


**Partenariat 2011** – Qualité des masses d'eau (cours d'eau, plans d'eau, masses d'eau de transition)  
*Action 12-3 : Développement et optimisation des méthodes de bioindication pour les cours d'eau*



# Typologie des flores diatomiques de référence et seuils d'état écologique à partir des notes d'IBD2007

*Révision sur la base des données issues du  
RRef et du RCS*

*Rapport final*

*Juliette Rosebery, Marius Bottin, Michel Coste, François Delmas*

*Septembre 2011*

## **SOMMAIRE**

CONTEXTE, OBJECTIF ET DEMARCHE	1
METHODOLOGIE	2
1-BASES DE DONNEES	2
Jeu de données total	2
Jeu de données de référence	2
2- OUTILS D'ANALYSE	2
3-FIXATION DES SEUILS D'ETAT ECOLOGIQUE	3
RESULTATS	4
1-TYPOLOGIE	4
2-CALCUL DES SEUILS	6
3-COMPARAISON AVEC LA CLASSIFICATION SELON LA GRILLE INDICIELLE DE 2009	7
CONCLUSIONS	9
Références	10

## **ANNEXES**

Annexe 1A : Répartition géographique des 5 groupes floristiques obtenus par la carte auto-organisante sur la base de l'ensemble des relevés	11
Annexe 1B : Répartition géographique des 5 groupes floristiques obtenus par la carte auto-organisante sur la base des relevés moyennés	12
Annexe 2 : Liste des espèces caractéristiques de chacun des 5 groupes floristiques	13
Annexe 3A : Valeurs brutes pour la comparaison des niveaux d'état écologique entre la grille de 2009 et celle de 2011, notes arrondies au demi-point le plus proche	16
Annexe 3B : Valeurs brutes pour la comparaison des niveaux d'état écologique 2011, selon que les notes seuils sont arrondies au demi ou au dixième de point le plus proche	16
Annexe 4 : Nouvelle grille indicielle proposée	17

## ***LISTE DES FIGURES***

Figure 1 : Résultat de la classification des prélèvements par la carte auto-organisante	4
Figure 2 : Courbe d'entropie calculée sur la variable « région diatomée obtenue en 2005 »	5
Figure 3 : Carte révisée des régions naturelles diatomées (fond HER1)	6
Figure 4 : Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011)	8

## ***LISTE DES TABLEAUX***

Tableau 1 : Seuils physico-chimiques (en mg/l) pour la validation des relevés de référence utilisés durant le second exercice d'intercalibration	4
Tableau 2 : Limites d'état écologique obtenues par région diatomées	7
Tableau 3 : Limites d'état écologique, notes arrondies au demi-point le plus proche	7
Tableau 4 : Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER1	8
Tableau 5 : Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER4	8
Tableau 6 : Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER21	9

**Typologie des flores diatomiques de référence  
et seuils d'état écologique à partir des notes d'IBD2007 :  
Révision sur la base des données issues du Réseau de Référence  
et du Réseau de Contrôle et de Surveillance**

## **CONTEXTE, OBJECTIF ET DEMARCHE**

Le niveau des notations indicielles de qualité des écosystèmes « cours d'eau » est soumis à une variation naturelle non négligeable selon l'entité hydro-écorégionale à laquelle appartient l'hydrosystème considéré, et ceci quelle que soit la métrique utilisée. Afin de pouvoir déterminer une limite de Bon Etat Ecologique comparable d'une Hydro-Ecorégion (HER) à une autre, en 2005 et ce à partir d'une base de données historique constituée par le Cemagref de Bordeaux, une typologie des communautés diatomiques de référence avait été établie. Après avoir mis en correspondance ces communautés avec les différents types de masses d'eau, une grille de notes de référence et limites d'état écologique avait été proposée pour l'IBD2000 (ref). Les ratios de qualité écologique ou EQR dérivés des notes seuils pour les limites d'état écologique Très Bon/Bon et Bon/Moyen avaient été validés lors du premier exercice d'intercalibration européen.

En 2009, suivant l'entrée en vigueur de l'IBD2007 (AFNOR, 2007), cette grille de notes et EQR associés avait été revue puis intégrée à l'arrêté du 25 janvier 2010 (arrêté relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface). Le très récent second exercice d'intercalibration européen a validé ces nouvelles limites d'état écologique.

Aujourd'hui, l'exercice consiste à tester ces nouvelles limites, en analysant les données disponibles issues de la prospection du Réseau de Contrôle et de Surveillance de 2007 à 2009, et du réseau de Référence de 2005 à 2007.

La même démarche que celle mise au point en 2005 a été suivie. Tout d'abord une nouvelle typologie des communautés diatomiques de référence a été établie à l'aide d'un réseau de neurones non supervisé (carte auto-organisante). La correspondance entre ces communautés et les HER de niveau 1 a été étudiée, afin de donner une assise géographique à ces flores naturelles, et d'attribuer à chaque masse d'eau sa communauté de référence. 5 régions diatomiques ont ainsi été mises en évidence, régions très similaires à celles obtenues en 2005. Pour chacune de ces régions et donc pour chacune des différentes masses d'eau la composant, une note de référence ainsi que de nouvelles limites d'état écologique ont été calculées. Les notes seuils d'état écologique sont dérivées des EQR validés lors du second exercice d'intercalibration.

La nouvelle grille indicielle a été fixée après expertise de ce scénario. Le diagnostic d'état écologique des masses d'eau bassin par bassin est proposé sur la base de cette grille, et comparé au diagnostic de 2009.

## METHODOLOGIE

### 1-BASES DE DONNEES

#### *Jeu de données total*

Les données sont issues de la prospection du Réseau de Contrôle et de Surveillance de 2007 à 2009, et de la prospection des stations validées (ref Lyon) du réseau de référence de 2005 à 2007. En tout, la base comporte 3263 échantillons et 1152 taxons (carte).

L'harmonisation taxonomique a été réalisée selon le référentiel du logiciel Omnidia 5.3.

Nous avons émis certains critères de sélection des relevés à conserver, afin de limiter les principales sources de variabilité des communautés pouvant interférer avec l'effet écorégion et/ou altération. Ces critères sont les suivants :

-Substrats : galets uniquement (échantillons sur substrats végétaux éliminés) ;

-Saison : seuls les relevés de saison chaude (mois de mai, juin, juillet et août) ont été conservés, à raison d'un seul relevé par an.

-Prélèvements selon la norme NF T 90-354 (AFNOR, 2007)

Cette pratique a permis de mieux maîtriser la variabilité naturelle due à la saison et aux supports échantillonnés.

De plus, seuls les prélèvements pour lesquels les données physico-chimiques compatibles avec la date du prélèvement biologique (entre 45 jours avant et 15 jours après) étaient disponibles ont été conservés.

#### *Jeu de données de référence*

La typologie des communautés de référence pour le re-calcul des valeurs seuils d'état écologique concerne uniquement les prélèvements issus de la prospection 2005-2007 des stations validées du Réseau de Référence, et après application des critères de sélection ci-dessus.

Un tri supplémentaire a été réalisé afin de supprimer les prélèvements comportant un pourcentage d'espèces hétérotrophes et/ou polysaprobies non négligeable et caractérisant de ce fait une pollution suffisante pour biaiser l'analyse typologique.

Ainsi, 26 prélèvements présentant des abondances cumulées >4,5% des espèces suivantes ont été supprimés : *Nitzschia capitellata*, *Fistulifera saprophila*, *Nitzschia palea*, *Nitzschia paleacea*, *Luticola mutica*, *Gomphonema parvulum var. parvulum f. saprophilum*, *Craticula accomoda*.

4,5% représente l'écart maximal acceptable entre le % représenté par l'abondance cumulée de ces taxons dans un relevé et le 3<sup>ème</sup> quartile de cette abondance dans le jeu de données de références validées. 4,5% vaut 5 fois la distance inter-quartile (entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> quartile).

