

Évaluation de la qualité d'une eau par mesure de sa DBO



La DBO, demande biologique en dioxygène, définit la charge polluante organique biodégradable d'une eau. Elle constitue un paramètre de qualité de l'eau très utilisé. Ce paramètre est complexe : sa mesure, en travaux pratiques de SVT, permettra d'en saisir efficacement la signification.

Définition et interprétation de la DBO



✓ La DBO ou demande biologique/biochimique en dioxygène est la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour utiliser les substances qu'elle contient.

Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. Il est utilisable

- soit pour quantifier la charge polluante organique de l'eau,
- soit pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel

(toute matière organique biodégradable rejetée va entraîner une consommation d'O₂ au cours des procédés d'auto épuration),

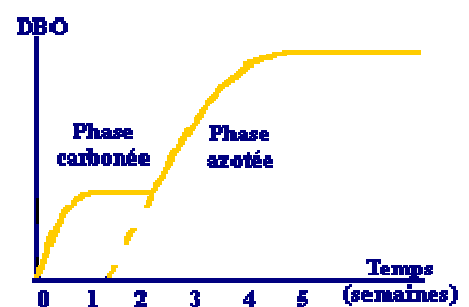
■ soit pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique.

✓ Les matières organiques dégradées par voie aérobie sont essentiellement constituées de C, H, O, N. La dégradation de ces molécules se traduit par leur minéralisation.

La minéralisation des composés carbonés libère CO₂ et H₂O. Celle des composés carbonés et azotés (acides aminés, urée, ...) produit en outre des composés ammoniacaux (NH₃ et NH₄⁺), transformables en nitrates et nitrites.

L'ensemble de ces processus est fortement consommateur d'O₂. Si la source d'O₂ est suffisante les dégradations se réalisent, de manière non linéaire, en 3 à 5 semaines et se déroulent en 2 étapes :

- ⇒ la phase carbonée qui libère en 2 à 3 semaines CO₂, H₂O et composés ammoniacaux,
- ⇒ la phase azotée qui ne commence qu'au bout de 10 jours et qui dégrade les composés ammoniacaux.



✓ Pour des raisons pratiques la DBO est mesurée

- au bout de 5 jours (=DBO₅),
- à 20°C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O₂) et
- à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

La DBO₅ ne constitue donc pas une mesure des matières organiques biodégradables mais un simple index.

Stratégies expérimentales



Afin d'approcher et de comprendre la signification de la DBO, plusieurs approches sont envisageables :

- ☑ Mesure de la DBO de divers échantillons prélevés en différents points d'un cours d'eau
 - en aval et en amont d'un rejet polluant,
 - à différents niveaux d'une station d'épuration,
 - avant et après un épisode orageux, etc.

- ☑ Suivi de l'évolution de la DBO d'un échantillon d'eau propre soumis successivement à divers événements
 - ajout d'eau polluée,
 - ajout de glucose, de lait, de l'humus,
 - filtration de l'échantillon, etc.

- ☑ Suivi de l'évolution de plusieurs échantillons d'eau polluée placés dans des conditions expérimentales variées
 - dans une cuve ou l'eau stagne,
 - dans une cuve oxygénée continuellement au moyen d'un aérateur,
 - dans une cuve, oxygénée ou pas, après stérilisation de l'échantillon par ébullition,etc.

Mesure de la DBO 5



☑ Principe

➔ Les mesures sont réalisées à partir d'échantillons d'eau prélevés sur le terrain. 2 prélèvements sont nécessaires :

- le premier sert à la mesure de la concentration initiale en O₂,
- le second à la mesure de la concentration résiduelle en O₂ au bout de 5 jours.

La DBO₅ est la différence entre ces 2 concentrations.

Les mesures seront effectuées sur un même volume et le second échantillon sera conservé 5 jours à l'obscurité et à 20 °C.

➔ Afin de mesurer la totalité de la demande, l'O₂ ne doit pas devenir facteur limitant de l'activité microbienne. En effet une eau abandonnée à elle-même dans un flacon fermé consommera rapidement le dioxygène dissous : il faut donc s'assurer au préalable que ce dioxygène suffira largement à la consommation des micro-organismes.

On utilise pour cela la méthode des dilutions, ou l'échantillon à doser est dilué dans une quantité d'eau telle, qu'à l'issue de la mesure, le taux d'O₂ résiduel reste supérieur à 50% du taux initial. Une quantité réduite du mélange micro-organismes + substrat est ainsi mis à disposition du dioxygène d'un important volume d'eau dépourvu de demande propre.

Le choix du bon facteur de dilution n'est pas évident (il est réalisé en laboratoire d'analyse par tâtonnements à partir de la mesure de la DCO). *Deux mesures correctives (des « blancs ») peuvent être effectuées sur l'eau de dilution (pour simplifier le protocole, elles peuvent être négligées : il suffit alors de ne pas tenir compte des mesures et des calculs relatifs à D₀ et D₅ dans la description suivante).*

☑ **Matériel** : Récipient 10 l (eau de dilution), aérateur, flacon bouché 1 l (prélèvement), flacons à bouchon rodé 200 à 300 ml (mesure), pipettes, éprouvettes graduées, étuve 20 °C.

☑ Mode opératoire

■ Prélèvement de l'eau à analyser.

■ Préparation de l'eau de dilution : mettre la veille du prélèvement, dans un récipient de 10 l, de l'eau du robinet dans laquelle on plonge toute la journée un aérateur d'aquarium pour la saturer en dioxygène. Laisser reposer 12 h.

■ Choix du facteur de dilution : Le facteur de dilution dépendra de la charge de l'eau analysée. Par exemple, on choisira un facteur de dilution de l'ordre de 10 pour une eau de surface (DBO moyenne = 1 à 30 mg/l) ou de 50 à 100 pour une eau usée (DBO moyenne = 300 mg/l pour un effluent domestique).

Concrètement, si en début de mesure l'eau est saturée en dioxygène (8 mg/l), pour une eau usée (DBO de l'ordre de 300 mg/l), on choisira un facteur de dilution F de l'ordre de $300 / (8-8/2) = 75$. Si l'on dispose d'un flacon de 150 ml, en diluant 2 ml d'eau usée dans 148 ml d'eau de dilution on obtient un facteur de dilution $F = 148/2 = 74$ convenable.

■ Préparation des flacons de mesure :

Verser dans le flacon un peu d'eau de dilution, puis la quantité prévue d'échantillon, puis remplir le reste du flacon avec l'eau de dilution. Fermer le flacon sans y laisser d'air. Faire ainsi 2 flacons identiques.

Préparer 2 autres flacons avec uniquement de l'eau de dilution (blancs).

Toutes ces opérations seront réalisées en veillant à ne pas modifier la teneur en dioxygène dissous.

■ **Mesure au temps 0** : doser l'O2 dissous (voir [protocole dosage](#)) dans un flacon d'échantillon dilué (T0) et dans un flacon d'eau de dilution (D0). Jeter l'eau.

■ **Incubation** : placer les 2 flacons restants à l'étuve 20 °C et à l'obscurité pendant 5 jours.

■ **Mesure au temps 5 j** : doser l'O2 dissous (voir [protocole dosage](#)) dans le flacon d'échantillon dilué restant (T5) et dans un flacon d'eau de dilution restant (D5). Jeter l'eau.

✓ Résultats

$$DBO = F (T0-T5) - (F-1) (D0-D5)$$

avec F = facteur de dilution

T0 et T5 concentrations en O2 de la dilution à 0 et 5 jours

D0 et D5 concentrations en O2 de l'eau de dilution à 0 et 5 jours.

On pourra présenter ces résultats dans un tableau de calcul. Par exemple:

Mesure n°	Volume Ve échantillon	Volume Vt flacon	F = Vt/Ve	Flacon n°	T0	T5	D0	D5	DBO
1	2 ml	148 ml	74	1	8.1 mg/l				
				2		4.3 mg/l			
				3			8.1 mg/l		
				4				7.9 mg/l	260 mg/l

Dosage du DiOxygène dissous

➡ Méthode de Winkler ←

La méthode de Winkler est celle qui est utilisée en laboratoire d'analyse.

✓ Principe

- ➔ Fixation, par $MnSO_4$, de l'oxygène dissous dans l'eau sous forme de $Mn(OH)_3$ et libération, par le réactif de Winkler ($KI+KOH$), d'iode en quantité proportionnelle à celle d' O_2 dissous.
- ➔ Dosage de l'iode libérée, par le thiosulfate, en présence d'un indicateur coloré, l'amidon (la coloration bleue de l'amidon en présence d'iode disparaît au virage).

✓ Réactifs

- Solution de sulfate de manganèse : 50 g de $MnSO_4$ dans 100 ml d'eau.
- Réactif de Winkler : 50 g de KOH + 15 g de KI dissous dans 100 ml d'eau.
- Solution de thiosulfate de sodium M/80 : 3,10 g de $Na_2S_2O_3$ dans 1000 ml d'eau.
- Indicateur coloré : empois d'amidon 10 mg/l.
- HCl concentré.

✓ **Matériel** : Flacon de prélèvement à bouchon rodé, pipettes, bécher, burette, balance au 0,1 g.

✓ Mode opératoire

➔ Sur le terrain

- Prélever l'eau à analyser en remplissant un flacon à bouchon rodé (volume v ml) et en veillant à ne pas laisser d'air dans le flacon.
- Fixer O_2 en introduisant doucement dans le flacon (faire couler les réactifs en introduisant une pipette à mi-hauteur du flacon) 1 ml de solution de sulfate de manganèse puis 1 ml de réactif de Winkler. Reboucher aussitôt le flacon sans y laisser d'air et agiter : tout l' O_2 est fixé sous forme d'un précipité d'hydroxyde manganique.

➔ Au laboratoire

- Libérer l'iode I_2 en versant dans le flacon 2 ml d' HCl concentré. Reboucher et agiter. L'iode libérée colore l'échantillon en brun (l'intensité de la coloration est un premier indicateur de la concentration en iode).
- Verser l'échantillon dans un bécher et ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon. Agiter : une coloration bleue apparaît.
- Doser I_2 en versant, au moyen d'une burette, la solution de thiosulfate M/80 jusqu'à décoloration. Soit n le nombre de ml de thiosulfate utilisé.

✓ Résultats

Concentration en dioxygène dissous = $100 \times n / (v-2)$

mg/l

0,5 mole d' O_2 (8 g) permet la libération d'1 mole d' I_2 neutralisée par 2 moles de thiosulfate. 1 ml de thiosulfate M/80 correspond donc à $1/80\ 000 \times 8\ g = 0,1\ mg$ d' O_2 . Le volume de la prise d'essai est égale à $v-2$ ml, volume du flacon moins 2 ml de réactifs introduits lors de la fixation de O_2 . Si n est le nombre de ml de thiosulfate utilisé, la quantité d' O_2 contenue dans l'échantillon est de $0,1 \times n\ mg$. Pour 1 l d'eau dosée, il sera de $0,1 \times n / (v-2)$ mg/l.

Méthode électrochimique

Cette méthode, facile à mettre en oeuvre, est souvent trop imprécise en vue d'une mesure de DBO.

➔ Les sondes dioxymétriques (électrodes de Clark) permettent une évaluation rapide du taux d'O₂ dissous. Ces sondes, couplées à un coffret de mesure ou à un dispositif d'ExAO permettent d'afficher la [O₂] dissous en mg/l ou en % de saturation en O₂.

La difficulté de la manipulation est reportée sur l'étalonnage de la sonde dont la qualité détermine la précision de la mesure (la solubilité de l'O₂ dans l'eau étant à 20°C de 8 à 9 mg/l, une précision à 0,1 g parait souhaitable).

➔ L'étalonnage se fait en plongeant la sonde dans 2 solutions dont la [O₂] est connue :

■ dans une solution saline dépourvue d'O₂ dissous = solution zéro.

■ dans une solution saturée en O₂ (prendre 1 l d'eau et y faire barboter de l'air, laisser reposer 10 min. et doser O₂ par la méthode chimique) ou à défaut dans l'air.

La solubilité de l'O₂ dans l'eau dépendant principalement de la température, toutes les opérations, étalonnage et dosages, devront être réalisées à même température.