

# CFA/VISHNO 2016

## **Projet AQUO - Recherche de solutions pour la réduction du bruit sous-marin lié au trafic maritime et son impact sur la faune marine - Synthèse des recommandations**

C. Audoly<sup>a</sup>, C. Rousset<sup>a</sup>, E. Baudin<sup>b</sup> et T. Folegot<sup>c</sup>

<sup>a</sup>DCNS Research, Le Mourillon BP403, 83055 Toulon, France

<sup>b</sup>Bureau Veritas, 67-71, Boulevard du Château, 92571 Neuilly Sur Seine, France

<sup>c</sup>Quiet-Oceans, 65, place Nicolas Copernic, 29280 Plouzane, France

christian.audoly@dcnsgroup.com



LE MANS

Le projet européen AQUO a été lancé dans le cadre du programme européen FP7 du domaine « Transport ». D'une durée de 3 ans, il s'est terminé en Décembre 2015 (voir site [www.aquo.eu](http://www.aquo.eu)). L'objectif final est de proposer aux décideurs un ensemble de solutions et recommandations permettant de limiter le bruit sous-marin lié au trafic maritime, qui peut avoir des effets nuisibles pour la faune marine. Après une présentation générale du projet, le but est ici de synthétiser les principales conclusions et recommandations issues du projet AQUO. Les différents types de solutions (au niveau de la conception des navires, en agissant sur la conduite des navires, ou stratégies de contrôle du trafic à l'échelle d'une zone maritime) sont évalués selon trois critères (réduction intrinsèque du bruit rayonné, efficacité énergétique, et impact sur la faune marine). Pour ce dernier point, on utilise un modèle prévisionnel du bruit sous-marin, développé par Quiet-Oceans. Cette démarche permet d'identifier les stratégies les plus efficaces pour la réduction de l'impact sur la faune marine du bruit sous-marin généré par le trafic maritime, ainsi que les solutions techniques sous-jacentes. Pour la protection de la faune marine, les résultats montrent qu'une approche consistant à imposer des limites de bruit rayonné sur les navires les plus bruyants paraît la plus efficace.

## 1 Introduction

Du fait de l'augmentation continue du trafic maritime, et par voie de conséquence l'augmentation du bruit sous-marin, la communauté scientifique alerte les autorités depuis quelques années sur les risques encourus par la faune marine.

Un fait marquant a été l'adoption en 2008 par l'Union Européenne, de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) [1] qui demande aux Etats Membres d'évaluer l'état environnemental de leurs zones maritimes et de mettre en place des plans d'actions pour atteindre un bon état environnemental à échéance de 2020.

Dans ce contexte, la Commission Européenne a lancé en 2011 un appel à projet dans le cadre du thème « Transport » du FP7. Le besoin exprimé portait sur :

- L'étude du bruit des propulseurs, notamment du bruit de cavitation qui est connu comme l'une des principales sources de bruit rayonné dans l'eau par les navires de commerce, ainsi que la recherche de solutions pour le réduire,
- La mise au point d'un outil prédictif du bruit sous-marin généré par le trafic maritime, couplé aux données du système d'identification automatique des navires (AIS), permettant l'évaluation de l'impact sur la faune marine.

Le projet AQUO a été bâti en réponse à cet appel à projet. Constitué d'une équipe multidisciplinaire de 13 partenaires européens coordonnée par DCNS Research, il a débuté en Octobre 2012 et s'est achevé en Décembre 2015.

L'objectif principal est de fournir aux décideurs une liste de solutions argumentées dans le but de limiter le bruit sous-marin provoqué par le trafic maritime et son impact sur la faune marine. En cela, on cherche à se démarquer nettement du guide édité par l'Organisation Maritime Internationale, qui se limite à des recommandations qualitatives d'application non obligatoire sur le bruit rayonné de navires de commerce [2]. Ces solutions sont de différents types :

- Réduction du bruit à la source en agissant sur la conception des futurs navires ou en prenant des dispositions sur les navires existants, en vue de réduire leur bruit rayonné dans l'eau,
- Solutions liées au contrôle du trafic maritime.

