



NATIONS  
UNIES

EP

UNEP/MED WG.509/16

**ONU**   
programme pour  
l'environnement



Plan d'action pour  
la Méditerranée  
**Convention de  
Barcelone**

29 juillet 2021  
Français  
Original : anglais

Réunion des points focaux du MED POL

Vidéoconférence, 27-28 mai et 6-7 octobre 2021

**Point 12 de l'ordre du jour : Harmonisation et normalisation de la surveillance du cluster IMAP Pollution**

- a) **Directives / protocoles de suivi pour les indicateurs communs IMAP 13, 14, 17, 18, 20 et 23**
- b) **Directives / protocoles de surveillance pour l'assurance qualité analytique et la communication des données de surveillance pour les indicateurs communs IMAP 13, 14, 17, 18 et 20**
- c) **Directives / protocoles de surveillance pour les microplastiques flottants**

**Directives/Protocoles de contrôle concernant la détermination des paramètres hydro-physiques**

Pour des raisons environnementales et économiques, le tirage du présent document a été restreint. Les participants sont priés d'apporter leur copie à la réunion et de ne pas demander de copies supplémentaires.

## Table des matières

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Introduction.....  | 1  |
| 2.     | Note technique sur la détermination de la température et de la salinité de l'eau de mer.....                         | 2  |
| 2.1.   | Protocole de détermination de la température et de la salinité à l'aide d'une sonde CTD.....                         | 3  |
| 2.2.   | Protocoles de détermination de la température à l'aide de thermomètres à renversement.....                           | 6  |
| 2.2.1. | Thermomètres électroniques numériques à renversement.....  | 6  |
| 2.2.2. | Thermomètres à renversement au mercure.....  | 7  |
| 2.3.   | Protocoles de préparation des échantillons et d'analyse de la salinité à l'aide d'un salinomètre de laboratoire..... | 9  |
| 3.     | Note technique sur la mesure de la profondeur de Secchi.....   | 11 |
| 3.1.   | Protocole de mesure de la profondeur de Secchi.....  | 11 |

## Annexes

Annexe I : Références

## Note du Secrétariat

Conformément au programme de travail 2020-2021 adopté par la COP21, le programme MED POL a préparé les lignes directrices de surveillance relatives aux indicateurs communs 13, 14, 17 et 20 de l'IMAP en vue de leur examen lors de la réunion intégrée des groupes de correspondance sur la surveillance de l'approche écosystémique (CORMON) (décembre 2020), tandis que les lignes directrices de surveillance pour l'indicateur commun 18 ainsi que les lignes directrices de surveillance relatives à l'assurance qualité et à la communication des données sont en cours de finalisation en vue de leur examen lors de la réunion du CORMON sur la surveillance de la pollution prévue en avril 2021.

Ces lignes directrices de surveillance contiennent des manuels cohérents destinés à guider le personnel technique des laboratoires compétents IMAP des Parties contractantes pour la mise en œuvre des pratiques de surveillance normalisées et harmonisées liées à un indicateur commun IMAP spécifique (c'est-à-dire l'échantillonnage, la conservation et le transport des échantillons, la préparation et l'analyse des échantillons, ainsi que l'assurance qualité et la communication des données de surveillance). Pour la première fois, ces lignes directrices présentent un résumé des meilleures pratiques connues disponibles et utilisées dans la surveillance du milieu marin, en exposant des pratiques analytiques globales intégrées qui pourront être appliquées afin de garantir la représentativité et l'exactitude des résultats analytiques nécessaires à la production de données de surveillance de qualité assurée.

Les lignes directrices/protocoles de surveillance s'appuient sur les connaissances et les pratiques acquises au cours des 40 années de mise en œuvre de la surveillance du MED POL et sur des publications récentes, mettant en évidence les pratiques actuelles des laboratoires maritimes des Parties contractantes ainsi que d'autres pratiques issues des conventions sur les mers régionales et de l'Union européenne. Une analyse approfondie des pratiques actuellement disponibles du PNUE/PAM, du PNUE et de l'AIEA ainsi que d'HELCOM, d'OSPAR et du Centre commun de recherche de la Commission européenne a été entreprise afin de contribuer à une approche novatrice pour la préparation des lignes directrices/protocoles de surveillance de l'IMAP.

Afin de soutenir les efforts nationaux, les présentes lignes directrices de surveillance pour la détermination des paramètres physiques hydrographiques fournissent les deux notes techniques suivantes : a) Note technique sur la mesure de la température et de la salinité, comprenant les trois protocoles suivants : Protocole de détermination de la température et de la salinité à l'aide d'une sonde CTD ; protocoles de détermination de la température à l'aide de thermomètres à renversement ; protocole de préparation des échantillons et l'analyse de la salinité à l'aide d'un salinomètre de laboratoire ; et b) Note technique sur la mesure de la transparence de l'eau de mer par la détermination de la profondeur de Secchi.

Les lignes directrices/protocoles de surveillance pour les indicateurs communs 13 et 14 de l'IMAP, y compris celui relatif à la détermination des paramètres physiques hydrographiques, constituent une base solide pour la mise à jour régulière des pratiques de surveillance en vue d'une mise en œuvre réussie de l'IMAP.

Les modifications demandées comprenaient des suggestions techniques écrites qui ont été fournies par plusieurs Parties contractantes jusqu'à 10 jours après la fin des réunions intégrées des CORMON. Les documents modifiés ont été distribués par le Secrétariat le 19 février 2021 pour une période de deux semaines pour la non-objection des réunions intégrées des CORMON sur les changements suggérés. En l'absence d'objection de cette dernière, ces Lignes directrices/Protocoles de surveillance sont soumis à l'examen de la présente Réunion des points focaux du MED POL.

## Liste des abréviations / acronymes

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>AHC</b>      | Système de compensation active de la houle  |
| <b>BEE</b>      | Bon état écologique   |
| <b>BODC</b>     | British Oceanographic Data Centre   |
| <b>CdP</b>      | Conférence des parties  |
| <b>CI</b>       | Indicateur commun   |
| <b>CORMON</b>   | Groupe de correspondance sur la surveillance  |
| <b>EcAp</b>     | Approche écosystémique  |
| <b>EOS-80</b>   | Équation d'état de l'eau de mer de 1980   |
| <b>HELCOM</b>   | Commission pour la protection du milieu marin dans la zone de la mer Baltique<br>– Commission d'Helsinki                          |
| <b>IAPSO</b>    | Association internationale pour les sciences physiques des océans   |
| <b>IMAP</b>     | Programme de surveillance et d'évaluation intégrées de la mer et des côtes méditerranéennes et les critères d'évaluation connexes |
| <b>INFO/RAC</b> | Centre d'information et de communication de la Convention de Barcelone  |
| <b>IPTS-68</b>  | Échelle internationale pratique des températures de 1968  |
| <b>IRM</b>      | Matériel de référence interne   |
| <b>ISO</b>      | Organisation internationale de normalisation  |
| <b>ITS-90</b>   | Échelle internationale de température de 1990   |
| <b>IUPAC</b>    | Union internationale de la chimie pure et appliquée   |
| <b>JPOTS</b>    | Groupe mixte sur les tables et normes océanographiques  |
| <b>MEDPOL</b>   | Programme coordonné de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la Méditerranée                         |
| <b>MSFD</b>     | Directive-cadre Stratégie pour le milieu marin  |
| <b>OE</b>       | Objectif écologique   |
| <b>OSPAR</b>    | Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est   |
| <b>PAM</b>      | Plan d'action pour la Méditerranée  |
| <b>PSS-78</b>   | Échelle de salinité pratique de 1978  |
| <b>SI</b>       | International System of Units (SI, abbreviated from the French Système international (d'unités))                                  |
| <b>SCOR</b>     | Comité scientifique de la recherche océanique   |
| <b>UE</b>       | Union européenne  |
| <b>UNESCO</b>   | Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture   |
| <b>WOCE</b>     | Expérience sur la circulation océanique mondiale  |

