

BIOMarqueurs en ESTuaire de SEine : Base de données BIOESSE



**Cédric FISSON &
Daan GUILLERME**

- Décembre 2015 -



Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

GIP Seine-Aval
Pôle Régional des Savoirs
115 boulevard de l'Europe
76100 Rouen

tel : 02 35 08 37 64
fax : 02 35 98 03 93
mail : gipsa@seine-aval.fr
web : <http://www.seine-aval.fr>

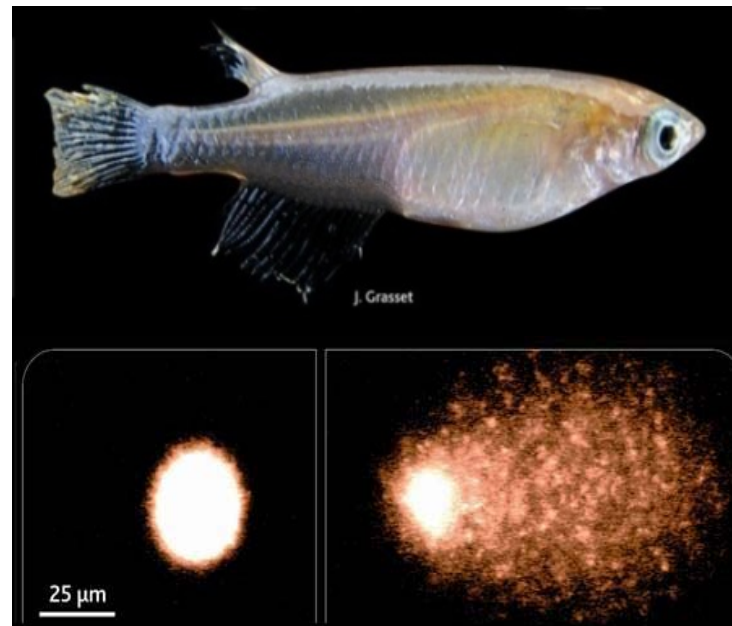


Table des matières

TABLE DES MATIERES	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	2
INTRODUCTION	3
I. PRESENTATION DE LA BASE DE DONNEES	4
A. ARCHITECTURE	4
B. SAISIE	5
C. CONSULTATION	7
D. EXPORT	7
II. CONTENU DE LA BASE DE DONNEES	8
BILAN	11
BIBLIOGRAPHIE	11

Table des illustrations

Figure 1 : Séquence des effets biologiques (d'après Ramade, 2007).....	3
Figure 2 : Architecture de la base de données BIOESSE.	4
Figure 3 : Interfaces de la base de données BIOESSE.	5
Figure 4 : Interface de saisie.	6
Figure 5 : Exemple de saisie d'un résultat.....	7
Figure 6 : Interface de consultation.	7
Figure 7 : Répartition des résultats, selon A/ le secteur de l'estuaire, B/ l'année d'acquisition, C/ l'organisme, le niveau et type d'effet.	8
Figure 8 : Regroupement des biomarqueurs par niveau et type d'effets.....	9
Figure 9 : Niveaux d'effets observés.	10

Introduction

Situé à l'interface entre le milieu continental et le milieu marin, l'estuaire de la Seine voit la qualité de ses eaux impactée par les apports polluants, qu'ils soient directement rejetés dans la zone estuarienne ou bien issus du réseau hydrographique amont. Du fait des nombreuses pressions polluantes historiques et actuelles, l'estuaire de la Seine présente une multi-contamination chimique chronique avec des concentrations souvent élevées, au regard des bruits de fond environnementaux et de secteurs géographiques plus préservés [Fisson, 2014].

Pour diagnostiquer la présence et l'impact d'une contamination chimique, des méthodes faisant appel à la chimie analytique et à l'évaluation biologique peuvent être mises en place de manière complémentaire. Ainsi, les méthodes de chimie analytique permettent de déterminer le degré de contamination du milieu, d'identifier la fraction biodisponible pour les organismes et de participer à la compréhension de la dynamique des composés. L'évaluation biologique constitue un complément en étudiant les réponses biologiques des organismes exposés. La pertinence toxicologique et/ou écologique ainsi que la sensibilité des variables biologiques étudiées dépendront étroitement de l'échelle d'organisation à laquelle elles se situent : sub-individu (molécule, cellule, organe), individu (comportement, développement, reproduction, mortalité), population et communauté [Figure 1].

