

BOITE À OUTILS

INTERPRETATION DE DONNEES

I - PROBLEMES RENCONTRES LORS DU TRAITEMENT DES DONNEES	2
1- problème de temps	2
2- appui sur l'interprétation	2
3- valeurs hors normes	2
4- problème de saisie des données	2
II- APPUI GENERAL	2
1 - Présentation commune pour les résultats :	2
2 - Entraide du réseau	2
3 - Appel aux référents techniques	2
4 - Les résultats intégrés au RSL	3
III – RAPPEL DES DOCUMENTS REALISES DANS LE CADRE DU SUIVI FOGEM	3
1- Unités	3
2- Les fiches de suivi	3
3- Quelques caractéristiques de zones humides oligotrophes et eutrophes	4
4- La signification des principaux paramètres abiotiques	4
CONDUCTIVITE ET SALINITE	4
TEMPERATURE DE L'EAU	6
PH	7
POTENTIEL D'OXYDO-REDUCTION (REDOX)	8
OXYGENE DISSOUS	9
SATURATION EN OXYGENE	11
TURBIDITE	13
NIVEAU DE L'EAU	13
5- Quelques marges de concentration des principaux paramètres abiotiques pour les eaux lagunaires en Méditerranée	14
6- Les éléments qui facilitent l'interprétation des résultats obtenus	15

I - PROBLEMES RENCONTRES LORS DU TRAITEMENT DES DONNEES

1- problème de temps

Parfois difficile de trouver le temps de faire le rapport annuel (--> intérêt des fiches remplies mensuellement) (*PNR Narbonnaise*)

2- appui sur l'interprétation

- Il serait intéressant de faire valider le rapport annuel par un petit groupe de travail (pas de relecture extérieure) avant diffusion : (*PNR Narbonnaise*)

- Manque d'expérience sur interprétation de données (*Perpignan Méditerranée + la plupart des gestionnaires PACA*)

=> *Solution : cela peut être fait lors des réunions locales du FILMED*

3- valeurs hors normes

Lors du traitement informatique, on retrouve parfois des valeurs hors normes liées à un mauvais fonctionnement des sondes ou une erreur de manipulation : (*maison nature lattes*)

=> *Solution : s'en soucier dès la mesure sur le terrain : le manipulateur des appareils doit connaître les écarts acceptables et réagir sur le terrain en vérifiant la sonde ou en comparant avec d'autres stations.*

4- problème de saisie des données

- Si changement d'opérateur : problème de saisie des données (format de saisie) (*EID*) + manque de données sur certaines périodes (Si intempéries : certaines stations inaccessibles par exemple : si le problème est récurrent, la station est mal choisie) (*EID, Perpignan Méditerranée*)

=> *Solution : protocole écrit, carte précise des stations et 1 fiche descriptive par station*

II- APPUI GENERAL

1 - Présentation commune pour les résultats

Un format de saisie commun et des graphes automatiques sont en cours de réflexion au Pôle lagunes (été 2009). Dès leur validation par les membres du FILMED, les gestionnaires pourront adopter ces nouveaux outils pour faciliter les interprétations.

2 - Entraide du réseau

Sur les problèmes d'interprétation mensuelle et annuelle, les gestionnaires peuvent s'entraider lors des réunions de gestionnaires interrégionales et régionales, les échanges locaux avec les gestionnaires à proximité ou de lagunes de fonctionnement semblable.

3 - Appel aux référents techniques

Les référents techniques du FILMED sont là pour aider les gestionnaires dans la collecte et l'interprétation des données. Il est donc possible de faire appel à eux.

En LR : **Alain Dindeleux**, CPIE Pays Narbonnais, tél : 04 68 49 49 41, mail : adindeleux.cpie.narbonnais@wanadoo.fr

Suppléé par : Clarisse Brochier, SMCG, 04 66 73 52 05 brochier@camarguegardoise.com

Et Karine Dusserre, PNR Narbonnaise, 04 68 42 70 42 k.dusserre@parc-naturel-narbonnaise.fr

En PACA : **Luc Brun**, SIBOJAI, tél : 04 42 43 08 91/ 06 09 34 56 18, mail :

luc.brun@sibolmonjai.org, lucbrun@wanadoo.fr

4 - Les résultats intégrés au Réseau de Suivi Lagunaire (RSL)

En LR, les résultats du FILMED qui seront intégrés au RSL bénéficieront d'un appui (interprétation des données annuelles mais pas mensuelles) de l'Ifremer et du Cepralmar sur l'interprétation des données en janvier de chaque année, avant intégration au rapport annuel du RSL.

III – RAPPEL DES DOCUMENTS REALISES DANS LE CADRE DU SUIVI FOGEM

1- Unités

Paramètres suivis par le Fogem	Unités	Précisions à donner
Conductivité	mS/cm	Si <300 µS/cm -> 1 µS/cm Si 300-1000 µS/cm -> 10 µS/cm Si >1000 µS/cm -> 100 µS/cm
Salinité	U.S.I.	(USI=g/l=°/°°) 0,1
Température de l'eau	°C	0.1°C
Potentiel rédox	mV	
pH	-	0.01 (0,1 suffisant)
O2 dissous	mg/l	0.1 mg/l
Saturation en O2	%	1%
Turbidité	cm	1 cm
Niveau de l'eau	m NGF	0.01 mNGF
Variations des niveaux de l'eau	m	0,01 m

2- Les fiches de suivi

Il est important de bien noter sur une fiche d'observation les résultats des mesures entreprises. Ces données doivent ensuite être scrupuleusement transférées dans une base de données (en général, c'est le logiciel Excel qui est choisi). Les problèmes d'interprétation proviennent souvent des erreurs commises dans cette phase du travail, mais parfois aussi de données non cohérentes mesurées sur le terrain avec des sondes défectueuses ou non calibrées.

Les fiches Excel transmises par le Pôle lagunes (suite au travail de l'été 2009) sont à utiliser sur votre site et à compléter au fur et à mesure de la collecte de données. Des graphiques automatiques y sont insérés.

Ces fichiers seront transmis au Pôle lagunes chaque année, afin de constituer à terme une base de données commune à tous les suivis des gestionnaires au niveau interrégional.

3- Quelques caractéristiques de zones humides oligotrophes et eutrophes

Caractéristiques	Zone humide oligotrophe	Zone humide eutrophe
Profondeur	importante	faible
Transparence	eaux transparentes	eaux peu transparentes
Couleur	bleu-vert	verdâtre à brunâtre
Sels nutritifs	eaux pauvres en azote et phosphore	eaux riches en azote et phosphore
Oxygénation	bonne jusqu'au fond variable	faible au fond
Sédimentation	faible	importante
Phytoplancton	varié	très abondant, peu varié
Répartition verticale	large	en superficie
Production primaire	faible	importante
Plantes aquatiques	phanérogames	algues
Plantes des rives	variées	ceintures littorales très développées
Faune benthique	variée	peu variée mais très abondante
Poissons	espèces exigeantes	espèces peu exigeantes

4- La signification des principaux paramètres abiotiques

CONDUCTIVITE ET SALINITE

Il existe un très grand nombre de méthodes pour déterminer la quantité totale ou d'une partie des sels dissous dans l'eau. La salinité détermine en grande partie les processus biologiques, mais également les processus chimiques dans l'eau. Les peuplements floristiques et faunistiques dépendent de la salinité et surtout des variations absolues au cours de l'année. Les changements de la salinité sont souvent des signaux qui déclenchent des migrations vers l'intérieur ou l'extérieur de la lagune.

En milieu lagunaire méditerranéen on peut observer des salinités variant entre 0 et 100‰ (ou g/l) au cours de l'année. Un certain nombre d'espèces (poissons) ne supportent pas les extrêmes et ont tendance à quitter le milieu quand les salinités deviennent trop basses ou trop fortes. Si les vannes sont fermées ou les graus obstrués, ces espèces meurent avant de pouvoir arriver dans le milieu marin. En général, dans les eaux à salinités variables (lagunes, estuaires, anciens salins, etc...) la salinité peut devenir facteur limitant pour la faune et la flore. En ce qui concerne les eaux douces, la conductivité ne rencontre quasiment jamais des extrêmes dépassant les capacités d'adaptation des espèces présentes.

La salinité et la conductivité suivent des variations saisonnières, mais aussi des variations à plus grande échelle de temps. Leurs valeurs dépendent du bilan hydrique entre les entrées d'eau douce, d'eau saumâtre et d'eau marine ainsi que de l'évaporation.

Mesures possibles : salinité (électrométrique), salinité (densité), salinité (réfractométrique), conductivité (électrométrique), chlorures (titration), NaCl (électrométrique), densité, chlorinité (titration)

Résultats possibles en : ‰, mg/l, g/l, g/kg, meq./l, µS/cm, mS/cm, etc..

Note : pas d'unité en salinité (Unité Système International)

Selon la méthode utilisée, les résultats sont plus ou moins exacts. Pour des milieux « moyens » l'exactitude des résultats est normalement satisfaisante. Pour des milieux extrêmes (étangs sursalés) et pour la conversion entre les méthodes de mesures, des problèmes peuvent néanmoins apparaître.

Les mesures électrométriques sont des mesures indirectes, l'exactitude des résultats dépend des formules de conversion. Un salinomètre ne mesure pas la salinité mais la conductivité et l'appareil fait ensuite la conversion interne. Les résultats obtenus dépendent donc de la qualité du logiciel interne.

Les mesures qui reposent sur la titration des chlorures ou de la mesure d'un constituant de salinité (par exemple NaCl) sont assez exactes en milieu marin avec une relation des sels dans l'eau de mer presque constante. Ces mesures sont par contre relativement inexactes dans l'eau saumâtre dans laquelle la relation entre les sels est très variable.

Les mesures qui reposent sur la densité sont souvent faussées par des matières en suspension, soit organiques soit inorganiques. Ces matières font que les résultats obtenus sont plus importants que les teneurs réelles en sels.

L'étalonnage doit s'effectuer en général une fois tous les six mois et plus fréquemment en usage régulier de l'appareil. L'appareil est toujours à étalonner après une longue période pendant laquelle il n'a pas servi.

Changements de la salinité/ conductivité :

- au cours d'une journée : faible
- au cours de l'année : important
- d'une année à l'autre : important (pour les milieux instables)

Quelques facteurs de conversion

Seules les eaux de mer ont une relation constante entre salinité et conductivité. Pour les eaux saumâtres la relation dépend de la composition des eaux. Des relations approximatives sont données ci-après.

1g de chlorure par litre (1 g/l Cl⁻) ≈ 1,6 g de chlorure de sodium par litre (1 g/l NaCl)

1g de chlorure par litre (1 g/l Cl⁻) ≈ 1,8 g de sels totaux par litre (1 g/l sels totaux)

Conductivité (mS/cm) * 0,65 ≈ g/l sels totaux

Conductivité (mS/cm) * 0,58 ≈ g/l NaCl

Conductivité (mS/cm) * 0,36 ≈ g/l Cl⁻

Un résultat plus exact peut être obtenu par la formule suivante :

Salinité (g/l) = 0,536 * Conductivité_(20°C)^{1,0841} (Conductivité : mS/cm)

Salinité (g/l) = 9,78 * NaCl – 0,3 (NaCl : ‰)

Formule compliquée : (Michael Wilke)

C = (0,813xConductivité/40,26)

Salinité = 0,08996 + 28,2972xC + 12,80832xC² – 10,67869xC³ + 5,98624xC⁴ – 1,32311xC⁵

Note : la relation linéaire entre conductivité et salinité dépend de la nature des sels, l'idéal est d'obtenir soi même la formule de conversion à partir des données mesurées sur son site durant la période où cette mesure était possible pour la salinité (<70).

TEMPERATURE DE L'EAU

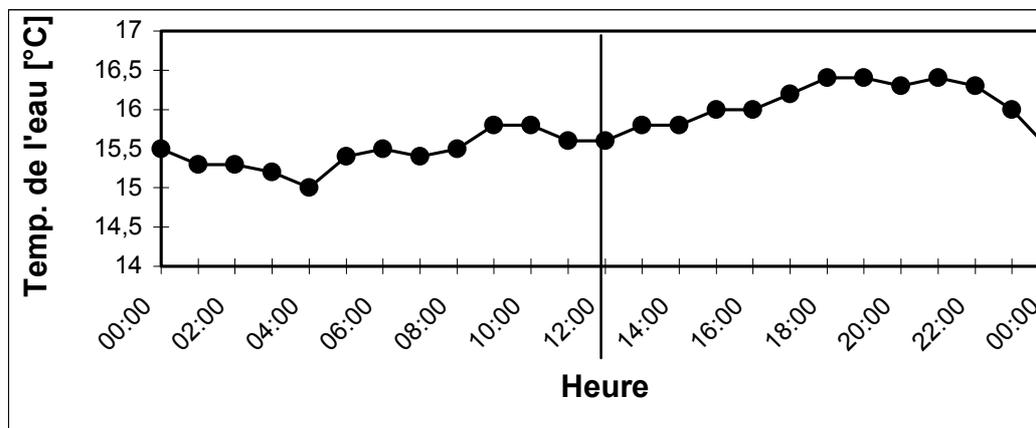
La température de l'eau est un autre facteur physico-chimique qui détermine un grand nombre des processus biologiques et chimiques qui se déroulent dans l'eau. En général, ces processus s'accroissent avec le réchauffement de l'eau. Une température plus élevée de l'eau augmente la production primaire et augmente ainsi le risque d'apparition des crises dystrophiques. Un certain nombre d'espèces aquatiques, notamment les poissons, ne supportent pas les extrêmes et ont tendance à quitter le milieu quand les températures s'approchent des limites.

La température de l'eau influence également plusieurs autres paramètres comme la quantité d'oxygène dissous : avec une température de l'eau qui augmente la quantité d'oxygène diminue et la respiration des animaux devient plus difficile. Il semble que la température qui permette le développement d'une vie équilibrée dans les lagunes se situe entre 10 et 20°C.

La température se mesure aujourd'hui surtout avec des appareils électrométriques qui ont l'avantage de ne plus se casser si facilement que les thermomètres à mercure. Par contre, ils sont plus chers et pas toujours étanches. Les thermomètres électrométriques ne nécessitent pas d'étalonnage.

Les variations au cours d'une journée peuvent être relativement importantes notamment dans des milieux à faible profondeur. Le graphique ci-dessous montre l'exemple des variations journalières observées dans une baie lagunaire de la mer baltique.

<u>Changements de la température de l'eau :</u>	
➤ au cours d'une journée :	moyen
➤ au cours de l'année :	important
➤ d'une année à l'autre :	moyen



D'où l'intérêt de réaliser les tournées de mesures toujours dans le même sens et aux mêmes heures, et d'indiquer les passages à l'heure d'été et les changements d'horaires de travail en été. Pour l'interprétation, il est important d'indiquer l'heure de la mesure.

PH

Le pH mesure l'acidité du milieu. Si le milieu est neutre, le pH est de 7, si le milieu est acide le pH est inférieur à 7, si le milieu est alcalin le pH est plus élevé. En milieu saumâtre et en mer, le pH se situe généralement autour de 8,2.

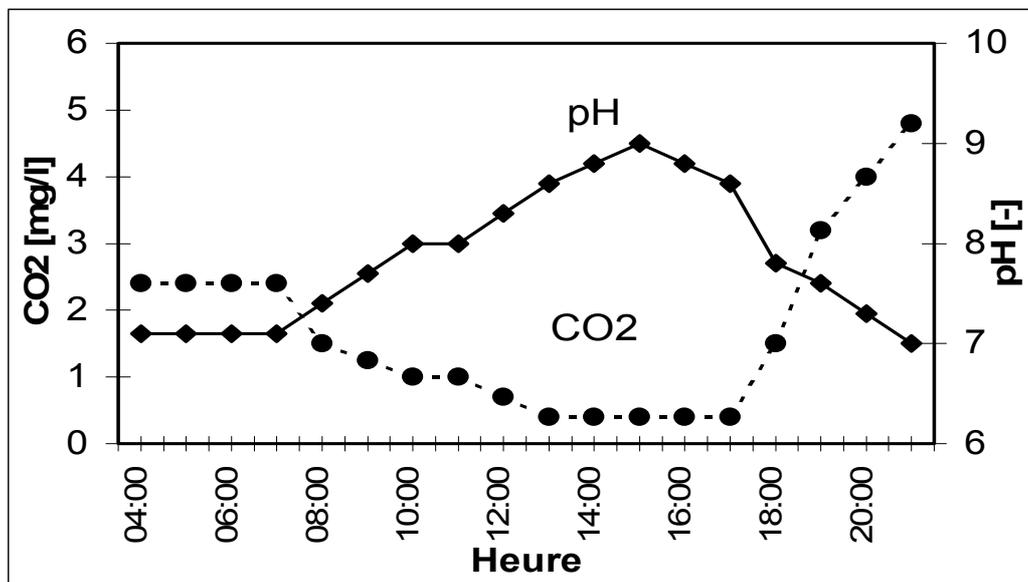
- **neutre** : $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$, $pH = -\log [H^+]$, **pH=7**
- **acide** : $[H^+] > [OH^-] = 10^{-10^{-7}}$, $pH = -\log [H^+]$, **pH= 0 - 7**
- **alcalin** : $[H^+] < [OH^-] = 10^{-7} - 10^{-14}$, $pH = -\log [H^+]$, **pH=7 - 14**

Le pH est très fortement influencé par la photosynthèse, et influence lui-même un grand nombre de processus biologiques et chimiques. Le pH influence ainsi la forme de certains composés chimiques (gaz carbonique, acide sulfurique, ammonium/ammoniaque etc.). Une partie de ces formes chimiques peuvent devenir toxiques quand le pH dépasse certaines limites.

Outre cette toxicité indirecte, le pH peut avoir des effets néfastes directs pour les poissons et d'autres espèces de la faune et de la flore. En général des valeurs de pH inférieures à 4,5 et supérieures à 10 sont toxiques pour les poissons.

La préférence des poissons d'eau douce est pour un pH entre 6 et 7,5 et pour les poissons d'eau de mer entre 8 et 8,5. Les espèces qui supportent des valeurs extrêmes sont les Anguilles (pH 4,5) et les Carpes (pH 9,8).

La figure ci-dessous montre les variations du pH observées dans une baie lagunaire de la Mer Baltique au cours d'une journée. La figure suivante montre les changements du pH en fonction des teneurs en CO₂. Cette relation a été observée dans un milieu d'eau courante.



Changements du pH :

- | | |
|----------------------------|-----------|
| ➤ au cours d'une journée : | important |
| ➤ au cours de l'année : | moyen |
| ➤ d'une année à l'autre : | faible |

Le pH se mesure aujourd'hui surtout avec des appareils électrométriques qui ont l'avantage de donner des résultats immédiatement sans demander des titrations au laboratoire. Par contre, ils sont plus chers et pas toujours étanches. Les pH-mètres nécessitent un étalonnage avec deux solutions. Une de ces deux solutions doit avoir un pH de 7 (neutre), l'autre un pH de 4 ou de 10 pour des mesures en milieu acide (pH : 4) ou en milieu alcalin (pH : 10). Par contre, la solution de pH 10 est relativement instable chimiquement ; elle doit donc être consommée rapidement après l'ouverture. L'étalonnage doit s'effectuer en usage régulier une fois par mois. En usage moins fréquent il doit s'effectuer une fois tous les deux mois, et toujours après une longue période pendant laquelle l'appareil n'a pas servi.

Une valeur s'écartant de ces normes doit être vérifiée sur le terrain et donner lieu à un test de la sonde (sachets étalon) pour éviter la suppression de la donnée lors de l'interprétation.

Conseil : la sonde pH doit être « activée » au moins 10 mn avant les premières mesures, c'est-à-dire sortie de la solution de conservation (KCl 3 mol/l) et mise en contact avec de l'eau distillée ou déminéralisée.

POTENTIEL D'OXYDO-REDUCTION (REDOX)

Le potentiel redox est une des caractéristiques fondamentales des milieux aquatiques, au même titre que la température, la salinité, le pH ou l'oxygène dissous. Sa mesure trouve donc une place justifiée dans le suivi d'un milieu aquatique.

La mesure du potentiel redox permet de caractériser le milieu et de suivre, en particulier pendant les périodes de faible oxygénation, son évolution. Le potentiel redox est fonction de l'équilibre entre les formes réduites et les formes oxydées des composés chimiques présents. Les résultats sont donnés en mV, un potentiel négatif signifie que la solution est réductrice, un potentiel positif que la solution agit comme un oxydant.

Des valeurs négatives du potentiel d'oxydo-réduction peuvent avoir plusieurs conséquences sur le milieu. Outre la création de substances toxiques, le dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) peut être observé. Des potentiels redox négatifs accompagnés de valeurs d'oxygène basses (<10% saturation) peuvent causer une libération importante des phosphates piégés dans le sédiment, aggravant ainsi les problèmes d'eutrophisation. Dans certains lacs eutrophes, cette libération peut aller jusqu'à 12 mg de Phosphore par m².

Les mesures du potentiel redox sont faciles à effectuer et peut onéreuses. On peut utiliser un pH-mètre sur lequel il suffit de brancher une électrode redox (coût environ 150 €).

Contrairement à ce que laisse imaginer l'expression « potentiel d'oxydo-réduction », les réactions mesurées peuvent être indépendantes des concentrations en oxygène présentes dans le milieu. On mesure le transfert potentiel d'électrons et pas le transfert de molécules d'oxygène.

Dans chaque paire d'éléments (comme : fer ferrique/fer ferreux, nitrates/nitrites, sulfure/hydrogène sulfuré, etc...) la forme dominante dépend du potentiel redox. Souvent, la forme réduite de ces éléments est toxique pour la faune aquatique. Le potentiel redox d'une eau naturelle est la somme des réactions de l'ensemble des éléments présents.

Théoriquement, le potentiel redox d'une eau bien oxygénée et sans présence de matières organiques devrait se situer à environ 600 mV. Dans la pratique on dépasse très rarement 350 mV dans les eaux douces.

Pour les eaux lagunaires, nos travaux ont fait apparaître des variations possibles entre un minimum de -350 mV et un maximum de +350 mV. En général, les moyennes sur l'année se situent autour de +150 mV avec des valeurs plus basses en été et des variations absolues plus importantes.

Des différences de potentiels redox entre matin (9h00 à 11h30) et après-midi (14h30 à 16h30) peuvent atteindre 20% de la valeur initiale.

Actuellement, le potentiel redox de l'eau est peu utilisé pour la surveillance des eaux côtières malgré sa grande utilité dans l'interprétation des processus physico-chimiques, chimiques et biologiques dans ces milieux. Parfois des mesures de potentiel redox sont faites dans le sédiment. Mais ces mesures présentent, outre les problèmes pour la sonde dans les sédiments sableux, une très forte dépendance du résultat avec la profondeur d'enfoncement de l'électrode. En fait, une différence d'enfoncement de quelques centimètres dans le sédiment, peut donner des résultats qui varient plus que ceux, obtenus dans l'eau pendant toute une année.

Des valeurs obtenues dans le sédiment ne peuvent pas être comparées avec celles obtenues dans l'eau car les processus qui s'y déroulent sont en grande partie indépendants de ceux qui se déroulent dans la colonne d'eau.

En ce qui concerne la technique de mesure, la sonde redox ne nécessite pas d'agitation dans l'eau comme la sonde d'oxygène, mais il faut respecter un temps suffisamment long pour permettre la stabilisation de l'échantillon. Ce laps de temps doit être d'au moins 10 mn

Un rinçage à l'eau après chaque utilisation ainsi qu'une vérification de la calibration une fois par mois est nécessaire pour le bon fonctionnement de la sonde. La durée de vie de la sonde est comprise entre un et deux ans en fonction de l'utilisation qui en est faite.

Changements du potentiel redox :

- | | |
|----------------------------|-------------|
| ➤ au cours d'une journée : | moyennes |
| ➤ au cours de l'année : | importantes |
| ➤ d'une année à l'autre : | moyennes |
| ➤ d'un site à l'autre : | moyennes |

OXYGENE DISSOUS

Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau sont très importantes pour la vie dans le milieu aquatique. Chaque espèce botanique ou zoologique a des tolérances différentes vis-à-vis d'une baisse de l'oxygène dissous. En dessous de certaines limites, elles meurent. Il existe un grand

nombre de processus biologiques, chimiques et mécaniques qui influencent ou qui sont influencés par les teneurs en oxygène dans l'eau. Certains de ces processus augmentent les teneurs, certains autres les diminuent.

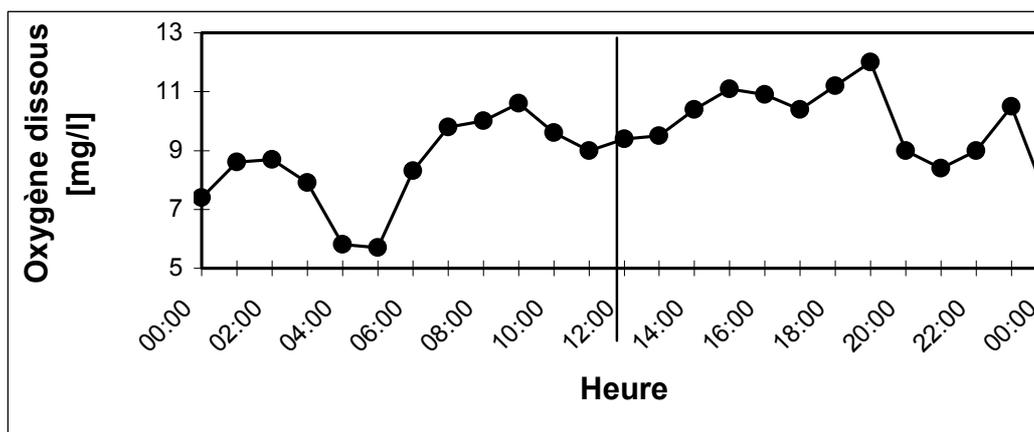
Deux processus peuvent être distingués qui contribuent à augmenter les teneurs en oxygène dans l'eau : des processus mécaniques et des processus biochimiques. Les processus mécaniques (vent, brassage etc.) n'ont généralement pas d'effet à long terme. Les végétaux qui produisent de l'oxygène pendant la journée (photosynthèse), en consomment pendant la nuit. La présence de blooms d'algues unicellulaires peut ainsi contribuer à une bonne oxygénation du milieu pendant la journée, mais provoquer des baisses importantes pendant la nuit.

La concentration en oxygène dissous est vitale pour la faune présente dans les eaux lagunaires. Les poissons, mais également les crustacés, la macrofaune et la méiofaune benthiques sont extrêmement sensibles aux baisses d'oxygène qui peuvent provoquer des mouvements de fuite ou la mort.

L'arrivée d'eaux résiduaires dans le milieu est généralement accompagnée d'une diminution des teneurs en oxygène qui peut provoquer des carences et même la mort de certaines espèces. La vie des vertébrés aquatiques devient difficile à moins de 3 mg/l d'oxygène dissous.

Aujourd'hui, l'oxygène dissous se mesure presque toujours avec des appareils électrométriques qui donnent des résultats immédiatement. Parfois, on utilise encore les méthodes de titration selon Winkler, avec des résultats plus exacts, mais avec un effort d'analyse et de conservation chimique de l'échantillon plus important.

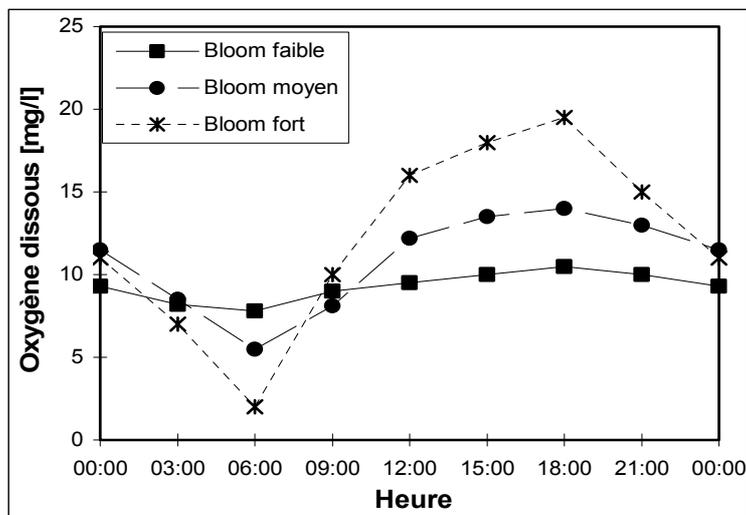
La figure ci-dessous montre les variations des concentrations en oxygène dissous dans une baie lagunaire de la Mer Baltique observées au cours d'une journée. On voit que le maximum se situe en fin d'après midi, au moment du maximum de la photosynthèse. Le minimum se situe à la fin de la nuit, au moment où la respiration a consommé une grande quantité de l'oxygène présent dans l'eau. La figure suivante montre la dépendance des teneurs en oxygène de l'intensité d'une éventuelle prolifération phytoplanctonique.



L'effet d'une décharge d'eau résiduaire sur le milieu naturel se mesure par la "Demande Biochimique en Oxygène (DBO)" ou la "Demande Chimique en Oxygène (DCO)".

Les oxymètres nécessitent un étalonnage régulier qui se fait généralement à l'air. Un contrôle de l'étalonnage peut être effectué avec une « zéro-oxygène-solution ». L'étalonnage doit

s'effectuer avec un usage régulier une fois par mois, en usage moins fréquent une fois tous les deux mois et toujours après une longue période pendant laquelle l'appareil n'a pas servi.



Changements des teneurs en oxygène dissous :

- au cours d'une journée : important (pendant une forte productivité primaire)
- au cours de l'année : important
- d'une année à l'autre : moyen

SATURATION EN OXYGÈNE

Pour mieux connaître l'évolution de l'oxygénation de l'eau, il est plus opportun d'utiliser la saturation en oxygène. Ce paramètre prend en considération les fluctuations de température et de salinité qui provoquent des variations dans la capacité de l'eau de capter l'oxygène.

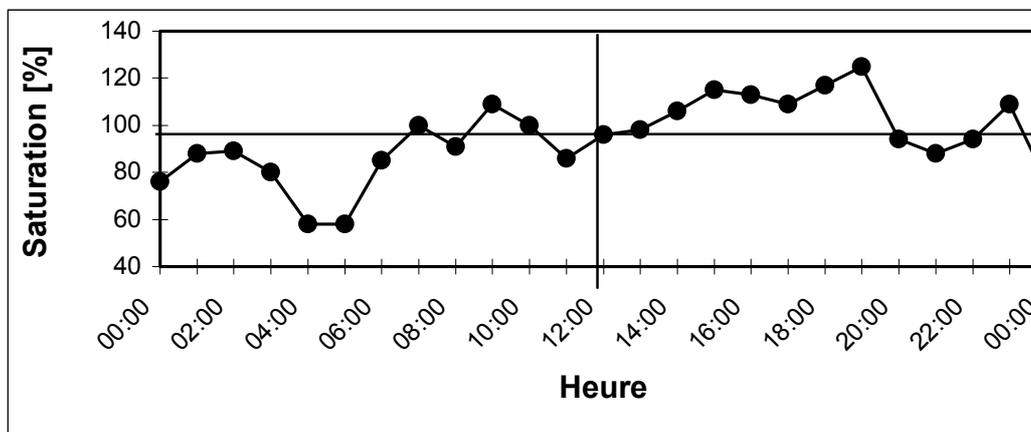
La capacité de l'eau à capter de l'oxygène est limitée et dépend de divers facteurs. Il s'agit de la température de l'eau, de la salinité, de l'altitude et de la pression atmosphérique. Par exemple, une eau qui peut contenir, à 5°C et à une salinité de 5‰, 12,3 mg/l d'oxygène, ne peut en contenir que la moitié à 30°C avec une salinité de 35‰. Dans les deux cas on parle d'une saturation de 100%.

Certains processus biologiques, chimiques ou mécaniques peuvent augmenter les teneurs d'oxygène. Ainsi on peut trouver, par moments de forte productivité phytoplanctonique, des sursaturations à plus de 300%. Dès que les conditions redeviennent « normales » les valeurs descendent à 100%, ou plus bas, en présence de matière organique réduite.

Généralement, il faut effectuer des calculs à l'aide de tables de conversion pour déterminer la saturation (on fonction de la température et de la salinité de l'échantillon). Cependant, quelques oxymètres effectuent ce calcul automatiquement après réglage de l'appareil.

Note importante : avec l'appareil WTW, ces calculs automatiques ne paraissent pas fiables et nécessitent une correction de salinité parfois oubliée. Aussi, il est recommandé de calculer la saturation à partir des tables de conversion, et d'indiquer dans les tableaux de données qu'il s'agit de la saturation calculée et non pas lue.

La figure ci-après montre les changements de la saturation en oxygène au cours d'une journée. Ces observations ont été faites dans l'eau d'une baie lagunaire de la Mer Baltique.



Changements des valeurs de saturation en oxygène :

- au cours d'une journée : important (pendant une forte productivité primaire)
- au cours de l'année : important
- d'une année à l'autre : moyens

Exercice : Comment déterminer la saturation en oxygène ?

➤ Exemple d'une mesure en eau saumâtre :

Salinité : 25 g/l
 Température : 18°C
 Oxygène mesuré: 6,2 mg/l

➤ Déterminer la teneur en oxygène à saturation 100% à l'aide de la table de conversion

avec une salinité de 25 g/l et une température de 18°C on trouve ainsi :
 Oxygène (100%) : 8,14 mg/l

➤ Calculer la saturation avec la formule suivante :

$$\text{Saturation} = \text{Oxygène mesuré} \times 100 / \text{Oxygène (100\%)}$$

➤ Résultat de l'exemple :

$$\text{Saturation} = 6,2 \text{ mg/l} \times 100 / 8,14 \text{ mg/l} = 76\% \quad (\text{on ne donne pas de décimales})$$

ATTENTION : il est très important d'indiquer sur les fiches de terrain et sur les tableaux de données s'il s'agit de la saturation « lue » sur l'appareil (et avec ou non correction de salinité) ou de la saturation « calculée ».

TURBIDITE

L'activité phytoplanctonique influence la turbidité. Pendant une période de forte activité, l'eau devient trouble et change souvent de couleur. On peut observer des colorisations rougeâtres, verdâtres, marron etc... Pendant un fort bloom d'algues unicellulaires, la turbidité dans l'eau peut être si importante que la visibilité est seulement de quelques centimètres.

Une bonne corrélation entre les teneurs en Chlorophylle a et la turbidité de l'eau a été trouvée dans le milieu lagunaire. La turbidité se mesure avec des appareils de laboratoire assez complexes (spectrophotomètres). Les résultats sont donnés en FTU ou NTU (unités de turbidité).

Pour éviter de gros investissements on utilise les disques Secchi qui donnent immédiatement des résultats, mais sans atteindre l'exactitude des mesures de spectrométrie. En général, les résultats obtenus avec les disques Secchi sont satisfaisants, mais cette technique ne permet pas une utilisation à partir du rivage, car il faut une profondeur de l'eau d'au moins 1 mètre (moins pendant les fortes proliférations d'algues).

Problème : dans beaucoup d'eaux lagunaires relativement claires, la turbidité au disque de Secchi n'est pas mesurable car les étangs ne sont pas suffisamment profonds pour obtenir l'extinction du disque.

Deux effets différents influencent les mesures, les processus biologiques, mais aussi les processus mécaniques. Généralement, on est plutôt intéressé par les effets de l'activité biologique, mais malheureusement, on trouve de fortes turbidités également après des pluies importantes et des vents violents. Il est donc important de noter si la mesure a été faite pendant un temps relativement calme ou au cours d'événements météorologiques particuliers.

Changements de la turbidité de l'eau (par disque Secchi) :

- | | |
|----------------------------|-------|
| ➤ au cours d'une journée : | forts |
| ➤ au cours de l'année : | forts |
| ➤ d'une année à l'autre : | forts |

La mesure de turbidité sera donc optionnelle : sa mesure n'a d'intérêt que si elle peut traduire une activité biologique, donc dans des eaux relativement turbides en permanence et suffisamment profondes pour permettre une mesure toute l'année.

NIVEAU DE L'EAU

Le niveau de l'eau est mesuré à l'aide d'échelles limnimétriques. Ces échelles doivent être posées à des endroits « stratégiques » pour qu'ils puissent permettre d'évaluer le niveau du plan d'eau, ses variations au cours de l'année ainsi que ses variations, dues à des événements météorologiques particuliers (vent, pluie, pression atmosphérique etc..).

Le niveau de l'eau est un paramètre important qui conditionne l'existence d'un certain nombre d'activités humaines (pêche, planche à voile, plaisance etc..). Les activités biologiques à l'intérieur du milieu aquatique sont influencées indirectement par le niveau de l'eau, car il a une influence sur la température de l'eau et sur l'intensité de la lumière dans la colonne d'eau.

Les processus chimiques (via la température et l'évaporation) ainsi que mécaniques (via les courants et la sédimentation) sont également fortement influencés par la hauteur de l'eau.

Le niveau de l'eau se mesure en centimètres ou mètres en dessus ou en dessous du niveau de la mer (m N.G.F.). Les relèvements des échelles limnimétriques ne nécessitent aucun effort matériel. Après l'installation, ces échelles ne nécessitent pas d'entretien (quand même un peu de nettoyage pour la lecture...)

<u>Changements du niveau de l'eau :</u>	
➤ au cours d'une journée :	faible (excepté événements particuliers : vents violents, fortes pluies, etc...)
➤ au cours de l'année :	fort
➤ d'une année à l'autre :	moyen

Attention ! : il est très important d'indiquer sur les fiches de terrain et les tableaux de données s'il s'agit d'un niveau d'eau raccordé au NGF ou d'une hauteur relative, auquel cas seule la variation de niveau pourra être interprétée.

5- Quelques marges de concentration des principaux paramètres abiotiques pour les eaux lagunaires en Méditerranée

Paramètre	Lagune	Minimum	Moyenne	Maximum
Salinité	Canet	1,0	13,7	41,5
	Salses-Leucate	18,3	32,0	45,0
	La Palme	3,6	26,2	76,8
Conductivité (mS/cm)	Canet	1,50	20,7	63,1
	Salses-Leucate	27,8	47,4	65,0
	La Palme	6,10	39,3	110,0
pH (-)	Canet	6,8	8,3	9,5
	Salses-Leucate	7,5	8,3	9,6
	La Palme	7,5	8,3	9,3
Température (°C)	Canet	1,3	15,2	29,7
	Salses-Leucate	3,3	16,4	29,4
	La Palme	2,0	16,3	35,3
Niveau d'eau (m NGF)	Canet	0,10	0,31	0,95
	Salses-Leucate	n.a	n.a.	n.a.
	La Palme	0,00	0,17	0,85
Oxygène dissous (mg/l)	Canet	0,0	8,2	18,0
	Salses-Leucate	0,3	9,2	25,4
	La Palme	2,8	9,4	16,2
Saturation (%)	Canet	0	87	200
	Salses-Leucate	4	110	340
	La Palme	40	82	215

6- Les éléments qui facilitent l'interprétation des résultats obtenus

Certains faits permettent une interprétation plus aisée des résultats obtenus. Les éléments suivants doivent particulièrement attirer l'attention :

- Changement rapide de certaines valeurs (« pics »)
- Dépassement de certains seuils :
 - Seuils fixés dans des plans de gestion, etc...
 - Seuils de tolérances biologiques de certaines espèces,
- Apparition de valeurs inhabituelles pour le milieu ou pour la saison.

Le changement rapide des conditions dans l'eau peut avoir plusieurs raisons. En général on peut distinguer quatre cas de figures :

- Les perturbations climatiques (en général en automne, hiver) : les changements rapides sont dues à des conditions météorologiques particulières (fortes pluies, tempêtes, vents, orages). Dans les milieux lagunaires méditerranéens, ces changements peuvent être de grande amplitude (par exemple un changement de salinité dans l'étang de Canet en 48 heures de 35 g/l à 4 g/l).
- Le changement de stratification thermique (automne et printemps) : Dans les étangs continentaux de profondeur suffisante, un changement de la stratification (qui a lieu quand les deux couches d'eau se trouvent à la même température) peut entraîner un fort basculement des paramètres abiotiques.
- Les basculements biologiques (en général en été) : après des changements lents souvent liés au réchauffement du plan d'eau au printemps, les conditions peuvent basculer rapidement pour atteindre des seuils critiques. Ainsi la fin d'une prolifération d'algues unicellulaires (avec des pH élevés, une production d'oxygène importante et de fortes sursaturations) peut être rapidement suivie par une prolifération bactérienne (avec des pH bas et une situation d'anoxie).
- Les influences humaines (sans liens directs avec les saisons) : l'ouverture ou la fermeture de vannes, le pompage sur des milieux voisins, la vidange d'une retenue en amont, les lâchers d'eau d'une riziculture, d'une installation industrielle ou d'une centrale électrique peuvent changer complètement la situation dans un plan d'eau.

Une analyse des données doit ainsi prendre en considération le contexte général du site (conditions météorologiques, observations diverses, actions de l'homme). Sans cette connaissance du site, l'interprétation qui peut être donnée des résultats n'est qu'une hypothèse sans base concrète.

Le dépassement de certains seuils est un signal qui doit attirer l'attention pour l'interprétation des résultats. Ces seuils peuvent être de deux origines :

- Seuils fixés dans des plans de gestion ou dans des hypothèses de travail : Ces seuils sont souvent à l'origine de la mise en place de la campagne de mesures. L'objectif était alors de veiller à ce que ces seuils ne soient pas dépassés. Il s'agit par exemple de limiter

le niveau de l'eau afin de permettre certaines activités ou de ne pas gêner d'autres où de limiter la salinité afin de favoriser le développement de la roselière. En général, l'approche ou le dépassement de ces seuils engendre une action de gestion afin de rétablir la situation souhaitée.

Seuils inhérents à la vie de certaines espèces : Certaines conditions peuvent devenir néfastes pour la vie dans le plan d'eau. Il s'agit par exemple des concentrations en oxygène trop basses, des pH trop élevés, la présence de certains composés chimiques. Le dépassement de ces seuils peut entraîner des mouvements de fuites ou la mortalité d'une partie de la flore et de la faune présentes dans le milieu.

Avant de démarrer la campagne de mesures, il faut connaître les seuils critiques, soit parce qu'ils ont été définis dans des plans de gestion ou dans une hypothèse de travail et qu'ils sont ainsi à l'origine de la campagne de mesures, soit parce qu'ils limitent la vie équilibrée dans le plan d'eau.

L'apparition de valeurs inhabituelles pour ce milieu ou pour cette saison doit attirer l'attention. La recherche des raisons de cette apparition peut considérablement améliorer la connaissance du fonctionnement du milieu. Par contre :

Des valeurs inhabituelles ne peuvent être décelées que si l'on dispose d'éléments de comparaison. Ces éléments de comparaison peuvent provenir des mesures obtenues les années précédentes à la même époque ou d'autres sites de caractéristiques comparables. Ainsi, un effort sur un plus long terme est en général nécessaire avant de pouvoir déceler cette situation. Par contre, si l'on dispose d'un certain historique d'observations sur le même site on arrive à expliquer certains phénomènes qui n'apparaissent pas tous les ans (mortalités de poissons, proliférations de méduses, etc...).

L'apparition de valeurs inhabituelles peut donner des informations précieuses pour la compréhension du fonctionnement du site. Par contre, leur détection nécessite une base de comparaison obtenue en général sur plusieurs années de mesures sur ce même site.

Il ne faut pas oublier que la capacité d'adaptation de certaines espèces à des valeurs extrêmes dans l'eau dépend outre de la valeur elle-même, de la vitesse avec laquelle ces changements sont intervenus.

Les limites de tolérance théoriquement acceptables pour l'espèce ne le sont plus si ces limites sont atteintes très rapidement. Ainsi, nous avons pu observer une mortalité de jeunes daurades dans l'étang de La Palme (Aude) à des températures de l'eau de 4,5°C. Si cette valeur est atteinte lentement, les poissons peuvent s'y adapter et survivre. Par contre, la valeur a été atteinte en une seule nuit avec une baisse rapide de plus de 5°C en l'espace de quelques heures. La rapidité de ce changement a donc été fatale pour les poissons.

Il faut donc observer attentivement les changements rapides !

En ce qui concerne les valeurs extrêmes, les conditions pour la flore et la faune des étangs littoraux deviennent difficiles (sans être forcément mortelles) si l'on atteint les limites suivantes :

Température de l'eau <5°C >23°C

FILMED – Forum Interrégional des Lagunes Méditerranéennes

- pH <7,5 >9,0
- Potentiel Redox <75 mV
- Oxygène dissous <3,5 mg/l
- Saturation en oxygène <40%

En ce qui concerne la salinité, les valeurs limites dépendent du type de la flore et de la faune installées :

- Vie d'eau douce <15 g/l
- Vie d'eau saumâtre >10 g/l<30 g/l
- Vie d'eau salée >25 g/l<50 g/l

Bien entendu, il s'agit ici d'indications générales et pas de règles absolues. La réaction de la biocénose dépend justement de la vitesse des changements, des espèces présentes et de l'état général de l'écosystème. Des espèces soumises à un stress important sont moins résistantes que des espèces en bon état de santé....