## Liste des abréviations / acronymes

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>AHC</b>      | Système de compensation active de la houle   |
| <b>BODC</b>     | British Oceanographic Data Centre  |
| <b>CI</b>       | Common Indicator   |
| <b>COP</b>      | Conference of the Parties  |
| <b>CORMON</b>   | Correspondence Group on Monitoring   |
| <b>EcAp</b>     | Ecosystem Approach   |
| <b>EO</b>       | Ecological Objective   |
| <b>EOS-80</b>   | Équation d'état de l'eau de mer de 1980  |
| <b>EU</b>       | European Union   |
| <b>GES</b>      | Good Environmental Status  |
| <b>HELCOM</b>   | Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission  |
| <b>IAPSO</b>    | Association internationale pour les sciences physiques des océans  |
| <b>IMAP</b>     | Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Critères d'évaluation connexes |
| <b>INFO/RAC</b> | Centre d'information et de communication de la Convention de Barcelone   |
| <b>IPTS-68</b>  | Échelle internationale pratique des températures de 1968   |
| <b>IRM</b>      | Matériel de référence interne  |
| <b>ISO</b>      | Organisation internationale de normalisation   |
| <b>ITS-90</b>   | Échelle internationale de température de 1990  |
| <b>IUPAC</b>    | Union internationale de la chimie pure et appliquée  |
| <b>JPOTS</b>    | Groupe mixte sur les tables et normes océanographiques   |
| <b>MAP</b>      | Mediterranean Action Plan  |
| <b>MEDPOL</b>   | Programme for the Assessment and Control of Marine Pollution in the mer Méditerranée                                 |
| <b>MSFD</b>     | Marine Strategy Framework Directive  |
| <b>OSPAR</b>    | Convention for the Protection of the Marine Environment for the North-East Atlantic                                  |
| <b>PSS-78</b>   | Échelle de salinité pratique de 1978   |
| <b>SI</b>       | International System of Units (SI, abbreviated from the French Système international (d'unités))                     |
| <b>SCOR</b>     | Scientific Committee on Oceanic Research   |
| <b>UNESCO</b>   | United Nation Educational Scientific and Cultural Organization   |
| <b>WOCE</b>     | World Ocean Circulation Experiment   |

## 1. Introduction

1. Cette directive relative à la détermination des paramètres physiques hydrographiques, présente les paramètres d'appui que sont la température, la salinité et la transparence. La température et la salinité sont essentielles dans le calcul de base des autres paramètres, comme l'oxygène dissous et le pH. D'autre part, elles servent également d'indication pour la définition de la typologie de l'eau, outil important dans le système de classification des eaux, sur lequel l'évaluation des GES est basée, comme présenté en détail dans les fiches d'orientation de l'IMAP (PNUE/PAM, 2019)<sup>1</sup>.
2. Les protocoles IMAP élaborés dans le cadre des présentes lignes directrices de surveillance pour la détermination des paramètres physiques hydrographiques fournissent des conseils détaillés sur l'équipement nécessaire, les réactifs chimiques, les procédures analytiques ainsi que les méthodologies appropriées pour la mesure des principaux paramètres physiques hydrographiques de soutien, les calculs, la transformation des données si nécessaire et l'identification des points faibles. Ils comprennent également des observations importantes et une description des problèmes éventuels. Toutefois, ces protocoles sont conçus pour être non pas des manuels de formation analytique, mais des lignes directrices pour les laboratoires méditerranéens, qu'il convient de tester et de modifier en conséquence, si nécessaire, afin d'en valider les résultats finaux.
3. Les présentes lignes directrices de surveillance s'appuient sur les fiches d'orientation pour les indicateurs communs 13 et 14 du Programme intégré de surveillance et d'évaluation (IMAP) du PNUE/PAM (PNUE/PAM, 2019), sur les protocoles normalisés (PNUE/PAM, 2019a)<sup>2</sup> et sur les systèmes d'assurance qualité des données (PNUE/PAM, 2019b)<sup>3</sup> afin de permettre la comparabilité des données et l'élaboration de systèmes d'évaluation régionaux. Ils tiennent également compte des techniques d'échantillonnage et d'analyse précédentes pour la stratégie de surveillance de l'eutrophisation du MED POL (UNEP/MAP/MED POL, 2005)<sup>4</sup>, tout en fournissant des procédures détaillées qui sont pertinentes pour la mise en œuvre de l'IMAP. Les détails des protocoles relatifs aux paramètres chimiques hydrographiques permettent de répondre aux besoins des mesures tant dans les zones off-shore que dans les zones côtières étroites.
4. Dans les sous-chapitres « Symbole, unités et précision » à la fin de chaque protocole, le symbole et l'unité suggérés par le Système international d'unités (SI) de tous les paramètres qui y sont décrits sont présentés. L'exactitude, la précision et, si possible, la limite de détection (LOD) attendues sont également présentées. Les identificateurs de méthode sont également présentés qu'ils sont fournis dans la bibliothèque P01 du Vocabulaire d'utilisation des paramètres du British Oceanographic Data Centre (BODC), respectivement inclus dans les dictionnaires de données et les modèles de données sur l'eutrophisation intégrées au système d'information pilote de l'IMAP.
5. L'organigramme ci-dessous indique la catégorie de cette ligne directrice de surveillance relative à la détermination des paramètres physiques hydrographiques dans la structure de toutes les lignes directrices de surveillance préparées pour les indicateurs communs 13, 14, 17, 18 et 20 de l'IMAP.

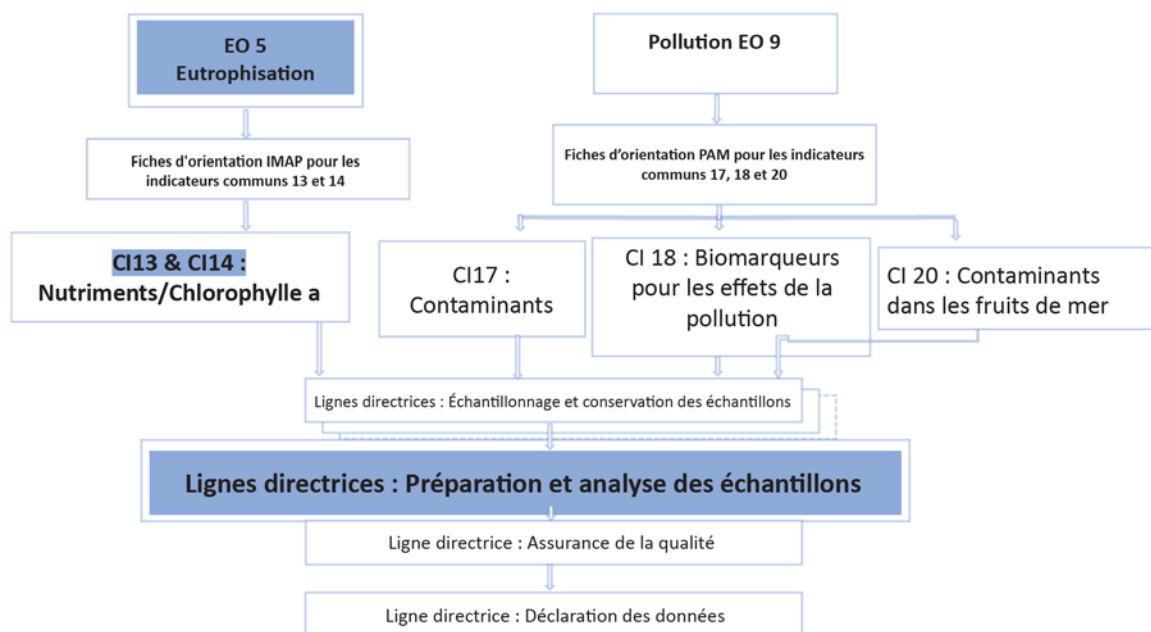
---

<sup>1</sup> (UNEP/MAP, 2019), UNEP/MED WG.467/5. IMAP Guidance Factsheets: Update for Common Indicators 13, 14, 17, 18, 20 and 21: New proposal for candidate indicators 26 and 27

<sup>2</sup> (UNEP/MAP, 2019a), UNEP/MED WG.463/6. Monitoring Protocols for IMAP Common Indicators related to Pollution.

<sup>3</sup> (UNEP/MAP, 2019b), UNEP/MED WG.467/10. Schemes for Quality Assurance and Control of Data related to Pollution

<sup>4</sup> (UNEP/MAP/MED POL), 2005. Sampling and Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED POL. MAP Technical Reports Series No. 163. UNEP/MAP, Athens, 46 pp.



**Organigramme : Lignes directrices pour la surveillance des objectifs écologiques 5 et 9 de l'IMAP**

## 2. Note technique sur la détermination de la température et de la salinité de l'eau de mer

6. La **température** est la propriété qui régit le transfert d'énergie thermique ou de chaleur entre deux corps : le flux de chaleur est dirigé du corps le plus chaud vers le plus froid jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint. Les instruments de mesure de la température sont basés sur ce principe de base. La température, ainsi que la salinité, sont utiles pour identifier la masse d'eau échantillonnée et pour calculer, à l'aide d'une équation d'état, la densité et d'autres quantités dérivées. Ce paramètre a également des effets sur les systèmes biologiques et en général sur les équilibres physico-chimiques du milieu marin, notamment la solubilité des gaz (par exemple la solubilité de l'oxygène) et le pH.

7. Avant le 1<sup>er</sup> janvier 1990, la température était exprimée dans l'Échelle internationale pratique de température de 1968 (IPTS-68). L'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90), adoptée depuis, représente actuellement la meilleure approximation de la température thermodynamique (T). En océanographie, la convention consiste à mesurer la température sur l'échelle Celsius (t), dont l'unité est le °C et avec  $t = T - 273,15$ . La conversion entre l'ancienne échelle ( $t_{68}$ ) et la nouvelle ( $t_{90}$ ) est donnée par la formule (Saunders, 1990)<sup>5</sup>:

$$t_{68} = 1,00024 t_{90}$$

8. La **salinité** est une mesure de la teneur en matières dissoutes dans l'eau de mer. Avec la température, c'est un paramètre d'une importance fondamentale pour identifier la masse d'eau échantillonnée et pour calculer la densité (à l'aide d'une équation d'état) et d'autres quantités dérivées. Elle affecte d'autres paramètres tels que l'oxygène dissous et a des effets sur de nombreux processus et systèmes biologiques et chimiques dans l'environnement marin.

9. La salinité absolue (SA) est définie comme le rapport entre la masse totale des matières dissoutes dans l'eau de mer et la masse totale de l'eau. La SA est très difficile, voire impossible, à mesurer directement, car il faudrait connaître parfaitement la composition de l'eau de mer. C'est pourquoi, en pratique, une définition approximative est donnée, dont la mesure est plus facilement réalisable.

<sup>5</sup> Saunders, P., 1990. The International Temperature Scale of 1990, ITS-90. Wocce Newsletter, 10, IOS, Wormley, UK.

10. La première définition pratique de la salinité est celle donnée en 1899 par la Commission internationale pour l'étude des océans dirigée par le professeur Martin Knudsen qui a établi que la salinité est la masse résiduelle de sel (mesurée en grammes) par kilogramme d'eau de mer, lorsque tous les carbonates ont été transformés en oxydes, les bromures et les iodures remplacés par des chlorures et toute la substance organique oxydée (Forch et al., 1902)<sup>6</sup>. Comme les différents composants contribuent à la salinité selon un ratio pratiquement constant et que le composant principal, le chlorure, est facile à mesurer avec précision par une simple analyse chimique (titrage), la salinité de l'eau de mer a longtemps été déterminée indirectement en mesurant la masse des chlorures dissous dans l'eau et en utilisant des relations empiriques (Forch et al., 1902 ; Wooster et al., 1969)<sup>7</sup>.

11. La définition de la salinité a été révisée lorsqu'une technique a été mise au point pour pouvoir la déterminer à partir de mesures de la conductivité de l'eau. En 1978, le JPOTS (UNESCO, 1981)<sup>8</sup> a introduit l'échelle de salinité pratique (PSS-78), qui définit la salinité pratique en fonction du rapport  $K_{15}$  entre la conductivité électrique d'un échantillon d'eau de mer à la température  $t_{68} = 15\text{ °C}$  (définie dans l'échelle de température IPTS-68) et à la pression d'une atmosphère standard (101325 Pa dans le SI, correspondant à 1013,15 millibars), et celle d'une solution de chlorure de potassium (KCl), dans laquelle la fraction molaire de KCl est de 0,0324356, dans les mêmes conditions de température et de pression. Un  $K_{15} = 1$  correspond à une salinité pratique de 35.

12. À  $15\text{ °C}$ , la solution étalon de KCl a une conductivité électrique équivalente à celle d'un échantillon d'eau de mer de l'Atlantique Nord ayant une chlorinité de 19,3740 à la même température. Cette constatation garantit :

- une certaine continuité entre les mesures de salinité dans l'échelle pratique et les précédentes, qui étaient largement basées sur la mesure précise de la chlorinité ;
- l'utilisation de l'eau de mer avec  $K_{15} \gg 1$  comme étalon secondaire pour l'étalonnage de routine des instruments de mesure de la salinité.

13. La salinité pratique est une quantité sans dimension, dont l'ordre de grandeur coïncide avec celui de la définition de Knudsen. Il est techniquement incorrect d'utiliser l'abréviation "psu" (unités de salinité pratique), et cette pratique, bien que couramment adoptée, doit être absolument évitée. Cette quantité entre dans tous les algorithmes actuellement utilisés pour calculer les propriétés thermodynamiques de l'eau de mer (UNESCO, 1983)<sup>9</sup> et est également celle qui est stockée dans les bases de données.

14. Dans le cadre de cette note technique, les lignes directrices de surveillance pour la détermination des paramètres physiques hydrographiques élaborent les trois protocoles suivants :

- Protocole de détermination de la température et de la salinité à l'aide d'une sonde CTD ;
- Protocoles de détermination de la température à l'aide de thermomètres à renversement ;
- Protocole de préparation des échantillons et l'analyse de la salinité à l'aide d'un salinomètre de laboratoire.