La base de référence pour la typologie comporte à ce stade 389 prélèvements, pour 462 taxons dénombrés.

### 2- OUTILS D'ANALYSE

En vue de repérer les principaux types de communautés diatomiques présents sur le territoire national et en conditions de référence, les relevés floristiques issus des stations validées du réseau de référence sur la période 2005-2007 ont été analysés à l'aide d'un réseau artificiel de neurones appelé Carte Auto-Organisante (ou SOM pour Self Organizing Map, Kohonen 1995), dont l'intérêt en écologie a déjà largement été démontré (Giraudel & Lek, 2001).

La SOM est une méthode d'ordination permettant de classer les individus dans un espace à 2 dimensions, par projection non linéaire et en fonction de leur similarité. Nos échantillons ont donc été classés selon la similarité des communautés diatomiques qu'ils hébergent. Les échantillons très similaires seront classés dans la même cellule, des échantillons proches dans 2 cellules proches, des échantillons très différents dans 2 cellules très éloignées etc. La qualité de la classification peut être appréhendée par 2 paramètres :

-l'erreur topographique : c'est le pourcentage de sites pour lesquels la cellule la plus proche n'est pas à côté de la 2<sup>ème</sup> cellule la plus proche de leur composition taxonomique. Ce paramètre évalue la qualité du gradient mis en place sur la carte.

-l'erreur de quantisation : c'est la somme des distances entre les sites et leurs cellules les plus proches, toujours du point de vue de la composition taxonomique.

Une analyse ascendante hiérarchique appliquée sur ces résultats a permis de dégager 5 groupes, chacun d'entre eux représentant une communauté particulière liée à des conditions environnementales spécifiques, et pouvant donc être considéré comme un écotype naturel.

Une analyse d'entropie (Shannon, 1948) a permis de comparer cette classification des communautés à la classification obtenue en 2005 (Tison et al, 2005). L'entropie permet d'apprécier si deux classements de variables sont similaires (ici la classification en 5 groupes de 2005 ou l'actuelle), en calculant un indice de diversité des groupes d'un classement au sein des groupes de l'autre classement. Lors de la classification hiérarchique ascendante appliquée aux résultats de la SOM, des nouveaux groupes sont créés en regroupant successivement d'autres groupes deux à deux. Il en résulte une augmentation du niveau d'entropie au sein des nouveaux groupes du fait que la probabilité de créer des groupes purs diminue.

Pour chacun de ces 5 groupes, nous avons pu déterminer la liste des espèces caractéristiques grâce au calcul de l'Indval (Annexe 2), indice mis au point par Dufrêne et Legendre (1997). Cet indice tient compte de l'abondance et de la probabilité d'occurrence de chaque espèce dans chacun des groupes, et attribue ainsi à chaque espèce une valeur indicatrice dont la valeur la plus forte correspond au groupe qu'elle caractérise le mieux. Un test de permutation (test de Monte-Carlo) a ensuite été appliqué à ces données d'IndVal afin de s'assurer de leur significativité (ce qui revient à tester que l'affectation par l'IndVal d'une espèce dans un groupe n'est pas due au hasard). L'existence de 5 assemblages typiques et comportant des différences marquées a ainsi pu être vérifiée.

Une dernière SOM a été réalisée sur des communautés moyennes, obtenues à partir des différents prélèvements disponibles sur un même site (plusieurs campagnes). Ceci permettant 1) de vérifier que les groupes obtenus ne sont pas représentatifs d'une variabilité annuelle des communautés mais bien d'une variabilité régionale et 2) de statuer définitivement sur l'appartenance d'une HER 1 à une région diatomées.

Les logiciels R et PcOrd4 ont été utilisés pour les analyses de données.

### *3-FIXATION DES SEUILS D'ETAT ECOLOGIQUE*

Pour le calcul des seuils, une sélection supplémentaire a été réalisée : tout prélèvement dont les caractéristiques physico-chimiques dépassaient les seuils maximum admis lors du 2<sup>nd</sup> round d'intercalibration (Tableau 1) ont été exclus de la base de données.

type GIG	N-NH4	N-NO3	P-PO4	DBO5
M1, 2, 4, 5	<0,09	<1,15	<0,06	<2
A1, 2	<0,1	<4	<0,04	<2,4
C2	<0,05	<4	<0,03	<2,4
C3	<0,05	<2	<0,02	<2
C1, 4, 5, 6	<0,1	<4	<0,04	<2,4

**Tableau 1 :** Seuils physico-chimiques (en mg/l) pour la validation des relevés de référence utilisés durant le second exercice d'intercalibration (Type GIG : nomenclature européenne des types de masses d'eau)

La base finale comporte 291 échantillons.

Selon la même procédure qu'en 2005 et 2009, nous avons fixé la valeur de référence de l'IBD2007 à la médiane de la distribution des notes d'indice des stations de référence.

Le calcul des Ratios de Qualité Ecologique (EQR) repose sur la formule de base suivante :

$EQR = (\text{indice diatomique observé} - \text{note minimale}) / (\text{indice diatomique de référence} - \text{note minimale})$

Les seuils suivants exprimés en EQR ont été validés par le second round d'intercalibration et correspondent aux seuils adoptés dans la grille indicielle de 2009 pour l'IBD2007 :

Très-Bon/Bon : 0,94

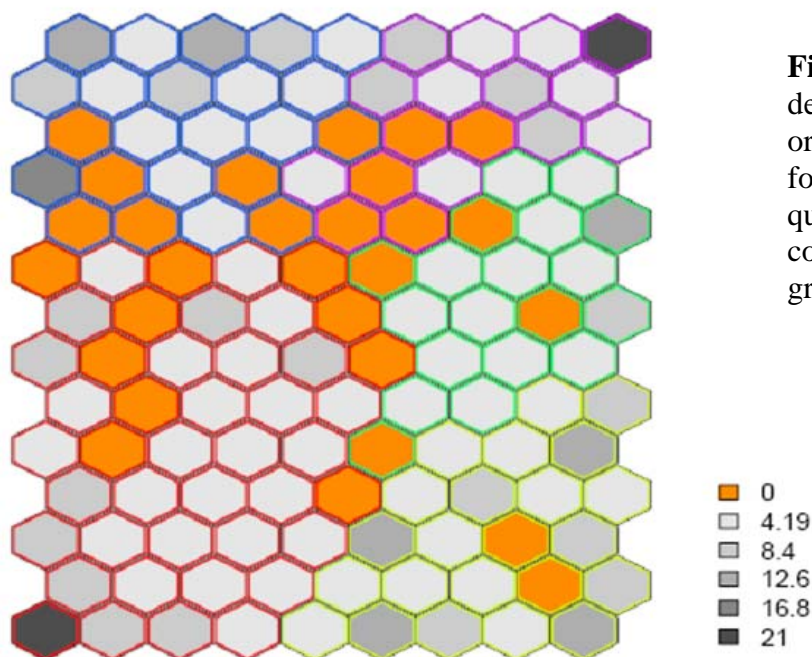
Bon/Moyen : 0,78

Les notes correspondantes sont dérivées de la note de référence et de la formule de calcul des EQR.

## RESULTATS

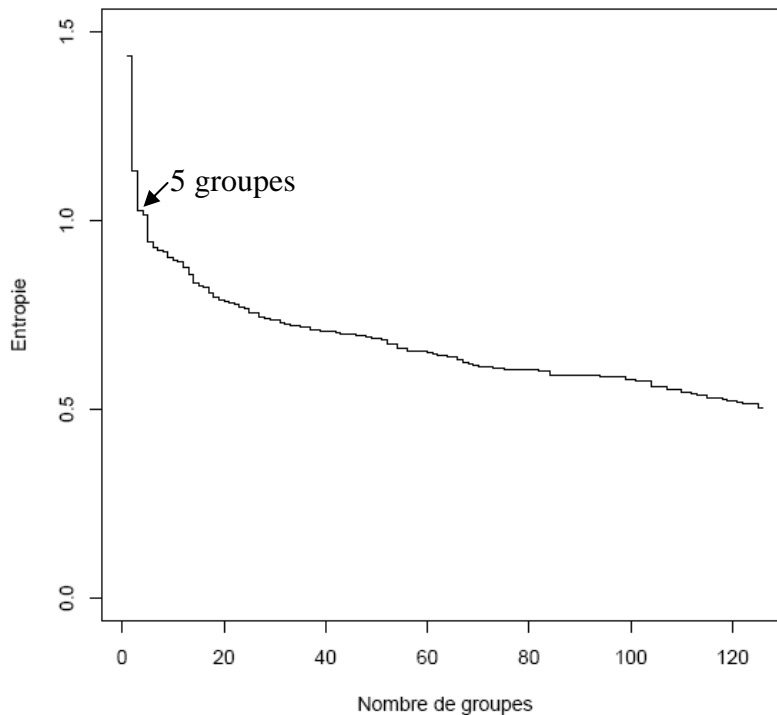
### 1-TYPOLOGIE

La classification des prélèvements par carte auto-organisante est très satisfaisante d'après les critères de validation classiques (erreur topographique : 0,02290076 ; erreur de quantisation : 178,4755) (Figure 1).



**Figure 1 :** Résultat de la classification des prélèvements par la carte auto-organisante : la couleur de la cellule est fonction du nombre minimal de relevés qui y sont groupés. Les couleurs de contour des cellules délimitent les 5 groupes floristiques naturels.

Le choix d'un niveau de classification à 5 groupes se justifie écologiquement, et permet de retrouver quasiment les 5 mêmes régions naturelles qu'en 2005 (et 2009). La courbe d'entropie calculée sur la variable « région diatomée obtenue en 2005 » montre en effet qu'on arrive rapidement à des niveaux très bas (Figure 2), et qu'à 5 groupes on obtient donc une très bonne correspondance avec les résultats de 2005.



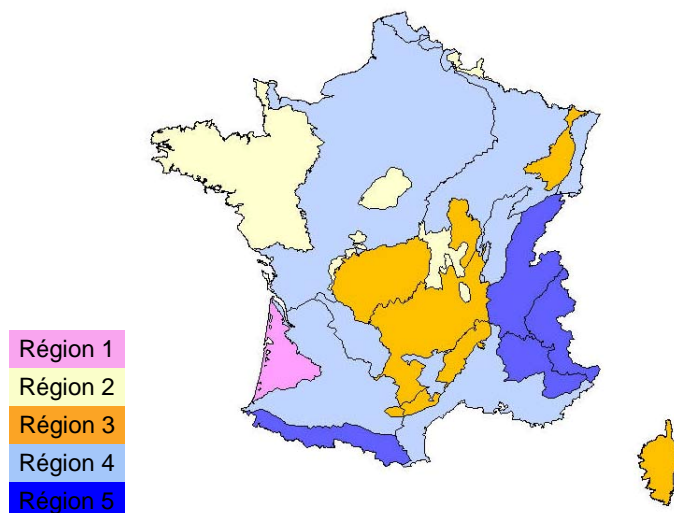
**Figure 2 :** Courbe d'entropie calculée sur la variable « région diatomée obtenue en 2005 »

Les figures en annexe 1A montrent la projection géographique de ces 5 nouveaux groupes sur fond de HER1.

On observe toutefois qu'au sein des Cévennes et du Massif Central Nord différents groupes sont simultanément représentés, sous l'effet d'une variabilité inter-annuelle des flores peut-être, et qu'il est nécessaire de statuer définitivement sur la classification de ces HER en région diatomées. Nous avons donc conduit une nouvelle SOM sur les communautés moyennées (non représentée) (194 relevés moyennés ; erreur topographique : 0; erreur de quantisation : 82,30). Ainsi l'annexe 1B montre la projection géographique des 5 groupes obtenus à partir des communautés moyennées, intégrant la variabilité temporelle des communautés, lorsqu'un même site est prospecté au cours de plusieurs campagnes annuelles.

La figure 3 ci-dessous fait la synthèse de ces observations et propose la carte des régions naturelles révisée.





**Figure 3** : Carte révisée des régions naturelles diatomées (fond HER1).

Région 1 : contexte acide des Landes (note minimale : 5/20)

Région 2 : plaines et faibles altitudes peu carbonatées (note minimale : 1/20)

Région 3 : régions moyennement élevées à élevées, peu carbonatées : Massif Central Nord et Sud, Vosges, Cévennes (note minimale : 5/20)

Région 4 : plaines et faibles altitudes carbonatées (note minimale : 1/20)

Région 5 : montagnes, plutôt carbonatées à franchement carbonatées (note minimale : 5/20)

On observe par rapport à la carte de 2005 (utilisée également en 2009) que les Pyrénées rejoignent les Alpes pour former un groupe de hautes montagnes, et que les Vosges et le Massif Central Nord se classent avec la région 3 (région 2 auparavant).

Ce nouveau classement paraît plus logique que celui de 2005 d'après les caractéristiques hydro-géologiques et altitudinales des HER1 concernées.

Certains sites présentent systématiquement des flores acidophiles et se classent avec la région 1 malgré le fait qu'ils ne se situent pas dans les Landes: Elorn à Commana (Massif Armoricaïn), le ruisseau de Menorrupt à Sapoïs (Vosges), le Cayla à Sousceyrac (Massif Central Sud), l'Allier à Chasserades (Cévennes), et plusieurs points du Massif Central Nord : la Maulde à Gentioux-Pigerolles, la Combade à Dompis, la Diège à Sornac, la Vézère au Bugeat, la Corrèze des Pradines à Gourdon-Murat.

L'Annexe 2 présente après calcul de l'IndVal les espèces caractéristiques de ces 5 types de flores naturelles.

## *2-CALCUL DES SEUILS*

La note de référence de chacun des 5 nouveaux groupes floristiques obtenus correspond à la médiane des notes de référence au sein de ce groupe.

Les limites Très Bon Etat/Bon Etat (TB/B) et Bon Etat/Etat Moyen (B/Moy) sont dérivées des limites exprimées en EQR validées par le second exercice d'intercalibration (EQR valant respectivement 0,94 et 0,78). Les limites suivantes sont fixées aux EQR 0,55 et 0,30 conformément à la grille proposée en 2009.

Le tableau 2 présente les notes seuils ainsi obtenues :

	note de référence	très bon/ bon	bon/moyen	moyen/ médiocre	médiocre/ mauvais	note minimale
région 1	18,4	17,6	15,5	12,4	9	5
région 2	17,4	16,4	13,8	10	5,9	1
région 3	19	18,2	15,9	12,7	9,2	5
région 4	18,1	17,1	14,3	10,4	6,1	1
région 5	20	19,1	16,7	13,3	9,5	5

**Tableau 2** : Limites d'état écologique obtenues par région diatomée

Le Tableau 3 ci-dessus propose d'arrondir les notes précédemment obtenues au demi-point le plus proche, afin d'obtenir une grille plus « opérationnelle », compte-tenu de l'imprécision attachée à une note d'indice (cet arrondi avait été utilisé de la même façon en 2005 et 2009) :

