

Qualité physico-chimique de l'eau

DESCRIPTION DE L'INDICATEUR

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètre. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres :

- **Qualité physique** : matière en suspension, turbidité, transparence, température, conductivité et salinité ;
- **Qualité chimique** : pH, sels minéraux, matière organique (Demande Biologique en Oxygène en 5 jours, Carbone Organique Dissous), oxygène dissous, nutriments (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice), pesticides, etc.

Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion.

FAISABILITÉ

Technique * * *
Financière € € €

PERTINENCE

Zone humide ☺☺☺
Bilan des outils ☺☺☺

OBJECTIFS À ÉVALUER

- Améliorer la qualité de l'eau

TYPOLOGIE D'HABITATS

| SDAGE | Sous-type SDAGE | Corine Biotope |
|--|---|---|
| Grands estuaires | | |
| Baies et estuaires moyens et plats | Vasières, herbiers, Prés-salés | |
| Marais et lagunes côtiers | Marais, prés-salés, lagunes, arrières dunes, roselières | |
| Marais saumâtres aménagés | Marais salants, bassins aquacoles | 11 Mers et océans |
| Bordure de cours d'eau et plaines alluviales | Annexes fluviales | 12 Bras de mer, baies et détroits 13 Estuaires et rivières initiales (soumises à marées) |
| Régions d'étangs | Etangs isolés | 22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) |
| Petits plans d'eau et bordure de plans d'eau | Bordure de lacs, prairies humides, prairies tourbeuses | 23 Eaux stagnantes, saumâtres et salées |
| Zones humides ponctuelles | Réseau de mares ou mares permanentes ou temporaire, naturelles ou créées par l'homme | 89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux |
| Marais aménagés dans un but agricole | Marais doux | |
| Zones humides artificielles | Plans d'eau de loisir, plan d'eau de barrages, bassins de lagunage, mares d'abreuvement | |

TRAVAUX CONCERNÉS

- Restauration des connexions hydrauliques au sein du réseau
- Restauration des connexions hydrauliques avec les prairies
- Curage, entretien des émissaires hydrauliques
- Lutte contre les espèces exotiques envahissantes
- Plantation
- Condamnation des abreuvoirs sauvages
- Démantèlement et arasement partiel d'ouvrage
- Gestion des manœuvres d'ouvrage
- Reconversion d'une culture en prairie humide

MÉTHODOLOGIE

MISE EN PLACE D'UNE DÉMARCHE DE PRÉLÈVEMENT

Avant de commencer les mesures, il est important de bien évaluer les besoins et attentes que devra satisfaire la démarche de prélèvement. Les étapes sont les suivantes :

1) Identifier les objectifs de suivi. Ils peuvent se traduire soit par :

- une surveillance à long terme avec la mise en place d'une bancarisation des données. Cet observatoire permet d'évaluer des tendances sur plusieurs années ;
- un suivi de travaux afin d'analyser les retombées d'une action humaine sur un territoire ;
- une politique de gestion afin de connaître l'évolution de l'état d'une zone humide ;

2) Mise en place d'un plan d'échantillonnage adapté qui demande une réflexion sur le choix de l'emplacement des stations (représentativité), des paramètres pertinents à suivre (en plus des relevés in situ) et de la fréquence d'échantillonnage.

3) Evaluer la faisabilité technique et financière de la démarche, à partir d'une étude sur le "coût-bénéfice" de la réalisation du prélèvement. Cela demande de tenir compte des coûts de matériel, de personnel, des frais de déplacement, de l'entretien du matériel, etc. Se renseigner également sur les exigences du commanditaire concernant l'accréditation afin de connaître la portée des données recueillies.

Identifier également le rôle de chacun :

| | | |
|-------------|--------------|-------------|
| Vous | Transporteur | Laboratoire |
| Prélèvement | Transport | Analyse |

| | | |
|-------------|-----------|-------------|
| Vous | | Laboratoire |
| Prélèvement | Transport | Analyse |

| | | |
|-------------|-----------|---------|
| Laboratoire | | |
| Prélèvement | Transport | Analyse |

Collaborer avec un laboratoire d'analyse demande une procédure d'appel d'offre, ce qui nécessite la rédaction d'un cahier des charges (CCTP) afin de bien préciser les éléments de logistique et ainsi éviter tout manquement.

Un échantillonnage rigoureux, consiste à limiter le biais inhérent au prélèvement et à garantir la pertinence des données obtenues.

Pour en savoir plus sur la mise en place d'une stratégie d'échantillonnage dans le cadre d'un suivi, se référer au guide édité par le Forum des Marais Atlantiques : Trame méthodologique pour la mise en place de suivis hydrologiques en marais (2004).

