

# Surveillance de la qualité des eaux de ballast par ATP 2G

Sébastien Peuchet et Marc Raymond  
aqua-tools

## ABSTRACT

### Surveillance of the quality of waters of roadbed by ATP 2G

*The ballast water system has been developed to optimized marine commercial exchanges. It allows maximizing the cargo and managing the fuel consumption.*

*The water pumped to fill the ballast is not discharged in the same geographic area, and then living organisms are transported on very long distance in ecosystems impossible to reach in natural condition.*

*Introduction of these organisms lead to massive troubles in ecosystems balance with replacement of local species by exotic competitor, possibly toxic. The consequences of these phenomena are ecological, economical and also have an impact on human health.*

*Marine authorities took measure to limit the introduction of exotic species coming from untreated ballast water. They define guideline for ballast water discharge with the necessity to treat ballast water. To rapidly evaluate ballast water quality and ballast water treatment system efficiency, several methods have been developed including ATPmetry. Aqua-tools and its partners LuminUltra and SGG developed an ATP kit for the rapid assessment of ballast water. With this kit the crew can easily check by itself the compliance of ballast water and monitor the ballast water treatment system.*

Un système de ballast que l'on peut remplir d'eau de mer et vider à volonté a été développé afin de rentabiliser au maximum les échanges par bateau. Ce système permet de maximiser les cargaisons tout en minimisant les coûts liés à la consommation de carburant.

Le problème est que l'eau pompée et stockée « les ballasts » n'est pas déchargée dans la même zone géographique. Les organismes vivants dans l'eau se retrouvent donc transportés sur de très longues distances dans des écosystèmes complètement différents qui leur étaient impossible d'accès naturellement.

L'introduction de certaines espèces exotiques a conduit à des changements drastiques de l'écosystème, au développement d'espèces invasives ou toxiques ayant pour conséquence la disparition d'espèces indigènes et de graves problèmes de santé publique. Les conséquences sont donc écologiques, économiques mais aussi sanitaires.

Les autorités maritimes ont donc pris des mesures afin de limiter ces phénomènes et imposent des seuils concernant les quantités d'organismes vivants pour la décharge des eaux de ballast. Afin de diagnostiquer rapidement la qualité de l'eau et donc vérifier l'efficacité des systèmes de traitement, plusieurs méthodes ont été développées dont l'ATPmétrie. Aqua-tools et ses partenaires LuminUltra et SGS proposent un kit de dosage de l'ATP, une molécule universelle du vivant, permettant à l'équipage d'évaluer rapidement la conformité de leurs eaux de ballast avec les réglementations directement à bord.



## Qu'est-ce qu'un ballast ?

Depuis que les coques de bateau sont construites en acier, un système permettant une meilleure stabilité, manœuvrabilité et régulation de la masse du bateau a été développé : les ballasts.

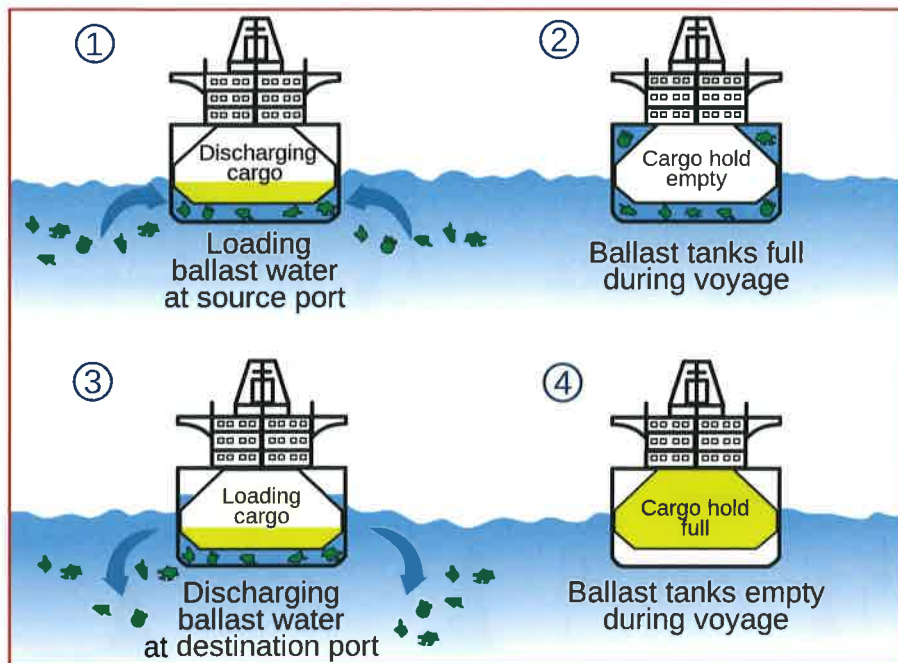
Ces ballasts peuvent prendre différentes formes comme, l'équipage, une quille faite de matériaux dense (pierre, sable, fer, plomb, etc.) le but étant toujours le même, à savoir lester le bateau pour assurer une navigation optimale.

