

Écotoxicologie des eaux urbaines

R. Moilleron, L. Paulic, A. Marconi, P. Waldman,
B. Bonnaud, Ch. Morin, L. Garrigue-Antar, A. Bressy



TRONICO VIGICELL
ALCEN



Action financée par la région Ile-de-France



OPUR3

Caractériser la pollution des eaux urbaines (EU & EP)

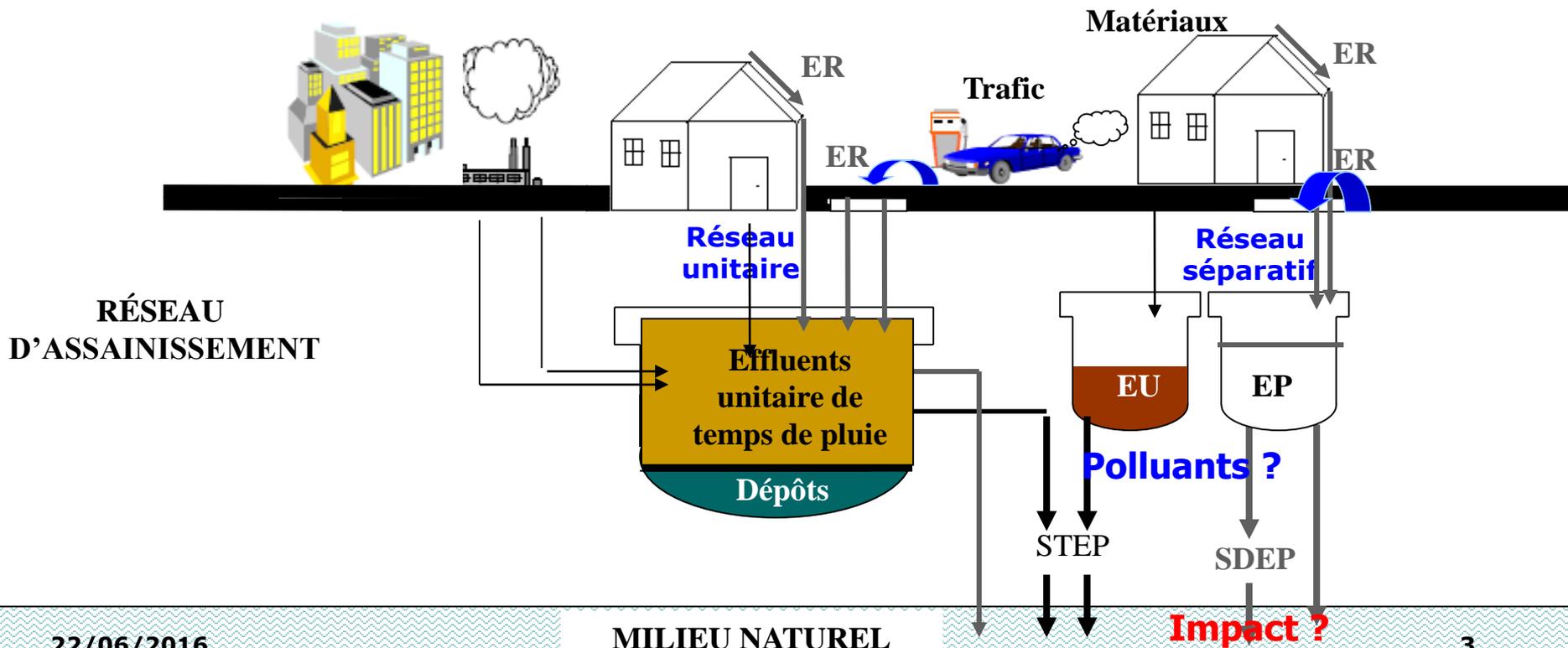
- Développer une méthodologie permettant de quantifier certains contaminants (prioritaires (DCE) et autres)
- Étudier leur répartition dissous / particulaire
- **Mesurer les niveaux de contamination**
- Comprendre leur comportement en STEP
- Analyser la variabilité spatiale en fonction du type d'occupation du sol
- **Évaluer l'impact sur le milieu récepteur**

Contexte

OPUR3

Emissions industrielles

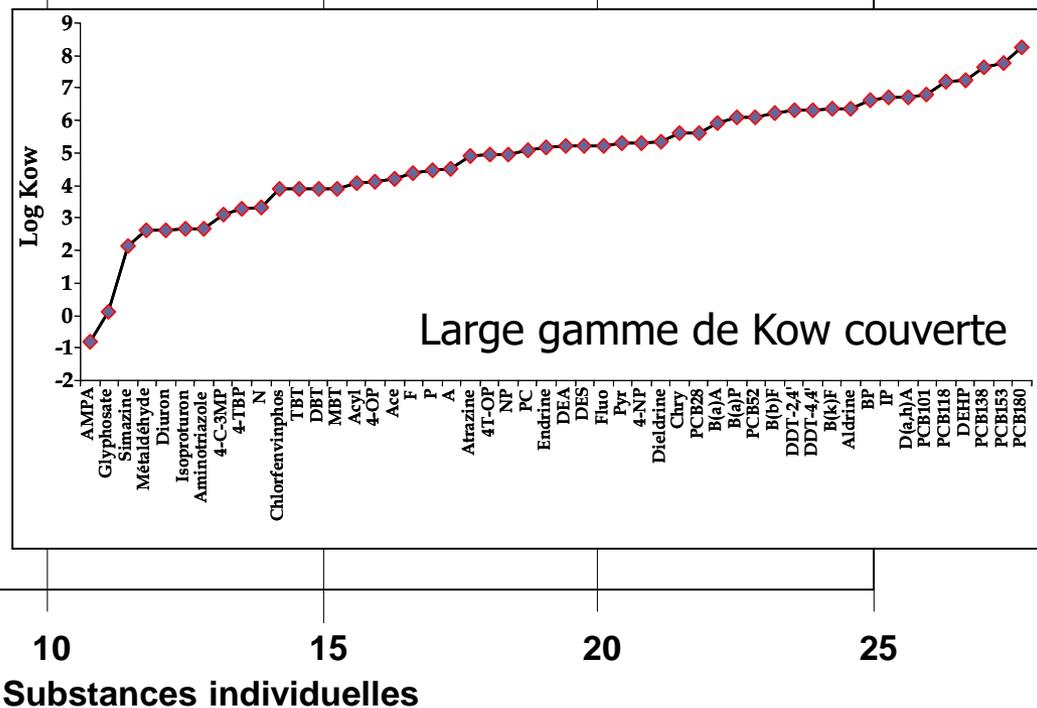
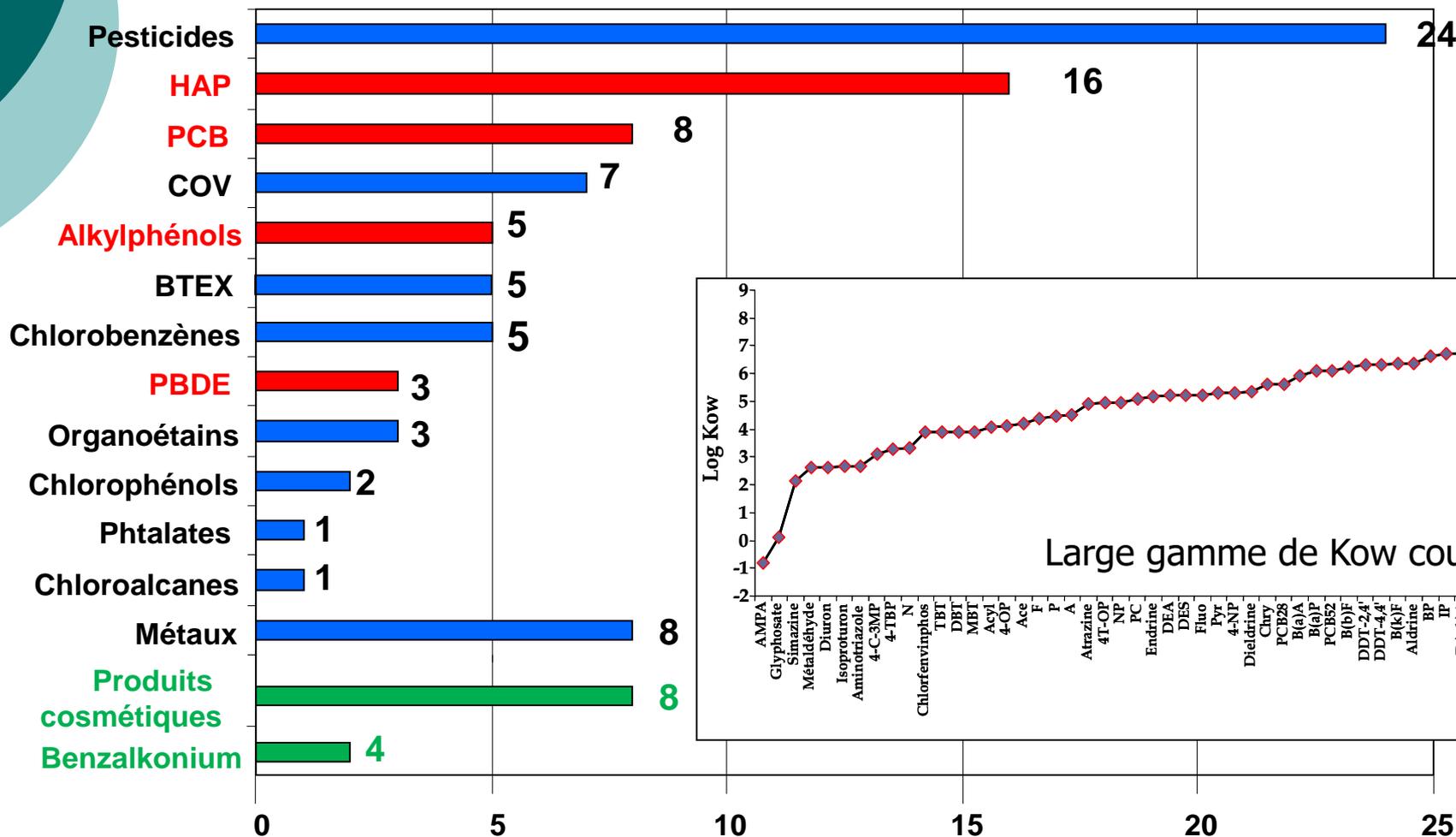
Emissions urbaines



