

Qualité de l'eau du lac Saint-Pierre et de ses tributaires : évolution 1979-2014 et portrait 2012-2014

Table de concertation régionale du lac Saint-Pierre
Baie-du-Fèvre, 12 avril 2016

Marc Simoneau, M. Sc. Biol.
Direction de l'information sur les milieux aquatiques
Direction générale du suivi de l'état de l'environnement

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Collaboration

- Adeline Bazoge, DEB
- Marie-Josée Côté, DEB
- Mario Bérubé, DGSEE
- Marc Duchemin, DGSEE
- Mona Frenette, DGSEE
- Michel Patoine, DGSEE
- Jean-Thomas Denault, DAEMH

Plan de la présentation

- Introduction
- Description du territoire
- Qualité de l'eau (état)
 - Évolution 1979-2014
 - Portrait récent 2012-2014
 - Charges 2009-2012
- Constats
- Conclusion

Description du territoire

Bassin versant du lac Saint-Pierre
et tributaires directs



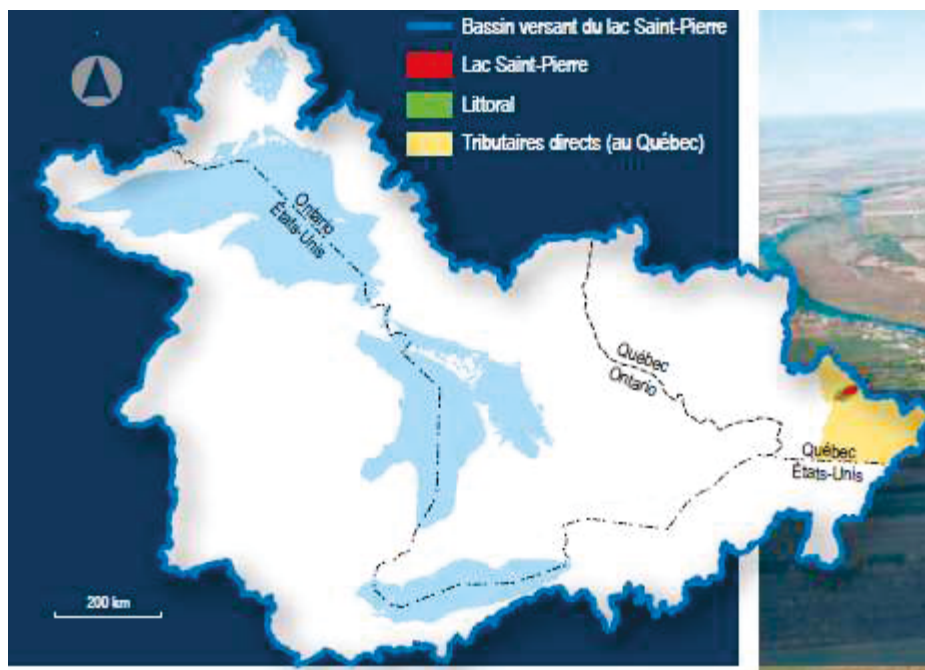
Le lac Saint-Pierre

UN JOYAU À RESTAURER

UN
QUÉBEC
POUR TOUS

Québec 

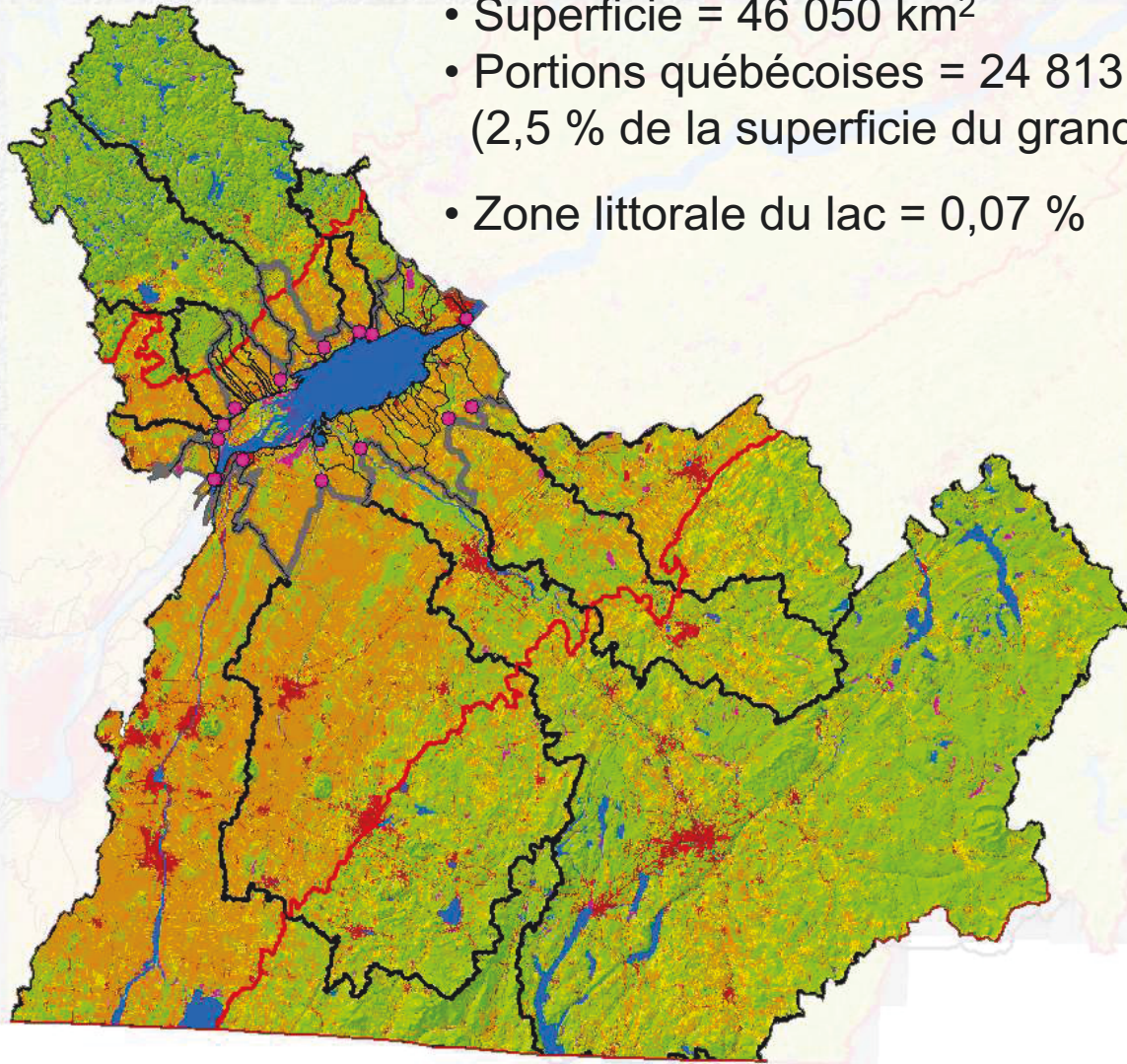
Le bassin versant du lac Saint-Pierre

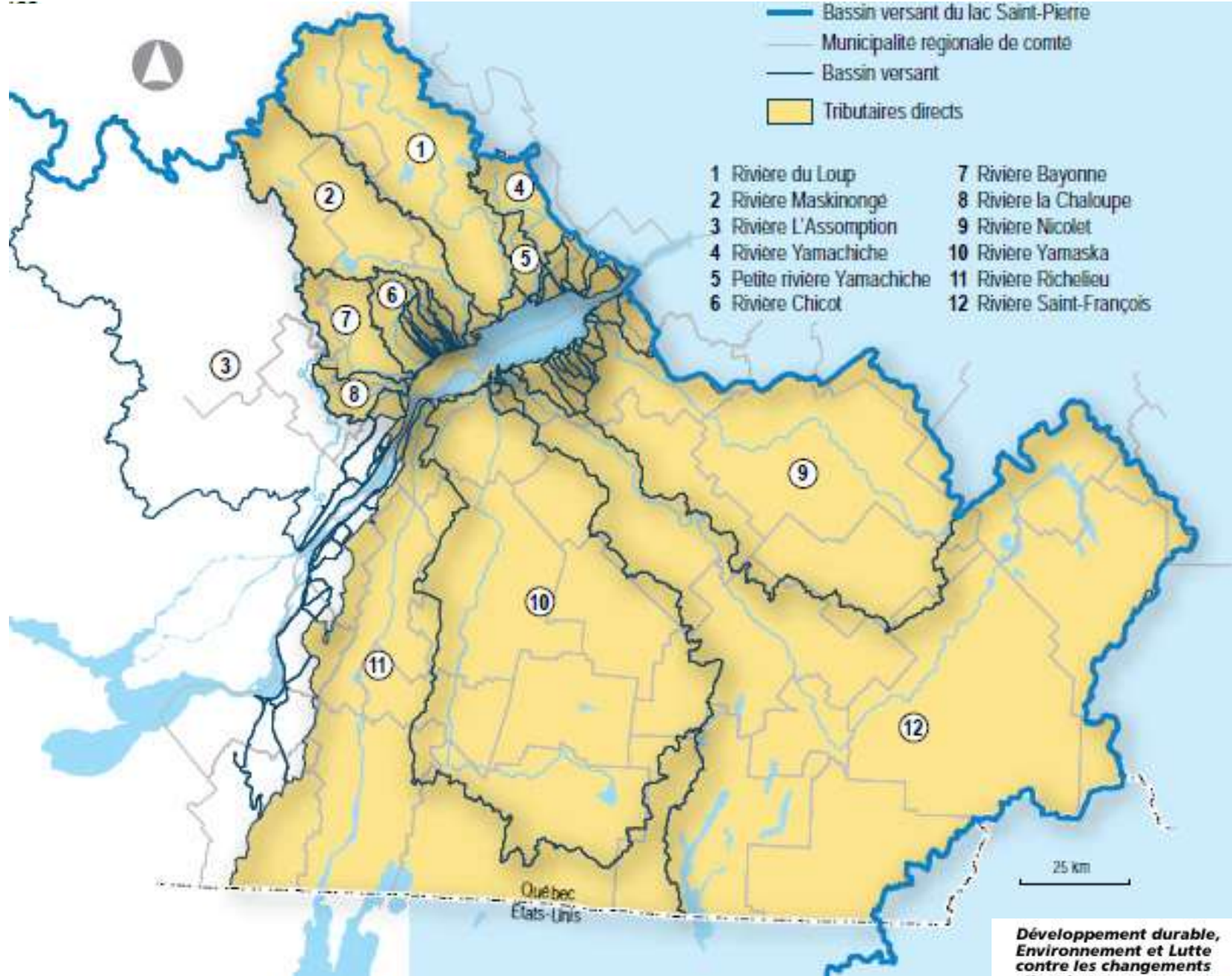


- Plus de 990 000 km² (> 60 % superficie du Québec);
- 58 % É.-U., 28 % Ontario, 14 % Québec;
- Au Québec, 11 régions administratives, 58 MRC, 654 municipalités;
- 75 % population du Québec

Les tributaires directs

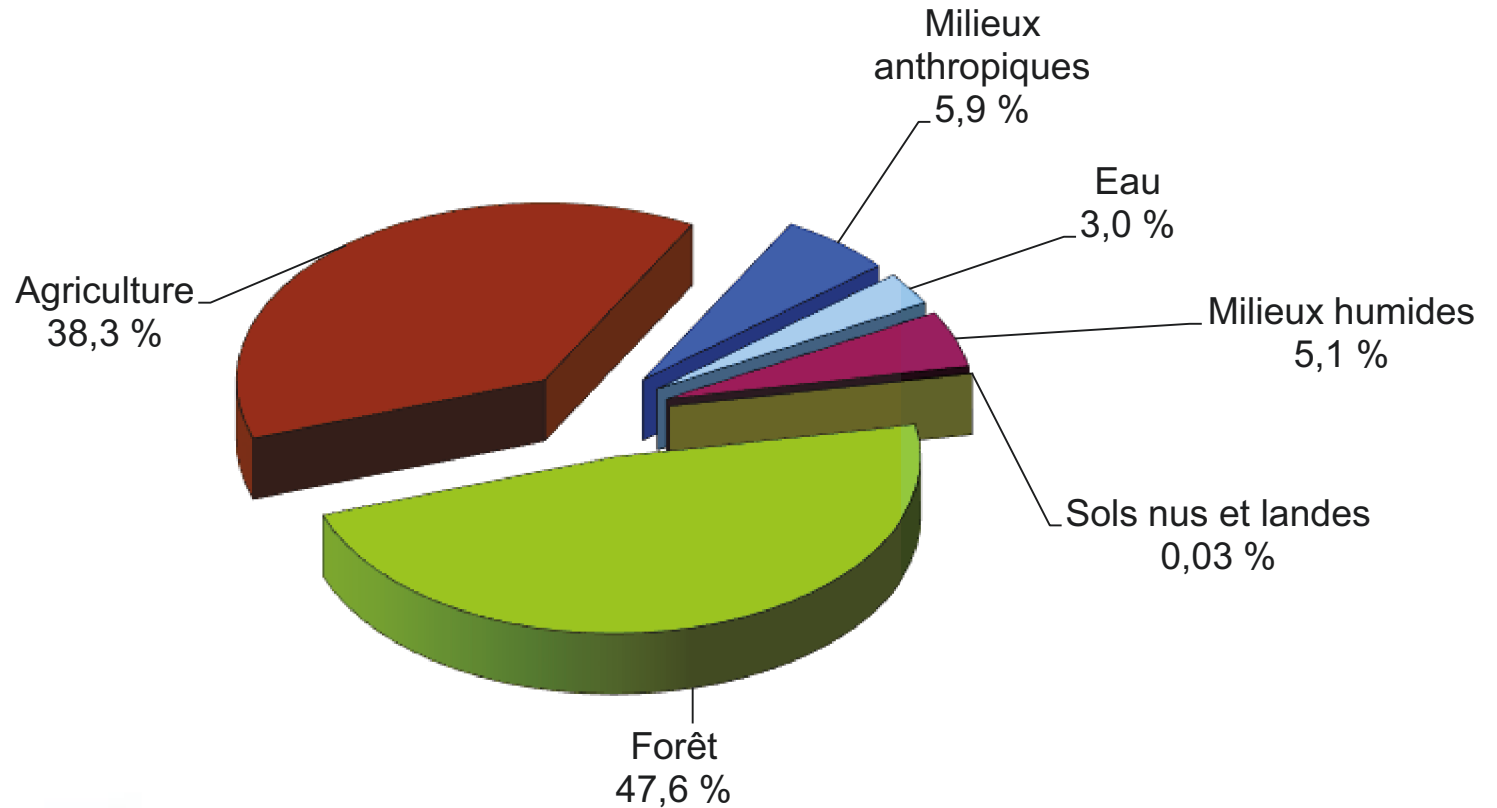
- Superficie = 46 050 km²
- Portions québécoises = 24 813 km²
(2,5 % de la superficie du grand BV)
- Zone littorale du lac = 0,07 %



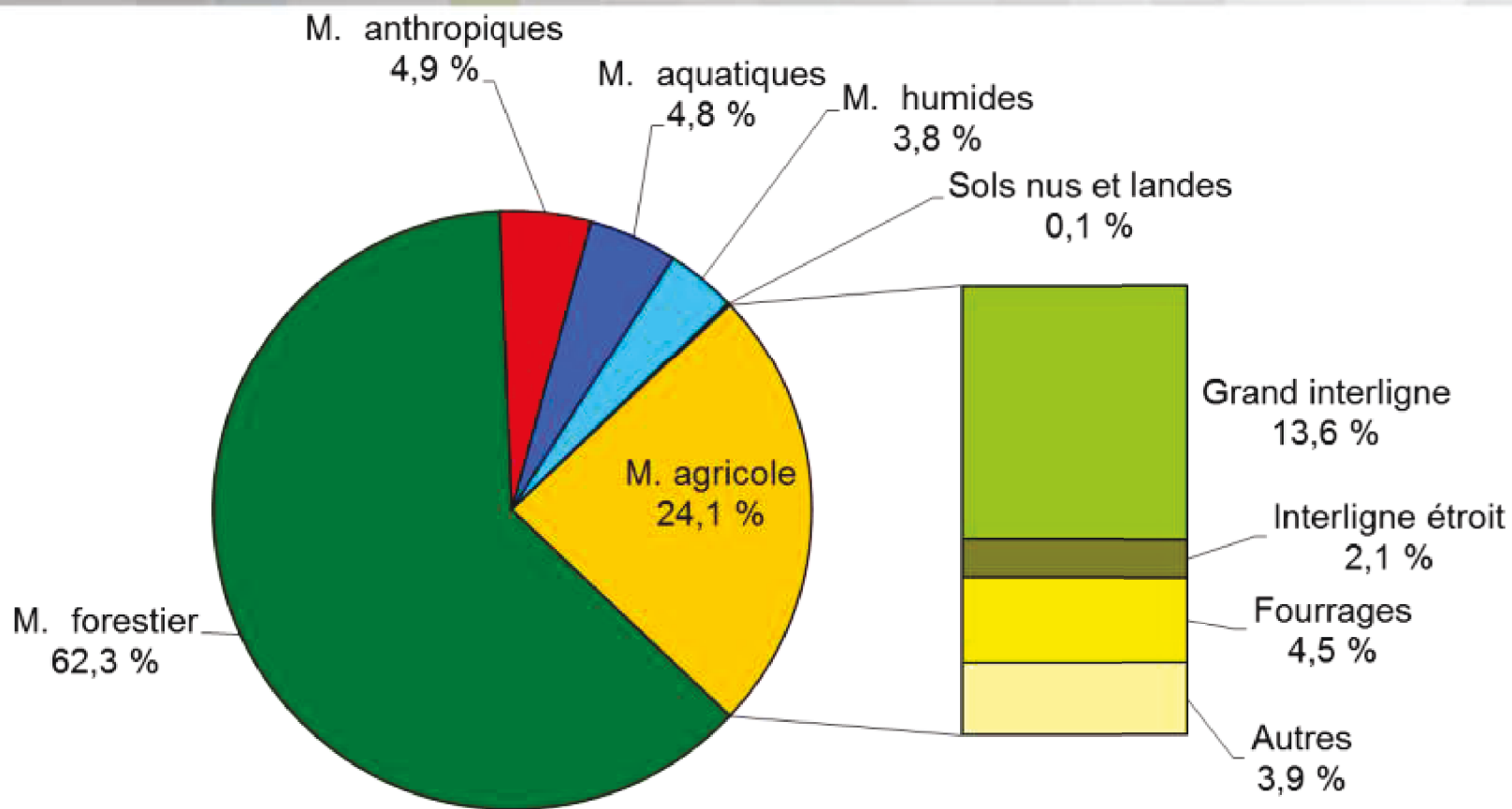


*Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques*

Tributaires du lac Saint-Pierre Utilisation du territoire



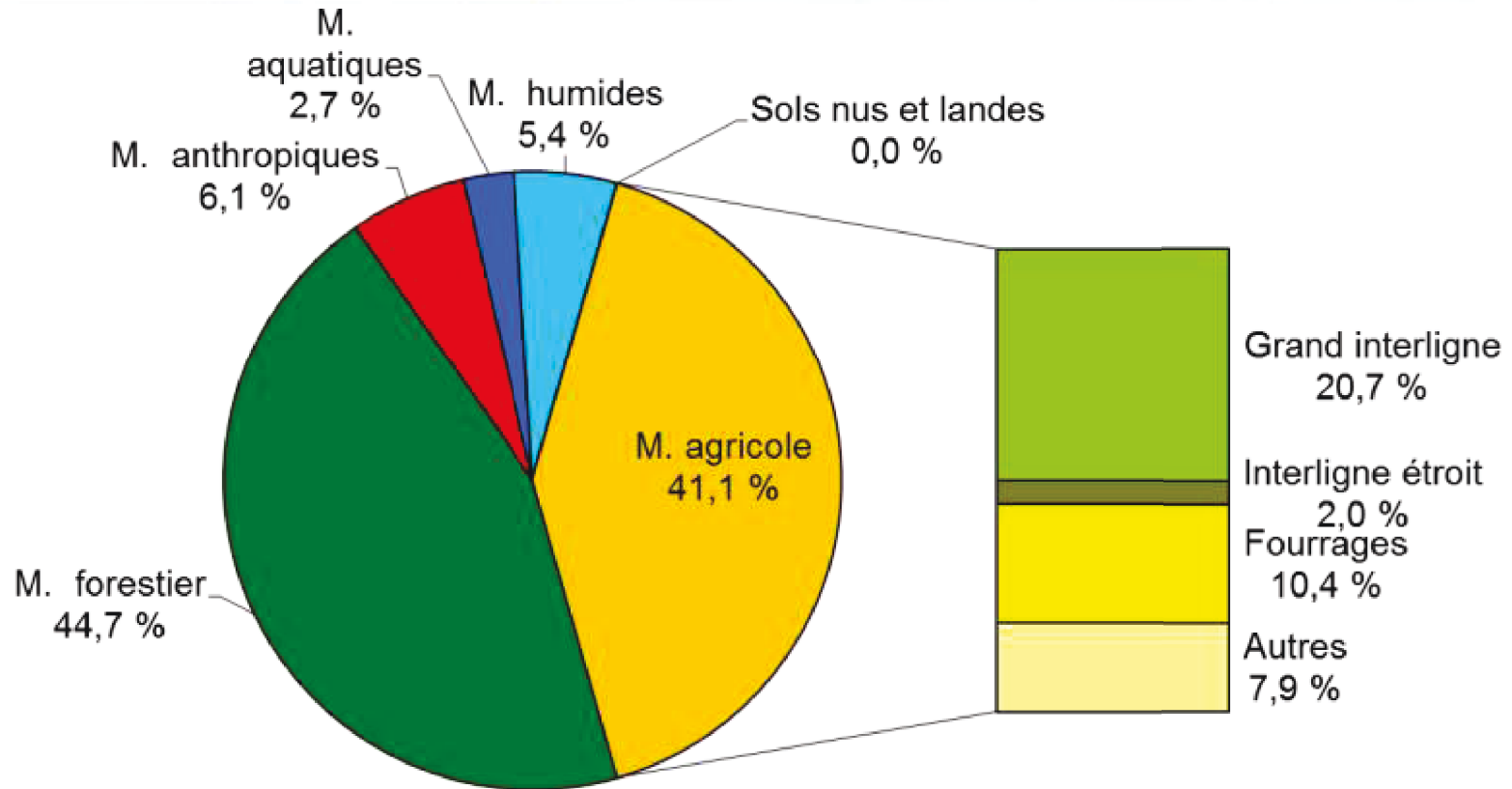
Bassins versants de la rive Nord 4 082 km²



Source: FADQ, BDCA (2012), AAC (2012), SIEF (2012)

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Bassins versants de la rive Sud 19 239 km²



Source: FADQ, BDCA (2012), AAC (2012), SIEF (2012)

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

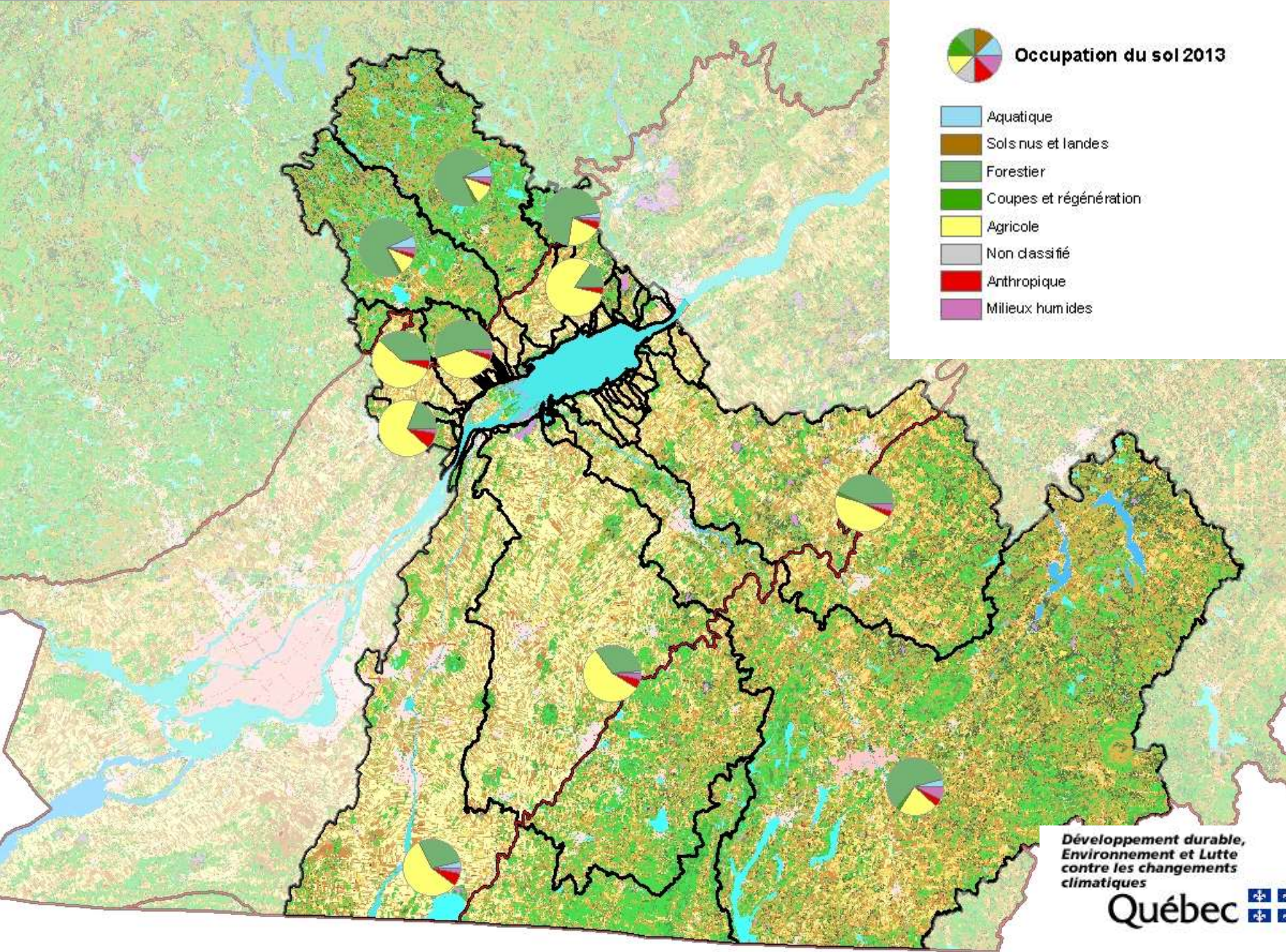
Utilisation du territoire dans le bassin versant¹ des tributaires directs du lac Saint-Pierre

Bassin versant	Superficie totale km ²	Superficie drainée en amont de la station qualité ¹ km ²	Occupation du territoire ¹ (%)						
			Milieux aquatiques	Milieux humides	Sols nus et landes	Milieux forestiers	Milieux agricoles	Milieux anthropiques	
Rive nord									
La Chaloupe	135	150	0,6	2,5	0,0	18,5	68,8	9,6	
Bayonne	373	352	0,7	0,9	0,1	37,4	55,9	5,1	
Chicot	198	166	0,9	3,2	0,4	57,5	34,4	3,6	
Maskinongé	1097	1095	6,6	3,9	0,3	76,1	9,4	3,7	
du Loup	1528	1505	7,5	3,9	0,1	77,1	8,4	3,0	
Pte Yamachiche	110	108	0,0	0,0	0,0	15,4	81,3	3,3	
Yamachiche	274	264	2,9	2,5	0,0	69,7	19,9	5,0	
Bassins orphelins	442	442	0,4	8,9	0,0	32,7	45,7	12,3	
Total Rive nord	4157	4082	4,8	3,8	0,1	62,3	24,1	4,9	
(%)	9	18							
Rive sud									
Richelieu	23720	2481	2,4	3,2	0,0	14,5	70,1	9,8	
Yamaska	4797	4468	1,3	3,4	0,0	34,6	55,1	5,6	
Saint-François	10228	8655	4,0	7,7	0,0	59,9	22,1	6,3	
Nicolet Sud-Ouest	1720	1580	0,8	5,5	0,0	44,5	44,2	5,1	
Nicolet	1678	1667	1,0	3,2	0,0	43,6	46,5	5,7	
Bassins orphelins	389	389	0,4	6,6	0,0	16,7	70,1	6,1	
Total Rive sud	42532	19239	2,7	5,4	0,0	44,7	41,1	6,1	
(%)	91	82							
Total	46689	23321							



Occupation du sol 2013

- Aquatique
- Sols nus et landes
- Forestier
- Coupes et régénération
- Agricole
- Non classifié
- Anthropique
- Milieux humides



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*



Milieu industriel

- 1/3 du PIB du Québec

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Chaudière-Appalaches

Superficie : 15 071 km²

Population : 408 188

Taux d'emploi : 63,0 %

Nombre d'établissements/emplois
manufacturiers :

1 261 / 41 155

Indice de diversité industrielle :
0,538

Nombre d'entreprises agricoles : 5
532

Emplois en agriculture, forêt, pêche :
10 500

Lanaudière

Superficie : 12 313 km²

Population : 476 941

Emplois : 241 200

Taux d'emploi : 59,9 %

Taux de chômage : 8,4 %

PIB ensemble des industries : 11 464 029 \$

PIB production de services : 3 086 777 \$

PIB production de biens : 8 397 252 \$

Mauricie

Superficie : 35 452 km²

Population : 263 269

Emplois : 106 500

Taux d'emploi : 47,9 %

Taux de chômage : 8,7 %

PIB ensemble des industries : 8 436 120 \$

PIB production de services : 3 086 777 \$

PIB production de biens : 5 638 205 \$

Centre du Québec

Superficie : 69 211 km²

Population : 235 005

Emplois : 113 900

Taux d'emploi : 59 %

Taux de chômage : 7,8 %

PIB ensemble des industries : 8 523 659 \$

PIB production de services : 3 774 421 \$

PIB production de biens : 4 749 238 \$

Montérégie

Superficie : 11 111 km²

Population : 1 470 252

Emplois : 775 000

Taux d'emploi : 68,3 %

Taux de chômage : 6,8 %

PIB ensemble des industries : 48 527 251 \$

PIB production de services : 16 012 468 \$

PIB production de biens : 32 714 783 \$

Estrie

Estrie

Superficie : 10 194 km²

Population : 315 487

Emplois : 157 100

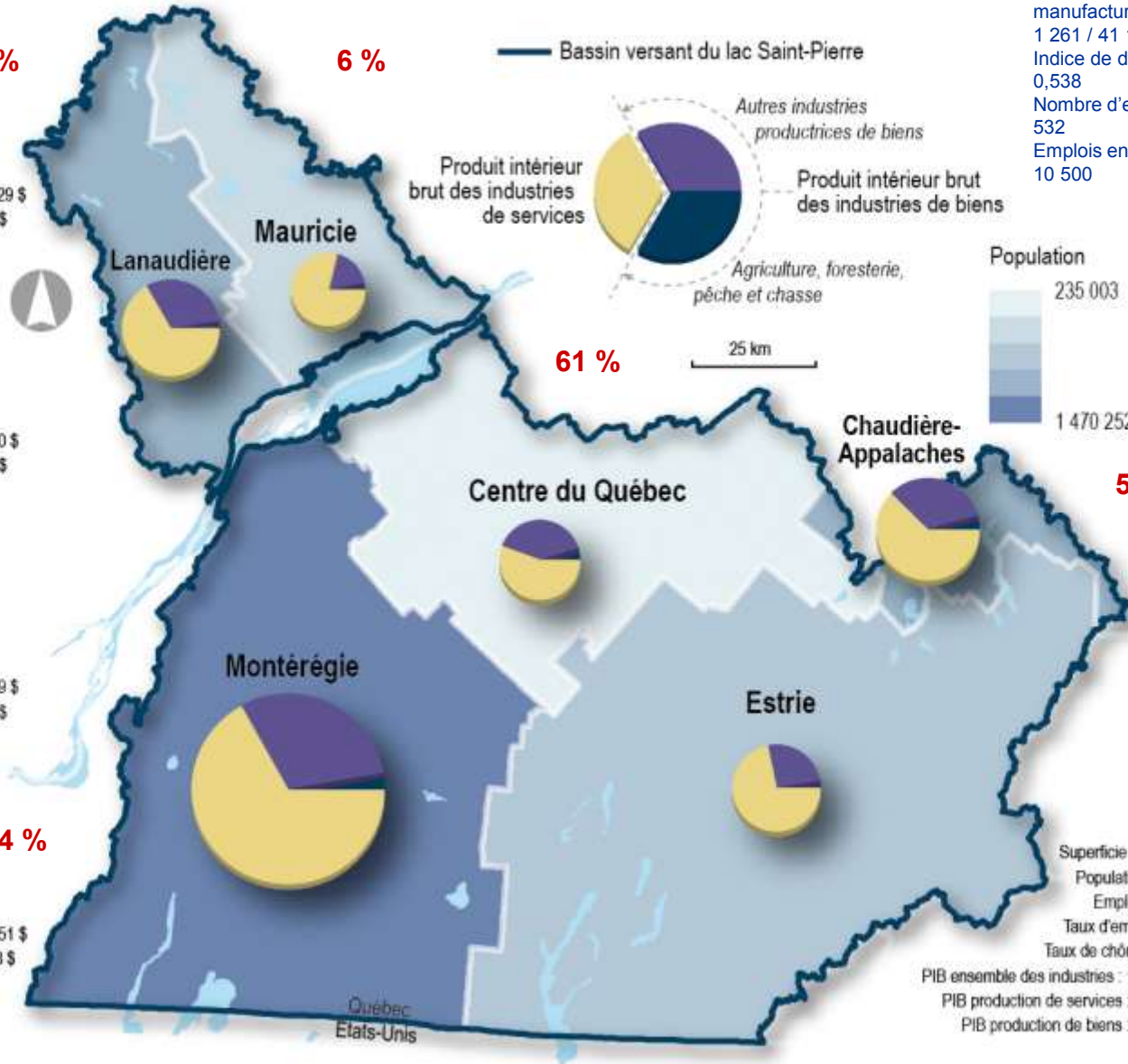
Taux d'emploi : 59,8 %

Taux de chômage : 6,8 %

PIB ensemble des industries : 10 276 527 \$

PIB production de services : 2 990 312 \$

PIB production de biens : 7 286 215 \$



81 %



MDDEFP

Milieu agricole

- 70 % du PIB des produits d'agriculture et d'élevage

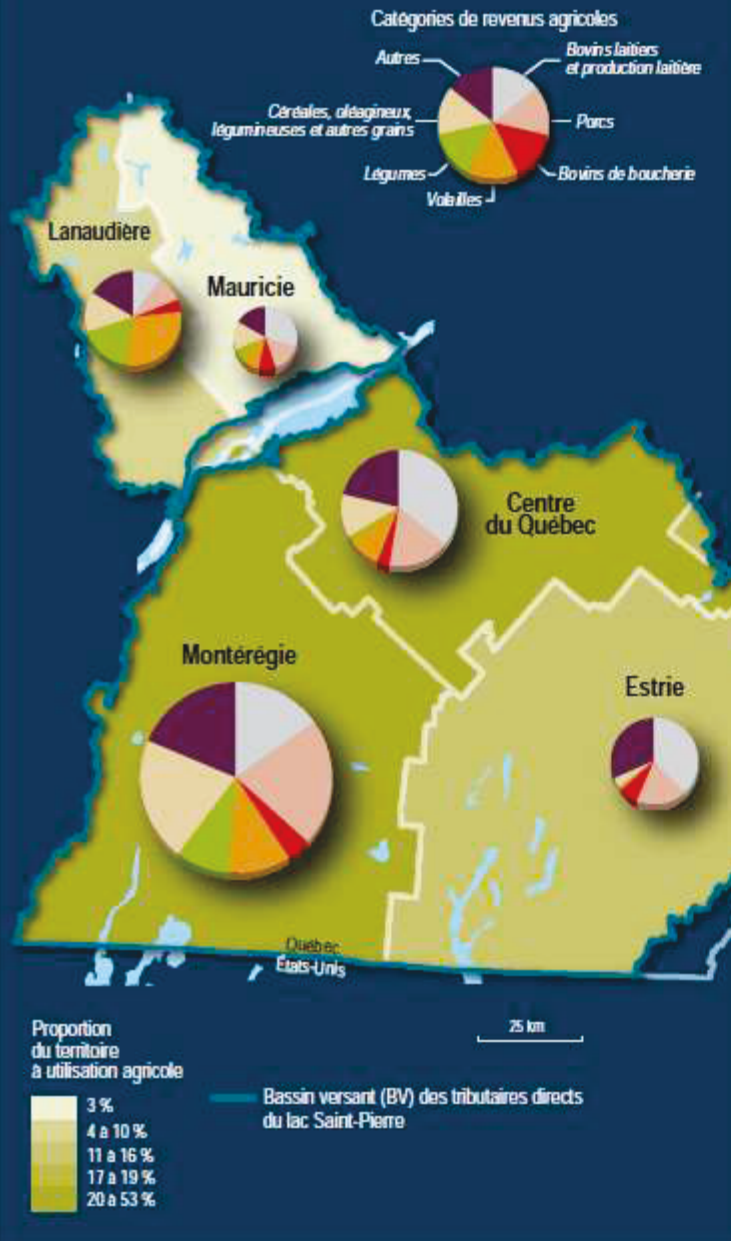


MAPAQ

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Carte 6 Revenus agricoles régionaux



Chaudière-Appalaches

Proportion du territoire à utilisation agricole : 19 %
 Superficie en grande culture : 689 km²
 Terrains forestiers : 11 302 km²
 Acériculture / Porc
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 5 %

Lanaudière

Proportion du territoire à utilisation agricole : 10 %
 Superficie en grande culture : 1 409 km²
 Terrains forestiers : 10 427 km²
 Poulet / Céréales
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 17 %