## 2.1. Protocole de détermination de la température et de la salinité à l'aide d'une sonde CTD

15. La sonde multiparamètres est le seul dispositif permettant de mesurer simultanément et *in situ* la température, la salinité, la pression et tout autre paramètre biochimique présentant un intérêt. Les sondes multiparamètres pour les mesures océanographiques sont utilisées depuis le milieu du siècle dernier. L'unité centrale, qui intègre et gère les capteurs mesurant les quantités présentant un intérêt, constitue leur partie principale. Les sondes pour la mesure des paramètres physiques en mer sont

<sup>6</sup> Forch C., Knudsen M., Sorensen S.P.L., 1902. Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen. Kgl. Danske Vidensk Selsk. Skrifter, 6 Raekke Naturvidensk, Mathem. Afd., 12: 1-151.

<sup>7</sup> Wooster W.S., Lee A.J., Dietrich G., 1969. Redefinition of salinity. Deep-Sea Res., 16: 321-322.

<sup>8</sup> UNESCO, 1981. The practical salinity scale 1978 and the international equation of seawater 1980. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 36: 1-25.

<sup>9</sup> UNESCO, 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 44: 1-53.



communément appelées CTD, un acronyme anglais correspondant aux trois paramètres physiques de base mesurés (C = Conductivité, T = Température, D = Profondeur). En réalité, les sondes CTD ne mesurent pas directement la profondeur, mais en fournissent une mesure indirecte en détectant la pression. Les sondes CTD ont un double usage, comme profileurs, lorsqu'elles sont larguées le long de la colonne d'eau de la surface au fond ou à une profondeur intermédiaire souhaitée, ou comme instruments d'échantillonnage à point fixe (comme c'est le cas lorsqu'elles sont installées sur une bouée ou sur une ancre instrumentée). Dans le premier cas, on recueille la mesure d'un profil vertical des paramètres et dans le second, une série temporelle en un point précis dans l'espace. La résolution verticale du profil et la résolution temporelle sont liées à la fréquence d'échantillonnage de l'instrument.

16. Pour vérifier le bon fonctionnement d'un système CTD lors d'une campagne océanographique, il est utile de faire des comparaisons en prélevant des échantillons d'eau avec un échantillonneur connecté au système, de les analyser avec un salinomètre et d'effectuer des mesures de température à l'aide de thermomètres à renversement montés sur l'échantillonneur. Les valeurs de pression mesurées par le capteur du système CTD peuvent être comparées à celles fournies par un capteur de pression indépendant.

a. Équipement

17. *Sonde CTD* : équipée de préférence de doubles capteurs de salinité et de température, afin d'éviter la perte de données et de fournir une première occurrence de contrôle de qualité. Pour les eaux stratifiées, les CTD doivent de préférence avoir un taux d'échantillonnage de 12 Hz ou plus. Une CTD équipée d'une rosette pour les échantillonneurs d'eau est préférable à des flacons d'échantillonnage individuels fixés à un fil. Il est recommandé de monter la CTD verticalement dans le cadre de la rosette pour éviter l'encrassement des capteurs par des débris ou des bulles, et favoriser la libre circulation de l'eau.

18. *Thermomètres à renversement*, montés sur le cadre de la rosette ou sur des échantillonneurs, à partir desquels on obtient des données de référence pour la température.

19. *Bouteilles de prélèvement* fixées à la CTD-rosette ou fixées sur une ligne à partir de laquelle on obtient des échantillons de référence pour les salinomètres de laboratoire.

b. Procédure

20. De nombreux protocoles pour les mesures par sonde CTD (WOCE 1991<sup>10</sup>, UNESCO 1994<sup>11</sup>, UNESCO, 1988<sup>12</sup>) sont disponibles. En partant de ce qui est suggéré par ces protocoles et en tenant compte de l'expérience sur le terrain, le protocole suivant est préférable :

21. Il convient de suivre les recommandations du fabricant concernant la préparation de la sonde CTD et de l'échantillonneur de rosette. Si la CTD n'a pas été utilisée depuis longtemps, par exemple lors de la première immersion de l'expédition, des problèmes de fuites de bouteilles peuvent survenir du fait de la déshydratation des joints toriques des bouchons des bouteilles. Si le risque de déshydratation est avéré, on peut l'éviter en rinçant et en remplissant toutes les bouteilles avec de l'eau douce pendant au moins 1 heure avant le prélèvement.

22. Lorsque la sonde CTD est sur le pont, le système est mis en marche et la pression et la température de la sonde sont notées dans le journal de bord.

23. La CTD doit être descendue sous la surface de la mer pendant au moins 1 minute avant de commencer les mesures. Cela donne le temps à tous les capteurs de s'acclimater et les bulles d'air ont le temps d'être évacuées par la pompe.

---

<sup>10</sup> WOCE, 1991. WOCE Operational Manual WHPO 91-1, WOCE Report No68/. (<http://whpo.ucsd.edu/manuals.html>).

<sup>11</sup> UNESCO, 1994. Protocols for Joint Global Flux Study (JGOFS) Core Measurements. Manual and Guide, 29: 1-181.

<sup>12</sup> UNESCO, 1988. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A report of SCOR Working Group 51. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 54: 1-59.

24. La CTD est ramenée à la surface et la mesure du profil est lancée. Si la mer est agitée, il est recommandé de commencer la descente à quelques mètres sous la surface de la mer afin d'éviter que des bulles provenant des vagues pénètrent dans les capteurs.
25. Il faut veiller à ce que la vitesse de descente soit aussi constante que possible et se situe autour de  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ . Si un système de compensation active de la houle (AHC) est disponible, une vitesse plus lente ( $0,3 \text{ m s}^{-1}$ ) peut être utilisée.
26. La CTD est descendue le plus près possible du fond, en prenant garde toutefois qu'elle ne le heurte pas. La profondeur du fond et toutes les autres informations requises par le journal de bord ou le protocole de surveillance de la CTD sont notées.
27. Les bouteilles de la rosette doivent de préférence être amorcées à des profondeurs standard sélectionnées pendant la remontée afin d'obtenir un profil CTD non perturbé pendant la descente et des échantillons d'eau non perturbée pendant la remontée. Si le treuil est manœuvré manuellement entre chaque profondeur d'échantillonnage, il faut veiller à s'approcher le plus doucement possible de la profondeur fixée afin de réduire la perturbation du profil de l'eau. Ceci est particulièrement important dans les eaux stratifiées.
28. À chaque profondeur d'échantillonnage, les bouteilles de prélèvement doivent avoir le temps de s'acclimater et l'effet d'entraînement d'eau depuis les profondeurs doit être évité. Il est nécessaire d'attendre au moins 1 minute avant d'amorcer les bouteilles de prélèvement. Si les valeurs de la CTD ne sont toujours pas stables, il faut attendre encore 3 minutes avant d'amorcer. Si les bouteilles sont équipées de capteurs de référence, il ne faut pas oublier d'attendre le délai approprié pour que les capteurs effectuent la mesure après l'amorçage de la bouteille.
29. Cependant, si la CTD et la rosette sont équipées et préparées pour des bouteilles d'échantillonnage à écoulement libre, elles peuvent être configurées pour prélever des échantillons d'eau à des profondeurs standard prédéfinies pendant la descente. Il convient de noter que les échantillons proches de la surface doivent être collectés pendant la remontée pour éviter de piéger les bulles d'air mélangées à l'eau en raison sous l'effet des vagues et des turbulences causées par la descente de la CTD.
30. Lorsque la CTD est ramenée sur le pont, la pression et la température dans le journal du CTD sont notées. La valeur de la pression doit être approximativement la même que celle lue avant l'immersion ; les différences sont dues aux hystérésis thermique et mécanique du capteur de pression. On n'utilise pas la pression de pont comme compensation pour corriger la pression. La pression de pont ne doit être utilisée que pour vérifier la cohérence par rapport à la dérive historique mesurée en laboratoire.
31. Toute fuite ou tout dysfonctionnement de la CTD, de l'échantillonneur d'eau ou des bouteilles d'eau doit être signalé. Il convient également de noter les relevés douteux des capteurs. Tous les événements survenus pendant l'immersion doivent également être consignés. Il convient de suivre les instructions du fabricant pour le nettoyage de la sonde CTD après chaque immersion.
32. Entre les immersions et après l'expédition ; la CTD et la rosette doivent être stockées de manière à éviter tout risque de contamination. Tous les capteurs doivent être traités et stockés conformément aux recommandations du fabricant.
33. Les données de référence pour la température sont obtenues au moyen des thermomètres à renversement, montés sur le cadre de la rosette.
34. CTD-rosette ou ligne ; il est recommandé de prélever des échantillons de référence en trois exemplaires. Pour les exigences générales concernant l'échantillonnage, la conservation, la manipulation, le transport et le stockage des échantillons d'eau, voir le chapitre 1.2.1. Le protocole de conservation des échantillons d'eau de mer pour la détermination de la salinité doit être consulté.

c. Symbole, unités et précision

35. Pour les paramètres décrits dans le présent protocole, les symboles et unités suggérés par le Système international d'unités (SI), ainsi que la précision attendue, et les identificateurs de méthode

tels que fournis dans la bibliothèque P01 du Vocabulaire d'utilisation des paramètres du BODC sont fournis comme suit :

**Profondeur :**

**Symbole :**  $z$       **Unité :** m

**Précision :**      Capteur de pression :  $\pm 0,01$  m

**Identificateur de méthode :** SDN:P01: :**DEPHPR01** Profondeur (coordonnée spatiale) par rapport à la surface de l'eau dans la masse d'eau par profilage du capteur de pression et conversion en profondeur de l'eau de mer en utilisant l'algorithme de l'UNESCO

**Température :**

**Symbole :**  $t$                       **Unité :** °C (degré centigrade)

**Précision :**                      Capteur de température :  $\pm 0,01$  °C      **Exactitude :**  $\pm 0,0001$  °C

**Identificateur de méthode :** SDN:P01: :**TEMPCC01** Température de la masse d'eau par CTD et vérification par rapport à des mesures indépendantes

**Salinité :**

**Symbole :**  $S$                       **Unité :** -

**Précision :**                      Capteur de conductivité :  $\pm 0,01$

**Identificateur de méthode :** SDN:P01: :**PSALCC01** Salinité pratique de la masse d'eau à l'aide d'un sonde CTD et calcul à l'aide de l'algorithme de 1983 de l'UNESCO et étalonnage par rapport à des mesures indépendantes

**2.2. Protocoles de détermination de la température à l'aide de thermomètres à renversement**

**2.2.1. Thermomètres électroniques numériques à renversement**

36. Le thermomètre électronique numérique à renversement, peut remplir les mêmes fonctions que celui au mercure, mais avec une plus grande précision. Ayant les mêmes dimensions que celui au mercure, il entre dans les logements prévus pour ce type de thermomètre. La température est mesurée par un thermomètre à résistance de platine similaire aux capteurs utilisés sur les sondes CTD. Il présente l'avantage de ne pas utiliser de mercure, de couvrir une plus large gamme de mesures, de faciliter la lecture (présentée sous forme numérique, ce qui réduit le risque de perte de données) et d'être robuste et facile à utiliser.

*a. Procédure*

37. Les thermomètres sont placés dans les supports spéciaux dont sont équipées les bouteilles de prélèvement. Dans les porte-thermomètres sans mécanisme de verrouillage, les thermomètres doivent être verrouillés à l'aide de cylindres en caoutchouc para ou néoprène, généralement fournis avec les porte-thermomètres, qui amortissent les chocs mécaniques éventuels.

38. Le support du thermomètre étant armé, on fait glisser un petit aimant (fourni avec le thermomètre ou commun) trois fois le long de l'axe principal du thermomètre, jusqu'à ce que l'écran affiche « Samp » ; de cette façon, le thermomètre est réglé en mode inversé. Pour information, le mode « Cont » est utilisé pour afficher la température instantanée mesurée en temps réel par le thermomètre, tandis que le mode « Hold » affiche les données de température enregistrées après avoir inversé le thermomètre, alors qu'il était en mode « Samp ».

39. Les bouteilles avec les thermomètres doivent être maintenues aux profondeurs programmées pendant le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre avec le milieu environnant. Le temps nécessaire

pour les thermomètres numériques est d'environ 30 secondes. Ensuite, l'ordre de fermeture et de renversement du thermomètre est envoyé à la bouteille, puis il faut attendre au moins dix secondes après le signal de confirmation de fermeture avant de changer la profondeur ou de récupérer la bouteille.

40. Une fois les bouteilles ramenées à la surface, il faut faire glisser une fois l'aimant long le long de l'axe principal du thermomètre pour afficher pendant quelques secondes la valeur de la température enregistrée par le thermomètre pendant l'inversion.

41. Les données sont consignées dans un formulaire, qui comporte le numéro de série de chaque thermomètre.

### 2.2.2. Thermomètres à renversement au mercure

42. Les thermomètres à renversement au mercure se composent d'un thermomètre principal et d'un thermomètre secondaire, couplés dans un récipient en verre qui les protège des changements mécaniques induits par la pression de l'eau. Le thermomètre principal possède un réservoir de mercure relativement grand qui communique, au moyen d'un serpentín étranglé en un point (appelé « point de rupture ») avec une fin capillaire se terminant par un petit élargissement qui constitue un réservoir secondaire. Lorsque le thermomètre est en position droite, à la profondeur souhaitée, le mercure contenu dans le réservoir principal change de volume en fonction de la température extérieure et occupe une partie du capillaire fin. Lorsque le thermomètre se renverse, en raison de la tension superficielle considérable, le mercure contenu dans le capillaire se brise dans le serpentín à la hauteur de l'étranglement, et se sépare du reste. La quantité de mercure qui s'est séparée, collectée dans le réservoir secondaire et dans une partie du capillaire, indique la température de l'eau au moment du renversement. Le thermomètre auxiliaire, monté à côté du thermomètre à renversement, sert à mesurer la température ambiante, une fois le thermomètre ramené à la surface. **REMARQUE** : L'utilisation du mercure est interdite, sauf cas exceptionnels.

#### a. Procédure

43. Les thermomètres sont placés dans les supports spéciaux dont sont équipées les bouteilles de prélèvement. Dans les porte-thermomètres sans mécanisme de verrouillage, les thermomètres doivent être verrouillés à l'aide de cylindres en caoutchouc para ou néoprène, généralement fournis avec les porte-thermomètres, qui amortissent les chocs mécaniques.

44. Les bouteilles avec les thermomètres sont maintenues aux profondeurs programmées pendant le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre avec le milieu environnant. Le temps nécessaire pour les thermomètres au mercure est de 5 à 10 minutes. Le renversement du thermomètre est alors déclenché.

45. Les bouteilles sont ensuite ramenées à la surface et placées sur un support spécial, en veillant à ce qu'elles ne soient pas directement exposées au soleil, par exemple en les recouvrant d'une serviette humide, afin d'éviter des variations de température importantes.

46. Une fois que l'équilibre entre la température des thermomètres et la température ambiante a été atteint, la température de l'eau est lue sur le thermomètre principal ( $t''$ ), à l'aide de l'oculaire approprié, avec une précision d'un centième de degré ou plus par rapport aux caractéristiques de l'échelle.

