

Séminaire technique :

EVOLUER VERS UNE PRISE EN COMPTE DE LA
TOXICITE DANS LES SUIVIS DE QUALITE DES EAUX

19 Mars 2019, Strasbourg



Titre de la présentation : Evaluer la
contamination et la toxicité des milieux
aquatiques : l'intérêt des bioessais *in situ*

Intervention : Guillaume Jubeaux

Cofondateur de Biomae SAS

PhD écotoxicologie



SOMMAIRE

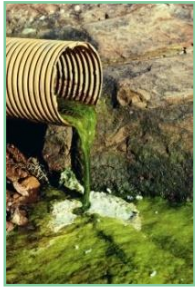


- Introduction
- Principe et présentation de tests *in situ* / applications
- Conclusion

Exposition chimique

Substances chimiques :

- Prélèvements (eau, sédiment)
- échantillonneurs passifs



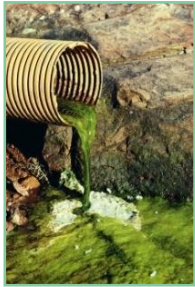
Limite dans la
compréhension
des effets

INTÉRÊT DES BIOESSAIS DANS LE DIAGNOSTIC DES MILIEUX AQUATIQUES

Exposition chimique

Substances chimiques :

- Prélèvements (eau, sédiment)
- échantillonneurs passifs

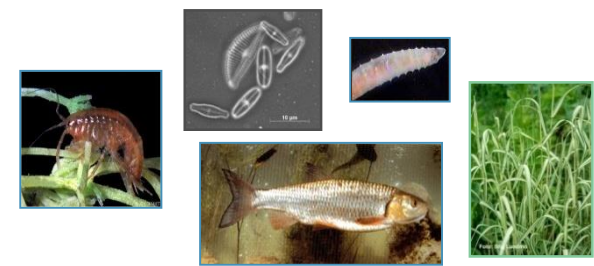


Limite dans la **compréhension** des effets

Impact sur la biodiversité

Populations / Communautés :

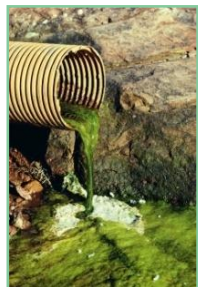
- IBGN
- IPR
- etc.



Limite pour **identifier** l'**origine** des effets

INTÉRÊT DES BIOESSAIS DANS LE DIAGNOSTIC DES MILIEUX AQUATIQUES

Exposition chimique



Substances chimiques :

- Prélèvements (eau, sédiment)
- échantillonneurs passifs

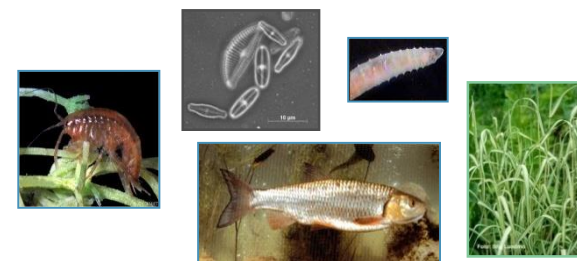


Limite dans la **compréhension** des effets

Impact sur la biodiversité

Populations / Communautés :

- IBGN
- IPR
- etc.



Limite pour **identifier** l'**origine** des effets



Ecotoxicologie

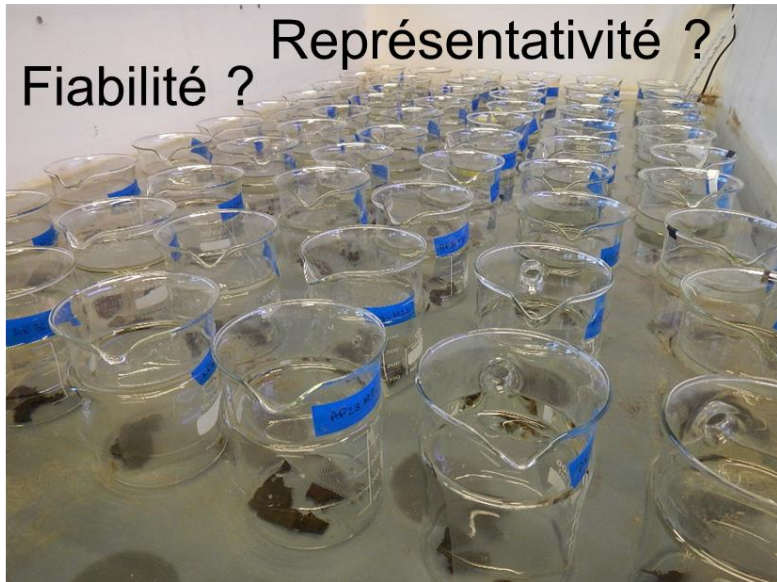
Lien entre exposition chimique et effet(s) toxique(s)

INTÉRÊT DES BIOESSAIS *IN SITU*

Prélèvement d'eau



Exposition au laboratoire

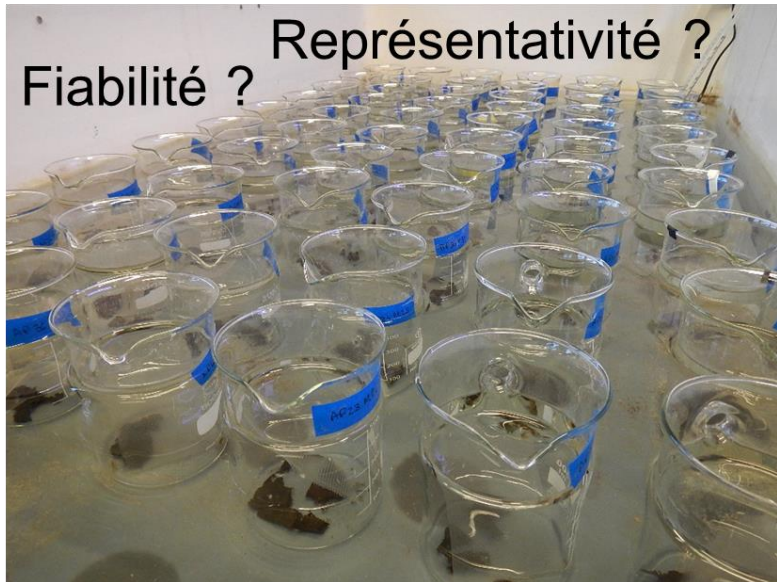


INTÉRÊT DES BIOESSAIS *IN SITU*

Prélèvement d'eau



Exposition au laboratoire

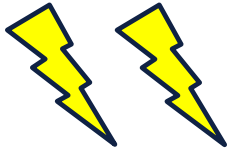


Exposition *in situ*

Transplantation /
Encagement d'organismes

CONTRAINTES ET LEVIERS

Facteur environnementaux



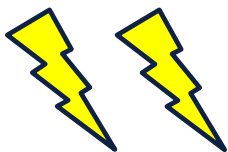
Physiologie de l'organisme



Difficulté pour discriminer
les effets liés
à l'exposition chimique ...

CONTRAINTES ET LEVIERS

Facteur environnementaux



Physiologie de l'organisme



Difficulté pour discriminer
les effets liés
à l'exposition chimique ...

Méthode standardisée
Organisme d'essai / Exposition / Analyses

+

Caractérisation/Modélisation
de l'effet des facteurs environnementaux
sur les réponses ciblées

=

Définition de
VALEURS DE REFERENCE
Interprétation

TESTS ET APPLICATIONS



- PRINCIPE DE LA METHODE
- TEST DE BIOACCUMULATION
- TESTS DE TOXICITE

BIOESSAIS *IN SITU* « GAMMARES »

Prélèvement
de gammares provenant
d'une population source



1

11



Espèce sentinelle

BIOESSAIS *IN SITU* « GAMMARES »

Prélèvement
de gammarès provenant
d'une population source



1

Période de stabulation
des gammarès
en laboratoire
(2 semaines)



2

Calibration des
organismes d'essai
(taille et genre)



3

Mise en cage des
organismes d'essai



4

Transport
des cages
sur site



5

12



Espèce sentinelle

BIOESSAIS *IN SITU* « GAMMARES »

Prélèvement
de gammarès provenant
d'une population source



1

Période de stabulation
des gammarès
en laboratoire
(2 semaines)



2

Calibration des
organismes d'essai
(taille et genre)