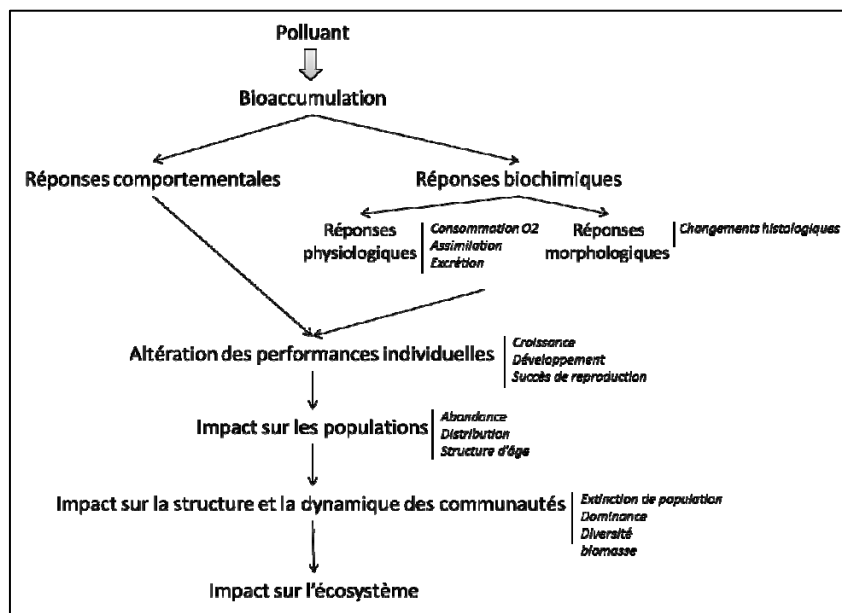


Figure 1 : Séquence des effets biologiques (d'après Ramade, 2007).

Afin d'aider à la synthèse des effets délétères observés sur les organismes présents en estuaire de Seine, une compilation semi-quantitative avait été menée en 2010-2011 [Poisson *et al.*, 2011]. Pour pérenniser cette démarche, une base de données plus complète a été créée : la base de données BIOESSE (BIOMarqueurs en ESTuaire de SEine). Elle vise à banqueriser les mesures de biomarqueurs faites dans l'estuaire de la Seine. Cette base de données est semi-quantitative, c'est-à-dire que ce ne sont pas les valeurs brutes des biomarqueurs qui sont renseignées, mais le niveau d'effets observé (de 'pas d'effets' à 'effets très importants').

Le présent rapport présente la base de données BIOESSE (architecture, interfaces de saisie/consultation/export), ainsi que son contenu au 04 septembre 2015.

I. Présentation de la base de données

A. Architecture

La base de données BIOESSE a été créée sous Microsoft Access. Elle comporte une table principale ('t_resultat') et quatre tables secondaires ('t_biomarqueur', 't_organisme', 't_site' et 't_bibliographie') qui lui sont liées [Figure 2]. Les informations saisies dans chaque table sont présentées dans le chapitre I.B.

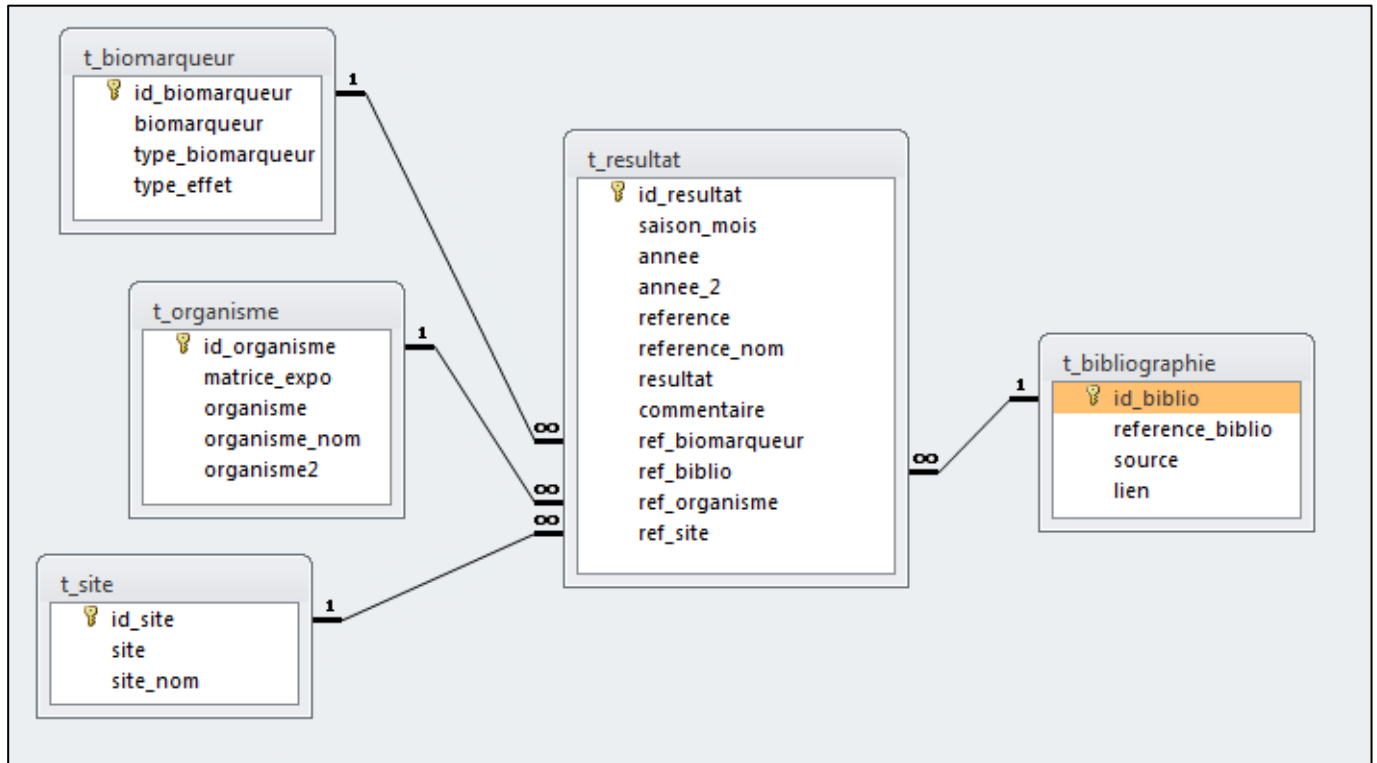


Figure 2 : Architecture de la base de données BIOESSE.

