

Projet PostAtomVie

Modélisation prospective des impacts environnementaux liée au démantèlement du CNPE de Fessenheim

Objectif général

Evaluation des impacts environnementaux
liés à la phase de fin de vie
du CNPE de Fessenheim :
écotoxicité aquatique, réchauffement climatique .

Maria Boltoeva

Gaetana Quaranta

Axelle Genty





Université

de Strasbourg

Etude du devenir d'éléments chimiques dans l'écosystème rhénan : en amont et en aval de la centrale nucléaire de Fessenheim



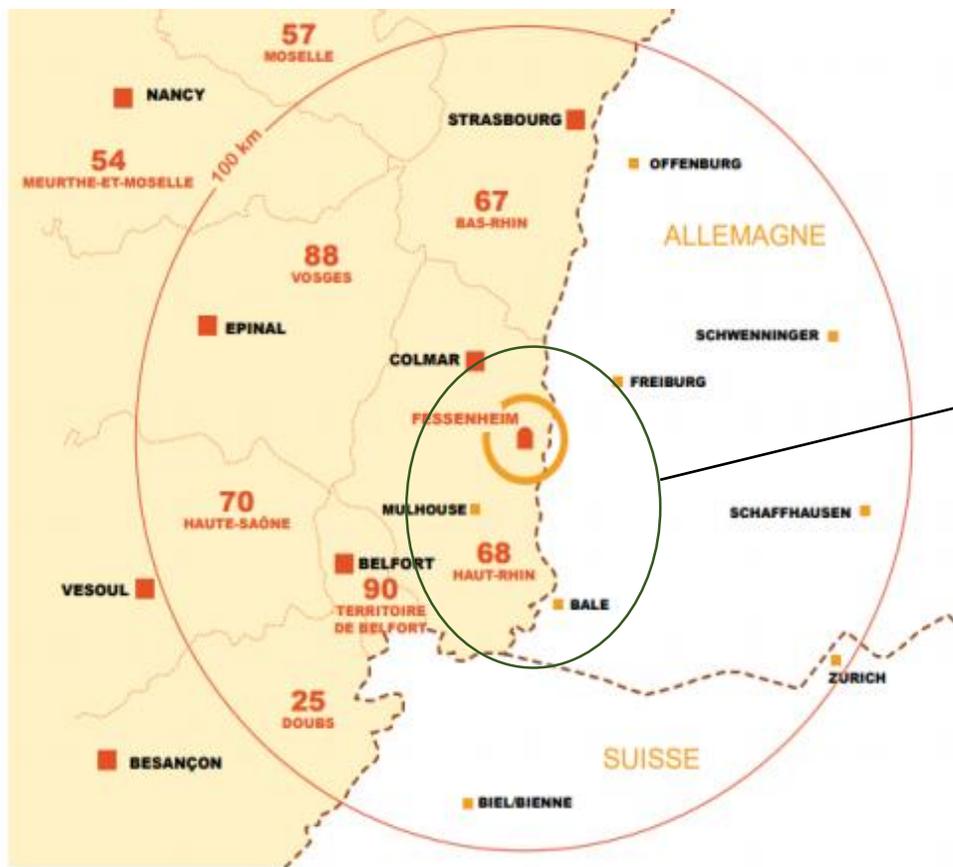
CNPE Fessenheim

Comment établir un état T0 d'une pollution aquatique lors de la fermeture d'un CNPE ?

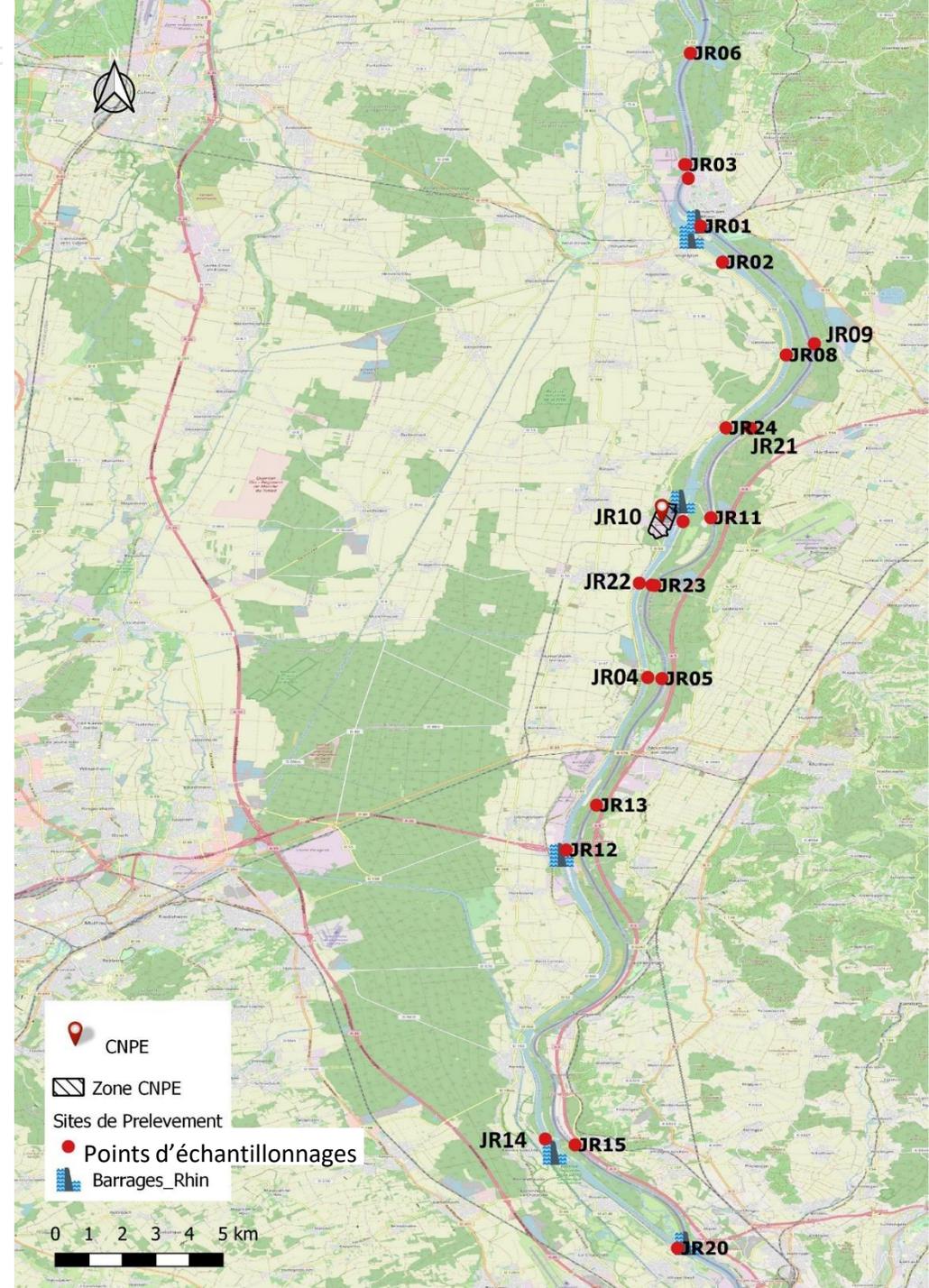
Pollution aquatique accentuée lors du démantèlement?