3

Mise en cage des
organismes d'essai



4

Transport
des cages
sur site



5

Espèce sentinelle

Exposition *in situ*

7



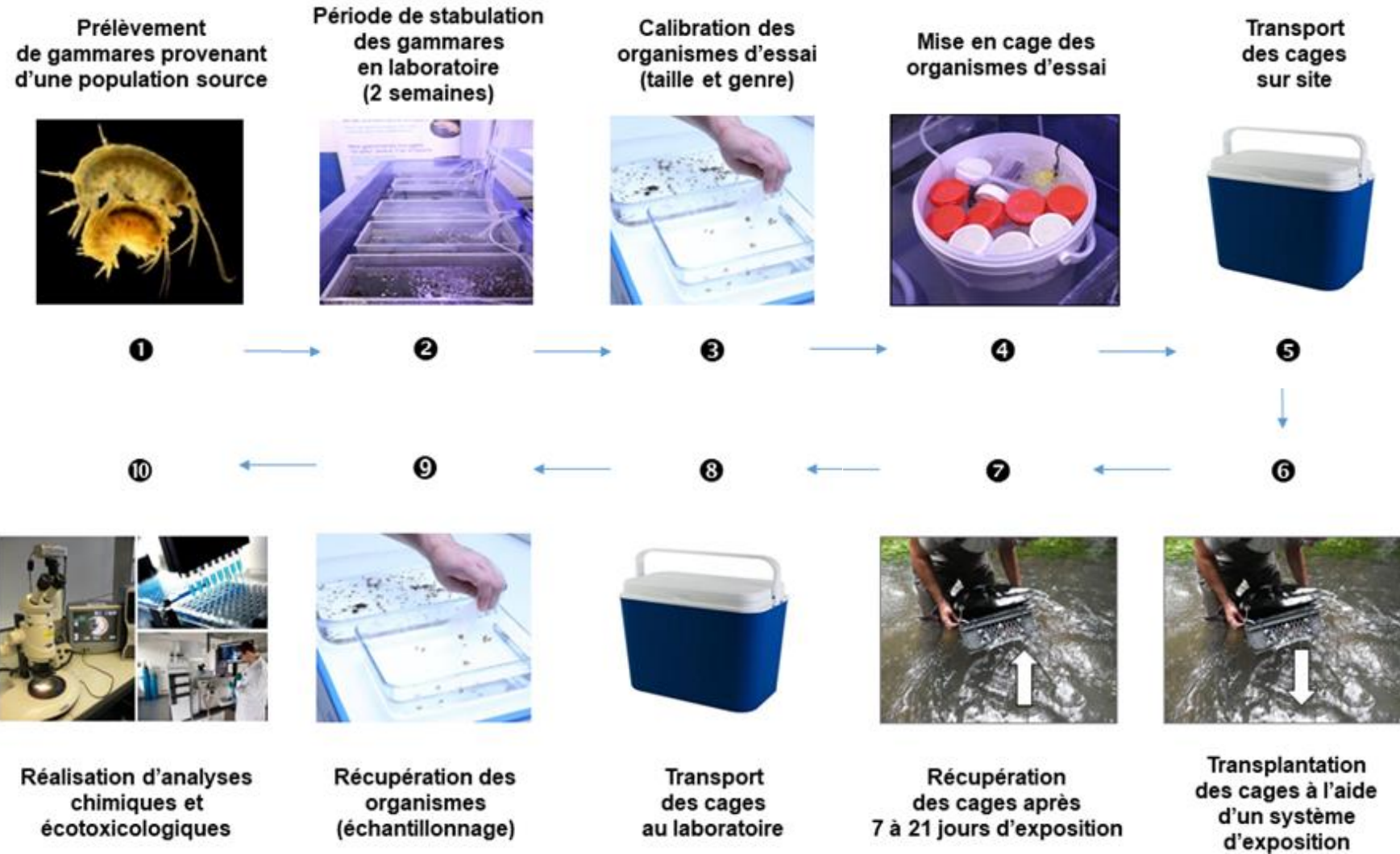
Récupération
des cages après
7 à 21 jours d'exposition

6



Transplantation
des cages à l'aide
d'un système
d'exposition

BIOESSAIS *IN SITU* « GAMMARES »



Espèce sentinelle

Exposition *in situ*

Marqueurs
+
Valeurs de référence

MESURE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE BIODISPONIBLE

Mesure de la bioaccumulation

(Fraction biodisponible des contaminants)



Lyophilisation des gammarets post exposition dans le milieu
et analyse chimique par spectrométrie de masse

DOSAGE DE MICROPOLLUANTS

organiques et métalliques

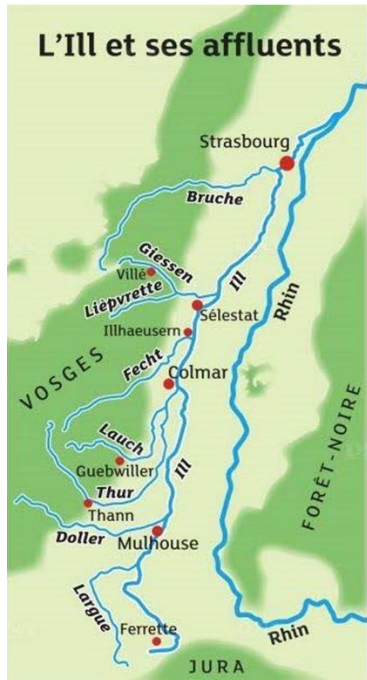
afnor
NORMALISATION

- Fraction biodisponible
- Norme AFNOR XP-T90-721
- NQE biote / DIRECTIVE CADRE EAU



APPLICATION I (DCE) : NQE BIOTE DANS LES CRUSTACÉS

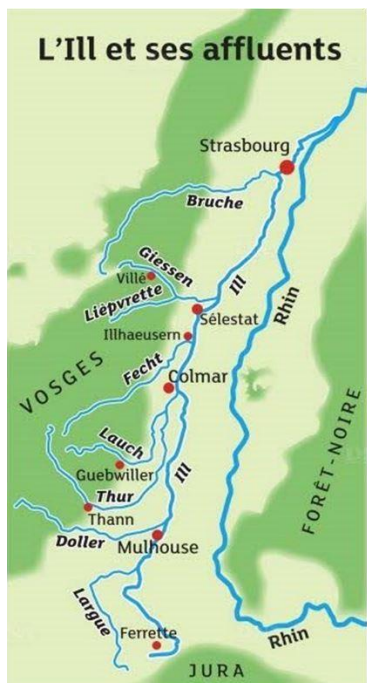
☐ En 2017 - Etude Agence de l'eau Rhin-Meuse (Exemple sur la bassin de l'Ill)



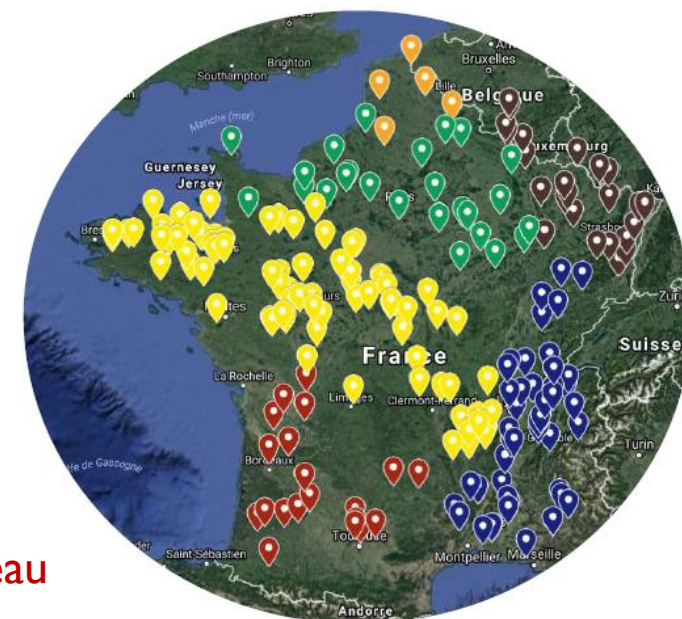
Station de mesure	HAP						DEHP	Dioxines
	Benzo (a) pyrene 1115	Benzo (g,h,i) Perylene 1118	Benzo (k) Fluoranthene 1117	Benzo(b)fluoranthène 1116	Indeno (1,2,3-cd) Pyrene 1204	Fluoranthene 1191	DEHP 6616	Dioxines et composés de type dioxine 7707
L'ILL et AFFLUENTS								
LA THUR A STAFFELFELDEN	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<20	0,002
L'ILL A OBERHERGHEIM	<10	1,0	0,5	NA	0,7	1,5	<20	0,001
L'ILL A OBERHERGHEIM	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<20	0,001
L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	1,4	1,1	0,6	NA	0,9	1,5	<20	0,001
L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	<20	0,001
LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	<0,5	<0,5	<0,5	NA	<0,5	<0,5	<20	0,001
LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<20	0,001
L'ILL A HUTTENHEIM	5,5	5,6	3,7	NA	4,2	1,9	<20	<0,001
L'ILL A HUTTENHEIM	0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	<20	0,001
LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT) (RID67)	1,4	1,3	0,9	NA	0,8	3,2	<20	<0,001
LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT) (RID67)	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	<20	0,001
L'ILL A LA-WANTZENAU	0,9	0,7	<0,5	NA	<0,5	1,3	<20	<0,001
L'ILL A LA-WANTZENAU	0,6	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	<20	0,001

APPLICATION I (DCE) : NQE BIOTE DANS LES CRUSTACÉS

☐ En 2017 - Etude Agence de l'eau Rhin-Meuse (Exemple sur la bassin de l'Ill)