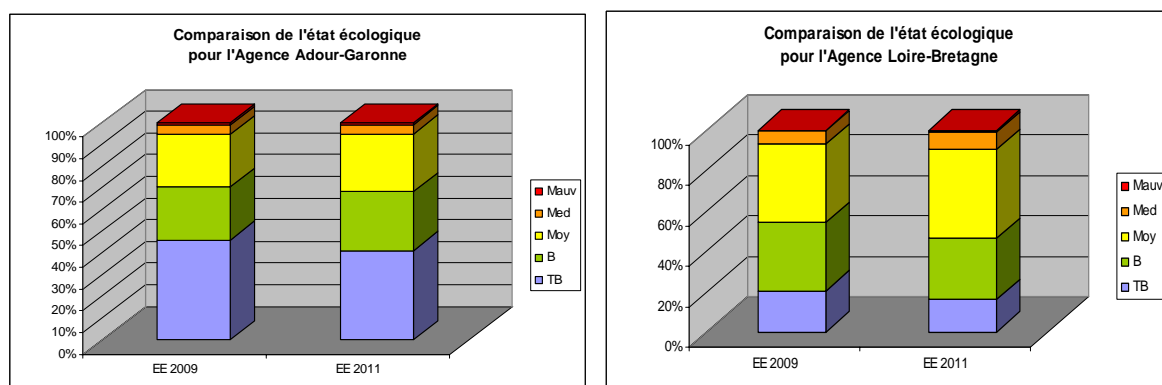
	note de référence	très bon/ bon	bon/moyen	moyen/ médiocre	médiocre/ mauvais	note minimale
région 1	18,5	17,5	15,5	12,5	9	5
région 2	17,5	16,5	14	10	6	1
région 3	19	18	16	13	9,5	5
région 4	18	17	14,5	10,5	6	1
région 5	20	19	16,5	13	9,5	5

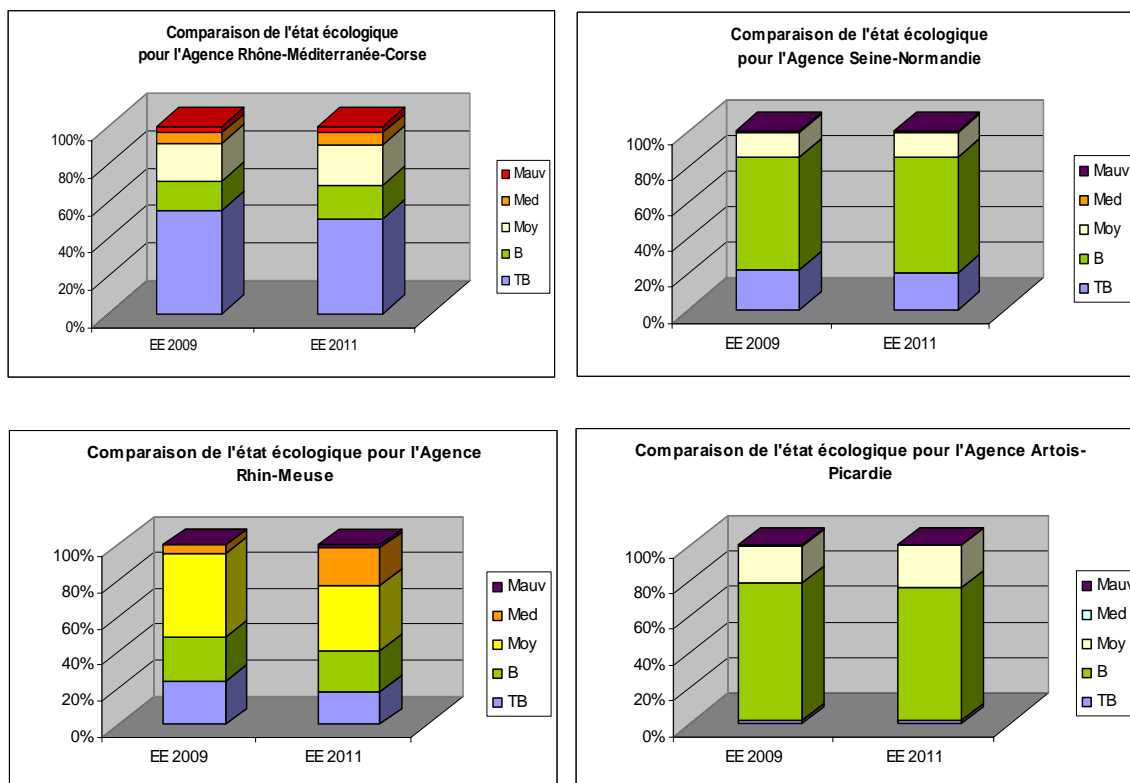
**Tableau 3** : Limites d'état écologique, notes arrondies au demi-point le plus proche

La grille indicielle dérivée du Tableau 3 est proposée en Annexe 4. Par rapport à 2009 il n'est plus proposé de prendre en compte un basculement sur les notes seuils de la région 1 en présence d'un contexte particulièrement acide (hors Landes).

### 3-COMPARAISON AVEC LA CLASSIFICATION SELON LA GRILLE INDICIELLE DE 2009

Si l'on compare la classification en niveaux d'état écologique, bassin par bassin, d'après la grille indicielle de 2009 ou la grille revue ici (notes arrondies au demi-point le plus proche), ces classifications sont identiques selon un test classique du Khi<sup>2</sup> au seuil 0,05 (Figure 4 et Annexe 3A pour les valeurs brutes), sauf pour Loire-Bretagne et Rhin-Meuse. L'attribution d'un niveau d'état écologique est faite d'après la note d'IBD2007.





**Figure 4 :** Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) (TB : Très Bon ; B : Bon ; Moy : Moyen ; Med : Médiocre ; Mauv : Mauvais).

Si l'on regarde plus précisément la répartition en niveaux d'état écologique concernant les 3 HER ayant changé de région, on observe des différences significatives ( $p < 0.05$ ).

Pour l'HER1 « Pyrénées », les différences semblent *a priori* modestes :

HER1	Très Bon	Bon	Moyen
EE 2009	135	12	3
EE 2011	119	25	6

**Tableau 4 :** Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER1

L'état écologique pour l'HER4 « Vosges » pourrait en revanche avoir été davantage surestimé en 2009, ce qui impacte directement l'évaluation actuelle de l'état écologique pour le bassin Rhin-Meuse :

HER4	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre
EE 2009	56	24	29	0
EE 2011	40	20	38	11

**Tableau 5 :** Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER4

Il en est de même pour l'HER21 « Massif Central Nord », ce qui explique par ailleurs que le bassin Loire-Bretagne comme le bassin Rhin-Meuse obtient en 2011 un état écologique moyen inférieur à celui de 2009.

HER21	TB	B	Moy	Med	Mauv
EE 2005	152	111	46	3	0
EE 2011	89	82	116	24	1

**Tableau 6** : Classifications en niveaux d'état écologique selon la grille indicienne de 2009 (EE2009) ou la grille proposée ici (EE2011) pour l'HER21

Outre le fait que ce nouveau classement est plus logique du point de vue des caractéristiques géochimiques et altitudinales de ces HER, si l'on regarde de plus près les notes de référence de chacune d'elles, celles-ci sont tout à fait en adéquation avec la note de référence de leur région d'attribution.

Ainsi l'HER21 affiche une note de référence de 18,7/20 et l'HER 4 une note de 19,5/20, ces 2 HER appartenant à la région 3 dont la note de référence est fixée à 19/20 (en 2009, les HER 4 et 21 étaient classées dans la région 2 dont la note de référence était fixée à 17,5/20).

Egalement, la note de référence de l'HER1 est de 20/20, identique à celle de sa région de rattachement (région 5).

Concernant les Landes, la baisse de la note de référence par rapport à 2009 ne semble pas affecter significativement l'évaluation de l'état écologique (Annexe 3A).

Enfin, il est à noter que la classification en niveaux d'état écologique obtenue pour chaque bassin à partir des notes brutes issues du calcul (Tableau 2), ne diffère pas significativement la classification obtenue à partir des notes arrondies au demi-point supérieur (Annexe 3B).

## CONCLUSIONS

Selon la même démarche que celle adoptée en 2005 et 2009, et à partir des nouvelles données issues de la prospection des stations de référence validées, une typologie des communautés naturelles de diatomées benthiques a été réalisée. Les 5 mêmes grands types de communautés ont été retrouvés, mais le tracé des régions de répartition de celles-ci, sur la base des HER1, a quelque peu évolué.

De nouvelles notes de référence ont été calculées, assez comparables avec les notes fixées en 2009, et les notes seuils d'état écologiques ont été dérivées des EQR validés lors du 2<sup>nd</sup> round d'intercalibration. La grille indicienne obtenue diffère peu de celle de 2009. Les notes seuils sont fixées au demi-point, cet arrondissement jugé plus pratique du point de vue opérationnel n'entraînant pas de modification significative du classement en niveaux d'état écologique au sein des différents bassins.

En revanche, la nouvelle grille indicienne impacte significativement les HER dont la « région diatomée » d'appartenance a été revue depuis 2009. Le classement actuel aboutit ainsi pour les Vosges et le Massif Central Nord à un état écologique moyen plus bas qu'avec le classement de 2009, ce qui se répercute au niveau de diagnostic global des bassins Rhin-Meuse et Loire-Bretagne. Ce nouvel état des lieux est néanmoins jugé plus logique, du point de vue des caractéristiques géochimiques et altitudinales de ces HER, ainsi que du point de vue de leur note de référence.

Enfin, le principe de basculement sur la grille de l'HER Landes en cas d'acidité contextuelle n'est pas conservé.

## Références

AFNOR – Norme NF T90-354 Décembre 2007. Qualité de l'eau - Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD)

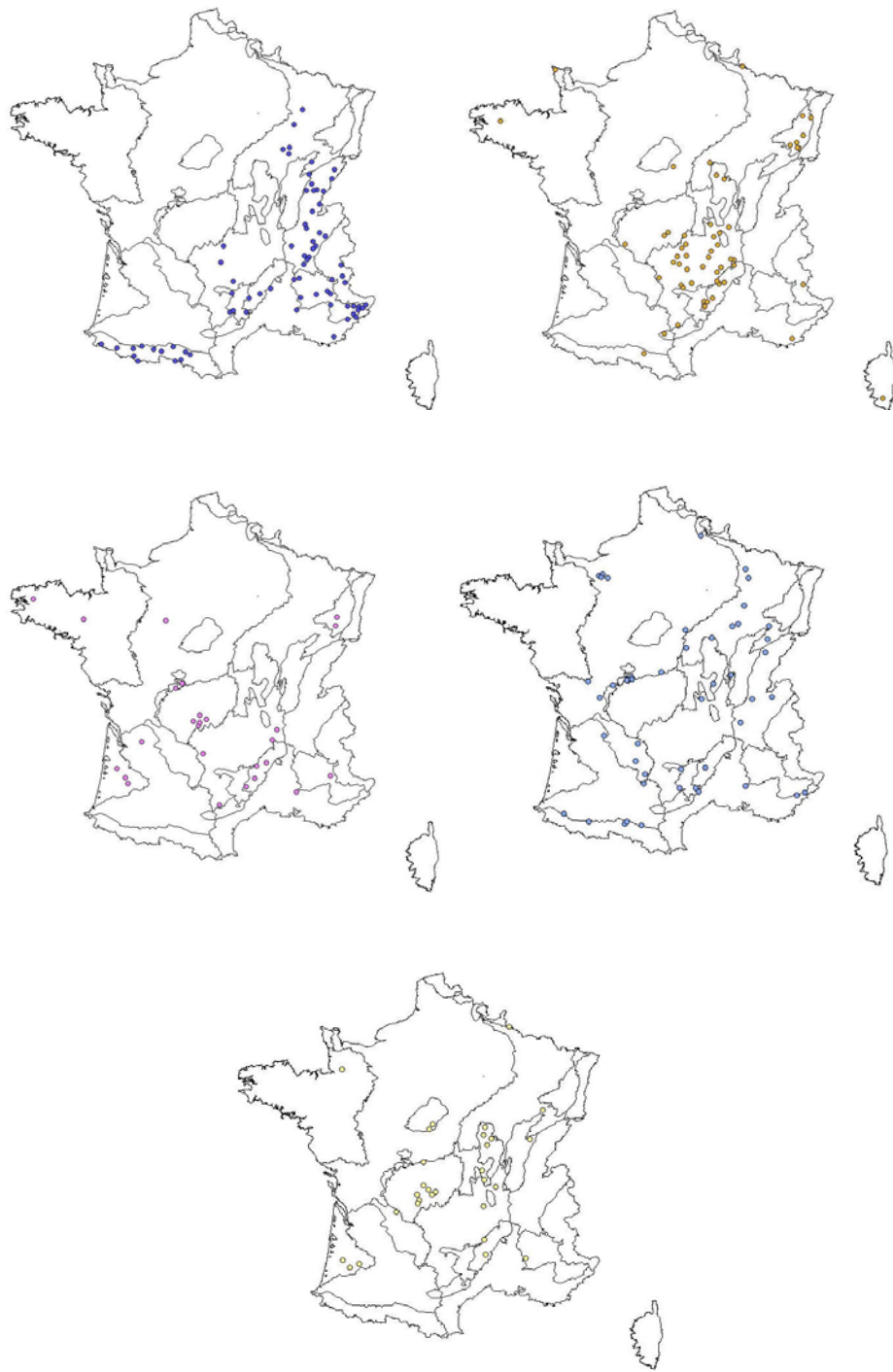
Dufrêne M. and Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-66

Giraudel, J.L. and Lek, S., 2001. A comparison of Self-Organizing Map algorithm and some conventional statistical methods for ecological community ordination. *Ecological Modelling*, 141: 329-339.

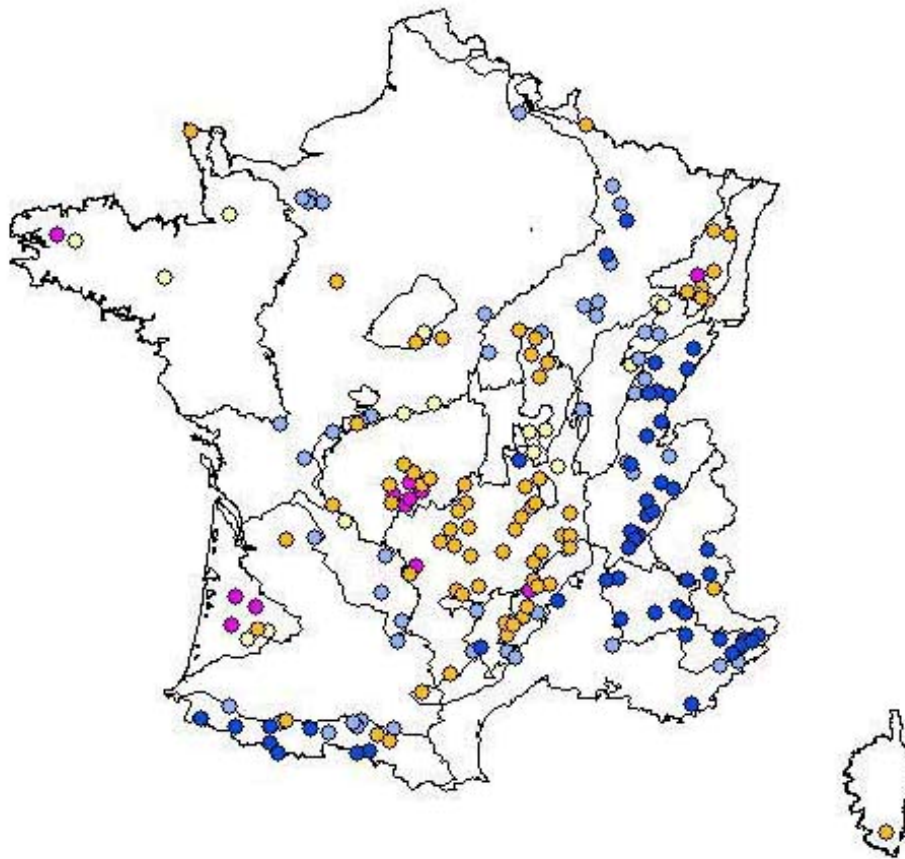
Kohonen, T., 1995. *Self-Organizing Maps*, volume 30 of Springer Series in Information Sciences}. Springer, Berlin, Heidelberg. (Second Extended Edition 1997).

Shannon, C. E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656.

Tison, J., Coste, M., Delmas, F., 2005.- Flores diatomiques des cours d'eau : proposition de valeurs limites du « Bon Etat » pour l'IPS et l'IBD. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction de l'Eau : 20 p.



**Annexe 1A** : Répartition géographique des 5 groupes floristiques obtenus par la carte auto-organisante sur la base de l'ensemble des relevés



**Annexe 1B** : Répartition géographique des 5 groupes floristiques obtenus par la carte auto-organisante sur la base des relevés moyennés.

## Annexe 2 : Liste des espèces caractéristiques de chacun des 5 groupes floristiques

Code	Dénomination de l'espèce	Région	IndVal	p value
KOBG	Karayevia oblongella (Oestrup) M. Aboal	1	70,7	0,001
EMIN	Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck	1	40,5	0,001
ADHE	Achnanthes helveticum (Hustedt) Monnier Lange-Bertalot & Ector	1	39,9	0,001
FCAP	Fragilaria capucina Desmazieres var. capucina	1	38,8	0,001
NAAN	Navicula angusta Grunow	1	35,3	0,001
FVIR	Fragilaria virescens Ralfs	1	35,2	0,001
EEXI	Eunotia exigua (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst	1	33,5	0,001
TFLO	Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing	1	32,6	0,001
ETEN	Eunotia tenella (Grunow) Hustedt	1	31,8	0,001
SRBA	Surirella roba Leclercq	1	30,2	0,001
EINC	Eunotia incisa Gregory var. incisa	1	28,8	0,001
ADMI	Achnanthes minutissimum (Kützing) Czarnecki	1	26,9	0,005
GEXL	Gomphonema exilissimum (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt	1	26,4	0,001
ADSO	Achnanthes subatomoides (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot et Ector	1	25,1	0,001
FRUM	Fragilaria rumpens (Kütz.) G.W.F. Carlson	1	20,6	0,002
EMUC	Eunotia mucophila (Lange-Bert. & Norpel Schempp) Lange-Bertalot	1	19,9	0,001
EIMP	Eunotia implicata Nörpel. Lange-Bertalot & Alles	1	18,2	0,001
ABRT	Achnanthes bioretii (Germain) Edlund	1	17,8	0,001
FGRA	Fragilaria gracilis Østrup	1	16,4	0,003
PSEL	Pinnularia subcapitata Gregory var. elongata Krammer	1	16,3	0,001
FKRA	Frustulia krammeri Lange-Bertalot & Metzeltin	1	14,9	0,001
GPVL	Gomphonema parvulus Lange-Bertalot & Reichardt	1	14,4	0,001
ESUB	Eunotia subarcuatoidea Alles Nörpel & Lange-Bertalot	1	14,2	0,001
ENNG	Encyonema neogracile Krammer	1	13	0,001
EUIN	Eunotia intermedia (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot	1	12,7	0,001
FBID	Fragilaria bidens Heiberg	1	7	0,018
TVEN	Tabellaria ventricosa Kützing	1	6,6	0,009
EARC	Eunotia arcus Ehrenberg var. arcus	1	6,4	0,011
NNOT	Navicula notha Wallace	1	6,4	0,01
ADMS	Adafia minuscula (Grunow) Lange-Bertalot	1	5,7	0,027
GCLA	Gomphonema clavatum Ehr.	1	5,3	0,048
EPEC	Eunotia pectinalis (Dyallwyn) Rabenhorst var. pectinalis	1	4,6	0,017
BVIT	Brachysira vitrea (Grunow) Ross in Hartley	1	3,9	0,033
NLAN	Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg	2	63,7	0,001
PLFR	Planothidium frequentissimum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	2	57,6	0,001
NCRY	Navicula cryptocephala Kützing	2	40,8	0,001
NGRE	Navicula gregaria Donkin	2	39,4	0,001
NPAL	Nitzschia palea (Kützing) W. Smith	2	38,3	0,001
ADSH	Achnanthes subhudsonis (Hustedt) H. Kobayasi	2	35,9	0,001
NRHY	Navicula rhynchocephala Kützing	2	35	0,001
EOMI	Eolimna minima (Grunow) Lange-Bertalot	2	33,1	0,001
ESLE	Encyonema silesiacum (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	2	31,4	0,003
MVAR	Melosira varians Agardh	2	27,3	0,001
GPAR	Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing var. parvulum f. parvulum	2	26,8	0,001
FCVA	Fragilaria capucina Desmazieres var. vaucheriae (Kützing) Lange-Bertalot	2	26,1	0,001
ENMI	Encyonema minutum (Hilse in Rabh.) D.G. Mann	2	25,1	0,002
AAMB	Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen	2	23,9	0,001
SSVE	Staurosira venter (Ehr.) Cleve & Moeller	2	23,6	0,001
NGER	Navicula germainii Wallace	2	23,4	0,001
ADEU	Achnanthes eutrophilum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	2	23,2	0,001
PDAU	Planothidium dauyi (Foged) Lange-Bertalot	2	21	0,001
LGOE	Luticola goeppertiana (Bleisch in Rabenhorst) D.G. Mann	2	19	0,001
NINC	Nitzschia inconspicua Grunow	2	18,2	0,006
NANT	Navicula antonii Lange-Bertalot	2	18,1	0,002
DSTE	Discostella stelligera (Cleve et Grunow) Houk & Klee	2	17,9	0,001



Code	Dénomination de l'espèce	Région	IndVal	p value
PTPE	Planothidium peragallii (Brun & Heribaud)Round & Bukhtiyarova	2	16	0,001
ADRI	Achnanthydium rivulare Potapova & Ponader	2	14,7	0,002
NACD	Nitzschia acidoclinata Lange-Bertalot	2	14,4	0,001
KALA	Karayevia laterostrata (Hustedt) Bukhtiyarova	2	14,1	0,001
NPAD	Nitzschia palea (Kützing) W.Smith var.debilis(Kützing)Grunow in Cl. & Grun	2	12,7	0,001
SSEM	Sellaphora seminulum (Grunow) D.G. Mann	2	12,6	0,005
ESBM	Eolimna subminuscula (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	2	12,3	0,009
NROS	Navicula rostellata Kützing	2	12,3	0,001
SPUP	Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowsky	2	11,8	0,005
GMIC	Gomphonema micropus Kützing var. micropus	2	11,7	0,008
SANG	Surirella angusta Kützing	2	11,3	0,004
SBRV	Staurosira brevistriata (Grunow) Grunow	2	10,2	0,003
HCAP	Hippodonta capitata (Ehr.)Lange-Bert.Metzeltin & Witkowski	2	9,4	0,003
PRST	Planothidium rostratum (Oestrup) Lange-Bertalot	2	9,1	0,005
PPRO	Parlibellus protracta (Grunow) Witkowski Lange-Bertalot & Metzeltin	2	8,1	0,004
ADCT	Achnanthydium catenatum (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	2	7,8	0,014
CMLF	Craticula molestiformis (Hustedt) Lange-Bertalot	2	7,8	0,011
AUSB	Aulacoseira subborealis (Nygaard) Denys, Muylaert & Krammer	2	7,2	0,005
PCLT	Placoneis clementis (Grun.) Cox	2	6,9	0,007
FVUL	Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni	2	6,8	0,005
NSUA	Nitzschia subacicularis Hustedt in A.Schmidt et al.	2	6,7	0,011
NSHR	Navicula schroeteri Meister var. schroeteri	2	6,6	0,011
PGRN	Planothidium granum (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot	2	6,6	0,004
GITA	Gomphonema italicum Kützing	2	5,4	0,009
SEXG	Stauroforma exiguiformis (Lange-Bertalot) Flower Jones et Round	2	4,8	0,027
CPLI	Cocconeis placentula Ehrenberg var.lineata (Ehr.)Van Heurck	3	73,3	0,001
ADSU	Achnanthydium subatomus (Hustedt) Lange-Bertalot	3	52,1	0,001
PTLA	Planothidium lanceolatum(Brebisson ex Kützing) Lange-Bertalot	3	36,5	0,001
RSIN	Reimeria sinuata (Gregory) Kociolek & Stoermer	3	34,7	0,001
COPL	Cocconeis pseudolineata (Geitler) Lange-Bertalot	3	28,1	0,001
ADDA	Achnanthydium daonense (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot Monnier & Ector	3	21,8	0,001
GRHB	Gomphonema rhombicum M. Schmidt	3	21,8	0,001
GACC	Geissleria acceptata (Hust.) Lange-Bertalot & Metzeltin	3	20,9	0,001
GCFU	Gomphoneis caldifuga (Lange-Bertalot & Reichardt)Tuij	3	20,7	0,001
DPER	Diadesmis perpusilla (Grunow) D.G. Mann in Round & al.	3	18,5	0,001
ADSP	Adlafia sp.	3	16,9	0,001
ADLS	Adlafia suchlandtii (Hustedt) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	3	11,7	0,003
DMES	Diatoma mesodon (Ehrenberg) Kützing	3	11,5	0,027
NULA	Nupela lapidosa (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot var.lapidosa	3	10,4	0,003
NEXI	Navicula exilis Kützing	3	9,9	0,012
PSRE	Psammothidium rechtensis (Leclercq) Lange-Bertalot	3	9,4	0,002
NHAN	Nitzschia hantzschiana Rabenhorst	3	8,5	0,006
FARC	Fragilaria arcus (Ehrenberg) Cleve var. arcus	3	7,9	0,04
ADMM	Adlafia minuscula var. muralis (Grunow) Lange-Bertalot	3	5,3	0,034
NLUN	Navicula lundii Reichardt	3	4,4	0,036
NTPT	Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	4	82,7	0,001
APED	Amphora pediculus (Kützing) Grunow	4	79,5	0,001
NCTE	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	4	69,4	0,001
CEUG	Cocconeis euglypta Ehrenberg	4	50,3	0,001
CPED	Cocconeis pediculus Ehrenberg	4	44,3	0,001
GMIN	Gomphonema minutum(Ag.)Agardh f. minutum	4	40,6	0,001
NDIS	Nitzschia dissipata(Kützing)Grunow var.dissipata	4	39	0,001
NRCH	Navicula reichardtiana Lange-Bertalot var. reichardtiana	4	37,7	0,001
FSBH	Fallacia subhamulata (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	4	34,5	0,001
CBAC	Caloneis bacillum (Grunow) Cleve	4	33,2	0,001

Code	Dénomination de l'espèce	Région	IndVal	p value
NCPR	Navicula capitatoradiata Germain	4	33	0,001
GSCI	Gyrosigma sciotense (Sullivan et Wormley) Cleve	4	27,9	0,001
RABB	Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	4	27,6	0,001
AINA	Amphora inariensis Krammer	4	27,3	0,001
NFON	Nitzschia fonticola Grunow in Cleve et Möller	4	26,6	0,002
ACOP	Amphora copulata (Kütz) Schoeman & Archibald	4	24,4	0,001
NSOC	Nitzschia sociabilis Hustedt	4	22,4	0,001
GOLI	Gomphonema olivaceum (Hornemann) Brébisson var. olivaceum	4	21,9	0,001
CAEX	Cymbella excisa Kützing var. excisa	4	19	0,002
DVUL	Diatoma vulgare Bory	4	18,2	0,001
RUNI	Reimeria uniseriata Sala Guerrero & Ferrario	4	18,2	0,001
SBRE	Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot var. brebissonii	4	17,3	0,001
DTEN	Denticula tenuis Kützing	4	16,7	0,038
NAMP	Nitzschia amphibia Grunow f. amphibia	4	15,9	0,001
ADLB	Achnanthydium lauenburgianum (Hustedt) Monnier Lange-Bertalot & Ector	4	15,3	0,001
GPRI	Gomphonema pumilum var. rigidum Reichardt & Lange-Bertalot	4	15,2	0,001
GYAT	Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst	4	13,2	0,001
KGES	Kolbesia gessneri (Hustedt) Aboal	4	13	0,001
DPST	Discostella pseudostelligera (Hustedt) Houk et Klee	4	12,2	0,008
FLEN	Fallacia lenzi (Hustedt) Lange-Bertalot	4	11,6	0,001
CEUO	Cocconeis euglyptoides (Geitler) Lange-Bertalot	4	11,3	0,001
NTRV	Navicula trivialis Lange-Bertalot var. trivialis	4	10,7	0,002
ENLB	Encyonema lange-bertalotii Krammer morphotype 1	4	10	0,008
SIDE	Simonsenia delognei Lange-Bertalot	4	9,9	0,006
DOCU	Diploneis oculata (Brebisson) Cleve	4	9,8	0,002
NREC	Nitzschia recta Hantzsch in Rabenhorst	4	9,2	0,013
DOBL	Diploneis oblongella (Naegeli) Cleve-Euler	4	8,8	0,008
CINV	Cyclostephanos invisitatus (Hohn & Hellerman) Theriot Stoermer & Hakansson	4	8	0,005
DSEP	Diploneis separanda Lange-Bertalot	4	7,3	0,008
ACAF	Achnanthydium affine (Grun) Czarnecki	4	6,7	0,045
NCTO	Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot	4	6,6	0,033
CMEN	Cyclotella meneghiniana Kützing	4	6,2	0,017
DMAR	Diploneis marginestriata Hustedt	4	4,7	0,03
ADPY	Achnanthydium pyrenaicum (Hustedt) Kobayasi	5	78,2	0,001
GELG	Gomphonema elegans (Reichardt & Lange-Bertalot) Monnier & Ector	5	28,9	0,001
GPUM	Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot	5	27,2	0,001
ACLI	Achnanthydium lineare W. Smith	5	22,3	0,001
DEHR	Diatoma ehrenbergii Kützing	5	19,6	0,001
ECPM	Encyonopsis minuta Krammer & Reichardt	5	17,9	0,001
GMPU	Gomphonema micropumilum Reichardt	5	17,8	0,001
CPAR	Cymbella parva (W.Sm.) Kirchner in Cohn	5	16	0,001
ENCM	Encyonopsis microcephala (Grunow) Krammer	5	16	0,005
CAFF	Cymbella affinis Kützing var. affinis	5	14,6	0,001
DTMO	Diatoma tenue Agardh var. moniliformis Kützing	5	14,4	0,002
GLAT	Gomphonema lateripunctatum Reichardt & Lange-Bertalot	5	14	0,001
GTER	Gomphonema tergestinum Fricke	5	13,9	0,002
SSTM	Sellaphora stroemii (Hustedt) Mann	5	13,5	0,001
ADAM	Achnanthydium atomoides Monnier, Lange-Bertalot & Ector	5	12,8	0,013
GOCU	Gomphonema occultum Reichardt & Lange-Bertalot	5	11,1	0,002
ESUM	Encyonopsis subminuta Krammer & Reichardt	5	10,3	0,001
ECKR	Encyonopsis krammeri Reichardt	5	9,5	0,006
DDEL	Delicata delicatula (Kützing) Krammer var. delicatula	5	7,8	0,007
GROS	Gomphonema rosenstockianum Lange-Bertalot & Reichardt	5	7,8	0,037
BMIC	Brachysira microcephala (Grunow) Compère	5	7,7	0,015
CEXF	Cymbella excisiformis Krammer var. excisiformis	5	7,3	0,008
CVUL	Cymbella vulgata Krammer var. vulgata Krammer	5	7,1	0,014
ADKR	Achnanthydium kranzii (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	5	6,6	0,023
GAGV	Gomphonema angustivalva E. Reichardt	5	6,6	0,018

**Annexe 3A** : Valeurs brutes pour la comparaison des niveaux d'état écologique entre la grille de 2009 et celle de 2011, notes arrondies au demi-point le plus proche (\* : p value <0,05 désignant une différence significative entre les classements)

		Très-Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	p value kh <sup>2</sup>
Adour-Garonne	EE 2009	315	168	167	29	7	0,32
	EE 2011	290	181	194	34	7	
Loire-Bretagne	EE 2009	208	343	400	62	6	0,002*
	EE 2011	166	305	448	87	13	
Rhône-Med-Corse	EE 2009	638	180	235	66	38	0,27
	EE 2011	588	208	246	74	41	
Seine-Normandie	EE 2009	76	219	47	2	0	0,87
	EE 2011	70	222	50	1	1	
Rhin-Meuse	EE 2009	55	54	105	11	0	7,87E-6*
	EE 2011	41	52	82	46	4	
Artois-Picardie	EE 2009	2	103	28	1	0	0,52
	EE 2011	2	100	32	0	0	
HER4 Vosges	EE 2009	56	24	29	0	0	0,00001*
	EE 2011	40	20	31	18	0	
HER21 Massif Central N	EE 2009	152	111	46	3	0	4,9E-14*
	EE 2011	89	82	116	24	1	
HER1 Pyrénées	EE 2009	135	12	3	0	0	0,03*
	EE 2011	119	25	6	0	0	
HER13 Landes	EE 2009	11	9	12	6	2	0,8
	EE 2011	16	7	11	5	1	

**Annexe 3B** : Valeurs brutes pour la comparaison des niveaux d'état écologique 2011, selon que les notes seuils sont arrondies au demi ou au dixième de point le plus proche (toutes les p value sont >0,05, aucune différence significative entre les classements n'a donc été répertoriée).

		Très-Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	p value kh <sup>2</sup>
Adour-Garonne	demi-point	290	181	194	34	7	0,48
	10ème de point	279	210	183	27	7	
Loire-Bretagne	demi-point	166	305	448	87	13	0,52
	10ème de point	165	341	423	78	12	
Rhône-Med-Corse	demi-point	588	208	246	74	41	0,85
	10ème de point	577	230	238	72	40	
Seine-Normandie	demi-point	70	222	50	1	1	0,81
	10ème de point	66	232	45	0	1	
Rhin-Meuse	demi-point	41	52	82	46	4	0,67
	10ème de point	40	60	87	35	3	
Artois-Picardie	demi-point	2	103	29	0	0	0,83
	10ème de point	3	105	26	0	0	
HER4 Vosges	demi-point	40	20	31	18	0	0,85
	10ème de point	39	21	35	14	0	
HER21 Massif Central	demi-point	89	82	116	24	1	0,54
	10ème de point	80	95	120	16	1	
HER1 Pyrénées	demi-point	119	25	6	0	0	0,99
	10ème de point	118	26	6	0	0	
HER13 Landes	demi-point	16	7	11	5	1	1
	10ème de point	16	7	11	5	1	

## Annexe 4 : Nouvelle grille indicielle proposée

		Valeurs inférieures des limites de Classes d'Etat Ecologique par type (IBD 2007)					
		Rangs (bassin Loir e-Bretagne)	8, 7	6	5	4	3, 2, 1
		Rangs (autres bassins)	8, 7, 6	5	4	3	2, 1
IBD 2007							
Hydroécocorégions de niveau 1		Cas général, cours d'eau exogène de l'HER de niveau 1 indiquée ou HER de niveau 2	Très Grands	Grands	Moyens	Petits	Très Petits
20	DEPOTS ARGILE SABLEUX	Cas général		16,5-14-10-6		16,5-14-10-6	16,5-14-10-6
		HER2 n°31, 33, 39, 119 (Artois-Picardie)		17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6	
		Exogène de l'HER 9		17-14,5-10,5-6			
		Exogène de l'HER 21					
21	MASSIF CENTRAL NORD	Cas général		18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
		Cas général		18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
3	MASSIF CENTRAL SUD	Exogène de l'HER 19			#		
		Exogène de l'HER 8			#		
		Exogène de l'HER 19 ou 8		17-14,5-10,5-6			
17	DEPRESSIONS SEDIMENTAIRES	Cas général			16,5-14-10-6	16,5-14-10-6	16,5-14-10-6
		Exogène de l'HER 3 ou 21	#	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
		Exogène de l'HER 3 ou 21					
15	PLAINE SAONE	Exogène de l'HER 5		19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	
		Cas général	17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 10	17-14,5-10,5-6				
5	JURA / PRE-ALPES DU NORD	Cas général		19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5
		Exogène de l'HER 2	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5			
TTGA	FLEUVES ALPINS	Cas général	#				
2	ALPES INTERNES	Cas général		19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5
		Cas général		19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5
7	PRE-ALPES DU SUD	Exogène de l'HER 2	17-14,5-10,5-6	19-16,5-13-9,5			
		Exogène de l'HER 2 ou 7		19-16,5-13-9,5			
		Exogène de l'HER 7		19-16,5-13-9,5			
		Exogène de l'HER 8		18-16-13-9,5			
6	MEDITERRANEE	Exogène de l'HER 1	17-14,5-10,5-6	19-16,5-13-9,5			
		Cas général		17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6
		Cas général		18-16-13-9,5		18-16-13-9,5	
8	CEVENNES	A-her2 n°70			18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
		A-her2 n°22			18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
16	CORSE	B-her2 n°88	18-16-13-9,5		18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
19	GRANDS CAUSSES	Cas général				17-14,5-10,5-6	
		Exogène de l'HER 8		18-16-13-9,5			
11	CAUSSES AQUITAINS	Cas général				17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 3 et/ou 21	17-14,5-10,5-6	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	
		Exogène des HER 3, 8, 11 ou 19	17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6		
		Exogène de l'HER 3 ou 8			17-14,5-10,5-6		
		Cas général		17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 1	17-14,5-10,5-6	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5
13	LANDES	Cas général			17,5-15,5-12,5-9	17,5-15,5-12,5-9	17,5-15,5-12,5-9
1	PYRENEES	Cas général		19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5	19-16,5-13-9,5
12	ARMORICAIN	A-Centre-Sud		16,5-14-10-6	16,5-14-10-6	16,5-14-10-6	16,5-14-10-6
		B-Ouest-Nord Est		16,5-14-10-6	16,5-14-10-6	16,5-14-10-6	16,5-14-10-6
TTGL	LA LOIRE	Cas général	17-14,5-10,5-6				
		A-her2 n°57			17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	
9	TABLES CALCAIRES	Cas général	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 10		17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6		
		Exogène de l'HER 21	17-14,5-10,5-6	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5		
10	COTES CALCAIRES EST	Exogène de l'HER 21					
		Cas général	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6	17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 4		18-16-13-9,5			
4	VOSGES	Cas général		18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5
22	ARDENNES	Exogène de l'HER 10	16,5-14-10-6				
		Cas général		16,5-14-10-6		16,5-14-10-6	16,5-14-10-6
18	ALSACE	Cas général			17-14,5-10,5-6		17-14,5-10,5-6
		Exogène de l'HER 4		18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	18-16-13-9,5	

a-b-c-d : a = limite inférieure du très bon état, b = limite inférieure du bon état, c = limite inférieure de l'état moyen, d = limite inférieure de l'état médiocre  
# : absence de référence. En gris : type inexistant

Région diatomées	Note de référence
1	18,5
2	19
3	20
4	17,5
5	18