PANORAMA DE L'EXISTANT SUR LES CAPTEURS ET ANALYSEURS EN LIGNE POUR LA MESURE DE LA QUALITE DE L'EAU

Mise à jour 2025

Rapport final

Août 2026

En partenariat avec

Auteur(s)

Nathalie Guigues
LNE
Nathalie.guigues@lne.fr

Sandrine Raveau
LNE
Sandrine.raveau@lne.fr

Vérification du document

Bénédicte Lepot

Ineris

Remerciements

Arnaud Heteau – Monreseaudeau.fr

Emilie Scheers - AQUANOVA

Les correspondants

OFB : Pierre-Francois Staub (pierre-francois.staub@ofb.gouv.fr)

Aquaref : Béatrice Lalere LNE

Référence et droits d'usage

Référence du document : Nathalie Guigues, Sandrine Raveau – Panorama de l'existant sur les capteurs et analyseurs en ligne pour la mesure de la qualité l'eau – Rapport AQUAREF 2026 – 25 p.

Droits d'usage : Accès libre

SOMMAIRE

1 Introduction 8
2 Sources d'information et listes des sociétés 9
3 Structure de l'inventaire des capteurs et dispositifs de mesure disponibles 11
3.1 Définitions 11
3.2 Généralité sur la mesure en continu 11
3.3 Champs de l'inventaire mis à jour en 2025 12
3.3.1 Configuration et typologie de dispositifs de mesure 13
3.3.2 Paramètres suivis 14
3.3.3 Principe de mesure 15
4 Bilan pour quelques familles de paramètres 16
4.1 Paramètres physico-chimiques in situ et particules 16
4.1.1 Conductivité 16
4.1.2 Oxygène dissous 16
4.1.3 pH 16
4.1.4 Potentiel Rédox 16
4.1.5 MES 16
4.1.6 Turbidité 17
4.2 Nutriments 17
4.3 Matière organique 19
4.4 Chlorophylle et cyanobactéries 20
4.5 Désinfectants et oxydants 21
4.6 Micropolluants 21
4.6.1 Micropolluants organiques 21
4.6.2 Métaux 22
4.7 Paramètres microbiologiques 22
4.8 Toxicité 22
5 Nouveautés et innovations 23
6 Conclusion 24
Références bibliographiques 25

Panorama de l'existant sur les capteurs et analyseurs en ligne pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans l'eau - Mise à jour 2025

Nathalie Guigues et Sandrine Raveau

Cette mise à jour 2025 de l'inventaire des capteurs et analyseurs en ligne pour la mesure de la qualité de l'eau a permis d'actualiser celui établi en 2012 puis révisé en 2016. L'objectif demeure de fournir une vision globale des dispositifs disponibles commercialement pour la surveillance en continu des eaux, sans évaluer ni comparer les performances annoncées par les fabricants.

L'analyse met en évidence le développement continu des technologies de mesure sur site, in situ et en ligne, qui constituent aujourd'hui un complément essentiel aux campagnes de mesures ponctuelles. Ces dispositifs permettent en effet de caractériser la variabilité temporelle ou spatiale des paramètres surveillés et de détecter des événements ponctuels qui pourraient échapper à un suivi conventionnel (ponctuel). Malgré leur intérêt reconnu, certaines limites subsistent, notamment liées au bio-encrassement des capteurs, à la dérive des mesures, à l'absence d'harmonisation des performances annoncées et au besoin de validation de ces méthodes alternatives.

L'inventaire actualisé repose sur une restructuration visant à faciliter les recherches au sein du sélectionneur DREAM hébergé sur le site monreseaudeau.fr. Les dispositifs recensés ont été classés en trois grandes catégories : les sondes in situ, les analyseurs en ligne et les appareils portables. Par ailleurs, les paramètres surveillés ont été regroupés en familles homogènes afin de simplifier les requêtes et les comparaisons entre technologies. L'actualisation a également conduit à la suppression de 25 sociétés présentes dans l'inventaire précédent et à l'intégration de 21 nouveaux fabricants ou distributeurs.

Pour les paramètres physico-chimiques classiques tels que la conductivité, le pH, l'oxygène dissous ou le potentiel rédox, le marché est désormais mature et dominé par les sondes in situ mono ou multi-paramètres. Les technologies électrochimiques demeurent largement utilisées, tandis que les capteurs optiques progressent fortement pour certaines applications, notamment la mesure de l'oxygène dissous.

Concernant les nutriments, les méthodes fondées sur l'absorbance UV et UV-visible connaissent un développement important en raison de leur faible besoin en maintenance et de l'absence de réactifs (13% pour l'ammonium jusqu'à 54% pour les nitrates). Néanmoins, les méthodes colorimétriques restent largement utilisées pour la mesure des phosphates (> 90%) et de nombreux analyseurs en ligne dédiés aux composés azotés (entre 20% et 52%). Les électrodes sélectives conservent également une place importante pour la mesure des nitrates et de l'ammonium.

Le suivi de la matière organique est marqué par une forte progression des technologies optiques utilisant l'absorbance UV ou UV-visible pour l'estimation du carbone organique dissous, du carbone organique total, de la DBO ou de la DCO, représentant entre 70% et 84 % des dispositifs. Ces solutions répondent à une demande croissante de dispositifs robustes, peu consommateurs de réactifs et nécessitant une maintenance réduite.

Pour la surveillance des proliférations algales, les sondes fluorimétriques in situ constituent aujourd'hui la technologie de référence pour la mesure de la chlorophylle-a, des

cyanobactéries et de différents groupes phytoplanctoniques (>70%). Ces dispositifs permettent d'obtenir des informations en temps réel sur l'évolution des communautés algales dans les milieux naturels.

Les dispositifs dédiés au contrôle des désinfectants sont principalement utilisés dans le domaine de l'eau potable. Le chlore, sous ses différentes formes, demeure le paramètre le plus surveillé et est majoritairement mesuré par colorimétrie (42%) ou ampérométrie (49%). Les analyseurs en ligne représentent la grande majorité des équipements disponibles pour cette application (74% des dispositifs de mesure).

L'inventaire montre également que l'offre disponible pour les micropolluants reste limitée. Les principales solutions concernent les hydrocarbures, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), certains pesticides, les perturbateurs endocriniens ainsi que quelques métaux. Les techniques de fluorescence, de biosurveillance et de voltampérométrie figurent parmi les approches les plus représentées.

L'un des développements les plus marquants observés depuis la précédente mise à jour concerne le suivi microbiologique. De nouveaux dispositifs permettent aujourd'hui de suivre en continu ou sur site des paramètres tels qu'*Escherichia coli* (*E. coli*), les coliformes fécaux ou totaux, les légionelles ou encore certains marqueurs microbiologiques dans les eaux usées comme le SRAS-COV2. Ces équipements reposent sur des technologies variées incluant l'ATP-métrie, la fluorescence, la cytométrie en flux, les réactions enzymatiques et les biocapteurs.

Parallèlement, les systèmes d'alerte précoce basés sur la biosurveillance se développent pour l'évaluation de la toxicité globale des eaux. Ces dispositifs exploitent la réponse d'organismes vivants tels que les poissons, les daphnies, les gammares, les moules ou les algues afin de détecter rapidement la présence de contaminants ou d'effets toxiques.

Enfin, les principales tendances observées sur le marché concernent la généralisation des dispositifs multiparamètres, la réduction de l'utilisation de réactifs, l'amélioration de l'autonomie énergétique, la miniaturisation des capteurs et le développement de la connectivité. L'intégration des technologies IoT (internet of things – internet des objets) et de la transmission en temps réel des données participe à la digitalisation croissante de la surveillance de la qualité de l'eau.

En conclusion, cette mise à jour confirme la forte dynamique du secteur des capteurs et analyseurs pour la qualité de l'eau. Si aucune rupture technologique majeure n'a été observée depuis 2016, les équipements gagnent en robustesse, en simplicité d'utilisation, en autonomie et en connectivité. Le domaine de la microbiologie apparaît comme l'un des plus innovants. En revanche, l'absence d'harmonisation des indicateurs de performance publiés par les fabricants demeure un frein à la comparaison objective des dispositifs disponibles sur le marché.

Mots clés (thématique et géographique) :

Capteur, sonde multiparamètres, sonde in situ, analyseur en ligne, mesure en continu, qualité de l'eau

Compilation of commercially available sensors and on-line analysers for water quality monitoring – 2025 update

Nathalie Guigues et Sandrine Raveau

The 2025 update of the inventory of online sensors and analyzers for water quality monitoring has made it possible to update the catalogue originally established in 2012 and revised in 2016. The objective remains to provide a comprehensive overview of commercially available devices for continuous water monitoring, without assessing or comparing the performance claims made by manufacturers.

The analysis highlights the continuous development of in situ and online measurement technologies, which have become an essential complement to conventional spot-sampling campaigns. These devices make it possible to characterize the temporal variability of monitored parameters and to detect short-term events that might otherwise go unnoticed through traditional monitoring approaches. Despite their recognized benefits, certain limitations remain, particularly those related to sensor biofouling, measurement drift, the lack of harmonization in reported performance data, and the need to validate alternative methods.