Chaudière-Appalaches



Mauricie

Proportion du territoire à utilisation agricole : 3 %
 Superficie en grande culture : 898 km²
 Terrains forestiers : 33 881 km²
 Céréales / Production laitière
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 6 %

Centre du Québec

Proportion du territoire à utilisation agricole : 41 %
 Superficie en grande culture : 2 750 km²
 Terrains forestiers : 3 692 km²
 Céréales / Production laitière
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 61 %

Estrie

Proportion du territoire à utilisation agricole : 16 %
 Superficie en grande culture : 1 243 km²
 Terrains forestiers : 3 772 km²
 Acériculture / Production laitière
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 81 %

Monterégie

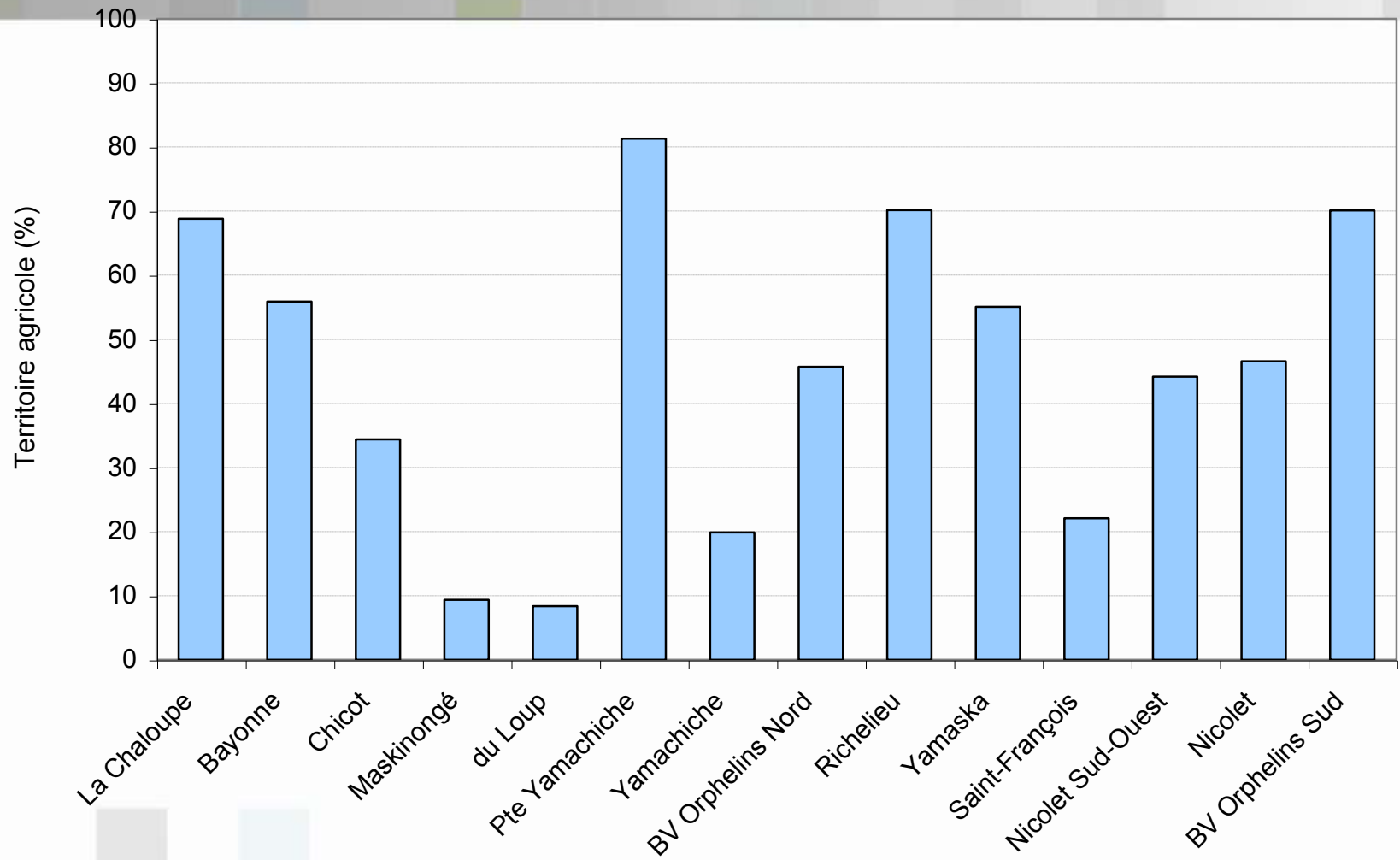
Proportion du territoire à utilisation agricole : 53 %
 Superficie en grande culture : 3 817 km²
 Terrains forestiers : 3 772 km²
 Céréales / Porc
 Proportion de la région dans le BV des tributaires directs : 54 %



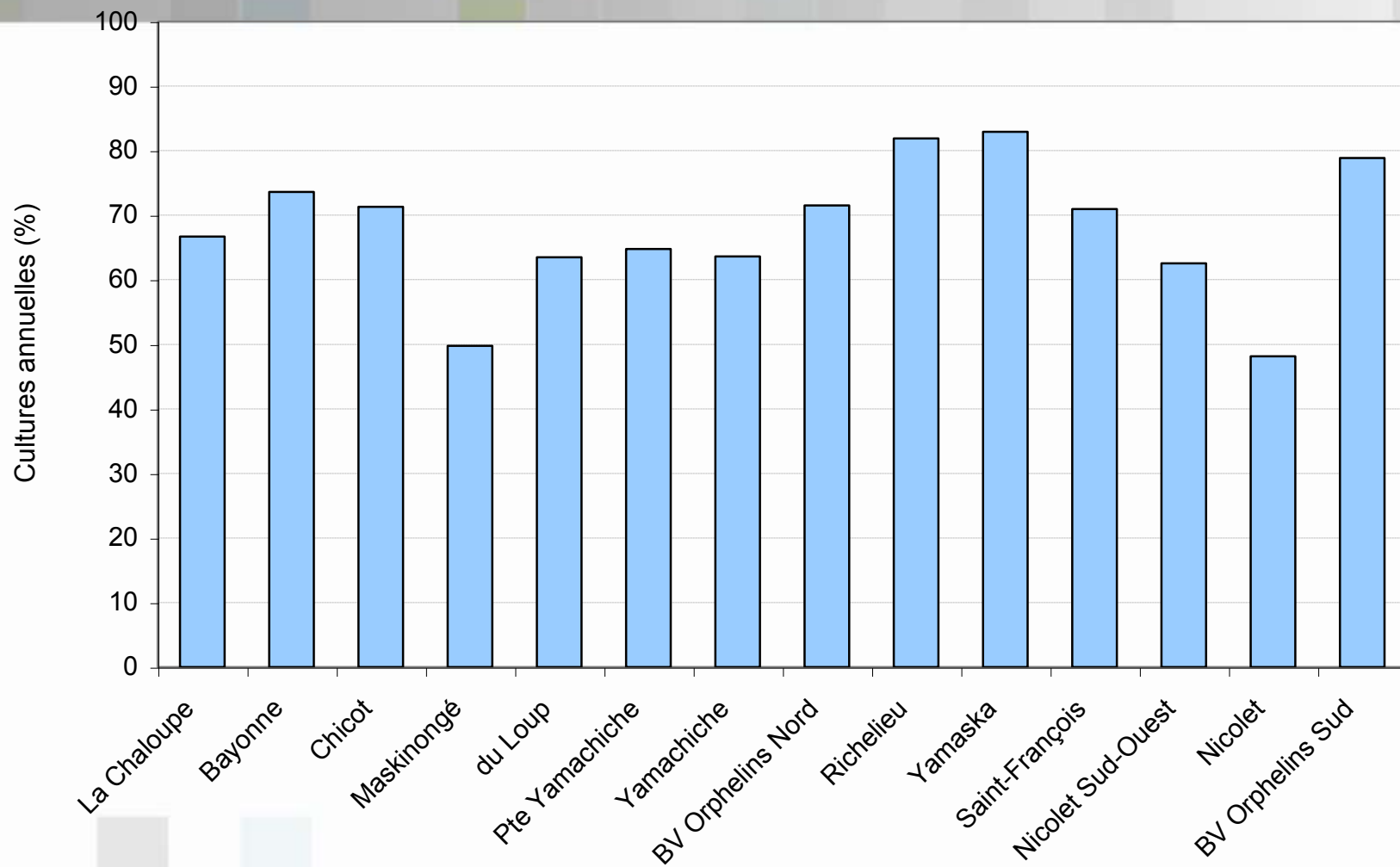
• Une variabilité régionale importante

*Les chiffres présentés sont des valeurs régionales

Proportion de territoire agricole dans le bassin versant des tributaires du lac Saint-Pierre



Importance relative des cultures annuelles dans le bassin versant des tributaires du lac Saint-Pierre



Milieu urbain



MDDEFP

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Milieu urbain

BASSIN VERSANT	MUNICIPALITÉS ¹	PAE ²	AVEC RÉSEAU		SANS RÉSEAU
			TRAITÉE ³	NON TRAITÉE ⁴	
RIVE NORD					
La Chaloupe	4	1	1	0	0
Bayonne	6	6	3	0	3
Chicot	3	1	1	0	0
Sarrazin	1	1	1	0	0
Maskinongé	10	7	5	0	2
du Loup	10	7	6	0	1
Petite rivière Yamachiche	3	2	2	0	0
Yamachiche	4	2	1	0	1
	Total	41	27	20	7
RIVE SUD					
Richelieu	56	47	40	2	5
Yamaska	67	64	46	0	18
Saint-François	85	75	54	1	20
Nicolet	50	36	17	7	12
Des Frères	1	1	1	0	0
	Total	259	223	158	55
TOTAL		300	250	178	62

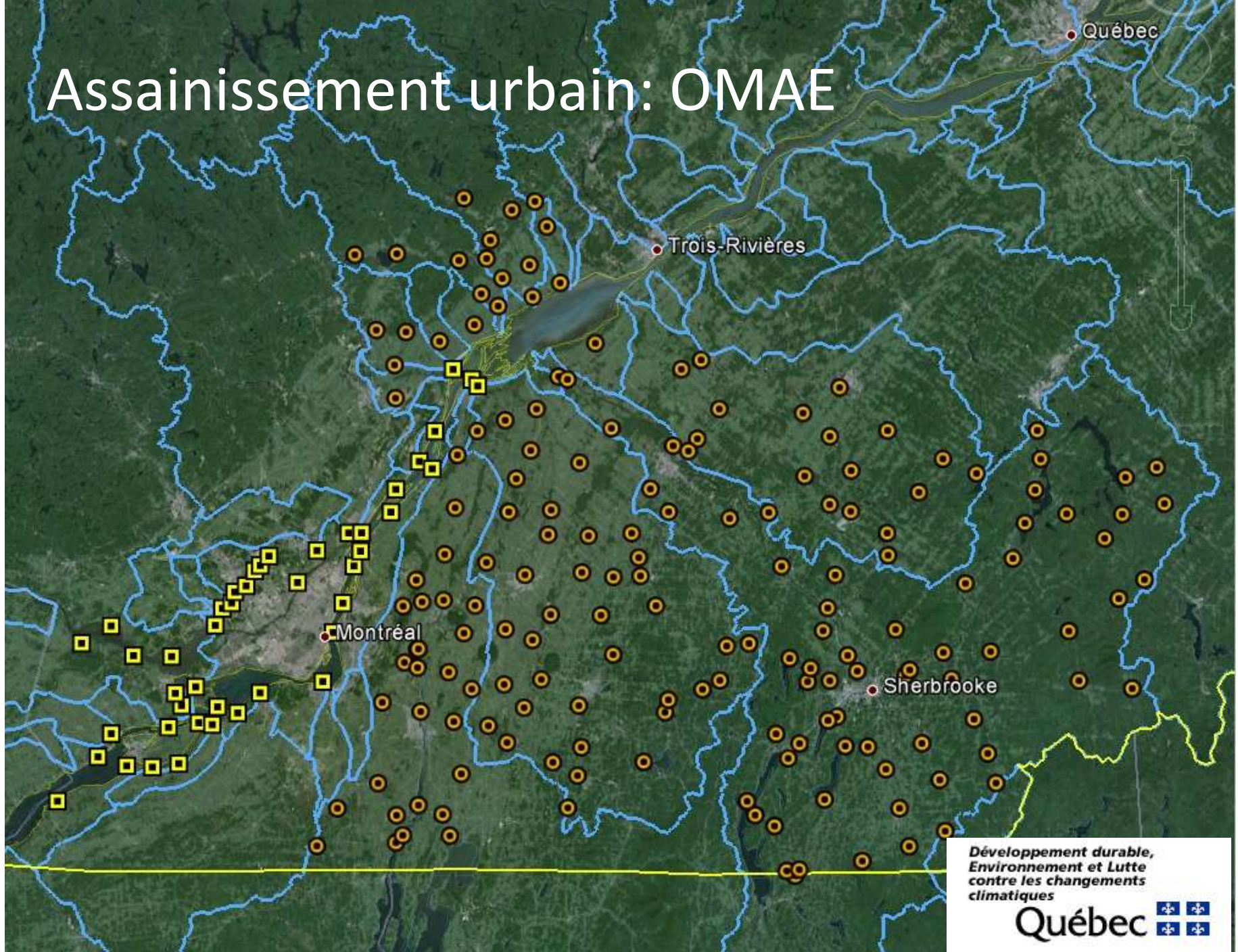
¹: Situées en totalité ou en partie dans les limites du bassin versant

²: Considérées dans les limites du bassin aux fins des programmes d'assainissement

³: Avec réseau d'égouts desservies par une station d'épuration

⁴: Avec réseau d'égouts non desservies par une station d'épuration

Assainissement urbain: OMAE



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*



Assainissement urbain: répartition spatiale des OMAE



No.	Bassin versant	OMAÉ		
1	LA CHALOUPÉ	1	21	25 789 pers.
2	BAYONNE	3		
3	CHICOT	1		
4	SARRAZIN	1		
5	MASKINONGÉ	5		
6	DU LOUP	7		
7	PETITE YAMACHICHE	2		
8	YAMACHICHE	1		
9	RICHELIEU	28	152	790 989 pers.
10	YAMASKA	41		
11	SAINT-FRANÇOIS	65		
12	NICOLET	18		
	TOTAL	173		
	FLEUVE, amont LSP	45		
	TOTAL	218		

Assainissement urbain: OMAE en amont du lac Saint-Pierre

- 45 stations
- 61 municipalités
- 3 285 215 personnes
- > 4 M m³/jour
- 27 stations (60 %) qui traitent quotidiennement 95 % du volume d'eaux usées procèdent à l'enlèvement du phosphore.

Progression des interventions d'assainissement urbain dans les bassins versants

Bassins versants		Débit (m3/d)			
		1979-1990	1991-2000	2001-2012	Total
Rive nord	Total	2 186	12 209	3 655	18 050
	%	12	67,6	20	100
Rive sud	Total	261 654	338 171	60 558	660 383
	%	39,6	51,2	9	100
Total	Total	263 840	350 380	64 212	678 433
	%	38,9	51,6	9	100

Progression des interventions d'assainissement urbain dans les bassin versant de la rive nord

Bassins versants		Débit (m3/d)			
		1979-1990	1991-2000	2001-2012	Total
Rive nord					
		1979-1990	1991-2000	2001-2012	Total
La Chaloupe	Total	0	722	0	722
	%	0	100,0	0	100
Bayonne	Total	100	1864	245	2209
	%	4,5	84,4	11,1	100
Chicot	Total	0	0	192	192
	%	0	0	100,0	100
Maskinongé	Total	2086	864	301	3251
	%	64,2	27	9	100
du Loup	Total	0	8311,0	2452,7	10764
	%	0,0	77,2	22,8	100
Petite Yamachiche	Total	0	448	258	706
	%	0	63,5	36,5	100
Yamachiche	Total	0	0	206	206
	%	0	0	100,0	100

Progression des interventions d'assainissement urbain dans les bassins versant de la rive sud

Bassins versants		Débit (m ³ /d)			
		1979-1990	1991-2000	2001-2012	Total
Rive sud					
Richelieu	Total	8495	145397	53177	207069
	%	4,1	70,2	25,7	100
Yamaska	Total	156888	13280	2925	173093
	%	90,6	7,7	1,7	100
Saint-François	Total	54287	175260	4306	233853
	%	23,2	74,9	1,8	100
Nicolet Sud-Oues	Total	9152	1218	108	10478
	%	87,3	11,6	1,0	100
Nicolet	Total	32832	3017	42	35891
	%	91,5	8,4	0,1	100

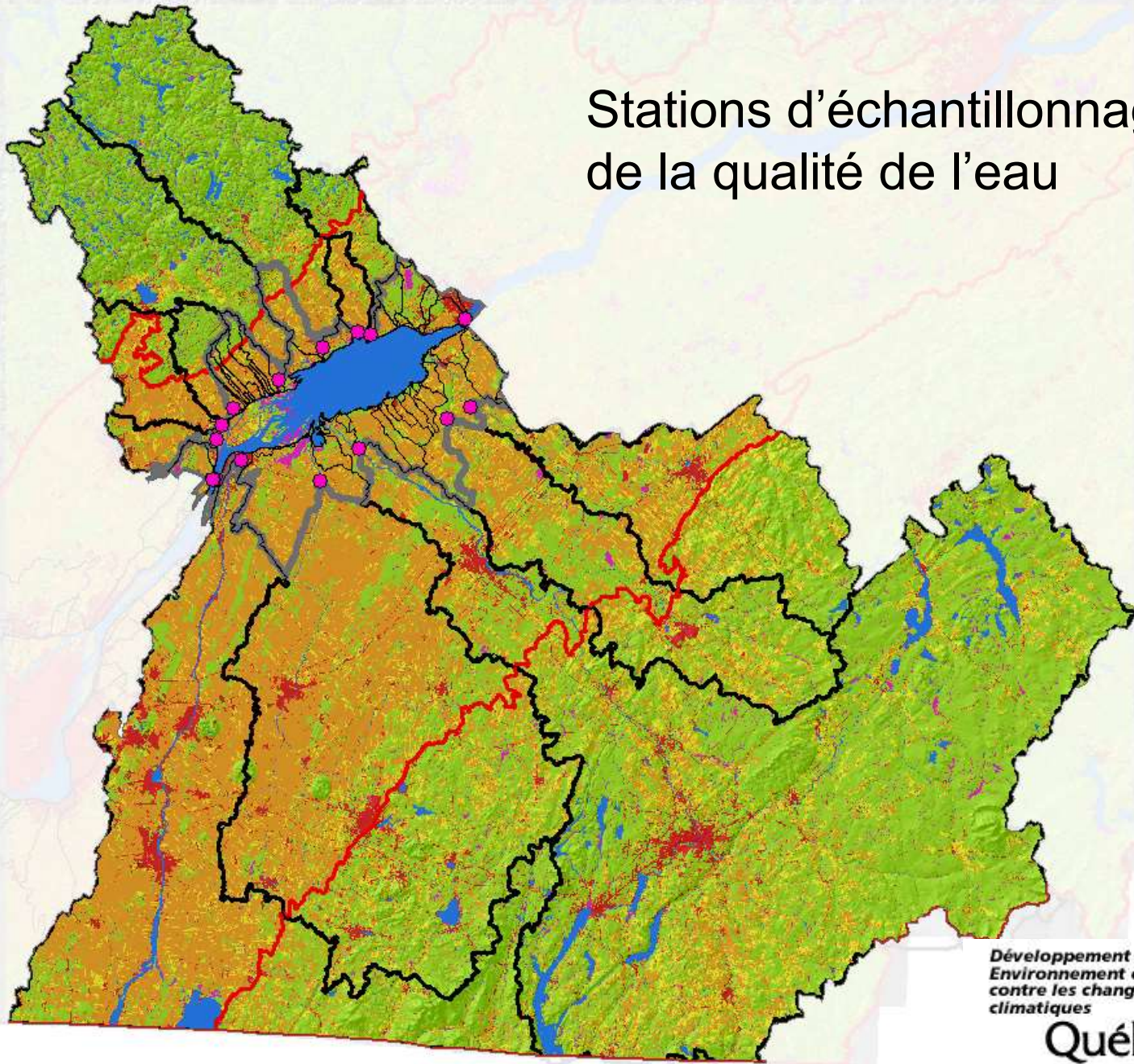
La qualité de l'eau



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau

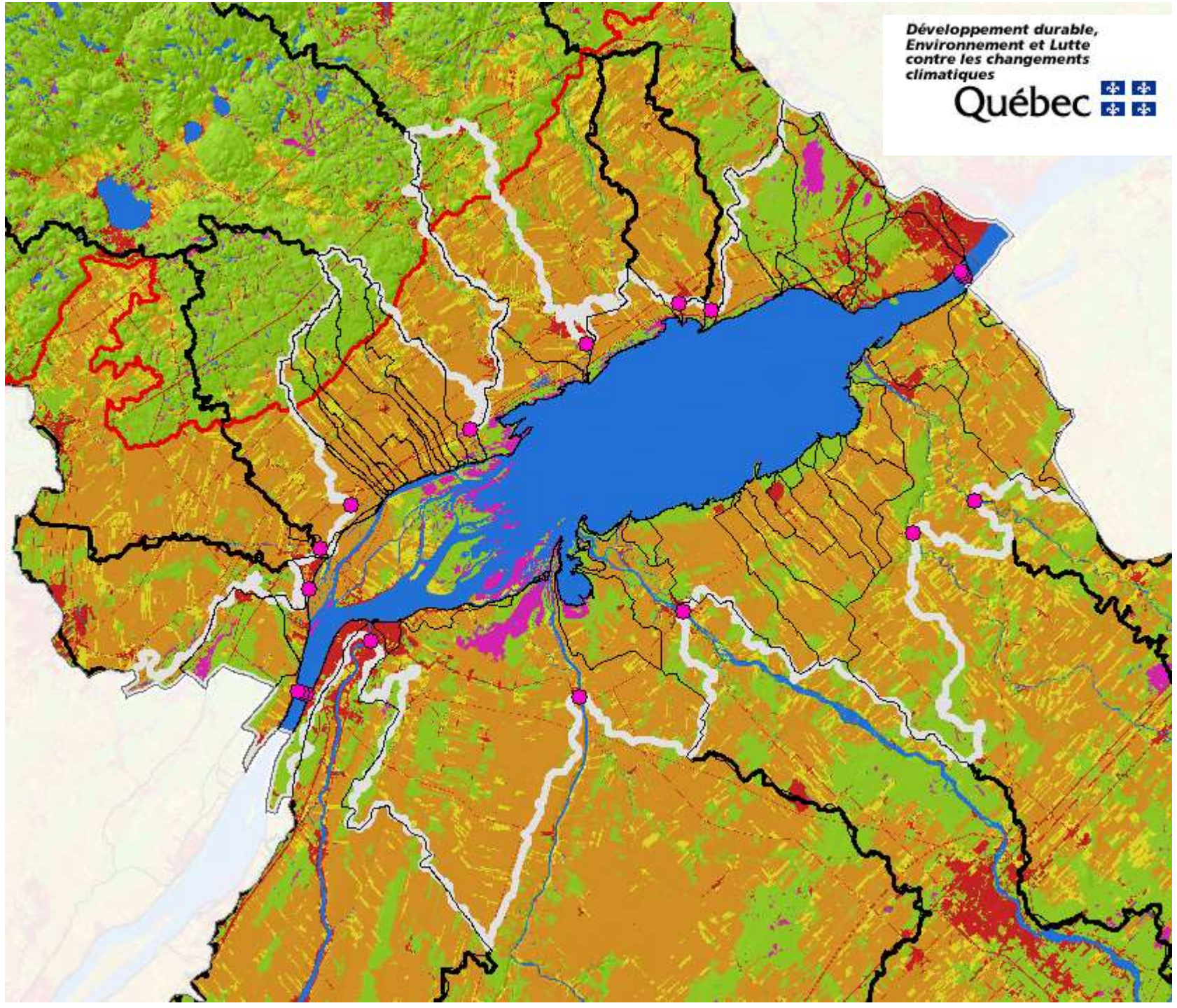


*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec 



Évolution des concentrations et des flux annuels de phosphore 1979-2014

Approche de régression pondérée prenant en compte la
tendance, le débit et la saisonnalité (WRTDS, Hirsch *et al.* 2010)

Données préliminaires

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

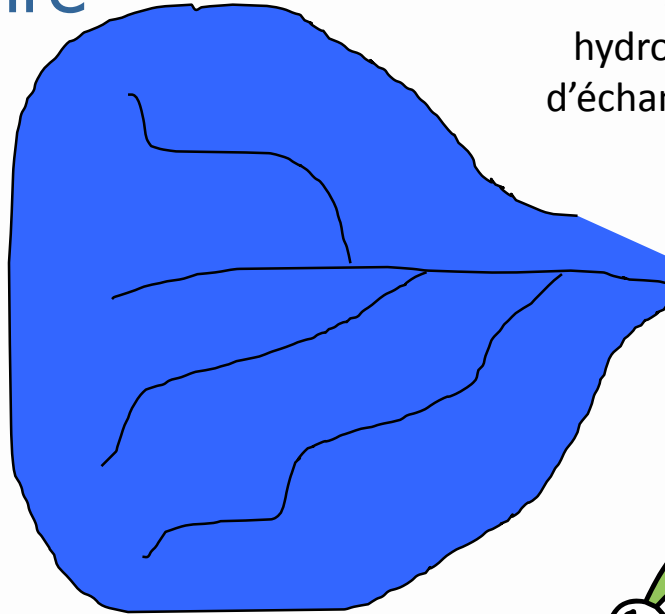
Québec 

Concentrations ou charges ?

- Selon l'objectif poursuivi, l'intérêt portera tantôt sur les concentrations, tantôt sur les charges ;
- Évolution des mesures annuelles vs évolution des mesures annuelles pondérées par le débit.

Pour comprendre l'impact sur l'écosystème d'un lac

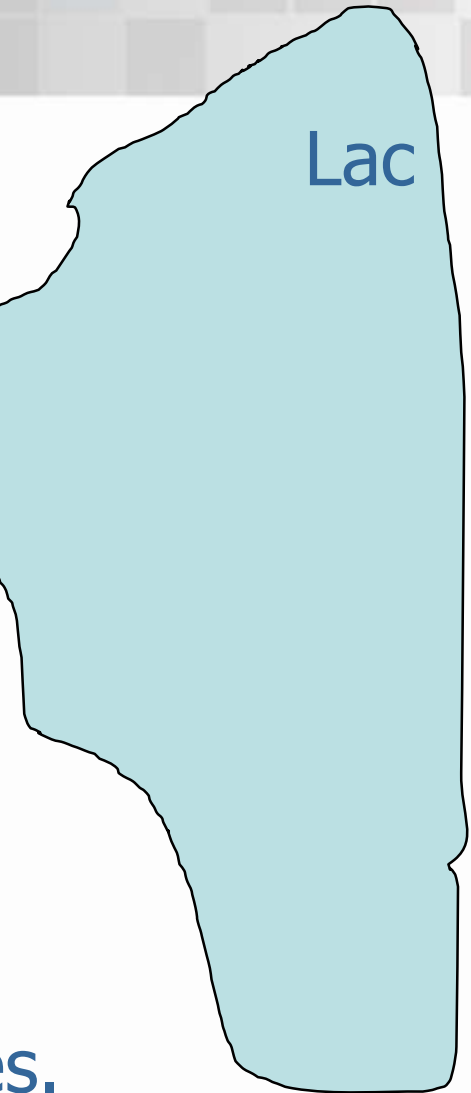
Tributaire



Station
hydrométrique et
d'échantillonnage de
l'eau



Lac



Nous examinons l'évolution des charges.

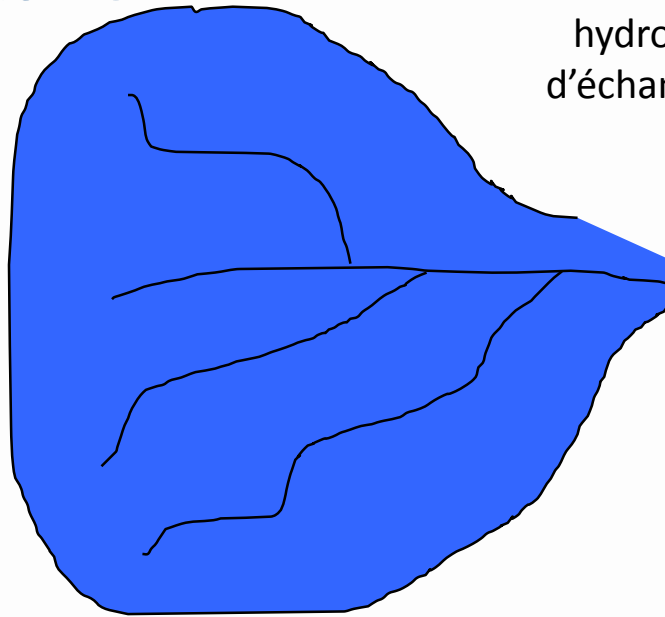
Adapté de Hirsch *et al.* (2010)

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

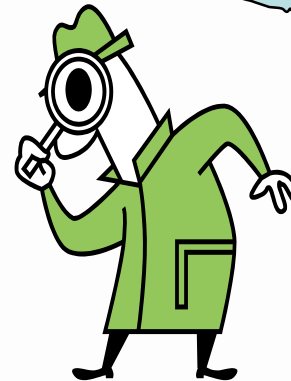
Québec 

Pour comprendre le progrès (tendance) dans la qualité de l'eau d'un tributaire

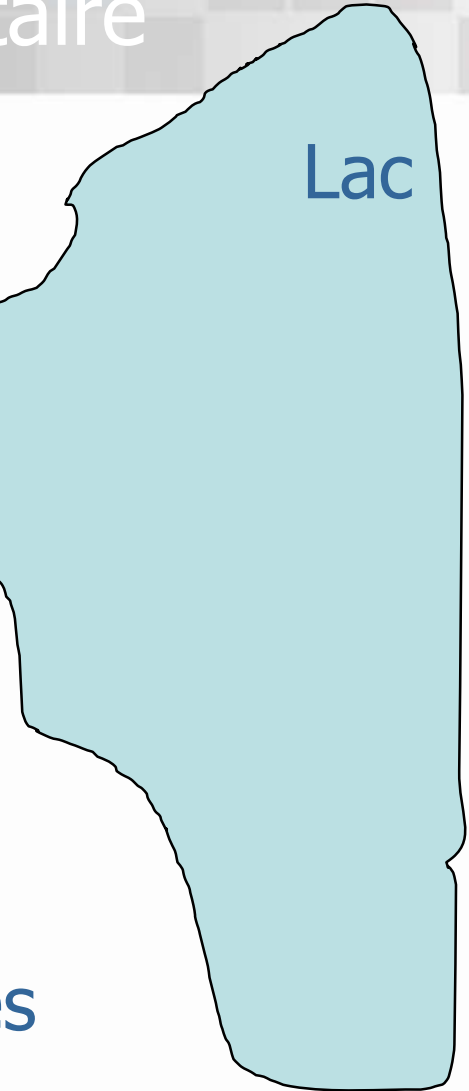
Tributaire



Station
hydrométrique et
d'échantillonnage de
l'eau



Lac



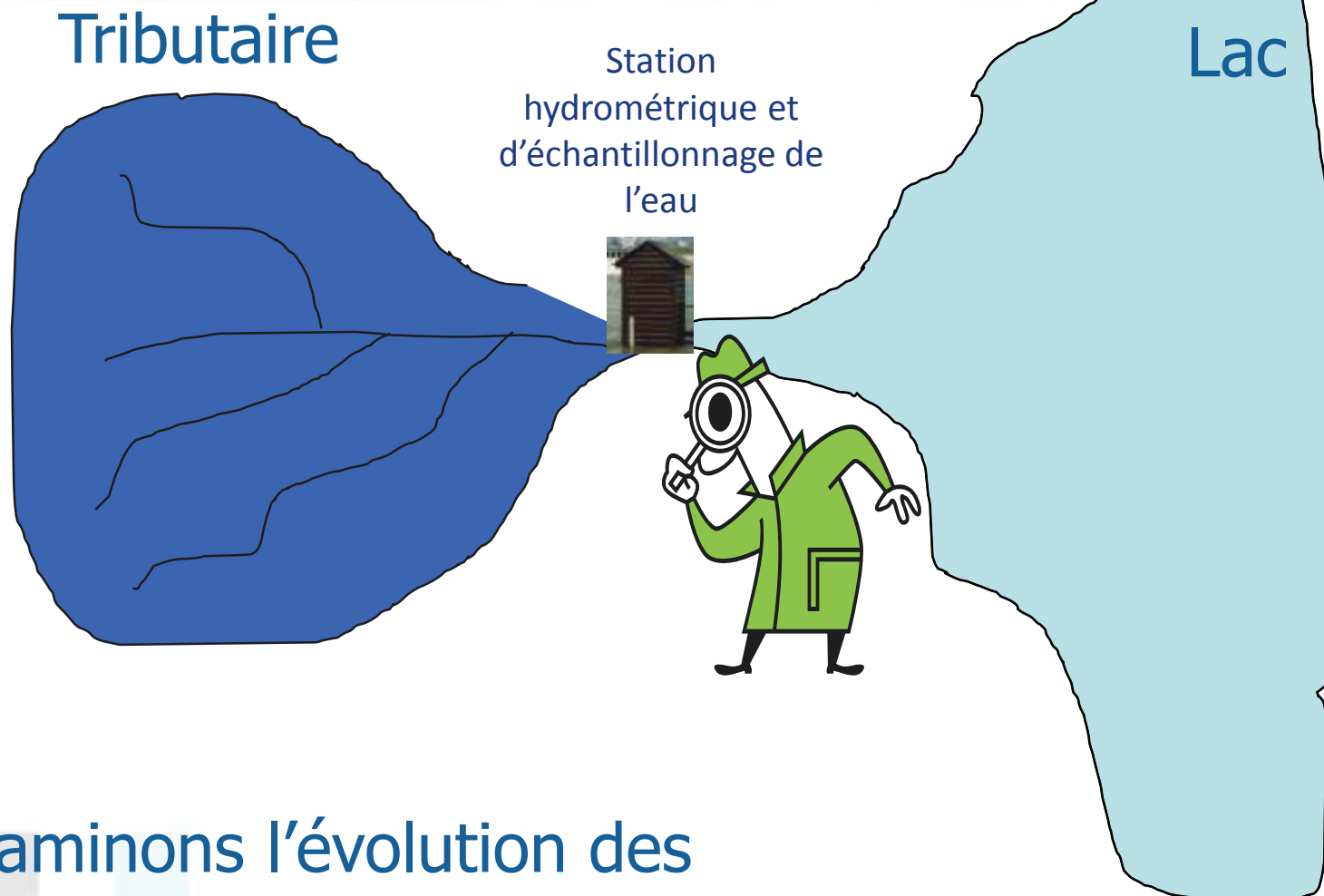
Nous examinons l'évolution des charges pondérées par le débit.

Adapté de Hirsch *et al.* (2010)

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec 

Pour comprendre les changements au niveau du tributaire



Nous examinons l'évolution des
concentrations.

Adapté de Hirsch *et al.* (2010)

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec 

L'évolution des concentrations moyennes annuelles

En général, les concentrations moyennes annuelles, actuelles ou pondérées par le débit, auront tendance à refléter les conditions durant les nombreux jours de débits faibles à modérés, et celles-ci sont fortement déterminées par les apports de sources ponctuelles et de la nappe phréatique.

... Une tendance dans l'évolution des concentrations moyennes annuelles pondérées par le débit reflète davantage une tendance dans les apports des sources ponctuelles ou de la nappe phréatique, ...
(tiré de Hirsch et al. 2010)

L' évolution des charges moyennes annuelles

À l'inverse, les valeurs moyennes annuelles de flux, actuelles ou pondérées par le débit, auront tendance à refléter les conditions durant les quelques jours de débits très élevés de l'année, et donc elles sont fortement déterminées par la contribution des sources diffuses liées au ruissellement de surface.

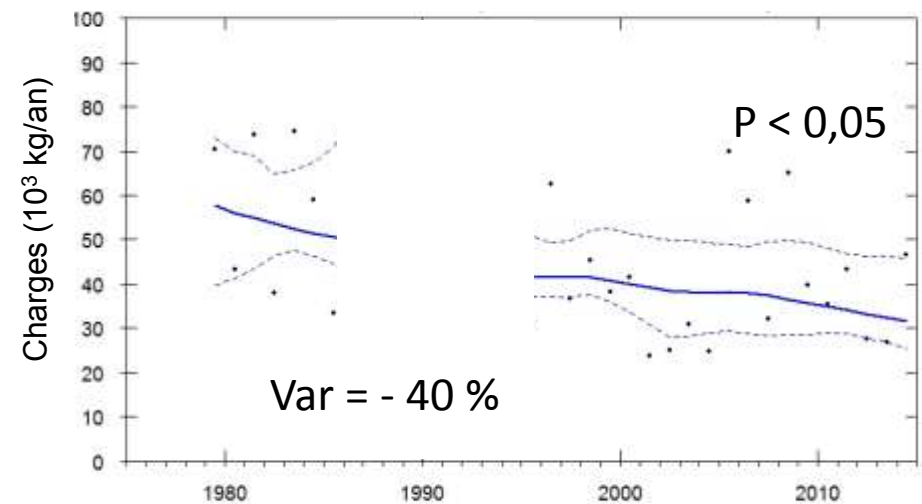
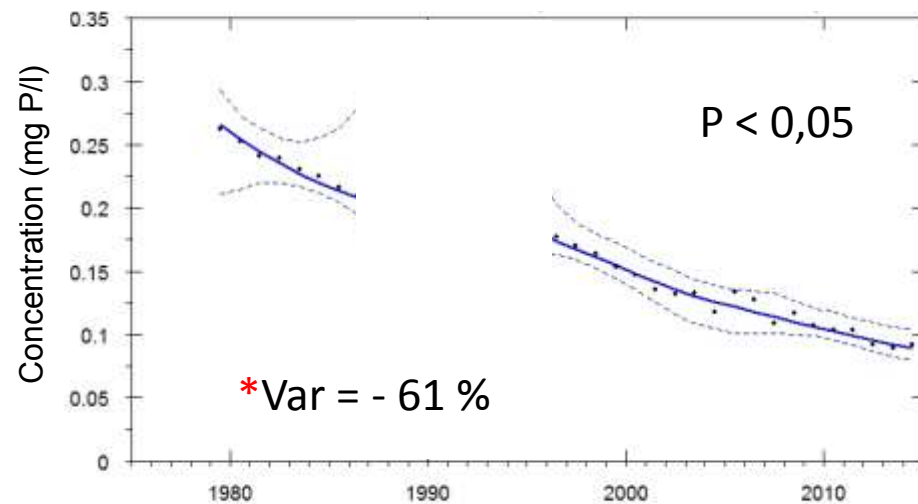
... Une tendance dans l'évolution des flux moyens annuels pondérés par le débit est plus représentative d'une tendance dans les apports de source diffuse.

(tiré de Hirsch et al. 2010)

Évolution des concentrations et des charges de P total
annuelles et pondérées par le débit de certains
tributaires du lac St-Pierre de 1979 à 2014

Rivière Bayonne 1979-2014

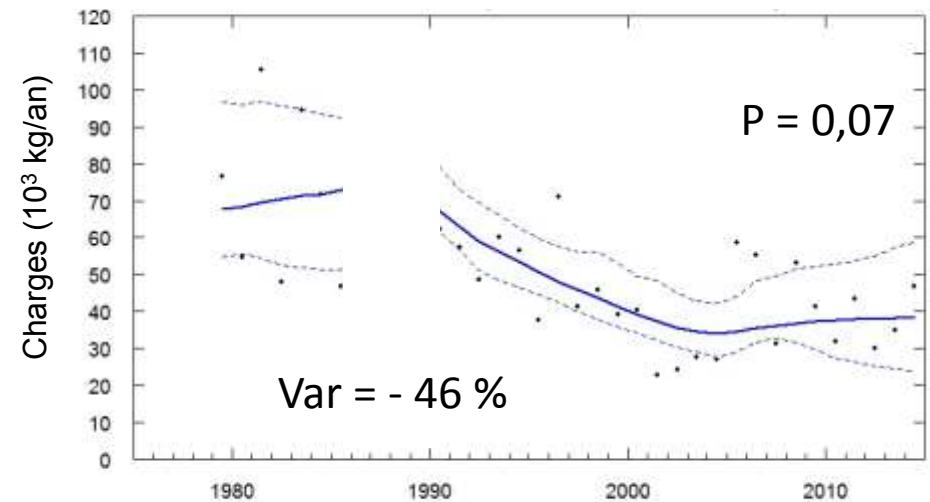
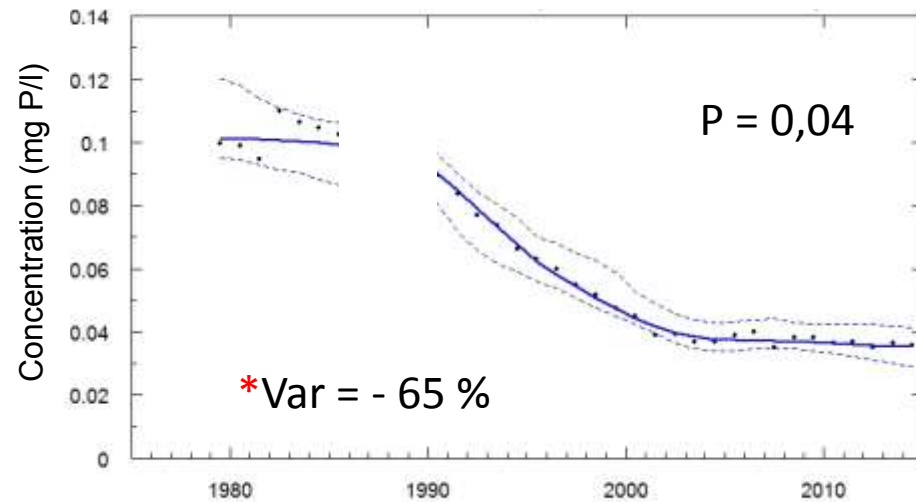
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Maskinongé 1979-2014

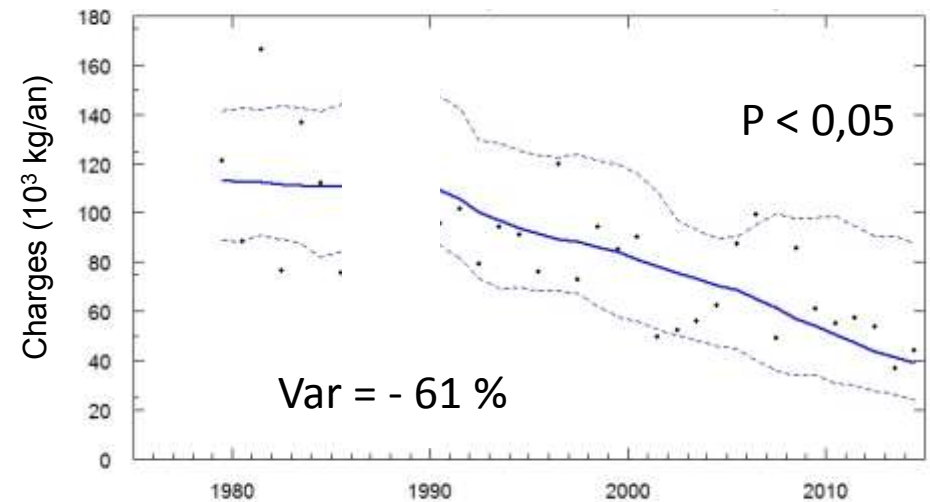
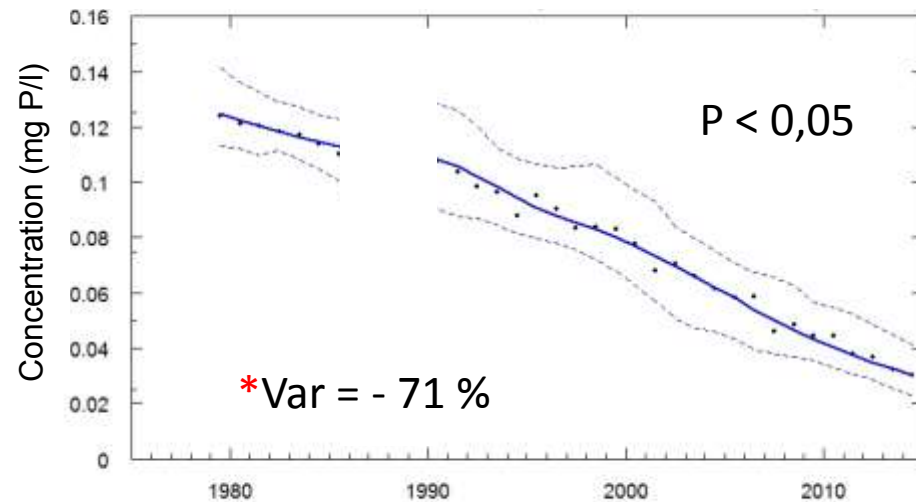
Évolution des concentrations et des charges annuelles de phosphore total estimées (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière du Loup 1979-2014

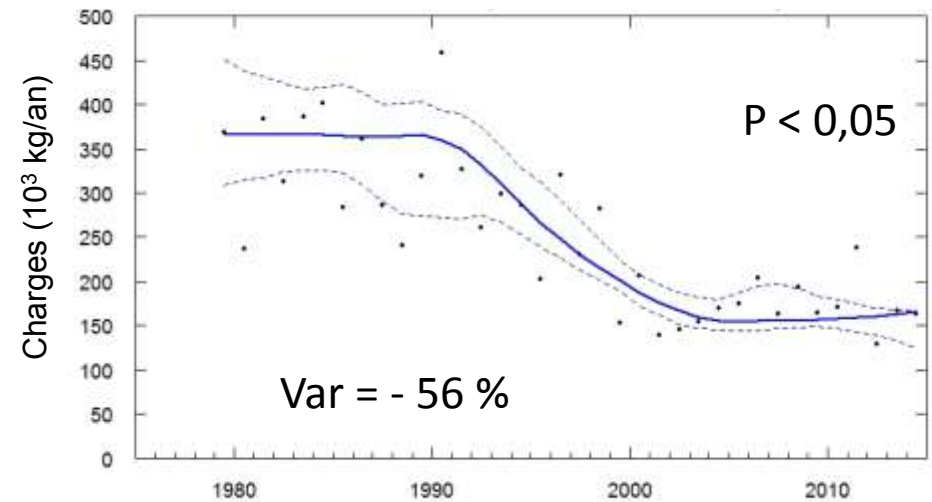
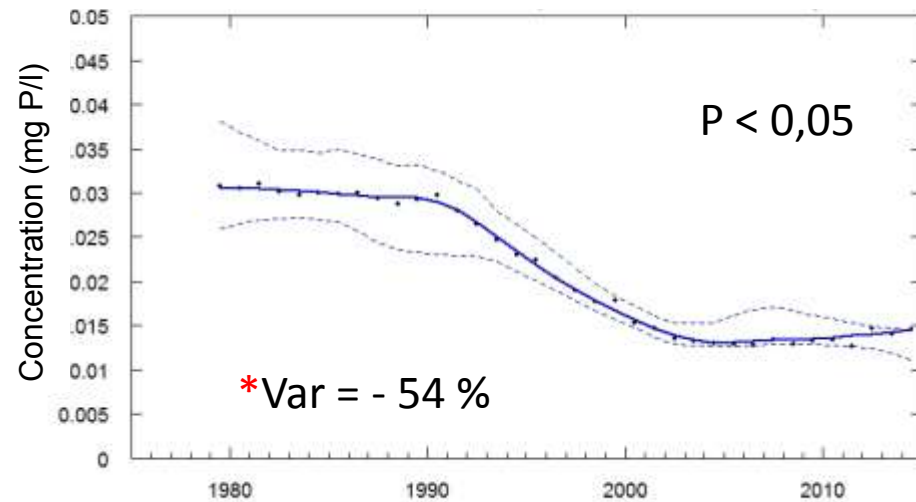
Évolution des concentrations et des charges annuelles de phosphore total estimées (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Lacolle 1979-2014

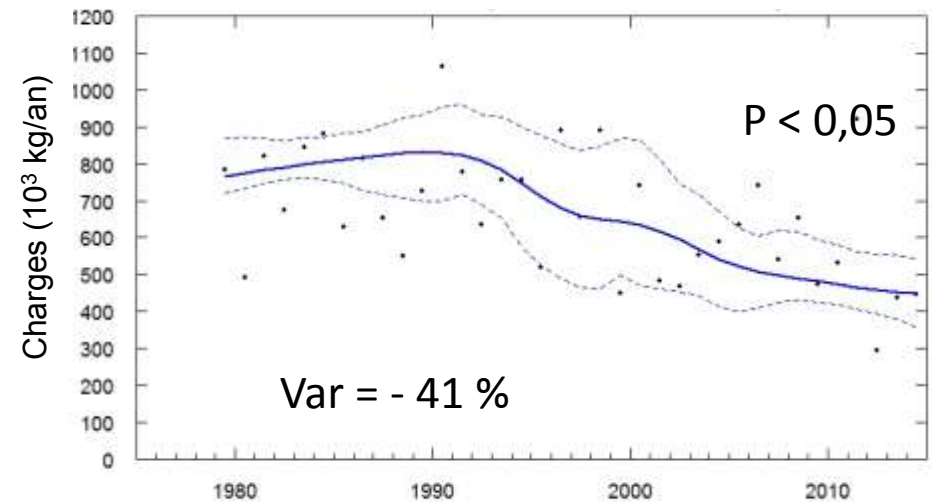
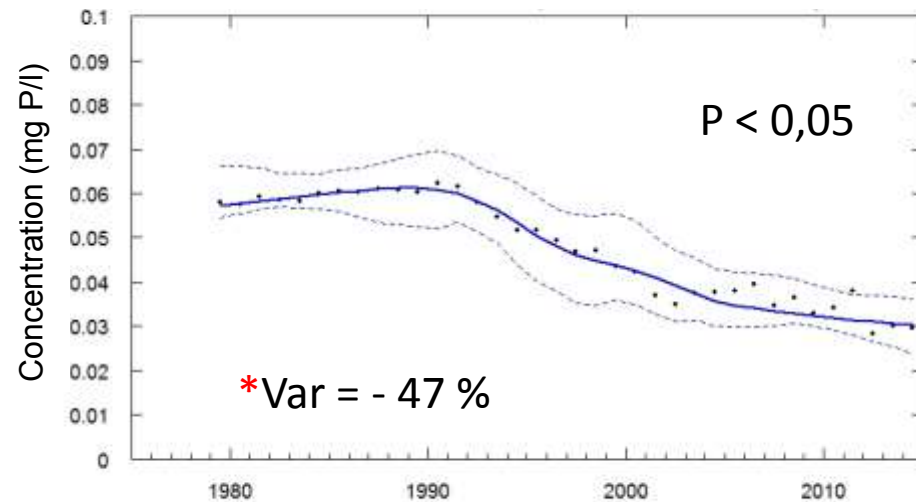
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Sorel 1979-2014

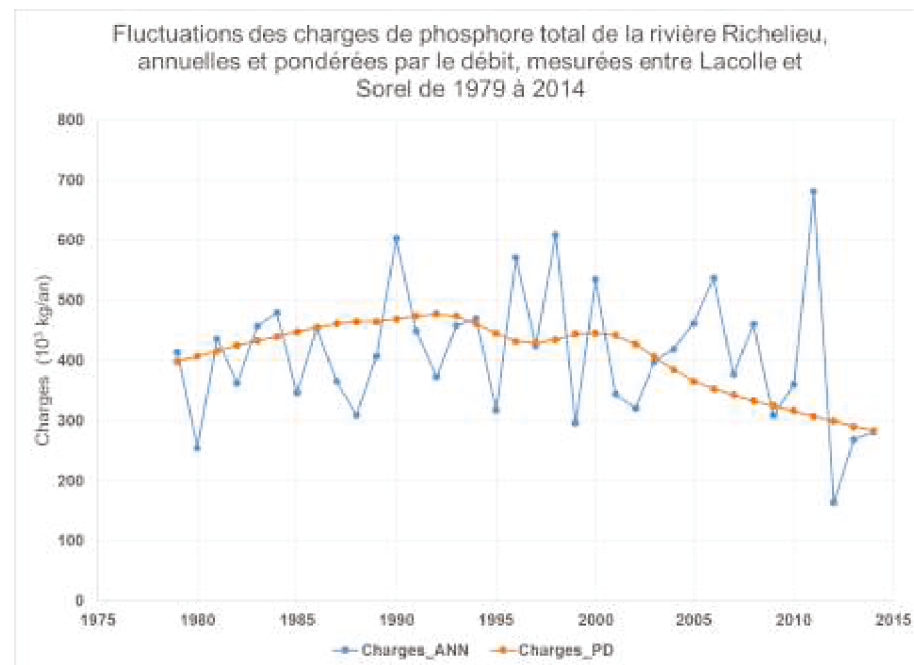
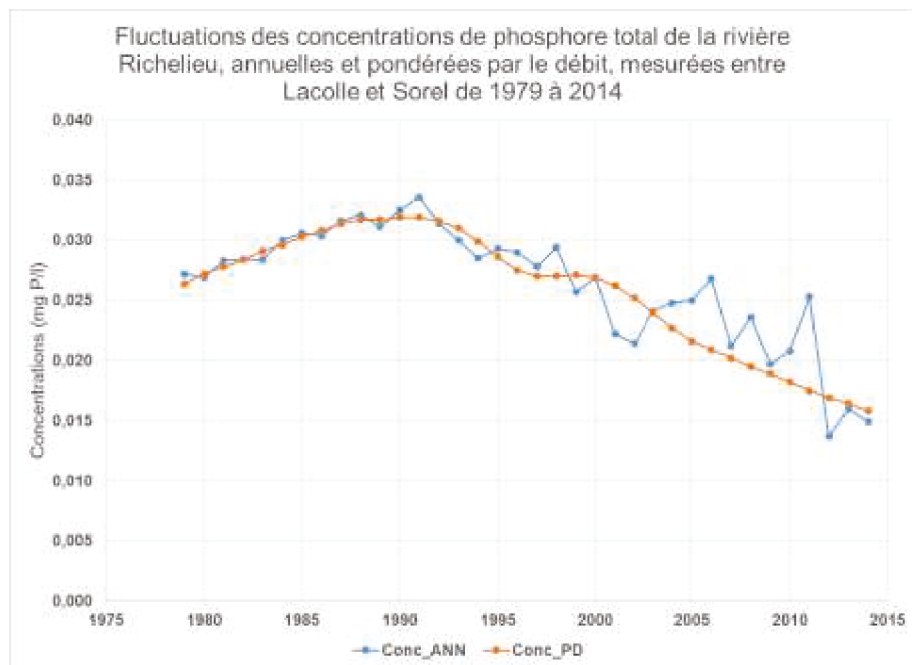
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

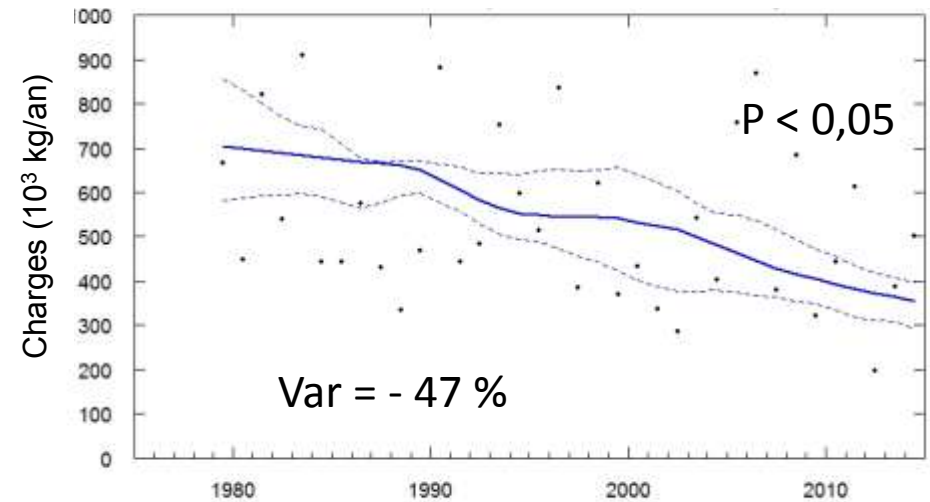
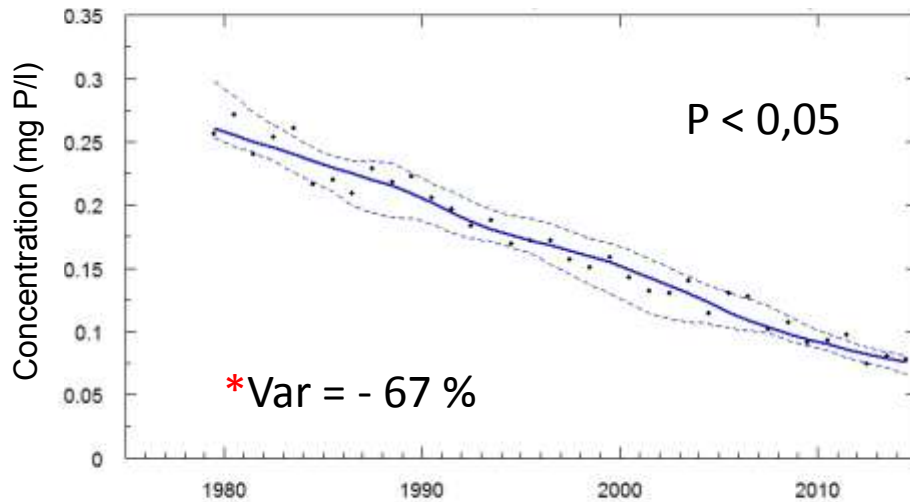
Rivière Richelieu, écart Lacolle-Sorel

1979-2014



Rivière Yamaska 1979-2014

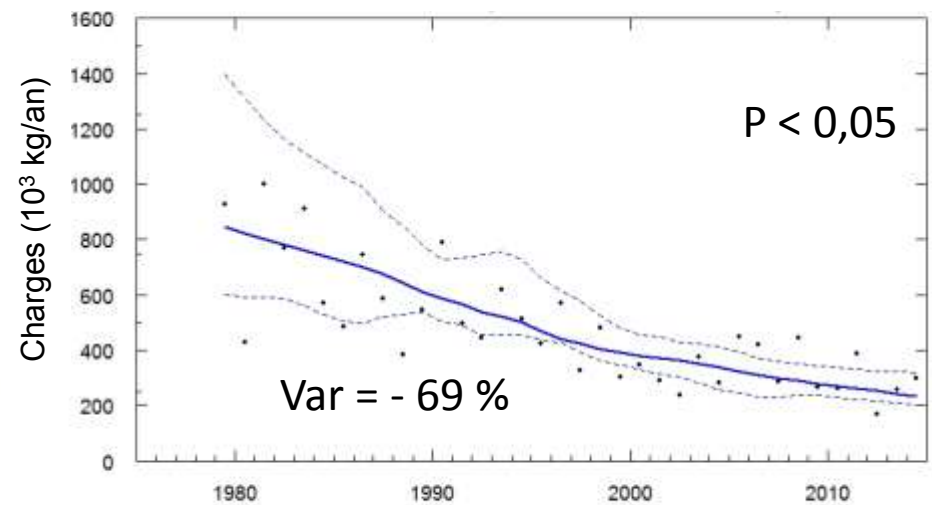
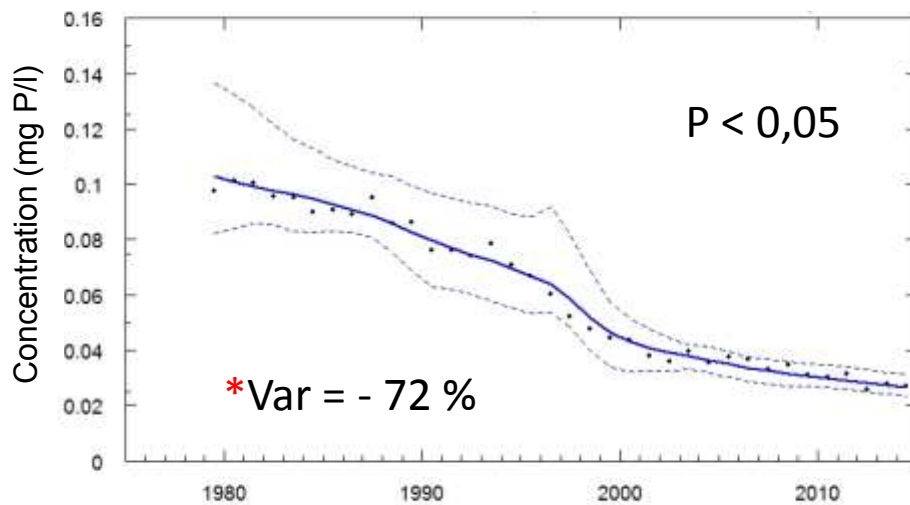
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Saint-François 1979-2014

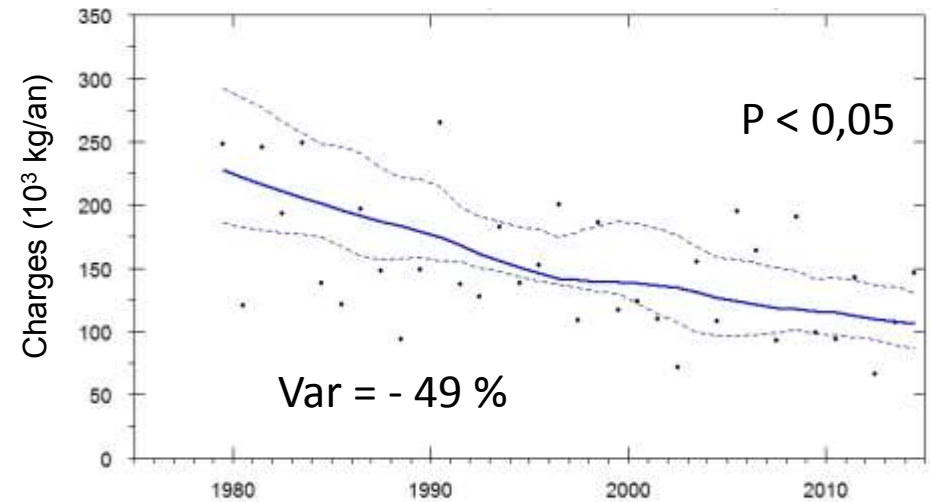
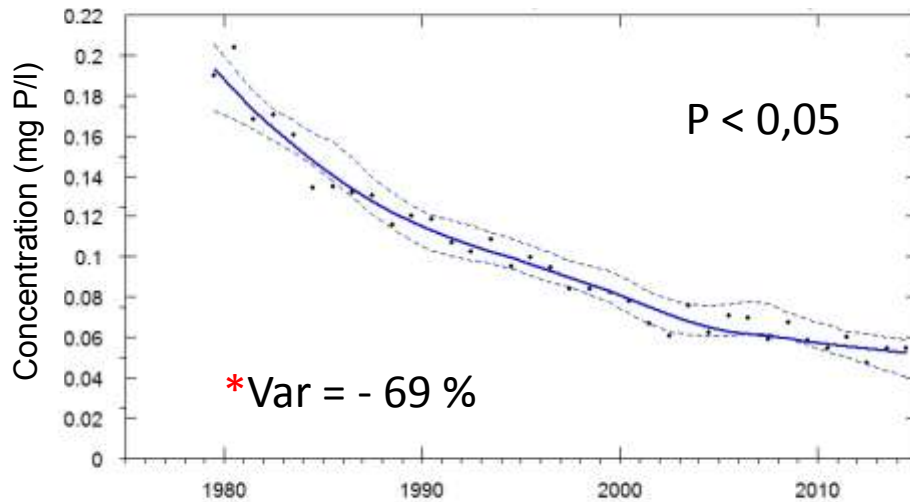
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet Sud-Ouest 1979-2014

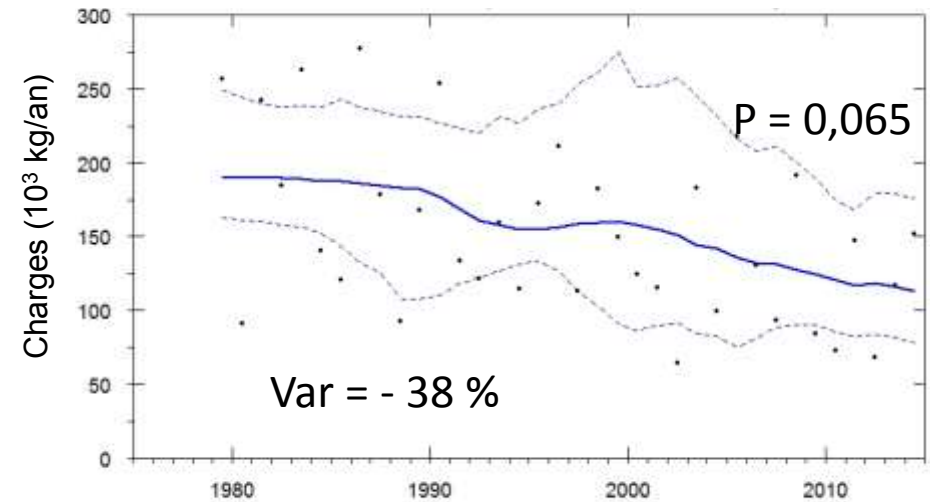
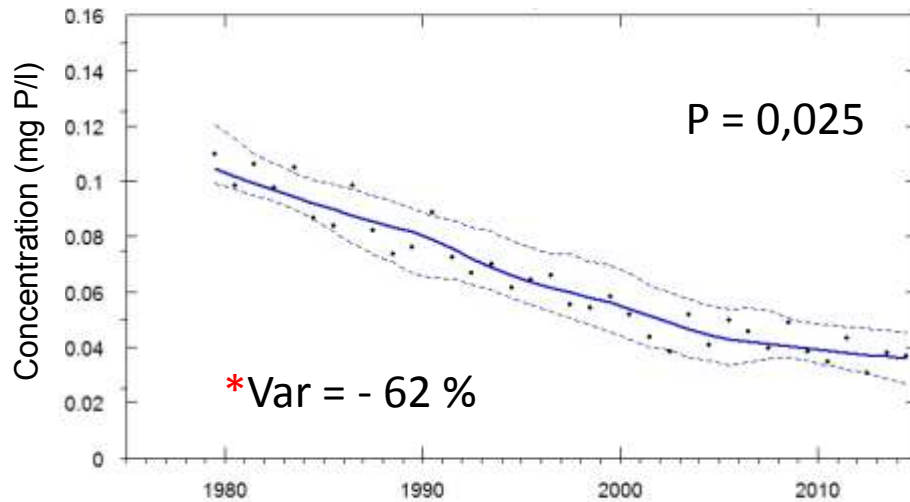
Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet 1979-2014

Évolution des concentrations et des charges de phosphore total annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Tendances - Résumé

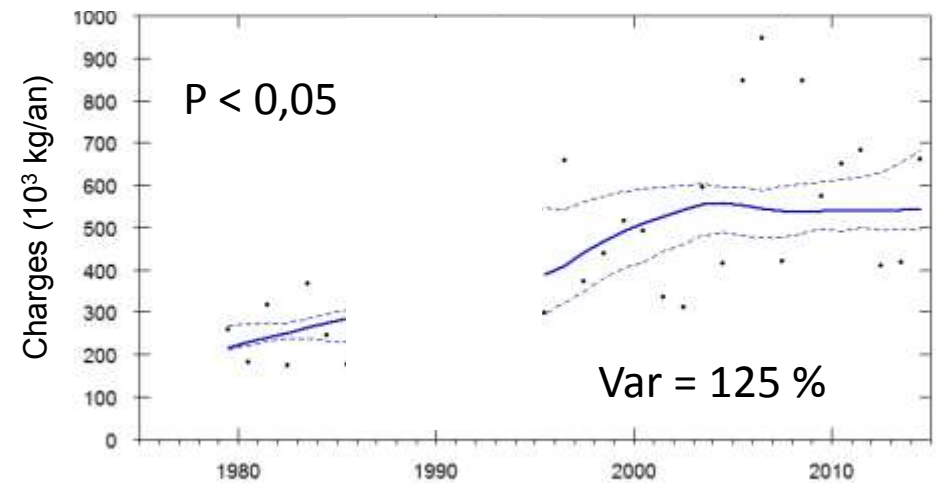
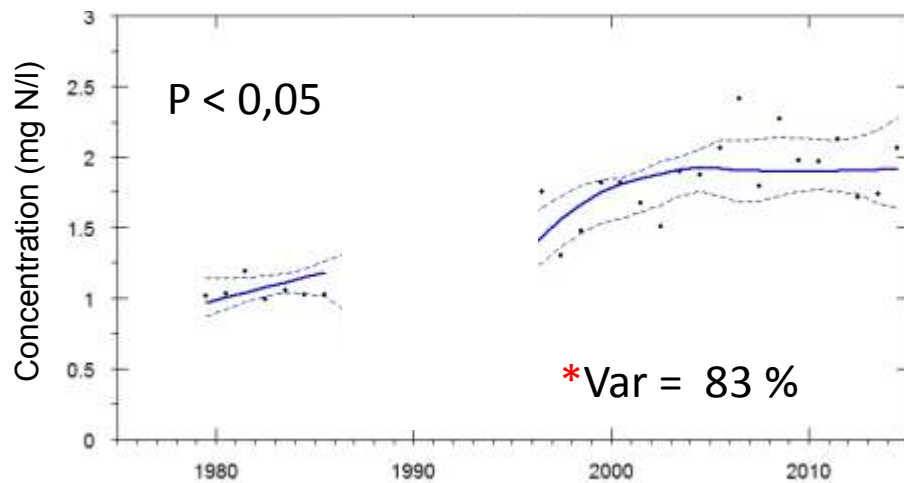
Rivière	Tendances Phosphore total			
	Concentrations		Charges	
	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT
Bayonne	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP
Maskinongé	P = 0,04	HP	P = 0,07	HP
du Loup	P < 0,05	HP	P < 0,05	P
Richelieu	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP
Yamaska	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP
St-François	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP
Nicolet Sud-Ouest	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP
Nicolet	P = 0,025	HP	P = 0,065	HP
	Baisse			
	Hausse			
Probabilité	CODES	Description		
≥ 0,95 à ≤ 1,00	HP	hautement probable		
≥ 0,90 à < 0,95	TP	très probable		
≥ 0,66 à < 0,90	P	probable		
> 0,33 à < 0,66	API	aussi probable qu'improbable		
> 0,10 à ≤ 0,33	I	improbable		
> 0,05 à ≤ 0,10	TI	très improbable		
≥ 0 à ≤ 0,05	HI	hautement improbable		

Test WRTDS Bootstrap (Hirsch et al. 2015)

Évolution des concentrations et des charges de nitrates, annuelles et pondérées par le débit, de certains tributaires du lac St-Pierre de 1979 à 2014

Rivière Bayonne 1979-2014

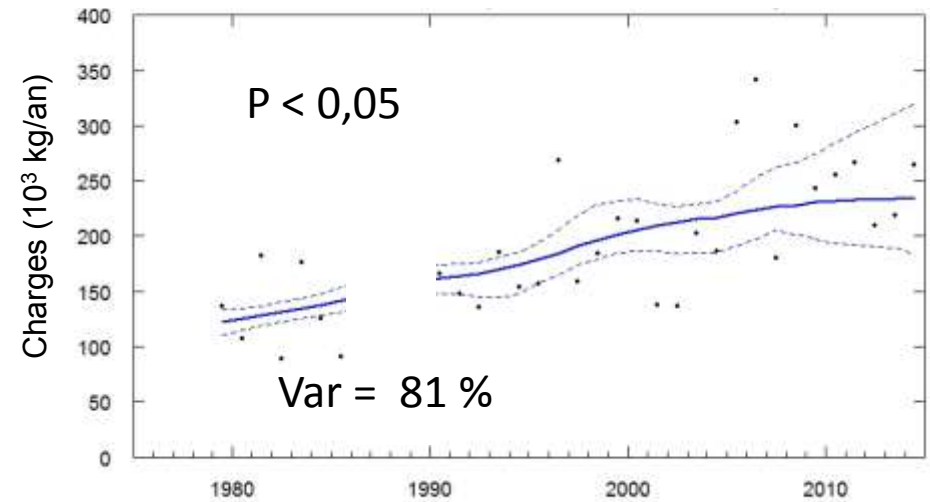
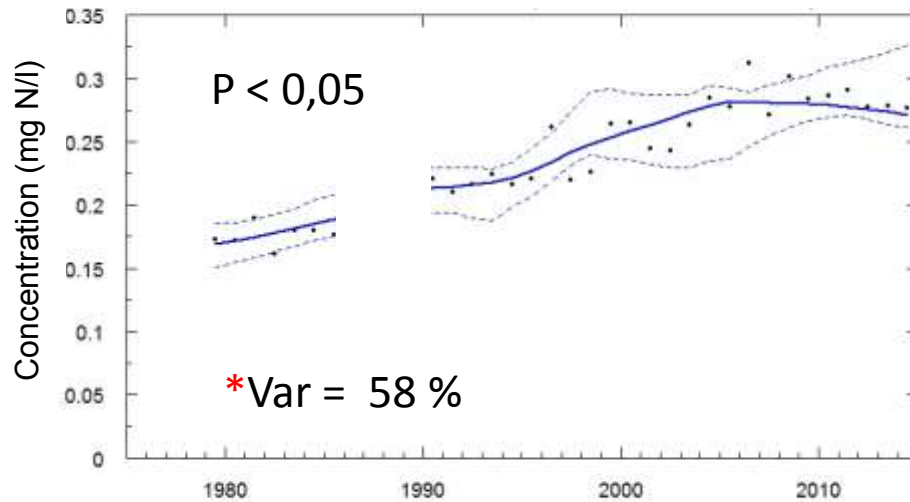
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Maskinongé 1979-2014

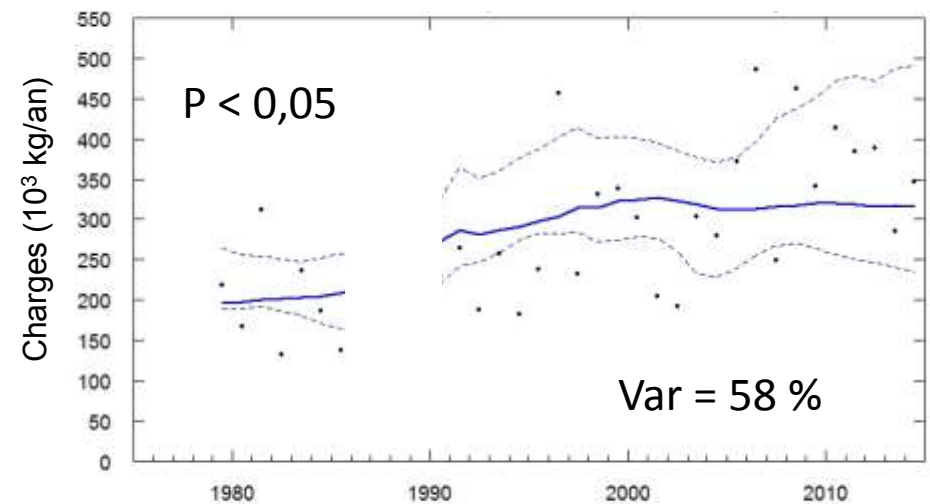
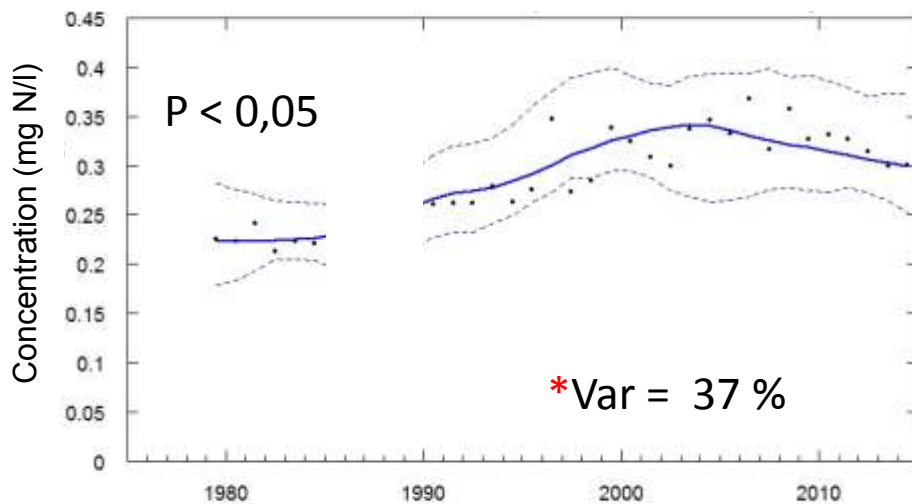
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière du Loup 1979-2014

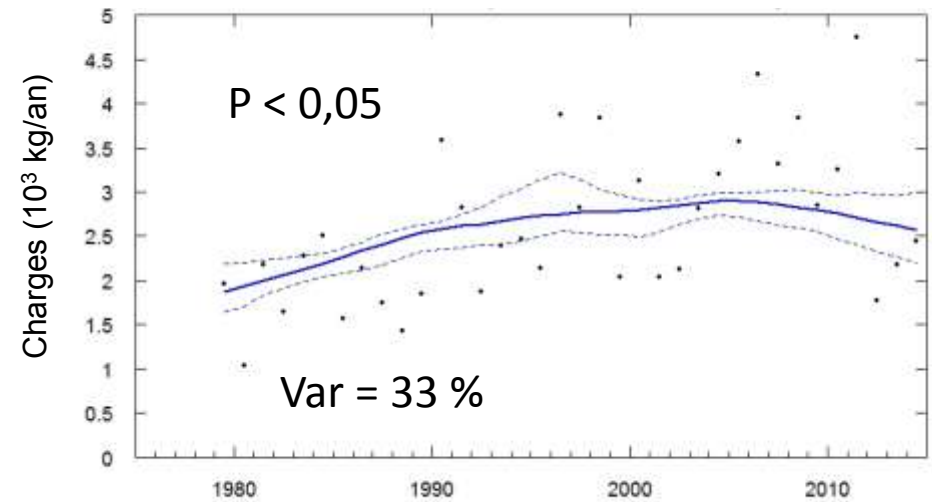
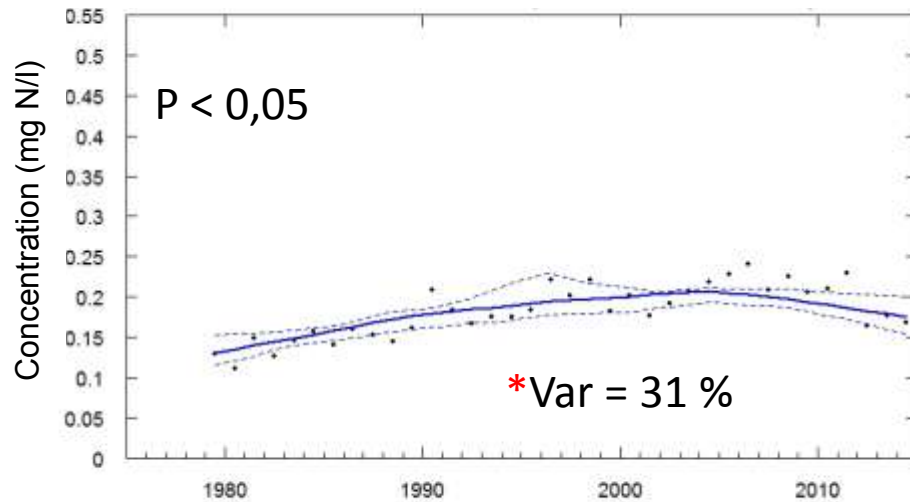
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Lacolle 1979-2014

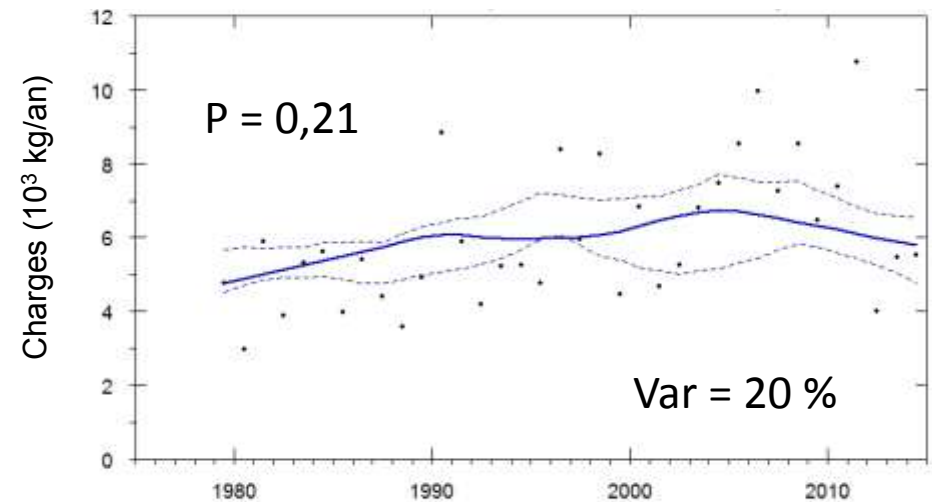
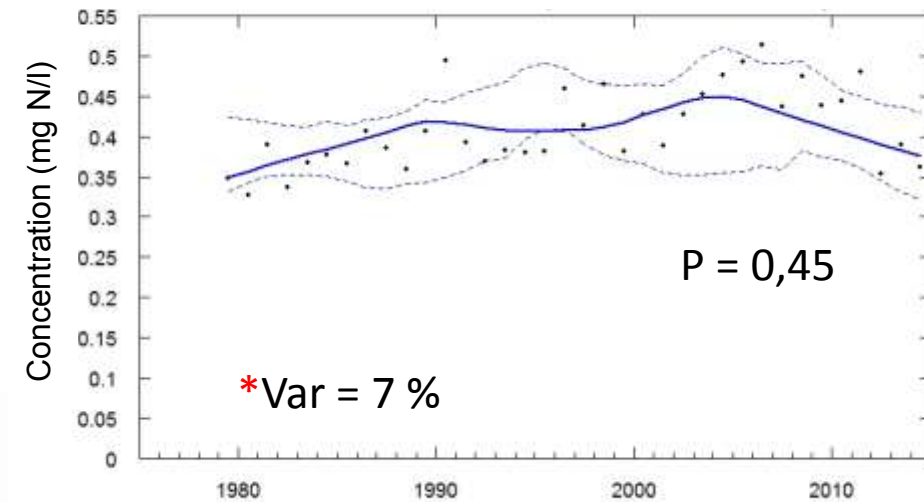
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Sorel 1979-2014

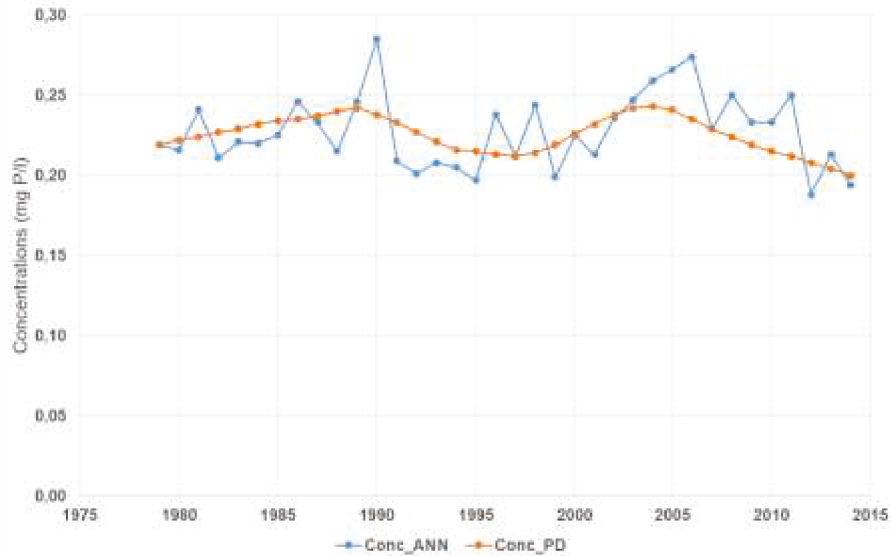
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



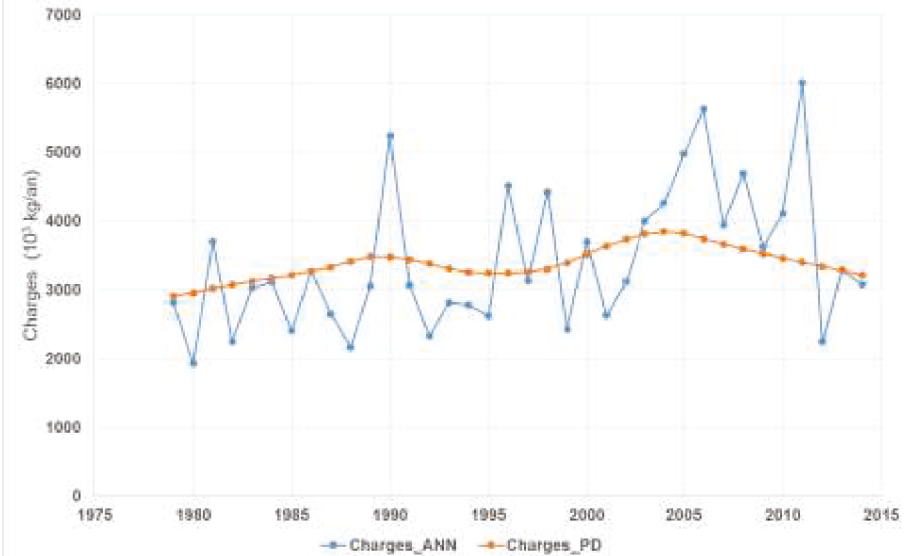
* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, écart Lacolle-Sorel 1979-2014

Fluctuations des concentrations de nitrates de la rivière Richelieu, annuelles et pondérées par le débit, mesurées entre Lacolle et Sorel de 1979 à 2014

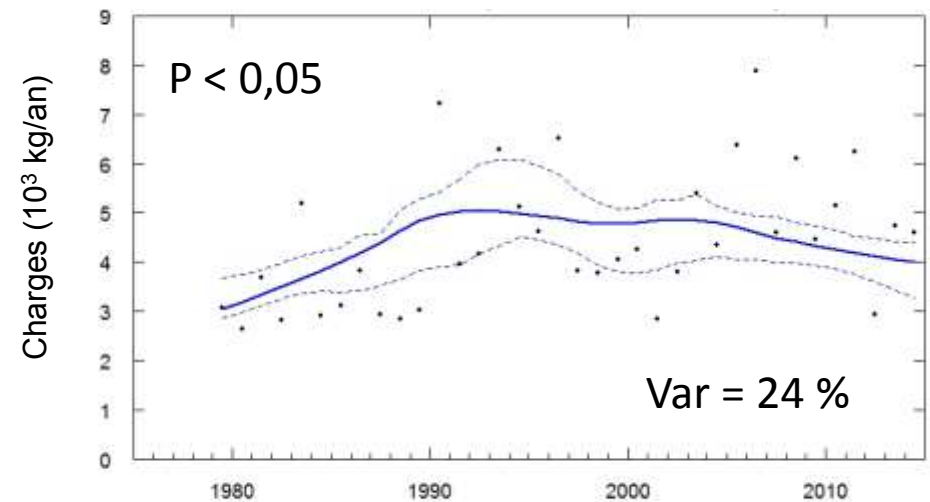
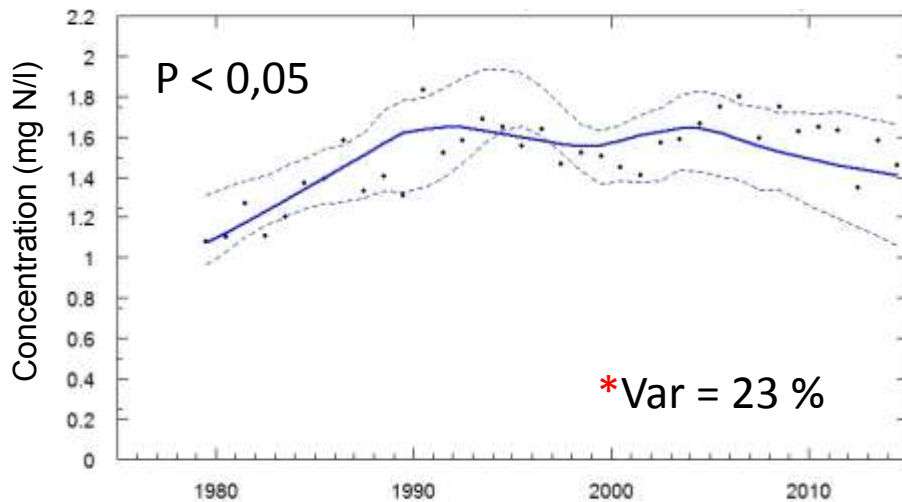


Fluctuations des charges de nitrates de la rivière Richelieu, annuelles et pondérées par le débit, mesurées entre Lacolle et Sorel de 1979 à 2014



Rivière Yamaska 1979-2014

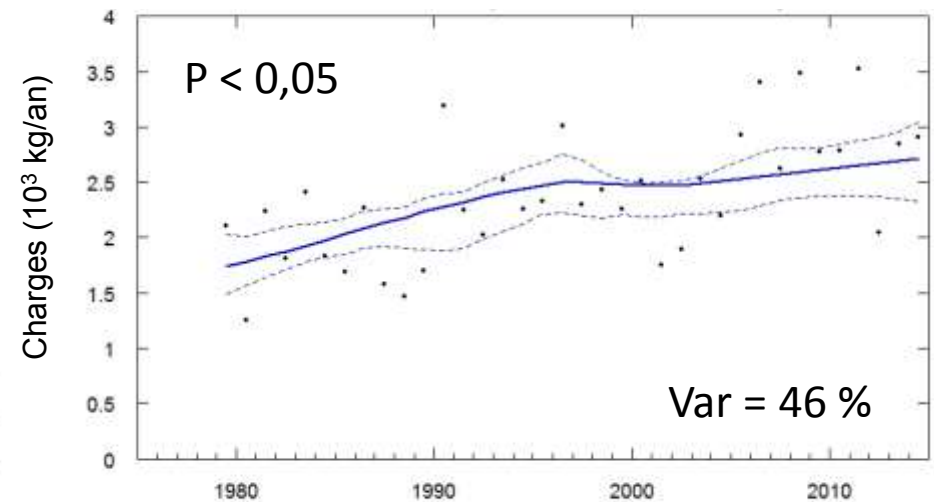
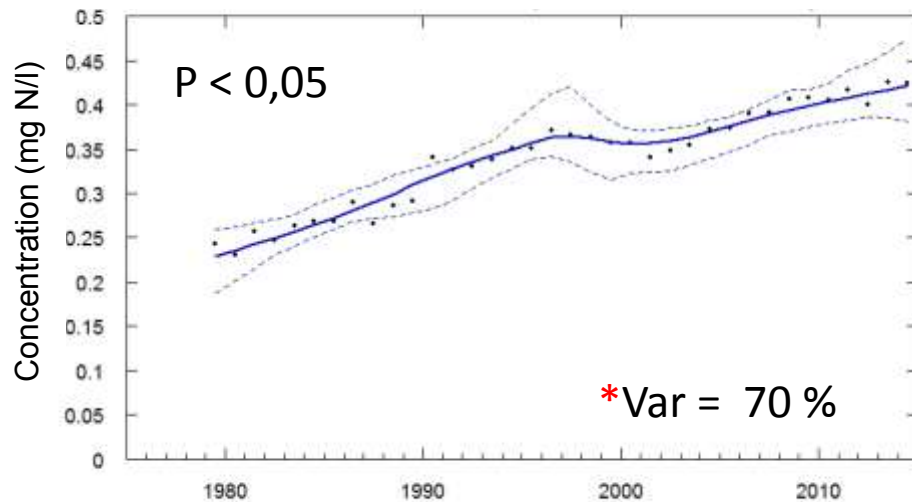
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Saint-François 1979-2014

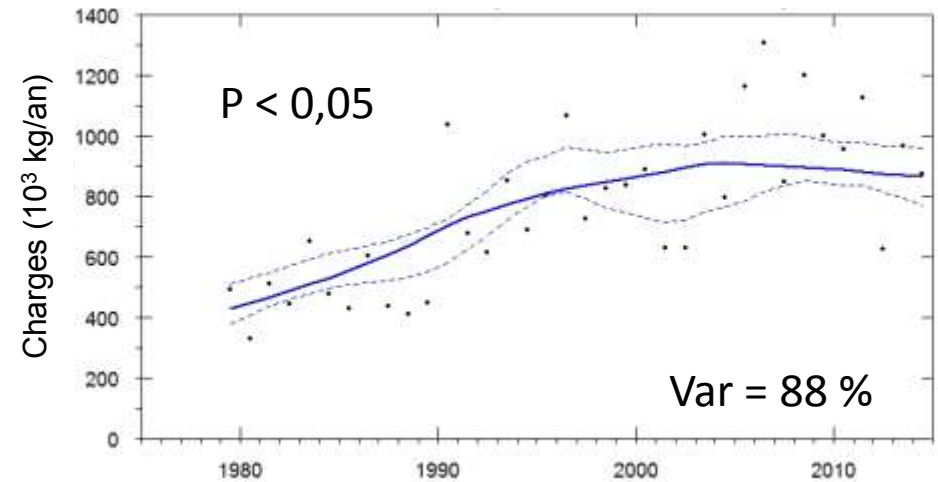
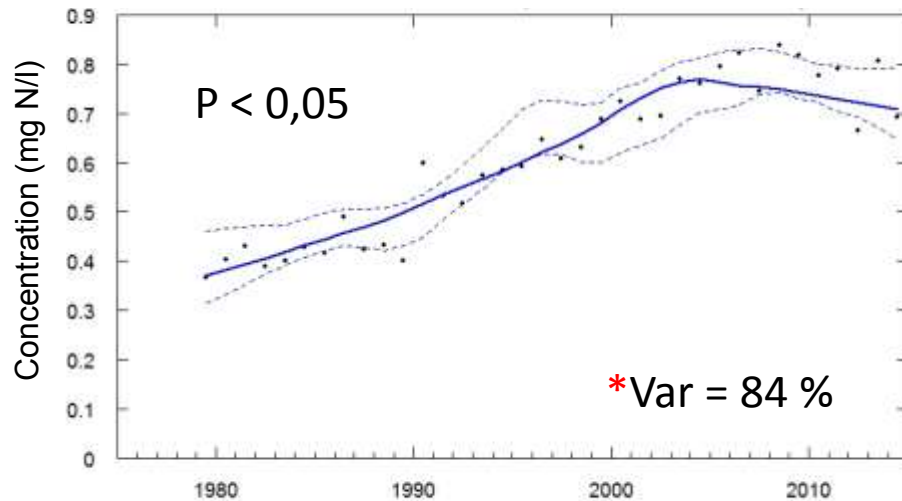
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet Sud-Ouest 1979-2014

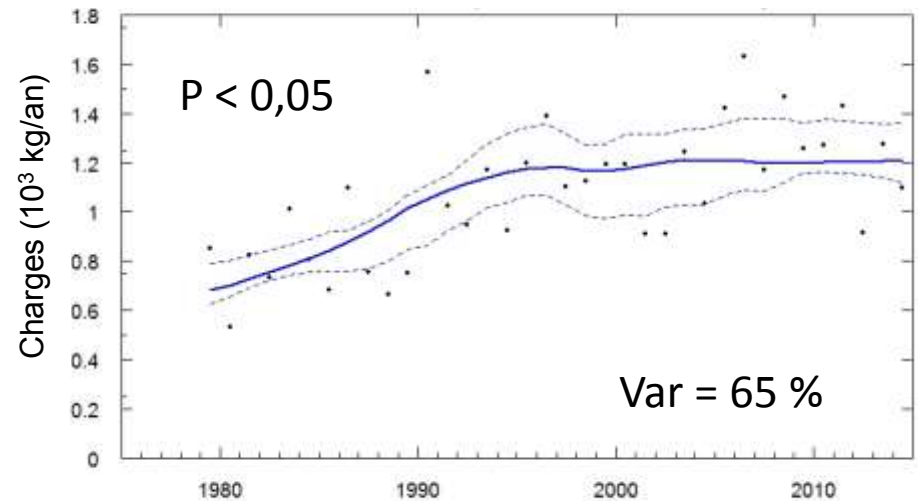
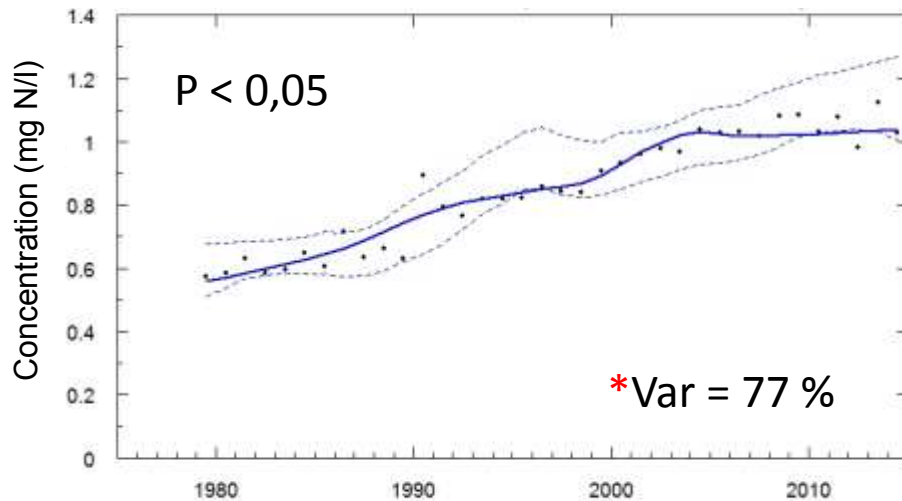
Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet 1979-2014

Évolution des concentrations et des charges de nitrates annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Tendances - Résumé

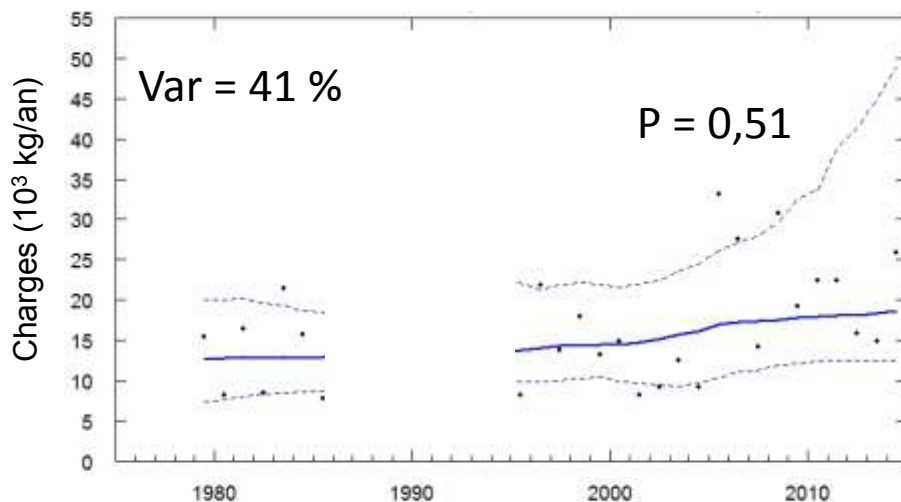
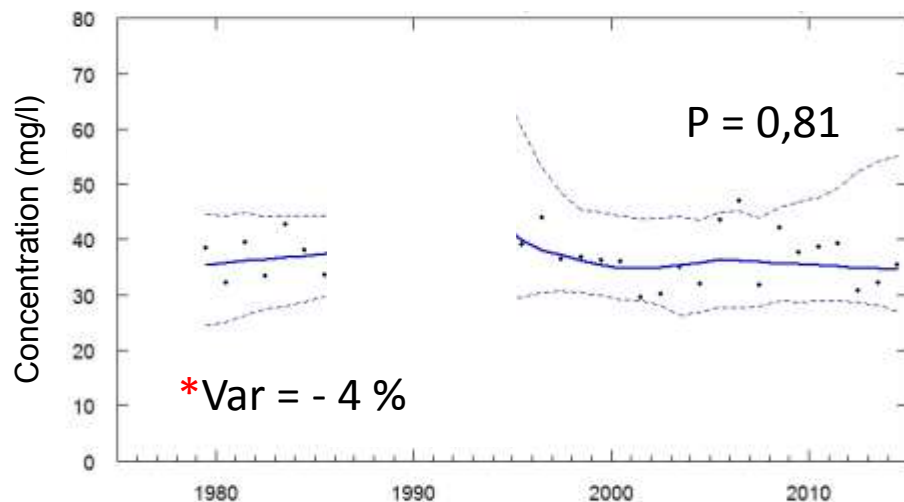
	Tendances Nitrates-nitrites			
Rivière	Concentrations		Charges	
	$H_0: T = 0$	WBT	$H_0: T = 0$	WBT
Bayonne	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
Maskinongé	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
du Loup	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
Richelieu	$P = 0,45$	P	$P = 0,21$	P
Yamaska	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
St-François	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
Nicolet Sud-Ouest	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
Nicolet	$P < 0,05$	HP	$P < 0,05$	HP
	Baisse			
	Hausse			
Probabilité	CODES		Description	
$\geq 0,95$ à $\leq 1,00$	HP		hautement probable	
$\geq 0,90$ à $< 0,95$	TP		très probable	
$\geq 0,66$ à $< 0,90$	P		probable	
$> 0,33$ à $< 0,66$	API		aussi probable qu'improbable	
$> 0,10$ à $\leq 0,33$	I		improbable	
$> 0,05$ à $\leq 0,10$	TI		très improbable	
≥ 0 à $\leq 0,05$	HI		hautement improbable	

Test WRTDS Bootstrap (Hirsch et al. 2015)

Évolution des concentrations et des charges de MES,
annuelles et pondérées par le débit, de certains
tributaires du lac St-Pierre de 1979 à 2014

Rivière Bayonne 1979-2014

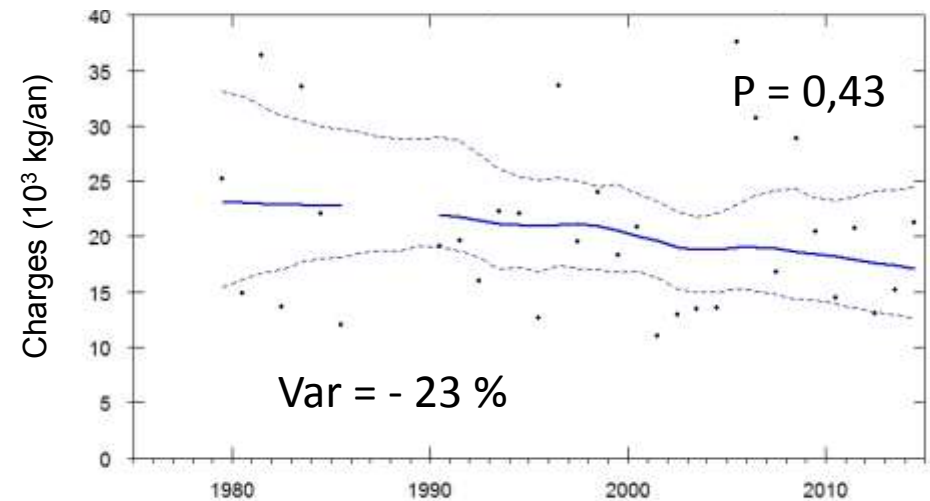
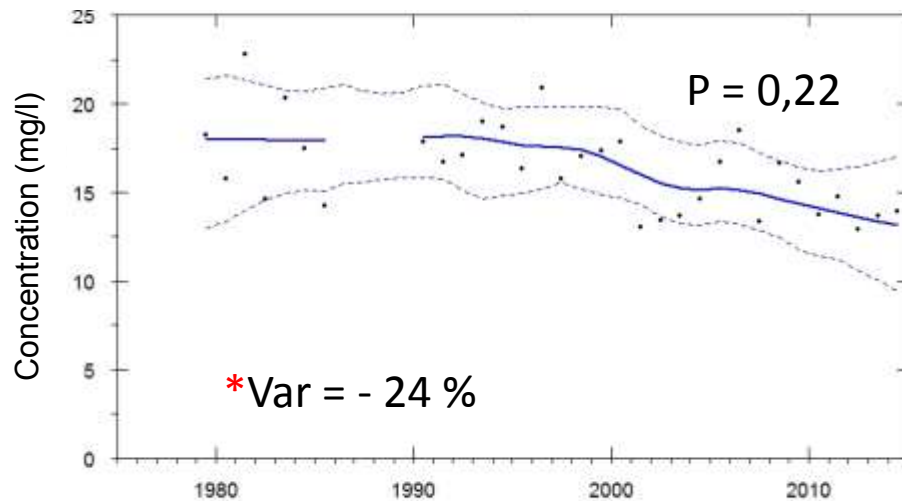
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Maskinongé 1979-2014

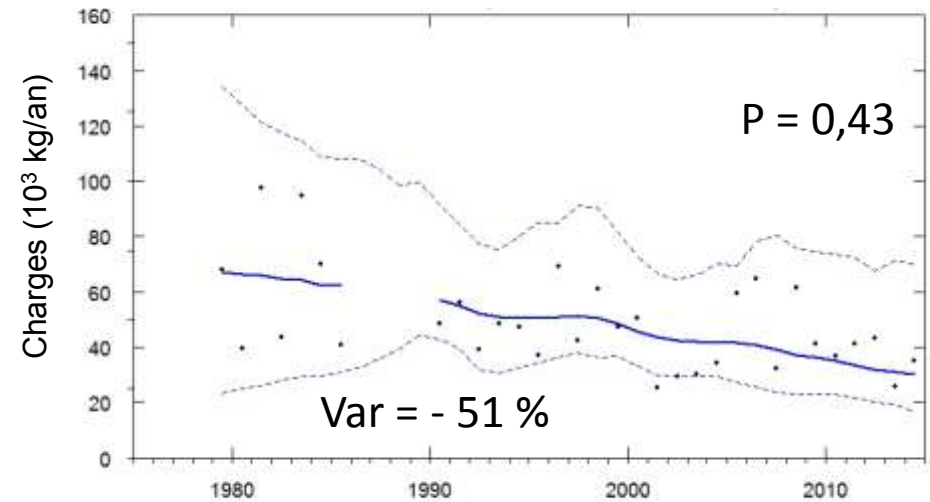
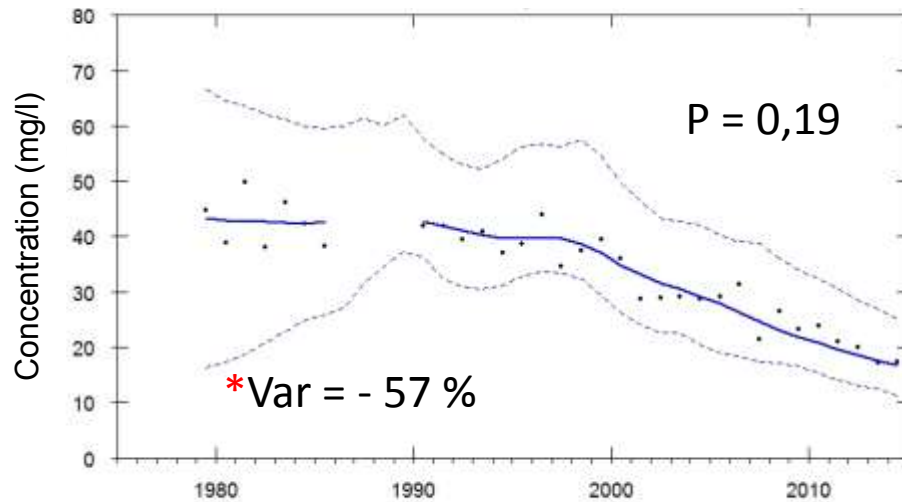
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière du Loup 1979-2014

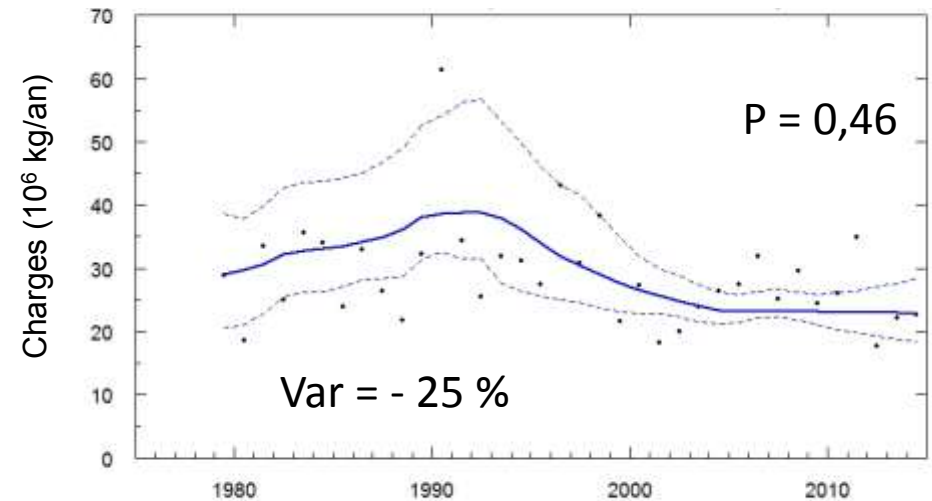
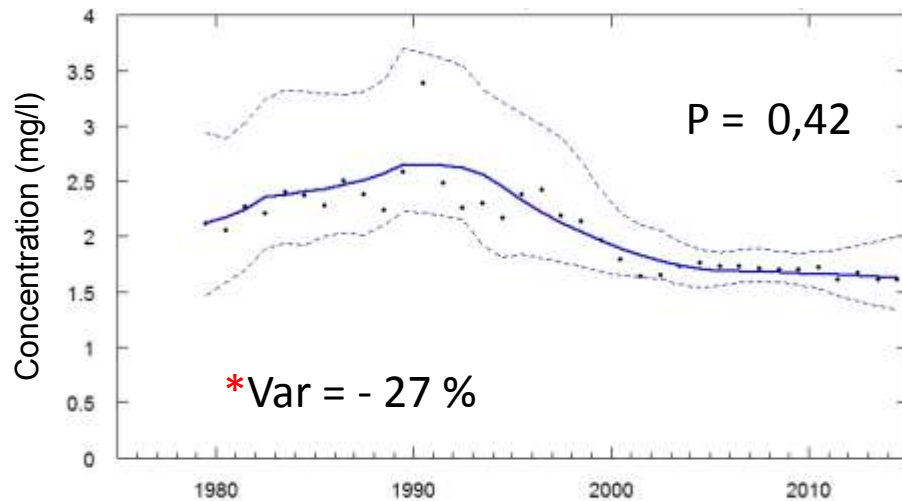
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Lacolle 1979-2014

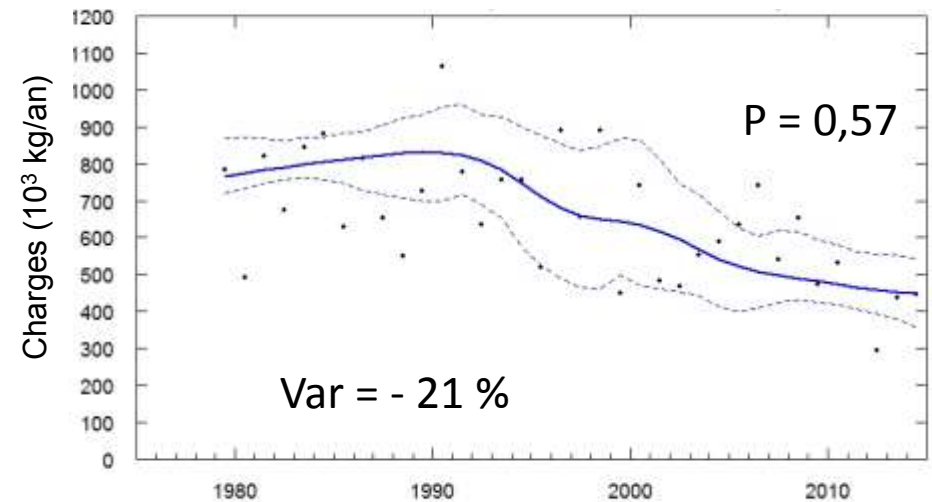
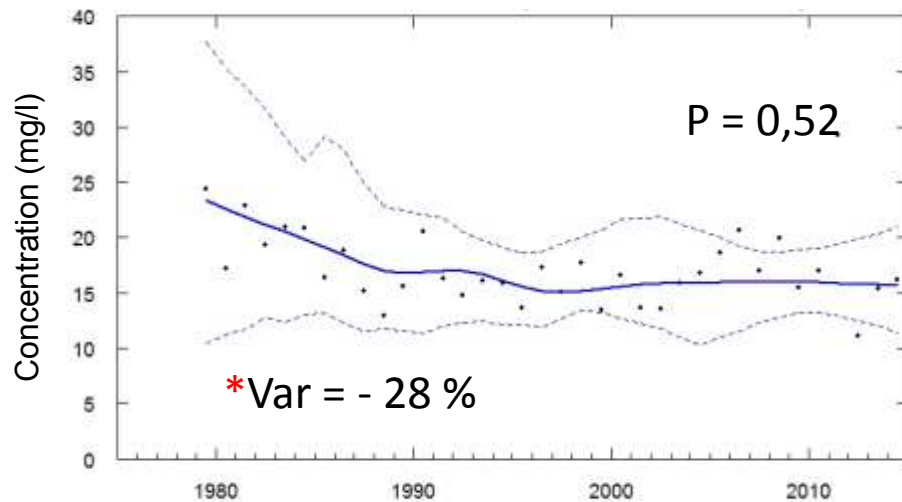
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Richelieu, à Sorel 1979-2014

Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %

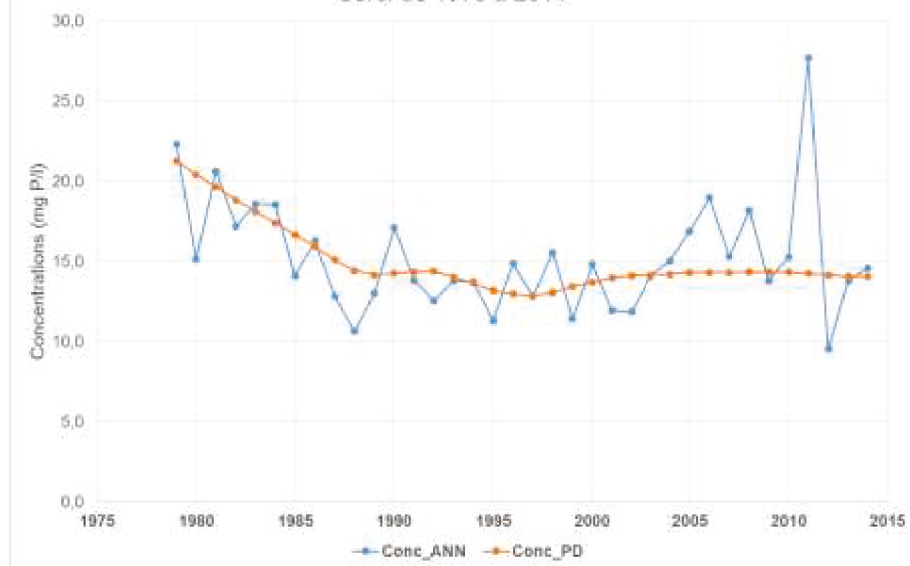


* % de variation 1981-2012

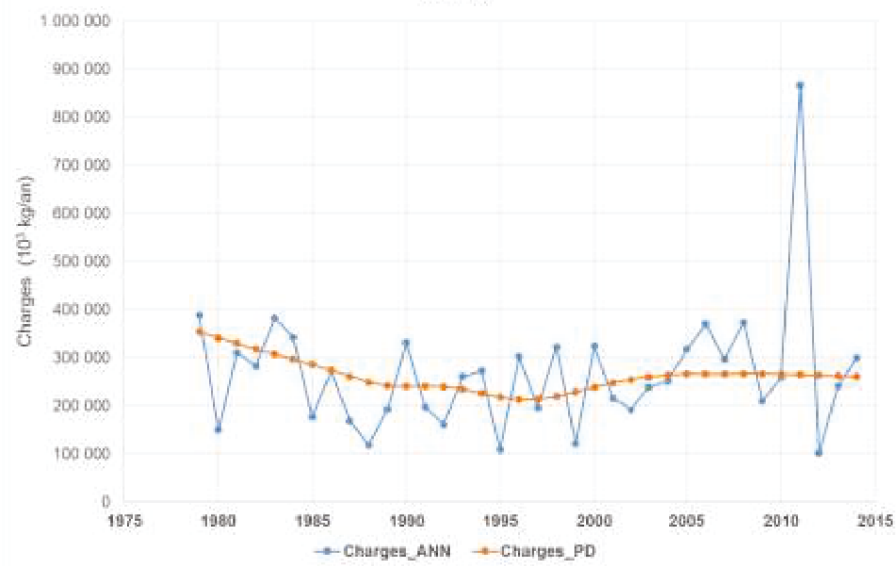
Rivière Richelieu, écart Lacolle-Sorel

1979-2014

Fluctuations des concentrations de MES de la rivière Richelieu, annuelles et pondérées par le débit, mesurées entre Lacolle et Sorel de 1979 à 2014

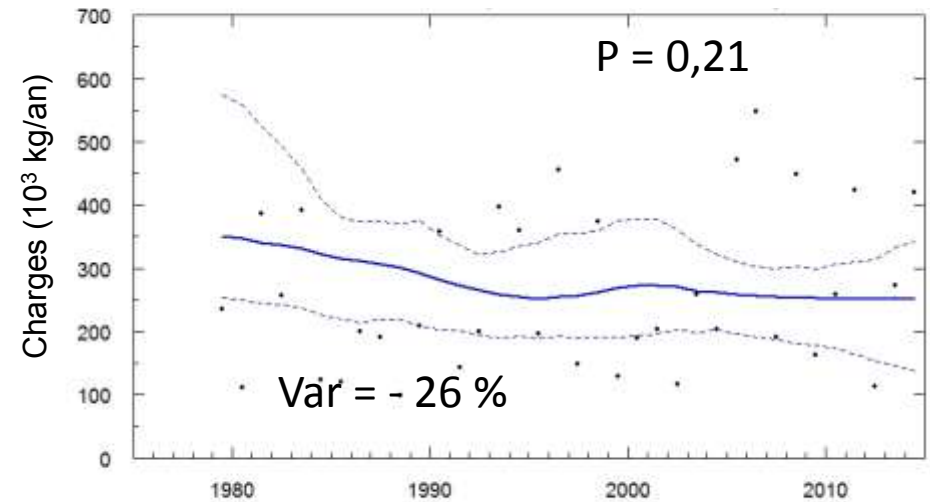
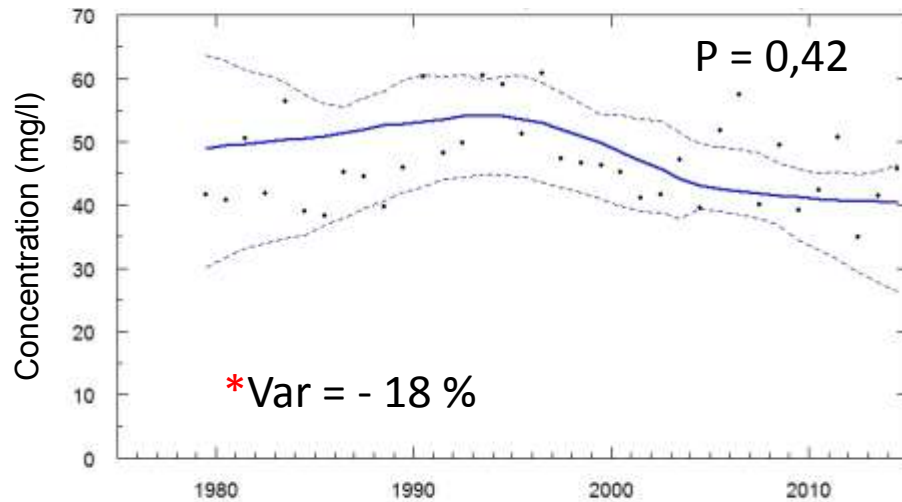


Fluctuations des charges de MES de la rivière Richelieu, annuelles et pondérées par le débit, mesurées entre Lacolle et Sorel de 1979 à 2014



Rivière Yamaska 1979-2014

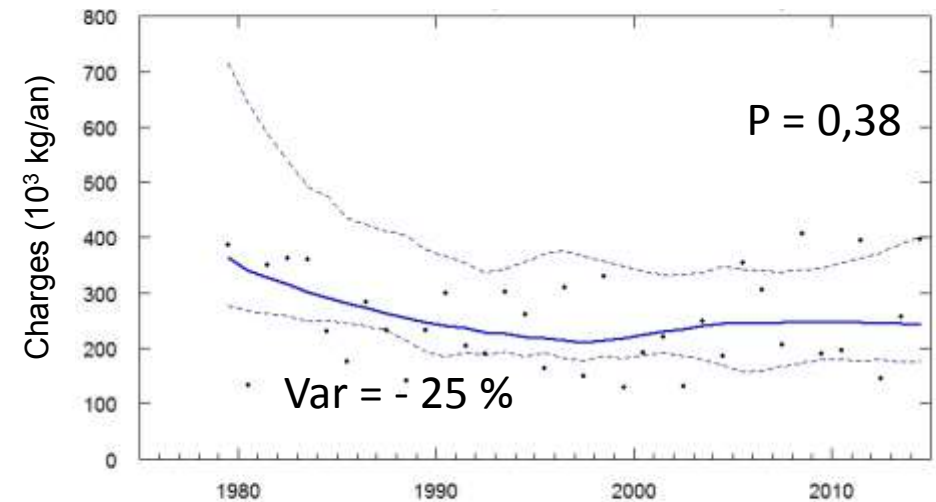
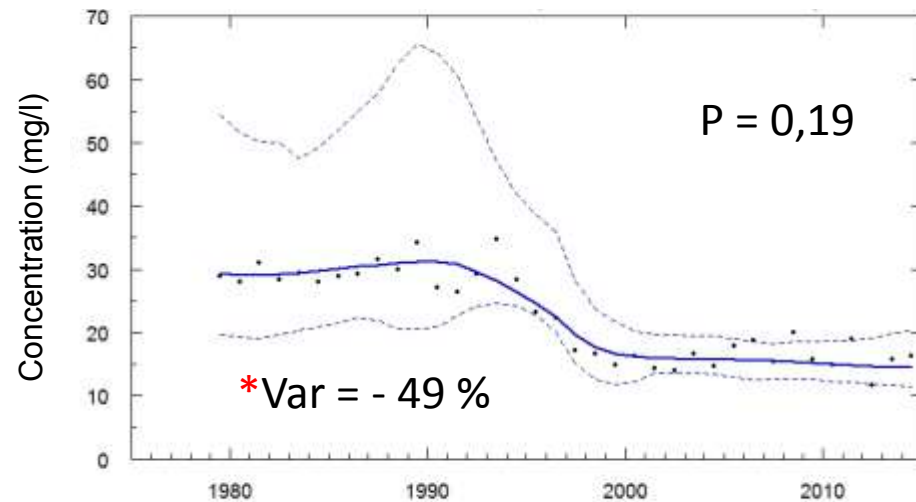
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Saint-François 1979-2014

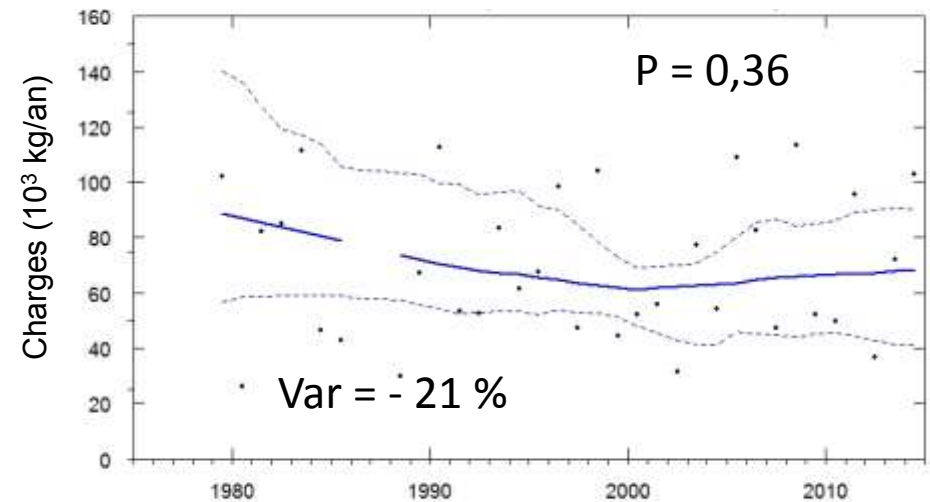
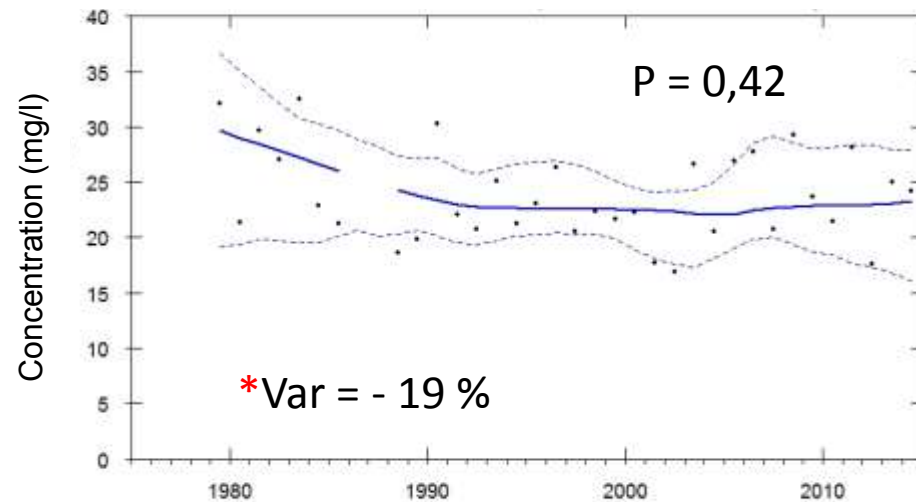
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet Sud-Ouest 1979-2014

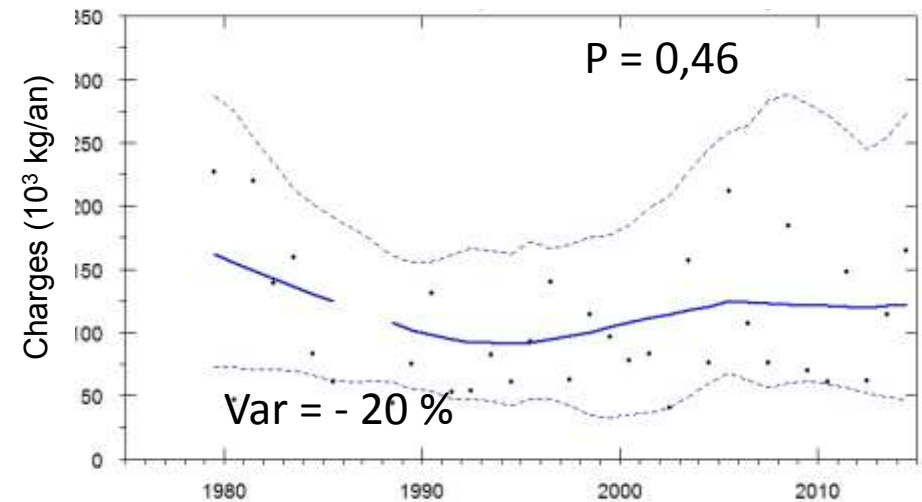
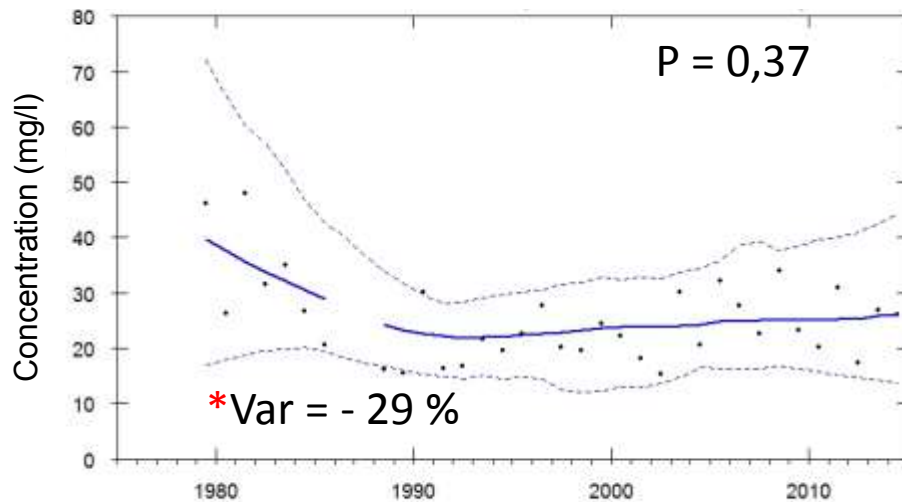
Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Rivière Nicolet 1979-2014

Évolution des concentrations et des charges de MES annuelles (**points**) et pondérées par le débit (**trait**) avec intervalle de confiance à 90 %



* % de variation 1981-2012

Tendances - Résumé

Tendances MES				
Rivière	Concentrations		Charges	
	$H_0: T = 0$	WBT	$H_0: T = 0$	WBT
Bayonne	P = 0,81	API	P = 0,51	P
Maskinongé	P = 0,19	P	P = 0,43	P
du Loup	P = 0,22	TP	P = 0,43	P
Richelieu	P = 0,52	P	P = 0,57	P
Yamaska	P = 0,42	P	P = 0,21	TP
St-François	P = 0,19	P	P = 0,38	P
Nicolet Sud-Ouest	P = 0,42	P	P = 0,36	P
Nicolet	P = 0,37	P	P = 0,46	P
	Baisse			
	Hausse			
Probabilité	CODES	Description		
$\geq 0,95$ à $\leq 1,00$	HP	hautement probable		
$\geq 0,90$ à $< 0,95$	TP	très probable		
$\geq 0,66$ à $< 0,90$	P	probable		
$> 0,33$ à $< 0,66$	API	aussi probable qu'improbable		
$> 0,10$ à $\leq 0,33$	I	improbable		
$> 0,05$ à $\leq 0,10$	TI	très improbable		
≥ 0 à $\leq 0,05$	HI	hautement improbable		

Test WRTDS Bootstrap (Hirsch et al. 2015)

Bilan des tendances observées dans les concentrations et les charges pondérées par le débit des tributaires du lac Saint-Pierre de 1979-2014

Rivière	Tendances Phosphore total				Tendances Nitrates-nitrites				Tendances MES			
	Concentrations		Charges		Concentrations		Charges		Concentrations		Charges	
	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT	H ₀ : T = 0	WBT
Bayonne	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,81	API	P = 0,51	P
Maskinongé	P = 0,04	HP	P = 0,07	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,19	P	P = 0,43	P
du Loup	P < 0,05	HP	P < 0,05	P	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,22	TP	P = 0,43	P
Richelieu	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,45	P	P = 0,21	P	P = 0,52	P	P = 0,57	P
Yamaska	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,42	P	P = 0,21	TP
St-François	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,19	P	P = 0,38	P
Nicolet Sud-Ouest	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,42	P	P = 0,36	P
Nicolet	P = 0,025	HP	P = 0,065	HP	P < 0,05	HP	P < 0,05	HP	P = 0,37	P	P = 0,46	P

Baisse

Hausse

Probabilité	CODES	Description
≥ 0,95 à ≤ 1,00	HP	hautement probable
≥ 0,90 à < 0,95	TP	très probable
≥ 0,66 à < 0,90	P	probable
> 0,33 à < 0,66	API	aussi probable qu'improbable
> 0,10 à ≤ 0,33	I	improbable
> 0,05 à ≤ 0,10	TI	très improbable
≥ 0 à ≤ 0,05	HI	hautement improbable

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Constats – évolution temporelle 1979-2014

- Tendances significatives à la baisse pour le phosphore et à la hausse pour les nitrates;
- Données suggèrent une tendance à la baisse pour les MES (WBT);
- Pour plusieurs tributaires, la variation plus marquée des concentrations de P p/r aux charges indique que la baisse des apports touchent davantage la plage des débits modérés à faibles et, par conséquent, qu'elle provient plus de la réduction des sources ponctuelles.

Portrait récent de la qualité de l'eau 2012-2014



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP6) 2012-2014

Pour chaque station du fleuve et des tributaires des rives nord et sud

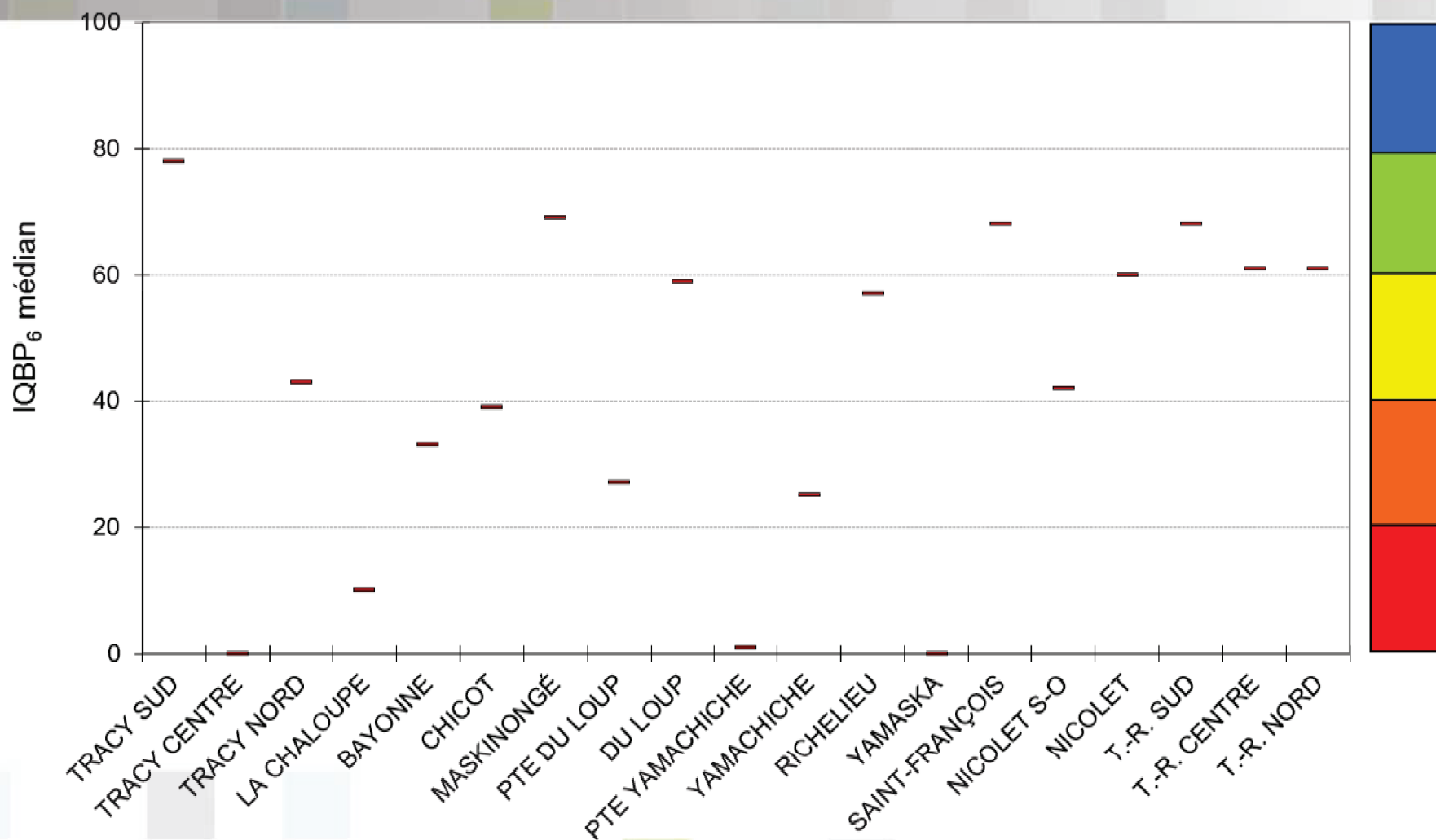
*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 



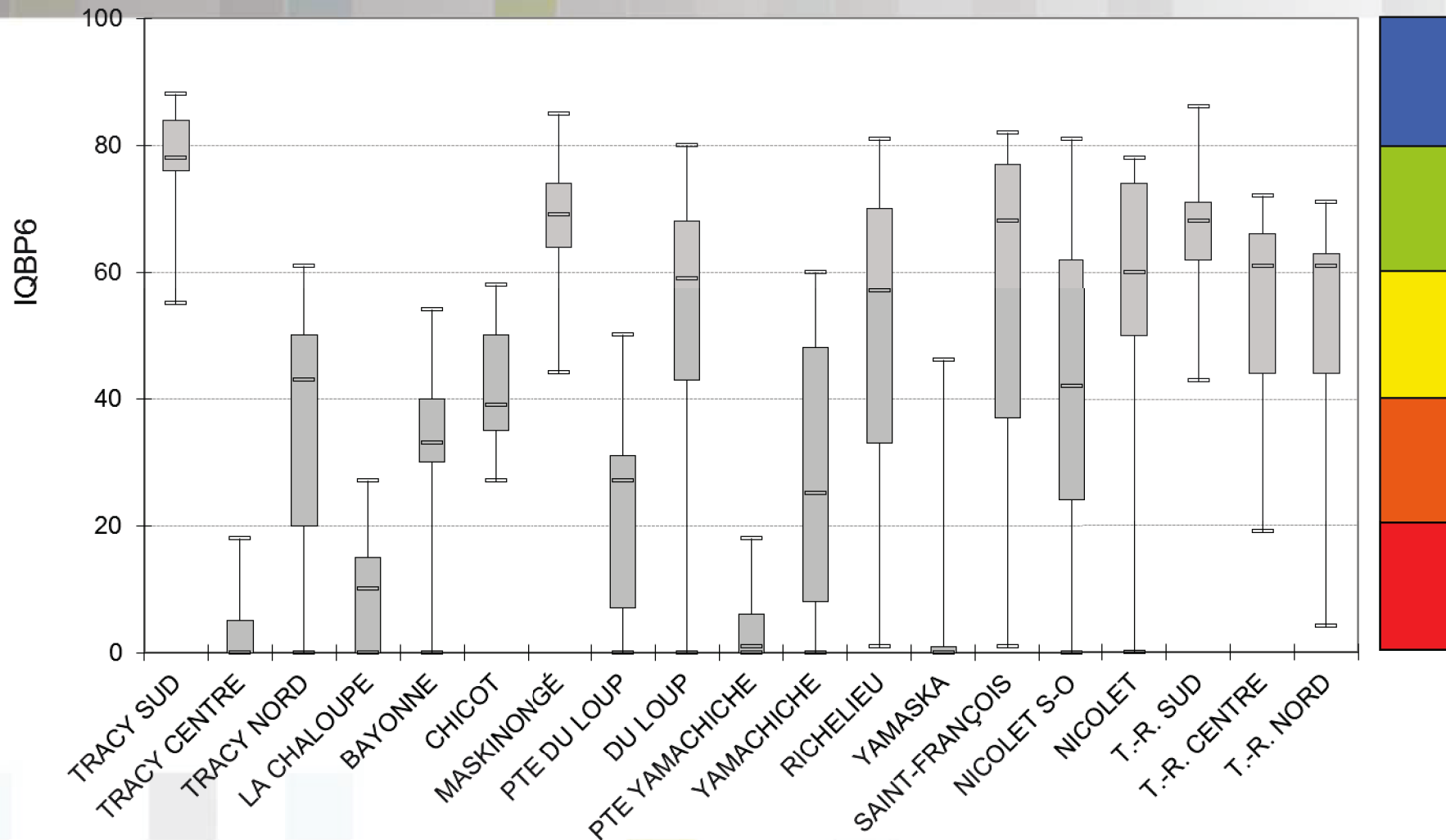
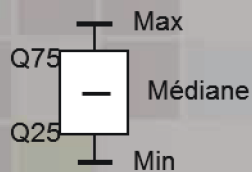
Indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP₆) pour la période 2012-2014

Fleuve et tributaires directs du lac Saint-Pierre Période 2012-2014



Fleuve et tributaires directs du lac Saint-Pierre

Période 2012-2014



Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Distribution des mesures enregistrées par paramètre et par station 2012-2014

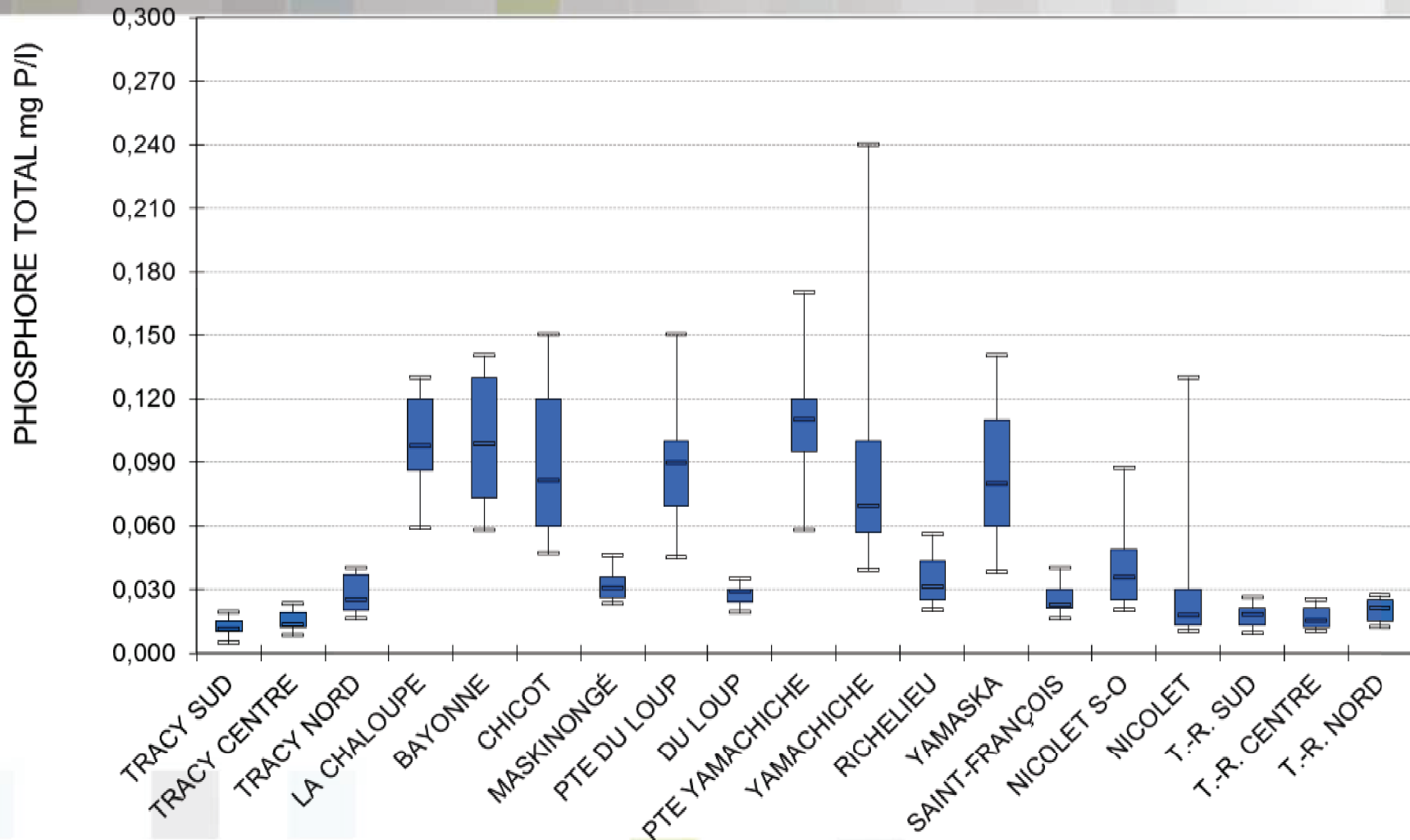
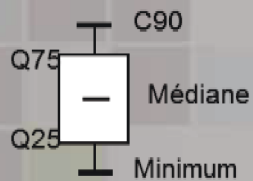


*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

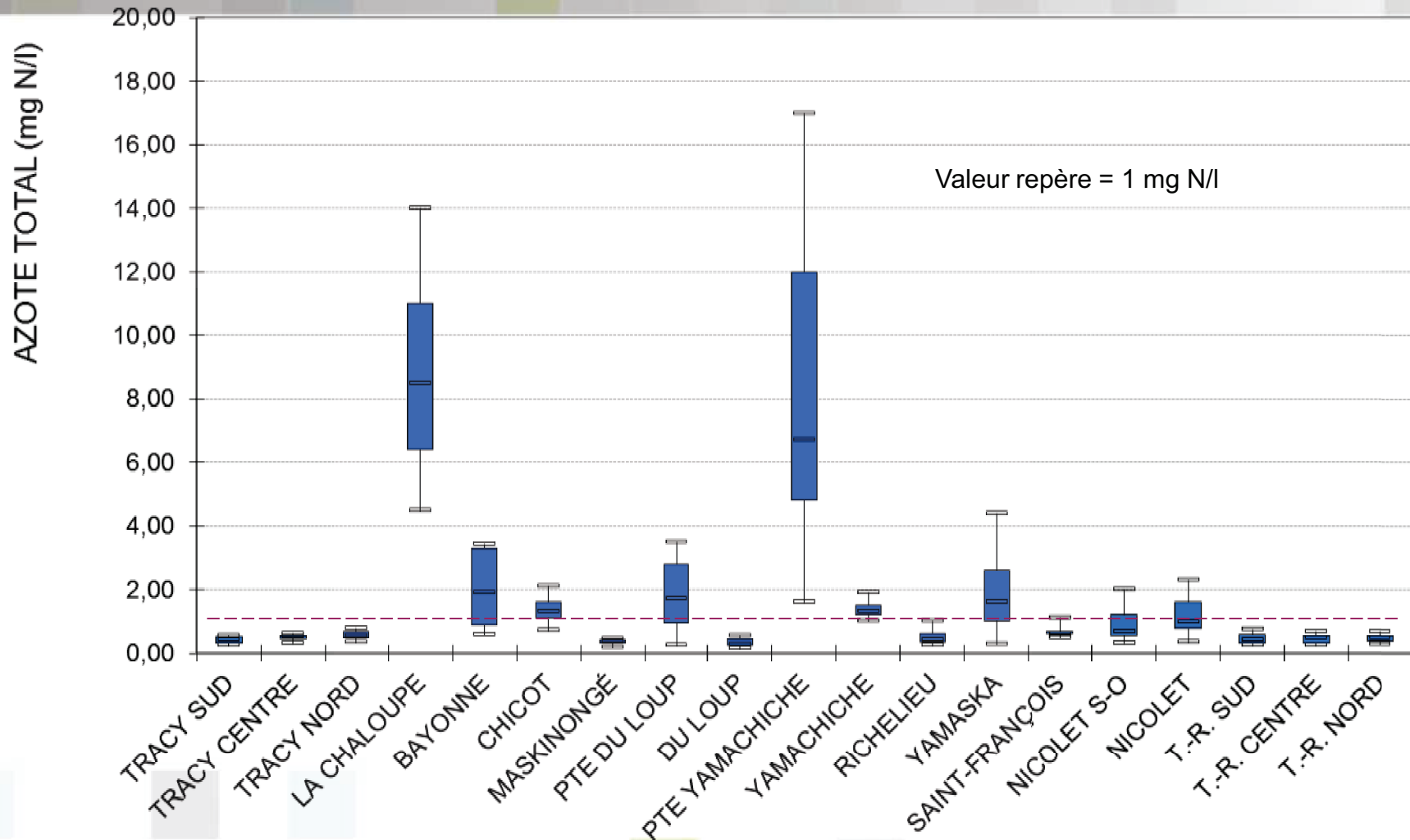
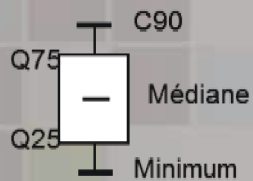
Québec 

Fleuve et tributaires du lac Saint-Pierre

Période mai-oct. 2012-2014

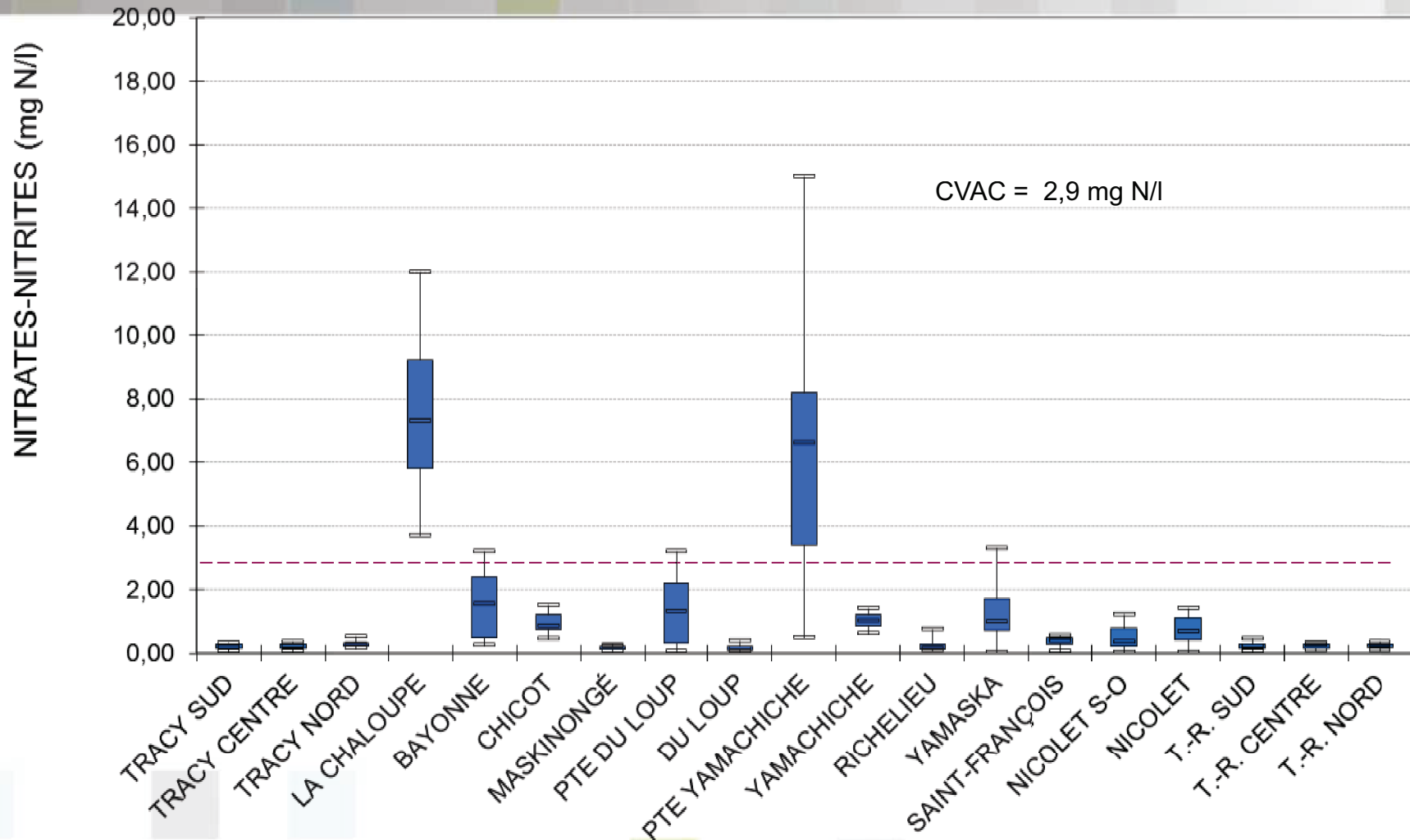
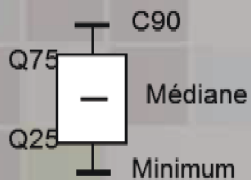


Fleuve et tributaires du lac Saint-Pierre Période mai-oct. 2012-2014



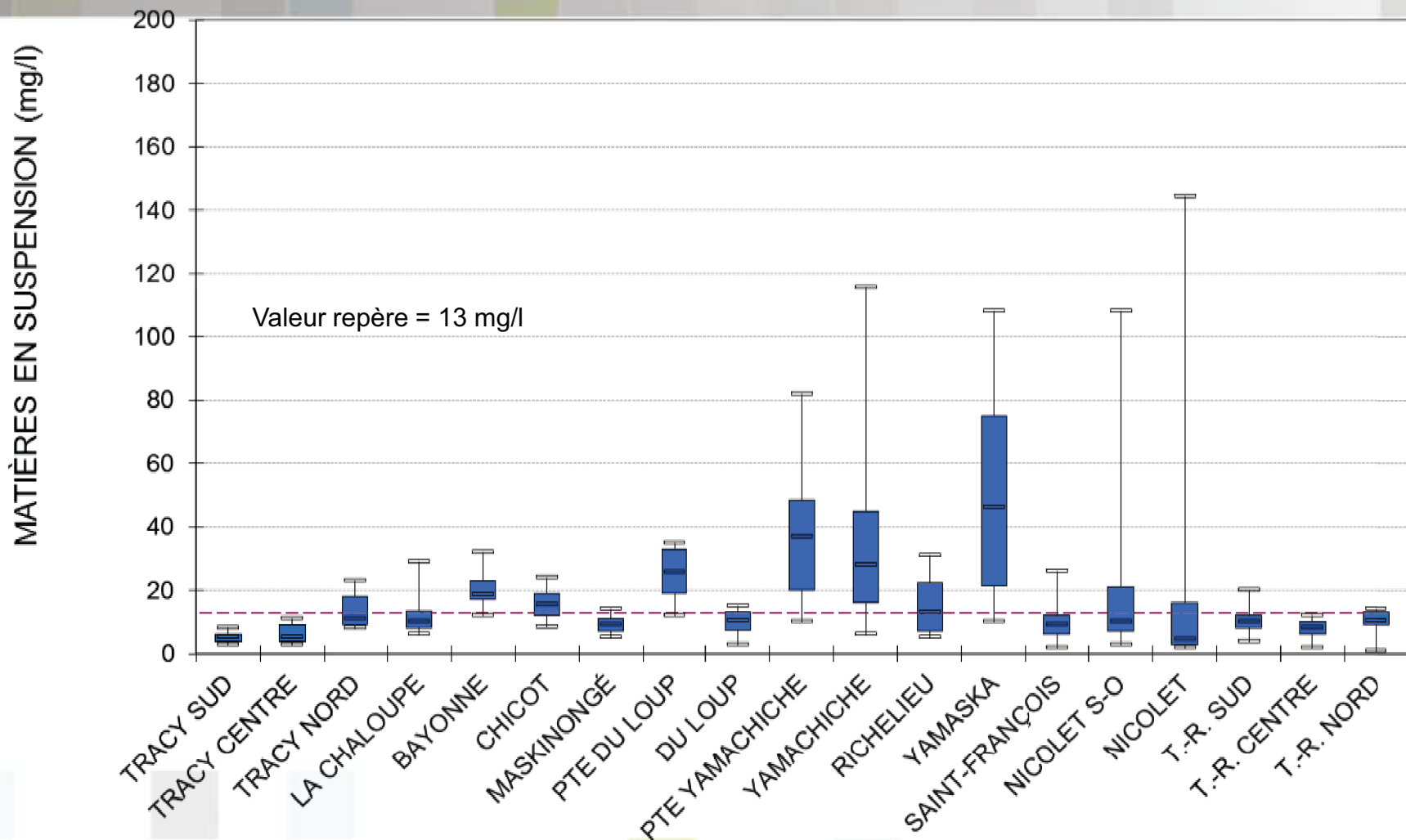
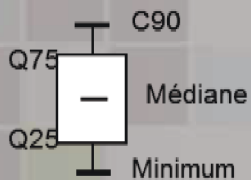
Fleuve et tributaires du lac Saint-Pierre

Période mai-oct. 2012-2014

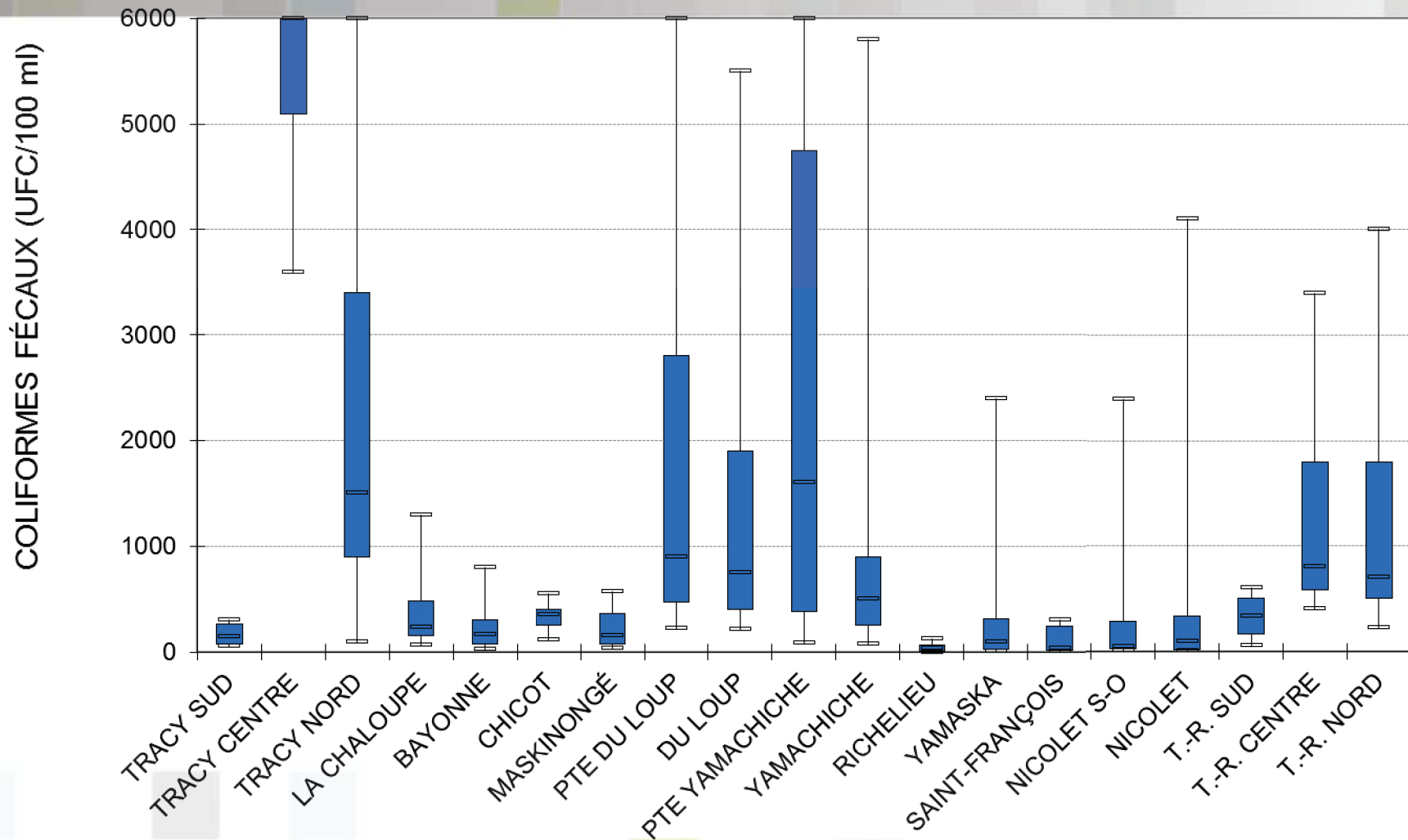
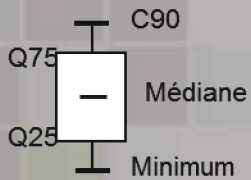


Fleuve et tributaires du lac Saint-Pierre

Période mai-oct. 2012-2014



Fleuve et tributaires du lac Saint-Pierre Période mai-oct. 2012-2014



Fréquence et amplitude moyenne des
dépassements de certains critères et
valeurs repères 2012-2014

par paramètre



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

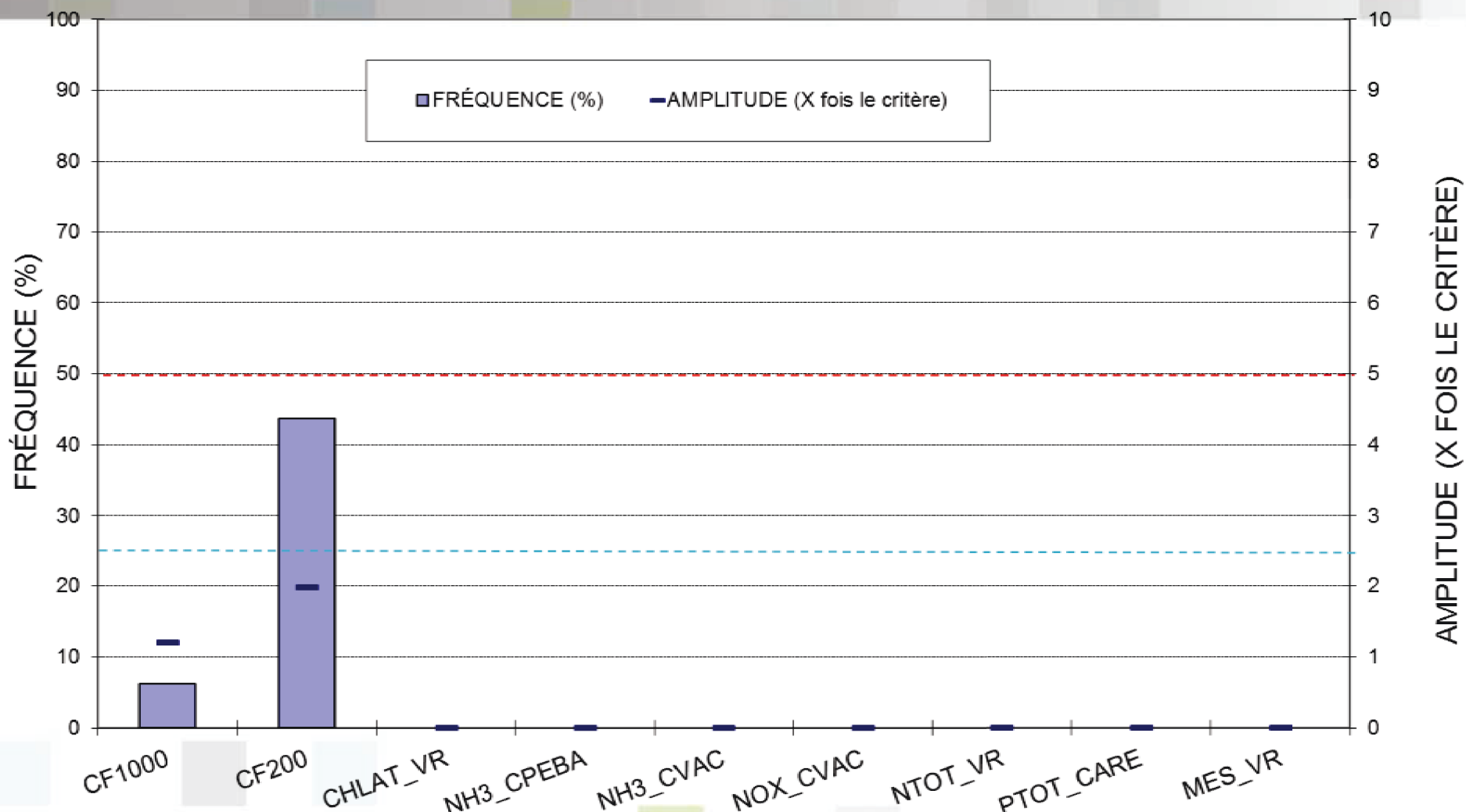
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements de certains critères et valeurs repères 2012-2014

par station

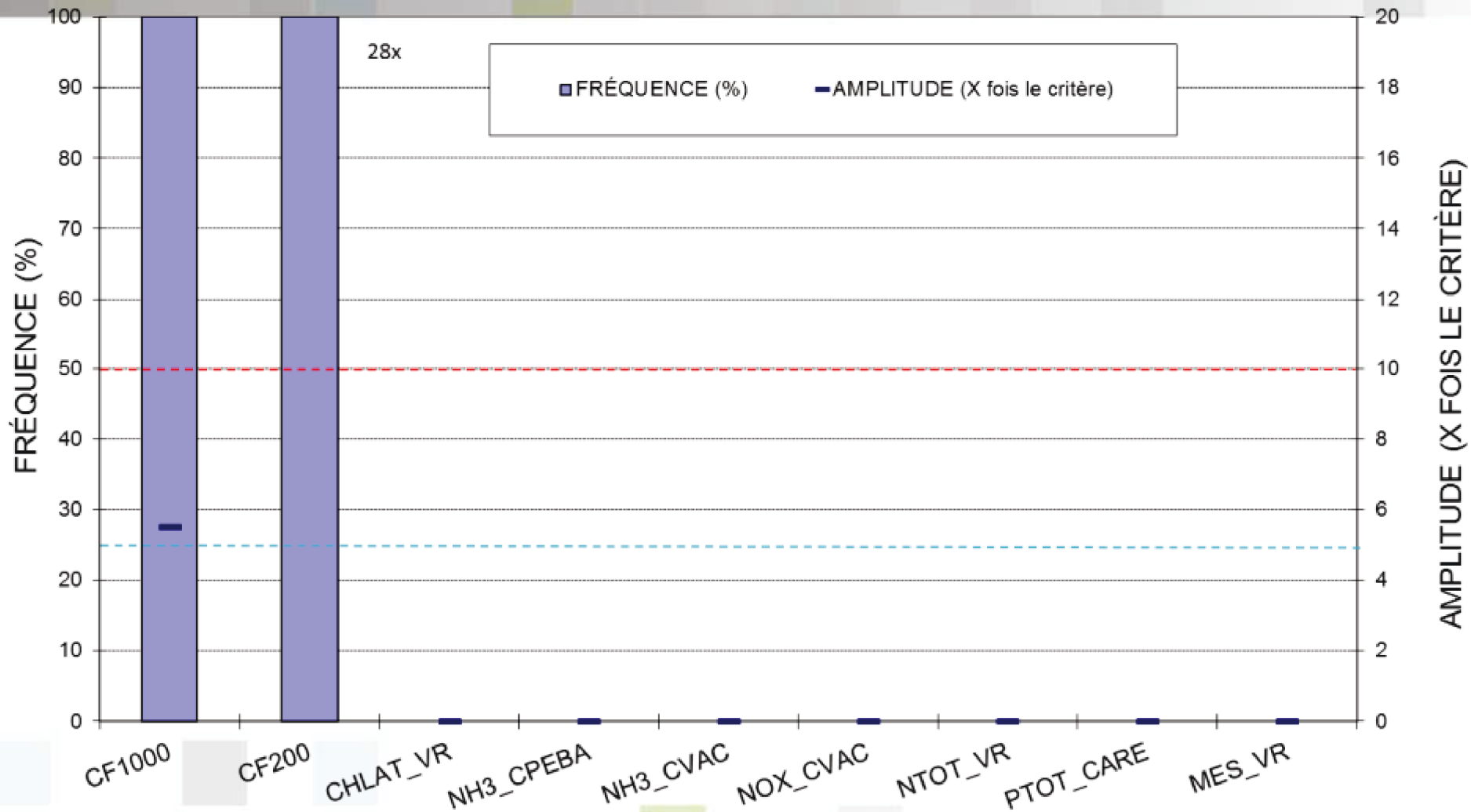
*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

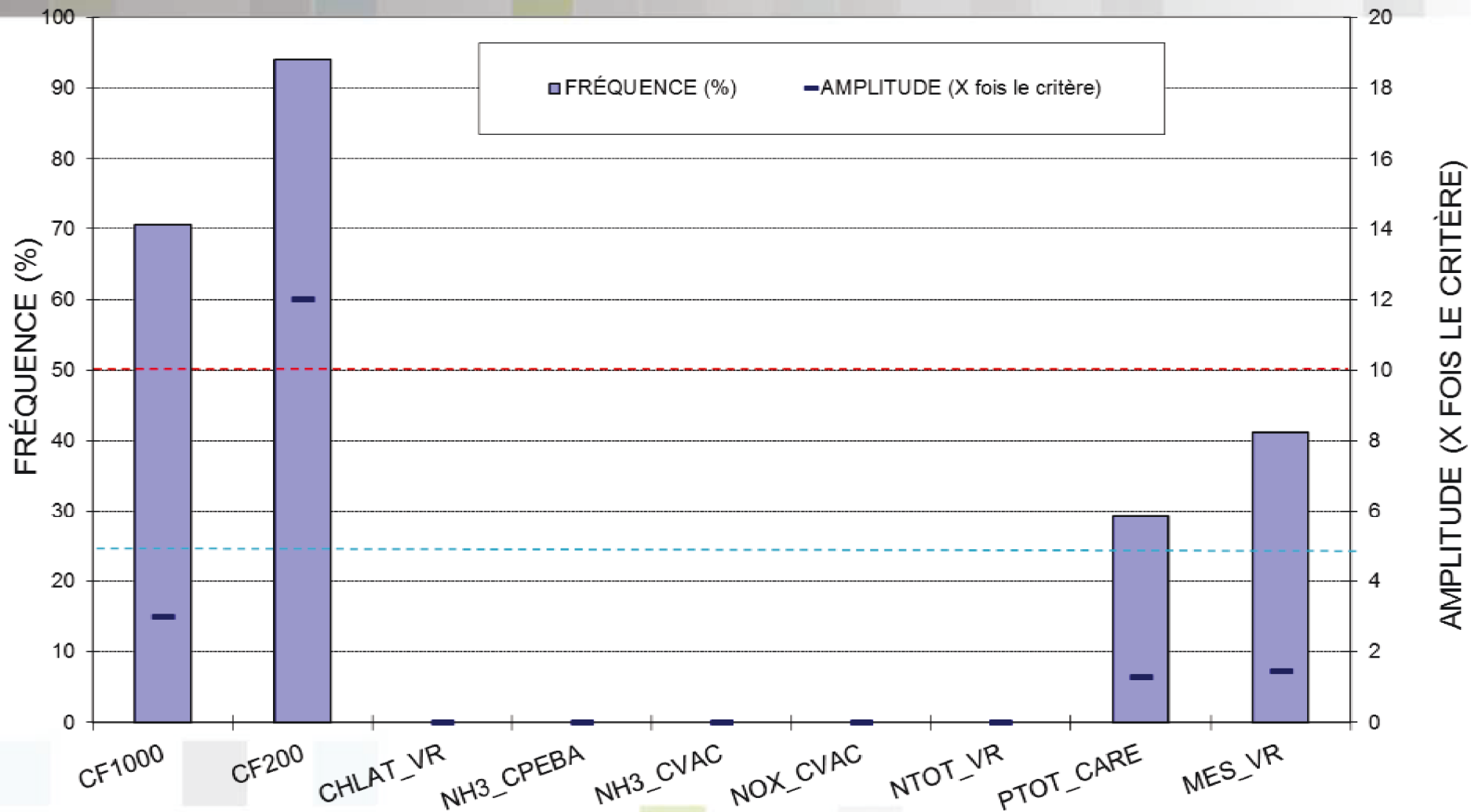
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Tracy sud** (086), en amont du lac St-Pierre, période 2012-2014



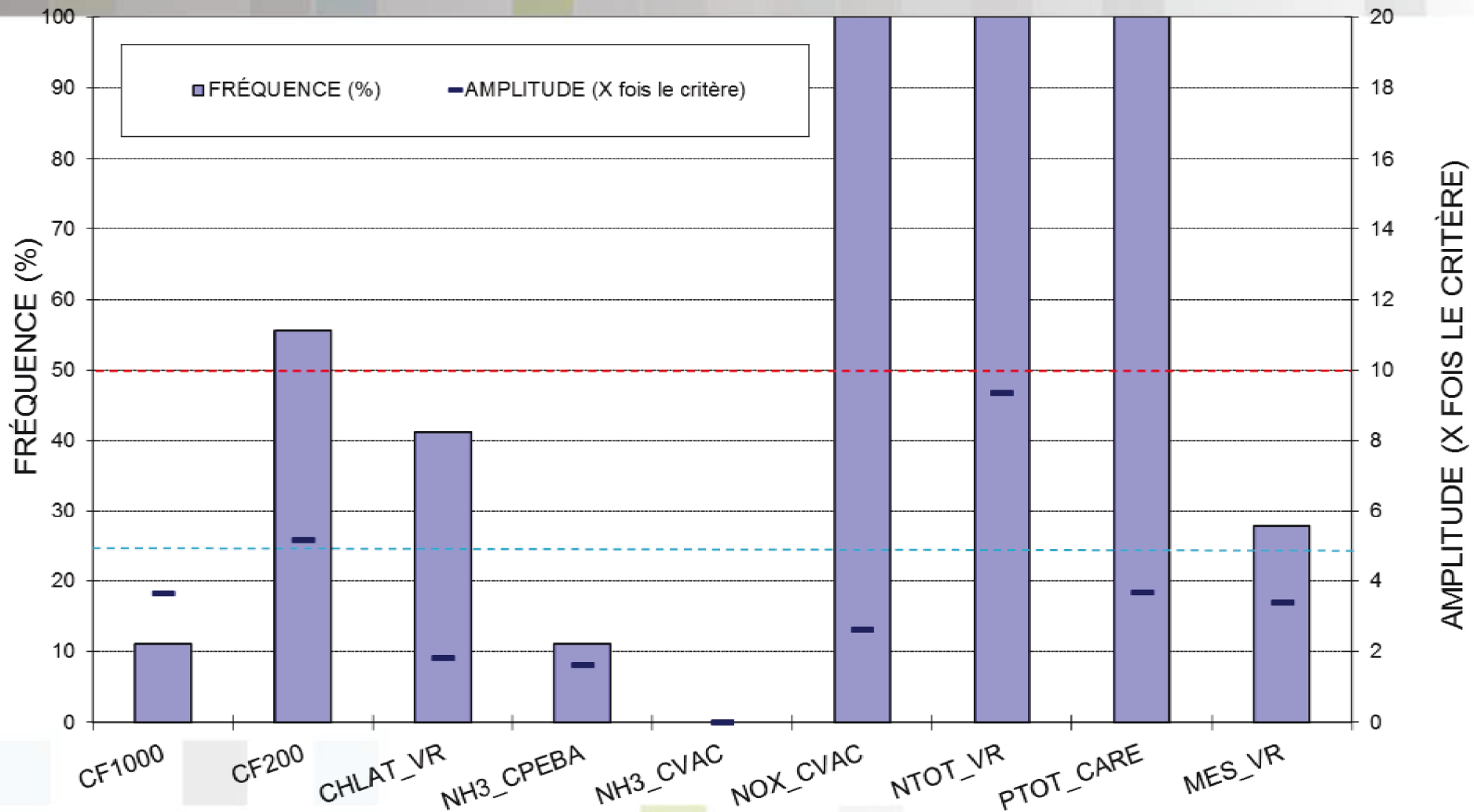
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Tracy centre** (087), en amont du lac St-Pierre, période 2012-2014 ⁹⁶



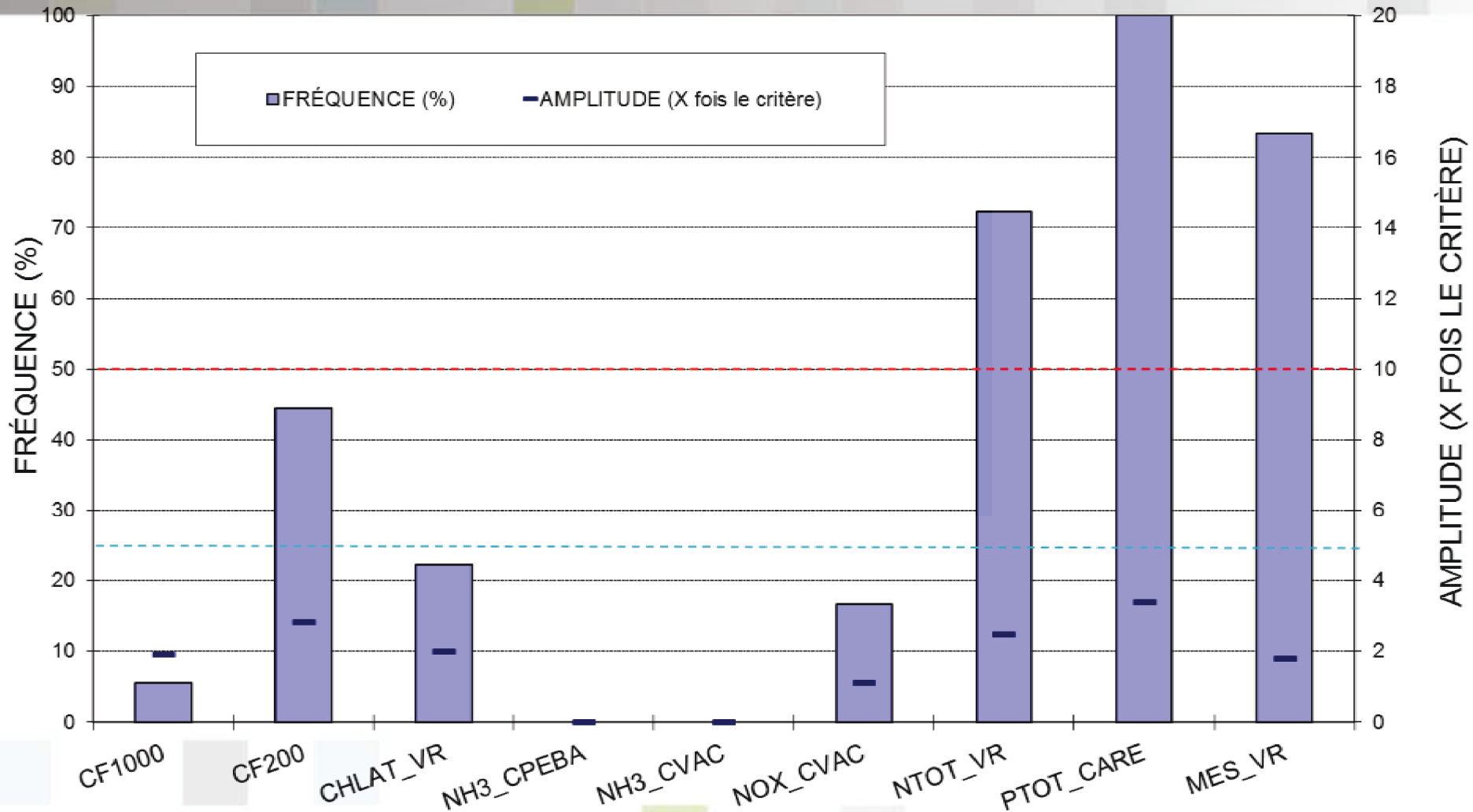
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Tracy nord** (088), en amont du lac St-Pierre, période 2012-2014 ⁹⁷



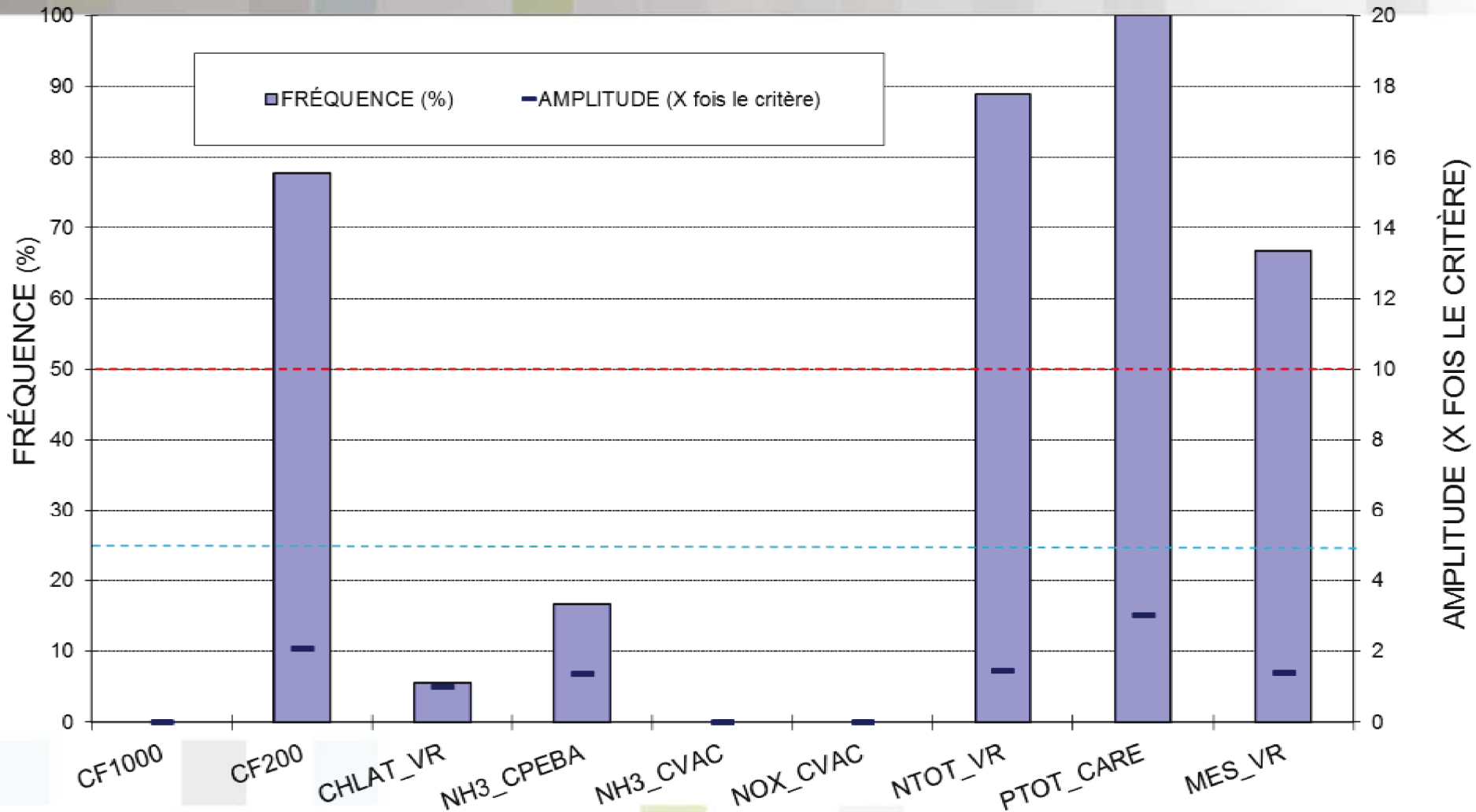
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **La Chaloupe** (05230001), période 2012-2014 ⁹⁸



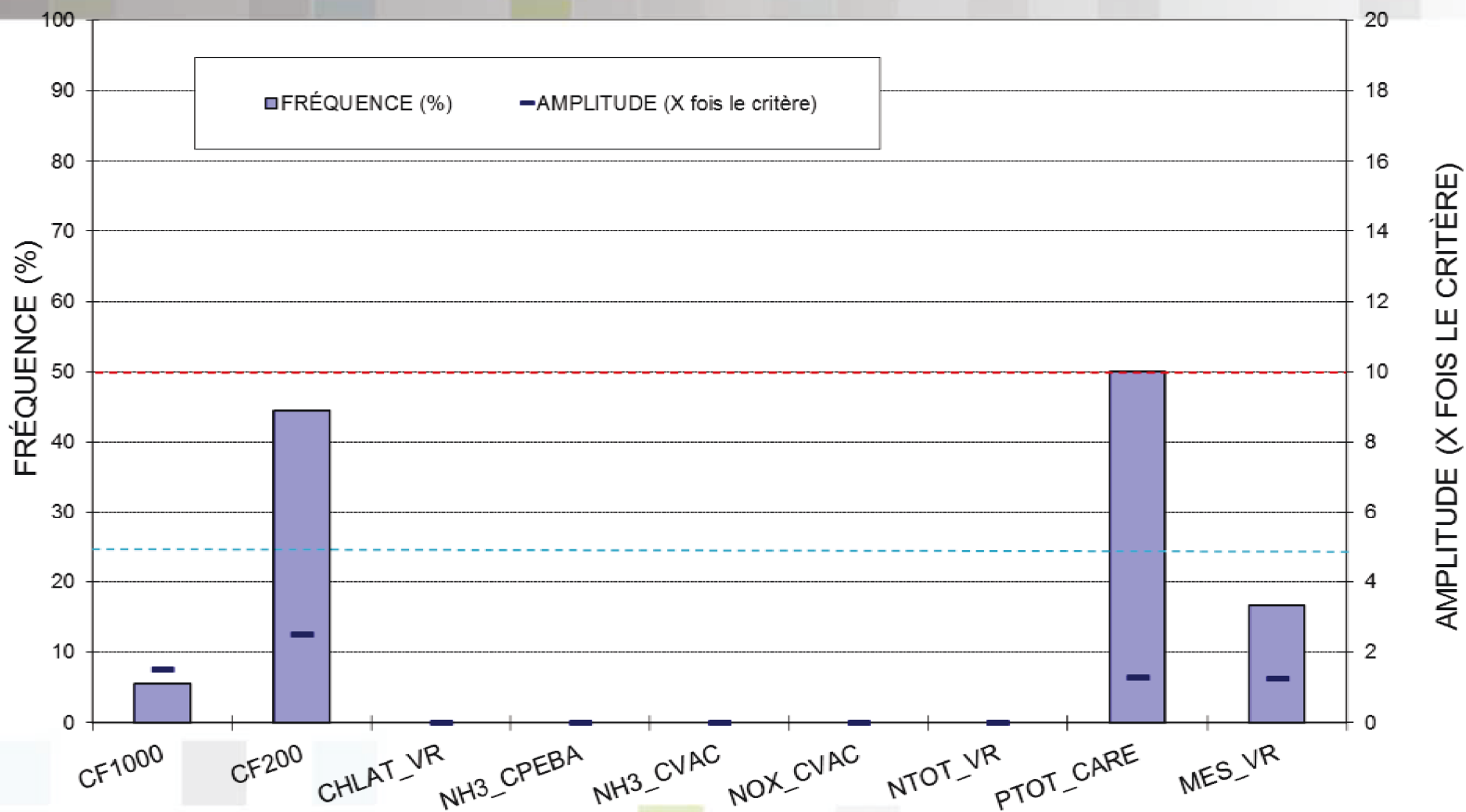
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Bayonne** (05240001), période 2012-2014 ⁹⁹



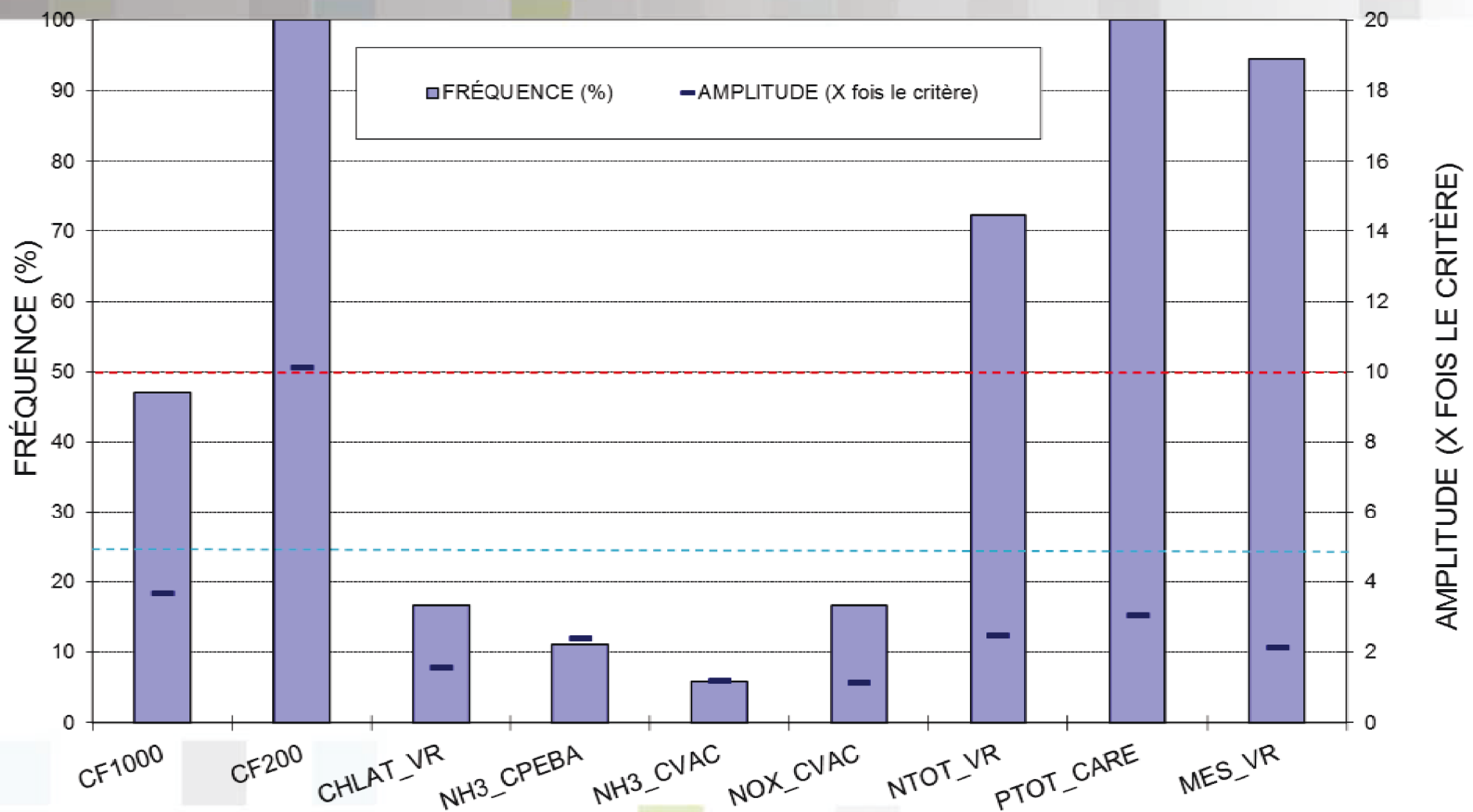
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la **rivière Chicot** (05250002), période 2012-2014



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Maskinongé** (05260003), période 2012-2014 101



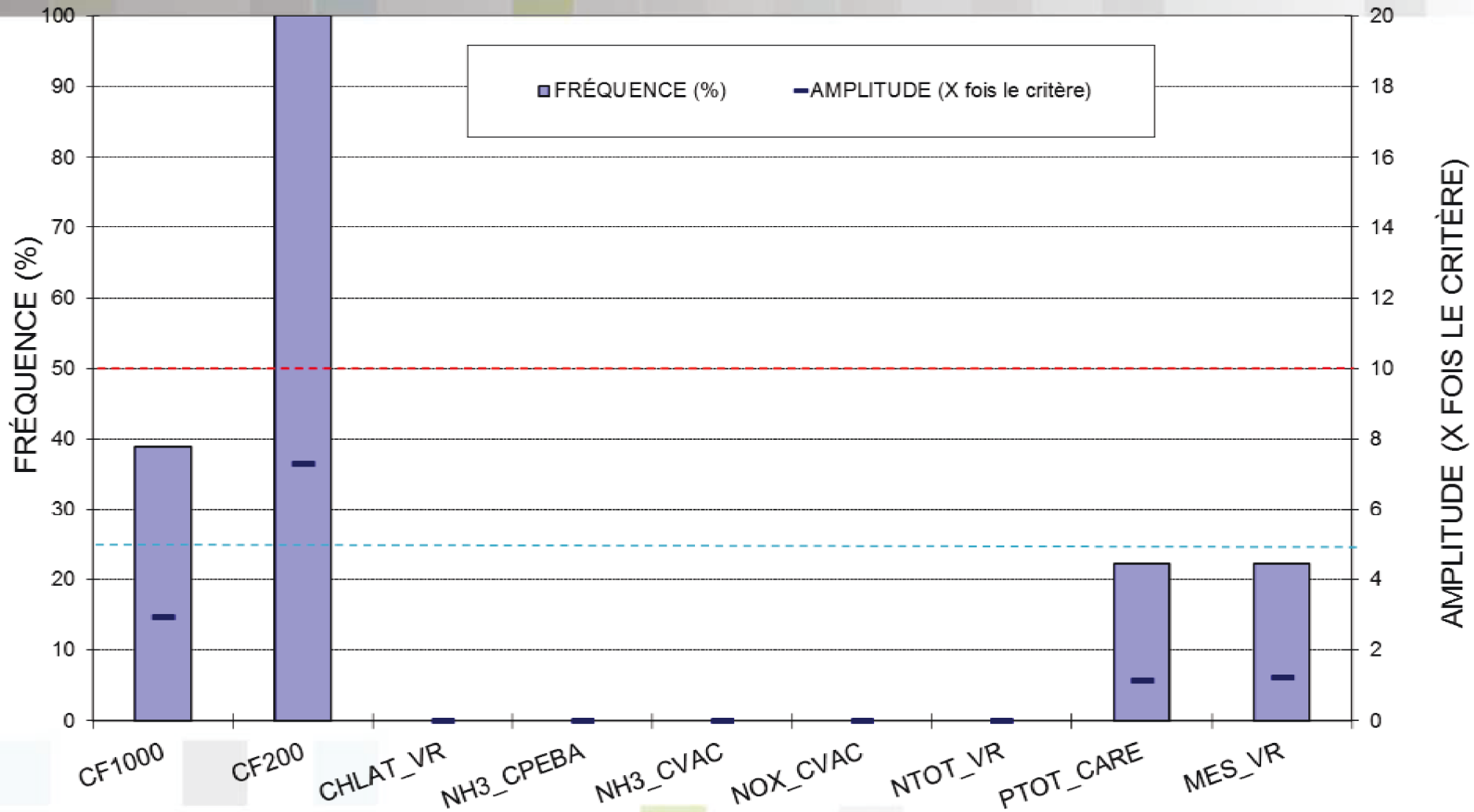
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la Petite rivière du Loup (05280064), période 2012-2014



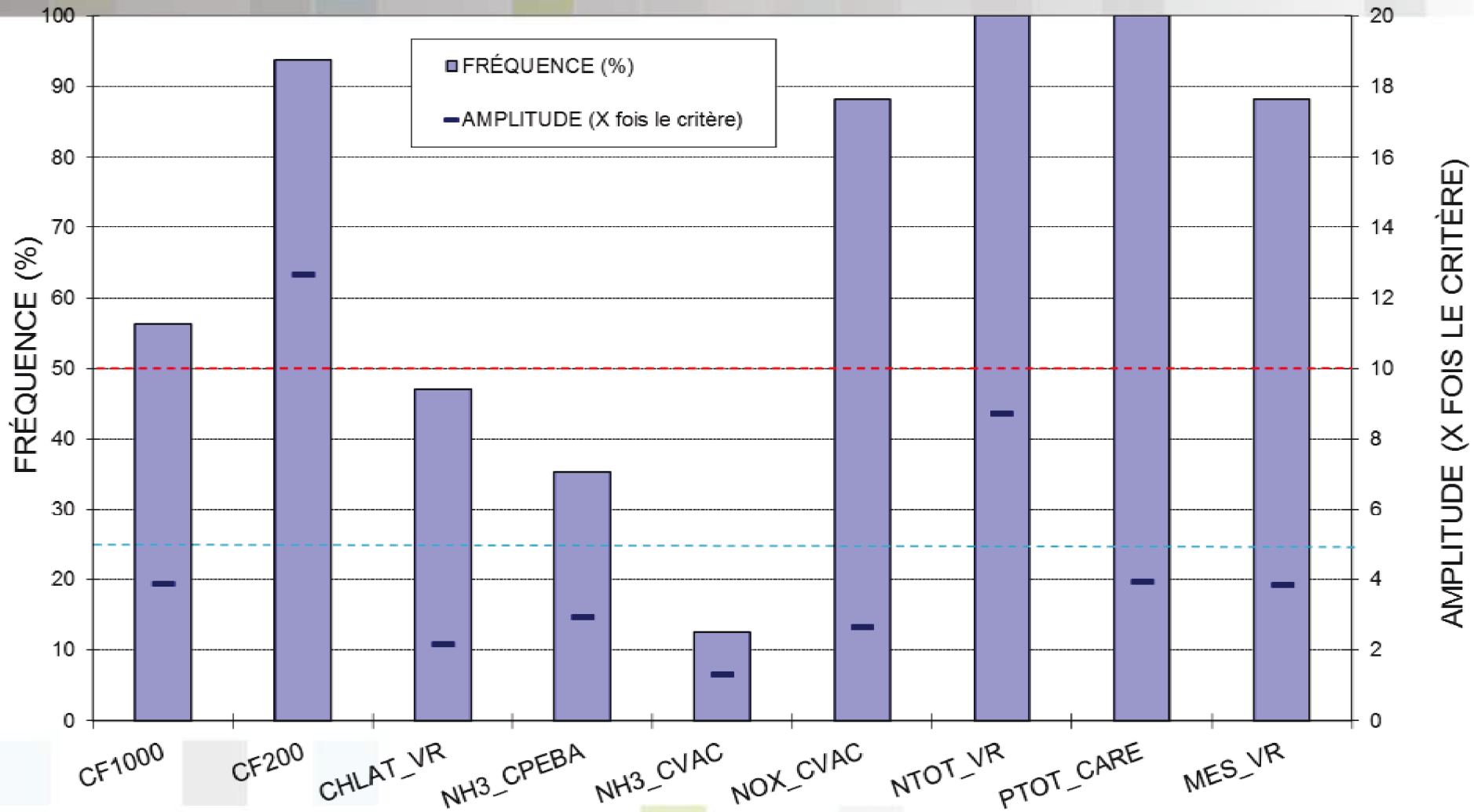
Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques



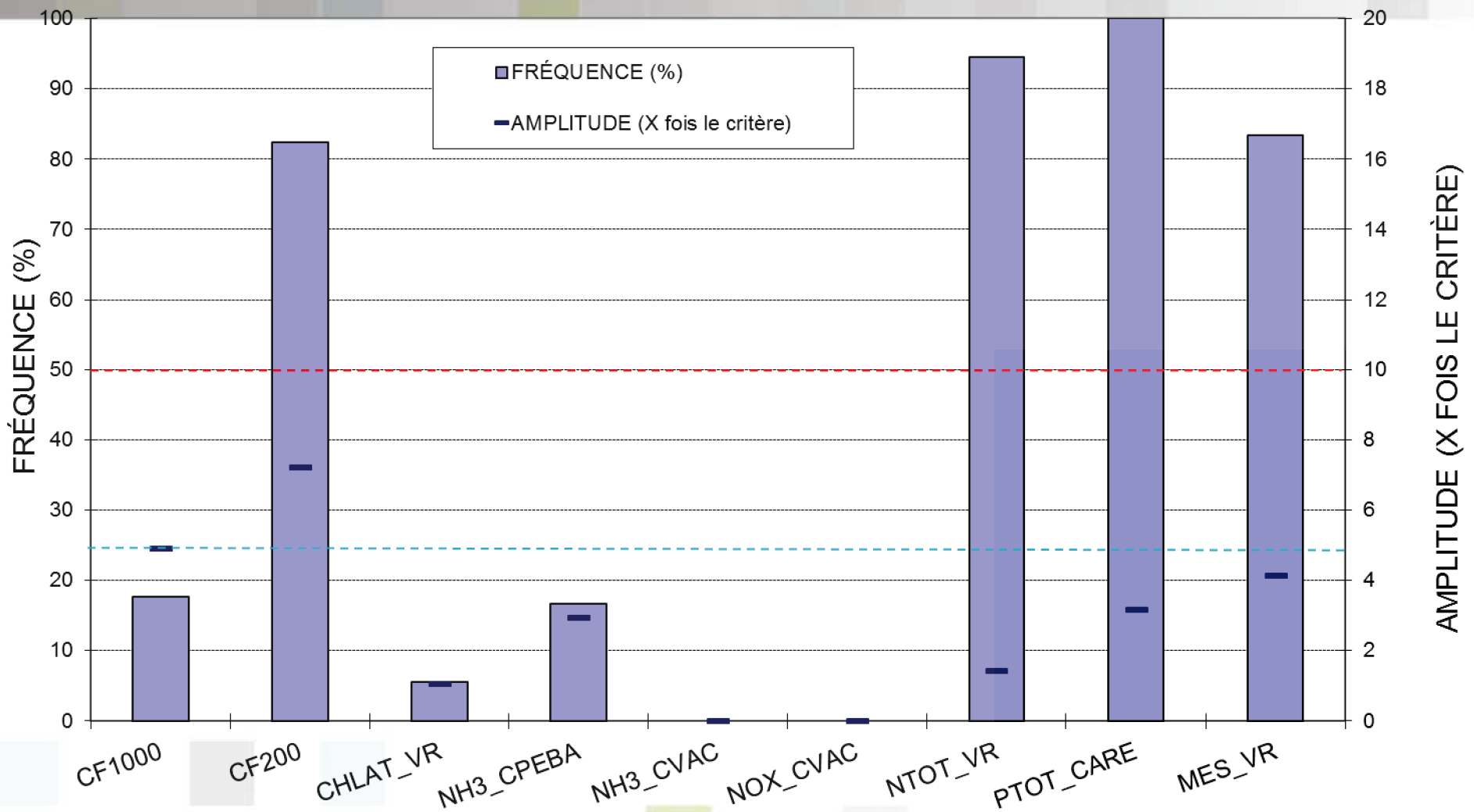
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de ¹⁰³ qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **du Loup** (05280001), période 2012-2014



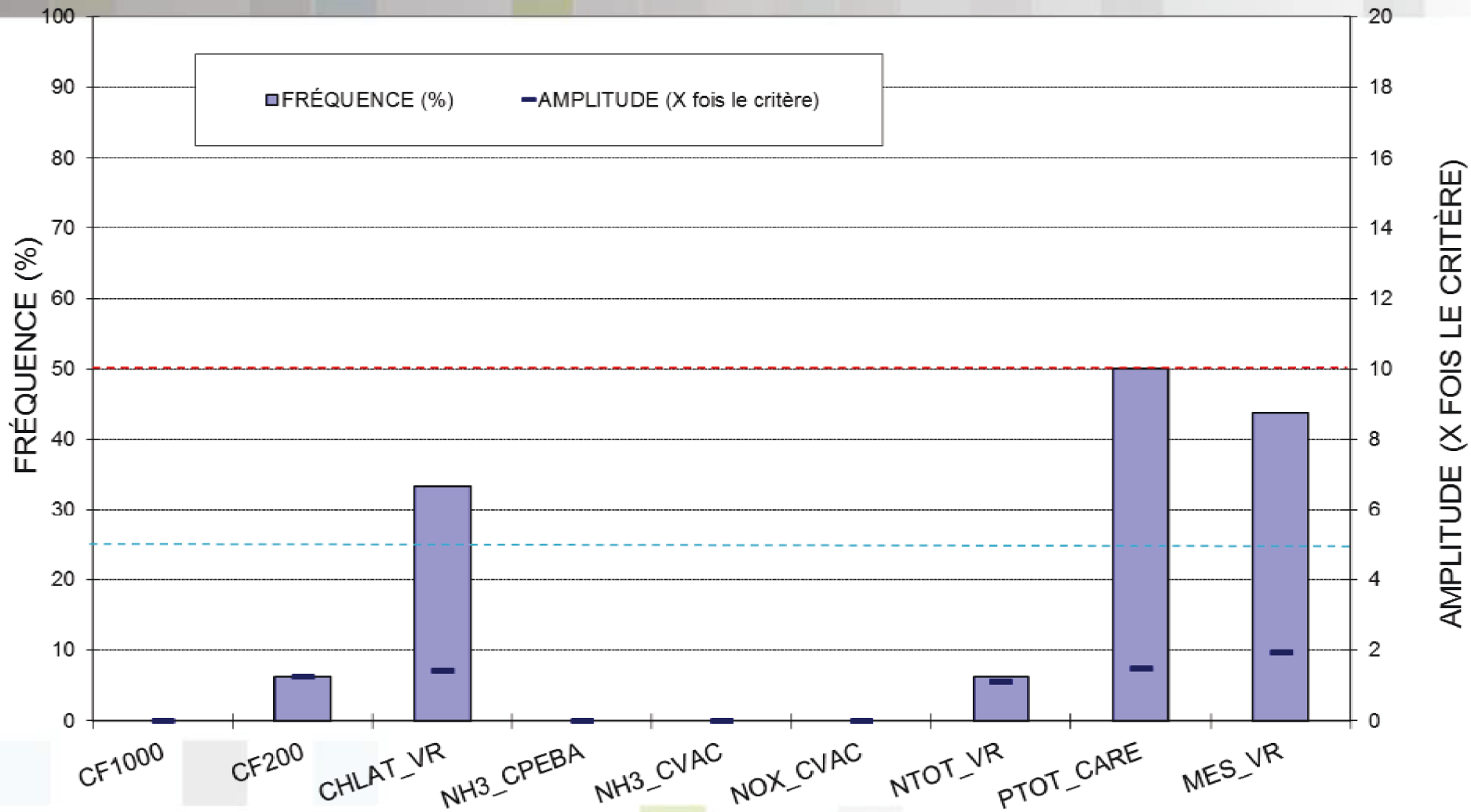
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la **petite rivière Yamachiche** (05290001), période 2012-2014



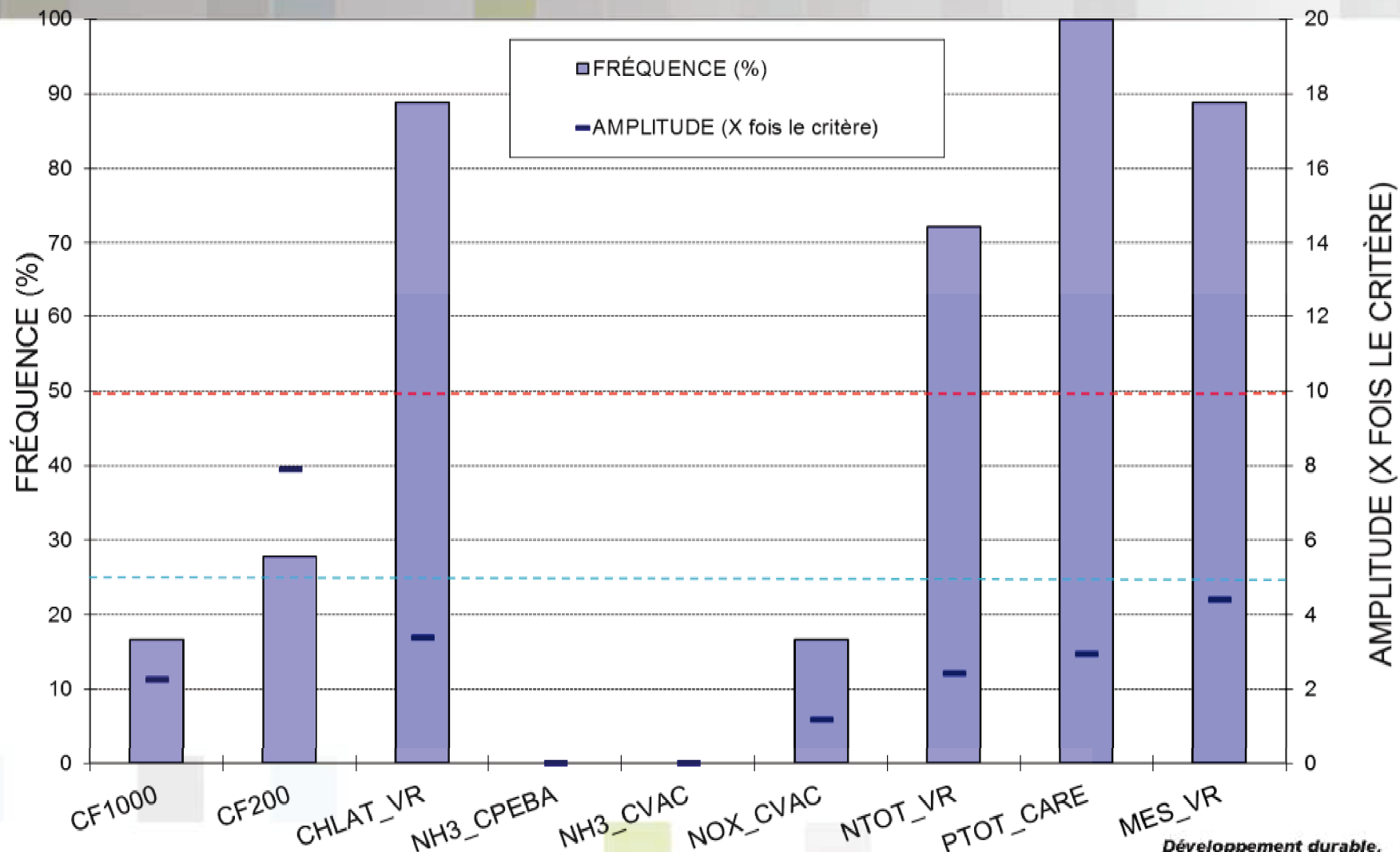
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Yamachiche** (05300004), période 2012-2014



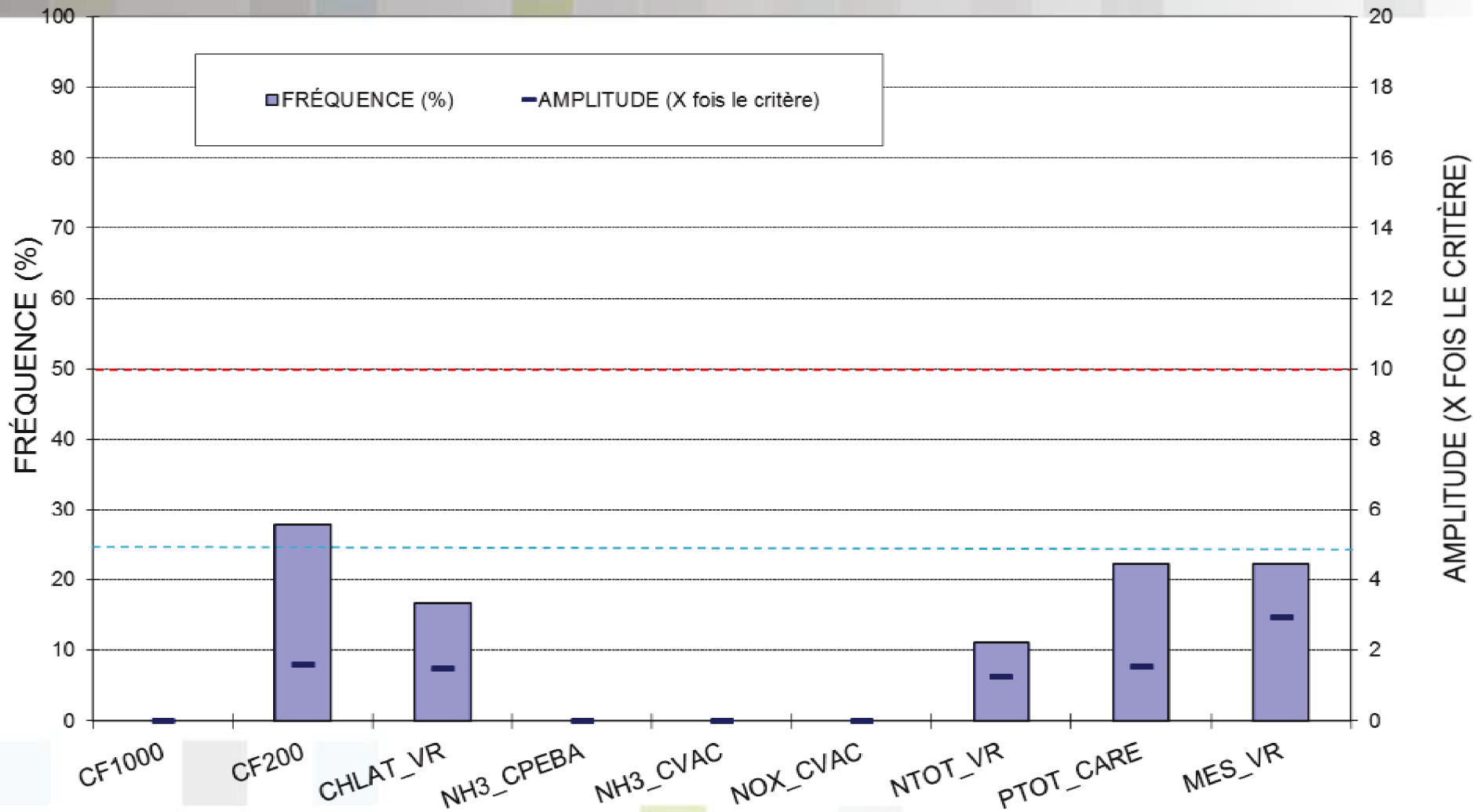
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de ¹⁰⁶ qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Richelieu** (03040009), période 2012-2014



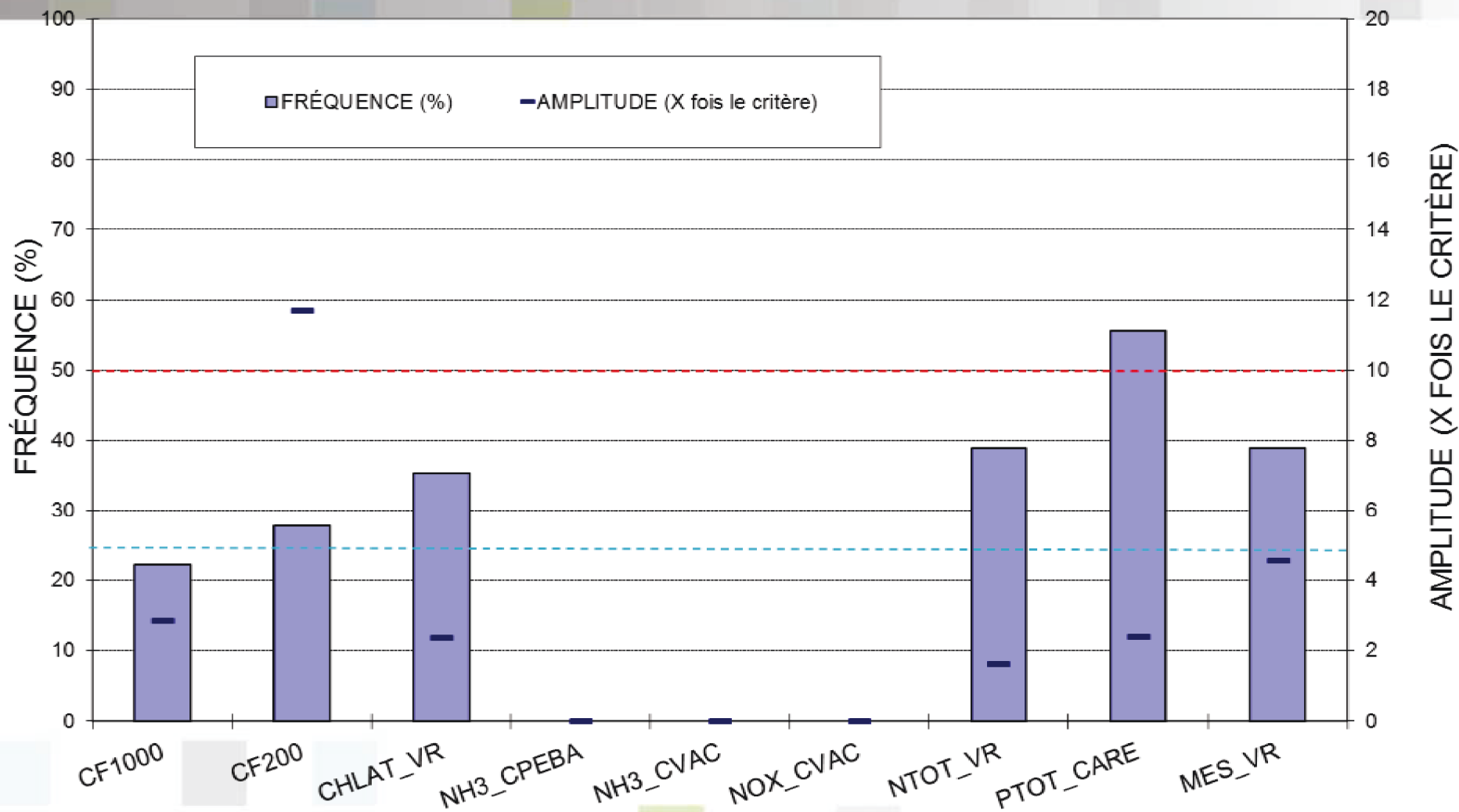
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Yamaska** (03030023), période 2012-2014



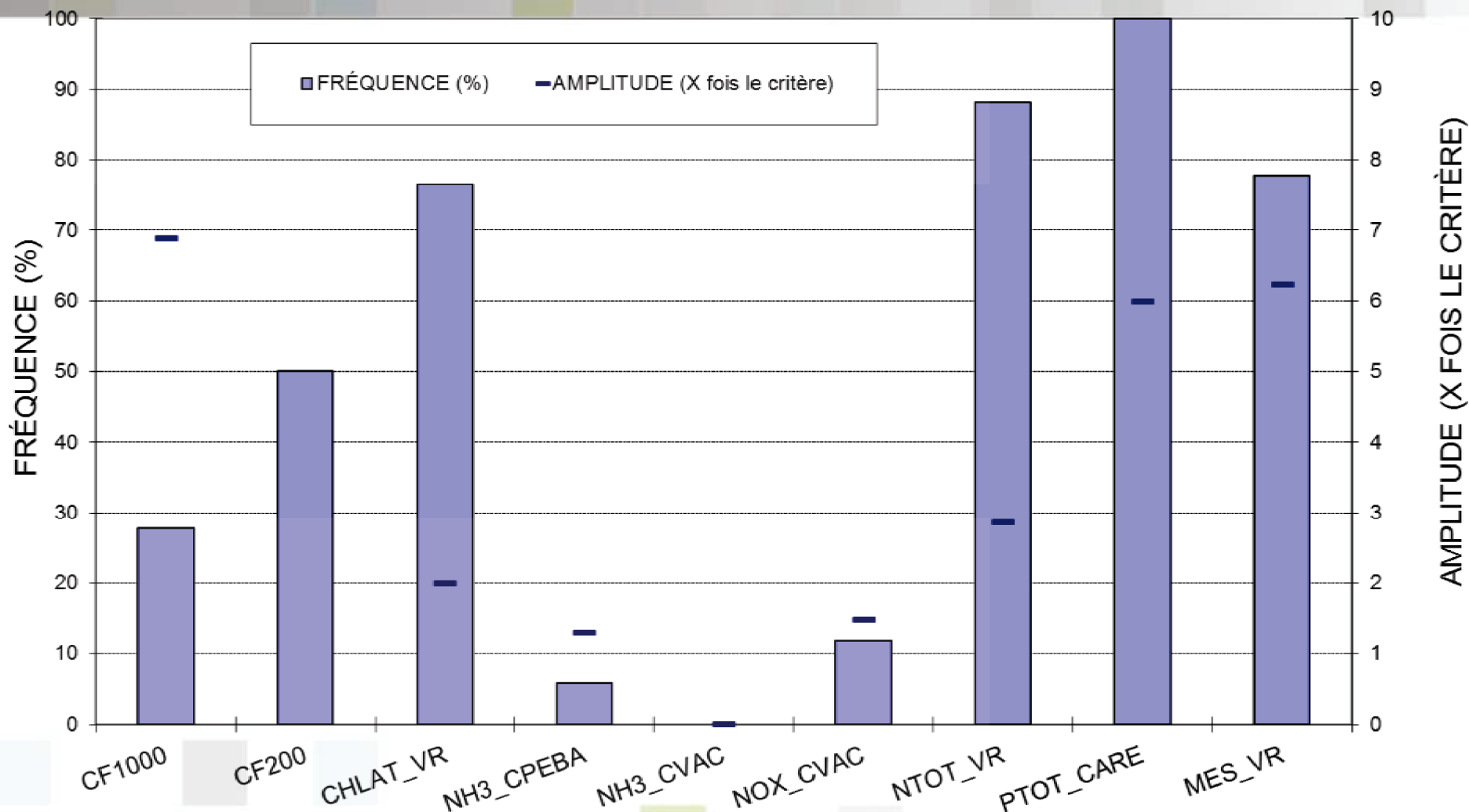
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Saint-François** (03020031), période 2012-2014



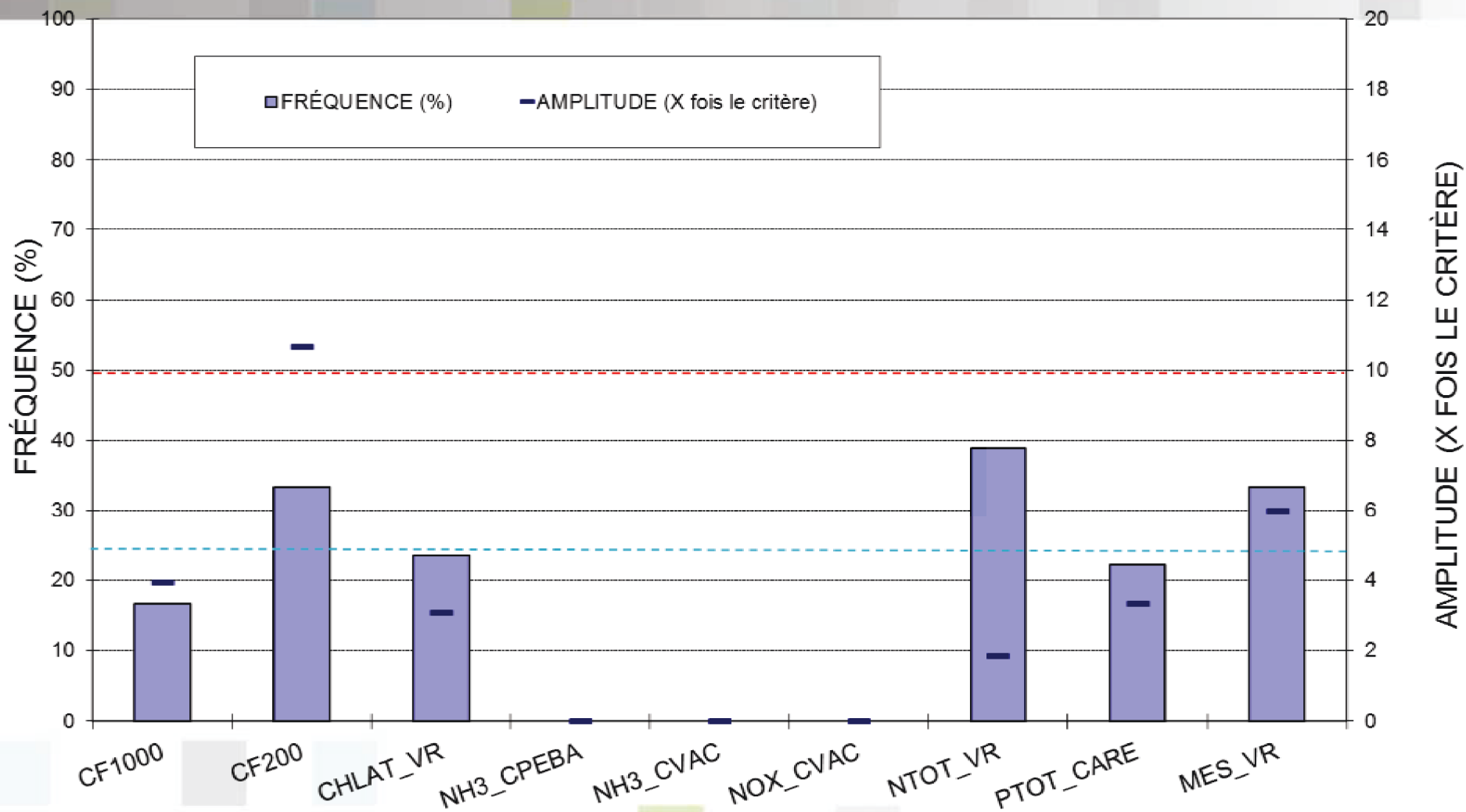
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière **Nicolet Sud-Ouest** (03010009), période 2012-2014



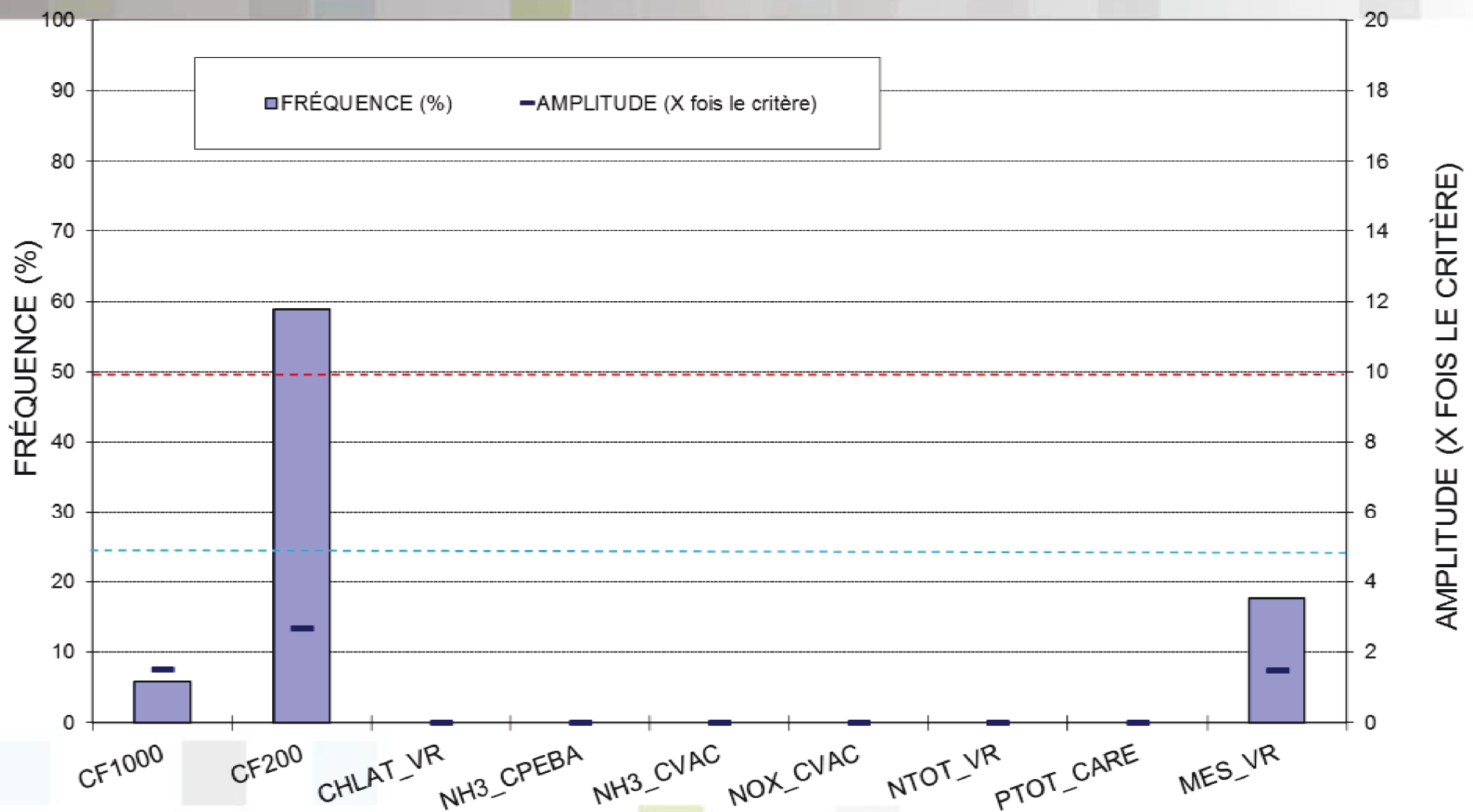
Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière St-Zéphirin (03010046), à La Visitation-de-Yamaska, période 2012-2014



Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à l'embouchure de la rivière Nicolet (03010008), période 2012-2014

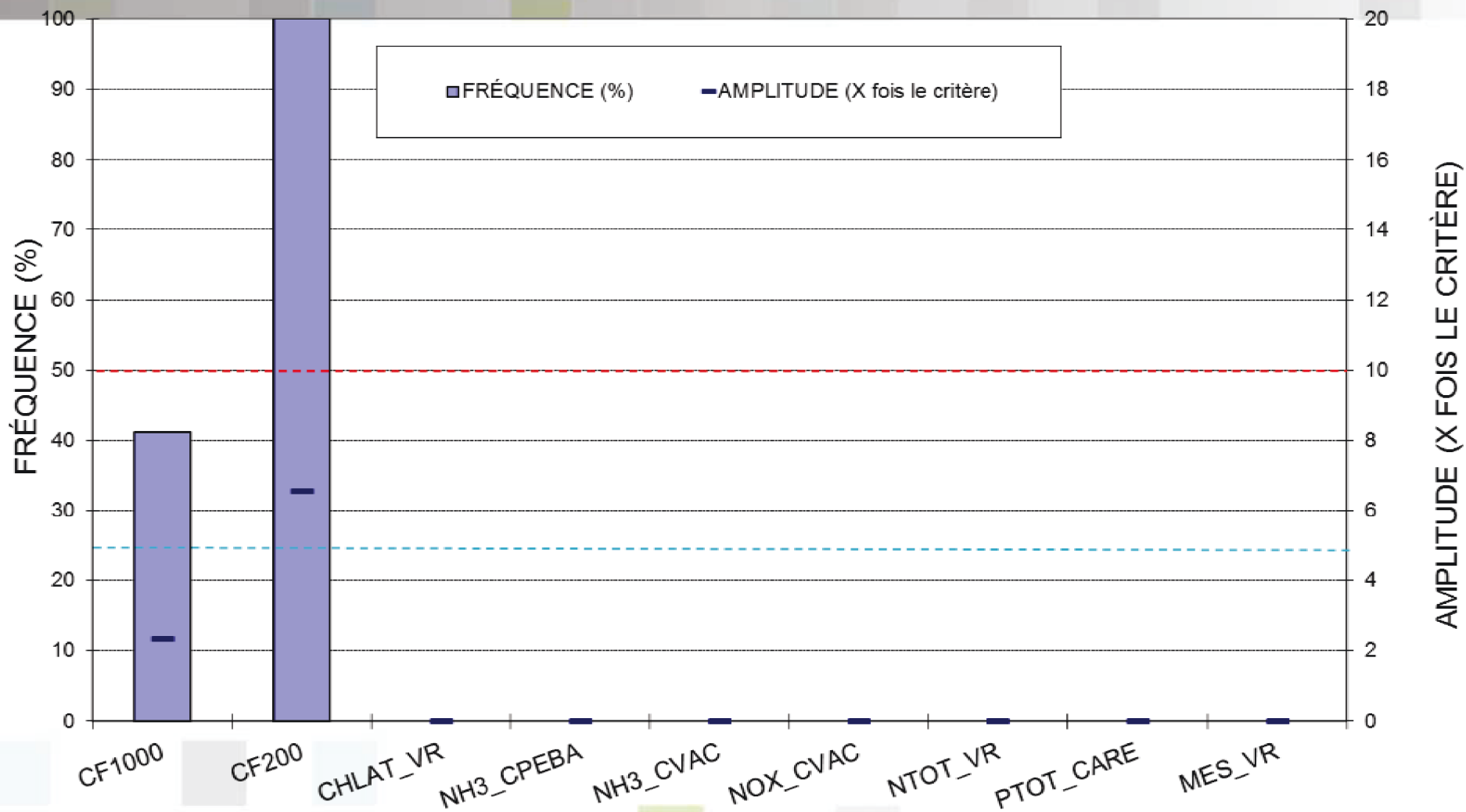


Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Trois-Rivières sud** (089), en aval du lac St-Pierre, période 2012-2014



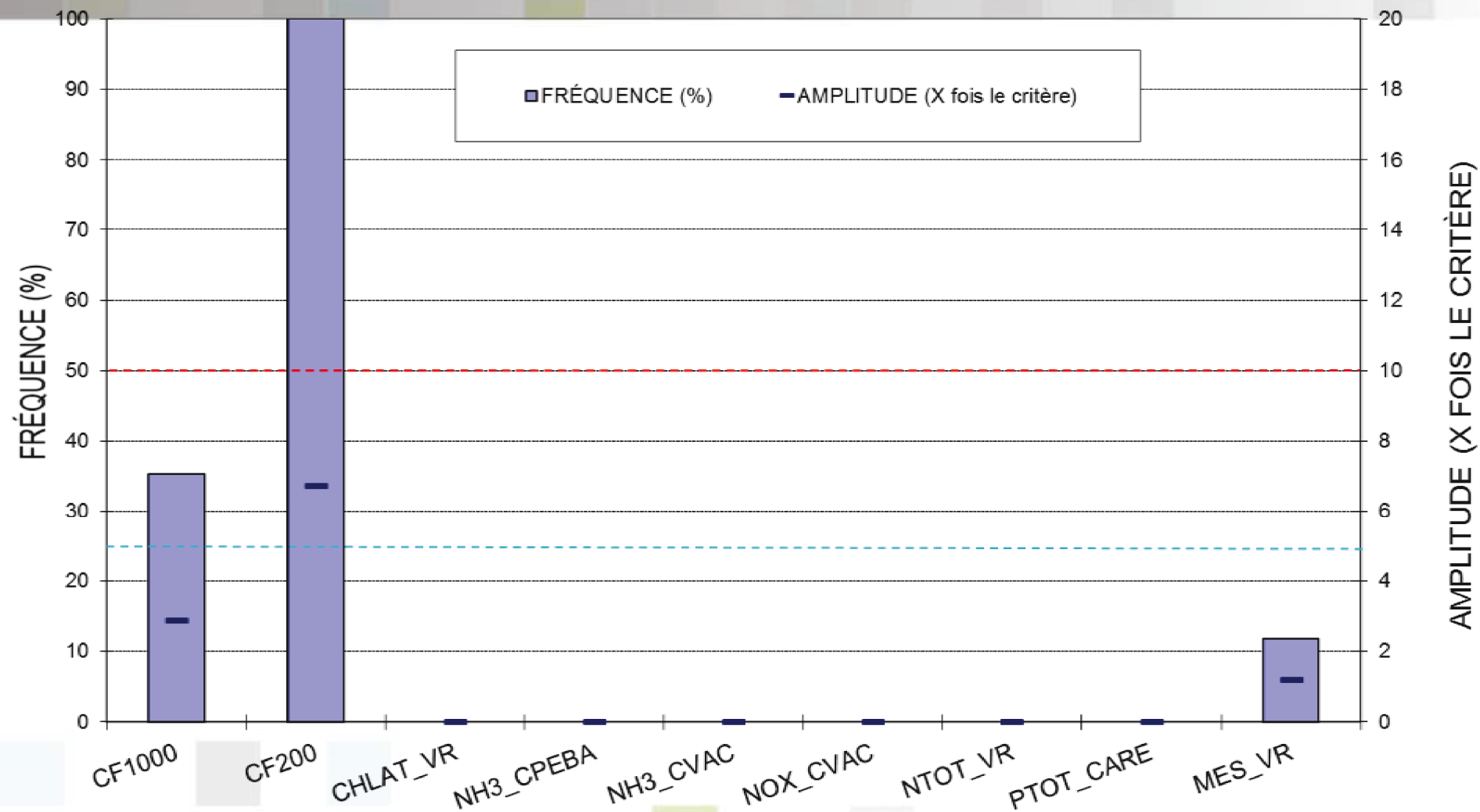
Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Trois-Rivières centre (090)**, en aval du lac St-Pierre, période 2012-2014




Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Fréquence et amplitude moyenne des dépassements estivaux (mai-oct.) de certains critères de qualité et valeurs repères à la station de **Trois-Rivières nord (091)**, en aval du lac St-Pierre, période 2012-2014



Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques



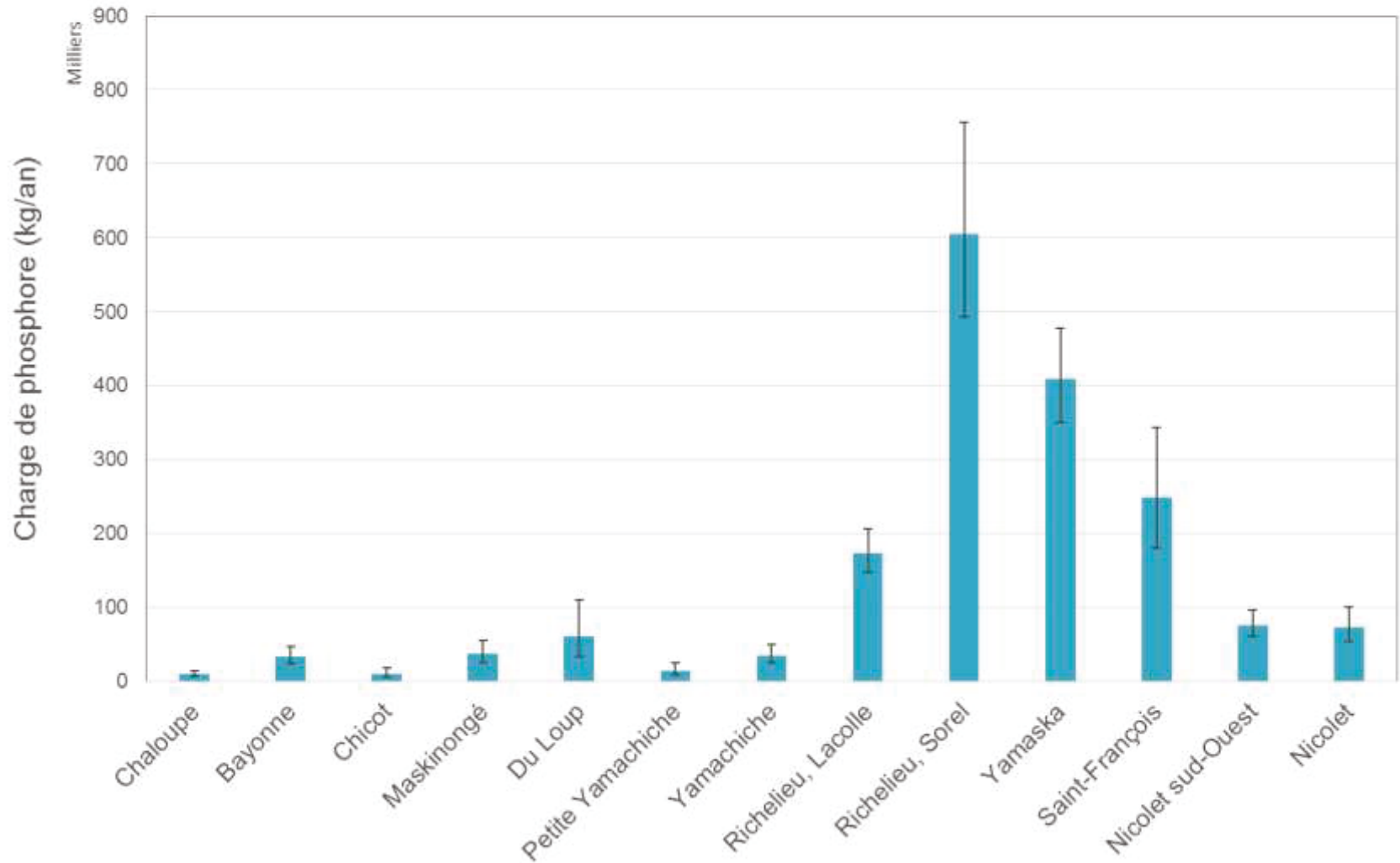
Charges annuelles moyennes de phosphore de certains tributaires du lac St-Pierre 2009-2012

Patoine (2016, en préparation)
FLUX32 (USACE; Walker, 1982; 1985)

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Charges moyennes annuelles de phosphore des tributaires du lac Saint-Pierre 2009-2012 (intervalle de confiance à 95 %)

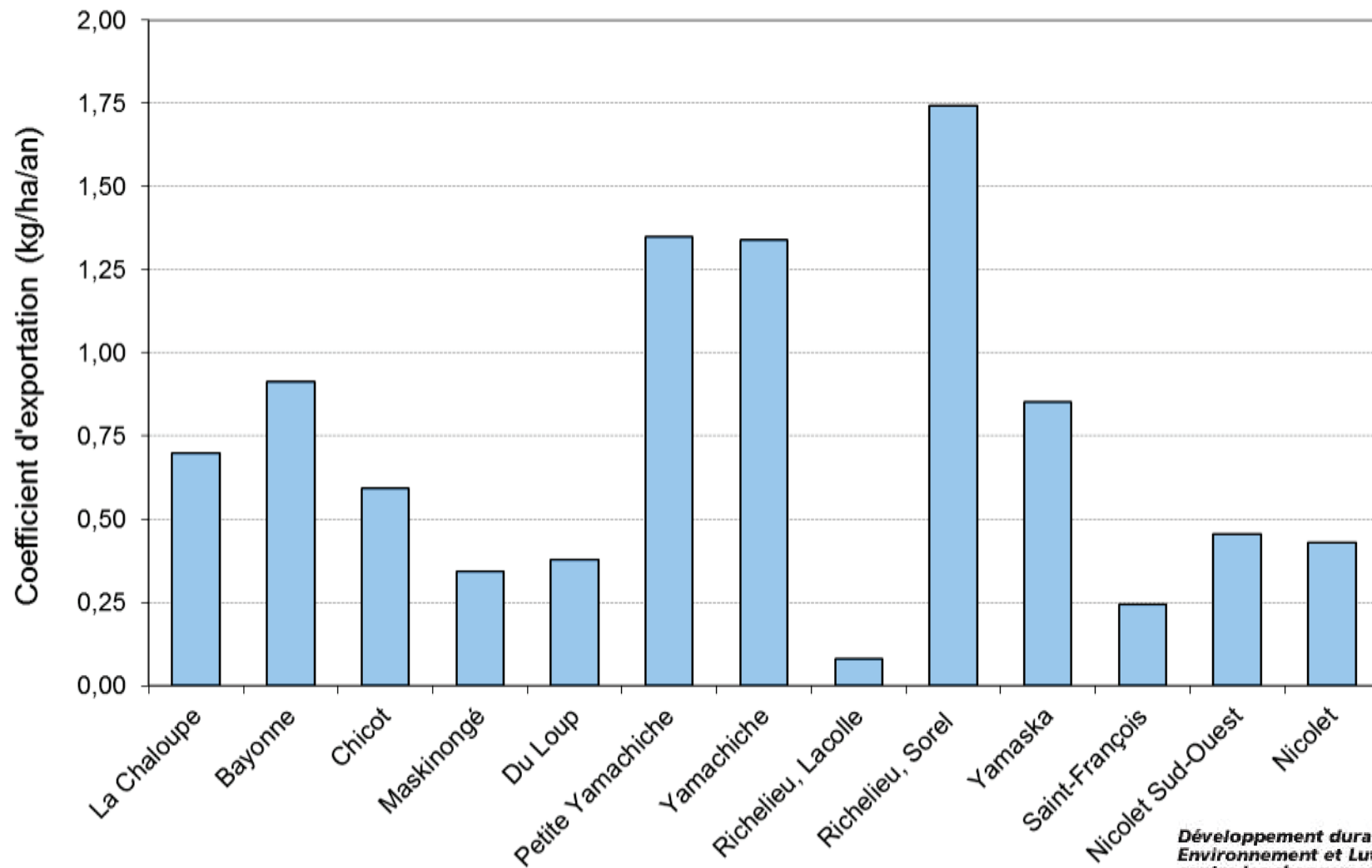


Patoine, 2016 (en prép.); FLUX32 (Walker, 1987; 1996)

**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**



Coefficient d'exportation de phosphore des tributaires du lac Saint-Pierre 2009-2012

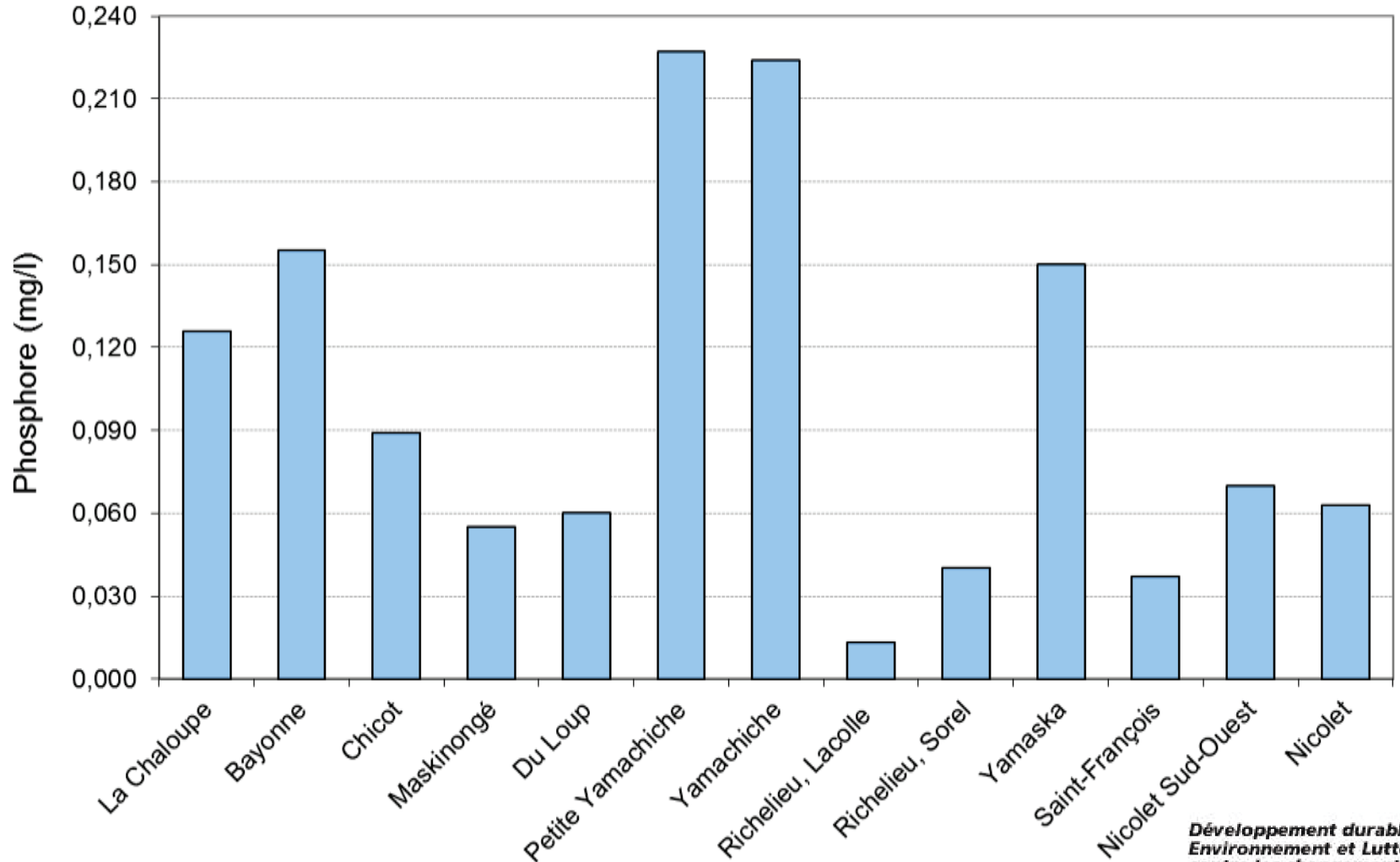


Patoine, 2016 (en prép.); FLUX32 (Walker, 1987; 1996)

**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Québec 

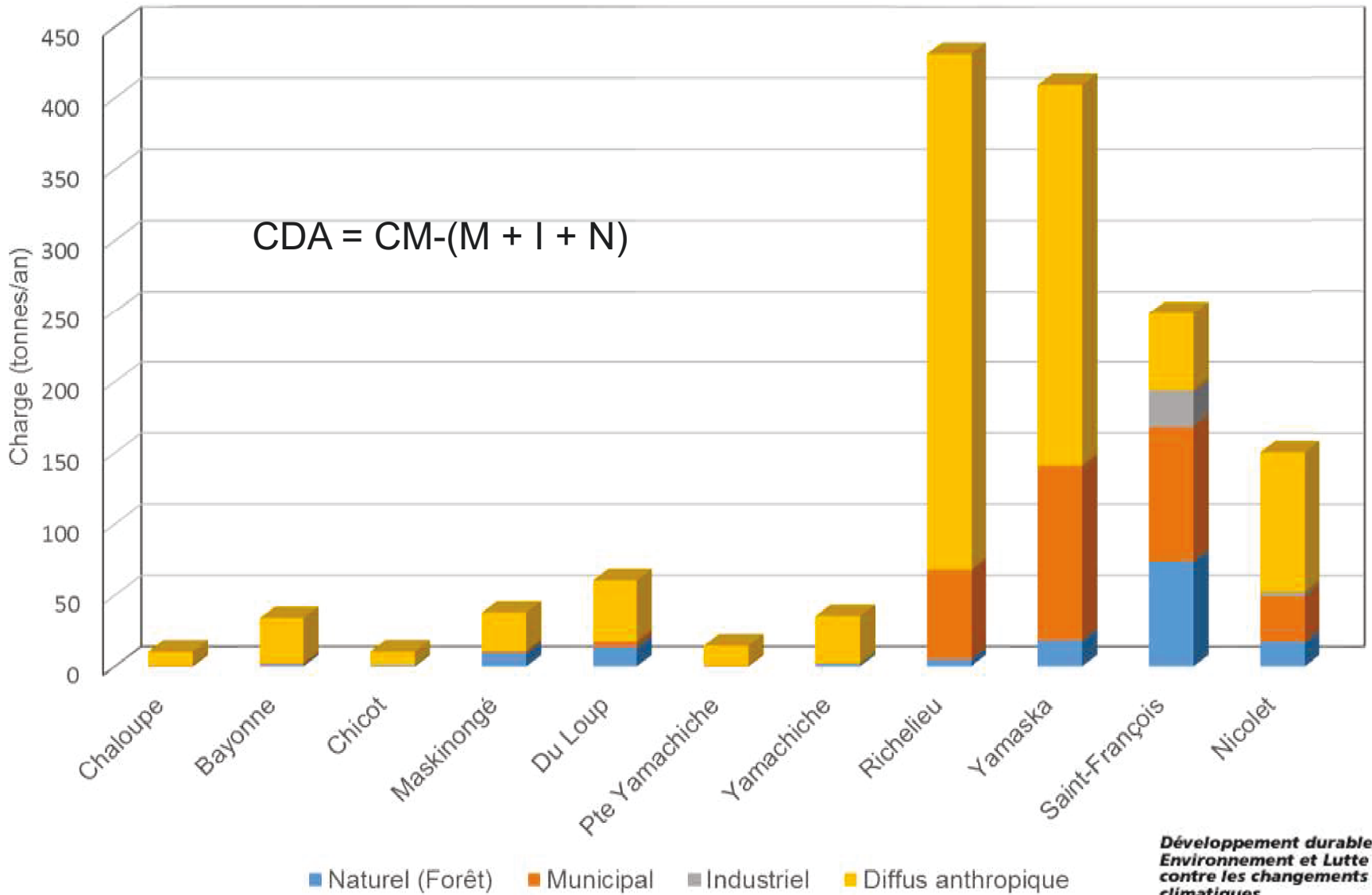
Concentrations de phosphore pondérées par le débit des tributaires du lac Saint-Pierre 2009-2012



Patoine, 2016 (en prép.); FLUX32 (Walker, 1987; 1996)

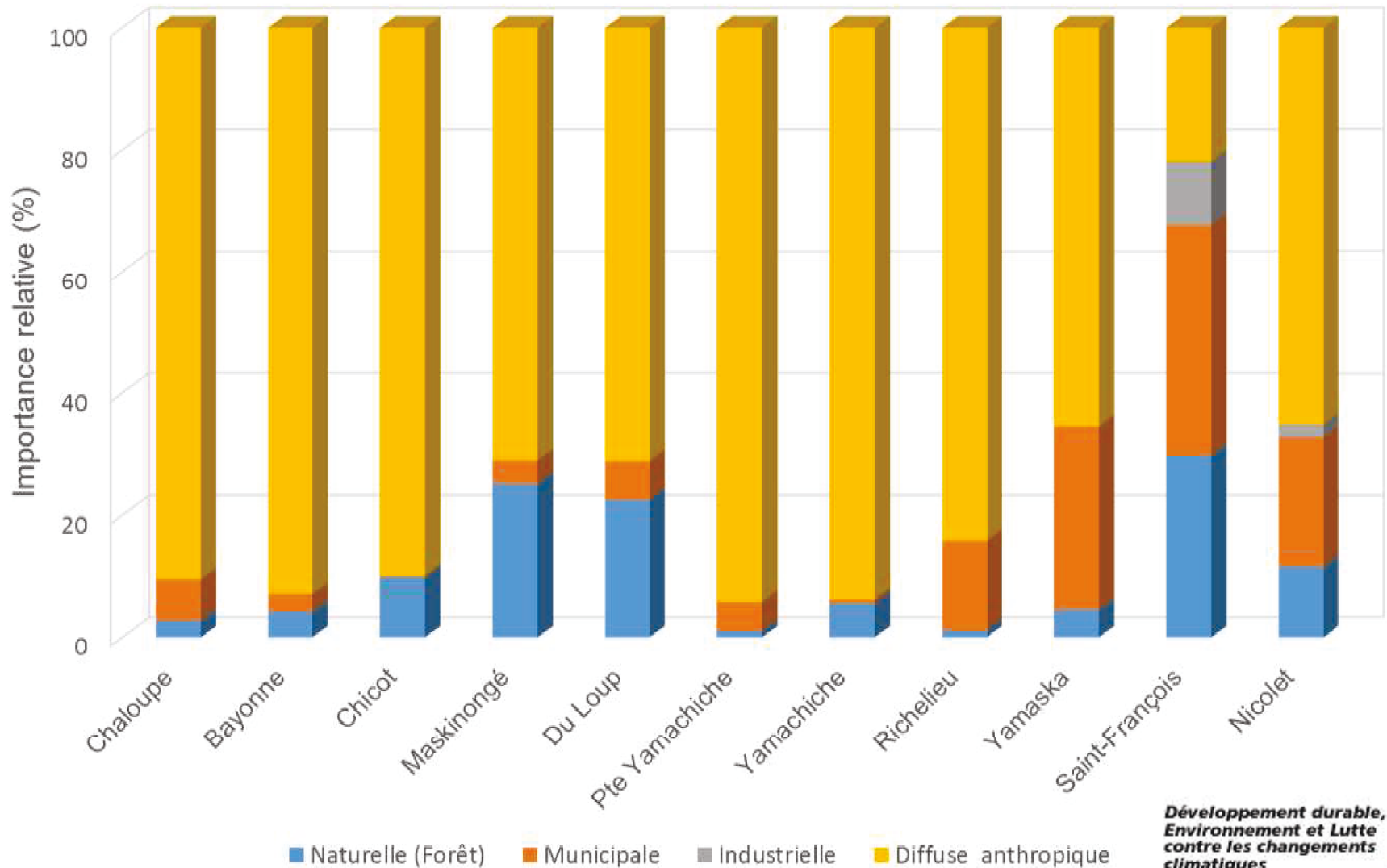
*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Charges moyennes et importance relative des sources de phosphore des tributaires du lac Saint-Pierre au cours de la période 2009-2012



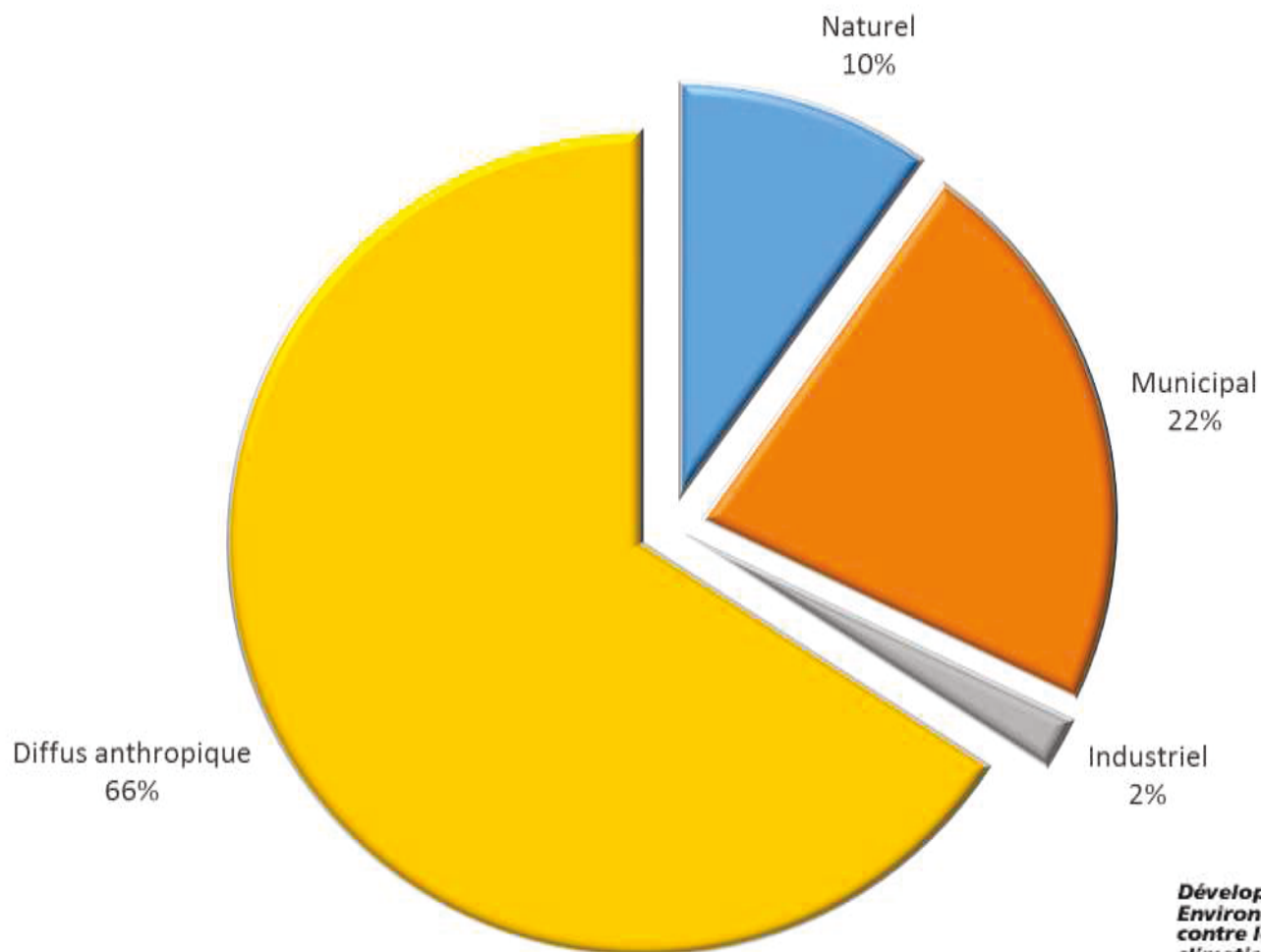
**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Importance relative des sources de phosphore dans les tributaires du lac Saint-Pierre au cours de la période 2009-2012



**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Tributaires du lac Saint-Pierre 2009-2012
Importance relative des sources de phosphore
1443,8 tonnes/an



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

Présence de pesticides dans certains tributaires et la zone littorale du lac Saint-Pierre



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*



APPORT EN PESTICIDES AU LAC SAINT-PIERRE PROVENANT DE PLUSIEURS TRIBUTAIRES AGRICOLES



Stations échantillonnées pour les pesticides entre 2006 et 2012:

5 sur la rive nord

3 sur la rive sud

2 dans le lac Saint-Pierre

Résultats dans les tributaires:

Entre 10 et 20 pesticides détectés à l'embouchure de chacune des rivières

Présence d'herbicides principalement, mais parfois quelques insecticides et fongicides

Dépassements occasionnels des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques pour l'herbicide atrazine et pour quelques insecticides

Source: Isabelle Giroux, DSEE

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec

Lac Saint-Pierre près de l'herbier de la Grande Commune

2 stations échantillonnées en 2008 dans le panache des rivières Yamaska et Saint-François près de l'herbier de la Grande Commune

14 pesticides détectés :

11 herbicides

2 insecticides

1 fongicide

Pas de dépassement des critères de qualité de l'eau, mais présence simultanée de plusieurs pesticides dont les effets conjugués peuvent avoir un impact négatif sur les écosystèmes aquatiques



Constats

- Amélioration de la qualité générale de l'eau des tributaires du lac Saint-Pierre ;
- Le traitement des sources ponctuelles urbaines, industrielles et agricoles a amorcé les changements observés ;
- L'adoption de pratiques agricoles bénéfiques qui découle de la réglementation et des programmes d'aide a permis de réduire les apports de sources diffuses ;

Constats

- Pour plusieurs cours d'eau, notamment ceux situés en zone agricole, le degré de qualité atteint laisse encore à désirer ;
- La proportion de territoire agricole et la dominance des cultures annuelles de certains bassins et sous-bassins exercent toujours une forte pression sur les milieux aquatiques (MES, éléments nutritifs et pesticides) ;

Constats

- Plusieurs rivières (Richelieu, Yamaska et Saint-François) déversent encore des charges importantes de MES et d'éléments nutritifs qui impactent le littoral sud du lac ;
- Plusieurs pesticides sont aussi détectés à l'embouchure des tributaires et dans la zone littorale du lac ;

Pollution résiduelle

L'atteinte des objectifs environnementaux demeure toujours compromise, notamment :

- par les rejets urbains en temps de pluie
 - débordements de réseaux unitaires et des émissaires pluviaux;
- par la toxicité de certains effluents ;

Changements climatiques (1)



- Les modifications du régime des précipitations, appréhendées dans le contexte des CC pourraient se traduire, entre autres, par :
 - des étiages sévères et prolongés (périodes où les eaux sont calmes et chaudes);
 - une fréquence accrue d'événements de pluies intenses (par ex. Irène): conditions favorisant le ruissellement de surface et l'érosion des sols (pollution diffuse);

Changements climatiques (2)



- Des mesures d'adaptation devraient être envisagées pour diminuer la vulnérabilité des bassins qui présentent déjà des problèmes de qualité de l'eau liés au ruissellement de surface et à l'érosion des sols ;
- Mesures d'adaptation « sans regrets », c'est-à-dire rentables et utiles en soi indépendamment de l'ampleur des CC.

Un même défi

Celui de la gestion intégrée et concertée à l'échelle des bassins versants.

La Stratégie de restauration du lac Saint-Pierre constitue un défi de taille pour les ministères et organismes impliqués.

Conclusion

- En dépit des gains effectués, des efforts additionnels seront requis de la part de tous les acteurs de l'eau (milieux urbain, industriel et agricole) pour préserver les acquis et améliorer davantage l'état des tributaires du lac Saint-Pierre.



Merci pour votre attention!
Vous avez des questions?