47. De même, sur le thermomètre auxiliaire, la température de l'air ( $t'_a$ ) est lue avec une précision d'un dixième de degré. L'œil doit être au niveau de la partie supérieure de la colonne de mercure, pour éviter les erreurs dues à la réfraction.

48. Les données sont consignées dans un formulaire, qui comporte le numéro de série de chaque thermomètre.

#### b. Calculs

49. La lecture fournie par le thermomètre doit être corrigée, pour compenser l'erreur causée par les imperfections capillaires, en procédant comme indiqué dans le certificat d'étalonnage fourni avec le thermomètre. Le certificat indique, pour des plages de température de 5 °C, la correction à apporter à

la valeur lue sur le thermomètre pour obtenir la valeur réelle de la température. La valeur de la température lue sur le thermomètre ne correspondra probablement pas exactement à celles indiquées sur le certificat, il faut donc d'abord calculer la correction à apporter à cette valeur en appliquant une simple relation linéaire entre les valeurs lues et les valeurs réelles. À partir des tableaux du fabricant, les valeurs  $t''_{inf}$  et  $t''_{sup}$  entre lesquelles la lecture ( $t''$ ) est incluse et les valeurs correctes correspondantes  $t'_{inf}$  et  $t'_{sup}$ , sont lues et les températures correctes pour le thermomètre principal  $t'$  et pour le thermomètre auxiliaire  $t'_a$  sont calculées à partir des équations suivantes :

$$t' = t'_{inf} + (t'' - t''_{inf}) (t'_{sup} - t'_{inf}) / (t''_{sup} - t''_{inf})$$

$$t'_a = t'_{a,inf} + (t''_a - t''_{a,inf}) (t'_{a,sup} - t'_{a,inf}) / (t''_{a,sup} - t''_{a,inf})$$

$t'$  et  $t'_a$  sont insérés dans l'équation suivante :

$$c = (V_0 + t') / (t' - t'_a) / [K - \frac{1}{2} (t' - t'_a) - (V_0 + t'')]$$

où :

$c$  = correction à effectuer,

$K$  = inverse du coefficient de dilatation thermique du verre avec lequel le thermomètre est construit.

$V_0$  = volume de mercure à 0 °C exprimé en °C (= le volume en degrés).

Les valeurs de  $K$  et  $V_0$  sont données dans le certificat d'étalonnage.

La température de l'eau *in situ* est calculée à partir de la formule :

$$t_w = t' + c$$

*a. Notes importantes concernant les deux types de thermomètres à renversement*

50. Tous les thermomètres à renversement, quel que soit leur type, doivent être calibrés avec un thermomètre de référence au moins une fois par an. Les thermomètres de référence doivent à leur tour être correctement calibrés. L'étalonnage doit avoir lieu dans des bains thermostatés.

51. Les thermomètres au mercure doivent être traités avec douceur, en évitant les coups brusques car ils peuvent provoquer des micro-fractures du capillaire compromettant son fonctionnement ; les thermomètres électroniques numériques sont moins délicats, mais doivent néanmoins, comme tous les instruments électroniques, être manipulés avec précaution.

52. Pour les thermomètres au mercure, si le mercure ne retourne pas dans le réservoir, la pratique courante qui consiste à tapoter doucement le thermomètre est à éviter car elle peut endommager légèrement le capillaire. La réunification doit être obtenue en forçant l'expansion du mercure avec une source de chaleur.

53. Le principal dysfonctionnement auquel les thermomètres au mercure peuvent être confrontés concerne la possibilité que, pendant l'inversion, le mercure contenu dans le capillaire se brise à une hauteur autre que le « point de rupture ». Cela peut se produire en raison de la présence de bulles formées par le gaz résiduel resté à l'intérieur du thermomètre pendant sa fabrication. Ce gaz doit rester confiné à l'extrémité supérieure du thermomètre, dans le réservoir secondaire, mais il peut arriver qu'une bulle pénètre dans la colonne de mercure, la faisant se briser au mauvais endroit. Pour éviter ce problème, les thermomètres doivent être stockés et transportés en position verticale (avec le réservoir principal vers le bas) et manipulés avec précaution.

*b. Symbole, unités et précision :*

54. Pour le paramètre décrit dans ce protocole, le symbole et l'unité suggérés par le Système international d'unités (SI), ainsi que la précision attendue, et les identificateurs de méthode tels que fournis dans la bibliothèque P01 du Vocabulaire d'utilisation des paramètres du BODC sont donnés comme suit :

**Symbole :**  $t$       **Unité :** °C (degré centigrade)

**Précision :** Thermomètre à renversement au mercure :  $\pm 0,01$  °C

Thermomètre électronique numérique : **Exactitude** :  $\pm 0,0001$  °C

|   |  |
|---|--|
| <b>Identificateur de méthode</b> : SDN:P01: :TEMPRTNX | Température de la masse d'eau par thermomètre à retournement           |
| SDN:P01: :TEMPR601                                    | Température (IPTS-68) de la masse d'eau par thermomètre à renversement |
| SDN:P01: :TEMPR901                                    | Température (ITS-90) de la masse d'eau par thermomètre à renversement  |

### 2.3. Protocoles de préparation des échantillons et d'analyse de la salinité à l'aide d'un salinomètre de laboratoire

#### a. Équipement

55. L'équipement pour la préparation des échantillons et l'analyse de la salinité comprend : i) un salinomètre de laboratoire ; ii) des bouteilles d'eau standard de l'IAPSO.

#### b. Procédure analytique générale :

##### b.1 Préparation

56. Le salinomètre doit être mis en marche bien à l'avance (au moins deux heures avant l'analyse), pour stabiliser le fonctionnement de ses parties électriques et, le cas échéant, la température du bain thermostatique.

57. Deux bouteilles d'eau standard et les échantillons doivent être amenés à proximité du salinomètre avec lequel la mesure est effectuée puis il convient d'attendre un certain temps jusqu'à ce qu'ils atteignent la même température.

##### b.2 Normalisation

58. La cellule de mesure doit être rincée au moins dix fois avec de l'eau de mer d'une salinité d'environ 35. Il existe sur le marché des bouteilles d'eau présentant ces caractéristiques, mais on peut aussi utiliser les résidus d'eau standard utilisés dans les opérations précédentes.

59. Les bouteilles d'eau standard doivent être agitées doucement et délicatement pour homogénéiser leur contenu, en évitant la formation de bulles.

60. La bouteille d'eau standard doit être ouverte et insérée dans le dispositif de prélèvement du salinomètre.

61. La cellule de mesure doit être rincée au moins quatre ou cinq fois avec de l'eau standard.

62. La cellule de mesure est ensuite remplie d'eau standard et le salinomètre est normalisé selon la procédure indiquée par le fabricant.

63. Au moins deux ou trois mesures de la même eau standard doivent être effectuées, en vidant et en remplissant la cellule à chaque fois et en vérifiant que la valeur de salinité lue après la normalisation coïncide avec la valeur de salinité indiquée sur la bouteille étalon. Si la valeur ne correspond pas, la procédure de normalisation avec une nouvelle bouteille d'eau standard doit être répétée.

##### b.3 Mesure

64. La bouteille doit être retournée à plusieurs reprises pour homogénéiser l'échantillon, en évitant toutefois de l'agiter trop vigoureusement pour empêcher la formation de bulles d'air.