The updated inventory is based on a reorganization designed to facilitate searches within the DREAM selector tool available on monreseaudeau.fr. The devices identified have been classified into three main categories: in situ probes, online analyzers, and portable instruments. In addition, the monitored parameters have been grouped into homogeneous families in order to simplify queries and comparisons between technologies. The update also resulted in the removal of 25 companies listed in the previous inventory and the addition of 21 new manufacturers or distributors.

For conventional physico-chemical parameters such as conductivity, pH, dissolved oxygen, and redox potential, the market is now mature and largely dominated by single-parameter and multiparameter in situ probes. Electrochemical technologies remain widely used, while optical sensors are experiencing significant growth for certain applications, particularly dissolved oxygen measurement.

With regard to nutrients, methods based on UV and UV-visible absorbance have seen substantial development due to their low maintenance requirements and the absence of reagents (13% for ammonium up to 54% for nitrate). Nevertheless, colorimetric methods remain widely used for phosphate measurement and for many online analyzers dedicated to nitrogen compounds. Ion-selective electrodes also continue to play an important role in nitrate and ammonium measurement.

Monitoring of organic matter is characterized by the strong growth of optical technologies using UV or UV-visible absorbance for the estimation of dissolved organic carbon (DOC), total organic carbon (TOC), biochemical oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) representing 70% to 84% of devices. These solutions meet the growing demand for robust devices requiring few reagents and minimal maintenance.

For the monitoring of algal blooms, fluorometric sensors have become the reference technology for measuring chlorophyll-a, cyanobacteria, and various phytoplankton groups (< 70 %). These devices provide real-time information on the evolution of algal communities in natural environments.

Devices dedicated to disinfectant monitoring are primarily used in the drinking water sector. Chlorine, in its various forms, remains the most frequently monitored parameter and is mainly

measured using colorimetric (42%) or amperometric methods (49%). Online analyzers account for the vast majority of equipment available for this application.

The inventory also shows that the range of available solutions for micropollutants remains limited. The main applications concern hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), certain pesticides, endocrine disruptors, and a few metals. Fluorescence-based techniques, biomonitoring systems, and voltammetry are among the most represented approaches.

One of the most significant developments observed since the previous update concerns microbiological monitoring. New devices now enable continuous or on-site monitoring of parameters such as *Escherichia coli* (*E. coli*), coliform bacteria, Legionella, and other microbiological indicators in wastewater such as SRAS-COV2. These systems rely on a variety of technologies, including ATP measurement, fluorescence, flow cytometry, enzymatic reactions, and biosensors.

At the same time, early warning systems based on biomonitoring are being increasingly developed to assess the overall toxicity of water. These devices exploit the responses of living organisms such as fish, daphnia, amphipods, mussels, or algae in order to rapidly detect the presence of contaminants or toxic effects.

Finally, the main market trends include the widespread adoption of multiparameter devices, reduced reagent consumption, improved energy autonomy, sensor miniaturization, and enhanced connectivity. The integration of IoT (Internet of Things) technologies and real-time data transmission is contributing to the increasing digitalization of water quality monitoring.

In conclusion, this update confirms the strong momentum of the water quality sensor and analyzer sector. Although no major technological breakthrough has been observed since 2016, equipment has become more robust, user-friendly, autonomous, and connected. Microbiology appears to be one of the most innovative fields. However, the lack of harmonization in the performance indicators published by manufacturers remains a barrier to the objective comparison of devices available on the market.

Key words (thematic and geographical area):

Sensor, multiparameter probe, in situ probe, on-line analyser, continuous measurement, water quality

1 Introduction

La directive cadre sur l'eau adoptée en 2000 fixe à la fois des objectifs d'atteinte du bon état des eaux et un processus de mise en œuvre, rythmé par la production et l'usage de connaissances : à partir de l'état des lieux des bassins, les résultats des programmes de surveillance et les analyses économiques permettent de définir puis d'évaluer les programmes de mesures nécessaires à l'atteinte des objectifs. C'est dire combien est primordiale la qualité des données qui sont utilisées, car l'exploitation de ces dernières conduit à engager des actions très onéreuses pour remédier à des dégradations chimiques (domestiques et industrielles) portant également atteinte à l'écologie des différentes masses d'eaux et à la biodiversité des milieux qui les bordent. Il est donc nécessaire de maîtriser convenablement le processus d'obtention des connaissances des différents programmes de surveillance mis en place, afin de s'assurer de la fiabilité des données produites. De plus, disposer de données validées permet de les exploiter et de les comparer dans le temps et dans l'espace.

Le guide européen CIS n°19 (2009) sur la surveillance des paramètres chimiques dans les eaux de surface mentionne au chapitre 7 qu'il est souhaitable d'introduire d'autres techniques que l'analyse d'échantillons ponctuels par des méthodes d'analyses classiques afin d'améliorer la qualité de l'évaluation de l'état écologique réalisée. L'utilisation potentielle des méthodes alternatives est possible lors de la conception des programmes de surveillance (optimisation du nombre et de la localisation des stations, optimisation de la fréquence de suivi des paramètres physico-chimiques et des micropolluants etc.), mais aussi pour les réseaux de contrôle de surveillance (RCS), de contrôle opérationnel (RCO) et de contrôle d'enquête (RCE). Une liste de ces méthodes complémentaires (Greenwood et Roig, 2006), issue du projet européen SWIFT-WFD (SSPI-CT-2003-502492), ainsi que des exemples d'application de ces méthodes alternatives sont présentés dans ce guide CIS.

Cependant, les principaux freins qui ont été identifiés à travers les travaux menés dans le cadre du projet européen SWIFT-WFD pour l'utilisation de ces méthodes alternatives dans les programmes de surveillance de la DCE sont notamment :

- l'absence de validation, de certification, de normes et d'outils de contrôle qualité
- le niveau de fiabilité a priori moins bon que pour les méthodes dites classiques
- le niveau d'information sur les conditions et protocoles d'utilisation jugé souvent insuffisant
- les seuils de détection parfois non adaptés
- la difficulté d'interprétation des résultats (car nécessite souvent une expertise nouvelle)
- l'encrassement par les bactéries et les algues des capteurs (biofouling) lors de l'utilisation prolongée en milieu naturel ainsi que la modification/détérioration des capteurs qui induisent une dérive non négligeable.

A cela s'ajoute une culture biaisée par la sophistication et la technologie face à des outils relativement simples d'utilisation ou encore la réticence au changement de méthodes pour opérer la surveillance.

Malgré ces nombreux freins, l'utilité potentielle des méthodes alternatives pour les programmes de surveillance de la DCE est largement reconnue, car combinées aux méthodes traditionnelles ou seules, elles permettent d'obtenir une meilleure information sur l'état de l'environnement (Allan et al., 2006).

Enfin, la directive QA/QC 2009/90/CE spécifie à l'article 3 que « les états membres veillent à ce que toutes les méthodes de laboratoire, de terrain et en ligne, utilisées aux fins des programmes de surveillances chimiques menés dans le cadre de la directive 2000/60/CE

soient validées et attestées conformément à la norme EN ISO/IEC-17025 ou à toute autre norme équivalente reconnue à l'échelle internationale ».

Par conséquent, le besoin de disposer de méthodes alternatives validées pour la mesure des paramètres physico-chimiques in situ ou sur site est largement d'actualité.

Un premier rapport rédigé en 2012 (Guigues et al., 2012) avait pour objectif d'inventorier les capteurs et analyseurs de mesure disponibles commercialement qui permettent de mesurer en continu ou sur site la qualité des eaux. Cet inventaire n'avait pas pour objectif d'être exhaustif, car pour certains paramètres, il existe un très grand nombre de capteurs (notamment pour le pH, l'oxygène dissous, la conductivité) mais il se voulait suffisamment complet pour permettre d'avoir une vision des différentes possibilités offertes sur le marché. En revanche, ce travail n'avait pas pour vocation d'évaluer ni de comparer les performances annoncées par les fabricants et distributeurs de ces équipements.

Une première mise à jour de cet inventaire a été réalisée en 2016 (Gantois et al. 2016), en répertoriant les nouveaux fabricants et/ou les nouveaux instruments et en proposant une courte analyse des innovations observées depuis le précédent exercice. La mise à jour 2016 a par ailleurs servi de base pour développer le sélectionneur DREAM au sein du Groupe de Travail Métrologie du Pôle DREAM Eaux et milieu. Ce sélectionneur DREAM, hébergé par monreseaudeau.fr, présente l'avantage d'être interactif (possibilité de faire des requêtes en considérant différents critères) et ainsi de simplifier la sélection d'instruments.

En 2024, il est apparu pertinent de mettre à jour une deuxième fois cet inventaire, notamment afin d'intégrer de nouveaux paramètres, comme les paramètres microbiologiques, et de compléter avec les nouveautés des fabricants d'instruments de mesure. Ce rapport présente une synthèse de la restructuration réalisée, notamment en vue de simplifier les requêtes du sélectionneur DREAM. Il fait aussi un bilan par paramètre des dispositifs de mesure disponibles, en considérant à la fois le principe de mesure, mais aussi le nombre et le type de dispositifs.

