



Calcul de matrices de connectivité à partir de MARS3D
Application à la simulation de l'implantation
d'une espèce invasive (crépidule) en Manche-Atlantique.

Alain Ménesguen,

Ifremer/DYNECO/LEBCO

Ecologie de la crépidule

Crepidula fornicata (L. 1758)



**Mollusque gastéropode
formant des chaînes d'individus
d'âge croissant de l'apex vers la base**

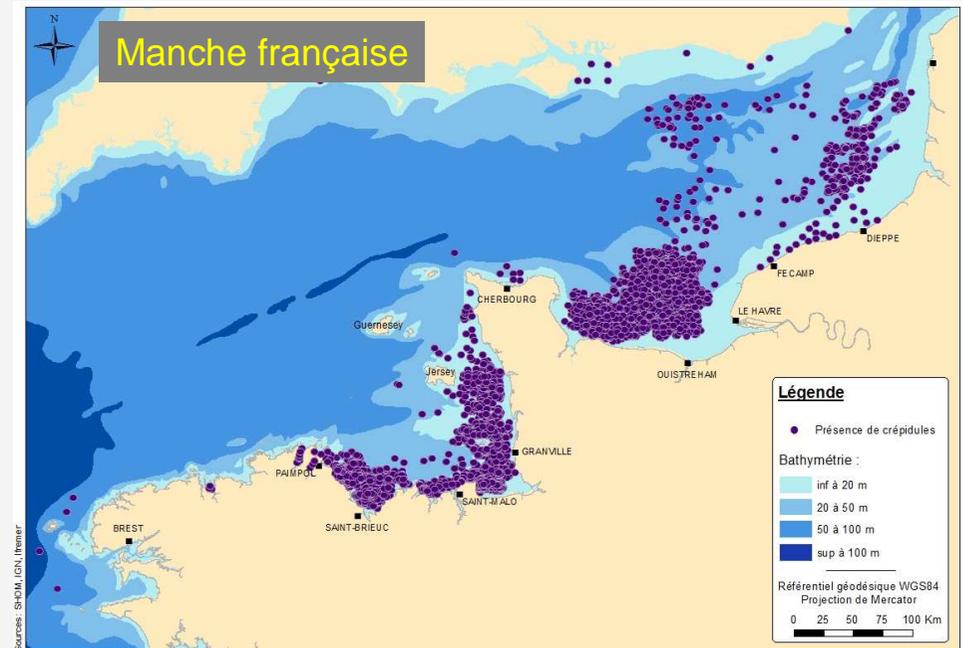
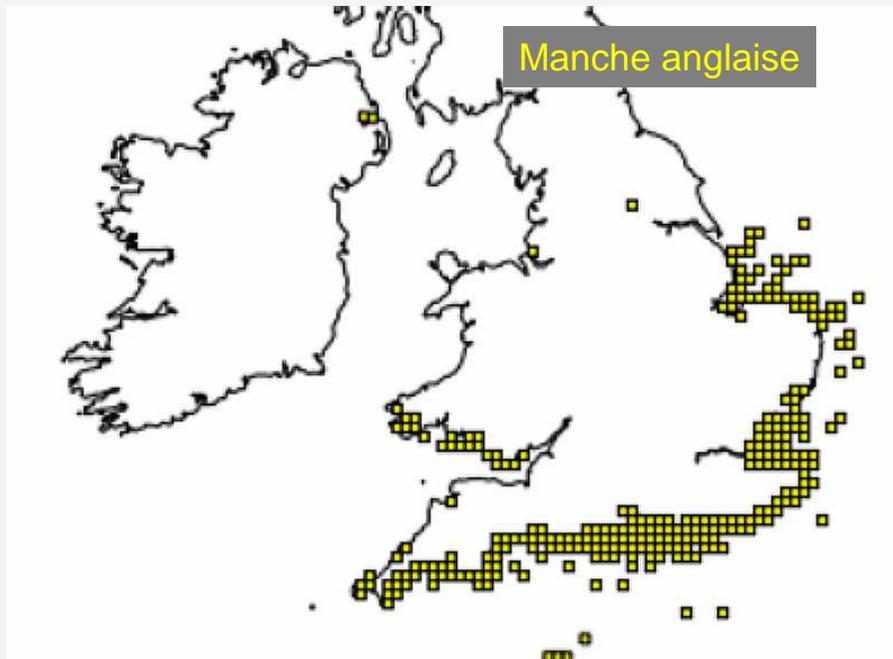
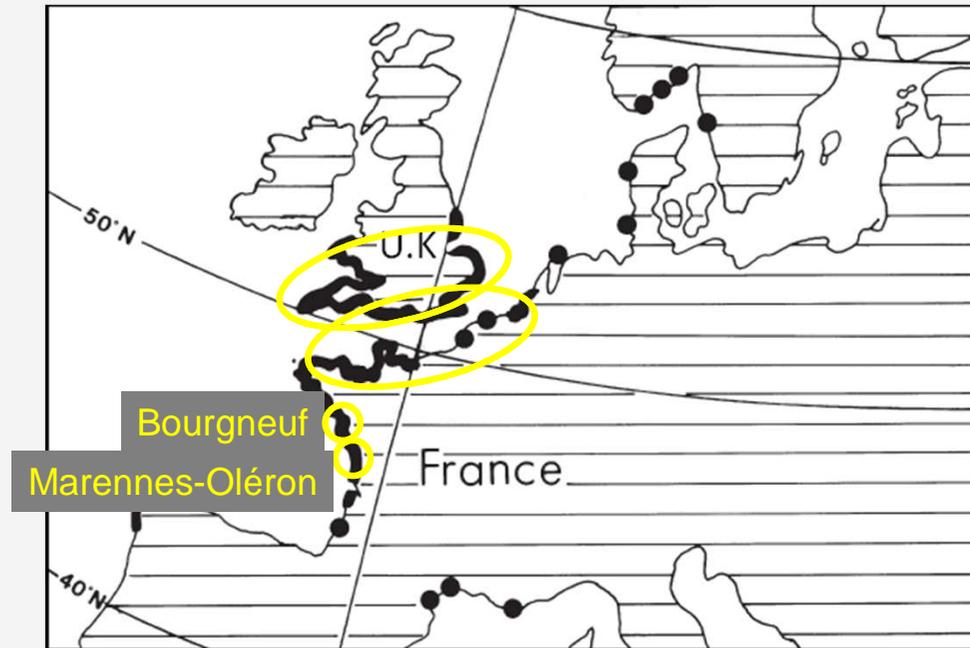
**Hermaphrodite successif
(mâles jeunes, femelles âgées)**