Pour faciliter la consultation, la saisie et l'exploitation des résultats, plusieurs interfaces ont été créées [Figure 3] :

- l'**interface de saisie** permet de compléter la base de données en y ajoutant un résultat. Elle permet également de renseigner les informations liées au résultat (période, organisme, site, biomarqueur et référence bibliographique, etc.).
- l'**interface de consultation** permet de rechercher un résultat selon le critère souhaité (site, période, type d'effet ou de biomarqueur, etc.). Chaque résultat correspondant à la requête peut alors être consulté ou modifié (renvoi vers l'interface de saisie), supprimé ou exporté.
- l'**interface d'exportation** permet d'exporter le contenu de la base de données pour un traitement ultérieur (fichier *.xls).

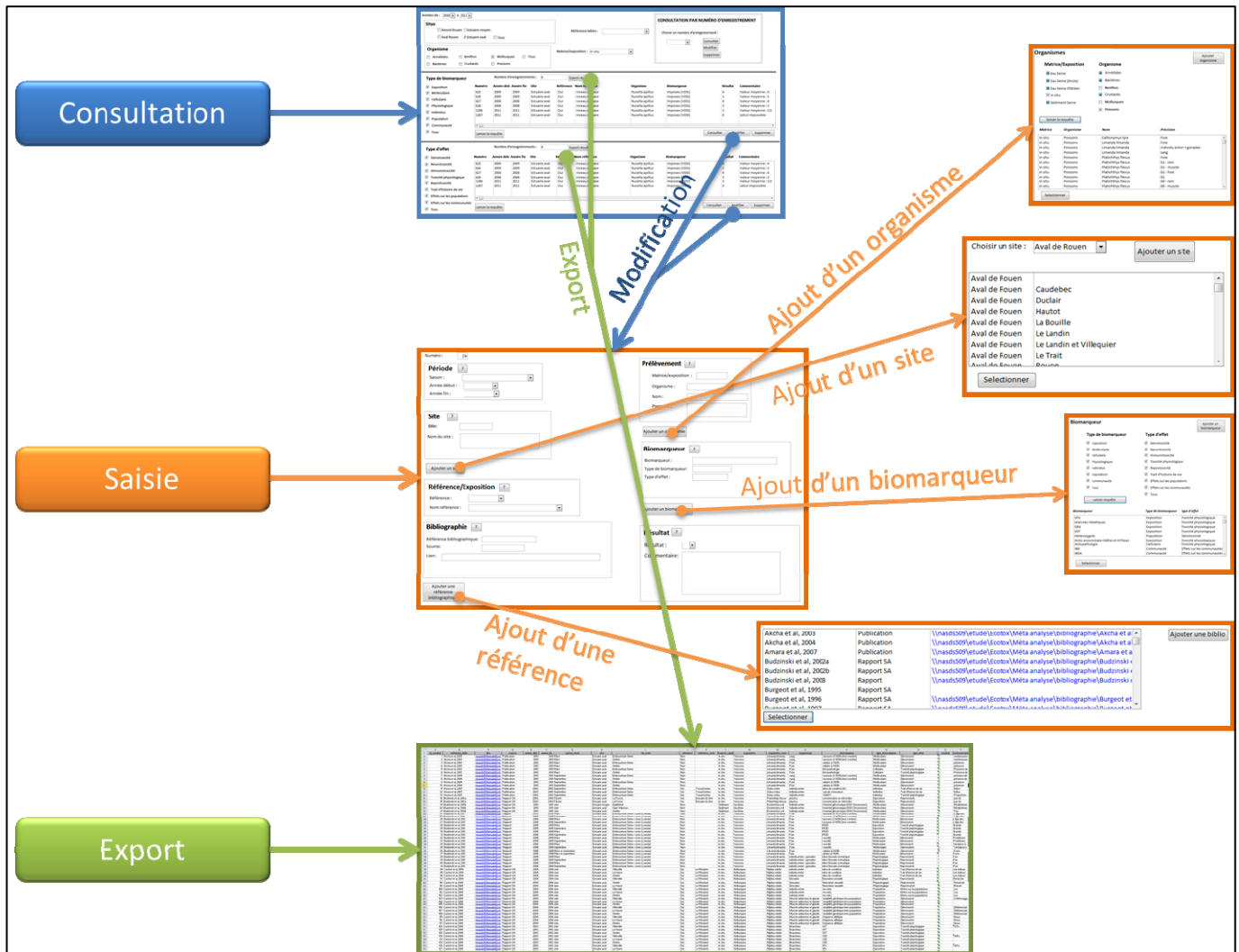


Figure 3 : Interfaces de la base de données BIOESSE.