2 Sources d'information et listes des sociétés

Un appel à manifestation pour les fabricants et distributeurs a été réalisé par monreseaudeau.fr, en collaboration avec Aquaref. Les acteurs du marché ont été invités à renseigner une fiche de collecte d'informations via une procédure simplifiée accessible en ligne sur le site monreseaudeau.fr.

Des rencontres avec les fabricants et distributeurs ont été organisés lors des salons professionnels comme les Carrefour des Gestion Locales de l'Eau (31/01/24 et 22-23/01/2025), Pollutec (10-13/10/2023), le salon de l'analyse industrielle (3/04/2024) et Forum Labo (27&28/03/24).

Les objectifs et la démarche Aquaref ont par ailleurs été présentés lors de tables rondes co-organisées par AQUANOVA et monreseadeau.fr au Carrefour des Gestions Locales de l'eau (CGLE) en janvier 2025. Les premières évolutions et nouveautés ont aussi été présentées au CGLE en janvier 2026.

En octobre 2024, une extraction de la base du sélectionneur DREAM a été transmise au LNE. A ensuite commencé une vérification systématique des informations saisies.

La liste actualisée des sociétés (fabricants et distributeurs) concernées par cet inventaire actualisé se trouve dans le Tableau 1.

Par rapport à l'inventaire de 2016, 25 sociétés ont été supprimées pour les raisons suivantes :

- Les activités de la société ont été réorientée sur d'autres secteurs que l'eau ;
- La société n'existe plus (cessation d'activité) ;
- La société a changé de nom, suite au rachat par une autre société ;
- Les instruments sont distribués par une autre société déjà listée.

Par ailleurs, certains fabricants distribuent des instruments d'un autre fabricant en plus de ceux qu'ils développent et produisent, mais comme il n'est pas toujours évident d'identifier les instruments fabriqués de ceux distribués, il se peut que des instruments aient été inventoriés en double.

Au total 21 nouveaux fabricants / distributeurs ont été ajoutés en 2025 (en vert dans le Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des sociétés fabricant ou distribuant des capteurs et instruments pour le suivi de la qualité de l'eau (en vert apparaissent les sociétés fabricant ou distribuant des capteurs et instruments nouvellement référencés ou les mises à jour)

3S Analyzers	**COLIFAST**	Jumo	Shimadzu
Aanderaa Data Instruments	Ecobioservices (Univ Florence)	Knick	SIGRIST
ABB instrumentation	EcoSense	KROHNE SAS	**SOFREL**
ABRAXIS	EFS	LDI (Laser Diagnostic Instrument)	Solinst
Anael	Elmetron	Liquid Analytical Ressource LAR	**Spec-imaging**
Analite (McVan Instruments)	ENDRESS+HAUSER SAS	Lovibond - Tintometer	Spectralys
Analytical technology inc.	Eureka	Metler Toledo - Thornton	SPX Flow - Bran luebbe
AMI Science / ES	Eutech instruments	Metrohm	Swan analytical instruments
Aqualabo	Fluidion	Modern water	Systea
AquaMS	Galvanic Applied Science - Monitek	NKE instrumentation	Tethys Instruments SA
Aquaread	Galvanic Applied Science - Tytronics	**Olisens**	Thermo Scientific
B&C-Electronics	GO Systemelektronik	**Optoseven**	**ToxMate - Viewpoint**
BADGER	**Grundfos**	Palintest	Trace2O
BBE	HACH LANGE FRANCE S.A.S.	Partech / In situ Inc.	Trios
Biomae	Hamilton	PONSEL MESURE	Unidata
BioTector Analytical Systems Limited	HANNA INSTRUMENTS France	**PROMINENT**	Waltron
BIRDZ	Hemera Analyzers	**Proteus Instruments**	Watchfrog
bNovate	Horiba	Rosemount	**Water Biosens**
BURKERT FRANCE SAS	**Hydreka**	Sea & Sun technology	WTW
Chelsea Technologies Group	Hydrolab	Sea-Bird Scientific	XYLEM YSI
Chemitec	Idronaut	Secomam	Yokogawa
ChemScan / In situ Inc.	In situ inc.	**Sensmet**	Zebra-tech
Cifec	Instrumentation Northwest (AquiStar)	SERES Environnement	

3 Structure de l'inventaire des capteurs et dispositifs de mesure disponibles

3.1 Définitions

Les définitions suivantes sont issues de la norme NF EN 17075+A1:2023 « Qualité de l'eau -- Exigences générales et modes opératoires d'essai de performance pour les équipements de surveillance de l'eau - Dispositifs de mesure en continu ».

Dispositifs de mesure : dispositif, utilisé in situ, en ligne ou en ligne avec boucle de prélèvement, qui fournit de façon continue (ou à une fréquence donnée) un signal de sortie proportionnel à la valeur d'une ou plusieurs caractéristiques à déterminer dans les eaux qu'il mesure.

Un tel dispositif peut être portable ou fixe. Le terme « dispositif de mesure en continu » est souvent abusivement utilisé pour décrire un dispositif de mesure fonctionnant en ligne avec boucle de prélèvement.

Dispositif de mesure portable : dispositif de mesure qui peut être déplacé d'un point de mesure à un autre et être utilisé in situ, en ligne ou en ligne avec boucle de prélèvement.

Dispositif de mesure continu en poste fixe : dispositif de mesure qui peut être installé de manière fixe et être utilisé in situ, en ligne ou en ligne avec une boucle de prélèvement.

Capteur : dispositif électronique qui détecte un état physique ou un composé chimique et qui délivre un signal électronique proportionnel à la caractéristique observée.

Dispositif de mesure en ligne ou dispositif de mesure in situ : système de mesure automatique dont au moins un capteur est immergé dans la masse d'eau.

Dispositif de mesure en ligne avec boucle de prélèvement : système de mesure automatique dans lequel l'échantillon est prélevé dans la masse d'eau avec une sonde, puis amené au dispositif de mesure par l'intermédiaire d'une conduite appropriée.

3.2 Généralités sur la mesure en continu

L'analyse en continu permet de suivre des paramètres essentiels au contrôle de la qualité de l'eau et à l'optimisation des procédés, avec un pas de temps suffisamment court pour permettre une étude détaillée de la variabilité des paramètres dans le temps. Elle présente l'avantage notamment d'acquérir des données représentatives des variations du milieu, par comparaison aux campagnes de prélèvements ponctuels à intervalle fixe qui peuvent passer à côté d'évènements importants comme un pic de concentration lors d'une crue (Figure 1).

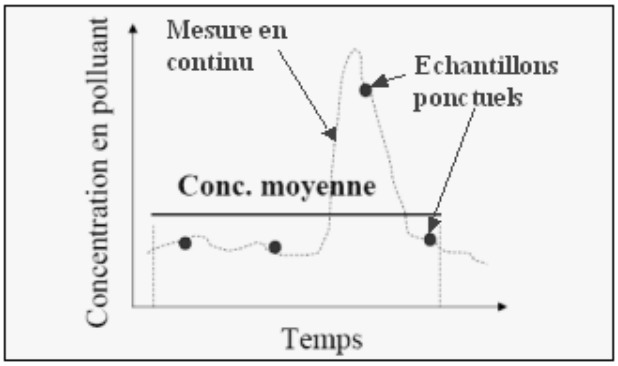


Figure 1 : Illustration des différentes approches pour la surveillance de la qualité de l'eau : mesure en continu, échantillons ponctuels à pas de temps fixe, concentration moyenne (d'après la présentation SWIFT sur les outils innovants)

Pour schématiser, deux configurations permettent la mesure en continu (Figure 2) :

- in situ : le capteur ou un dispositif de mesure est immergé dans la masse d'eau. Il est relié à un transmetteur (ou contrôleur) ou fonctionne de manière autonome avec des batteries internes,
- en ligne (on-line en anglais) : l'échantillon est prélevé dans la masse d'eau de manière automatisée avec pompe, puis amené au dispositif de mesure par l'intermédiaire d'une conduite appropriée. C'est un automate d'analyse (ou analyseur en ligne) qui gère le prélèvement d'un échantillon puis quantifie le paramètre recherché.

Une troisième configuration dite « off line » ou sur site est également rencontrée. Dans ce cas, les mesures sont réalisées sur site immédiatement après avoir effectué un prélèvement manuel.

