

# Improving qualitative models with a semi-quantitative approach to test interactions between species in a trophic network

Application to the Gironde Estuarine food web (France)

Sébastien Rochette, Jérémy Lobry,  
Mario Lepage & Philippe Boët

Cemagref-Bordeaux, France



# Contexte

- Modélisation des réseaux trophiques pour :
  - Approcher le fonctionnement des écosystèmes
  - Calculer des indicateurs trophodynamiques
  - Comparer différents écosystèmes

# Contexte

- Modélisation des réseaux trophiques pour :
  - Approcher le fonctionnement des écosystèmes
  - Calculer des indicateurs trophodynamiques
  - Comparer différents écosystèmes
  
- Simuler des scénarios prospectifs ?
  - Modifications des compartiments
  - Pressions anthropiques

# Contexte

- Modélisation des réseaux trophiques pour :
  - Approcher le fonctionnement des écosystèmes
  - Calculer des indicateurs trophodynamiques
  - Comparer différents écosystèmes
  
- Simuler des scénarios prospectifs ?
  - Modifications des compartiments
  - Pressions anthropiques
  
- Comment palier le manque de données précises ?

# Contexte

- Modélisation des réseaux trophiques pour :
  - Approcher le fonctionnement des écosystèmes
  - Calculer des indicateurs trophodynamiques
  - Comparer différents écosystèmes
  
- Simuler des scénarios prospectifs ?
  - Modifications des compartiments
  - Pressions anthropiques
  
- Comment palier le manque de données précises ?
  
- Approche qualitative séduisante (Boucles de Levins)
  - Prise en compte des interactions directes et indirectes
  - Compartiments pas seulement biologiques (pêche, centrale nucléaire)
  - Mise en oeuvre aisée

# Contexte

- Modélisation des réseaux trophiques pour :
  - Approcher le fonctionnement des écosystèmes
  - Calculer des indicateurs trophodynamiques
  - Comparer différents écosystèmes
  
- Simuler des scénarios prospectifs ?
  - Modifications des compartiments
  - Pressions anthropiques
  
- Comment palier le manque de données précises ?
  
- Approche qualitative séduisante (Boucles de Levins)
  - Prise en compte des interactions directes et indirectes
  - Compartiments pas seulement biologiques (pêche, centrale nucléaire)
  - Mise en oeuvre aisée
  
- Le cas de la Gironde
  - Comparaison avec un modèle Ecopath  
(Lobry et al. 2004)

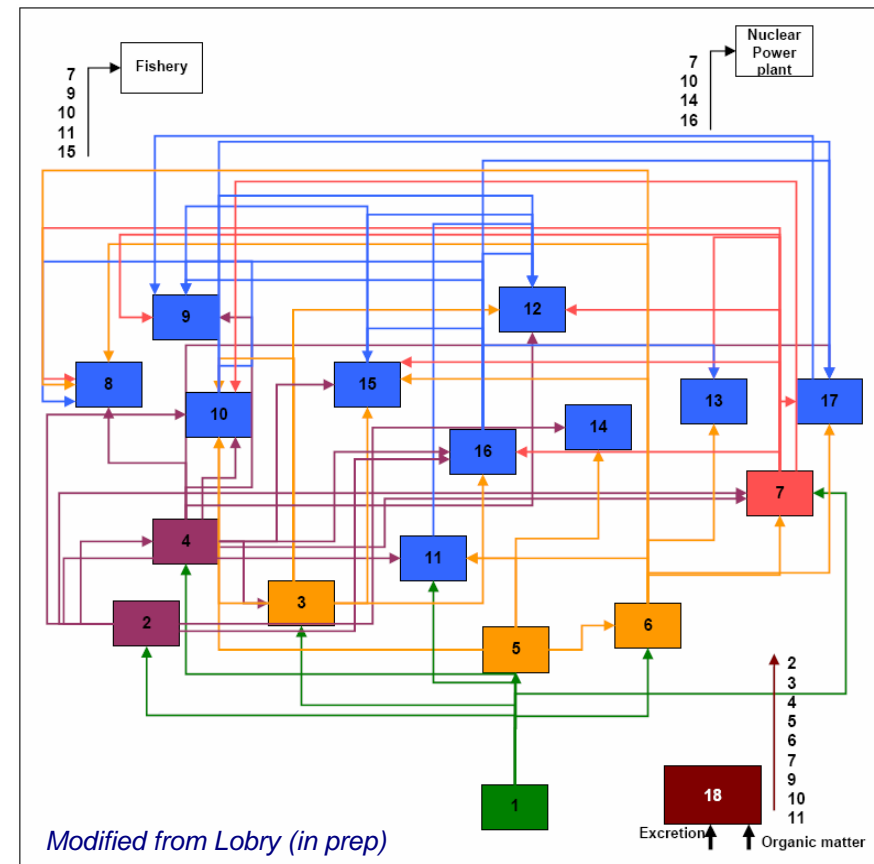
# Plan

- Pourquoi cette approche ?
- Analyse de sensibilité des inversion de matrices des Communautés
- Interprétation des résultats et similarités avec Ecopath



# Utilisation d'un réseau trophique connu : Le réseau de l'estuaire de la Gironde

1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant

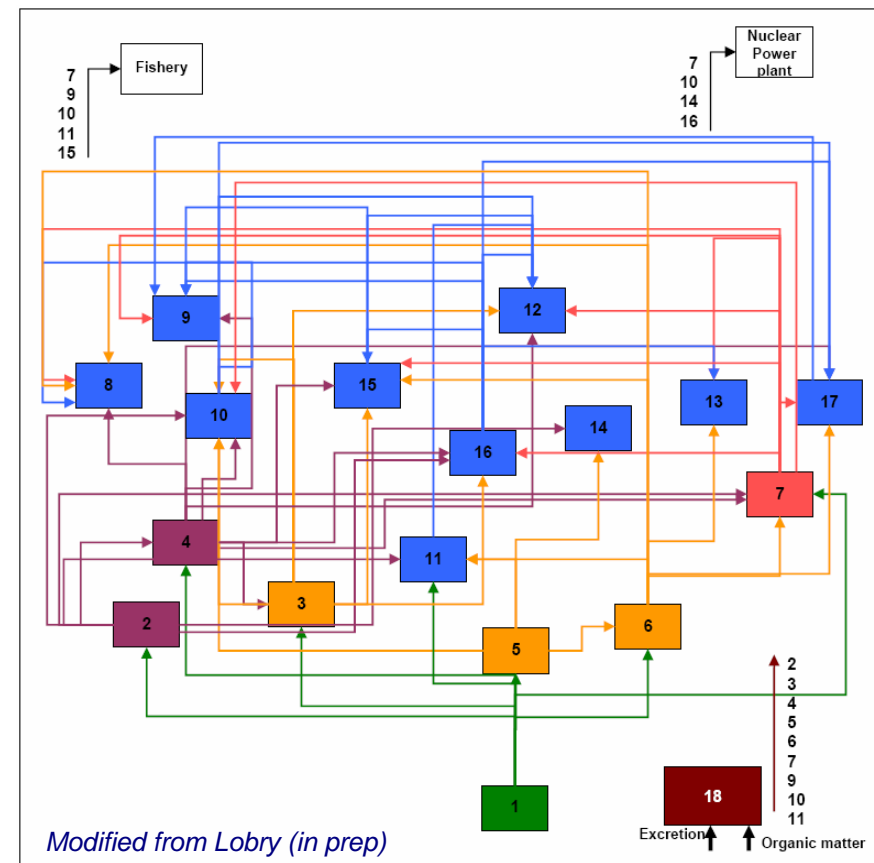




# Utilisation d'un réseau trophique connu : Le réseau de l'estuaire de la Gironde

- De nombreuses relations trophiques, fortes et faibles

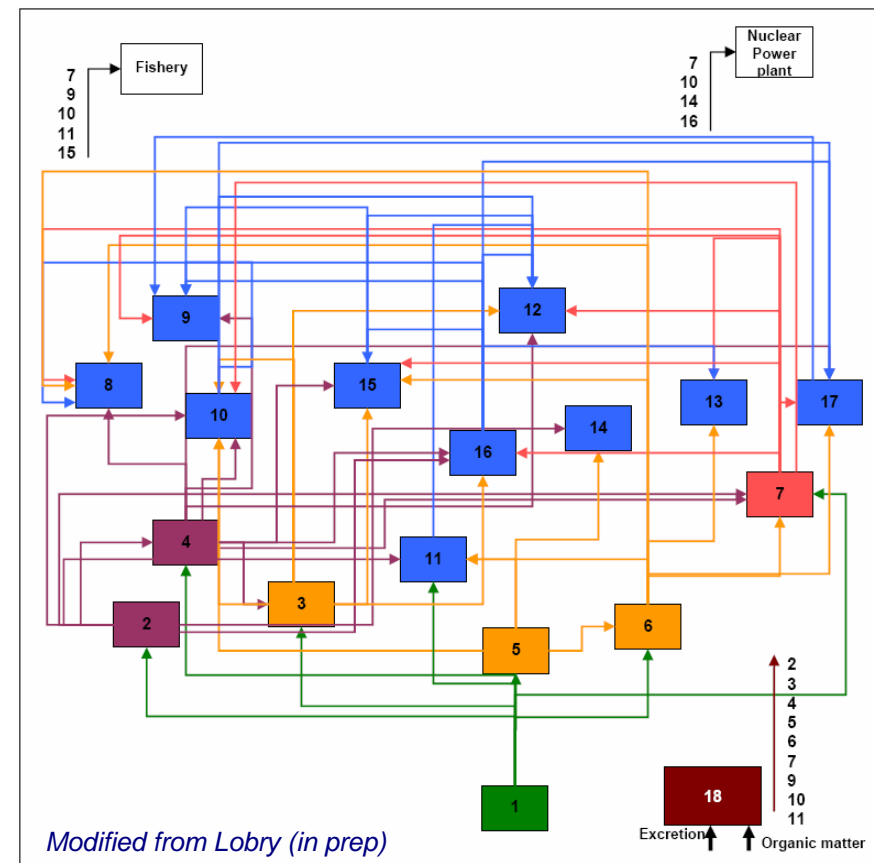
1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant



# Utilisation d'un réseau trophique connu : Le réseau de l'estuaire de la Gironde

- De nombreuses relations trophiques, fortes et faibles
- Modèle Ecopath considéré comme une référence pour l'étude des matrices inverses

1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant



# Boucles de Levins

- Étape 1 : construction d'une matrice des Communautés

1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	
3	1	1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	0	1	0	0	
4	1	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	
5	1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	0	
6	1	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	
7	0	0	1	0	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8	0	0	1	0	1	1	0	-1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	-1	0	
9	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	1	0	-1	
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	
11	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	-1	0	0	1	1	0	0	1	-1	0	
12	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	
14	0	0	0	0	1	1	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	1	0	0	0	-1	0	
15	0	1	1	0	0	1	-1	-1	0	0	-1	0	0	-1	-1	-1	0	1	0	-1	
16	0	0	1	0	1	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1
19	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	-1	0	
20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	-1	

# Boucles de Levins

- Étape 1 : construction d'une matrice des Communautés
- Étape 2 : Calcul de la matrice "adjointe" par inversion (*Dambacher, 2001*)

1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	-1	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	
3	1	1	-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-1	0	1	0	0	
4	1	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	
5	1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	0	
6	1	0	0	0	1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	
7	0	0	1	0	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
8	0	0	1	0	1	1	0	-1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	-1	0	
9	0	1	1	1	1	1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	1	0	-1	
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	
11	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	-1	0	0	1	1	0	0	1	-1	0	
12	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	
14	0	0	0	0	1	1	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	1	0	0	0	-1	0	
15	0	1	1	0	0	1	-1	-1	0	0	-1	0	0	-1	-1	-1	0	1	0	-1	
16	0	0	1	0	1	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1
19	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	-1	0	
20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	-1	

# Boucles de Levins

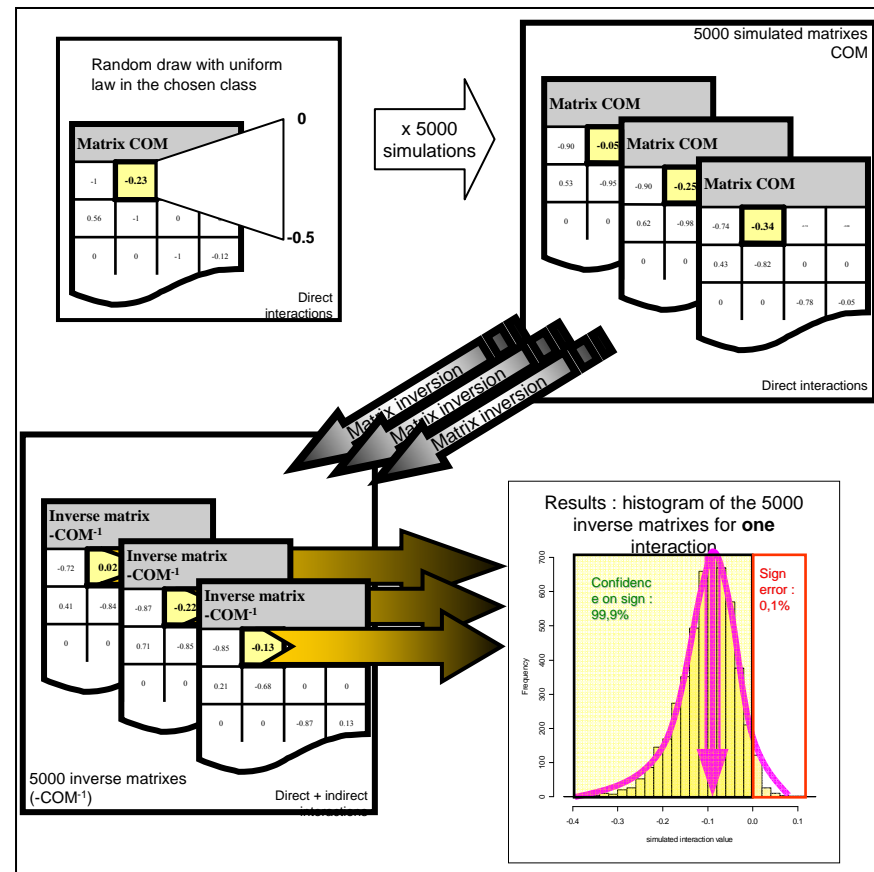
- Beaucoup de résultats incertains :
  - Nombreuses interactions trophiques
  - Prise en compte des faibles interactions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NN																			
2		NNN			PP															
3	NN		NNN											NN						
4				NNN																
5					NNN	PP														
6						NN														
7							NNN									PP				
8								NNN												
9									NN									NNN		
10										NNN										
11	NNN										NNN								NNN	
12												NNN								PP
13													NNN							
14														NNN						PP
15										PP					NNN					
16																NNN				
17									PP								NNN			
18	NNN									NNN				NNN				NNN		PPP
19	NN														NN				NNN	
20															NN					NNN

- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
  - Colour indicates: confidence > 90%
  - Green PP: positive effect
  - Red NNN, NN: strong or medium negative effect

# Matrice inverse et analyse de sensibilité

- Méthode :
  - Rangement des données en classes
  - Évaluation de l'incertitude autour des résultats



➤ Method to assess uncertainty on the results

Random draw with uniform law in  
the chosen class

**Matrix COM**

-1	<b>-0.23</b>		
0.56	-1	0	0
0	0	-1	-0.12

0

-0.5

Direct interactions

Random draw with uniform law in the chosen class

**Matrix COM**

-1	<b>-0.23</b>		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

**Matrix COM**

-0.90	<b>-0.05</b>						
0.53	-0.95	-0.90	<b>-0.25</b>				
0	0	0.62	-0.98	-0.74	<b>-0.34</b>	-0.13	-0.09
		0	0	0.43	-0.82	0	0
				0	0	-0.78	-0.05

Direct interactions



Random draw with uniform law in the chosen class

Matrix COM

-1	-0.23		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

Matrix COM

-0.98	-0.05		
0.53	-0.95	-0.90	-0.25
0	0	0.62	-0.98
		0	0
		0.43	-0.82
		0	0
		0	0
		-0.78	-0.05

Direct interactions

Matrix inversion

Matrix inversion

Matrix inversion

Inverse matrix

$-COM^{-1}$

-0.72	0.02
0.41	-0.84
0	0

Inverse matrix

$-COM^{-1}$

-0.87	-0.22
0.71	-0.85
0	0

Inverse matrix

$-COM^{-1}$

-0.85	-0.13	-0.24	0.1
0.21	-0.68	0	0
0	0	-0.87	0.13

5000 inverse matrixes  
( $-COM^{-1}$ )

Direct + indirect interactions

Random draw with uniform law in the chosen class

Matrix COM

-1	-0.23		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

Matrix COM

-0.90	-0.05		
0.53	-0.95	-0.90	-0.25
0	0	0.62	-0.98

Direct interactions

Matrix inversion  
Matrix inversion  
Matrix inversion

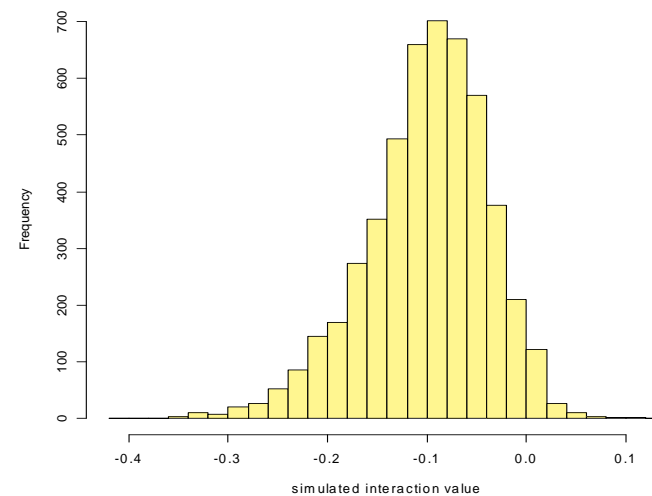
Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.72	0.02		
0.41	-0.84	-0.87	-0.22
0	0	0.71	-0.85

