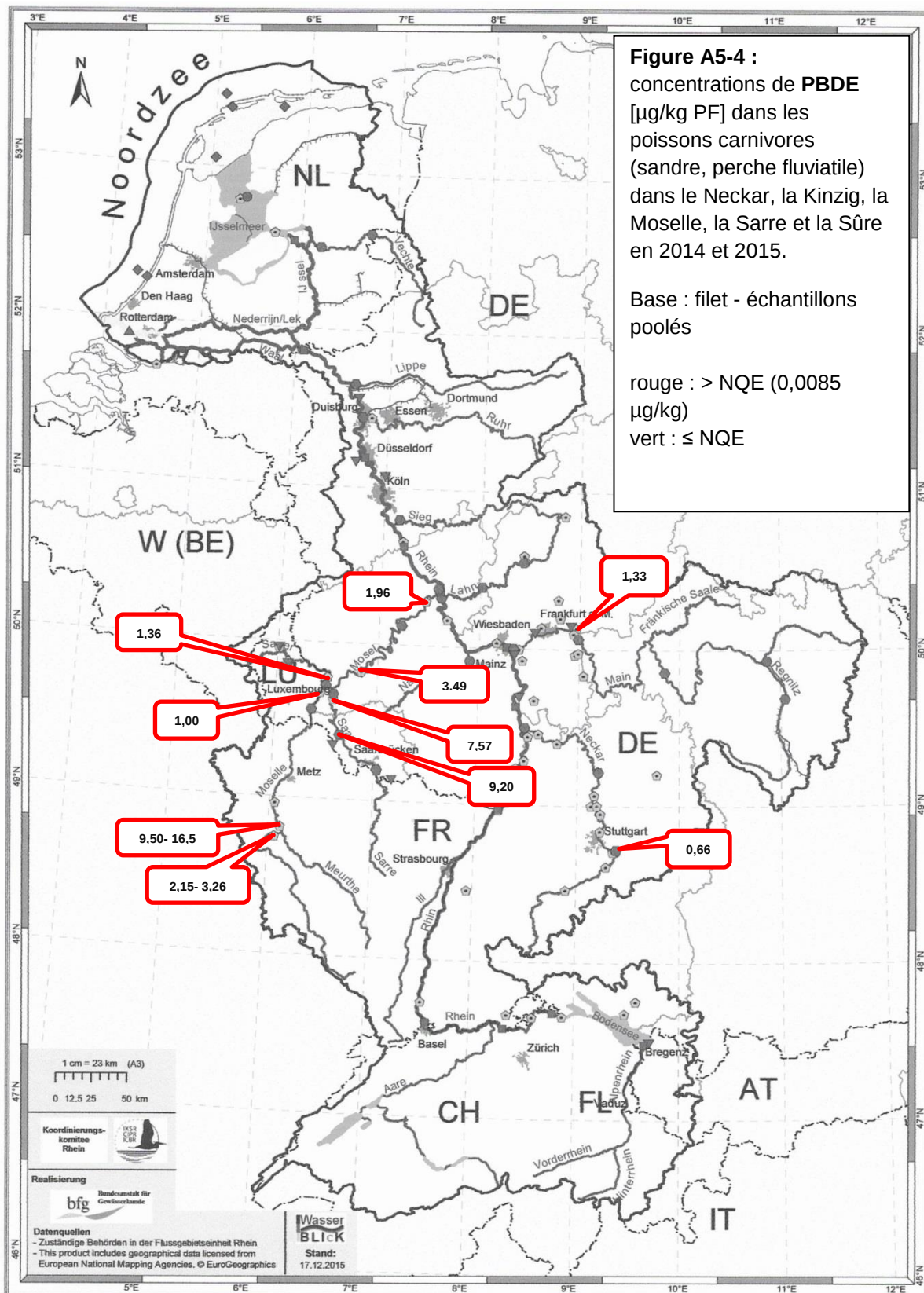


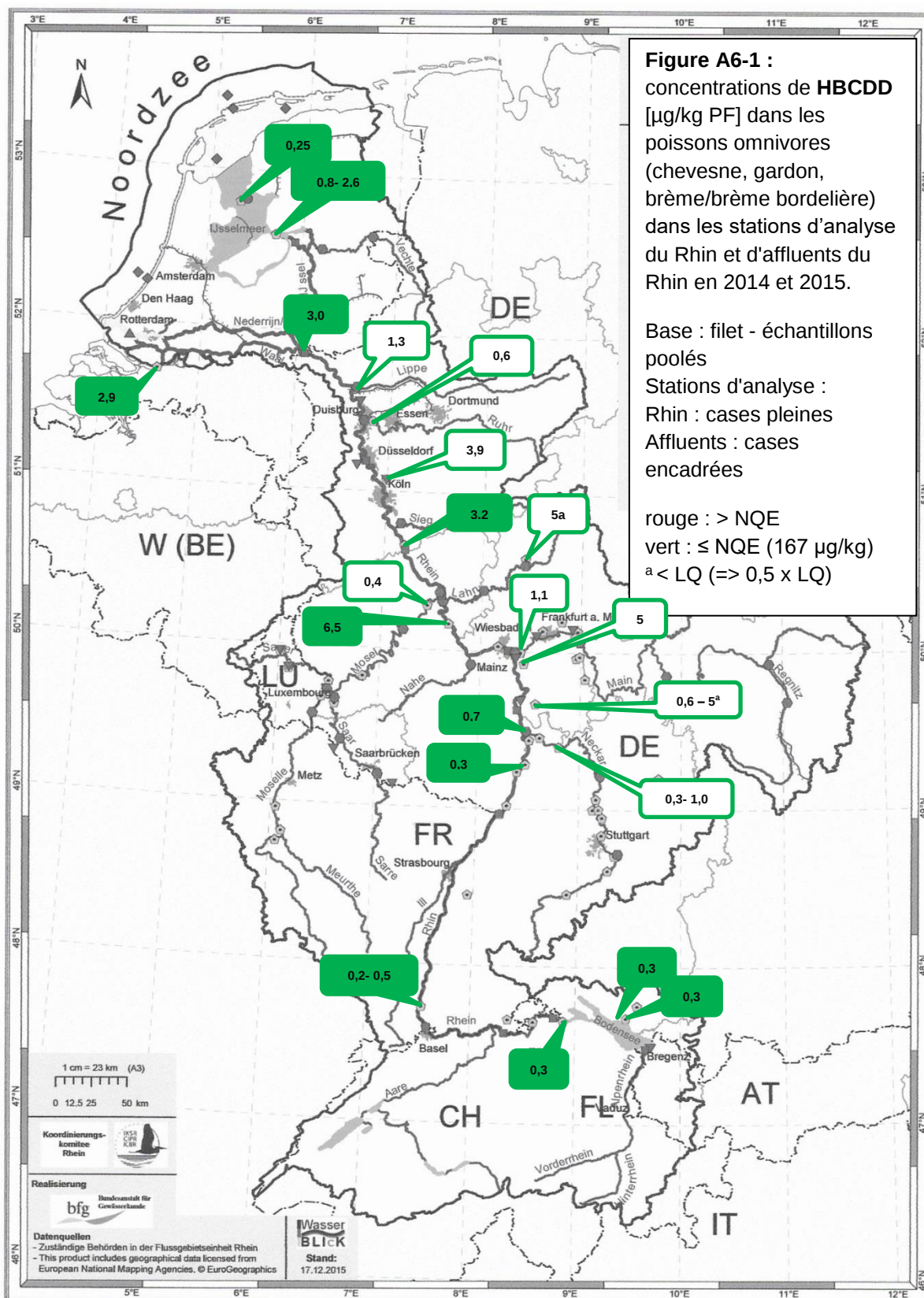


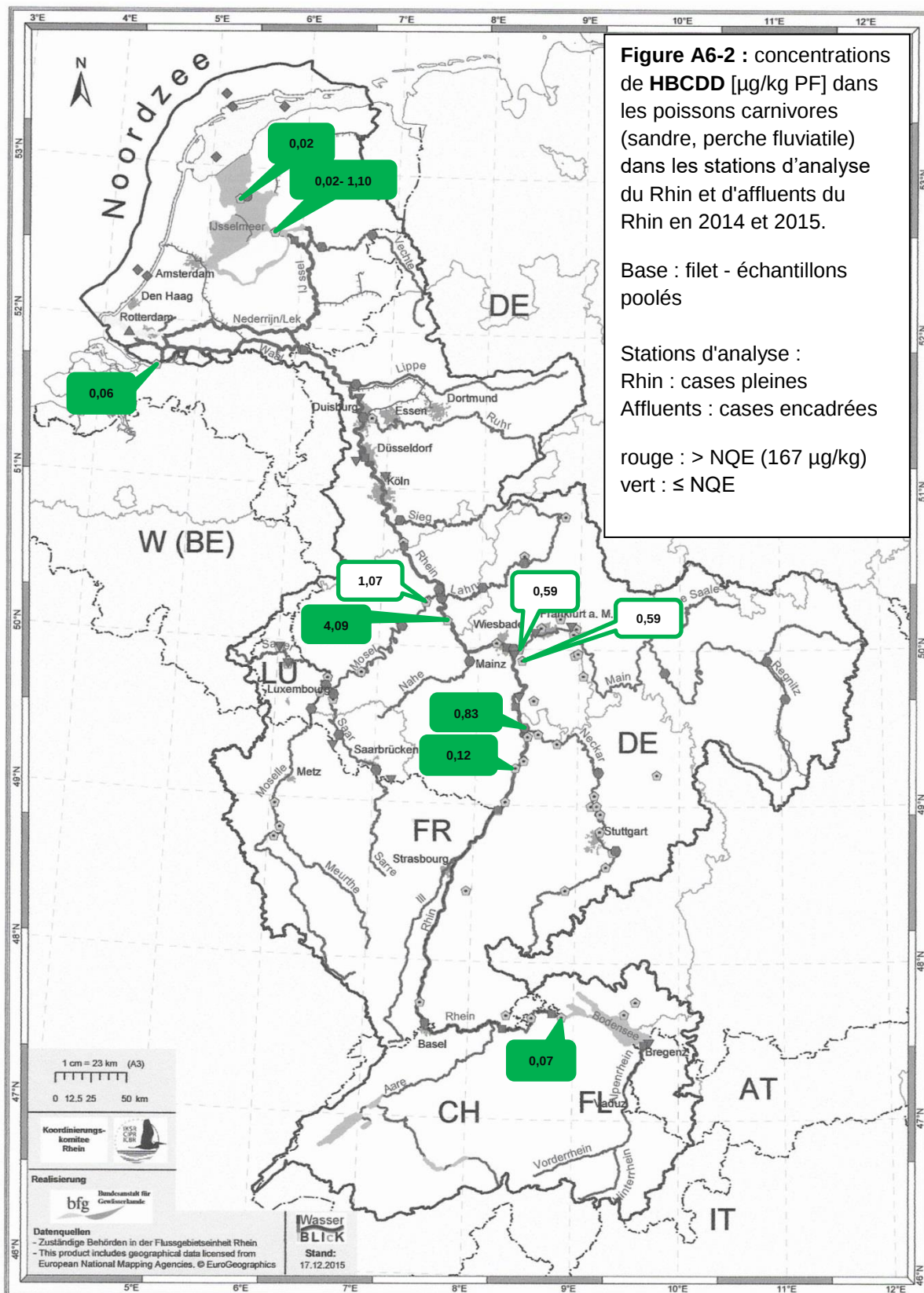


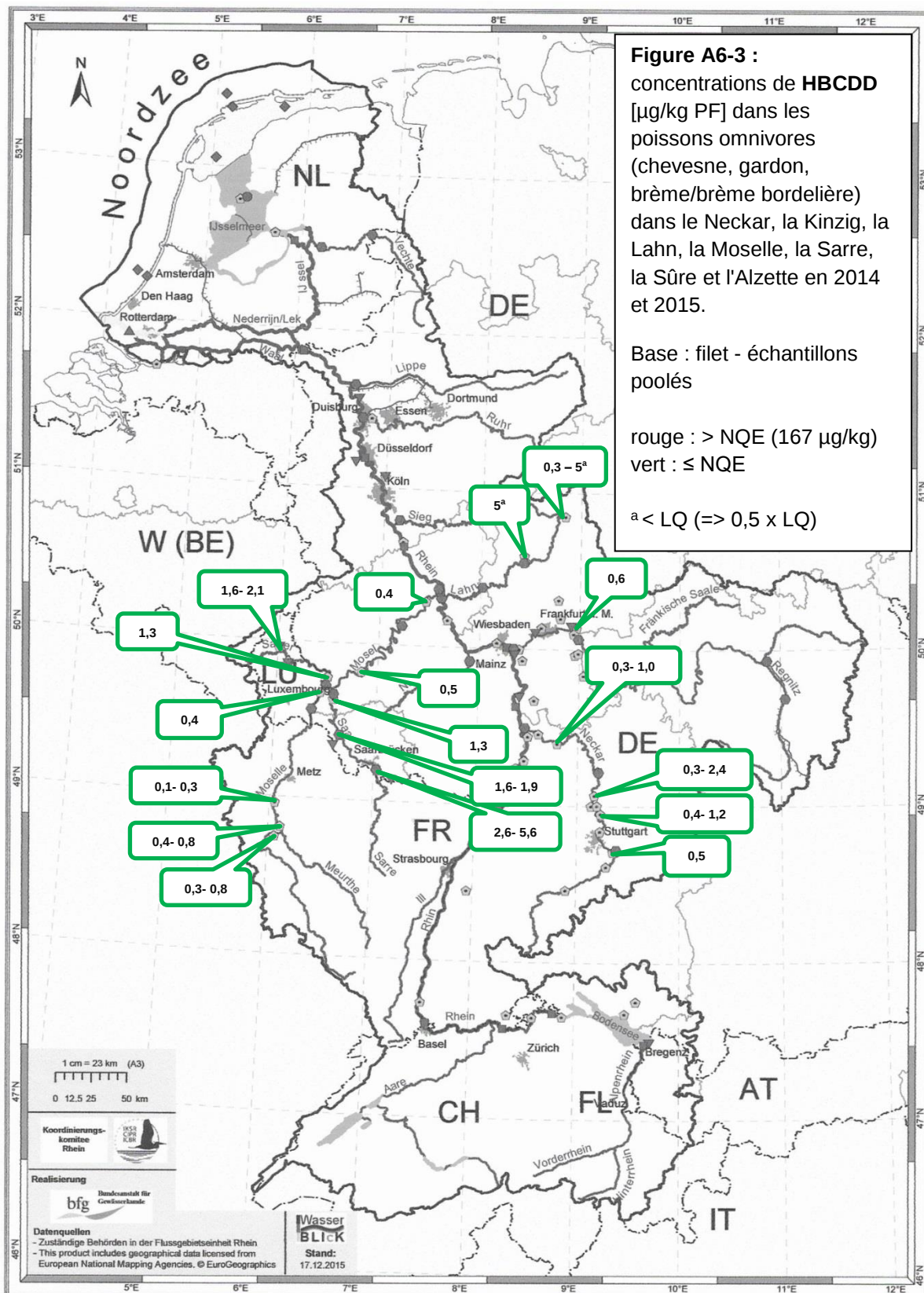


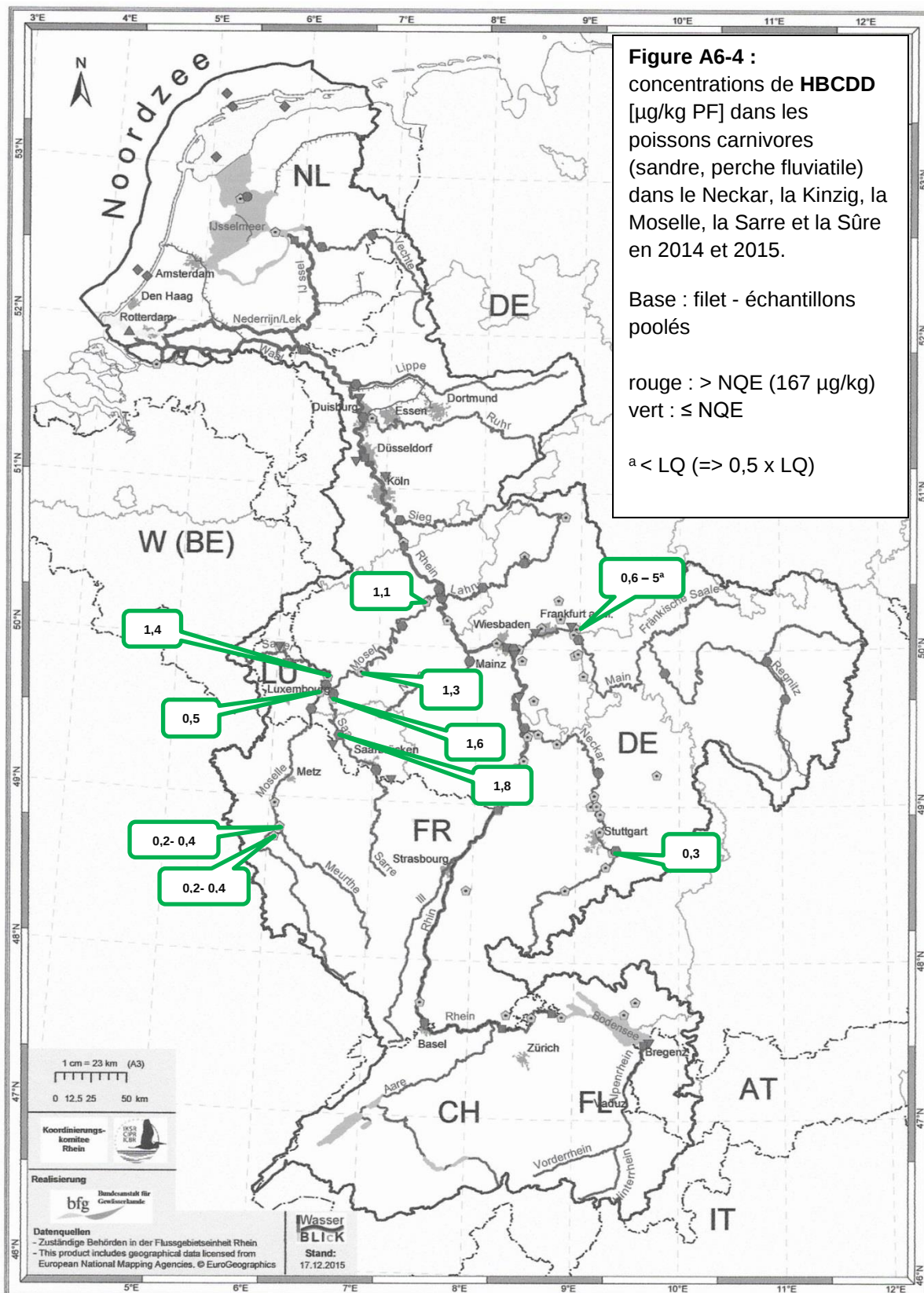