**Vie larvaire pélagique
(21 jours en mai)
Vie adulte (10 ans max) sur fonds meubles**

Filtreur et envaseur

**Importé d'Amérique du Nord,
invasif en Europe**

Colonisation observée en Manche-Atlantique



Les questions et leurs exigences

Jusqu'où s'étendra l'invasion ?

- **Nécessité de modèle à large emprise spatiale**
- **Nécessité de durées de simulation séculaires**

Quel en sera l'impact sur les autres espèces benthiques?

- **Accroissement rapide du nombre de variables biologiques**

La stratégie utilisée

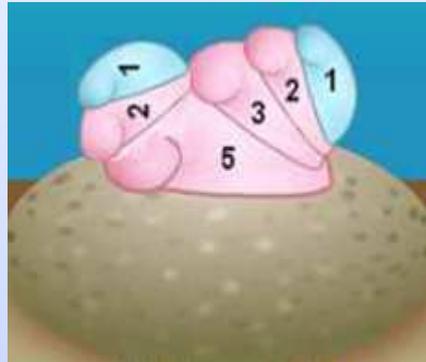
Découplage de l'espace et du temps

- **MARS3D sur Datarmor pour la dispersion spatiale**
- **Mathcad sur PC pour l'évolution pluriannuelle**

Comment simuler la dynamique de colonisation ?

Etape 1 : Simuler l'installation d'une colonie de chaînes sur 1 m²

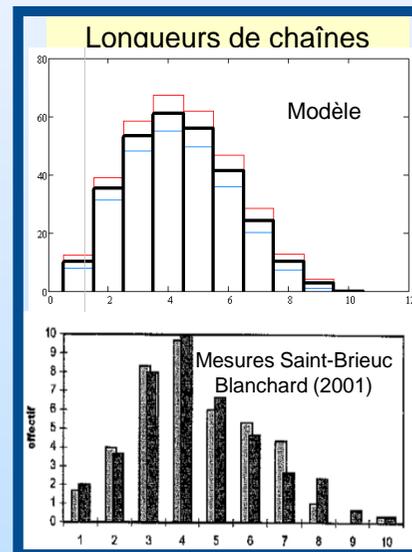
1. Coder la structure des colonies primaires et secondaires



		Âge dessus									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Âge dessous	0		0	0	0	0	1	0	0	0	0
	1	2									
	2	0	2								
	3	0	0	1							
	4	0	0	0	0						
	5	0	0	0	1	0				1	
	6	0	0	0	0	0	0				
	7	0	0	0	0	0	0	0			
	8	0	0	0	0	0	0	0	0		
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

2. Faire évoluer cette structure chaque année

Cette population converge vers une structure de chaînes unique (attracteur stable)

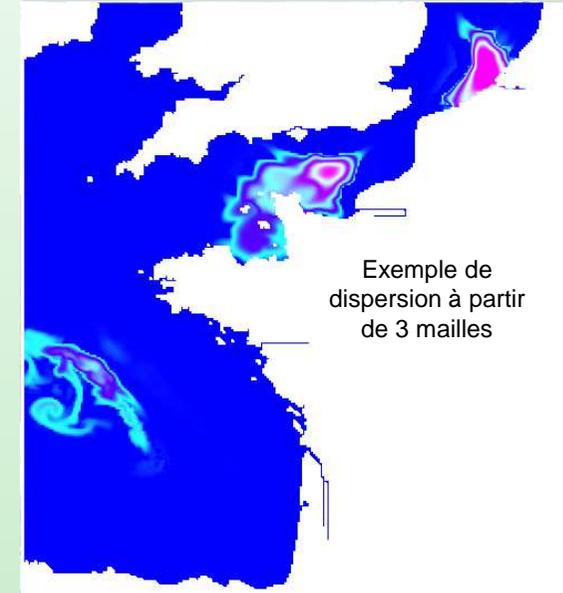
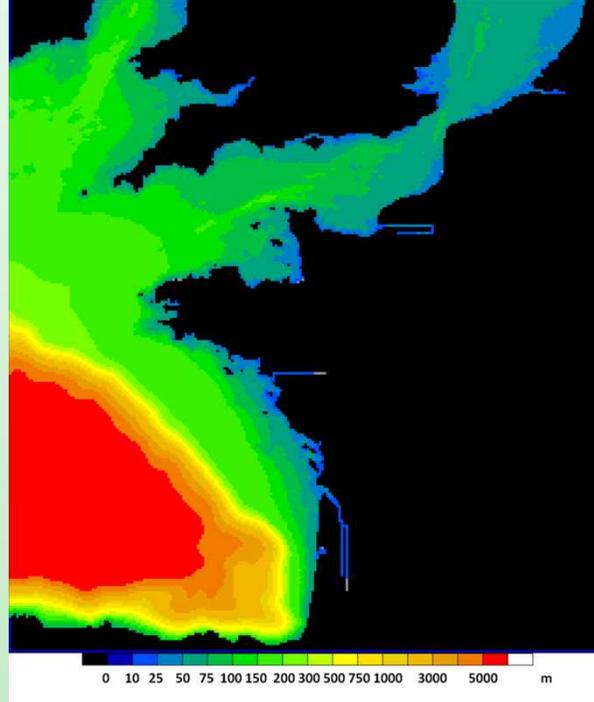
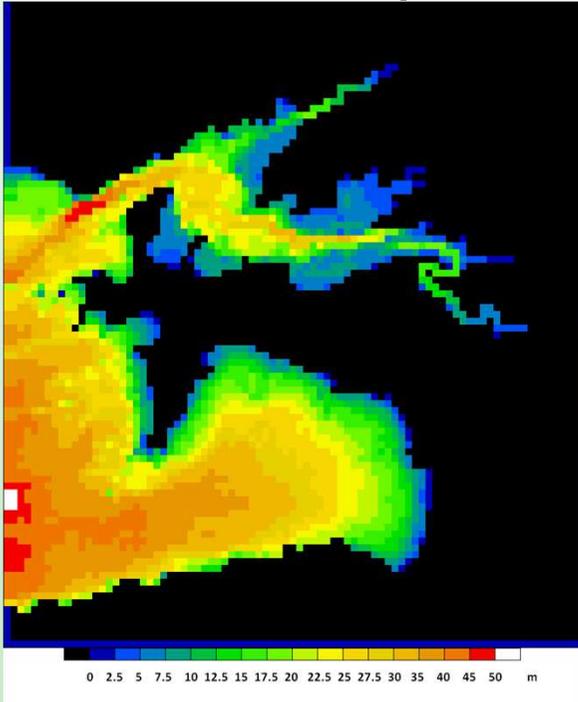


		Âge dessus								
		4	11	15	17	18	20	22	26	34
Âge dessous	131									
	21	90								
	6	21	68							
	4	6	17	53						
	2	4	7	14	41					
	1	3	4	6	12	32				
	1	2	2	4	5	10	25			
	1	1	1	2	3	5	9	20		
	0	0	1	1	2	3	4	7	1	

Comment simuler la dynamique de colonisation ?

Etape 2 : Simuler l'expansion spatiale d'une colonie de chaînes

1. Coder la dispersion larvaire



Matrice de connectivité

Sortie des limites

Apport extérieurs

	814 (ou 3513) mailles d'arrivée									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...
0,69	0,00 9	0	0	0	0	0,00 95	0	0	0	...
0,35	0,00 3	0,00 1	0	0	0	0	0	0,02	0	...
0,68 7	0,02 1	0	0	0,00 4	0	0,03 5	0,00 86	0,00 38	0,00 03	...
...

814 (ou 3513) mailles de départ

Maille de départ

Rade de Brest : mailles originelles de 750m x 750m regroupées 4 par 4 =>814 mailles marines de 1.5km x 1.5km

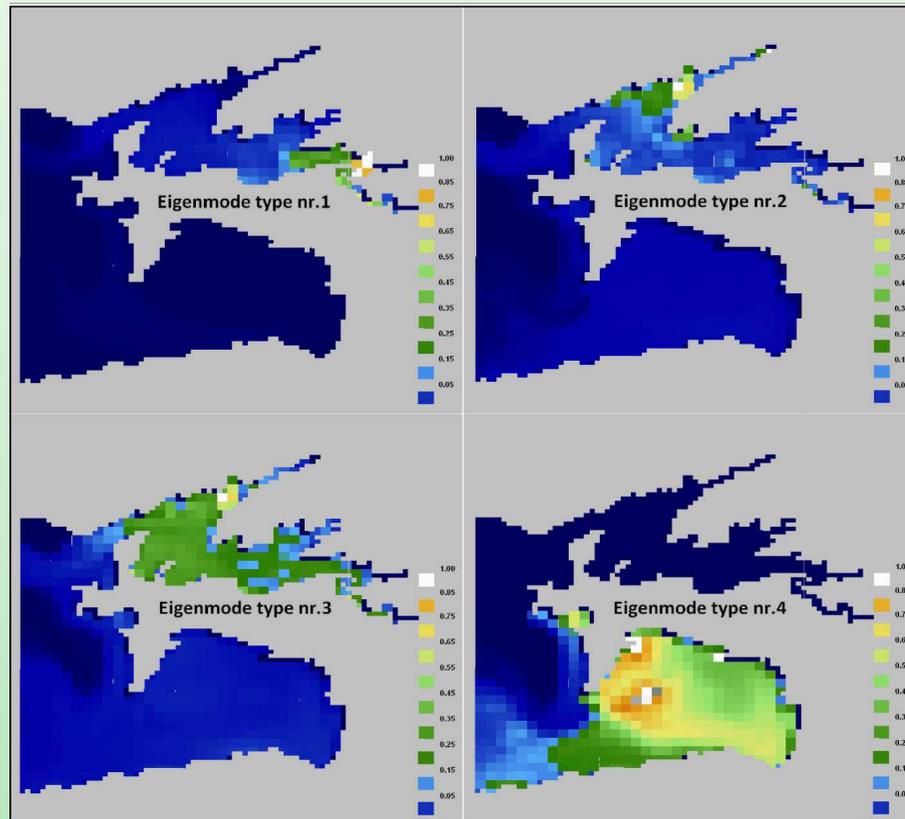
Manche-Atlantique : mailles originelles de 4km x 4km regroupées 9 par 9 =>3513 mailles marines de 12km x 12km

=>Simulation sur MARS3D du transport eulérien de 814 ou 3513 « traceurs » conservatifs pendant 21 jours en Mai

Comment simuler la dynamique de colonisation ?

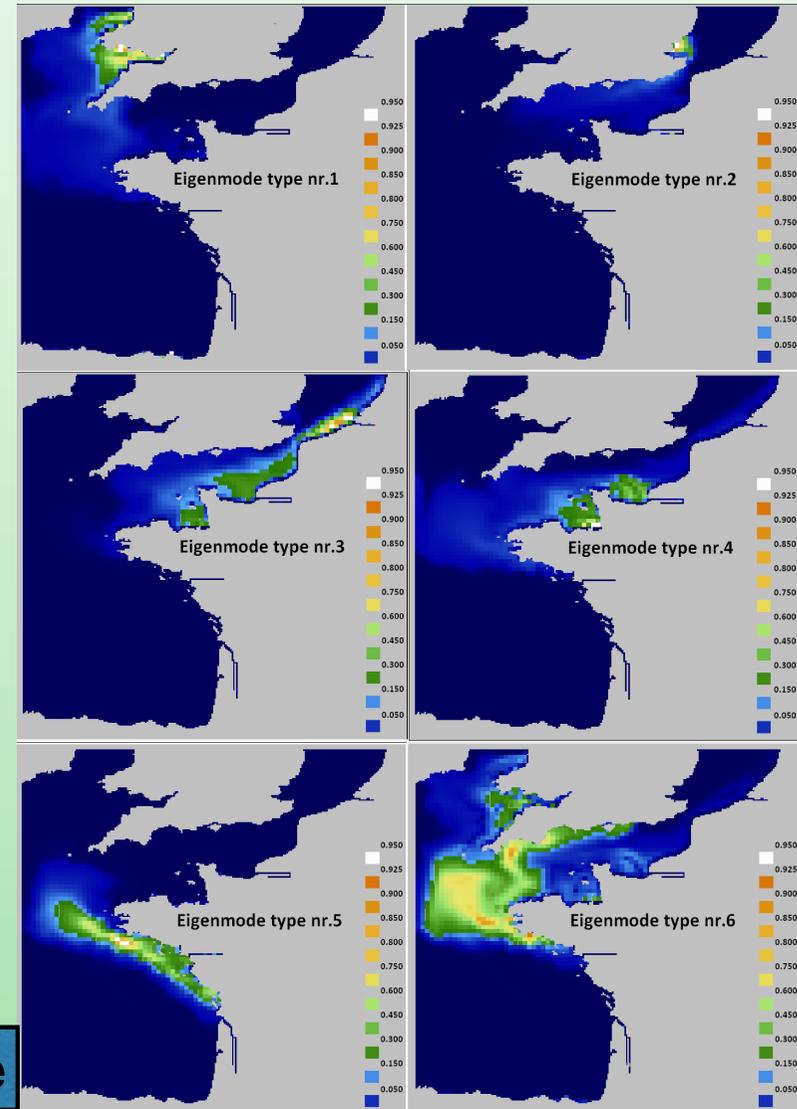
Etape 2 : Simuler l'expansion spatiale d'une colonie de chaînes

2. Visualiser les modes propres de rétention



Rade de Brest/baie de Douarnenez

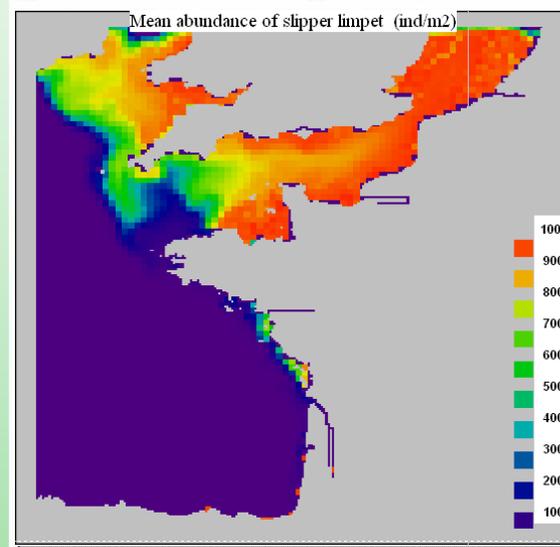
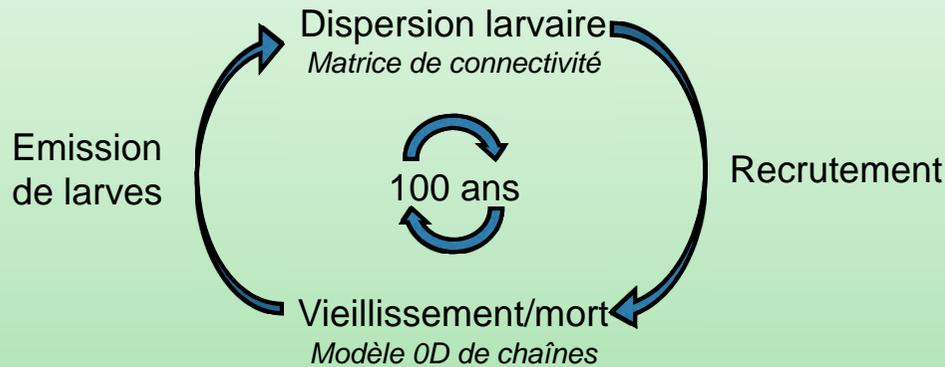
Plateau Manche-Atlantique



Comment simuler la dynamique de colonisation ?

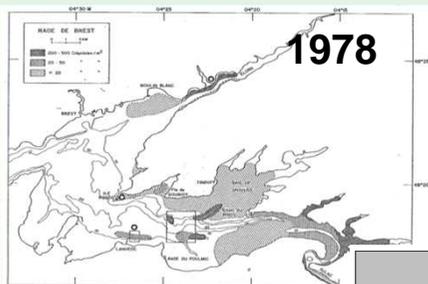
Etape 2 : Simuler l'expansion spatiale d'une colonie de chaînes

3. Faire évoluer annuellement la population spatialisée

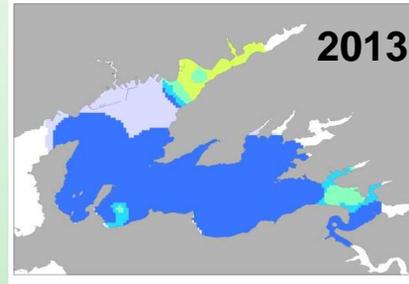
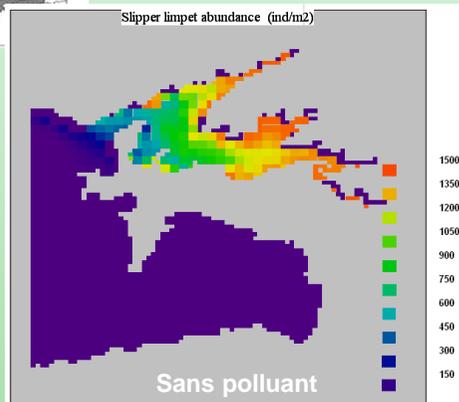


La distribution spatiale des chaînes de crépidules converge vers un attracteur stable

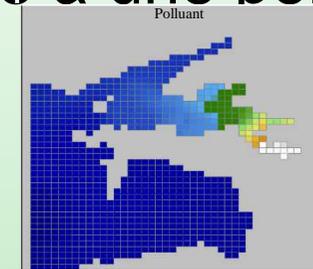
4. Etudier la sensibilité de la distribution finale à une pollution



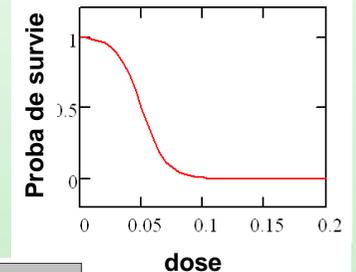
Observations de Coum



Observations de Carlier, Rochette, Cordier



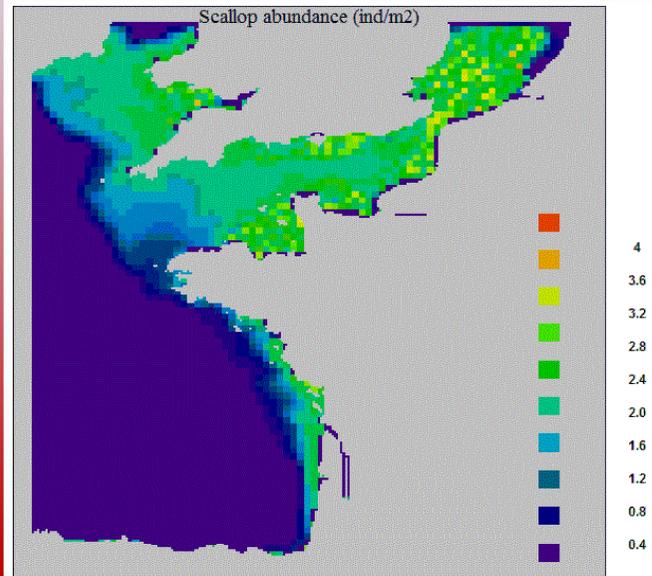
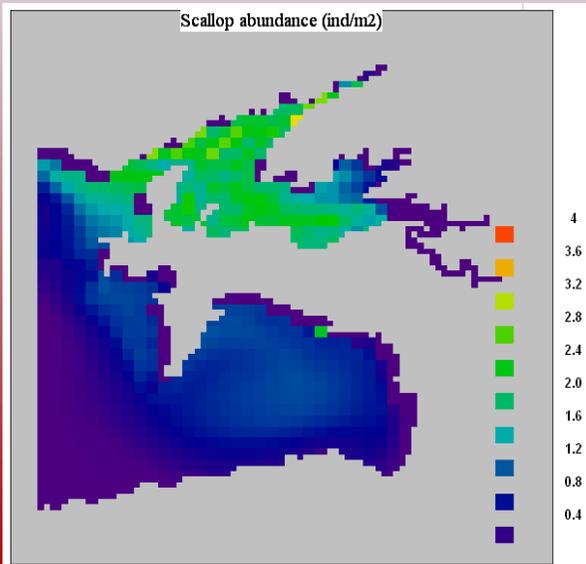
Avec polluant



Comment simuler la dynamique de colonisation ?

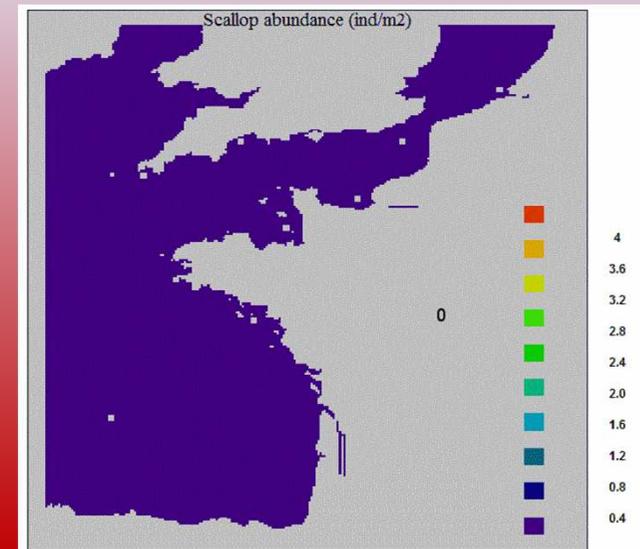
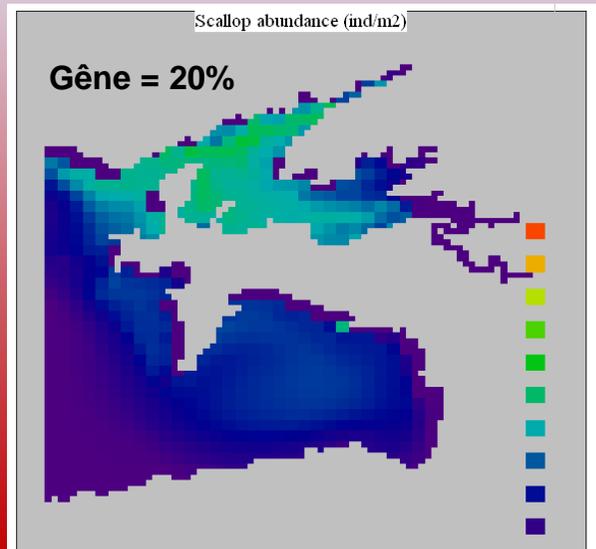
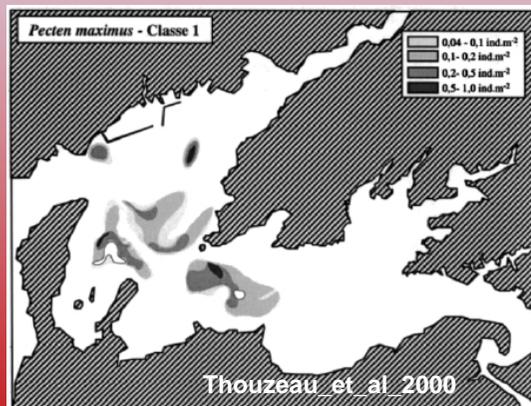
Etape 3 : Simuler la compétition spatiale avec la Coquille Saint-Jacques

1. Simuler l'installation de la CSJ seule



- Colonisation rapide et forte de la Manche et de la frange atlantique côtière
- **Apparition de cycles limites de période 12 ans et d'ondes de peuplement**

2. Simuler ensemble Crépidule et Coquille St-Jacques



Conclusion

- Modélisation 0D introduisant la compétition pour l'espace entre classes d'âge de n espèces
- Modélisation résumant la dispersion 2D par une matrice
=>Méthode de simulation rapide :
 - 1h sur DATARMOR pour la matrice de connectivité Brest/Douarnenez
 - 12h sur DATARMOR pour la matrice de connectivité Manche-Atlantique
 - 15min sur PC pour le modèle spatialisé pendant 100 ans
- Mise en évidence d'attracteurs géographiques
- Cartes réalistes de répartition stabilisée, avec effets de stressseurs dissous (salinité, polluants)
- Possibilité de cycles-limites pour espèces non-coloniales
- Généralisation à n espèces benthiques en compétition

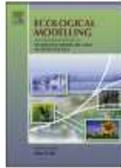
Deux publications...

Ecological Modelling 368 (2018) 277–287

Contents lists available at ScienceDirect

 **Ecological Modelling**

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Modelling benthic invasion by the colonial gastropod *Crepidula fornicata* and its competition with the bivalve *Pecten maximus*. **1** A new OD model for population dynamics of colony-forming species

Alain Ménesguen*, Thomas Grégoris

Ifremer, Centre de Bretagne, Unité DYNECO/Laboratoire LEBCO, 29280 Plouzané, France

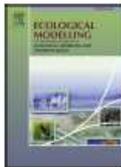


Ecological Modelling 375 (2018) 30–44

Contents lists available at ScienceDirect

 **Ecological Modelling**

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Modelling benthic invasion by the colonial gastropod *Crepidula fornicata* and its competition with the bivalve *Pecten maximus*. **2** Coupling the OD model of colony-forming species to a connectivity matrix for a realistic distributed simulation of benthic invasion

Alain Ménesguen*, Aloïs Hachet, Thomas Grégoris

Ifremer, Centre de Bretagne, Unité DYNECO/Laboratoire LEBCO, 29280 Plouzané, France





Photo X. Caisey

Merci de votre attention