Station de mesure	HAP						DEHP	Dioxines
	Benzo (a) pyrene 1115	Benzo (g,h,i) Perylene 1118	Benzo (k) Fluoranthene 1117	Benzo(b)fluoranthène 1116	Indeno (1,2,3-cd) Pyrene 1204	Fluoranthene 1191	DEHP 6616	Dioxines et composés de type dioxine 7707
L'ILL et AFFLUENTS								
LA THUR A STAFFELFELDEN	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<20	0,002
L'ILL A OBERHERGHEIM	<10	1,0	0,5	NA	0,7	1,5	<20	0,001
L'ILL A OBERHERGHEIM	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<20	0,001
L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	1,4	1,1	0,6	NA	0,9	1,5	<20	0,001
L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,1	<20	0,001
LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	<0,5	<0,5	<0,5	NA	<0,5	<0,5	<20	0,001
LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<20	0,001
L'ILL A HUTTENHEIM	5,5	5,6	3,7	NA	4,2	1,9	<20	<0,001
L'ILL A HUTTENHEIM	0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	<20	0,001
LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT) (RID67)	1,4	1,3	0,9	NA	0,8	3,2	<20	<0,001
LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT) (RID67)	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	<20	0,001
L'ILL A LA-WANTZENAU	0,9	0,7	<0,5	NA	<0,5	1,3	<20	<0,001
L'ILL A LA-WANTZENAU	0,6	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	<20	0,001



2018 : Déploiement national / Agences de l'eau

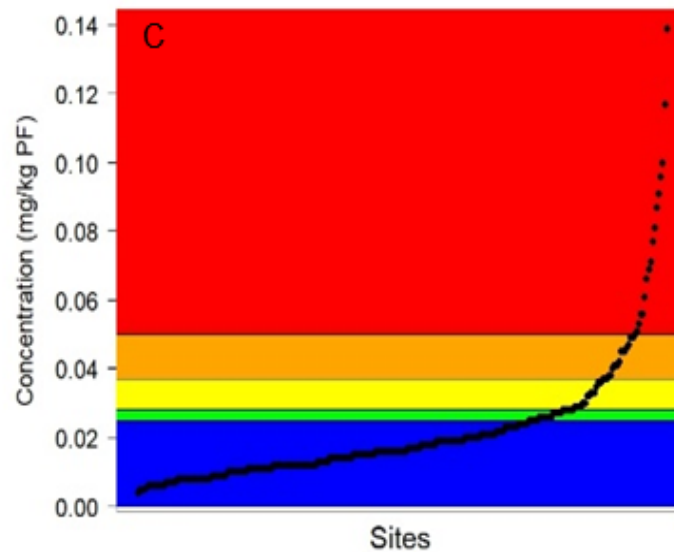
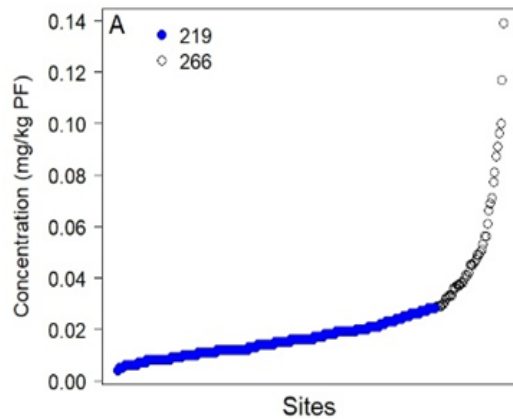
APPLICATION 2 (HORS DCE) : SEUILS DE CONTAMINATION

Définition de référentiels à partir de notre population de référence GAMMAREF®

Bases de données

Définition du seuil

Niveau de gravité



TEST DE BIOACCUMULATION

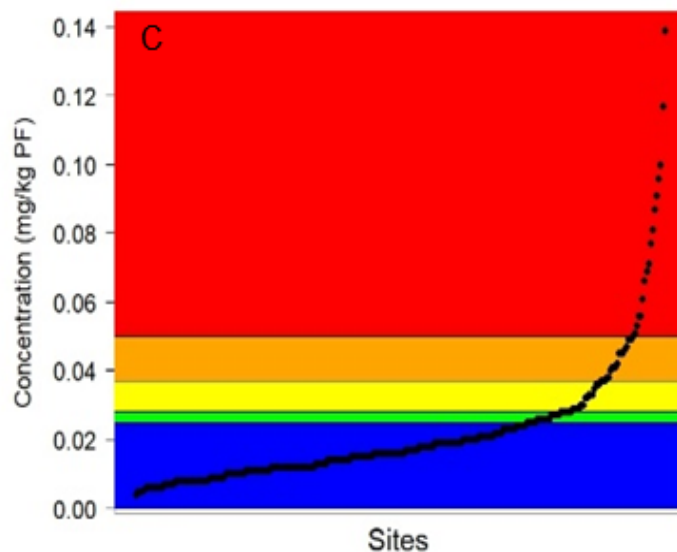
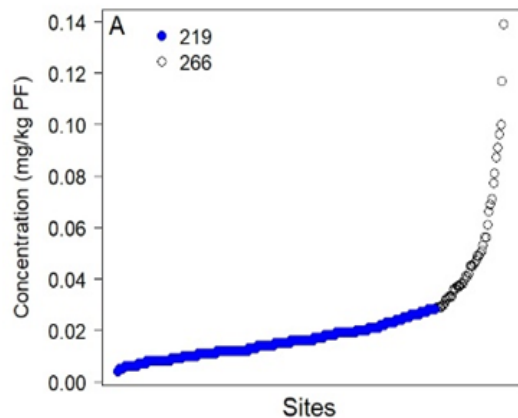
APPLICATION 2 (HORS DCE) : SEUILS DE CONTAMINATION

Définition de référentiels à partir de notre population de référence GAMMAREF®

Bases de données

Définition du seuil

Niveau de gravité



Stations de mesure

COMPARAISON SPATIALE

Concentrations biodisponibles en métaux (mg/kg poids frais)

	Argent (Ag) 1368	Cadmium (Cd) 1388	Cobalt (Co) 1379	Chrome (Cr) 1389	Nickel (Ni) 1386	Zinc (Zn) 1383	Cuivre (Cu) 1392	Ploomb (Pb) 1382	Arsenic (As) 1369	Uranium (U) 1361	Lithium (Li) 1364	Aluminium (Al) 1370	Titane (Ti) 1373	Vanadium (V) 1384	Fer (Fe) 1393	Manganèse (Mn) 1394	Molybdène (Mo) 1395	Baryum (Ba) 1396	Etain (Sn) 1380	Bore (B) 1362
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.01	0.01	0.22	0.29	0.17	11.40	8.93	0.12	0.59	0.01	0.17	126.10	6.51	0.42	215.90	43.80	0.06	11.90	0.03	<-0.4
3	0.01	0.01	0.20	0.38	0.21	11.80	8.35	0.14	0.70	0.01	0.13	111.50	5.63	0.51	275.20	21.80	0.06	4.72	0.02	<-0.4
4	0.01	0.01	0.08	0.31	0.19	10.80	7.65	0.14	0.46	0.01	0.15	121.70	7.12	0.31	95.40	12.60	0.06	7.36	0.02	<-0.4
5	0.01	0.01	0.07	0.33	0.16	10.70	7.23	0.11	0.45	0.01	0.13	100.80	7.02	0.33	110.30	7.08	0.06	2.45	0.02	<-0.4
6	0.01	0.02	0.10	0.38	0.20	11.80	8.74	0.15	0.50	0.01	0.19	146.70	5.98	0.48	165.70	20.00	0.07	15.70	0.06	<-0.4
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.01	0.01	0.10	0.48	0.21	10.90	6.91	0.12	0.44	0.01	0.16	113.30	6.25	0.41	137.00	21.90	0.06	7.74	0.02	<-0.4
9	0.01	0.03	0.35	0.89	0.53	13.10	8.78	0.25	0.57	0.02	0.46	428.40	9.62	1.29	369.50	23.70	0.07	21.30	0.03	<-0.4
10	<0.004	0.04	0.30	0.58	0.52	12.60	8.48	0.11	0.62	0.02	0.24	203.50	13.40	0.81	170.40	20.90	0.06	21.00	0.02	<-0.4
11	0.01	0.01	0.28	0.47	0.37	11.20	7.60	0.15	0.68	0.02	0.52	166.10	10.90	0.59	142.30	120.00	0.06	17.50	0.03	<-0.4
12	0.01	0.02	0.23	0.35	0.29	11.70	6.77	0.19	0.56	0.02	0.17	118.10	12.00	0.51	120.50	16.70	0.06	20.60	0.03	<-0.4
13	0.02	0.25	0.41	0.27	0.32	19.30	6.97	1.90	0.73	0.02	0.16	107.10	4.96	0.40	125.60	35.00	0.05	14.80	<-0.02	<-0.4
14	0.01	0.06	0.53	0.87	0.61	12.70	7.73	0.47	0.66	0.02	0.31	331.00	11.50	1.12	286.00	95.40	0.09	24.70	0.04	<-0.4
15	0.03	0.14	0.37	0.66	0.52	14.70	10.30	2.74	0.62	0.03	0.38	459.20	9.46	0.92	317.80	37.00	0.07	20.40	0.03	<-0.4
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.01	0.04	0.61	0.43	0.46	11.60	9.35	0.14	0.48	0.01	0.23	303.10	5.90	0.65	279.10	44.50	0.05	15.60	<-0.02	<-0.4
18	0.03	0.11	0.11	3.28	4.19	13.80	10.80	0.48	0.40	0.06	0.16	225.10	5.28	0.21	165.40	14.50	0.06	28.40	0.08	<-0.4
19	0.01	0.07	0.59	0.38	0.73	10.80	7.19	0.13	0.60	0.02	0.40	213.90	9.70	0.68	154.50	38.40	0.05	7.45	<-0.02	<-0.4
20	0.01	0.01	0.28	0.21	0.28	11.70	10.40	0.07	0.39	0.01	0.12	139.70	3.67	0.33	127.10	42.00	0.05	7.21	<-0.02	<-0.4
21	0.01	0.02	1.15	0.90	0.73	12.40	10.90	0.26	0.47	0.02	0.43	367.40	7.35	1.34	552.00	134.00	0.15	8.43	0.05	0.40
22	0.01	0.02	0.21	0.29	0.27	10.60	9.21	0.09	0.40	0.01	0.13	171.00	4.77	0.41	132.40	43.30	0.07	14.60	<-0.02	<-0.4
23	0.01	0.01	0.24	0.37	0.36	10.90	9.82	0.10	0.39	0.02	0.21	260.70	6.25	0.45	174.10	24.90	0.06	17.30	<-0.02	<-0.4
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.01	0.02	0.67	0.90	0.72	12.80	11.70	0.29	0.48	0.02	0.47	587.30	8.74	1.16	465.80	147.10	0.07	16.80	0.03	<-0.4
26	0.02	0.02	0.65	0.76	0.65	15.10	10.50	0.35	0.50	0.02	0.33	407.70	7.72	0.87	290.70	117.90	0.11	16.10	0.05	<-0.4
27	0.01	0.01	0.26	0.57	0.49	11.10	10.10	0.16	0.37	0.02	0.25	378.70	7.56	0.74	280.40	33.80	0.07	12.00	0.03	<-0.4
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.01	0.03	0.18	0.40	0.33	11.30	9.65	0.16	0.46	0.02	0.18	236.70	11.70	0.49	194.20	27.00	0.07	9.46	0.03	0.52
30	0.01	0.03	0.45	0.43	0.55	12.40	9.98	0.17	0.40	0.03	0.22	313.80	8.11	0.55	364.70	62.70	0.05	31.30	0.02	<-0.4
31	0.01	0.04	0.53	0.34	0.43	12.20	9.81	0.12	0.88	0.02	0.25	219.00	7.13	0.45	195.70	60.20	0.06	22.90	0.03	<-0.4
32	0.02	0.03	0.24	0.63	0.48	12.50	11.10	0.28	0.46	0.03	0.46	323.60	13.50	0.88	257.80	18.90	0.08	18.40	0.06	<-0.4
10	0.01	0.01	0.04	0.04	0.27	12.50	8.41	0.09	0.46	0.01	0.02	2.50	0.02	10.30	1.13	0.20	3.52	<-0.02	<-0.4	
10	<0.004	0.01	0.03	0.04	0.21	11.20	9.41	0.05	0.45	0.01	0.02	2.73	0.24	<-0.02	10.60	1.27	0.06	3.42	<-0.02	<-0.4