B. Saisie

Le renseignement de la base de données est réalisé à partir d'une interface de saisie divisée en plusieurs blocs [Figure 4]. Les informations saisies viennent alimenter les différentes tables composant la base de données. Les informations à saisir sont ci-après détaillées :

- **Période** : il s'agit de renseigner l''année' et la 'saison' (ou le mois) du prélèvement (organisme ou matrice d'exposition) sur lequel le biomarqueur a été mesuré. Si la mesure concerne plusieurs campagnes, la période d'échantillonnage sera renseignée ('année début' ; 'année fin')
- **Site** : il s'agit de renseigner le lieu de prélèvement (de l'organisme ou de la matrice d'exposition) sur lequel le biomarqueur a été mesuré ('nom du site'). Le 'site' correspond au secteur de l'estuaire :
 - o Amont de Rouen : Poses - ile Lacroix
 - o Aval de Rouen : Rouen - Vieux-Port
 - o Estuaire moyen : Vieux-Port - Honfleur (dont les vasières latérales)
 - o Estuaire aval : embouchure au large de l'engainement jusqu'à Villerville/cap d'Antfier
- **Prélèvement** : il s'agit de renseigner le type de prélèvement ('matrice/exposition') sur lequel le biomarqueur a été mesuré : ça peut être de l'eau ou du sédiment de Seine auquel sera exposé en laboratoire un organisme ; ou bien un organisme directement prélevé *in situ*. La classe d'appartenance (ex. annélide, crustacé, mollusque,...), le nom de l'espèce (ex. *Eurytemora affinis*, *Crangon crangon*,...) et une éventuelle précision sur l'organe ou la fraction analysée (ex.

muscle, foie, sang,...) sont respectivement renseignés dans les champs 'Organisme', 'Nom' et 'Précision'.

- **Biomarqueur** : il s'agit de renseigner le nom du 'biomarqueur' mesuré (ex. AChE, sex-ratio, catalase,...), ainsi que le niveau de représentativité ('type' : exposition, moléculaire, cellulaire, physiologique, individuel, populationnel, communauté) et l'effet recherché ('type d'effet' : génotoxicité, neurotoxicité, immunotoxicité, toxicité physiologique, reprotoxicité, trait d'histoire de vie, populationnel, communauté).
- **Référence/exposition** : il s'agit de renseigner une éventuelle 'référence' sur laquelle s'appuierait l'interprétation du résultat. Ça peut être un site témoin, une référence temporelle ou bien une référence absolue ('Nom référence').
- **Bibliographie** : il s'agit de renseigner la 'source' bibliographique associée à la mesure du biomarqueur (ex. article, ouvrage, rapport,...), ainsi que sa 'référence' (ex. Martin *et al.*, 2012). Si un fichier numérique est disponible, le 'lien' vers le fichier sera renseigné.
- **Résultat** : il s'agit de qualifier le 'résultat' du biomarqueur parmi l'un des niveaux suivants :
 - ? : pas tranché par manque de référence ou problème méthodologique
 - 0 : pas d'effet
 - 1 : quelques effets, mais rare
 - 2 : quelques effets, ou pas d'interprétation
 - 3 : effets, mais pas systématique
 - 4 : effets significatifs

Un 'Commentaire' sur le résultat pourra être adjoint.

