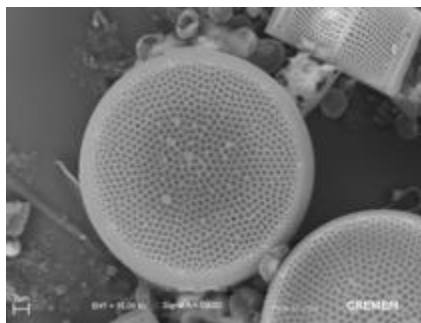


# Les cartes auto-organisantes de Kohonen appliquées à l'étude des communautés de micro-algues des cours d'eau



M. Bottin, J.L. Giraudel, J. Gueguen, S. Boutry,  
I. Lavoie, N. Antunes et J. Tison-Rosebery



1ères Rencontres  Bordeaux : 2 et 3 juillet 2012



# Les diatomées

# Biofilms

## Diatomées

### Présentation

Complexité

## Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

## Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

## Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

## Perspectives et

conclusions



# Au microscope :

## Diatomées

### Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

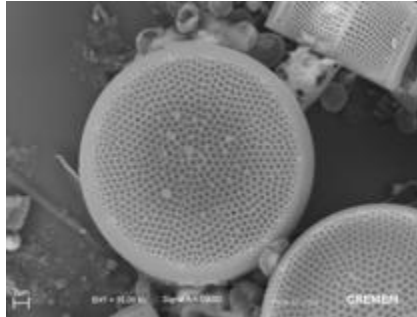
Métropole

DOM-TOM

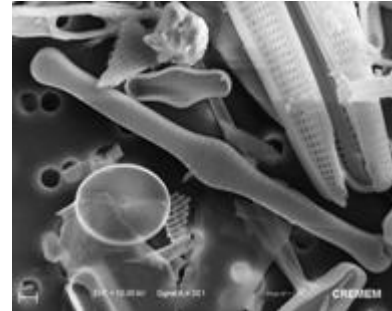
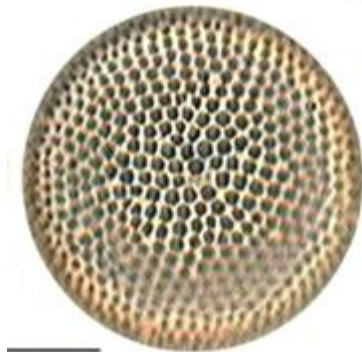
Québec

Perspectives et

conclusions



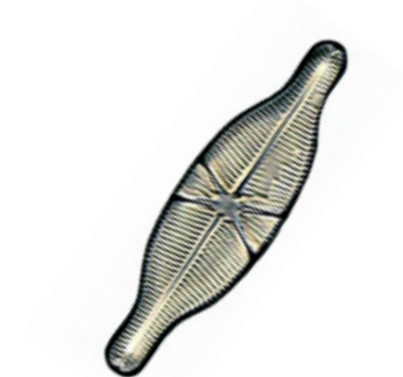
*Actinocyclus  
normanii*



*Tabellaria  
flocculosa*



*Capartogramma  
crucicula*



# Bioindication

## Diatomées

### Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

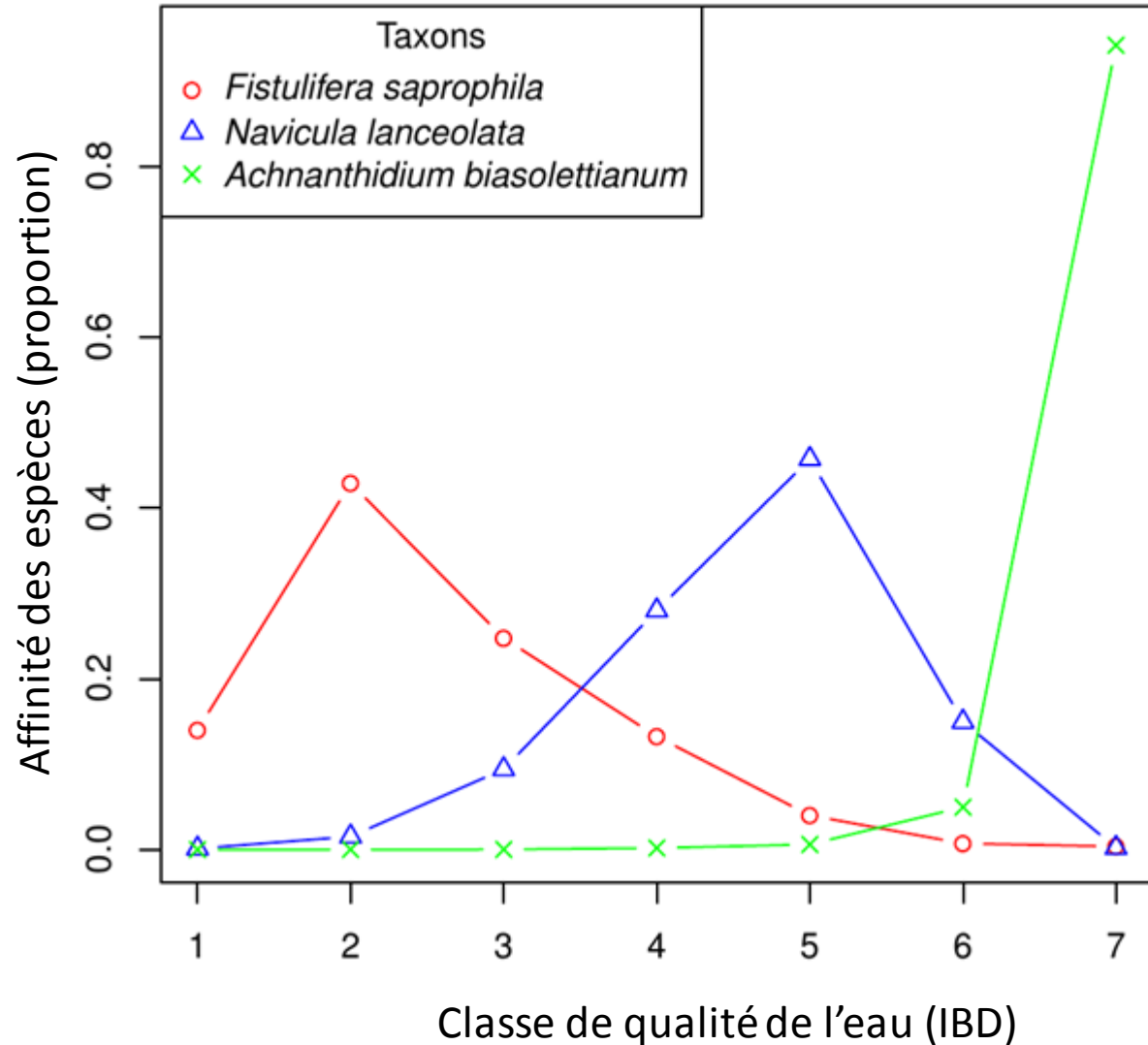
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



# Complexité des assemblages

## Diatomées

### Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

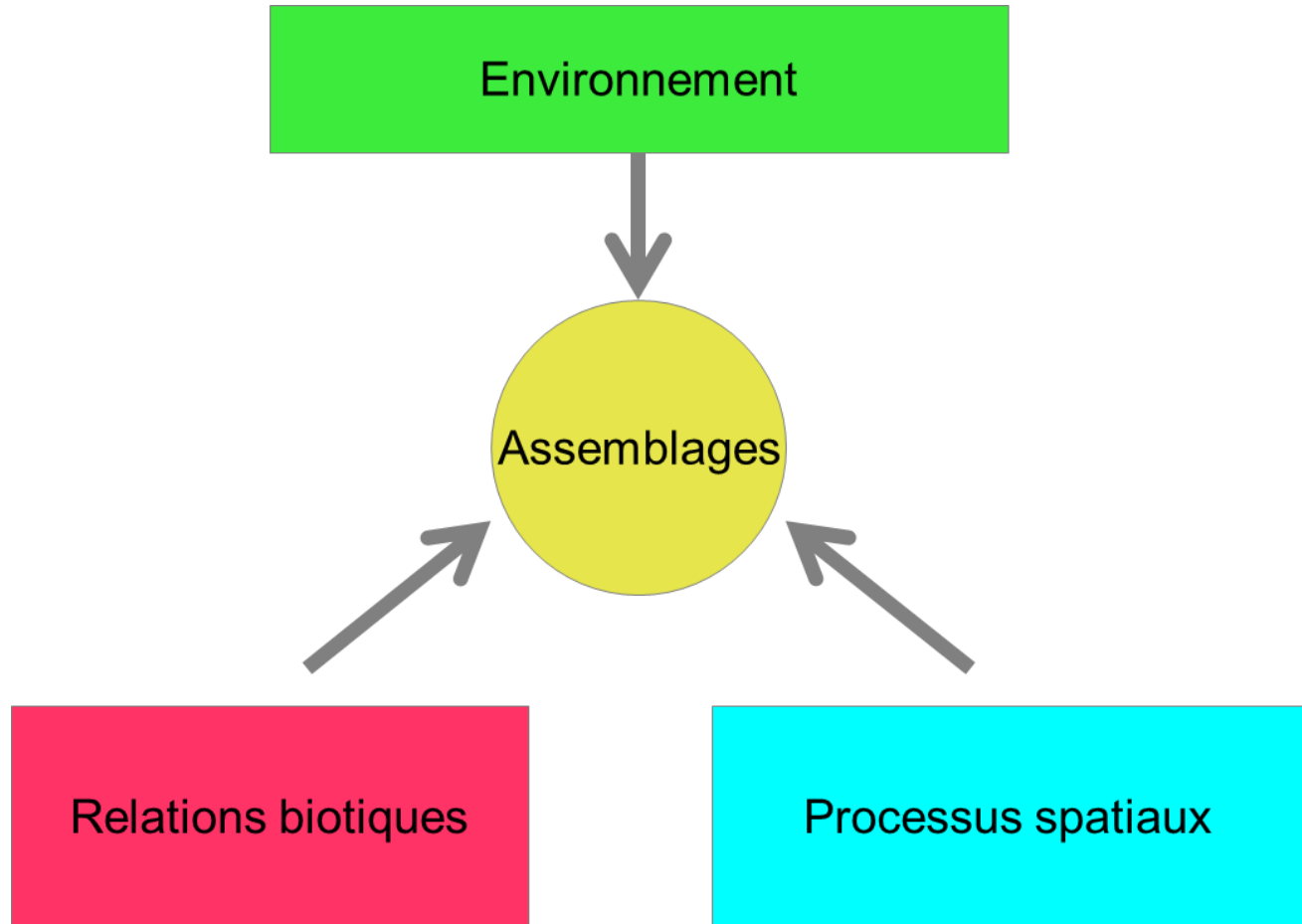
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



# Complexité des assemblages

## Diatomées

Présentation

**Complexité**

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

- Très nombreuses espèces (~950 espèces pour 800 sites en France)
- Patrons d'agrégation des espèces (nestedness)



=> Structure non-linéaire complexe

# Les cartes auto-organisantes de Kohonen



# Cartes auto-organisantes de Kohonen

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

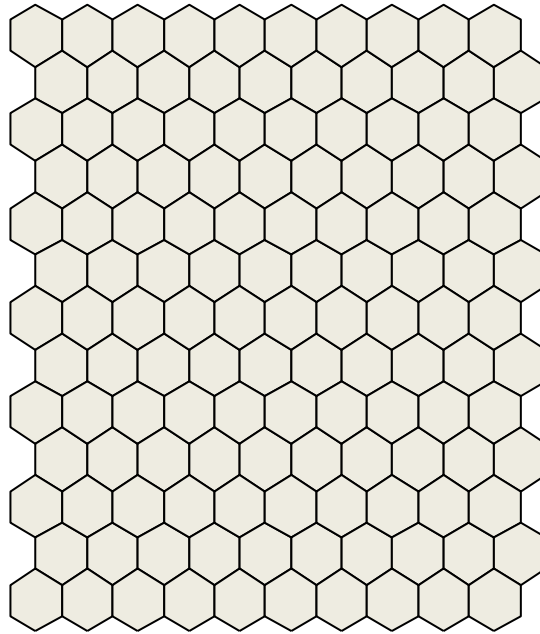
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



- Cartes auto-organisantes de Kohonen : Self-Organizing Maps (SOM)
- Réseaux de neurone non supervisé

# Algorithme

Tableau de données biologiques :

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

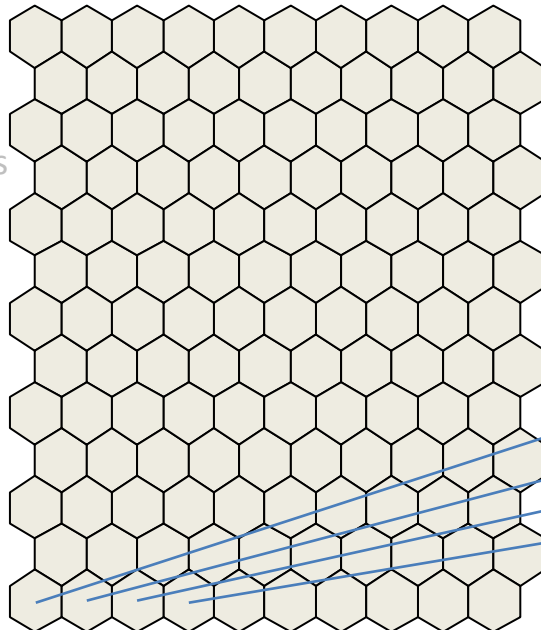
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



« Codebook »:

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Cellule 1	14	0	12	0	...	0
Cellule 2	1	10	0	0	...	0
Cellule 3	0	0	0	4	...	0
Cellule 4	4	0	0	2	...	45
Cellule ...	...	...	...	...	...	...
Cellule 140	0	0	3	0	...	0

# Algorithme

Tableau de données biologiques :

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

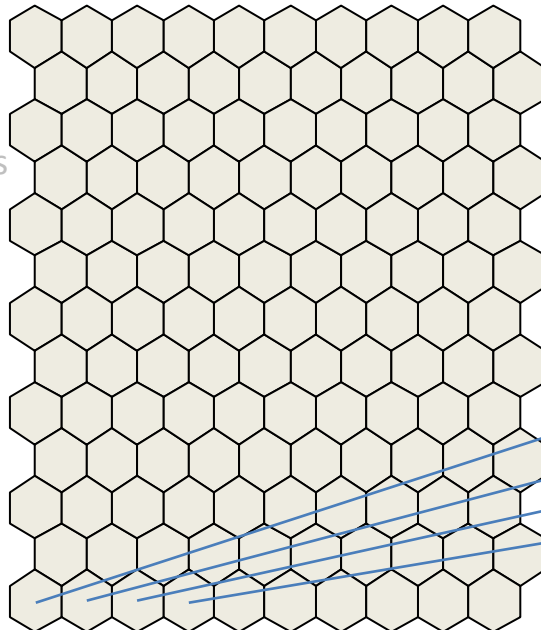
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



Initialisation au hasard

« Codebook »:

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Cellule 1	14	0	12	0	...	0
Cellule 2	1	10	0	0	...	0
Cellule 3	0	0	0	4	...	0
Cellule 4	4	0	0	2	...	45
Cellule ...	...	...	...	...	...	...
Cellule 140	0	0	3	0	...	0

# Algorithme

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Tirage aléatoire  
d'un site

# Algorithme

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

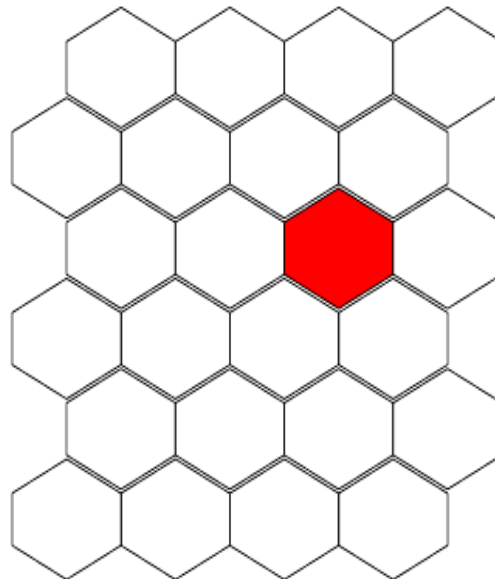
DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0



- calcul de distance (Manhattan) entre le site et chacune des cellules

➔ Repérage de la cellule la plus proche en termes de communautés

# Algorithme

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

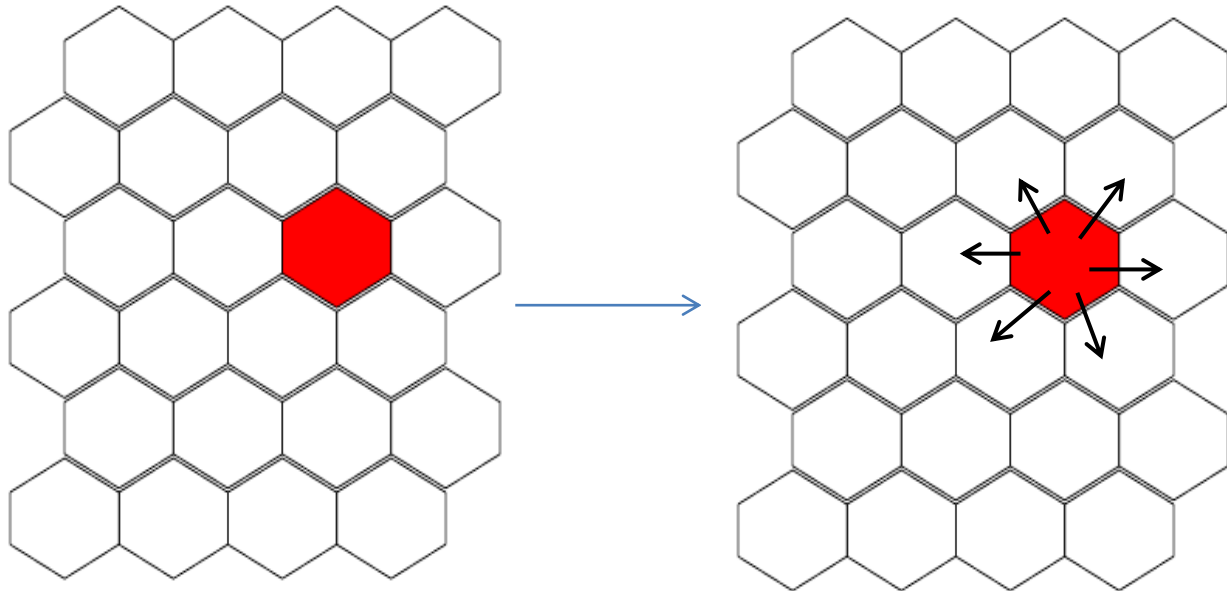
Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Modification des valeurs de la cellule et des cellules proches pour qu'elles ressemblent encore plus au site



# Algorithme

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

**Algorithme**

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

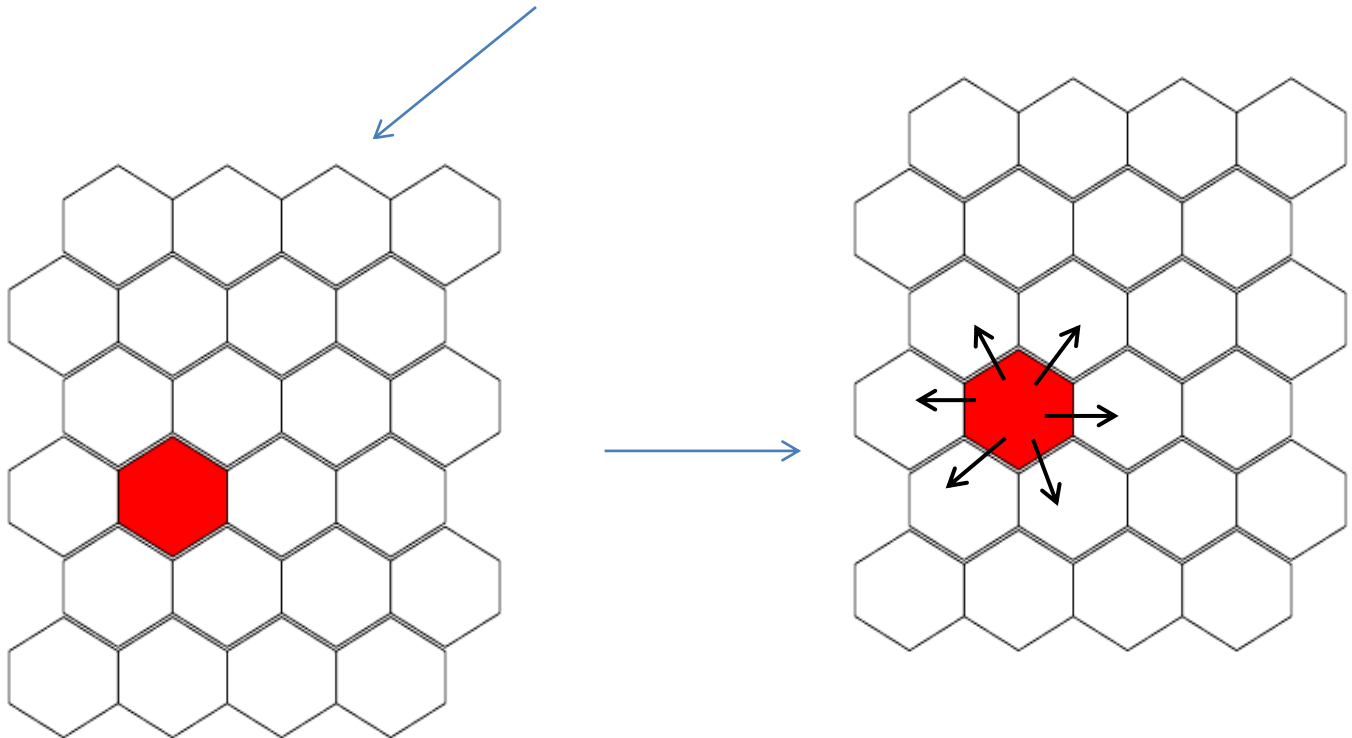
Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Tirage d'un  
nouveau  
site ...



Répété un grand nombre de fois

# Simplifier l'information

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Algorithme

**But**

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

Tableau de données biologiques :

← 950 espèces →

~800 sites

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0



# Simplifier l'information

Diatomées  
Présentation  
Complexité  
**Cartes de Kohonen**  
Algorithme  
**But**

Logiciels  
Package R  
Changements  
Mise en œuvre  
fonctions graphiques  
Exemples d'utilis  
Métropole  
DOM-TOM  
Québec  
Perspectives et  
conclusions

~800 sites

Tableau de données biologiques :  
← 950 espèces →

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

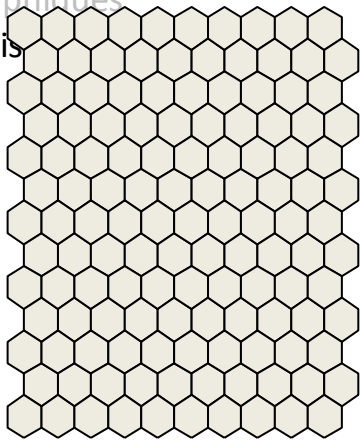


« Codebook »:

← 950 espèces →

140 cellules

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Cellule 1	14	0	12	0	...	0
Cellule 2	1	10	0	0	...	0
Cellule 3	0	0	0	4	...	0
Cellule 4	4	0	0	2	...	45
Cellule ...	...	...	...	...	...	...
Cellule 140	0	0	3	0	...	0



# Décrire les similarités des communautés

Tableau de données biologiques :

← 950 espèces →

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graph

Exemples d'utilisa

Métropole

DOM-TOM

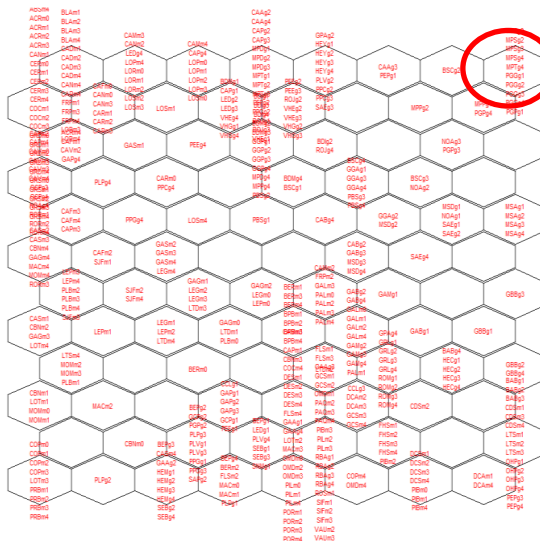
Québec

Perspectives et

conclusions

~800 sites

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0



Communautés similaires :  
même cellule ou cellules proches

# Décrire les similarités des communautés

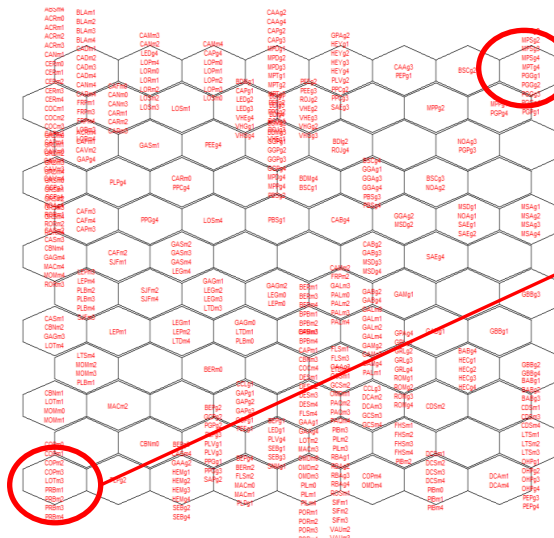
- Diatomées
- Présentation
- Complexité
- Cartes de Kohonen**
- Algorithme
- But**
- Logiciels
- Package R
- Changements
- Mise en œuvre
- fonctions graphiques
- Exemples d'utilisation
- Métropole
- DOM-TOM
- Québec
- Perspectives et conclusions

Tableau de données biologiques :

← 950 espèces →

~800 sites

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0



Communautés différentes:  
cellules éloignées

# Logiciels

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Algorithme

But

**Logiciels**

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

- Solutions existantes sous R (kohonen, SOM) et Matlab (somtoolbox)
- Pas forcément adapté à la biologie des communautés ou simple à utiliser
- Sorties graphiques différentes
- J-L Giraudel (IUT de Perigueux): programme sous R, en C, avec interface graphique

Package 

# Changements

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

**Package R**

**Changements**

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

- Problèmes dus à la complexité des données sur les diatomées
  - Ajout de nouvelles mesures de distance (Bray-Curtis, Manhattan)
  - Tirage aléatoire des sites
  - Nombre d'étapes
  - Paramètres de voisinages, etc.

# Réalisation de la carte

## Diatomées

Présentation

Complexité

## Cartes de Kohonen

Algorithmes

But

Logiciels

## Package R

Changements

**Mise en œuvre**

fonctions graphiques

## Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

## Perspectives et

conclusions

```
R > results = SOM(tableau = taxoRef, nbRowSom = 8, nbColSom = 6,  
+   dista = "manhattan", onlyPos = T, relat = T)
```

```
initialisation linéaire du codebook      ...      done  
rough phase : 29 epoch  
finetune phase : 13110 real steps  
SOM indices alpha and sigma are calculated during SOM processing  
Rough phase ... epoch 5  
Rough phase ... epoch 10  
Rough phase ... epoch 15  
Rough phase ... epoch 20  
Rough phase ... epoch 25  
finetune phase 1150 / 13110  
finetune phase 2300 / 13110  
finetune phase 3450 / 13110  
finetune phase 4600 / 13110  
finetune phase 5750 / 13110  
finetune phase 6900 / 13110  
finetune phase 8050 / 13110  
finetune phase 9200 / 13110  
finetune phase 10350 / 13110  
finetune phase 11500 / 13110  
finetune phase 12650 / 13110  
Calcul des erreurs et recherche des BMUdef      ...done
```

# Les sites sur la carte

```
R > showVRnames(results)
```

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

**fonctions graphiques**

Exemples d'utilisation

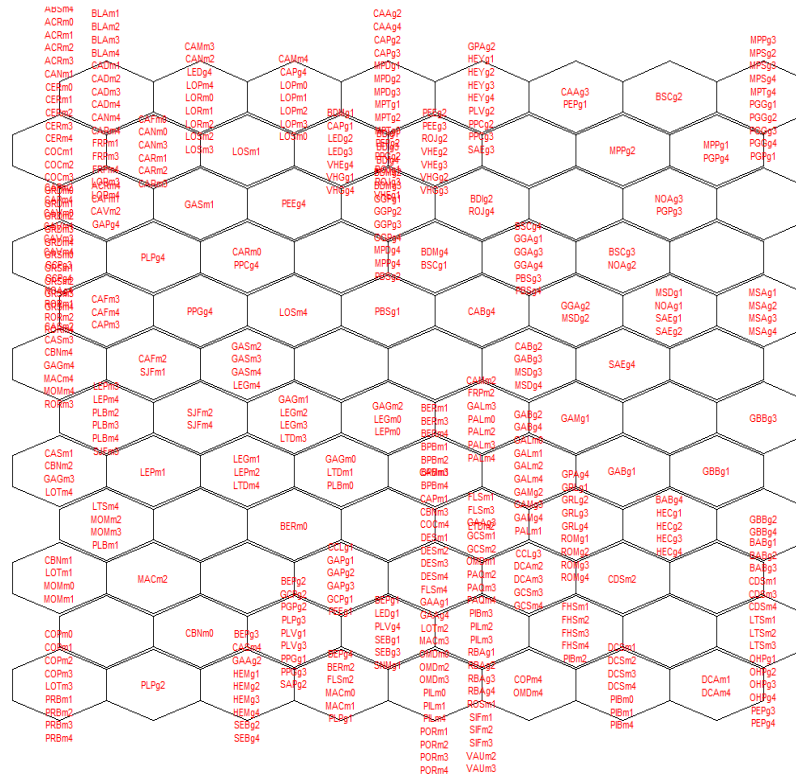
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



Décrire les similarités dans les communautés (Proche sur la carte = similaire en termes d'espèces)

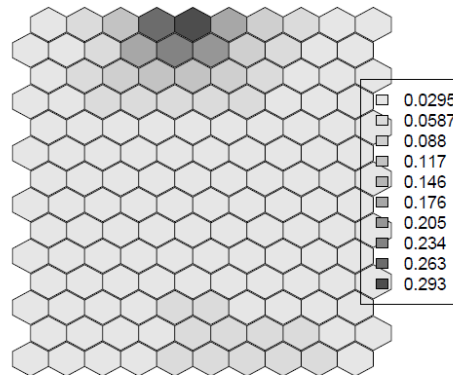


# Patrons des espèces

Codebook:

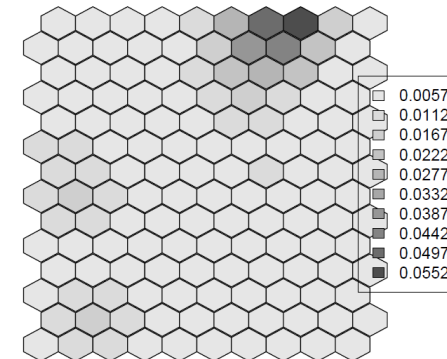
	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Cellule 1	14	0	12	0	...	0
Cellule 2	1	10	0	0	...	0
Cellule 3	0	0	0	4	...	0
Cellule 4	4	0	0	2	...	45
Cellule ...	...	...	...	...	...	...
Cellule 140	0	0	3	0	...	0

EOMI



R > `show.specie("EOMI",results)`

FCAP



R > `show.specie("FCAP",results)`

Description des gradients non-linéaires d'espèces

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

# Biotypes

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

**Package R**

Changements

Mise en œuvre

**fonctions graphiques**

Exemples d'utilisation

Métropole

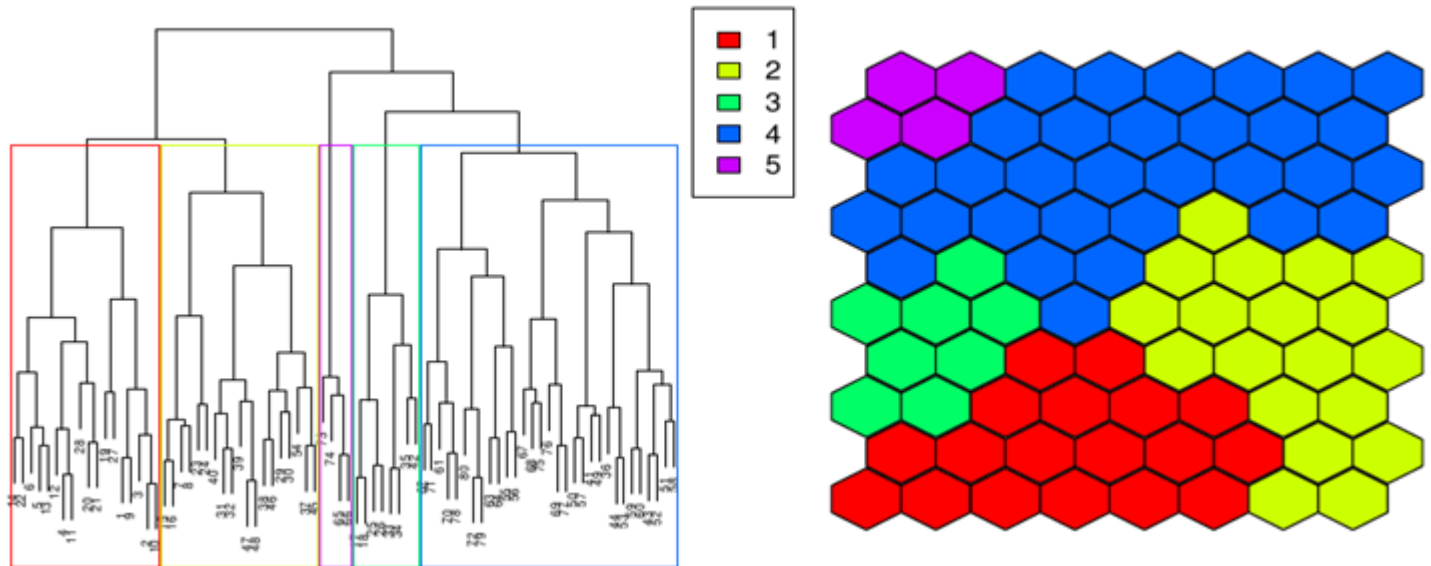
DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

```
R > classif5Gpes=SOMclusterize(results,nbGroup=5)
```



5 grands « types » de communautés

# Variables externes

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohone

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

**fonctions graphiques**

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

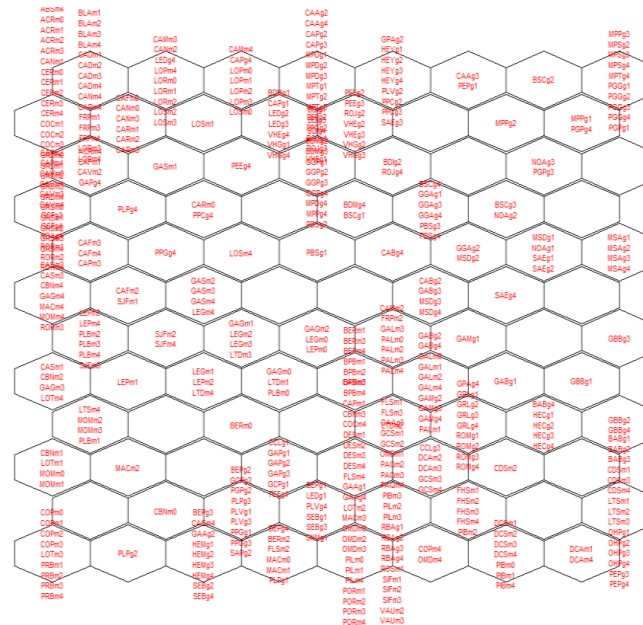
conclusions

Tableau « Espèces » :

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Tableau « Environnement » :

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var ...	Var 17
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0



# Variables externes

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohone

Algorithmes

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

**fonctions graphiques**

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

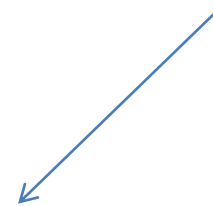
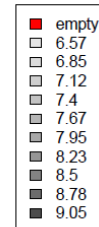
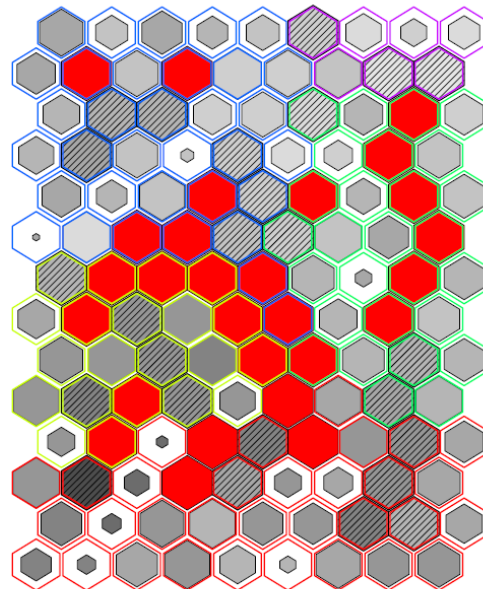
Tableau « Espèces »:

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Tableau « Environnement »:

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var ...	Var 17
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

pH



```
R > show.extVar(results, tableau_env)
```

# Variables externes

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohone

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

**fonctions graphiques**

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

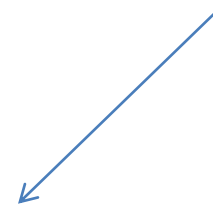
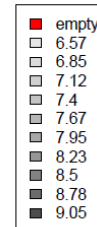
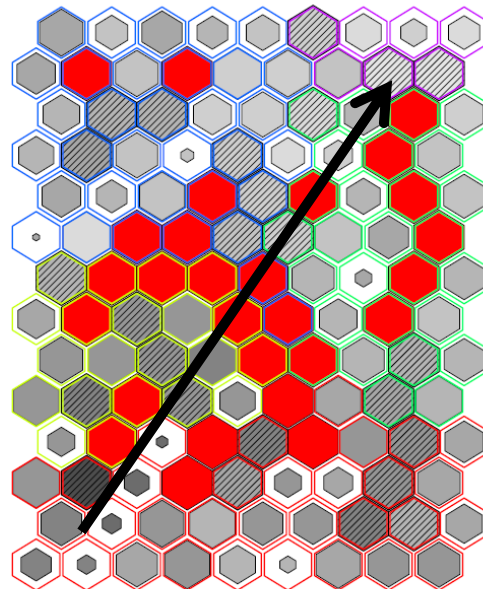
Tableau « Espèces »:

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Tableau « Environnement »:

	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4	Var ...	Var 17
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

pH



R > show.extVar(results, tableau\_env)

# Exemples d'utilisation

# Métropole

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

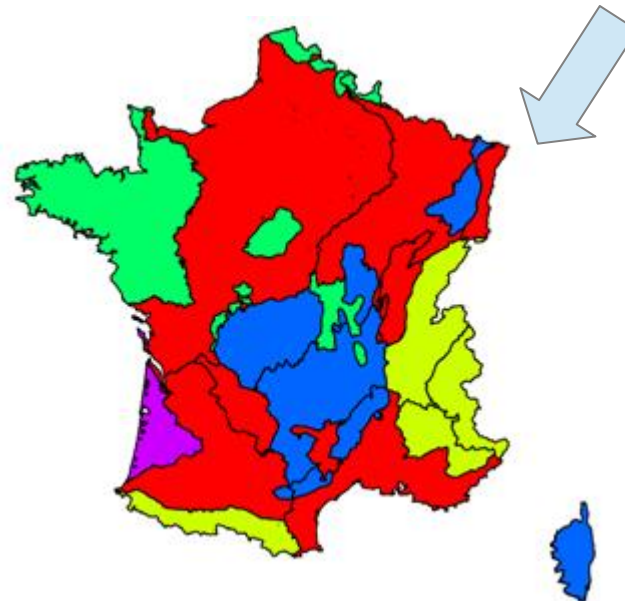
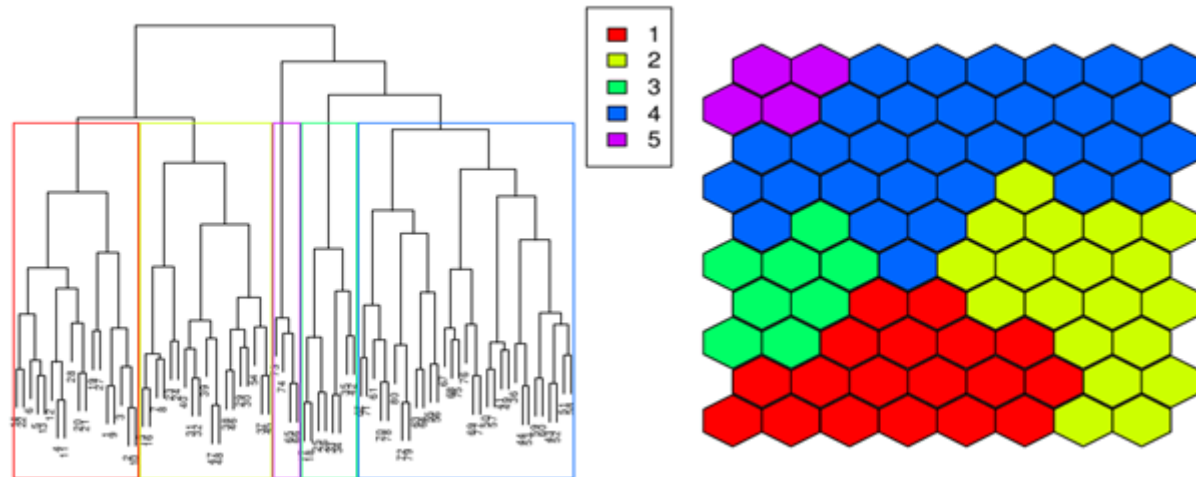
**Métropole**

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



M. Bottin, J. Rosebery  
(Irstea Bordeaux)

# DOM-TOM

Guadeloupe + Martinique :

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

**Exemples d'utilisation**

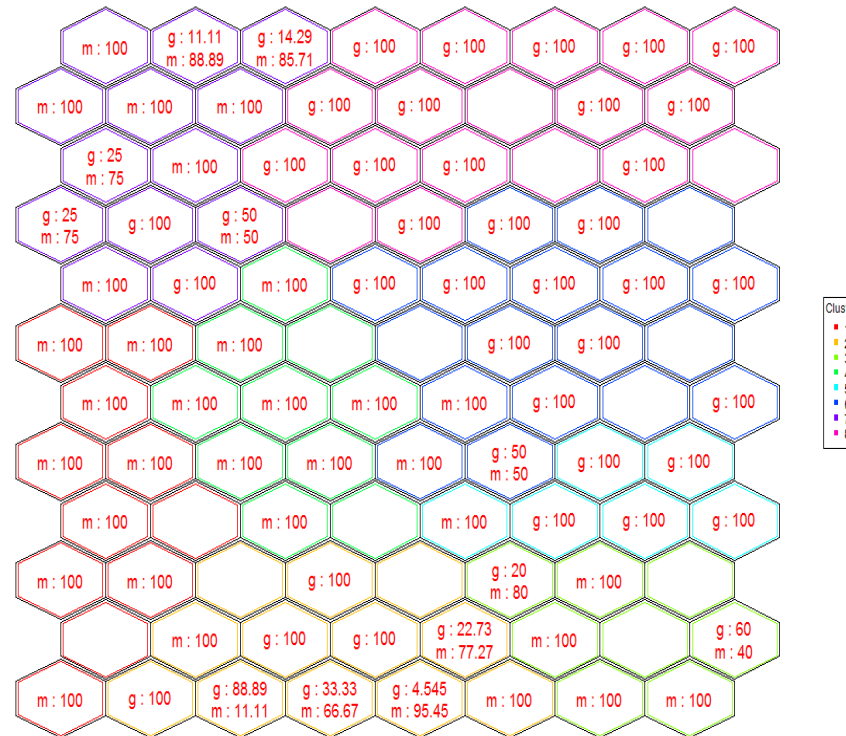
Métropole

**DOM-TOM**

Québec

Perspectives et

conclusions



=> 1 seul indice diatomique pour les deux îles



# Indice Diatomées de l'Est du Canada

## Diatomées

Présentation

Complexité

## Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

## Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

## Exemples d'utilisation

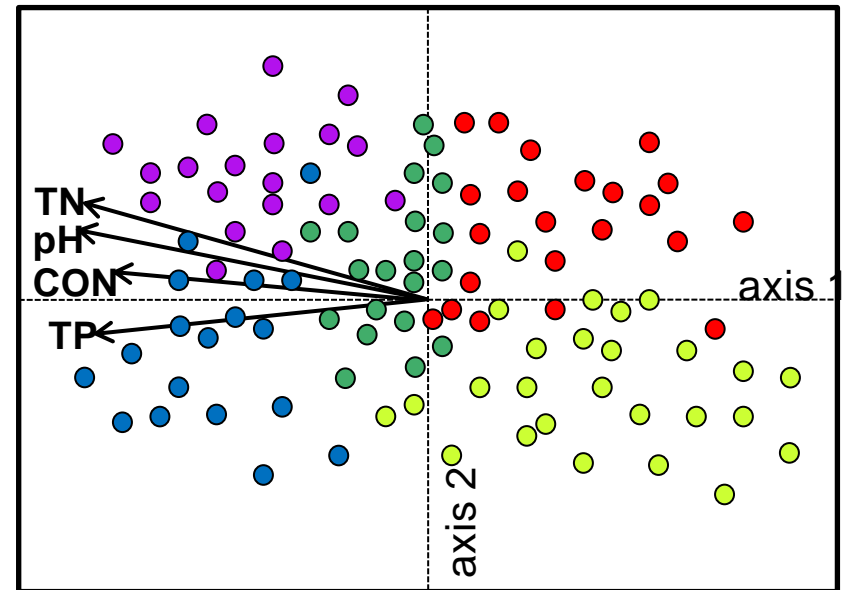
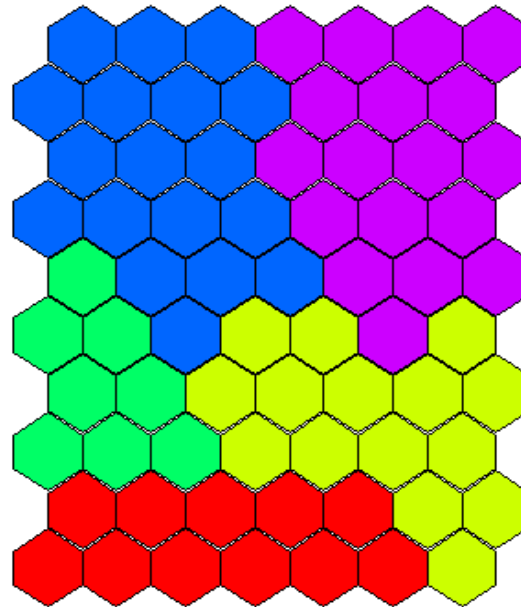
Métropole

DOM-TOM

**Québec**

Perspectives et

conclusions



Description des gradients agissant sur les diatomées, tri des références de qualité

# Perspectives et conclusions

# Conclusions

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

**Perspectives et  
conclusions**

- Package R adapté à nos besoins (adapté aux communautés de diatomées)
- Orienté vers les sorties graphiques
- Exécution rapide (codé en C)

# « To do »

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Algorithme

But

Logiciels

Package R

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

Exemples d'utilisation

Métropole

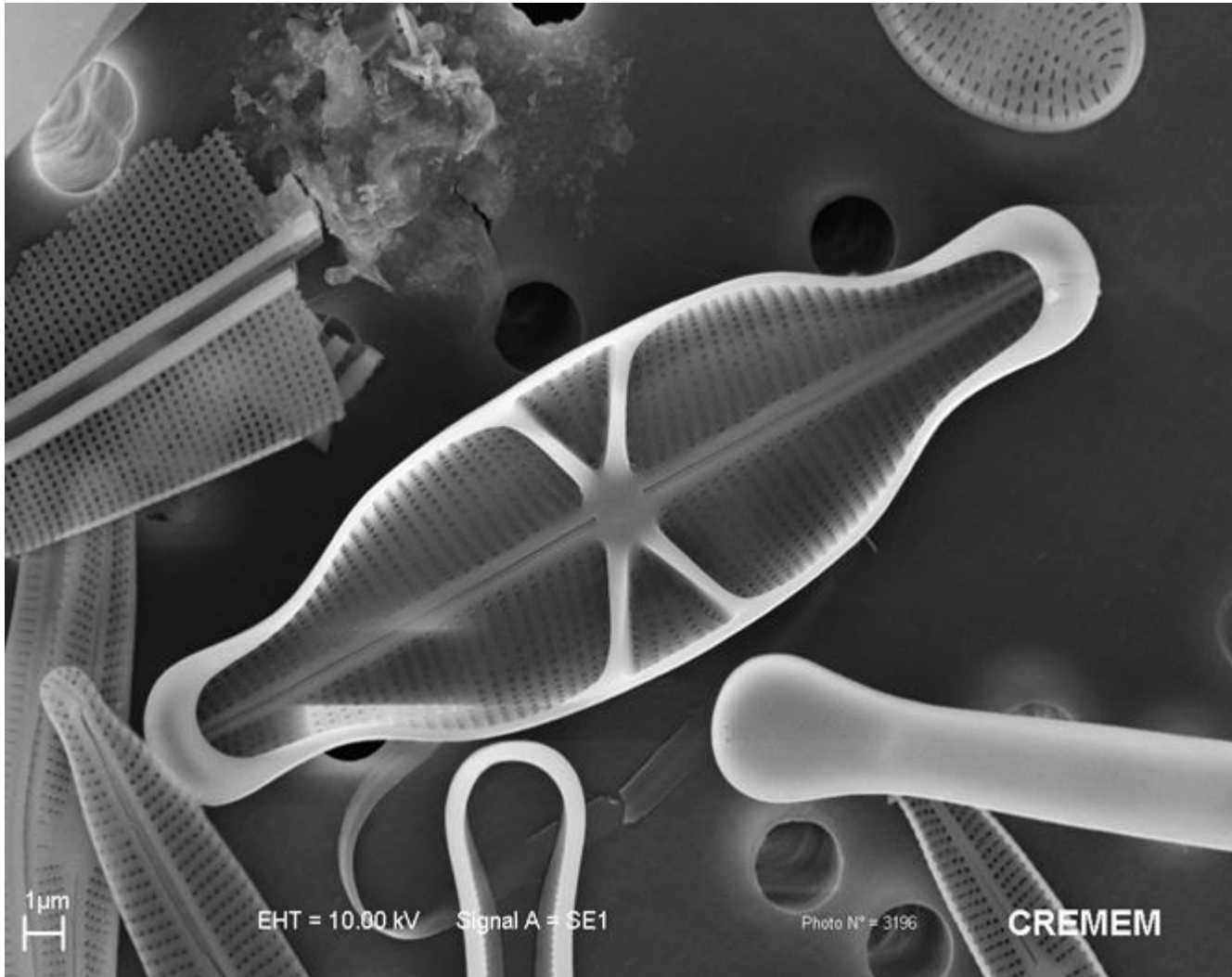
DOM-TOM

Québec

**Perspectives et  
conclusions**

- S4 (programmation objet)
- Une version « clique-bouton » (RCmdr)
- Soumettre aux CRAN (d'ici janvier)
- Associer aux « patterns trees » (N. Antunes) ou séparer les deux packages ?
- Trouver un nom (des idées?)
- D'autres utilisations ?

# Merci de votre attention !



## **Diatomées**

Présentation

Complexité

## **Cartes de Kohonen**

Algorithme

But

Logiciels

## **Package R**

Changements

Mise en œuvre

fonctions graphiques

## **Exemples d'utilisation**

Métropole

DOM-TOM

Québec

## **Perspectives et**

conclusions

# Clusters disjoints

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Principe

Algorithme

Logiciels

**Package R**

**Clusters disjoints**

Changements

Possibilités

Exemples d'utilisation

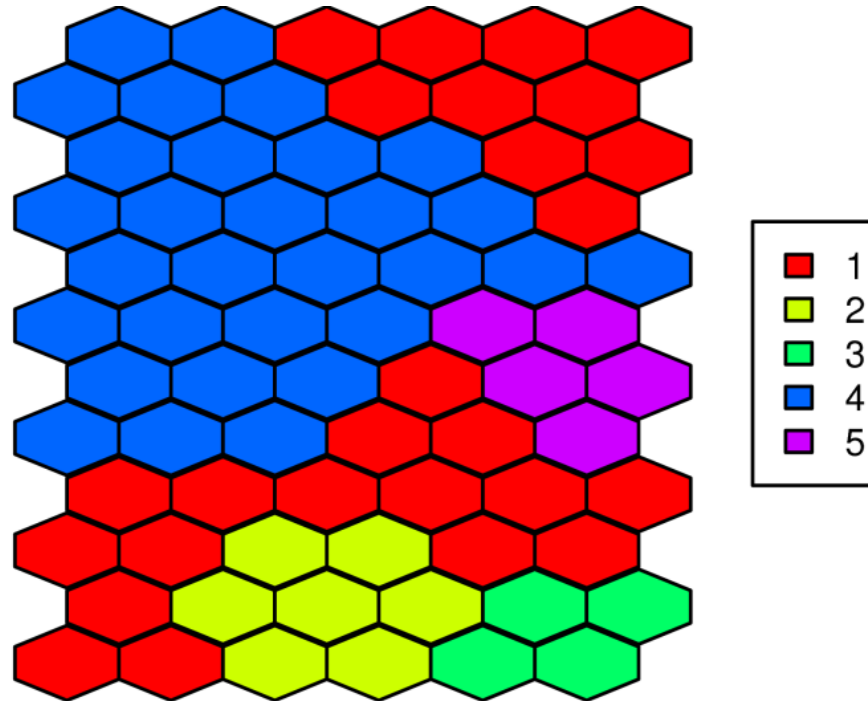
Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions



Problème dû à la complexité des données de diatomées

# Algorithme

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Principe

**Algorithme**

Logiciels

Package R

Clusters disjoints

Changements

Possibilités

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

- 3 étapes :
  - Initialisation linéaire
  - Apprentissage grossier
  - Apprentissage fin



# Initialisation linéaire (1/3)

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Principe

**Algorithme**

Logiciels

Package R

Clusters disjoints

Changements

Possibilités

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

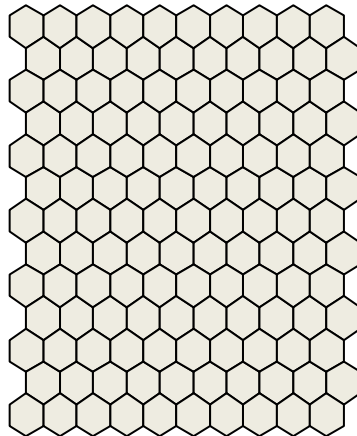
Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Vecteurs propres de la matrice de variance-covariance  
(comme pour une Analyse en Composante Principale)



	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Cellule 1	14	0	12	0	...	0
Cellule 2	1	10	0	0	...	0
Cellule 3	0	0	0	4	...	0
Cellule 4	4	0	0	2	...	45
Cellule ...	...	...	...	...	...	...
Cellule 140	0	0	3	0	...	0

# Apprentissage fin (3/3)

Diatomées

Présentation

Complexité

**Cartes de Kohonen**

Principe

**Algorithme**

Logiciels

Package R

Clusters disjoints

Changements

Possibilités

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

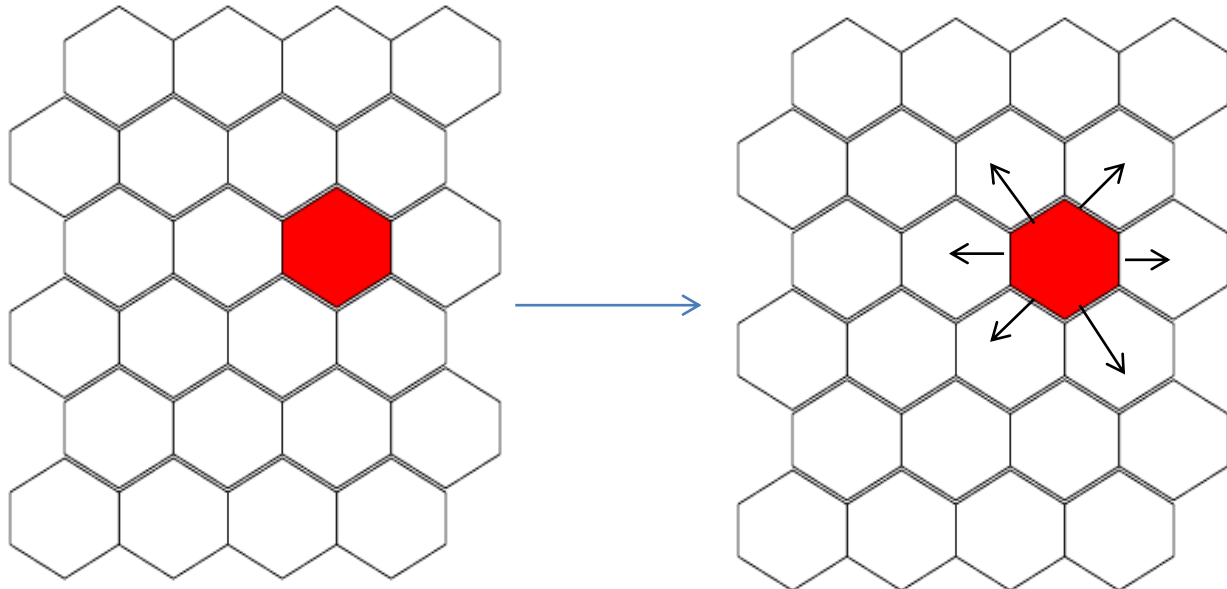
Québec

Perspectives et

conclusions

	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4	Sp ...	Sp.950
Site 1	10	0	45	0	...	0
Site 2	12	14	0	0	...	0
Site 3	0	0	0	4	...	0
Site 4	4	0	0	7	...	0
Site ...	...	...	...	...	...	...
Site 836	0	0	2	0	...	0

Modification des valeurs de la cellule et des cellules proches pour qu'elles ressemblent encore plus au site



# Possibilités

Diatomées

Présentation

Complexité

Cartes de Kohonen

Principe

Algorithme

Logiciels

**Package R**

Clusters disjoints

Changements

**Possibilités**

Exemples d'utilisation

Métropole

DOM-TOM

Québec

Perspectives et

conclusions

- Rapidité d'exécution (codé en C)
- Adapté aux diatomées par défaut, mais possibilités d'adaptation à d'autres types de données
- Fonctions permettant la réalisation simple de graphiques