



Séminaire LITEAU Gestion de l'espace littoral  
 GICC Gestion des impacts du changement climatique  
 Impacts du changement climatique sur le littoral  
 et conséquences pour la gestion,  
 Fréjus, 18 et 19 octobre 2010

Présent pour l'avenir



(Forum des Marais Atlantiques)



Boulogne-sur-Mer (Alt. 08-04)

Introduction aux fonctionnements  
 des écosystèmes littoraux et changement climatique :  
 Geneviève Barnaud (Mnhn)

- Fonctionnements, fonctions, valeurs, services
- Evaluation des services
- Mesures de compensation
- Questions à la recherche

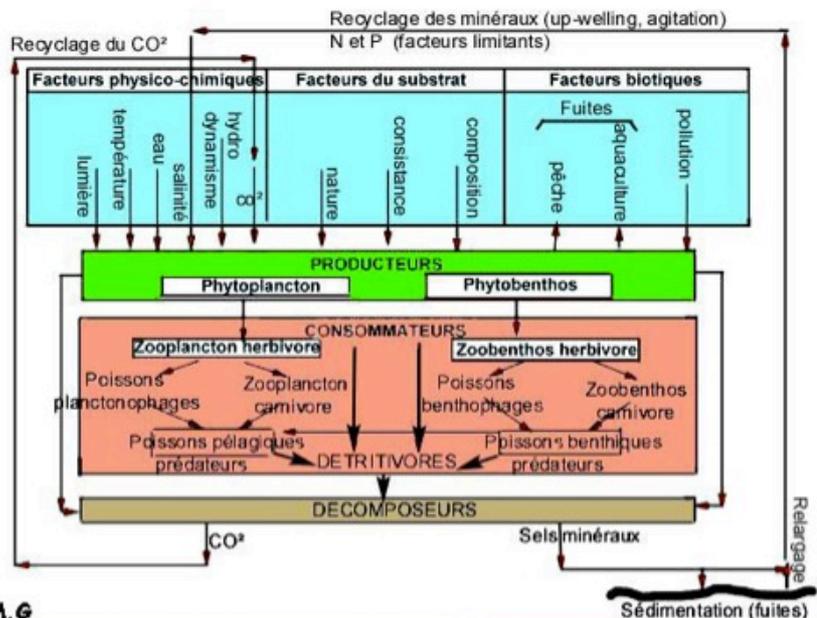


[Liteau@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Liteau@developpement-durable.gouv.fr)



## Fonctionnement des écosystèmes

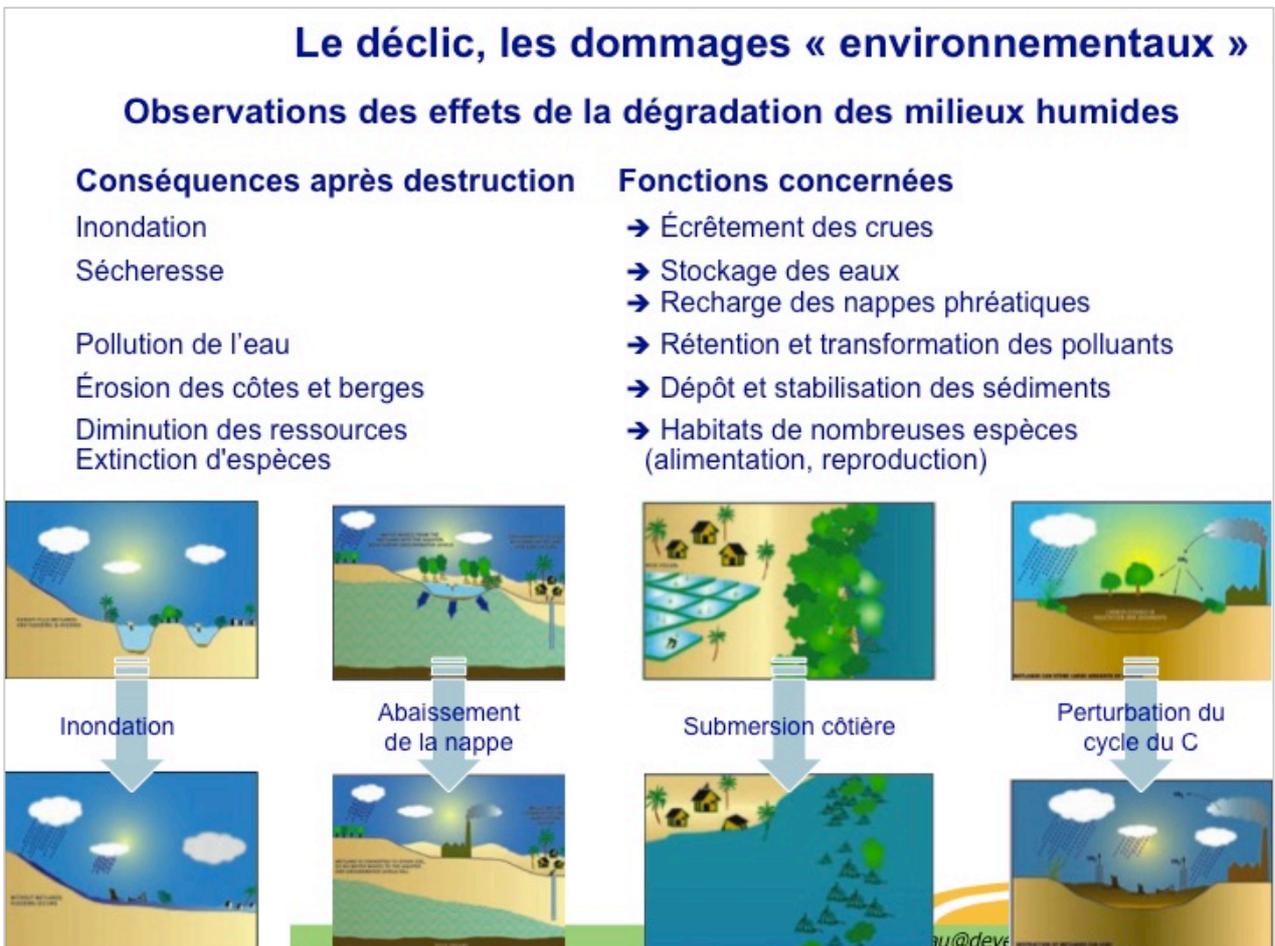
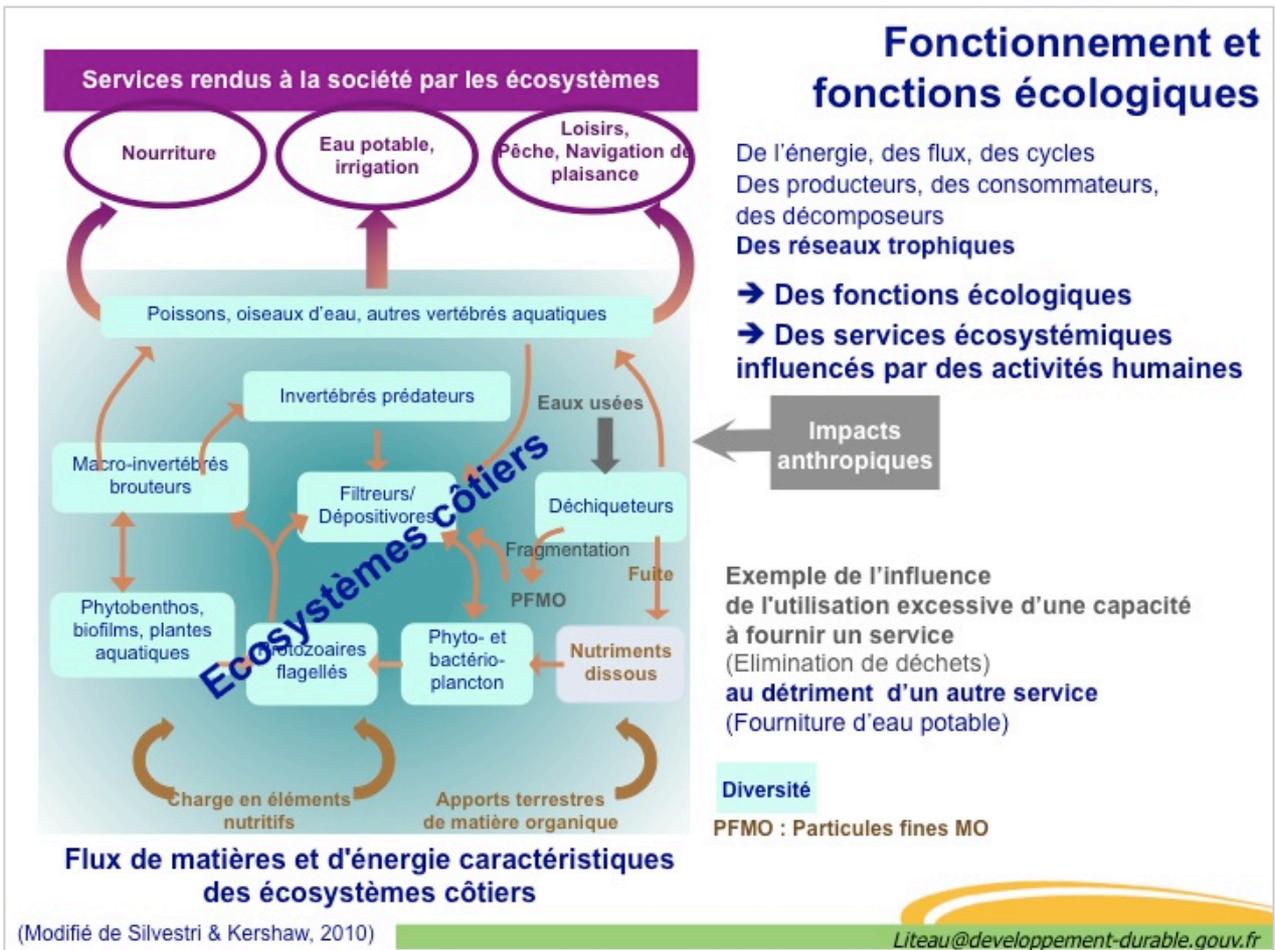
- ➔ De l'énergie, des flux, des cycles
- Des producteurs,
- Des consommateurs (herbivores, prédateurs),
- Des décomposeurs



[[www.zones-humides.eaufrance.fr](http://www.zones-humides.eaufrance.fr)]

M.G

[Liteau@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Liteau@developpement-durable.gouv.fr)



# Rôles, fonctions, valeurs, services, le déclic

## → Constat des multiples effets de la dégradation des ZH

- Compréhension des fonctions écologiques et valeurs  
Prise de conscience de l'importance des écosystèmes pour le bien-être des sociétés
- **Changement du discours, conservation de la nature au titre**
  - de la prévention des risques, de l'hygiène et de la production
- La notion d'**infrastructure naturelle**
- **Les évaluations financières de l'intérêt des processus écosystémiques**
- **Le concept de service écosystémique, adopté par la CDB (MAE), Ramsar**

Années 50

### Naturalistes

L'intérêt patrimonial  
Les rôles

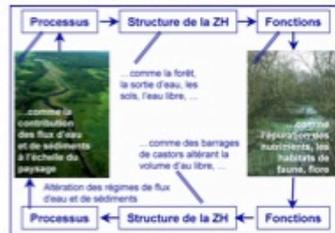


## Origines des notions

Années 60-70

### Écologues

Les écosystèmes, les fonctions



Boucle des feedbacks due aux interactions biologiques  
(Washington DSE, 2004)

Années 80

### Sociologues

Les usages,  
les valeurs



Années 90

### Économistes

Les bénéfices retirés  
les services rendus



(Novitzki et al., 1997)

## Des fonctionnalités reconnues

### Rôle « d'éponge », de « réservoir »

#### → Fonctions hydrologiques

Contrôle des crues, recharge des nappes, soutien des étiages, réduction de l'énergie des eaux/érosion

→ Régulation du régime hydrologique

Déboisement, culture, urbanisation

→ Inondation brusque et importante

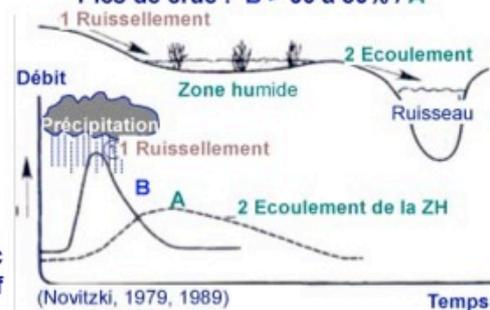
→ Atténuation, décalage du pic de crue, déstockage progressif

Explication : Effet de retardement, effet d'étalement

2 bassins versants (A, B)

A: 30% de la superficie en ZH et lacs

Pics de crue : B > 60 à 80% / A



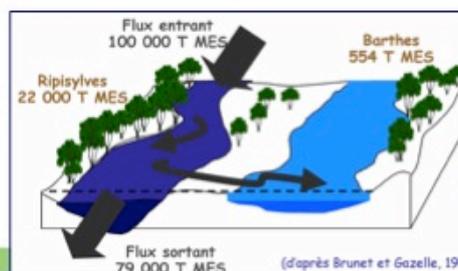
(Novitzki, 1979, 1989)

### Rôle de « filtre »

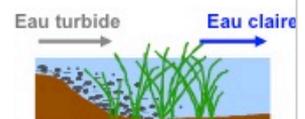
#### → Fonction rétention de matières en suspension et produits associés

Clarification de l'eau

Bilan sédimentaire d'une crue de l'Adour à l'échelle d'un tronçon de vallée inondé (06/92)



(d'après Brunet et Gazelle, 1995)



## Rôle de « rein »

- Transformation, dégradation, de l'azote, du phosphore, des métaux lourds, micro-polluants organiques

## Épuration, décontamination de l'eau

- Caractéristiques connues de manière empirique et utilisées mondialement : lagunages, traitement d'effluents

### → Des mécanismes différenciés de transformation des nutriments

- **Azote** : 2 processus biologiques en jeu (assimilation végétale, dénitrification)
- **Phosphore** : immobilisation par précipitation, adsorption, stockage et transfert

### → Des plantes gourmandes, Consommation en phosphore et azote (kg/ha/an)

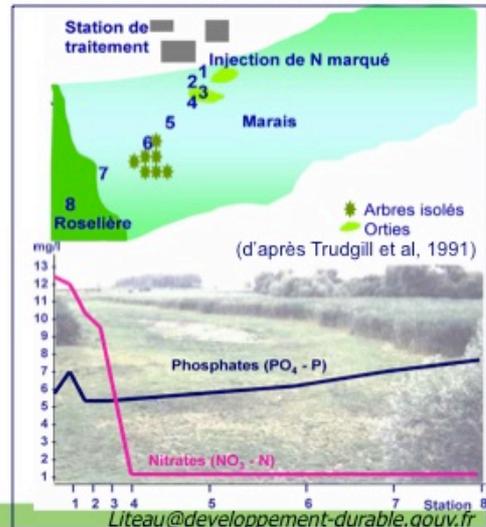
	Phosphore	Azote	Référence
 Petite lentille d'eau ( <i>Lemna minor</i> )	116 - 400	350 - 1 700	(DeBusk et Reddy, 1987)
 Ecuelle d'eau ( <i>Hydrocotyle vulgaris</i> )	116 - 770	350 - 32 000	(DeBusk et Reddy, 1987)
 Phragmites ( <i>Phragmites australis</i> )	101	1 910	(Obarska-Pempkowiak, 1997)
 Moyenne « prudente » Base données ZH US	80,3	547,5	(Knight et al. 1994)

## Fonctions biogéochimiques



Schématisme fonctionnel (Mitsch et Gosselink, 1993)

Suivi expérimental de l'évolution des nitrates et phosphates au travers d'une zone humide

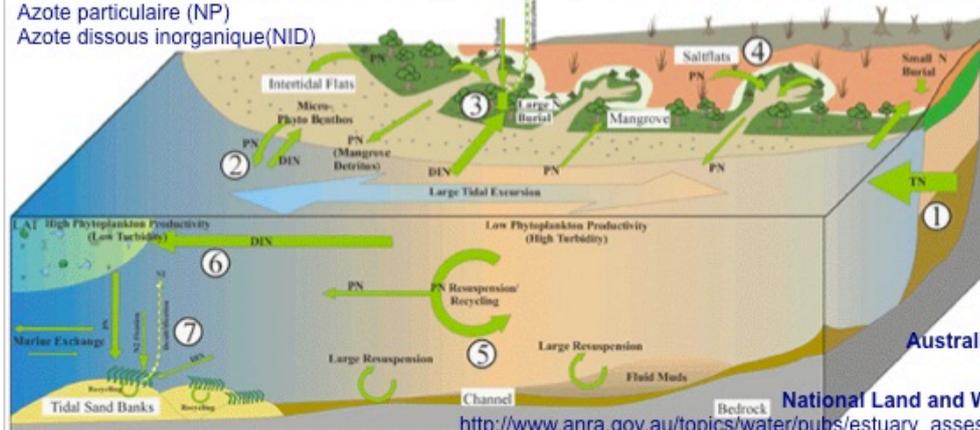


### → Principaux mécanismes en jeux/nutriments :

1. **Entrée NT** (particule, dissous) provenant du bassin versant
2. **Transport NP et NID sur les vasières** intertidales par les mouvements des marées, transformation de NID en NP grâce à des micro-algues benthiques
3. **Rétention de NID et NP** par les sédiments (mangrove), absorption (plante, bactérie), fixation racinaire, émission N<sub>2</sub> (dénitrification), transport NP (crabe), exportation (litière, particule fine) Redistribution aux eaux côtières à marée descendante
4. **Faible stockage de NP dans les vasières**, exportation dans le chenal selon la marée
5. **Présence NP et NID dans la colonne d'eau**. Productivité du phytoplancton limitée par la turbidité. Circulation, remise en suspension NP, reminéralisation de NID dans cette zone.
6. **Partie de NID à l'embouchure, transformée en NP** (phytoplancton)
7. **Transformation de NID par les herbiers** près de l'embouchure
8. **Quantités modérées de la charge en NT exportées vers le milieu marin**, sauf lors d'inondation.

Azote particulaire (NP)

Azote dissous inorganique(NID)



Processus liés aux nutriments dans un estuaire influencé par les marées

Australian Government, Australian Natural Resources Atlas

National Land and Water Resources Audit, 2002

[http://www.anra.gov.au/topics/water/pubs/estuary\\_assessment/est\\_ass\\_contents.html](http://www.anra.gov.au/topics/water/pubs/estuary_assessment/est_ass_contents.html)

→ **Fonctions - Services**  
**Réseaux trophiques - Écosystèmes dynamiques**  
 Habitats pour de nombreuses espèces  
 Diversité des communautés  
**Forte productivité : Ressources vivantes exploitées**

**Une diversité biologique mal connue, une exploration constante**

→ **Des milieux stressants :**  
 - des gradients (hydriques, chimiques...)  
 - une hétérogénéité spatiale

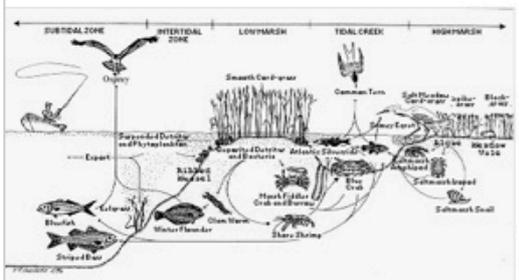
→ **Les réponses des espèces :**  
 • **Des adaptations** (morphologiques, physiologiques, comportementales...)

## Fonctions « biodiversité »

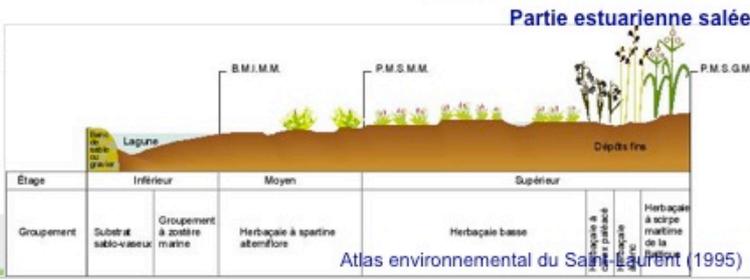


→ **Des réseaux trophiques denses**  
**Des interactions multiples**

• **Des répartitions le long des gradients d'humidité, de salinité...**



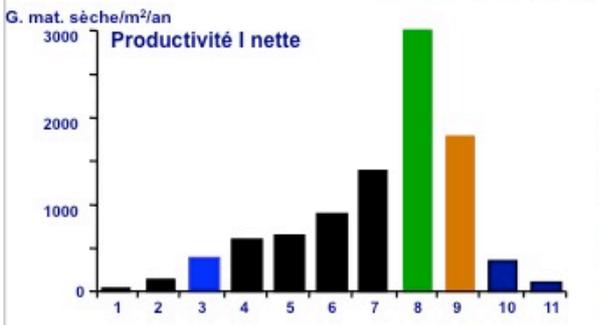
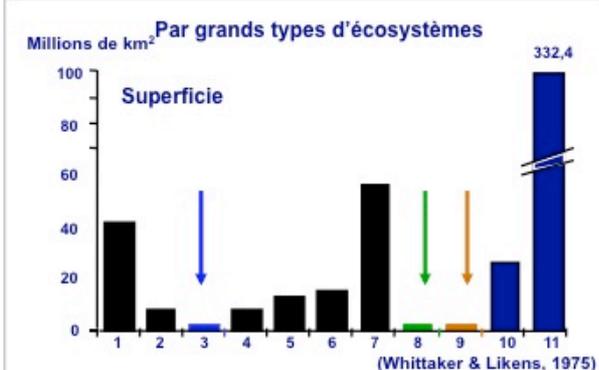
### Rôle de « réservoir d'espèces »



## Des productivités records

→ **Production végétale nette**  
 (production brute – respiration)  
**Marécages, estuaires :**  
 moyenne 15 - 24 t matière sèche/ha/an  
 maximum 35 - 40 t/ha/an

- **Des productions moyennes variables**  
 (tonne matière sèche/ha/an) \* Bacon, 1997  
 \*\* e Demezet et al., 1985  
 Tesson & Schricke, 1987
- Meilleurs pâturages [Europe] : 10\*\*
  - Schorre [Ouest-France] : 20-40\*\*
  - Marais salés (Canche) : 24
  - Roselière [Basse-Loire] : 30-40\*\*
  - Phytoplancton (dulçaquicole) : 15 - 30
  - Roselière : 13\*\*\*
  - Forêt de plaine d'inondation : 4 - 18
  - Laïche : 3\*\*\*
  - Tourbière arborée : 5 - 15
  - Tourbière à Sphaignes : 1 - 4
  - Papyrus [Kenya] : 30\*
  - Roselière (tropicale) : 50 - 100

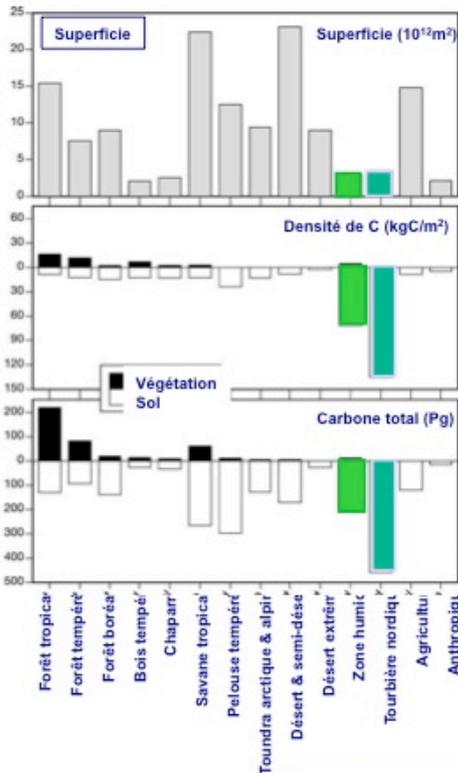


- Déserts
- Toundras, alpages
- Lacs, cours d'eau
- Prairies tempérées
- Terres cultivées
- Savanes
- Forêts
- Marais, marécages
- Estuaires, algues
- Plateaux continentaux
- Océan



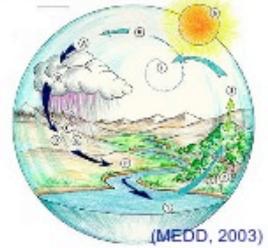
## Des rôles en partie méconnus

→ Fonction réduction de l'énergie des eaux et des forces érosives  
- Protection des berges



(Zedler & Kercher, 2005)

→ Fonction production d'humus  
-Tourbe (fertilisation, énergie)



→ Fonction régulation des grands cycles

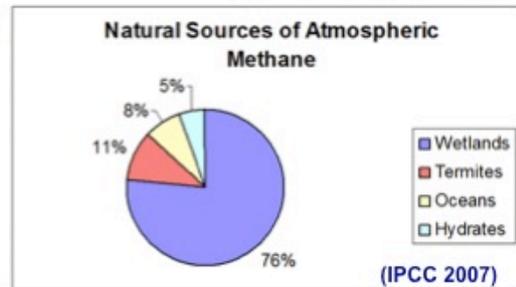
- Rôle «tampon/changements globaux»

Influence + : production O<sub>2</sub>, le stockage du C, régime des précipitations,.....

Influence - : émission de méthane

Superficie de ZH et tourbières, densité et stockage total de carbone par rapport aux autres écosystèmes et usages des terres

A l'échelle mondiale  
Des records de production de CH<sub>4</sub>  
par les zones humides



Liteau@developpement-durable.gouv.fr

## Des principes / fonctionnalités des ZH

→ Chaque écosystème aquatique  
→ Plusieurs fonctions et valeurs  
mais pas systématiquement toutes

Compatibilité, incompatibilité entre les fonctions  
(Adamus et Stockwell, 1983)

	Recharge de nappes	Décharge eaux souterraines	Stabilisation des rivages	Dissipation des forces érosives	Contrôle des crues	Rétention des sédiments	Rétention, élimination nutriments	Support chaînes trophiques	Habitat : poissons	Habitat : faune sauvage	Récréation active	Valeur patrimoniale
Recharge de nappes					++	++						
Décharge eaux souterraines					--	±	++	++	±	±	±	±
Stabilisation des rivages	±	-		++	+	++	±	±	±	±	±	±
Dissipation des forces érosives					++	++	++	±	±	±	±	±
Contrôle des crues	++	±	+	++		++	++	±	±	±	±	±
Rétention des sédiments	--	--	++	++	±		++	±	±	±	±	--
Rétention, élimination nutriments			++	++	++	++		±	±	±	±	±
Support chaînes trophiques									±	±	±	±
Habitat : poissons										±	±	±
Habitat : faune sauvage											±	±
Récréation active												±
Valeur patrimoniale	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	±	±

→ Expression changeante

(efficacité, ampleur)

des fonctions selon  
le type de ZH,  
son état

(intégrité, stade de développement, la saison)

→ «Pousser, optimiser»  
une fonction se fait au  
détriment d'autres

-- En général, incompatible

- Parfois incompatible

+ Effets très variable

++ En général, amplification

+ Parfois amplification

Case vide, pas d'interaction significative  
ou effet connu

« L'homme utilise les zones humides de tant de façons, depuis des milliers d'années, qu'elles sont, partout, le creuset de nombreuses traditions culturelles » (Ramsar, 2002)

## Valeurs des marais

→ Des espèces recherchées pour : se nourrir, s'habiller, s'abriter, se chauffer, se soigner, se distraire

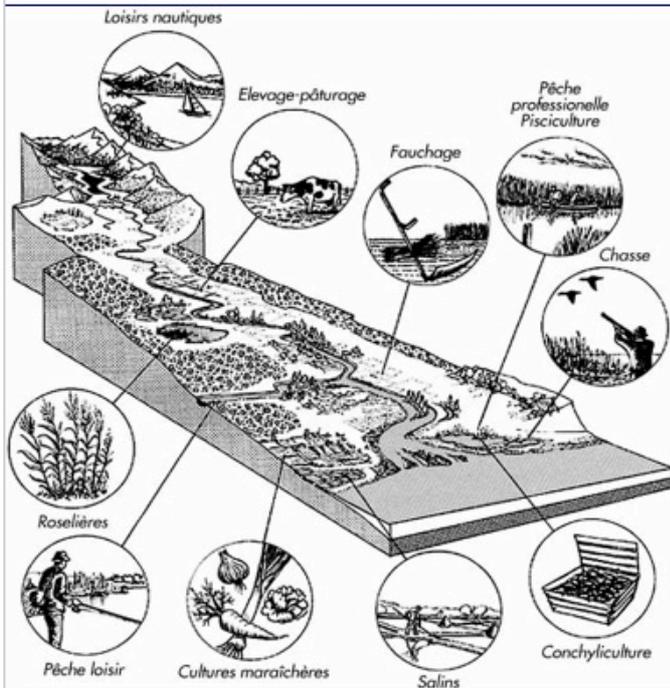
→ Des produits valorisés par des usages

- Agricoles et sylvicoles
- Cynégétiques, Piscicoles et aquacoles
- Salicoles, Miniers (tourbe, granulats)
- Culturels et de loisirs
- Éducatifs et scientifiques

→ Des usages traditionnels ou innovants

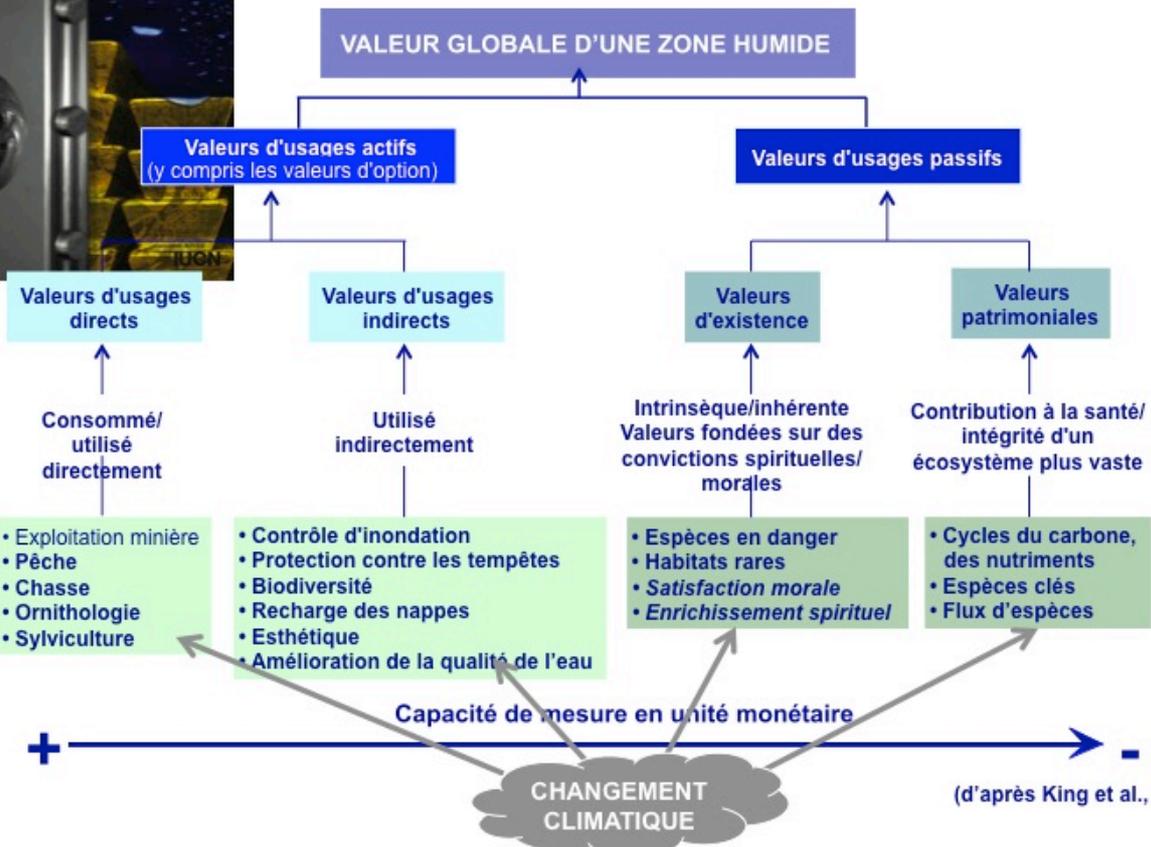
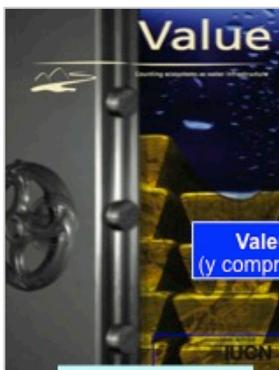
Des pratiques compatibles ou incompatibles avec le maintien des écosystèmes

→ Des intérêts esthétiques et patrimoniaux



(Tombe thébaine, vers 1750 av. J.C.)

## Mesures des valeurs



## Une estimation globale du prix de la nature

### → Evaluation économique par grand type d'écosystème de 17 fonctions et services (Costanza et al., 1997)

(climatiques, hydrologiques, biogéochimiques, biologiques, culturels, de loisirs)

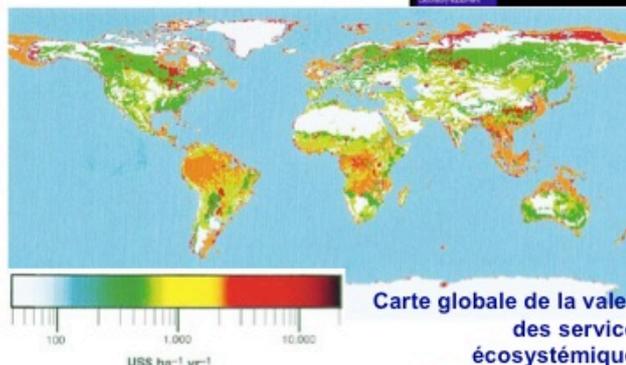
Résultats jugés approximatifs, mais sous-estimés



### → Valeurs contrastées selon les écosystèmes

Écosystèmes	Superficie (ha x 10 <sup>9</sup> )	Valeur (\$US/ha/an)	Valeur totale (\$US/an x 10 <sup>12</sup> )
Océans	33 200	252	8,4
Milieux côtiers	3 102	4 052	12,6
Forêts tropicales	1 900	2 007	3,8
Autres types de forêts	2 955	302	0,9
Prairies naturelles	3 898	232	0,9
Marécages	330	14 785	4,9
Lacs et rivières	200	8 498	1,7
Terres arables	1 400	92	0,1
<b>Valeur totale de la biosphère</b>	<b>51 625</b>		<b>33,3</b>

(Costanza et al., 1997; Zedler & Kercher, 2005)



Carte globale de la valeur des services écosystémiques (Costanza et al., 1997)

### → Intérêt confirmé par l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire



MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

## Début du XXI<sup>e</sup> siècle les services fournis par les écosystèmes

De nombreuses définitions (PNUE, FAO, OCDE...)

L'Évaluation des écosystèmes en début de millénaire

→ **bénéfices** procurés aux **hommes par les écosystèmes**

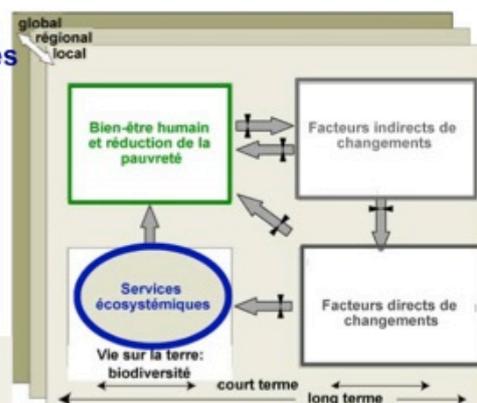
Résultats des interactions entre organismes façonnant les milieux et leur fonctionnement au sein des écosystèmes (purification air eau, stockage carbone, fertilité sols...)

**4 classes de services :**

- d'approvisionnement ou de prélèvement
- de régulation
- culturels
- d'appui ou d'auto-entretien

Cadre conceptuel des interactions entre :

- la Biodiversité,
- les Services d'origine écosystémique,
- le Bien-être humain,
- les Facteurs à l'origine des changements



(Millennium Ecosystem Assessment, 2005)



(UNEP-IUCN, 2006)

Developing International Payments for Ecosystem Services  
Towards a greener world economy



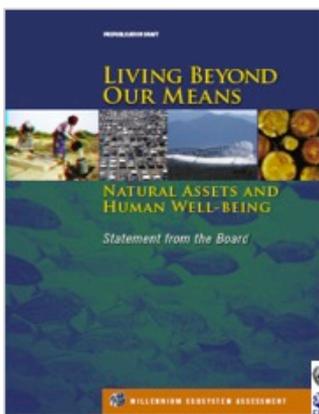
**Bilan : 60% des services écosystémiques en cours de dégradation ou d'exploitation non rationnelle**

(eau douce, pêche, purification de l'air, régulation du climat...)

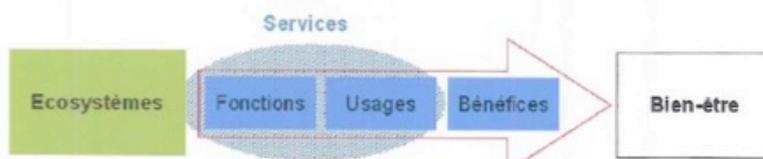
**Problèmes :**

- optimisation versus perte de services
- transferts des coûts ailleurs et/ou aux générations futures

→ Notion de **paiement des services rendus par les écosystèmes (PSE)**



## Terminologie adoptée par la démarche d'évaluation des écosystèmes en France



### Distinction

- **Evaluation « physique » (« assessment »)**  
quel bon état de santé des écosystèmes, quelle quantité de services ?)
- **Evaluation économique des services rendus par les écosystèmes (« valuation »)**

### Etude Liteau 2008-2009

Étude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France  
Application du Millennium Ecosystem Assessment à la France

**Programme Liteau**  
Science & gouvernance en appui au développement durable du littoral

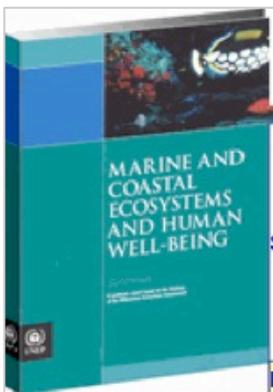
Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France (2008 - 2009)  
Application du Millennium Ecosystem Assessment à la France

Étude financée par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat (MDEEDDM), l'Institut de l'eau et de la forêt (IEF).

**Principaux résultats**

- une méthode de diagnostic des écosystèmes littoraux permet de caractériser et de prioriser les écosystèmes littoraux, les services et les usages
- une cartographie des services écosystémiques et des bénéfices littoraux
- une mise à disposition pour mesurer la contribution des écosystèmes littoraux à la production de services écosystémiques, et à l'analyse des bénéfices littoraux
- une mise à disposition de la cartographie littorale et des services écosystémiques
- une mise à disposition de la cartographie littorale et des services écosystémiques

## Exemple de services écosystémiques fournis par différents milieux marins et côtiers



Marine and Coastal Ecosystems and Human Well-Being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment (Brown et al., 2006)

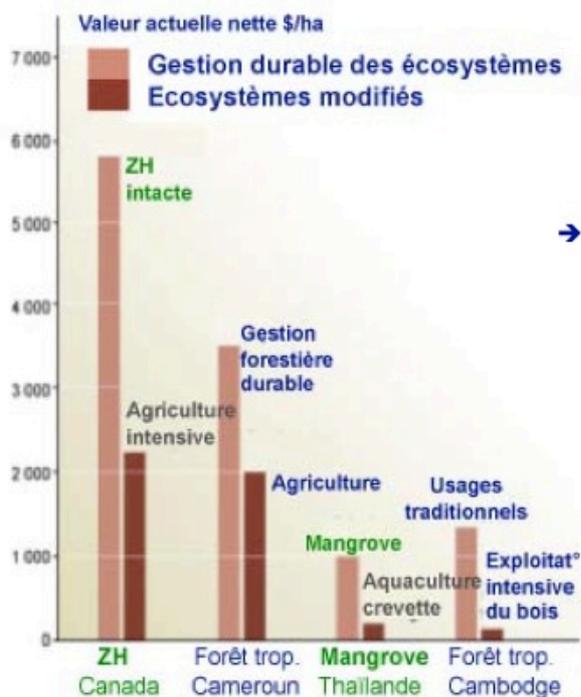
X : Service fourni de manière significative

SERVICES ECOSYSTEMES	Côtier								Marin			
	Estuaire et marais	Mangrove	Lagune et étang saumâtre	Intertidal	Champ d'algues	Récif rocheux et coquillier	Herbier	Récif corallien	Plateau côtier	Pente continentale	Mont sous-marin, dorsale océanique	Haute mer et grand courant
<b>Biodiversité</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Services d'approvisionnement</b>												
Nourriture	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Fibre, bois, carburant	X	X	X						X	X		X
Médicament, autres ressources	X	X	X		X			X	X			
<b>Services de régulation</b>												
Régulation biologique	X	X	X	X		X		X				
Stokage et rétention eau douce	X		X									
Equilibre hydrologique	X		X									
Régulation atmosph. et clima.	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X
Contrôle maladies humaines	X	X	X	X		X	X	X				
Traitement des déchets	X	X	X				X	X				
Protection/inondation-tempête	X	X	X	X	X	X	X	X				
Contrôle de l'érosion	X	X	X				X	X				
<b>Services culturels</b>												
Culturel et agrément	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Loisirs	X	X	X	X	X			X				
Esthétique	X		X	X				X				
Education et recherche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Services d'appui</b>												
Biogéochimique	X	X			X			X				
Cycle des nutriments, fertilité	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X

# Raisons économiques de conserver la Nature

## Comparaison de la valeur des biens et services d'écosystèmes relativement intacts / transformés

(agriculture, aquaculture, exploitation forestière)



(Balmford et al., 2002)

### → Constat aujourd'hui

- Perte économique en services d'écosystème supérieur bénéfices de la conversion des terres
- Destruction d'habitats : 250 milliards \$/an (coût économie mondiale)

### → Recommandation

Création d'un réseau mondial de réserves naturelles  
 → fourniture de biens et services = au moins 400 000 milliards \$/an de plus que ceux provenant de la conversion de leur contrepartie

### → Analyse coûts-avantages plus de 100 fois en faveur de la conservation

→ Des bénéfices économiques dépendants du mode de gestion, d'utilisation de l'écosystème  
 Gestion durable = bénéfices nets supérieurs

[Liteau@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Liteau@developpement-durable.gouv.fr)

# Services : contribution différenciée des écosystèmes

- Herbier marin
- Mangrove
- Récif corallien
- Herbier marin + récif corallien
- Mangrove + récif corallien
- Combinaison des 3 habitats

Activités économiques  
 Agriculture - Navigation  
 Extraction non-durable des ressources  
 Aquaculture - Pêche  
 Tourisme

Developpement côtier  
 Croissance démographique  
 Équipement côtier  
 Incitations politiques et économiques  
 Dragage  
 Substitution d'écosystèmes naturels

Changement climatique  
 Montée du niveau des mers  
 Changement de l'ampleur et de la fréquence des perturbations naturelles

Altération des processus naturels  
 Changement des patrons hydrologiques  
 Température - Acidification  
 Inondation terrestre  
 Perturbations d'origines marines

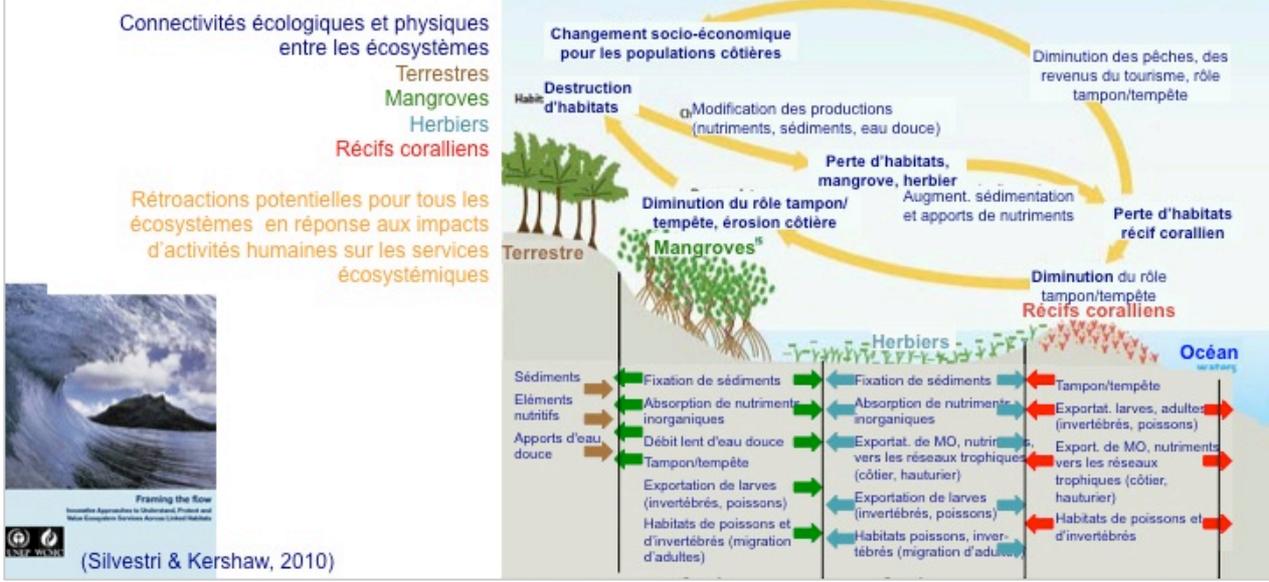
### Facteurs de changement



### Conséquences sur l'environnement naturel

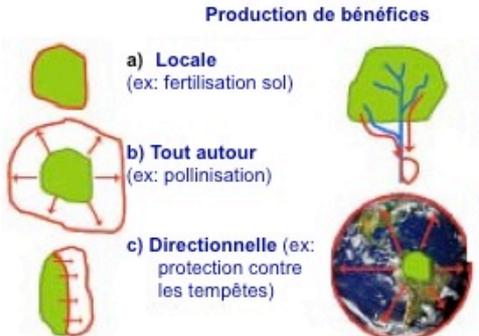
Services	Facteur de changement	Impact										
		Apport de nutriment	Destruct. d'habitat	Pollution	Remplacement d'espèce, endémique à risque	Altération communautés	Pression sur les ressources	Élimination connectivités	Modif. usage des terres	Besoin défenses côtières	Modif. de la config. physique	Réduct. Résilience écosyst
Services d'approvisionnement	Nourriture	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bois		○		○						○	○
	Ressources génétiques	●	●		●		●	●	●	●	●	
	Ressources biochimiques	●	●		●				●	●	●	
Services de régulation	Protection côtière	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Qualité de l'eau et de l'air	○	○		○	○				○	○	
	Tampon/inondation et tempête	○	●		○	○	●	●	●	●	●	●
	Contrôle invasive et maladies		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Services culturels	Régénération	○	●	●	●	●			●	●		
	Valeur esthétique et sociale	○	●	●	●	●			●	●		●
Services d'appui	Formation de sols et substrats		●		●	●			●		●	
	Photosynthèse		●		●	●			●		●	
	Cycle des nutriments et de l'eau		●		●	●			●		●	

(Silvestri & Kershaw, 2010)



## Production et demande à l'échelle du bassin versant

→ Variabilité des échelles spatio-temporelles à considérer selon les fonctions



Effets ressentis au niveau :

- international (habitat oiseaux d'eau)
- régional (contrôle des crues)
- local (rétention de sédiments)

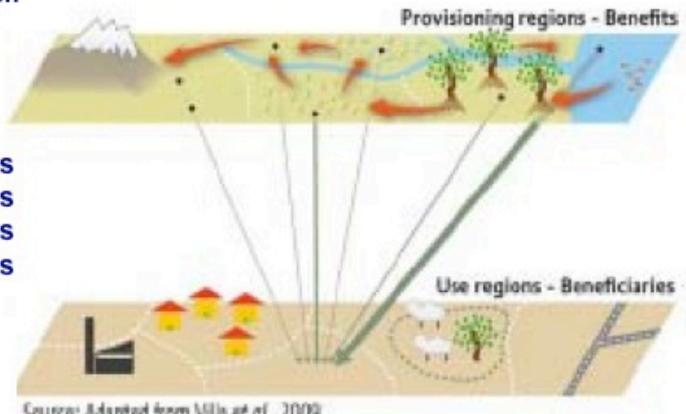
Quelles solidarités écologiques, socio-économiques de l'amont à l'aval, en transversal ?

(Balmford & Rodrigues, 2008)

Catégories générales de flux de services en relation avec la configuration spatiale

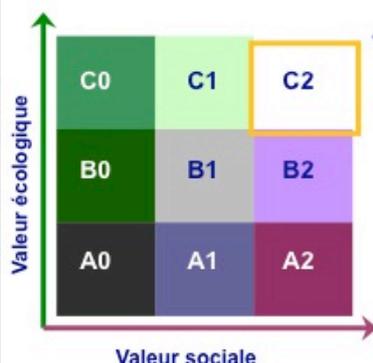
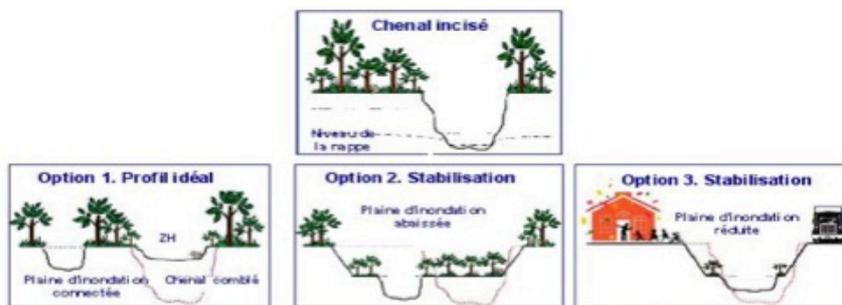
Fourniture par les écosystèmes d'un flux de bénéfices aux sociétés à l'échelle des paysages terrestres-marins

→ Effet des perturbations  
Comment définir les seuils de dégradation, d'interruption des fonctions écologiques?



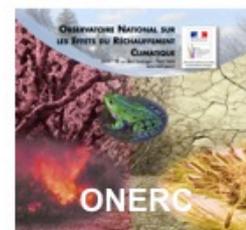
# L'information, la concertation, une clé de la réussite

- Contrecarrer l'instabilité : 3 options d'intérêt différent



- Faisabilité écologique versus acceptabilité sociale (NRC, 1992)  
Quels seuils d'acceptabilité ?

- Informer les politiques, fournir des éléments pour la décision



## Troquer des fonctions, des marais ?

### → Le cadre législatif-réglementaire

2004 - Directive sur la responsabilité environnementale,

2006 - Communication de la Commission européenne

« Arrêter la perte de biodiversité en 2010 et au-delà – Maintenir les services écosystémiques pour le bien-être humain »,  
+ feuille de route d' action pour la prochaine décennie

2009 - Interdiction des altérations de zones humides, sauf compensation des surfaces perdues [SDAGE]

### → La vente de morceaux de marais, d'espèces prestigieuses ou utiles

En France (2008), le programme Biodiversité de la Caisse des dépôts et consignation

Un moyen de compensation pour maintenir la biodiversité

Principe : « Pas de perte nette de biodiversité » : préserver l'existant, remplacer le détruit

### Mesure compensatoire par unité écologique :

- Evaluation écologique d'un impact/référence
- Réalisation par le maître d'ouvrage « d'une action admise comme écologiquement équivalente, en qualité et en quantité »

- Compensation : transaction entre

- des maîtres d'ouvrage (dette d'unités écologiques)

- des auteurs d'actions (unités écologiques)

### Controverses, prudence et petits pas



(Thievent & Quenouille, 2008)

# Vocations estuariennes ? A quel prix ?

## Modèles conceptuels d'usages et de leurs impacts écologiques en système estuarien

Des cas de figure : Pêche commerciale et aquaculture; Pêche de loisir;  
Développement urbain, industriel, portuaire; Pressions du bassin versant

Chaque bloc, des exemples de pratiques de gestion d'estuaires

Bonnes

Mauvaises



Pêche commerciale et aquaculture

Développement urbain, industriel, portuaire

- Good management practice**
- No fishing in sensitive estuarine habitats
  - Use of alternative, non-selective fishing methods
  - Seasonal closures for protection of spawning sites
  - Regulated catches and release of bycatch
  - Protein farms developed outside wetland areas
  - Protein farms located down-drift of salt wedge limit
  - High quality feed used and regular filtering of effer effluents
  - Substrate use in/with larval stock
  - Reclaimed feed in response to specific diagnosis of disease
  - Overstocking of ponds and fish cages avoided
- Poor management practice**
- Indiscriminate fishing in estuary in bathing/swimming areas results
  - Fishing during spawning season reduces fish stocks
  - Indiscriminate methods of ponds and sea-level operations
  - Methods designed for land and inland waterways
  - Over feeding leads to high nutrient loads in pond/estuary
  - Organic decomposition leads to anoxia, stress and fish cages
  - Unnecessary use of antibiotics in feed
  - Unregulated use of wild larvae may impact abundance
  - Early fish species escape from cages
  - Poor water quality precludes development of suitable farms



Bonnes

Mauvaises



- Good management practice**
- Nutrients and pathogens retained from sewage
  - Storage networks utilized eg for retention of plantation forestry
  - Constructed wetlands treat stormwater and sewage discharges
  - Impermeable surfaces minimized to maximize infiltration
  - Surviving wetland areas protected
  - Areas of natural floodways retained
  - Strict controls on industrial discharges
  - Measures taken to minimize pollution risk from port
  - Ship ballast water treated to remove pest organisms
  - Drifted spoil dumped outside tidal areas
- Poor management practice**
- Low levels of sewage treatment
  - Sewage nutrients and pathogens discharged into estuary
  - High proportion of impermeable surfaces leads to high runoff
  - Stormwater flows directly to estuary
  - Surviving wetlands destroyed
  - Highly modified floodways
  - High levels of industrial discharges
  - Toxicants enter estuary from port eg TBT, oil spills
  - Pest organisms enter estuary from ballast and hull fouling
  - Drifting occurs within estuary

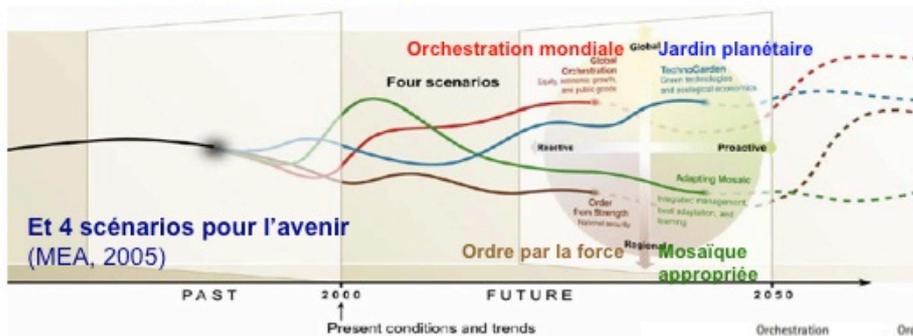


# Les principaux facteurs de changement des écosystèmes

→ Facteurs naturel ou anthropique → changement direct ou indirect (MEA, 2005)

→ Facteurs directs : influence sans équivoque sur les processus écosystémiques

- Variabilité et modification du climat
- Prélèvement de nutriment par la végétation
- Transformation des terres
- Invasions biologiques et maladies

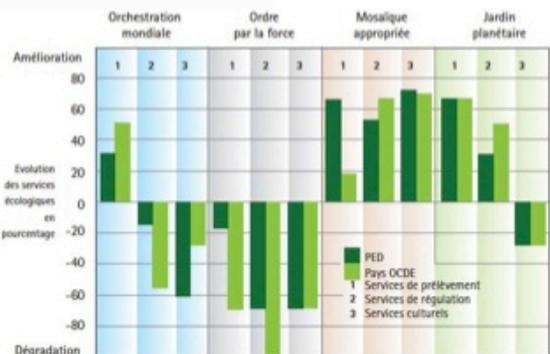


Orchestration mondiale  
Jardin planétaire  
Ordre par la force  
Mosaïque appropriée

→ Facteurs indirects : effet + diffus, altération des facteurs directs

- Démographie
- Consommation, production, globalisation économique
- Politiques sociales
- Avancées scientifiques et techniques
- Culture et religion

Evolution des services écologiques selon les différents scénarios



## Des sorties de secours ?

Pour les espèces, 2 principales stratégies d'adaptation

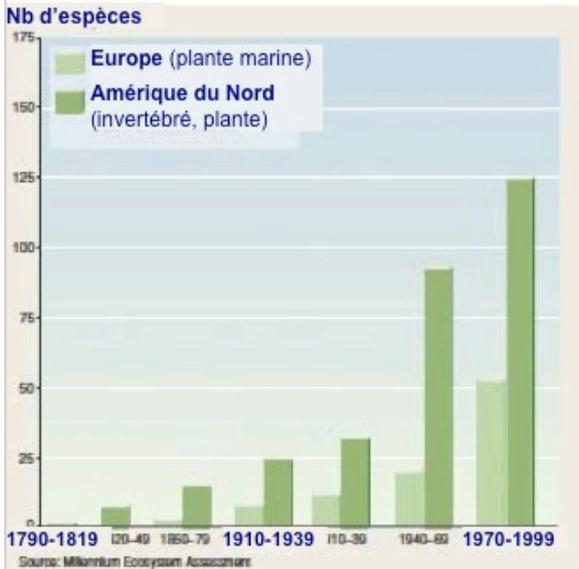
1) **se déplacer** vers des habitats disponibles = possibilité de les atteindre (connectivité, corridor, ...)

Scénario prévu en France : réchauffement de 1°C :

remontée des espèces de 180 km vers le nord et de 150 m en altitude

2) **modifier ses habitudes** (physiologie, comportement) avec des « dégâts collatéraux »

Croissance du nombre d'espèces marines introduites signalées sur les côtes



### Les « envahisseurs » biologiques



+ Myriophylle brésilien, élodées (de Nuttall, dense, du Canada), Lagarosiphon, Renouée du Japon, Baccharis,...

+ Rat musqué, Tortue de Floride, écrevisses (américaine, Signal), Grenouille taureau...

**Des effets écologiques, génétiques, sanitaires donc socio-économiques**

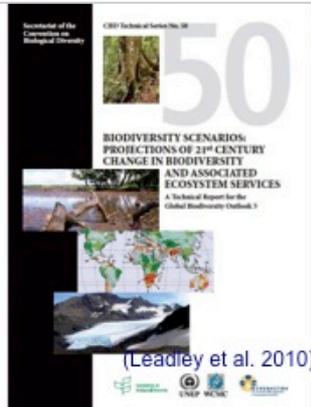
Un risque majoré par les changements globaux

Remise en cause d'interactions

**Risque accru de compétition, de parasitisme** renforcé par l'arrivée et le développement "spontanés" d'espèces allochtones

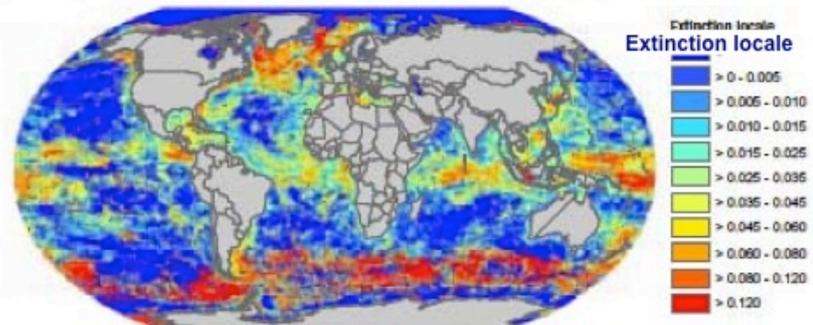
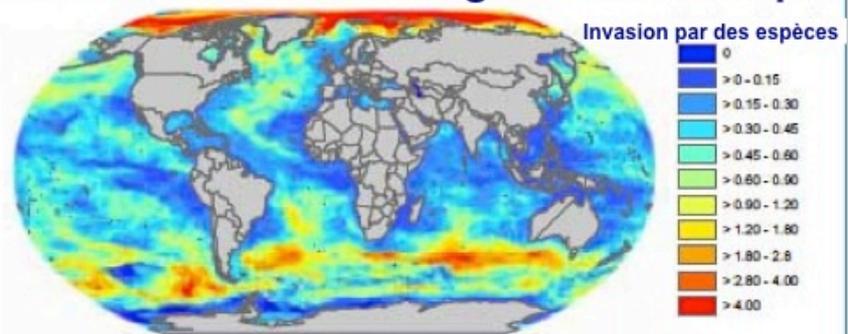
Une **augmentation paradoxale de la diversité**

Liteau@developpement-durable.gouv.fr



**Changements prévus pour la biodiversité marine imputables au changement climatique**

## Biodiversité marine et changement climatique

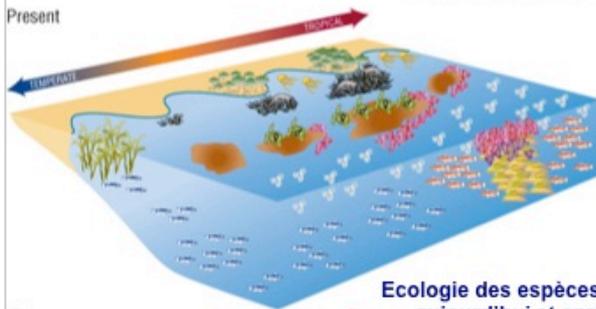


→ Impacts sur la biodiversité en 2050 / scénario SRES A1B (GIEC) :

- nombre de nouvelles espèces venant d'autres régions
- intensité de l'extinction locale

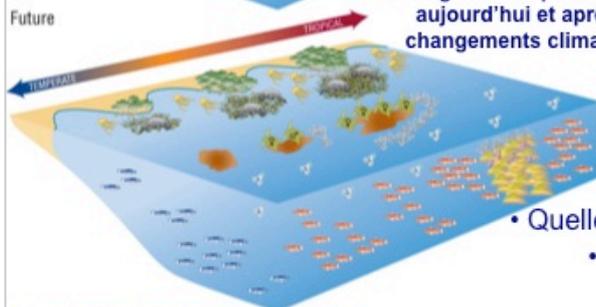
Projections basées sur les modèles de niche climatique pour 1 066 espèces de poissons et d'invertébrés (adapté à partir de Cheung et al. 2009)

## Questions de recherche/changements climatiques versus écosystèmes marins côtiers



- Des altérations de la répartition et de l'abondance des espèces marines côtières ?
- Des espèces indicatrices de l'impact du CC ?
- Des zones, des écosystèmes plus vulnérables ?
- Des modifications de la productivité des océans ?

### Ecologie des espèces marines aujourd'hui et après les changements climatiques



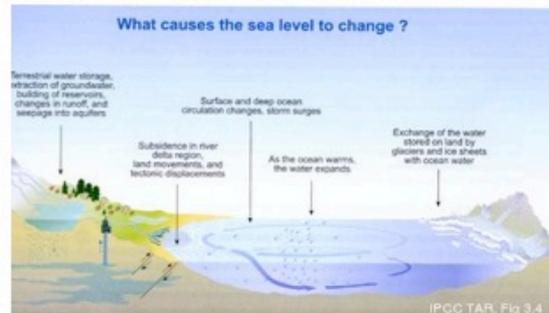
- En quoi la réduction d'autres facteurs de stress augmenterait la résilience des écosystèmes ?
- Quelle information pour développer les options adaptatives
- Quels outils d'appui aux politiques et gestionnaires ?

[[www.csiro.au/resources/ps2yd.html](http://www.csiro.au/resources/ps2yd.html)]



### Des approches prioritaires ?

Suivi, monitoring, modélisation  
 Evaluation des effets des actions et des politiques  
 Programme pluridisciplinaires



IPCC TAR, Fig 3.4



séminaire LITEAU (30 novembre 2010)

## Pourquoi évaluer les services rendus par les écosystèmes littoraux ? De l'analyse économique à l'aide à la décision



(Galerie Duboys Paris, 2010)



Merci de votre attention

[Liteau@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Liteau@developpement-durable.gouv.fr)