UTILISATION D'UN BOITIER MULTI-PARAMÈTRES

Une mesure *in situ* permet d'estimer les conditions du milieu au moment du prélèvement et ainsi d'expliquer certains résultats physico-chimiques.

Il est préconisé de réaliser les mesures tôt dans la matinée et d'étalonner les sondes avant chaque campagne d'échantillonnage. L'étalonnage permet de garantir la justesse de la mesure et de répondre aux exigences énoncées dans les normes.

Les paramètres mesurés par les sondes sont les suivants :

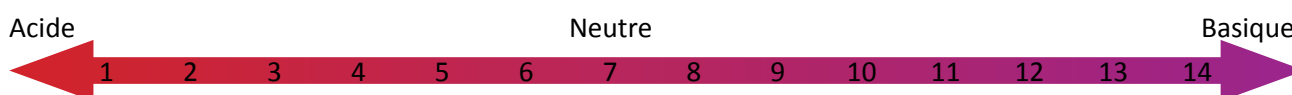
| Paramètres | Normes |
|---------------------------------------|---------------------------|
| pH | NF T01-013 Juillet 1974 |
| | NF EN ISO 10523 Mai 2012 |
| | NF T90-008 Février 2001 |
| oxygène dissous (mgO ₂ /l) | NF EN 25814 Mars 1993 |
| | PR NF ISO 17289 Août 2013 |
| conductivité (μS/cm) | NF EN 27888 Janvier 1994 |



Figure 1 : boîtier multi-paramètres.

Sonde potentiel Hydrogène (pH)

Le pH représente le caractère acide ou alcalin d'une masse d'eau. Il est mesuré sur une échelle de 1 à 14. Le pH 7 représente la neutralité. Ce paramètre est sensible à la température.



L'étalonnage de la sonde pH se réalise à l'aide de solutions tampons certifiées (NIST/DIN). De préférence, choisissez une gamme de solutions tampons adaptée au pH des eaux à analyser. Et à minima, utilisez des solutions tampons pH 7 et pH 4.

L'entretien de la sonde pH se réalise à la fin de chaque mesure avec un rinçage à l'eau distillée. A la fin de chaque campagne d'échantillonnage, l'électrolyte (par exemple : KCl 3 mol/L) contenu dans le fond du bouchon doit être remplacé. Ainsi, la sonde ne doit jamais être stockée à sec. Elle a une durée de vie limitée à plus ou moins un an, sauf si elle est régénérable.

Une sonde défectueuse peut se manifester par la difficulté à stabiliser la mesure, une dérive importante lors de l'étalonnage à tester le matin et le soir et/ou des données de calibration aberrantes.

Le pH peut également être mesuré à l'aide de papier pH (bandelettes à réactif coloré) mais cette méthode est peu précise.

Sonde oxygène dissous

L'oxygénation de l'eau est un paramètre non négligeable pour la survie des espèces, les processus biochimiques avec la dégradation de la matière organique, la respiration cellulaire, etc. Ainsi, de nombreux facteurs influencent l'oxygénation de l'eau :

- la température : l'O₂ diminue quand la température augmente ;
- la salinité : l'O₂ diminue quand la salinité augmente.

L'étalonnage se réalise dans l'air, à pression atmosphérique et de préférence dans le noir.

Une mesure peut-être exprimée en mg/L qui correspond à la concentration en oxygène, en % représentant la saturation ou en mBar pour la pression partielle de l'oxygène.

L'entretien de la sonde se réalise à la fin de chaque mesure avec un rinçage à l'eau distillée.

Il existe un autre moyen pour mesurer l'O₂ dissous : la méthode de Winkler. Il s'agit d'un dosage chimique

nécessitant l'emport de réactifs sur le terrain, puis d'une analyse en laboratoire.

Sonde conductivité électrique

La conductivité est une mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Plus la charge en ions dissous est importante, plus la conductivité augmente. Ce paramètre dépend également de la température. La conductivité d'une eau est généralement ramenée à 25°C et s'exprime en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

La salinité (sans unité) d'une eau est estimée grâce à la conductivité électrique, soit :

$$\text{Salinité} = \frac{\text{conductivité de l'échantillon ramenée à } 25^{\circ}\text{C}}{\text{conductivité d'une solution de KCl } 0,01\text{N à } 25^{\circ}\text{C}}$$

L'étalonnage s'effectue à partir d'une solution de KCl (0,01 mol/L) dont la conductivité est fonction de la température. Par exemple pour une température de 25°C, la conductivité de la solution KCl sera de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le stockage de la sonde se fait généralement à l'air libre (sauf contre indication du fabricant). La plupart des sondes conductivité sont robustes et nécessitent un entretien restreint.