MESURE DES EFFETS TOXIQUES

ANALYSE DE MARQUEURS À 7 JOURS

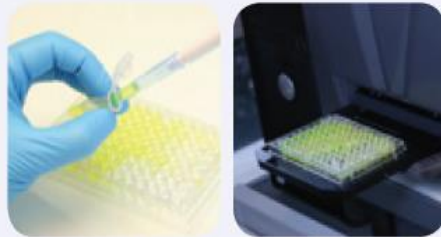
Effet sur l'alimentation



Mesure de la consommation de feuilles en corrigeant l'effet taille et température

TOXICITÉ GÉNÉRALE

Effet neurotoxique
(Acétylcholine Estérase, AChE)



Dosage biochimique de l'activité enzymatique de l'AChE

TOXICITÉ SPÉCIFIQUE
(Insecticides carbamates et organophosphorés)

ANALYSE DE MARQUEURS À 14 ou 21 JOURS

Effet sur la reproduction et la mue



Mesures biométriques
(fertilité, fécondité, cycle de mue, croissance ovocytaire)

TOXICITÉ GÉNÉRALE

Désynchronisation entre le cycle de mue et la croissance ovocytaire

TOXICITÉ SPÉCIFIQUE
(Perturbation endocrinienne*)

MESURE DES EFFETS TOXIQUES

ANALYSE DE MARQUEURS À 7 JOURS

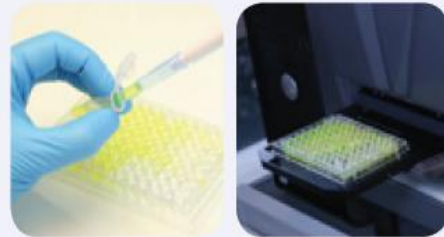
Effet sur l'alimentation



Mesure de la consommation de feuilles en corrigeant l'effet taille et température

TOXICITÉ GÉNÉRALE

Effet neurotoxique
(Acétylcholine Estérase, AChE)



Dosage biochimique de l'activité enzymatique de l'AChE

TOXICITÉ SPÉCIFIQUE
(Insecticides carbamates et organophosphorés)

Normalisation AFNOR en cours

ANALYSE DE MARQUEURS À 14 ou 21 JOURS

Effet sur la reproduction et la mue



Mesures biométriques
(fertilité, fécondité, cycle de mue, croissance ovocytaire)

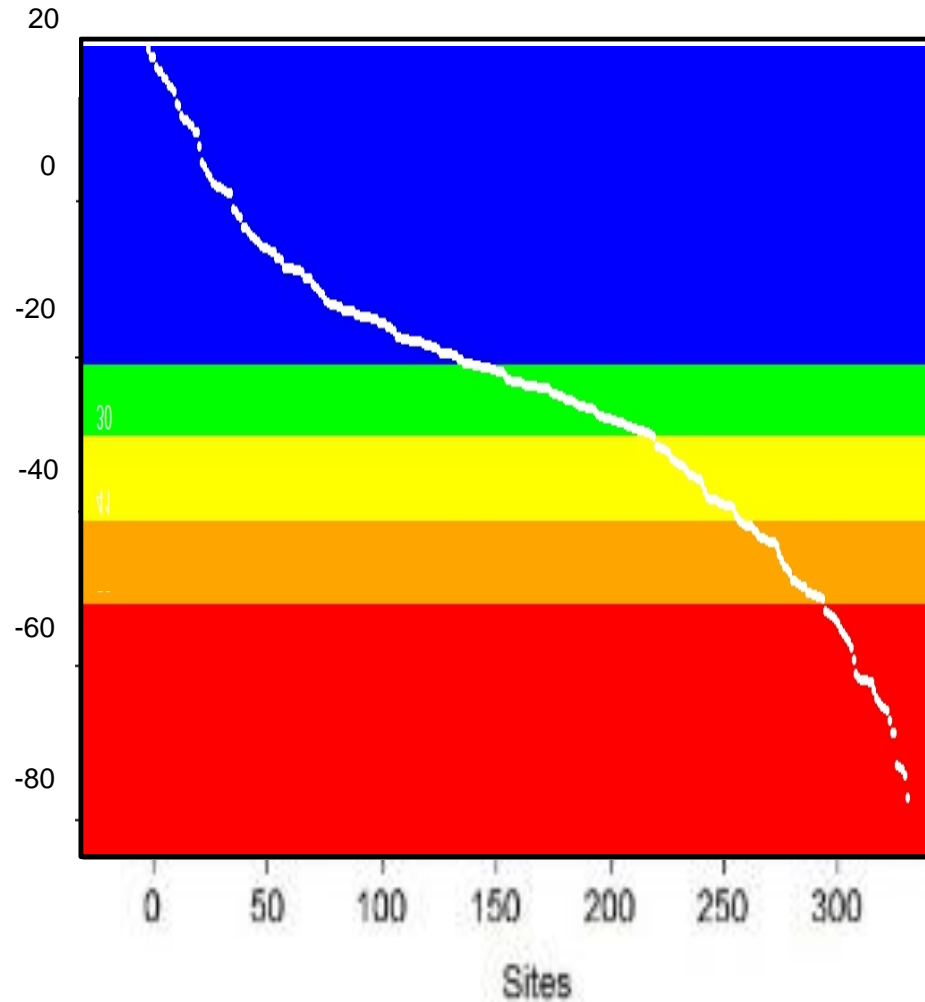
TOXICITÉ GÉNÉRALE

Désynchronisation entre le cycle de mue et la croissance ovocytaire
TOXICITÉ SPÉCIFIQUE
(Perturbation endocrinienne*)

Normalisation à venir (démarrage 2020?)