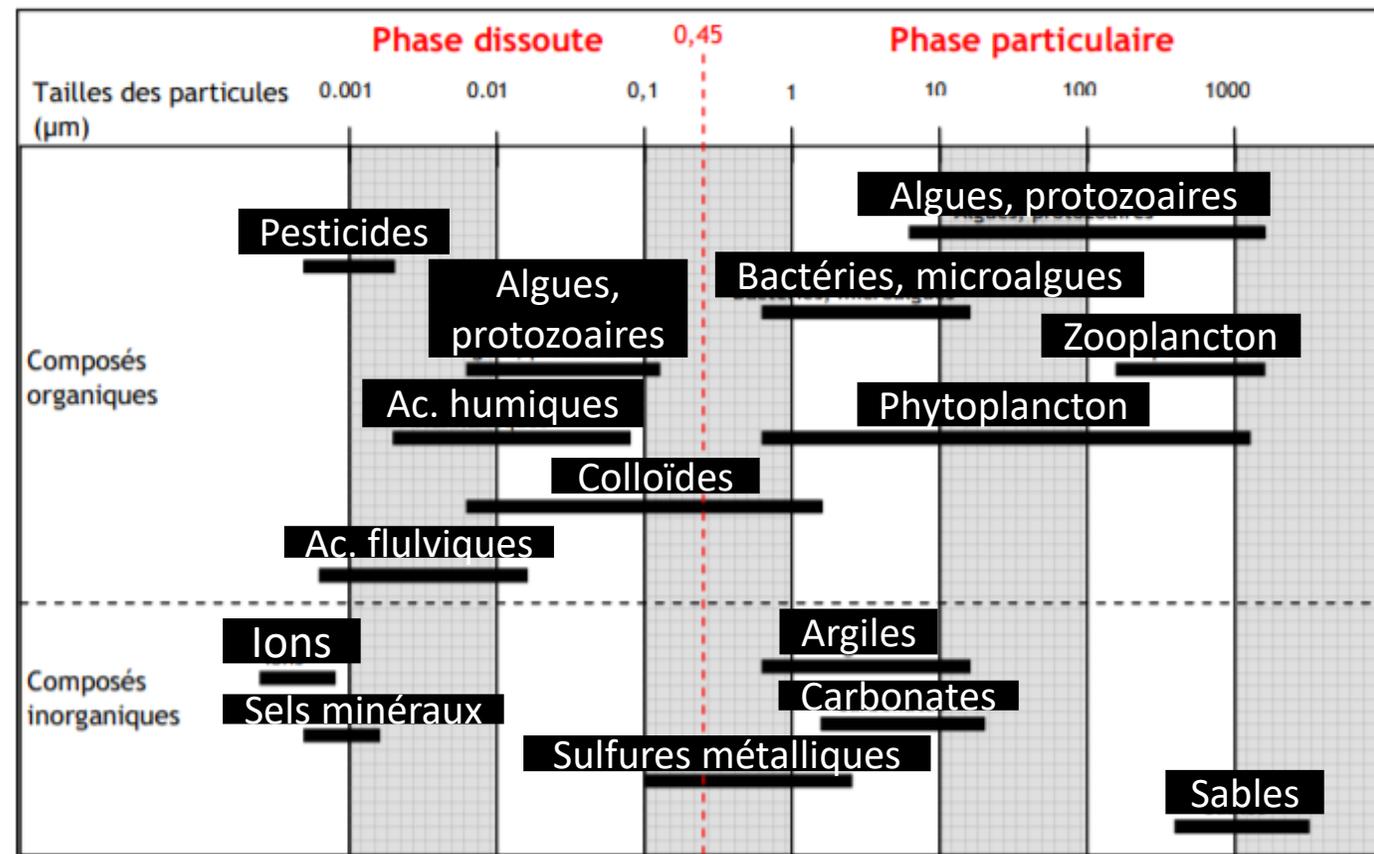
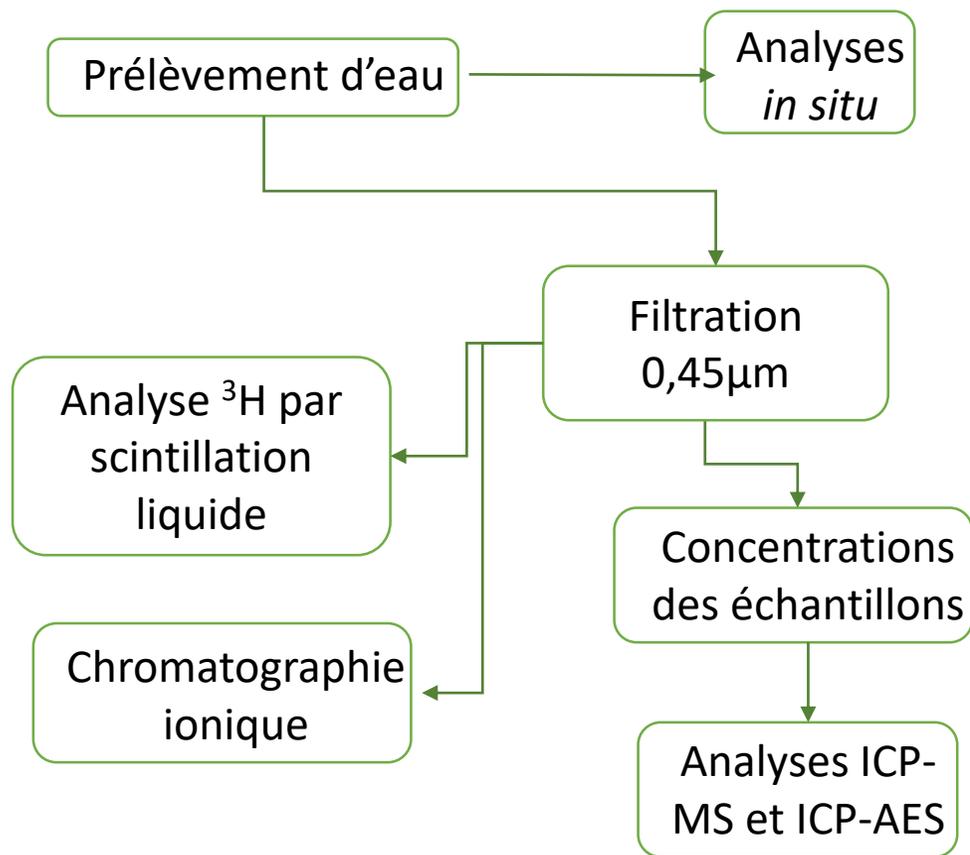
Approche analytique

