



Méthodologie des diagnostics du suivi des compartiments qui réagissent aux processus d'eutrophisation



Eutrophisation

Enrichissement en éléments nutritifs (N, P) d'un milieu aquatique, du fait des activités anthropiques (*eaux domestiques, agriculture, industrie*)



Développement accéléré des algues qui entraîne un déséquilibre des organismes et une dégradation de la qualité de l'eau.

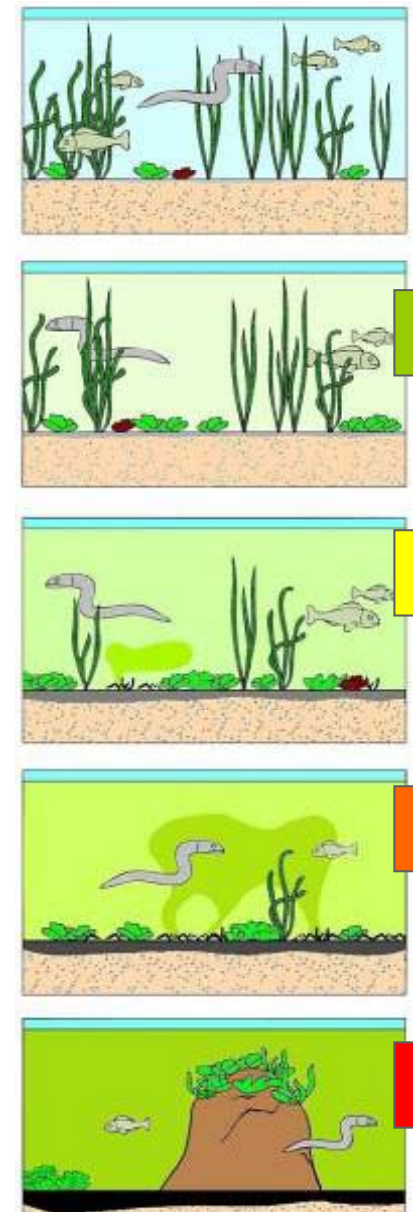


RÉSEAU DE SUIVI LAGUNAIRE

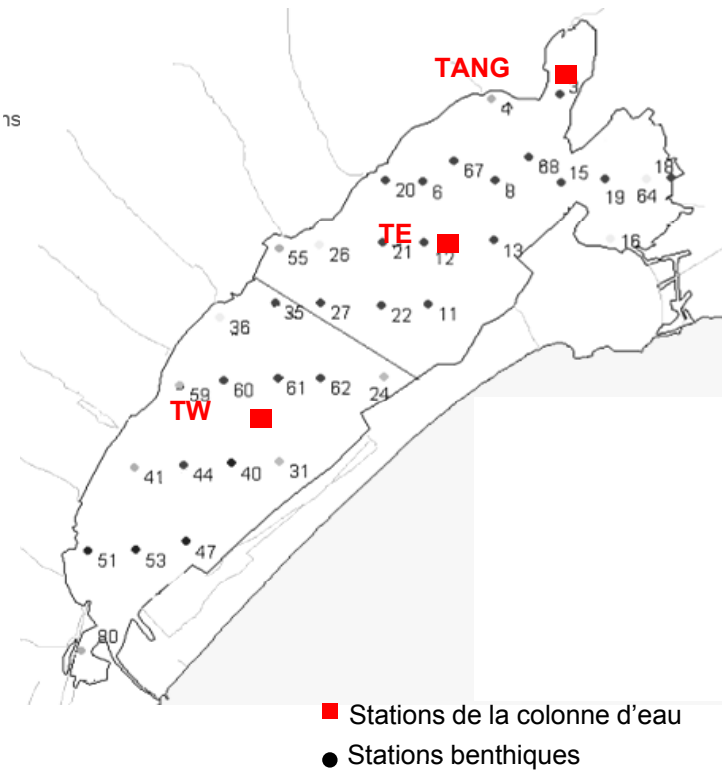
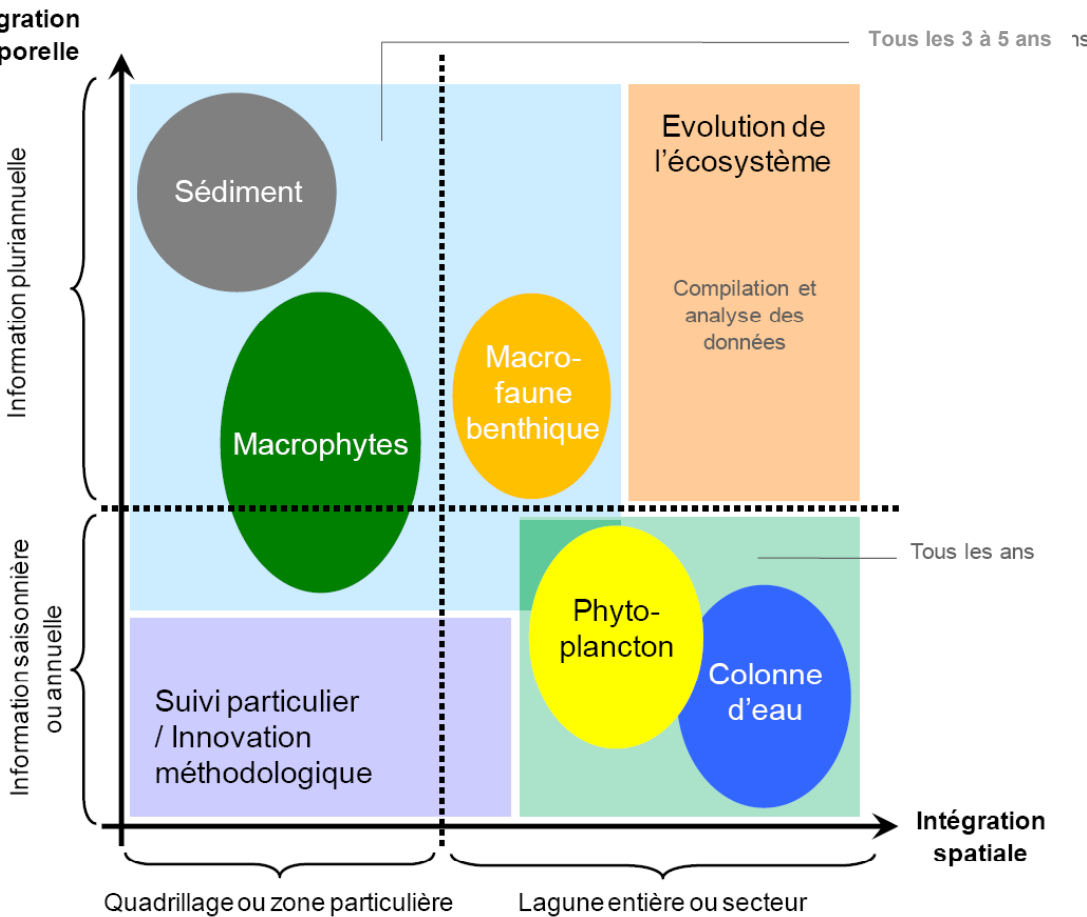
LES ETATS DE L'EUTROPHISATION

- **Diagnostic complet (sédiments et macrophytes)** (tous les 5 ans)
- **Diagnostic simplifié par les macrophytes** (tous les 3 ans)
- **Suivi annuel de la colonne d'eau et du phytoplancton** (3 mois d'été)

Eutrophisation croissante



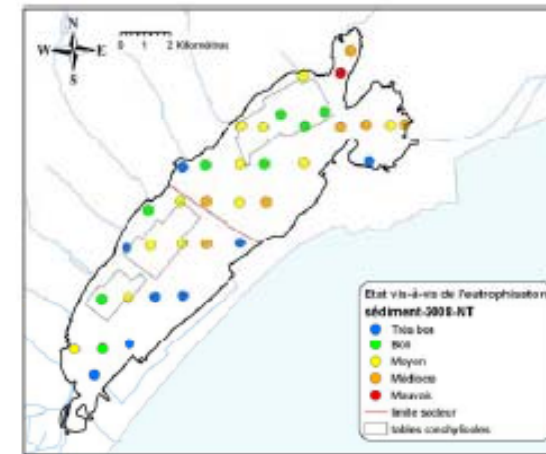
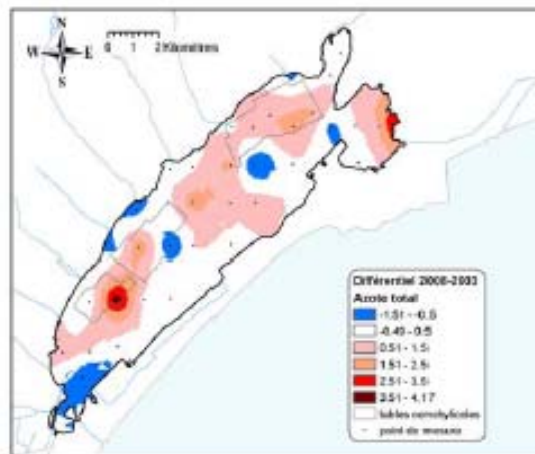
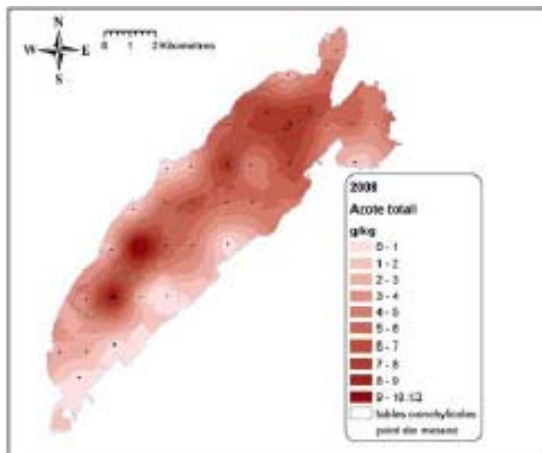
STRATÉGIE SPATIO-TEMPORELLE



GRILLE & DIAGNOSTIC DES SEDIMENTS

Variables		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
MO	%		3,5		5,0		7,5		10,0	
NT _{séd.}	g/kg PS		1,0		2,0		3,0		4,0	
PT _{séd.}	mg/kg PS		400		500		600		700	

*État du sédiment
station benthiques
mai – juin
paramètre le plus déclassant*



Distribution de l'azote total des sédiments, différentielle de l'azote total 2008-2003 et états du sédiment pour l'azote total en 2008.