Il existe un autre moyen pour mesurer la conductivité : la méthode volumétrique de chlorinité, densitomètres ou réfractomètres.

Une fois les sondes étalonnées, vous pouvez commencer les mesures. Pour cela, retirez les capuchons des sondes O_2 et pH, puis immergez les sondes dans l'eau en les éloignant au maximum de la berge. Attendez quelques secondes pour que la mesure se stabilise. Notez les résultats sur une [fiche de terrain](#) et soyez attentif aux unités. Une fois les mesures réalisées, rincez les sondes à l'eau distillée après chaque utilisation, les essuyer délicatement avec de l'essuie-tout, puis replacez les capuchons des sondes O_2 et pH. Vérifiez que le bouchon de la sonde pH contienne suffisamment d'électrolyte de stockage.

PRÉPARATION D'UNE CAMPAGNE DE PRÉLÈVEMENT

Dans un premier temps, il est nécessaire de bien préparer le flaconnage. A savoir s'il est adapté aux paramètres que vous souhaitez suivre. S'assurer également auprès du laboratoire partenaire que le flaconnage respect les normes en vigueur.

Lors du prélèvement, une [fiche de terrain](#) spécifique à chaque station est à remplir.

En plus des flacons, prévoyez du matériel annexe à emporter qui est indispensable lors des prélèvements : de l'essuie-tout, de l'eau distillée, un dispositif de prélèvement (panier, perche, seau, etc.), une enceinte réfrigérée pour la conservation des échantillons le temps des prélèvements, un bidon d'eau claire, une trousse de soin avec du désinfectant, un équipement de protection individuelle (gants latex, bottes, gilet jaune), etc.

Lors des prélèvements, certains risques peuvent être encourus :

- biologiques : des bactéries et virus sont présents dans l'eau et peuvent conduire à des risques infectieux au contact de la bouche, des yeux, etc. ;
- hydriques : attention aux débits importants quand les prélèvements sont à réaliser dans le cours d'eau ;
- environnementaux : routes, fils électriques, etc. ;
- chimiques : conservateurs dans certains flacons.

Dans tous les cas, évitez tout contact avec la bouche, se rincer les mains à l'eau claire après le prélèvement, puis utilisez un gel hydro alcoolique et dans la mesure du possible, privilégiez un prélèvement en binôme.

RÉALISATION D'UNE CAMPAGNE DE PRÉLÈVEMENT

A l'arrivée sur le site, vérifiez que les conditions soient normales et que le prélèvement ne présente pas de danger immédiat. Identifiez chaque bidon (feutre, étiquettes) et renseignez la fiche de terrain en conséquence. Les paramètres doivent être relevés simultanément au prélèvement pour faciliter ensuite le traitement et l'interprétation des données. Essayez de concentrer l'ensemble des prélèvements sur une période de temps restreinte.

A l'exception du prélèvement destiné à la microbiologie, tous les flacons sont à remplir à ras bord.

Se référer au guide sur les mesures physico-chimiques de terrain (Anras & Guesdon, 2007) permettant de trouver une aide sur l'élaboration des protocoles de mesures.

Sur le terrain, le bouchon doit faire l'objet de toutes les attentions : lorsqu'il est déposé à l'ouverture du flacon, il faut prendre soin de ne pas toucher l'intérieur ni de le mettre en contact avec un autre matériau. Les résidus de lavage, les traces de doigts et les souillures de terre peuvent être à l'origine de résultats incohérents. Les dosages de phosphates, par exemple, peuvent ainsi être aisément biaisés.

Le débouchage, transvasement et rebouchage doivent s'effectuer rapidement pour limiter les risques de contamination (Anras & Guesdon, 2007).

La technique de prélèvement est la suivante :

- rincer trois fois (de façon énergique) le flacon et son bouchon sauf si celui-ci est à usage unique et contient un fixateur. L'eau de rinçage ne doit jamais être prélevée en surface. Lors de l'écoulement de l'eau dans le flacon, un tour de main particulier fait que l'eau s'écoule en tourbillonnant le long des parois ;
- égoutter la bouteille en la secouant le col vers le bas ;
- plonger la bouteille dans l'eau avec le col vers le bas ;
- retourner la bouteille en la laissant inclinée selon un angle de l'ordre de 45°, goulot en position supérieure, face au courant ;
- remplir la bouteille lentement sans barbotage ;
- en fin d'opération, lorsque la bouteille est pleine, il faut la remonter et la "sonner" en l'inclinant en tout sens (sans créer d'émulsion) et en s'arrêtant de temps à autre de façon à chasser toutes les bulles d'air se trouvant au contact des parois ;
- rincer le bouchon par agitation dans l'eau ;
- boucher la bouteille avec précaution, mais vivement de façon à ne pas emprisonner de bulles d'air. Le flacon est donc rempli complètement (sauf paramètres particuliers).

Les prélèvements peuvent se réaliser soit :

- Dans le cours d'eau. Se rapprocher le plus possible du chenal d'écoulement principal et réalisez le prélèvement à la main face au courant. Le prélèvement se réalise en "amont" du préleveur pour ne pas contaminer l'eau prélevée. Plongez les flacons à une trentaine de centimètres de profondeur en évitant de récupérer les eaux de surface. L'arrière du flacon fait face au courant (figure 2).



Figure 2 : Méthode de prélèvement dans le cours d'eau.

- Depuis la berge. Attention à ne pas prélever trop proche de la berge et en utilisant un support permettant d'échantillonner à distance. On peut employer une perche télescopique (figure 3), un porte-bouteille, etc.

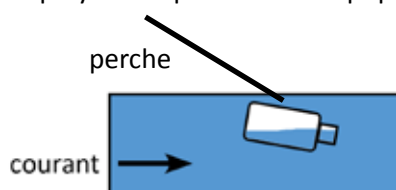


Figure 3 : Méthode de prélèvement depuis la berge à l'aide d'une perche.

- Depuis un pont. Le prélèvement se fait à l'aide d'un seau et d'une chaîne en inox dans le chenal d'écoulement principal. Prélevez l'eau dans le sens aval ou amont selon le contexte et le courant. Le remplissage des flacons se fait selon la méthode du fractionnement (figure 4). Il arrive que les eaux prélevées à l'aide d'une perche ou au seau ne soient pas parfaitement homogènes, dans ce cas, le fractionnement permet de créer un échantillon "moyen" en transvasant les eaux d'un flacon à un autre jusqu'à les remplir totalement.

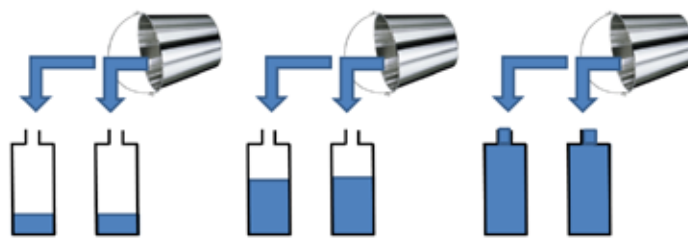


Figure 4 : Méthode d'échantillonnage au seau.

Dans le cas particulier des marais, l'oxygène fluctue beaucoup dans le temps, mais aussi dans l'espace. Il existe souvent un gradient vertical. Parfois, l'eau peut être entièrement désoxygénée, comme sous un tapis de lentilles d'eau, par exemple. Il convient de prendre deux à trois mesures dans la tranche d'eau pour connaître ce gradient. C'est en fonction de cet élément que l'on peut évaluer si on retient une ou plusieurs mesures faisant apparaître ce gradient vertical de concentration. Le plus souvent, les eaux de 20 à 30 cm sont faiblement oxygénées et les eaux de 50 cm à 2 m ont une inertie plus grande (Anras & Guesdon, 2007).

Aussi, il est possible de mesurer d'autres paramètres avec des méthodes différentes que celles du boîtier multi-paramètres et des prélèvements d'eau :

Températures

- mesures directes sur un thermomètre à alcool ;
- mesures à l'aide d'un appareil numérique à sonde thermique.

Transparence

Mesure à l'aide d'un disque de Secchi.

Turbidité

Mesure à l'aide d'un néphélomètre.

Dosages des nutriments dans l'eau (mg/L)

- méthode colorimétrique à l'aide de bandelettes à réactif coloré (eaux douces) ;
- méthode électrochimique à l'aide d'une sonde à capteur chimique ;
- méthode spectrophotométrique par mesure de la densité optique d'un échantillon coloré.

Dosages des pesticides

- méthode immuno-enzymatique sur le terrain ou en laboratoire ;
- mesures à l'aide de kit d'analyse de terrain.

STOCKAGE ET TRANSPORT DES ÉCHANTILLONS

Le stockage est une opération importante, elle impose souvent une phase préalable de transport. À ce niveau, disposez de glacières munies de plaques eutectiques (réfrigérées) en nombre suffisant pour tamponner les variations thermiques. Vérifiez que la température se maintienne entre 1 à 5°C. Disposez les échantillons au noir pour stopper toute photosynthèse par les microalgues. Les échantillons sont ensuite disposés en chambre froide au laboratoire ou congelés selon le cas. Il est recommandé d'éviter toute rupture de la chaîne du froid (Anras & Guesdon, 2007).

Il est conseillé de réduire le temps entre le prélèvement et le dépôt au laboratoire pour ainsi traiter ses échantillons sans délai, bien que certains types de mesure puissent être réalisés au bout d'une période de stockage.

| Paramètres | Analyse | | |
|----------------|-----------|-----|---|
| | Immédiate | 24h | Après filtration de l'eau, puis congélation ou fixation |
| O ₂ | 😊 | 😞 | 😞 (sauf méthode de Winkler) |
| Conductivité | 😊 | 😐 | 😞 |
| pH | 😊 | 😞 | 😞 |
| Température | 😊 | 😞 | 😞 |
| Turbidité | 😊 | 😊 | 😞 |
| Sels nutritifs | 😊 | 😐 | 😊 (selon paramètre) |

Légende : 😊 recommandé ; 😐 acceptable ; 😞 inadapté.

Tableau 1 : délai de stockage des échantillons pour l'analyse en laboratoire (Anras & Guesdon, 2007).

CALCUL DE L'INDICE

Le croisement des données de terrain avec d'autres paramètres offre beaucoup de potentialités. Cependant, en complexifiant le jeu de données, l'exploitation devient plus difficile.

Il existe de nombreuses techniques pour valoriser vos données, parmi les plus communes :

- **Spatialisation par SIG** : elle permet de croiser facilement les résultats trouvés avec d'autres informations spatialisées.
Par exemple l'identification des causes de dégradation de la qualité de l'eau est possible à partir d'une corrélation entre une pollution et les activités humaines (industrie, pratiques agricoles, urbanisation, etc.).
- **Moyenne** : elle est calculée à partir de la fonction MOYENNE dans un tableur.
- **Moyenne-mobile** : c'est une moyenne qui est calculée sur N valeurs consécutives "glissantes". Elle permet de lisser les variations saisonnières et ainsi d'apprécier la tendance générale d'évolution du paramètre considéré. Si elle est très adaptée pour les pollutions d'origine diffuse fortement liées aux conditions de ruissellement (figure 5), elle peut masquer une variation brutale liée à un rejet ponctuel. Cet indicateur n'est intéressant que si vous disposez d'au moins trois années de mesures. Il est à noter que la dynamique à long terme de la plupart des paramètres mesurés (particulièrement influencés par les pollutions d'origine diffuse) est très lente et s'apprécie en terme de décennies plutôt que d'années (Anras & Guesdon, 2007). La moyenne-mobile est calculée à partir de la fonction MOYENNE dans un tableur.

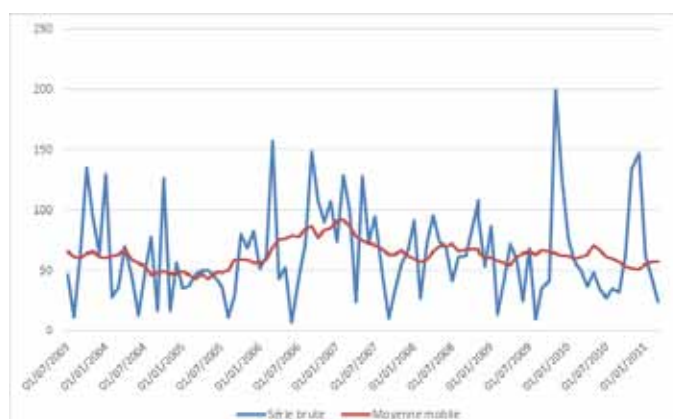


Figure 5 : Moyenne-mobile sur la pluviométrie de plusieurs années (source : UNIMA, 2014).

- **Médiane** : la valeur médiane est une valeur pour laquelle 50 % des valeurs observées sont inférieures. Pour

déterminer la médiane d'un ensemble de valeurs, il suffit d'ordonner les valeurs en une liste croissante ou décroissante et de choisir la valeur qui est au centre de cette liste. Pour un nombre pair, la médiane est la moyenne des deux valeurs centrales. Pour un nombre impair de valeurs, la médiane est unique. Elle est calculée à partir de la fonction MEDIANE dans un tableur.

Par exemple les graphiques ci-contre (figures 6 et 7) représentent la médiane du débit d'un cours d'eau sur une année :



Figure 6 : Valeurs brutes du débit sur une année.

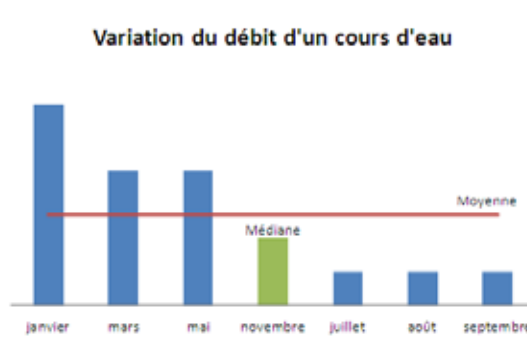


Figure 7 : Valeurs ordonnées pour identifier la médiane du débit.

- **Percentile 90** : l'objectif est de fournir un résultat représentatif de conditions critiques, en évitant de prendre en compte les situations exceptionnelles. On cherche à retenir les prélèvements donnant la moins bonne aptitude ou la moins bonne qualité à condition qu'elle soit constatée dans au moins 10 % des prélèvements. C'est la règle dite des 90 %. Cette règle permet de ne retenir que 90 % des résultats observés sur une période (Anras & Guesdon, 2007). Le percentile 90 est calculé à partir de la fonction CENTILE dans un tableur.

Par exemple pour 12 mesures sur une année, on commence par classer les valeurs de la meilleure à la plus mauvaise. Ensuite, on retire les 10 % de mesures les plus mauvaises (ici, on retire donc une seule mesure car $10\% \times 12 = 1,2$ arrondi à 1). Enfin, on retient la plus mauvaise des mesures restantes, soit le 11^{ème} résultat du classement initial. Si l'on dispose au plus de 10 mesures, c'est le résultat le plus mauvais qui est retenu.

- **"Boîte à moustache"** (ou Boxplot ou diagramme en boîte) : elle permet, pour un jeu de données, de représenter la médiane, les quartiles et les centiles et les données aberrantes. C'est un moyen simple pour comparer un même caractère sur plusieurs séries statistiques. Une remarque générale sur la lecture des boîtes, si les rectangles sont ramassés alors les valeurs sont proches, en effet elles se rapprochent de la médiane. A l'averse, si la boîte est très étirée alors les valeurs sont très dispersées les unes des autres. A partir d'un jeu de données, la boîte à moustache peut être obtenue avec des logiciels spécifiques aux calculs de statistiques et graphiques, comme "The R Project for Statistical Computing" en open source mais cela demande une formation pour son utilisation.

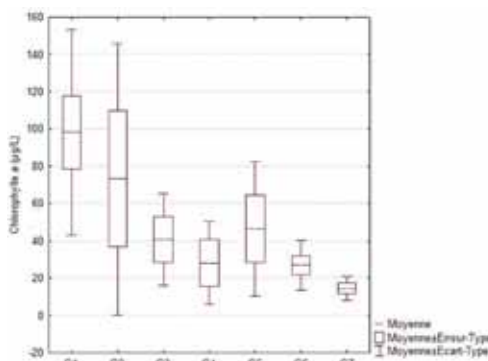


Figure 8 : exemple de boîtes à moustache : teneur en chlorophylle a sur 7 stations d'échantillonnages (source : UNIMA, 2014) .

Il existe d'autres méthodes pour l'exploitation des données, vous pouvez avoir recours à des analyses multivariées. C'est un ensemble de méthodes d'analyse statistique qui traitent simultanément plus d'une variable, comme :

- **Analyse en composante principale** : c'est une méthode qui permet de représenter la variabilité contenue

dans un jeu de donnée complexe au moyen de graphique représentant la corrélation existante entre les variables.

- **Classification hiérarchique** : c'est une méthode qui permet de classer des individus en groupes ayant un comportement similaire sur un ensemble de variables (exemple en figure 9). Il s'agit de représenter la "distance" entre les individus. Elle est calculée selon différentes méthodes (distance euclidienne, de ward, etc.).

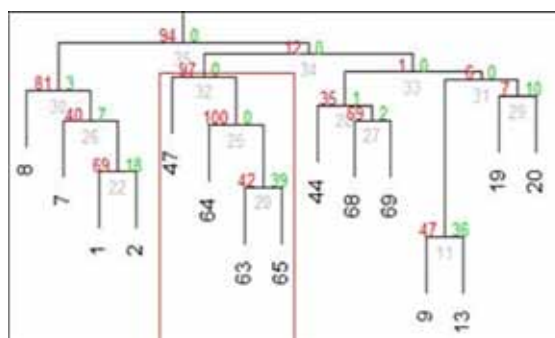


Figure 9 : Exemple de classification hiérarchique (source : UNIMA, 2014) .

- **Analyse factorielle des correspondances** : permet d'estimer le poids d'une variable sur la structuration des données.

Par exemple si une classification hiérarchique fait ressortir quatre groupes de stations d'échantillonnages, l'AFC permet de déterminer les variables qui influent le plus sur cette classification.

CLÉ D'INTERPRÉTATION

En pratique, il conviendrait de se référer à des grilles de qualité adaptées aux milieux considérés et en fonction des altérations d'usages en question. Ces grilles ont été établies pour les cours d'eau dans le cadre d'un système d'évaluation de la qualité (tableau 2). Attention, ces classements sont souvent inadaptés car ils sont relatifs à des milieux méso et oligotrophes (moyennement et faiblement riches en éléments nutritifs), contrairement aux marais qui présentent naturellement un caractère eutrophe. Toutefois les grilles "rivière" sont parfois utilisables dans les biefs de cours d'eau dévalant dans les marais, qui présentent des caractéristiques correspondantes (Anras & Guesdon, 2007).

| | Phosphates (mg/l) | Nitrates (mg/l) | Oxygène dissous (mg/l O ₂) | Taux de saturation en oxygène (%) | Demande Biologique en Oxygène en 5 jours (DBO ₅) (mg/l O ₂) | Demande Chimique en Oxygène (mg/l O ₂) | Carbone organique (mg/l C) |
|--------------|-------------------|-----------------|--|-----------------------------------|---|--|----------------------------|
| Très bon | < 0,1 | < 2 | > 8 | > 90 | < 3 | < 20 | < 5 |
| Bon | 0,1 à 0,5 | 2 à 10 | 6 à 8 | 70 à 90 | 3 à 6 | 20 à 30 | 5 à 7 |
| Passable | 0,5 à 1 | 10 à 25 | 4 à 6 | 50 à 70 | 6 à 10 | 30 à 40 | 7 à 10 |
| Mauvais | 1 à 2 | 25 à 50 | 3 à 6 | 30 à 50 | 10 à 25 | 40 à 80 | 10 à 15 |
| Très mauvais | > 2 | > 50 | < 3 | < 30 | > 25 | > 80 | > 15 |

Tableau 2 : extrait du guide Hydrologie des marais littoraux - Mesures physicochimiques de terrain (Anras & Guesdon, 2007) et extrait du SEQ Eau version 2 pour l'oxygène (MEDD & Agences de l'eau, 2003).

Afin d'aider à l'interprétation de phénomènes physico-chimiques dans l'eau, le tableau 3 présente une synthèse des variations conjointes de différents paramètres. Lorsque l'on connaît les évolutions conjointes de certains paramètres, surtout si elles sont confirmées par une étude statistique lors d'une première campagne de mesures, il devient ensuite plus aisé d'élaborer un nouveau plan d'échantillonnage. Certains paramètres montrent par exemple une corrélation positive, soit deux paramètres varient dans le même sens, sans qu'il y ait forcément de relation de cause à effet (Anras & Guesdon, 2007).

| | Salinité | pH | Température | Oxygène |
|-------------|----------|-----------|-------------|---------|
| Salinité | - | ↘ | ↗ | ↘ |
| pH | ↘ | - | Variation | ↗ |
| Température | ↗ | Variation | - | ↘ |
| Oxygène | ↘ | ↗ | ↘ | - |

Tableau 3 : Synthèse des variations conjointes de différents paramètres (Anras & Guesdon, 2007).

COÛTS INDICATIFS

Matériel :

| | Conditionnement | P.U. (€) HT |
|--|---------------------|-------------|
| Multimètre WTW 3430 + 3 sondes | - | 3400 |
| Sonde pH | - | 210 |
| Sonde O ₂ | - | 780 |
| Tête de capteur de la sonde optique O ₂ | - | 140 |
| Sonde conductivité | - | 450 |
| Solution tampon en flacon | 250 mL | 13,5 |
| Solution tampon en sachet | Boite de 20 sachets | 28,5 |

Ces tarifs ne tiennent pas compte du coût du matériel de prélèvement, du personnel et de la maintenance.
Paramètres physico-chimiques les plus analysés en laboratoire :

| Paramètres | Normes | P.U. (€) HT* |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|
| Ammonium | IFREMER/NF EN ISO 11732 | 4,84 |
| Nitrites | NF EN ISO 13395 | 4,11 |
| Nitrates | NF EN ISO 13395 | 4,26 |
| Phosphates | NF EN ISO 15681-2 | 5,97 |
| Chlorophylle a/Phéopigments | NF T 90-117 | 12,85 |
| Demande biologique en Oxygène | NF EN 1899-1 / -2 | 10,21 |
| Carbone Organique Dissous | NF EN 1484 | 26,18 |
| Azote Kjeldhal | NF EN 25663 | 15,96 |
| Matière en suspension | NF EN 872 | 8,69 |
| Abondance E.Coli | NF EN ISO 9308-3 | 21,36 |
| Abondance Entérocoques | NF EN ISO 7899-1 | 21,36 |
| Température de l'eau | | 3,26 |
| pH | | 3,83 |
| Oxygène dissous | | 4,98 |
| Salinité | | 3,83 |
| Conductivité | | 3,83 |

* ces tarifs ne sont pas représentatifs de l'ensemble des laboratoires.

Logistiques :

| | P.U. (€) HT* |
|--------------------------------------|--------------|
| Forfait départemental de prélèvement | 41,58 |
| Forfait de déplacement forfaitaire | 32,81 |
| Frais de prélèvement | 8,77 |
| Frais de prélèvement simple | 5,89 |
| Temps technicien (par heure) | 35,40 |
| Temps ingénieur (par heure) | 70,83 |
| Tarif kilométrique | 0,45 |
| Indemnité de déplacement | 16,74 |

* ces tarifs ne sont pas représentatifs de l'ensemble des laboratoires.

COUVERTURE DE L'INDICATEUR

| Spatiale | Temporelle | |
|---|----------------------------------|-------------------|
| | Suivi après travaux | Suivi patrimonial |
| Bassin versant Zone humide Unité Hydraulique Cohérente Habitat | 1 fois/mois n-1, tous les ans | - |

RUBRIQUES FINANCEURS

| Types d'actions | Sous-rubriques Agence de l'eau Loire-Bretagne |
|--|---|
| Amélioration de la connectivité latérale | Reconnexion |
| Entretien de zones humides | Curage Gestion des espèces envahissantes |
| Restauration de zones humides | Plantation Mise en place d'abreuvoirs Mise en place de clôtures Autre (reconversion d'une culture en prairie humide) |
| Restauration de la continuité écologique | Effacement d'ouvrage Arasement d'ouvrage |

OPTION**PARAMÈTRES COMPLÉMENTAIRES**

Climatologie (ensoleillé, couvert, humide, pluie), prélèvement par rapport à un seuil (amont du seuil, aval du seuil, absence, entre deux seuils), suivi des macrophytes, observations particulières (odeur, pollutions visuelles, etc.).

STRUCTURATION DES DONNÉES

Si les données doivent intégrer un système type Agence de l'eau, il est nécessaire de respecter la codification SANDRE :

- code station : numéro national unique ;
- code réseau : identifiant unique du réseau de suivi ;
- codes paramètres : unité ; méthode ; fraction analysées ; support, etc.

De nombreuses instances publiques se dotent d'outils informatiques pour gérer ces données avec notamment l'intégration des données existantes selon un format spécifique, puis une analyse automatisée. Prenez soin d'anticiper votre temps supplémentaire et nécessaire à la saisie des données de terrain.

Se référer au tableau *structuration des données* en annexe qui récapitule la nature des informations que vous êtes amenés à saisir pour disposer d'un SIG performant et adapté à vos besoins de suivis.

En lien avec le tableau, une liste de valeurs est proposée pour le :

- code 1 *climatologie* : "ensoleillé" ou "couvert" ou "humide" ou "pluie" ;
- code 2 *seuil* : "amont du seuil" ou "aval du seuil" ou "absence" ou "entre 2 seuils" ;
- remarques : observations particulières.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2006. Les prélèvements d'échantillons en rivières - Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimique.

(Disponible en ligne : http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide_prelevement.pdf)

Anras L. (2004). Trame méthodologique pour la mise en place de suivis hydrologiques en marais. Ed. Forum des Marais Atlantiques, 75 p.

(Disponible en ligne : <http://www.forum-zones-humides.org/trame-suivis-hydrologiques.aspx>)

Anras L., Guesdon S. (2007). Hydrologie des marais littoraux - Mesures physicochimiques de terrain. Collection "Marais Mode d'emploi". Ed. Forum des Marais Atlantiques, 76 p.

(Disponible en ligne : <http://www.forum-zones-humides.org/marais-mode-emploi-hydrologie.aspx>)

FD T90-523-1 (2008). Qualité de l'eau - Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement - Partie 1 : prélèvement d'eau superficielle.

ISO 5667-6 (2005). Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 6 : lignes directrices pour l'échantillonnage des rivières et des cours d'eau.

MEDD & Agences de l'eau (2003). Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau. Grilles d'évaluation SEQ-Eau (version 2), 40 p.

(Document en ligne : <http://sierm.eaurmc.fr/eaux-superficielles/fichiers-telechargeables/grilles-seq-eau-v2.pdf>)

NF EN ISO 5667-3 (2013). Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : conservation et manipulation des échantillons d'eau.