Contexte

OPUR3 (S. Zgheib, 2009)

≈ 100 substances appartenant à 15 « familles » chimiques



Contexte - impact

OPUR3 (S. Zgheib, 2009)

Impact : comparaison avec NQE lors d'un rejet

Mais absence de NQE pour les eaux urbaines d'où une approche simplifiée : calcul d'un **facteur de dilution F**

$$F = [D+P] / NQEp$$

- Si $F < 1 \rightarrow$ aucun impact potentiel du rejet sur le milieu naturel
- $\nearrow F, \nearrow$ impact

Hypothèse

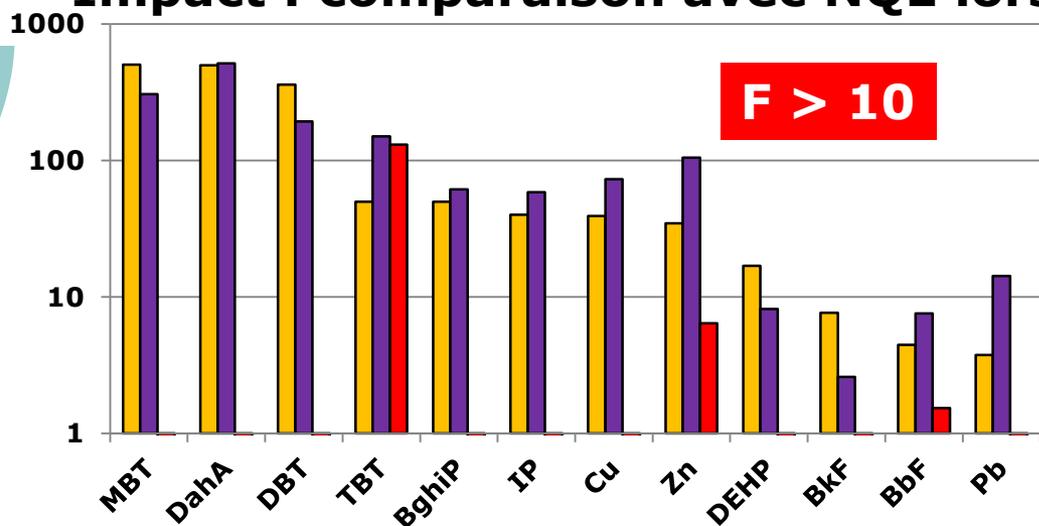
Seule la présence de la substance dans le rejet aura un impact sur le milieu récepteur $\rightarrow [X]_{\text{milieu}} = 0$

Contexte - impact

OPUR3 (S. Zgheib, 2009)

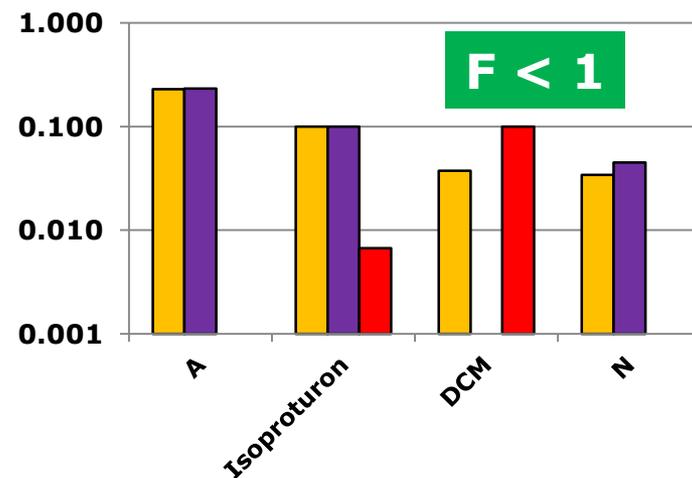
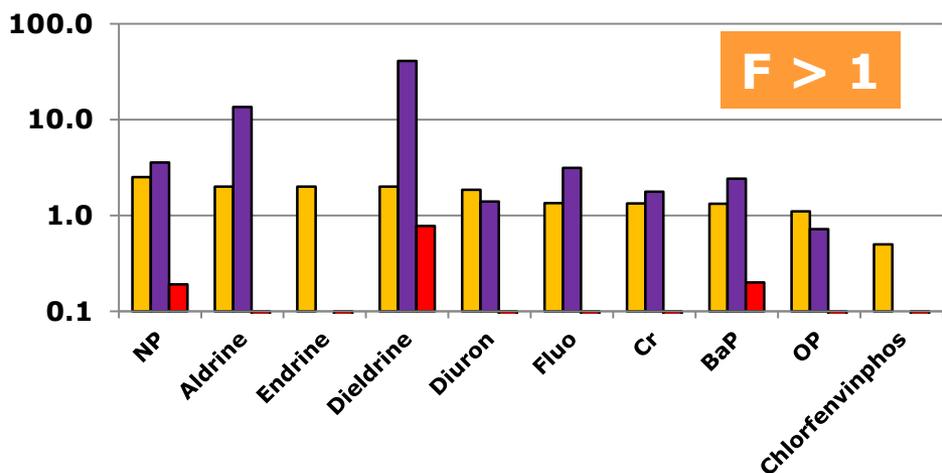
Impact : comparaison avec NQE lors d'un rejet

- eaux pluviales
- Clichy TS
- Clichy TP
- EU séparatif
- Rejet



Substances

MBT, DBT, DahA, **TBT**, BghiP,
 IP, Cu, **Zn**, BbF, **DEHP**, BkF
 Pb



OPUR3 – constats

- ***Evaluer l'impact sur le milieu récepteur*** → information sur la présence de contaminants ne suffit pas à quantifier l'impact ou le potentiel toxique de ces eaux
- Information reste « individuelle » à l'échelle de chaque substance sans permettre d'évaluer l'effet cocktail (Clevers, 2003), les métabolites (Blasco et al., 2009 ; Gourlay-Francé, 2011)

Impact ?

besoin d'une autre approche type **écotoxicologie**

Evaluation du potentiel toxique des eaux en milieu urbain

- Apporter des informations originales
- Suivre son évolution
- Évaluer l'influence des traitements (centralisés ou non)

Développer une approche intégrative, sensible, spécifique, robuste, facile à mettre en œuvre

Actuellement

- Informations sur le potentiel toxique de ces eaux relativement limitées
- Deux approches pour évaluer le potentiel toxique d'échantillons aqueux en milieux anthropisés :
 - par « substances »,
 - ***par « matrices »***

Evaluation du potentiel toxique des eaux en milieu urbain

Substances

Considérées

- individuellement
- en mélange

Principe

Concentrations observées/mesurées comparées à des valeurs de toxicité compilées dans bases de données

Commentaire

- Approche *de facto* non exhaustive
- Résultat dépendants du nombre de substances suivies

Matrices

Potentiel toxique évalué sur la matrice (avec ou sans caractérisation préalable)

Principe

Utilisation de bioessais en batterie ou non

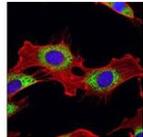
Commentaire

- Résultats dépendants de l'organisme modèle testé (Angerville, 2009)

Méthodologie

Développement de partenariats

- **Tronico VigiCell** (PME) → panels de bioessais

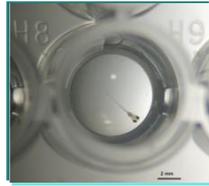


TRONICO VIGICELL
FLCEN

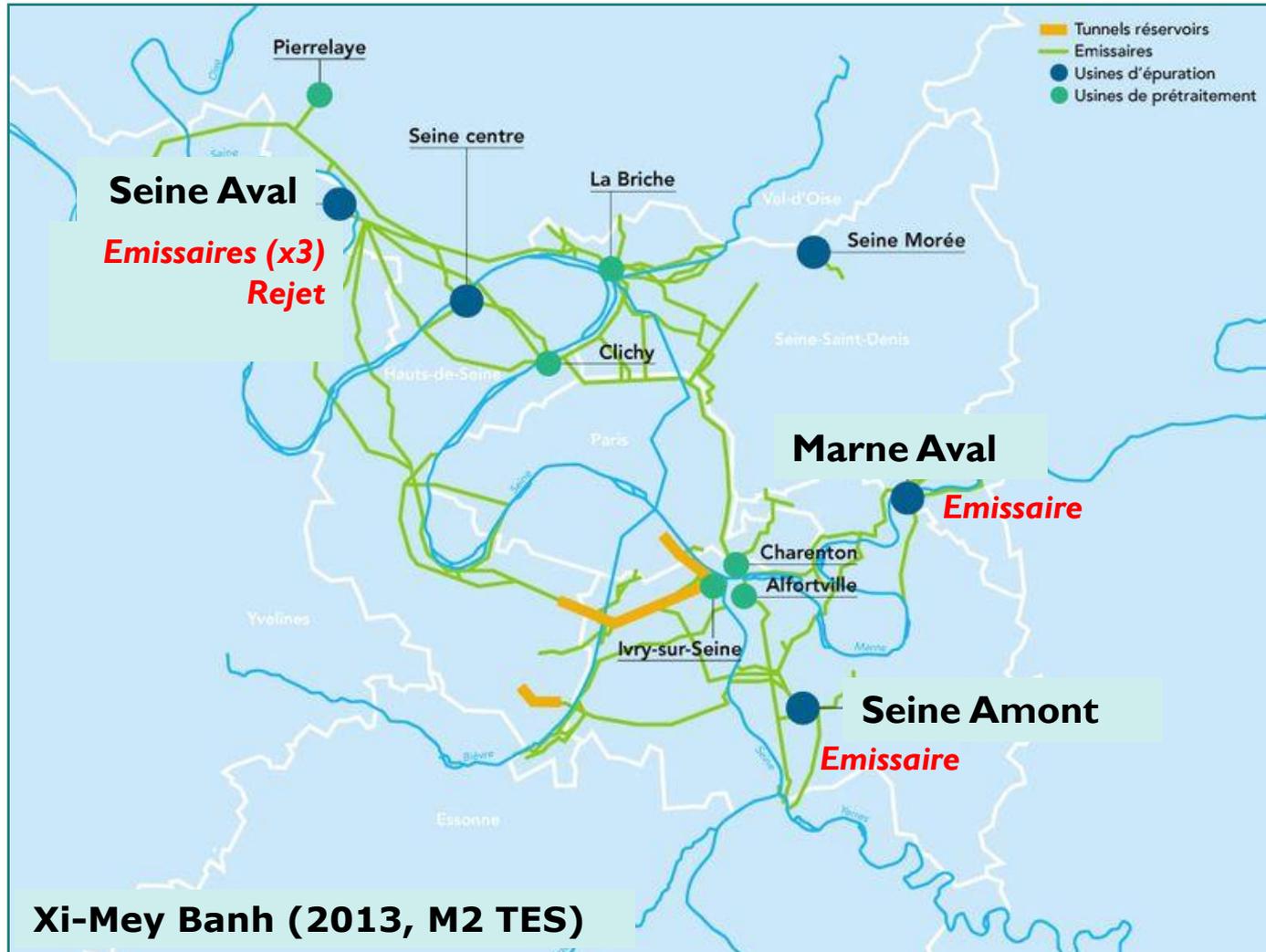
- **CRRET** (UR UPEC) → modèles cellulaires + *Zebra fish*