GRILLE D'INTERPRÉTATION : SEUILS DE TOXICITÉ

Exemple : taux d'alimentation des gammares



Valeurs de référence

Température : 7-20°C

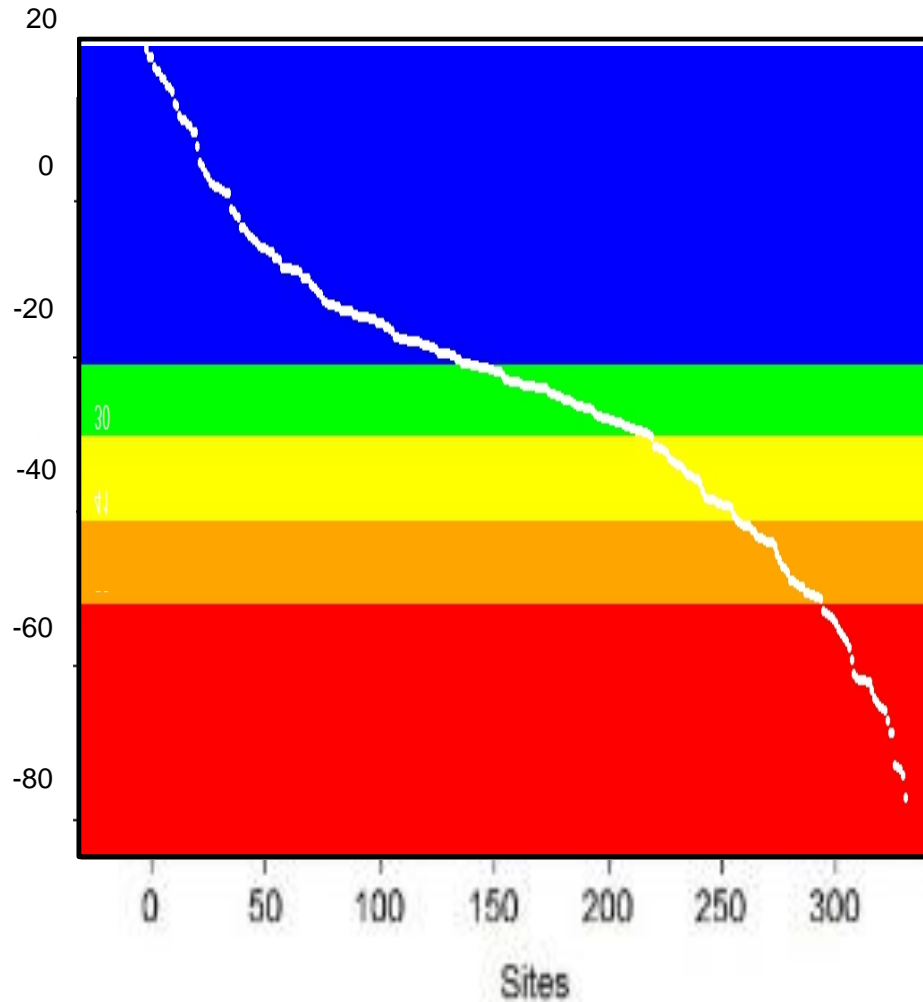
Conductivité : 100-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

pH 6,3-8,9

$\text{O}_2 > 5 \text{ mg/L}$

GRILLE D'INTERPRÉTATION : SEUILS DE TOXICITÉ

Exemple : taux d'alimentation des gammares



Valeurs de référence

Température : 7-20°C

Conductivité : 100-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

pH 6,3-8,9

$\text{O}_2 > 5 \text{ mg/L}$

Toxicité faible

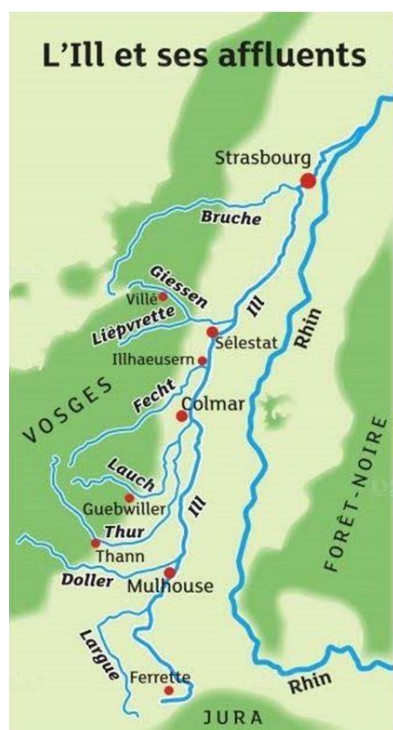
Toxicité modérée

Toxicité forte

Toxicité très forte

APPLICATION I : SURVEILLANCE SPATIALE

□ En 2017 - Etude Agence de l'eau Rhin-Meuse (Exemple sur la bassin de l'IlI)



Sens
écoulement

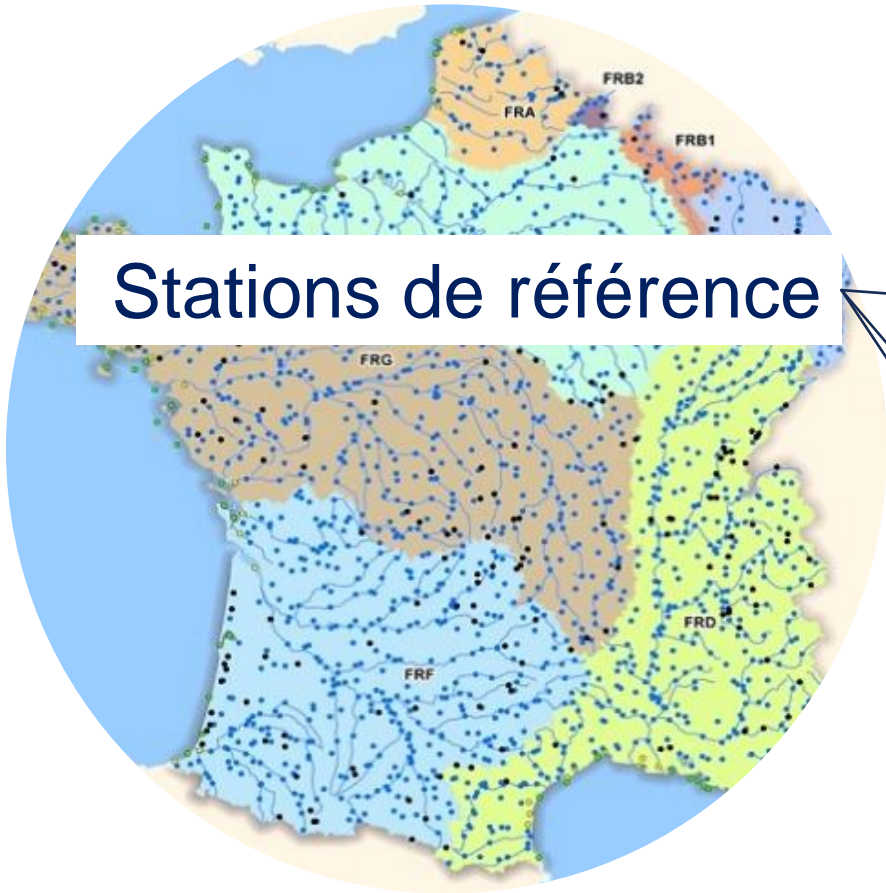
	Toxicité générale				Toxicité spécifique	
	Survie	Alimentation	Fécondité	Retard de mue	Neurotoxicité	Perturbation endocrinienne
L'ILL A LA-WANTZENAU	83	-13	12	93% (96%)	-8	Conforme
L'ILL A HUTTENHEIM	85	-10	10	87% (94%)	-10	Conforme
L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	84	-1	15	93% (95%)	6	Conforme
L'ILL A OBERHERGHEIM	74	14	17	73% (96%)	1	Conforme

Toxicité en amont
Dilution vers l'aval

Pas de pression insecticides

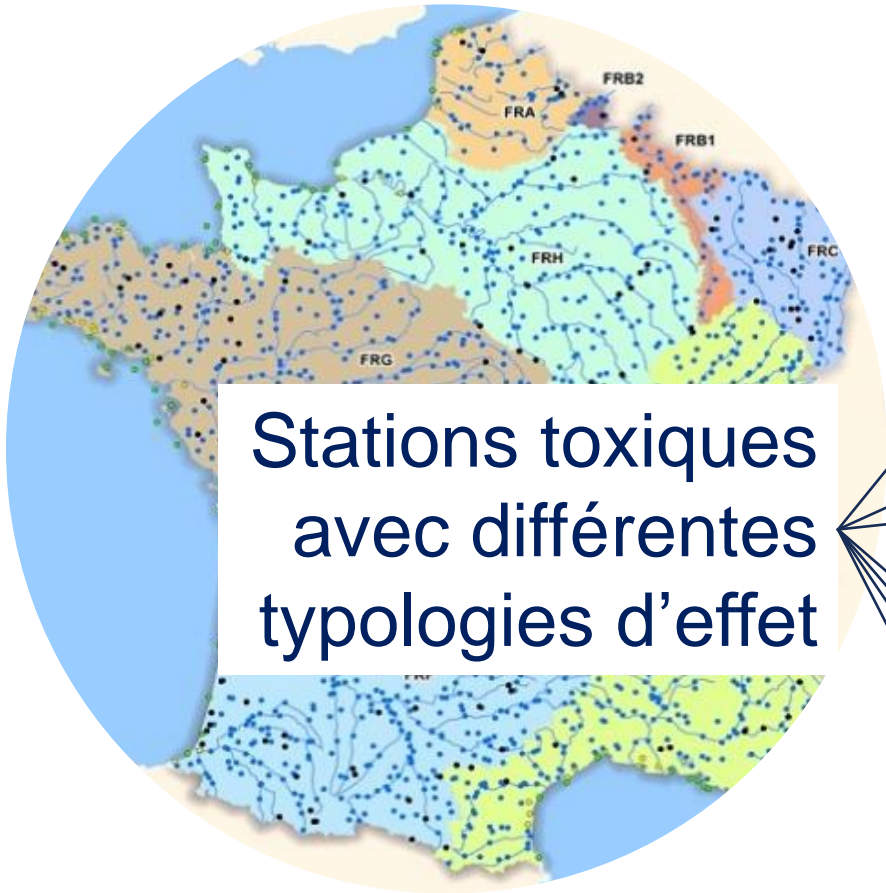
Pas de perturbateurs
endocriniens « arthropodes »