Approche par modélisation



EDF, 2012





Distribution des particules et solutés dans les eaux en fonction de leur taille[1]

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

PÉRIODE	1 IA												18 VIIIA					
	1	2											18					
1	H 1.0079 HYDROGÈNE													He 4.0026 HÉLIUM				
2	Li 6.941 LITHIUM	Be 9.0122 BÉRYLLIUM											B 10.811 BORE	C 12.011 CARBONE	N 14.007 AZOTE	O 15.999 OXYGÈNE	F 18.998 FLUOR	Ne 20.180 NÉON
3	Na 22.990 SODIUM	Mg 24.305 MAGNÉSIIUM											Al 26.982 ALUMINIUM	Si 28.086 SILICIUM	P 30.974 PHOSPHORE	S 32.065 SOUFRE	Cl 35.453 CHLORE	Ar 39.948 ARGON
4	K 39.098 POTASSIUM	Ca 40.078 CALCIUM	Sc 44.956 SCANDIUM	Ti 47.867 TITANE	V 50.942 VANADIUM	Cr 51.996 CHROME	Mn 54.938 MANGANÈSE	Fe 55.845 FER	Co 58.933 COBALT	Ni 58.693 NICKEL	Cu 63.546 CUIVRE	Zn 65.39 ZINC	Ga 69.723 GALLIUM	Ge 72.64 GERMANIUM	As 74.922 ARSENIC	Se 78.96 SÉLÉNIUM	Br 79.904 BROME	Kr 83.80 KRYPTON
5	Rb 85.468 RUBIDIUM	Sr 87.62 STRONTIUM	Y 88.906 YTTRIUM	Zr 91.224 ZIRCONIUM	Nb 92.906 NIOBIUM	Mo 95.94 MOLYBDÈNE	Tc (98) TECHNÉTIUM	Ru 101.07 RUTHÉNIUM	Rh 102.91 RHODIUM	Pd 106.42 PALLADIUM	Ag 107.87 ARGENT	Cd 112.41 CADMIUM	In 114.82 INDIUM	Sn 118.71 ETAIN	Sb 121.76 ANTIMOINE	Te 127.60 TELLURE	I 126.90 IODE	Xe 131.29 XÉNON
6	Cs 132.91 CÉSIIUM	Ba 137.33 BARYUM	La-Lu 57-71 Lanthanides	Hf 178.49 HAFNIUM	Ta 180.95 TANTALE	W 183.84 TUNGSTÈNE	Re 186.21 RHÉNIUM	Os 190.23 OSMIUM	Ir 192.22 IRIDIUM	Pt 195.08 PLATINE	Au 196.97 OR	Hg 200.59 MERCURE	Tl 204.38 THALLIUM	Pb 207.2 PLOMB	Bi 208.98 BISMUTH	Po (209) POLONIUM	At (210) ASTATE	Rn (222) RADON
7	Fr (223) FRANCIUM	Ra (226) RADIUM	Ac-Lr 89-103 Actinides	Rf (261) RUTHERFORDIUM	Db (262) DUBNIUM	Sg (266) SEABORGIUM	Bh (264) BOHRIUM	Hs (277) HASSIUM	Mt (268) MEITNERIUM	Uun (281) UNUNNIUM	Uuu (272) UNUNUNIUM	Uub (285) UNUNBIUM		Uuq (289) UNUNQUADIUM				

Lanthanides

57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.04	71 174.97
La LANTHANE	Ce CÉRIUM	Pr PRASÉODYME	Nd NÉODYME	Pm PROMÉTHIUM	Sm SAMARIUM	Eu EUROPIUM	Gd GADOLINIUM	Tb TERBIUM	Dy DYSPROSIUM	Ho HOLMIUM	Er ERBIUM	Tm THULIUM	Yb YTTERBIUM	Lu LUTÉTIUM

Actinides

89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)
Ac ACTINIUM	Th THORIUM	Pa PROTACTINIUM	U URANIUM	Np NEPTUNIUM	Pu PLUTONIUM	Am AMÉRICIUM	Cm CURIUM	Bk BERKÉLIUM	Cf CALIFORNIUM	Es EINSTEINIUM	Fm FERMIUM	Md MENDELÉVIUM	No NOBÉLIUM	Lr LAWRENCIUM