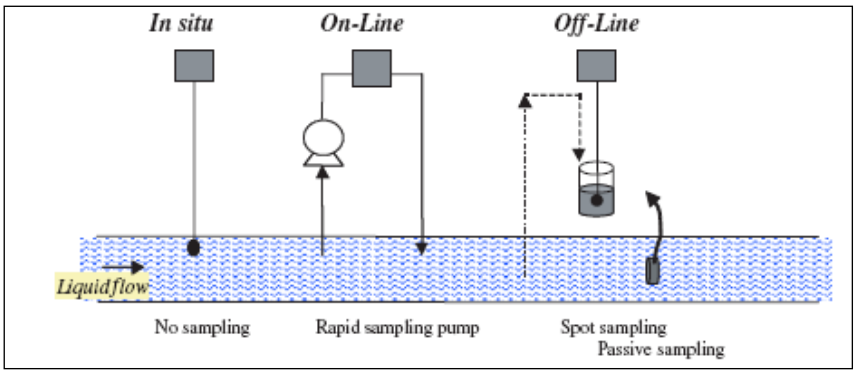


Figure 2 : Schéma du principe de mesure des capteurs et instruments in situ, en ligne et sur site, d'après Greenwood et al. (2007)

3.3 Champs de l'inventaire mis à jour en 2025

La description des capteurs et dispositifs de mesure a été réalisée à partir des informations disponibles en considérant les champs suivants :

- Le fabricant ou distributeur
- La référence du dispositif de mesure
- Les paramètres mesurés
- Le principe de mesure
- Le type de dispositifs de mesure
- Le nombre de paramètres mesurés

- La gamme de mesures
- Les performances si disponibles (résolution, répétabilité, reproductibilité, biais et exactitude)
- Les applications visées

A noter que la majorité des fabricants et distributeurs utilise le terme précision qui en français prête à confusion (en anglais « precision » signifie fidélité, alors qu'en français une notion d'exactitude est incluse dans le terme). Certains fabricants fournissent les données de répétabilité, ou de reproductibilité, certains indiquent aussi l'erreur moyenne (justesse) et enfin d'autres restituent l'exactitude. Ainsi, l'ensemble des informations a été regroupé sous un même intitulé pour ne pas alourdir les tableaux de synthèse.

3.3.1 Configuration et typologie de dispositifs de mesure

Dans l'inventaire 2025, les capteurs et dispositifs de mesure ont été classés par typologie de capteurs et par paramètre (Figure 2) :

- Les sondes de mesure in situ (autonome, poste fixe, chambre de mesure, sur canalisation, en dérivation)
    - monoparamètre
    - multiparamètres (2 paramètres et +) ;
- Les analyseurs en ligne ou pour un fonctionnement « on line » (sans réactifs, avec réactifs, avec sondes intégrées, in situ) ;
- Et les appareils portables pour mesure sur site (fonctionnement « off line »).

Une simplification de la terminologie utilisée dans l'inventaire 2016 a été réalisée, pour ne retenir que ces 3 catégories (Tableau 2).

Tableau 2 : Correspondance entre les types de dispositifs de l'inventaire 2016 et la simplification pour la mise à jour de l'inventaire en 2025

Inventaire 2016	Inventaire mis à jour en 2025
analyseur	analyseur en ligne
analyseur en ligne	
capteur qualité de l'eau	
chambre de mesure	
panneau de mesure chlore	
poste fixe	
sonde sans contact	
station de biosurveillance multi espèces	
système d'analyse en ligne	
appareil portable	appareil portable
sonde in situ	sonde in situ
sonde multiparamètre	
sonde qualité de l'eau	

3.3.2 Paramètres suivis

Les paramètres ont été regroupés par famille de paramètres afin de faciliter les requêtes (Tableau 3). En effet, selon les fabricants, un même paramètre peut être nommé différemment, ce qui peut rendre la recherche de capteurs ou dispositifs de mesure assez complexe.

Tableau 3 : Liste des paramètres, regroupés en famille de paramètres

Famille de paramètres	Liste de paramètres
Anions	Chlorures, bromures, fluorures, sulfates
Azote	Ammonium, ammonium libre, ammonium total, azote total, nitrates, nitrates+nitrites, nitrites
Cations	Alcalins (Na, K) et alcalino-terreux (Ca, Mg)
Chlorophylle / Algues	Chlorophylle, chlorophylle-a, diatomées, dinoflagelates
Couleur	Couleur, couleur (410 nm), Couleur Cr-Co (380 nm) ; Couleur Pt-Co (390)
COV / BTEX	BTEX, COV
Cyanobactéries	Cryptophycées, Cyanobactéries, Cyanotoxines, Phycocianine, Phycoérytrine
Cyanures	Cyanures
DCO/DBO	DBO, DBO-SAC, DCO, DCO-SAC
Divers	Liste disponible de composés proposés
Dureté / Alcalinité	Dureté, TA/TAC, TAC, TH/TAC
Formaldéhyde	Formaldéhyde
HAP	HAP
Hydrazine	Hydrazine
Hydrocarbures	Hydrocarbures, Hydrocarbures bruts, Hydrocarbures raffinés
Matière organique	CAS 254, UVT 254, CAS 436, CAS 525, CAS 620, CDOM, fDOM, COD, COD-SAC, COT, COT-SAC
Métaux / Métalloïdes	Aluminium, Arsenic, Bore, Cadmium, Chrome, Chrome VI, Cuivre, Fer, Fer dissous, Manganèse, Métaux, Nickel, Plomb, Zinc
Microbiologie	Activité Bactérienne Totale, Coliformes fécaux, Coliformes Totaux, E. Coli, Entérocoques, HNAC High, Nucleic Acid Count, ICC Intact Cell Count, Legionnelles, LNAC Low Nucleic Acid Count, SRAS-COV-2, Triptophane, TTC Total Cell count
Morpholine	Morpholine
Oxydant / Désinfectant	Acide hypochloreux, Acide peracétique, Brome, Chloramines, Chlore, Chlore actif, Chlore combiné, Chlore libre, Chlore libre ou total, Chlore total, Dioxyde de chlore, Iode, Ozone, Permanganates, Péroxyde d'hydrogène
Phénols / indice phenol	Indice phénol, Phénols
Phosphore	Phosphates, Phosphore total
Physico-chimiques in Situ	Conductivité, Oxygène dissous, pH, Potentiel Rédox
Polluants organiques	Herbicides, Insecticides (carbamates et organophosporés),, Perturbateurs endocriniens, Polluants organiques
Silice / Silicates	Silice, Silicates
Souffre	Soufre total, Sulfures
Toxicité	Bioluminescence, Toxicité, Toxicité générale
Traceurs géochimiques	Fluorescéine, Rhodamine, Uranine
Turbidité/MES	MES, Turbidité, Voile de boue
Urée	Urée

3.3.3 Principe de mesure

Les différents principes de mesure de l'inventaire 2016 ont été harmonisés et sont répertoriés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Liste des principes de mesure de l'inventaire 2025

Liste des Principes de mesure	
Absorbance IR	ICP-OES
Absorbance UV	Immunochromatographie
Absorbance UV-Vis	Induction
Absorbance Visible	ISFET
Ampérométrie	Laser Induced Fluorescence (LIF) et Mie Scattering
ATP / chimie luminescence	Lumière diffusée / rétrodiffusée
Atténuation	Luminescence
Biocapteur	Néphélométrie
Bioluminescence	Oxydation chimique
Biosurveillance	Oxydation thermique
Capteur	Oxydation UV
Chronoampéromètrie	piezo-resistive
Colorimétrie	Potentiométrie
Corrélation	Pression
Corrélation fluorescence	Réaction enzymatique et fluorescence
Cytomètre en flux et fluorescence	Réfractométrie
Diffusion lumière	Respirométrie
Electrochimie	Sonde Pt
Electrode sélective	Thermistance
Electrode(s)	Ultrasons
Fluorescence	Voltampérométrie

Il existe 2 principaux types de mesure pour les mesures par absorbance UV ou UV-visible :

1) la mesure à une ou plusieurs longueurs d'onde prédéterminées (notamment pour compenser la turbidité ou les matières organiques),
2) la mesure sur l'ensemble du spectre UV-visible. Une déconvolution du signal ou un modèle de régression multilinéaire permet ensuite de déterminer les concentrations des différentes espèces après étalonnage avec des échantillons analysés au laboratoire.

L'intérêt de mesurer la totalité du spectre UV-visible est que l'utilisateur peut avoir une information quantitative par l'estimation de la concentration des paramètres surveillés en fonction de l'étalonnage réalisé. Ceci suppose que le modèle d'étalonnage intègre l'ensemble des paramètres susceptibles d'absorber dans l'UV-visible. Par ailleurs, l'utilisateur peut aussi avoir une information qualitative, car le spectre est comparé au modèle numérique interne et chaque résultat peut être alors validé par un écart de restitution ce qui permet de détecter l'apparition d'anomalies ou de substances indésirables.

4 Bilan pour quelques familles de paramètres

Le bilan présenté dans ce paragraphe s'est focalisé sur des familles de paramètres d'intérêt comme les paramètres in situ, les MES et la turbidité, les nutriments, la matière organique. Ont été aussi inclus la chlorophylle a et les cyanobactéries pour le suivi des eaux de baignades, les désinfectants pour une application en eau potable, les micropolluants organiques et métalliques. Depuis quelques années, le suivi microbiologique ainsi que la mesure de la toxicité, notamment au travers de systèmes d'alerte précoces, se sont largement développés et ont donc aussi fait l'objet d'un bilan.

4.1 Paramètres physico-chimiques in situ et particules

4.1.1 Conductivité

Sont répertoriés dans la base 125 capteurs de conductivité, dont la majorité (94%) sont des sondes à 2 ou 4 électrodes, avec seulement 6% de sondes à induction. Ces capteurs de conductivité sont pour 43 % des sonde in situ, mono ou multiparamètres, pour 32% des dispositifs portables. Enfin, 25% des capteurs sont inclus dans des analyseurs en ligne.