APPROCHE PAR TESTS INDIVIDUELS



Milieu urbain (des eaux usées aux rejets)



Méthodologie

Modèles « cellulaires » *in vitro*

- culture primaire (*Fibroblastes de peau de rat*)
- lignée cellulaire humaine de kératinocyte (*HaCaT*)
- lignée cellulaire de neuroblastome humain (*SH-SY5Y*)

cytoxicité

96 h à 37°C

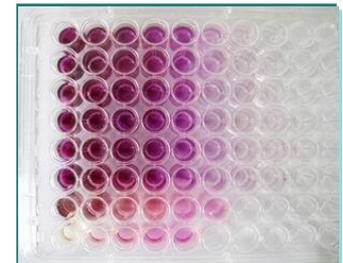
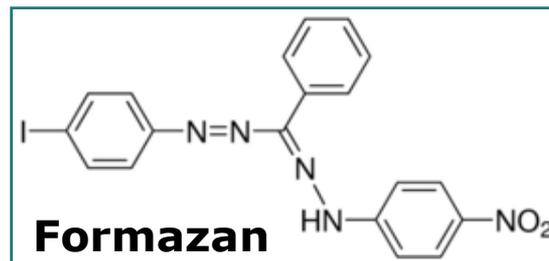
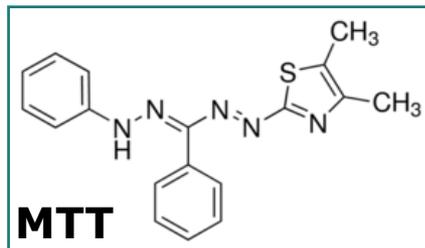
Modèle « animal »

- poisson zèbre (larves)



Toxicité cellulaire

- viabilité cellulaire (réduction du MTT, DO à 570 nm)
- apoptose (caspase 3)

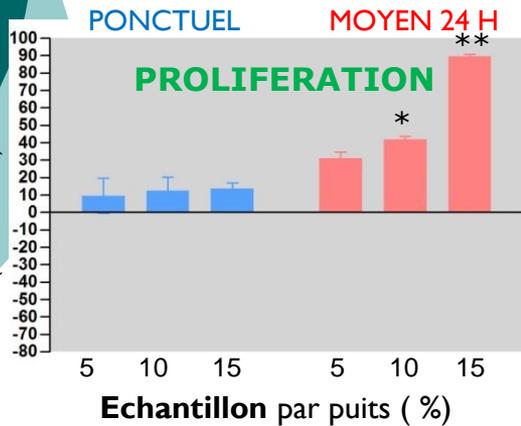


<http://boster.biomart.cn/news/20158.htm>

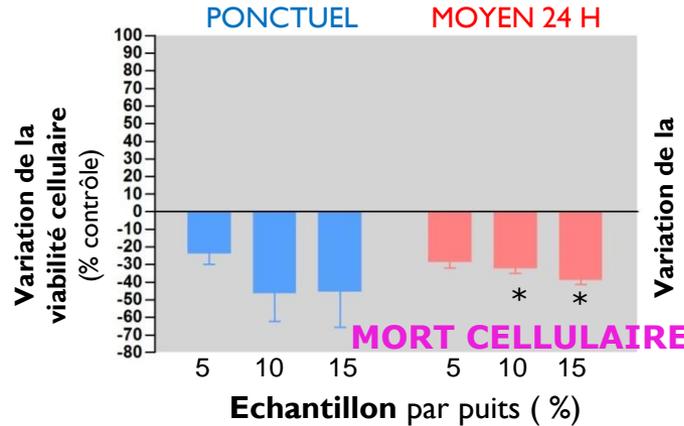
Milieu urbain – rejets de STEP

Variation de la viabilité cellulaire (% contrôle)

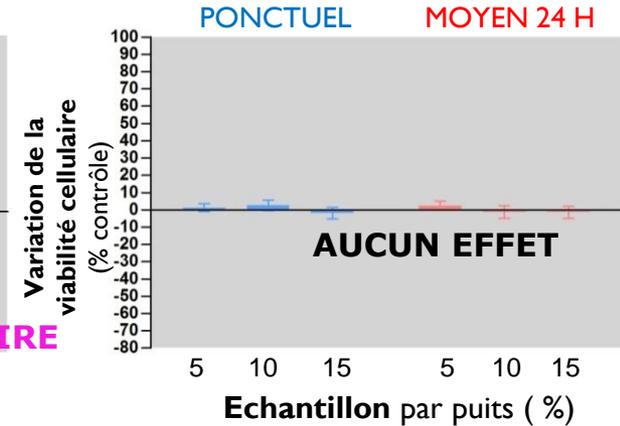
Fibroblastes de peau de rat N=6



HaCaT N=6



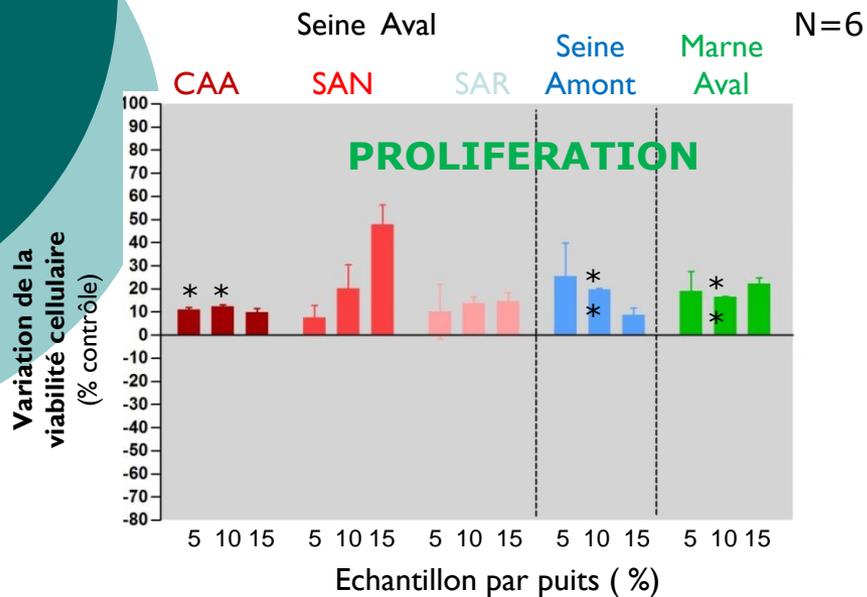
SH-SY5Y N=18



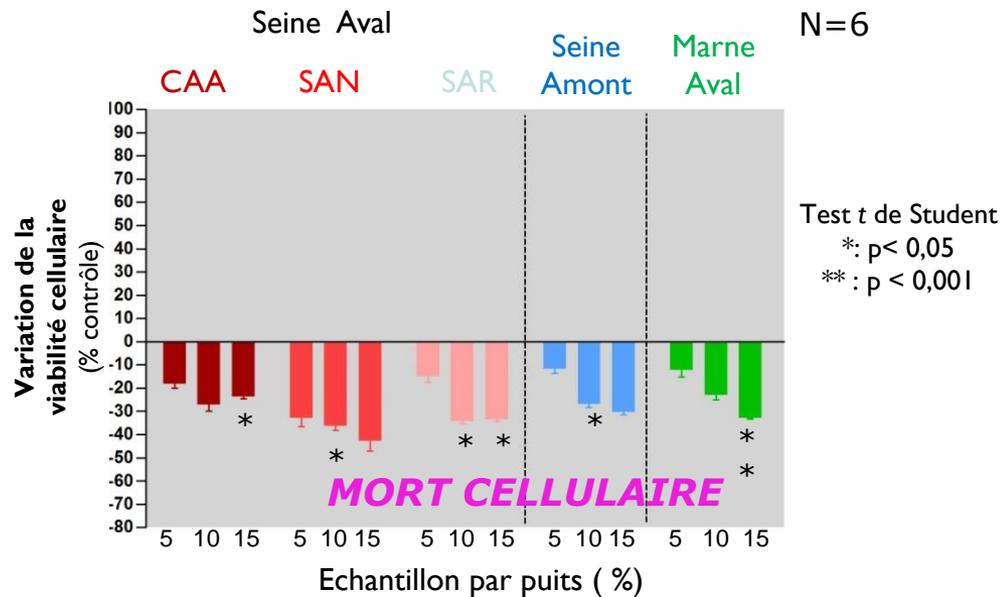
*: $p < 0,05$; **: $p < 0,001$, Test t de Student

Milieu urbain – Emissaires

Fibroblastes de peau de rat



HaCaT



Conclusion

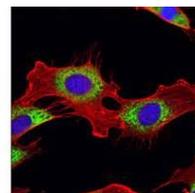
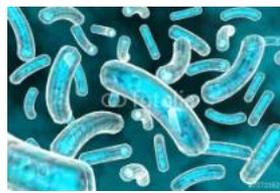
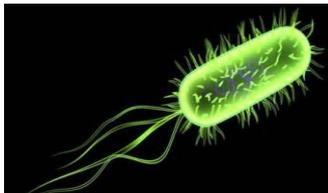
Approche par tests individuels

- En milieu urbain
 - fibroblastes de peau de rat : **prolifération**
 - HaCaT : **mortalité**
 - SH-SY5Y : **pas d'effet** (sensibilité ?)
- Pour milieu récepteur
SH-SY5Y >>> HaCaT > fibroblastes de peau de rat
pour milieu récepteur

Réponses milieu dépendante (matrice ?) !