GRILLE & DIAGNOSTIC DES MACROPHYTES

Marais à petites et grandes Zostères



Olivier Dugornay - Ifremer

étabulaires



Jocelyne Oheix - Ifremer Sète

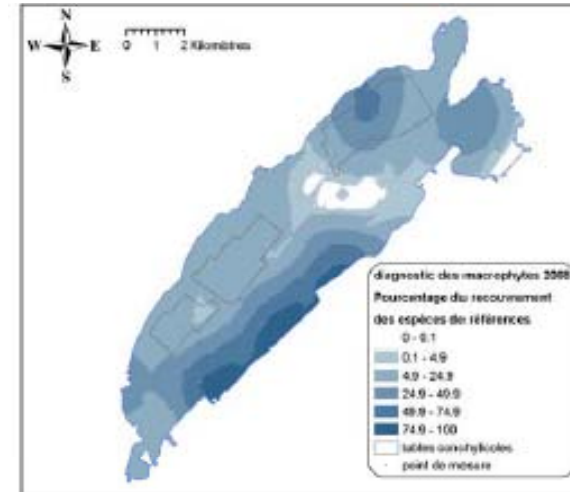
ESPECES DE RÉFÉRENCE	DIVERSITE		
	Satisfaisante nb sp ≥ 6	Réduite 3 ≤ nb sp < 6	Très faible nb sp < 3
Dominantes RE ≥ 75%	Très bon		
Dominantes 50% ≤ RE < 75%	Bon		
Présentes 5% ≤ RE < 50%	Moyen		
Faiblement présentes RE < 5%	Médiocre		Mauvais
Absentes			

État des macrophytes

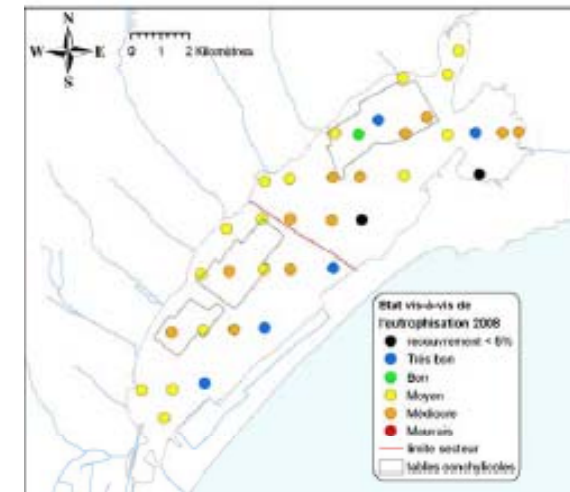
station benthiques, mai – juin

richesse spécifique + recouvrement relatif des esp. de référence

Par lagune ou secteurs de lagune : moyenne des états



% de recouvrement des espèces de référence sur Thau



États des macrophytes sur Thau

GRILLE ANNUELLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU & DU PHYTOPLANCTON

Variable			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
$\Delta \%O_2$ SAT		0		20		30		40		50	
TUR	(NTU)	0		5		10		25		40	
PO ₄ ³⁻	(μ M)	0		0,3		1		1,5		4	
NID	(μ M)	0		2		6		10		20	
NITRI	(μ M)	0		0,3		0,5		0,75		1	
NITRA	(μ M)	0		1		3		5		10	
AMMO	(μ M)	0		1		3		5		10	
Chl-a	($mg\ m^{-3}$)	0		5		7		10		20	
Chlaphe	($mg\ m^{-3}$)	0		7		10		15		25	
NT	(μ M)	0		50		75		100		120	
PI	(μ M)	0		0,75		1,5		2,5		4,5	

*État de la colonne d'eau
Station centrale
juin- juillet - août
méthodes des rangs
dernier paramètre le plus déclassant*

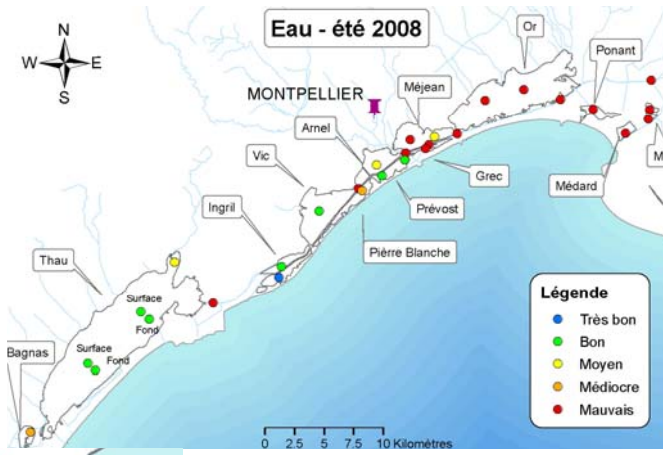
			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
< 3 μ m	Cel/L 10 ⁶			20		50		100		500	
> 3 μ m	Cel/L 10 ⁶			2		5		10		50	

*État du phytoplancton
station centrale
Juin - juillet - août
paramètre le plus déclassant*

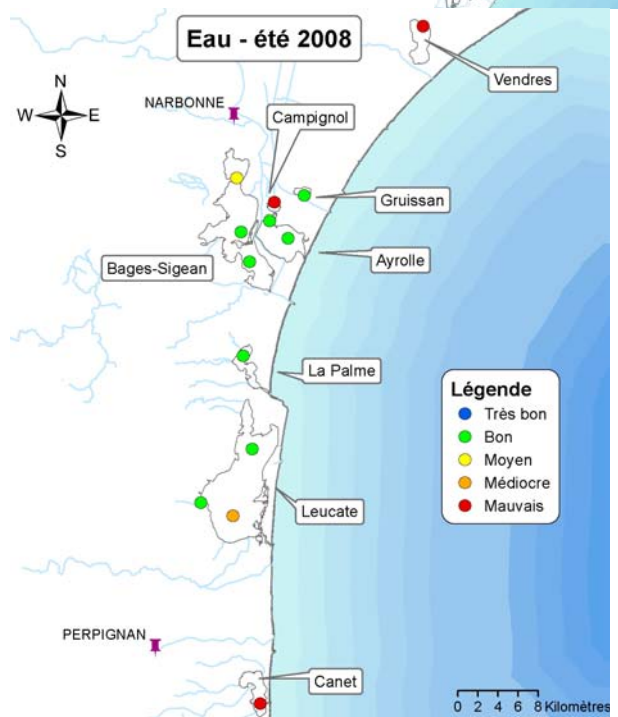
DIAGNOSTIC DE LA QUALITÉ DE L'EAU & DU PHYTOPLANCTON

		TWS			TES			TANG		
ETE 2008		juin	juillet	août	juin	juillet	août	juin	juillet	août
O ₂ sat		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Turbidité		■	■	■	■	■	■	■	■	■
PO ₄ ³⁻		■	■	■	■	■	■	■	■	■
NID		■	■	■	■	■	■	■	■	■
NO ₂		■	■	■	■	■	■	■	■	■
NO ₃		■	■	■	■	■	■	■	■	■
NH ₄		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Chl <i>a</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Chl <i>a</i> + Pheo		■	■	■	■	■	■	■	■	■
N total		■	■	■	■	■	■	■	■	■
P total		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Etat colonne d'eau été		■			■			■		
Picophytoplancton (< 3µm)		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nanophytoplancton (> 3µm)		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Etat phytoplancton été		■			■			■		

Diagnostic de l'eau et du phytoplancton



Panorama régional



INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

ETE 2008

O₂ sat
Turbidité
PO₄³⁻
NID
NO₂
NO₃
NH₄
Chl *a*
Chl *a* + Pheo
N total
P total

Etat colonne d'eau été

Picophytoplancton (< 3µm)

Nanophytoplancton (> 3µm)

Etat phytoplancton été

- INTERPRÉTATION DE CHAQUE PARAMÈTRE
- INTERPRÉTATION INTÉGRÉE DE CHAQUE PARAMÈTRE
- CONNAISSANCE DU MILIEU LAGUNAIRE ET BV
(développement d'herbiers, macroalgues, nature du sédiment, profondeur, apport des cours d'eau, STEP, précipitations, gestion des graus)

INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

ETE 2008

O2 sat

Turbidité

PO₄³⁻

NID

NO₂

NO₃

NH₄

Chl *a*

Chl *a* + Pheo

N total

P total

Etat colonne d'eau été

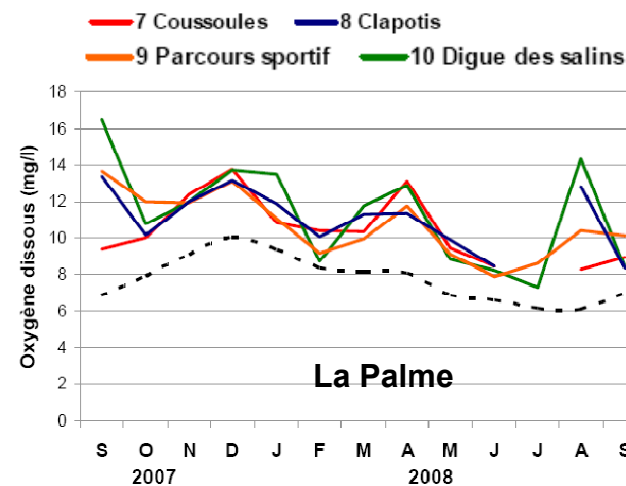
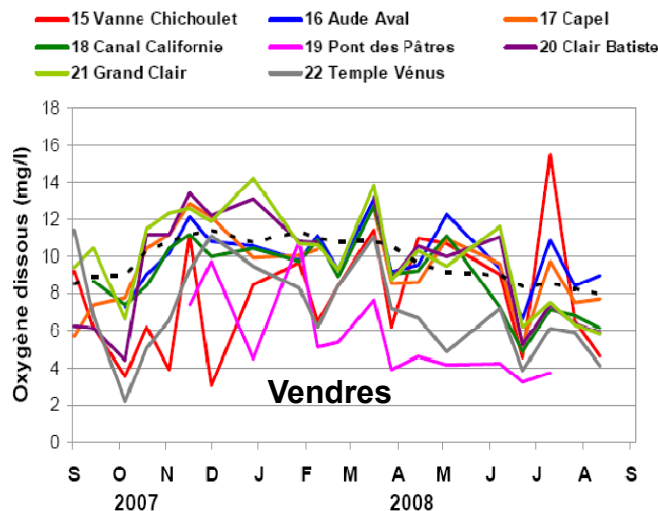
Picophytoplancton (< 3µm)

Nanophytoplancton (> 3µm)

Etat phytoplancton été

Résulte des processus biologiques de production et de consommation d'O₂

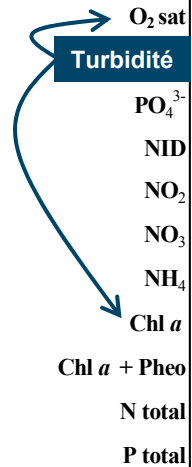
- Sursaturation écart $\geq 20\%$ = production primaire excessive (phytoplancton, présence d'algues opportunistes) mais aussi **présence d'herbier**
- Sous-saturation → anoxie = accumulation de matière organique et consommation d'O₂ par les bactéries.