4.1.2 Oxygène dissous

Un peu plus d'une centaine de capteurs d'oxygène dissous sont répertoriés, avec une répartition presque équivalente entre les principes électrochimiques dont les électrodes de Clarck (43%) et de luminescence / fluorescence (57%). La part de marché des sondes électrochimiques reste non négligeable, en raison notamment de leur coût beaucoup plus faible et de l'amélioration du changement des membranes (embout avec membrane pré-installée). La majorité des capteurs d'oxygène dissous sont des sondes in situ, mono ou multiparamètres, autonome (56%). Ces capteurs sont aussi utilisés avec des dispositifs portables (26%) ou intégrés à des analyseurs en ligne (18%). Pour les dispositifs portables, 2/3 des capteurs sont électrochimiques, alors que pour les sondes in situ ou les analyseurs en ligne, ils ne représentent que 40% et 20% respectivement.

4.1.3 pH

148 capteurs pH sont inventoriés, avec une très grande majorité de capteurs potentiométriques (97%). De manière anecdotique, le pH peut être mesuré avec des ISFET (transistors) ou par colorimétrie (application en eau de mer). Les dispositifs de mesure les plus courant sont des sondes in situ (46%), mono ou multiparamètres, ainsi que des dispositifs portables (32%).

4.1.4 Potentiel Rédox

La centaine de capteurs permettant de mesurer le potentiel Rédox sont des capteurs potentiomètriques. De même que pour le pH, les dispositifs de mesure les plus courant sont des sondes in situ (48%), mono ou multiparamètres, ainsi que des dispositifs portables (28%).

4.1.5 MES

Les principes de mesure des matières en suspension (MES) sont majoritairement basés sur des mesures d'absorbances dans l'UV-visible (54%) ou dans l'UV (19%) (Figure 3). Des mesures d'atténuation / néphélométrique (8% et 11% respectivement) ou de lumière diffusée / rétrodiffusée (4%) sont aussi utilisées pour convertir la turbidité en MES. Enfin la corrélation

entre une mesure optique (fluorescence par exemple) est aussi listée comme méthode (Figure 3). La très grande majorité des 26 dispositifs de mesures de MES répertoriés sont des sondes in situ (73%).

4.1.6 Turbidité

La grande majorité des dispositifs de mesure de la turbidité répertoriés est basée sur une mesure néphélométrique (90%, Figure 3). Les autres principes de mesure optiques (absorbance, diffusion de la lumière, réfractométrie et fluorescence notamment), sont peu représentés (entre 1 à 3% pour chaque principe) (Figure 3). La turbidité est mesurée au moyen de sondes in situ pour 46%, d'analyseur en ligne pour 35% et de dispositifs portables pour 19%.

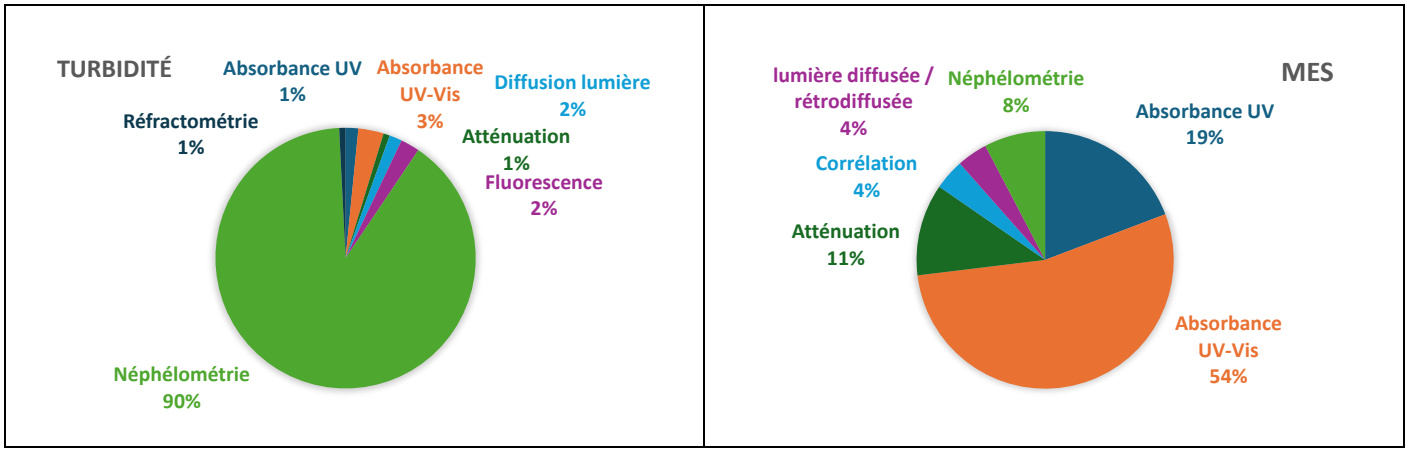


Figure 3 : Répartition des dispositifs de mesure de la mesure de particules par principe de mesure

4.2 Nutriments

Il existe quatre types de méthodes pour mesurer les **nitrates** dans les eaux : la colorimétrie, les électrodes sélectives, l'absorbance UV (autour de 220-230 nm) et le traitement de spectres d'absorbance UV-visible (Figure 4). Les méthodes optiques représentent plus de la moitié des dispositifs de mesure listés (54%). Les électrodes sélectives sont aussi bien représentées, avec 26% des dispositifs de mesure et la colorimétrie compte pour 20% des dispositifs de mesure des nitrates (Figure 4). Les sondes in situ représentent 43 % des dispositifs de mesure des nitrates, avec les 2/3 des sondes d'absorbances (UV et UV-visibles) et 1/3 des électrodes sélectives. De même, les analyseurs en ligne comptent pour 43 % des dispositifs de mesure des nitrates (60% basés sur l'absorbances UV et UV-visibles, et 30 % colorimétrie).

Les deux principales méthodes de mesure de l'**ammonium** sont les électrodes sélectives (39%) et la colorimétrie (38%) (Figure 4). Il est possible de mesurer l'ammonium par d'autres méthodes, comme la fluorescence (corrélation), l'absorbance UV ou UV-visible en général après avoir ajouté de la soude pour obtenir un pH d'environ 10 et ainsi transformé l'ammonium NH_4+en ammoniac NH_3. L'ammonium est principalement mesuré au moyen d'analyseurs en ligne (58%), avec une grande majorité basée sur la colorimétrie. En deuxième position, viennent les sondes in situ (28%, avec pour moitié l'utilisation d'électrodes sélectives et l'autre moitié des sondes optiques (fluorescence)) ou des analyseurs colorimétriques in situ (avec réactifs immergés).

A noter que les fabricants d'électrodes sélectives pour l'**ammonium** et les **nitrates** proposent des sondes intégrant 2 à 4 électrodes sélectives afin de corriger les interférences potentielles (potassium pour l'ammonium et chlorures pour les nitrates).

Les **nitrites** sont mesurés par colorimétrie (52%) et par principe optique (43%) comme l'absorbance UV vers 200-220 nm ou l'utilisation d'un spectre UV-visible (Figure 4). Comme pour l'ammonium, les analyseurs en ligne (57%) basés sur un principe colorimétrique pour les ¾, représentent la majorité des dispositifs de mesure des nitrites. En deuxième viennent les sondes in situ (33%) utilisant principalement une méthode optique (absorbance UV ou UV-visible).

L'**azote total** est mesuré pour 1/3 par colorimétrie, 1/3 par principe optique (Absorbance UV ou UV-visible) et 1/3 par oxydation (thermique ou chimique) (Figure 4). Les analyseurs en ligne représentent plus de 60% des dispositifs de mesure de l'azote total, incluant l'ensemble des méthodes de mesure. Les dispositifs portables et les sondes in situ, bien que peu représentés, sont essentiellement basés sur des mesures optiques ou colorimétriques.