La masse atomique relative est donnée avec cinq chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

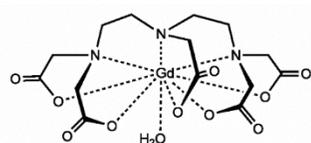
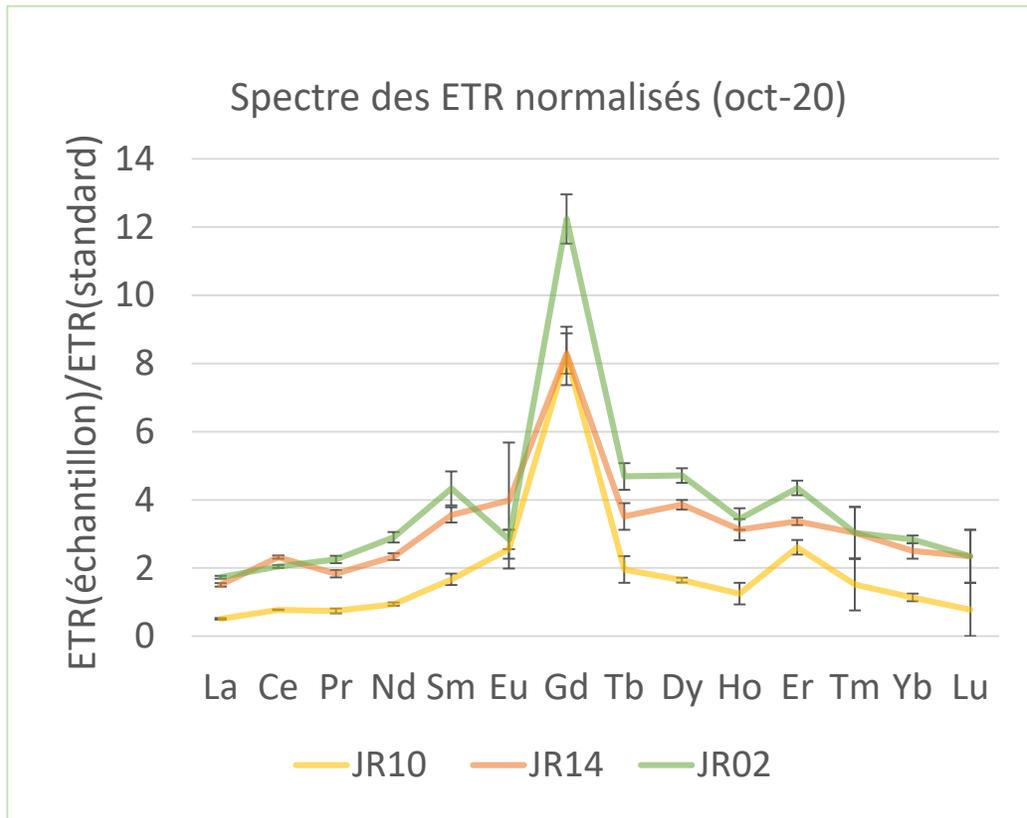
Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

NUMÉRO DU GROUPE RECOMMANDATIONS DE L'IUPAC (1985) NUMÉRO DU GROUPE CHEMICAL ABSTRACT SERVICE (1986)

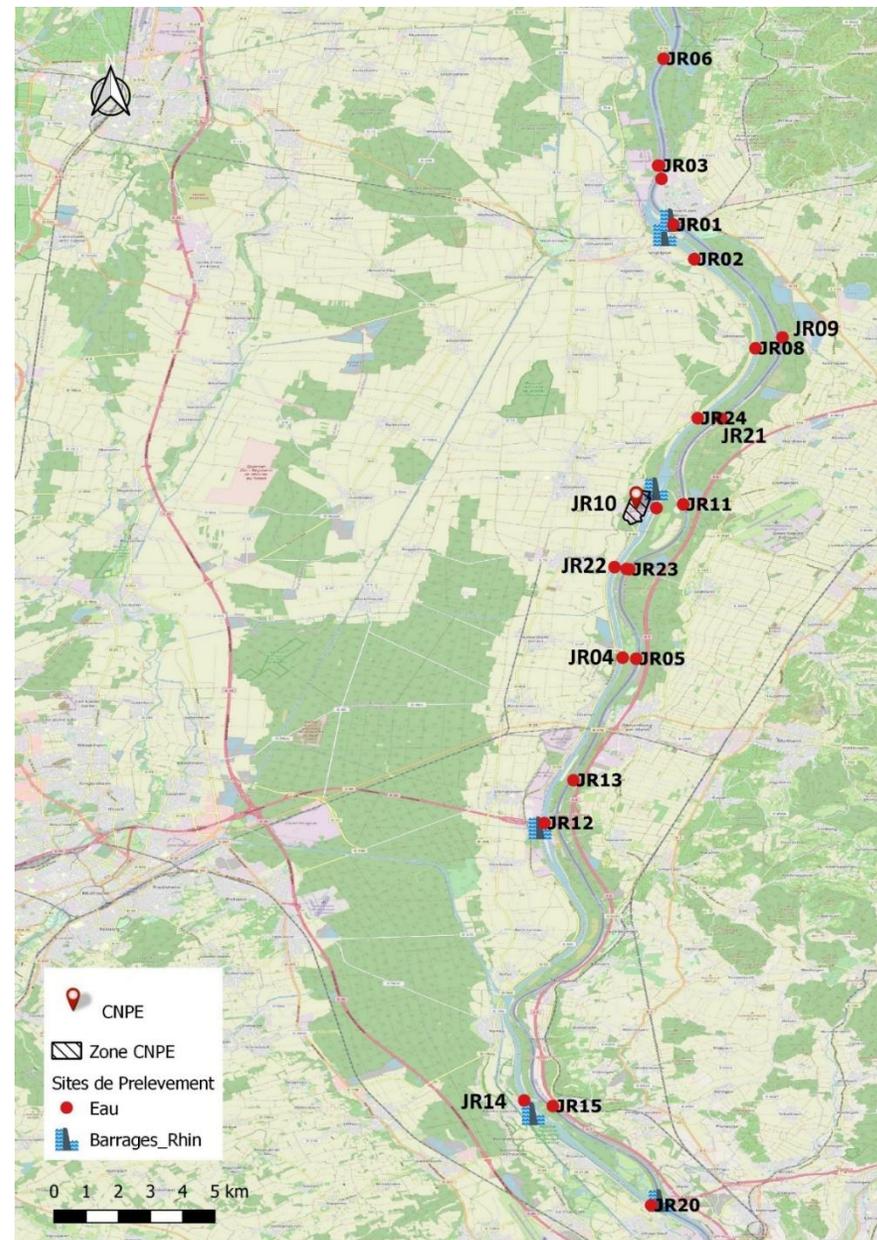
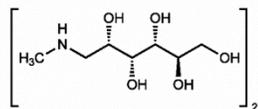
NOMBRE ATOMIQUE MASSE ATOMIQUE RELATIVE (1)