Le principal problème de ce genre de ballast reste leur masse qui alourdit considérablement le bateau et qui ne peut s'adapter en fonction du chargement. Afin de pallier à ce problème, un nouveau type de bal-

last fut développé, les ballasts sous forme de réservoir d'eau.

Bien que l'eau soit relativement peu dense comparée aux matériaux évoqués plus haut, les ballasts sous forme de réservoir d'eau sont de plus en plus utilisés notamment pour les cargos. Ces réservoirs sont localisés niveau de la coque où ils occupent un espace considérable mais permettent en contrepartie d'ajuster la quantité d'eau et ainsi toujours se trouver dans les meilleures conditions de navigation.

En effet, cette capacité d'ajustement permet, quel que soit le navire, de maintenir la flottaison et l'inclinaison à un niveau optimal par simple pompage ou vidage des différents ballasts.



**Figure 1: Principe du chargement/déchargement des eaux de ballast en fonction de la quantité de marchandise embarquée.**

Par Maxxi d'initiative work by Thorsten Hartmann (Water pollution by ballast water de.soy by Maxxi) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) ou CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons.

Cette énorme amplitude dans la gestion du poids et de l'inclinaison du navire présente de gros avantages économiques, elle permet de réduire au maximum le poids dû aux ballasts et de maximiser le chargement tout en limitant les coûts liés à la consommation de carburant.

### Quels sont les problèmes liés aux eaux de ballast ?

Le problème de ces ballasts est qu'ils sont remplis avec de l'eau d'une zone maritime spécifique et vidés peut-être à plus de 20 000 km dans une autre zone dont l'écosystème est complètement différent. Ce déchargement d'eau peut générer l'introduction d'espèces vivantes exotiques invasives, nuisibles conduisant à de lourds dégâts économiques mais surtout écologiques pouvant avoir de graves conséquences sur la santé humaine. Voici quelques-uns des problèmes les plus remarquables :

- l'introduction de la moule zébrée européenne *Dreissena polymorpha* dans les grands lacs (USA),
- l'introduction de *Mnemiopsis leidyi* en mer Noire et mer d'Azov,
- l'introduction de *Vibrio cholerae* dans les eaux côtières des USA,
- l'introduction de dinoflagellés toxiques dans les eaux australiennes.

L'introduction de ces espèces exotiques a eu un impact sur :

- la santé humaine (choléra, empoisonnement suite à l'ingestion de coquillages),
- l'environnement marin (appauvrisse-

ment de la biodiversité, et disparition des espèces marines locales),

- l'économie dont les pertes se comptent en milliards d'euros (industries de la pêche, aquaculture, etc. ...).

En 1973 lors d'une conférence de l'IMO (International Maritime Organisation), le problème lié l'introduction d'espèces exotiques nuisibles est soulevé. Une résolution est adoptée : « Directives visant à prévenir la production d'organismes aquatiques et d'agents pathogènes indésirables provenant des rejets d'eaux de ballast et de sédiments effectués par les navires ». Durant 20 ans, les scientifiques et experts ont collecté une grande quantité de données qui ont été utilisées pour négocier avec les états membres de l'IMO. Finalement, à la fin des années 90 début des années 2000, les eaux de ballast des bateaux sont reconnues par l'IMO et le WHO (World Health Organisation) comme étant un vecteur permettant l'introduction d'espèces pathogènes et dangereuses. Finalement, la convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires est alors adoptée en février 2004.

### Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires et l'United States Coast Guard 46 CFR 162.060

- La convention pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast a été signée par une trentaine d'États qui représentent 35 % du tonnage de la marine marchande. Cette

convention introduit la notion de valeur seuil pour le déchargement des eaux de ballast afin de limiter l'introduction/la propagation d'organismes nuisibles et donne des directives concernant la quantité d'organismes pouvant être libérés durant la décharge des eaux de ballast. Toutes ces informations sont décrites dans « Annexe - Section D Normes applicables à la Gestion des Eaux de Ballast » dans le paragraphe traitant de la performance : « Norme de qualité des eaux de ballast ».

Les navires qui procèdent à la gestion des eaux de ballast conformément à la règle D-2 doivent rejeter moins de dix organismes viables par mètre cube d'une taille minimale égale ou supérieure à 50 microns ; et moins de dix organismes viables par millilitre d'une taille minimale inférieure à 50 microns et égale ou supérieure à 10 microns ; et le rejet d'agents microbiens indicateurs ne doit pas dépasser les concentrations suivantes :

- Vibrio cholerae* toxigène (O1 et O139), moins de 1 unité formant colonie (ufc) par 100 millilitres ou moins de 1 ufc pour 1 gramme (masse humide) d'échantillons de zooplancton ;
- Escherichia coli*, moins de 250 ufc par 100 millilitres ; et
- entérocoque intestinal, moins de 100 ufc par 100 millilitres.

- United States Coast Guard 46 CFR 162.060 suit le même objectif, prévenir la décharge d'espèces aquatiques exotiques nuisibles par les navires ayant opéré dans des eaux au-delà de la zone économique exclusive durant leur voyage, et entrant par les écluses de Massena ou de New York, ou navigant au nord du pont George Washington sur le fleuve Hudson.

Ces navires doivent répondre au code des règlements fédéraux : 33 CFR 151.2030 - « ballast water discharge standard (BWDS) » :

Pour les organismes de taille supérieure ou égale à 50 micromètres, la décharge doit se faire avec moins de 10 organismes vivants par mètre cube d'eau de ballast.

Pour les organismes de taille inférieure à 50 micromètres et supérieure ou égale à 10 micromètres, la décharge doit se faire avec moins de 10 organismes vivants par millilitre (ml) d'eau de ballast.

Les organismes microbiens indicateurs ne doivent pas dépasser :

- *Vibrio cholerae* toxigène (sérotypes O1 et O139), une concentration de moins de 1 unité formant colonie (ufc) par 100 millilitres.

- *Escherichia coli*, une concentration de moins de 250 ufc par 100 millilitres;

- Entérocoque intestinal, une concentration de moins de 100 ufc par 100 millilitres.

Ces critères de tailles correspondent plus ou moins aux différentes formes de vie marine.

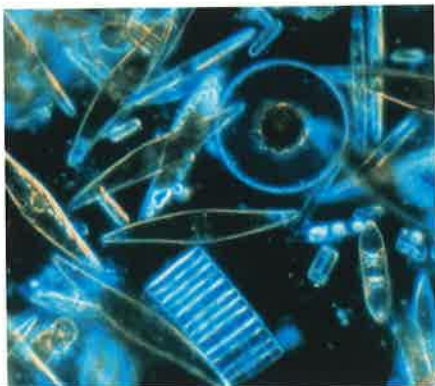
Les organismes de grande taille ( $\geq 50 \mu\text{m}$ ) forment le zooplancton, partie regroupant les formes de vie animales du plancton.



**Figure 2: Exemple d'organisme du zooplancton: *Hyperia macrocephala*.**

Uwe Kils de en.wikipedia.org [GFDL ([www.gnu.org/copyleft/fdl.html](http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html))], via Wikimedia Commons.

La majorité des organismes de taille comprise entre 10 et  $50 \mu\text{m}$  forme le phytoplancton, partie regroupant les formes de vie végétales du plancton.

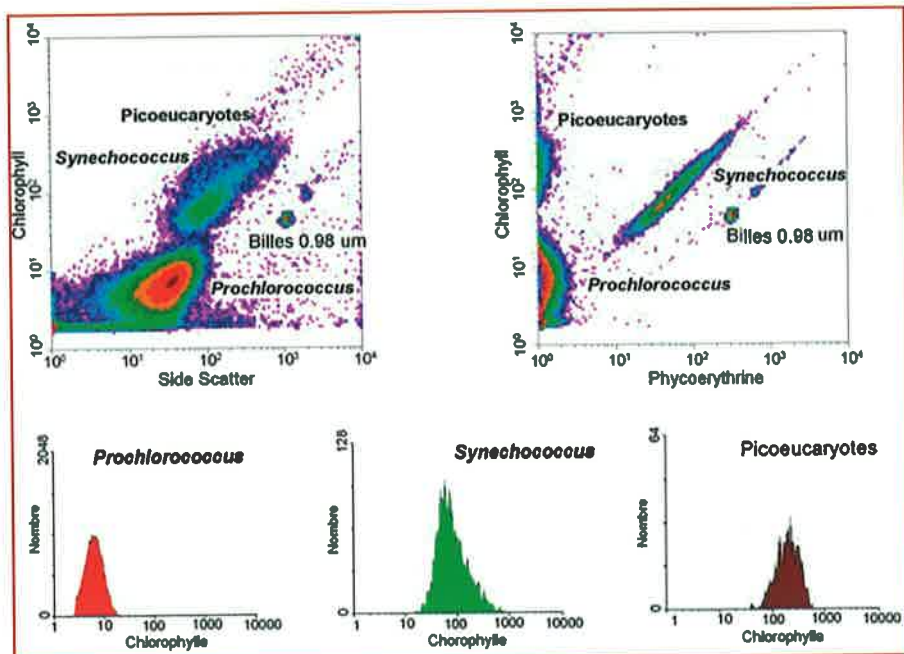


**Figure 3: Échantillon de phytoplancton.**

By Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University (corp2365, NOAA Corps Collection) [Public domain], via Wikimedia Commons.

## Comment surveiller votre système de traitement des eaux de ballast et vérifier la conformité de l'eau avec les réglementations D-2 de l'IMO ou l'United States 33 CFR 151.2030?

Après traitement de l'eau lors du remplis-



**Figure 4: Échantillon d'eau de mer analysé par cytométrie en flux.**

By Daniel Vaulet, CNRS, Station Biologique de Roscoff (Own work) [CC BY-SA 2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], via Wikimedia Commons.

sage des ballasts, différentes méthodes peuvent être utilisées pour estimer la quantité de microorganismes vivants dans chacune des trois fractions ( $\geq 50 \mu\text{m}$ ;  $< 50$  et  $\geq 10 \mu\text{m}$ ; organismes microbiens indicateurs):

### La mesure de la chlorophylle

Un fluorimètre va envoyer une lumière à une certaine longueur d'onde provoquant un changement d'état de la molécule de chlorophylle qui a pour conséquence l'émission d'une seconde lumière de longueur d'onde différente et spécifique. C'est cette seconde intensité lumineuse qui va être détectée et quantifiée afin d'estimer la biomasse du phytoplancton.

### Méthodes de culture

#### (NPP, culture sur boîte)

NPP: L'échantillon est reparti dans des microplaques contenant un milieu de culture sélectif initialement déshydraté qui une fois métabolisé par les bactéries donne un produit réactif aux UV.

Culture sur boîte: L'échantillon est passé au travers d'un filtre qui va retenir les bactéries à sa surface, le filtre est placé sur une boîte de milieu sélectif (différent selon l'organisme à dénombrer) et mis en culture pour 24-48h avant comptage des colonies.

### Dosage de la fluorescéine di-acétate (FDA)

La fluorescéine di-acétate est un substrat des estérases qui génère une fluorescence verte après son hydrolyse; les estérases

sont des enzymes non-spécifiques que l'on trouve dans toutes les cellules du vivant.

### Dosage de l'ATP

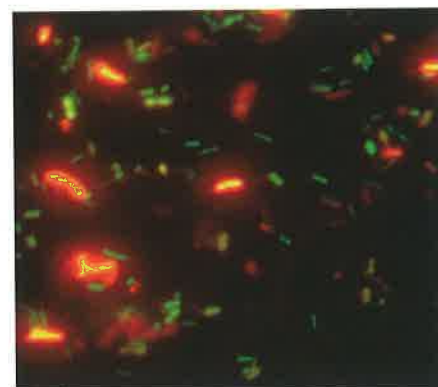
L'ATP est une molécule énergétique produite par tous les organismes vivants; le dosage de l'ATP intracellulaire permet d'estimer la quantité totale d'organismes vivants au sein de l'échantillon.

### Cytométrie en flux

Selon la fraction, l'échantillon peut être coloré avec un marqueur fluorescent avant l'analyse. Le cytomètre peut alors compter les cellules selon leur taille et/ou la fluorescence.

### L'hybridation in situ en fluorescence

Les organismes sont colorés avec des sondes nucléotidiques portant une parti-



**Figure 5: Population bactérienne marquée via la technique de FISH, et observée au microscope à épifluorescence.**

Par Velocity222X (<http://www.bionvisible.com/>) [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>) ou GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>)], via Wikimedia Commons.

**Tableau 1 : Comparaison rapide des méthodes d'analyses des eaux de ballast**

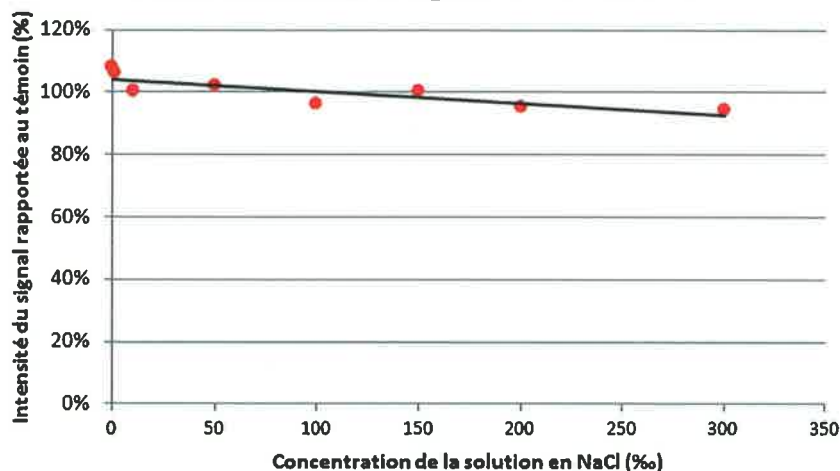
| Méthode            | Plankton |          | Bactérie | Portabilité? | Ergonomie? | Rapidité? | Spécificité? |
|--------------------|----------|----------|----------|--------------|------------|-----------|--------------|
|                    | 50 µm    | 10-50 µm |          |              |            |           |              |
| Chlorophylle       | -        | +        | -        | +            | +          | +         | -            |
| Culture            | -        | -        | +        | +            | +          | -         | +            |
| FDA                | +        | +        | -        | +            | +          | +         | -            |
| ATP                | +        | +        | +        | +            | +          | +         | -            |
| Cytométrie en flux | +        | +        | +        | -            | -          | +         | -            |
| FISH               | +        | +        | +        | -            | -          | -         | +            |

cul fluorescente, sous l'excitation du laser d'un microscope à épifluorescence, cette particule va émettre un signal lumineux permettant de compter les cellules ciblées. Chaque technique décrite ci-dessus possède des avantages et des inconvénients qui sont résumés dans le tableau ci-dessus.



**Figure 6: Principaux éléments du Kit Ballast Water d'Aqua-tools.**

**Impact de la concentration en sel dans l'échantillon sur le signal de la Luminase**



**Figure 7: Impact de la concentration en sel dans l'échantillon sur le signal de la Luminase.**

## Que propose Aqua-Tools?

Le kit Ballast Water (Kit BW) est un outil

biologique efficace pour évaluer:

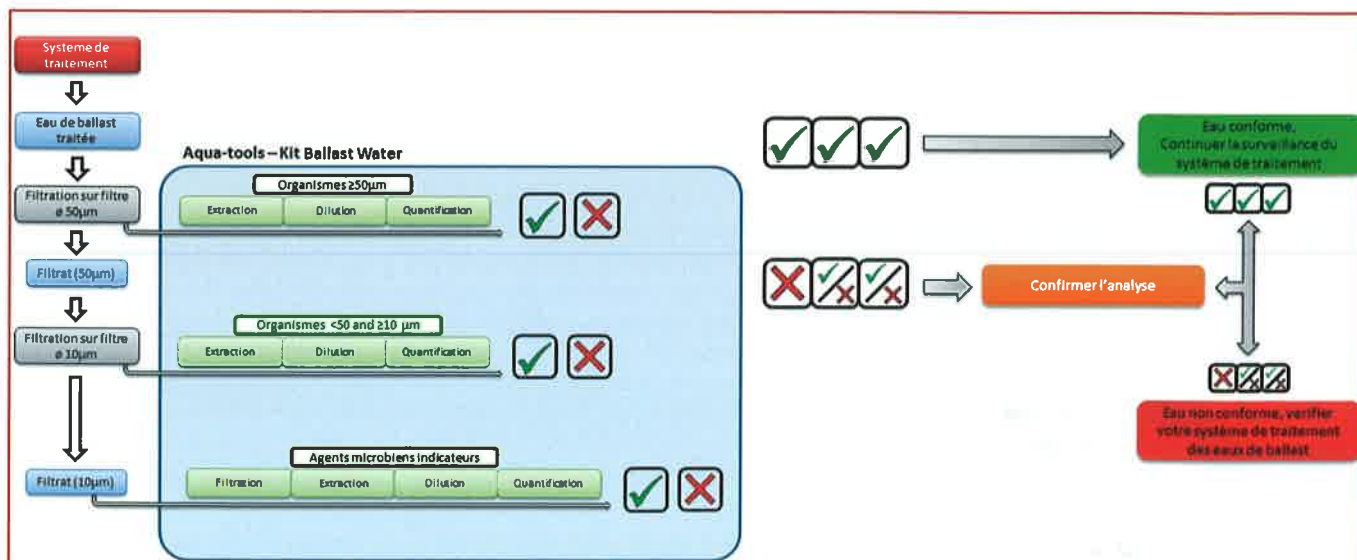
- L'efficacité du système de traitement des

eaux de ballast ;

- D'évaluer le risque lié à la décharge des eaux de ballast.

Sous l'impulsion d'Aqua-tools, une solution complète pour le diagnostic des eaux de ballast a été développée couplant un kit de seconde génération

pour le dosage de l'ATP et une méthode de broyage assurant l'extraction de l'ATP présent dans les organismes y compris ceux protégés par une coquille/exosquelette. Le but étant de permettre une analyse rapide directement sur le navire afin de surveiller la performance du système de traitement sur toutes les classes d'organismes et donc de s'assurer d'être en conformité avec les réglementations de l'IMO ou de l'USCG. Avec ces partenaires LuminUltra (Canada) et SGS (Suisse), Aqua-tools (France) propose le Kit Ballast Water, ce dernier est composé d'une partie « réactifs » : ATP Ballast Water Kit BW-100 Tests AT010406, et d'une partie « système d'extraction » : ATPREP Beads Extraction AT010247. Contrairement aux kits ATP de première



**Figure 8: Principe du Kit Ballast Water d'Aqua-tools.**

## Glossaire

|       |                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| IMO:  | International Maritime Organization; Organisation maritime internationale             |
| WHO:  | World Health Organization; Organisation mondiale de la santé                          |
| ATP:  | Adenosine triphosphate                                                                |
| FISH: | Fluorescence <i>in situ</i> hybridization; Hybridation <i>in situ</i> en fluorescence |
| BW:   | Ballast Water; eaux de ballast                                                        |
| BWTS: | Ballast Water Treatment System; Système de traitement des eaux de ballast             |

génération qui sont fortement inhibés lorsque la concentration en NaCl est supérieure à 5‰, le Kit Ballast Water d'Aqua-tools fonctionne parfaitement jusqu'à 300 PSU, le kit peut donc être utilisé pour contrôler les eaux de ballast, quelles que soient leurs origines.

Le Kit Ballast Water permet d'évaluer la quantité d'organismes des différentes classes:  $\geq 50 \mu\text{m}$ , 10-50  $\mu\text{m}$  et bactérie. Afin de permettre une extraction totale de l'ATP intracellulaire des fractions du plancton, Aqua-tools a développé une méthode de broyage permettant la destruction des coquilles et exosquelettes des crustacés;

mais aussi des épaisses parois des microalgues. Cette méthode a été optimisée sur des organismes modèles comme les *Artemia* (forme Nauplius, forme adulte); *Tetraselmis spp*; *Phaeodactylum spp* etc., puis validée sur de véritables échantillons d'eau de mer.

L'intégration d'une solution standard d'ATP: l'Ultrack 1, permet au Kit Ballast Water d'Aqua-tools de fournir des résultats fiables, comparables et indépendants du lieu et de la période d'analyse. Vous pouvez ainsi avoir un suivi parfait de l'efficacité de votre système de traitement sur les différentes eaux du globe tout au long de l'année.

Le kit ne nécessitant pas de compétence particulière en biologie, il peut être utilisé directement à bord par l'équipage. Il permet, en seulement quelques minutes, de vérifier l'efficacité de votre système de traitement et vous indiquer si vous êtes en

conformité ou non avec la réglementation pour le déchargement des eaux de ballast. La figure 8 illustre le principe du Kit Ballast Water et présente les principales étapes de l'analyse de chaque classe d'organisme. ■

## Références bibliographiques

- <http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships%27-Ballast-Water-and-Sediments-%28BWM%29.aspx>
- <http://www.imo.org/OurWork/Environment/BallastWaterManagement/Documents/Compilation%20of%20relevant%20Guidelines%20and%20guidance%20documents%20-%20June%202014.pdf>
- [https://homeport.uscg.mil/cgi-bin/st/portal/uscg\\_docs/MyCG/Editorial/20130531/BWM\\_FAQs\\_Vol%20I\\_05April2013.pdf?id=678e8cb1ca7ee58a33dd153c72a0283c2c8760ca](https://homeport.uscg.mil/cgi-bin/st/portal/uscg_docs/MyCG/Editorial/20130531/BWM_FAQs_Vol%20I_05April2013.pdf?id=678e8cb1ca7ee58a33dd153c72a0283c2c8760ca)
- <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/46/part-162/subpart-162.060>
- [https://homeport.uscg.mil/mycg/portal/ep/channelView.do?channelId=18366&channelPage=%2Fep%2Fchannel%2Fdefault.jsp&pageTypeld=13489&BV\\_SessionID=@@@0118720936.1427807987@@@&BV\\_EngineID=ccceadgfkldgmekcfnkgcfkmdfhdfgo.0](https://homeport.uscg.mil/mycg/portal/ep/channelView.do?channelId=18366&channelPage=%2Fep%2Fchannel%2Fdefault.jsp&pageTypeld=13489&BV_SessionID=@@@0118720936.1427807987@@@&BV_EngineID=ccceadgfkldgmekcfnkgcfkmdfhdfgo.0)

## Le statut juridique de l'eau à l'épreuve des exigences environnementales

Julia GUDEFIN



Format 16 x 24 cm  
860 pages  
ISBN 979-10-91089-18-0  
Prix public : 68,00 euros TTC

Que l'on soit un simple promeneur ou un fin observateur, l'eau est présente partout.

Pourtant, l'atout qu'elle représente pour les activités anthropiques cache souvent sa réalité environnementale, celle de son cycle. Ce constat se reflète dans l'appréhension juridique de l'eau laquelle est conçue comme un bien ou une chose. Cette qualification l'assigne donc à un statut juridique dont les manifestations révèlent la fonction utilitariste de la ressource. Or, l'émergence des problématiques environnementales confronte le statut juridique de l'eau à sa réalité physique.

Ainsi, le droit et les exigences environnementales s'influencent réciproquement pour générer des règles protectrices de l'eau et des représentations juridiques du cycle hydrologique qui engendrent des évolutions du statut. Dès lors, ce dernier s'émancipe des catégories juridiques traditionnelles issues du droit des biens et s'habille d'une finalité protectrice dont les règles et les concepts qui s'attachent à la fonction écologique de l'eau et à la réalité environnementale du cycle hydrologique lui façonnent une autre condition juridique.

www.editions-johanet.com

60, rue du Dessous des Berges - 75013 Paris - Tél. +33 (0)1 44 84 78 78 - Fax : +33 (0)1 42 40 26 46 - livres@editions-johanet.com