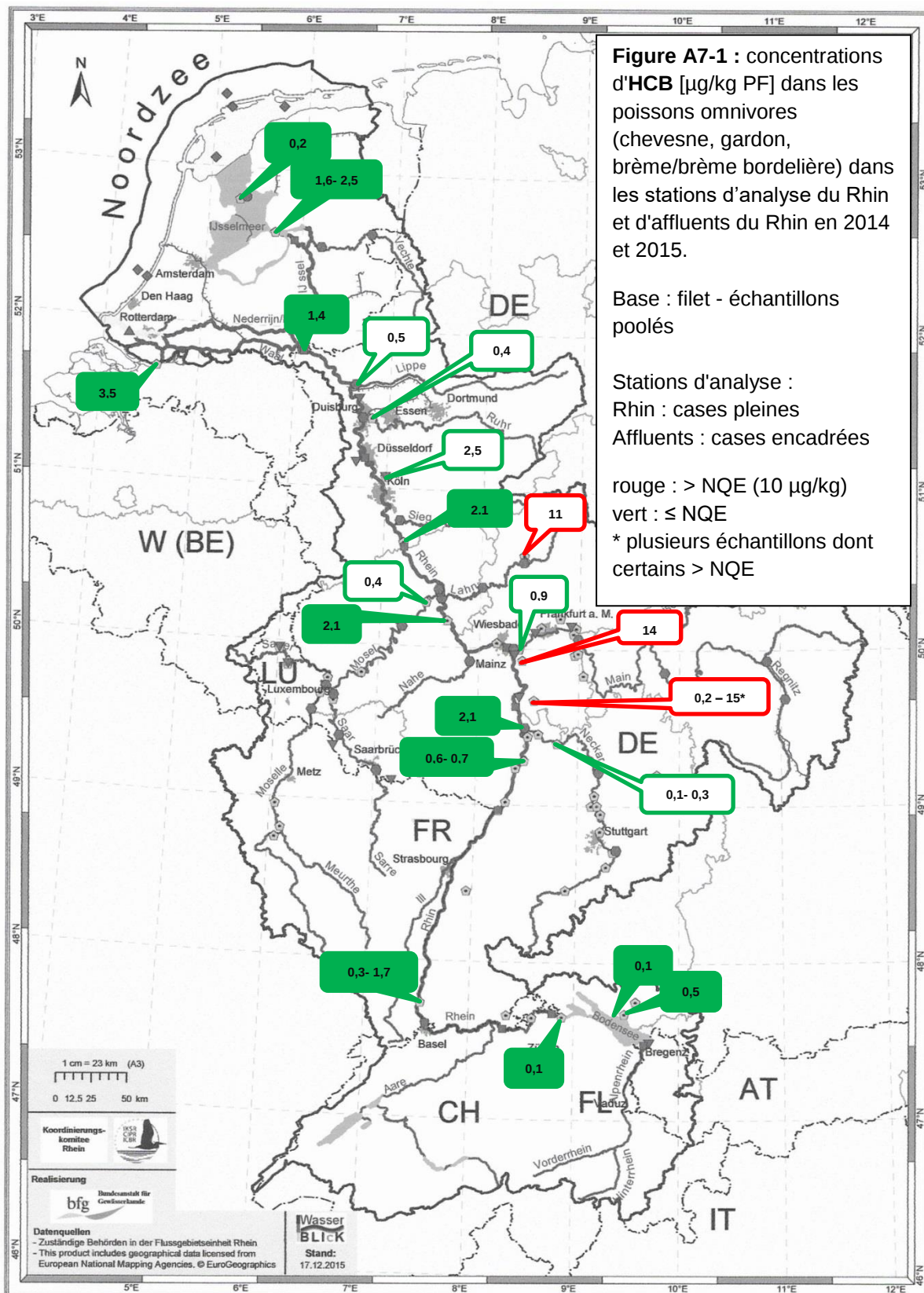


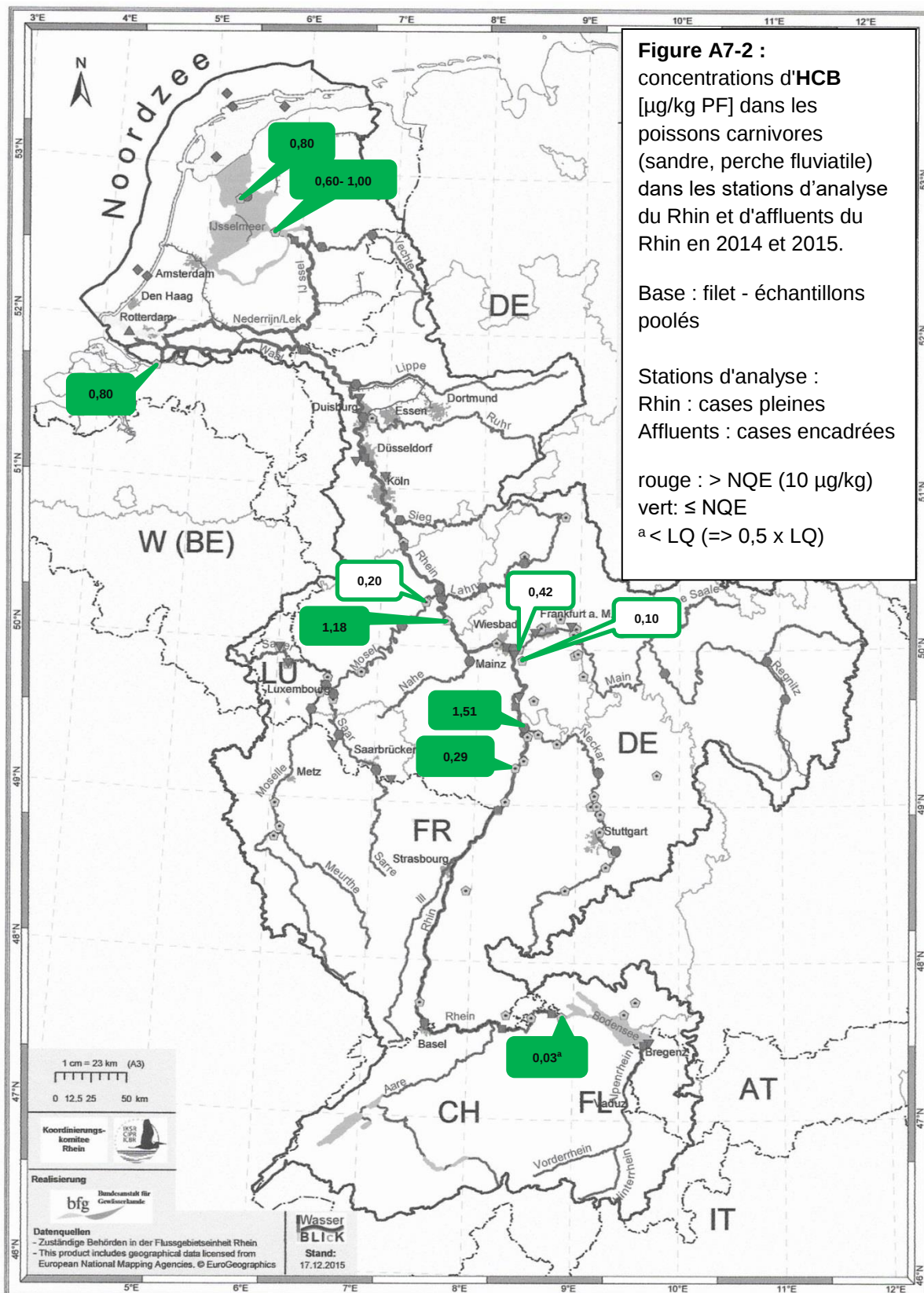


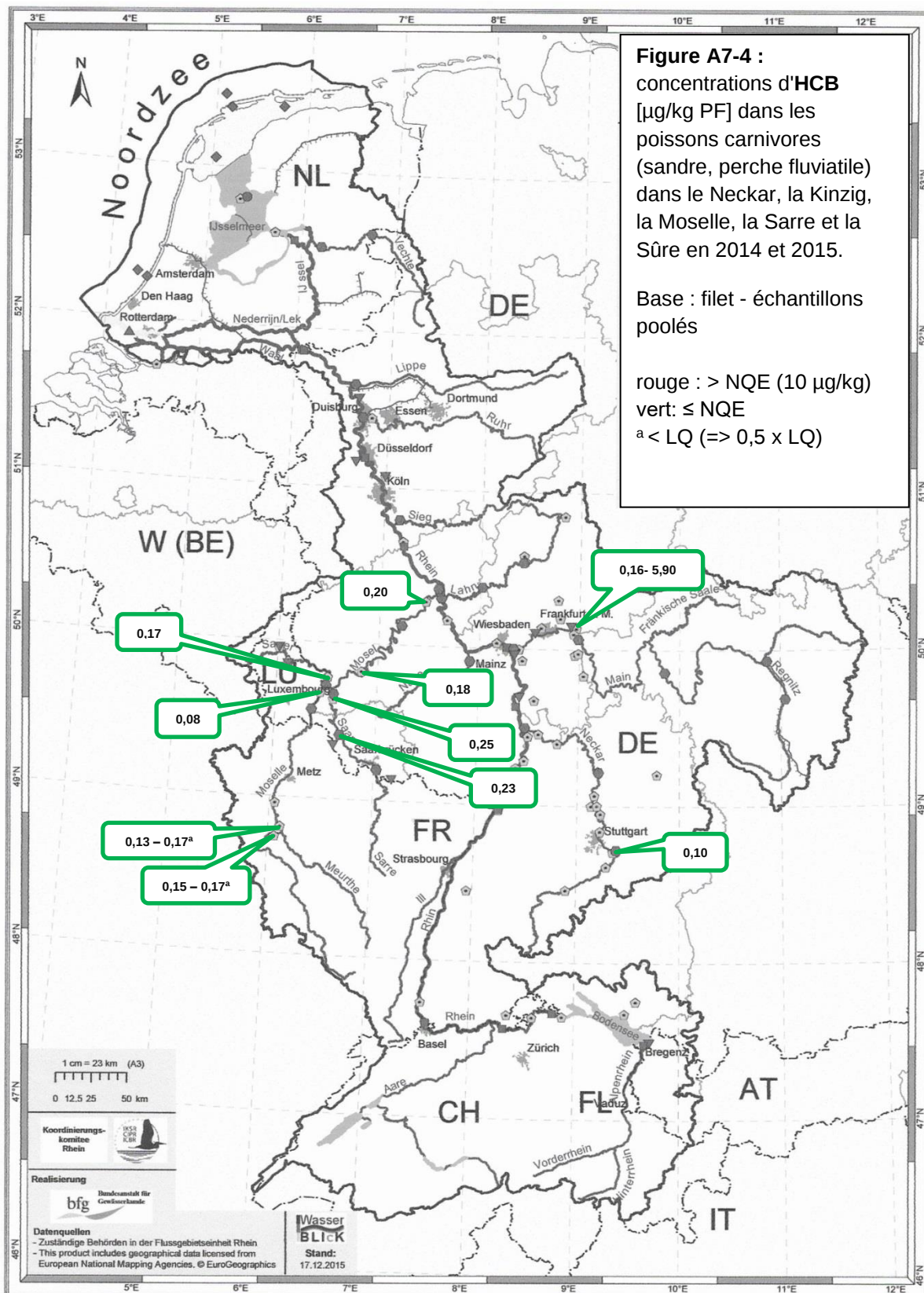












7.3 Tableau synoptique de données néerlandaises supplémentaires sur des