**Utilisation d'une combinaison
de types cellulaires → bioessais → 2^e approche**

APPROCHE PAR BIOESSAIS

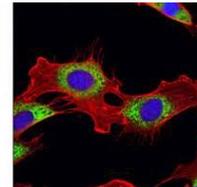
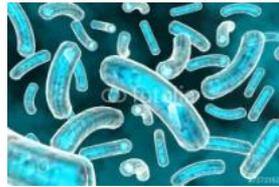
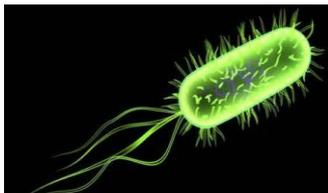


Méthodologie

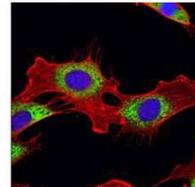
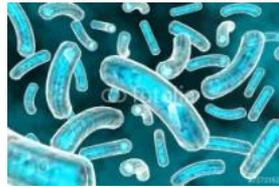
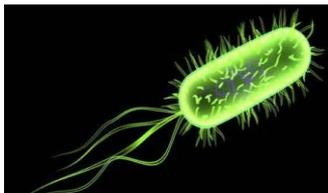
Approche par panels

TRONICO VIGICELL
ALCEN

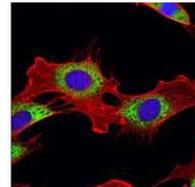
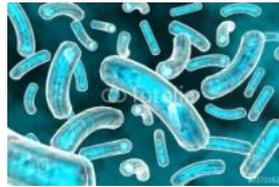
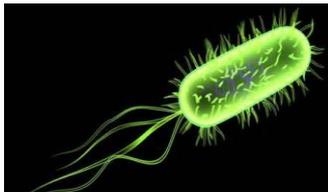
Toxicité Générale		
Modèles biologiques	Effets observés	Tests
Bactéries (2 souches Escherichia coli)	Croissance (DO)	2
Algue (2_souches Chlamydomonas reinhardtii)	Croissance (DO)	2
Cryptogames eucaryotes (2 souches de Saccharomyces cerevisia _et 1 souche de Septoria tritici)	Croissance (DO)	3
Cellules humaines (PBMC)	Viabilité (ATPmétrie)	1
Nombre total d'informations		8



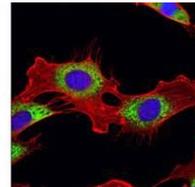
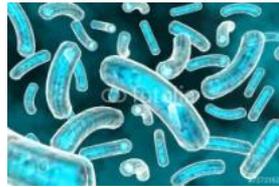
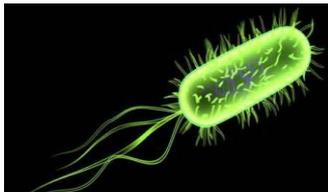
Perturbateurs endocriniens (suivi des effets agonistes et antagonistes)		
Modèles biologiques	Effets observés	Tests
Lignée cellulaire humaine modifiée (récepteur œstrogène)	Interaction avec le récepteur (luminescence)	2
Lignée cellulaire humaine modifiée (récepteur androgène)	Interaction avec le récepteur (luminescence)	2
Lignée cellulaire humaine modifiée (récepteur thyroïdien)	Interaction avec le récepteur (luminescence)	2
Nombre total d'informations		6



Génotoxicité		
Modèles biologiques	Effets observés	Tests
Lignées cellulaires humaines (+/- métabolisation)	Phosphorylation de l'histone H2AX (fluorescence)	2
Bactérie (souche Escherichia coli)	Signal bioluminescent	1
Nombre total d'informations		3

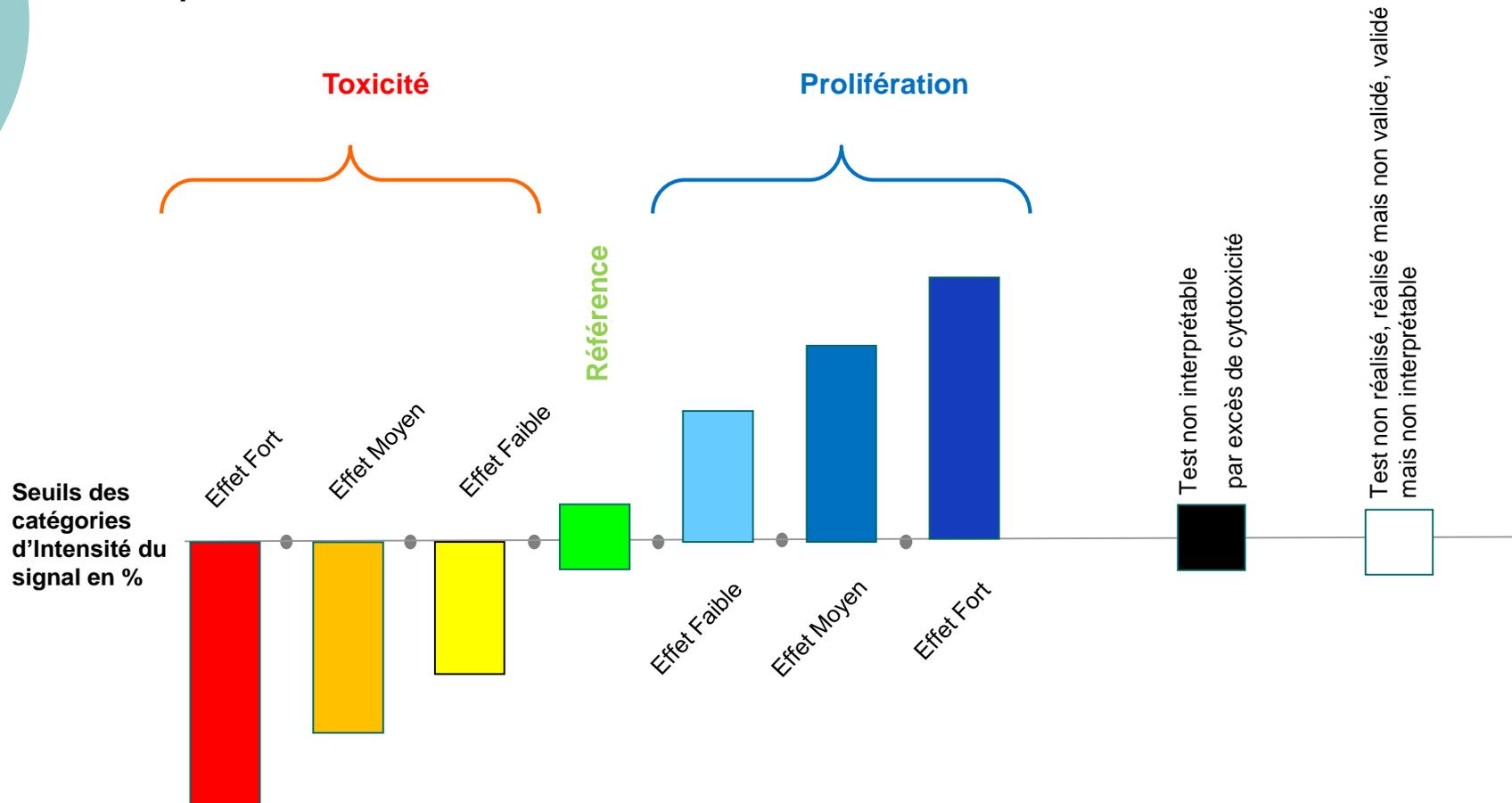


Indicateurs de stress cellulaires		
Modèles biologiques	Effets observés	Tests
Bactérie (3 souches Escherichia coli)	Signal bioluminescent	2
Algue (1 souche Chlamydomonas rhenartii)	Photosynthèse (fluorescence)	1
Nombre total d'informations		3