65. La cellule de mesure doit être rincée avec l'échantillon au moins quatre ou cinq fois.

66. La cellule de mesure est remplie avec l'échantillon et les résultats sont lus.

67. La cellule de mesure est vidée et remplie à nouveau avec l'échantillon pour une nouvelle lecture.

68. L'opération visée au point précédent est répétée jusqu'à ce que la différence entre deux lectures consécutives ne soit pas inférieure au niveau de précision déclaré par le fabricant de l'instrument.

*c. Calculs :*

69. Après avoir déterminé le rapport de conductivité,  $R_t$ , entre l'échantillon et l'eau standard à la température  $t_{68}$  (exprimée sur l'échelle IPTS-68), la salinité pratique est calculée selon l'équation suivante, valable dans l'intervalle pour  $S$  [2,42] (UNESCO, 1983) :

$$S = a_0 + a_1R_t^{1/2} + a_2R_t + a_3R_t^{3/2} + a_4R_t^2 + a_5R_t^{5/2} + \Delta S$$

où

$$\Delta S = (b_0 + b_1R_t^{1/2} + b_2R_t + b_3R_t^{3/2} + b_4R_t^2 + b_5R_t^{5/2}) \cdot (t_{68} - 15) / [1 + k(t_{68} - 15)]$$

$t_{68}$  est exprimée en °C. La température sur l'échelle ITS-90 est convertie en  $t_{68}$  à l'aide de l'équation,

$$t_{68} = 1.00024 \cdot t_{90}.$$

Les valeurs des constantes sont énumérées ci-dessous :

|         |         |         |         |       |        |
|---------|---------|---------|---------|-------|--------|
| $a_0 =$ | 0,0080  | $b_0 =$ | 0,0005  | $k =$ | 0,0162 |
| $a_1 =$ | -0,1692 | $b_1 =$ | -0,0056 |       |        |
| $a_2 =$ | 25,3851 | $b_2 =$ | -0,0066 |       |        |
| $a_3 =$ | 14,0941 | $b_3 =$ | -0,0375 |       |        |
| $a_4 =$ | -7,0261 | $b_4 =$ | 0,0636  |       |        |
| $a_5 =$ | 2,7081  | $b_5 =$ | -0,0144 |       |        |

*d. Observations importantes*

70. En fonction du salinomètre utilisé pour la mesure, la procédure indiquée peut nécessiter quelques modifications. Il est recommandé de vérifier l'instrument, en suivant les instructions du manuel d'utilisation.

71. Il faut éviter la formation de bulles d'air dans l'échantillon pendant le versement ou le mélange de l'échantillon lui-même. Si cela se produit, le problème peut être résolu en vidant et en remplissant à nouveau la cellule.

72. En présence de dépôts et/ou de bulles d'air sur les composants internes de la cellule de mesure pendant l'utilisation, il vaut mieux éviter de nettoyer en injectant de l'eau savonneuse ou des solutions faiblement acides dans la cellule, car cette solution n'est pas forcément efficace et peut même avoir un négatif sur le calibrage d'usine et la normalisation de l'instrument. Il est préférable de rincer la cellule à plusieurs reprises avec de l'eau déionisée. Si le problème persiste, la cellule peut être retirée avec précaution, démontée et nettoyée comme indiqué dans le manuel d'utilisation de l'instrument.

73. Il est recommandé de répéter la procédure de normalisation au moins une fois par jour, ce qui permet de maintenir la stabilité de l'électronique de l'appareil de mesure. Si des variations dans les valeurs de normalisation sont observées, il est conseillé de vérifier la qualité de la bouteille d'eau standard utilisée en répétant l'opération avec une nouvelle bouteille. Si les variations persistent, il se peut que le salinomètre nécessite une maintenance et qu'il faille l'envoyer à la société qui en est chargée.

74. L'exposition à l'air de l'eau standard doit être réduite au minimum.

75. Pour chaque échantillon, le temps consacré à l'obtention d'une mesure valable doit être limité au temps minimum nécessaire pour le nombre minimum de lectures, en évitant que le volume utilisé ne tombe en dessous du minimum nécessaire pour l'analyse.

76. Il est recommandé d'utiliser des bouteilles d'eau standard provenant du même lot pour la même campagne, sinon il faut tenir compte des différences entre les lots comme le décrit Mantyla (1987)<sup>13</sup> pour corriger les salinités finales. En outre, si les bouteilles ont plus de deux ou trois ans, il est recommandé de les comparer avec des étalons plus frais pour mettre en évidence toute modification de la conductivité due au vieillissement.

*e. Symbole, unités et précision*

77. Pour le paramètre décrit dans ce protocole, le symbole et l'unité suggérés par le Système international d'unités (SI), ainsi que la précision attendue, et un identificateur de méthode tel que fourni dans la bibliothèque P01 du Vocabulaire d'utilisation des paramètres du BODC sont donnés comme suit :

**Salinité :**

**Symbole :** S    **Unité :** -

**Précision :** Capteur de conductivité :  $\pm 0,01$

**Identificateur de méthode :** SDN:P01: :PSALBSTX Salinité pratique de la masse d'eau par salinomètre de laboratoire et calcul à l'aide de l'algorithme UNESCO 1983

**3. Note technique sur la mesure de la profondeur de Secchi**

78. La transparence de l'eau sert d'indice pour l'état trophique d'une masse d'eau. Elle reflète l'eutrophisation par des changements dans l'abondance du phytoplancton ; l'augmentation de l'état nutritionnel ambiant dans l'eau entraîne une augmentation de la biomasse phytoplanctonique qui diminue la propagation de la lumière dans l'eau. La transparence de l'eau est abordée par la profondeur de Secchi (Cialdi et Secchi 1865<sup>14</sup>, Whipple 1899<sup>15</sup>). La profondeur de Secchi est influencée par les substances inorganiques et organiques dissoutes et/ou colloïdales ainsi que par les solides totaux en suspension et le seston résident. Elle est donc également affectée par des substances sans rapport avec l'eutrophisation.

79. La profondeur de Secchi se rapporte à la production primaire en étant une approximation de l'épaisseur de la zone euphotique dans laquelle la plus grande partie de la production brute a lieu. En principe, la profondeur euphotique est le double de la profondeur de Secchi, mais cette relation varie largement dans la pratique (French et al., 1982)<sup>16</sup>.

80. Dans le cadre de cette note technique, les lignes directrices de surveillance pour la détermination des paramètres physiques hydrographiques élaborent le protocole IMAP pour la mesure de la profondeur de Secchi.

**3.1. Protocole de mesure de la profondeur de Secchi**

81. La méthodologie est basée sur la norme ISO 7027-2:2019<sup>17</sup>.

*a. Équipement :*

82. *Disque de test* (disque de Secchi). Un disque blanc d'un diamètre de 30 cm. Le disque doit peser au moins 1,7 kg pour descendre rapidement et ne pas être affecté par les mouvements horizontaux de l'eau. Si le disque est plus léger, un poids supplémentaire peut être fixé sur la face

<sup>13</sup> Mantyla, A.W., 1987. Standard seawater comparison. J. Phys. Oceanogr., 17: 543-548.

<sup>14</sup> Cialdi, M. and Secchi, P. A., 1865., Sur la transparence de la mer. Comptes Rendu de l'Académie des Sciences 61: 100–104.

<sup>15</sup> Whipple, George C., 1899., The microscopy of drinking-water. New York: John Wiley & Sons. pp. 73-75.

<sup>16</sup> French RH, Cooper JJ, Vigg S., 1982., Secchi disc relationships. Water Resources Bulletin 18: 121-123.

