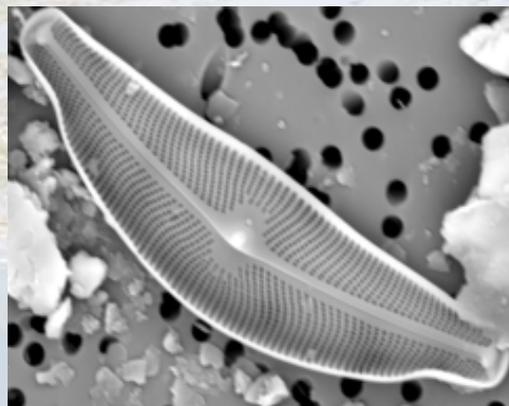


Bio-indicateurs végétaux des cours d'eau : Etat d'avancement des méthodes d'évaluation de l'Etat Ecologique

F. DELMAS, M. COSTE, J. TISON-ROSEBERY, S. BOUTRY, M. BOTTIN, M. FERREOL (*),
C. CHAUVIN, A. DUTARTRE, C. LAPLACE-TREYTURE

Cemagref / Groupements de Bordeaux et de Lyon ()*

*Avec l'appui de la Cellule DCE du Cemagref Lyon (traitement de données spatialisées)
& du GIS « Macrophytes des Eaux Continentales »*



Éléments généraux de contexte

Application de la DCE : (J.O. des C.E. Sept-2000)

- **Etat Ecologique** : Evalué par écart à la référence, en s'appuyant sur des compartiments biologiques-clés (liste définie par type de masse d'eau)
- **En cours d'eau**, l'évaluation s'appuie sur 3 B.Q.E. :
(Éléments de Qualité Biologique)
 - Compartiment végétal (Diat., Macr., Phytoplanct.)
 - Macro-invertébrés benthiques
 - Poissons

Éléments généraux de contexte (2)

• B.Q.E. « Compartiment végétal » :

→ « Géométrie variable » selon les types de cours d'eau

Types de cours d'eau	« Compartiment végétal »
▶ Torrents montagnards	→ Phytobenthos
▶ Cours médians	→ Phytobenthos → Macrophytes
▶ Grands cours d'eau, secteurs aval	→ Macrophytes → Phytoplancton

Indices diatomiques utilisés en France : l'existant ...

En préambule : IPS, IBD AFN. 2000 et IBD AFN. 2007, comme la plupart des indices diatomiques Européens, utilisent la formule de Zelinka & Marvan (1961)

$$ID = \frac{\sum_{j=1}^n A_j I_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j V_j}$$

Où :
 A_j = abondance relative du taxon j
 I_j = sensibilité du taxon j (selon 1- 5 pour IPS, 1-7 pour les IBD)
 V_j = valeur indicatrice « Sténoécie du taxon j »
(varie de 1 à 3)

1) IPS (Coste, 1982) : notre référence ...

→ Indice « général » de qualité des eaux (φ-chimie, nutriments...)
→ inclusion de toutes les espèces d'un relevé

- La première version, élaborée entre 1977 et 1980, comportait **263** espèces (Profils écologiques en **5 classes** établis à partir de **189 relevés**)
- Régulièrement mis à jour depuis 1982, l'IPS actuel comporte près de **3 300** taxons vrais (dont **172 formes anormales**), représentant **5 129** synonymes (**P.E. établis à partir de 2800 relevés**)

Indices diatomiques utilisés en France : l'existant ...

2) IBD 1996 (*Lenoir & Coste, 1996, normalisé AFNOR 2000*)

- Mis au point à la demande de l'Inter-Agences
- Indice d' « eutrophisation » au sens large
- Souhait de taxonomie simple

→ 1ère version, élaborée entre 1995 et 1996 :

209 unités taxonomiques (173 « espèces vraies » et 36 « taxons appariés »)

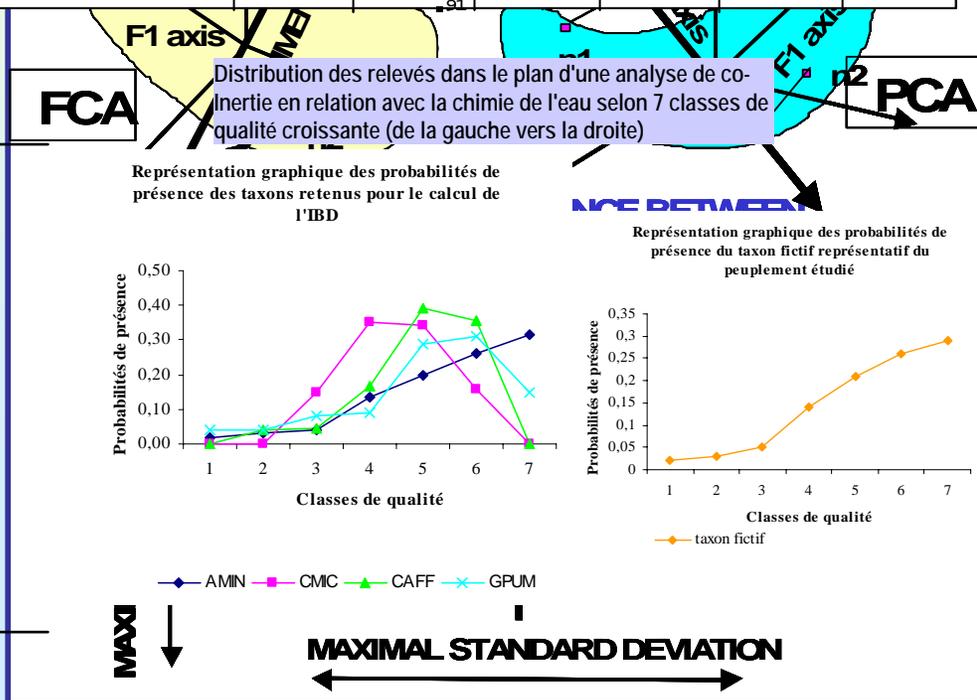
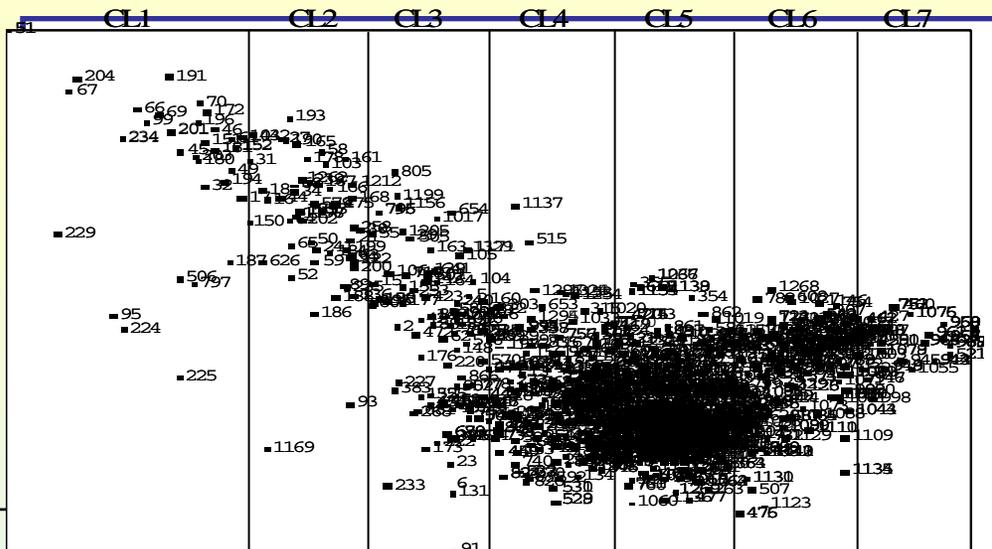
→ Profils écologiques en **7 classes** établis à partir de **1372 relevés**)

→ Quelques mises à jour sous des versions successives d'OMNIDIA
(actualisations taxo., modification de certains profils écologiques...)

Principe IBD 1996, normalisé AFNOR 2000 (Agences de l'eau & Cemagref)

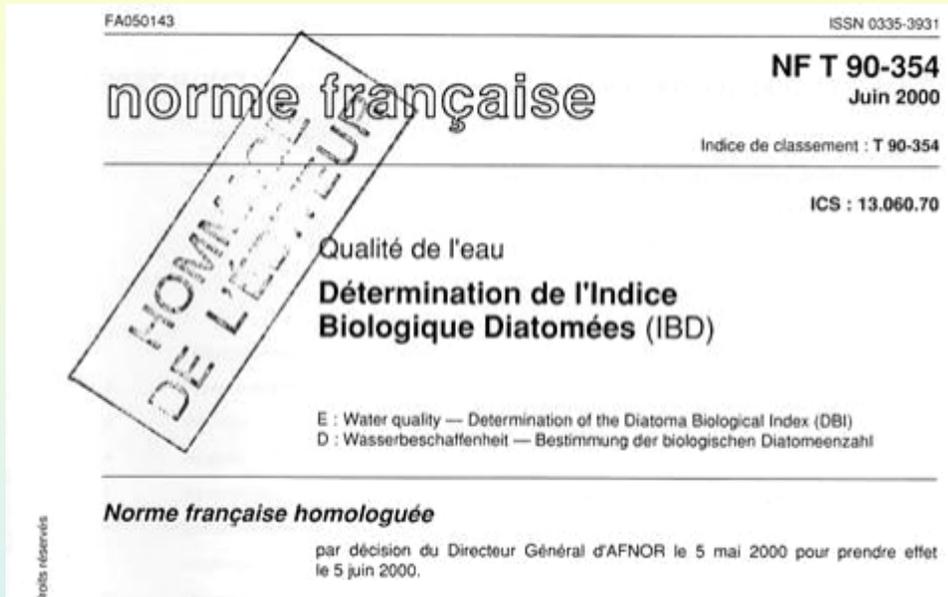
● Principe : Analyse de co-inertie entre assemblages diatomiques et 7 classes de qualité physico-chimique