Approche par panels

- Expression des résultats

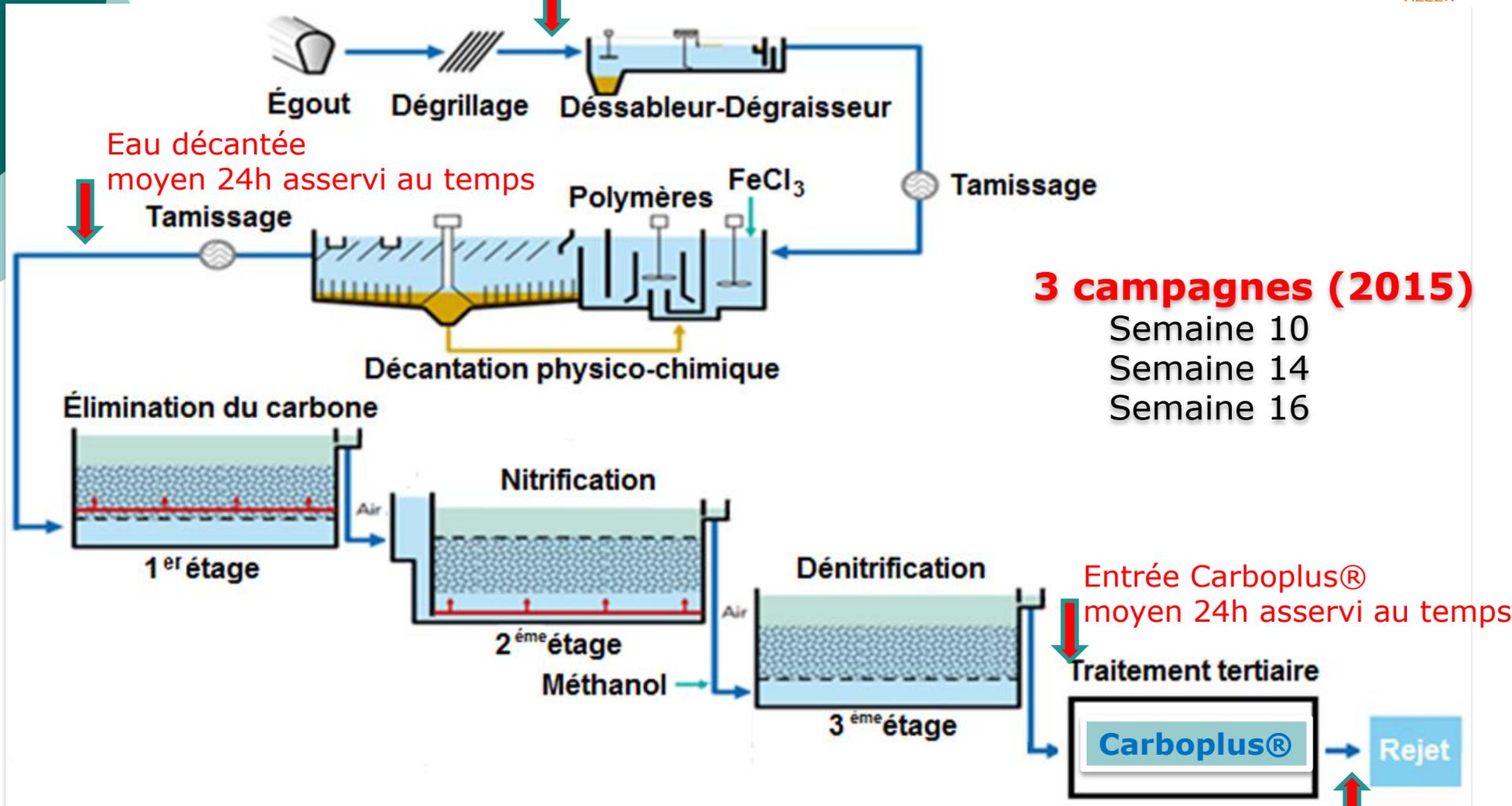


Echantillonnage

Seine Centre

Eau brute
moyen 24h asservi au débit

TRONICO VIGICELL
RLCEN

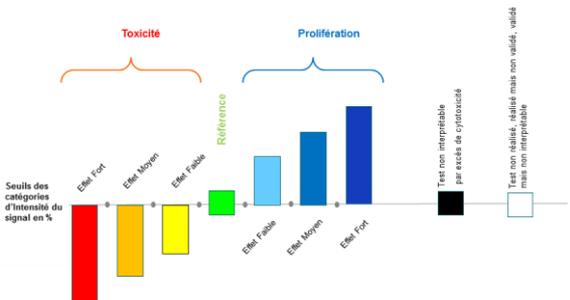
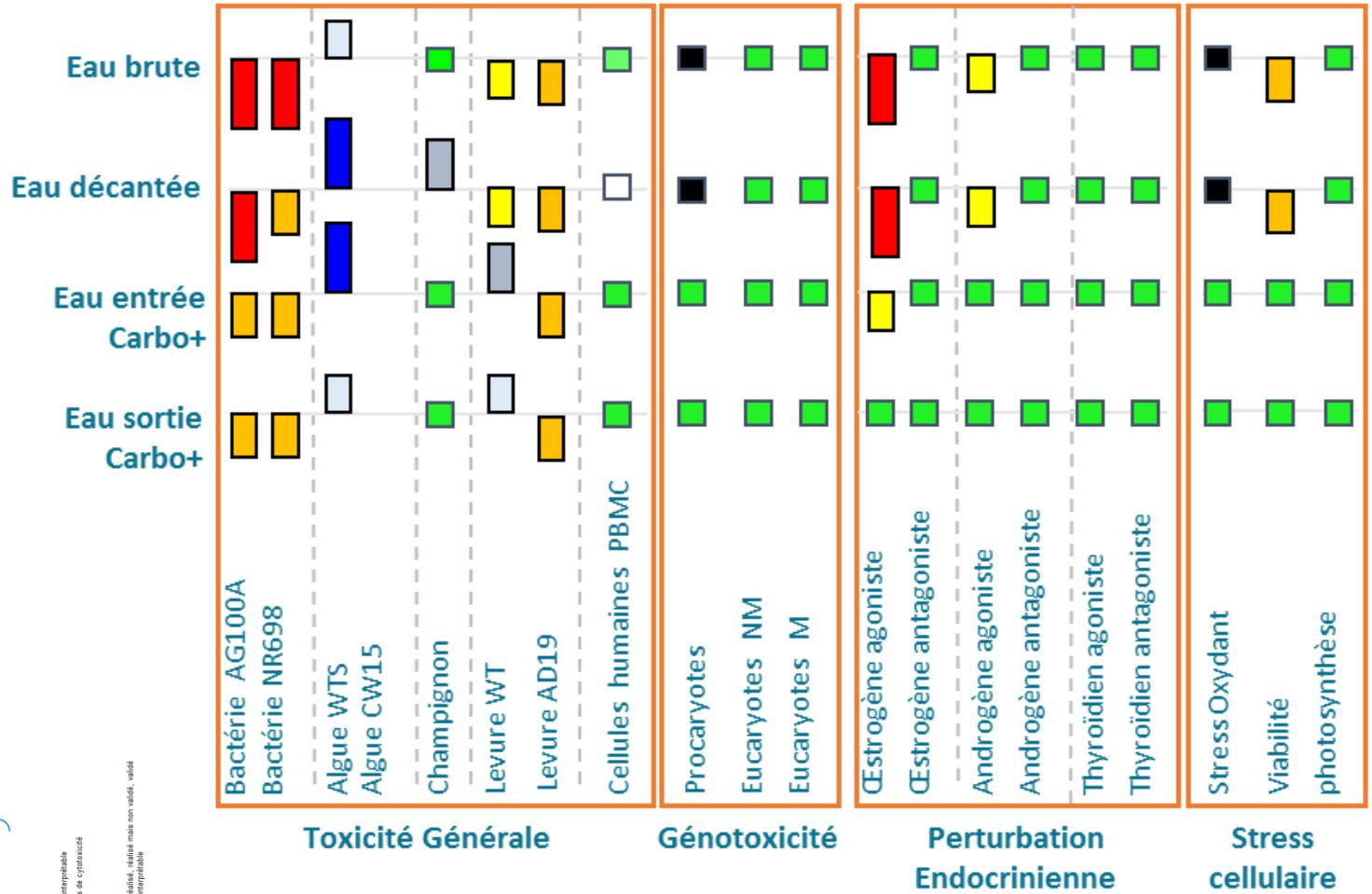


3 campagnes (2015)

- Semaine 10
- Semaine 14
- Semaine 16

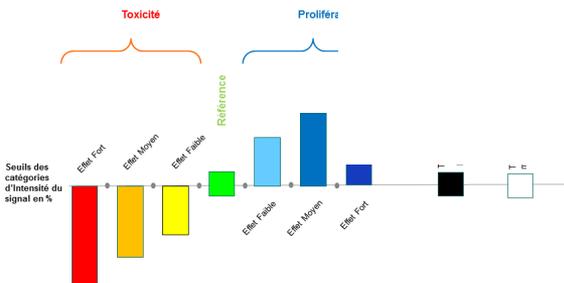
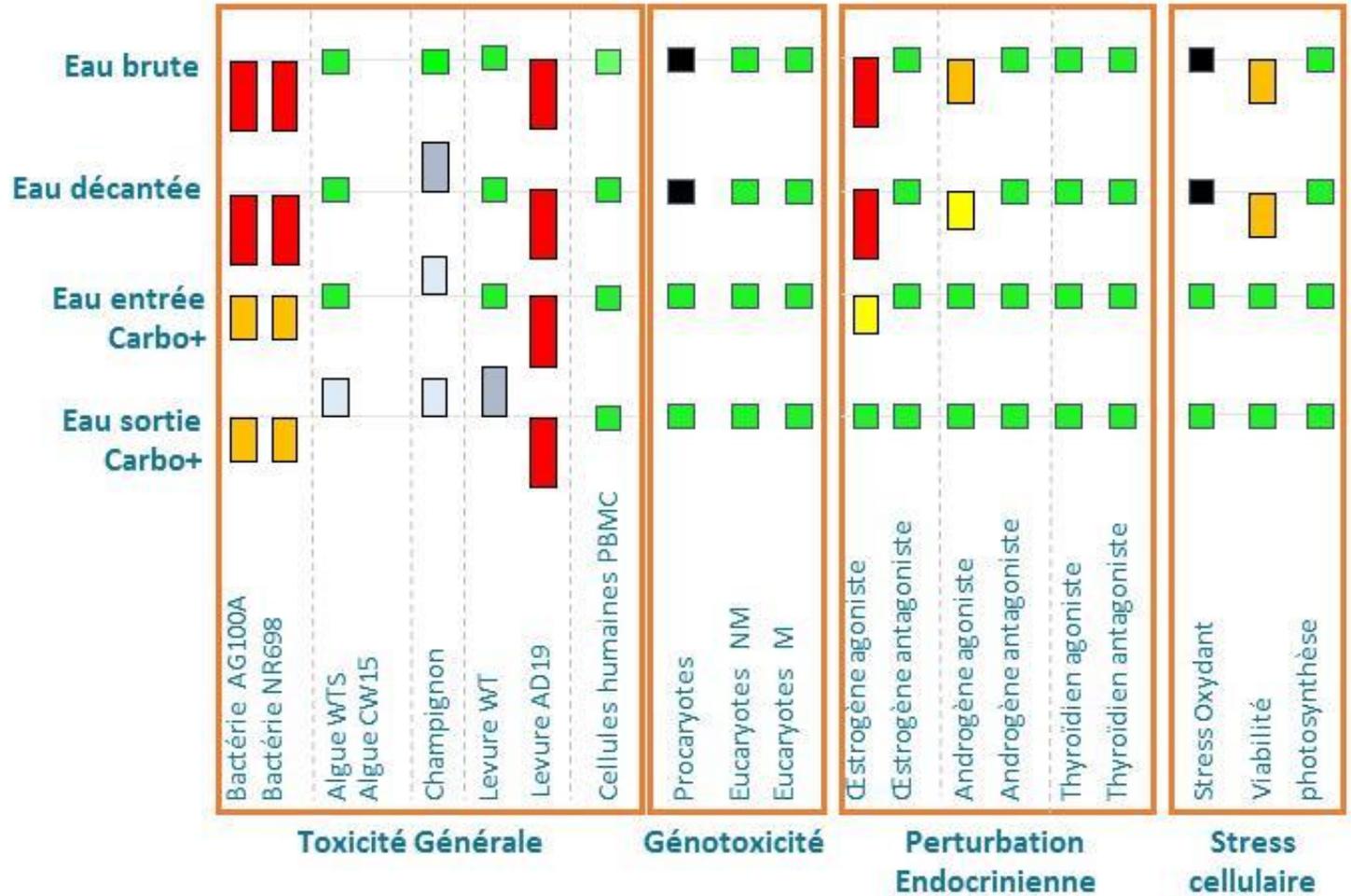
Suivi Seine Centre