5000 inverse matrixes  
 $(-COM^{-1})$

Direct + indirect interactions

Results : histogram of the 5000 inverse matrixes for **one** interaction



Random draw with uniform law in the chosen class

Matrix COM

-1	-0.23		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

Matrix COM		Matrix COM		Matrix COM			
-0.90	-0.05	-0.90	-0.25	-0.74	-0.34	-0.13	-0.09
0.53	-0.95	0.62	-0.98	0.43	-0.82	0	0
0	0	0	0	0	0	-0.78	-0.05

Direct interactions

Matrix inversion  
Matrix inversion  
Matrix inversion

Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.72	0.02
0.41	-0.84
0	0

Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.87	-0.22
0.71	-0.85
0	0

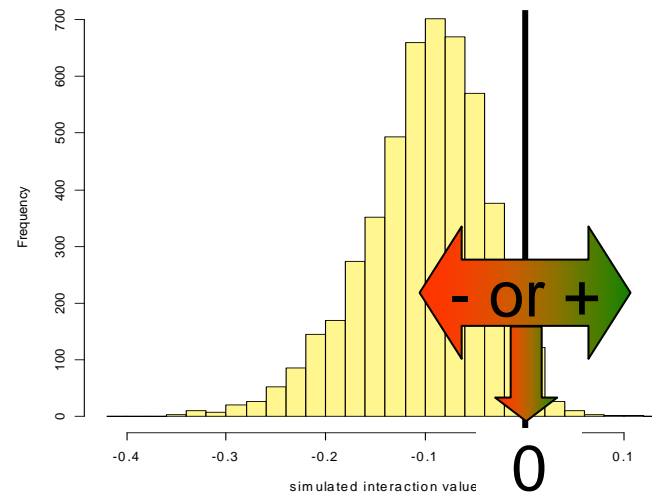
Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.85	-0.13	0.21	-0.68	0	0
0	0	-0.87	0.13		

5000 inverse matrixes  
 $(-COM^{-1})$

Direct + indirect interactions

Results : histogram of the 5000 inverse matrixes for one interaction



Random draw with uniform law in the chosen class

Matrix COM

-1	-0.23		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

Matrix COM		Matrix COM		Matrix COM			
-0.90	-0.05	-0.90	-0.25	-0.74	-0.34	-0.13	-0.09
0.53	-0.95	0.62	-0.98	0.43	-0.82	0	0
0	0	0	0	0	0	-0.78	-0.05

Direct interactions

Matrix inversion  
Matrix inversion  
Matrix inversion

Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.72	0.02
0.41	-0.84
0	0

Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.87	-0.22
0.71	-0.85
0	0

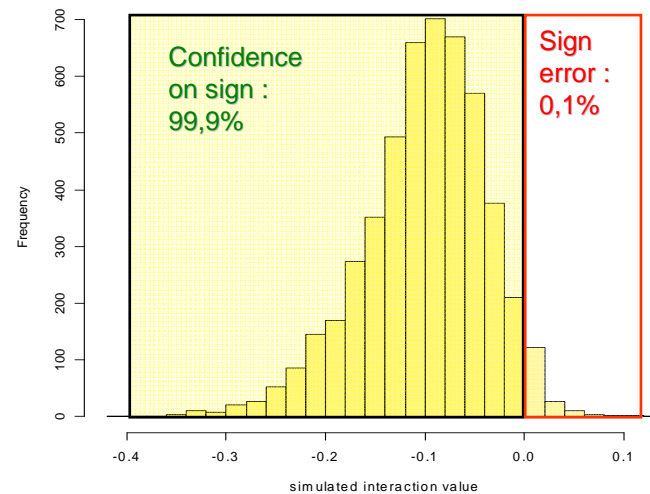
Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.85	-0.13	0.21	-0.68	0	0
0	0	0	-0.87	0.13	

5000 inverse matrixes  
 $(-COM^{-1})$

Direct + indirect interactions

Results : histogram of the 5000 inverse matrixes for **one** interaction



Random draw with uniform law in the chosen class

Matrix COM

-1	-0.23		
0.56	-1	0	
0	0	-1	-0.12

Direct interactions

x 5000 simulations

5000 simulated matrixes COM

Matrix COM		Matrix COM		Matrix COM			
-0.90	-0.05	-0.90	-0.25	-0.74	-0.34	-0.13	-0.09
0.53	-0.95	0.62	-0.98	0.43	-0.82	0	0
0	0	0	0	0	0	-0.78	-0.05

Direct interactions

Matrix inversion  
Matrix inversion  
Matrix inversion

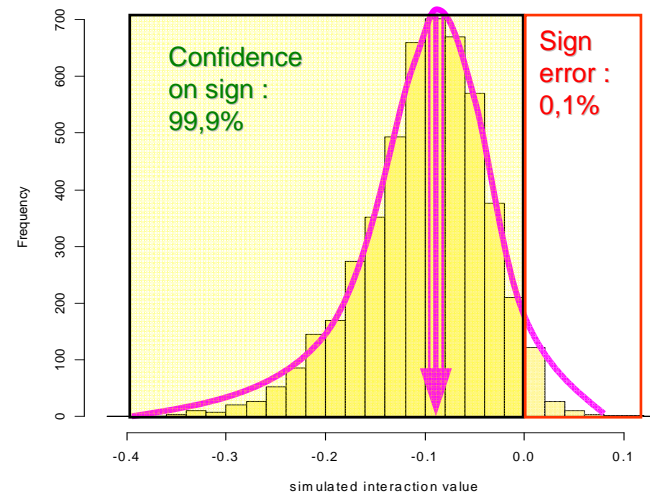
Inverse matrix  
 $-COM^{-1}$

-0.72	0.02	Inverse matrix $-COM^{-1}$		Inverse matrix $-COM^{-1}$			
0.41	-0.84	-0.87	-0.22	-0.85	-0.13	0.21	-0.68
0	0	0.71	-0.85	0.21	-0.68	0	0
		0	0	0	0	-0.87	0.13

5000 inverse matrixes  
 $(-COM^{-1})$

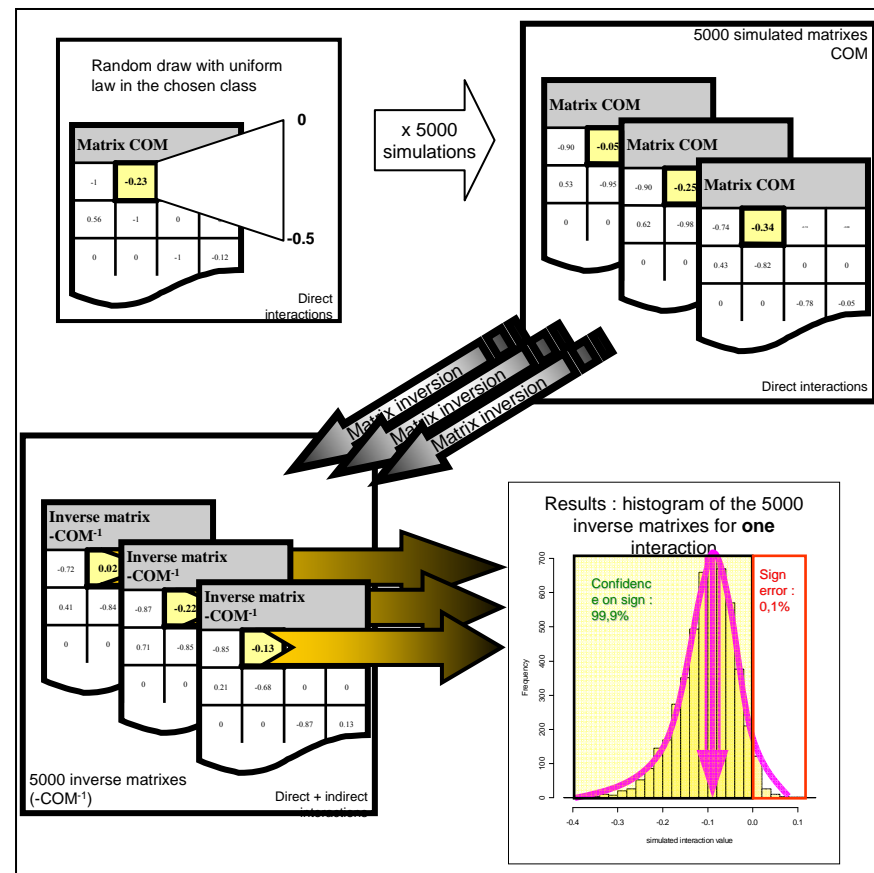
Direct + indirect interactions

Results : histogram of the 5000 inverse matrixes for **one** interaction



# Matrice inverse et analyse de sensibilité

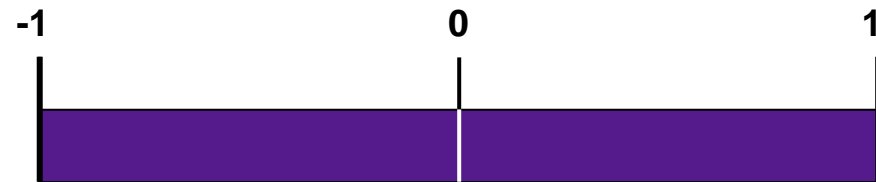
- Beaucoup de résultats incertains :
  - Nombreuses interactions trophiques
  - Prise en compte des faibles interactions
  
- Combien de classes sont nécessaires ?



➤ Method to assess uncertainty on the results

# Données de la matrices des Communautés rangées en classes

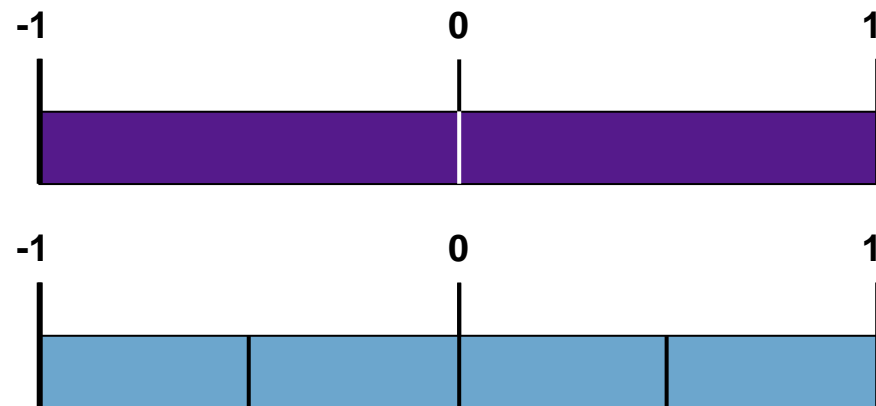
- Quatre cas testés :
  - Equivalent aux Boucles de Levins



➤ Representation of the different cases

# Données de la matrices des Communautés rangées en classes

- Quatre cas testés :
  - Equivalent aux Boucles de Levins
  - Faibles et fortes interactions distinguées pour chaque signe en 2 classes, ...

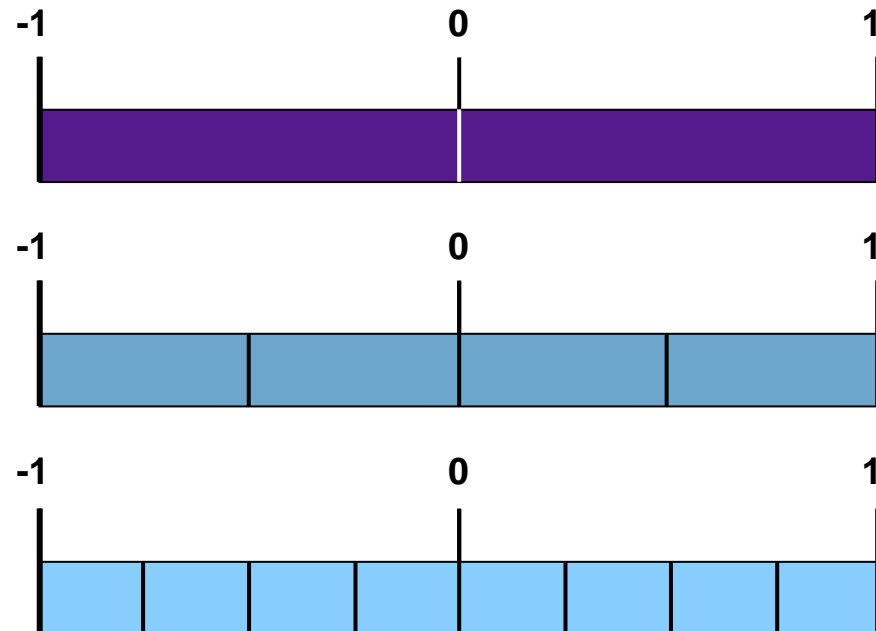


➤ Representation of the different cases



# Données de la matrices des Communautés rangées en classes

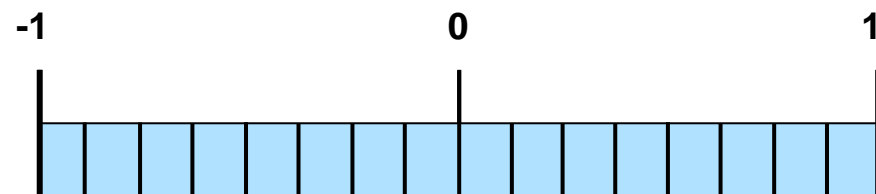
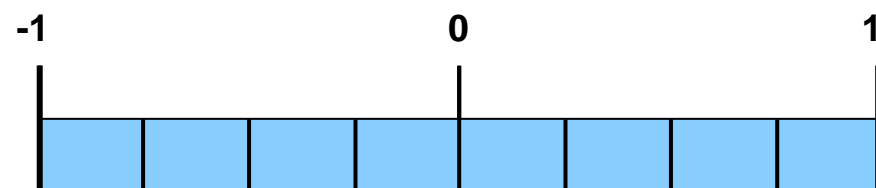
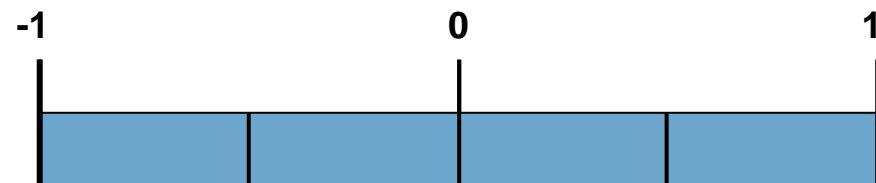
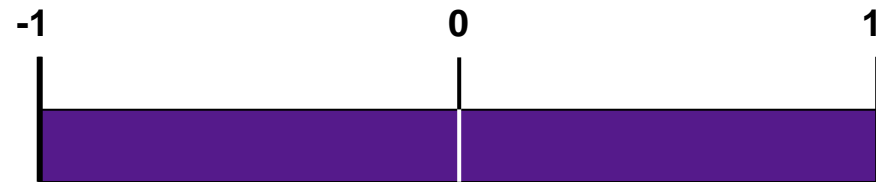
- Quatre cas testés :
  - Equivalent aux Boucles de Levins
  - Faibles et fortes interactions distinguées pour chaque signe en 2 classes, ...
  - ... ou 4 classes



➤ Representation of the different cases

# Données de la matrices des Communautés rangées en classes

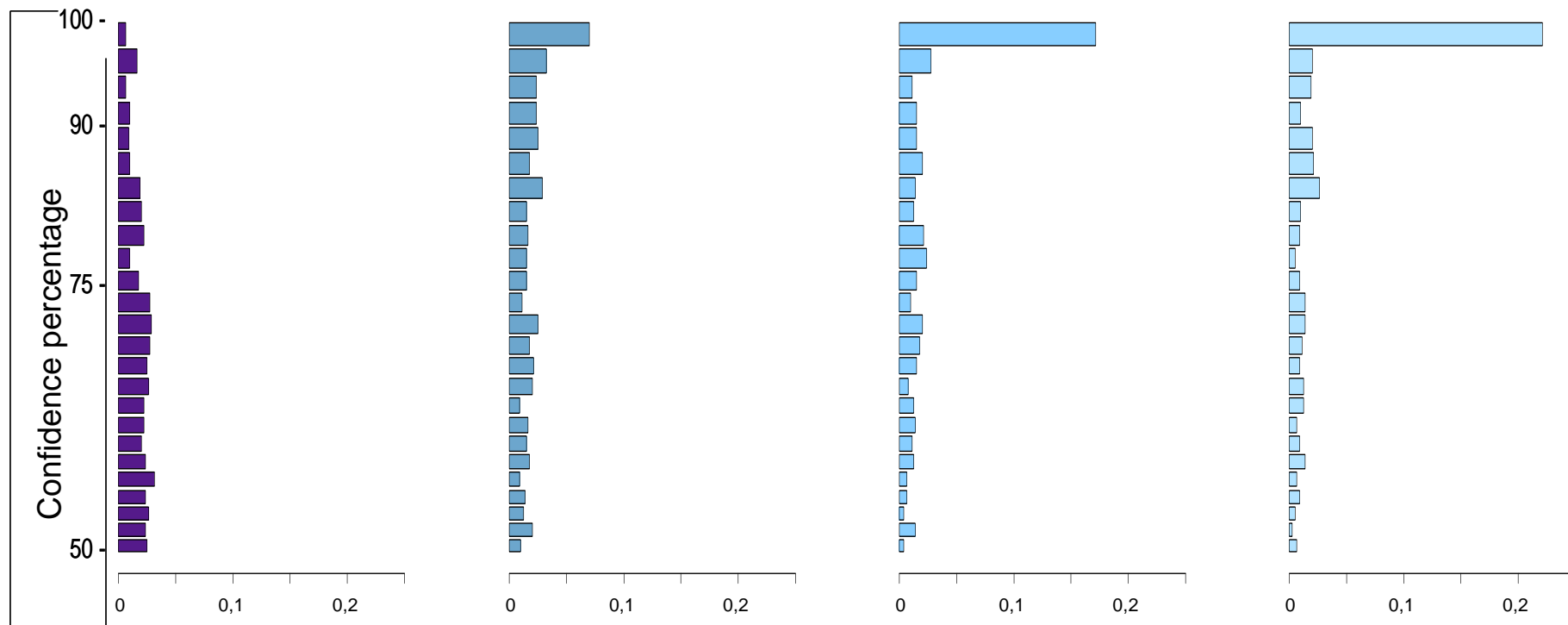
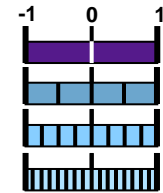
- Quatre cas testés :
  - Equivalent aux Boucles de Levins
  - Faibles et fortes interactions distinguées pour chaque signe en 2 classes, ...
  - ... ou 4 classes
  - ... ou 8 classes



➤ Representation of the different cases

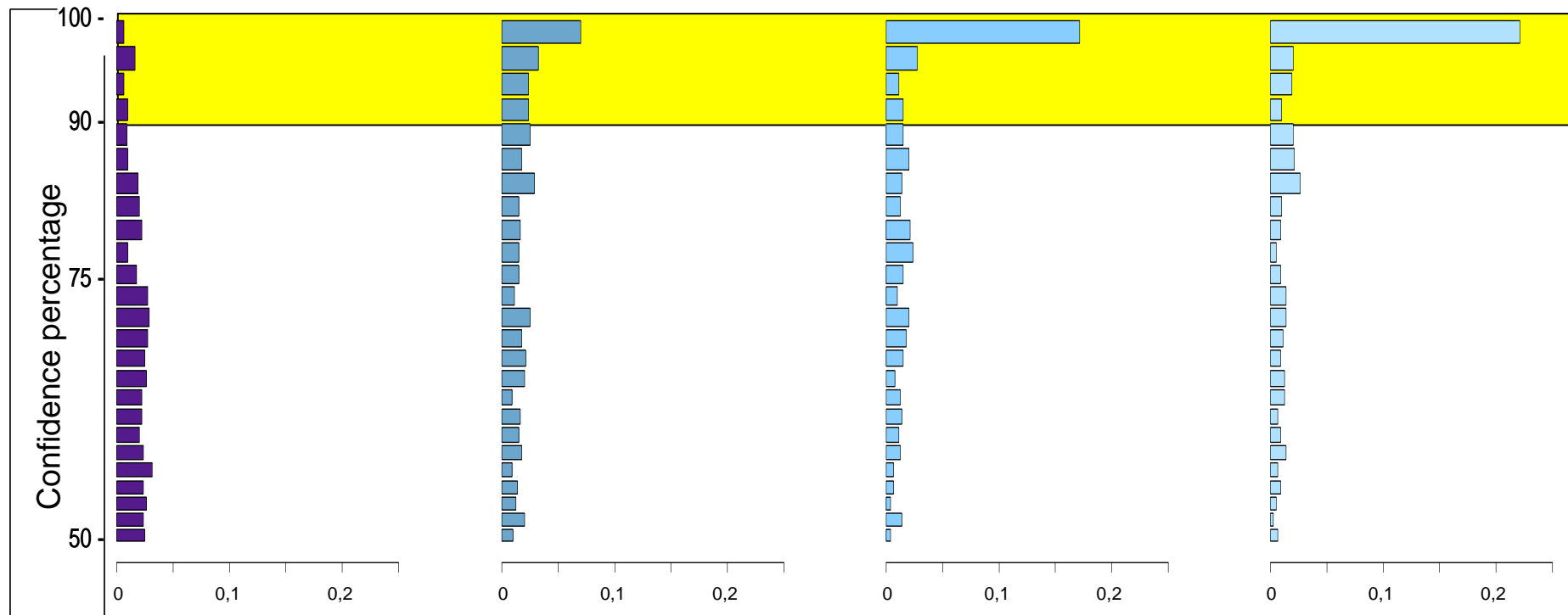
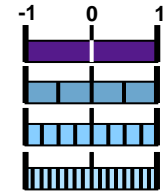
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses



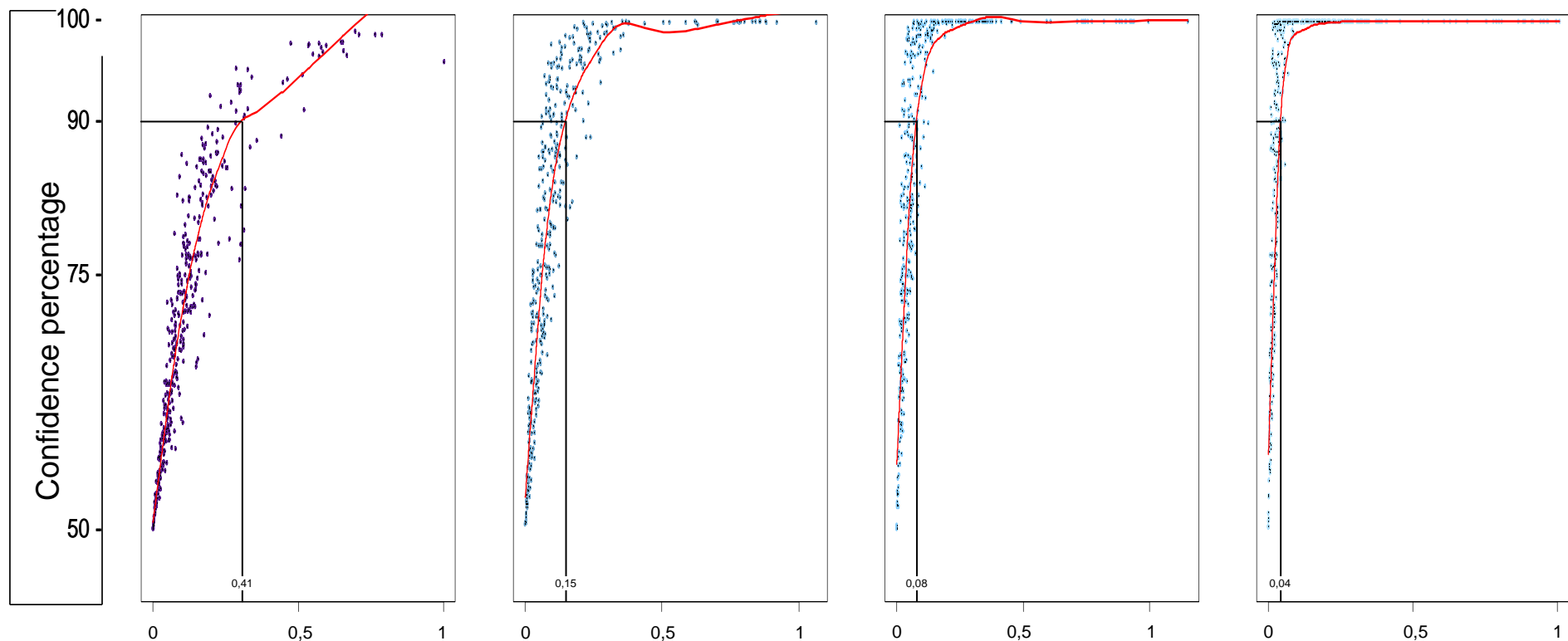
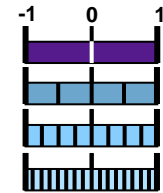
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses



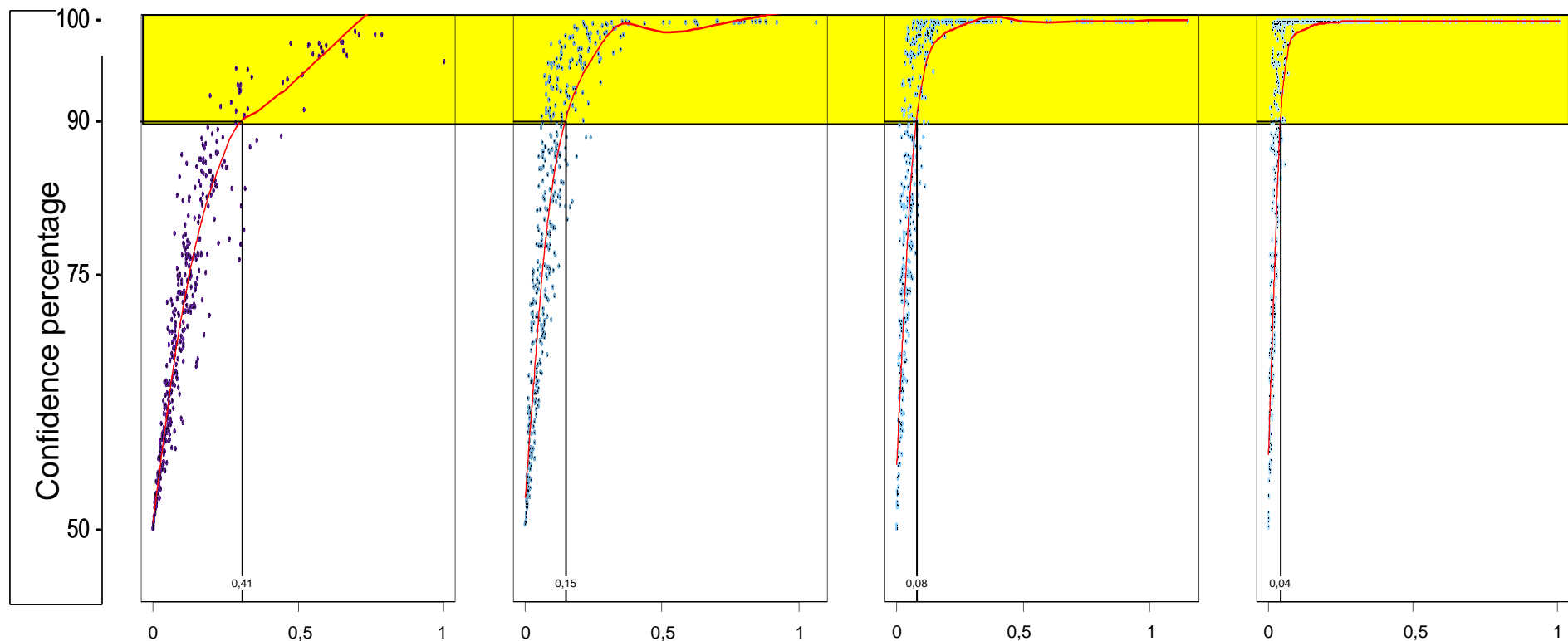
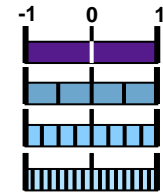
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses



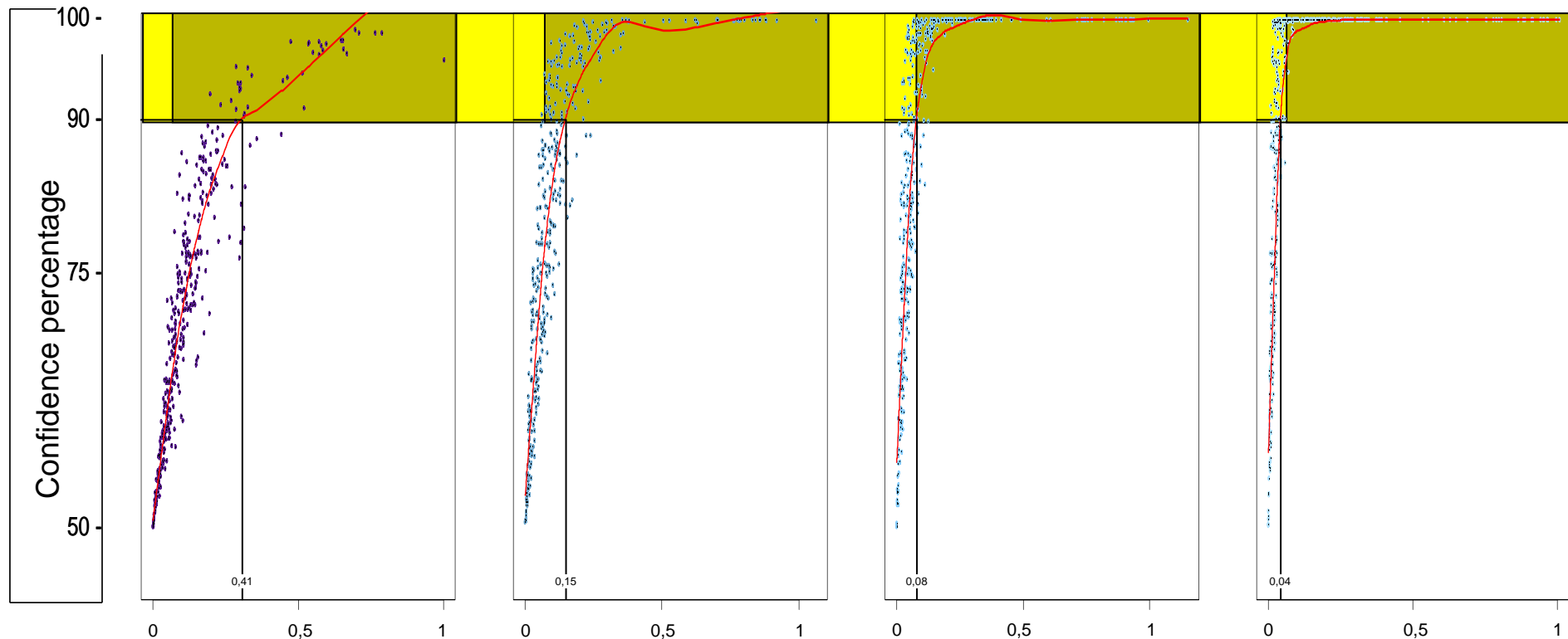
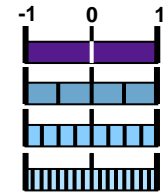
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses



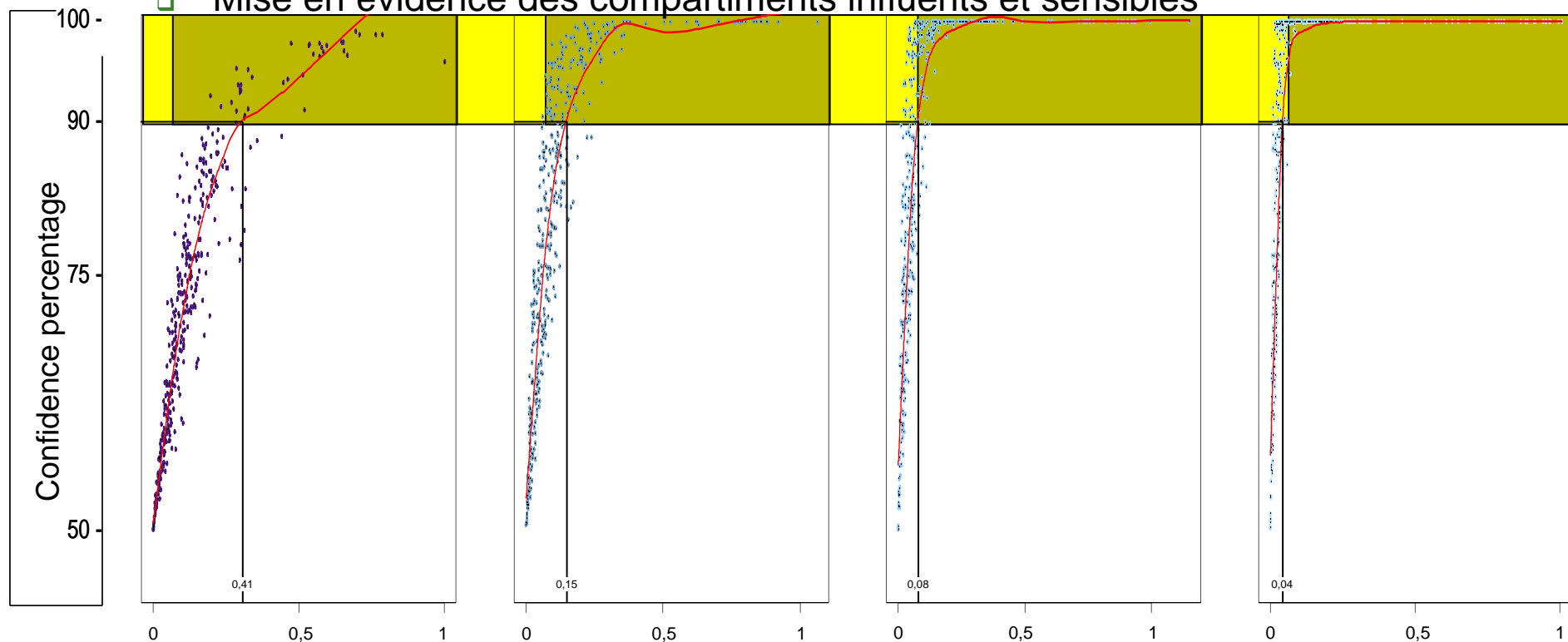
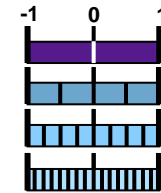
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses...
  - ...en particulier sur les fortes valeurs.



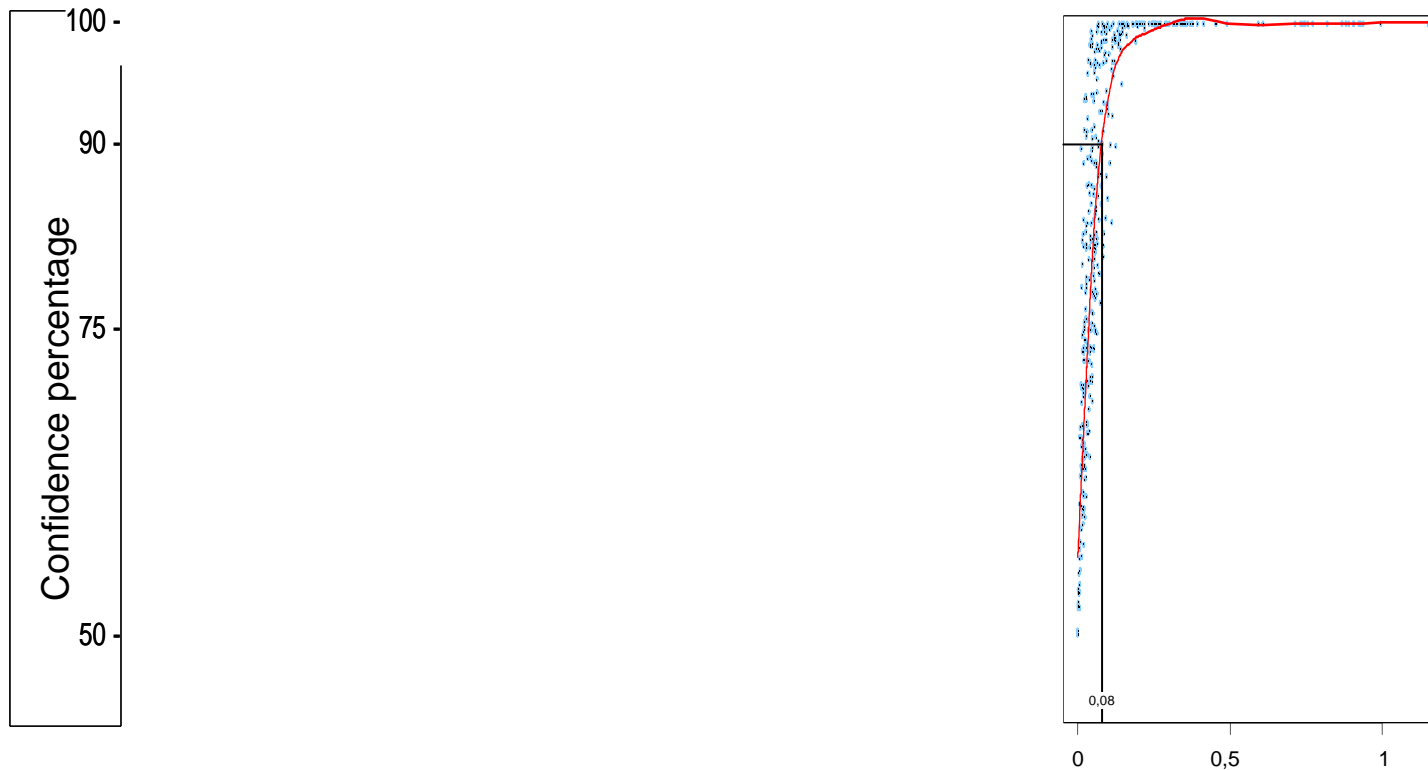
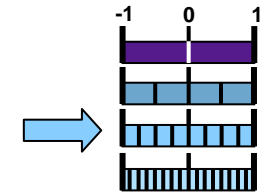
# Matrices inverses : résultats de l'étude de sensibilité

- L'utilisation des classes d'interactions dans les matrices des communautés
  - Augmente la précision des résultats des matrices inverses...
  - ...en particulier sur les fortes valeurs.
  - Mise en évidence des compartiments influents et sensibles

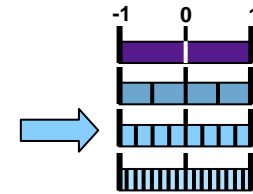
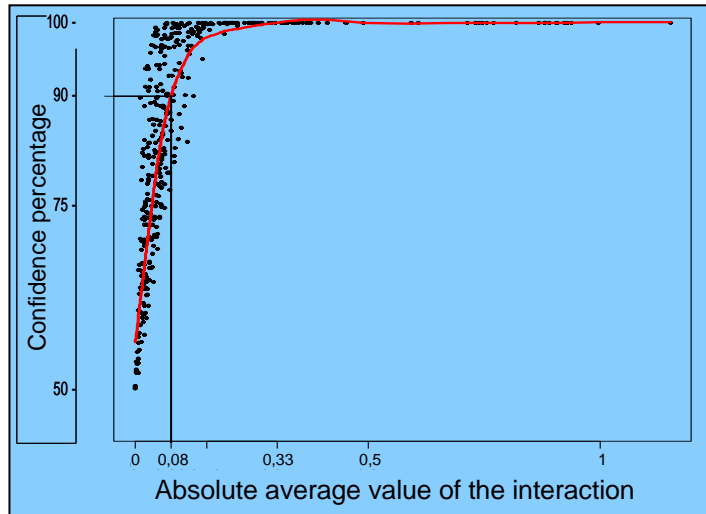




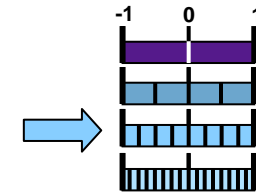
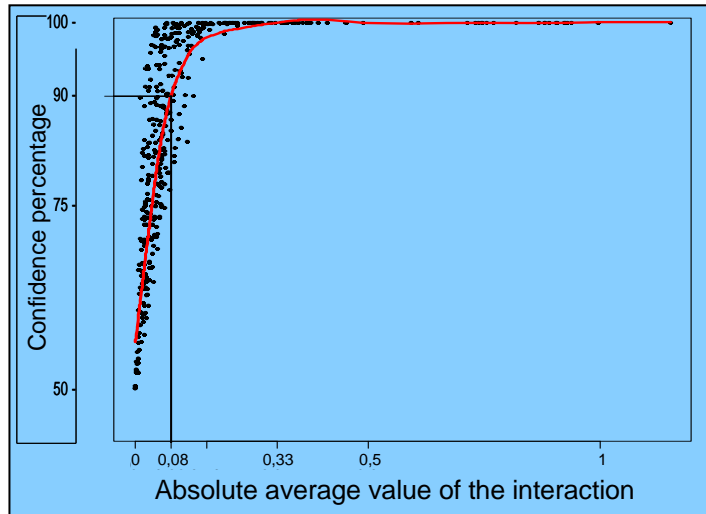
# Matrices inverses : résultats et interprétation



# Matrices inverses : résultats et interprétation

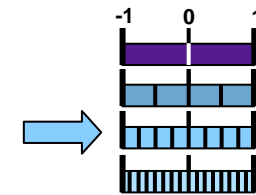
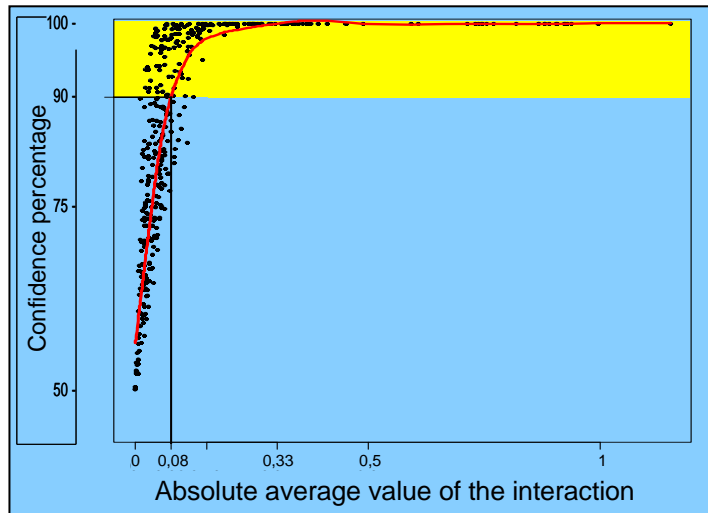


# Matrices inverses : résultats et interprétation



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NNN	PP				+	+											PPP	-	
2	NN	NNN		PP	+	-		-							-		-	NNN		
3	NNN	PP	NNN	-		-		-					-	-		PPP	-	NNN		
4	NN	NNN	+	NNN	+	+	PP						-						-	-
5	NN		+	-	NNN		-					-				-		NNN		
6	NN	+	+			NNN						-			-		-	NNN		
7			PP		+		NNN			+						PP			+	
8	NN		+	-		NNN		NNN				-			-		-	NNN		+
9	NN		+	-		NNN	NNN	NNN		+	+			-				NNN	PPP	+
10	NN	NN	NN					-		NNN						PP		NNN		+
11	NNN		+			-					NNN				-		-	NNN	+	+
12	NN			-	+		NNN				-	NNN			+			NN	PP	+
13	NN					NNN						NNN	-			-		NNN		+
14	NN	NNN	+	+	NN			-		+		-	-	NNN	-		-	NNN	+	PPP
15	-					NN			+	+	+	PPP			NNN					
16	-	NN	NN		+	PP	-			+					+	NNN		-		+
17	NN					NNN			PPP			-		-		-	NNN	NN	-	
18	NN		+	NN			NN							-		-		NNN	+	+
19	-			-			NNN				-	NN		-	-			NN	NNN	+
20	-	NN	-			+	-			NN		+		-		NN		NN		NNN

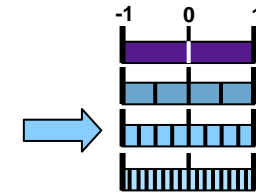
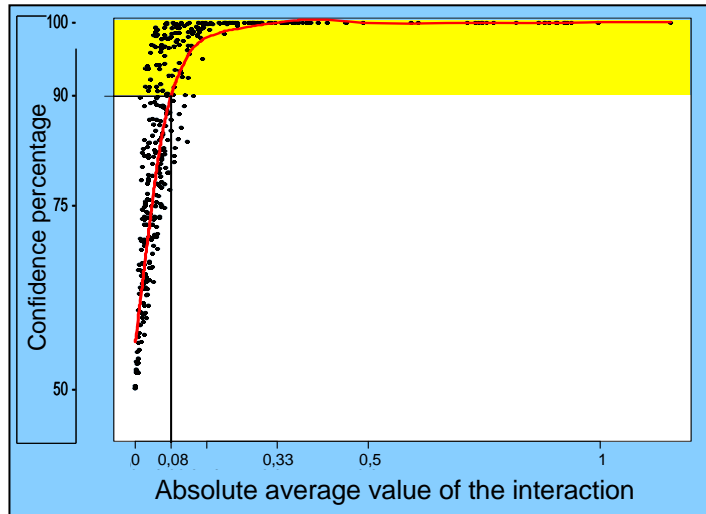
# Matrices inverses : résultats et interprétation



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NNN	PP				+	+											PPP	-	
2	NN	NNN		PP	+	-		-							-		-	NNN		
3	NNN	PP	NNN	-		-		-					-	-		PPP	-	NNN		
4	NN	NNN	+	NNN	+	+	PP						-						-	-
5	NN		+	-	NNN		-						-			-		NNN		
6	NN	+	+			NNN						-	-		-			NNN		
7			PP		+		NNN		+							PP			+	
8	NN		+	-		NNN	NNN					-	-		-			NNN		+
9	NN		+	-		NN	NNN	NNN	+	+				-				NNN	PPP	+
10	NN	NN	NN					-		NNN						PP		NNN		+
11	NNN		+			-				NNN					-			NNN	+	+
12	NN			-	+		NNN			-	NNN				+			NN	PP	+
13	NN					NNN						NNN	-		-			NNN		+
14	NN	NNN	+	+	NN			-		+		-	-	NNN	-		-	NNN	+	PPP
15	-					NN			+	+	+	PPP			NNN					
16	-	NN	NN		+	PP	-			+					+	NNN		-		+
17	NN					NNN				PPP			-	-		-	NNN	NN	-	
18	NN		+	NN			NN							-		-		NNN	+	+
19	-			-			NNN				-	NN		-	-			NN	NNN	+
20	-	NN	-			+	-			NN	+			-		NN		NN	NN	NNN

- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
- Colour indicates: confidence > 90%

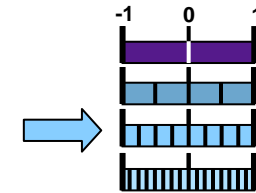
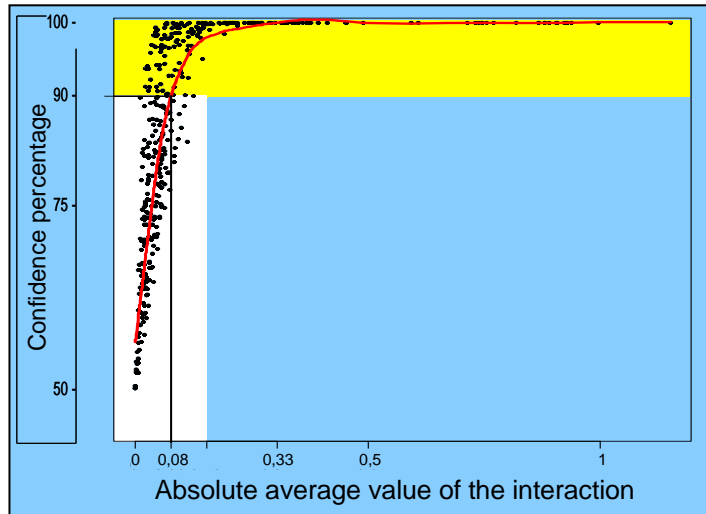
# Matrices inverses : résultats et interprétation



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NNN	PP				+	+											PPP	-	
2	NN	NNN		PP	+	-		-							-		-	NNN		
3	NNN	PP	NNN	-		-		-					-	-		PPP	-	NNN		
4	NN	NNN	+	NNN	+	+	PP						-						-	-
5	NN		+	-	NNN		-					-				-		NNN		
6	NN	+	+			NNN						-			-			NNN		
7			PP		+		NNN			+						PP			+	
8	NN		+	-		NNN		NNN				-		-		-		NNN		+
9	NN		+	-		NN	NNN		NNN		+	+						NNN	PPP	+
10	NN	NN	NN						-	NNN						PP		NNN		+
11	NNN		+			-					NNN				-		-	NNN	+	+
12	NN			-	+		NNN				-	NNN			+			NN	PP	+
13	NN					NNN							NNN	-		-		NNN		+
14	NN	NNN	+	+	NN				-		+		-	-	NNN	-	-	NNN	+	PPP
15	-					NN			+	+	+	PPP				NNN				
16	-	NN	NN		+	PP	-			+					+	NNN		-		+
17	NN					NNN				PPP					-		-	NNN	NN	-
18	NN		+	NN			NN								-		-	NNN	+	+
19	-			-			NNN				-	NN		-	-			NN	NNN	+
20	-	NN	-			+	-			NN		+			-	NN		NN		NNN

- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
- Colour indicates: confidence > 90%

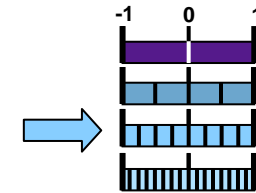
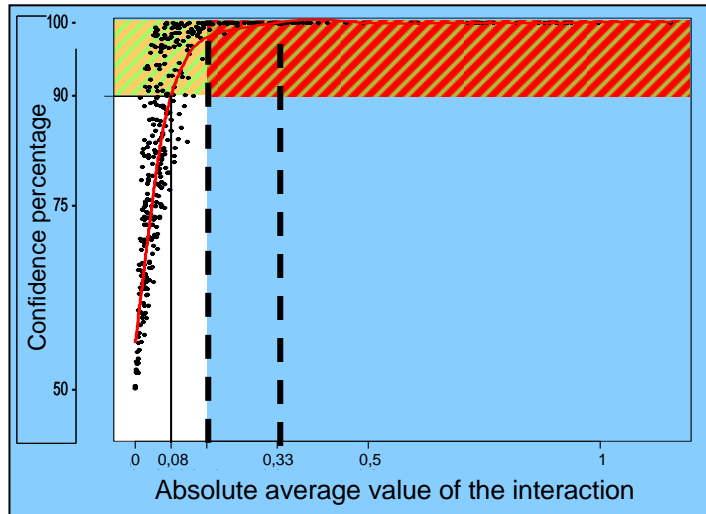
# Matrices inverses : résultats et interprétation



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NNN	PP				+	+											PPP	-	
2	NN	NNN		PP	+	-		-							-		-	NNN		
3	NNN	PP	NNN	-		-		-					-	-		PPP	-	NNN		
4	NN	NNN	+	NNN	+	+	PP						-						-	-
5	NN		+	-	NNN								-					NNN		
6	NN	+	+			NNN							-					NNN		
7			PP		+		NNN			+						PP			+	
8	NN		+	-		NNN		NNN				-		-				NNN		+
9	NN		+	-		NN	NNN		NNN		+	+						NNN	PPP	+
10	NN	NN	NN							NNN						PP		NNN		+
11	NNN		+								NNN							NNN	+	+
12	NN			-	+		NNN					-	NNN			+		NN	PP	+
13	NN					NNN							NNN	-				NNN		+
14	NN	NNN	+	+	NN					+		-	-	NNN	-			NNN	+	PPP
15	-					NN			+	+	+	PPP			NNN					
16	-	NN	NN		+	PP	-			+					+	NNN		-		+
17	NN					NNN				PPP							-	NNN	NN	-
18	NN		+	NN			NN											NNN	+	+
19	-			-			NNN				-	NN		-				NN	NNN	+
20	-	NN	-			+	-			NN		+				NN		NN		NNN

- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
- Colour indicates: confidence > 90%

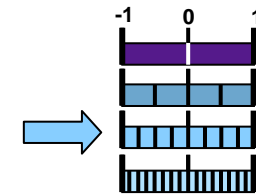
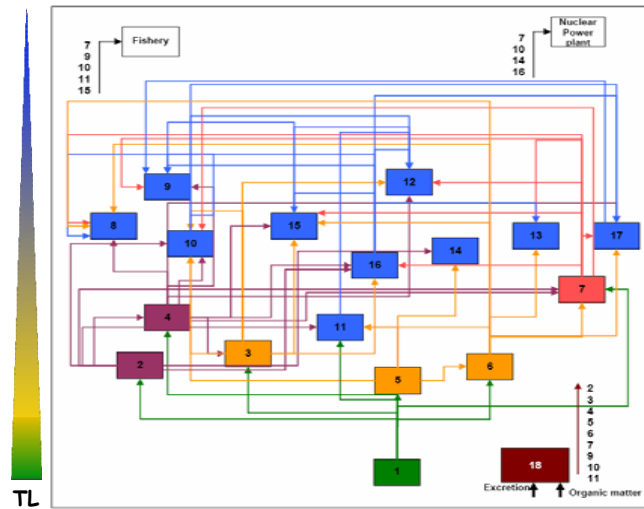
# Matrices inverses : résultats et interprétation



- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
  - Colour indicates: confidence > 90%
  - Green PPP, PP: strong or medium positive effect
  - Red NNN, NN: strong or medium negative effect

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	NNN	PP				+	+											PPP	-	
2	NN	NNN		PP	+	-		-							-		-	NNN		
3	NNN	PP	NNN	-		-		-					-	-		PPP	-	NNN		
4	NN	NNN	+	NNN	+	+	PP						-						-	-
5	NN		+	-	NNN		-						-			-		NNN		
6	NN	+	+			NNN						-		-		-		NNN		
7			PP		+		NNN			+						PP			+	
8	NN		+	-		NNN		NNN				-		-		-		NNN		+
9	NN		+	-		NN	NNN	NNN		+	+			-				NNN	PPP	+
10	NN	NN	NN					-		NNN						PP		NNN		+
11	NNN		+			-				NNN					-	-		NNN	+	+
12	NN			-	+		NNN			-	NNN				+			NN	PP	+
13	NN					NNN						NNN	-		-			NNN		+
14	NN	NNN	+	+	NN			-		+		-	-	NNN	-		-	NNN	+	PPP
15	-					NN			+	+	+	PPP			NNN					
16	-	NN	NN		+	PP	-			+					+	NNN		-		+
17	NN					NNN			PPP			-		-		-	NNN	NN	-	
18	NN		+	NN			NN							-		-		NNN	+	+
19	-			-		NNN				-	NN		-	-	-			NN	NNN	+
20	-	NN	-			+	-			NN		+			-	NN		NN		NNN

# Matrices inverses : résultats et interprétation



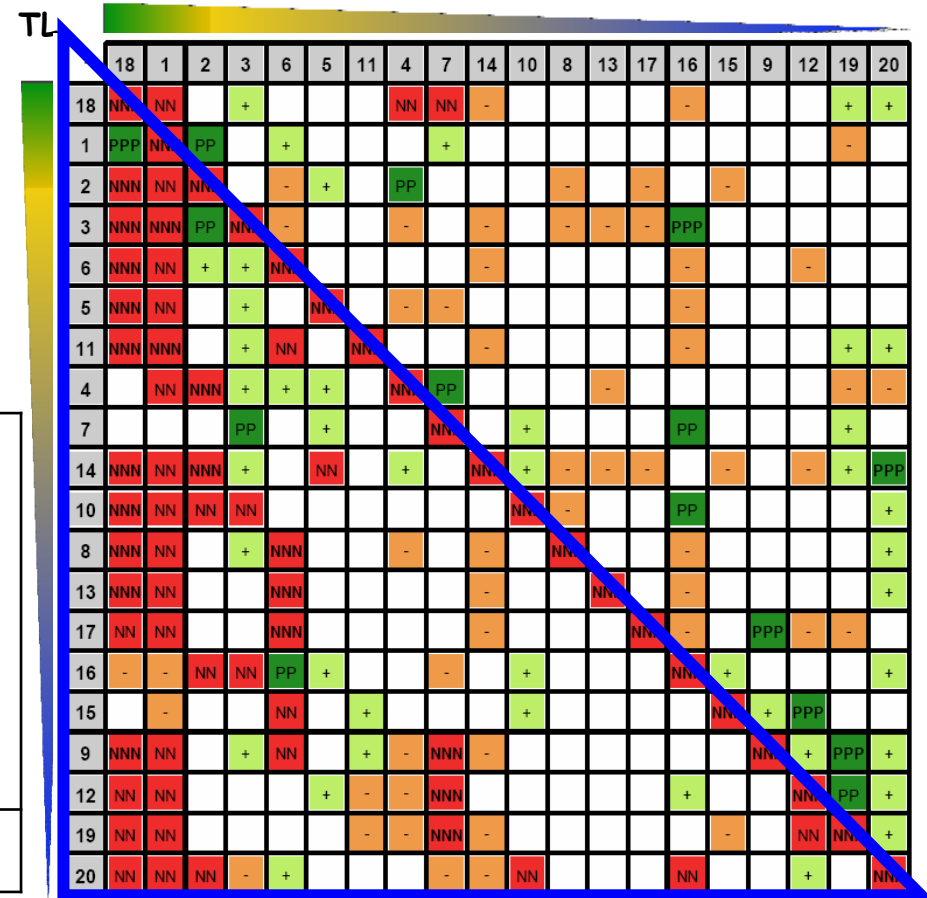
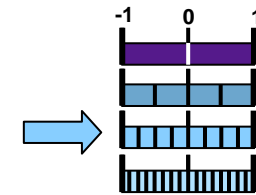
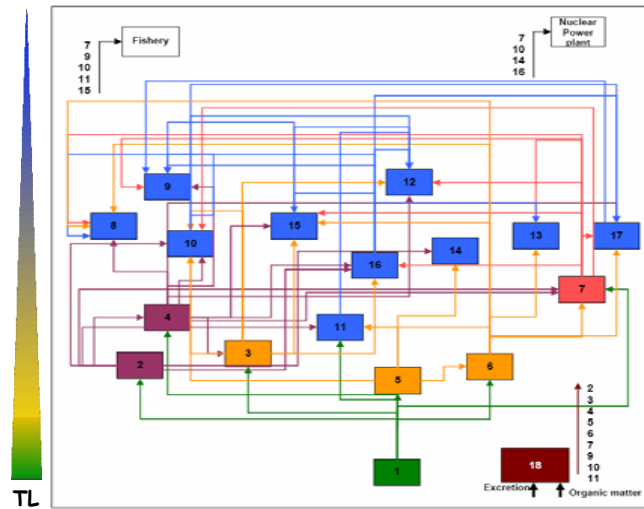
TL

	18	1	2	3	6	5	11	4	7	14	10	8	13	17	16	15	9	12	19	20
18	NNN	NN		+				NN	NN	-					-				+	+
1	PPP	NNN	PP		+				+											-
2	NNN	NN	NNN		-	+		PP												
3	NNN	NNN	PP	NNN	-			-		-		-	-	-	PPP					
6	NNN	NN	+	+	NNN										-				-	
5	NNN	NN		+		NNN		-	-						-					
11	NNN	NNN		+	NN		NNN												+	+
4		NN	NNN	+	+	+		NNN	PP					-					-	-
7				PP		+		NNN		+					PP				+	
14	NNN	NN	NNN	+		NN	+		NNN	+	-	-	-	-	-				-	PPP
10	NNN	NN	NN	NN							NNN	-			PP					+
8	NNN	NN		+	NNN			-	-		NNN				-					+
13	NNN	NN			NNN								NNN		-					+
17	NN	NN			NNN									NNN	-		PPP	-	-	
16	-	-	NN	NN	PP	+		-		+				NNN	+					+
15		-			NN	+				+						NNN	+	PPP		
9	NNN	NN		+	NN	+	-	NNN	-								NNN	+	PPP	+
12	NN	NN			+	-	-	NNN						+			NNN	PP	+	
19	NN	NN						-	-	NNN	-						-	NN	NNN	+
20	NN	NN	NN	-	+				-	-	NN				NN		+			NNN

- Effects of one component (columns) on the others (row). After inversion. Sum of direct and indirect interactions
  - Colour indicates: confidence > 90%
  - Green PPP, PP: strong or medium positive effect
  - Red NNN, NN: strong or medium negative effect



# Matrices inverses : résultats et interprétation

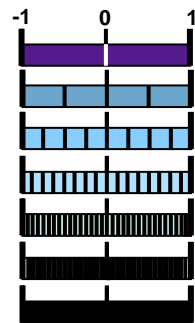


1. Primary producers	11. Mulets
2. Copepods	12. Big marine fish
3. Suprabenthos	13. Big pelagic fish
4. Mysids	14. Pipe fish
5. Meiobenthos	15. Flat fish
6. Macrobenthos	16. Gobids
7. Shrimps	17. Freshwater fish
8. Sturgeons	18. Detritus
9. Eels	19. Fishery
10. Small pelagic fish	20. Nuclear power plant

➤ Green PPP, PP: strong or medium positive effect  
 ➤ Red NNN, NN: strong or medium negative effect

# Corrélation avec les « Mixed Trophic Impact »

- Augmenter le nombre de classes d'interactions tend à la construction d'une matrice des Communautés sans incertitude (COM)

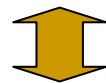


COM without uncertainty

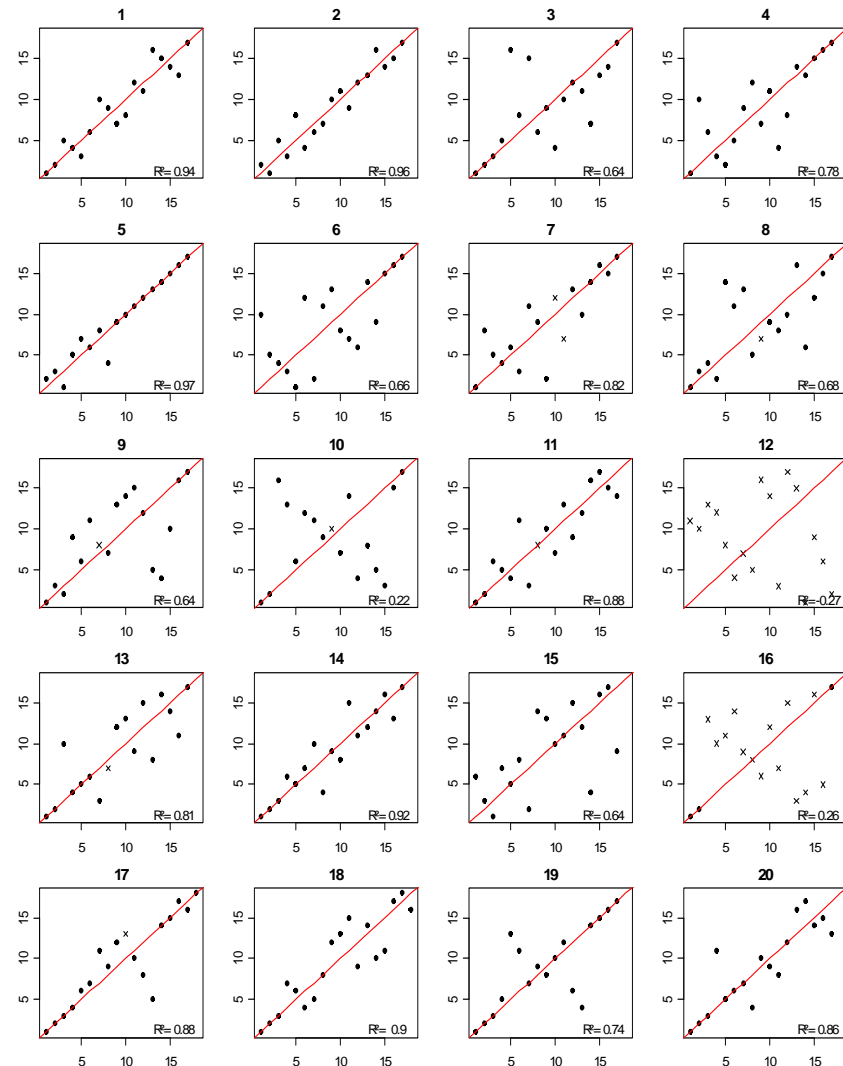
# Corrélation avec les « Mixed Trophic Impact »

- Augmenter le nombre de classes d'interactions tend à la construction d'une matrice des Communautés sans incertitude (COM)
- L'inverse de COM est corrélée avec la matrice des "Mixed Trophic Impact"

COM without uncertainty



Mixed Trophic Impact



# Conclusions et perspectives

- Une façon simple
  - De prendre en compte les interactions indirectes
  - D'identifier les compartiments influents et sensibles

# Conclusions et perspectives

- Une façon simple
  - De prendre en compte les interactions indirectes
  - D'identifier les compartiments influents et sensibles
  
- Une approche intermédiaire entre les boucles de Levins et Ecopath (“Mixed Trophic Impact”)

# Conclusions et perspectives

- Une façon simple
  - De prendre en compte les interactions indirectes
  - D'identifier les compartiments influents et sensibles
  
- Une approche intermédiaire entre les boucles de Levins et Ecopath (“Mixed Trophic Impact”)
  
- Une possibilité
  - De réaliser des simulations avec des intervalles de confiance
  - De comparer différents écosystèmes, même peu renseignés
  - D'améliorer les MTI en ajoutant des intervalles de confiance sur les résultats



# Sujet de thèse

- Effets des perturbations anthropiques sur la survie des juvéniles de poissons marins au sein des nourriceries côtières et estuariennes, et conséquences sur le renouvellement des populations.

Application à la sole (*Solea solea*) en Manche Est et dans le Golfe de Gascogne



• 2008-2010

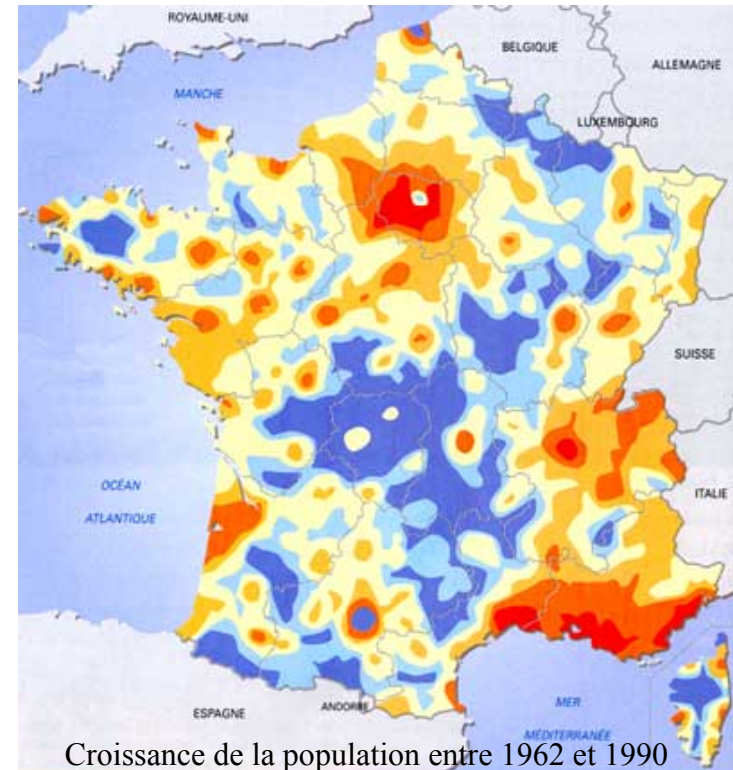


Laboratoire  
d'écologie  
halieutique



# Pressions anthropiques

- Pressions importantes sur les écosystèmes, notamment sur les estuaires et les zones côtières :
  - Déplacement des populations vers les côtes et le long des fleuves (estuaires = exutoires)
  - Agrandissement des zones portuaires,
  - Agriculture intensive,
  - Industrialisation, ...
- ⇒ Contamination des eaux
- ⇒ Modification de la morphologie des côtes

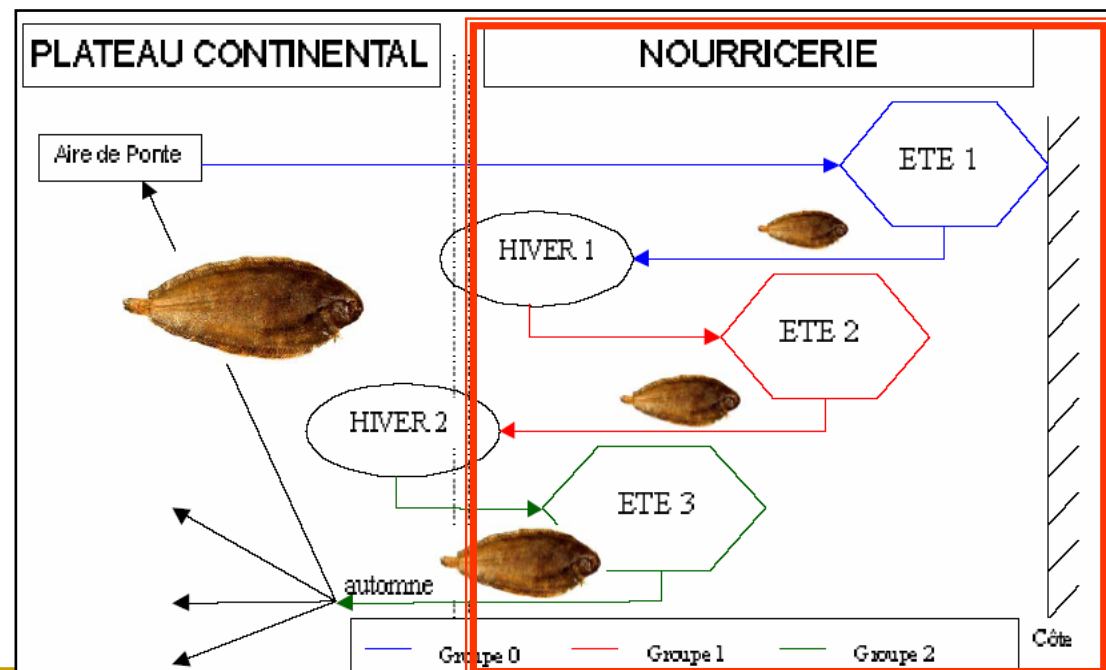


# Rôle des estuaires et des zones côtières

- Habitats halieutiques essentiels pour de nombreuses espèces
  - Dépendance aux **estuaires** : 45% des pêches de Manche-Est

# Rôle des estuaires et des zones côtières

- Habitats halieutiques essentiels pour de nombreuses espèces
- Notamment pour les juvéniles de soles :
  - Vie exclusive dans ces habitats

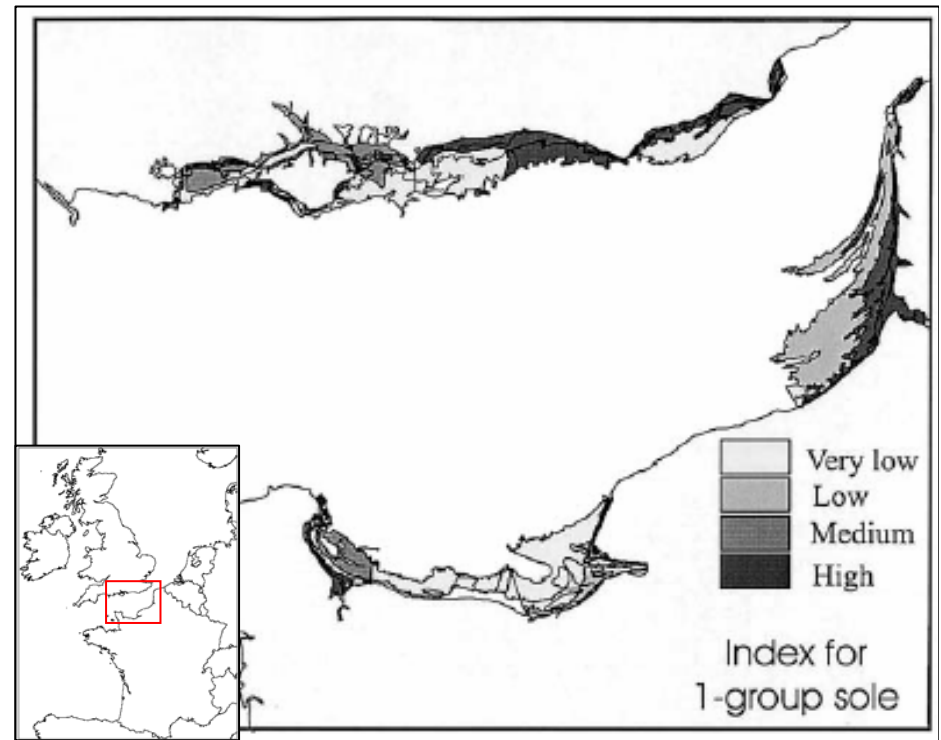


# Rôle des estuaires et des zones côtières

- Habitats halieutiques essentiels pour de nombreuses espèces
- Notamment pour les juvéniles de soles :
  - Vie exclusive dans ces habitats
  - Avec de fortes concentrations

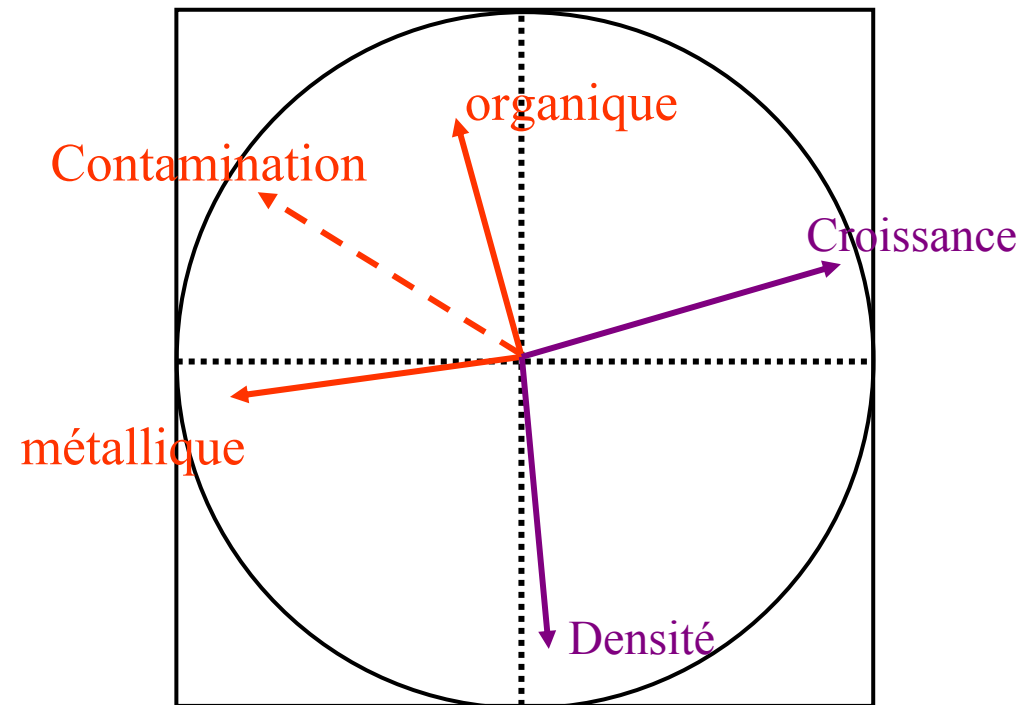
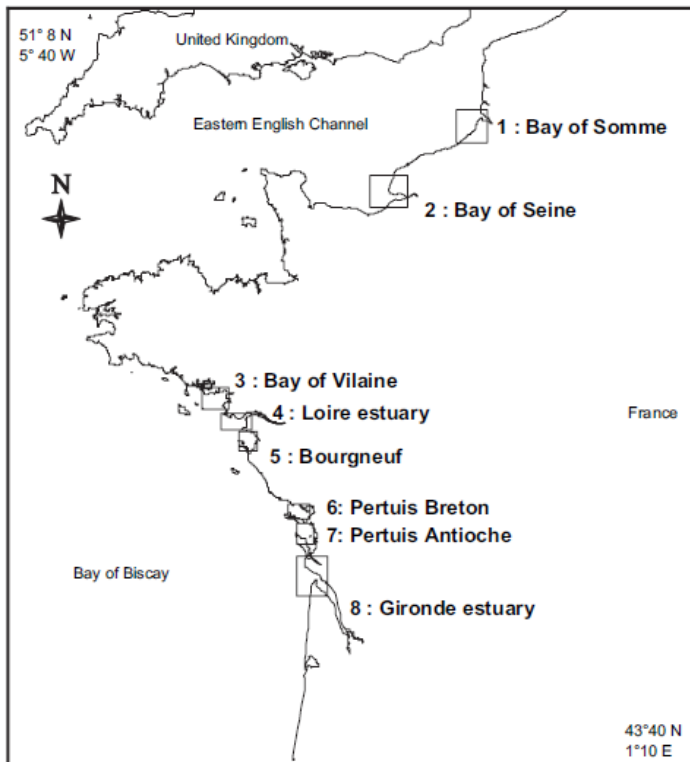
## Indice de densité des juvéniles de soles dans la Manche Est

Riou, 1999



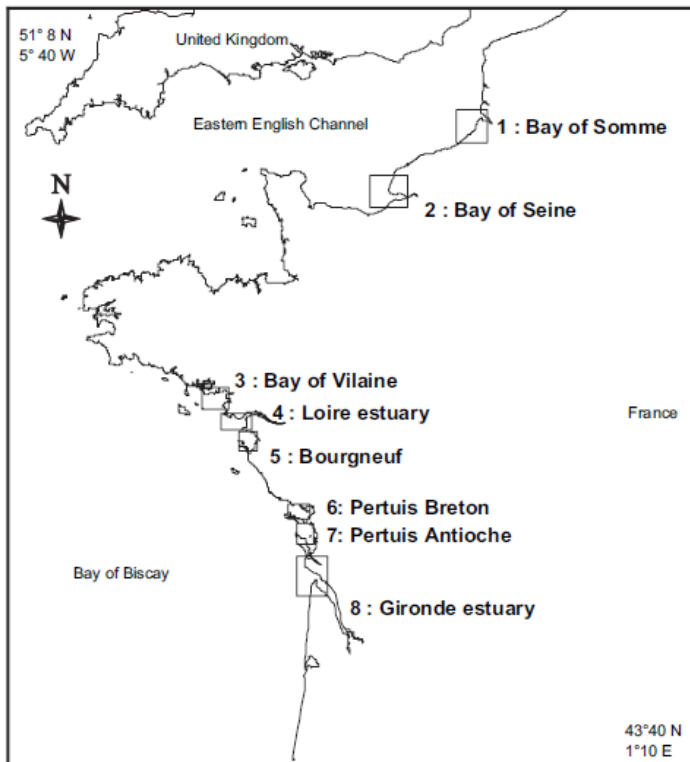
# Impact des pressions anthropiques

- Effets des contaminants sur les juvéniles de soles
  - AFM secteurs / bioindicateurs (contaminants en illustratif)  
(Gilliers *et al*, 2006)

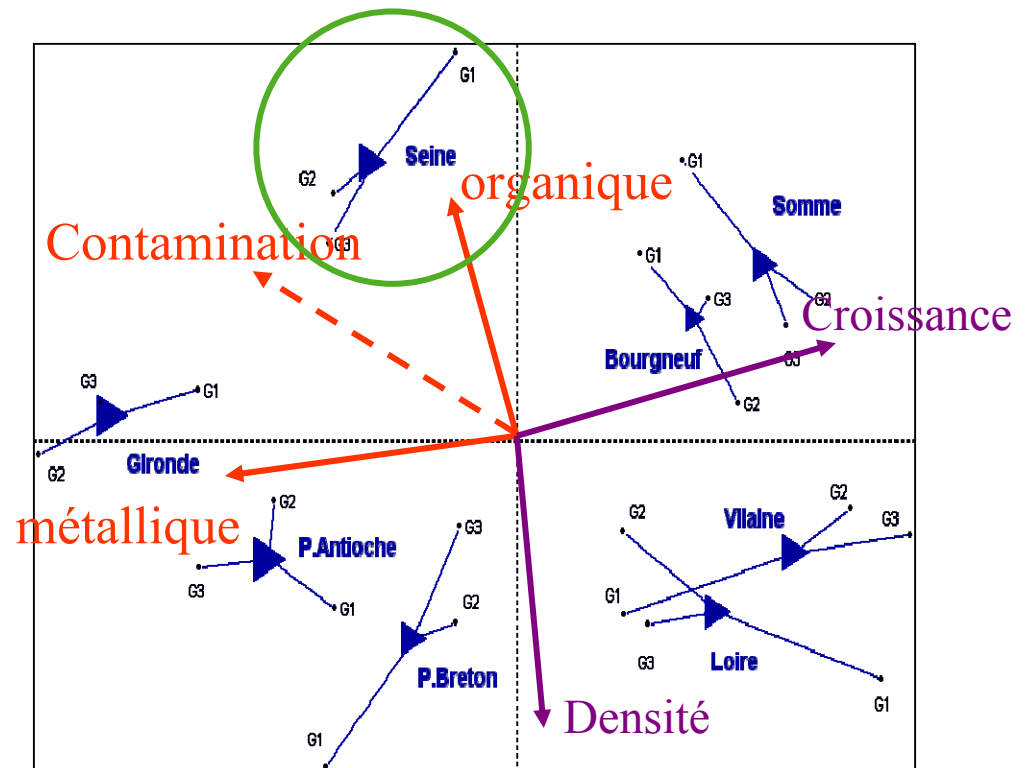


# Impact des pressions anthropiques

- Effets des contaminants sur les juvéniles de soles
  - AFM secteurs / bioindicateurs (contaminants en illustratif)  
(Gilliers *et al*, 2006)



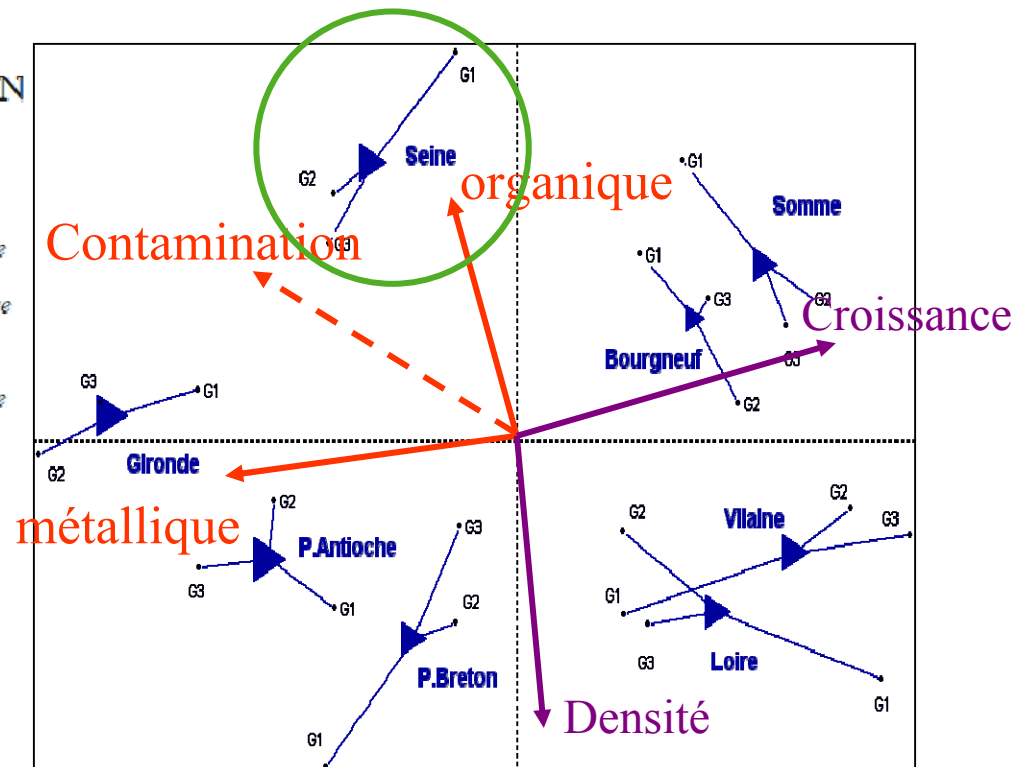
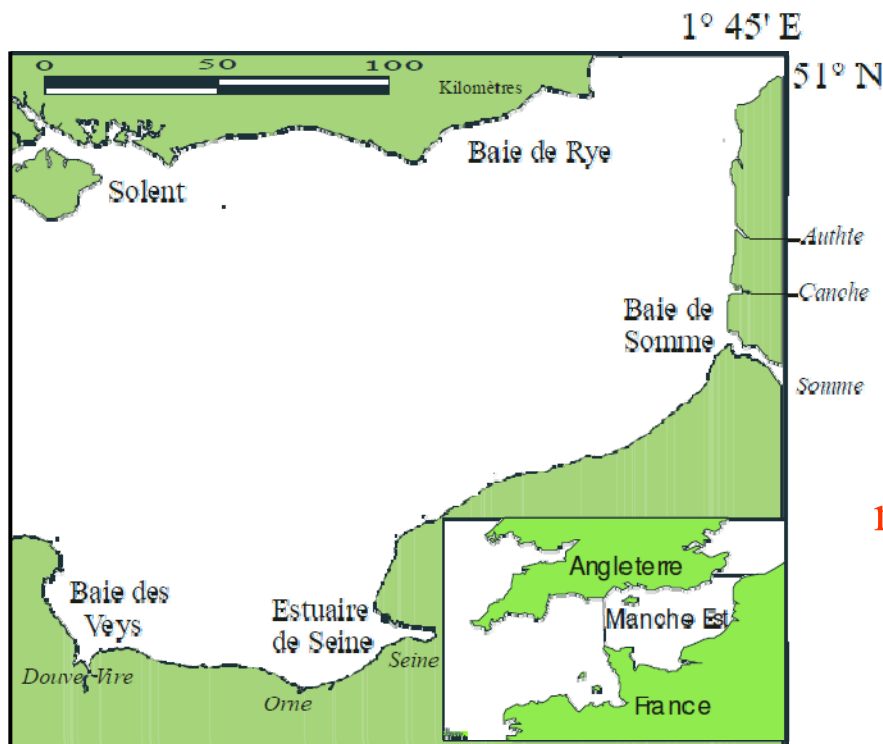
Sébastien ROCHETTE



Amédée, Lorient. 27/03/08

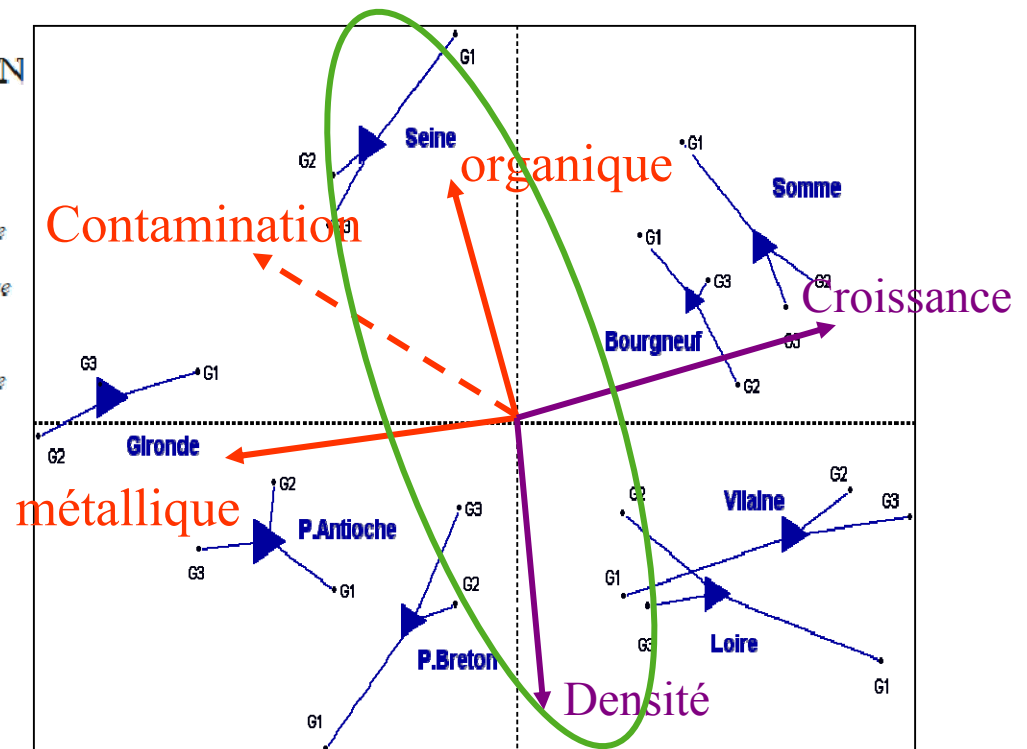
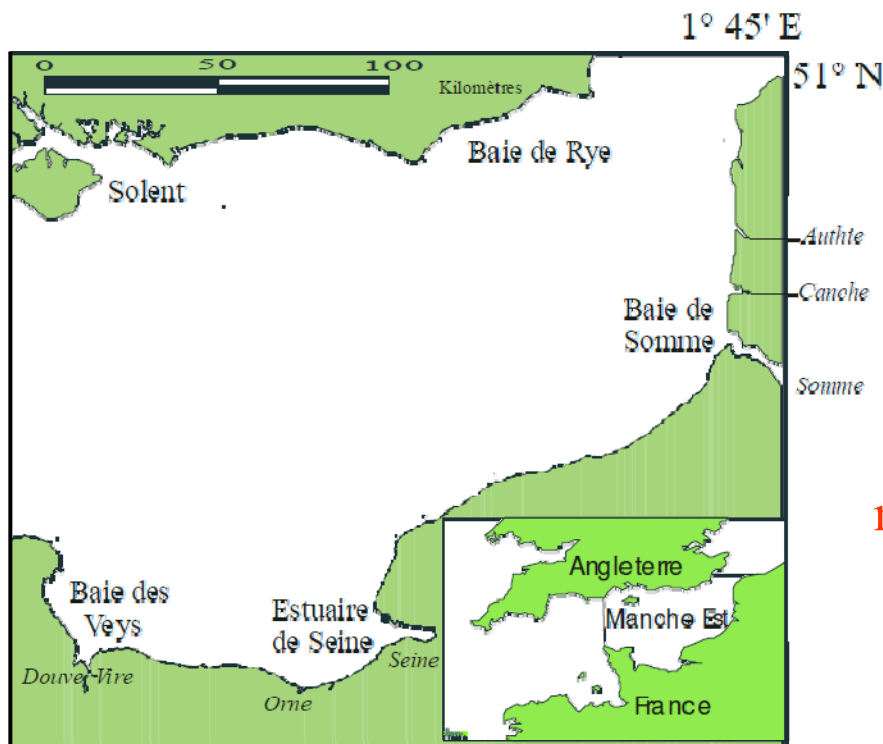
# Exemple de la Seine

- Seul grand estuaire régional



# Exemple de la Seine

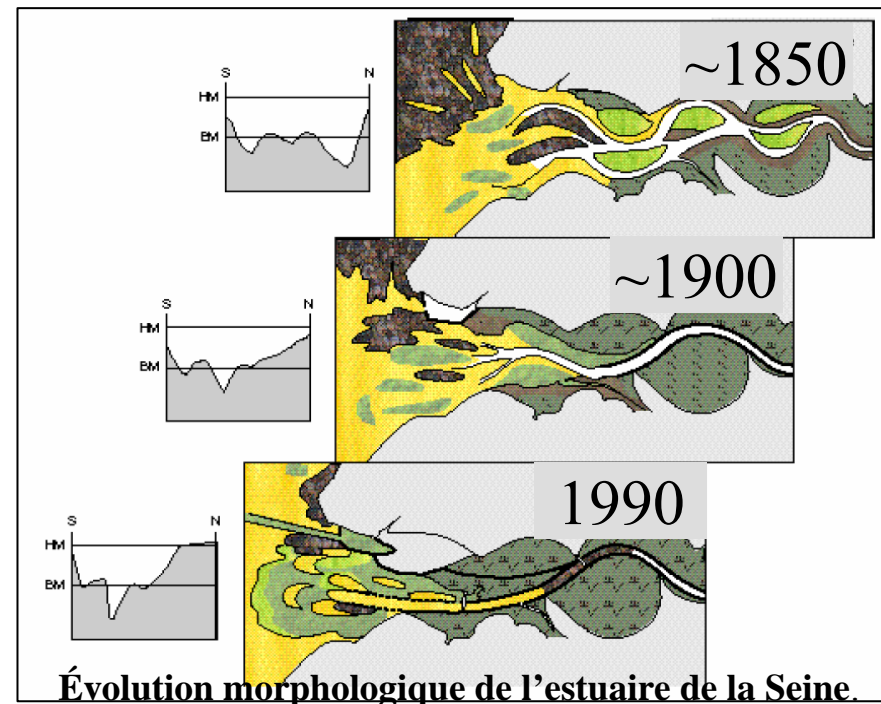
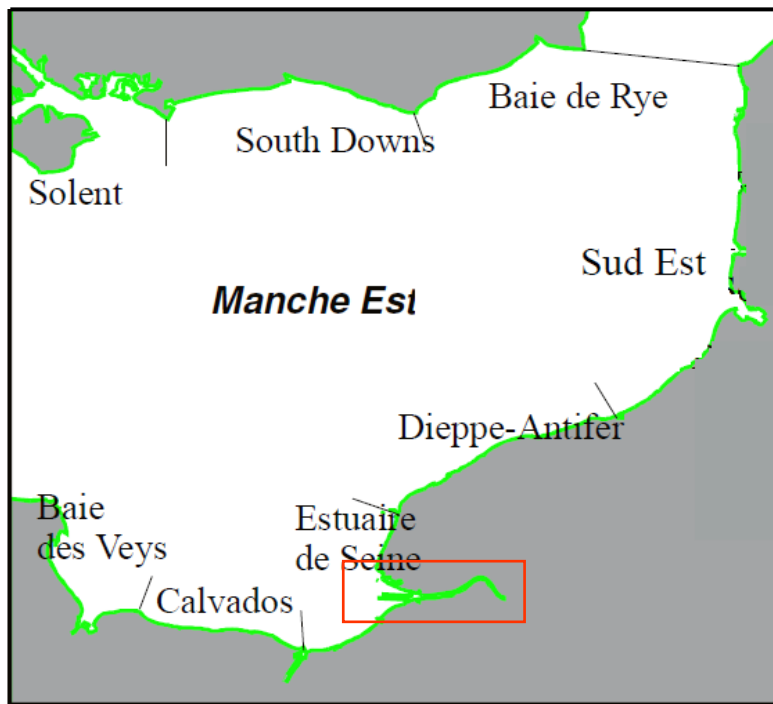
- Seul grand estuaire régional
- Contamination  $\Rightarrow$  Faibles densités





# Exemple de la Seine

- Seul grand estuaire régional
- Contamination  $\Rightarrow$  Faibles densités
- Évolution morphologique  $\Rightarrow$   $\searrow$  vasières (-75%)



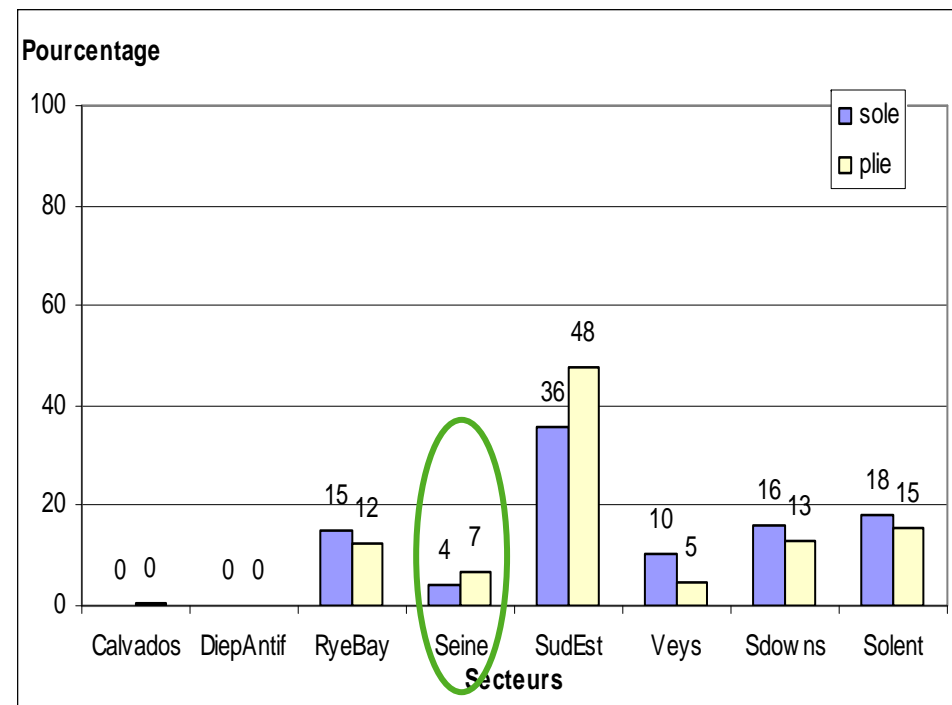
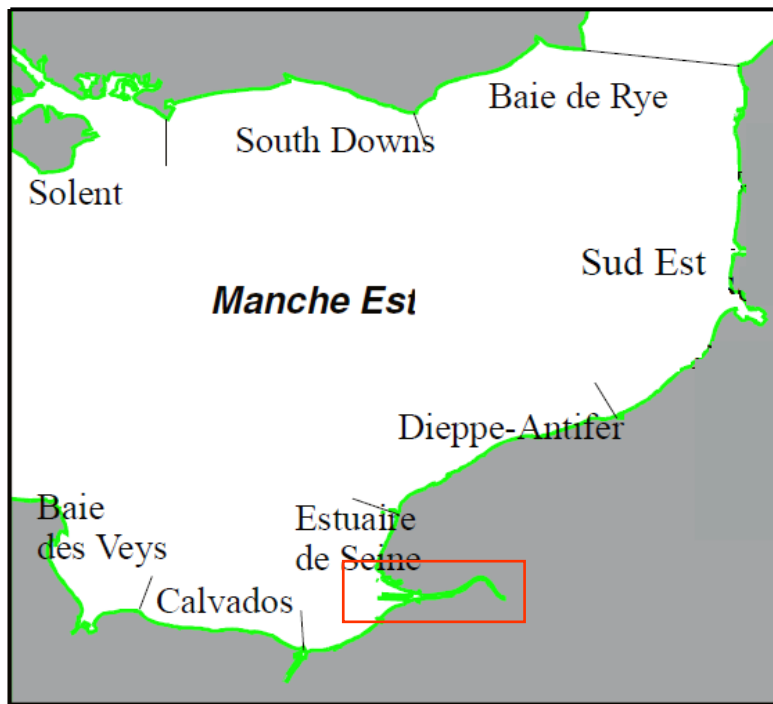
Évolution morphologique de l'estuaire de la Seine.

(Lesueur, 1999)

# Exemple de la Seine

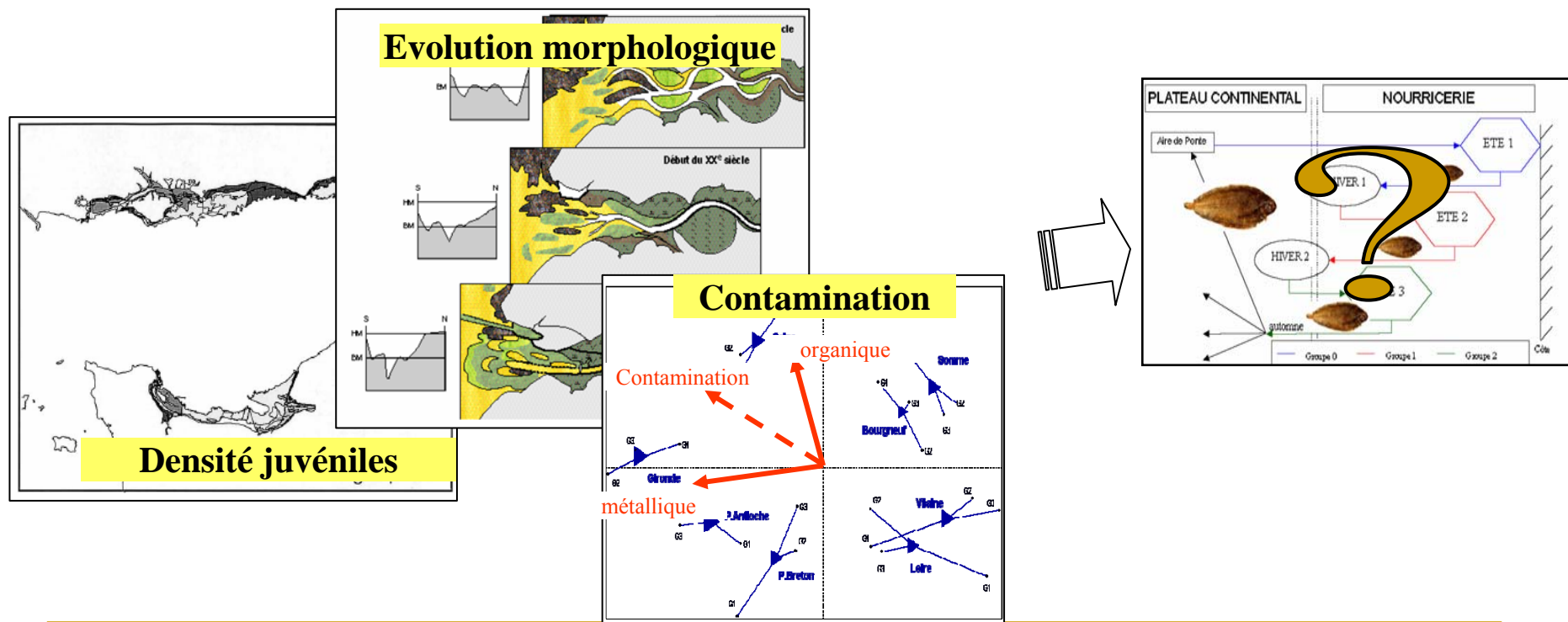
- Seul grand estuaire régional
- Contamination ⇒ Faibles densités
- Évolution morphologique ⇒ ↘ vasières (-75%)

Faible contribution  
aux stocks de la zone



# Problématique

- Impact des activités anthropiques sur les nourriceries
- ⇒ Quels effets sur les populations ?
- ⇒ **Quel transfert aux populations adultes ?**

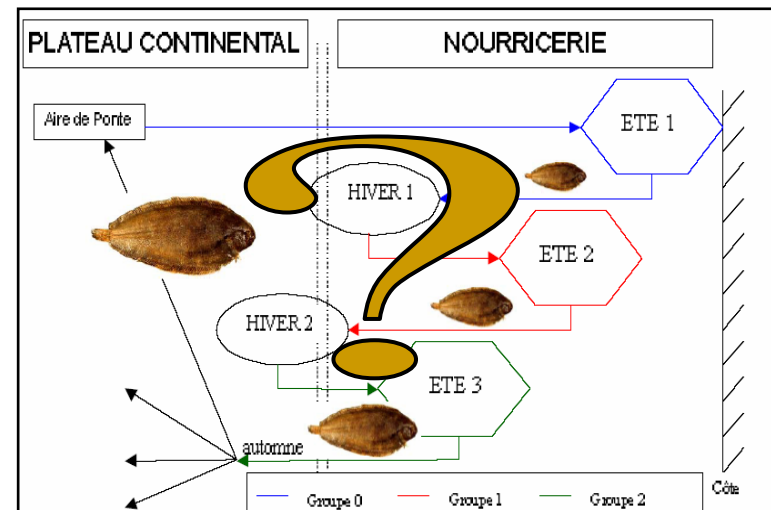


# Réactualisation des données et des modèles

- Manche-Est :
  - échantillonnage côte française par Ifremer
  - échantillonnage côte anglaise par le CEFAS
  - Mise à jour du modèle de Riou *et al.* (2001)
  
- Golfe de Gascogne
  - échantillonnage par Ifremer
  
- Estuaires :
  - DCE (plus amont que données actuelles, notamment en Seine)

# Modélisation des populations

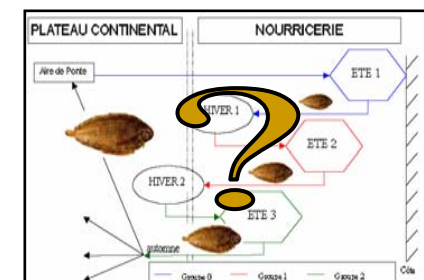
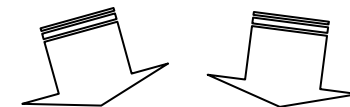
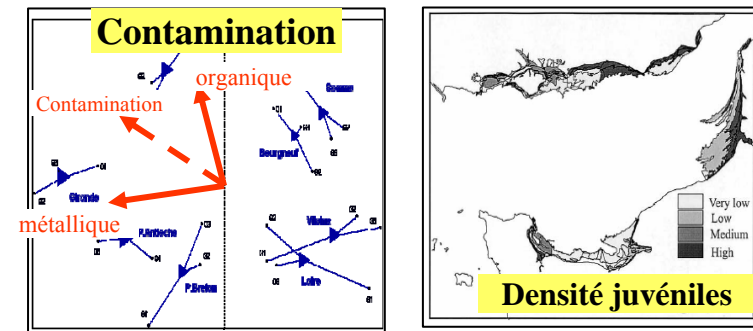
- **Modèle individu centré (IBM)**
  - Données : expérimentales et chalutages
  - Intégration du DEB (Projet SoleBeMol-Pop) pour modéliser les processus
  
- **Modèle matriciel de populations**
  - Données : expérimentales et chalutages
  - Intégration de résultats sur l'effet des facteurs de pression



# Modélisation des populations

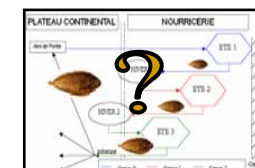
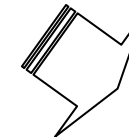
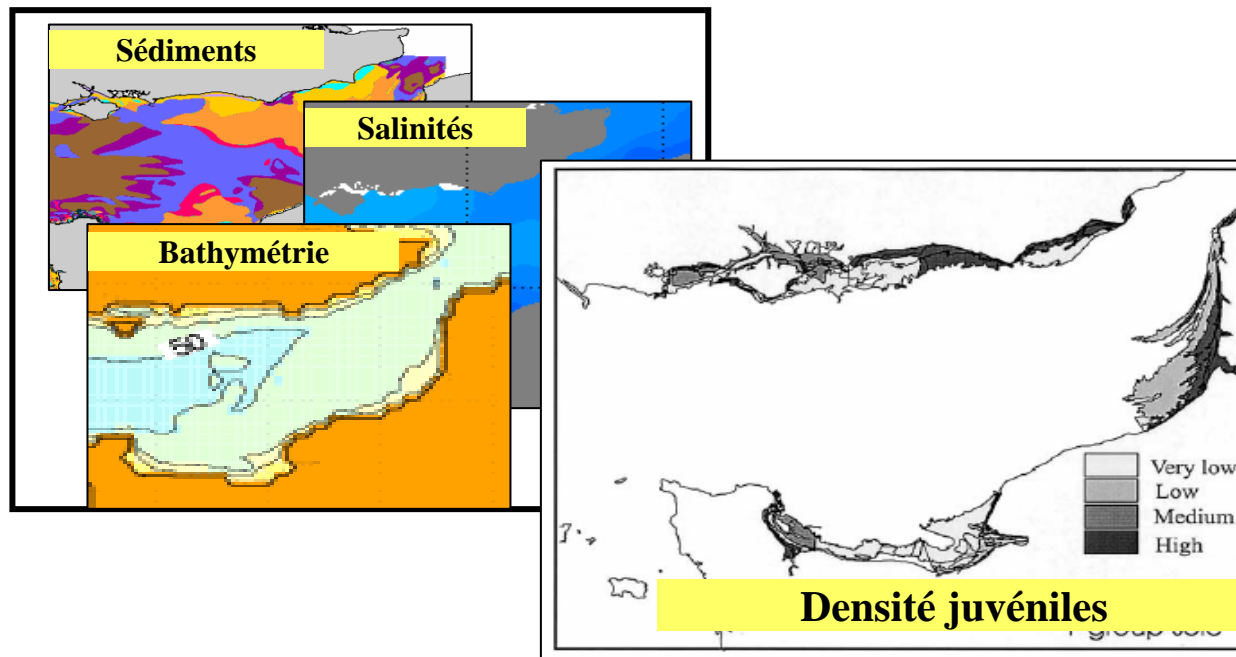
- Modèle individu centré (IBM)
- Modèle matriciel de populations

⇒ Régulation par la capacité d'accueil des habitats et par les effets des contaminants



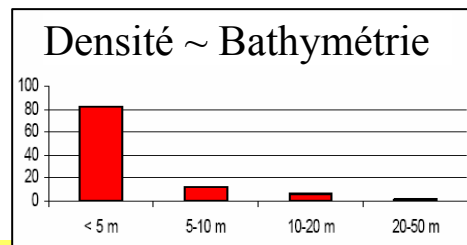
# Effets des habitats

- Modèle de capacité ~ habitat
  - Données de chalutage
  - Couplage GLM et SIG

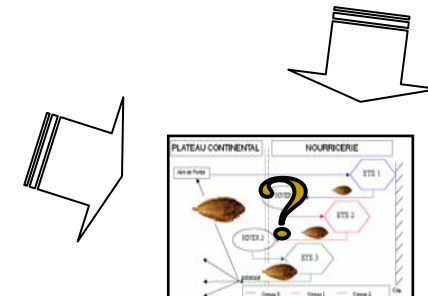
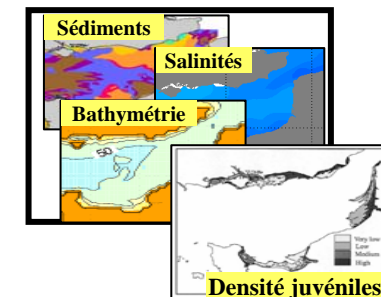
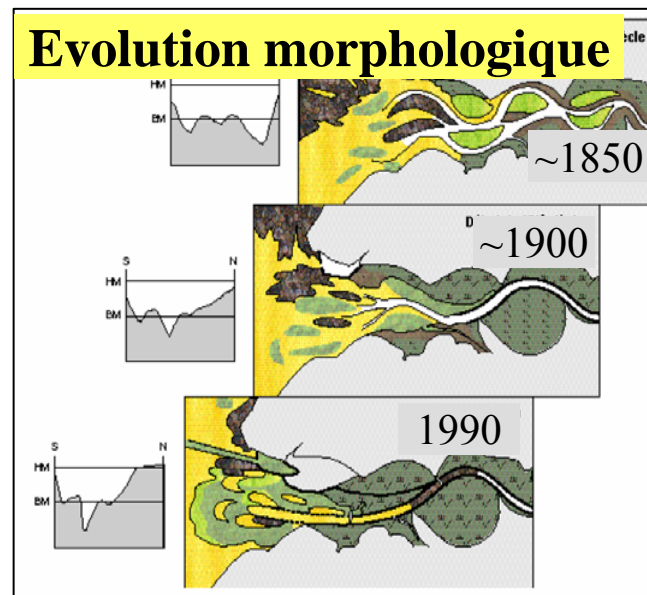
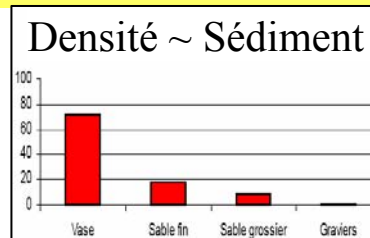


# Effets des habitats

- Modèle de capacité ~ habitat
  - Données de chalutage
  - Couplage GLM et SIG
  - Résultats GLM extrapolés aux habitats historiques
  - Comparaison inter-sites (Seine, Loire, Vilaine) ?



## Résultats des GLM (Effets des habitats)

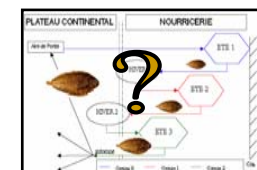
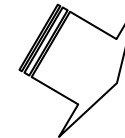
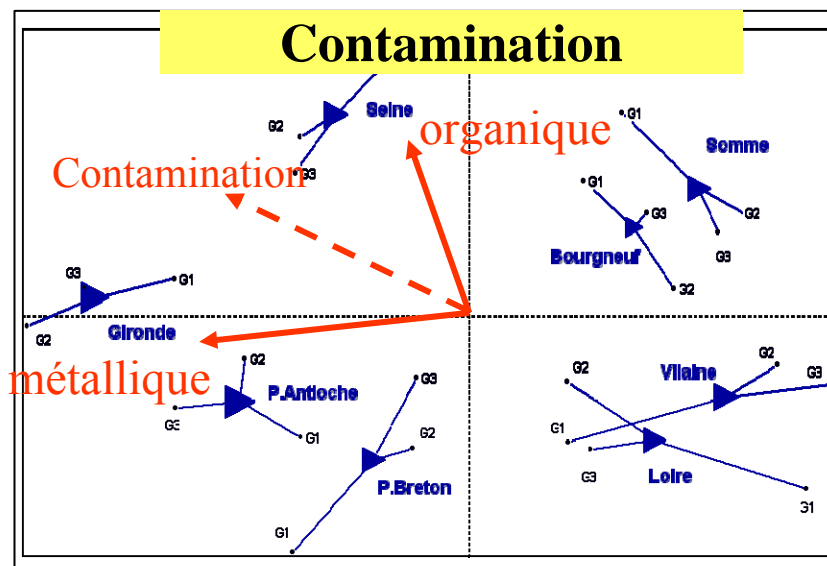




# Effets des contaminants

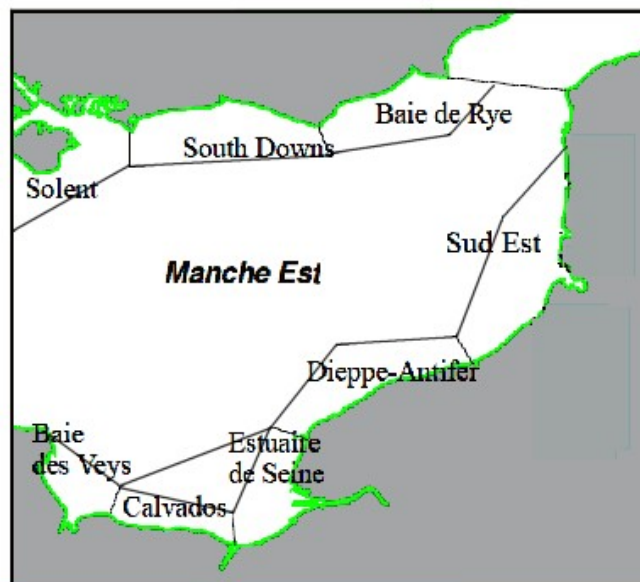
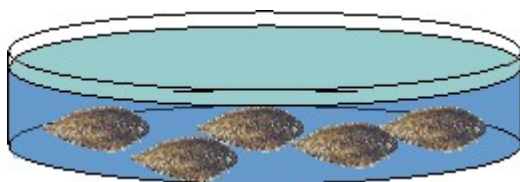
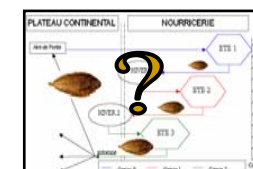
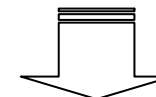
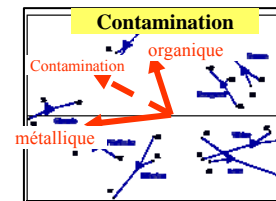
- Sensibilité importante de la population à la mortalité des juvéniles

⇒ Mortalité<sub>âge0 → âge1</sub> ~ Contaminants



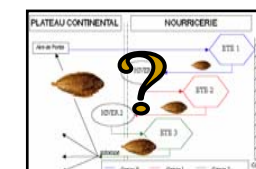
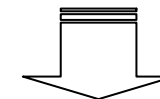
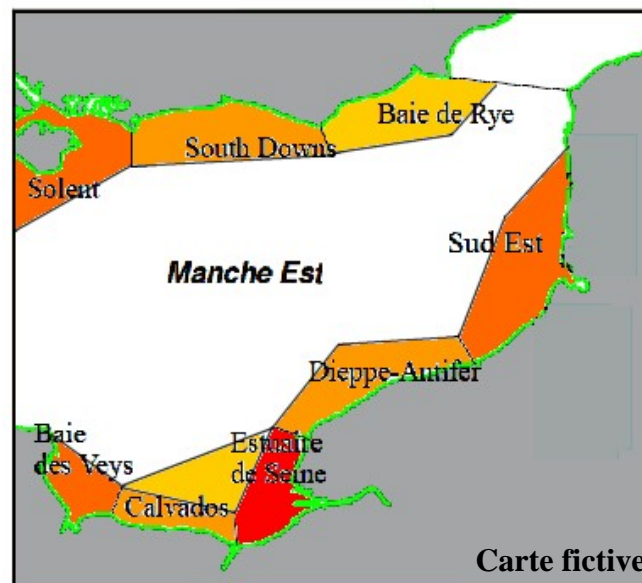
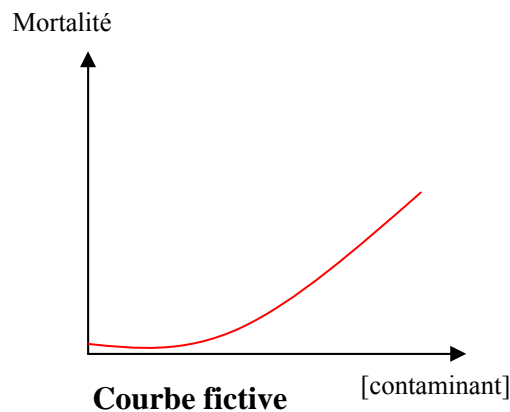
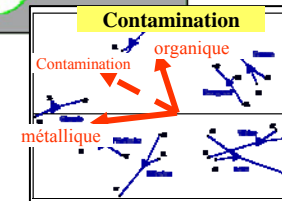
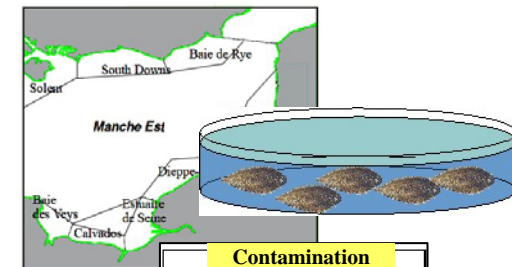
# Effets des contaminants

- Mortalité<sub>âge0 → âge1</sub> ~ Contaminants
  - Données : expérimentales  
séries temporelles de chalutages



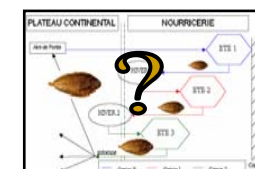
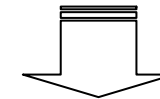
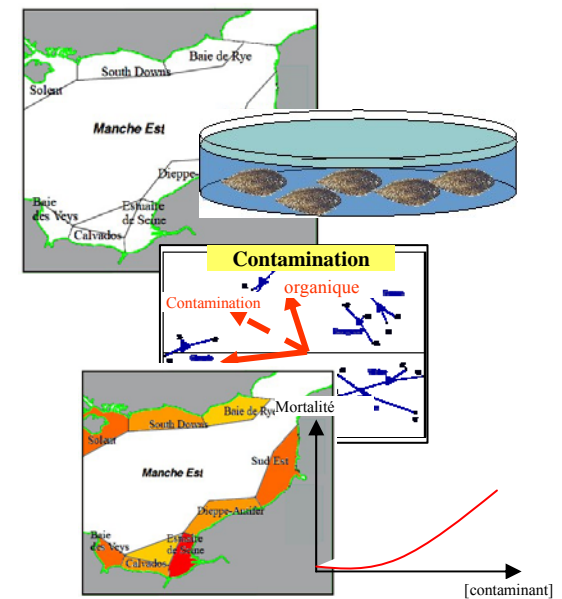
# Effets des contaminants

- Mortalité<sub>âge0 → âge1</sub> ~ Contaminants
  - Données : expérimentales
    - séries temporelles de chalutages
  - Estimation des mortalités et relation mortalités ~ contaminants
    - Comparaison / confrontation / couplage



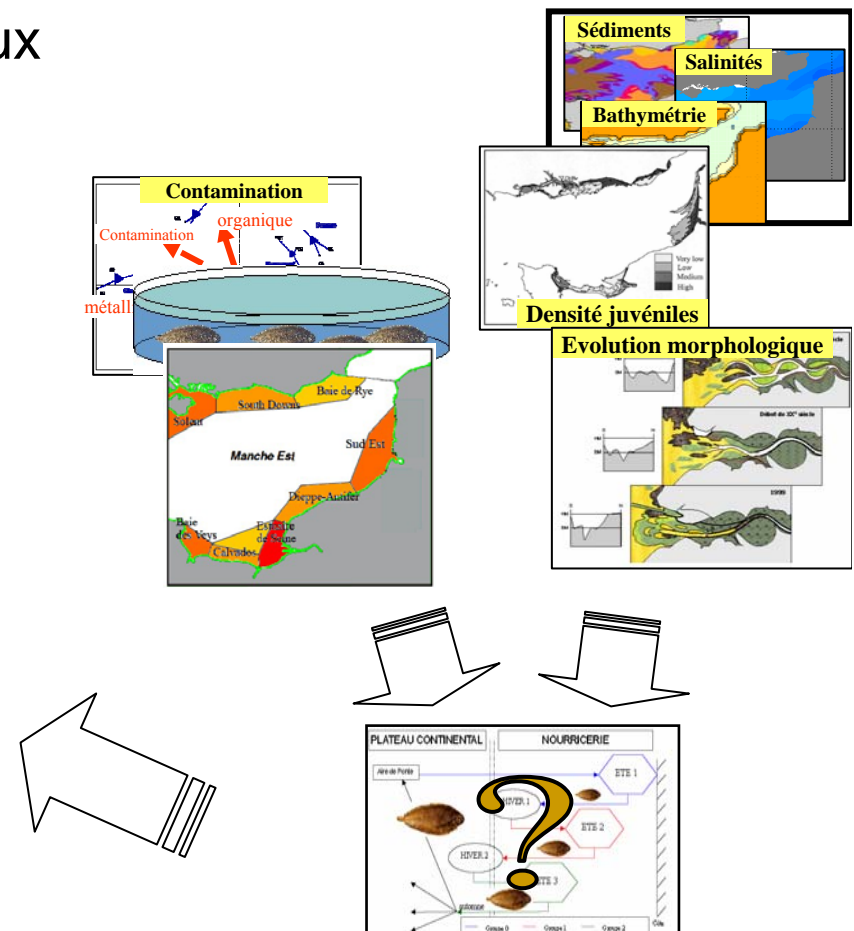
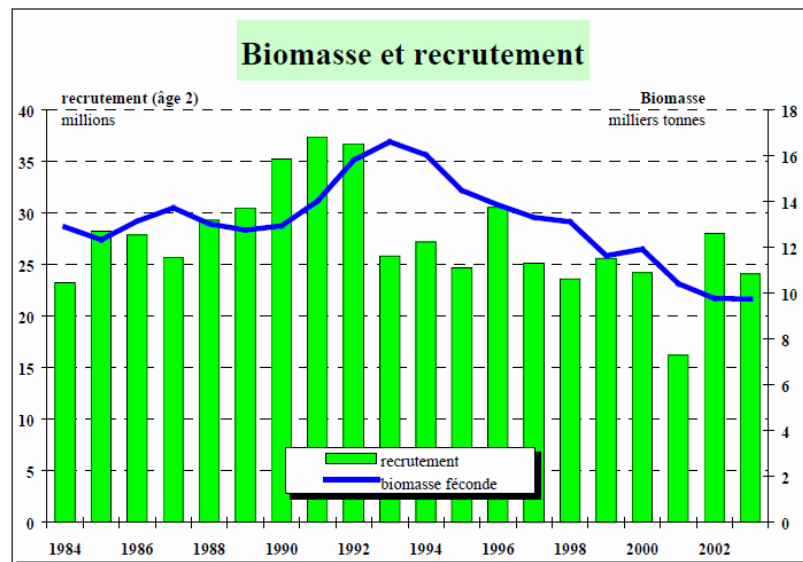
# Effets des contaminants

- Mortalité<sub>âge0 → âge1</sub> ~ Contaminants
  - Données : expérimentales
    - séries temporelles de chalutages
  - Estimation des mortalités et relation mortalités ~ contaminants
    - Comparaison / confrontation / couplage
  - Explication du processus par le DEB ?  
(Projet SoleBemol-Pop)



# Simulations du transfert aux populations

- Perte de capacité du milieu due aux modifications d'habitats
  - Augmentation des mortalités due aux contaminants
- ⇒ Combinaison des effets



# Analyses de sensibilité et perspectives

- Analyser la sensibilité aux paramètres
  - Pêche,
  - Mortalité due aux contaminants sur les stades supérieurs,
  - Fécondité, ...
  
- Envisager les effets des contaminants sur la fécondité
  
- Intégrer les relations trophiques
  - Effets indirects de la contamination



Merci de votre attention.