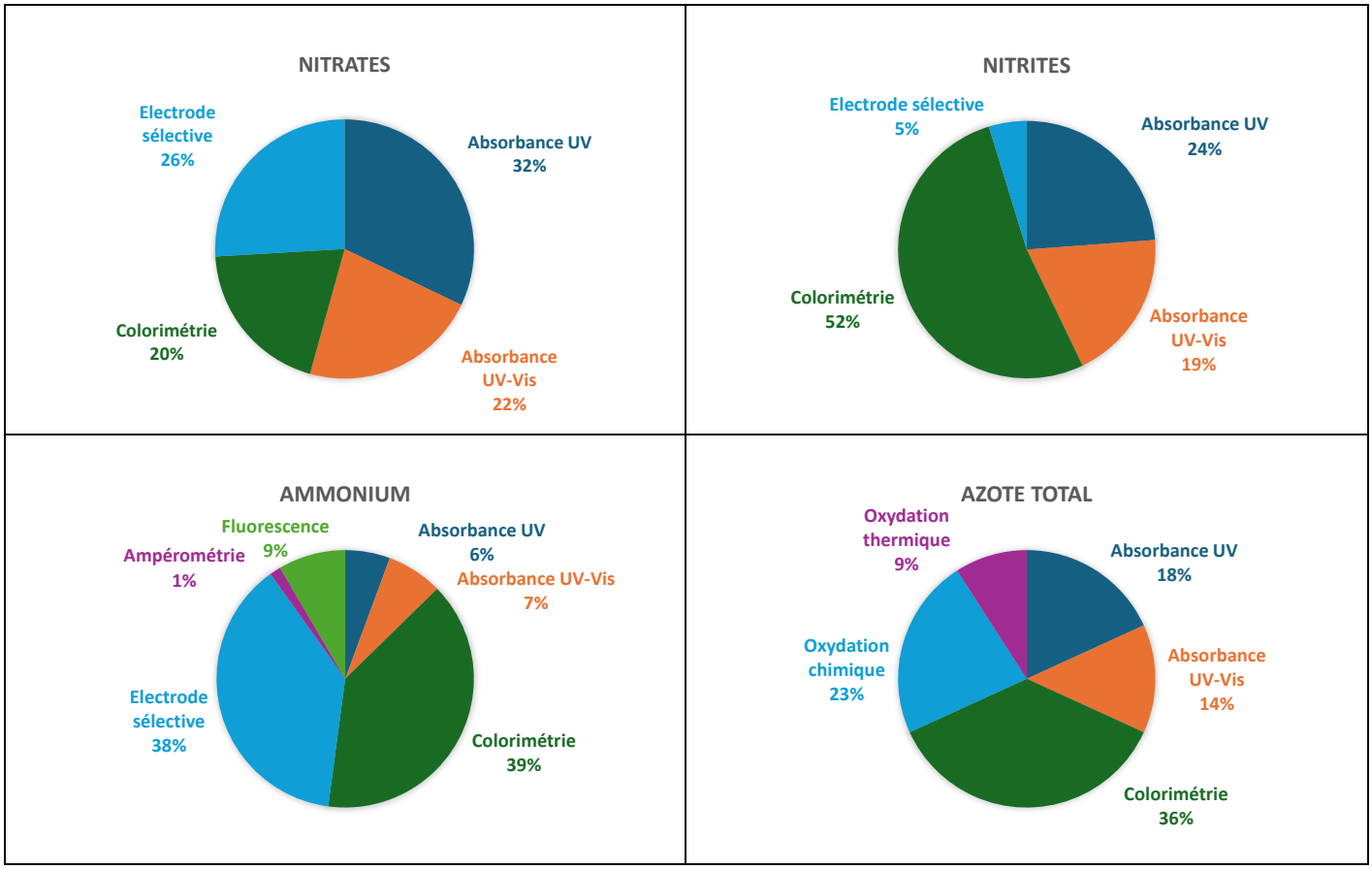


Figure 4 : Répartition des dispositifs de mesure des nutriments azotés par principe de mesure

Les **phosphates** sont essentiellement mesurés par colorimétrie (93%) au moyen d'analyseurs en ligne (Figure 5). Les autres méthodes de mesure, bien que peu répandues, sont basées sur une corrélation avec une mesure de la fluorescence ou un spectre UV-visible.

La colorimétrie reste un des principes les plus utilisés pour mesurer le **phosphore total** (60%) alors que des modèles basés sur l'absorbance UV ou UV-visibles (30%) se sont développés afin de limiter l'utilisation de réactifs (Figure 5). L'oxydation chimique ne représente que 10% des méthodes mises en œuvre pour mesurer le phosphore total. 60% des dispositifs de

mesure sont des analyseurs en ligne, et 30% sont des sondes in situ, y compris une sonde par colorimétrie immergée.

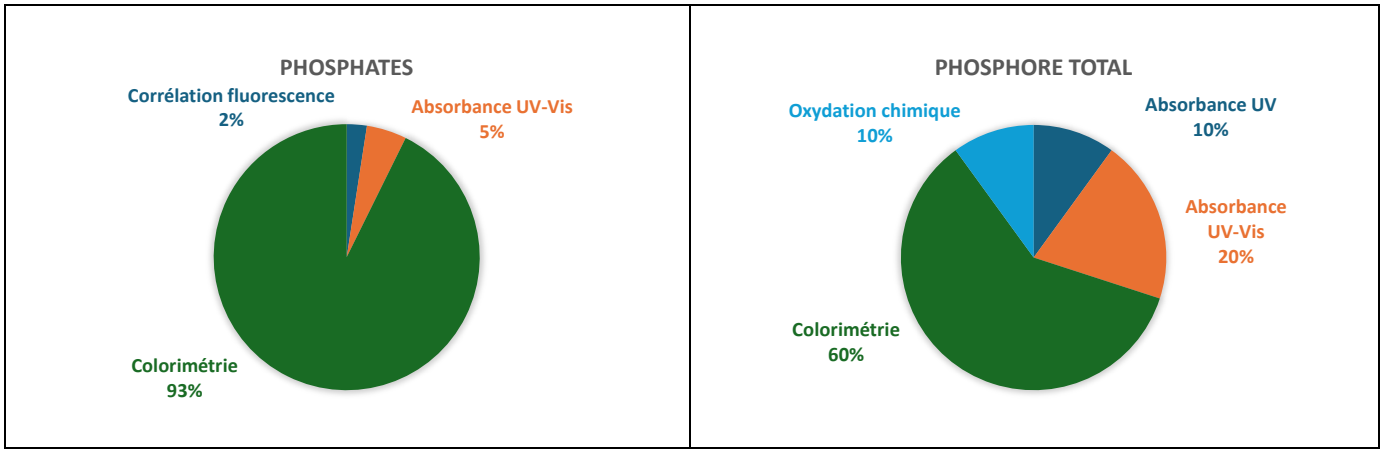


Figure 5 : Répartition des dispositifs de mesure des nutriments phosphorés par principe de mesure

4.3 Matière organique

La **matière organique** est mesurée majoritairement par absorbance UV ou absorbances UV-visible pour 84% pour le carbone organique dissous (**COD**), 80% pour la demande biochimique en oxygène (**DBO**), 76% pour la demande chimique en oxygène (**DCO**) et 70% pour le carbone organique total (**COT**) (Figure 6). Ceci s'explique par l'utilisation croissante des mesures optiques sans réactifs, demandant peu de maintenance. Entre 3-4% des mesures de COD et COT sont réalisées par fluorescence (paramètres CDOM et fDOM). La fluorescence est aussi largement utilisée pour la mesure de la DBO. Enfin les méthodes par oxydation, chimique ou thermique, représentent entre 12%-13% (COD et DCO) et 18% (COT) (Figure 6).

Les coefficients d'absorption spécifique, le plus connu étant le **CAS *254*** (Coefficient d'Absorption Spectral à 254 nm***)***, sont un autre moyen de mesurer la matière organique.

Le **COD** est principalement mesuré au moyen de sondes in situ (61%), avec comme principe de mesure dominant l'absorbance UV-visible, et par des analyseurs en ligne pour 34% (tous principes de mesure confondus). A l'inverse, le **COT** est majoritairement déterminé avec des analyseurs en ligne (62%) basés sur des principes optiques (absorbance UV ou absorbance UV-visible) et au moyen de sondes in situ pour 33%, dont 72% par absorbance UV-visible.

La **DBO** est autant mesurée au moyen d'analyseurs en ligne que de sondes in situ, pour respectivement 43% et 47%. En ce qui concerne la **DCO**, les analyseurs en ligne représentent un peu plus de 50% et les sondes in situ 36%. Pour les sondes, seuls les principes optiques sont utilisés (sans réactifs).