SYMBOLE NOM DE L'ÉLÉMENT

L'analyse des terres rares



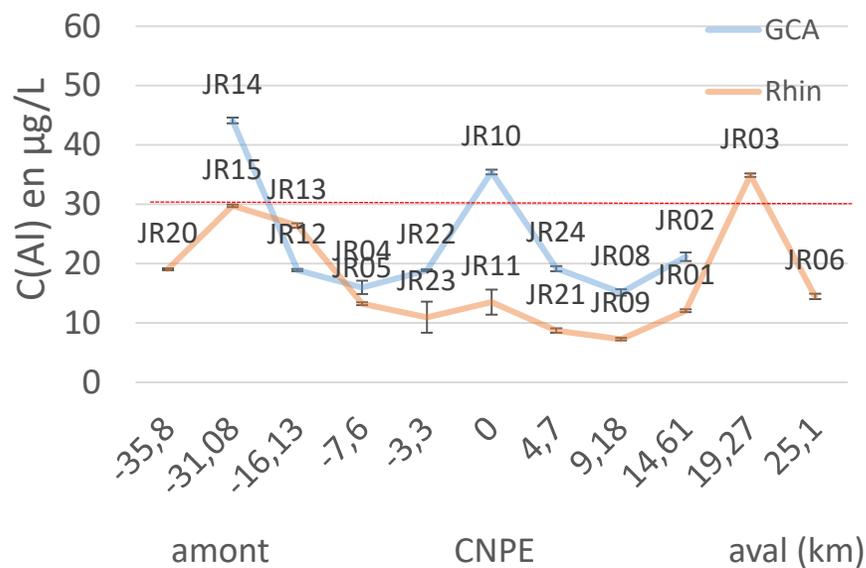
acide gadopentétique



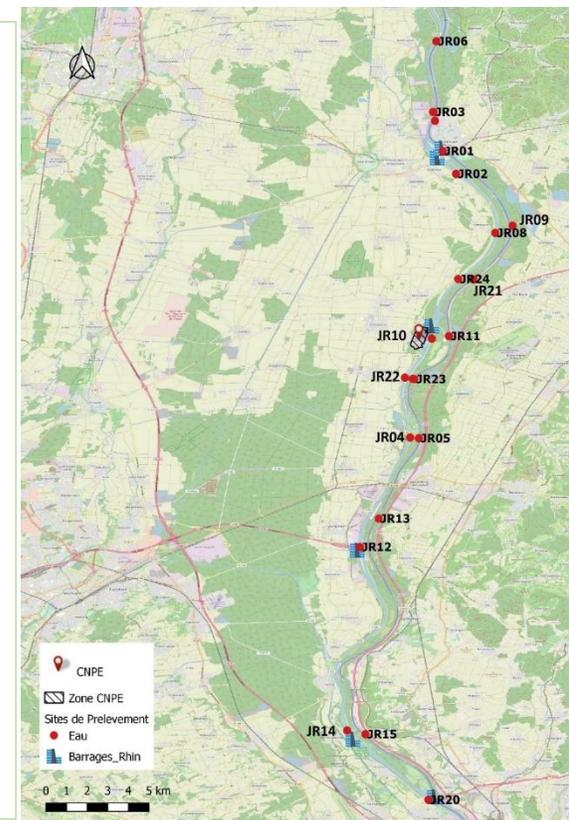
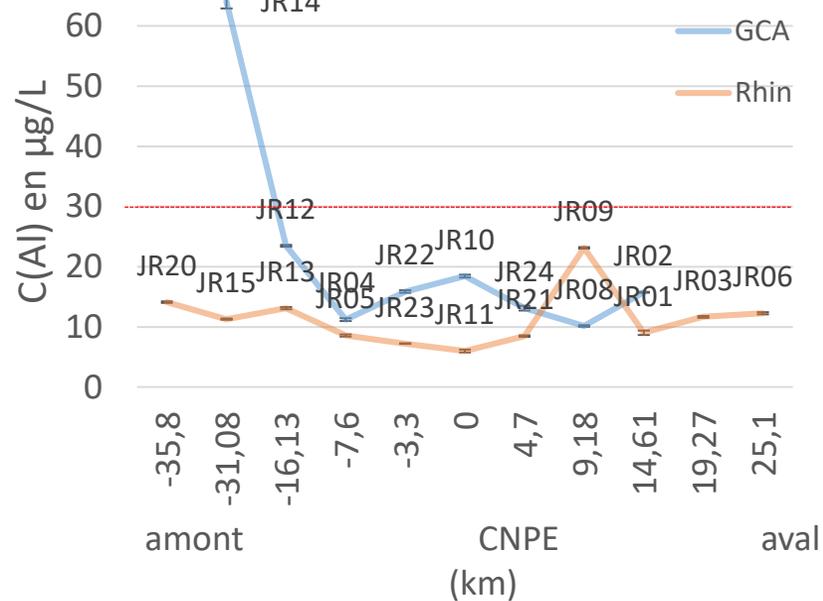
Le cas de l'aluminium