En se basant sur le rapport final "guide pratique" d'AQUO [3], l'objectif de cet article est de résumer les principales conclusions et recommandations issues du

projet. Tout d'abord, on présente au §2 une vue d'ensemble du projet, de son organisation et des principales tâches réalisées. On propose ensuite une définition de l'empreinte sonore de l'activité anthropique pour l'acoustique sous-marine, ainsi que la méthodologie suivie pour l'évaluer et l'outil associé. Cette démarche est ensuite appliquée au §3. Après avoir recensé les différentes solutions possibles, on les analyse à l'aide de différents scénarios afin d'identifier les plus efficaces. Quelques résultats sont présentés sous formes de cartes du bruit sous-marin. D'autre part, une analyse complémentaire permet de faire le lien avec des critères bioacoustiques.

## 2 Le projet AQUO et la méthodologie suivie

Afin de traiter le sujet dans sa complexité, le projet AQUO a suivi une démarche particulière. Des méthodes et outils associés à cette démarche ont été développés, et des études avancées sur différents sujets ont été réalisées. La plupart des rapports d'étude sont accessibles en littérature ouverte.

### 2.1 Organisation du projet et tâches réalisées

En plus des tâches de management et de dissémination des résultats, le projet AQUO était organisé en 5 lots d'études interdépendants, indiqués sur la figure 1.

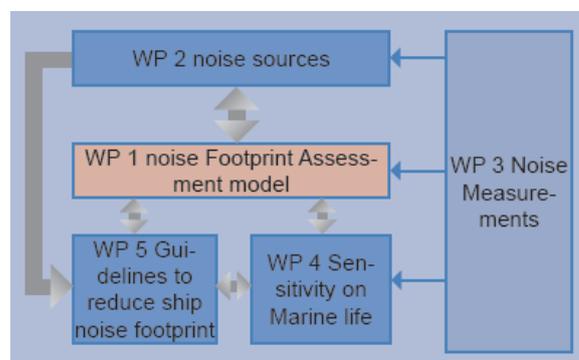


Figure 1: Organisation du projet AQUO

Les tâches réalisées sont résumées ci-dessous :

- WP1 - Noise footprint assessment model: L'objectif principal était de mettre au point un outil d'évaluation de l'empreinte sonore sous-marine liée au trafic maritime, pouvant fonctionner en temps réel ou sur des données simulées. Ceci a été réalisé à

l'aide de la plateforme Quonops© développée et mise en œuvre par Quiet-Oceans. L'outil a été calibré à l'aide de données expérimentales.

- WP2 - Noise sources: Le premier objectif était de bâtir des modèles génériques de bruit rayonné de navires, paramétrés en fonction du type de navire, de sa taille, sa vitesse et de la fréquence. Le deuxième objectif était de valider ou améliorer les méthodes numériques ou expérimentales de prédiction du bruit des navires, en particulier le bruit des hélices avec ou sans cavitation.
- WP3 - Measurements: L'objectif principal était de recueillir des données expérimentales au réel (bruit rayonné dans l'eau de différents navires et mesures à bord associées, ainsi que le bruit sous-marin sur de longues durées à l'aide de bouées ou d'observatoires acoustiques). L'autre aspect était le développement de nouvelles méthodes, notamment une procédure de mesure de bruit rayonné applicable par petits fonds ou grands fonds, en maîtrisant les incertitudes.
- WP4 - Sensitivity of marine life: Des expérimentations spécifiques ont été réalisées sur trois espèces marines (marsouin, morue et céphalopode). Une synthèse a permis de dégager des critères bioacoustiques.
- WP5 – Guidelines: Ce lot de tâches a comporté des simulations complémentaires afin d'évaluer l'efficacité des solutions envisagées en tenant compte de l'efficacité énergétique, puis une synthèse des résultats.