poissons subadultes du delta du Rhin (cf. Foekema (2016))

N° d'échantillon	Station d'analyse	Espèce	Taille min.	Taille max.	Nombre	Mat. sèche	Grais -se	Hepta-chlore	a-HEPO	b-HEPO	HCB	HCBD	HBCDD	Σ PBDE	Σ TEQ	Σ PCB	PFOS	Hg
						%	%	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	pg/g	ng/g	µg/kg	mg/kg
2014/5796	IJsselmeer	gardon	10,2	12,1	17	26,0	4,6	<0,06	<0,1	0,3	0,4	<0,08	<0,08	0,42	0,95	9,72	50	0,075
2014/5898	IJsselmeer	perche	11,7	13,3	18	24,2	2,4	<0,02	<0,04	0,1	0,3	<0,02	0,6	0,38	1,05	12,2	94	0,07
2014/6272	IJsselmeer	sandre	21,8	22,1	5	25,8	5,4	<0,08	<0,09	0,3	0,6	<0,07	0,6	0,63	1,38	17,6	120	0,12
2015/4785	IJsselmeer	brème	18	19,3	4	28,8	7,1								1,5			
2014/5694	Hollands Diep	brème	13,7	23,2	7	25,0	4,0	<0,4	<0,06	0,1	6,1	1	3,2	12,07	10,4	235	43	0,045
2014/6221	Hollands Diep	sandre	16,6	20,4	4	22,3	1,0	<0,1	<0,04	0,04	1,9	<0,3	3,3	16,3	7,44	262	51	0,1
2014/5337	Ketelmeer	gardon	14,3	16,2	9	26,5	5,3		<0,1	0,2	4	<1,4	3,6	4,67	7,04	166	9	0,034
2014/5388	Ketelmeer	brème	16,7	17,5	10	24,5	3,4	<0,03	<0,06	0,06	4,7	<0,6	3,4	5,75	7,73	134	49	0,041
2014/5439	Ketelmeer	perche	9,9	13,2	20	23,4	2,3	<0,03	<0,04	0,07	1,7	0,5	2,3	3,36	4,14	88,6	36	0,052
2014/6119	Ketelmeer	sandre	17,2	23,8	9	26,0	5,0	<0,04	<0,08	0,1	1,1	<0,6	1,2	2	1,31	38,6	75	0,083