Semaine 10



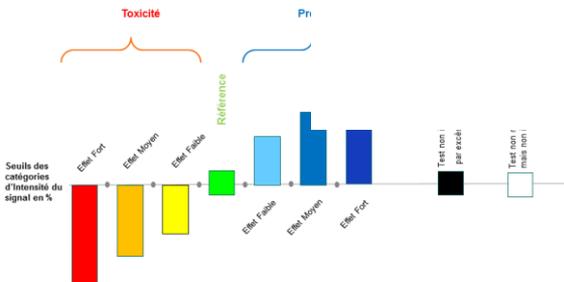
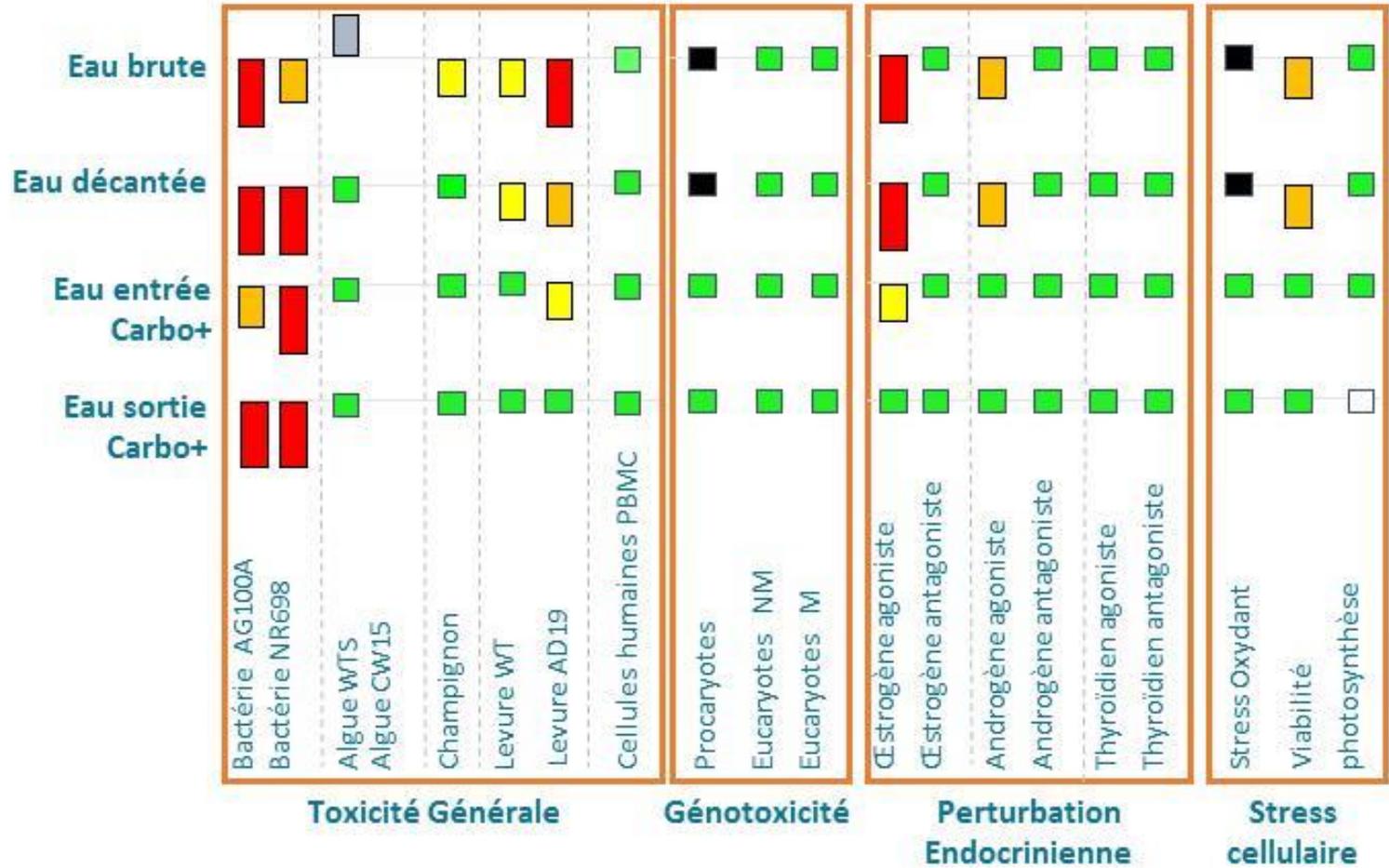
Suivi Seine Centre

Semaine 14



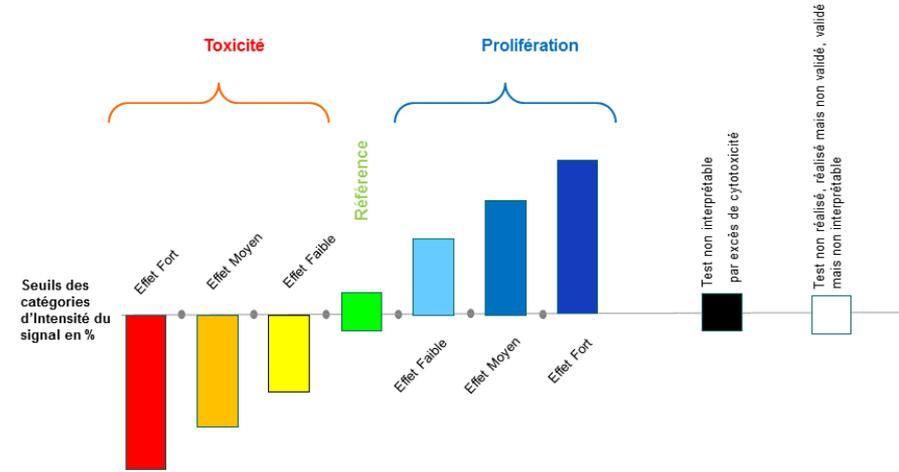
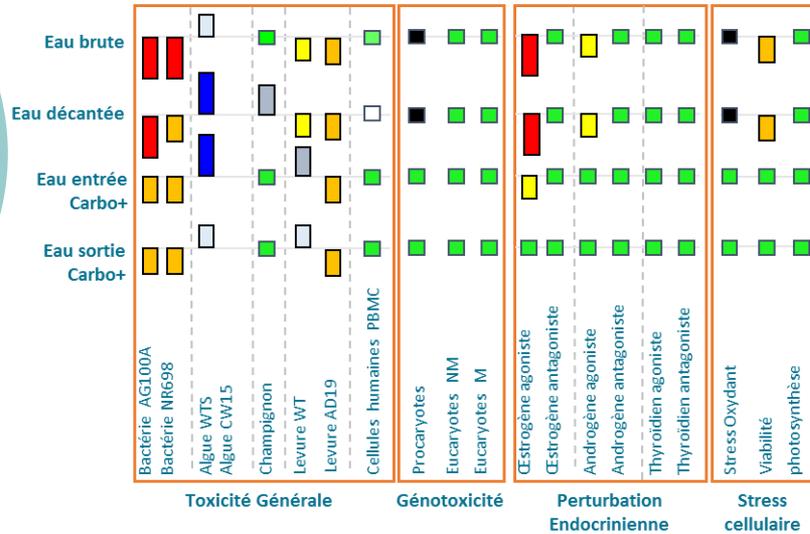
Suivi Seine Centre