$$C(\text{Al})_{\text{nappe(moyenne)}} = 30 \mu\text{g/L}$$

C(Al) dans le GCA et dans le Rhin en oct-20



C(Al) dans le GCA et dans le Rhin en mars-21

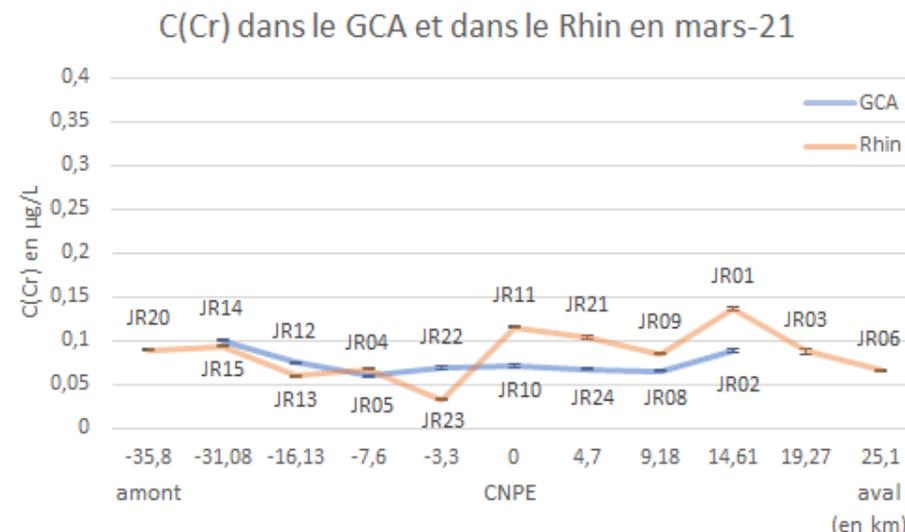
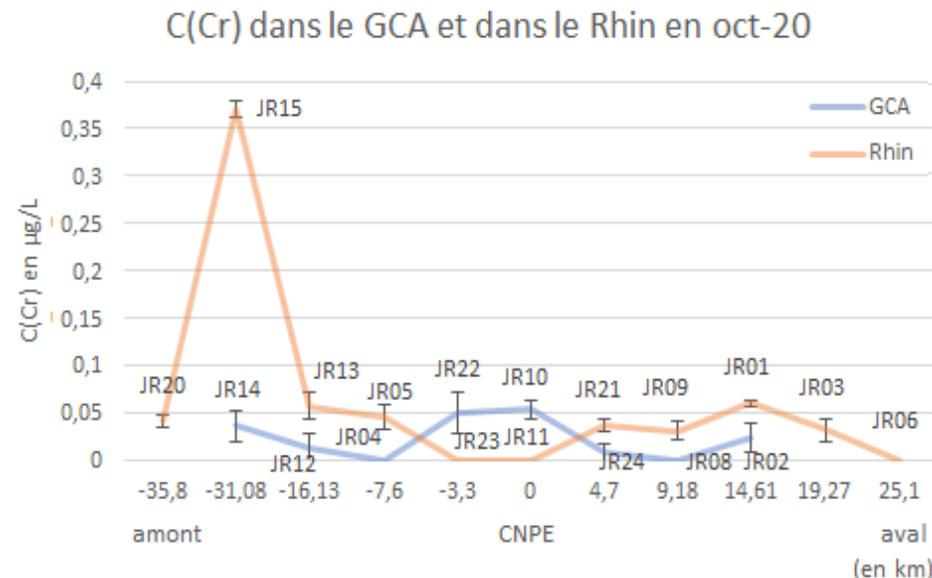


Le calcul du facteur d'enrichissement

$$\mathbf{FE} = \frac{\mathbf{C}(X)_{\text{échantillon(JRX)}} / \mathbf{C}(Al)_{\text{échantillon(JRX)}}}{\mathbf{C}(X)_{\text{Rhin(moyenne)}} / \mathbf{C}(Al)_{\text{Rhin(moyenne)}}}$$

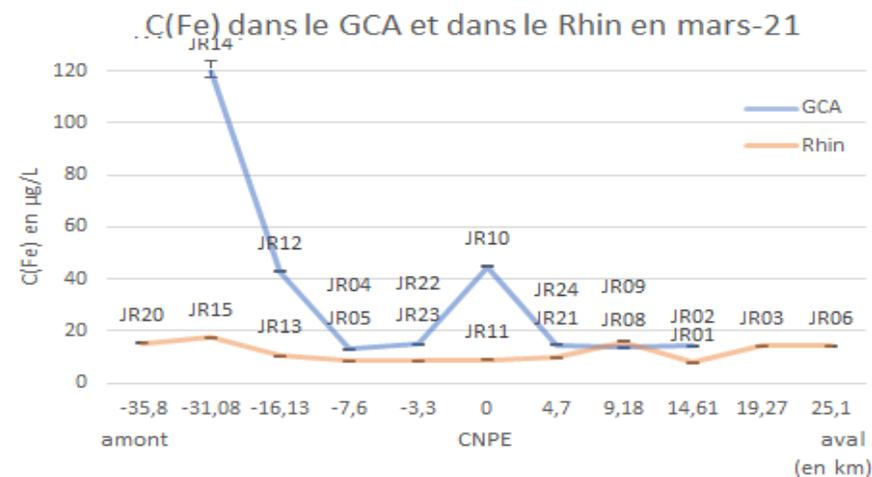
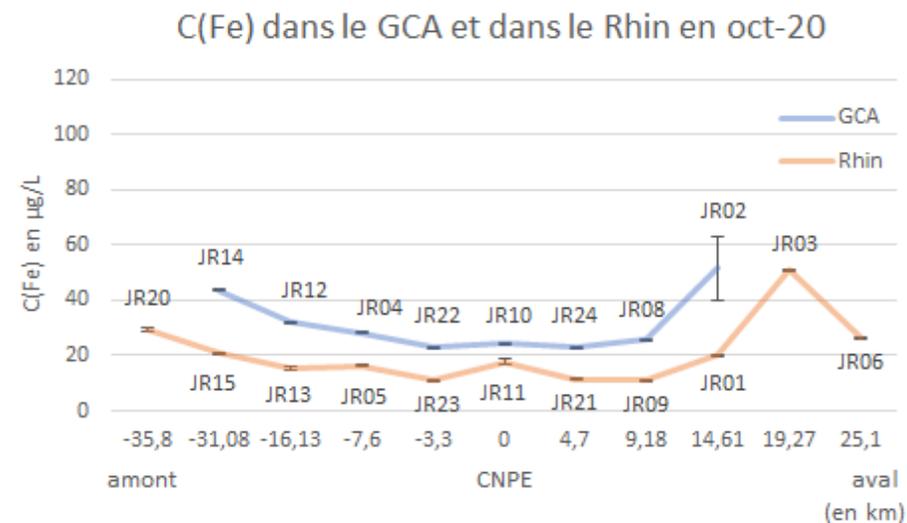
Le calcul du FE du chrome