APPLICATION I : SURVEILLANCE SPATIALE ET SUIVI TEMPOREL



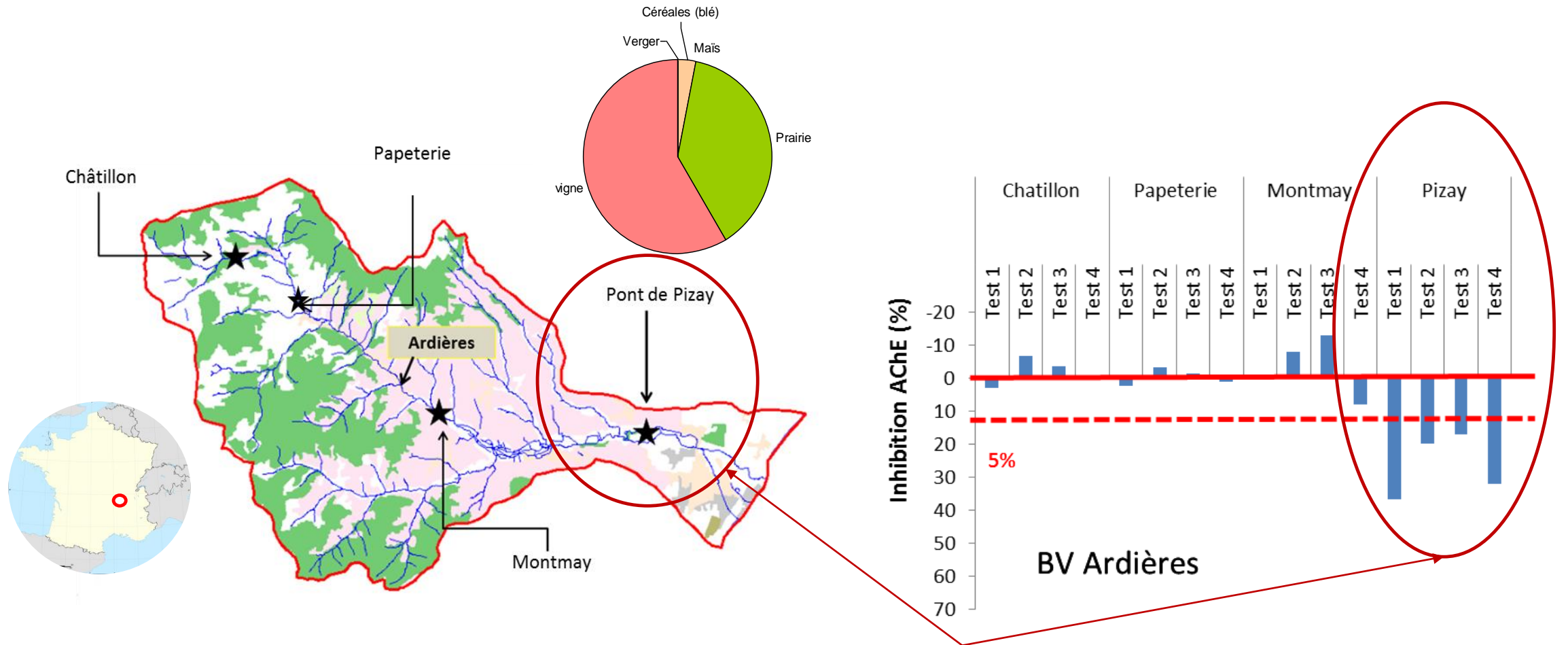
#Station	Taux de survie (%)	Inhibition alimentaire (%)	Neurotoxicité AChE (%)	Inhibition de la fécondité (%)	Retards de mue (Distribution des stades de mue)	Perturbation endocrinienne (Surface ovocytaire moyenne (µm²))
1	98	15	13	-6	100% (95%)	Conforme
	89	15	3	3	Conforme	Conforme
	86	15	3	19	100% (96%)	Conforme
	93	15	-4	-3	93% (97%)	Conforme
	88	15	7	20	100% (96%)	Conforme
2	100	20	-13	-26	80% (91%)	Conforme
	89	20	-2	-1	93% (98%)	Conforme
	89	33	-4	3	93% (97%)	Conforme
	93	-9	-1	-1	93% (98%)	Conforme
	86	20	7	16	100% (94%)	Conforme
3	78	26	3	-13	80% (95%)	Conforme
	89	29	13	9	Conforme	Conforme
	90	-38	15	2	100% (96%)	Conforme
4	86	37	-3	2	100% (97%)	Conforme
	73	26	13	3	53% (55%)	Conforme
	84	27	9	0	75% (95%)	Conforme
	99	-24	21	19	87% (98%)	Conforme
5	90	19	-5	-25	93% (97%)	Conforme
	79	22	1	15	100% (96%)	Conforme
	83	20	13	-14	93% (97%)	Conforme
	86	-27	14	-2	100% (96%)	Conforme
6	88	19	-10	-26	100% (97%)	Conforme
	80	21	0	4	100% (96%)	Conforme
	84	20	9	-17	92% (93%)	Conforme
	91	-11	-2	1	100% (95%)	Conforme
7	93	36	-2	-14	100% (97%)	Conforme
	86	20	6	25	92% (95%)	Conforme
	91	-15	8	14	85% (95%)	Conforme
8	79	43	-2	n = 10 individus	n = 10 individus	n = 10 individus
	75	55	0	n = 10 individus	n = 10 individus	n = 10 individus
	78	47	14	28	93% (94%)	Conforme
	78	12	14	n = 10 individus	n = 10 individus	n = 10 individus
9	86	48	-14	-21	100% (86%)	Conforme
	71	23	0	n = 10 individus	n = 10 individus	n = 10 individus
	83	24	7	22	84% (98%)	Conforme
	85	4	7	n = 10 individus	n = 10 individus	n = 10 individus
10	82	19	-4	9	95% (95%)	Conforme
	73	29	-9	5	92% (93%)	Conforme
	83	28	10	3	97% (95%)	Conforme
90	18	8	11	96% (97%)	Conforme	

APPLICATION I : SURVEILLANCE SPATIALE ET SUIVI TEMPOREL



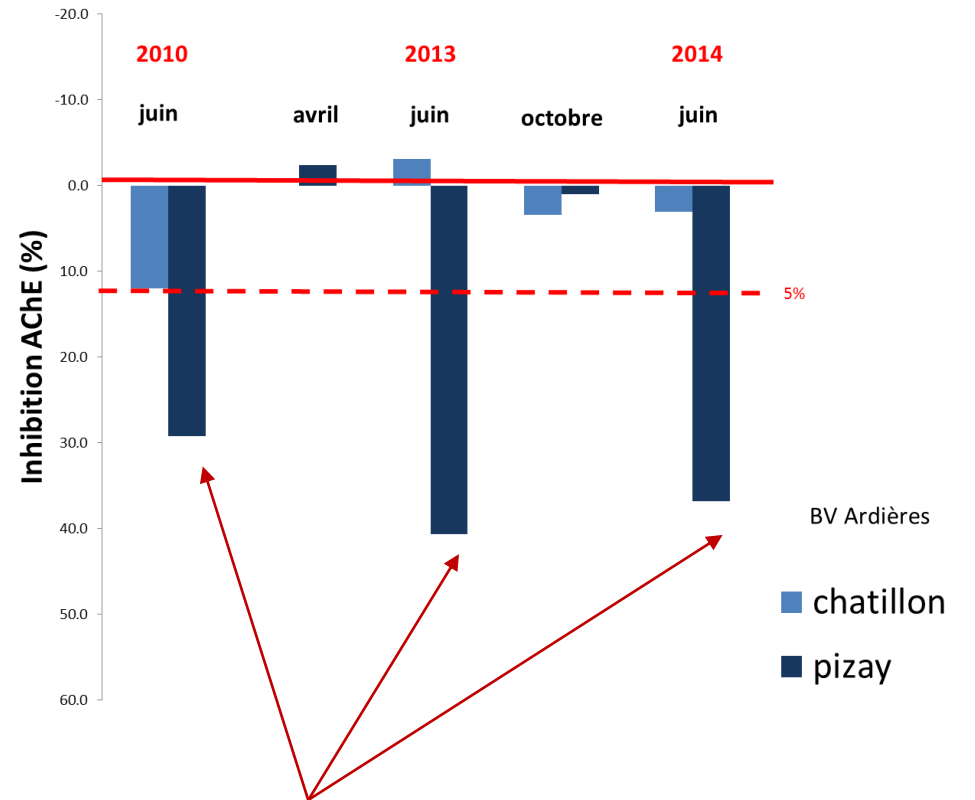
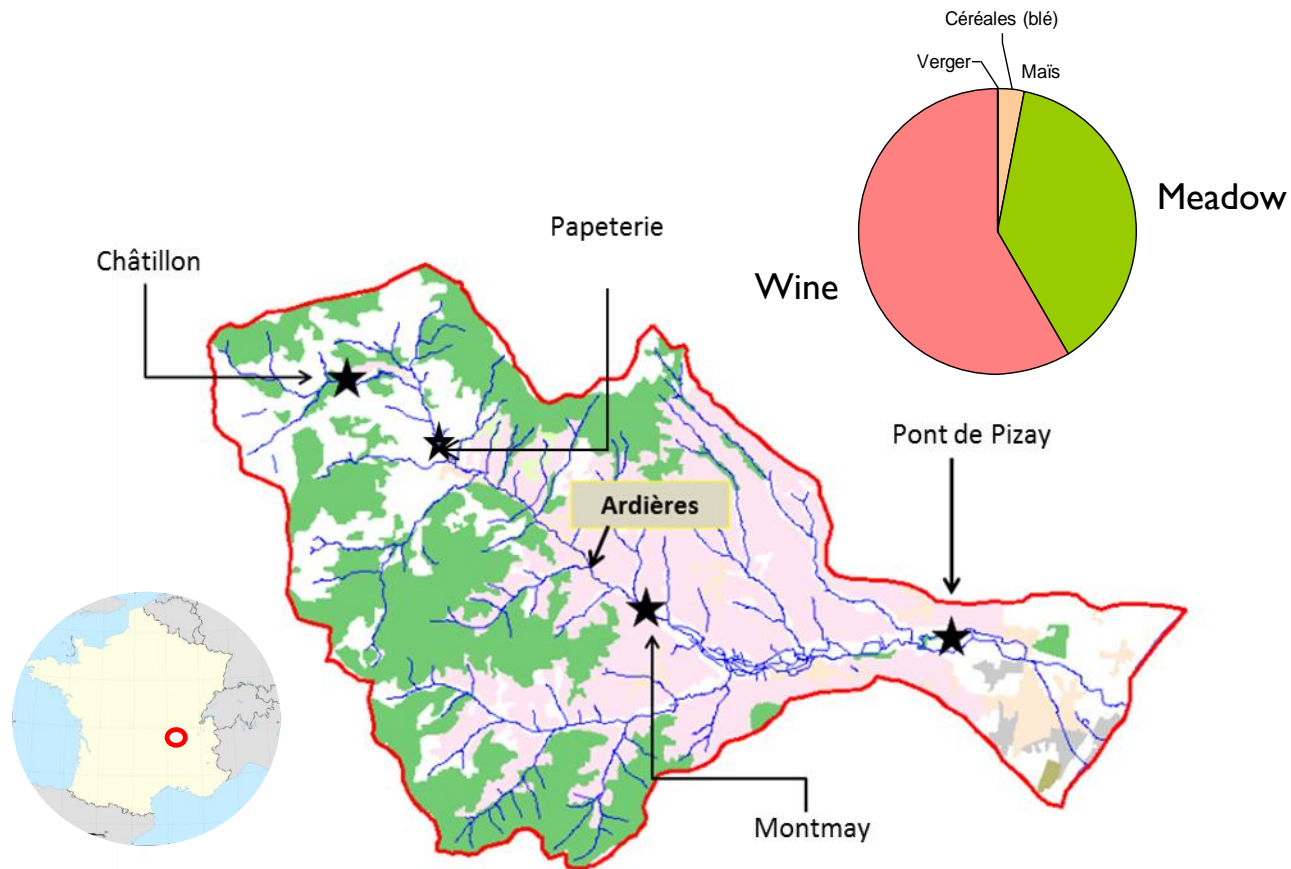
#Station	Taux de survie (%)	Inhibition alimentaire (%)	Neurotoxicité AChE (%)	Inhibition de la fécondité (%)	Retards de mue (Distribution des stades de mue)	Perturbation endocrinienne (Surface ovocytaire moyenne (µm²))
1	98	62	-13	-6	100% (95%)	Conforme
	89	78	3	3	Conforme	Conforme
	86	62	3	19	100% (96%)	Conforme
	93	15	-4	3	93% (97%)	Conforme
2	88	51	7	20	100% (96%)	Conforme
	100	20	-13	-26	80% (91%)	Conforme
	89	20	-2	-1	93% (98%)	Conforme
	89	33	-4	-3	93% (97%)	Conforme
3	93	-9	-1	-1	93% (98%)	Conforme
	86	20	7	16	100% (94%)	Conforme
	78	26	3	-13	80% (96%)	Conforme
	84	29	13	9	Conforme	Conforme
4	89	21	15	2	100% (96%)	Conforme
	90	-38	19	9	73% (97%)	92760
	86	37	-3	2	100% (97%)	Conforme
	73	20	13	3	53% (82%)	Conforme
5	84	27	9	0	73% (95%)	Conforme
	99	-24	21	19	87% (98%)	Conforme
	90	19	-5	-25	93% (97%)	Conforme
	79	22	1	15	100% (96%)	Conforme
6	83	20	1	-14	93% (97%)	Conforme
	86	-27	14	-2	100% (95%)	Conforme
	88	19	-10	-26	100% (97%)	Conforme
	80	21	0	-4	100% (96%)	Conforme
7	84	20	8	-17	92% (93%)	Conforme
	91	-13	-2	1	100% (95%)	Conforme
	93	39	-2	14	100% (97%)	Conforme
	89	66	6	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
8	86	20	9	25	92% (95%)	Conforme
	91	-15	8	14	85% (95%)	Conforme
	79	43	-2	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
	75	58	0	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
9	78	47	14	38	93% (94%)	Conforme
	78	12	14	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
	86	48	-14	-21	100% (86%)	Conforme
	71	23	0	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
10	83	24	7	22	64% (96%)	Conforme
	85	4	7	n < 10 individus	n < 10 individus	n < 10 individus
	25	29	-4	9	58% (89%)	Conforme
	73	29	-9	5	60% (91%)	Conforme
	83	28	10	3	97% (95%)	Conforme
	90	15	8	11	80% (97%)	66087

APPLICATION 2 : DIAGNOSTIC DES POLLUTIONS AGRICOLES



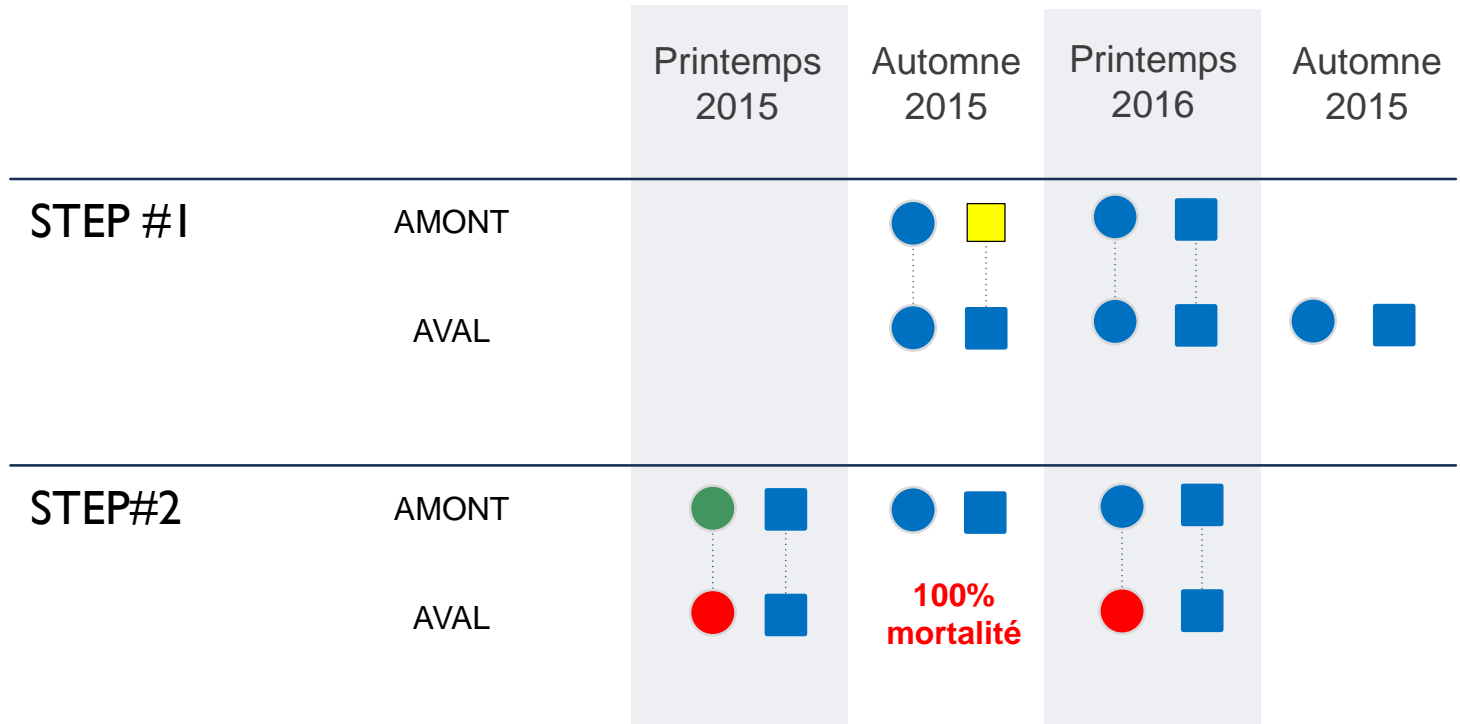
Neurotoxicité en aval des zones viticoles

APPLICATION 2 : DIAGNOSTIC DES POLLUTIONS AGRICOLES

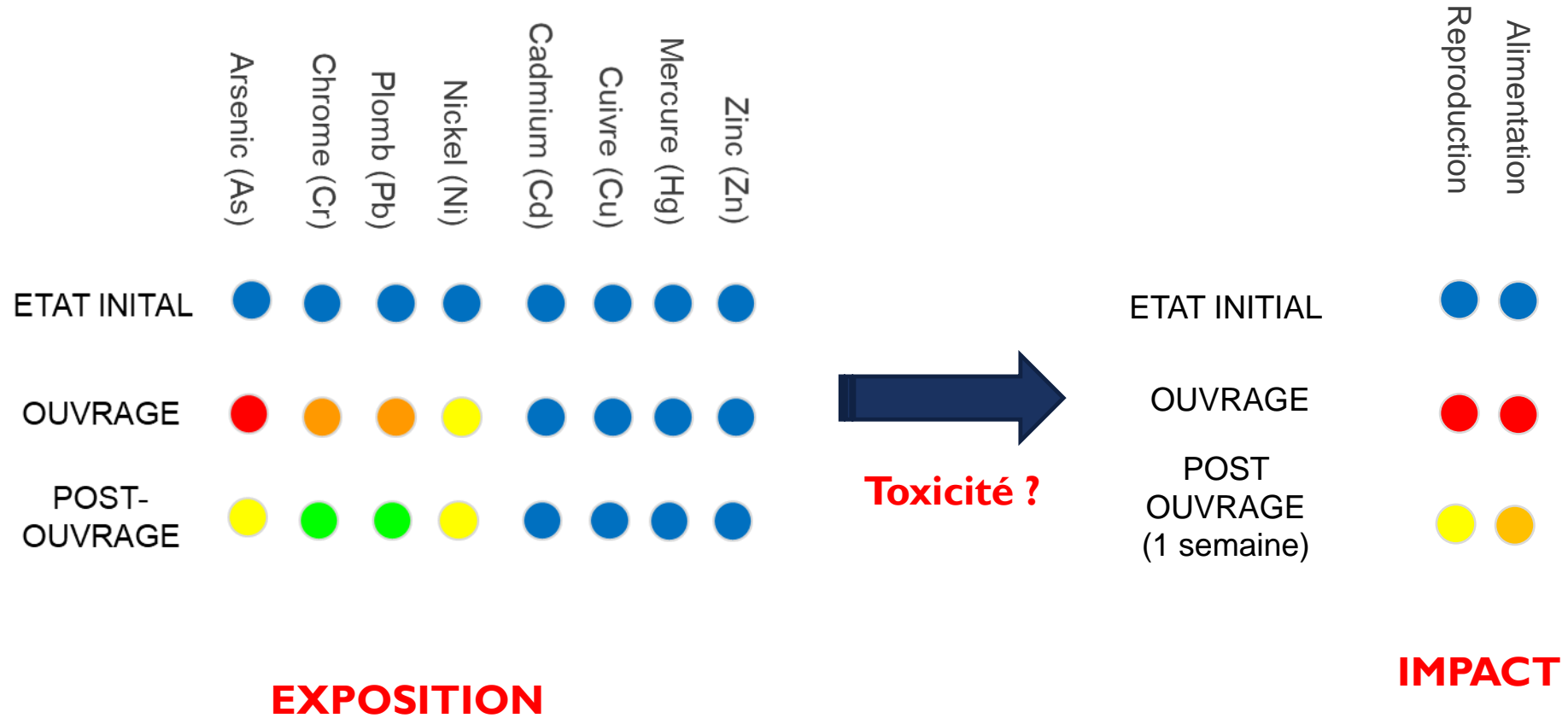


Neurotoxicité observée uniquement les mois de juin ²⁹

APPLICATION 2 : DIAGNOSTIC DES REJETS URBAINS/INDUSTRIELS



APPLICATION 2 : DIAGNOSTIC D'OUVRAGES



CONCLUSION



👉 Bioessais *in situ* « gammares » opérationnels

- Pour la surveillance des milieux aquatiques (Agence de l'Eau)
- Pour la réalisation d'étude d'impact amont/aval (collectivités et industriels)

👉 Vers une utilisation plus large des bioessais dans la surveillance / diagnostic

- Révision DCE (Europe)
- GT Bioessais (France)
- Contrat filière eau (France)

MERCI DE VOTRE ATTENTION



BIOMAE S.A.S.

320 RUE DE LA OUTARDE
01500 CHÂTEAU-GAILLARD

TÉL : 04.74.61.17.42

CONTACT@BIOMAE.FR

WWW.BIOMAE.COM

BIBLIOGRAPHIE



Plus de 40 PUBLICATIONS INTERNATIONALES de rang A (depuis 2003)
8 THESES de doctorat (2005 à 2015)
2 projets ANR, 2 projets PNRPE, etc.
1 BREVET (2014) sur le bioessai de reprotoxicité



ENCAGEMENT D'INVERTEBRES → Action 25 (2008 à 2011) et Action 45 (2012)
SURVEILLANCE CHIMIE DANS LE BIOTE → Action 20 (2011), Action 44 (2012) et Action 36 (2013 à 2015)
ECOPHYTO – outils intégratifs pour l'impact des phytosanitaires sur les cours d'eau (2012-2015)



INDICATEUR ECOTOX & DIAGNOSTIC MILIEU → Action 52 (2015-2016)
Partenaire sur le site Atelier PIREN-Seine depuis 2006
Projet BIOMARQU'INDIC (2010-2014)
Impact de la remise en suspension de sédiments avec les voies navigables de France, VNF (2011-2013)



ANR ECHIBIOTEB (2011-2015)
Plan Micropolluants « MICROPOLIS » (2013-2017)

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. Norme XP T90-721 (2019). Encagement *in situ* de gammares pour la mesure de la bioaccumulation de substances chimiques.

Agrément 14/04/2018. Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques. JORF n°0087 du 14 Avril 2018. Texte n°159

AQUAREF - Opérations d'analyse physico-chimique du biote en milieu continental dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques – Edition 2017

AQUAREF - Opérations d'échantillonnage d'eau en cours d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques – Edition 2017

Besse, J.P., Geffard, O., Coquery, M. (2012). Relevance and applicability of active biomonitoring in continental waters under the Water Framework Directive. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* 36, 113-127

Besse, J.-P., Coquery, M., Lopes, C., Chaumot, A., Budzinski, H., Labadie, P., Geffard, O. (2013). Caged *Gammarus fossarum* (Crustacea) as a robust tool for the characterization of bioavailable contamination levels in continental waters: Towards the determination of threshold values. *Water Research*. 47 (2) 650-660

Besse, J.P., Geffard O., Chaumot, A. François A., Recoura-Massaquant R., Lopes C., Gahou J., Grisot G., Coquery M. (2014). *Rapport de synthèse de l'étude pilote : déploiement de l'outil gammare encagé au niveau national, résultats pour les métaux ciblés. Rapport IRSTEA-ONEMA, 60p*

Besse J.P., Geffard O., Coquery M. (2011). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales - Etat de l'art sur les approches de biosurveillance et application dans le cadre de la DCE, Cemagref, 100 p

Besse, J.P., Geffard, O., Lopes, C., Chaumot, A., Coquery, M. (2012). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales. Approche de biosurveillance active sur *Gammarus fossarum*. Irstea, 63p

Chaumot, A., Geffard, O., Armengaud, J., Maltby, L. (2015). Gammarids as Reference Species for Freshwater Monitoring. Chapter in Book : Aquatic Ecotoxicology: Advancing Tools for Dealing with Emerging Risks : pp.253-280

Coulaud, R., Geffard, O., Xuereb, B., Lacaze, E., Quéau, H., Garric, J., Chaumot, A. (2011). In situ feeding assay with *Gammarus fossarum* (Crustacea): Modelling the influence of confounding factors to improve water quality biomonitoring. *Water Research*, 45(19), 6417–6429

BIBLIOGRAPHIE

Directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12/08/13 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

Directive 2010/63/UE du Parlement européen et du conseil du 22 septembre 2010 relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques

Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau (6) fixe des normes de qualité environnementale (NQE), conformément à la directive 2000/60/CE, pour les trente-trois substances prioritaires recensées dans la décision n° 2455/2001/CE et pour huit autres polluants déjà réglementés au niveau de l'Union

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 définit une stratégie de lutte contre la pollution de l'eau

European Commission 2011. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC): Guidance Document No: 27 Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Technical Report - 2011 - 05

European Commission 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. Technical Report - 2014 - 083

European Commission 2014. Technical Report on Aquatic Effect-Based Monitoring Tools. Technical Report - 2014 - 077

European Union. EU Environmental Technology Verification pilot programme. General Verification Protocol Version 1.3. 2018

Lacaze, E., Devaux, A., Mons, R., Bony, S., Garric, J., Geffard, A., & Geffard, O. (2011). DNA damage in caged *Gammarus fossarum* amphipods: A tool for freshwater genotoxicity assessment. *Environmental Pollution*, 159(6), 1682–1691.

Note technique du 26 décembre 2017 relative à la mise en œuvre du suivi des substances de l'état chimique des eaux de surface dans le biote dans le cadre de la directive cadre sur l'eau conformément à la directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013. Le ministre d'Etat, ministre de la Transition écologique et solidaire
Piscart C. & Bollache L. (2012). Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales de France ; Chapitre 11 - Crustacés amphipodes de surface (gammare d'eau douce). Association Française de Limnologie (2012)

Xuereb, B., Lefèvre, E., Garric, J., & Geffard, O. (2009). Acetylcholinesterase activity in *Gammarus fossarum* (Crustacea Amphipoda): Linking AChE inhibition and behavioural alteration. *Aquatic Toxicology*, 94(2), 114–122