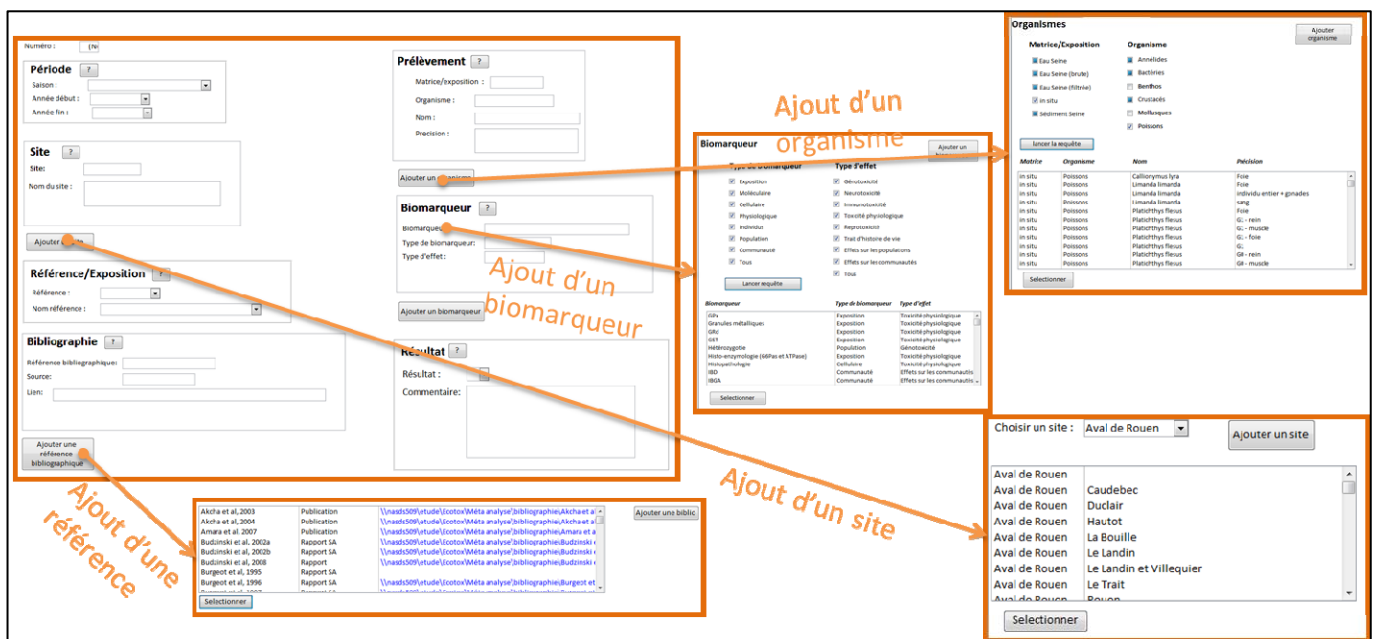


Figure 4 : Interface de saisie.

Un exemple de saisie de résultat est repris sur la figure 5. Il s'agit d'une mesure d'indice de condition (biomarqueur individuel sur un trait d'histoire de vie) faite sur des flets (poisson) prélevés à l'embouchure de la Seine (estuaire aval) en 2010. Cette mesure montre une différence significative avec la référence (flets prélevés en Canche). Le niveau d'effet renseigné est 4. La référence bibliographique consultée est un rapport de Minier *et al.* (2013).

Numéro : 999

Période ?
 Saison : [dropdown]
 Année début : 2010
 Année fin : 2010

Site ?
 Site : Estuaire aval
 Nom du site : Embouchure Seine
 [Ajouter un site]

Référence/Exposition ?
 Référence : Oui
 Nom référence : Canche
 [Ajouter une référence bibliographique]

Bibliographie ?
 Référence bibliographique : Minier et al, 2013
 Source : Rapport
 Lien : \\nasds09\etude\ecotox\Méta analyse\bibliographie\Minier et al, 2013.pdf

Prélèvement ?
 Matrice/exposition : in situ
 Organisme : Poissons
 Nom : Platichthys flesus
 Precision : [dropdown]
 [Ajouter un organisme]

Biomarqueur ?
 Biomarqueur : Indice de condition de Fulton (K)
 Type de biomarqueur : Individus
 Type d'effet : Trait d'histoire de [dropdown]
 [Ajouter un biomarqueur]

Résultat ?
 Résultat : 4 : (effet)
 Commentaire : différence significative avec les flets échantillonnés dans la Canche, quelque soit la classe de taille

Figure 5 : Exemple de saisie d'un résultat.

C. Consultation

Les résultats présents dans la base de données peuvent être recherchés à partir de l'interface de consultation. Plusieurs critères de recherche peuvent être utilisés : période, sites, organismes support, type de biomarqueur, type d'effet, etc. [Figure 6]. Chaque résultat correspondant à la requête peut alors être consulté ou modifié (renvoi vers l'interface de saisie), supprimé ou exporté.

Années de : 2008 à 2011

Sites
 Amont Rouen Estuaire moyen
 Aval Rouen Estuaire aval Tous

Organisme
 Annélides Benthos Mollusques Tous
 Bactéries Crustacés Poissons

Référence biblio : [dropdown]
 Matrice/exposition : in situ

CONSULTATION PAR NUMÉRO D'ENREGISTREMENT
 Choisir un numéro d'enregistrement : [dropdown]
 [Consulter] [Modifier] [Supprimer]

Type de biomarqueur Nombre d'enregistrements : 6 [Export résultat]
 Exposition
 Moléculaire
 Cellulaire
 Physiologique
 Individus
 Population
 Communauté
 Tous
 [Lancer la requête] [Consulter] [Modifier] [Supprimer]

Numéro	Année deb	Année fin	Site	Référence	Nom référence	Organisme	Biomarqueur	Résultat	Commentaire
625	2009	2009	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	4	Valeur moyenne : 4
626	2009	2009	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3
627	2008	2008	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	4	Valeur moyenne : 4
628	2008	2008	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3
1286	2011	2011	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3,5
1287	2011	2011	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	0	calcul impossible

Type d'effet Nombre d'enregistrements : 6 [Export résultat]
 Génotoxicité
 Neurotoxicité
 Immunotoxicité
 Toxicité physiologique
 Reprotoxicité
 Trait d'histoire de vie
 Effets sur les populations
 Effets sur les communautés
 Tous
 [Lancer la requête] [Consulter] [Modifier] [Supprimer]

Numéro	Année deb	Année fin	Site	Référence	Nom référence	Organisme	Biomarqueur	Résultat	Commentaire
625	2009	2009	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	4	Valeur moyenne : 4
626	2009	2009	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3
627	2008	2008	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	4	Valeur moyenne : 4
628	2008	2008	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3
1286	2011	2011	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	3	Valeur moyenne : 3,5
1287	2011	2011	Estuaire aval	Oui	niveau de base	Nucella lapillus	Imposex (VDSI)	0	calcul impossible

Figure 6 : Interface de consultation.

D. Export

Pour un traitement ultérieur, la base de données peut être exportée dans sa totalité sous la forme d'un fichier '*.xls'. Un export partiel peut également être réalisé à partir d'une requête dans l'interface de consultation [Figure 6].

II. Contenu de la base de données

Ce chapitre présente le contenu de la base de données BIOESSE au 04 septembre 2015 : **1289 résultats** ont été saisis à partir de 67 références bibliographiques (rapport Seine-Aval, publication, rapport scientifique ou technique, thèse, etc.). A noter que seuls les résultats obtenus sur des organismes prélevés *in situ* (77% des résultats) et les résultats obtenus au laboratoire sur des échantillons d'eau ou de sédiments prélevés en Seine et non dopés (7% d'échantillons d'eau et 15% de sédiments) sont intégrés à la base de données. Tous les résultats acquis en laboratoire sous conditions d'exposition contrôlées n'y sont donc pas intégrés.

D'un **point de vue spatial**, la répartition entre les principaux secteurs de l'estuaire est relativement homogène, avec cependant une légère sur-représentation de l'estuaire moyen (Vieux-Port – Honfleur : 31%) et une sous-représentation du secteur aval de Rouen (Rouen – Vieux-Port : 20%) [Figure 7A].

Temporellement, les résultats antérieurs à l'année 1996 et postérieurs à l'année 2011 sont anecdotiques. Ceci s'explique par l'importance des travaux réalisés dans le cadre des différentes phases du programme Seine-Aval, avec les premières campagnes en 1996 (Seine-Aval 1) et les dernières campagnes pour lesquelles les résultats sont disponibles en 2011 (Seine-Aval 4). Les années 1999-2000 et 2007-2008 présentent un déficit de résultats qui s'explique également par la programmation Seine-Aval et la mise en place de nouveaux projets [Figure 7B]. Les résultats en cours d'acquisition dans Seine-Aval 5 viendront compléter la base de données pour les années 2014 et suivantes.

Concernant les **organismes** supports :

- les mollusques représentent 43% des résultats, avec principalement *Dreissena polymorpha* et *Mytilus edulis*
- les poissons représentent 23% des résultats avec principalement *Platichthys flesus*, le médaka japonais, *Limanda limanda*, *Rutilus rutilus* et *Solea solea*
- les annélides représentent 15% des résultats avec uniquement *Hediste diversicolos*
- les bactéries représentent 9% des résultats, avec principalement des tests sur les matrices 'eau' et 'sédiment' (SOS Chromotest sur *Escherichia coli* PQ37, test Microtox sur *Vibrio fischeri* ou *Photobacterium phosphoreum* et test d'Ames sur *Salmonella typhimurium* TA98)
- les crustacés représentent 6% des résultats, avec principalement *Eurytemora affinis*, *Corophium arenarium* et *Daphnia magna*
- les invertébrés benthiques représentent 4% des résultats.

Afin de s'affranchir de la diversité des **biomarqueurs** mesurés (~100) et d'augmenter la pertinence de l'analyse des résultats, les biomarqueurs ont été regroupés par niveau et type d'effets [Figure 8]. Les **effets** les plus recherchés sont ceux qui témoignent d'une exposition (34%) et d'un effet à l'échelle individuelle (22%) et moléculaire (16%). La toxicité physiologique (35%), le génotoxicité (17%), les traits d'histoire de vie (17%) et la reprotoxicité (15%) sont les effets les plus recherchés [Figure 7C].

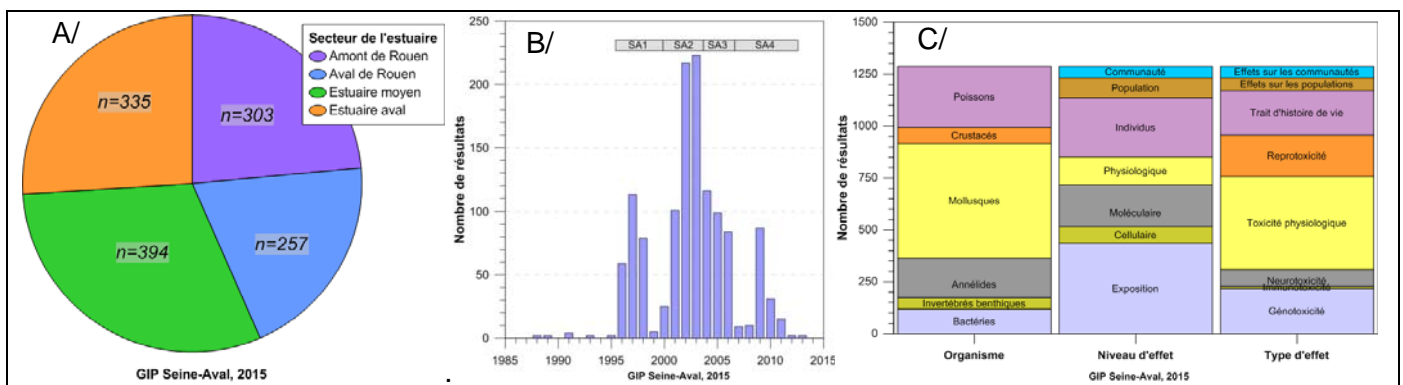


Figure 7 : Répartition des résultats, selon A/ le secteur de l'estuaire, B/ l'année d'acquisition, C/ l'organisme, le niveau et type d'effet.

Communauté								IBD, IBGA, AMBI, BQI, diversité
Population	Variabilité génétique, fréquence allélique, Hétérozygotie							Structure de population, Biomasse, Densité de population, Sex-ratio
Individu		Utilisations cutanées		Asymétrie fluctuante, Indices lipidique (FA/S/GT)	Dvpt embryonnaire, Fécondité, Fécondation, Malformation, Test embryotoxicité	Indice de condition, Mortalité / Survie, Croissance comportement natatoire, Taux de croissance, Indices de croissance, Mesures biométriques, Taux d'éclosion, Taux d'éclosion		
Physiologique	Tumeurs			Réserves énergétiques, Rapport lactonémie, Indices hépatocytaires, Respiration, Activité cardiaque	Imposx, indice de maturité sexuelle, indice Gonadosomatique, Imposx, Rapport G/T			
Moléculaire	Domages à l'ADN, Potentiel génotoxique, Génotype, 8-oxodG			TBARS				
Cellulaire		Phagocytose		Stabilité lysosomiale, Histopathologie	Potentiel cytotoxique, Histologie			
Exposition	ADN/ARN, Test d'AMES, Différentiation génétique	Expression génique	AChE	GST, Catalase, MXR, EROD, GPx, SOD, GRN, méthallothionéine	[hormone]			
Niveau d'effet	Génotoxicité	Immunotoxicité	Neurotoxicité	Toxicité physiologique	Reprotoxicité	Trait d'histoire de vie	Effets sur les populations	Effets sur les communautés
Type d'effet								



Figure 8 : Regroupement des biomarqueurs par niveau et type d'effets.

Une compilation de tous les résultats présents dans la base de données BIOESSE permet de discriminer le niveau des effets mesurés par des biomarqueurs, en filtrant par type d'effet, organisme ou secteur de l'estuaire [Figure 9]. Cette première analyse globale fait ressortir plusieurs tendances qui restent cependant à confirmer et à approfondir :

- Analyse spatiale :
 - o gradient 'amont' – 'aval' sur les effets observés : dans l'estuaire aval, 44% des observations montrent des effets importants ou très importants, contre 40, 37 et 24% respectivement pour l'estuaire moyen, le secteur Rouen - Vieux-Port et l'amont de Rouen.
- Analyse par type d'organisme :
 - o Les mesures sur le benthos de montrent pas d'effet tranchés, les classes extrêmes étant quasiment pas représentées. A noter que les mesures faites sur ces organismes concernent uniquement des indices (IBGA, IBD, BQI,...) représentatifs d'effets sur les communautés.
 - o Près de 75% des mesures sur les crustacés mettent pas en évidence d'effets, ou alors peu importants.
 - o Les mesures sur annélides (44% d'effets importants ou très importants), poissons (38% d'effets importants ou très importants) et mollusques (34% d'effets importants ou très importants) sont celles qui montrent le plus d'effets observés.
- Analyse par niveau d'effets :
 - o Les effets sur les populations, sur la reproduction et sur le génome sont les plus marqués (respectivement 77, 41 et 35% d'effets importants ou très importants)
 - o Les effets sur les traits d'histoire de vie et le système nerveux sont les moins marqués (respectivement 52 et 28% d'effets non observés ou faibles)
- Analyse par niveau d'effets :
 - o Il n'est pas observé de gradient d'effets selon le niveau observé

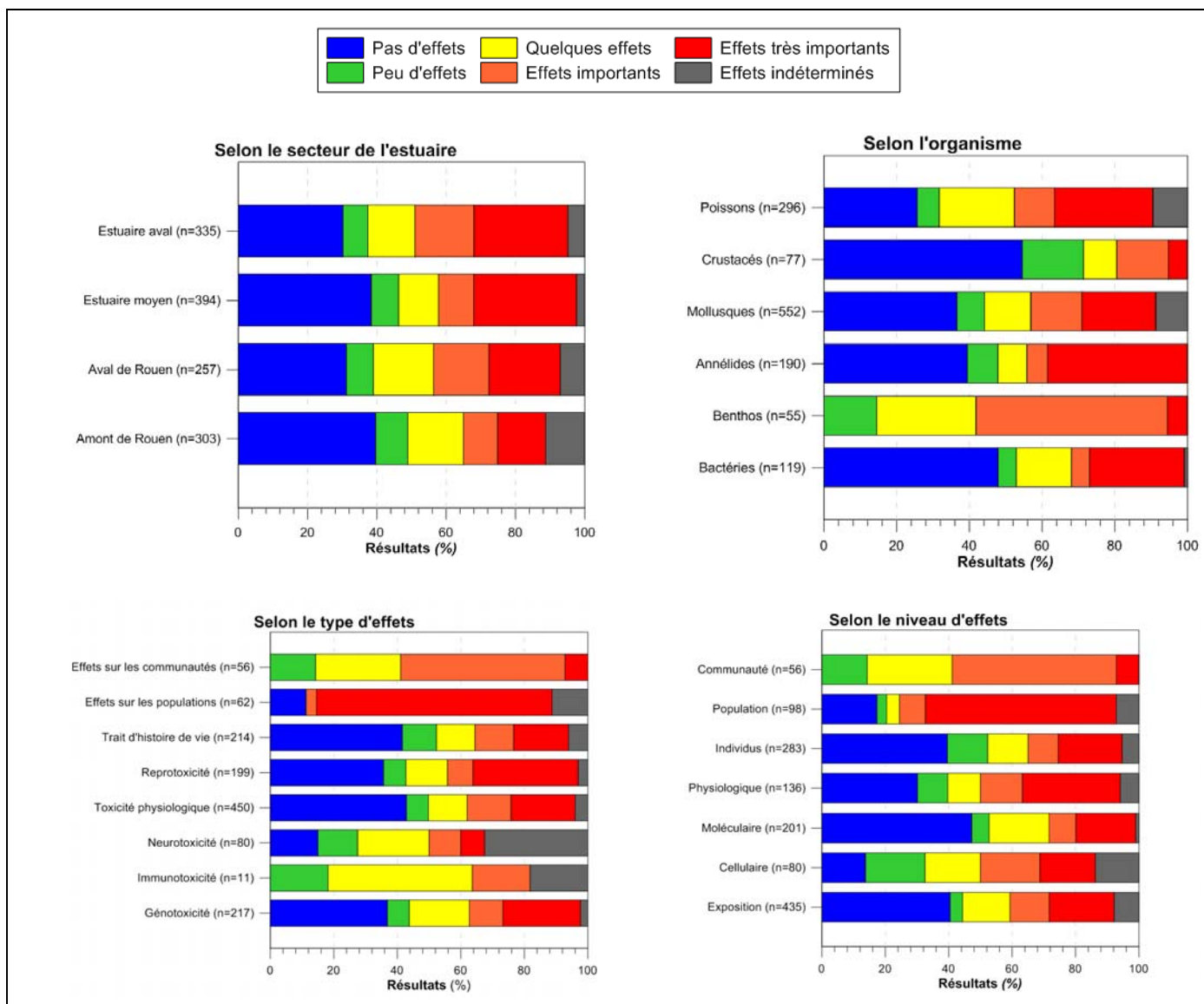


Figure 9 : Niveaux d'effets observés.

Des analyses plus ciblées peuvent également être faites, que ce soit sur un type d'organisme, un site ou niveau d'effets :

- pour les **mesures faites sur les poissons** entre 2002 et 2011 ($n=170$), la moitié concernent des biomarqueurs au niveau individuel ($n=87$) ciblant des traits d'histoire de vie ($n=69$), dont 24 pour l'estuaire aval. 75% de ces mesures indiquent des effets très importants ou importants, montrant la sensibilité de ces organismes présents à l'embouchure de la Seine.
- Pour les **mesures faites à l'amont de Rouen** ($n=303$), Oissel et Poses concentrent la majorité des mesures ($n=228$). Les mollusques, essentiellement *Dreissena polymorpha*, sont le support le plus utilisé ($n=179$). Les biomarqueurs d'exposition ciblant une toxicité physiologique sont largement utilisés ($n=66$), mais ne montrent pas d'effets spécifiques (68% d'effets non observés ou faibles). De même, les biomarqueurs moléculaires ciblant des effets génotoxiques ($n=41$) et les biomarqueurs individuels ciblant des effets sur les traits d'histoire de vie ($n=54$) montrent peu ou pas d'effet (respectivement 63 et 60%).
- Pour les **biomarqueurs moléculaires** ($n=202$), ils ciblent majoritairement des effets génotoxiques ($n=169$), à la fois à l'aide bactéries ($n=63$) et sur des mollusques ($n=60$) et des poissons ($n=43$). Les résultats montrent que les effets sont plus importants à l'aval de Rouen et dans l'estuaire moyen qu'en amont de Rouen et à l'embouchure (respectivement 43 et 48% contre 20 et 24% d'effets très importants ou importants).

Bilan

La base de données BIOESSE a été construite pour aider à la compilation des niveaux d'effets mesurés sur les organismes présents dans l'estuaire de la Seine. Mise à jour en septembre 2015, elle comporte 1289 entrées. L'analyse de son contenu permet d'avoir une vision globale des effets observés, ainsi qu'une analyse plus fine par type d'organisme, secteur de l'estuaire, type d'effet,...

Cette base de données sera complétée par les résultats en cours d'acquisition et pourra être mobilisée pour aider à leur interprétation.

Bibliographie

Fisson, 2014. **Qualité des eaux de l'estuaire de la Seine**. Fascicule Seine-Aval 32, 46p.

Poisson E., Fisson C., Amiard-Triquet C., Burgeot T., Couteau J., Dur G., Durand F., Forget-Leray J., Letendre J., Souissi S., Xuereb B., 2011. **Effets de la contamination chimique. Des organismes en danger ?** Fascicule Seine-Aval 2.7, 68p.

Ramade F., 2007. **Introduction à l'écotoxicologie : fondements et applications**. Lavoisier, Lassay-les-Châteaux. p618.

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce rapport, il doit être cité sous la forme suivante :
Fisson C. & Guillaume D., 2015. **Biomarqueurs en estuaire de Seine : Base de données BIOESSE**. Rapport réalisé par le
GIP Seine-Aval, 11p.

Le GIP Seine-Aval ne saurait être tenu responsable d'évènements pouvant résulter de l'utilisation et de l'interprétation des informations mises à disposition.

Pour tout renseignement, veuillez contacter le GIP Seine-Aval : gipsa@seine-aval.fr

Le GIP Seine-Aval est financé par :