à JR10	FE(Cr)
janv-18	141,51
févr-18	10,89
mars-18	7,86
avr-18	12,86
mai-18	7,65
juin-18	0,11
juil-18	11,79
août-18	14,15
sept-18	14,15
oct-18	14,15
nov-18	14,15
déc-18	0,63
juin-20	3,26
oct-20	0,05
mars-21	0,06



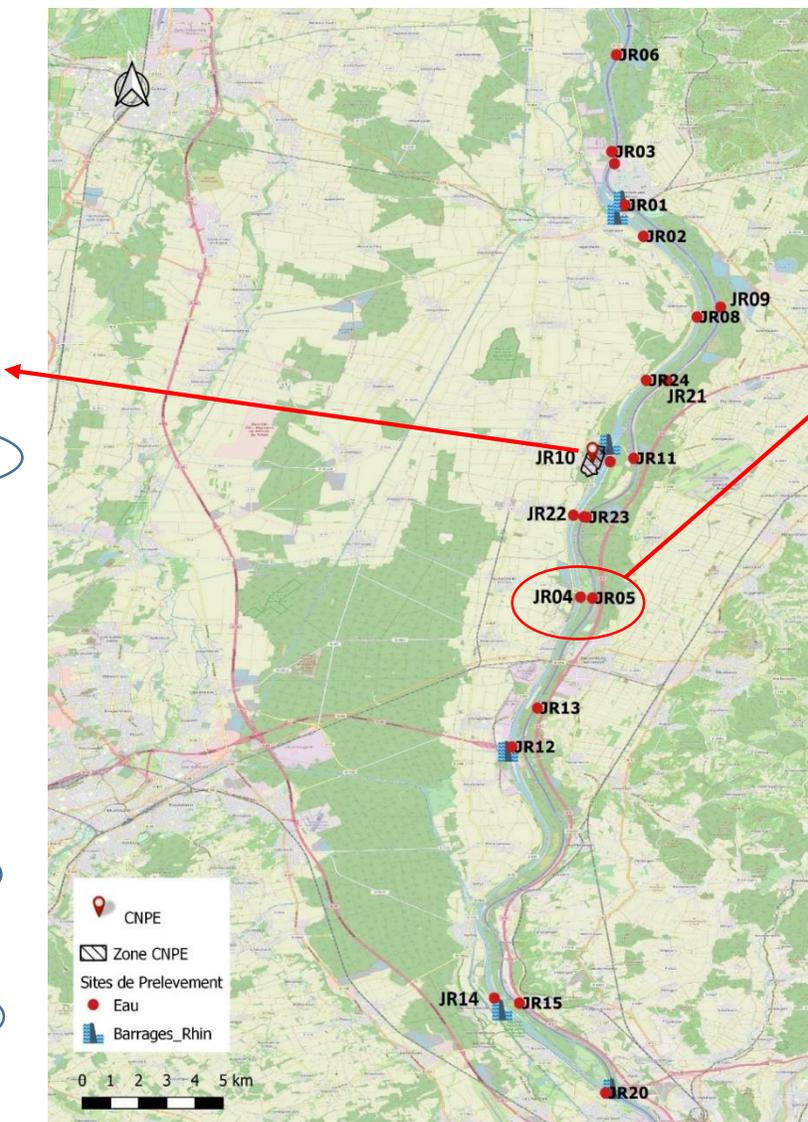
Le calcul du FE du fer

à JR10	FE (Fe)
janv-18	1,34
févr-18	0,16
mars-18	0,10
avr-18	0,15
mai-18	0,09
juin-18	0,09
juil-18	0,12
août-18	0,13
sept-18	0,13
oct-18	0,13
nov-18	0,03
déc-18	0,15
juin-20	0,32
oct-20	0,09
mars-21	0,26