Bassin	Nb unités d'échantillonnage	
		IBD v.1996
		IBD v.1999
Adour-Garonne	165	165 + 452 = 617
Artois-Picardie	271	271 + 261 = 532
Loire-Bretagne	41	41 + 227 = 268
Rhin-Meuse	740	740
Rhône-Méditerranée-Corse	66	66 + 52 = 118
Seine-Normandie	49	49 + 306 = 355
Total	1332	1332 + 1398 = 2630



Appui à l'utilisation de l'IBD

- Normalisation



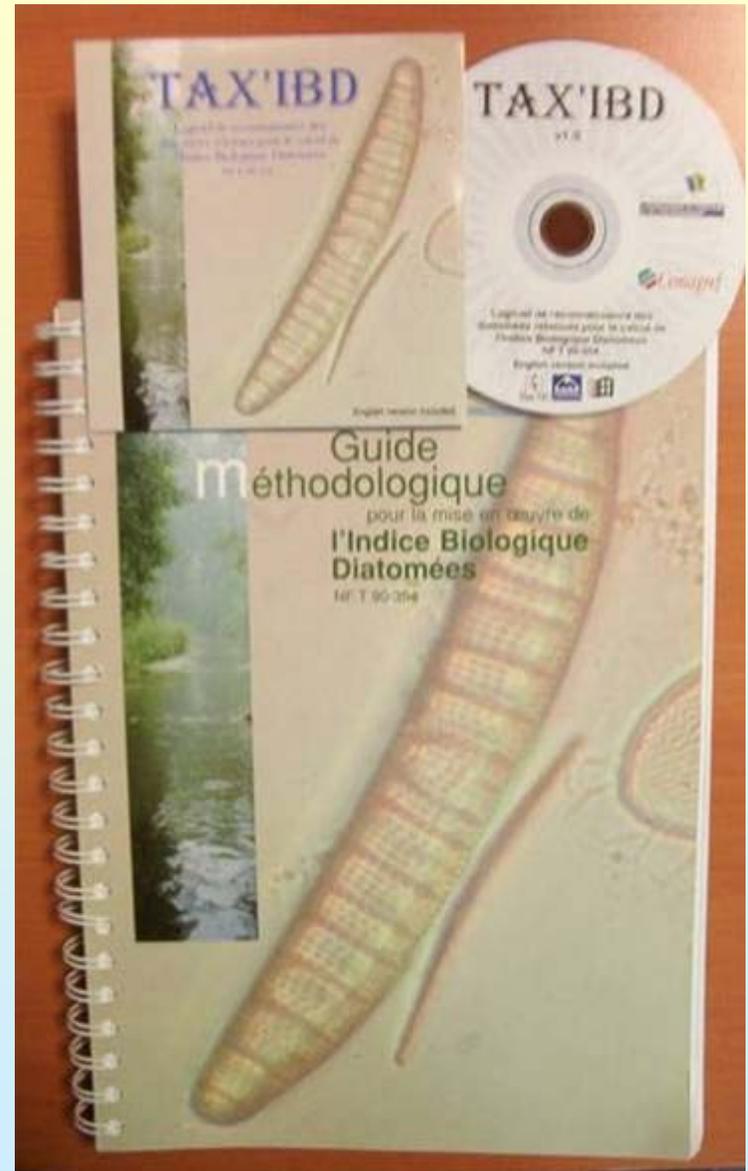
- Guide Utilisateur (700 figs et cdrom pour identification rapide)

- Omnidia versions 3 et 4

- Exercices d'Intercalibration (Prygiel & al.2002)

- Accréditation délivrée par le COFRAC

Prog. 100-3 (2000) : → 7 laboratoires accrédités pour l' IBD en 2006



IBD 1996 : Problèmes répertoriés

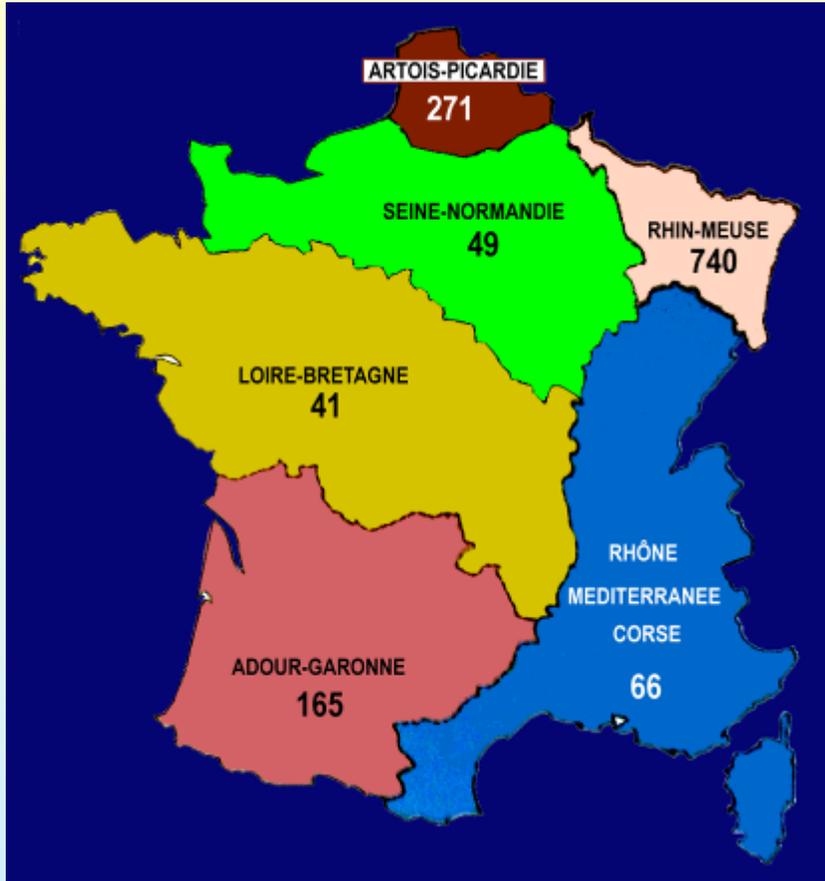
→ depuis sa conception, puis en 2002 par enquête auprès de 40 utilisateurs

- **Représentativité perfectible** du jeu de données
 - lacune relative en **sites de référence**
 - sous-représentation de nombreux biotypes, absence des **formes halophiles**, lacunes parmi les communautés acides
 - **Couverture géographique** très lacunaire
- **Exotiques ou "invasives"** non prises en compte
- **Problème sur certains taxons appariés** (morphologie proche, mais preferences écologiques très différents (*N.minima* & *N.seminulum*)
- Certains **profils écologiques initiaux peu pertinents** (ex. NPAE)
- Enfin **l'évolution de la systématique** a conduit au renouvellement de 40% des dénominations de taxons initialement retenus en 2000.

→ Nécessité de proposer une nouvelle version

Assise des jeux de données constitutifs des 2 IBD

IBD 1996 (AFN. 2000)

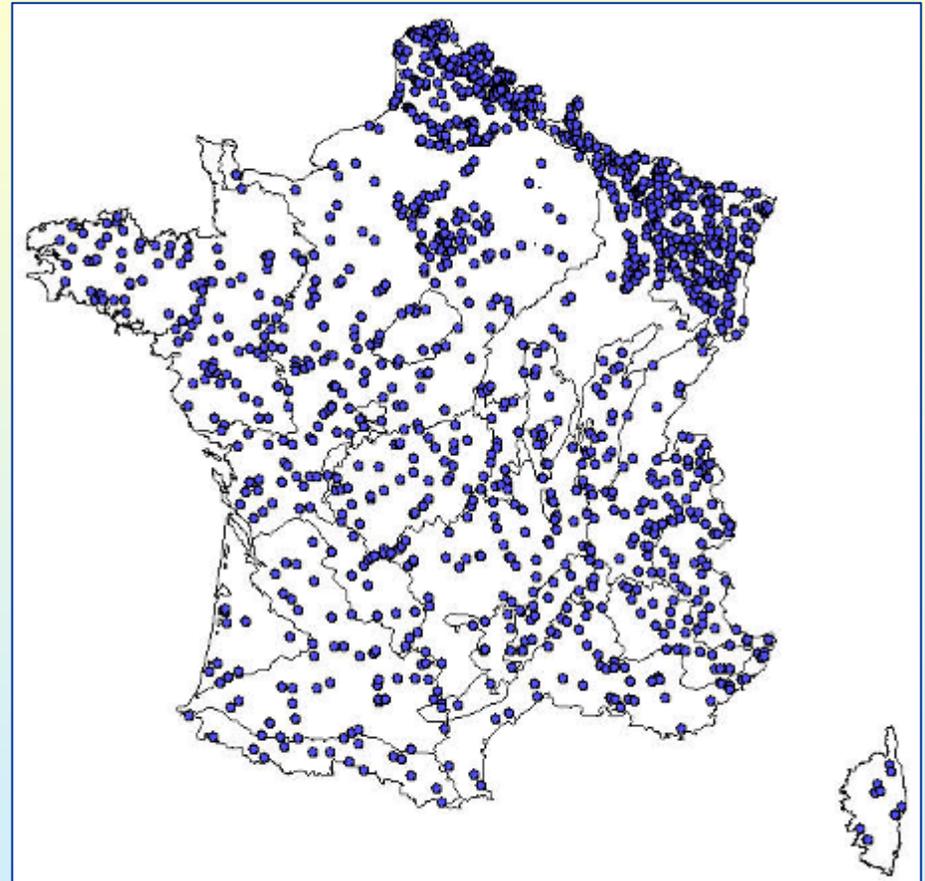


1332 relevés

3 bassins bien documentés

Seult \approx 200 sites de « référence »

IBD 2006 (AFN. 2007)



2859 relevés (Bio X Phys-chim)

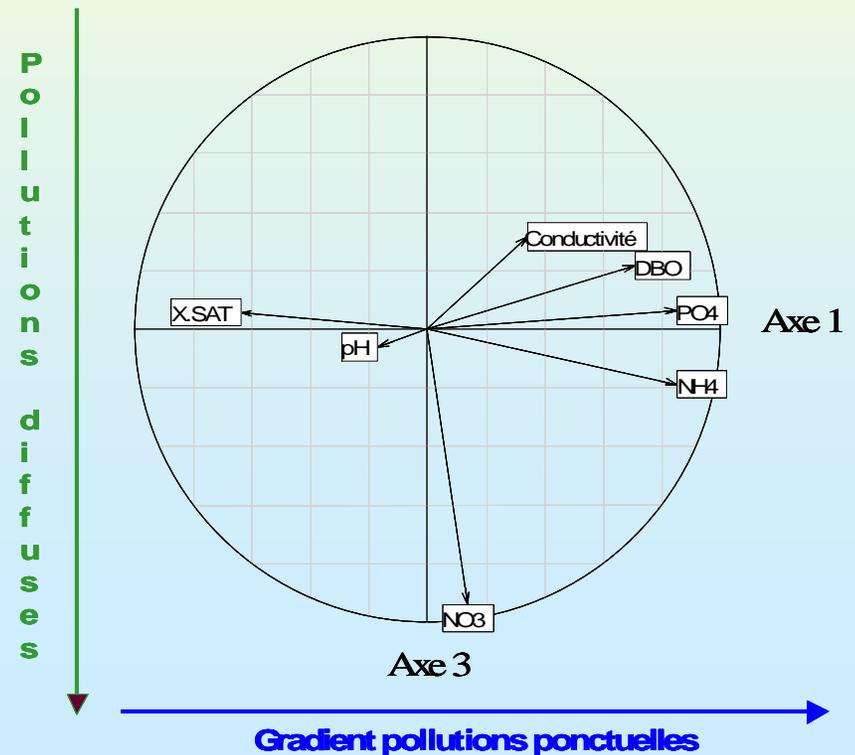
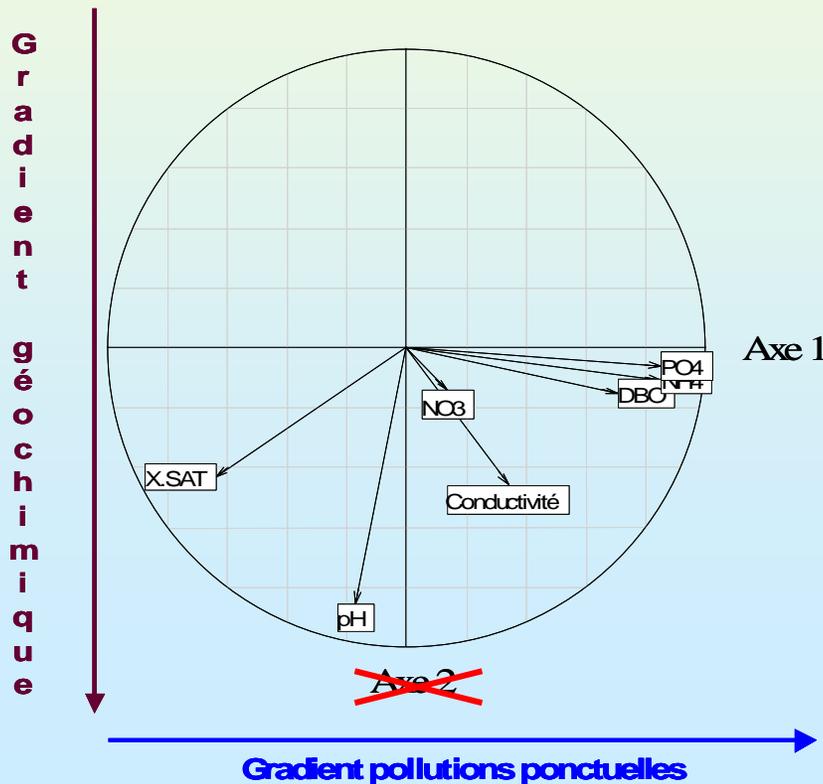
7731 relevés taxonomiques

Actuellt \approx 350 sites de « référence »
(en attente de nouvelles données)

Indices diatomiques utilisés en France : l'existant ...

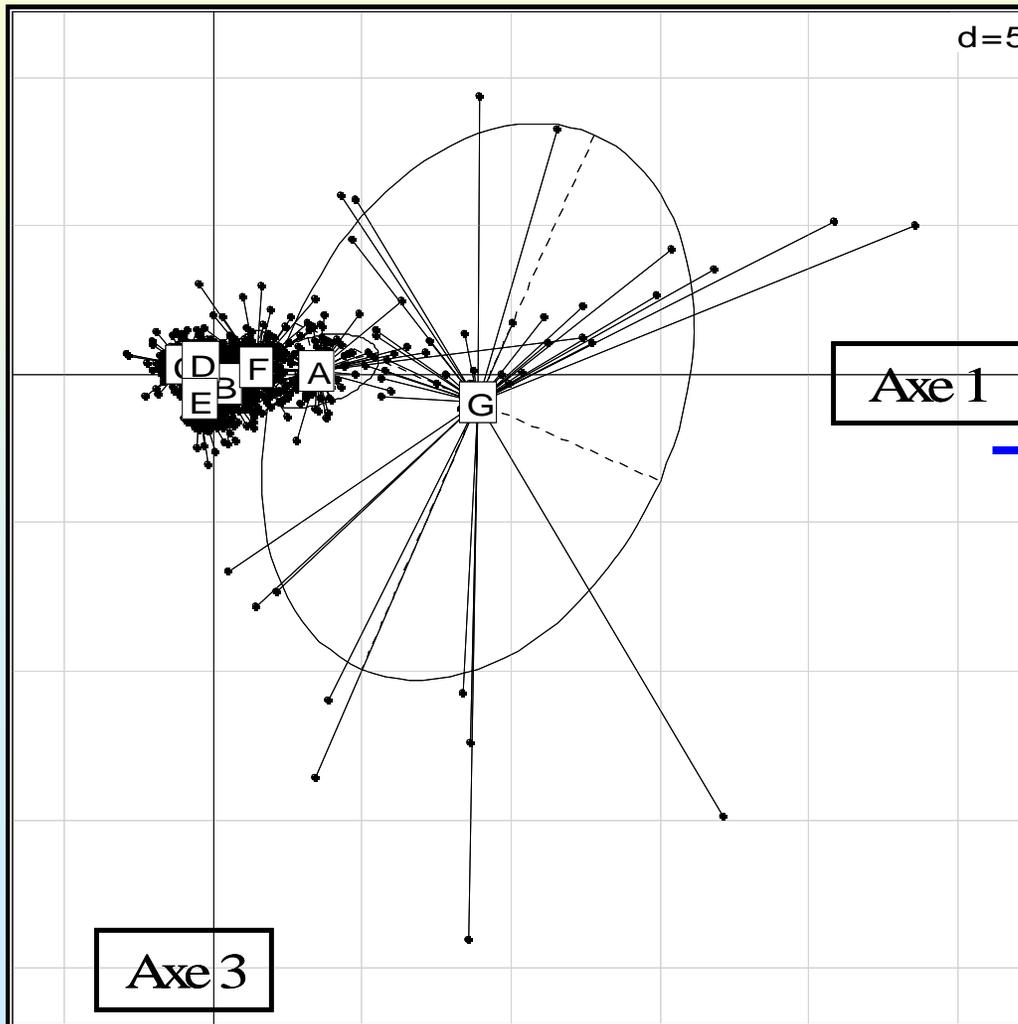
2) IBD 2006 (Coste & al, norme révisée AFNOR 2007)

- Assise taxonomique étendue : **840 taxons** (probabl't à toiletter)
- Introduction d'un **descripteur de pollutions toxiques** (les formes tératologiques)
- Souhait d'isoler la **variation naturelle** par construction (**Axe 2 ACP**)



IBD 2006 : Génération des 7 classes de qualité (1)

*A partir de 7 descripteurs d'anthropisation retenus,
1) Repérage et 2) Ordonnancement des clusters pour le classement des sites selon le gradient de qualité des eaux*



Cluster	Classe de qualité d'eau
G	1
A	2
F	3
B	4
E	5
D	6
C	7



IBD 2006 : Génération des 7 classes de qualité (2)

→ Obtention des 7 classes de qualité d'eau

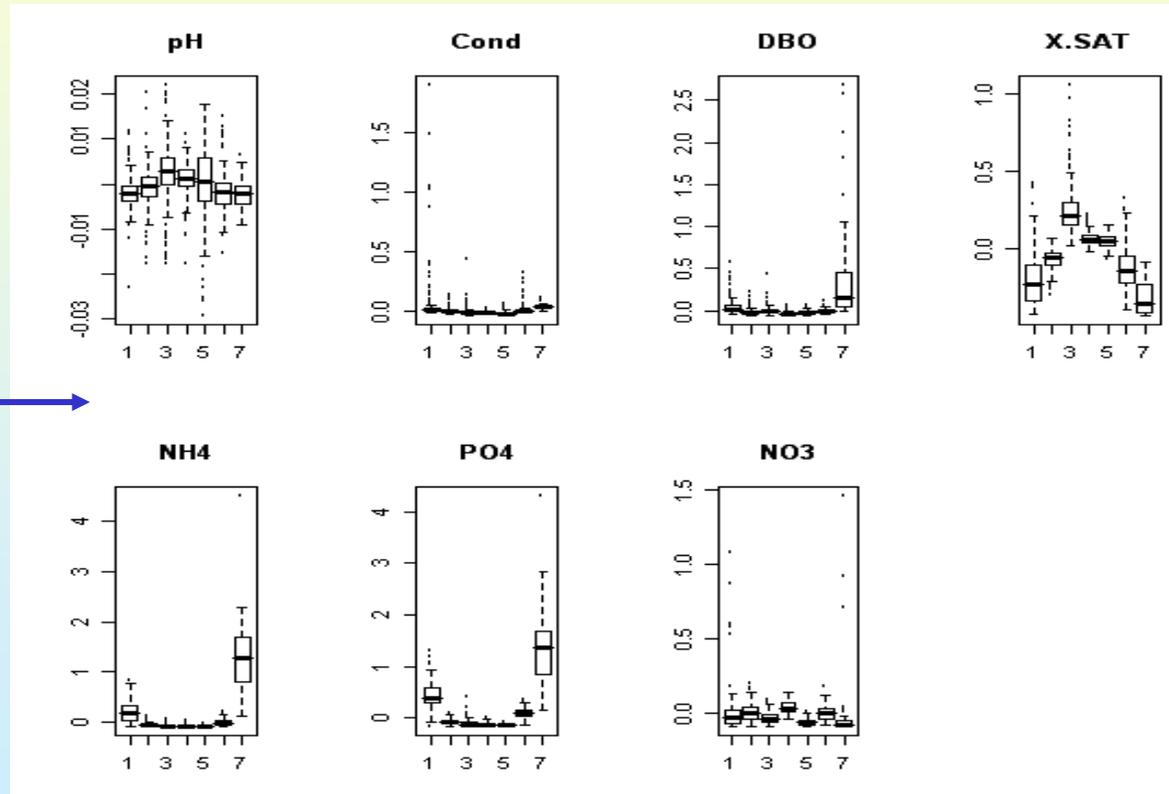
→ Vérification de leur significativité (Shapiro-Wilks, puis Behrens-Fisher)

Cluster	Classe de qualité d'eau
G	1
A	2
F	3
B	4
E	5
D	6
C	7

(-)



(+)



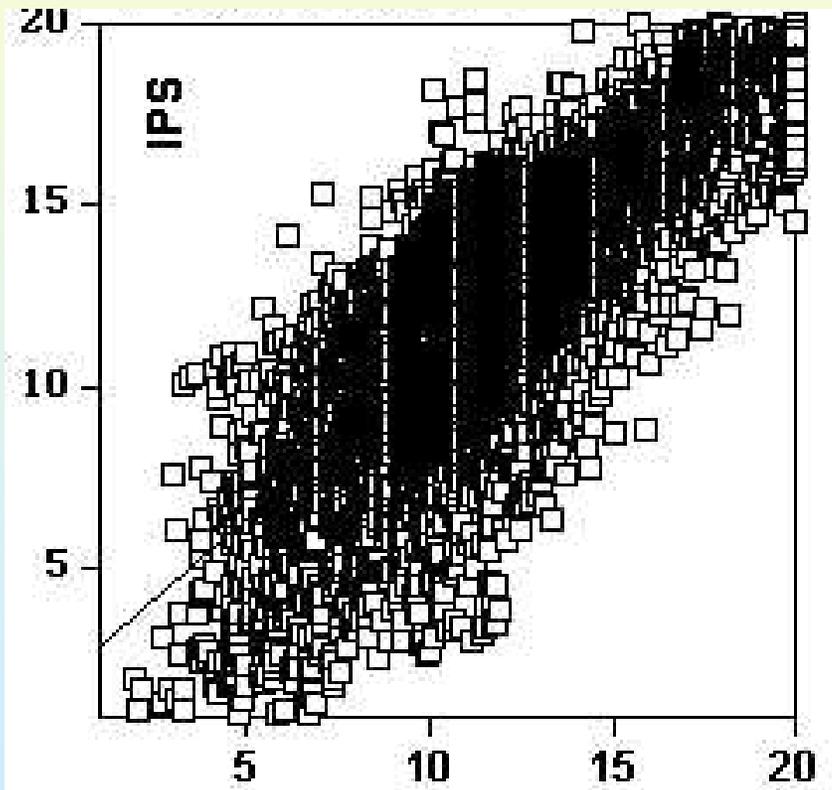
→ Ensuite, idem IBD 1996

Régressions IBD-IPS (sur 7725 relevés biologiques)

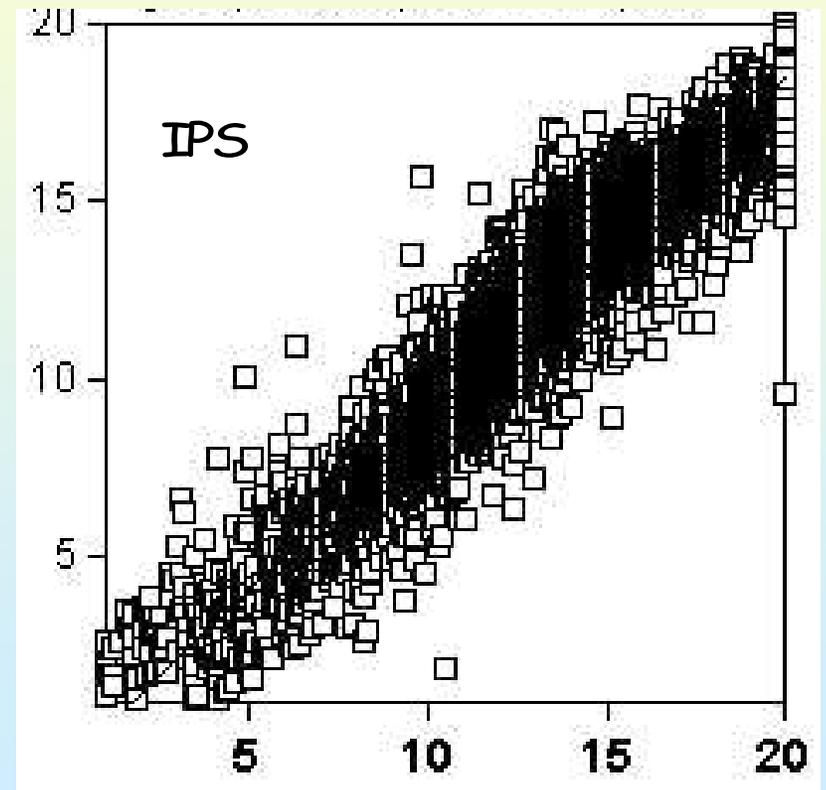
(Avant modification des profils halophiles et tératologiques)

$$Y = 0.867x + 2.078 \quad R^2 = 0.634$$

$$Y = 0.949x - 0.519 \quad R^2 = 0.897$$



IBD 1996

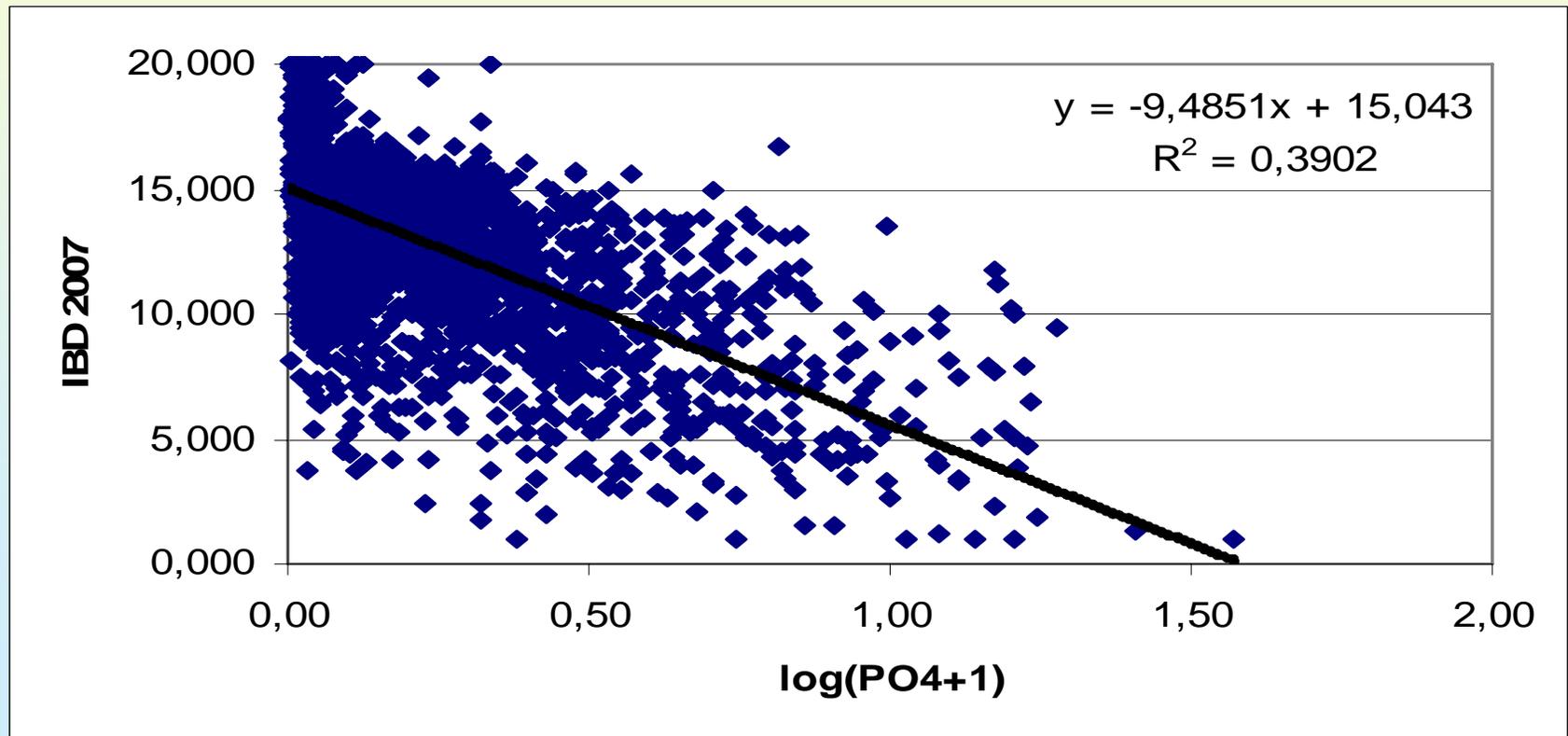


IBD 2006

Régressions IBD 2006- PO4 (sur 2800 relevés)

1) Avt inclusion profils halophiles : $R^2 = 0,457$

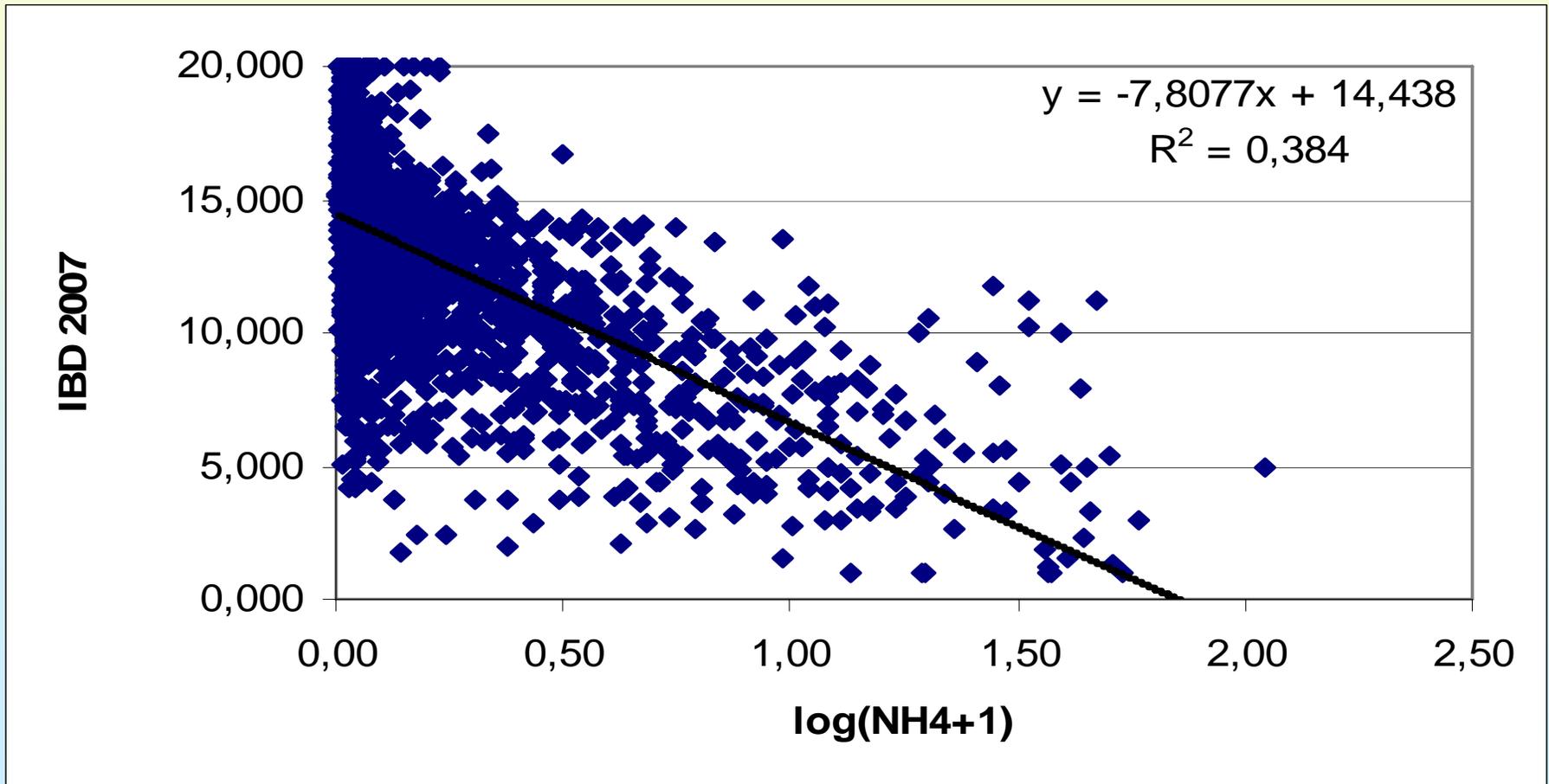
2) Après inclusion profils halophiles : $R^2 = 0,39$



Régressions IBD 2006- NH4 (sur 2800 relevés)

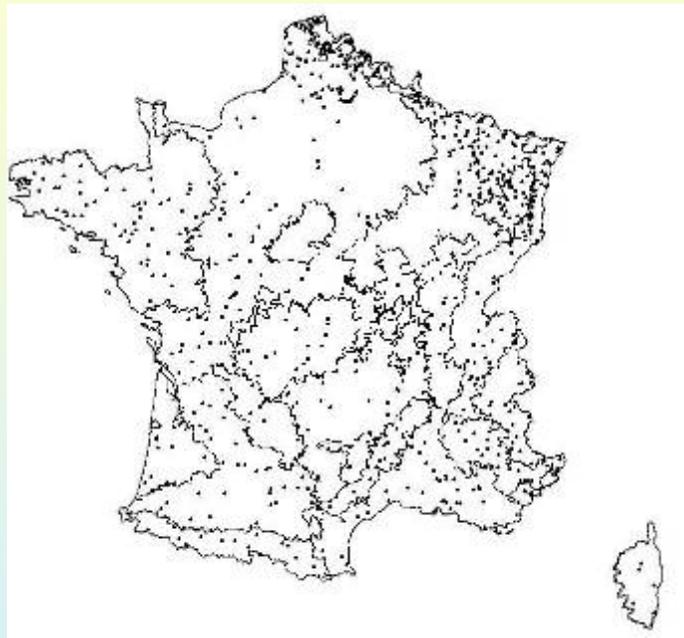
1) Avt inclusion profils halophiles : $R^2 = 0,454$

2) Après inclusion profils halophiles : $R^2 = 0,38$



Sommaire de la méthodologie mise en place en France pour l'application de la DCE

Contenu de la Circulaire MEDD de Juillet 2005, basée sur l'IBD Normalisé 2000

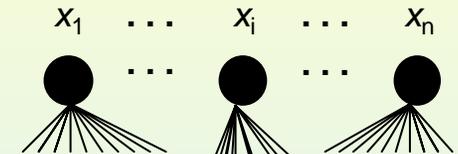


Identification des biotypes principaux

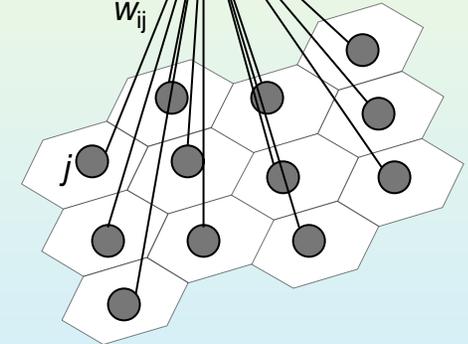


S.O.M.

Abondances relatives des espèces



w_{ij}

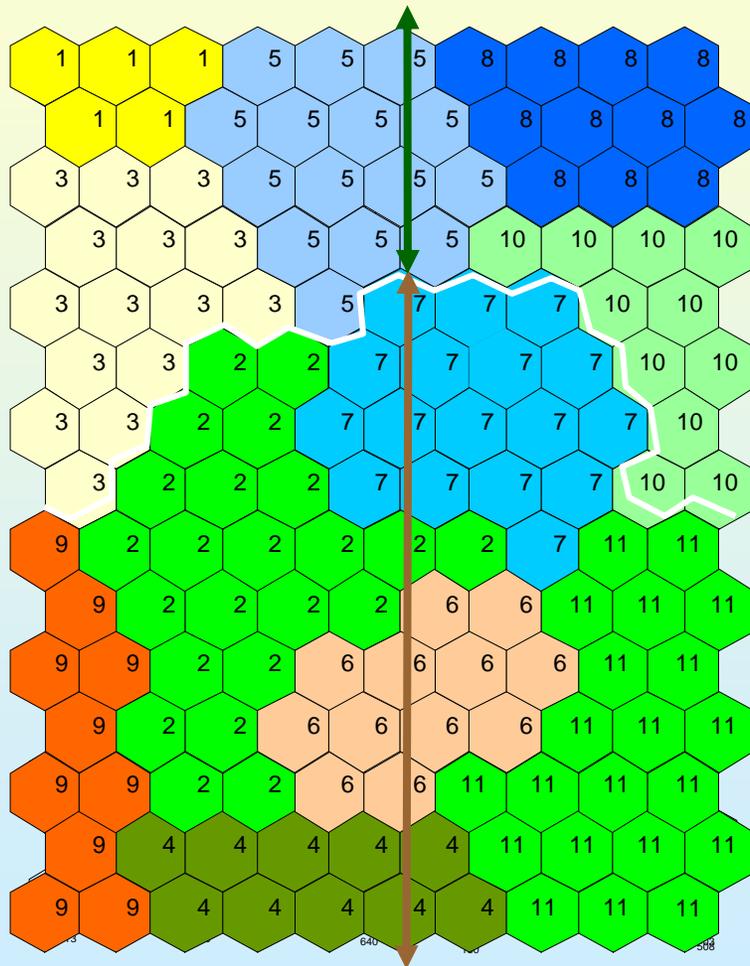


(15 x 10)

- **836** sites échantillonnés
- **941** espèces de diatomées
- NF T 90-354
- Prélèvements plutôt estivaux
- Seulement substrats durs

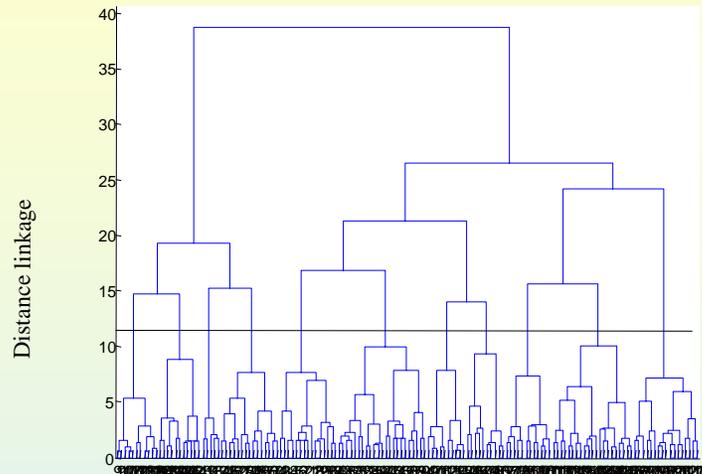
Biotypologie (SOM) : biotypes de référence et altérés

5 biotypes de référence

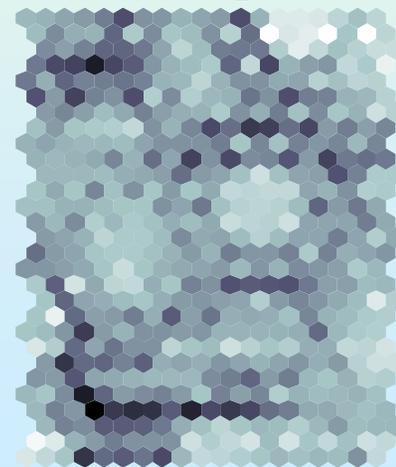


6 biotypes altérés

2) C.A. basé sur les Unités virtuelles

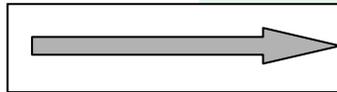
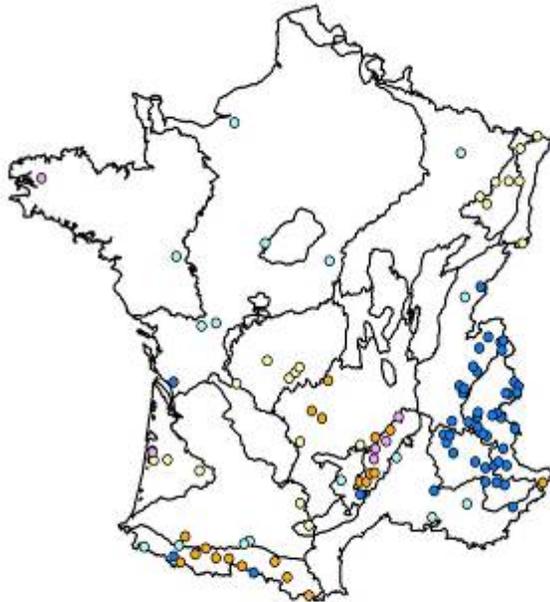


3) Niveau de coupe : U-matrix

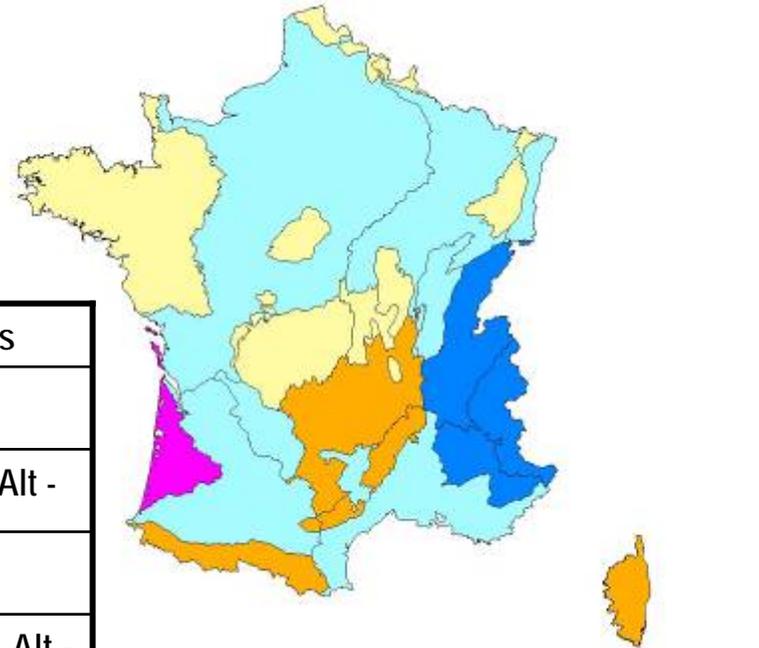


Repérage de la distribution géographique des biotypes naturels

- Basée sur :
 - Les communautés de **234 sites de référence**
 - La localisation de **115 sites de référence validés**
- Couplage de la trame abiotique HER 1 (Wasson & al 2002) et de la distribution géographique des 5 biotypes de référence



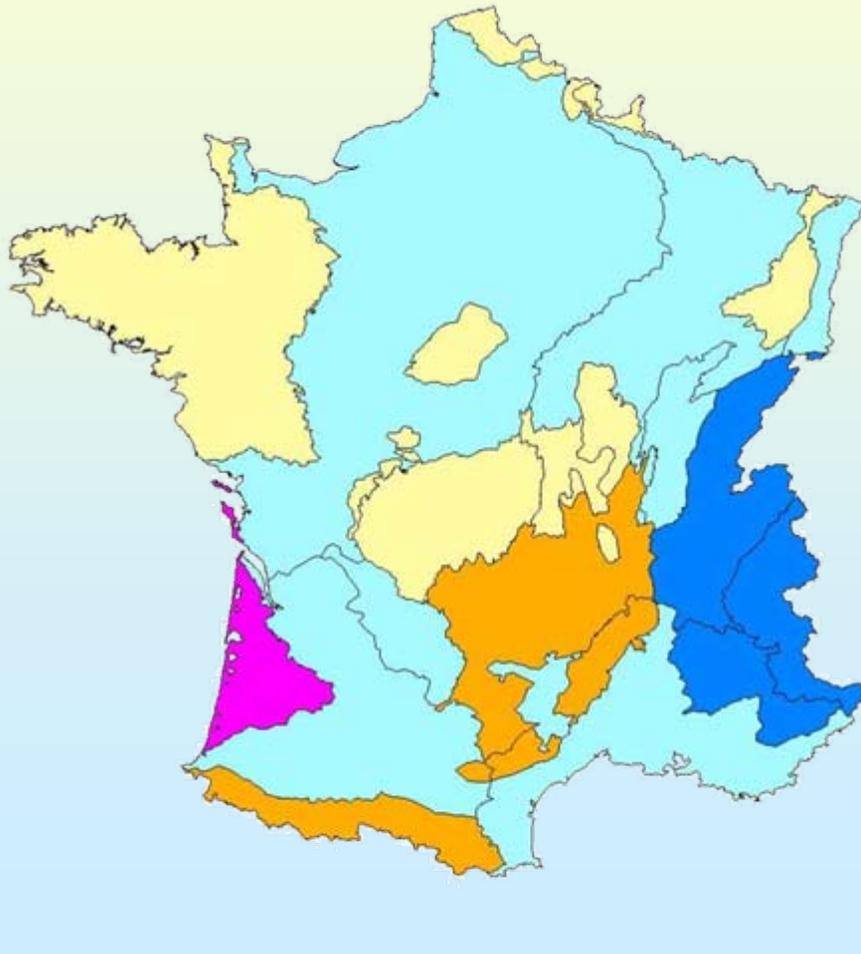
Bio	Clu	Conditions
1	1	Cond - -, pH - -
2	3	Cond - , pH - , Alt -
3	5	Cond - , Alt +
4	10	Cond + , pH + , Alt -
5	8	Cond + , Alt +



Zonation des régions diatomées (biotypes diatomiques de référence)

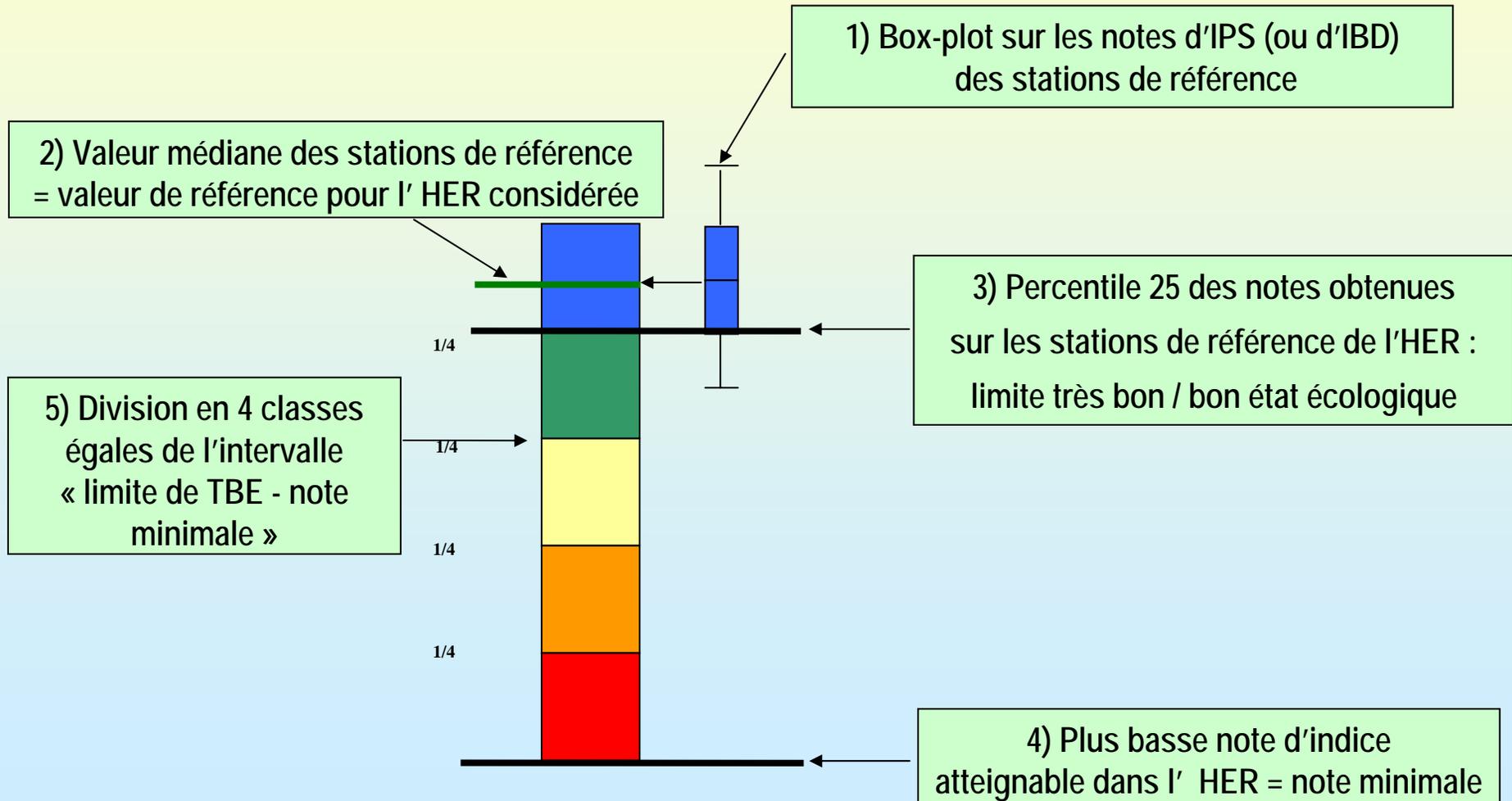
Légende

-  **Biotype 1** : stations acides (landes)
-  **Biotype 2** : eaux peu minéralisées de faible altitude
-  **Biotype 3** : stations peu minéralisées d'altitude
-  **Biotype 4** : stations carbonatées de plaine
-  **Biotype 5** : stations d'altitude carbonatées (Alpes)



Mise en correspondance entre notes d'indices diatomiques et classes de qualité écologique (renormalisation EQR)

● Pour un biotype naturel de diatomées (= regroupement d'HERs) :



Valeurs-seuils pour l'IPS

Diatom Biotype	IPS					
	note			EQR		
	Reference	Very good status limit	Good status limit	Reference	Very good status limit	Good status limit
1	19	18	16	1	0,93	0,79
2	16	15	13	1	0,93	0,80
3	18	17	15	1	0,92	0,77
4	17	15	13	1	0,88	0,75
5	19	18	16	1	0,93	0,79

Valeurs-seuils pour l'IBD

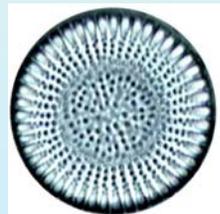
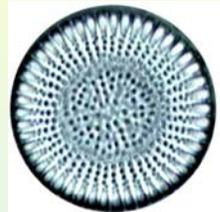
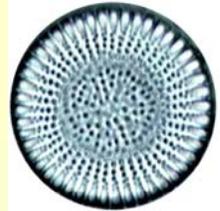
Diatom Biotype	IBD					
	note			EQR		
	Reference	Very good status limit	Good status limit	Reference	Very good status limit	Good status limit
1	20	19	17	1	0,93	0,80
2	16	15	13	1	0,93	0,80
3	18	17	15	1	0,92	0,77
4	16	15	13	1	0,93	0,80
5	19	17	15	1	0,86	0,71

Régionalisation des indices diatomiques

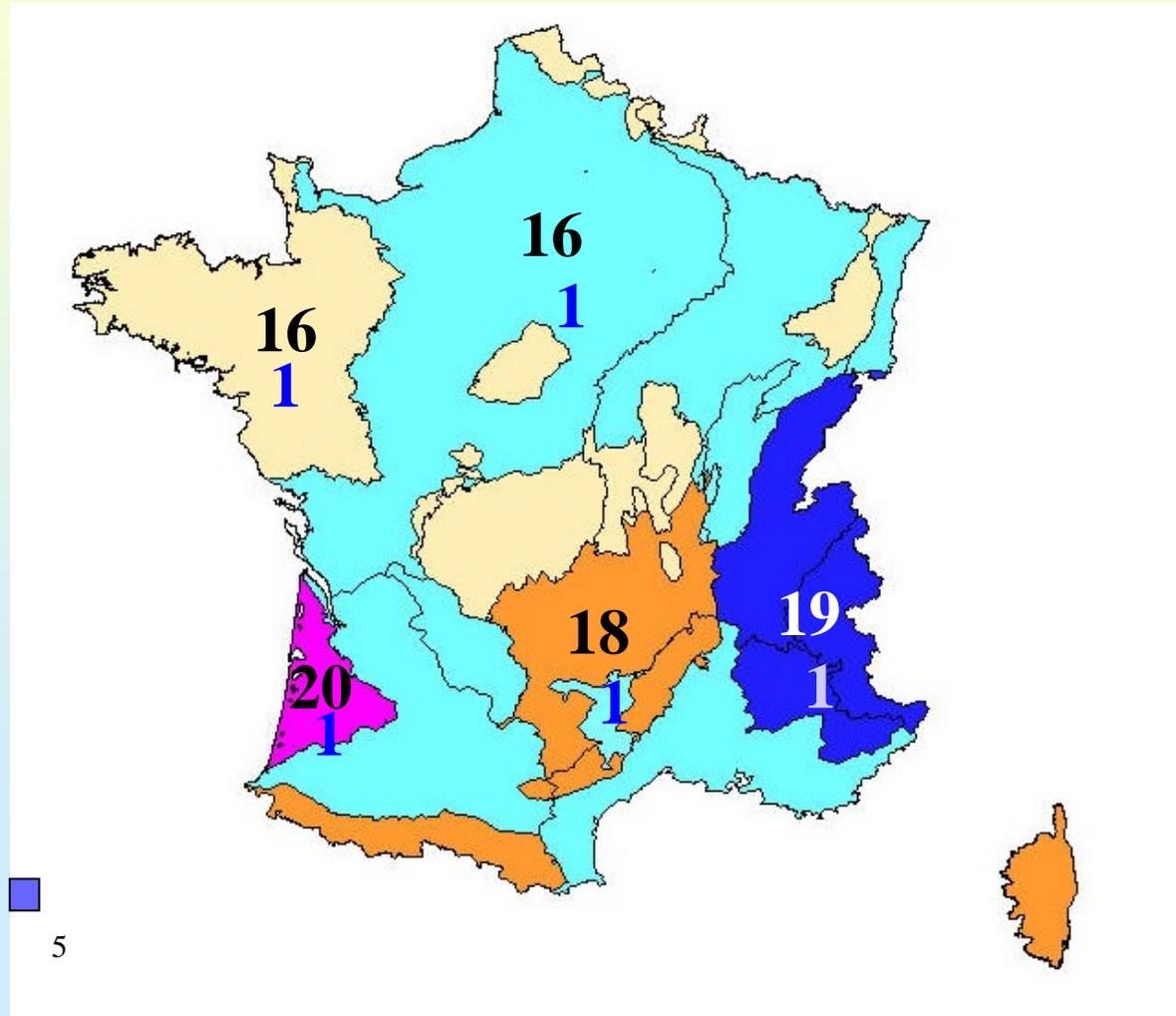
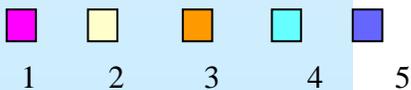
Situations de Référence (I.B.D.) :

→ Notes/20

→ EQR / 1



Diatom biotypes

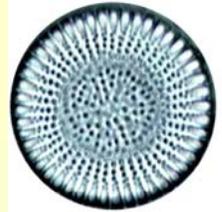


Régionalisation des indices diatomiques

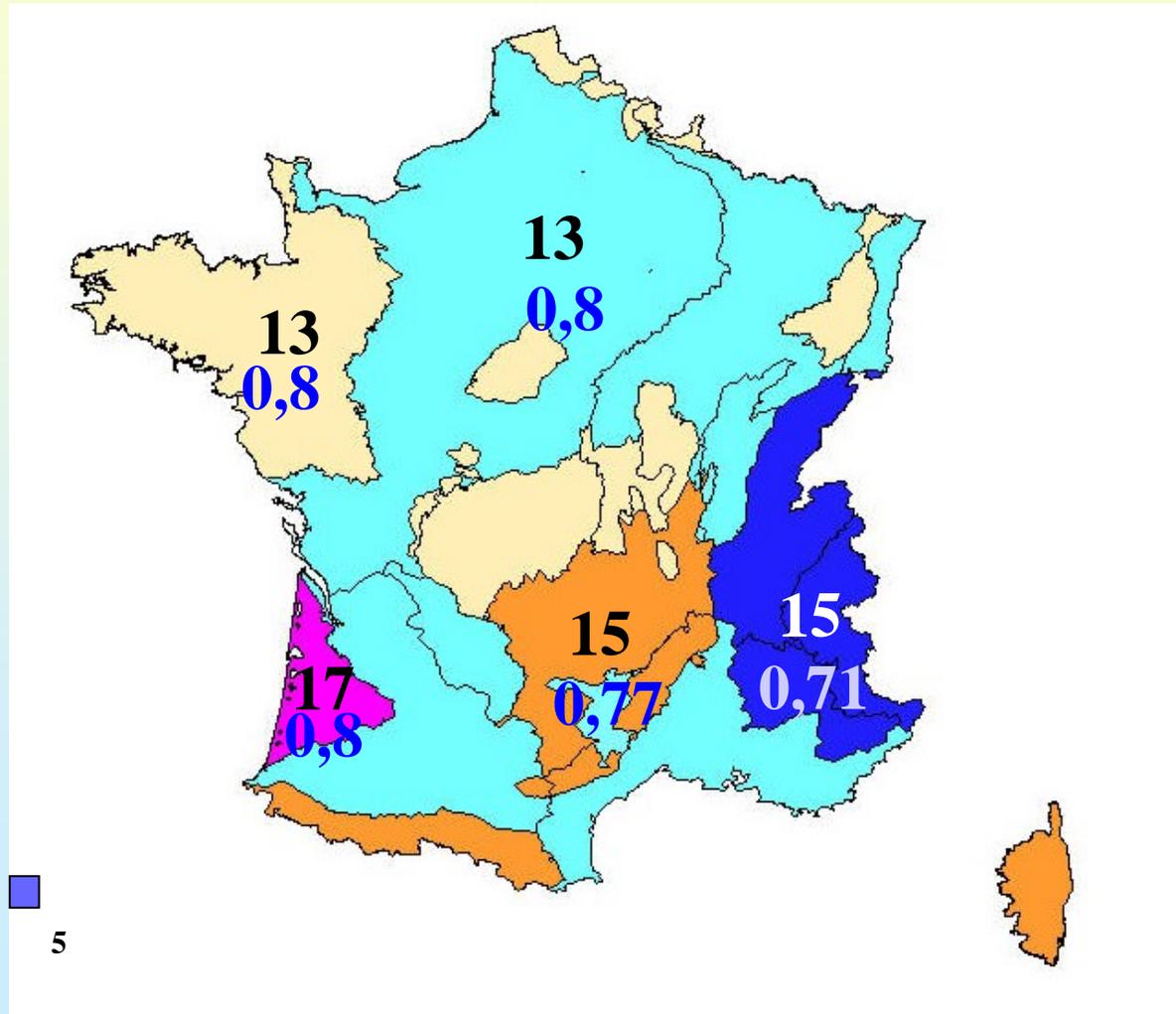
Seuil de Bon Etat (I.B.D.) :

→ Notes/20

→ EQR / 1



Diatom biotypes



Indices diatomiques (suite)

Intercalibration U.E. faite dans les GIGs :

- Central-baltique
 - Alpin
 - Méditerranéen
- (cf Isabelle VIAL)

Prochaines étapes diatomées :

- Réviser les listes d'espèces (réduction)
- Refonder un contenu de circulaire d'application de la procédure d'évaluation de l'E.E. basé sur l'IBD 2006
- Apporter l'appui à l'utilisateur nécessaire

L'approche « macrophytes en rivières »



- Norme française « bioindication macrophytes »
- Méthode indicielle soumise à l'intercalibration
- Utilisée depuis 2001 (pré-norme),
- Normalisée en 2003 :
 - ➔ **IBMR Indice biologique macrophytique en rivière - NF T90-395**
- Cohérente avec normes CEN applicables
- **Actuellement** (selon commande initiale des Agences) :
 - Orientée vers l'évaluation du niveau trophique (IBMR)
 - Evaluation des autres aspects de l'état écologique par analyse du peuplement

L'approche « macrophytes en rivières » (2)

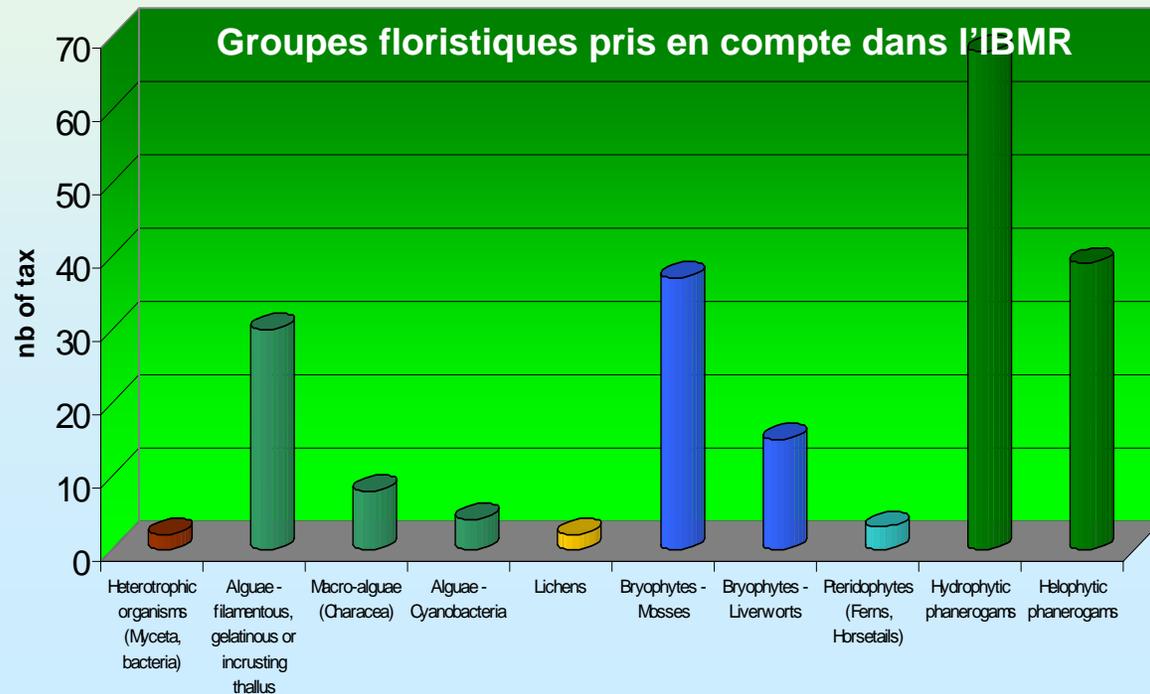
Basée sur :

- Le relevé de tous les macrophytes présents dans l'eau à l'étiage,
- La distinction de deux unités morphodynamiques différentes (lent, rapide),
- Le recouvrement de chaque taxon.

Pour 208 taxons contributifs :

- Cotes spécifiques (affinité trophique),
- Sténoécie E (qualité bioindicatrice)
- Classe d'abondance K

$$\text{IBMR} = \frac{\sum_i^n CS_i \cdot E_i \cdot K_i}{\sum_i^n E_i \cdot K_i}$$



L'approche « macrophytes en rivières » (3)

- **Approche biocénotique :**
 - réponse quantitative
 - réponse qualitative
- **Prise en compte des principaux groupes végétaux :**
adaptation à un large panel typologique
- **Champ d'application**
 - *Bien adaptée aux cours d'eau (très) petits à grands (guéables)*
 - Type alpin torrentiel exclu a priori*
 - *Réponse à préciser pour les types :*
 - *temporaires (méditerranéen)*
 - *de piémont très dynamiques*
 - *cévenols*
 - *à lit très mobile (substrat fin)*
 - Adaptation méthodologique pour les grands et très grands cours d'eau (non guéables)*

L'approche « macrophytes en rivières » (4)

- **Relevé exhaustif :**

Permet le découplage *liste floristique* / *calcul de l'indice*

Base d'inventaire solide pour une évolution méthodologique

- **La pertinence de la réponse dépend de :**

- La présence d'au moins un des groupes de macrophytes

- Une richesse floristique suffisante

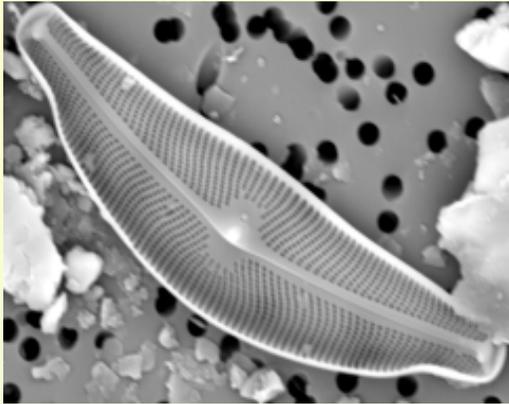
 - plus de 3-5 taxons : représentatif,

 - au moins 10 taxons : robustesse mieux stabilisée

- Un rapport *taxons contributifs/taxons totaux* élevé ($> 0,75$)

Chantiers actuels « macrophytes des cours d'eau »...

- **Guide méthodologique :**
En cours de réalisation (Afnor, fin 2008)
- **Affinage de la méthode « grands cours d'eau » :**
Formalisation des protocoles
Retour d'expérience
- **Précision de la réponse pour les types de c.e. peu échantillonnés :**
Zones méditerranéenne
Lits mobiles
- **Recherche de métriques plus précises**
(« décomposition » de l'information *trophie*) :
Hydrologie, morphologie, diversité d'habitat, ...
- **Objectifs :**
Relevés bancarisables et utilisables (y compris après évolution de l'indice),
Analyse en « temps réel » du retour d'expérience des réseaux,
Mise en cohérence des protocoles de description stationnelle.



Je vous remercie de votre attention !