## 2.2 Evaluation de l'empreinte sonore et indicateurs associés

L'empreinte sonore sous-marine pour l'activité anthropique, ici le trafic maritime a été définie au cours du projet AQUO comme: "La représentation du niveau de bruit relative à des activités qui affectent une zone maritime. Celle-ci comporte la description des sources de bruit et la propagation du son dans l'environnement marin, et peut être représenté par une carte de bruit. Elle peut être utilisée pour évaluer l'impact sur la faune marine, à l'aide d'indicateurs adéquats".

Alors que la notion d'empreinte sonore est couramment utilisée dans le domaine de l'acoustique aérienne environnementale, ce n'est pas le cas en acoustique sous-marine. Le projet AQUO a donc élaboré une approche particulière dans ce but, en prenant en compte les différents aspects depuis l'émetteur (les navires comme sources sonores) jusqu'aux récepteurs (la faune marine), comme schématisé sur la figure 2.

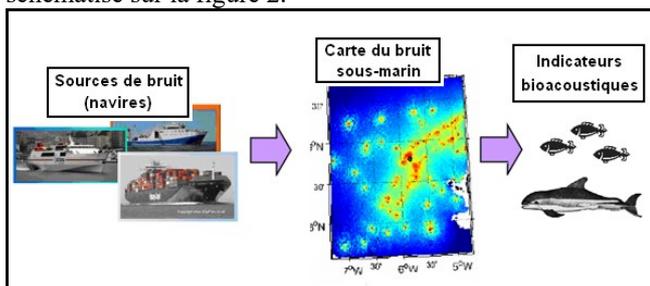


Figure 2: L'empreinte sonore sous-marine du trafic maritime et l'impact sur la faune marine

Cette démarche a été implantée dans l'outil Quonops©, qui a été adapté pour les besoins du projet AQUO [7]. En pratique, le processus suivi comporte :

- Le recueil d'informations sur le trafic maritime dans la zone maritime d'étude, vis le système AIS. Ceci permet d'obtenir la liste des navires présents sur la zone, leur type, leur position et leur vitesse au cours du temps.
- Le recueil de données expérimentales (bathymétrie, célérité du son dans la colonne d'eau, caractéristiques du fond).
- A chaque pas de temps, on établit une carte du bruit sous-marin comme représenté sur la figure 3. En entrée du modèle, le niveau des sources est estimé à partir des données AIS et des modèles paramétriques développés lors du WP2 [11]. Les pertes de propagation sont évaluées numériquement par des codes de calcul adaptés. Des études ont été faites pour vérifier la validité de la démarche [8].

Il est important de noter que le niveau sonore en un point d'observation donné varie fortement au cours du temps, en lien avec le passage de navires à proximité du récepteur, ce qui se traduit par une série de pics dont le niveau maximum dépend du niveau de bruit de la source et des pertes de propagation. Afin de disposer d'un indicateur robuste et représentatif dans la durée, on introduit la notion de « percentile » qui est la probabilité que le niveau de bruit soit au-dessus d'une certaine valeur.

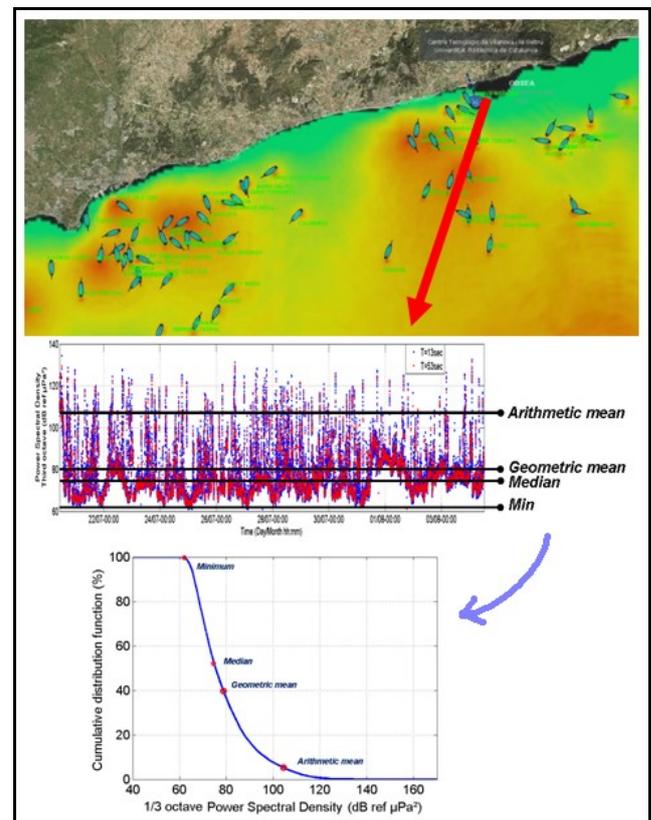


Figure 3: Démarche pour établir une cartographie de niveau de bruit statistique exprimée en percentile. Exemple tiré des études sur la zone OBSEA (au large de Barcelone).

Dans l'exemple de la figure 3, le 50<sup>ème</sup> percentile correspond à environ 78 dB ref 1μPa<sup>2</sup>, ce qui signifie que 50% du temps, le niveau de bruit dépasse cette valeur, alors

que le bruit naturel environnemental se situe à environ 61 dB ref  $1\mu\text{Pa}^2$ .

En sortie, on obtient une carte de niveau statistique du bruit pour un certain percentile dans une certaine bande de fréquence. Un exemple pour la zone Ouessant est présenté sur la figure 4. Ces cartographies permettent de disposer d'une première indication de l'état environnemental, et d'identifier les zones les plus bruitées (en bleu foncé) et les zones calmes (en vert). Sur cet exemple, on voit clairement apparaître les rails de trafic maritime au large de la Bretagne, ainsi qu'une transition entre des zones petits fonds et grands fonds, se traduisant par une modification des pertes de propagation et donc du niveau de bruit.

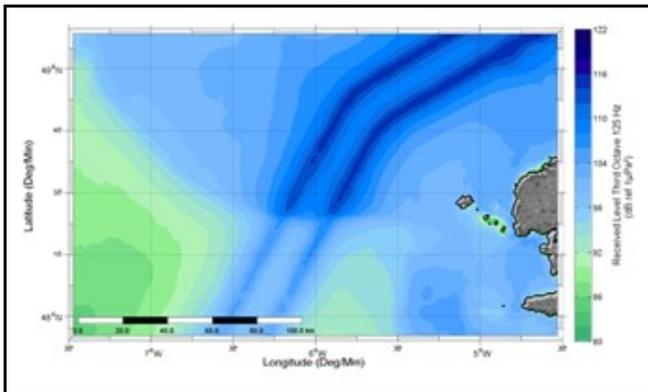


Figure 4: Zone Ouessant – Cartographie du 25<sup>ème</sup> percentile du bruit du trafic maritime en Juin 2015 (tiers d'octave 125Hz)

## 2.3 Estimation du risque bioacoustique

Afin de faire le lien avec le risque bioacoustique, il est possible de post-traiter les informations obtenues en introduisant des critères de gêne sur différentes espèces marines présentes dans la zone. Pour cela, il est nécessaire de définir un scénario représentatif. Par exemple, pour la morue, un critère possible est le risque de masquage acoustique ou d'altération du comportement lors de la communication entre individus pendant la période de reproduction. Pour cela, on tient compte des résultats d'études récentes sur la réaction des animaux marins au bruit et des statistiques du bruit dans la zone.

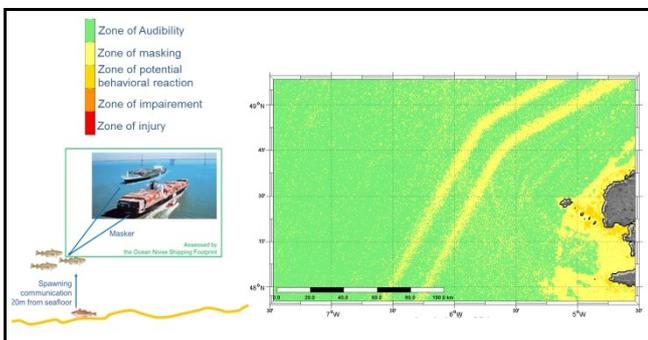


Figure 5: Zone Ouessant – Estimation du risque bioacoustique sur la morue en zone Ouessant pendant la période de reproduction

Pour le même exemple que précédemment, on observe sur la figure 5 qu'une certaine proportion de la zone maritime est affectée (couleurs jaune et orange).

## 3 Evaluation de différentes solutions pour réduire l'empreinte sonore du trafic maritime

### 3.1 Solutions envisagées

Au cours du WP5, un recensement assez exhaustif des solutions envisageables pour réduire l'empreinte sonore du trafic maritime a été effectué. Celles-ci peuvent être classées en trois catégories:

- La réduction du bruit rayonné dans l'eau de chaque navire par l'amélioration de la conception. Bien que certaines de ces solutions puissent être envisagées en rétrofit, la plupart doivent être décidées dès la conception initiale et réalisées en construction neuve. Cela comprend le choix de l'architecture propulsive (par exemple le type de moteur de propulsion ou l'orientation vers une architecture diesel-électrique), l'utilisation systématique de plots de suspension efficaces, la conception de propulseurs silencieux ou dont la cavitation apparaît à vitesse plus élevée, et des dispositifs spéciaux comme des rideaux de bulles.
- La deuxième catégorie, qui peut s'appliquer à la flotte existante, vise à réduire le bruit rayonné de chaque navire grâce à des réglages optimisés, par une réduction de la vitesse, et une maintenance renforcée. Par exemple, une carène et des hélices bien entretenues vont réduire la trainée donc la puissance propulsive nécessaire et éviter une cavitation précoce. D'autre part, dans le cas d'architectures propulsives utilisant des hélices à pas variables, les études du projet AQUO ont montré que des réglages différents permettaient de réduire fortement la cavitation donc le bruit rayonné.
- Enfin, la troisième catégorie, également applicable à la flotte existante, porte sur des solutions relatives à la gestion du trafic sur la zone. Cela consiste par exemple à concentrer ou diluer le trafic, regrouper les navires en convois ou dérouter les navires les plus bruyants pour les éloigner d'une zone protégée.

Ces différentes solutions ont été analysées dans le cadre du projet AQUO, de manière quantitative autant que possible, selon trois critères :

- Réduction intrinsèque du bruit rayonné [9],
- Efficacité énergétique,
- Impact environnemental sur une zone marine en lien avec des critères bioacoustiques.

Les résultats de l'analyse du troisième critère, qui est au cœur du sujet, sont résumés dans le paragraphe suivant.

### 3.2 Résultats obtenus

A partir de la situation d'une situation de base comme celle représentée sur la figure 4, il est possible de simuler l'efficacité des différentes solutions envisagées en rejouant le scénario mais avec des paramètres modifiés, en agissant par exemple sur le niveau de bruit rayonné par chaque navire ou en modifiant leur trajectoire. On obtient alors des cartes de l'écart sur la statistique de bruit entre la nouvelle situation et la situation initiale. Toujours pour la même zone d'étude, la figure 6 présente quelques-uns des résultats obtenus. Les zones en vert foncé correspondent à réduction significative du bruit (3 à 6 dB, voire plus), et les zones en jaune à une légère détérioration. D'autre part, les zones en bleu clair correspondent au cas où la solution mise en œuvre permet d'atteindre une situation où le bruit du trafic maritime est masqué par le bruit ambiant naturel, ce qui est bien sûr favorable pour la faune marine. On voit sur cet exemple que la solution la plus efficace consiste à limiter le bruit rayonné des navires les plus bruyants, ce qui est cohérent avec la marque de classification proposée par le Bureau Veritas [5]. Par contre, le fait de gérer le trafic en éloignant les navires les uns des autres donne un résultat plus mitigé, du fait d'une légère détérioration dans certaines zones.

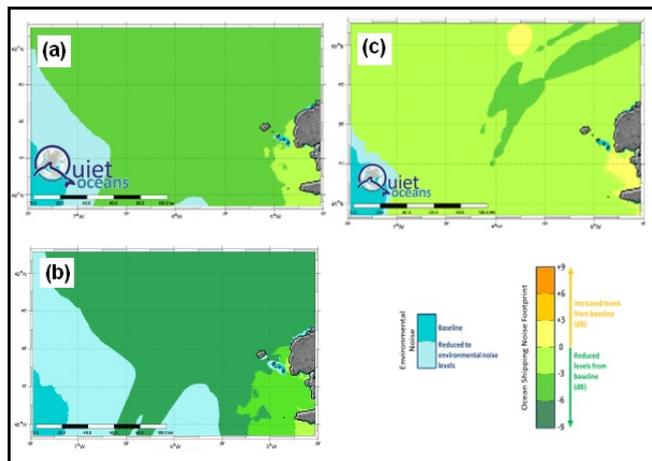


Figure 6: Zone Ouessant – Influence de différentes solutions de réduction de l'empreinte sonore pour le 25<sup>ème</sup> percentile dans le tiers d'octave 125 Hz. (a) par amélioration de la conception des navires, (b) en imposant une valeur limite de bruit rayonné pour les navires les plus bruyants, (c) par régulation du trafic en imposant une distance limite de 10 km entre les navires.

Différents scénarios ont été simulés dans trois zones test (zone Ouessant, zone OBSEA près de Barcelone, zone ANTARES près de Toulon). L'ensemble des résultats est synthétisé dans le tableau 1. Concernant la réduction la vitesse, on voit que si elle n'est appliquée que pour les navires situés dans la zone marine protégée, il n'y a pas de gain. Cela vient de l'influence des navires bruyants, même s'ils sont éloignés.

Enfin, des analyses complémentaires ont été effectuées en appliquant des critères bioacoustiques en post-traitement, dans le cas des poissons et de mammifères marins. Les conclusions vont dans le même sens.

Solution de réduction d'empreinte sonore	Zone test	Indicateur de la réduction du bruit
Réduction du bruit rayonné des navires par améliorations techniques	Ouessant et Antares	Réduction significative dans toutes les zones
Imposer une limite sur le bruit rayonné (BV URN-controlled vessels limit)	Ouessant	Réduction significative dans toutes les zones
Imposer une limite sur le bruit rayonné (BV URN-advanced vessels limit)	Ouessant	Réduction importante dans toutes les zones
Grouper les navires par paquets de trois	Ouessant	Réduction significative dans toutes les zones
Imposer une distance minimale de 10 km entre navires en transit	Ouessant	Réduction significative, sauf en quelques points
Limitation de la vitesse à 13 Nd, uniquement pour les navires en zone protégée	Ouessant	Pas de gain
Limitation de la vitesse à 13 Nd sur l'ensemble de la zone	Antares	Réduction significative dans toutes les zones
Privilégier navigation par grands fonds	Obsea	Amélioration ou détérioration selon les zones
Privilégier navigation par petits fonds	Obsea	Amélioration ou détérioration selon les zones
Eloigner les rails de trafic de 10 km vers le large	Ouessant	Amélioration ou détérioration selon les zones

Tableau 1: Résumé de l'évaluation de l'efficacité simulée de différentes solutions globales pour la réduction de l'empreinte sonore du trafic maritime

## 4 Conclusions

A l'aide d'un outil d'évaluation de l'empreinte sonore sous-marin du trafic maritime, le projet AQUO a montré qu'il était techniquement possible de caractériser en quasi temps-réel le champ sonore sous-marin lié au trafic maritime dans une zone d'intérêt, connaissant le trafic via l'information AIS et en exploitant des données environnementales. Cependant, l'outil doit être calibré ou vérifié à partir données in-situ, obtenues à l'aide d'observatoires sous-marins ou de bouées autonomes déployées sur zone [7], [10]. De plus, il est possible de post-traiter les cartes statistiques du bruit sous-marin de manière à faire le lien avec la faune marine, par l'évaluation d'un risque bioacoustique.

En cohérence avec la DCSMM, les gestionnaires d'une zone maritime peuvent donc avoir à leur disposition les outils ou les informations leur permettant d'estimer l'état environnemental de la zone pour ce qui concerne le bruit sous-marin lié au trafic maritime et son impact sur la faune marine. Il est possible également de simuler différentes solutions permettant de réduire l'impact, dans le cas où la situation ne serait pas satisfaisante. Les solutions de réduction de bruit pourraient consister à une réglementation du trafic dans la zone, en imposant notamment des restrictions d'accès ou de navigation des navires les plus

bruyants dans la zone sensible. Il est à noter que des solutions de faible ampleur comme la limitation de vitesse localisée ou s'écarter légèrement des zones sensibles, n'ont pas une efficacité suffisante.

La solution la plus efficace consiste à limiter le bruit rayonné des navires à un gabarit fonction de la fréquence, ce qui revient à écrêter le bruit rayonné dans l'eau des navires les plus bruyants. Cette approche est cohérente de critères définis récemment par des sociétés de classifications [5].

Les moyens techniques pour y parvenir sont les suivants :

- Pour les navires existants : par un réglage approprié des paramètres de fonctionnement (par exemple sur l'appareil propulsif afin d'éviter l'apparition de la cavitation du propulseur), ainsi que par un entretien de bonne qualité. Cependant, ces dispositions sont a priori insuffisantes pour atteindre les niveaux limite souhaités pour certains navires.
- Pour les futurs navires, à travers une conception améliorée.

Concernant plus particulièrement la réduction du bruit rayonné par les navires de commerce :

- Les études réalisées dans le projet AQUO ont montré qu'il était possible d'atteindre des réductions significatives du bruit rayonné, soit par le choix d'une architecture appropriée (par exemple diesel-électrique), soit en agissant sur les sources de bruit les plus importantes, notamment la cavitation du propulseur.
- Il est cependant difficile de définir des solutions applicables dans tous les cas du fait de la diversité des types, dimensions et architectures de navires. Une analyse au cas par cas est nécessaire afin de définir les solutions appropriées. Celles-ci doivent être mises en œuvre de manière cohérente et en tenant compte du profil d'emploi opérationnel du navire: par exemple il ne sert à rien de réduire le bruit des machines si le bruit de cavitation du propulseur est dominant.
- D'autre part, afin d'être efficaces et de limiter les coûts induits, les solutions doivent être définies dès les phases d'avant-projet des navires.

En complément de ces conclusions principales, des éléments détaillés figurent dans le guide commun établi par les projets AQUO et SONIC [6]

En ce qui concerne les principales recommandations, en tenant compte du fait que l'application effective de solutions pour la réduction du bruit rayonné des futurs navires prendra du temps et que les recommandations actuelles destinées à l'industrie navale n'ont pas un caractère obligatoire, il semble plus approprié de mettre en œuvre un contrôle du bruit sous-marin dans certaines zones maritimes sensibles à travers des critères de gestion du trafic. Comme indiqué précédemment, ceci peut être effectué à l'aide d'un outil prédictif de l'empreinte sonore sous-marine, comme l'outil Quonops© utilisé lors du projet AQUO. Des restrictions pourraient être appliquées aux navires les plus bruyants, ce qui induirait des incitations

pour les armateurs et l'industrie navale pour améliorer la discrétion acoustique des futurs navires.

Des projets pilotes pourraient être lancés dès que possible, comportant au minimum l'évaluation préliminaire de zones maritimes sensibles du point de vue environnemental et de la biodiversité. En conséquence, la principale recommandation destinée aux autorités est la mise en place effective du contrôle et si possible de la gestion du bruit sous-marin dans certaines zones maritimes ciblées de l'espace européen. L'implémentation à réaliser par chaque Etat membre comporterait:

- L'identification des zones maritimes concernées et les périodes de l'année, le cas échéant,
- Pour chaque zone sélectionnée, les niveaux de bruit sous-marin acceptables (a priori sous forme d'indicateurs statistiques) en lien avec la faune marine présente dans la zone,
- L'identification des restrictions qu'il serait possible d'appliquer aux navires les plus bruyants compte tenu de la typologie du trafic maritime et des contraintes d'exploitation,
- Mise en œuvre de règles de gestion du trafic dans les zones considérées, prenant en compte le bruit sous-marin.

Deux autres recommandations importantes sont plus particulièrement destinées à la communauté scientifique et technique :

- Concernant le bruit rayonné des navires de commerce, il serait nécessaire de disposer d'un plus grand nombre de données fiables du bruit rayonné dans l'eau des navires civils. La proposition de mettre en place une base de données partagée [12], ainsi que le développement de standards pour la mesure de bruits rayonnés de navires par l'ISO, vont dans ce sens.
- Le deuxième besoin concerne la bioacoustique sous-marine des animaux marins. En effet, malgré les efforts réalisés ces dernières années, il y a encore des manques importants dans la connaissance des effets du son sur la faune marine et sur les critères à utiliser.

## Remerciements

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du projet collaboratif AQUO (Achieve QUIeter Oceans by shipping noise footprint reduction), financé par la Commission Européenne dans le cadre de l'appel à projet FP7: SST.2012.1.1-1: Assessment and mitigation of noise impacts of the maritime transport on the marine environment, Grant agreement n°314227, sujet coordonné avec "The Ocean of Tomorrow".

Le contenu de cet article ne reflète pas l'opinion officielle de l'Union Européenne. Les informations et les points de vue exprimés sont sous la responsabilité des auteurs.

## Références

- [1] European Commission, «Maritime Strategy Framework Directive 2008/56/EC,» pp. L164/19-40, 2008.
- [2] IMO, Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life, MEPC.1/Circ.833, 7 April 2014
- [3] Synthesis of recommendations. “Underwater Noise Footprint of Shipping: The “Practical Guide”. AQUO Project, report D5.8 (December 2015). FP7 European project, Grant Agreement N° 314227.
- [4] DNV, «Silent Class Notation» DNV-GL, 2010
- [5] Bureau Veritas, «Underwater Radiated Noise (URN), Rule Note NR 614 DT R00 E,» Bureau Veritas, 2014.
- [6] Guidelines for Regulation on UW noise from commercial shipping, prepared by AQUO and SONIC Projects, 30 November 2015
- [7] Thomas Folegot, Mike van der Schaar, Dominique Clorennec, Pierrick Brunet, Lancelot Six, Robert Chavanne, and Michel André, Monitoring Long Term Ocean Noise in European Waters, IEEE-MTS Oceans’15 Conference, Genoa, Italy, 19-21 May 2015
- [8] M. Colin, M. Ainslie, C. de Jong, B. Binnerts, T. Beeks, M. Ostberg, I. Karasalo, T. Folegot, D. Clorennec, O. Sertlek, E. Jansen, “Definition and results of test cases for shipping sound maps”. Oceans’15 IEEE-MTS Conference, Genova, Italy, 18-21 May 2015.
- [9] Christian Audoly, Celine Rousset, Raúl Salinas, Enrico Rizzuto, Jan Hallander, Eric Baudin, Mitigation measures for controlling the ship underwater radiated noise, in the scope of AQUO Project, IEEE-MTS Oceans’15 Conference, Genoa, Italy, 19-21 May 2015
- [10] T. Gaggero, I. Karasalo, M. Östberg, T. Folegot, L. Six, M. van der Schaar, M. André, E. Rizzuto, “Validation of a simulation tool for ship traffic noise”, IEEE-MTS Oceans’15 Conference, Genoa, Italy, 19-21 May 2015
- [11] C. Audoly, C. Rousset, T. Leissing, “AQUO Project – Modelling of ships as noise sources for use in an underwater noise footprint assessment tool”, Conference Internoise, Melbourne, Australia, 16-19 November 2014
- [12] SONIC D2.2, 2015. Development of UW Noise Database, final report.