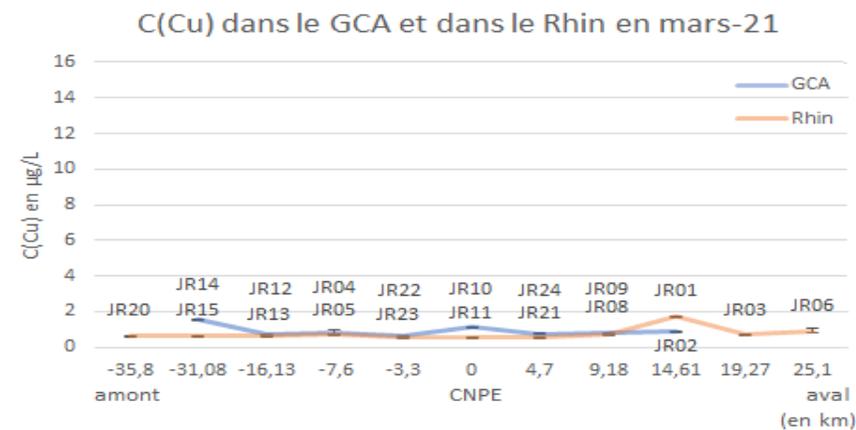
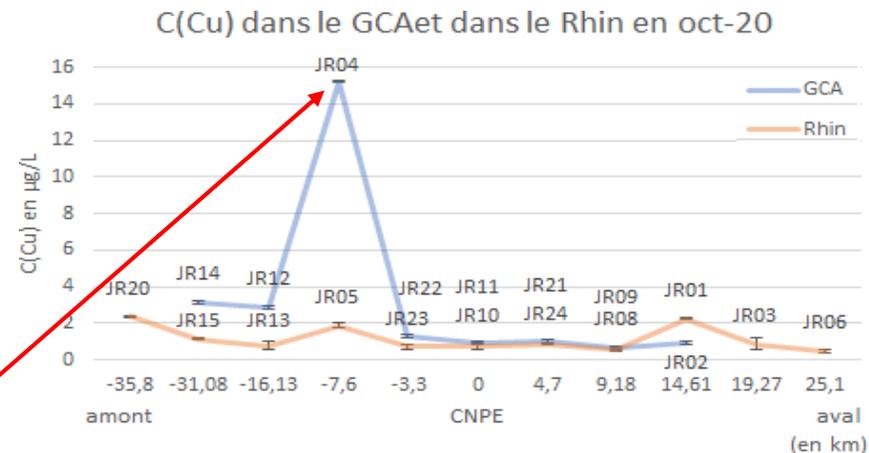


Le calcul du FE du cuivre

à JR10	FE (Cu)
janv-18	74,26
févr-18	5,71
mars-18	4,13
avr-18	6,75
mai-18	4,01
juin-18	0,10
juil-18	6,19
août-18	7,43
sept-18	7,43
oct-18	7,43
nov-18	7,43
déc-18	0,33
juin-20	9,14
oct-20	0,78
mars-21	1,87



FE (Cu) = 6,6 en JR04



- Etat des lieux du Rhin et du GCA : données in situ, anions
- Pollutions indépendantes du CNPE : Gd (eaux usées), Al (isolant), B (herbicides)
- Pollutions dépendantes du CNPE : Al, B (rejets d'acide borique)
- Ni, Fe, Cr, Cu : rejetés par le CNPE pendant son fonctionnement
- ^3H : CNPE Fessenheim part peu importante à cette pollution (horlogerie et entretien des barrages hydroélectriques)

La modélisation de l'écotoxicité aquatique

(Eq. 1) $CI = C_{Fix} \sum Mi$

(Eq. 2) $CF = FF * XF * EF * SF$

CI : écotoxicité aquatique

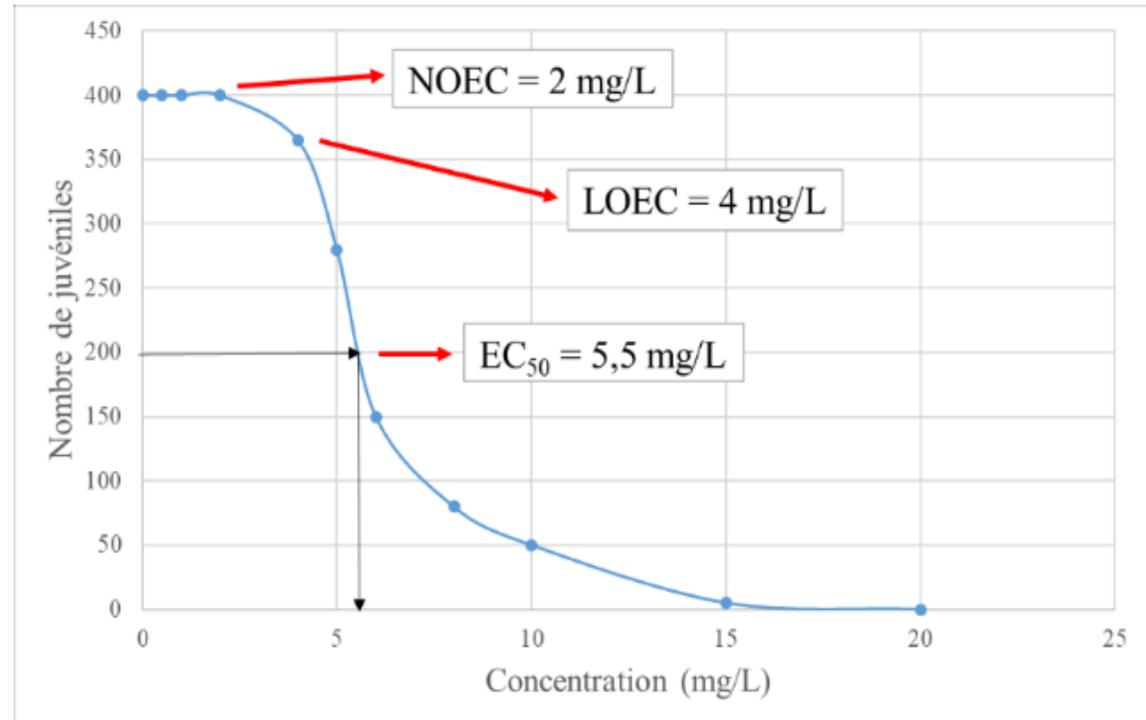
CF : facteur de caractérisation

Mi : masse des substances émises dans le milieu aquatique

FF : fate factor ou facteur de devenir

EF : effect factor ou facteur d'effet

XF : facteur d'exposition



Exemple théorique de la relation dose/réponse pour une concentration en métal X affectant des juvéniles de l'espèce Y

Eq. 1 : Deng Y. *et al.*, *Int. J. Life Cycle Assess.* **2017**, 22, 222-236

Eq. 2 : Rosebaum R., **2015**, [Ecotoxicity](#)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION!