

An aerial photograph of a coastal town and lagoon system. The town is built on a narrow strip of land, with buildings and roads visible. The lagoon is a large body of water, with several smaller channels and inlets. The sky is clear and blue.

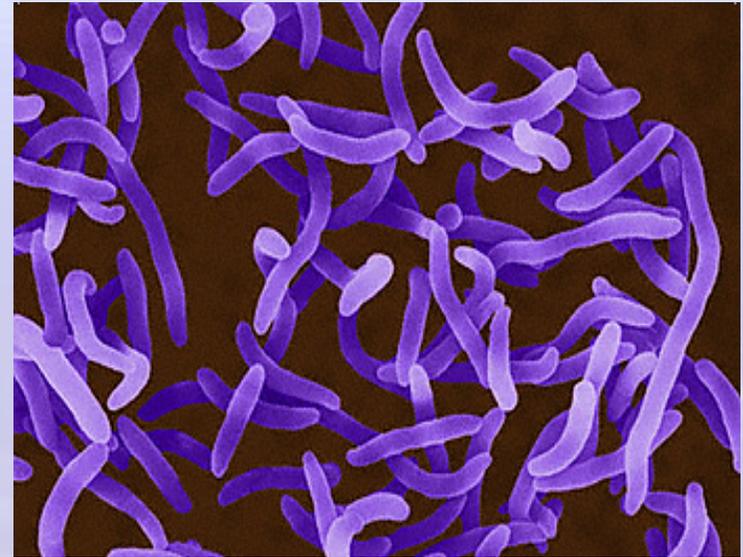
**Approche pour une modélisation de la dynamique
des *Vibrio* pathogènes humains dans les lagunes
du Golfe d'Aigues Mortes
et pour une analyse économique et une
prospective des conséquences de leur émergence**

**Patrick MONFORT
Hélène REY-VALETTE**

UMR 5119 ECOSYM (CNRS, UM2&1, Ifremer, IRD), Equipe Pathogènes et Environnement, Montpellier
"Laboratoire Montpellierain d'Economie Théorique et Appliquée » LAMETA, Montpellier

Genre *Vibrio*

- Famille des *Vibrionaceae*
- Bacille incurvé à Gram négatif, mobile
- Milieux marins et marins-côtiers
- 98 espèces
- Interaction avec les autres organismes
 - Symbiose
Vibrio fischeri (*Euprymna scolopes*)
 - Pathogènes
Vibrio aesturianus (huître)



Vibrio parahaemolyticus
Vibrio vulnificus
Vibrio cholerae

➔ Infections humaines

Infections humaines à *Vibrio*

- *V. parahaemolyticus*

Thermostable Direct Hemolysin (TDH)
TDH-Related Hemolysin (TRH)

- *V. vulnificus*

Toxines et hémolysines (vvhA, ...)

- *V. cholerae* non-O1 / non-O139

- *V. cholerae* O1 / O139

CT (Cholera toxine), RTX (Repeat in toxin),
hémolysine (HlyA), TCP (Toxin coregulated
pilus)

- Exposition de plaies à l'eau de mer
- Ingestion de produits de la mer crus ou mal cuits



- Gastro-entérites
- Infection cutanée, septicémie

- Ingestion de produits de la mer crus ou mal cuits, eau contaminée
- Contamination inter-humaine

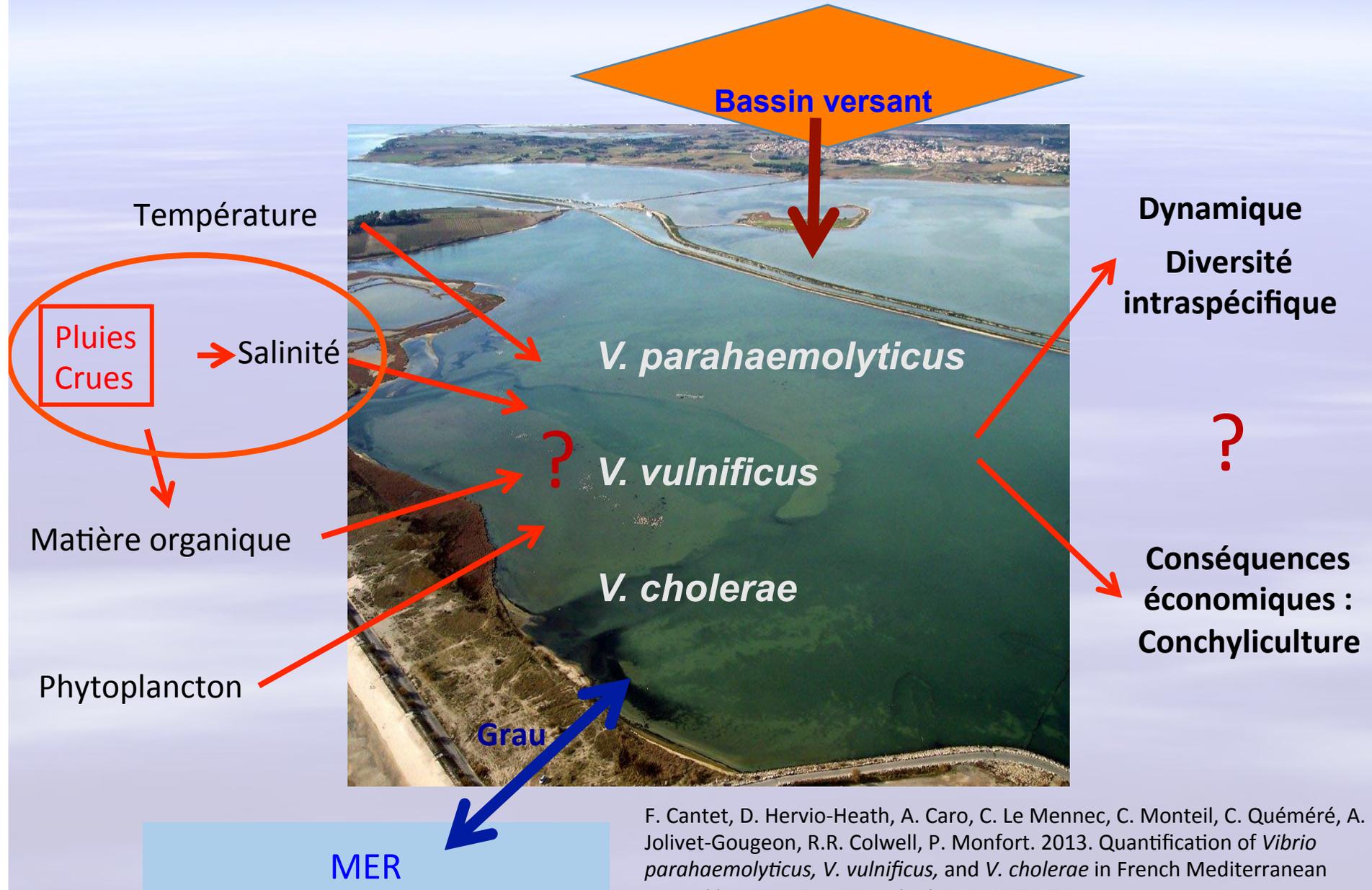


- Cholera

***Vibrio* pathogènes humains**

- Bactéries autochtones des milieux marins-côtiers
(eau, sédiments, coquillages)
- Dynamique saisonnière
(faibles concentrations en période hivernale : effet T°)
- La baisse de salinité influence positivement leur présence
(deltas, estuaires, lagunes, ...)

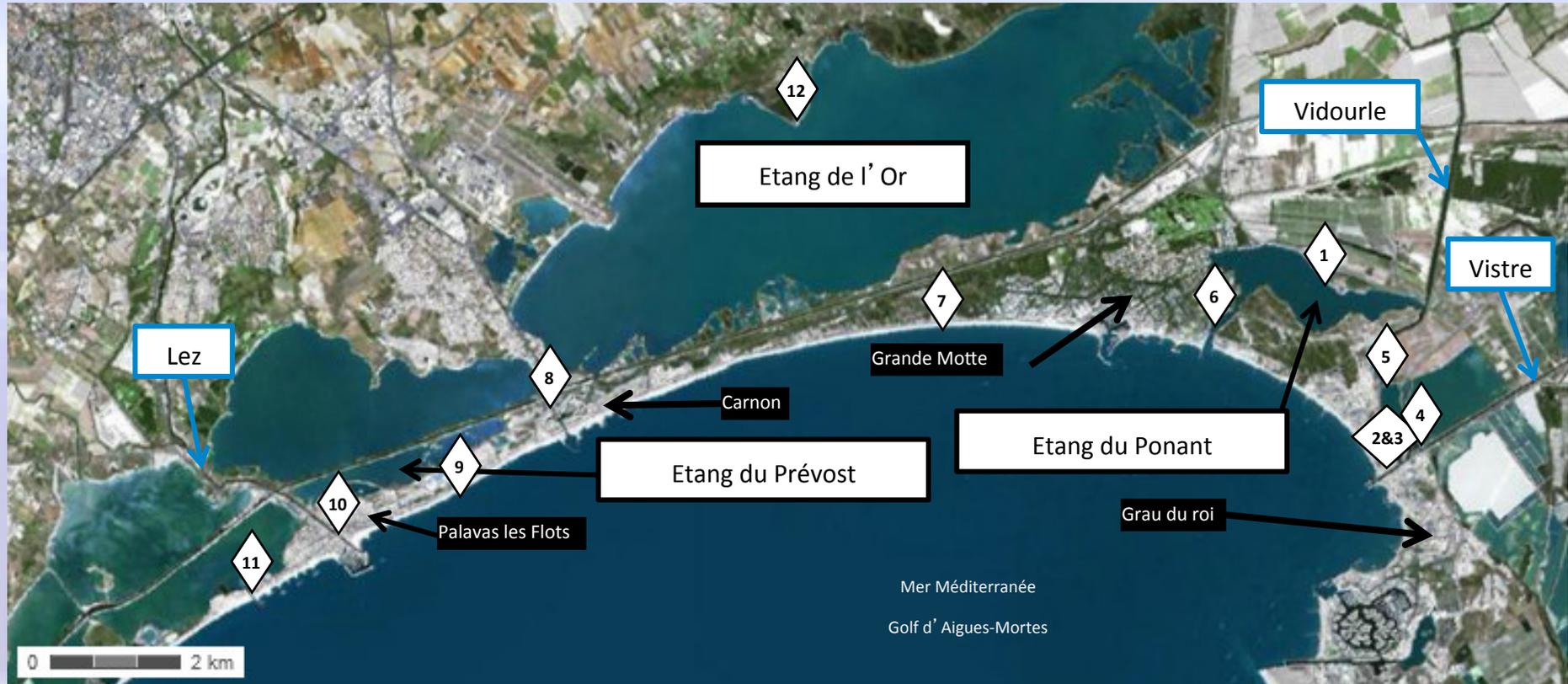
Problématique



F. Cantet, D. Hervio-Heath, A. Caro, C. Le Mennec, C. Monteil, C. Quéméré, A. Jolivet-Gougeon, R.R. Colwell, P. Monfort. 2013. Quantification of *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, and *V. cholerae* in French Mediterranean coastal lagoons. *Res. Microbiol.* 164 : 867-874.

Dynamique des *Vibrio* pathogènes humains
dans des lagunes méditerranéennes

Stations d'échantillonnage



1. Etang du Ponant

2. Canal du Grau du Roi (surface)

3. Canal du Grau du Roi (profond >2m)

4. Vistre à l'entrée du Grau

du Roi

5. Plan d'eau du Vidourle

6. Grau du Ponant

7. Plage du Grand Travers

8. Grau de Carnon

9. Plage de Palavas

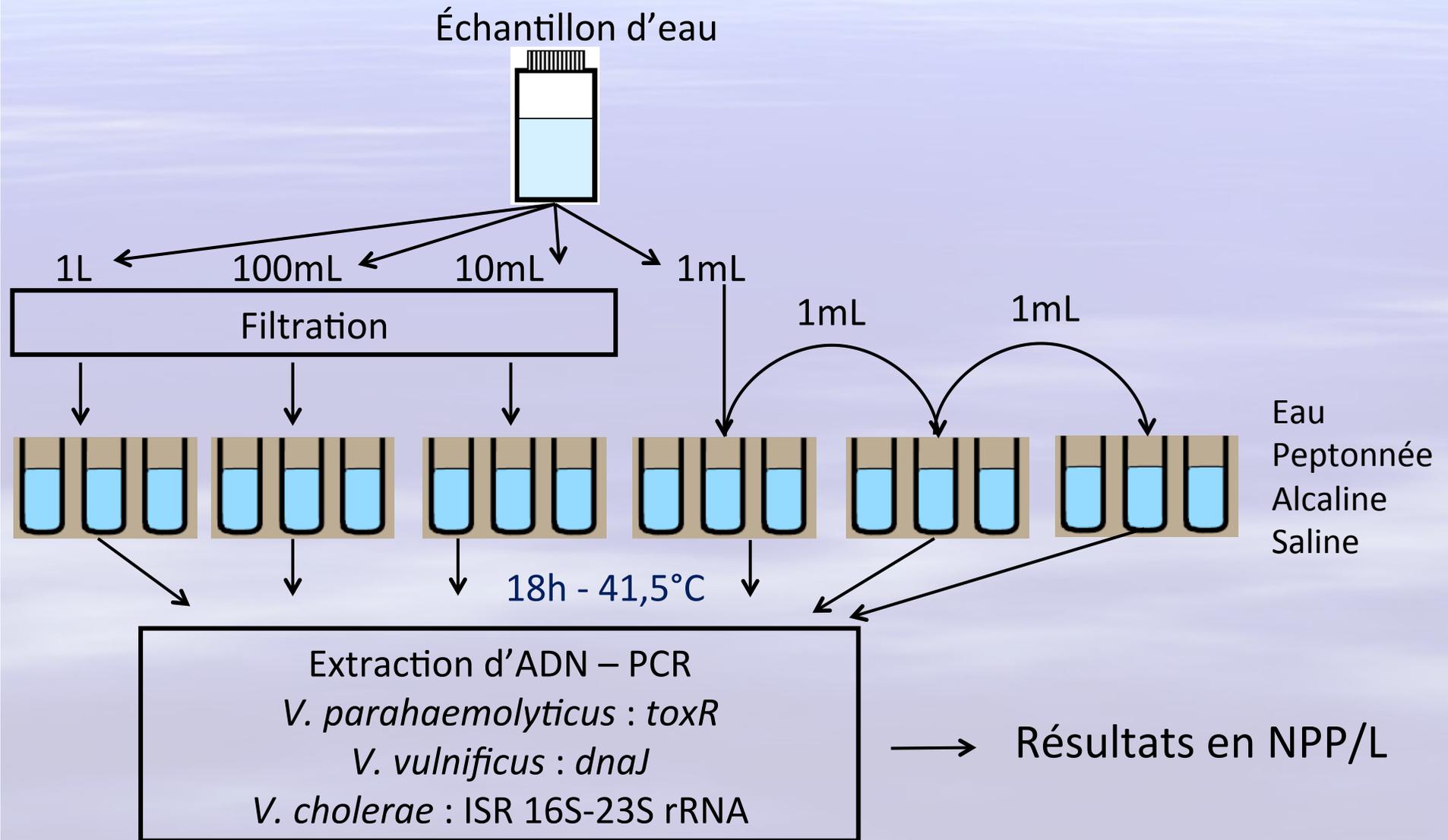
10. Canal du Lez

11. Grau du Prévost

12. Etang de l'Or

Quantification des 3 espèces de *Vibrio*

Méthode du Nombre le Plus Probable – PCR (NPP-PCR)

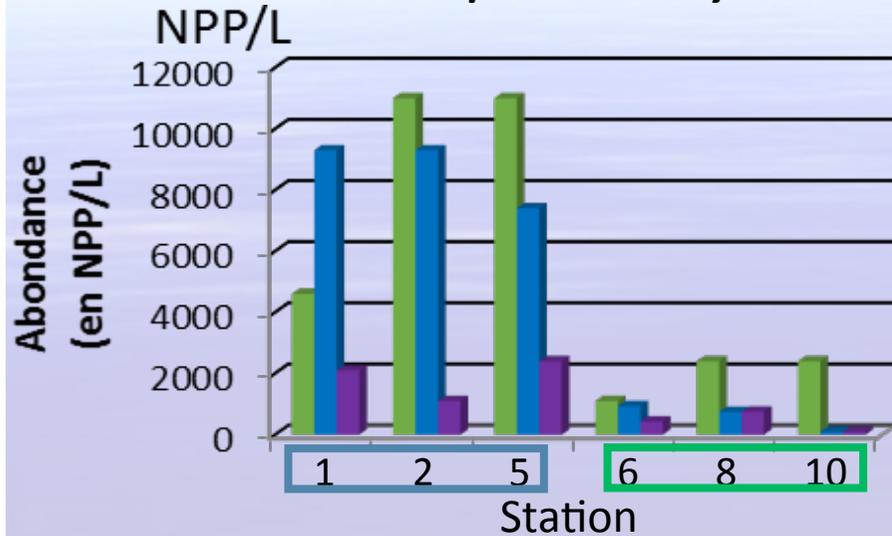


Facteurs mesurés

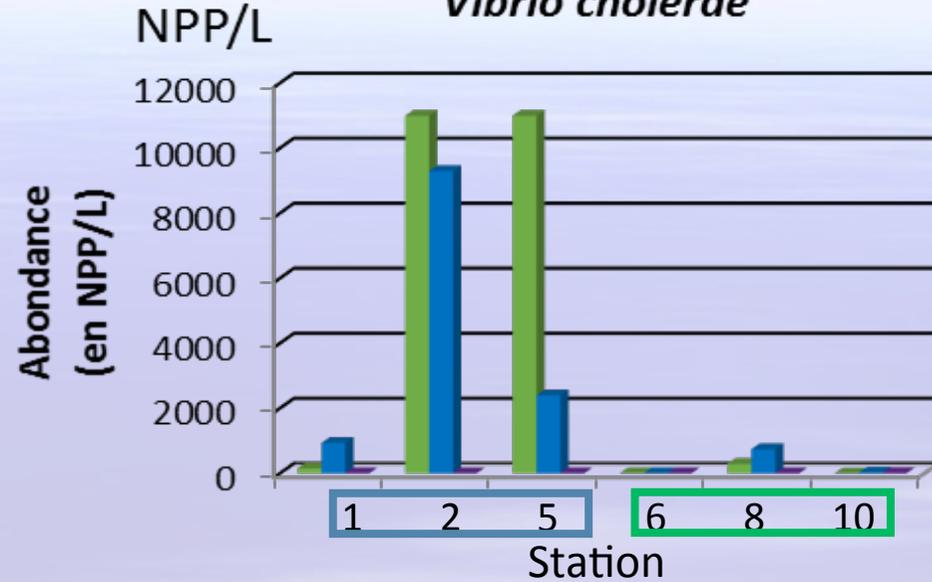
- Température, salinité, pH
- Chlorophylle *a*
- Carbone organique particulaire (COP)
- Azote organique particulaire (NOP)

Dynamique des 3 *Vibrio* en fin de période estivale

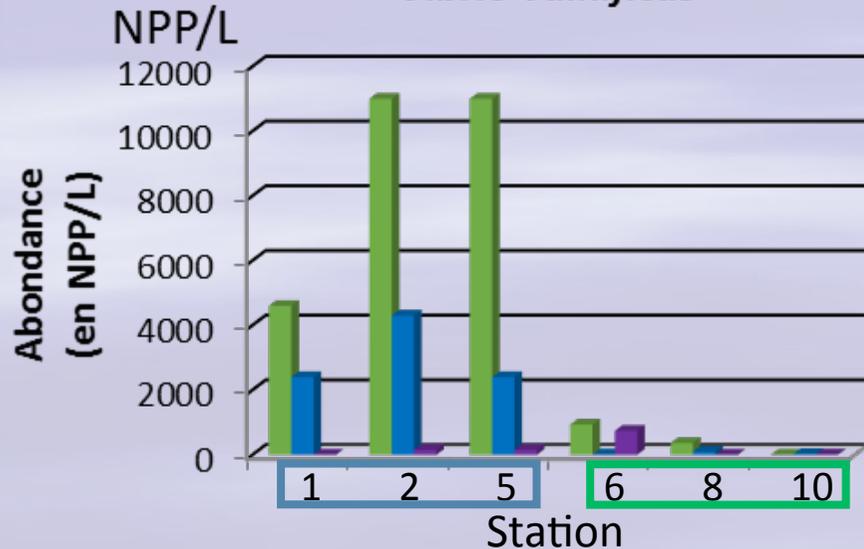
Vibrio parahaemolyticus



Vibrio cholerae



Vibrio vulnificus



Station « eau de lagune »

Station « graus, eau de mer »

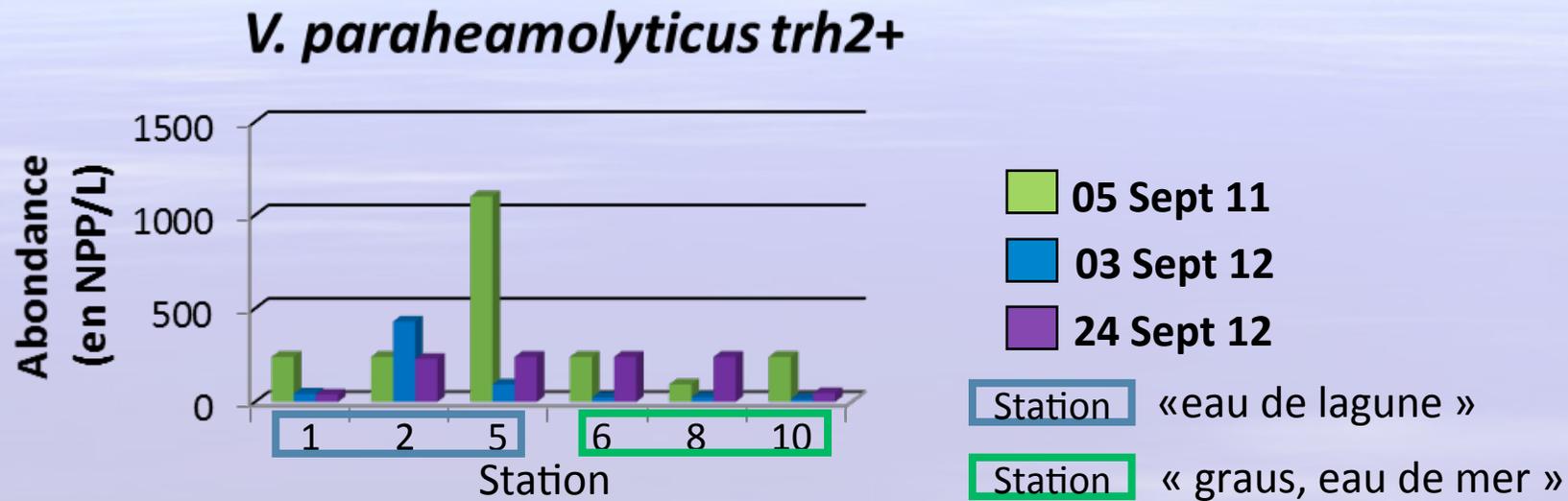
Abondances des *Vibrio* plus élevées dans les stations « eau de lagune » que dans les stations « graus, eau de mer »

05 Sept 11

03 Sept 12

24 Sept 12

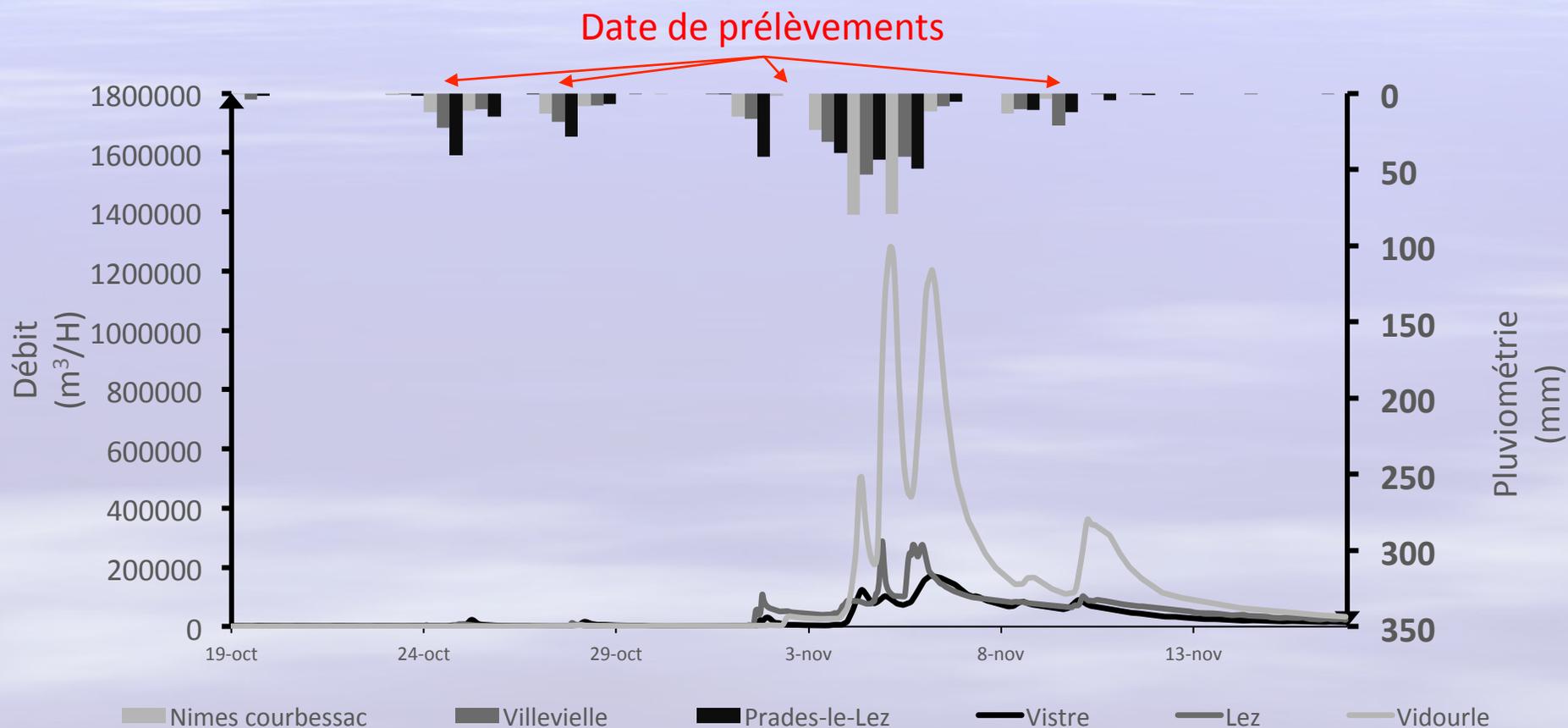
Abondance de *V. parahaemolyticus trh2+* en fin de période estivale



Absence de *V. parahaemolyticus tdh+* et *trh1+*

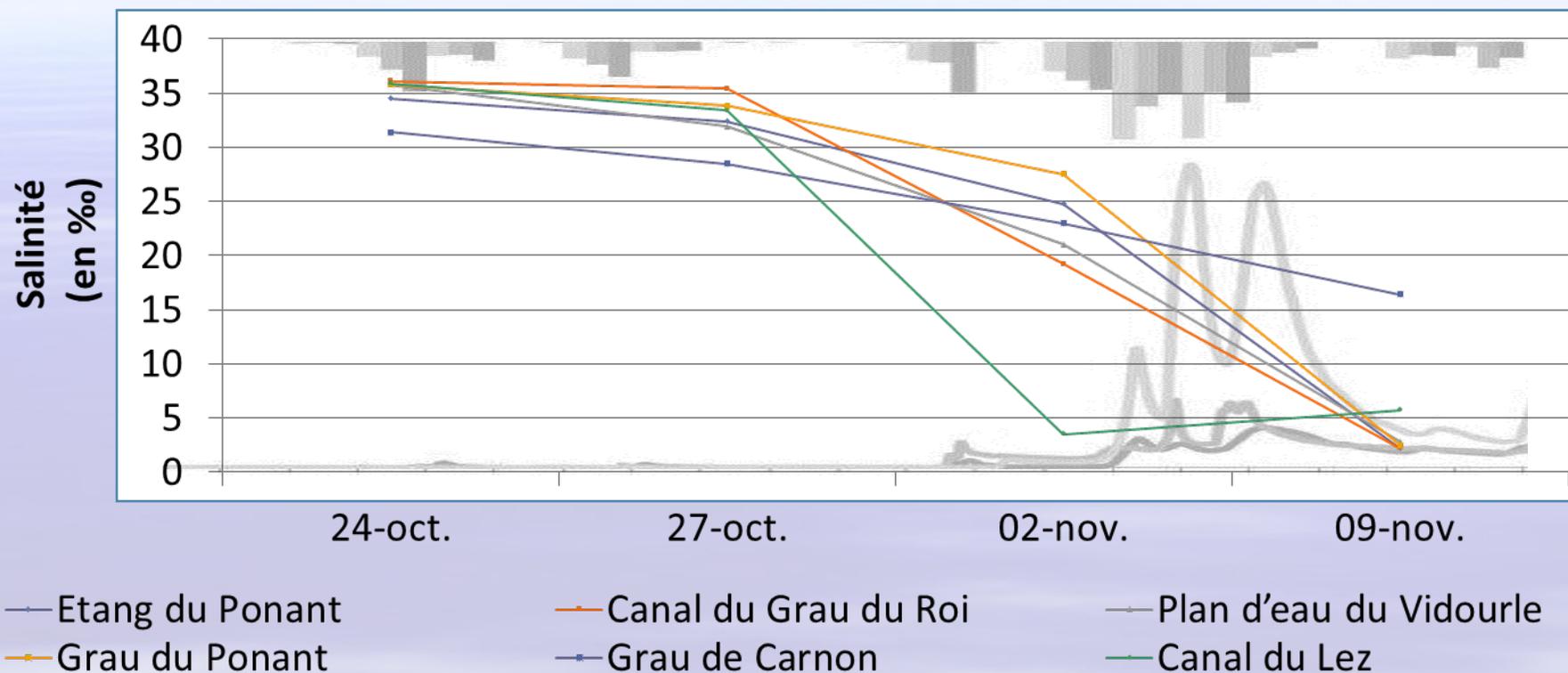
Pluies et crues de l'automne 2011

Hyétogrammes des pluies sur les bassins versants
Hydrogrammes des principales rivières



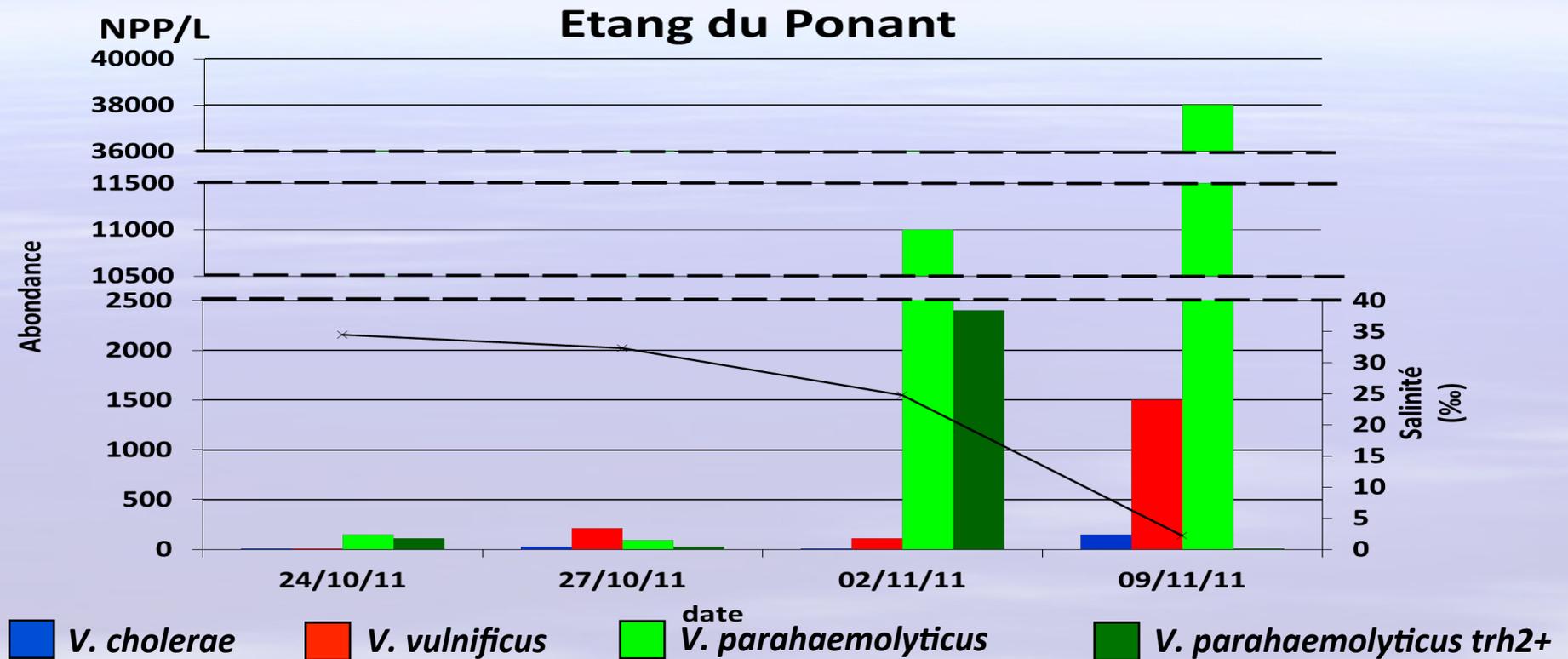
➔ Forte augmentation du débit des rivières suite aux fortes précipitations

Variation de la salinité dans les lagunes lors des crues de 2011



Forte diminution de la salinité provoquée par les apports d'eau douce des crues

Dynamique des 3 *Vibrio* lors des crues de 2011

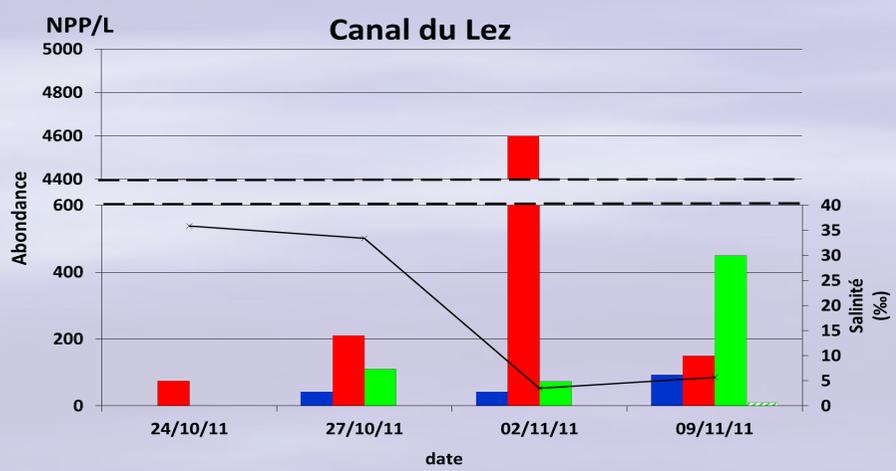
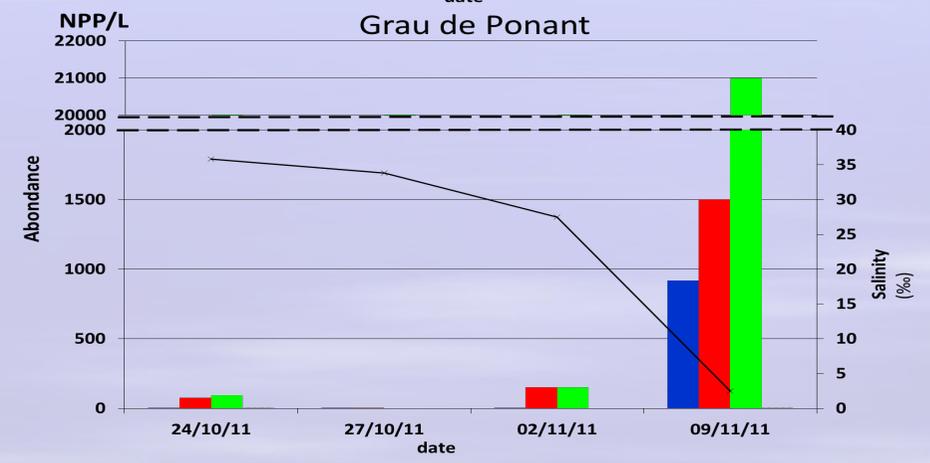
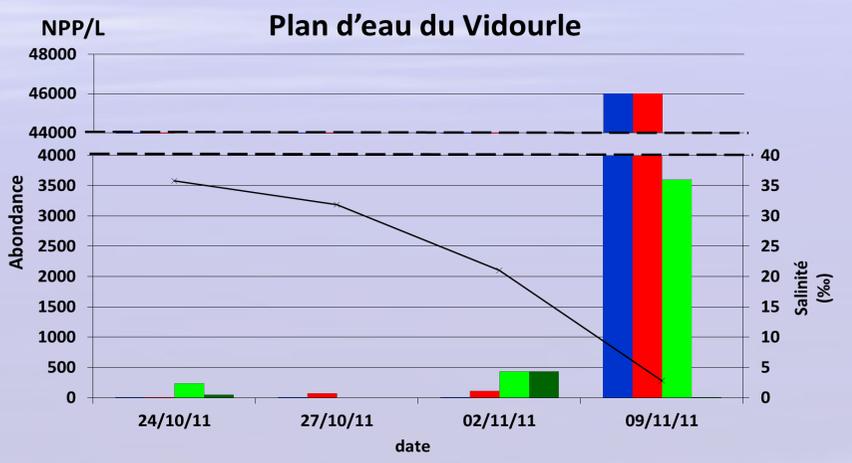
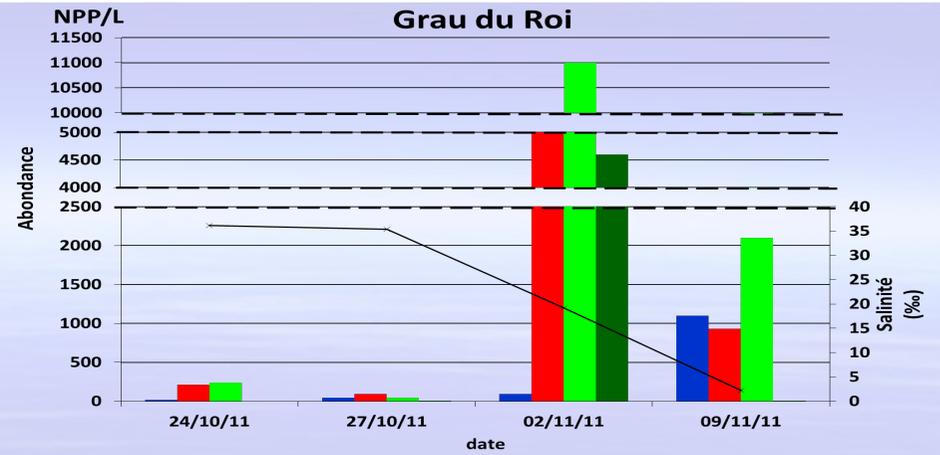
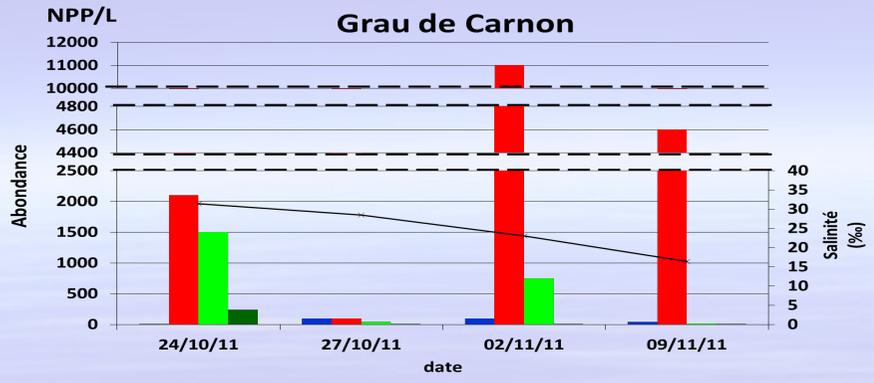


Salinité



Abondance des *Vibrio*





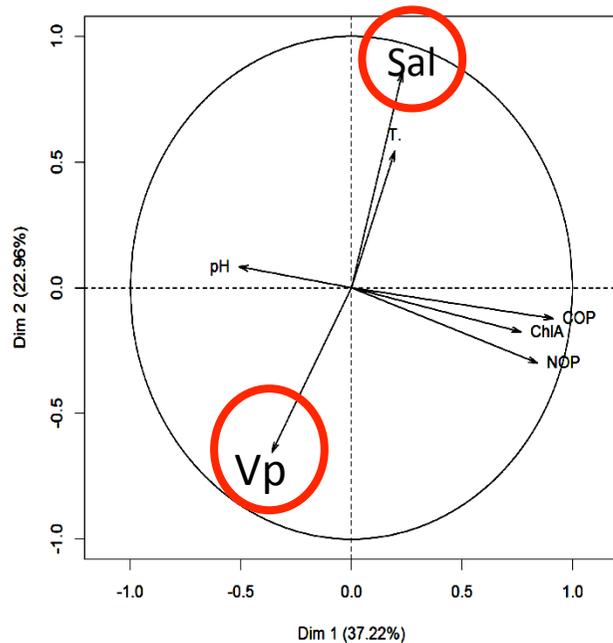
Salinité	Abondance en <i>Vibrio</i>
↓	↑

■ *V. cholerae*
 ■ *V. vulnificus*
 ■ *V. parahaemolyticus*
 ■ *V. parahaemolyticus trh2+*

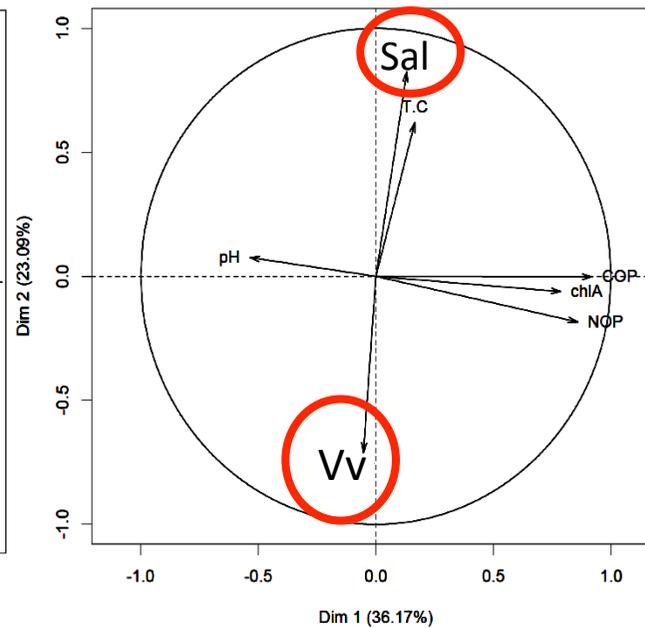
Effet des facteurs environnementaux sur la dynamique des 3 *Vibrio*

Analyse en Composante Principale (ACP)
des données de la période de crue sur tous les sites

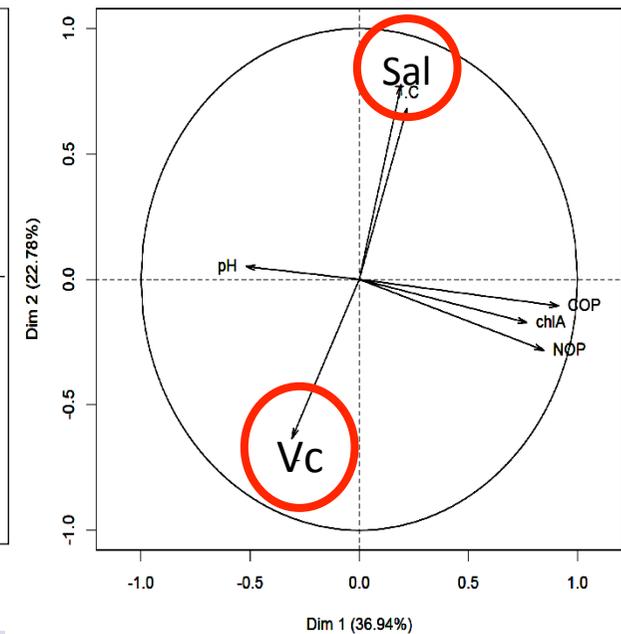
Vibrio parahaemolyticus



Vibrio vulnificus



Vibrio cholerae

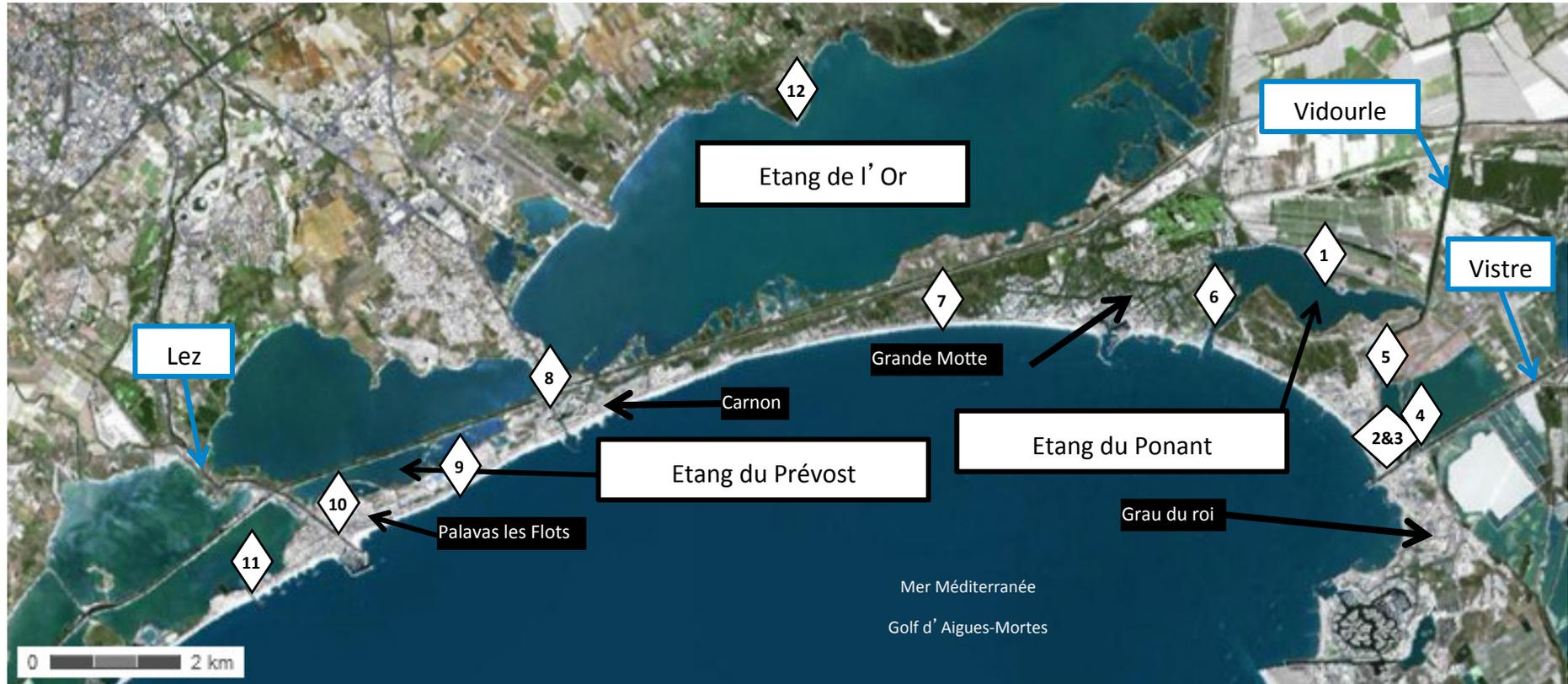


➡ Corrélation négative entre salinité et abondance des *Vibrio*

➡ Pas de corrélation avec les autres facteurs

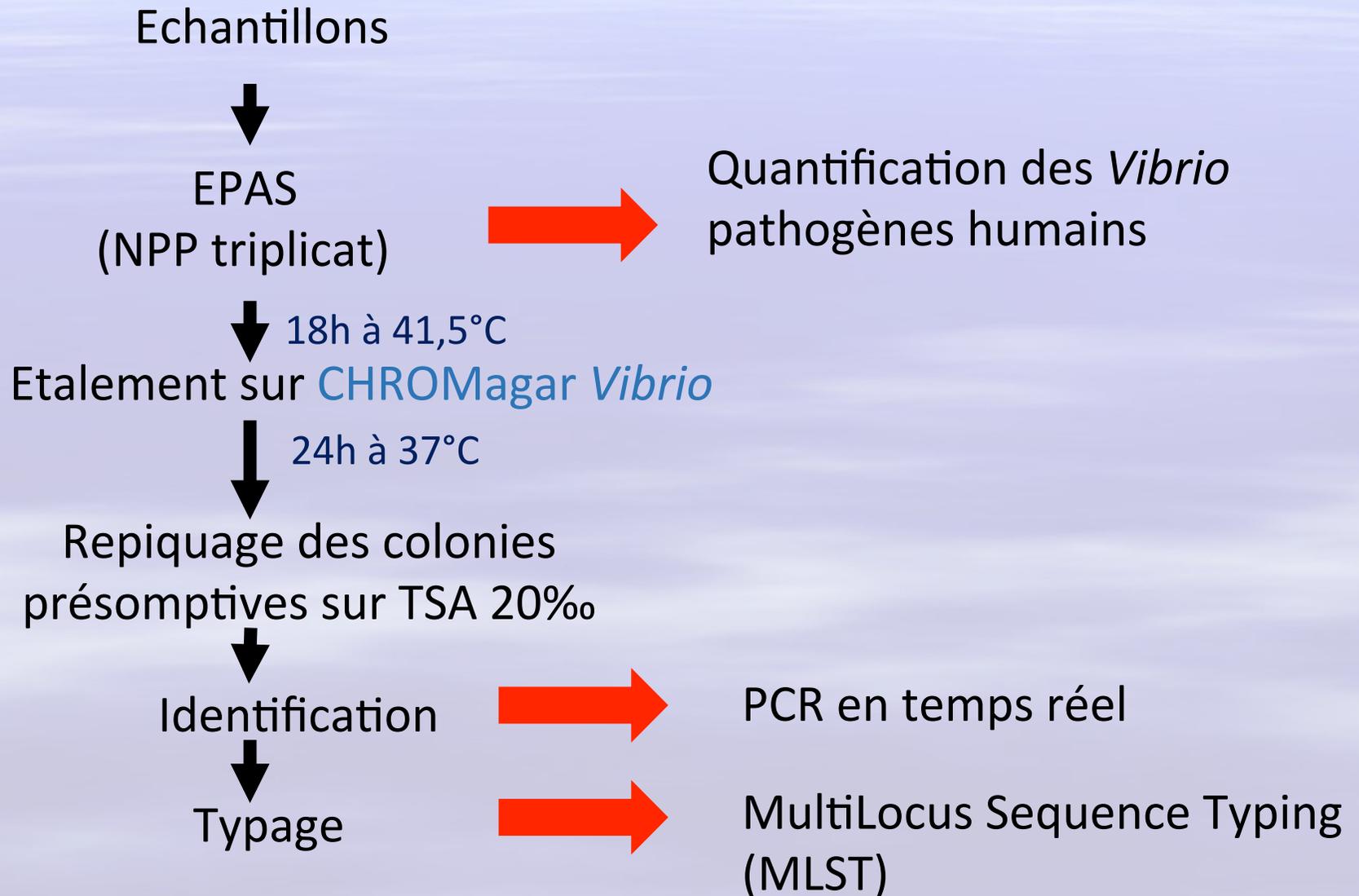
Diversité intra-spécifique
de *V. cholerae* et *V. parahaemolyticus*
dans des lagunes méditerranéennes

Stations d'échantillonnage



- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1. Etang du Ponant | du Roi | 10. Canal du Lez |
| 2. Canal du Grau du Roi (surface) | 5. Plan d'eau du Vidourle | 11. Grau du Prévost |
| 3. Canal du Grau du Roi (profond >2m) | 6. Grau du Ponant | 12. Etang de l'Or |
| 4. Vistre à l'entrée du Grau | 7. Plage du Grand Travers | |
| | 8. Grau de Carnon | |
| | 9. Plage de Palavas | |

Prélèvement des souches



Typage de *V. cholerae* et *V. parahaemolyticus* par MLST

V. cholerae

- *adk*
- *gyrB*
- *mdh*
- *metE*
- *pntA*
- *purM*
- *pyrC*

V. parahaemolyticus

- *dnaE*
- *gyrB*
- *recA*
- *dtdS*
- *pntA*
- *pyrC*
- *tnaA*

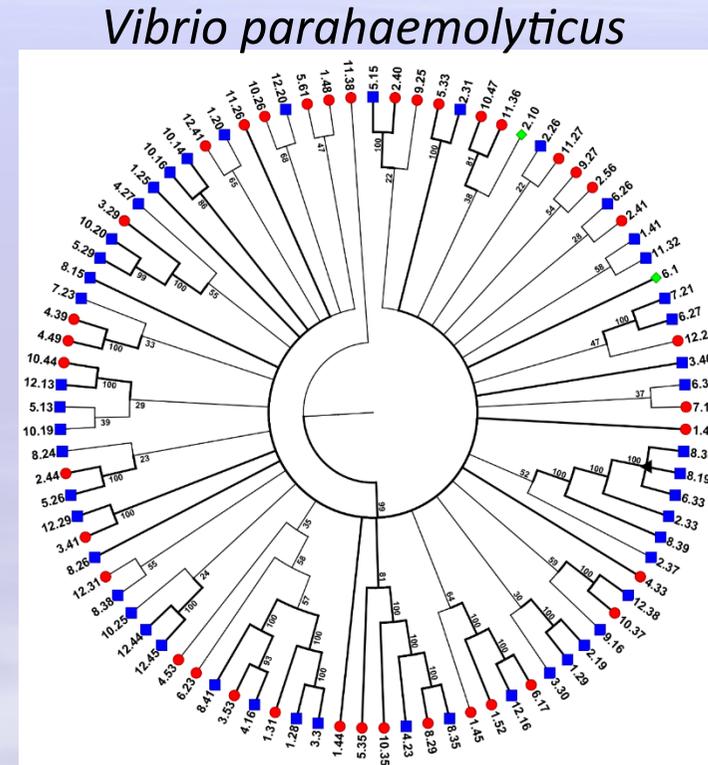
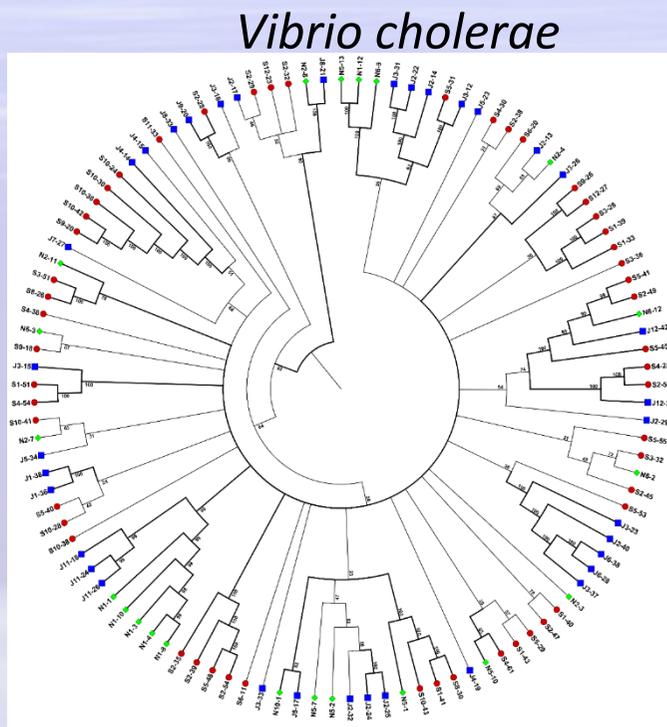
Sequence Type (ST)



Séquence unique des concaténations des 7 gènes

Diversité intraspécifique de *V. cholerae* et *V. parahaemolyticus*

Arbre phylogénétique des concaténations des 7 séquences de gènes

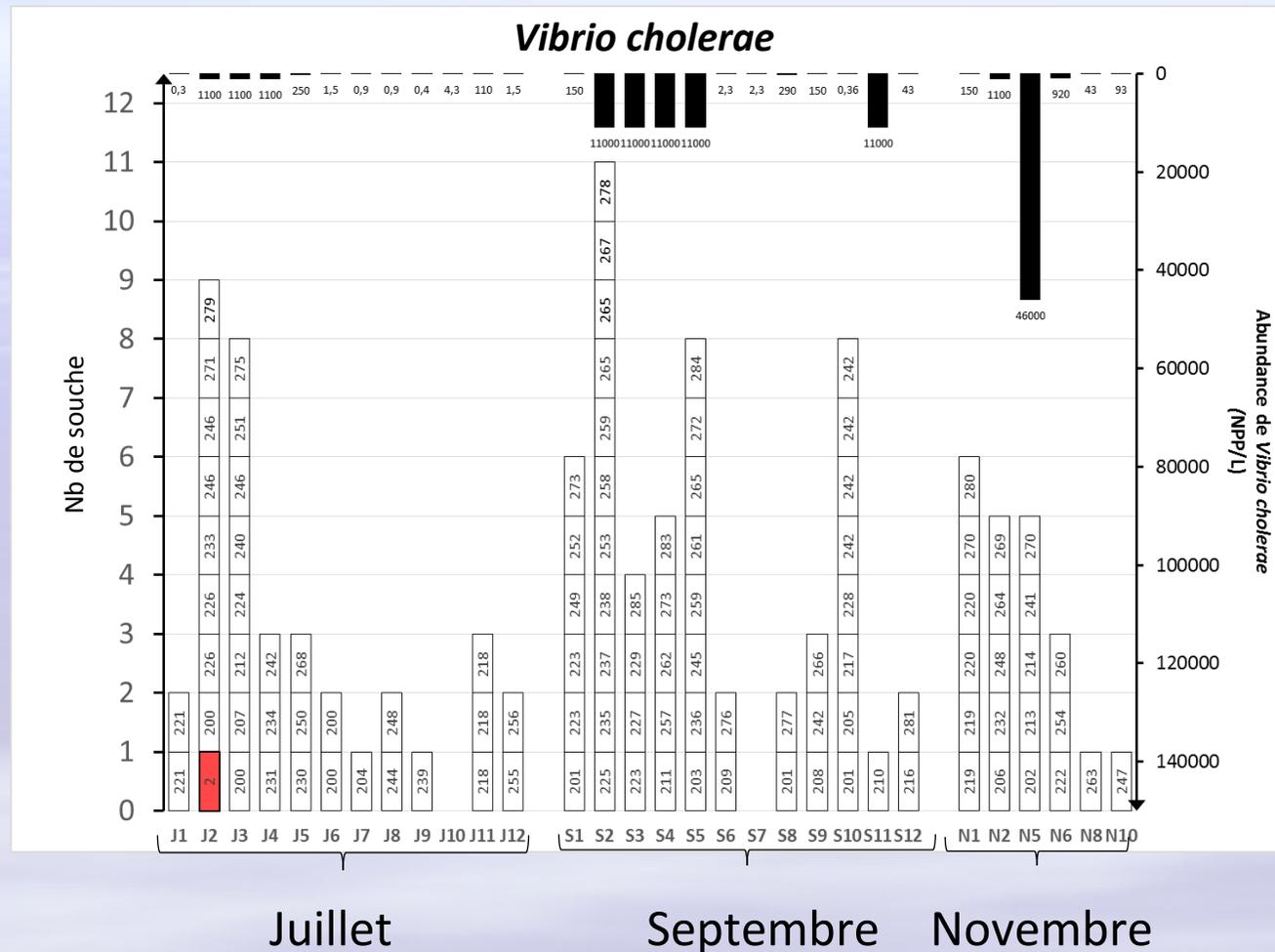


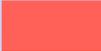
Grande diversité des souches de *Vibrio cholerae* et *Vibrio parahaemolyticus*



Diversité indépendante des sites et des dates de prélèvement

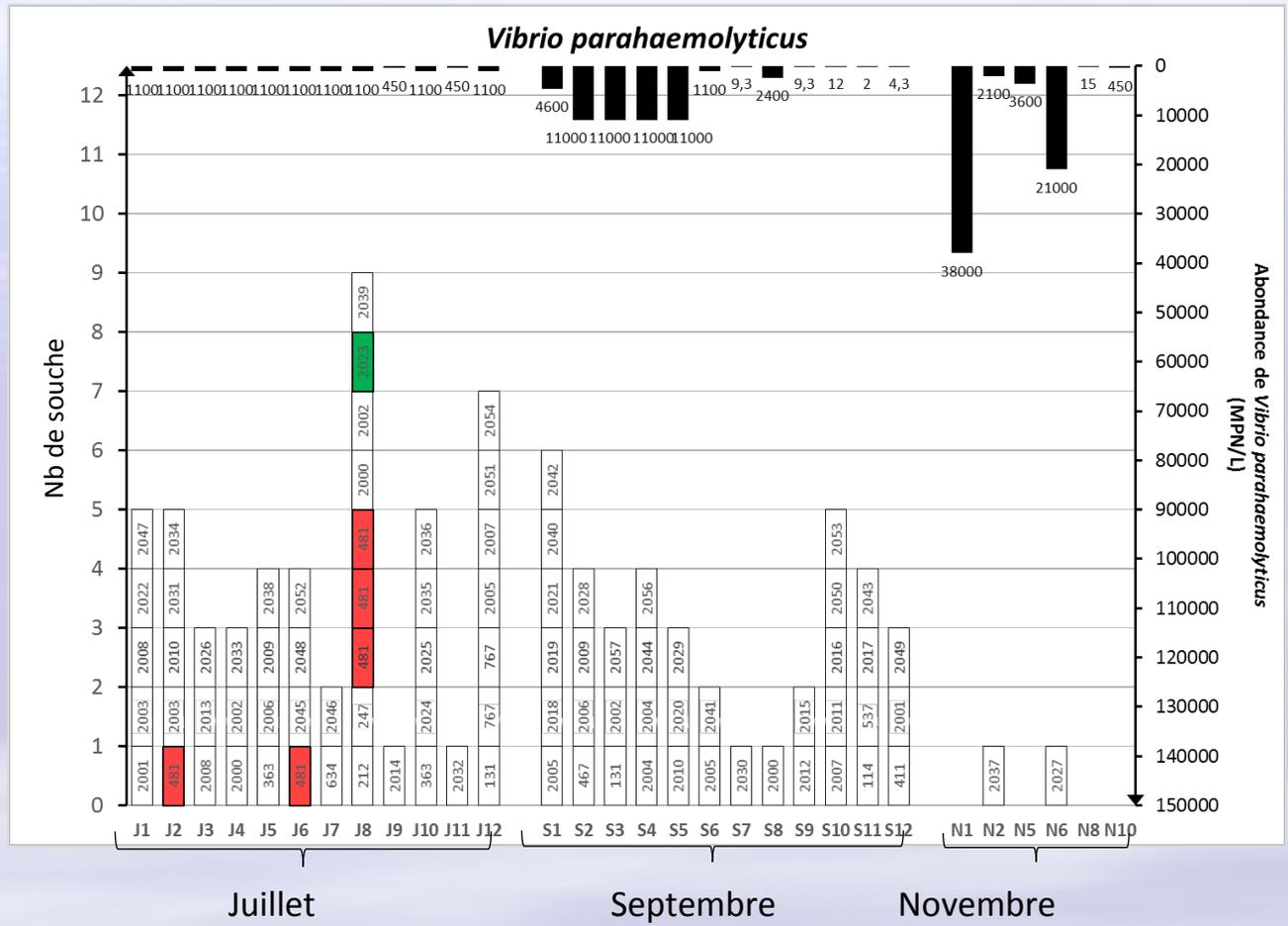
Diversité intraspécifique de *V. cholerae* en fonction des dates et des sites associées à leur abondance



 ST retrouvée dans un cas clinique au Bangladesh

-  Mise en évidence d'une ST impliquée dans un cas clinique de *V. cholerae*
-  Absence de souche de *V. cholerae* possédant le gène *ctxA* nécessaire à la synthèse de la toxine cholérique

Diversité intraspécifique de *V. parahaemolyticus* en fonction des dates et des sites associées à leur abondance



■ ST retrouvé dans un cas clinique en Chine
■ Souche *trh2+*

- ➔ Mise en évidence d'une ST impliquée dans un cas clinique de *V. parahaemolyticus*
- ➔ Présence d'une souche de *V. parahaemolyticus trh2+*
- ➔ Absence de souche de *V. parahaemolyticus tdh+* et *trh1+*

Appréhender les conséquences (impacts et possibilité d'adaptation) socio-économiques de l'émergence de *Vibrio* pathogènes humains sur les activités conchylicoles

Problématique

Evaluer la vulnérabilité des activités et des usages par rapport à une contamination émergente.

Choix d'élaborer des scénarios d'impact et d'adaptation possibles en fonction des modalités de contamination de façon à identifier les facteurs de cette vulnérabilité.

L'hypothèse est que le niveau de contamination qui peut être atteint du fait de l'évolution des milieux (température et salinité) en lien avec le changement climatique conduira à la mise en place d'une réglementation spécifique et à des interdictions de baignade ou de vente de produits conchyliques.

L'approche du fait de son caractère prospectif et de la faible disponibilité des données économiques relatives aux activités marines en Languedoc-Roussillon, se veut qualitative et exploratoire.

Coquillages

		Septembre 2006	Janvier 2007	Juin 2007
<i>V. parahaemolyticus</i> total	Palourdes Thau	0.8 < 2.1 < 6.3	0.6 < 1.5 < 4.1	0.5 < 1.5 < 5
	Moules Thau	20 < 50 < 240	0	10 < 20 < 140
	Moules Prévost	3 < 9 < 39	0	80 < 210 < 640
<i>V. parahaemolyticus</i> trh2+	Palourdes Thau	0	0	0
	Moules Thau	0	0	0.01<0.03<0.17
	Moules Prévost	3 < 9 < 39	0	0.02<0.07<0.28
<i>V. parahaemolyticus</i> tdh+	Palourdes Thau	0.02<0.07<0.28	0.1<0.4<0.21	0.1<0.4<0.21
	Moules Thau	0.01<0.04<0.21	0	0
	Moules Prévost	0	0	0
<i>V. vulnificus</i>	Palourdes Thau	0.01<0.04<0.21	0	6 < 15 < 41
	Moules Thau	0	0	0.01<0.04<0.21
	Moules Prévost	0	0	0
<i>V. cholerae</i>	Palourdes Thau	0	0	0
	Moules Thau	0	0	0
	Moules Prévost	0	0	0

F. Cantet, et al. 2013. Quantification of *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, and *V. cholerae* in French Mediterranean coastal lagoons. *Res. Microbiol.* 164 : 867-874.

Concentration (MPN/g de coquillage)

Méthodologie

La quantification des *Vibrio* dans les coquillages montre leur présence, même si elle paraît faible.

Les variations climatiques vont modifier les conditions de température (période plus longue) et de salinité (forts orages) plus favorables aux *Vibrio*.

Comment impliquer les acteurs (conchyliculteurs, gestionnaires de la qualité des eaux, ...) ?



Refus de la part des conchyliculteurs de participer à une enquête sur de nouveaux risques futurs



L'analyse a donc été menée à partir des données existantes sur l'activité des entreprises conchylicoles en faisant des hypothèses

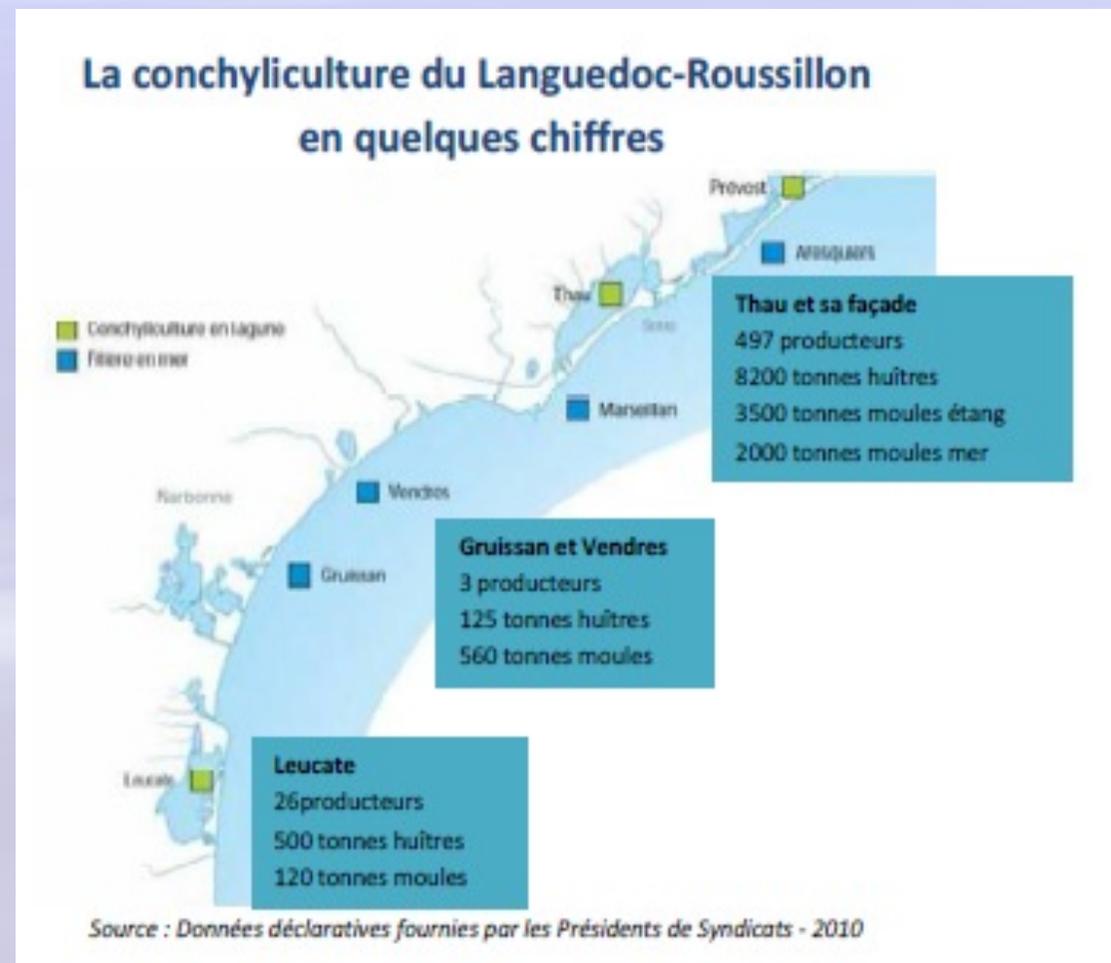
La production conchylicole

L'impact a été calculé à partir d'hypothèses faites sur la base de l'enquête monographique effectuée en 2010 par le CEPRALMAR.

497 (550 en 2007) exploitations et 593 concessionnaires ou coopérateurs.

Mortalités massives du naissain : Production en 2010 de 8200 tonnes contre 11600 tonnes en 2008.

77% d'entreprises individuelles pour un âge moyen des chefs d'entreprises de 45 ans, majoritairement des hommes (94%).



Les crises écologiques

Activité conchylicole très vulnérable aux crises écologiques : contamination d'origine fécale (automne), algue toxique (printemps)

Entre 2005 et 2012, une moyenne de 16 jours par an ou de 14 jours par fermeture

Année	Nombre de jours	Période
2005	5 jours	Septembre
2005	5 jours	Novembre
2006	22 jours	Mars
2006	34 jours	Septembre/octobre
2008	7 jours	Juillet
2011	42 jours	Janvier Février
2012	12 jours	Septembre
Total	125 jours	

Scénario étudié

Compte tenu des caractéristiques de développement des vibrios, le scénario envisagé pour la conchyliculture consiste à envisager des fermetures de commercialisation pendant la période estivale-automnale où la température de l'eau est élevée, et où de gros orages provoquent des baisses de salinité. On a envisagé une fermeture de la commercialisation des huîtres et des moules de 15 jours.

Résultats

La simulation du manque à gagner qui pourrait intervenir a été effectuée en transposant la méthode mise en place pour la contamination bactériologique.

Compte tenu du chiffre d'affaires de la production conchylicole qui est estimé à 52 millions d'euros en 2013 et en supposant qu'il n'y ait pas de stratégie de compensation par des importations, le manque à gagner pour une interdiction de vente de 15 jours en période estivale serait de 2,841 millions d'euros, soit 5% du chiffre d'affaire global.

Conclusions

- ➔ Présence des 3 *Vibrio* pathogènes humains dans les lagunes étudiées
- ➔ La baisse de salinité lors de fortes crues favorise la dynamique des 3 *Vibrio*
- ➔ Présence de *V. parahaemolyticus trh2+*
- ➔ Grande diversité intra-spécifique de *V. parahaemolyticus* et *V. cholerae* dans les lagunes
- ➔ Présence de certaines ST de *V. parahaemolyticus* et *V. cholerae* impliquées dans des cas cliniques humains
- ➔ Crise sanitaire potentiel : conséquences économiques et sanitaires

Perspectives

Existence d'un risque *Vibrio* dans les lagunes pour les usages (coquillages, produits de la mer, usages récréatifs des milieux)

Présence de *Vibrio* ne peut pas être reliée à celle des témoins de contamination fécale utilisés dans les contrôles sanitaires

La quantification de *Vibrio* est une technique lourde :

➤ Modèle prédictif de présence de *Vibrio* pathogènes reliés à des facteurs environnementaux facile à mesurer (T° , $S\%$, ...) permettant de mettre en place des mesures de gestion

Perspectives

Eviter une nouvelle crise majeure de la conchyliculture :

➤ Nécessité d'une prise en compte du risque par les acteurs : conchyliculteurs, gestionnaires, politiques.

➤ Mesures de gestion adaptée à l'anticipation du risque (Gestion de la Baie de Chesapeake USA)



Merci de votre attention

**Kevin ESTEVES, Thomas MOSSER, Estelle JUMAS-BILAK, Patrick MONFORT¹
Dominique HERVIO-HEATH²
Marie-Georges TOURNOUD, Christian SALLES, Jean-Louis PERRIN³
Hélène REY-VALETTE⁴**

**CNRS, IFREMER
Université Montpellier 1&2**

¹ UMR 5119 ECOSYM, Montpellier

² Laboratoire Santé, Environnement et Microbiologie, Ifremer, Plouzané

³ UMR 5569 Hydrosiences, Montpellier

⁴ UMR 5474 LAMETA, Montpellier