Semaine 16

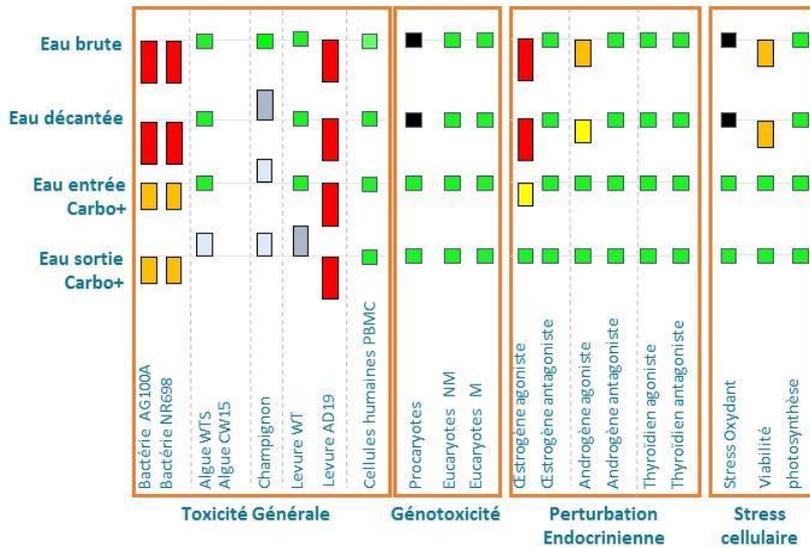


Suivi Seine Centre

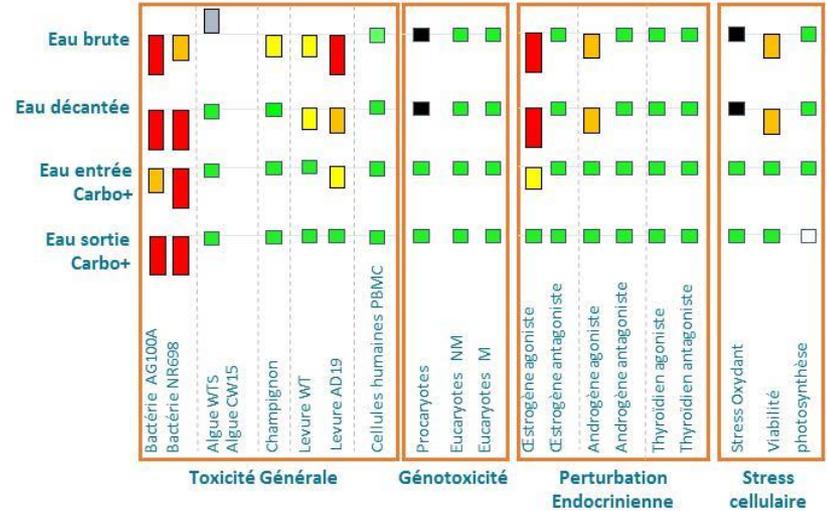
Semaine 10



Semaine 14

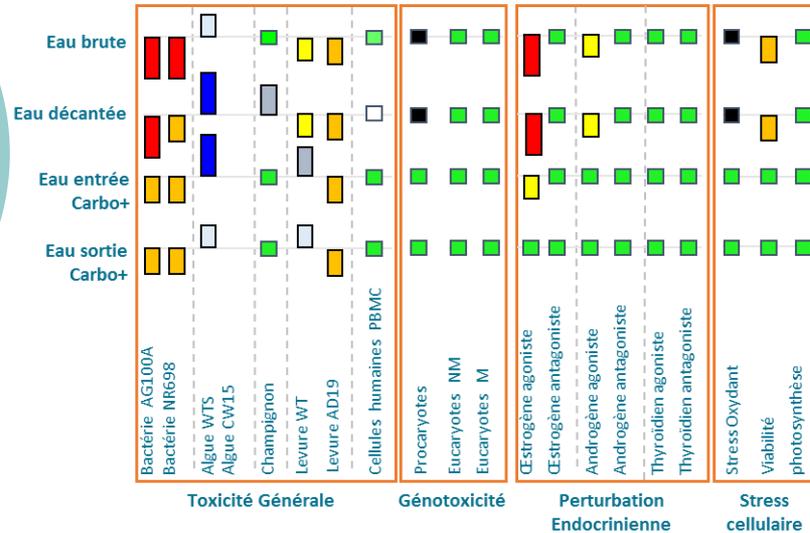


Semaine 16



Suivi Seine Centre

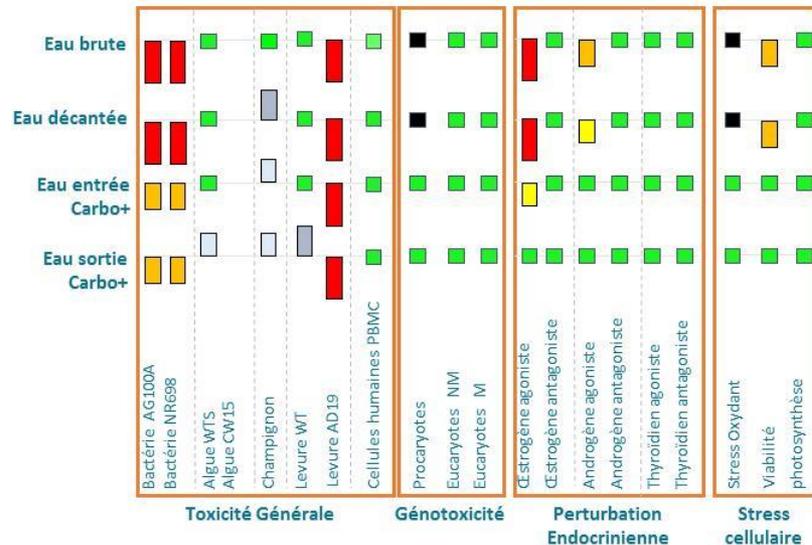
Semaine 10



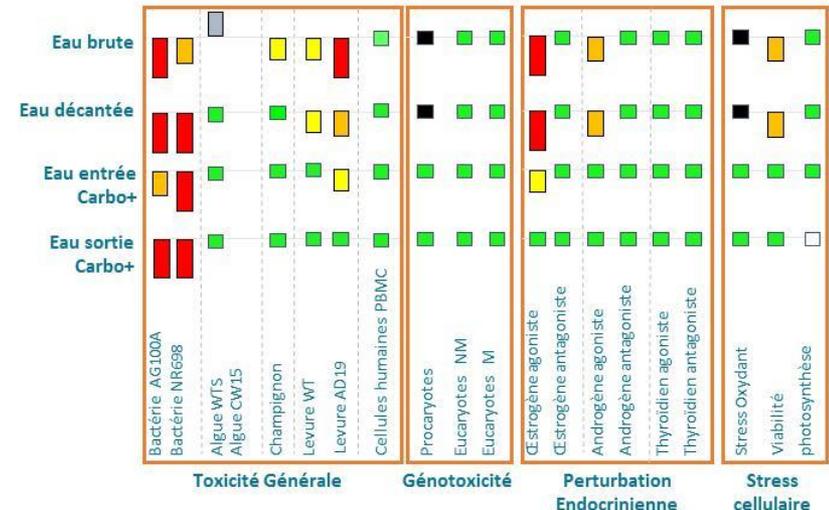
Discussion

1. Panels (pertinence des tests, robustesse, etc.)
2. Evolution du **potentiel toxique** (intra vs inter-campagnes)

Semaine 14

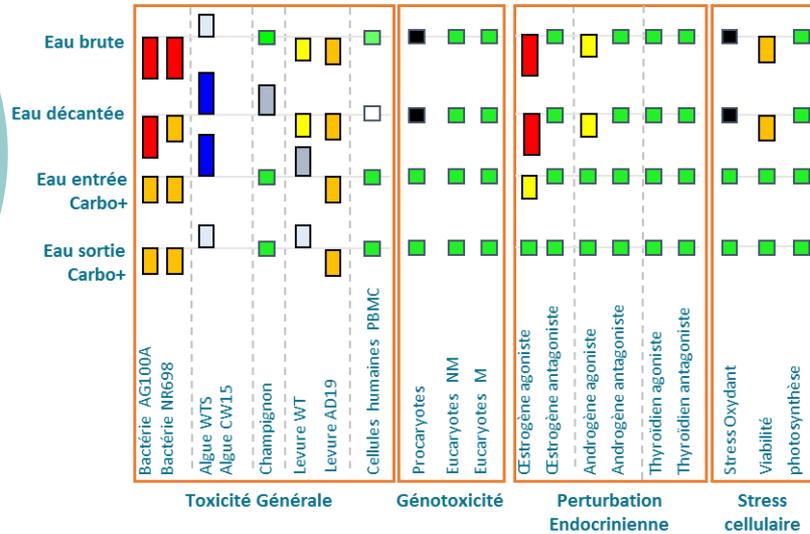


Semaine 16



Suivi Seine Centre

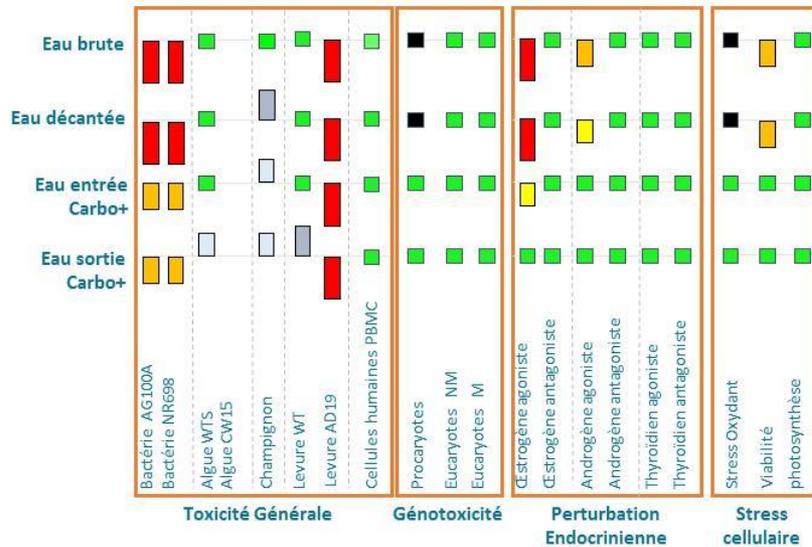
Semaine 10



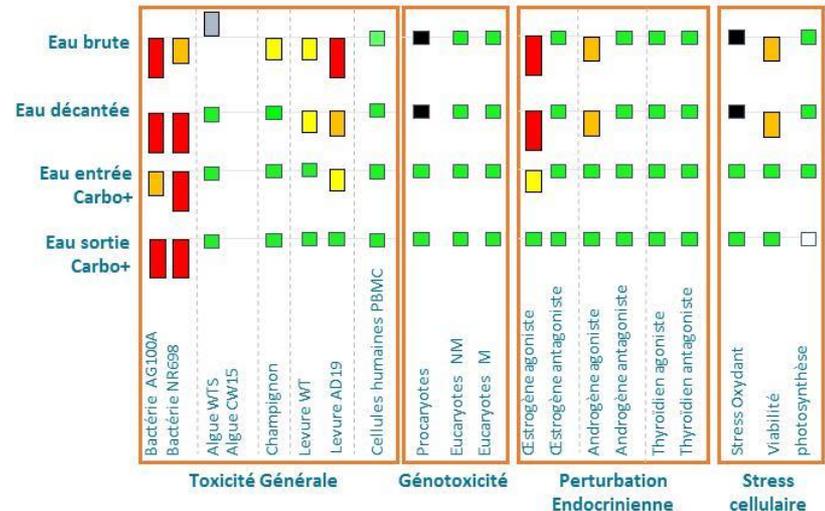
Panels

- **Génotoxicité** : pas discriminant

Semaine 14

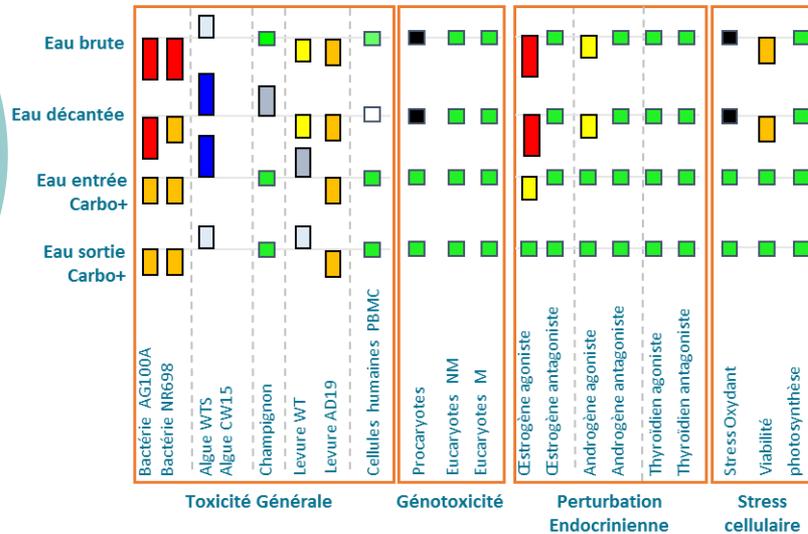


Semaine 16



Suivi Seine Centre

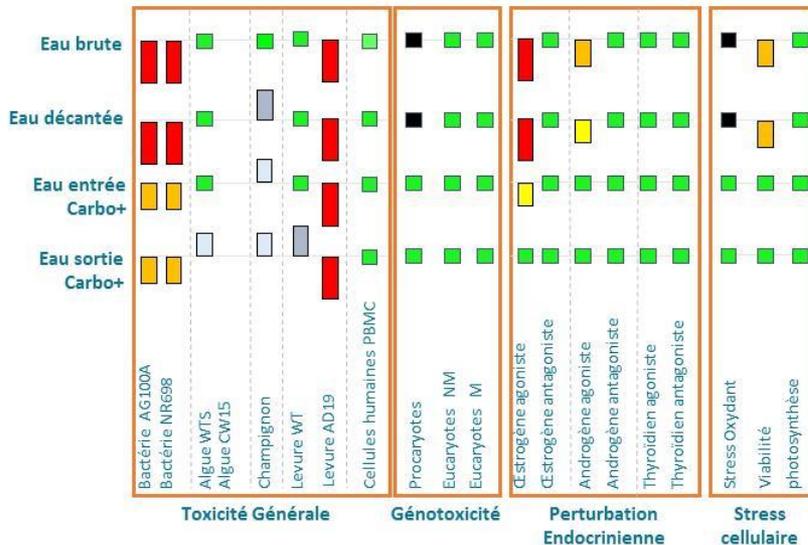
Semaine 10



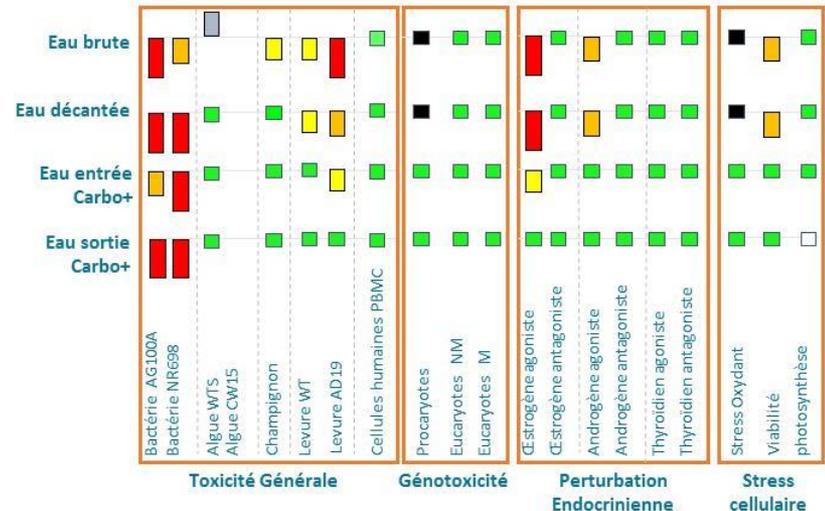
Potentiel toxique

- **Impact cytotoxique** notable
- **Potentiel perturbateur endocrinien**
 - Fort potentiel perturbateur oestrogénique (20 x LOEL)
 - Potentiel perturbateur androgénique modéré
- **Pas d'impact génotoxique**

Semaine 14

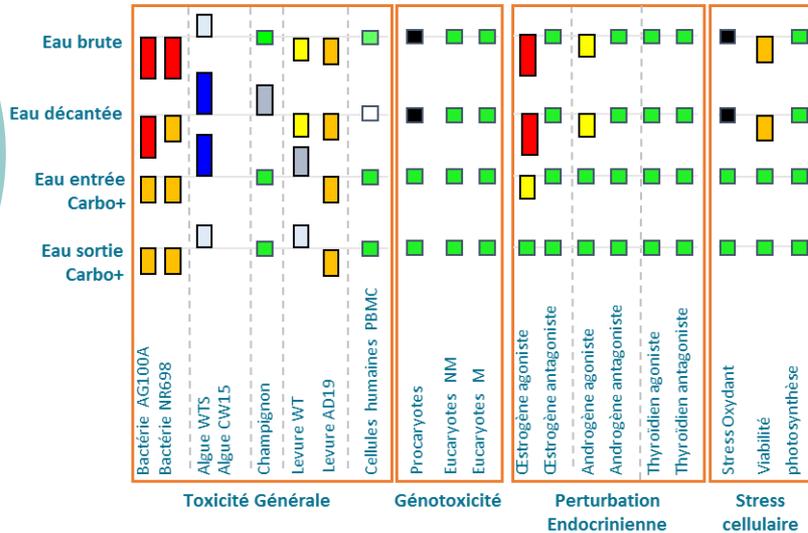


Semaine 16



Suivi Seine Centre

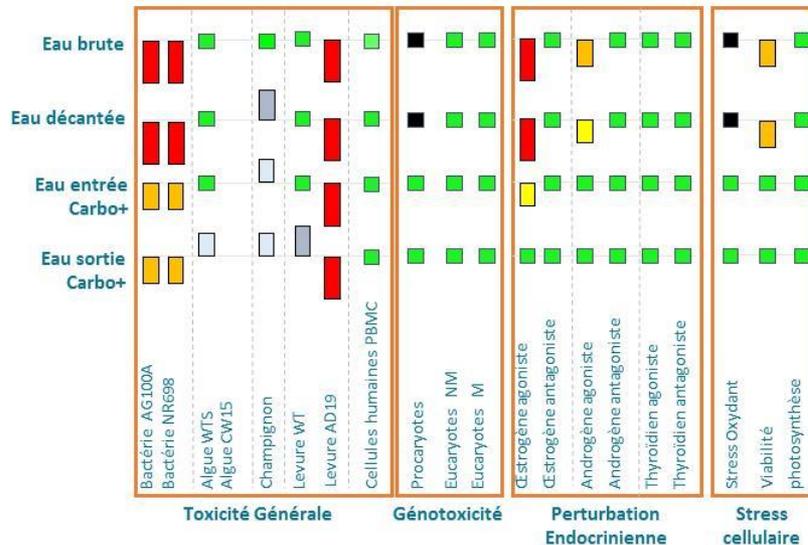
Semaine 10



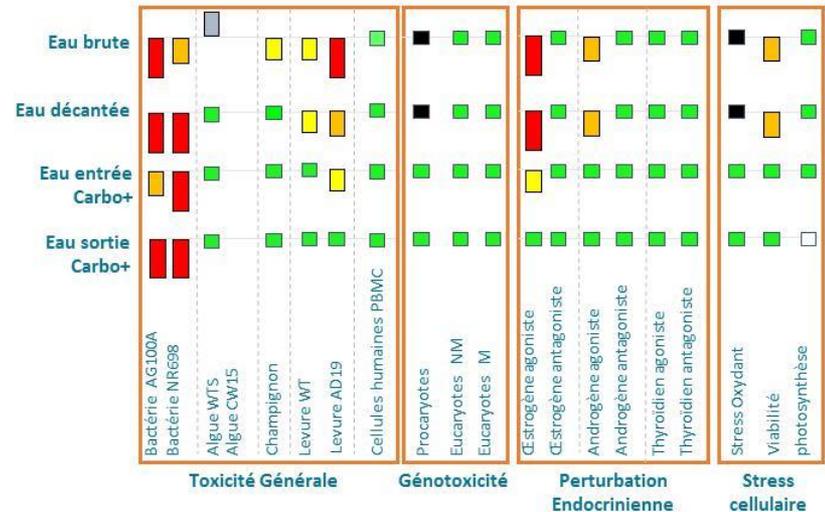
Potentiel toxique

- **Eaux brutes** : potentiel PE non négligeable & impact cytotoxique notable
- **Traitement « conventionnel »**
 - ↘ potentiel PE endocrinien
 - impact cytotoxique inchangé
- **Traitement tertiaire**
 - ↘ potentiel PE
 - **mais** pas nécessairement de impact cytotoxique

Semaine 14



Semaine 16



Conclusion

Panels

Caractériser la pollution des eaux urbaines (EU & EP)

- Développer une méthodologie permettant de quantifier certains contaminants (prioritaires (DCE) et autres)
- Étudier leur répartition dissous / particulaire
- **Mesurer les niveaux de contamination**
- Comprendre leur comportement en STEP
- Analyser la variabilité spatiale en fonction du type d'occupation du sol
- **Évaluer l'impact sur le milieu récepteur**

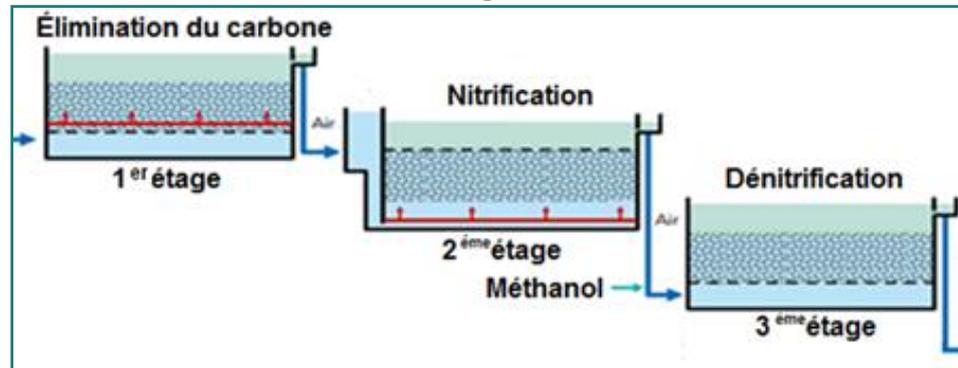
Perspectives

Panels

- Élargir l'application à d'autres eaux (eaux grises, eaux pluviales, eaux industrielles... → milieu récepteur)



- Étudier les différents étages du traitement secondaire



- Étudier leur répartition dissous / particulaire



Merci pour votre attention !