<sup>17</sup> ISO 7027-2:2019 Water quality — Determination of turbidity — Part 2: Semi-quantitative methods for the assessment of transparency of waters.



inférieure du disque. Comme la profondeur de Secchi observée a tendance à augmenter avec le diamètre du disque (Aas et al., 2014)<sup>18</sup>, il est déconseillé d'utiliser des disques d'autres tailles.

83. *Ruban de mesure/corde* en matériau non élastique. Identification<sup>19</sup> de la profondeur :
- des marques de couleur à intervalles de 10 cm. La face supérieure du disque est égale à 0 cm. Les demi-mètres et les mètres doivent être marqués pour être facilement observés.
  - indicateur de profondeur d'un treuil.
84. *Poids* pour les eaux avec courants, fixé au milieu de la face inférieure du disque.
85. *Dispositifs optionnels* pour la suppression des réflexions, par exemple, des lunettes polarisées pour l'observateur.

b. *Mesure :*

86. L'observateur doit essayer de s'assurer que la corde de mesure reste en position aussi verticale que possible. Les écarts par rapport à la position verticale sont dus aux courants et aux vagues ainsi qu'aux mouvements du navire et au fonctionnement du propulseur.
87. La profondeur de Secchi se mesure dos au soleil pour éviter les réflexions directes du soleil sur la surface de l'eau. Cependant, lorsque l'observateur se tient dos au soleil, le disque de Secchi peut descendre à une profondeur telle qu'il quitte l'ombre du bateau, ce qui peut fausser la mesure. En effet, dans ce cas, le disque est soudainement éclairé par le soleil et une lecture plus élevée sera atteinte.
88. Il faut prévoir suffisamment de temps (de préférence 2 minutes) pour que les yeux s'adaptent complètement au niveau de luminance dominant lorsque l'on observe le disque près du point où il va disparaître. On continue à faire descendre le disque jusqu'à ce qu'il ne soit plus visible. La profondeur atteinte doit être lue et notée. Ensuite, le disque est abaissé de 0,5 m supplémentaire. On remonte alors lentement le disque qui redevient visible sous la forme d'un point bleuâtre-verdâtre. La profondeur atteinte doit être lue et notée. Il est recommandé de répéter le test au moins deux fois. La profondeur de Secchi est la moyenne arithmétique de toutes les lectures.
89. La précision d'une mesure de Secchi dépend de la turbidité de l'eau. Dans les eaux de forte turbidité, la précision peut approcher 0,1 m dans les mers calmes. En eaux plus claires, la précision varie de 0,2 à 0,5 m, selon les conditions réelles (par exemple, ondulation ou scintillement du soleil).

c. *Observations importantes*

90. La détermination de la profondeur de Secchi est sensible aux conditions météorologiques :
- *Vagues* : Idéalement, la profondeur de Secchi doit être mesurée lorsque la mer est relativement calme. Les vagues introduisent une source d'erreur dans la mesure de Secchi en diminuant la visibilité globale, et les vagues de plus de 0,5 m de hauteur rendent difficile l'identification de la surface réelle. La lecture de la longueur de la corde à la surface doit être considérée comme une moyenne des valeurs extrêmes dues aux vagues. La détermination de la profondeur de Secchi n'est pas significative en haute mer.
  - *Lumière du soleil* : La profondeur de Secchi doit être déterminée en évitant la réflexion directe du soleil sur la surface de l'eau. Le scintillement du soleil diminue l'estimation de la profondeur de Secchi indépendamment des propriétés optiques de l'eau ; en moyenne de 12 % (Aas et al., 2014).

---

<sup>18</sup> Aas, E., Høkedal, J., Sørensen, K., 2014., Secchi depth in the Oslofjord-Skagerrak area: theory, experiments and relationships to other quantities. Ocean Science 10: 177-199.

<sup>19</sup> Secchi depth measurement is dependent on the observer's eyesight, and any aids for vision tend to increase Secchi depth, which should be considered, e.g., in the context of long-term data series.

91. Les marquages de longueur de la corde doivent être vérifiés et nettoyés annuellement. La corde doit être changée chaque fois qu'elle se détend de plus de 5 %.

*d. Symbole, unités et précision*

92. Pour le paramètre décrit dans ce protocole, le symbole et l'unité suggérés par le Système international d'unités (SI), ainsi que la précision attendue, et un identificateur de méthode tel que fourni dans la bibliothèque P01 du Vocabulaire d'utilisation des paramètres du BODC sont donnés comme suit :

**Symbole**  $z_{SD}$     **Unité** : m

**Précision** :    0.2-0.5 m

**Identificateur de méthode** :    SDN:P01 : : SECCSDNX    Visibilité dans la masse d'eau par disque de Secchi

**Annex I**  
**References**

UNEP/MAP/MED POL, 2005. Sampling and Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED POL. MAP Technical Reports Series No. 163. UNEP/MAP, Athens, 46 pp.

UNEP/MAP, 2019. UNEP/MED WG.467/5. IMAP Guidance Factsheets: Update for Common Indicators 13, 14, 17, 18, 20 and 21: New proposal for candidate indicators 26 and 27.

UNEP/MAP, 2019a. UNEP/MED WG.463/6. Monitoring Protocols for IMAP Common Indicators related to pollution.

UNEP/MAP, 2019b. UNEP/MED WG.463/10. Schemes for Quality Assurance and Control of Data related to Pollution.

### **Temperature and Salinity**

Forch C., Knudsen M., Sorensen S.P.L., 1902. Berichte über die Konstantenbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen. Kgl. Danske Vidensk Selsk. Skrifter, 6 Raekke Naturvidensk, Mathem. Afd., 12: 1-151.

Mantyla, A.W., 1987. Standard seawater comparison. J. Phys. Oceanogr., 17: 543-548.

Saunders, P., 1990. The International Temperature Scale of 1990, ITS-90. Woce Newsletter, 10, IOS, Wormley, UK.

Stalcup, M.C., 1991. Salinity measurements. In: WOCE Operational Manual WHPO 91-1, WOCE Report No 68 (<http://whpo.ucsd.edu/manuals.html>).

UNESCO, 1981. The practical salinity scale 1978 and the international equation of seawater 1980. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 36: 1-25.

UNESCO, 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 44: 1-53.

UNESCO, 1988. The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A report of SCOR Working Group 51. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 54: 1-59.

UNESCO, 1994. Protocols for Joint Global Flux Study (JGOFS) Core Measurements. Manual and Guide, 29: 1-181.

WOCE, 1991. WOCE Operational Manual WHPO 91-1, WOCE Report No68/. (<http://whpo.ucsd.edu/manuals.html>).

Wooster W.S., Lee A.J., Dietrich G., 1969. Redefinition of salinity. Deep-Sea Res., 16: 321-322.

### **Secchi depth**

Aas, E., Høkedal, J., Sørensen, K., 2014., Secchi depth in the Oslofjord-Skagerrak area: theory, experiments and relationships to other quantities. Ocean Science 10: 177-199.

Cialdi, M. and Secchi, P. A., 1865., Sur la transparence de la mer. Comptes Rendu de l'Académie des Sciences 61: 100-104.

French RH, Cooper JJ, Vigg S., 1982., Secchi disc relationships. Water Resources Bulletin 18: 121-123.

ISO 7027-2:2019 Water quality — Determination of turbidity — Part 2: Semi-quantitative methods for the assessment of transparency of waters

Whipple, George C., 1899., The microscopy of drinking-water. New York: John Wiley & Sons. pp. 73-75.