



OBSERVATIONS
& PRÉVISIONS CÔTIÈRES



Conception d'indicateurs environnementaux pour le projet PREVIMER

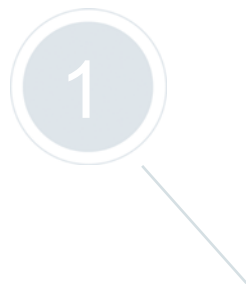
Journées Valor-IG'08

26-27 mars 2008



OBSERVATIONS
& PRÉVISIONS CÔTIÈRES

Journées Valor-IG'08 – 26-27 mars 2008



Le projet PREVIMER





OBSERVATIONS
& PRÉVISIONS CÔTIÈRES

Journées Valor-IG'08 – 26-27 mars 2008

❖ Objectifs principaux de Previmer

1. Construire un système d'information et de prévision relatives à l'environnement marin côtier, sur la base de mesures et de simulations numériques.
2. Assurer dans la durée le fonctionnement opérationnel et le développement économique de ces activités.

PREVIMER
OBSERVATIONS & PRÉVISIONS CÔTIÈRES

PREVIMER
FOURNIT DES OBSERVATIONS ET DES PRÉVISIONS CÔTIÈRES À 1500 EN MANCHE, ATLANTIQUE ET MÉDITERRANÉE JUSQU'À DES ZONES TRÈS LOCALISÉES: COURANTS, TEMPÉRATURES, HAUTEURS D'EAU, VAGUES, SALINITÉ, CONCENTRATION EN PARTICULES OU EN PLANCTON, QUALITÉ SANITAIRE...

DISPOSITIF

INSTRUMENTS DE MESURE, CENTRE DE DONNÉES ET MODÈLES NUMÉRIQUES.
Previmer participe à la mise au point d'outils d'observation: bouées et capteurs de mesure autonomes, sondes embarquées sur les navires.

Un centre de données collecte des mesures côtières et facilite leur accès.
Previmer fait évoluer, active et contrôle continuellement des outils de simulation, alimentés par des données météorologiques, hydrologiques et océaniques.

APPLICATIONS

HISTORIQUE, SITUATION ACTUELLE ET PRÉVISIONS SUR L'ENVIRONNEMENT CÔTIÈRE.
Previmer s'adresse au grand public, professionnels, collectivités, scientifiques et bureaux d'études qui progressivement disposeront d'informations pour:

- les activités récréatives et de loisirs nautiques,
- la suivi de la qualité des eaux de baignade ou d'exploitation aquatiques,
- les prévisions des dérivés et impacts des pollutions,
- l'étude de la dispersion de particules, d'ovifs ou de larves,
- la sécurité maritime et militaire.

SUR LE WEB

- Des informations mises à jour quotidiennement,
- en libre accès,
- des cartes, des tendances, des événements commentés,
- des pages pédagogiques,
- une consultation des archives,
- des accès par portail.

WWW.PREVIMER.ORG

Projet soutenu par l'Union Européenne et coordonné par Ifremer.

❖ Fonctionnalités de PREVIMER

visé à construire pour les 3 façades un système d'observation et de prévision sur les thématiques suivantes :

- **circulation hydrodynamique** (courants, température, salinité, niveaux),
- **état de mer** (hauteur et direction des vagues, vent, courant de surface),
- **état biogéochimique** des masses d'eau (oxygène dissous, nutriments) et production primaire (chlorophylle totale), prise en compte des **processus biologiques** : algues toxiques, microbiologie et halieutique.
- **turbidité**, estimation du transport sédimentaire.

❖ Previmer participe

- au développement et à l'amélioration des systèmes de modélisation et de prévision,
- à la mise en place de dispositifs de mesures et d'observations,
- au centre de données d'Océanographie CÔtière Opérationnelle,
- au Pole de calcul régional

❖ Previmer regroupe différents partenaires



2

étude sur les indicateurs pour la surveillance numérique de l'écosystème

❖ L'étude

- Elle s'inscrit dans un appel à propositions d'études visant à :
 - ❑ soutenir l'évaluation de l'intérêt socio-économique d'un service d'Océanographie Côtière Opérationnel
 - ❖ Lot 1 : recensement des besoins grand public et Professionnels
 - ❖ Lot 2 : étude économique (et juridique) d'un service d'Océanographie Côtière Opérationnelle
 - ❖ **Lot 3 : étude sur les indicateurs et tableaux de bord pour la surveillance numérique de l'écosystème côtier**
 - ❑ améliorer certains aspects scientifiques de validation des modèles numériques de l'écosystème côtier
 - ❖ Lot 4 : études de validation des résultats des démonstrateurs avec des données in situ
- réalisée en 2007 par la société SAFEGE suite à un appel d'offre européen

❖ Concevoir des indicateurs de l'environnement maritime côtier

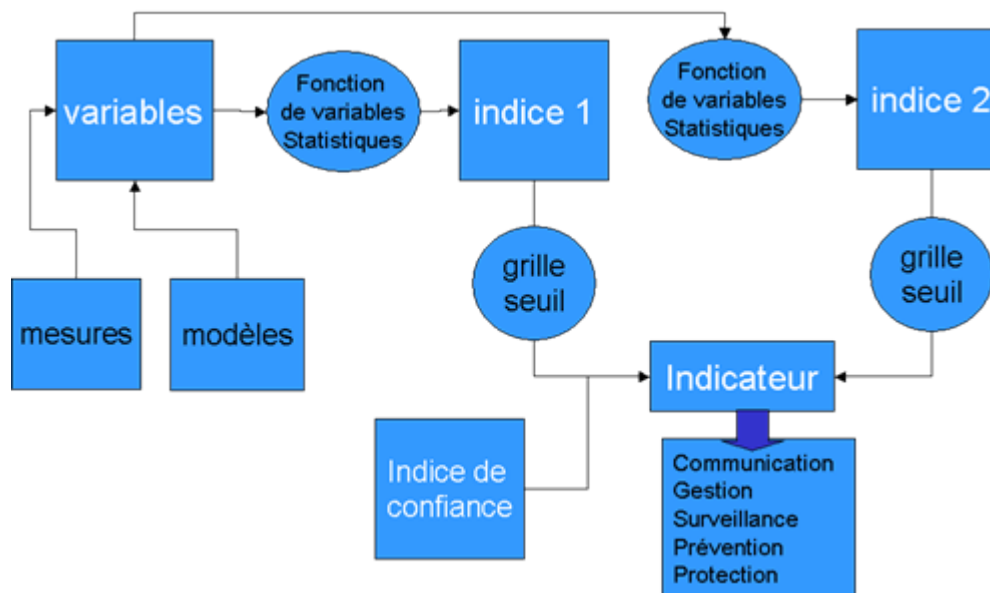
- Définir les domaines d'application
 - Dresser un état de l'art
 - Établir des principes et méthodes d'élaboration
- Découpage en 3 phases

- ❖ **Phase 1: Sélection d'un lot d'indicateurs et d'indices**
 - Précision du besoin
 - Transcription technique du besoin

- ❖ **Phase 2: Analyse approfondie de l'existant**
 - Indices et indicateurs
 - Modèles
 - Réseaux de mesure

- ❖ **Phase 3: élaboration des indicateurs**
 - Nature de la demande
 - Moyens d'obtention
 - Zone d'application
 - Méthodes de calcul
 - Restitution

❖ Phase 1 : schéma d'élaboration



- Couplage modèle / observation
- Distinction Indice / Indicateur
- Indice de confiance

❖ Phase 1 : Précision du besoin

- à partir du Lot 1
- besoin d'indicateurs fort pour l'activité ostréicole (enquête réalisée auprès des Laboratoires Environnement Ressources Ifremer)
 - transparence : ne pas masquer l'information de base
 - facilité la prise de décision dans la gestion des activités
 - indicateurs synthétiques pour la gestion des conflits
- besoin concernant les loisirs nautiques fort (enquête réalisée auprès des fédérations, clubs, services de sauvetage...)
 - distinction entre indicateurs de sécurité et indicateurs de confort
 - regrouper les informations aujourd'hui dispersées
 - information directive pour la sécurité des amateurs et des non connaisseurs du milieu
 - la construction de l'indicateur doit être présentée

❖ Phase 1 : indicateurs retenus

- **contamination microbienne des mollusques :**

- enjeux économiques et évolution de la réglementation européenne
- capacité prédictive de la modélisation = forte valeur ajoutée
- mais modèles complexes du devenir des germes (mortalité variable, comportement hydro-sédimentaire), conditions de forçage météo local fort, incertitude des flux et des apports surtout par temps de pluie

- **qualité des eaux de baignade :**

- enjeux économiques et évolution de la réglementation européenne
- capacité prédictive de la modélisation = forte valeur ajoutée
- mais modèles complexes du devenir des germes (mortalité variable, comportement hydro-sédimentaire), conditions de forçage météo local fort, incertitude des flux et des apports surtout par temps de pluie

❖ Phase 1 : indicateurs retenus

- **mortalité/anoxie du milieu :**
 - enjeux économiques
 - fortement lié à la capacité des modèles à prédire les teneurs en oxygène, tous les phénomènes ne peuvent pas être simulés
- **bloom phytoplanctonique :**
 - enjeux forts et vaste domaine d'application
 - mais l'état actuel des modèles ne permet de définir qu'un niveau général d'eutrophisation des eaux côtières
- **travaux en mer :**
 - faisabilité acquise
 - mais intérêt des professionnels à définir

❖ Phase 1 : indicateurs retenus

- **pratique du canoë-kayak :**
 - faisabilité acquise
 - mais niveau de précision actuel inférieur à la demande
- **pratique du surf (risque, confort) :**
 - demande forte,
 - mais nécessité de produire des informations plus précises, plus ciblées et plus intégrées que celles disponibles sur internet
- **pratique de la plongée (risque, confort) :**
 - besoin d'un outil complet et précis
 - problème de la visibilité (turbidité , production primaire)

❖ Phase 1 : indicateurs retenus

- **pratique de la voile légère (risque, confort) :**
 - Demande existante
 - Faisabilité en partie acquise (résolutions actuelles trop basses)
- **pratique de la voile de croisière (risque, confort) :**
 - Faisabilité en partie acquise

❖ Phase 1 : indices retenus

- **houle littorale :**
 - faisabilité acquise
- **hauteur d'eau (décote / surcote) :**
 - besoin réel (prévision des surcotes, échouage, accès aux parcs conchylicoles, pêche à pied...)
- **anomalies hydrologiques :**
 - faisabilité technique acquise (données d'observation)
 - valeur ajoutée explicative des modèles pour les tendances observées
 - applications multiples (ressources halieutiques, diagnostics biologiques et écologiques, ressources en eau, réchauffement climatique)
- **anomalies de production primaire :**
 - faisabilité acquise (données d'observation)
 - valeur ajoutée explicative des modèles pour les tendances observées

❖ Phase 1 : indices retenus

- **stratification verticale des masses d'eau :**
 - faisabilité technique acquise grâce à la modélisation
 - applications multiples (production primaire, efflorescences toxiques, ponte, recrutement)
- **fronts thermiques :**
 - faisabilité acquise à court terme
 - lié aux problématiques environnementales prioritaires (bloom, eutrophisation eutrophisation, algues toxiques, recrutement halieutique)
- **panaches fluviaux :**
 - faisabilité acquise grâce à la modélisation
 - applications multiples (algues toxiques, production primaire, contamination chimique)
 - difficulté en dehors des grands fleuves

❖ Phase 1 : indices retenus

- **confinement des masses d'eau :**
 - faisabilité acquise grâce à la modélisation
 - enjeux forts (algues toxiques, eutrophisation)
- **formation tourbillonnaire :**
 - faisabilité acquise grâce à la modélisation
 - enjeux forts (algues toxiques, production primaire, bloom)

❖ Phase 1 : fiche indicateur

- les descripteurs, champ d'application et échelles d'intérêt,
- niveau de cohérence vis-à-vis des objectifs PREVIMER,
- les conditions théoriques d'obtention par la mesure et la modélisation, avec les indices éventuellement liés à cet indicateur,
- la possibilité de calculer cet indicateur et les indices liés, à partir des réseaux et démonstrateurs PREVIMER

❖ Phase 1 : indices non retenus






Certains indicateurs n'ont pas été retenus pour les raisons suivantes :

- fiabilité des modèles actuels insuffisante (oxygène dissous et chlorophylle a de la DCE)
- connaissance insuffisante des phénomènes biologiques et écologiques (risque DSP, PSP)
- travaux en cours à l'Ifremer (captage naissain, vitalité des larves)
- calcul difficile à l'échelle locale (brouillard)
- pas de valeur ajoutée par les modèles (sécurité de la baignade)

❖ Phase 2 : Analyse de l'existant

- étude bibliographique sur les indices hydrologiques et hydrodynamiques
- analyse des grilles et indicateurs existants évaluant la qualité du milieu
- niveaux de pratique définis et indices/indicateurs propres aux loisirs nautiques
- revue des systèmes produisant des données océanographiques
- revue critique des démonstrateurs PREVIMER au regard des indicateurs et des indices

❖ Phase 2 : utilisation des réseaux de mesure

	non applicable ou non pertinent
	directement applicable
	résolution spatiale limitée
	fréquence temporelle limitée
	calcul incomplet de l'indicateur/indice

		Indicateurs									Indices									
		Contamination des mollusques	Contamination des eaux de baignade	Mortalité/anoxie du milieu	Bloom	Travaux en mer	pratique du Surf	pratique du Canoë-Kayak	pratique de la Plongée	pratique de la Voile légère	pratique de la Voile de croisière	Anomalies hydrologiques	Anomalies Production Primaire	Houle littorale	Hauteur d'eau	Stratification verticale des masses d'eau	Front thermique	Panaches fluviaux	Confinement des masses d'eau	Formation Tourbillonnaire
Mesures <i>in situ</i> et en laboratoires	RNO																			
	REPHY																			
	REMI																			
	SRN																			
	RAZLEC																			
	RESPEC																			
	ARCHYD																			
	RSL																			
	SOMLIT																			
	Bouées (Cetmef, MF, Ifremer)																			
	ROSLIT																			
	RECOPECA																			
	R. Est. Bretons/CQEL																			
Mesures satellitales	NAUSICAA/CERSAT																			
	Météosat(ESA/EUMETSAT)																			
	Medspiration(ESA)																			






❖ Phase 2 : Applicabilité des grilles et indicateurs « qualité du milieu »

INDICATEURS/ INDICES RETENUS	Indicateurs/indices		Seuils /Grilles/Niveaux		
	paramètre	métrique	origine	application	applicabilité
Risque d'anoxie du milieu	teneur O ₂	percentile 95	Milquetus	3 façades	modifier la métrique
	teneur O ₂ sur le fond	percentile 10	RHLN	Littoral Normand	modifier la métrique
	delta O ₂ (02-100)	percentile 90	RHLN	Littoral Normand	modifier la métrique
	% saturation O ₂	percentile 90	RHLN	Littoral Normand	modifier la métrique
	delta %saturation O ₂	?	RSL	Lagunes LR	
Anomalies hydrologiques	température, salinité	moyenne, écart-type	n.p.	n.p.	oui
Anomalies teneur Chlorophylle a	chlorophylle a	moyenne, écart-type	n.p.	n.p.	oui
Risque d'apparition de bloom	teneur en Chla sub-surface	moyenne mars à septembre	OSPAR	eaux européennes	modifier la métrique
	teneur en Chla sub-surface	percentile 90 mars à septembre	Milquetus	façades françaises	modifier la métrique
	teneur en Chla sub-surface	percentile 90 mars à septembre	RHLN	littoral normand	modifier la métrique
	teneur en Chla sub-surface	?	RSL	Lagunes LR	
Risque de contamination des mollusques	teneur en E.coli (chair)	% dépassement des seuils	arrêté du 21/05/1999	côtes françaises	non
	teneur en E.coli (chair)	% dépassement des seuils	règlement 854/2005	europe	oui
Qualité des eaux de baignade	teneurs en Col.+ St. fécaux + E.coli + Strep.fécaux	% dépassement des seuils	directive 76/160/CEE	jusqu'en 2008	modifier la métrique
	teneurs en E.coli + Entér.	percentile 90 et 95	directive 2006/7/CEE	à partir de 2008	modifier la métrique

❖ Phase 2 : Applicabilité des niveaux et indices « loisirs nautiques »

INDICATEURS RETENUS	Indicateurs/indices		Seuils /Grilles/Niveaux		
	paramètre	métrique	origine	application	applicabilité
Pratique Kayak	hauteur des vagues	$H_{1/3}$	état de mer	international	oui
	vent	vitesse moyenne	Echelle Beaufort	International	trop imprécis
	vent, agitation, courant	combinaisons intuitives	Couleurs de pagaie	France	oui
Pratique Surf	hauteur des vagues	$H_{1/3}$	état de mer	international	oui
	vitesse déroulement des vagues	Peel Angle	abaques Walker	international	trop précis
	énergie, période	à préciser	analyse spectrale	international	oui
	hauteur, période, pente du fond	K (Galvin, 1968)	type de vague	international	calcul pente difficile
Pratique Voile Légère	hauteur des vagues	$H_{1/3}$	état de mer	international	oui
	visibilité	distance	Météo France	France	hs
	vent	vitesse moyenne	Echelle Beaufort	International	oui
Pratique Voile de Croisière	hauteur des vagues	$H_{1/3}$	état de mer	international	oui
	visibilité	distance	Météo France	France	hs
	vent	vitesse moyenne	Echelle Beaufort	international	oui
Houle Littorale (Travaux en mer)	hauteur des vagues	$H_{1/3}$	état de mer	international	oui, mode prévision
	visibilité	distance	Météo France	France	oui, mode prévision
	vent	vitesse moyenne	Echelle Beaufort	international	oui, mode prévision

❖ Phase 2 : Capacité des modèles

	non applicable ou non pertinent
	directement applicable
	résolution spatiale limitée
	fréquence temporelle limitée
	calcul incomplet de l'indicateur/indice

		Indicateurs									Indices											
		Contamination des mollusques	Contamination des eaux de baignade	Mortalité/anoxie du milieu	Bloom	Décote/surcote	Travaux en mer	pratique du Surf	pratique du Canoë-Kayak	pratique de la Plongée	pratique de la Voile légère	pratique de la Voile de croisière	Anomalies hydrologiques	Anomalies Production Primaire	Stratification verticale des masses d'eau	Houle littorale (travaux en mer)	Décote/surcote	Front thermique	Panaches fluviaux	Confinement des masses d'eau	Formation Tourbillonnaire	
Modèles	Démonstrateur 0																					
	Démonstrateur 1a																					
	Démonstrateur 1b																					
	Démonstrateur 2																					
	Démonstrateur 3																					
	Démonstrateur 6																					
	Démonstrateur 7																					
	Modèle Manche																					
	Modèle Nord Bretagne																					
	Modèle Normandie																					
	Modeles CEVA																					
	Marenes Oléron																					
	Arcachon																					
	Thau																					

❖ Phase 3 : Moyens et méthodes d'élaboration

Pour chacun des indicateurs ou indices retenus sont ainsi détaillés :

- le ou les besoin(s) qu'il satisfait (« nature de la demande »),
- les moyens d'obtention (mesures, réseaux, modèles),
- les domaines et zones d'application actuels ou à court terme compte tenu de l'existant,
- les méthodes de calcul de l'indicateur

❖ Phase 3 : indicateur « qualité des eaux de baignade »

- Nature de la demande :

Prévoir chaque jour le risque de dépassement des valeurs seuils de contamination bactérienne pendant les heures d'ouverture de la baignade

- Moyens d'obtention :

- Préférence aux modèles numériques simulant la situation réelle plutôt qu'une approche par scénario ou statistique.
- Les faibles délais de restitution exigés entraînent l'absence de calcul d'incertitude
 - Hypothèses majorantes sur les flux émis en mer et le taux de mortalité des germes bactériens

❖ Phase 3 : indicateur « qualité des eaux de baignade »

- Zones d'application actuelles :
 - Zones de baignade surveillée
 - Modèle numérique à maille fine (<50m)
 - site du Moulin Blanc (démonstrateur 2 de PREVIMER)
- Zones d'application à court terme :
 - Modèle du Bassin d'Arcachon
 - Modèle de l'étang de Thau



❖ Phase 3 : indicateur « qualité des eaux de baignade »

TM : Teneur Maximale

DD : Durée de Dépassement de SR (/8heures)

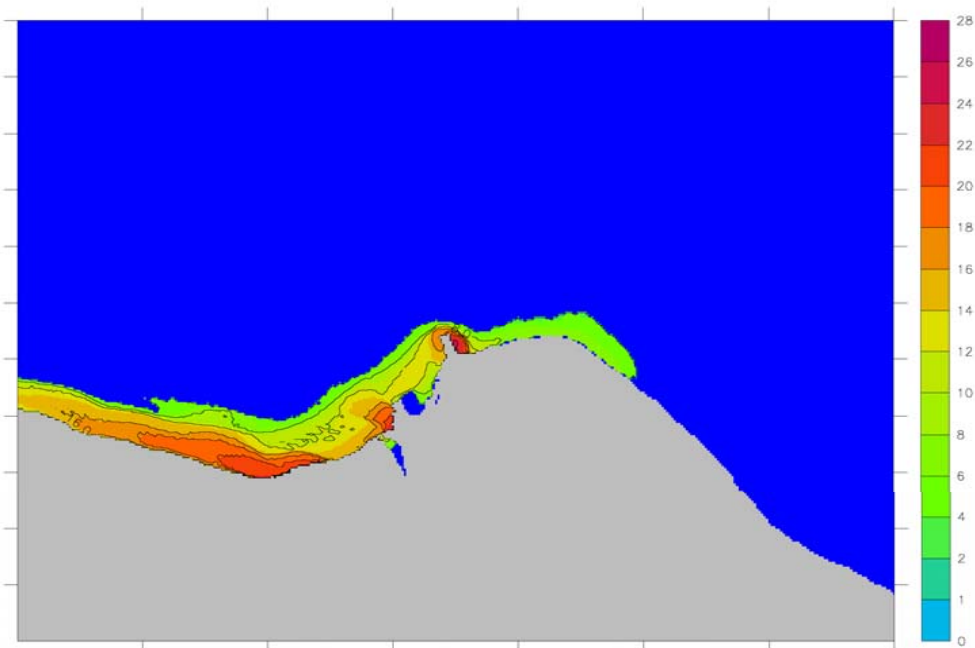
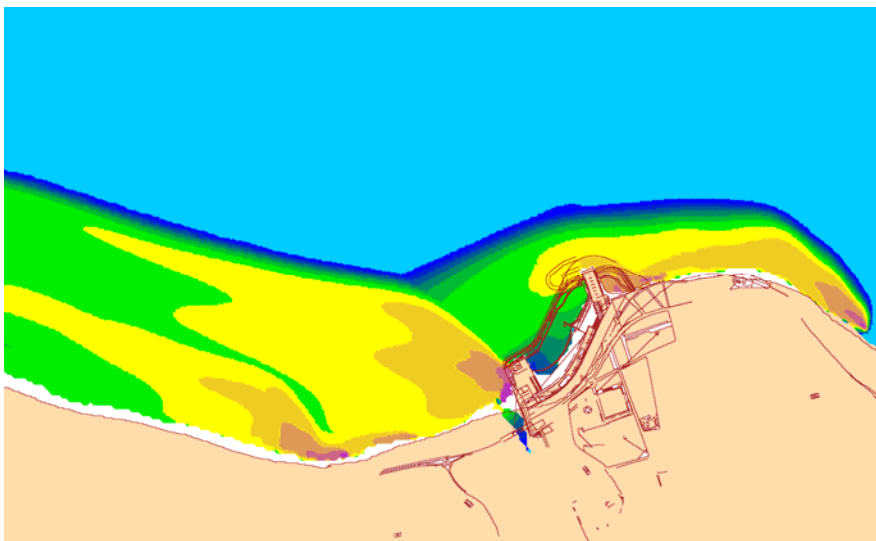
SR : Seuil à Risque (réglementation)

TD(p,t) : Teneur Déclassante

0		$TM < SR$
1		$0 < DD < 2$
2		$2 < DD < 4$
3		$4 < DD < 6$
4		$6 < DD < 8$ ou $TM > TD$

❖ Phase 3 : restitution de l'indicateur « qualité des eaux de baignade »

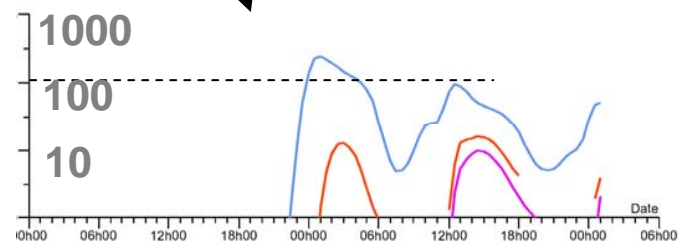
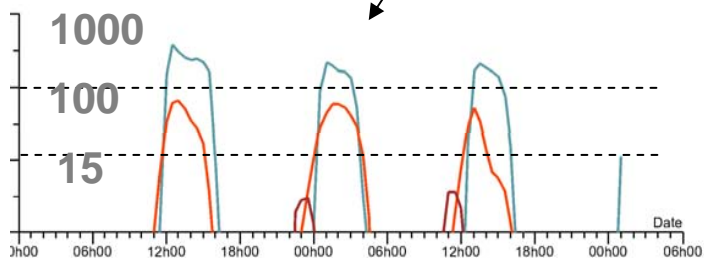
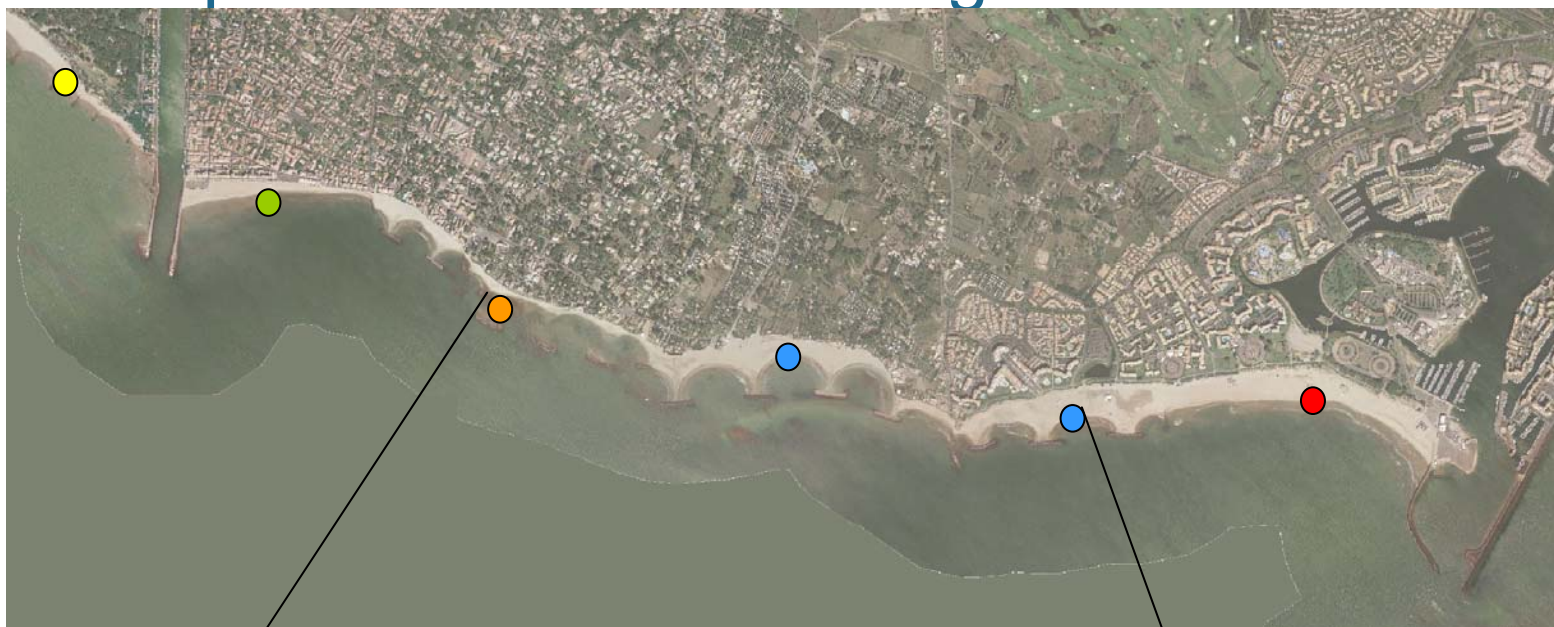
- Une note globale de risque (entre 0 et 4) par plage,
- Une carte de la répartition spatiale de l'indicateur risque,
- Une carte de la répartition spatiale du paramètre DD



❖ Phase 3 : restitution de l'indicateur « qualité des eaux de baignade »

- Résultats intermédiaires :
 - position heure par heure des panaches de rejet,
 - enveloppe des panaches correspondant aux teneurs maximales obtenues sur la période de baignade,
 - carte des profondeurs où la teneur est maximale,
 - courbes d'évolution dans les zones de baignade

❖ Phase 3 : restitution de l'indicateur « qualité des eaux de baignade »



❖ Phase 3 : indicateur « sécurité voile croisière »

Vent : vitesse maximale (VMV)





Agitation : Hs mer du vent / houle croisée (HC)

Courant : vitesse maximale (VMC)

Vent








Classe	A	0 à 2 Beaufort
Classe	B	3 à 4 Beaufort
Classe	C	5 à 6 Beaufort
Classe	D	> 6 Beaufort



Risque 1		VMV e A
Risque 2		VMV e B
Risque 3		VMV e C
Risque 4		VMV e D





❖ Phase 3 : indicateur « sécurité voile croisière »

Agitation

Risque 1		Hs < 1m	Risque 1		HC < 30°
Risque 2		1 < Hs < 2			
Risque 3		2 < Hs < 3	Risque 3		30 < HC < 60°
Risque 4		Hs > 3 m	Risque 4		HC > 60°

❖ Phase 3 : indicateur « sécurité voile croisière »

Courant

Risque 1		$VMC < 1 \text{ m/s}$
Risque 2		$1 \text{ m/s} < VMC < 2 \text{ m/s}$
Risque 3		$2 \text{ m/s} < VMC < 3 \text{ m/s}$
Risque 4		$VMC > 3 \text{ m/s}$

Évaluation globale : choix du risque le plus élevé par indice

❖ Phase 3 : restitution de l'indicateur « sécurité voile croisière »

Rivage :

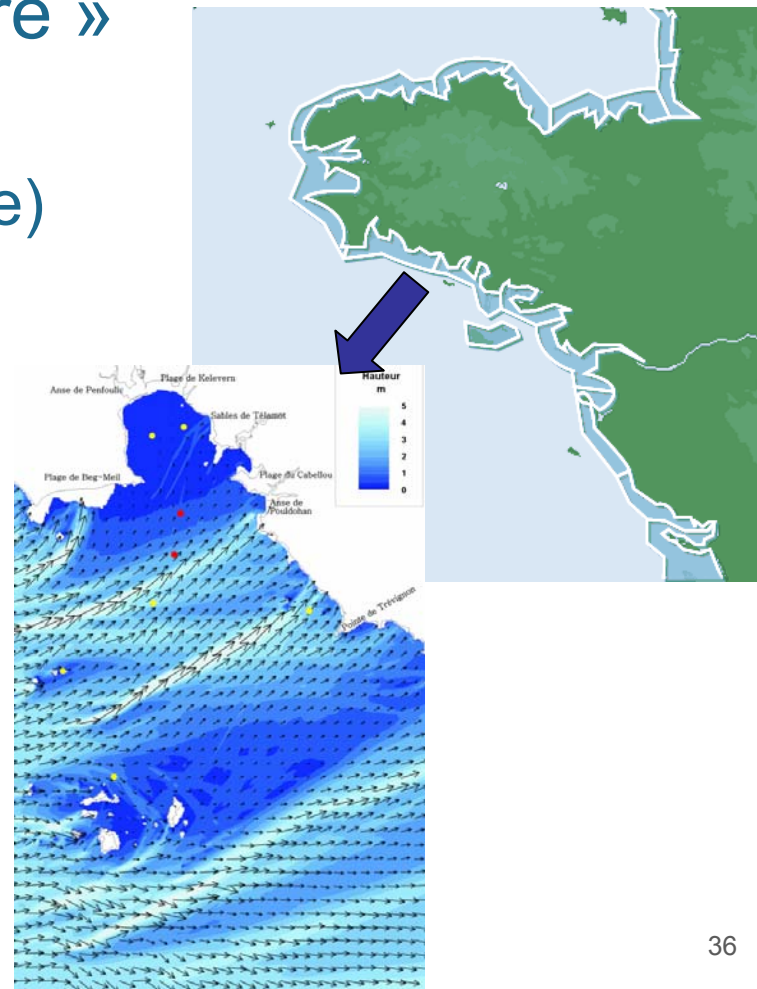
- carte du risque globale (rivage)

Zone rivage

- carte des risques
- carte des indices

Fréquence : 6 heures

Mise à jour : quotidienne

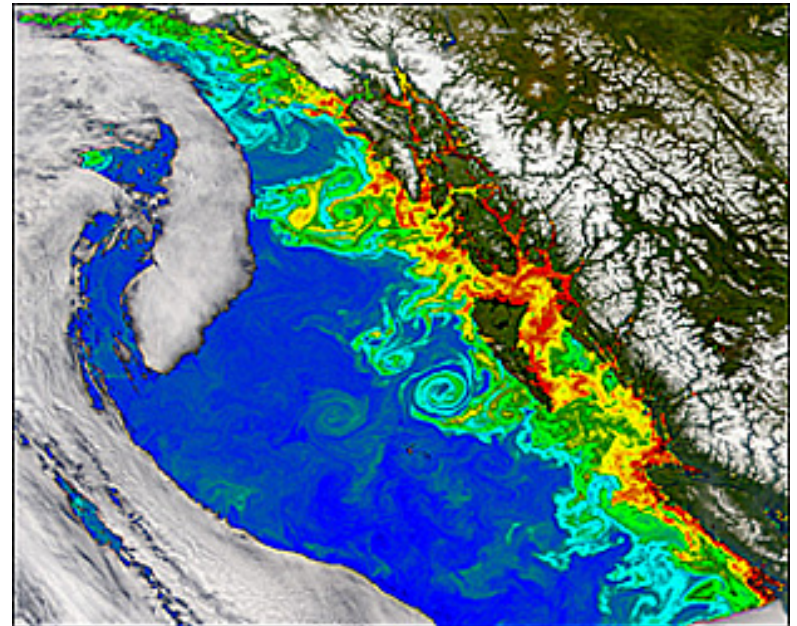


❖ Phase 3 : restitution de l'indicateur « sécurité voile croisière »

Zone de la Côte de Fleurie (prévisions du 18-09-07 à 11h50)									
Jour	Mercredi 19 septembre 2007					...	Vendredi 21 septembre 2007		
	0h	6h	12h	18h	24h		12h	18h	24h
Heures (UTC)						...			
Risque global	3	3	4	4	2	...	2	3	3
Risque lié à la vitesse du vent	2	3	3	1	1	...	2	1	1
Risque lié au $H_{1/3}$	3	2	2	3	2	...	2	2	3
Risque lié au degré de croisement	1	1	4	4	1	...	1	1	1
Risque lié à la vitesse du courant	1	1	2	1	1	...	1	3	2
Vitesse max. Vent (nœuds)	15	18	18	5	5	...	7	4	5
Hauteur Vague (m)	2.3	1.8	1.7	2.2	1.8	...	1.9	1.8	2.3
Degré de croisement maximal	25°	28°	65°	70°	25°		20°	26°	17°
Vitesse max. Courant (m/s)	0.9	0.8	1.3	1.2	0.5	...	0.4	2.1	1.4

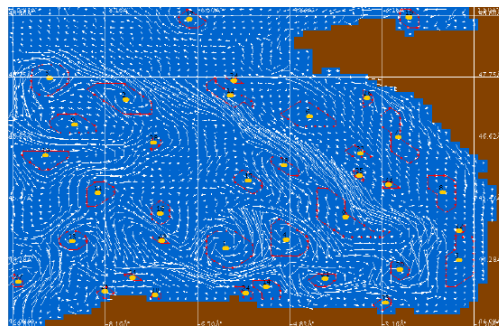
❖ Phase 3 : indice « tourbillons »

- détection des contours
- taille
- age
- persistance

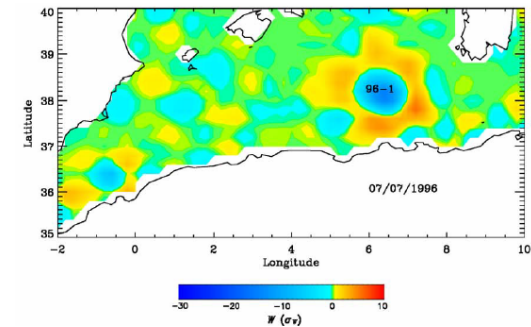


❖ Phase 3 : indice « tourbillons », modélisation mathématique

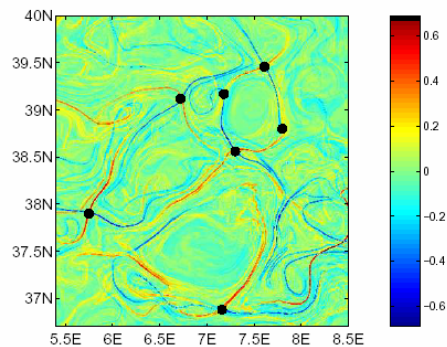
- Algorithme à colonies de fourmis



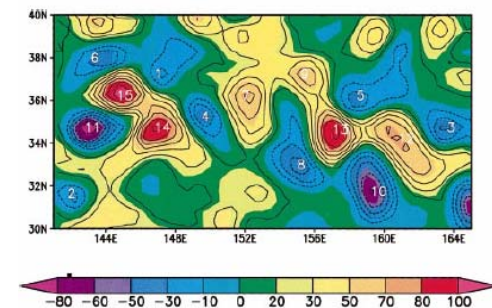
- Critère d'Okubo-Weiss



- Exposant de Lyapunov



- Théorie des ondelettes



❖ Phase 3 : Tableau de bord

le thème « **Conchyliculture** » qui permet de considérer de manière intégrée les aspects environnementaux, sanitaires et techniques liés aux pratiques conchylicoles ;

le thème « **Loisirs balnéaires** » qui regroupe plusieurs pratiques s'effectuant dans une même unité géographique et qui concerne une population commune d'utilisateurs ;

le thème « **Navigation de plaisance** » qui s'adresse à l'ensemble des plaisanciers ;

le thème « **Phytoplancton toxique** » qui renseigne cette question délicate au moyen de faisceaux d'indices.

❖ Phase 3 : Tableau de bord

	Anomalies Hydrologiques	Anomalies production primaire	Tourbillons	Front thermique	Panaches des fleuves	Stratification verticale	Confinement	Baignade	Contamination mollusques	Pratique Surf	Pratique Plongée	Pratique Voile Légère	Pratique Voile de Croisière	Pratique Canoë-Kayak	Houle littorale	Décote / surcote	Bloom	Mortalité
Conchyliculture et pêche à pieds																		
Les risques sanitaires																		
Le climat des mers côtières																		
Les travaux en mer																		
Les fleuves																		
La production primaire																		
Les vagues																		
Les loisirs nautiques																		
Les loisirs balnéaires																		
La pêche en mer																		
Les estuaires																		

❖ Conclusion

- Des moyens limités pour calculer les indicateurs (échelle littorale)
- La nécessité de « calibrer » certains indicateurs
- La difficulté d'interpréter biologiquement les indices (spécificités locales, méconnaissance des phénomènes, etc.)