---- courbe pour 100% de saturation en O₂ dissous

INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

ETE 2008



Etat colonne d'eau été

Picophytoplancton (< 3µm)

Nanophytoplancton (> 3µm)

Etat phytoplancton été

Charge en matière en suspension dans l'eau

- Remise en suspension du sédiment favorisée par la disparition des herbiers
- Production planctonique conséquence de l'eutrophisation

INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

ETE 2008

O₂ sat

Turbidité

Phosphates

NID

NO₂

NO₃

NH₄

Chl *a*

Chl *a* + Pheo

N total

P total

Etat colonne d'eau été

Picophytoplancton (< 3µm)

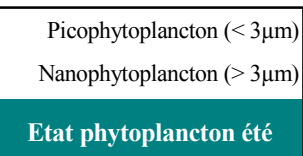
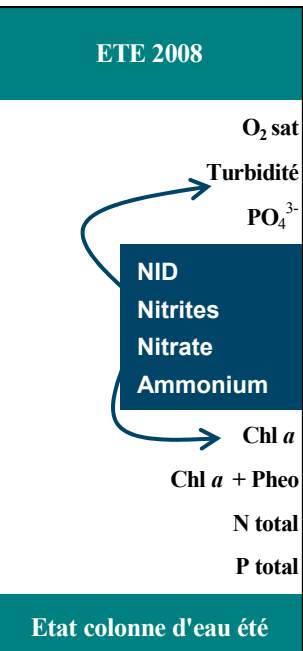
Nanophytoplancton (> 3µm)

Etat phytoplancton été

Impliqué dans les processus d'eutrophisation → utilisation d'orthophosphates par la production primaire

- Apport par les activités humaines
- relargage sédimentaire (en été, ↗ température, ↘ oxygène)

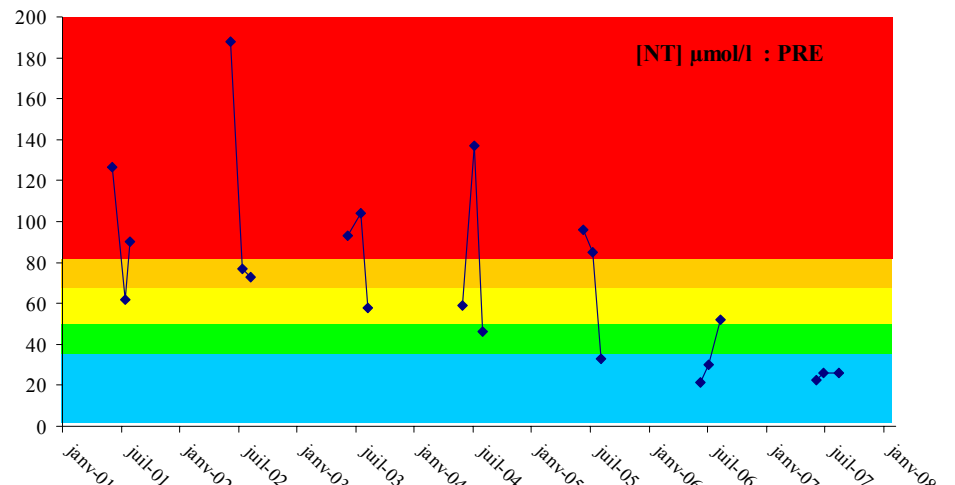
INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON



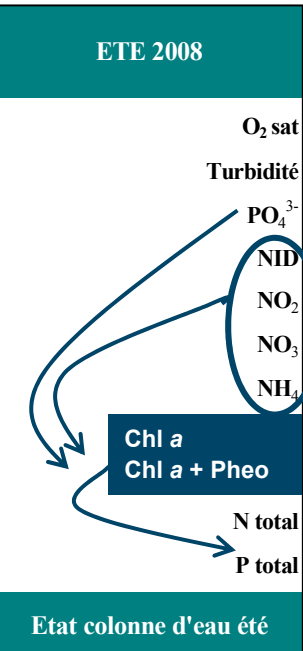
Ensemble des sels d'azote nécessaire à la production primaire → eutrophisation

- **NID** = nitrites+ nitrates + ammonium
- **Nitrites** : forme d'azote inorganique instable → pas d'accumulation en milieu naturel en l'absence de pollution.
 - mauvais fonctionnement de STEP
 - Lors d'hypoxie - phase d'ammonification
- **Nitrates** : témoignent toujours d'apports extérieurs : lessivage BV agricole (précipitation)
- **Ammonium** : Peu lessivable par les pluies : Traceur de rejet de STEP et lagunages

!!! Attention Très bon état = peu d'apports ou consommation par la production primaire



INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON



Conséquence directe de l'eutrophisation

Chl a : ensemble de la biomasse phytoplanctonique

Phéopigment : biomasse phytoplanctonique sénescence

INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

ETE 2008	
	O ₂ sat
	Turbidité
	PO ₄ ³⁻
	NID
	NO ₂
	NO ₃
	NH ₄
	Chl <i>a</i>
	Chl <i>a</i> + Pheo
Azote total	
Phosphore total	

Etat colonne d'eau été

Picophytoplancton (< 3µm)
Nanophytoplancton (> 3µm)

Etat phytoplancton été

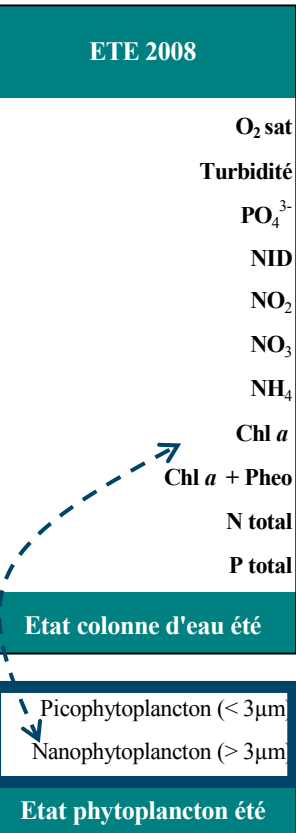
- **Azote totale = NID + azote organique particulaire et dissous**

- Apport par lessivage des sols : urée, détritux → reminéralisation → consommation d'O₂ + libération de NID (ex : **Grec**)
- La forme organique particulaire est indicatrice de l'excès de production primaire (phytoplancton)

- **Phosphore total = phosphore inorganique + organique dissous et P particulaire**

- Indicateur de matière organique et donc des excès de production primaire (phytoplancton)
- Libération de phosphate en période d'anoxie = mortalité d'organismes à l'interface eau-sédiment
- Apport **particulaire** par le BV

INTERPRÉTATION DE LA GRILLE ANNUELLE DE L'EAU ET DU PHYTOPLANCTON

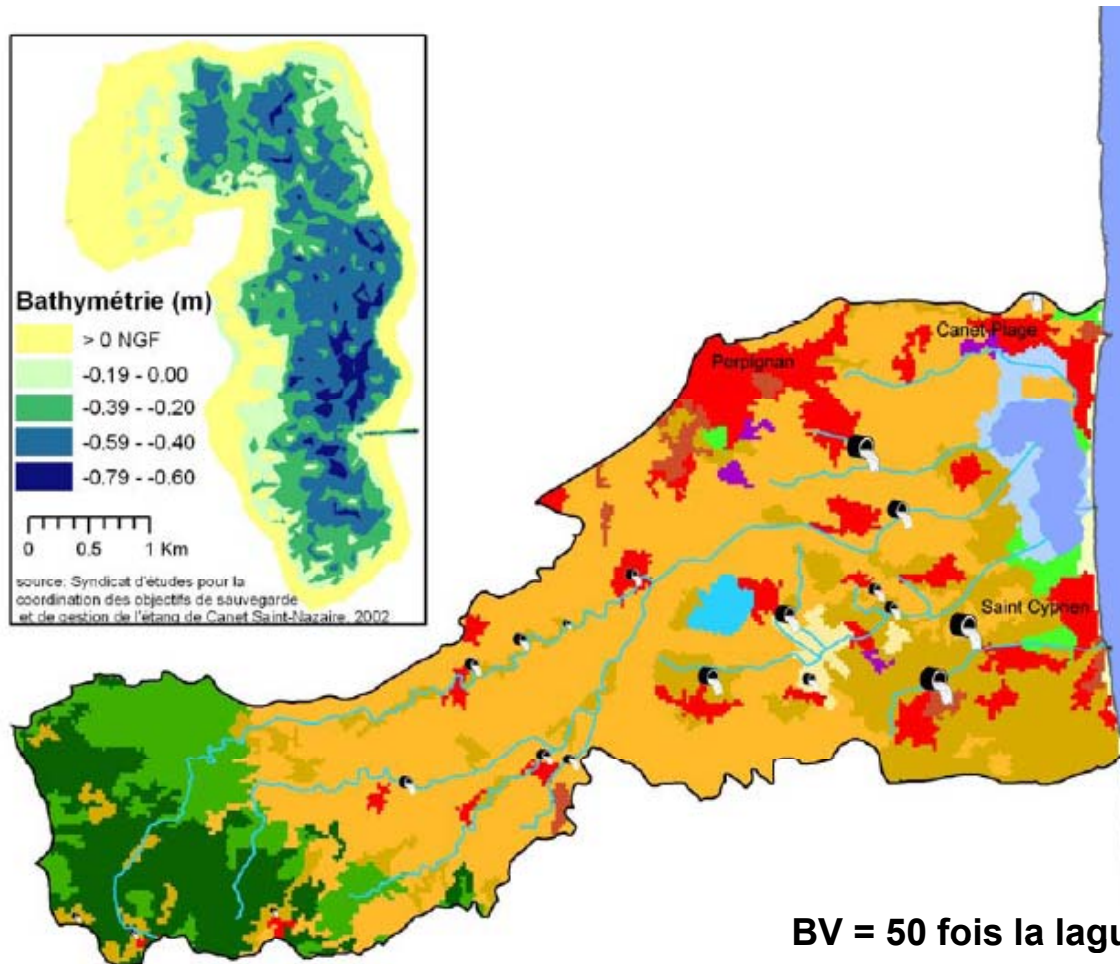


Biomasse phytoplanctonique = Conséquence directe de l'eutrophisation

- **Picophytoplancton** : consomme préférentiellement les sels nutritifs produits lors du recyclage de la matière organique. Faible biomasse → peu liée à la Chl a
- **Nanophytoplancton** : consomme préférentiellement les sels nutritifs non recyclés. Biomasse élevée → liée à la Chl a
! sauf problème de limite de seuil = petites cellules prises en compte dans la biomasse nanophytoplanctonique
- **Eutrophisation** → ↗ picophytoplancton (petites cellules)

!!! Attention le lien avec la chlorophylle a n'est pas systématique surtout sur des lagunes peu eutrophisées (ex. Bages). Hypothèses : biomasse élevée de plus petites cellules contenant moins de chlorophylle, changement des communautés phytoplanctoniques ...

EXEMPLE DE LA LAGUNE DE CANET

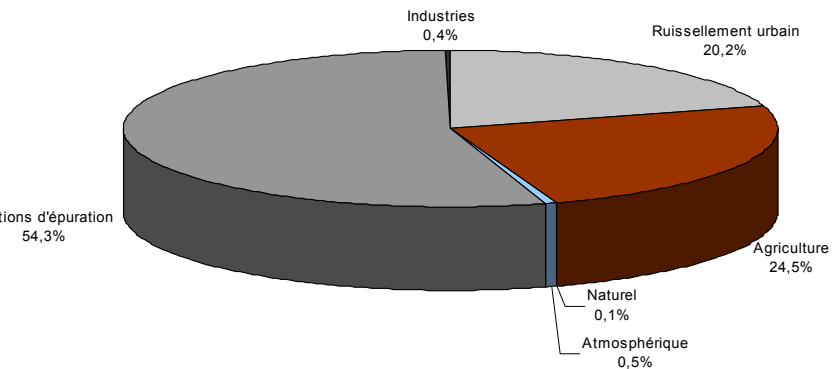


BV = 50 fois la lagune de Canet

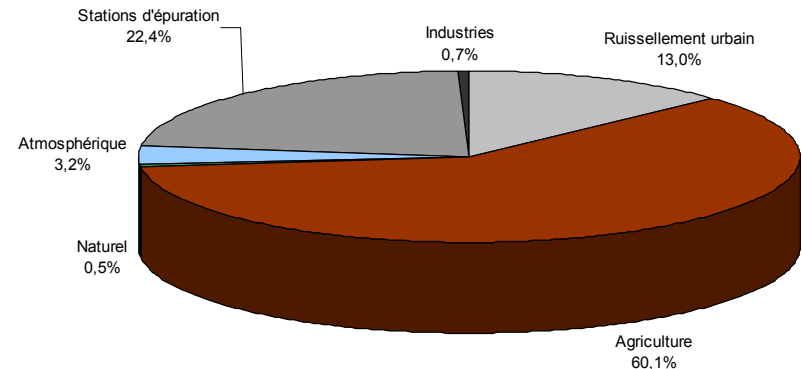
EXEMPLE DE LA LAGUNE DE CANET

UN ÉTANG SOUMIS À LA DOUBLE INFLUENCE DES APPORTS URBAINS (STEP, EAUX DE RUISSELLEMENT) ET AGRICOLE

Sources d'apports en phosphore



Sources d'apports en azote



- Ruissellement urbain
- Agriculture
- Naturel
- Atmosphérique
- Stations d'épuration
- Industries

EXEMPLE DE LA LAGUNE DE CANET

2002

- présence d'herbiers à *Ruppia* sur 13 stations /15
- très peu de macrophytes : quelques chaetomorphes
- petite bioconstruction de cascaïl
- sédiment fortement chargé en P ~ 950mg/kgPS)
- Chl a élevée entre 30 et 110 µg/l – turbidité élevée

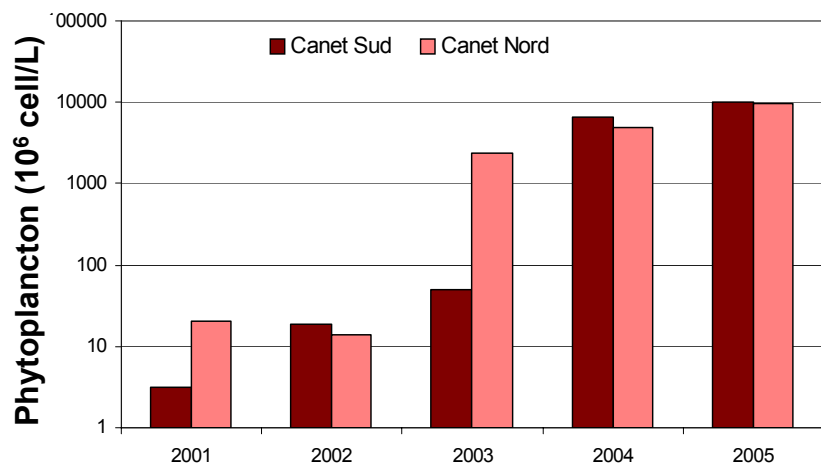
2003

- fort développement phytoplanctonique

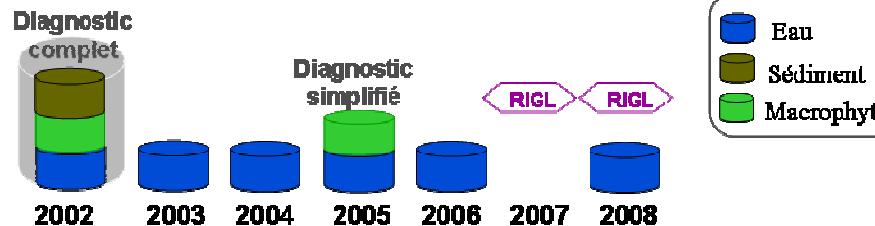
2005

- disparition quasi complète des herbiers à *Ruppia*
- développement du cascaïl
- forte progression du nanophytoplancton d'un facteur 100 à 1000

Actuellement : pas de reprise des herbiers, turbidité élevée, anoxie, « réacteur à phytoplancton »



Dégradation progressive du compartiment phytoplancton, disparition de la sectorisation nord-sud, homogénéisation du système



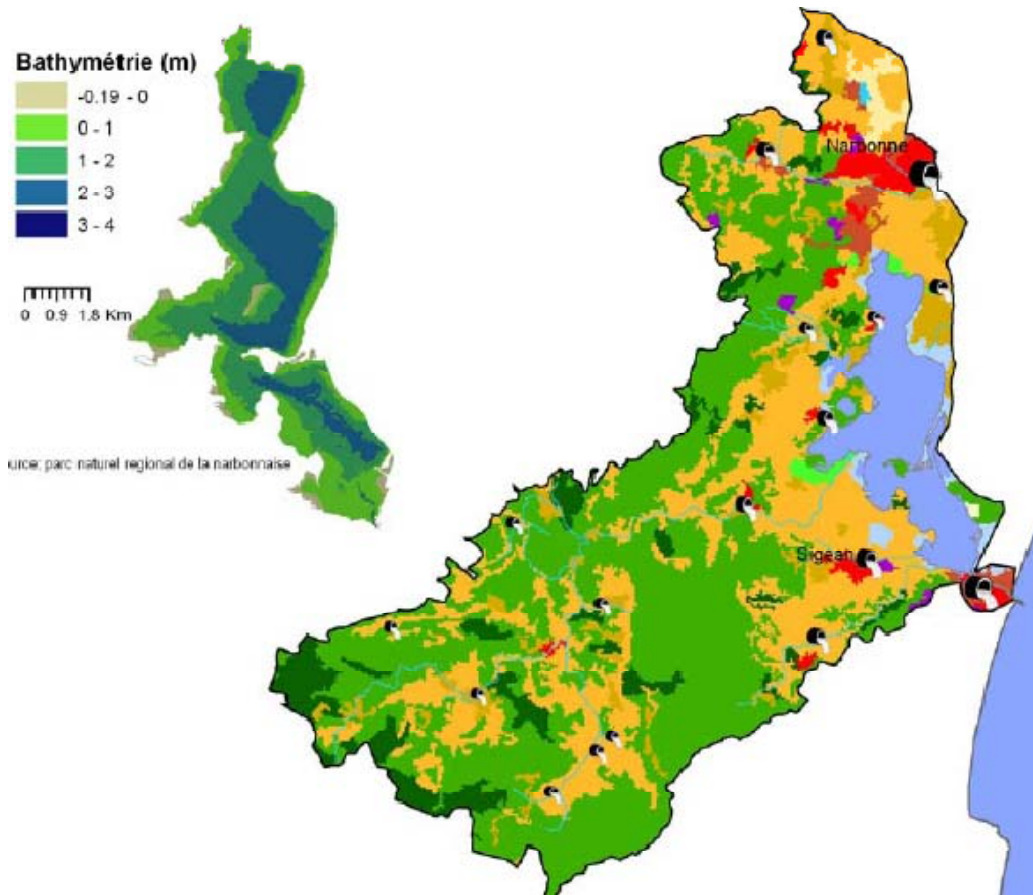
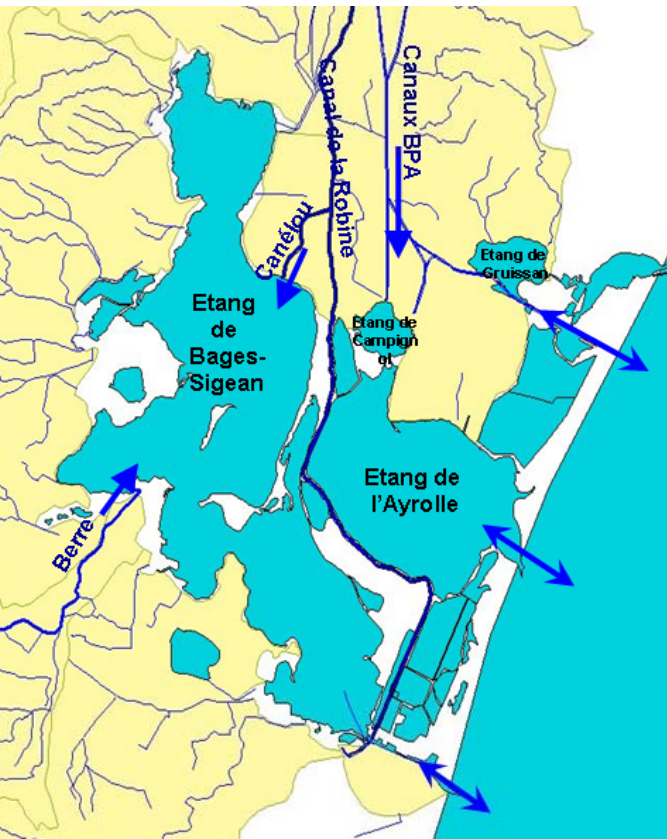
		Canet						
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008
O ₂ sat		Blue	Yellow	Red	Yellow	Green	Orange	Red
Turbidité		Blue	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Orange
PO ₄ ³⁻		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
NID		Blue	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
NO ₂		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
NO ₃		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
NH ₄		Green	Yellow	Blue	Green	Green	Green	Blue
Chl a		Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Orange
Chl a + Pheo		Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow
N total		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
P total		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Etat colonne d'eau été		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Picophytoplancton (< 3µm)		Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red
Nanophytoplancton (> 3µm)		Green	Orange	Green	Red	Red	Red	Red
Etat phytoplancton été		Green	Orange	Green	Red	Red	Red	Red

PISTES D'ACTION DES MESURES DE GESTION DES APPORTS À LA LAGUNE

En priorité : Réduire les apports issus du bassin versant en azote et phosphore (STEP, apports agricoles)

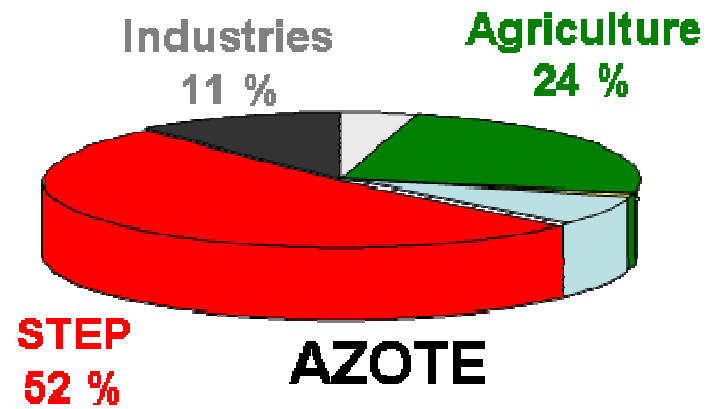
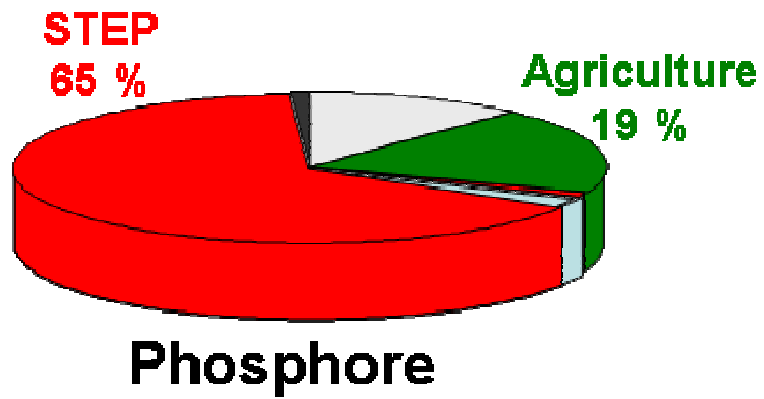
- Réduction des apports en limon (phosphore)
- Fonctionnement hydraulique de la lagune (gestion des apports en eau douce)

EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN



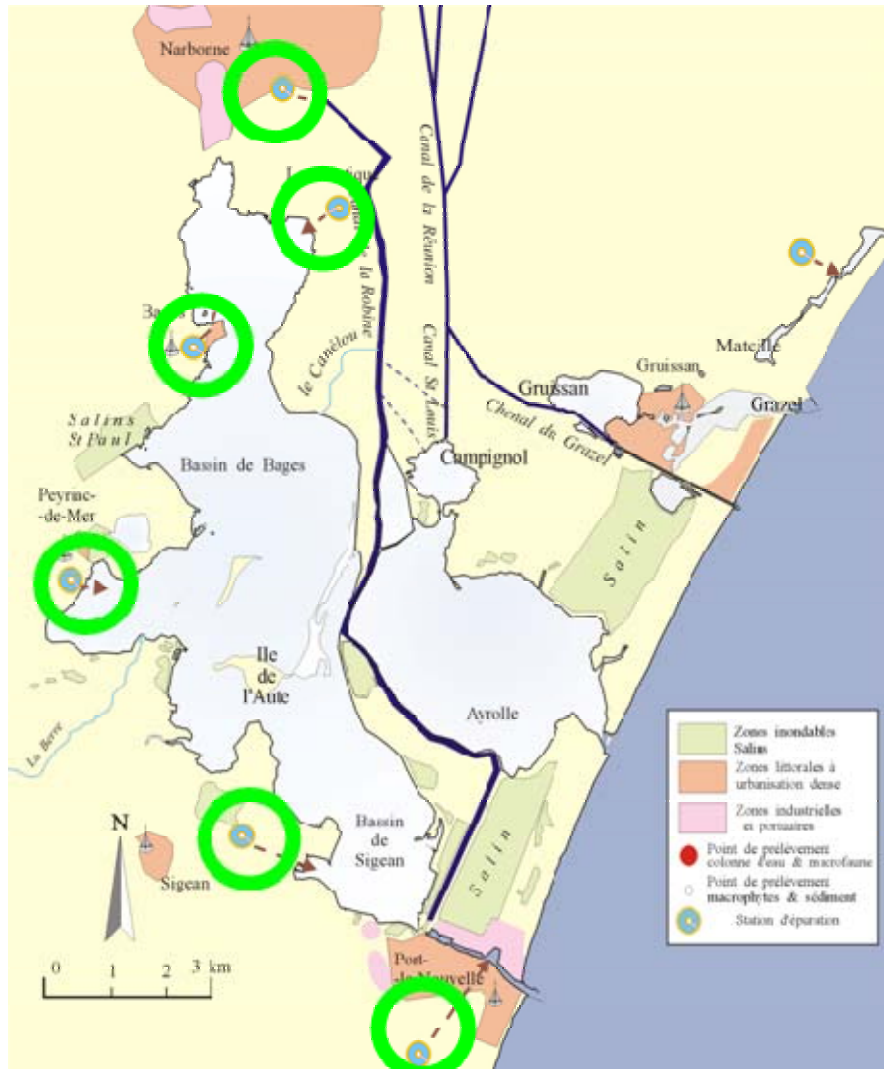
EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

Identification des apports en éléments nutritifs



EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

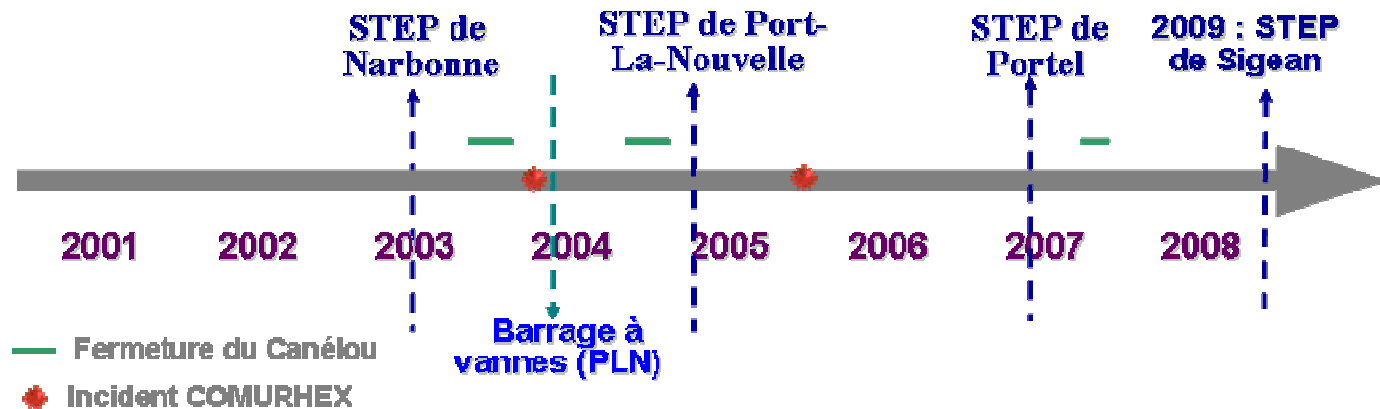
Stations d'épuration



EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

GESTION ET FAITS MARQUANTS

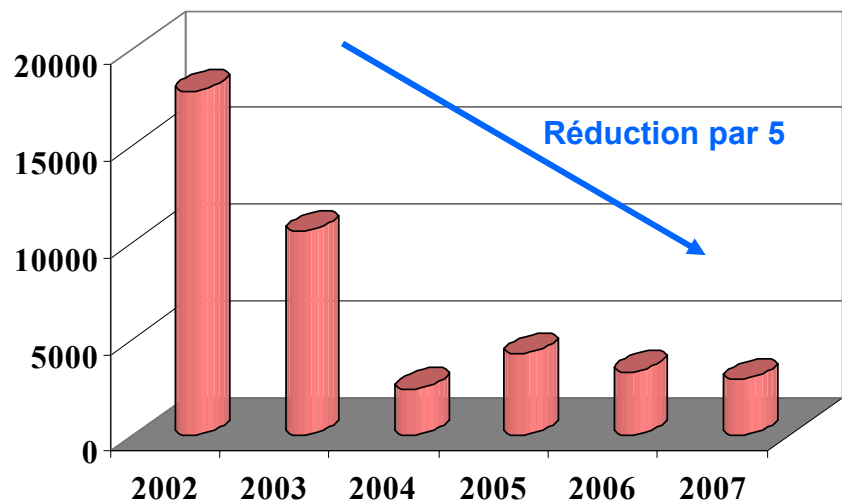
- Diminution des apports en azote & phosphore : mise en conformité des stations d'épuration
- Amélioration des échanges avec la mer
- Apports accidentels industriels (nitrates)
- Gestion des apports par le Canélou



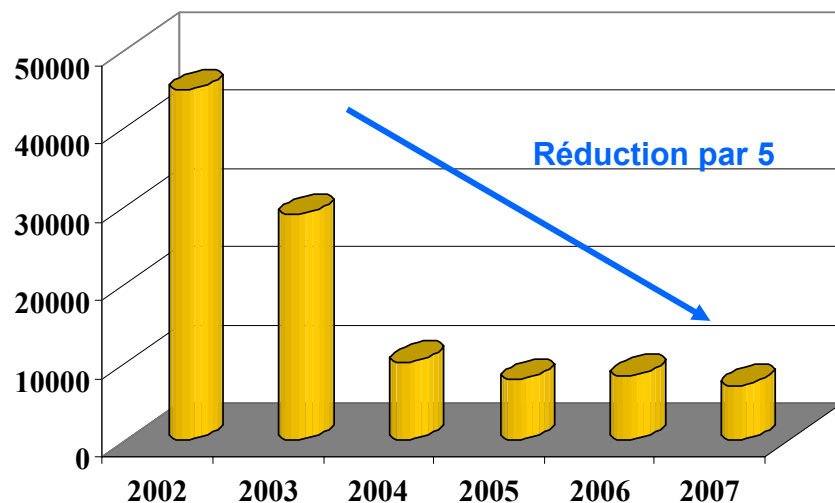
EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

Évolution des apports des stations d'épuration exprimés en Équivalent Habitant

PHOSPHORE

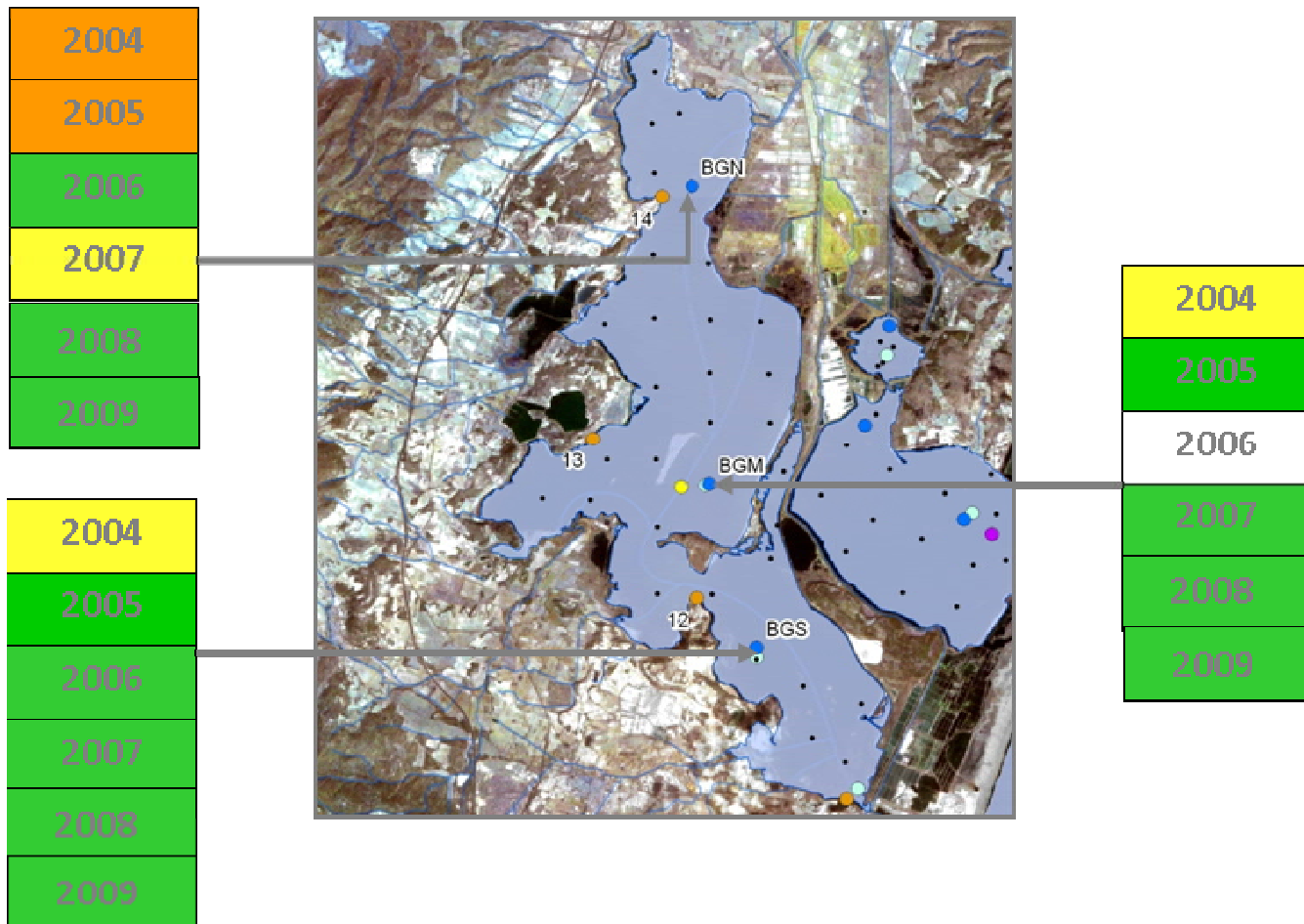


AZOTE



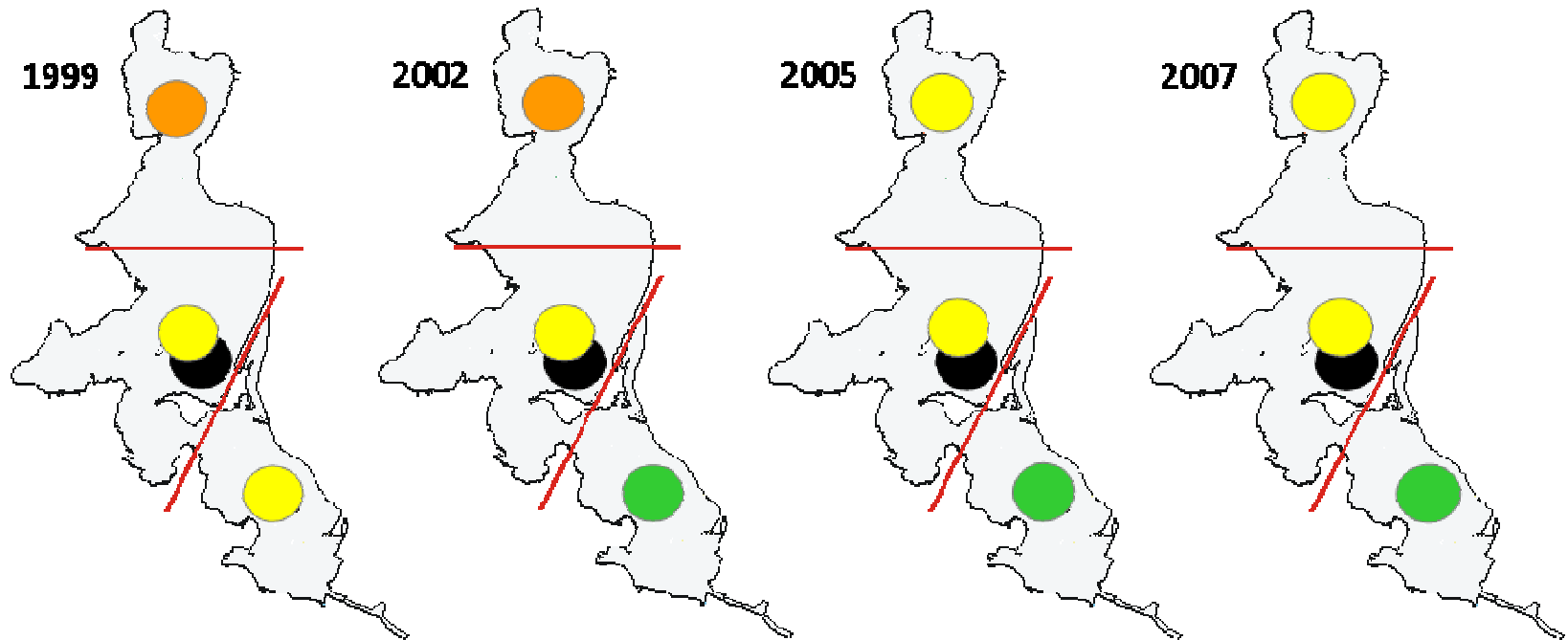
EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

Diagnostic de la colonne d'eau



EXEMPLE DE LA LAGUNE DE BAGES-SIGEAN

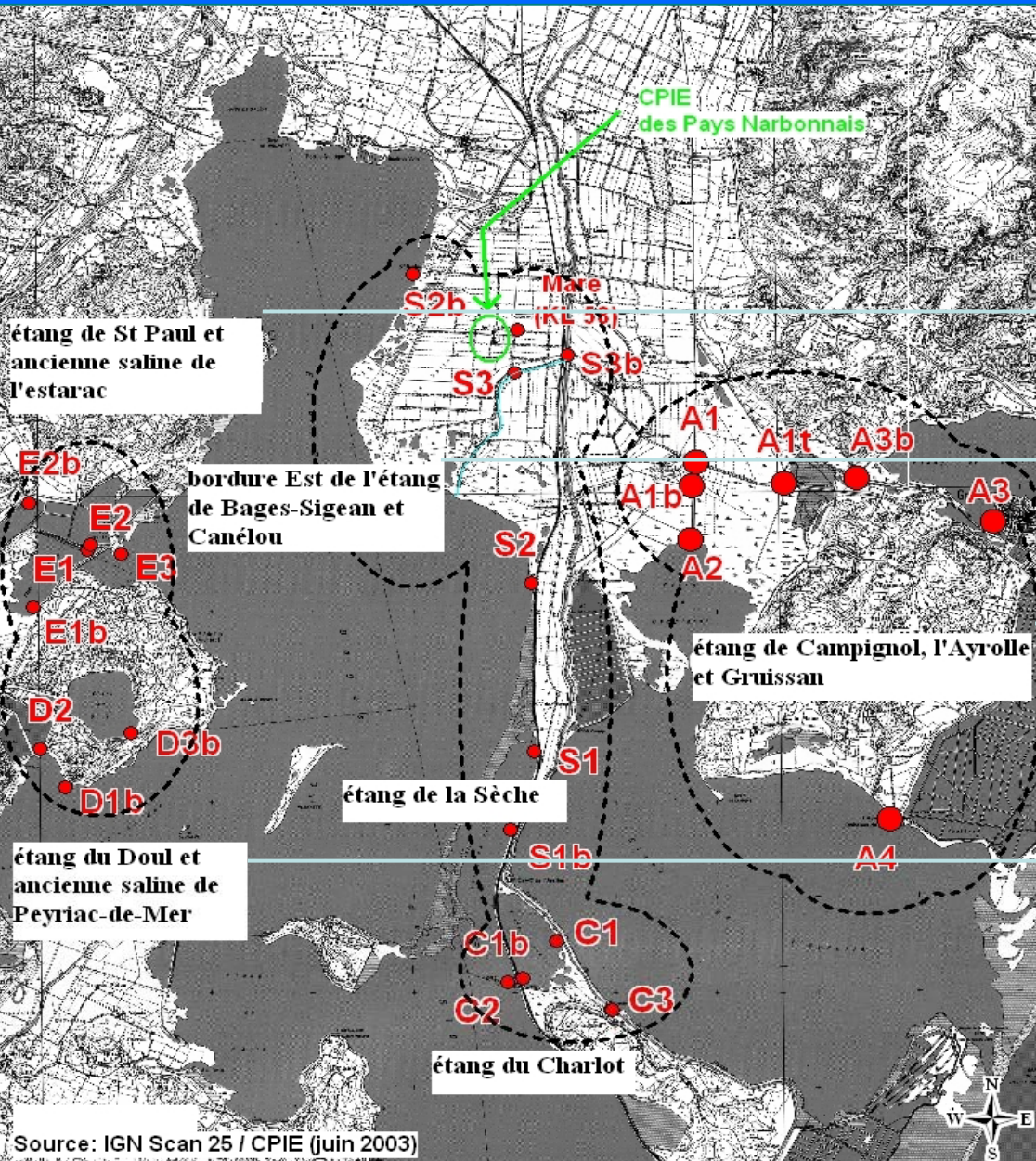
Diagnostic du compartiment macrophytes



2007 : états de bon à moyen.

- Bages Nord : Augmentation du taux de recouvrement : Algues vertes + Herbiers
- Bages Milieu : Espèces de référence recouvrent 50% / Augmentation des herbiers
- Bages Sud : ↘ espèces de référence , ↗ algues vertes / Limite d seuil Bon-Moyen

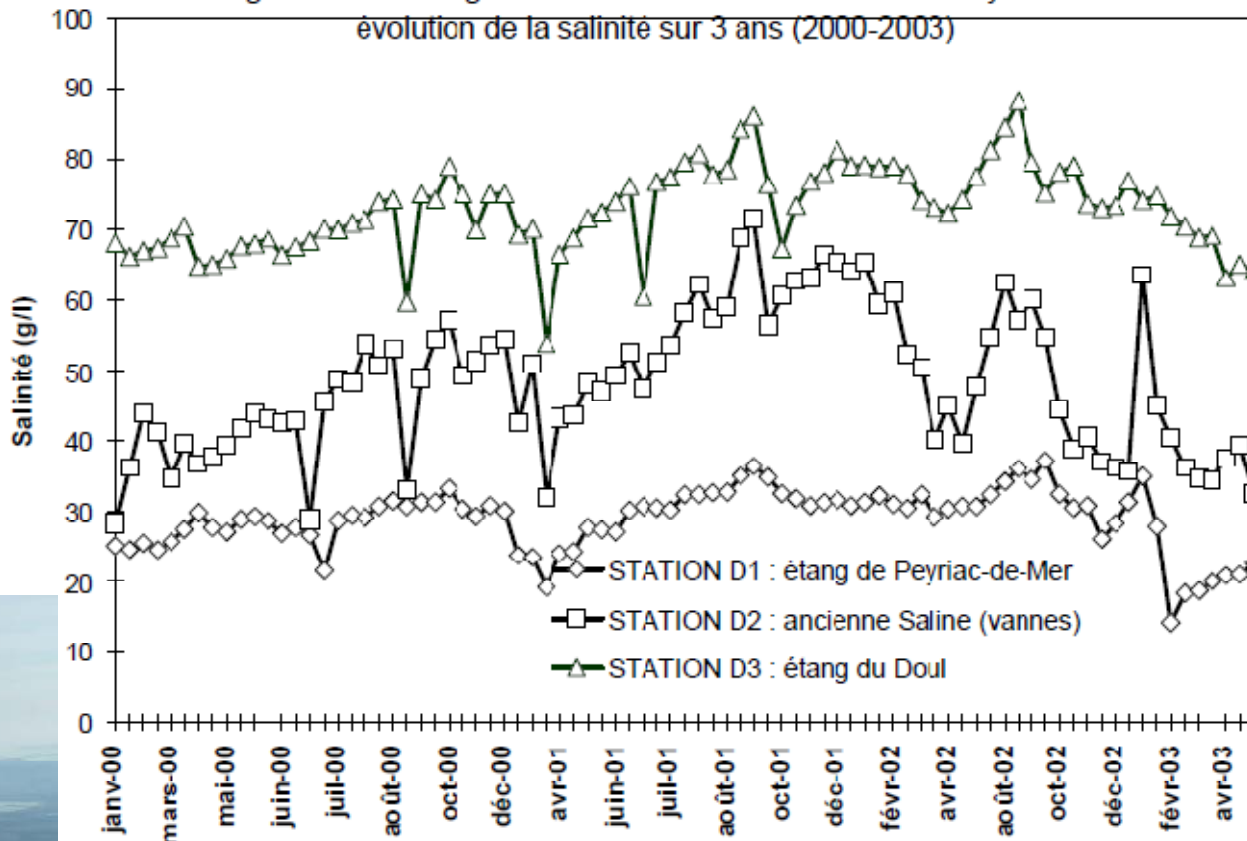
EXEMPLES DANS LES ETANGS NARBONNAIS



EXEMPLE DES ETANGS DE PEYRIAC-DE-MER



Suivi lagunaire de l'étang du Dou et de l'ancienne saline de Peyriac-de-Mer:
évolution de la salinité sur 3 ans (2000-2003)

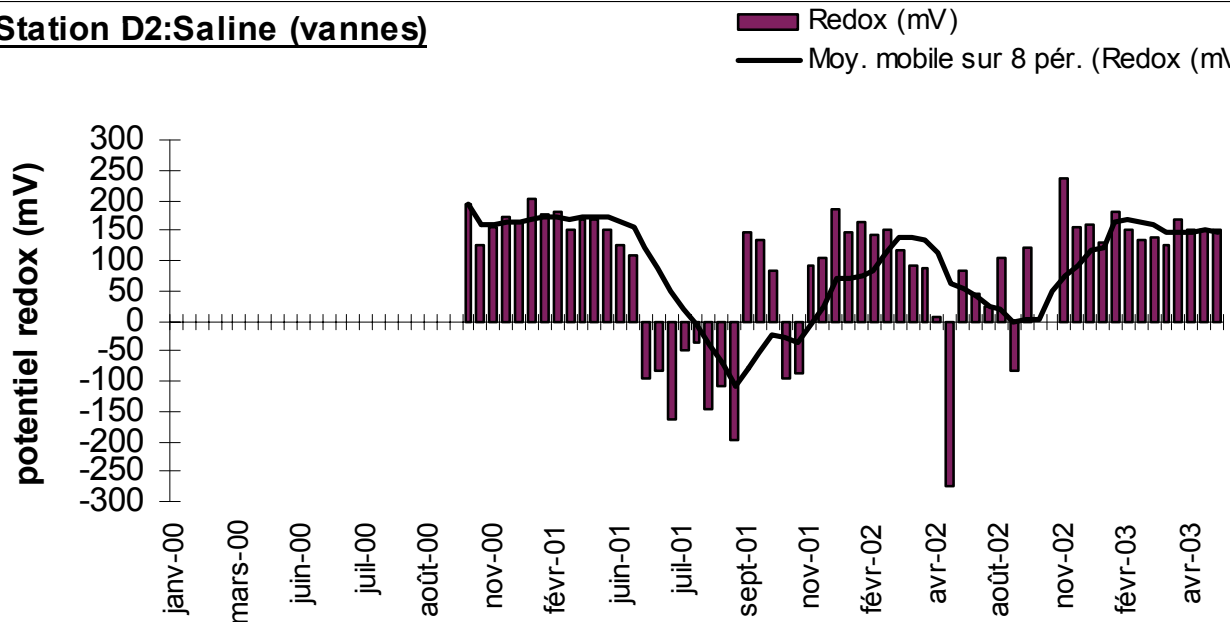


EXEMPLE DES ETANGS DE PEYRIAC-DE-MER

Evolution du potentiel REDOX sur le site de Peyriac-de-mer:

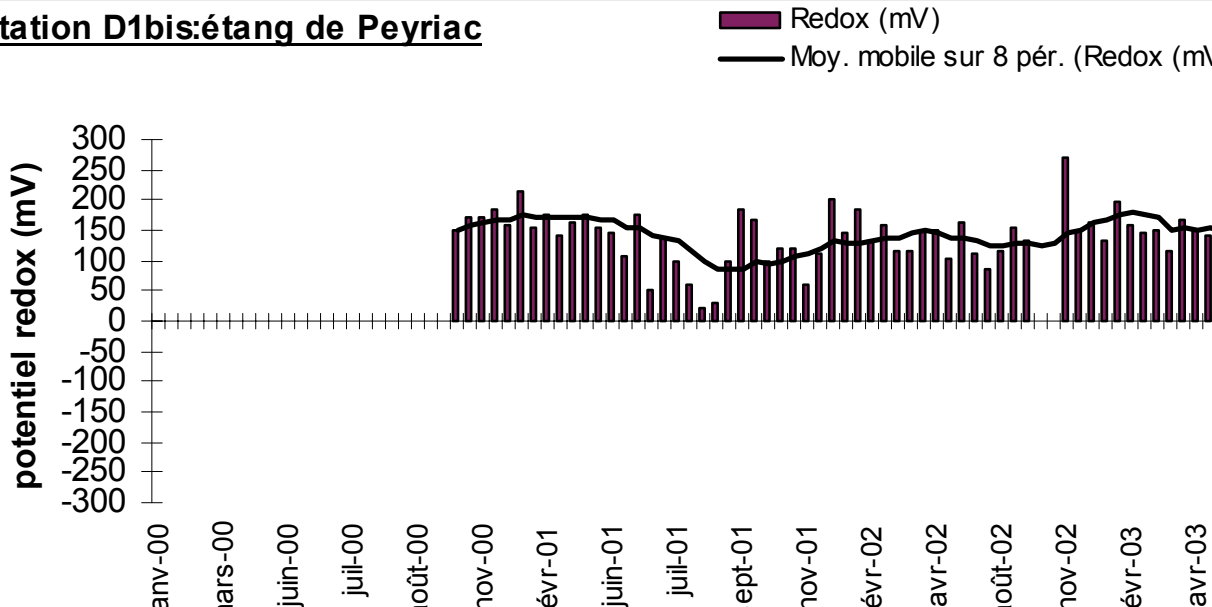
Valeurs négatives dans les stations confinées de l'ancienne saline

Station D2:Saline (vannes)



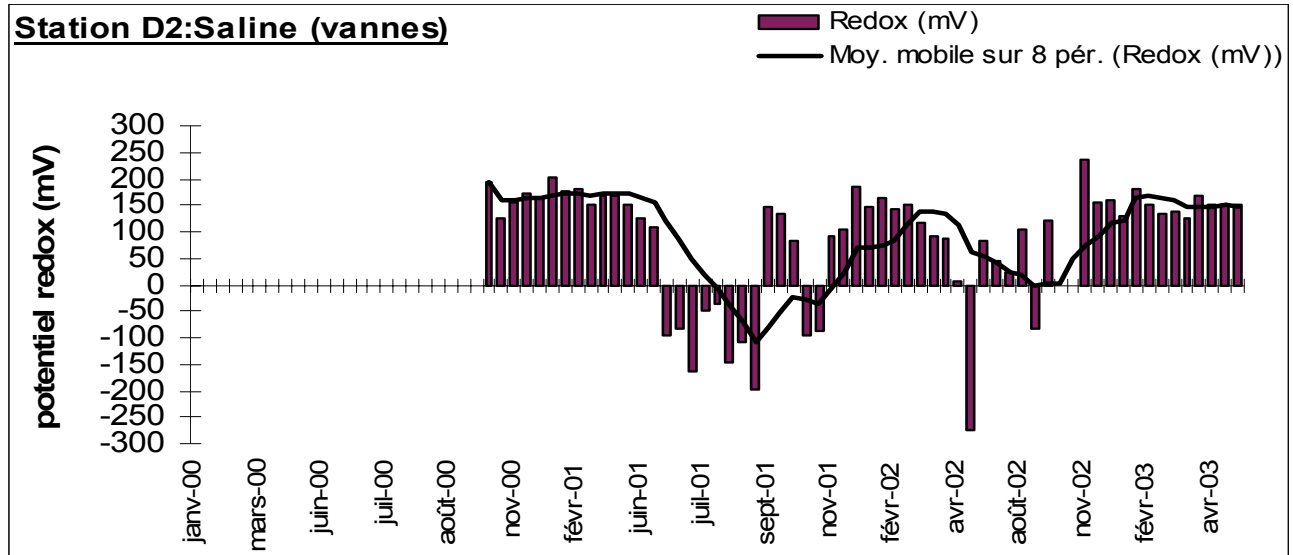
Valeurs normales dans Bages-Sigean

Station D1bis:étang de Peyriac

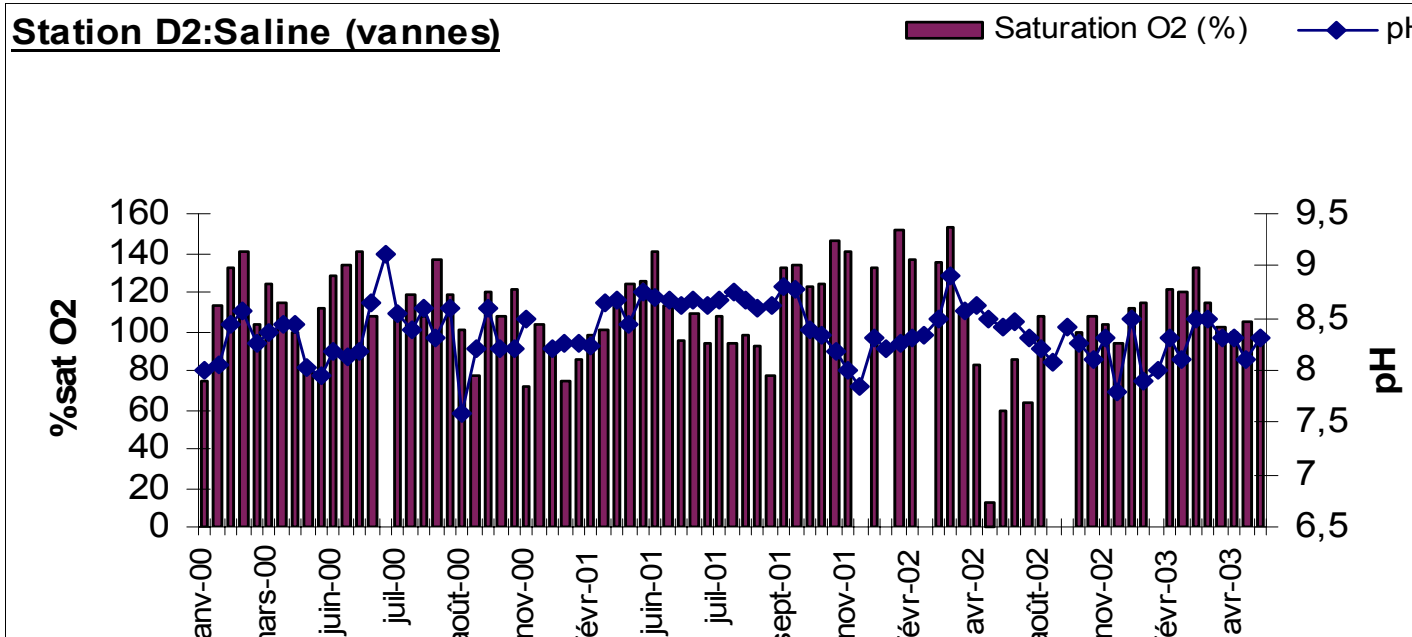


EXEMPLE DES ETANGS DE PEYRIAC-DE-MER

Evolution du potentiel REDOX plus rapide et lisible

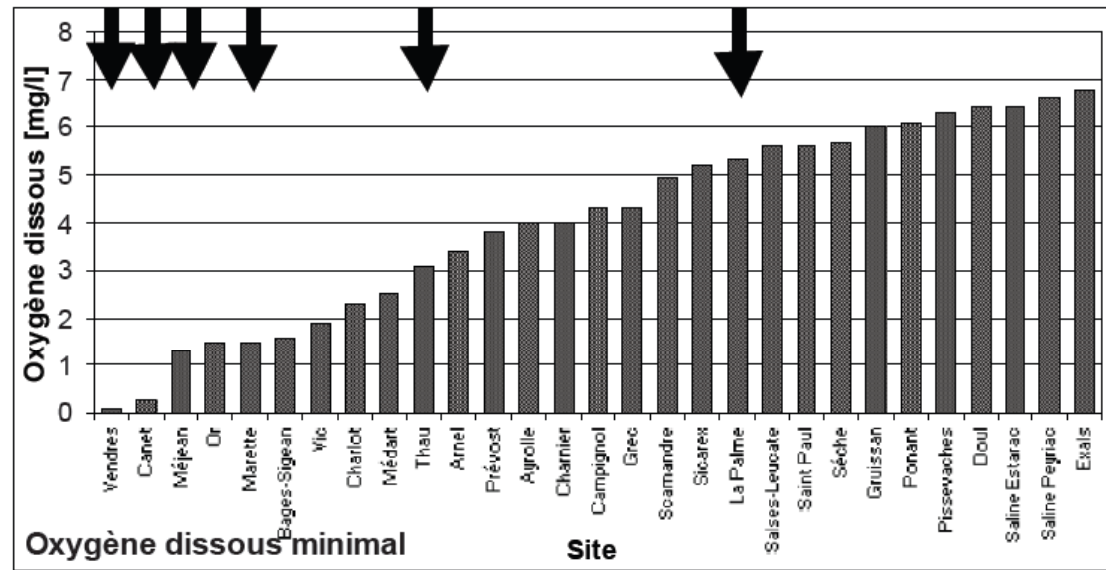


Valeurs de saturation en oxygène et pH suivant les blooms phyto

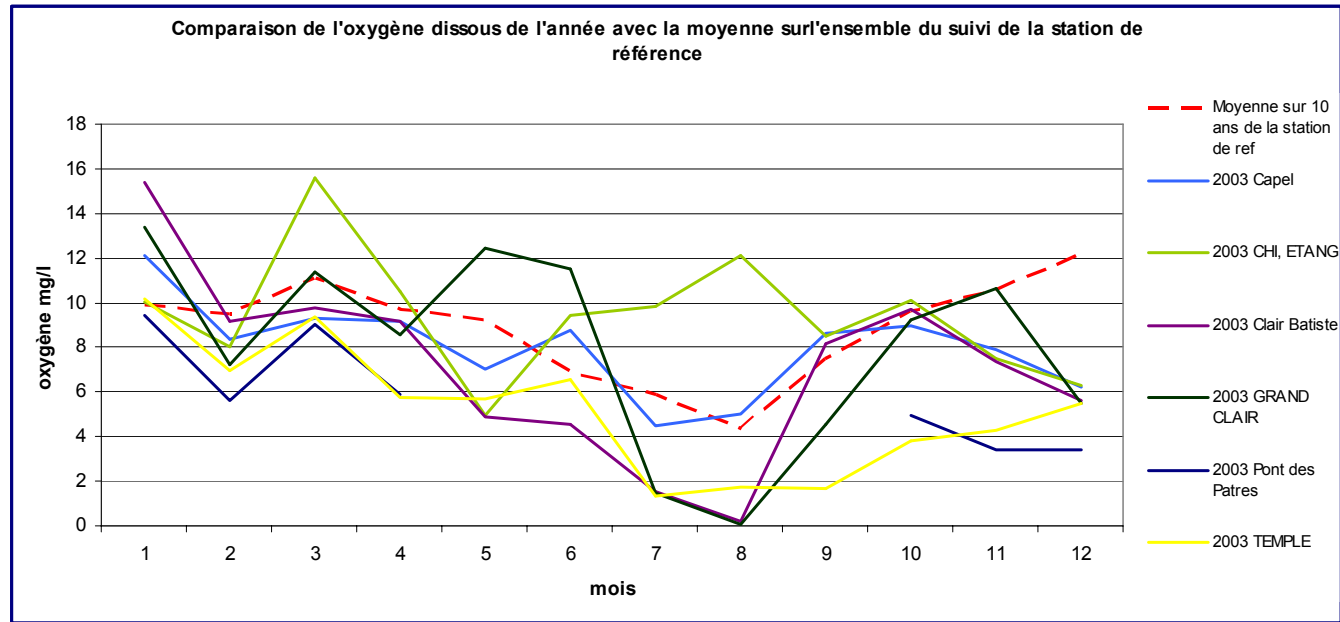


EXEMPLE DE CRISE EN 2003 Etang de Vendres

Durant l'été 2003, mortalités importantes sur 6 lagunes: valeurs en oxygène inquiétantes (bilan FOGEM)

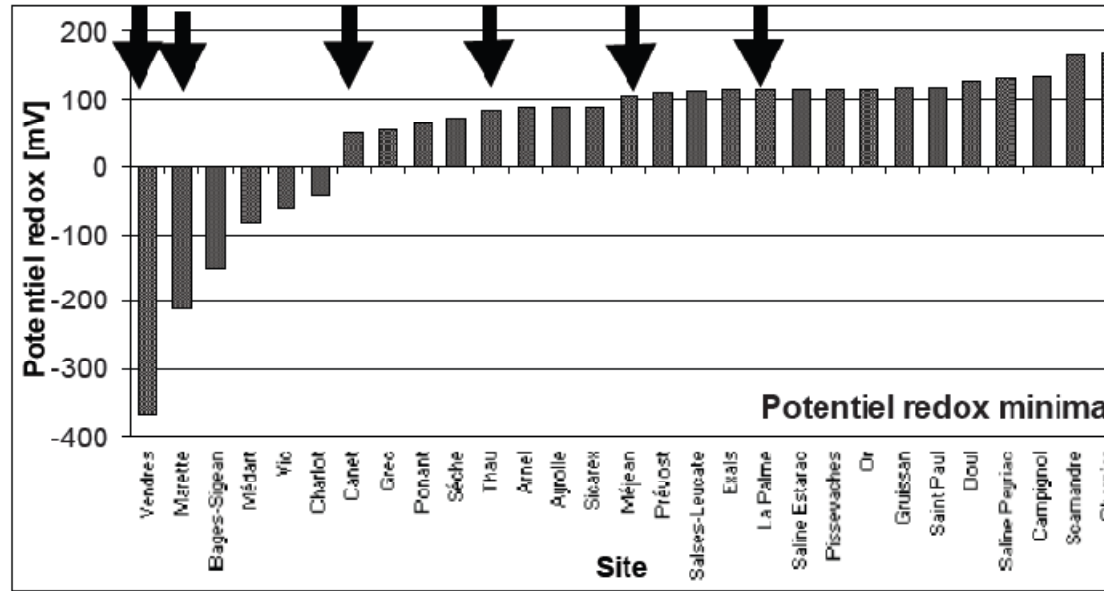


Valeurs très faibles en oxygène dans l'étang de Vendres expliquant la mortalité

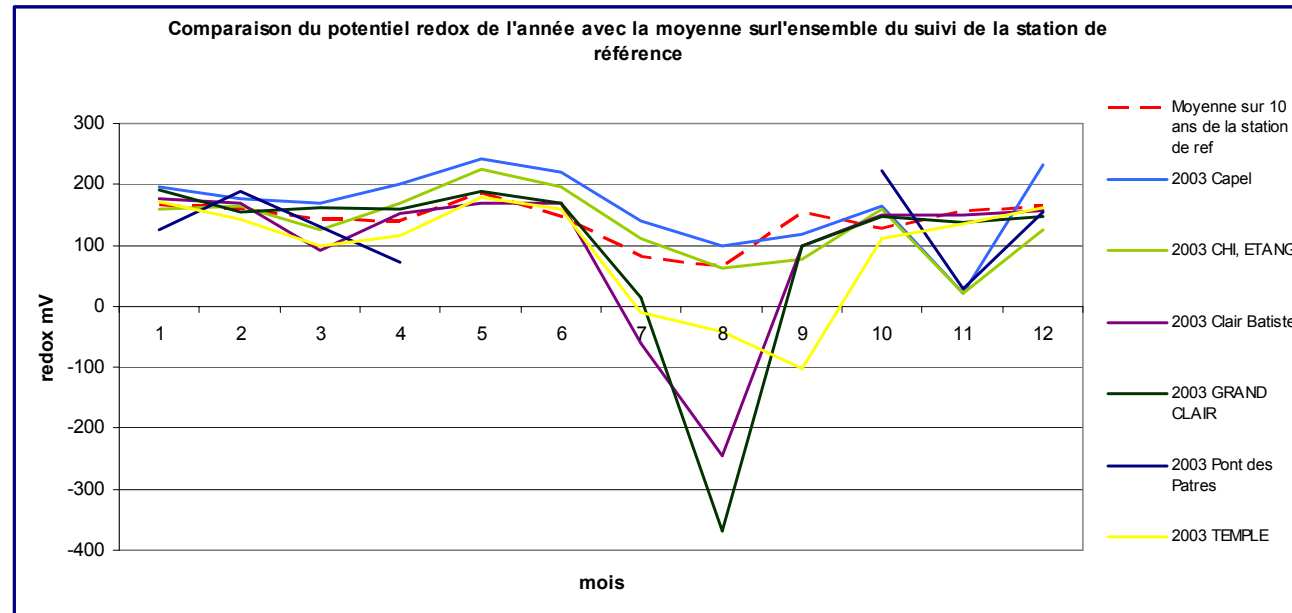


EXEMPLE DE CRISE EN 2003 Etang de Vendres

Durant l'été 2003, mortalités importantes sur 6 lagunes: Rédox négatifs (données FOGEM)



Valeurs de Rédox négatives alarmantes dans l'étang de Vendres



EXEMPLE DE COLONNE D'EAU