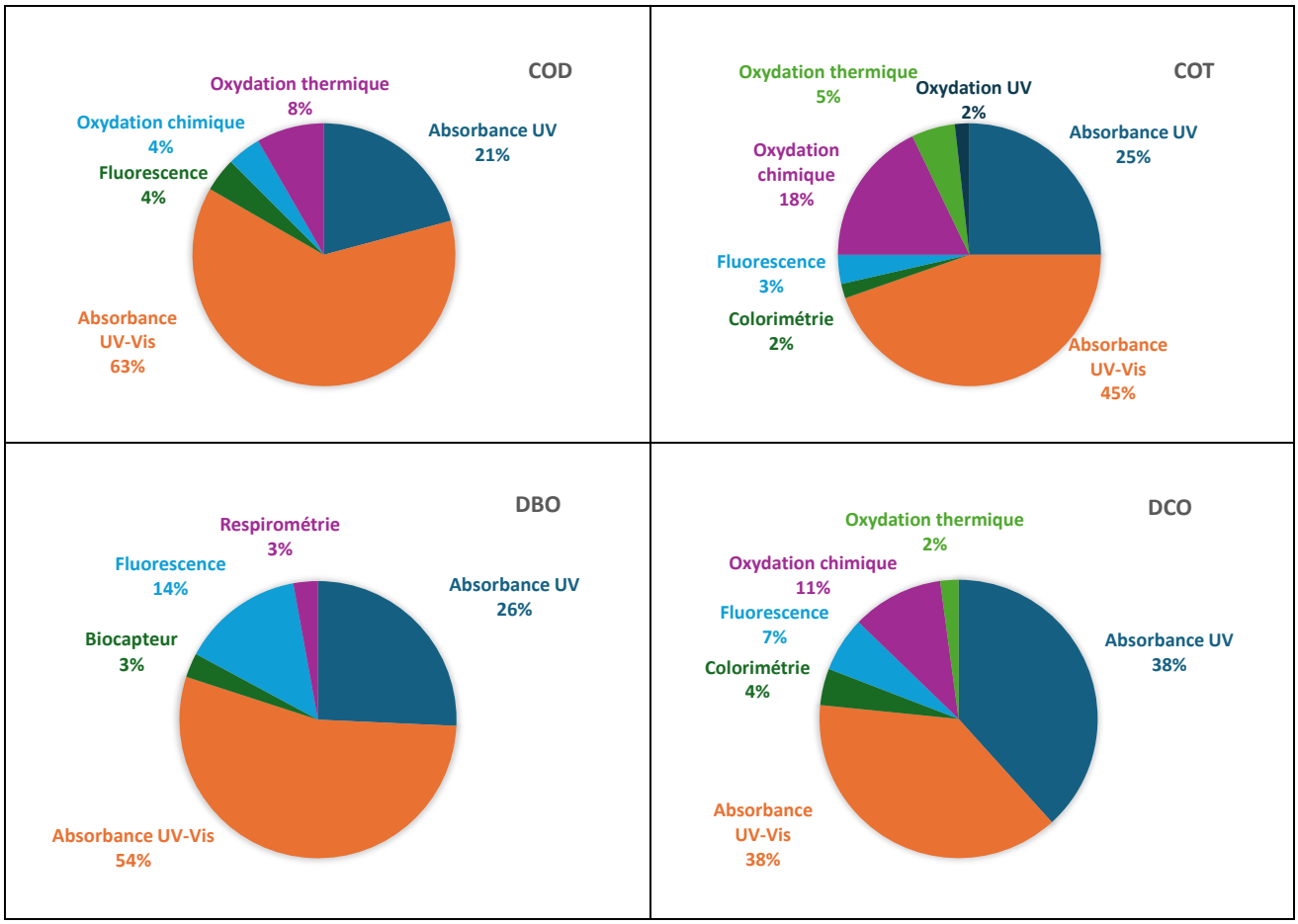


Figure 6 : Répartition des dispositifs de mesure de la matière organique par principe de mesure

4.4 Chlorophylle et cyanobactéries

Le principe de mesure de la chlorophylle-a et des cyanobactéries est basé sur la fluorescence, en grande majorité au moyen de sondes in situ (60-70%).

Cependant la fluorescence ne mesure pas directement la Chlorophylle-a ou les autres pigments phytoplanctoniques, mais mesure la réponse de fluorescence relative d'un échantillon d'eau émise à une longueur d'onde d'absorption spécifique (430-470 nm).

Ainsi, la conception générale des sondes in situ de fluorescence proposées est généralement similaire d'un fabricant à l'autre mais peut présenter des différences dans la configuration physique ou encore dans les caractéristiques relatives à l'optique (longueurs d'ondes d'excitation / émission notamment) et au traitement des données. Ces différences peuvent affecter le type et le nombre de pigments mesurés, la plage de mesure, la résolution et la tolérance à certaines interférences.

Certains dispositifs de mesure permettent de déterminer plusieurs pigments chlorophylliens ou algaux comme les diatomées, les dinoflagélates en faisant varier les longueurs d'ondes d'émission. De même pour les cyanobactéries, les dispositifs de mesure sont capables de déterminer les cryptophysées, les cyanobactéries bleu-vert (phycocianine) ou vert-marron (phycoérythrine), selon les longueurs d'émissions utilisées.

4.5 Désinfectants et oxydants

Parmi les désinfectants, le plus utilisé est le chlore (57%) sous différentes formes : chlore actif, chlore combiné, chlore libre et chlore total. Viennent ensuite, le dioxyde de chlore (10%) et l'ozone (10%). Enfin, les produits formés avec la matière organique lors de la chloration, les chloramines, sont aussi suivis pour 7%. Il existe entre 2 et 6 dispositifs de mesure pour chacun des autres désinfectants ou oxydants (acide hypochloreux, acide peracétique, brome, iode, permanganate et péroxyde d'ozone).

En ce qui concerne le chlore sous toutes ses formes, les deux principes de mesure les plus utilisés sont la colorimétrie (DPD) et l'ampérométrie avec compensation du pH (Figure 7).

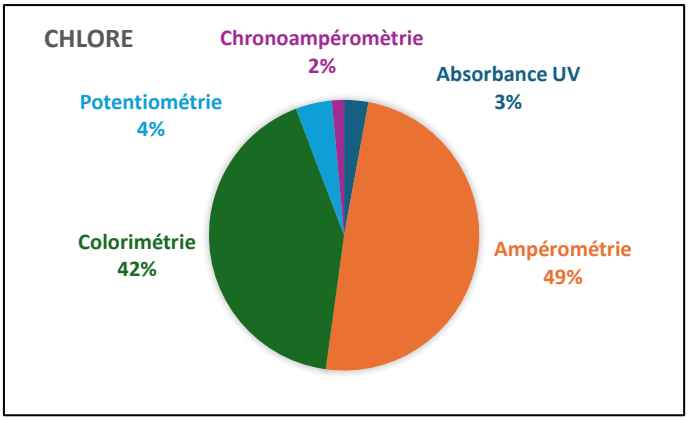


Figure 7 : Répartition des dispositifs de mesure chlore (chlore actif, chlore libre, chlore combiné, chlore total) par principe de mesure

Les analyseurs en ligne représentent la très grande majorité des dispositifs de mesure (74%) du chlore sous toutes ces formes, avec autant d'analyseurs basés sur la colorimétrie que sur l'ampérométrie. Les dispositifs portables ne représentent que 14% (avec 1/3 fonctionnant sur le principe de l'ampérométrie et 2/3 sur le principe de la colorimétrie) et les sondes in situ représentent 12% des dispositifs (basées sur le principe ampérométrique).

4.6 Micropolluants

Les principaux micropolluants pour lesquels il existe des dispositifs de mesure en continu ou portable sont les HAP et les hydrocarbures, les pesticides, les perturbateurs endocriniens ainsi que les métaux et métalloïdes.

4.6.1 Micropolluants organiques

Les HAP, les hydrocarbures brutes et raffinés sont mesurés par fluorescence à des longueurs d'ondes d'excitation et émission légèrement différentes selon les composés recherchés. Les hydrocarbures brutes et raffinés sont uniquement mesurés au moyen de sondes in situ, alors que les HAP peuvent aussi être mesurés au moyen d'analyseurs en ligne.

Les hydrocarbures de manière globale, ou l'indice hydrocarbure, sont quant à eux mesurés majoritairement par fluorescence, mais aussi par absorbances IR ou UV après extraction.

Il existe très peu de dispositifs de mesure pour les pesticides et les perturbateurs endocriniens (5). Les insecticides (carbamates et organophosphorés) et les perturbateurs endocriniens sont

mesurés principalement par biosurveillance. Les herbicides sont quant à eux déterminés par éléctrochimie (voltampérométrie) au moyen d'électrodes jetables. Les dispositifs de mesure sont soit des appareils portables, soit des analyseurs en ligne.

4.6.2 Métaux

Dans le cas des métaux (Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Fe), il existe une seule sonde de mesure in situ des métaux. Le principe de mesure utilisé est la voltampérométrie anodique cyclique à impulsions carrées surimposées. Les limites de détection atteintes sont très faibles, de l'ordre de quelques ng/L.

Les principes de mesure des analyseurs en ligne pour la détermination des métaux sont la colorimétrie, la titrimétrie, la potentiométrie (avec électrodes sélectives) et la voltampérométrie. Les trois premières techniques sont adaptées à des teneurs de l'ordre du mg/L alors que la voltampérométrie permet de mesurer des concentrations de l'ordre du µg/L.

Par ailleurs la voltampérométrie présente l'avantage d'être une technique multi élémentaire, par comparaison aux autres méthodes qui ne permettent d'analyser qu'un seul élément à la fois.

4.7 Paramètres microbiologiques

Les récents développements de dispositifs de mesure des paramètres microbiologiques mettent en évidence la variété des paramètres microbiologiques. En effet, les dispositifs permettent de mesurer *les Escherichia coli* (37%), les coliformes totaux (18%), les entérocoques (5%), l'activité ou la flore bactérienne (10%), les légionelles (5%) et le SRAS-COV2 (5%).

Les principes de mesure sont la fluorescence, soit directement (longueur d'onde d'excitation / émission du triptophane contenu dans les parois des cellules : 28%), soit après une réaction enzymatique (23%). Certains dispositifs utilisent des biocapteurs spécifiques (légionnelles, SRAD-COV2, E.Coli, coliformes totaux, 21%) et d'autres la chimie luminescence pour détecter l'adénosine triphosphates (ATP) uniquement présent dans les cellules vivantes (15%). Enfin un dispositif utilise la cytométrie en flux et la fluorescence comme détection pour cibler différents paramètres.

Enfin, la majorité des dispositifs de mesure sont des analyseurs en ligne (62%) ou des appareils portables (23%). Les sondes in situ de fluorescence directe représentent 15%.

4.8 Toxicité

Certains analyseurs en ligne, basés sur le comportement physiologique d'espèces biologiques (par exemple poisson, têtards, gammares, moules, daphnies, algues) permettent de détecter des composés toxiques dans les eaux de manière précoce et en temps réel.

D'autres dispositifs de mesure utilisent des bioessais pour déterminer la toxicité générale, la neurotoxicité, la génotoxicité, la reprotoxocité ou encore plus spécifiquement les perturbateurs endocriniens.

5 Nouveautés et innovations

Les innovations dans l'analyse et la surveillance de la qualité de l'eau connaissent un essor continu, tant dans les secteurs industriels que pour les milieux naturels. Les fabricants développent des analyseurs multiparamétriques capables de mesurer simultanément de nombreux paramètres (matière organique, nitrates, turbidité, etc.) avec une grande stabilité (dérive faible) et un faible coût d'exploitation.

Parmi les fabricants majeurs de sondes multiparamètres et d'analyseurs physico-chimiques, se trouvent **Anael, Badger Meter**, **EFS, Endress+Hauser, Hach, Neroxis, NKE Instrumentation, Swan, Xylem**. Par exemple, **Endress+Hauser** propose la sonde multiparamètres **Memosens Wave CAS80E** et intègre la technologie d'autocontrôle **Heartbeat**. **Hach** commercialise le COTmètre **Biotector**, la sonde **UVAS** et la sonde à fluorescence **FP 360 sc** pour la détection des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Pour la mesure de la matière organique totale (COT), **Swan** propose le **COT Evolution VUV** et l'**AMI SAC 254**. **Anael** distribue le DCOmètre **QuickCOD** et le DCOmètre **LAR** pour des mesures rapides et sans réactifs. **NKE Instrumentation** commercialise la sonde multiparamètres **Wimo** et installe des stations d'alerte autonomes.

La surveillance des pollutions aux cyanobactéries s'appuie sur des instruments spécialisés : par exemple, **Bionef** distribue les sondes **AlgaeTorch**, **BenthoTorch**, **PhycoProbe**, **PhycoLab**, **PhycoSens** et les fluorimètres en ligne **AlgaeGuard** et **AOA** de la marque **BBE**.

Pour la détection de la toxicité globale, des solutions innovantes utilisant le vivant sont proposées. **Cifec** commercialise le **Truitel Truitosem**, un appareil basé sur la surveillance des mouvements de truitelles ou de vairons. **ViewPoint** propose la station **ToxMate**, qui héberge trois espèces d'invertébrés aquatiques pour un suivi toxicologique en continu. **Biomae** utilise des gammares (crustacés d'eau douce) pour l'analyse des micropolluants accumulés dans leurs tissus. **Watchfrog** propose des tests sur des larves de poissons ou de têtards pour détecter la perturbation endocrinienne, avec des dispositifs comme la **Frogbox**. **Bionef** distribue le **FishToximeter II, le Daphntox II** et **l'Algae Toximeter II**de **bbe Moldaenke**, qui surveillent la qualité de l'eau en ligne via l'analyse du comportement de poissons, daphnies ou algues. **Mermayde** avec son **Musselmonitor** et **Molluscan** avec son **Molluscan eye** utilisent quant à eux des moules pour le suivi de qualité des eaux douces ou marines. **Inovalys** a développé de son côté des batteries d'essais biologiques pour cibler les perturbateurs endocriniens, ou la génotoxicité, ou encore la toxicité générale.

Une des innovations des dernières années concerne le suivi microbiologique des eaux**. Redberry** propose le kit d'autocontrôle **Matipi** basé sur l'ATP-métrie, permettant de vérifier en 2 minutes la qualité microbiologique de l'eau sur le terrain. De son côté, **bNovate** a développé des analyseurs en ligne notamment **BactoSens** basés sur la cytométrie en flux. **ColiFast** a aussi mis sur le marché une version en ligne **Colifast Alarm** et une version portable **Colifast Field Kits** utilisant une réaction enzymatique suivie de mesure de la fluorescence. Les sondes in situ **Proteus (Proteus Instrument**), **Manta (Eureka**), **MicroFlu-RP (Trios)** ou celles de **Sea & Sun Technology** mesurent par fluorescence le triptophan, présent dans les parois des cellules microbiologiques.

L'innovation dans le domaine des analyseurs multiparamètres est stimulée par la recherche de nouveaux marchés et les exigences sociétales, notamment pour la gestion de la qualité et

de l'économie de l'eau. Les fabricants tels que **Bürkert**, **Endress+Hauser**, **Hach-Lange**, **Xylem** (sous la marque WTW), **Thermo Scientific**, **Badger Meter France**, **Sdec**, **SWAN**, **Aqualabo**, **Hanna Instruments**, **Krohne**, **Mettler Toledo**, **GO Systemelektronik, Eureka et Proteus Instrument** proposent des solutions innovantes qui permettent de gagner de la place, de réduire la maintenance, d'améliorer la fiabilité des mesures et de répondre aux exigences croissantes en matière de protection de l'environnement et d'économie de ressources. En effet, la tendance générale est à la connectivité, la réduction des coûts et l'automatisation des mesures. La miniaturisation et la robustesse des capteurs ont permis leur déploiement en conditions variées. La connectivité IoT permet la transmission en temps réel des données via différents protocoles (**LoRaWAN, Sigfox**). La digitalisation des capteurs facilite la gestion à distance et le stockage des données. Les capteurs optiques, plus compatibles avec l'IoT, se développent rapidement.

6 Conclusion

Les eaux de surface, telles que les rivières et les lacs, sont surveillées à l'aide de nombreux instruments pour garantir leur bon état écologique, suivre l'impact des activités humaines et préserver les ressources en eau potable. Outre les contrôles réglementaires ponctuels, de nombreux industriels et collectivités s'équipent de sondes, d'analyseurs en ligne et de stations d'alerte proposées par différents fabricants, ceci afin d'avoir un suivi plus réactif et continu.

Depuis la mise à jour précédente de l'inventaire en 2016, aucune révolution technologique n'est finalement apparue mais les fabricants poursuivent leurs efforts pour rendre leurs appareils toujours plus simples à mettre en œuvre, plus communicants, plus compacts, plus autonomes et/ou moins consommateurs en réactifs et en énergie, et nécessitant moins de maintenance.

Les systèmes de mesure microbiologiques se développent de plus en plus, à la fois pour le contrôle sanitaire (eau potable et eaux de loisirs), mais aussi pour le suivi épidémiologique dans les eaux usées, ou encore lors des jeux olympiques en 2024 pour suivre la qualité microbiologique de l'eau de Seine.

En ce qui concerne les performances des différents capteurs et analyseurs, une hétérogénéité importante a été mise en évidence en 2012 et confirmée en 2016, parmi les documents commerciaux et techniques. En effet, certains fabricants fournissent les données de fidélité (répétabilité ou reproductibilité), certains indiquent aussi l'erreur moyenne (justesse) et enfin d'autres mentionnent l'exactitude. Les valeurs citées sont généralement comprises entre 0.5% et 15% avec en moyenne 1-3%.

En 2025, le constat reste le même et aucune comparaison entre les performances affichées pour les différents instruments n'est possible sans une harmonisation des performances publiées par les fabricants et les distributeurs.

Références bibliographiques

Allan I.J., Vran B., Greenwood R., Mills G.A., Roig B., Gonzalez C. (2006) A “toolbox” for biological and chemical monitoring requirements for the European Union’s Water Framework Directive, Talanta, 69, 302-322

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2009) Guidance Document No.19: Guidance on surface water chemical monitoring under the Water Framework Directive

Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

Directive 2009/90/CE de la commission du 31 juillet 2009 établissant, conformément à la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, des spécifications techniques pour l’analyse chimique et la surveillance de l’état des eaux.

Drault-Pezard C. (2010) Analyseurs industriels : des instruments toujours plus fiables, plus faciles à utiliser et plus communicants, *L’eau, l’industrie, les nuisances* N°331

Gantois F., Guigues N., Lepot B., Gal F. Panorama de l’existant sur les capteurs et analyseurs en ligne pour la mesure des parametres physico-chimiques dans l’eau - 2016 – Rapport Aquaref 2016, 85 pages.

Greenwood R., Roig B. (2006) Deliverable D5: Directory of Screening tools- A toolbox of existing and emerging methods for chemical and ecological status monitoring under the WFD, SWIFT-WFD, Screening methods for water data information in support of the implementation of Water Framework Directive. 6th FP Contract n°SSPI-CT-2003-502492

Greenwood R., Mills G.A., Roig B. (2007) Introduction to emerging tools and their use in water monitoring, Trends in Analytical Chemistry, 26, 263-267

Guigues N., Lepot B., Behro C., Salvetat F. – Panorama de l’existant et retour d’expérience sur les capteurs et analyseurs en ligne pour la mesure des paramètres physico-chimiques dans l’eau –Rapport Aquaref 2012

NF EN 17075+A1 (2023) Qualité de l'eau - Exigences générales et modes opératoires d'essai de performance pour les équipements de surveillance de l'eau - Dispositifs de mesure en continu

NF EN ISO/IEC 17025 :2017 - Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais