



**HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN**

**FACULTE DE SCIENCES NAUTIQUES**

***Norme de 0,1% de soufre en zone SECA  
et contrôle et conformité des navires marchands:  
vers l'instauration de standards européens?***

Louis LE MOULEC

---

## RESUME

Depuis l'introduction des deux zones SECA dénommées mer Baltique et mer du Nord le 1<sup>er</sup> janvier 2015, le taux de soufre compris dans les combustibles des navires marchands a été abaissé à 0,1% contre 1,0% auparavant. Cette nouvelle réglementation à caractère environnemental a vu l'émergence de moyens de contrôle de conformité nouveaux dans le cadre européen et aux niveaux des Etats côtiers concernés.

Ce travail se penche spécifiquement sur la réglementation en vigueur et sur l'émergence d'un système de contrôle de conformité européen. Dans cette optique, nous nous sommes appliqués à inventorier les politiques mises en place par les différents Etats côtiers concernés et les différentes initiatives européennes coordonnées par l'Agence européenne de la sécurité maritime (EMSA).

Nous avons aussi exploré les différents moyens techniques permettant d'attester d'une teneur en soufre dans un combustible ou d'une teneur en oxydes de soufre dans un panache de fumée. Ce, afin de pouvoir attester formellement de la conformité d'un navire ou non.

Finalement, nous avons tenté d'identifier la présence ou non d'une convergence européenne des pratiques de contrôle.

---

## ABSTRACT

On 1<sup>st</sup> of January 2015, two SECA zones called the *Baltic Sea* and the *North Sea* were introduced in northern Europe. According to the new regulations, the sulphur content of marine fuels to be used onboard merchant ships has been reduced to 0.1% compared with 1.0% previously. This new environmental regulation has seen the emergence of new compliance controls in Europe, either on EU level or on coastal States levels.

This thesis focuses on the regulations themselves and on the emergence of a European compliance control system. In this perspective, we inventoried the policies led by various coastal States and the different European initiatives coordinated by the European Maritime Safety Agency (EMSA).

We also explored the various technical means of attesting to a sulphur content in a fuel or a sulphur oxide content in a ship's plume. This demarch is crucial in order to formally attest to the conformity of a ship or not.

Finally, we tried to identify a convergence of control practices amongst European coastal States.

---

## TABLE DES MATIERES

<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>VI</b>
<b>TABLE DES ABREVIATIONS</b>	<b>VIII</b>
<b>I INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>II LA GESTION DU SOUFRE EN EUROPE : L'APPLICATION DE L'ANNEXE VI DU MARPOL</b>	<b>8</b>
1 <i>MARPOL Annexe VI et son application européenne</i> .....	8
1.1 Les dispositions MARPOL.....	8
1.1.1 Le défi des zones de contrôle des émissions d'oxyde de soufre (SO <sub>x</sub> ) telles que définies en Europe .....	8
1.1.2 La procédure requise par l'Annexe VI.....	12
1.2 La position communautaire: l'EMSA comme coordinateur .....	14
1.2.1 THETIS-EU .....	14
1.2.2 Les exigences européennes relatives à l'action des Etats membres .....	15
2 <i>Contrôles et dispositifs en mers du Nord et Baltique : 2015-2016</i> .....	17
2.1 La compétence des Etats membres .....	17
2.2 L'action des Etats membres: le bilan positif de 2015 .....	19
2.3 Le bilan plus complet et plus négatif de 2016 .....	23
2.4 Plans d'action et orientations: l'exemple danois.....	27
3 <i>Aperçu des régimes de sanctions en vigueur en Europe</i> .....	34
3.1 Le cadre légal du régime de sanction .....	34
3.2 En Baltique .....	36
3.3 Le cas de la Belgique .....	37
<b>III DE LA DIFFICULTE DE LA MESURE, DU CONTROLE, DE L'EVALUATION EFFICIENTS</b>	<b>40</b>
1 <i>Le contrôle de la composition chimique des carburants</i> .....	40
1.1 La procédure appliquée par le PSC .....	40
1.2 Lignes directrices pour le contrôle du taux de soufre des combustibles marins par échantillonnage .....	42
1.3 L'usage d'un analyseur portatif : le cas hollandais .....	44

---

2	<i>L'estimation : le fuel calculator</i> .....	47
3	<i>Le contrôle des gaz d'échappements</i> .....	50
3.1	La mesure des concentrations d'oxyde de soufre: le « <i>sniffing</i> ».....	50
3.2	Stations terrestres vs. contrôles aériens.....	56
3.2.1	Stations terrestres: quelles perspectives?.....	56
3.2.2	Contrôles aériens.....	60
3.2.2.1	Généralités.....	60
3.2.2.2	L'expérience belge.....	62
3.2.2.3	Les drones.....	66
4	<i>Les moyens embarqués à disposition des personnels navigants</i> .....	67
<b>IV</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>71</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>73</b>
	<b>LISTE DES ANNEXES</b>	<b>81</b>

---

## LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAU 1</b>	TAUX DE NON-CONFORMITE : FRONTIERE SECA/MANCHE/SUD DE LA MER DU NORD	26
<b>TABLEAU 2</b>	EXEMPLE D'UN SCHEMA DE CALCUL DES AMENDES POUR NON-CONFORMITE	35
<b>TABLEAU 3</b>	EXEMPLES SELECTIONNES DE REGIMES DE SANCTION EN ZONE SECA MER BALTIQUE	36

---

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1</b>	CARTE DES ZONES EUROPEENNES DITES SECA	<b>10</b>
<b>FIGURE 2</b>	LES 27 MEMBRES DU PARIS MOU	<b>11</b>
<b>FIGURE 3</b>	NOMBRE D'INSPECTIONS ENREGISTREES ET NOMBRE D'INSPECTIONS OBLIGATOIRES	<b>20</b>
<b>FIGURE 4</b>	LES CAS DE NON-CONFORMITE DU COMBUSTIBLE	<b>21</b>
<b>FIGURE 5</b>	INSPECTIONS ET NON-CONFORMITE	<b>24</b>
<b>FIGURE 6</b>	POURCENTAGE D'INSPECTIONS IMPLIQUANT DES ECHANTILLONNAGES	<b>24</b>
<b>FIGURE 7</b>	POURCENTAGE D'ECHANTILLONS NON CONFORMES	<b>25</b>
<b>FIGURE 8</b>	TAUX DE SOUFRE EN FONCTION DE LA LONGITUDE POUR LES NAVIRES PENETRANT ET QUITTANT LA ZONE SECA	<b>27</b>
<b>FIGURE 9</b>	L'ANALYSEUR PORTATIF BRUKER S1 TITAN	<b>44</b>
<b>FIGURE 10</b>	LE BRUKER S1 TITAN UTILISE PAR LE PSC HOLLANDAIS	<b>46</b>
<b>FIGURE 11</b>	ANALYSE D'ECHANTILLON A L'AIDE DU BRUKER S1 TITAN	<b>46</b>
<b>FIGURE 12</b>	ECRAN DU BRUKER S1 TITAN PRESENTANT DES RESULTATS D'ANALYSE	<b>47</b>
<b>FIGURE 13</b>	ILLUSTRATION DE LA DEMARCHE DU <i>FUEL CALCULATOR</i>	<b>48</b>
<b>FIGURE 14</b>	LE DISPOSITIF DE <i>SNIFFING</i> DEPLOYE A TERRE PAR L'UNIVERSITE TECHNOLOGIQUE DE CHALMERS LORS DE LA CAMPAGNE DE MESURE MENEES EN 2009 A HOEK VAN HOLLAND	<b>51</b>
<b>FIGURE 15</b>	SYSTEME EMBARQUE A BORD D'UN HELICOPTERE LORS DES TESTS MENES EN 2009 A HOEK VAN HOLLAND	<b>51</b>
<b>FIGURE 16</b>	SCHEMA FONCTIONNEL D'UN SNIFFER	<b>52</b>
<b>FIGURE 17</b>	LA METHODE DITE OPTIQUE ANALYSE LE SPECTRE LUMINEUX ISSU DU RAYONNEMENT SOLAIRE SUR LA SURFACE DE L'EAU	<b>55</b>
<b>FIGURE 18</b>	CARTE EUROPEENNE DES MOYENS DE SURVEILLANCE DES NAVIRES DEPLOYES EN EUROPE	<b>57</b>

---

<b>FIGURE 19</b> LE SNIFFER INSTALLE A LA FORTERESSE D'ÄLVSBORG, DANS LE CHENAL D'ENTREE DU PORT DE GÖTEBORG	<b>58</b>
<b>FIGURE 20</b> LA LIAISON DU GRAND BELT	<b>59</b>
<b>FIGURE 21</b> PLAN DE SURVOL DU STENA HOLLANDICA DURANT LA CAMPAGNE DE TEST MENEES EN SEPTEMBRE 2009 A L'ENTREE DU PORT DE ROTTERDAM	<b>61</b>
<b>FIGURE 22</b> NAVIRES INSPECTES ET CONFORMITES LORS DE LA CAMPAGNE BELGE EXPERIMENTALE DE 2016	<b>62</b>
<b>FIGURE 23</b> CAPTURE D'ECRAN D'UNE SITUATION LORS D'UN CONTROLE AERIEN	<b>63</b>
<b>FIGURE 24</b> PLAN DE VOL ET VOL REEL	<b>64</b>
<b>FIGURE 25</b> APERÇU DE LA DIRECTION DES GAZ D'ECHAPPEMENT DES NAVIRES EN TEMPS REEL	<b>65</b>

---

## TABLE DES ABREVIATIONS

<b>AIS</b>	Automatic identification system – Système d’identification automatique
<b>BDN</b>	Bunker delivery note – Note de livraison de soutes
<b>BPO</b>	Baltic Ports Organization – Organisation des ports de la Baltique
<b>CIC</b>	Concentrated Inspection Campaign – Campagne d’inspection concentrée
<b>DST</b>	Dispositif de séparation de trafic
<b>DMA</b>	Danish maritime authority – Autorité maritime danoise
<b>EASA</b>	European aviation safety agency – Agence européenne de la sécurité aérienne
<b>ECA</b>	Emission control area – Zone de contrôle des émissions
<b>ECDIS</b>	Electronic charts display and information system
<b>EMSA</b>	European maritime safety agency – Agence européenne de la sécurité maritime
<b>ESSF</b>	European sustainable shipping forum – Forum européen du shipping durable
<b>GNL</b>	Gaz naturel liquéfié
<b>HELCOM</b>	Commission de protection de l’environnement de la Baltique – Commission d’Helsinki
<b>IAPP</b>	International Air Pollution Prevention certificate – Certificat international de prévention de la pollution de l’air
<b>ISM</b>	International Safety Management – Gestion internationale de la sécurité
<b>MAIG</b>	Maritime administrations’ implementation group – Groupe de mise en œuvre des administrations maritimes
<b>MARPOL</b>	Convention internationale pour la prévention de la pollution marine
<b>MEPC</b>	Marine Environment Protection Committee – Comité de la protection du milieu marin

---

<b>MoU</b>	Memorandum of understanding – Memorandum d'accord
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxyde d'azote
<b>ODME</b>	Oil discharge and monitoring equipment – Equipement d'analyse et d'enregistrement des rejets d'hydrocarbures
<b>OMI</b>	Organisation maritime internationale
<b>PSC</b>	Port state control – Contrôle par l'Etat du port
<b>ROB</b>	Remaining on board – Restant à bord
<b>SECA</b>	Zone de contrôle des émissions d'oxydes de soufre
<b>SO<sub>x</sub></b>	Oxyde de soufre
<b>SPF</b>	Service public fédéral (Belgique)
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>ZEE</b>	Zone économique exclusive

---

## I INTRODUCTION

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015, la teneur en soufre des combustibles marins utilisés par les navires marchands dans les zones de contrôle des émissions (ECA) a été réduite à 0,1% de teneur en soufre contre 1% auparavant, en accord avec la règle 14 de l'Annexe VI de la convention MARPOL relative à la réglementation pour la prévention de la pollution de l'air par les navires marchands (OMI, 2011a). Ces zones ECA sont définies dans l'annexe VI règle 14 de la convention MARPOL et ont été baptisées zones mer Baltique, mer du Nord, et nord-américaine.

Par choix méthodologique, ce travail de recherche se penchera spécifiquement sur l'entrée en vigueur de la nouvelle norme dans les zones ECA européennes, à savoir les zones mer du Nord et mer Baltique que nous désignerons désormais comme des zones SECA, ne nous intéressant qu'à la problématique du soufre, suivant la méthodologie de l'Agence européenne de la sécurité maritime (EMSA).

La nouvelle réglementation en vigueur en zones SECA s'impose aux navires marchands de plus de 400 tonneaux de jauge brute et navigant à l'international. La norme de 0,1% de soufre concerne tous les types de combustibles présents à bord – fioul lourd, diesel marin, gasoil – quel que soit leur usage – moteur, chaudière, turbine à gaz, etc.

Nous devons souligner que la règle 4 de l'Annexe VI de la convention MARPOL encadre aussi l'usage de dispositifs dits « équivalents » permettant d'atteindre les mêmes performances que des combustibles désulfurés en termes d'émission d'oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>) dans l'atmosphère et qui peuvent faire l'objet de dérogations. Sont désignés, par exemple, les systèmes d'épuration de gaz d'échappement faisant usage de *scrubbers*. Ces dispositifs alternatifs ne seront pas traités dans le cadre de ce mémoire.

Précisons néanmoins que jusqu'au début de l'année 2017, la plupart des propriétaires de navires opérant en zones SECA nord-européennes avaient fait le choix d'exploiter leurs navires avec des combustibles désulfurés (BPO, 2016). L'Organisation des ports de la Baltique (BPO) avait dressé un inventaire pour les deux zones SECA nord-européennes en janvier 2016 (BPO, 2016). Sur 240 ferries opérant dans les deux zones SECA nord-européennes, 194 utilisaient des combustibles désulfurés à 0,1% de concentration en soufre.

---

70,8% des navires rouliers soit 104 navires avaient aussi fait ce choix ainsi que 98,9% des porte-conteneurs opérant dans la région. A l'inverse, 83 navires, tous types confondus, avaient fait le choix des *scrubbers*. A la lecture de la presse durant l'année 2017, il semble que de plus en plus de navires soient équipés de *scrubbers*. Le renchérissement du prix des hydrocarbures et la multiplication des solutions de *scrubbers* participent à cette nouvelle tendance. Dans une étude commandée en mars 2017 pour le Conseil écologique danois, Robin Meech projette une spectaculaire explosion de la demande pour les solutions de *scrubbers* pour les deux décennies à venir (Meech, 2017). Dès 2030, les *scrubbers* équiperont 50% de la flotte mondiale selon lui. Le développement du GNL (gaz naturel liquéfié) comme combustible de propulsion est une autre alternative en développement dans certaines régions du monde : en Europe du Nord notamment et à Singapour à l'heure actuelle. La difficulté à produire une étude de rentabilité pour chaque système – fioul désulphuré, méthode d'abattement, GNL – permettant de se conformer aux nouvelles réglementations pour un navire donné, fonction de son type, de son âge, de son marché, et de ses commodités entre autres, a poussé les armateurs et opérateurs à adopter une position attentiste jusqu'à récemment.

Aussi, précisons d'emblée que l'ensemble des contrôles expérimentaux que nous aborderons au cours de notre étude, par des moyens aériens notamment, ne se sont pas penchés sur le cas de ces navires équipés de *scrubbers*. Nous avons assisté à la deuxième et dernière conférence CompMon financée par l'Union Européenne (UE) qui s'est déroulée à Bruxelles le 8 décembre 2016. Nous reviendrons à plusieurs reprises sur les interventions des participants à cette conférence avec qui nous avons échangé régulièrement au cours des deux dernières années. A cette occasion, plusieurs intervenants ont souligné le défi posé par les *scrubbers* et ont affirmé que plusieurs de ces systèmes ne permettraient pas d'atteindre de manière permanente les normes fixées par la nouvelle réglementation en termes de soufre. A cette occasion, il a été affirmé par plusieurs Contrôles par l'Etat du port ou *Port state control* (PSC), tels que nous les dénommerons à présent, que les navires équipés de *scrubbers* seront désormais eux aussi survolés ou « *sniffés* » par des moyens techniques que nous exposerons au cours de ce mémoire (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2015). Il semblerait que plusieurs armateurs se soient plaints des performances de leurs *scrubbers* dont l'efficacité serait non linéaire. Au regard de ces éléments, il semblerait que l'évaluation

---

et le contrôle des scrubbers en conditions réelles et de manière permanente soit une nécessité.

Aussi, il convient ici d'expliquer pourquoi l'Annexe VI du MARPOL vient réglementer les émissions d'oxydes de soufre. Mais tout d'abord, qu'est-ce que l'oxyde de soufre ? Celui-ci est formé durant un processus de combustion lorsque le combustible marin et le soufre s'oxydent en réaction avec l'oxygène apporté pour la combustion. Cet oxyde de soufre est par la suite envoyé dans l'atmosphère via les gaz d'échappement du moteur. Une fois dans l'atmosphère, les oxydes de soufre se mêlent aux précipitations atmosphériques créant ce qui est vulgairement appelé les « pluies acides ». La Commission européenne avait identifié formellement ce risque dès 2005 (Commission of the European Communities, 2005). Aussi, pour les êtres vivants, le soufre présent dans l'air et qui est inhalé est à l'origine de troubles et de maladies respiratoires graves. Ce phénomène de pollution est de plus en plus marqué du fait de la multiplication des sources de combustion d'énergies fossiles chargées en soufre (NABU, 2017): trafic routier, trafic maritime et industrie notamment. Notons que 90% des marchandises mondiales transitent par voie maritime (International Chamber of shipping, 2017) et que, bien que présenté comme le moyen de transport le plus propre à ce jour en terme de ratio impact environnemental/tonne transportée, le shipping international est responsable d'une partie non-négligeable des émissions atmosphériques mondiales. Les combustibles marins dits « lourds », avec une concentration en soufre de l'ordre de 3,5%, sont considérés comme 1000 fois plus polluants que les carburants utilisés pour le transport routier (NABU, 2017). Et le problème notable des oxydes de soufre est que ceux-ci parcourent dans l'atmosphère de grandes distances, jusque 400 kilomètres et atteignent donc des zones à fortes densités de population.

C'est pour cela qu'une pression grandissante est exercée sur les performances environnementales de l'industrie maritime qui avait été peu pressée de se réformer jusque l'organisation de la COP 21 en 2015 à Paris. Suite à cette conférence, dont les dispositions relatives à l'industrie maritime ont été sorties de l'accord final, l'OMI (Organisation maritime internationale), à l'occasion de la soixante-dixième session de son Comité pour la protection du milieu marin (MEPC) (OMI, 2016a), a voté pour la réduction des émissions d'oxydes de soufre par le trafic maritime mondial en réduisant la concentration du soufre dans les combustibles marins de 3%, passant de 3,5% actuellement à 0,5% en 2020. Dès lors, la

---

limitation des émissions d'oxydes de soufre ne se limitera plus aux zones SECA mais à l'ensemble du trafic mondial avec deux normes en vigueur :

- 0,1% pour les zones SECA et les ports ou régions ayant fait ce choix localement
- 0,5% pour le reste du monde

L'étude, entamée en 2015, des moyens techniques de contrôle et du dispositif global déployé afin d'assurer l'application de la réglementation a donc pris une dimension nouvelle fin 2016.

Plus de deux ans après l'introduction de la nouvelle norme de 0,1% de teneur en soufre pour les combustibles des navires navigant en zone SECA, un certain nombre d'études de la qualité de l'air, de rapports de contrôle des navires navigant dans ces zones ou faisant escale dans des ports de ces zones ont été rendus publics par, entre autres, l'université technologique de Chalmers en Suède, l'Agence hydrographique fédérale d'Allemagne et l'Institut de la physique de l'environnement de Hambourg, l'EMSA, et le PSC comme nous le verrons dans le paragraphe III. Ces collectes de données relèvent de la compétence de différents acteurs institutionnels. L'étude de ces données permet de faire état de la situation.

Comme nous le verrons, l'étude de la situation en Europe fait état d'expériences aussi multiples que diverses concentrées essentiellement en Scandinavie, en Allemagne et au Bénélux. Après plusieurs années de test et d'expérimentation, la diversité des moyens de contrôle semble atteindre une certaine maturité et des solutions apparaissent plus appropriées que d'autres. Néanmoins, de nombreuses questions demeurent concernant le protocole de contrôle et son intégration au régime du PSC ou encore les législations nationales et les coopérations intra-européennes.

Étonnamment, par rapport à l'introduction de la nouvelle norme, les moyens de mesure et de contrôle sont développés *a posteriori*. L'EMSA a défini un guide pour l'inspection dès 2015 (EMSA, 2015a) à l'adresse des pays membres de l'UE en accord avec la Directive 1999/32/EC du Conseil de l'UE. Ce travail se limite à l'inspection de conformité des navires lors de leurs arrêts portuaires et n'évoque pas la possibilité de contrôles aléatoires en route, que ceux-ci soient effectués par une station terrestre ou par voie aérienne. Les informations sont compilées dans un système d'ores et déjà opérationnel, THETIS-EU, que nous étudierons au paragraphe II.1.2. Cependant, l'EMSA et l'UE financent et ont financé plusieurs

---

programmes de recherche et d'inspection, ouvrant la voie à des contrôles en dehors du seul arrêt portuaire. Aussi, l'EMSA enjoint désormais les Etats membres à coopérer et à partager leurs expériences afin de tendre vers un régime plus homogène de contrôle de conformité.

De son côté, en amont, l'OMI prévoit à la règle 10 de l'Annexe VI du MARPOL qu'un navire faisant l'objet de doutes relativement à son respect des normes en vigueur sera soumis à un contrôle durant l'arrêt portuaire ou la visite d'un terminal offshore par les inspecteurs accrédités par l'Etat concerné. Cette règle prévoit que le PSC s'applique au contrôle des émissions atmosphériques par les navires et elle souligne qu'elle ne limite pas les droits des Etats en termes de contrôles. La règle 11, dans son alinéa 1, invite les « *Etats à coopérer dans la détection des violations et la mise en place de mesures de cette Annexe (l'Annexe VI du MARPOL, ndlr), faisant usage de toutes les mesures appropriées et praticables de détection et de contrôle environnemental, des procédures adéquates pour le rapport et l'accumulation de preuves* ».

En l'absence d'une définition aboutie de ce en quoi doit consister un système de contrôle efficient des émissions d'oxydes de soufre par les navires marchands, nous pouvons tenter d'élaborer une définition.

Tout d'abord, l'établissement d'un système de contrôle repose sur une coopération et un accord des pays riverains de la zone SECA ayant pour objectif commun l'efficacité du système de contrôle sans entraver l'exercice du trafic maritime et l'attrait économique de la zone.

Aussi, un système de contrôle se doit d'assurer la stricte application de la norme en vigueur au moyen de trois représentativités:

- une représentativité géographique: le contrôle doit assurer la couverture géographique complète de la zone SECA et ne pas se limiter, par exemple, aux seuls ports, détroits ou dispositifs de séparation de trafic (DST);
- une représentativité de trafic: l'échantillon soumis au contrôle doit être représentatif de la diversité de la nature du trafic enregistré dans la zone;
- une représentativité de mesure: les concentrations mesurées – dans les échappements considérant les oxydes de soufre comme dans les carburants considérant le soufre lui même – doivent correspondre à la réalité.

---

Enfin, un système de contrôle doit être suivi d'effets. C'est-à-dire que la non-conformité doit être sanctionnée efficacement de manière raisonnable et proportionnelle à l'infraction, tout en garantissant le caractère désincitatif de la sanction. Le système de contrôle doit donc revêtir un caractère dissuasif.

Un système de contrôle tel que nous l'avons défini met immédiatement en relief les problématiques relatives à l'instauration d'un tel système. Organisation globale, coopérations interétatiques, garantie des représentativités énoncées, ou encore efficacité du système sont autant de dimensions que nous étudierons.

Ainsi, dans cette perspective, le présent mémoire de master en sciences nautiques a pour but : d'exposer la réglementation en vigueur ; d'investiguer les procédures, techniques, expériences et dispositifs mis en place dans les deux zones SECA européennes ; de développer une approche critique de ce dispositif européen de contrôle de l'application de la nouvelle norme en vigueur dans les zones SECA.

Dans un premier temps, nous approfondirons les dispositions prévues par l'annexe VI de la convention MARPOL, notamment concernant les zones de contrôle des émissions dites mer du Nord et mer Baltique. Nous analyserons la position de l'EMSA dont la démarche communautaire est de coordonner les actions étatiques tout en faisant respecter l'application stricte de la nouvelle norme en vigueur, transposée en droit européen. Enfin, nous nous pencherons sur le bilan des contrôles effectués à ce jour depuis l'introduction de la nouvelle norme le 1<sup>er</sup> janvier 2015 par les Etats membres concernés, les plans d'action en cours et les sanctions envisagées.

Dans un second temps, nous inventorierons les différentes technologies à disposition des services amenés à effectuer des contrôles à bord afin de s'assurer de la conformité des navires et des combustibles marins par rapport à la nouvelle norme prévue par l'Annexe VI du MARPOL. Nous nous interrogerons aussi sur les moyens potentiels mis à disposition des

---

navigants afin de s'assurer de leur propre conformité. Tout au long de cette seconde partie, nous nous interrogerons sur les avantages et inconvénients des différents systèmes développés – ou en développement aujourd'hui – relativement à l'efficacité du système de contrôle appelé à voir le jour en Europe.

---

## II LA GESTION DU SOUFRE EN EUROPE : L'APPLICATION DE L'ANNEXE VI DU MARPOL

La convention MARPOL et ses annexes offrent un cadre général aux Etats signataires. Nous tentons ici d'étudier la transposition européenne de l'Annexe VI du MARPOL, qu'il s'agisse de normes ou de procédures. Nous étudions aussi les problématiques qu'elle soulève tant pour le contrôle que pour le respect des normes en vigueur. Notre étude se limite aux navires marchands navigant dans les eaux des zones SECA mer du Nord et mer Baltique.

### 1 MARPOL Annexe VI et son application européenne

#### 1.1 Les dispositions MARPOL

##### 1.1.1 Le défi des zones de contrôle des émissions d'oxyde de soufre (SO<sub>x</sub>) telles que définies en Europe

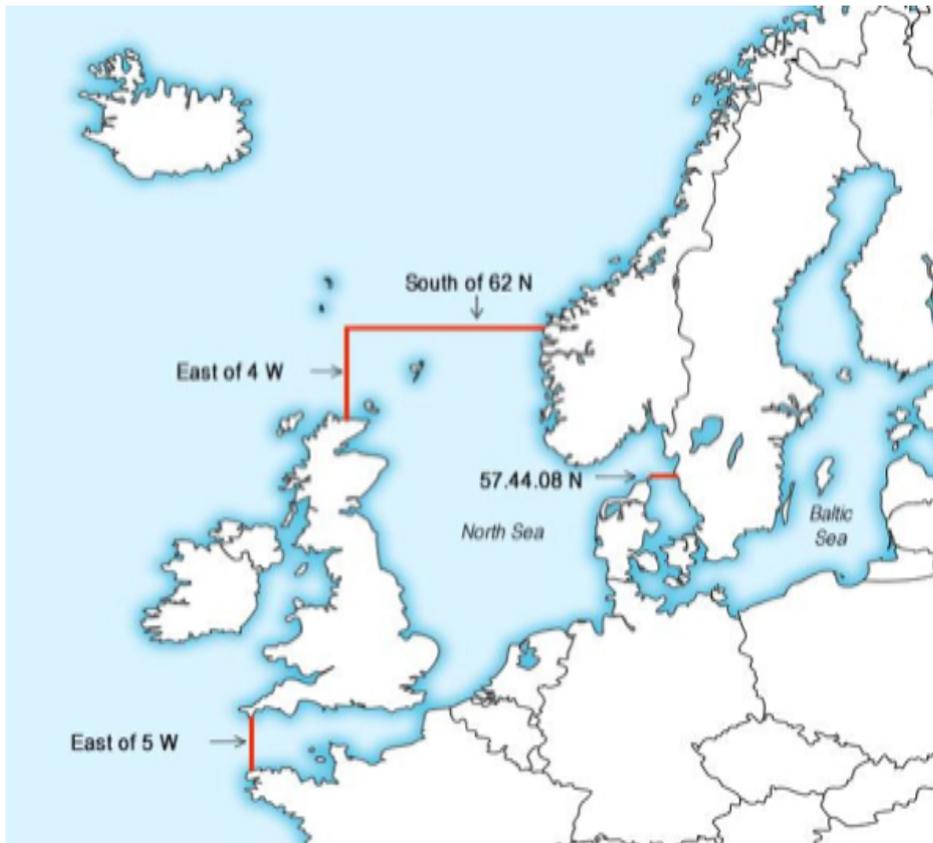
L'Annexe VI de la convention MARPOL (OMI, 2011a) définit dans sa règle 2 une zone de contrôle des émissions (ECA) comme « *une zone où l'adoption de mesures spéciales obligatoires pour les émissions des navires est requise pour éviter, réduire et contrôler la pollution de l'air par les NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ou les particules ou les trois types d'émissions, et leurs effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement* ». Concernant les émissions d'oxydes de soufre, dès lors nous parlerons de zone SECA comme expliqué en introduction, la règle 14 définit les zones concernées:

- soit la zone mer Baltique telle que définie dans la règle 1.11.2 de l'Annexe I du MARPOL qui inclus :
  - ✓ le golfe de Botnie ;
  - ✓ le golfe de Finlande ;
  - ✓ l'entrée de la mer Baltique délimitée par le parallèle 57°44'8N du Skaw situé dans le Skagerrak.
- soit la zone mer du Nord définie dans la règle 5.1.14.6 de l'Annexe V du MARPOL et délimitée par :

- 
- ✓ la mer du Nord, au Sud de 62° de latitude Nord et à l'Est de la longitude 4°W ;
  - ✓ le Skagerrak, dont la limite Sud est définie à l'Est du Skaw par la latitude 57°44.8'N ;
  - ✓ la Manche et ses approches à l'Est d'une longitude de 5°W et au Nord de la latitude 48°30'N.
- soit la zone nord-américaine définie dans l'appendice VII de l'Annexe VI du MARPOL et composée de :
    - ✓ la zone contigüe aux côtes pacifiques des Etats-Unis et du Canada ;
    - ✓ la zone contigüe aux côtes atlantiques des Etats-Unis, du Canada, et de la France (Saint-Pierre-et-Miquelon) et la zone contigüe à la côte des Etats-Unis pour la mer des Caraïbes ;
    - ✓ la zone contigüe aux îles d'Hawaiï.

Comme énoncé auparavant, nous limiterons notre étude aux zones européennes, excluant la zone nord-américaine.

Tout d'abord, il faut noter que les deux zones ECA européennes sont contigües, au niveau du Skagerrak, entre la Suède et le Danemark. De plus, les deux zones recouvrent un vaste territoire maritime partagé entre plusieurs états membres de l'UE comme le montre la Figure 1.



**Figure 1 Carte des zones européennes dites SECA**

De gauche à droite : à l'Est d'une longitude 005°00'0W ; à l'Est d'une longitude 004°00'0W ; au Sud d'une latitude de 62°00'0N ; la latitude 57°44'08N.

Source: EMSA (2015)

Pour la zone mer du Nord, il s'agit:

- du Royaume-Uni, de la France, de la Belgique, des Pays-Bas, de l'Allemagne, de la Suède, du Danemark;
- et de la Norvège qui n'est pas membre de l'UE.

Pour la zone mer Baltique, sont concernés:

- les pays riverains membres de l'UE que sont le Danemark, l'Allemagne, la Pologne, la Suède, la Finlande, la Lettonie, l'Estonie et la Lituanie;
- et enfin la Russie qui ne l'est pas.

La multiplicité des acteurs pose la question de la coopération interétatique pour l'application de la réglementation et le contrôle des émissions sur l'ensemble du territoire des deux zones SECA européennes. Cette coopération implique des pays européens dont l'action est coordonnée par l'EMSA mais aussi des pays extérieurs à l'UE que sont la Norvège et la Russie.

Néanmoins, chaque pays mène sa propre politique comme nous le verrons par la suite et aucune convergence européenne ne semble émerger à ce jour (Stippa, 2016).

Tous les pays précités sont signataires du Paris MoU (*Memorandum of understanding*) dont le but est d'harmoniser le régime du PSC (Paris MoU, 2015). Une carte des membres du Paris MoU est présentée dans la Figure 2.



**Figure 2 Les 27 membres du Paris MoU**

Source : Paris MoU (2017)

La règle 11 de l'Annexe VI invite d'ailleurs à une coopération des Etats dans la détection de violations et la mise en application des mesures prévues par ladite annexe. L'inspection par un Etat peut même être effectuée à la demande d'un Etat tiers qui aurait de sérieux doutes sur la conformité d'un navire ayant traversé ses eaux. Néanmoins, l'Annexe VI ne stipule pas de mise en application précise et les directives qui s'y rattachent n'en n'offrent, pour l'heure, pas plus.

Aussi, au regard de l'étendue de la zone maritime couverte, le défi est de taille, à moins de limiter le contrôle de conformité des navires à la côte, dans les détroits, les estuaires ou lors

---

des escales portuaires. Le défi tient donc à l'adéquation entre les zones de contrôle des émissions telles que définies dans la règle 14 de l'Annexe VI du MARPOL et la zone de contrôle effectif.

Pour illustrer ce défi, nous pourrions imaginer que des navires ne se conforment à la réglementation que lors de leur passage dans des lieux « sensibles » du point de vue du contrôle des émissions d'oxydes de soufre et qu'ils aient développé des moyens/procédures leur permettant de maquiller leurs déclarations que ce soit dans le livre de bord ou dans leurs procédures de *fuel-oil changeover*.

Nous pourrions ici mentionner une fraude récente (2015) dans le secteur automobile organisée à l'échelle mondiale par le groupe Volkswagen. Aussi, à l'image des radars fixes installés pour la conduite automobile qui ont vu l'émergence de systèmes embarqués de type « coyote » à bord des véhicules particuliers ([www.coyotesystems.be](http://www.coyotesystems.be)), le contrôle de conformité ne serait alors que limité à certains points clairement identifiés voire, à terme, cartographiés. Se pose donc la question de l'efficacité de la zone de contrôle et notamment du point de vue de sa représentativité géographique telle qu'évoquée précédemment en introduction.

### **1.1.2 La procédure requise par l'Annexe VI**

La règle 14 de l'Annexe VI du MARPOL, dans son premier alinéa, prévoit que le taux de soufre des combustibles utilisés à bord des navires de la marine marchande ne doit pas excéder 3,5% à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2012 et 0,5% à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2020 comme il en a été décidé lors de la 70<sup>e</sup> session du MEPC (OMI, 2016a). Dans les zones de contrôle des émissions, les exigences sont plus strictes: à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2015, le taux de soufre ne doit excéder les 0,1%. Dans sa règle 18, il est prévu que les Etats s'efforcent de rendre ces combustibles disponibles dans les ports et terminaux.

L'alinéa 5 prévoit que les fournisseurs de combustible documentent la teneur en soufre du combustible au moyen de la note de livraison de soutes (*Bunker delivery note*). Il renvoie à la règle 18 relative à la disponibilité du combustible et sa qualité. Il est intéressant de noter qu'une disposition a été prévue pour les navires n'ayant pu souter les combustibles réglementaires pour naviguer dans une zone SECA. Le cas échéant, ces derniers doivent fournir la preuve qu'ils ont mis en œuvre tous les moyens nécessaires afin d'y parvenir mais

---

que la disponibilité de tels combustibles était nulle. Cela illustre comment l'introduction de cette nouvelle réglementation en zones SECA est venue en amont de l'adaptation de l'offre de combustibles marins et comment il est évident qu'elle modifiera durablement ce marché des produits désulfurés.

L'alinéa 6, lui, prévoit que les navires faisant usage de différents combustibles en terme de taux de soufre – car naviguant et en zone SECA et en dehors – doivent produire une procédure écrite qui décrit le *fuel-oil changeover* et assurent qu'une période de temps suffisante a été allouée aux circuits d'alimentation en combustible afin que ces derniers soient drainés et que la propulsion et les auxiliaires fonctionnent à 100% sur un carburant réglementaire dès l'entrée dans la zone de contrôle des émissions de soufre.

Chaque navire est équipé d'un *changeover low sulfur fuel calculator* dont la fonction consiste à estimer le temps nécessaire à la procédure de *changeover* (Marine Insight, 2016). Ce calculateur nécessite :

- la concentration de soufre du fioul lourd ;
- la concentration de soufre du fioul désulfuré ;
- les capacités en combustible du système de propulsion principal : citernes de décantation, citernes de service, tuyauterie du moteur principal et tuyauterie de transfert de la citerne de service au moteur principal ;
- la capacité des équipements de transfert : pompes de transfert et séparateurs de fiouls.

La procédure de *fuel-oil changeover* doit être consignée dans le livre de bord de la passerelle mais aussi dans celui de la machine selon le règlement A.916(22) de l'OMI. Le contenu des soutes, les positions, dates et heures sont eux aussi précisés dans le *Oil record book part I* relatif aux opérations en machine selon la circulaire MEPC.Circ.736 2010/11/08. Il en va évidemment de même quand un navire quitte une zone SECA : le navire doit respecter les normes d'émission jusqu'à la frontière de la zone.

Le certificat IAPP (MEPC 132/53) (*International Air Pollution Prevention certificate*) précise, lui, la puissance des installations consommatrices de fioul, à savoir le moteur principal et les chaudières.

---

Enfin, l'alinéa 8.1 de la règle 18 prévoit qu'un échantillon scellé de chaque combustible doit être fourni, signé par le fournisseur et le commandant/l'officier de quart et conservé pour une période de 12 mois minimum, en accord avec les procédures prescrites par l'OMI (OMI, 2009).

Afin de résumer, les navires marchands navigant en zone SECA doivent donc fournir – comme auparavant – les notes de soute réglementaires qui précisent le taux de soufre des combustibles et des échantillons. En cas d'utilisation de combustibles à différents taux de soufre due à l'exploitation du navire en et hors zone SECA, des preuves écrites des procédures de *fuel-oil changeover* et les quantités de carburants doivent attester du respect de la réglementation.

## **1.2 La position communautaire: l'EMSA comme coordinateur**

### **1.2.1 THETIS-EU**

En Europe, le système THETIS a été développé par l'EMSA comme un outil à destination de l'ensemble des membres du Paris MoU afin de faciliter l'application du régime du PSC en Atlantique Nord et en Europe (EMSA, 2015b). Il est couplé au système européen SafeSeaNet relatif à l'échange d'information en temps réel sur les navires croisant dans les eaux couvertes par le Paris MoU.

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015, le module THETIS-S a été ajouté. Ce dernier répond au souci de la directive 1999/32/CE dite « soufre » (Commission européenne, 1999) amendée par la directive 2012/33/UE (Commission européenne, 2012) qui a permis au cadre législatif et réglementaire européen de s'adapter aux évolutions de l'Annexe VI de la convention MARPOL.

THETIS-S est une déclinaison de THETIS mais pour le contrôle de la stricte application de la directive « soufre ». C'est donc une base de données compilant les inspections menées et leurs résultats dans le cadre du Paris MoU. Cependant, outre les pays membres de l'UE et signataires du Mémoire, seules l'Islande et la Norvège sont associées à THETIS-S. Le Canada et la Russie notamment ne font pas encore partie du système.

Le 1<sup>er</sup> janvier 2016, THETIS-S a été intégré au module THETIS-EU qui regroupe l'ensemble des activités menées par le PSC. Pour l'heure, en dehors des initiatives étatiques individuelles, le

---

régime du PSC est le seul système opérationnel prévu par l'UE pour le contrôle des émissions d'oxydes de soufre par les navires marchands (Alda, 2016). En 2016, il a été décidé que le ciblage des navires devant être inspectés serait basé sur le risque potentiel de ces navires en lien avec les inspections précédentes sur le navire concerné ou un navire de la flotte de cette compagnie, et avec l'ISM (*International Safety Management*) de la compagnie.

Sergio Alda, chef de projet à l'EMSA, a expliqué lors de la seconde conférence CompMon qui s'est tenue à Bruxelles le 8 décembre 2016 que l'outil THETIS-EU avait été développé afin d'« identifier les navires, rapporter le résultat des inspections et le partager entre les différents PSC européens ». Fin 2016, plus de 16 000 inspections avaient été rapportées dans l'outil THETIS-EU (Alda, 2016).

### **1.2.2 Les exigences européennes relatives à l'action des Etats membres**

La position européenne en terme d'action des Etats membres reste pour l'heure peu contraignante concernant l'application de la Directive soufre qui est elle-même assez proche des directives de l'Annexe VI du MARPOL et des circulaires associées. L'EMSA a néanmoins développé et développe un certain nombre d'outils et de lignes directrices à l'adresse des PSC. Ainsi, l'EMSA fait la distinction entre deux types d'inspections à bord des navires :

- d'un côté, l'inspection du PSC qui inclut un contrôle de conformité en termes de taux de soufre dans les combustibles, appliquant ainsi l'Annexe VI du MARPOL ;
- de l'autre, l'inspection suite à une alerte d'infraction à la réglementation sur le soufre émise par THETIS-EU.

Ces deux types d'inspections aboutissent au même résultat *in fine*, à savoir un prélèvement d'échantillon.

La directive 2012/33/UE (Commission européenne, 2012) dans son article 6 encadre la procédure de prélèvement d'échantillons suivie lors du PSC. Ledit article dans son alinéa 1 évoque des « zones maritimes et (...) ports pertinents ». Se pose encore ici la question de la représentativité géographique de la zone de contrôle dès lors qu'un arbitrage est effectué en fonction de la « pertinence » assumée des lieux de contrôle. Notons que ceux-ci se résument, pour l'heure, aux ports.

---

L'alinéa 1bis, lui, énumère les trois « méthodes d'échantillonnage, d'analyse et d'inspection du combustible marin »:

- en premier lieu, l'inspection des livres de bord des navires et des notes de livraison de soute;
- ensuite, et si cela s'avère nécessaire, l'échantillonnage est envisagé:
  - soit l'échantillonnage concerne les combustibles au moment de la livraison de soutes et qui feront l'objet d'une analyse de la teneur en soufre;
  - soit il s'agit de l'échantillonnage du combustible contenu dans les citernes et dans les échantillons scellés fournis lors de la livraison de soutes qui feront, eux aussi, l'objet d'une analyse. Concernant cette option, il est bien précisé « *lorsque cela est réalisable sur les plans technique et économique* ».

L'échantillonnage lors de la livraison est une méthode de contrôle aux effets limités dans la mesure où il est peu crédible que des fournisseurs de soutes s'exposent à des poursuites alors même qu'ils opèrent et livrent du combustible sur le marché européen. Néanmoins, cela peut permettre de détecter une contamination sur la barge de soutage, phénomène fréquent comme nous l'a indiqué M. Yves Beeckman de la Commission nautique d'Anvers.

A contrario, l'échantillonnage des citernes et des échantillons scellés prend toute sa place puisqu'il permet de s'assurer de la conformité des combustibles marins utilisés et notamment ceux soutés dans d'autres régions du monde, régions non soumises aux normes de soufre de 0,1% en vigueur en zone SECA. Aussi, à compter de 2020, alors que des combustibles à 0,5% de teneur en soufre pourraient être introduits par les raffineurs sur le marché, la différence entre les deux combustibles désulfurés sera très ténue.

La mention « réalisable sur les plans technique et économique » fait référence à la lourdeur de la démarche car le prélèvement doit être effectué puis analysé en laboratoire par les autorités compétentes. Le navire aura quitté le port avant même que l'analyse des échantillons ait été entamée. Cette procédure d'échantillonnage revêt un coût certain et requiert une certaine organisation de la part des autorités. La lourdeur de cette procédure est évidente et d'ailleurs présentée dans la directive comme la dernière option à suivre.

---

## 2 Contrôles et dispositifs en mers du Nord et Baltique : 2015-2016

### 2.1 La compétence des Etats membres

Les Etats-membres de l'UE riverains de zones SECA sont tenus de faire application des directives européennes en les transposant dans leur droit national. A titre d'exemple, la France a intégré les dispositions relatives aux émissions d'oxydes par les navires marchands avec beaucoup de retard (Van Eeckhout, 2015). Cette inclusion dans la législation française a fait suite à une mise en demeure de la Commission européenne relativement à l'application de la directive européenne dite « soufre ». Le Code de l'environnement français inclut donc depuis 2015 ces nouvelles dispositions (Assemblée Nationale (France), 2015).

Aussi, dans le cadre du Paris MoU et via le PSC, les Etats s'assurent de la conformité des navires en coopération avec les autres pays signataires. Ainsi, par exemple, l'Agence des transports suédoise est en charge du contrôle de l'application de la directive « soufre » (Transport Styrelsen, 2015) dans les eaux suédoises. Elle stipule sur son site internet que les analyses sont effectuées par un laboratoire accrédité.

Les lignes directrices proposées par l'EMSA dans son guide pour l'inspection du soufre (EMSA, 2015a) reprennent mot pour mot les procédures prévues par l'Annexe VI du MARPOL énoncées plus haut dans le paragraphe II.1.1.2. Veillant à uniformiser les contrôles menés par les Etats-membres dans le but d'assurer leur bon déroulement, l'EMSA propose, en plus, une séquence divisée en trois étapes:

#### 1) Pré-embarquement

- Informations sur le navire. Elles peuvent être obtenues via THETIS-EU.
- Sélection du navire. Elle est basée sur :
  - une information communiquée par un autre Etat ou une tierce personne compétente
  - une infraction dans le passé
  - une technique d'évaluation des risques par navire développée au niveau national
  - l'opportunité d'un contrôle en amont ou durant une opération de soutage

#### 2) A bord

- Vérifications préliminaires. Celles-ci consistent en une vérification à bord des données collectées préalablement. Une attention particulière est portée aux usages

---

des combustibles à bord et à l'application de toute méthode d'abattement qu'elle soit partielle ou totale.

- Méthode basée sur le combustible. L'inspecteur est amené à contrôler l'ensemble des documents à sa disposition à savoir : les notes de livraison de soutes, le *Oil Record Book Part I*, le plan de *fuel-oil changeover*, les rapports de la machine, la route suivie et donc l'historique de l'ECDIS (*Electronic charts display and information system*). Ce contrôle s'applique sur le passif mais aussi sur la suite du voyage du navire dans la zone SECA.
- Méthode dite « d'abattement ». Comme énoncé précédemment, nous ne traitons pas ici de ces méthodes alternatives qui sont supposées à même d'atteindre les mêmes résultats en terme d'émission d'oxydes de soufre dans l'atmosphère.
- Collecte d'échantillons et analyse. Celle-ci est consécutive à des doutes émis par l'inspecteur découlant de la collecte d'informations et de ses « impressions générales ». L'échantillonnage doit : lever les doutes concernant la non-conformité; attester d'une contamination des combustibles entre eux du fait de taux de soufre différents ; ou bien répondre à un impératif de fréquence des échantillonnages décidé au niveau national.

Pour cela, l'inspecteur peut collecter un échantillon en amont du soutage, ou bien dans les lignes ou les citernes, ou encore en analysant un échantillon dit « échantillon MARPOL ». L'analyse de ce dernier est préférable, selon l'EMSA, pour des navires navigant exclusivement en zone SECA ou bien pour l'analyse de taux de soufre des carburants utilisés hors zone SECA, à 3,5% de soufre donc. Pour les navires faisant usage de deux combustibles aux taux de soufre différents, l'analyse des carburants dits « SECA » a pour but de déterminer si le carburant utilisé contient moins de 0,1% de soufre ou s'assurer qu'aucune contamination n'a eu lieu à bord. En cas de doute de contamination, l'échantillon peut être prélevé sur le circuit d'alimentation lui-même.

### 3) Suivi

- En cas de non conformité. Les capitaines de navires sont invités à fournir toutes les preuves justifiant le choix du non-respect occasionnel de la réglementation. Qu'ils s'agissent d'incidents techniques, de problèmes météorologiques ou d'incapacité à

---

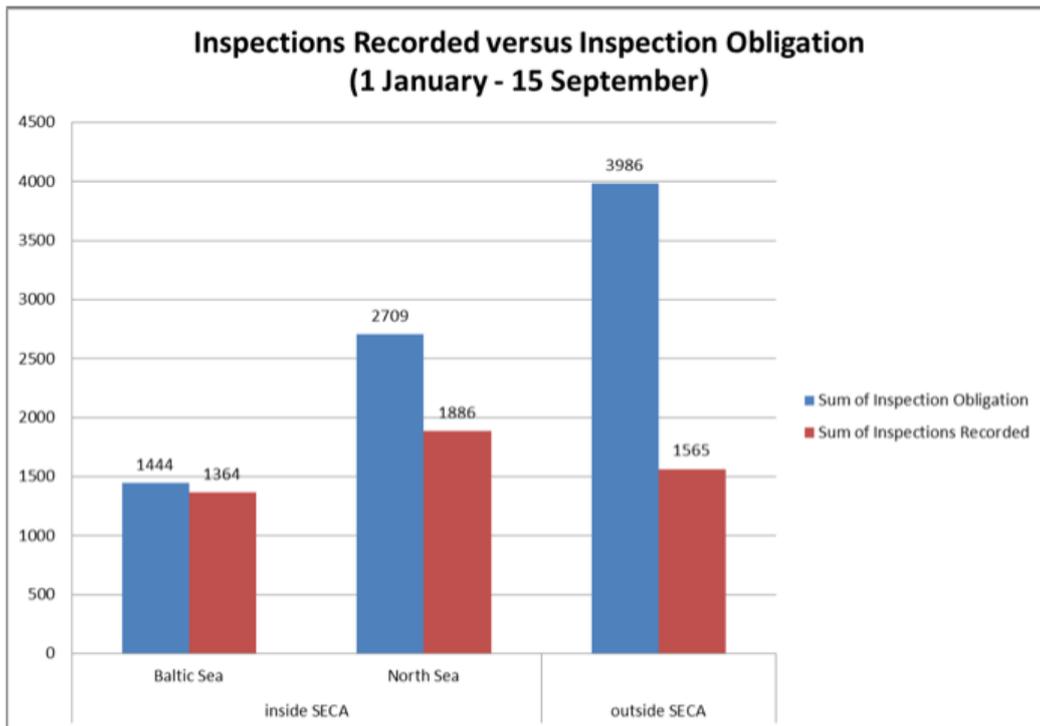
souter les combustibles requis, des preuves irréfutables doivent être mises à la disposition des inspecteurs. De plus, malgré l'incapacité à respecter les normes d'émission en vigueur, des preuves doivent être fournies afin de justifier que tous les moyens possibles ont été mis en œuvre pour limiter les émissions atmosphériques.

- Transmission des résultats de l'inspection. L'EMSA invite les Etats à partager les informations relatives aux inspections sur le portail THETIS-EU et ce, dans les plus brefs délais. Il est aussi précisé que l'attente de résultats d'analyse doit être stipulée dans le cas où le navire concerné aurait quitté le quai avant l'obtention de ceux-ci.

Enfin, le Guide pour l'inspection du soufre prévoit que les Etats produisent un rapport statistique d'inspection annuel, qui précise notamment les contrôles effectués, leur nature, leurs résultats et les sanctions prises en cas d'infraction. Plus d'un an après l'introduction de la nouvelle réglementation, ces rapports ont été remis par les Etats à l'EMSA. Nous allons donc les parcourir ici dans les grandes lignes.

## **2.2 L'action des Etats membres: le bilan positif de 2015**

L'EMSA publie en septembre 2015 un rapport d'inspections préliminaire (EMSA, 2015c). Celui-ci couvre la période allant du 1<sup>er</sup> janvier 2015, date à laquelle la nouvelle norme est entrée en vigueur en zone SECA, au 15 septembre 2015. Comme le montre la Figure 3, il est intéressant de noter qu'à cette date, les Etats riverains des zones SECA n'ont pas mené le nombre d'inspections qu'ils auraient dû.



**Figure 3** Nombre d'inspections enregistrées et nombre d'inspections obligatoires

En bleu, le nombre d'inspections obligatoires. En rouge le nombre d'inspections réalisées.

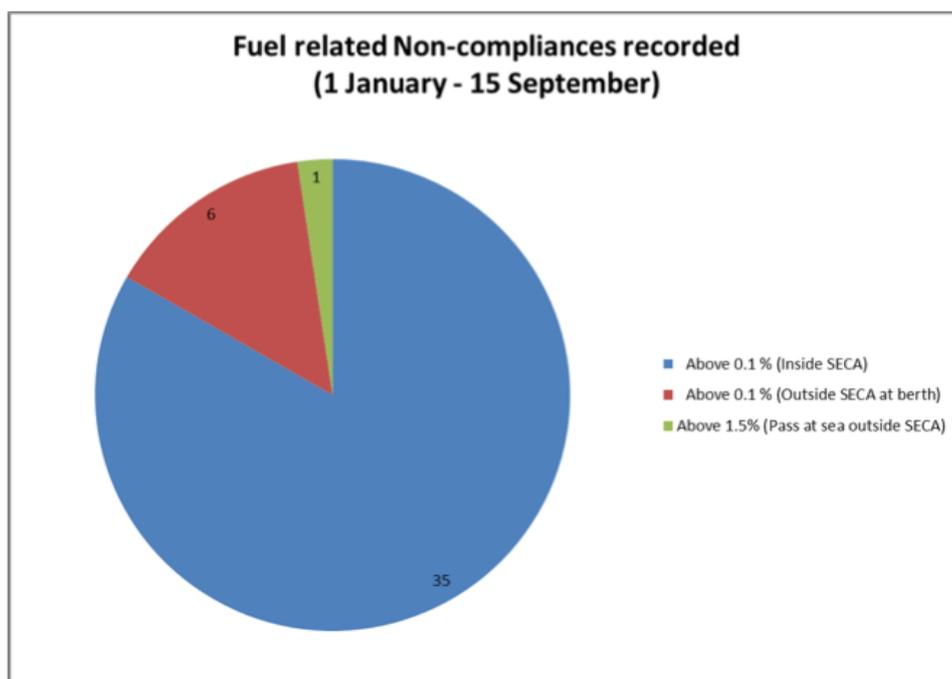
De gauche à droite, en zone SECA mer Baltique et mer du Nord et hors zone SECA.

Source : EMSA (2015)

Sur 3250 inspections menées en zone SECA, les autorités des Etats européens ont enregistré 205 infractions dont 166 en mer du Nord contre 39 en mer Baltique. Soit un taux de non conformité global de 6,3% (EMSA, 2015).

Ce même document indique que seuls 13% des inspections menées avaient eu recours à l'échantillonnage (EMSA, 2015).

Comme l'indique la Figure 4, la non-conformité des combustibles dans les eaux européennes concernait majoritairement les zones SECA, à hauteur de 83% des infractions enregistrées. Enfin, seuls 34% des cas de non-conformité ont fait l'objet de sanctions (EMSA, 2015).



**Figure 4 Les cas de non-conformité du combustible**

En bleu, au dessus de 0,1% en zone SECA. En rouge, au dessus de 0,1% hors zone SECA à quai.  
En vert, au dessus de 1,5% en mer hors zone SECA.

Source : EMSA (2015)

Dans sa lettre d'information de février 2016 (EMSA, 2016), l'EMSA rapporte que 4341 inspections relatives à l'application de la directive « soufre » ont été menées sur l'ensemble de l'année 2015 en zones SECA, soit 1782 en mer Baltique et 2559 en mer du Nord. 50 infractions ont été enregistrées en mer Baltique contre 219 en mer du Nord. Soit un taux de non conformité global de 6,2%.

Le bilan tiré par l'EMSA, un an après l'introduction de la nouvelle norme de 0,1%, est positif, les taux enregistrés de non conformité restant faibles. Michel Schilling, directeur adjoint de l'Agence danoise de protection de l'environnement, assure que la surveillance menée au Danemark montre un nombre de violations très limité (Ship & bunker, 2016).

Notons cependant que l'étude menée par l'EMSA n'a pas pris en compte le trafic maritime russe en mer Baltique. Cette information n'est pas mentionnée par l'EMSA mais est soulignée dans le rapport publié par la BPO en juin 2016 (Matczak & Rozmarynowska-Mrozek, 2016).

De son côté, l'outil THETIS-EU aurait été bien accueilli tant par l'industrie que par les Etats membres. Celui-ci sera complété par un système d'alerte automatique relié aux capteurs

---

autonomes déployés par certains Etats membres que nous étudierons dans la suite de ce mémoire.

Concernant la disponibilité des combustibles, composante essentielle du système, Eric Banel, président d'Armateurs de France, indiquait en février 2016 que les armateurs n'avaient rencontrés que quelques problèmes et pour des soutages effectués dans des zones éloignées des zones SECA (DMA, 2014).

Anna Larsson, elle, est présidente de Trident Alliance, une coalition d'armateurs et d'opérateurs qui partagent un intérêt commun pour une application stricte des régulations relative aux émissions d'oxydes de soufre (« Trident Alliance », 2016). Parmi ceux-ci comptent Stena, Wallenius Wilhelmsen Logistics, Maersk, Hapag-Lloyd, DFDS pour n'en citer que quelques-uns. Anna Larsson nous a expliqué, en 2016, dans le cadre d'un entretien téléphonique (Larsson, 2016), que l'industrie maritime fait face à deux défis :

- empêcher des formes de triche relativement aux contrôles en zone SECA;
- assurer les armateurs et opérateurs de la qualité des combustibles désulfurés.

Elle place le premier défi comme le premier à relever. Relayant la vision des compagnies membres de Trident Alliance, elle pointe les manquements du système de contrôle tel qu'instauré aujourd'hui en Europe. Anna Larsson remet en cause les chiffres publiés par l'EMSA qu'elle dit non conformes à la réalité du fait d'un biais induit par les moyens de contrôle. La critique pointe notamment la nature des contrôles : le fait qu'ils soient planifiés uniquement durant les arrêts portuaires via le PSC ou que les émissions soient mesurées par des stations – ou *sniffers* – installées dans des lieux bien identifiés rendent les contrôles peu efficaces. Une étude détaillée du système de ces *sniffers* sera menée au paragraphe III.3.2.1. Seuls des contrôles aléatoires en route assureraient l'efficacité du système mais aussi la représentativité géographique de la zone de contrôle. Autre point souligné : la moyenne des amendes ou sanctions appliquées à l'heure actuelle par les Etats côtiers, soit 6000\$ (« Trident Alliance », 2016) , ne saurait inciter les armateurs à respecter la réglementation. Nous reviendrons sur ce point au paragraphe II3.

Imaginons une situation basée sur le prix de marché des combustibles à Anvers le 10 avril 2017 (Bunker Index, 2017). Avec une tonne de diesel marin à 477,50\$ et une tonne de fioul lourd à 303,50\$ pour un navire consommant 50 tonnes de combustible en moyenne par jour,

---

le gain quotidien à exploiter le navire avec du fioul lourd est de 8700\$, soit un poste de dépense de combustible diminué de plus d'un tiers si le navire décide de ne pas respecter l'obligation de teneur réduite en soufre à 0,1%. En comparaison avec la moyenne des amendes appliquées à l'heure actuelle, soit 6000\$ nous l'avons dit, ne pas respecter la réglementation s'avère très intéressant d'un point de vue financier. A nouveau, nous en reparlerons au point II3.2.

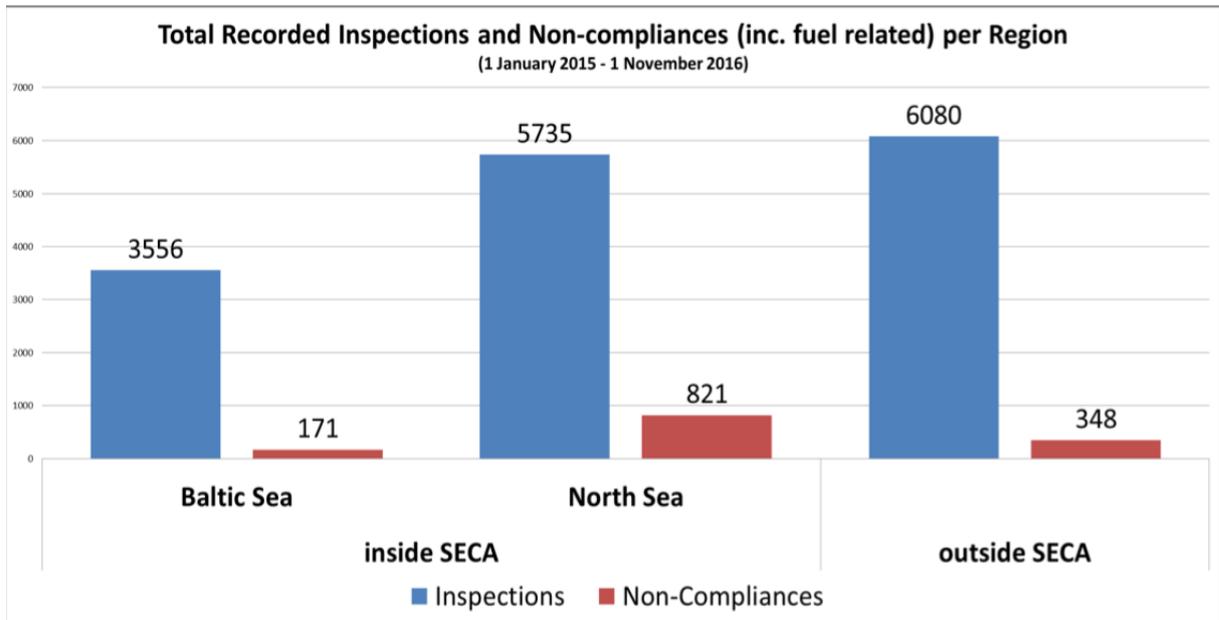
A cet égard, Anna Larsson souligne l'importance du livre de bord qui reste le document principal de conformité, et différencie les livres de bord électroniques des livres de bord écrits qui seraient plus aisément falsifiables.

De manière générale, les membres de Trident Alliance craignent une distorsion de concurrence entre des opérateurs européens n'opérant qu'en zone SECA et donc potentiellement soumis à davantage de contrôles et des navires visitant ponctuellement les zones SECA en provenance/à destination d'autres régions du monde. A titre d'exemple, un mastodonte européen tel que Maersk, qui a massivement investi dans des solutions de *scrubbers*, et qui est confronté aujourd'hui comme ses concurrents à une conjoncture économique mondiale médiocre, a intérêt à voir la législation européenne abonder en son sens et à ce que celle-ci soit strictement appliquée et sanctionnée.

Enfin, la Trident Alliance émet une préférence pour la voie empruntée par l'Autorité maritime danoise ([www.dma.dk](http://www.dma.dk)) du fait de ses ambitions et de sa compréhension des problèmes liés à l'instauration d'un système de contrôle. Nous étudierons cette voie au paragraphe II2.4.

### **2.3 Le bilan plus complet et plus négatif de 2016**

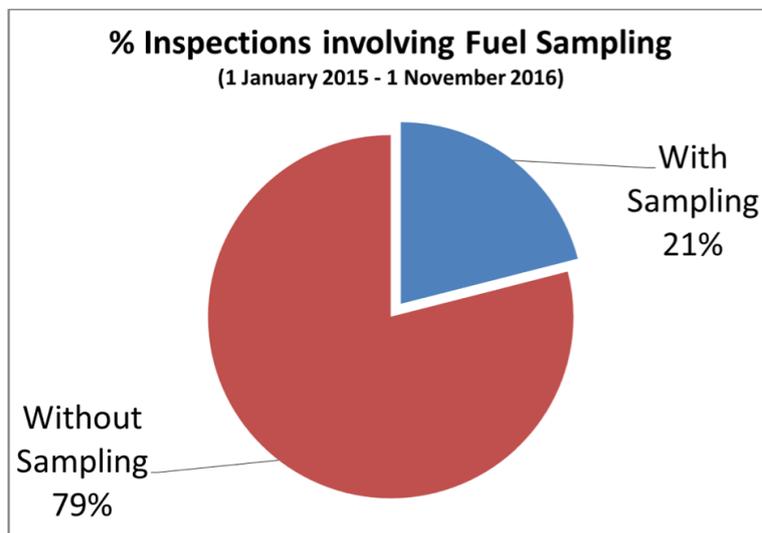
En décembre 2016, à l'occasion de la seconde conférence CompMon, Sergio Alda de l'EMSA présente de nouveaux chiffres. D'après les chiffres de la Figure 5, le taux de non-conformité global relevé lors des inspections en zone SECA s'élève à 10,7% contre 6,2% début 2016 (EMSA, 2016).



**Figure 5 Inspections et non-conformité**

En bleu, les inspections effectuées. En rouge, les non-conformités enregistrées.  
De gauche à droite, à l'intérieur des zones SECA en mer Baltique et en mer du Nord, et en dehors des zones SECA.  
Source : EMSA (2016)

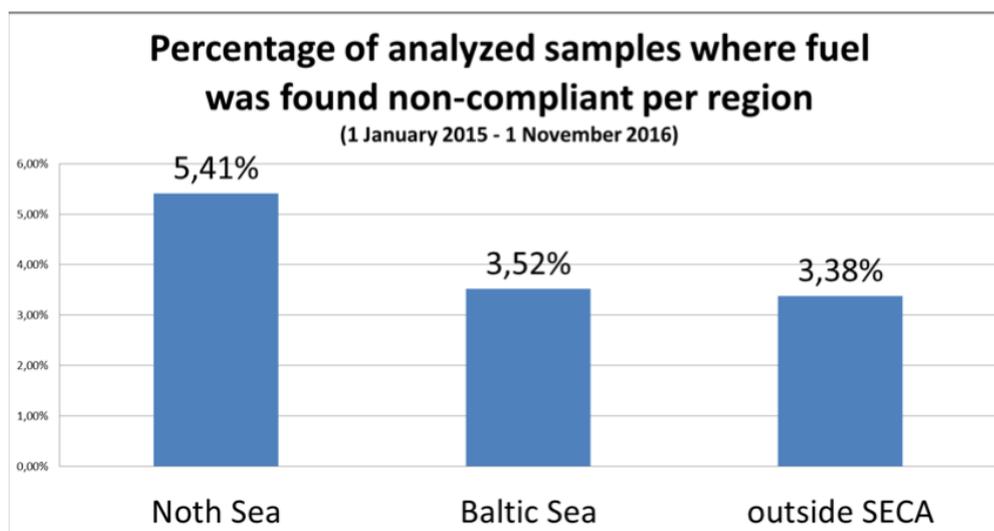
Afin de préciser le paysage du PSC dans le contrôle de conformité, l'EMSA expose les chiffres d'échantillonnage. Ainsi 21% des inspections ont eu recours à l'échantillonnage comme le montre la Figure 6 (EMSA, 2016).



**Figure 6 Pourcentage d'inspections impliquant des échantillonnages**

En bleu, avec échantillonnage. En rouge, sans échantillonnage.  
Source : EMSA (2016)

Et, le recours à l'échantillonnage montre un taux plus important de conformité en mer du Nord qu'en Baltique d'après la Figure 7, avec 5,41% de non-conformité contre 3,52% (EMSA, 2016).



**Figure 7** Pourcentage d'échantillons non conformes  
De gauche à droite, en mer du Nord, en Baltique et en dehors des zones SECA.  
Source : EMSA (2016)

De manière générale, l'EMSA doit faire face à un certain nombre de critiques de la part des armateurs et associations d'armateurs européens. Les chiffres exposés au printemps 2016 par le commissaire européen à l'Environnement, Karmenu Vella, diffèrent de ceux de l'EMSA : 5% en moyenne pour l'ensemble de la zone et 8,5% pour la mer du Nord (Stares, 2016).

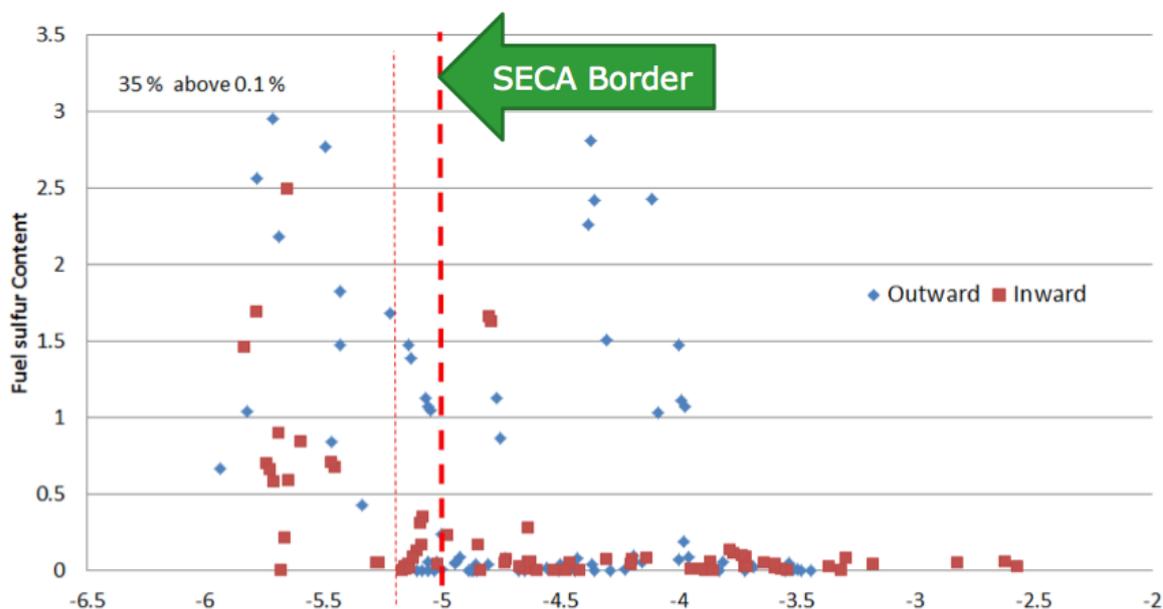
De son côté, lors de la conférence CompMon, l'inspection des transports hollandaise avance des taux de non-conformité de l'ordre de 10%. Au dessus des 6% initiaux avancés en 2015 par l'EMSA. Ces déclarations corroborent les données présentées lors de la conférence, données obtenues par voie aérienne ou par des stations fixes comme le montre le Tableau 1. Les taux de non-conformité enregistrés par les vols effectués au large de la Belgique atteignent 11%, tandis que ceux effectués au large des Pays-Bas atteignent 18%.

Tableau 1 Taux de non-conformité : frontière SECA/Manche/Sud de la mer du Nord

Source : DMA (2016)

Station/zone	Période	# des mesures (qualité ok)	Marge d'incertitude	Ratio de non-conformité
<b>Finlande Baltique Nord</b>	2016	<b>2570</b> (fixe) <b>430</b> (bateau)	0,15	<b>0,6%</b>
<b>Suède Göteborg</b>	2016	<b>3389</b> (observations) <b>483</b> (individuel)	0,15	<b>1%</b>
<b>Danemark Great Belt Bridge</b>	Juin-Nov. 2016	<b>2011</b> (observations) <b>1167</b> (individuel)	0,15	<b>4%</b>
<b>Eaux du Danemark Avion</b>	Juin 2015 – Oct. 2016	<b>1052</b> (observations) <b>480</b> (individuel)	0,20	<b>6%</b>
<b>Allemagne Port d'Hambourg (Wedel)</b>	Nov. 2014 – Nov. 2016	<b>6523</b>	0,15	<b>1,66%</b>
<b>Pays-Bas Station fixe (Rotterdam)</b>	2016	<b>1229</b>	variable	<b>7%</b>
<b>Pays-Bas Sud de la mer du Nord Hélicoptère</b>	Sept. 2016	<b>327</b>	0,13	<b>18%</b>
<b>Belgique Sud de la mer du Nord Avion</b>	2016	<b>1233</b>	0,15	<b>11%</b>
<b>CompMon Frontières de la zone SECA Avion</b>	Sept. 2016	<b>74</b>	0,20	<b>16%</b>

Aussi, une mise en perspective des mesures réalisées en Manche démontre clairement d'après la Figure 8 une procédure de *fuel-oil changeover* prématurée s'agissant des navires faisant cap sur l'Atlantique.



**Figure 8 Taux de soufre en fonction de la longitude pour les navires pénétrant et quittant la zone SECA**

Sur l'axe des abscisses, le signe négatif indique une longitude Ouest. Le pointillé rouge indique la frontière extrême occidentale de la zone SECA Manche/mer du Nord à la longitude 005°00'0 W.

Source : CompMon conference (2016)

L'EMSA se défend : les chiffres avancés par l'agence européenne ne sont que le résultat des inspections menées par le PSC, c'est-à-dire les inspections menées par les officiers nationaux à bord des navires durant les arrêts portuaires. Ces inspections ont toutes fait l'objet d'un échantillonnage. En aucun cas ceux-ci n'incluent les données collectées par les *sniffers* ou autres dispositifs de surveillance, notamment aériens tels que pratiqués en Belgique ou aux Pays-Bas à des fins expérimentales. Cette différence à la source des données statistiques obtenues vient expliquer la différence de vues entre l'EMSA et le PSC néerlandais. Ainsi, il apparaît clairement que le dispositif de contrôle en vigueur actuellement ne permet pas une stricte application et le contrôle adéquat de la réglementation. Nombre de navires non conformes ne sont pas sanctionnés car ne sont pas contrôlés en dehors des arrêts portuaires durant lesquels le PSC monte à bord. Le bilan avancé par l'EMSA en 2015 fut donc partiel et non représentatif. Celui présenté en 2016 apparaît déjà plus conforme à la réalité et donc dresse un portrait du trafic maritime moins respectueux de la réglementation en vigueur.

## 2.4 Plans d'action et orientations: l'exemple danois

Le Danemark a accouché d'une politique particulièrement volontariste à l'égard des émissions de soufre par les navires marchands. L'Autorité maritime danoise (DMA), en coopération avec l'Agence danoise de protection de l'environnement et en consultation de

---

l'Association des armateurs danois, a émis dès 2014 un plan d'action dans lequel elle annonçait son ambition pour une application efficace de la directive « soufre » (DMA, 2014): « *Le Danemark sera un précurseur en ce qui concerne l'usage et le développement de technologies nouvelles relatives à la mise en application des nouvelles réglementations environnementales.* »

La DMA souligne dès 2014 l'importance d'une coopération inter-étatique pour mener à bien l'instauration d'une zone de contrôle efficace. En coopération avec les Pays-Bas, le Danemark propose une campagne de contrôle ciblée dans le cadre du Paris MoU. Aussi, elle s'implique activement dans le cadre de ses coopérations existantes, à savoir:

- le MAIG: soit le *Maritime Administrations' Implementation Group* qui réunit l'Allemagne, le Danemark, la Norvège, la Suède, la Finlande, la Belgique, les Pays-Bas et le Royaume-Uni. Ce forum a pour objectif de développer des indicateurs communs aux différentes administrations maritimes dans le but d'améliorer leur efficacité. Le forum a inclus la volonté de mettre en place des politiques coordonnées entre les Etats participants pour l'application de la directive « soufre »;
- l'ESSF: soit le *European Sustainable Shipping Forum* dont la mission est d'assurer le dialogue coordonné entre les acteurs maritimes européens et la Commission européenne afin, qu'ensemble, ils relèvent les défis environnementaux du secteur du transport maritime européen;
- l'HELCOM: soit une initiative régionale à l'échelle baltique pour une coopération intergouvernementale pour la protection de l'environnement marin de la région Baltique. Cette organisation est aussi connue sous le nom de Commission d'Helsinki en référence à la Convention d'Helsinki (HELCOM, 2014). Elle génère notamment : des initiatives en matière de politique de l'environnement marin; elle fournit régulièrement des données chiffrées et des recommandations; elle s'assure de la mise en place et du respect des standards environnementaux sur lesquels les Etats participants se sont mis d'accord; elle offre une réponse multilatérale à de potentiels accidents maritimes.

Par rapport au développement de technologies nouvelles, la DMA porte l'accent sur l'installation de *sniffers* sur la Liaison du Grand Belt pour un projet financé à hauteur d'un

---

million de couronnes danoises (voir Figure 20). Pour un montant égal, elle mise sur le développement d'un projet de mesure des émissions des navires au moyen de drones.

Pour l'amélioration des statistiques et de la documentation, le Danemark proposait en 2014 qu'un module soit ajouté à THETIS et qu'un guide pour l'inspection du soufre soit développé au niveau européen. Comme nous l'avons vu, ces deux requêtes ont été satisfaites avec la naissance de THETIS-S, rapidement intégré à THETIS-EU, et du guide pour l'inspection du soufre de l'EMSA publié en 2015.

Enfin, la DMA annonçait vouloir creuser davantage la question des sanctions applicables aux navires en infraction tant lors du PSC que pour des navires passant – de manière inoffensive – dans les eaux sous juridiction danoise. En effet, le détroit du Skagerrak dont le Danemark est riverain est emprunté par tous les navires se rendant en mer Baltique sans pour autant faire escale au Danemark. Ainsi, le *sniffer* déployé sur la Liaison du Grand Belt inspecte des navires qui peuvent être amenés à ne jamais faire escale au Danemark. Se pose donc la question des poursuites judiciaires et de la coopération interétatique.

Début 2016, la DMA a publié un plan d'action mis à jour (DMA, 2016a) qui permet d'évaluer l'application du plan d'action de 2014. Tous les objectifs fixés en 2014 ont été atteints en 2016 à savoir:

- campagnes de sensibilisation auprès des navires dans l'ensemble des pays riverains des zones SECA (DMA, 2015) sous la forme de dépliants comprenant un résumé de la nouvelle réglementation et une *checklist* permettant d'évaluer la situation propre à chaque navire comme le montre le modèle distribué par l'Autorité maritime norvégienne (NMA, 2015) en Annexe B;
- prélèvement d'échantillons de combustibles à hauteur de 150 prélèvements annuels en 2015 et 2016;
- mise en place de THETIS-S;
- introduction d'un guide pour l'inspection du soufre développé par l'EMSA;
- installation d'un *sniffer* sur la Liaison du Grand Belt et campagne de mesure des émissions des navires par de petits avions équipés eux aussi de *sniffers*.

Consulté par email, Peter Krog-Meyer, conseiller spécial auprès de l'Autorité maritime danoise (Krog-Meyer, 2016), explique que les données recueillies par le *sniffer* installé sur la

---

Liaison du Grand Belt indiquent des taux d'infraction de 2% environ. Mais, la technologie n'étant pas encore 100% fiable, ces 2% d'infraction ne sont qu'une indication de la conformité au moment de notre échange, soit début 2016. Ces navires en infraction n'ont pas fait l'objet de poursuites judiciaires à moins d'avoir été soumis au PSC et que ce dernier ait constaté des non-conformités dans la teneur en soufre des combustibles.

Visiblement satisfait des résultats recueillis au bout de deux ans – moins de 2% d'infraction est en effet un résultat satisfaisant – le Danemark insiste sur l'importance de l'engagement des autres pays riverains afin de rendre ces efforts pérennes car seule une coopération de l'ensemble des Etats concernés assurera l'efficacité de la zone de contrôle. Et ce, tant dans la perspective du respect des normes en vigueur en zone SECA que dans l'introduction de la norme de 0,5% de soufre pour l'ensemble du trafic maritime mondial à l'horizon 2020. Dès lors, en 2016, la DMA conserve les quatre voies identifiées dès 2014, à savoir:

- coopération internationale;
- technologie nouvelle;
- statistiques et documentations améliorées;
- sanctions.

Et elle affine son plan d'action.

Pour la coopération internationale, dans le cadre de l'ESSF, le Danemark travaille à la mise en place de lignes d'actions harmonisées afin que l'application de la directive « soufre » par les pays riverains concernés soit homogénéisée: cela concerne le PSC, la certification des « dispositifs équivalents » évoqués en introduction et l'usage de méthodes de contrôles expérimentales telles que les *sniffers* ou les drones.

Dans ce second plan d'action, la DMA révèle que plusieurs pays riverains des zones SECA souhaiteraient conjointement proposer à l'OMI une procédure de contrôle standardisée pour l'évaluation des taux de soufre. Aussi, l'Agence de protection de l'environnement danoise et la DMA considèrent une coopération avec d'autres Etats membres européens et d'autres Etats volontaires siégeant à l'IMO pour le développement d'instruments permettant l'introduction d'une norme mondiale de 0,5% de soufre pour les combustibles marins à l'horizon 2020-2025. Cette mesure a été atteinte puisque, comme nous l'avons dit, l'OMI a

---

décidé lors de la soixante-dixième session du MEPC de fixer le 1<sup>er</sup> janvier 2020 comme date de réduction des taux de soufre dans les combustibles marins de 3,5% à 0,5% (OMI, 2016b).

Concernant la deuxième voie intitulée « technologies nouvelles », la DMA souhaite voir les résultats des mesures effectuées par son *sniffer* intégrées automatiquement à l'outil THETIS-EU afin de renforcer l'efficacité du PSC. On lit ici entre les lignes, que les navires en infraction dans les eaux sous juridiction danoise mais ne faisant pas escale au Danemark pourraient, à terme, faire l'objet d'une inspection du PSC dans un port étranger au Danemark sous le régime du Paris MoU : la seule détection automatique par un *sniffer* d'une infraction en termes d'émissions de soufre mènerait à une inspection du PSC et donc à des sanctions, dont la nature dépend du pays où est mené le contrôle de conformité. Dès lors que les données recueillies par les *sniffers* déployés en Europe seront fiables et intégrées à l'outil THETIS-EU ce scénario deviendra réalité.

Par rapport à l'usage de drones, la DMA mentionne la recherche menée par une société danoise dans le cadre d'un projet néerlando-danois financé par Horizon 2020 (Commission européenne, 2016). Cette entreprise a développé un système de contrôle qui serait, à terme, déployé sur une flotte de drones et d'hélicoptères. Ayant interviewé l'entrepreneur en question, M. Jon Knudsen, nous reviendrons sur l'entreprise Explicit ([www.explicit.dk](http://www.explicit.dk)) et sa technologie au paragraphe III.3.1.

Pour l'heure, la DMA dit veiller à l'introduction d'amendements législatifs tant au niveau national qu'eupéen afin de pouvoir exploiter les drones dans le cadre de la surveillance des navires marchands. Ces amendements ont notamment attiré à la légalité de l'exploitation de tels engins: cela concerne tant la légalité du vol, que l'objectif poursuivi – ici le contrôle de conformité – et que la nature du vol.

Concernant ce dernier point, Jon Knudsen (Jon Knudsen, 2016) explique que pour l'heure les drones ne sont pas autorisés à voler en dehors du contrôle visuel direct de leurs utilisateurs. Cela implique que dans le cadre de contrôles, l'autorité compétente doit attendre que les navires viennent à elle pour les contrôler à défaut de pouvoir légalement les poursuivre. Cette notion de « contrôle visuel de l'utilisateur » ou « vol à vue » se retrouve dans la législation de l'ensemble des pays européens et reste un frein à l'exploitation pleine et entière de ce vecteur de contrôle. Fin 2016, la European Aviation Safety Agency (EASA) a publié une réglementation préliminaire à l'exploitation des drones en Europe. Cette

---

réglementation qui classe les drones par niveau de risque sera soumise comme proposition au Parlement européen dans le courant de l'année 2017 afin d'élaborer une directive européenne relativement à l'exploitation des drones (EASA, 2017).

Enfin, la DMA poursuit son projet de data acquisition dans le cadre du projet européen plus global EfficienSea2 ([www.efficiensea2.org](http://www.efficiensea2.org)). L'idée est que les navires partagent leurs propres mesures de taux de soufre ou d'oxydes de soufre effectués à bord au sein d'un *cloud* sur base d'une contribution volontaire. Tous les navires sont invités à participer à ce projet européen dont l'objectif est la transparence du trafic maritime européen en vue de son efficacité tant économique qu'environnementale. Les navires participant, jouant la carte de la transparence, se verraient alors soumis à un régime spécial de PSC dit « compréhensif », soit un régime dont la fréquence des contrôles est réduite.

La troisième voie étant dédiée aux statistiques et à l'amélioration de la documentation, le Danemark travaille à l'incorporation de la Russie, du Canada et des USA à l'outil THETIS-S. Comme mentionné dans le précédent paragraphe, il souhaite y voir inclus automatiquement les données collectées par les systèmes automatiques de type *sniffer*.

Concernant les sanctions aux infractions, le Danemark souhaite que les Etats partagent au niveau européen les sanctions appliquées au cas par cas. Peter Krog-Meyer explique qu'à l'heure actuelle les PSC européens ont de nombreux canaux d'échange des informations et de partage des pratiques. L'objectif *in fine* est d'assurer une convergence des procédures d'inspection et des sanctions afin de créer un régime de contrôle et de sanction homogène au niveau européen. Peter Krog-Meyer explique que les sanctions relèvent de la compétence nationale des Etats et que le partage des informations relatives aux sanctions appliquées par chaque Etat pourrait contribuer à une convergence du régime de sanctions au sein d'une zone SECA. Il poursuit en expliquant que l'UE travaille à la convergence mais n'a pas le pouvoir d'imposer un régime de sanction homogène. Parmi les équipes de la DMA, plusieurs fonctionnaires ont entamé un travail de collecte des expériences nationales afin de permettre aux différents Etats européens concernés de comparer les régimes de sanction. Cela pourrait aussi contribuer à ce que l'UE mette un projet de régime de sanction davantage harmonisé à l'agenda politique de l'Union.

Un régime de sanction harmonisé assurerait une lisibilité et une clarté du système pour l'industrie. Cette initiative pourrait même, à plus long terme, faire l'objet d'un accord à l'OMI

---

avec l'introduction des restrictions sur les émissions d'oxydes de soufre à l'échelle globale en 2020.

Concernant les 2% d'infractions relevées par le *sniffer* de la Liaison du Grand Belt, ils n'ont pas fait l'objet de poursuites. Néanmoins, les treize infractions qui ont été constatées par échantillonnage lors du contrôle par le PSC font actuellement l'objet d'une enquête et d'une procédure judiciaire toujours en cours à ce jour au Danemark explique Peter Krog-Meyer (Krog-Meyer, 2017). Aucune sanction n'a donc encore été appliquée.

Ceci nous mène à la quatrième et dernière voie: les sanctions en elle mêmes. En 2014, celles-ci étaient traitées de manière générale dans le plan d'action danois; en 2016, cette voie se contentait de traiter les choix faits par le Danemark. Le plan d'action prévoit désormais une coopération interministérielle. Il est aussi envisagé de candidater à un financement partiel européen afin que les armateurs danois puissent équiper leurs navires d'outils de contrôle du taux de soufre de leurs combustibles et/ou d'oxydes de soufre de leurs émissions. Il est intéressant de noter ici que cette mesure rejoint le projet de data acquisition fondé sur le volontariat des navires afin de bénéficier d'un régime de PSC « allégé ».

Chose nouvelle, la DMA met l'accent sur les fournisseurs de combustibles marins à qui seront rappelés leurs obligations en terme de taux de soufre en zone SECA. De plus, l'Agence de protection de l'environnement enquêtera sur les fournisseurs danois dont les combustibles auraient fait l'objet de notes de protestation lors de contrôles à bord de navires.

Peter Krog-Meyer souligne en avril 2017 (Krog-Meyer, 2017) que l'ensemble des objectifs fixés par le plan 2016 a été atteint. Les processus ont tous été engagés. Ceux-ci oeuvrent pour davantage de convergence vers un système de contrôle et de sanction européen plus homogène.

---

### 3 Aperçu des régimes de sanctions en vigueur en Europe

#### 3.1 Le cadre légal du régime de sanction

S'agissant du cadre légal, il convient tout d'abord de préciser que l'Annexe VI du MARPOL est applicable à toutes les zones maritimes, qu'il s'agisse de la mer territoriale, de la zone économique exclusive (ZEE) ou de la haute mer.

Eu égard à un navire, sont impliqués :

- l'Etat côtier dont les eaux peuvent être traversées par le navire ;
- l'Etat pavillon du navire ;
- et l'Etat portuaire où le navire fait escale.

Le problème posé par l'Annexe VI du MARPOL réside dans le cadre prescrit par la réglementation selon Henrik Ringbom, juriste norvégien spécialisé dans le droit maritime, qui s'est exprimé lors de la conférence CompMon (Ringbom, 2016). Car aucune mesure d'application du contrôle n'est prescrit par l'Annexe VI et ce qui est prescrit par la directive MEPC.181(59) s'y rattachant reste limité.

Légalement, afin d'enregistrer l'infraction, le PSC doit être à même de prouver formellement l'existence de celle-ci. Ensuite, une cour doit déterminer si cette infraction est délibérée ou résultat d'une négligence. Elle doit aussi déterminer qui est la personne responsable : est-ce le capitaine ? la compagnie ? le propriétaire du navire ? Enfin, le montant du préjudice porté à l'environnement doit être évalué. Ayant énuméré cela, on constate aisément qu'enregistrer une infraction n'est pas chose aisée tant les arbitrages sont nombreux.

Ensuite, si l'infraction est enregistrée et précisément décrite, les Etats peuvent faire appel à quatre types de sanctions distinctes (Ringbom, 2016) :

- la sanction pénale dite « lourde »
- la sanction administrative ou peine « allégée », « aménagée »
- une sanction hybride, association de pénal et d'administratif
- une sanction de nature pratique

Enfin, comme évoqué en introduction, l'infraction doit être sanctionnée de manière raisonnable et proportionnelle mais de manière dissuasive. Le niveau de sanction doit être

défini de manière à rendre l’infraction comme la dernière option choisie par les armateurs ou opérateurs de navires. Henrik Ringbom propose, à titre indicatif, une grille de calcul des amendes applicables dans le cadre d’un régime de sanction. Cette grille est exposée dans le Tableau 2.

Tableau 2 Exemple d’un schéma de calcul des amendes pour non-conformité

Source : Henrik Ringbom (2016)

Consommation de combustible en m <sup>3</sup> /24h ou alternativement en kW		Amendes en euros (€)							
m <sup>3</sup>	kW	30000	36000	42000	48000	54000	60000	66000	72000
90 <	25001	27000	32400	37800	43200	48600	54000	59400	64800
80 - 90	20001-25000	24000	28800	33600	38400	43200	48000	52800	57600
70 - 80	17501-20000	21000	25200	29400	33600	37800	42000	46200	50400
60 - 70	15001-17500	18000	21600	25200	28800	32400	36000	39600	43200
50 - 60	12501-15000	15000	18000	21000	24000	27000	30000	33000	36000
40 - 50	100001-12500	12000	14400	16800	19200	21600	24000	26400	28800
30 - 40	7501-10000	9000	10800	12600	14400	16200	18000	19800	21600
20 - 30	5001-7500	6000	7200	8400	9600	10800	12000	13200	14400
10 - 20	2501-5000	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
< 10	< 2500	0,1%-0,5%	0,5%-1,0%	1,0%-1,5%	1,5%-2,0%	2,0%-2,5%	2,5%-3,0%	3,0%-3,5%	3,5%-
Excès constaté en termes de pourcentage de soufre (%)									

Comme son auteur l’explique (Ringbom, 2016), la grille propose un montant d’amende journalier basé sur la consommation journalière moyenne de combustible en mètres cubes – ou, à défaut, la puissance du moteur principal en kilowatts – et le pourcentage de soufre en excès constaté dans le combustible. Ainsi, un navire consommant 42 m<sup>3</sup> de combustible par jour et ayant passé 55h en zone SECA – soit trois jours – en consommant un combustible à 1,1% de soufre sera redevable de 63 000 euros. Aussi, un taux constaté de 1% de soufre en excès amènera à une amende située dans la fourchette 1,0% à 1,5%. Parallèlement, on peut imaginer qu’en cas de récidive, le montant des amendes peut : soit rester le même, soit faire l’objet d’une majoration du type 10% pour la première récidive, 20% pour la seconde, etc.

Notons qu'un tel type de régime, s'il devait être appliqué par quelque Etat côtier que ce soit, devrait être indexé sur le cours du prix des soutes afin de rendre les amendes proportionnelles aux prix de marché, désincitatives et raisonnables.

### 3.2 En Baltique

Durant l'année 2015, la BPO a recensé les infractions identifiées par les pays riverains de la zone SECA mer Baltique. 30% des infractions commises ont fait l'objet de sanctions pénales. La directive « soufre » de l'UE ne définissant pas de système de sanction universel, HELCOM a listé les régimes de sanction en vigueur dans chaque pays comme le montre le Tableau 3 (HELCOM, 2015).

**Tableau 3 Exemples sélectionnés de régimes de sanction en zone SECA mer Baltique**

Source : HELCOM (2015)

<b>PAYS</b>	<b>REGIME DE SANCTION</b>
<b>Danemark</b>	Système de droit pénal
<b>Estonie</b>	Jusque 32 000 euros
<b>Finlande</b>	Sanction pénale (amende)
<b>Allemagne</b>	En discussion
<b>Lettonie</b>	Jusque 350 - 1 400 euros
<b>Lituanie</b>	Jusque 14 500 euros
<b>Pologne</b>	Jusque 57 000 euros
<b>Suède</b>	Sanctions pénales

Ainsi, quatre pays appliquent des amendes administratives et quatre autres appliquent des sanctions pénales dont le montant des amendes est défini par une cour de justice au cas par cas. Les amendes administratives s'échelonnent de 350 à 57 000 euros.

Notons qu'aucune donnée n'est disponible concernant la Fédération de Russie. Lors de la conférence CompMon, il a d'ailleurs été évoqué le fait que la Russie, quoique partie au Paris MoU, ne contribuait pas aux efforts fournis par les Etats côtiers de la Baltique.

---

A ce jour, les amendes appliquées dans la région Baltique ont été motivées par différentes situations (BPO, 2016) :

- usage de combustible non conforme
- livraison de combustible non conforme à un navire avec note de soutage (BDN) erronée
- transmission d'informations falsifiées par un fournisseur de combustible ou d'échantillons truqués

Revenons ici brièvement sur notre calcul du prix des soutes effectué au paragraphe II.2.2. Basé sur le prix des soutes à Anvers le 10 avril 2017, avec une consommation moyenne de 50 tonnes de combustible par jour, le gain quotidien à naviguer sur fioul lourd est de 8700 dollars. Prenant en compte l'amende maximale pratiquée par la Pologne de 57000 euros au taux de conversion euro/dollar du 10 avril 2017 soit 1 euro = 1,0578 dollar, celle-ci équivaut à 60 295 dollars. Au-delà de 7 jours d'opération sous fioul lourd, il est donc plus intéressant d'un point de vue économique de ne pas respecter la réglementation. Il est évident que cela ne prend pas en compte le fait que cela impacte aussi la compagnie, sa flotte dans son intégralité, le régime de contrôle auquel elle sera soumise et notamment sa notation par le PSC, entre autres.

### **3.3 Le cas de la Belgique**

La Belgique, Etat côtier de la zone SECA mer du Nord, fait face à un trafic abondant à sa côte avec de nombreux navires marchands faisant escale à Zeebrugge, Gand et Anvers notamment, mais aussi de nombreux navires à destination du port de Rotterdam. Aussi, comme les Pays-Bas ou la France, la Belgique fait face à des taux de pollution de l'air élevés en raison du trafic routier très important qu'elle voit transiter. Dès lors, l'amélioration de la qualité de l'air fait l'objet d'un réel intérêt politique et administratif de la part des autorités fédérales.

Christophe Swolfs, conseiller auprès de la direction générale du transport maritime du Service public fédéral (SPF) de la Mobilité et Transport belge a bien voulu nous éclairer (Swolfs, 2017). Ce dernier rapporte qu'au cours de l'année 2016, 13 cas de violations avaient été rapportés au procureur général. Ces cas ont été traités dans le cadre du régime pénal alors en vigueur, régime caractérisé par sa lenteur – deux à quatre ans de procédure – pour

---

qu'aucun moyen contraignant ne soit finalement applicable à l'accusé. Pour l'heure, aucune sanction n'a été appliquée en Belgique.

A compter du 19 janvier 2017, un nouveau régime de sanction administrative entre en vigueur en Belgique. L'officier du SPF rapporte les infractions à la fois auprès de la Direction générale maritime et auprès du procureur général. Christophe Swolfs explique qu'ainsi, seuls des personnels compétents sont sollicités et une seule décision est requise. Les droits de la défense sont respectés et le passage d'un régime pénal à une sanction administrative permet une dépenalisation du droit des marins (Swolfs, 2016).

Toujours d'après Christophe Swolfs, la Justice belge n'aurait pas développé de grille comme évoqué au paragraphe II3.1. Les amendes applicables doivent couvrir a minima l'avantage économique de ne pas utiliser de combustible désulfuré. Le montant maximal de l'amende peut atteindre 6 millions d'euros. Le caractère dissuasif est ici évident.

Dans le cas où la preuve de non-conformité est établie durant l'arrêt portuaire, le navire doit souter un combustible conforme avant de quitter le quai. Le cas échéant, une poursuite judiciaire est entamée à l'encontre du propriétaire du navire et du capitaine. Lors du prochain arrêt portuaire en Belgique, le capitaine sera arrêté pour interrogatoire par la police maritime et présenté au procureur général.

S'il est établi que le navire a violé le droit belge et donc les prescriptions de l'Annexe VI, une garantie bancaire est exigée. Le navire ne peut quitter le port tant que cette garantie n'a pas été produite.

Interrogé sur les preuves légales de non-conformité, Christophe Swolfs confirme que seule l'analyse d'échantillon de combustible en laboratoire est considérée comme recevable par la justice belge à ce jour. Ceci en accord avec les prescriptions de l'Annexe VI du MARPOL et la directive « soufre » de l'UE. Tout autre preuve obtenue par *sniffer* comme nous le verrons par la suite, qu'il soit fixe ou mobile, ou par tout autre moyen de détection, n'est pas considéré comme preuve. Néanmoins, les résultats obtenus sont versés à l'enquête et sont pris en compte dans l'évaluation de l'infraction et du préjudice porté. Aussi, les résultats obtenus par reniflage ou « *sniffing* » suffisent à exiger une garantie bancaire comme explicité ci-dessus.

---

Cette première partie nous a permis d'identifier le cadre législatif et les orientations européennes relatives à l'application de l'Annexe VI de la convention MARPOL. Nous avons pu évaluer les données prélevées durant les deux premières années dans les zones SECA européennes depuis l'introduction de la nouvelle norme de 0,1% de soufre le 1<sup>er</sup> janvier 2015.

Puis, nous nous sommes intéressés au cas du Danemark dont la politique en matière de contrôle des émissions de soufre par les navires marchands fait figure d'exemple. Cela nous a permis d'entrevoir les aspects et les enjeux, les objectifs et les potentielles lignes de débat en Europe pour l'instauration d'une zone de contrôle homogène et efficiente. Il est à noter que le plan d'action danois énoncé dès 2015 a vu l'ensemble de ses objectifs nationaux entrer en vigueur au niveau européen pour l'ensemble de la zone SECA. Le Danemark a donc acquis, toutes proportions gardées, un rôle de leader en Europe en termes de contrôle des émissions de soufre par les navires marchands. C'est d'ailleurs à l'initiative du Danemark et des Pays-Bas, que le Paris MoU et le Tokyo MoU mèneront en 2018 une campagne d'inspection concentrée (CIC) sur les émissions atmosphériques des navires marchands. Cette campagne d'inspection et de sensibilisation couvrira 45 pays sur les cinq continents (DMA, 2016b).

Enfin, nous avons évoqué les problématiques liées aux régimes de sanctions en prenant les cas des pays baltiques puis, plus précisément, celui de la Belgique. De manière générale, nous pouvons affirmer que plus de deux ans après l'introduction de la nouvelle norme de 0,1% en zone SECA, des solutions nationales se mettent en place pour une application stricte de la réglementation avec un volontarisme marqué de la part du Danemark, des Pays-Bas et de la Belgique notamment.

A présent, dans une seconde partie, nous inventorierons les techniques de mesure, de contrôle et d'évaluation dont disposent autorités régulatrices et personnels navigants à l'heure actuelle.

---

### III DE LA DIFFICULTE DE LA MESURE, DU CONTROLE, DE L'EVALUATION EFFICIENTS

Contrôler les taux de soufre dans les combustibles marins et les taux d'oxyde de soufre contenus dans les émissions des navires sont deux opérations bien distinctes. Pourtant, elles ont toutes deux pour objectif de s'assurer de la conformité des combustibles utilisés par les navires marchands ou de vérifier l'efficacité des méthodes dites d'abattement. Nous tenterons dans cette partie d'inventorier les différentes méthodes utilisées à ce jour pour évaluer les taux précités et les apprécier.

#### 1 Le contrôle de la composition chimique des carburants

##### 1.1 La procédure appliquée par le PSC

Le contrôle de conformité relatif à l'application de l'Annexe VI du MARPOL est encadré par la résolution MEPC.181(59) du MEPC de l'OMI. L'officier en charge du PSC y trouve la procédure à suivre détaillée. Concernant le contrôle de conformité relatif aux taux de soufre des combustibles utilisés à bord, il est invité à consulter :

- les procédures écrites décrivant le *fuel-oil changeover* dans le cas où l'usage de différents combustibles est nécessaire pour assurer la conformité du navire qui navigue dans des zones soumises à différents taux de soufre
- la documentation relative à l'usage de « dispositifs équivalents »
- les notes de livraison de soutes et les échantillons associés ou leur enregistrement
- les ROB (*remaining on board*)
- le schéma des lignes (*piping diagram*)
- le certificat IAPP

Ensuite, l'officier du PSC doit faire usage de son professionnalisme et de sa qualité de jugement pour décider d'aller plus avant dans son enquête. Les doutes relatifs au contrôle du soufre doivent être basés sur des « motifs clairs », à savoir :

- des documents qui ne sont pas conformes voire absents

- 
- des équipements défectueux ou non conformes aux certificats
  - un caractère évident que le capitaine et l'équipage ne maîtrisent pas les procédures requises par l'Annexe VI – nous comprendrons ici le *fuel-oil changeover*
  - une preuve que la qualité des combustibles est inférieure à la qualité requise
  - ou un rapport ou une plainte informant de la non conformité du navire

Notons que le dernier point peut inclure une notification émise par un Etat pavillon tiers, ayant, par exemple, « reniflé » le navire lors de son passage dans ses eaux et faisant état d'une non-conformité en termes d'émissions d'oxydes de soufre. Rappelons ici le cas danois évoqué précédemment au paragraphe II.2.3.

De plus, la procédure d'analyse des échantillons est détaillée dans l'Appendice VI de l'Annexe VI de la convention MARPOL (OMI, 2011b). Celle-ci a pour but de s'assurer que le combustible est conforme aux limitations de soufre prévues par la règle 14 de l'Annexe VI. Elle est supervisée par l'autorité compétente, soit l'Etat pavillon, et l'échantillon est analysé par un laboratoire accrédité selon la norme ISO 17025 ou un standard équivalent (ISO, 2005).

L'échantillon, dont le scellé devra être conforme – c'est-à-dire propre, étanche et inviolé – doit faire l'objet de deux sous-échantillonnages, A et B. Si les résultats sont similaires – on parle de répétabilité – le test est considéré comme valide. Le résultat est dénommé « X ». Si ce dernier ne correspond pas aux exigences de l'Annexe VI en terme de taux de soufre, il doit être complété par deux autres sous-échantillonnages, C et D, dans un autre laboratoire accrédité. Les quatre résultats A, B, C, D sont alors comparés et s'ils s'avèrent similaires, faisant donc preuve de répétabilité, un résultat définitif dénommé « Y » fait office de résultat définitif.

En cas de non répétabilité, d'autres sous-échantillonnages doivent être prélevés de nouveau.

Enfin, il est à noter que toute observation de non-conformité est rapportée par l'officier du PSC. Dès lors, outre de potentielles sanctions, l'identité du fournisseur du combustible – en cas de distorsion entre les taux de soufre déclarés sur la note de livraison de soutes et les résultats des analyses – doit être communiquée à l'Etat pavillon responsable de l'enregistrement dudit fournisseur. L'Etat pavillon en question doit être partie de l'Annexe VI de la convention MARPOL. Au 8 mars 2016, 88 pays étaient parties à cette annexe sur 196 pays représentés à l'OMI. Ces 88 pays représentaient 96,16% du tonnage mondial (OMI,

---

2017). Dans le cas où l'Etat pavillon n'est pas partie à l'Annexe VI, le statut généralement accepté et internationalement reconnu de l'Annexe VI pousse les Etats à enquêter sur ces cas.

### **1.2 Lignes directrices pour le contrôle du taux de soufre des combustibles marins par échantillonnage**

Dans la pratique, les PSC ont rencontré des problèmes malgré les prescriptions de l'Annexe VI du MARPOL. Notamment, ces difficultés ont concerné le point de prélèvement de l'échantillon dans le circuit d'alimentation en combustible du moteur principal. Les lignes directrices MEPC.1/Circ.864 établies par le MEPC le 9 décembre 2016 sont venues clarifier ce point (OMI, 2016c). Elles sont disponibles en Annexe A.

A bord de chaque navire, l'Etat pavillon doit désigner un point de prélèvement d'échantillon de combustible dans le circuit d'alimentation du moteur principal en respectant les critères précisés dans ces lignes directrices, à savoir :

- il doit être aisément accessible et sans danger
- il doit prendre en compte les différents types de combustibles utilisés pour la combustion de la machine
- il doit être situé en aval de la citerne de service utilisée
- il doit être au plus proche de la machine, tout en ne présentant aucun danger à l'accès, et doit fournir des indications au regard du type de combustible, du débit, de la pression et de la température
- il doit être écarté et protégé de toute surface chaude ou de tout équipement électrique ; et la protection doit être à même de supporter des fuites, des éclaboussures ou des jets à une pression égale à la pression maximale des lignes (*design pressure*)

En cas d'absence de désignation d'un point par l'Etat pavillon, le choix du point de prélèvement doit aussi respecter ces critères et, en sus, doit :

- être proposé par l'officier de bord et accepté par l'inspecteur
- un drain doit être installé vers la citerne de vidange ou un autre réservoir sûr

---

La circulaire du MEPC précise que plusieurs points de prélèvement peuvent être désignés et utilisés. Et ce notamment, afin de clarifier la situation et d'attester d'une éventuelle contamination à bord entre deux combustibles de types différents.

Enfin, le prélèvement doit avoir lieu une fois que la ligne de prélèvement installée pour prélèvement ait été correctement rincée avec le combustible même. Une fois scellé, l'échantillon doit être accompagné de différentes informations : point de prélèvement, date et port de prélèvement, nom et numéro OMI du navire, numéro de scellé, noms et signatures de l'inspecteur et de l'officier de bord.

Il est évident que cette circulaire pousse les Etats pavillons à clarifier la procédure d'échantillonnage notamment pour les personnels navigants qui ne seraient pas familiarisés avec cette procédure. Elle vient également régler les conflits potentiels qui pourraient émerger entre l'inspecteur et l'officier de bord.

Evoquons ici la procédure appliquée par le PSC français. La France dispose d'un réseau de « Centres de sécurité des navires » déployés le long de son littoral. Les inspecteurs qui y sont basés interviennent sur les navires pour contrôle durant les arrêts portuaires. Nous sommes entrés en contact avec Damien Chevallier (Chevallier, 2017), adjoint au sous-directeur de la sécurité maritime française à Paris, qui explique que *« la France a contractualisé après appels d'offres, bien avant l'obligation de résultats fixée par l'actuelle directive européenne, dès 2011, avec plusieurs laboratoires qui viennent récupérer au pied du navire les échantillons de combustibles prélevés par nos inspecteurs. Les résultats sont obtenus sous un délai compatible avec les durées d'escales. En effet, afin de détenir un navire puis de transmettre un procès-verbal au procureur de la République, ces analyses doivent être effectuées rapidement. Ce fut un de nos principaux pré-requis pour la sélection des laboratoires lors de l'appel d'offres »*. Il est donc techniquement possible d'obtenir des résultats d'analyses avant le départ du navire.

Ainsi, en 2016, 7 procès-verbaux ont été transmis au procureur de la République française, eux-mêmes issus de 654 contrôles SO<sub>x</sub> dont 163 avec prise d'échantillon.

---

### 1.3 L'usage d'un analyseur portatif : le cas hollandais

Une fois prélevé, l'échantillon doit être envoyé en laboratoire pour analyse comme nous l'avons vu au paragraphe III1.1. Nous avons aussi souligné que le navire aura, dans la plupart des cas, quitté le port avant l'obtention des résultats. Une autre étape, un « *fast-check* », peut être ajoutée dans la procédure de contrôle. Cette démarche a été adoptée depuis 2015 par le PSC hollandais qui fait usage d'un analyseur portatif à rayons-X de marque Bruker (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2015). Ce contrôle rapide effectué à bord permet de savoir instantanément si l'échantillon est suspect ou non. Un échantillon suspect sera envoyé au laboratoire tandis qu'un échantillon conforme à la norme de 0,1% de soufre ne sera pas envoyé au laboratoire. Roland Vandebussche du PSC belge assure que l'usage d'un tel appareil réduit le nombre d'échantillons envoyés en laboratoire de 50% (Vandebussche, 2017). Il nous annonce que le PSC belge envisage l'usage d'un tel équipement « *dans un futur très proche* ».

Nous avons contacté la société Bruker qui nous a fait savoir qu'en février 2017 un tel appareil était vendu 17000 euros (Gubernator, 2017). Il s'agit du Bruker S1 Titan 600 présenté dans la Figure 9 qui pèse un peu moins de 15 kg (Bruker, 2017a).



Figure 9 L'analyseur portatif Bruker S1 Titan  
Source : Bruker (2014)

Le Bruker S1 Titan fonctionne sur le principe de la fluorescence des rayons-X (Bruker, 2017b). Il s'agit d'une technique non destructrice qui sert à quantifier la composition élémentaire

---

d'échantillons sélectionnés. Les rayons X primaires sont utilisés afin d'exciter les électrons présents à l'intérieur des atomes de l'échantillon. Ils sont émis par un tube à rayons-X. En retour, un faisceau de rayons-X dit secondaire est émis par les éléments chimiques qui composent l'échantillon. Ils sont recueillis par un détecteur à rayons-X. La comparaison des rayons émis en retour avec le rayon émis initialement – synonyme d'une perte d'énergie liée à la réorganisation des électrons à l'intérieur de chaque atome – permet de caractériser chacun des atomes présents dans l'échantillon. Il s'agit de la partie qualitative de l'analyse. Car chaque élément chimique émet des rayons-X avec une énergie propre. L'intensité et l'énergie des rayons émis sont mesurées par l'appareil. En utilisant une norme de référence appropriée, celles-ci permettent de quantifier précisément les éléments présents dans l'échantillon et donc la concentration d'un élément en particulier. Il s'agit de la partie quantitative de l'analyse. Celle-ci est déterminée grâce à un logiciel de calcul intégré à l'analyseur.

A ce jour, cet appareil est le seul de ce type utilisé par un PSC européen qui, pour l'heure, est néerlandais. Du point de vue des ses performances, l'appareil fournit un résultat pour l'analyse de soufre aux rayons-X en moins de deux minutes avec une précision de plus ou moins 0,02% pour des combustibles contenant entre 0% et 1% de soufre. Le résultat est affiché sur un écran digital et stocké sur une carte mémoire de type SD.

Le PSC hollandais qui fait usage de cet appareil depuis 2015 a adapté l'appareil à son usage en le montant dans une caisse mobile solide comme le montre la Figure 10.



**Figure 10 Le Bruker S1 Titan utilisé par le PSC hollandais**

Source : Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015)

Les échantillons prélevés dans des récipients transparents résistants jusqu'à des températures de 150°C (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2015) peuvent être instantanément analysés comme le montre la Figure 11.



**Figure 11 Analyse d'échantillon à l'aide du Bruker S1 Titan**

Source : Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015)

Au bout de deux minutes, le résultat d'analyse apparaît sur l'écran digital de l'analyseur comme indiqué dans la Figure 12. L'analyse de l'élément (El) soufre (S) est ici dans l'exemple de 201 ppm soit 0,0201%. Cet échantillon est ici conforme à la norme de 0,1% de soufre établie en zone SECA et vérifiée par le PSC. Dès lors, cet échantillon ne sera pas envoyé au

laboratoire et le navire ne sera pas inquiété puisque conforme à la réglementation. Si le navire a effectué un *fuel-oil changeover* à l'entrée en zone SECA, l'analyse des ROB et de la route parcourue en lien avec la consommation du navire, permettra à l'inspecteur du PSC d'évaluer grossièrement la conformité du navire en route.

Le PSC français a écarté la possibilité de faire usage d'un analyseur portatif. Damien Chevallier explique (Chevallier, 2017) : « Nous avons des discussions avec nos homologues européens. Le problème est que ces outils portatifs offrent une mesure de surface or, notre expérience prouve que l'analyse ne peut être aussi superficielle. » Ainsi, le PSC français remet en question l'échantillonnage en amont de la mesure par l'analyseur portatif et, pour cette raison, écarte donc cet outil. Pourtant, l'échantillon envoyé en laboratoire est le même. Seule la procédure d'échantillonnage doit être pertinente et clairement définie. Nous ne sommes pas convaincus par cet argument.

El	Min	PPM	Max	+/-
S	0	201	45K	28
V	0	107	400	20
Ni		3		1

Figure 12 Ecran du Bruker S1 Titan présentant des résultats d'analyse

Source : Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015)

Parallèlement, le PSC peut aussi envisager l'usage d'un *fuel calculator* comme nous allons le voir maintenant au paragraphe III2.

## 2 L'estimation : le *fuel calculator*

Une autre piste est aujourd'hui explorée par l'EMSA. Elle consiste à développer un *fuel calculator* ou calculateur de consommation de carburant. A l'heure actuelle, plusieurs états

membres font usage de ce genre d'outils dont, à nouveau, les Pays-Bas qui l'utilisent en association avec l'analyseur portatif. L'EMSA est en train de développer, en association avec les PSC européens, un outil intégré à THETIS-EU qui serait alimenté par les inventaires des soutes de carburants dressés par les officiers de bord et vérifiés par les officier du PSC. Une comparaison avec les courbes de consommation du navire ainsi que le voyage effectué serait intégrée.

Cet outil simple constitué de données agrégées permettrait d'évaluer les consommations et de vérifier la véracité de la procédure de *fuel-oil changeover* déclarée par le navire. La Figure 13 illustre la démarche de cet outil, qui compare la consommation réelle de la consommation évaluée.



Figure 13 Illustration de la démarche du *fuel calculator*

Source : EMSA (2016)

S'exprimant à l'occasion de la conférence CompMon, Jasper Van Vliet du ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement des Pays-Bas a exposé la démarche menée par les autorités. Le *fuel calculator* est d'ores et déjà utilisé aux Pays-Bas. Couplé à l'usage d'un analyseur portatif, le contrôle de conformité par le PSC devient relativement simple et économique. Le contrôle se résume à évaluer trois aspects :

- consommation raisonnable/suffisante de combustible désulfuré

- 
- pas de consommation de fioul lourd
  - quantité suffisante à bord de combustible désulfuré pour atteindre le port de destination

Le *fuel calculator* mis en place par les autorités hollandaises se base sur trois données :

- note de livraison de soutes
- livres de bord du navire : passerelle et machine
- type de machine et auxiliaires

Le ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement invoque une marge d'erreur de l'ordre des 10%. Le système est déjà opérationnel et les résultats suffisent à entamer une procédure judiciaire et donc un arrêt du navire. Le ministère de l'Infrastructure et de l'Environnement travaille actuellement à l'automatisation du système en compilant les relevés effectués à bord avec les données AIS du navire inspecté. Les Pays-Bas militent pour une adoption de ce système au niveau européen sous l'égide de l'EMSA. Ils soulignent le caractère très économique, dissuasif et simple du dispositif qui pourrait être aisément étendu à l'ensemble du trafic mondial dès 2020. Pour l'heure, les Pays-Bas restent le seul pays à faire usage d'une telle démarche qui combine l'usage d'un *fuel calculator* et d'un analyseur portatif. Roland Vandebussche du PSC belge nous a confié que la Belgique envisageait très sérieusement d'appliquer cette combinaison de moyens de contrôle (Vandebussche, 2017). Damien Chevallier du PSC français a aussi signifié l'intérêt français pour cet outil en cours de développement (Chevallier, 2017).

L'association d'un *fuel calculator* développé au niveau européen dont les données seraient agrégées dans l'outil THETIS semble une piste très raisonnable tant d'un point de vue économique qu'opérationnel. Cela permettrait de travailler à une convergence des méthodes d'inspection des différents PSC nationaux et donc à une lisibilité des contrôles subis par les personnels navigants. De plus, cette approche est une première étape estimative, de ciblage, dans la démarche de contrôle. Si une incohérence apparaît sur les consommations par rapport aux quantités de combustibles présents à bord en comparaison avec le soutage effectué et la route parcourue, l'inspecteur sera incité à procéder à un échantillonnage. C'est à ce moment qu'intervient l'analyseur portatif. Pour un coût d'accès à 17 000 euros, cet outil permet à nouveau de rendre le contrôle plus économique. En vérifiant *in situ* la qualité des combustibles, le PSC limite de 50% les analyses en laboratoires

---

comme nous l'avons d'ores et déjà signifié au paragraphe III.1.3. Suite à la présélection liée au *fuel calculator* et au ciblage en fonction du risque noté du navire, de la flotte ou de la compagnie en rapport avec l'historique des contrôles effectués par les différents PSC européens et enregistrés dans THETIS, le recours à une analyse devient moins fréquent. Une réduction des analyses est synonyme de gains en termes de ressources, tant économiques qu'humaines, qu'il s'agisse du PSC ou des personnels navigants. Déjà soumis à pléthores de contrôles, les navires dont les arrêts portuaires sont de plus en plus courts et de plus en plus intenses, requièrent des contrôles rapides et efficaces, au maximum automatisés et préparés en amont de la visite de l'inspecteur à bord. De notre point de vue, cette approche, sans pour autant écarter l'usage de moyens que nous allons maintenant exposer, est la plus raisonnable, la plus réalisable et la plus prometteuse à ce jour.

### **3 Le contrôle des gaz d'échappements**

Comme nous l'avons d'ores et déjà évoqué, le contrôle des concentrations de soufre dans les gaz d'échappements peut se faire de différentes manières: par des *sniffers* qu'ils soient posés à terre ou montés sous des avions ou des hélicoptères, par des capteurs de différents types montés sur des drones, etc. Néanmoins, la technologie de base reste la même et elle repose sur des types de détecteurs déjà anciens dont l'usage a été adapté pour des contrôles *in situ*.

#### **3.1 La mesure des concentrations d'oxyde de soufre: le « sniffing »**

Différentes méthodes existent pour évaluer les concentrations d'oxyde de soufre. En 2009-2010, une étude comparative (AA 31207) commandée par la Commission européenne a conclu que la méthode la plus fiable était la méthode dite de « sniffing » ou « reniflage » (Balzani, Alfoldy, & Lagler, 2011). Cette étude était le fruit d'une série de tests comparatifs de mesure réalisés en septembre 2009 à Hoek van Holland à l'entrée du port de Rotterdam en réponse à une demande de la Commission européenne (Balzani et al., 2011). Une partie de ce dispositif est illustré dans les Figure 14 à terre et Figure 15 à bord d'un hélicoptère de Noordzee Helikopters Vlaanderen (nhv.be).



**Figure 14** Le dispositif de *sniffing* déployé à terre par l'Université technologique de Chalmers lors de la campagne de mesure menée en 2009 à Hoek van Holland.

Sur le tripode sont placés le « nez » et un anémomètre. L'échantillon collecté est traité par les unités placées dans le véhicule

Source: Chalmers University of Technology (2010)



**Figure 15** Système embarqué à bord d'un hélicoptère lors des tests menés en 2009 à Hoek van Holland.

Trois arrivées d'air sont nécessaires: une pour l'échantillon, une pour l'étalonnage et une dernière pour le refroidissement des appareils (ici en rouge)

Source: Chalmers University of Technology (2010)

La méthode du *sniffing* consiste en une mesure simultanée des concentrations de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et donc la détermination d'un ratio SO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. Un schéma fonctionnel du sniffer est présenté dans la Figure 16.

D'un côté, l'échantillon est analysé au moyen d'un rayonnement ultraviolet afin d'en évaluer la fluorescence spectroscopique et donc la concentration de SO<sub>2</sub>. Les molécules de SO<sub>2</sub> sont excitées par le rayon ultraviolet. La fluorescence résultante est proportionnelle à la concentration de SO<sub>2</sub> présente dans l'échantillon. Il est à noter que les interférences produites par les autres présences d'éléments chimiques doivent être évaluées et déduites.

De l'autre, l'échantillon est soumis à un rayonnement infrarouge afin de déterminer la concentration en CO<sub>2</sub>. La méthode de détection infrarouge est basée sur la capacité de certains gaz à absorber des rayonnements infrarouges. Dès lors que le rayonnement infrarouge traverse un volume de gaz donné, sa longueur d'onde est modifiée. En faisant usage d'une mesure de référence grâce à un échantillon d'air dont la composition est connue, le détecteur compare cette dernière avec l'échantillon d'air prélevé et peut ainsi mesurer la concentration en CO<sub>2</sub>.

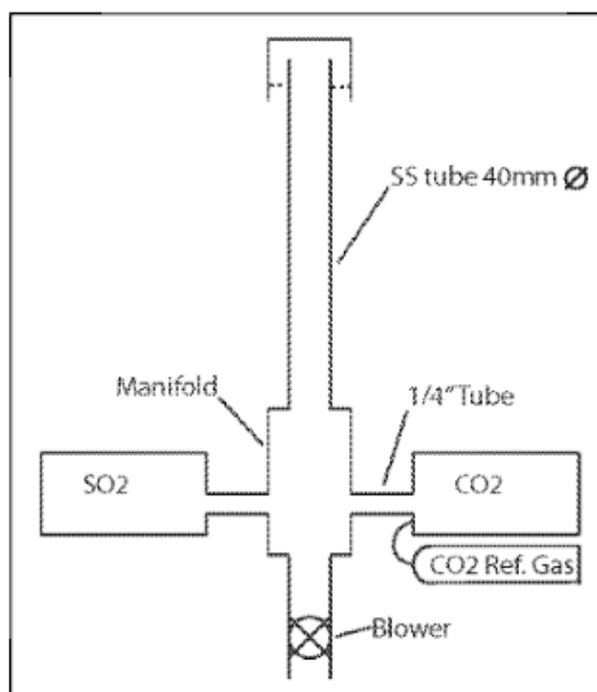


Figure 16 Schéma fonctionnel d'un sniffer

Source : Commission européenne (2011)

---

La fiabilité de la méthode du *sniffing* repose sur l'échantillonnage. En effet, plus le prélèvement a lieu près de la cheminée du navire, plus le calcul du ratio SO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> sera fiable et représentatif de la concentration effective des fumées en oxydes de soufre. Deux facteurs cruciaux interviennent dans la qualité de l'échantillon: le positionnement de la bouche de prélèvement qui doit être placée sous le vent des gaz d'échappement et le taux de dilution des gaz d'échappement dans l'atmosphère.

Le facteur d'émission (FE<sub>x</sub>) calculé par le *sniffer* est exprimé en g/kg<sub>combustible</sub> (Mellqvist, 2014). Il est déterminé par le ratio de la concentration de polluant X par rapport à la concentration de CO<sub>2</sub> capté sous le vent des fumées du navire, soit :

$$FE_x = \alpha \cdot \frac{c(X)}{c(CO_2)}$$

La concentration de polluant X concerne aussi bien le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) que d'azote (NO<sub>x</sub>) et les particules.

La détermination de la concentration de CO<sub>2</sub> permet d'évaluer la quantité de combustible brûlée dans les moteurs par unité de temps. La concentration de dioxyde de soufre calculée dans le même temps permet de déduire la teneur en soufre – avant combustion – du combustible. La teneur en soufre du combustible est alors calculée à l'aide la formule (Balzani Lööv et al., 2014):

$$Teneur\ en\ soufre\ (\%) = \frac{[SO_2] (ppm) \times 32}{[CO_2] (ppm) \times 12} \times 0,87 \times 100 = \frac{[SO_2]}{[CO_2]} \times 0,232$$

avec 32 et 12 respectivement les masses moléculaires du dioxyde de soufre et du dioxyde de carbone exprimés en g.mol<sup>-1</sup> et 0,87x100 correspondant aux 87% massiques du carbone dans le combustible.

Lors de l'analyse des différentes méthodes testées en 2009, un certain nombre de questions restaient soulevées concernant la précision des mesures effectuées par les *sniffers*. Notamment car, outre la question du bon prélèvement, pour ce qui était de la teneur en SO<sub>2</sub>, il s'est révélé que les taux estimés étaient en moyenne 20% inférieurs aux taux réels (Balzani et al., 2011). Sans être arrêtés, différents facteurs pourraient être à l'origine de cette minoration de la teneur en soufre:

- 
- une concentration de sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) dans la partie supérieure des *storage tanks* de fioul lourd;
  - dans les chambres de combustion, le soufre peut avoir tendance à se mélanger avec les gouttelettes d'eau précipitées par l'arrivée d'air plus froid: la création d'acide sulfurique dans les cylindres peut alors diminuer le taux de dioxyde de soufre contenu dans les fumées;
  - du  $SO_3$  et du  $SO_4$  peuvent aussi se former durant la combustion, à hauteur respectivement de 1% et 2% à 4%, diminuant la concentration de  $SO_2$ ;
  - des oxydes de soufre peuvent se déposer sur les parois des chaudières;
  - dans la cheminée, une partie non négligeable – de 20% à 30% du  $SO_2$  par heure - des molécules de  $SO_2$  seraient oxydées en sulfates.

De plus, les tests de 2009 avaient été menés avant l'introduction de la nouvelle norme de teneur réduite en soufre, soit pour des combustibles à 1% de teneur en soufre. Or, la déviation standard des données collectées par le sniffer, alors de 10% à 30%, était, à l'époque, estimée pouvoir tripler pour des combustibles ayant une teneur en soufre réduite à 0,1%. Depuis, ces erreurs ont été réduites notamment par l'amélioration des plans de vol et de la détermination d'une altitude de survol optimale comprise entre 65 mètres et 200 mètres (Mellqvist, 2016).

La seconde méthode d'évaluation du taux de soufre des carburants est dite optique. Celle-ci est schématisée dans la Figure 17. Elle consiste en une évaluation des propriétés de la lumière solaire passant au travers des fumées des navires après réflexion sur la surface de l'eau. Cette analyse dite spectroscopique permet d'évaluer la concentration de  $NO_2$  et de  $SO_2$  dans les fumées. La spectroscopie est la mesure de l'analyse de la radiation électromagnétique absorbée, dispersée ou émise par des atomes, molécules ou d'autres espèces chimiques. Les méthodes spectroscopiques se basent sur l'absorption ou l'émission de radiation du spectre électromagnétique par les molécules quand les électrons changent de niveaux énergétiques. L'interaction de l'énergie de la lumière avec la matière permet de déterminer les composés et leur concentration dans des mélanges de matière. Pour le prélèvement, le vol a lieu à une altitude comprise entre 200 et 400 mètres d'altitude (Mellqvist, 2016).

Les instruments de mesure de ce type se sont révélés ne pas être suffisamment homogènes durant les tests menés à Hoek van Holland en 2009 (Balzani Lööv et al., 2014) avec des taux d'erreurs alors estimés de 40% à 60%. Aussi cette méthode requiert de connaître la consommation instantanée estimée du navire au moment de l'échantillonnage, élément peu compatible avec l'idée même de contrôle (Berg, Mellqvist, Beecken, & Johansson, 2010).



**Figure 17** La méthode dite optique analyse le spectre lumineux issu du rayonnement solaire sur la surface de l'eau  
Source: Chalmers University of Technology (2010)

Par la suite, cette méthode s'est avérée concluante pour des combustibles dont la concentration en soufre est supérieure à 1% avec une fiabilité de l'ordre de 90% (Mellqvist, 2016). Elle peut donc être considérée comme une méthode première pour identifier les navires conformes ou non, à savoir des navires faisant usage d'un combustible à la concentration supérieure à 1% des navires faisant usage d'un combustible de l'ordre de 1% de concentration de soufre. En effet, si le ratio  $SO_2/NO_2$  est supérieur à un, cela signifie que le navire est non-conforme à la réglementation en vigueur en zone SECA avec une certitude de l'ordre de 90%.

A la fois, cette méthode d'évaluation trouve rapidement ses limites puisqu'à compter de 2020, le contrôle devra être à même de distinguer des navires faisant usage de combustibles avec des concentrations de soufre de 0,1% ou moins – zones SECA et autres zones d'émissions contrôlées – et 0,5% au maximum – reste du monde. Dès lors, la méthode optique ne sera pas à même de différencier des concentrations de soufre dont la différence est inférieure à 1% – entre 0,1% et 0,5% – et sera donc obsolète du fait du changement de la réglementation.

---

## 3.2 Stations terrestres vs. contrôles aériens

### 3.2.1 Stations terrestres: quelles perspectives?

Depuis le début des années 2000, plusieurs campagnes scientifiques ont été menées en Europe afin d'évaluer les méthodes de contrôle des émissions d'oxyde de soufre par les navires marchands (Kattner et al., 2015). Celles-ci ont fait usage de stations fixes, de stations embarquées à bord de navires, d'avions, d'hélicoptères ou encore de drones et ont fait appel à des technologies telles qu'expliquées précédemment au paragraphe III.3.1.

Les stations fixes ont pour avantage d'être automatisées et d'être moins onéreuse en termes d'exploitation que des stations embarquées (Balzani Lööv et al., 2014).

Cependant, la méthode du *sniffing* – contrairement à la méthode optique – implique que le « nez » du *sniffer* atteigne le panache de fumée (Berg et al., 2010). Pour des stations fixes, cela impose qu'elles soient placées sous le vent des navires en transit et que le panache de fumée « balaie » à un moment le *sniffer*. C'est pourquoi, il semble évident qu'un *sniffer* installé sur un pont peut présenter un réel intérêt d'exploitation quand, *a contrario*, l'efficacité de *sniffers* installés de part et d'autre d'un chenal peuvent sembler plus hasardeuses du fait de conditions météorologiques changeantes. L'efficacité d'un *sniffer* dépend de son emplacement relativement à des conditions météorologiques, à savoir, la direction du vent, sa vitesse et les précipitations. Damien Chevallier explique que la France a écarté cet outil de contrôle car celui-ci « *n'est pas adapté à la configuration des ports français* » (Chevallier, 2017).

Si ces stations fixes courent le risque d'être rapidement identifiées et répertoriées, poussant les navires à se mettre ponctuellement en conformité afin de ne pas subir de contrôle du PSC à la suite d'une notification d'infraction par *sniffing*, elles n'en restent pas moins des mesures désincitatives qui concourent à l'application de la réglementation. De plus, elles permettent de collecter des données sur l'impact de l'introduction de la nouvelle réglementation sur la qualité de l'air.

A notre connaissance, cinq pays riverains des deux zones SECA européennes ont déployé des *sniffers* de manière permanente comme les flèches l'indiquent sur la Figure 18 (Miljøstyrelsen, 2016) :

- les Pays-Bas aux abords du port de Rotterdam
- l'Allemagne, à Wedel, sur les rives de l'Elbe pour un programme s'étalant de 2016 à 2018
- la Suède avec un *sniffer* positionné dans le chenal d'accès au port de Göteborg
- le Danemark avec un appareil équivalent installé sur la Liaison du Grand Belt depuis 2015 et qui contrôle 4000 navires par an et un autre plus récemment (2016) installé dans l'Öresund
- et enfin la Finlande qui a déployé cinq appareils le long de son littoral

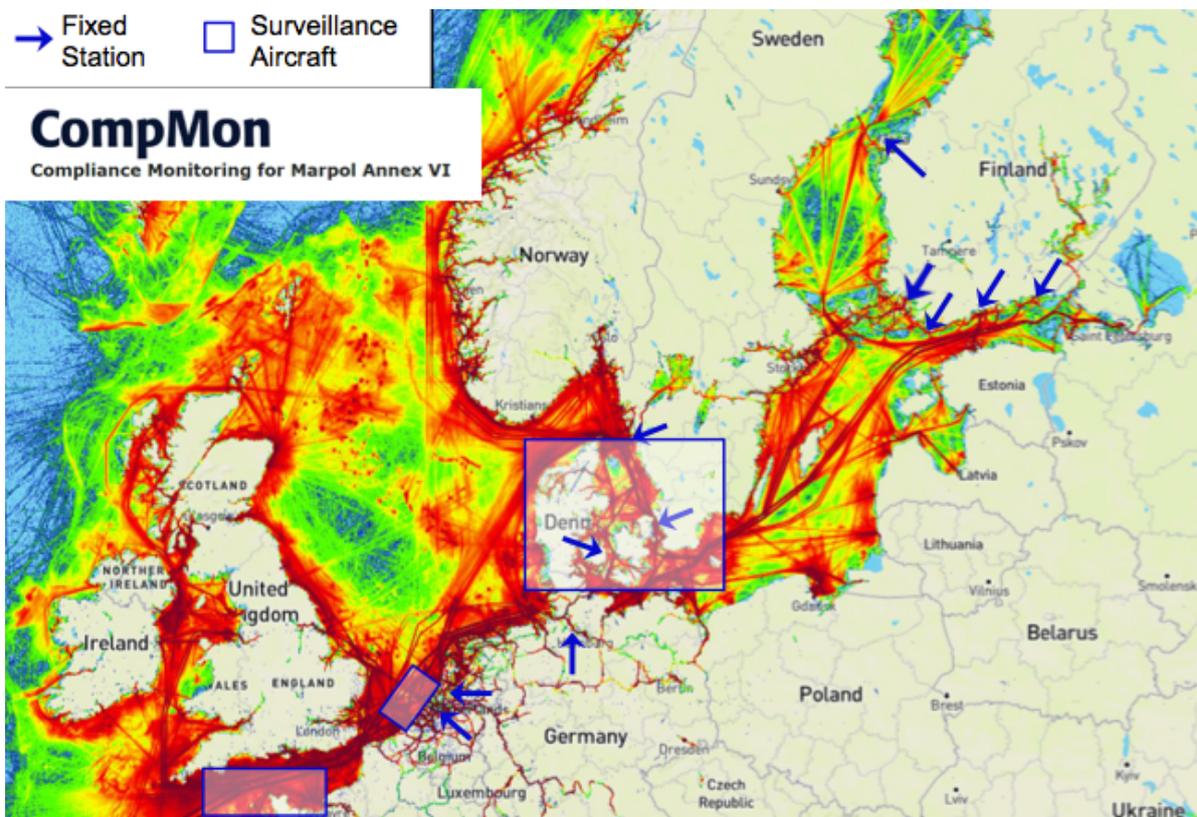


Figure 18 Carte européenne des moyens de surveillance des navires déployés en Europe

Source : Agence danoise de Protection de l'Environnement (2016)

Le *sniffer* installé à la forteresse d'Älvsborg dans le chenal menant au port de Göteborg est le résultat d'un travail de développement de dix ans expliquait en 2014 Johan Mellqvist, professeur-chercheur associé à la chaire Terre et sciences de l'espace de l'Université Technologique de Chalmers, Suède, et qui a participé dès 2009 aux tests menés à Hoek van Holland (Port of Gothenburg, 2015). Il est opérationnel depuis février 2012.

Le projet a été développé avec le soutien l'Agence suédoise de protection de l'environnement et l'Autorité portuaire de Göteborg. Mais cela reste une initiative de

l'autorité portuaire, comme nous l'explique Edvard Molitor, directeur environnement du Port de Göteborg (Molitor, 2016) : « *Le contrôle de l'application de la réglementation en vigueur dans les zones SECA relève de compétences nationales. Dans le cas de la Suède, cela relève de l'Agence des transports suédoise. Le Port de Göteborg a largement financé le sniffer installé dans le chenal comme un outil et nous (le Port de Göteborg, ndlr) encourageons les autorités à en faire usage pour évaluer la conformité des navires.* »

Les données recueillies par le *sniffer* ont été utilisées de 2012 à 2014, avant l'introduction de la nouvelle norme SECA, pour contrôler que les navires bénéficiant d'une réduction dite « environnementale » de leurs taxes portuaires en raison de leur faibles émissions de soufre (supposée, *ndlr*) émettaient bien des taux réduits d'oxyde de soufre. Edvard Molitor explique que cette campagne a pris fin avec l'introduction le 1<sup>er</sup> janvier 2015 de la norme de 0,1% de teneur en soufre (Molitor, 2016).

Le *sniffer* du port de Göteborg est une boîte carrée de 45 centimètres de côté comme le montre la Figure 19.



Figure 19 Le sniffer installé à la forteresse d'Älvsborg, dans le chenal d'entrée du port de Göteborg

Source : Port of Gothenburg (2014)

Au Danemark, en accord avec le plan d'action de 2014 (DMA, 2014), un *sniffer* a été installé sur le pont traversant le Grand Belt et faisant la liaison entre le Danemark et la Suède, dit Liaison du Grand Belt comme l'illustre la Figure 20. Comme expliqué précédemment, ce *sniffer* est opérationnel mais n'intervient pas dans la détection des infractions. Fin 2016, le

---

financement pour ce *sniffer* arrivait à son terme et les crédits européens n'avaient pas été renouvelés. Finalement, des crédits ont été débloqués et celui-ci restera opérationnel en 2017. Fin 2016, un second *sniffer*, installé sur une île faisant liaison entre deux ponts enjambant l'Øresund est venu compléter le dispositif.



**Figure 20** La Liaison du Grand Belt

Source: lemarin.fr (2015)

En avril 2016, Johan Mellqvist explique travailler sur des tests pour l'Agence de protection de l'environnement danoise et sur un certain nombre de projets européens pilotes de *sniffers* (Mellqvist, 2016). Il révèle que les données recueillies par le *sniffer* de la Liaison du Grand Belt sont utilisées par le PSC dans la détermination des navires à contrôler. Il assure que ces données seront dans les années à venir agrégées dans l'outil THETIS-EU. Néanmoins, quelques mois plus tard, Johan Mellqvist semblait moins optimiste. A l'occasion de la conférence CompMon, en décembre 2016, à l'issue de sa présentation, le scientifique n'hésite pas à souligner le manque de volonté politique à ce stade. Afin d'étayer ses propos, l'universitaire explique que les moyens technologiques ont été développés, ne reste qu'une volonté et une harmonisation des pratiques européennes qui passera nécessairement par une coopération interétatique. En ce sens, il se fait porte-parole de la DMA.

Il est peut-être intéressant de revenir ici sur des notions de base du droit européen. La hiérarchie des normes rend le droit communautaire, ou droit de l'UE, supérieur au droit des Etats membres. Néanmoins, si les Etats européens doivent adapter leurs législations aux

---

directives et grandes orientations européennes, les moyens d’y arriver relèvent du libre choix du législateur national. La convergence voulue par les pères fondateurs de l’Europe et les traités qui suivirent et notamment Rome (1957), Maastricht (1992) et Lisbonne (2007), se manifeste dans la politique de contrôle des navires marchands. En effet, si la convergence est invoquée et souhaitée par un certain nombre d’acteurs dont les PSC notamment et ici l’agence nationale danoise DMA, celle-ci ne relève que de la bonne volonté des Etats participants. Aussi, il faut souligner que les cadres législatifs et judiciaires des Etats membres de l’UE sont profondément différents, fait qui constitue un frein réel à la convergence du régime de sanction. Pour autant, si la convergence n’est pas encore une réalité, depuis deux ans que la législation est entrée en vigueur, les échanges et les consultations entre les différents PSC et Etats européens concernés se sont intensifiés. Peter Krog-Meyer de la DMA nous l’assure dans le cadre de nos échanges (Krog-Meyer, 2017). Pour améliorer ce processus de convergence, il pourrait être envisagé qu’une conférence annuelle des PSC européens soit organisée sur le thème du contrôle des émissions atmosphériques des navires marchands à laquelle seraient associée l’EMSA et la Direction générale Mobilité et Transport de la Commission européenne, à l’image de la conférence CompMon.

Notons qu’à l’heure actuelle, les milliers de données obtenus par les différents *sniffers* ont fait l’objet d’alertes mais n’ont pas été intégrés à la base de donnée THETIS-EU (Alda, 2016). Ainsi, les PSC nationaux ont pu en faire usage pour cibler des navires mais cela reste de manière officieuse.

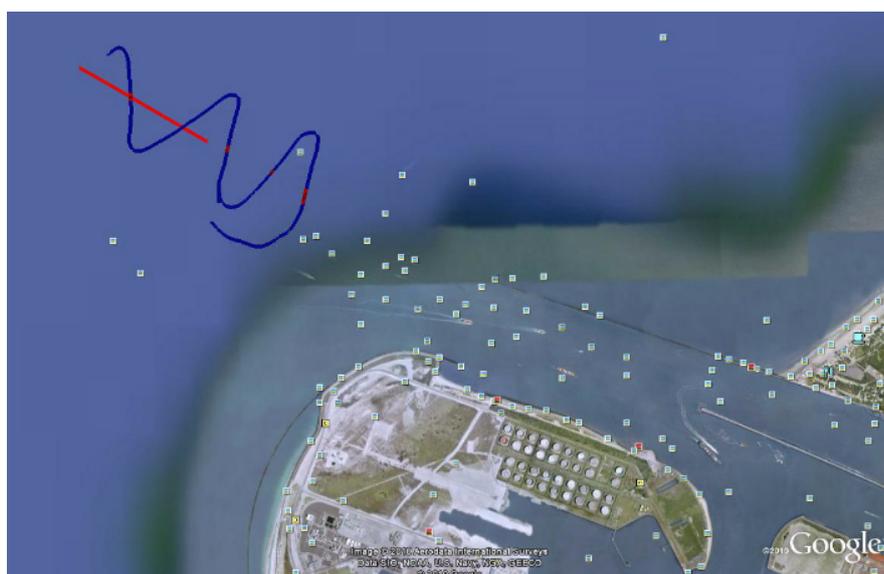
### **3.2.2 Contrôles aériens**

#### **3.2.2.1 Généralités**

Comme évoqué au point III.3.2.1, un certain nombre de campagnes impliquant avions, hélicoptères ou drones ont été menées depuis le début des années 2000. Les *sniffers* embarqués à bord de navires se sont révélés peu efficaces dans la mesure où les conditions météorologiques et notamment le vent doivent permettre aux fumées de se répandre à l’horizontale et non « en panache » pour assurer un prélèvement viable (Balzani Lööv et al., 2014). Néanmoins, la société finlandaise Kine spécialisée dans la robotique travaille sur le développement de petites unités flottantes contrôlées à distance et équipées de *sniffers* (Kine, 2017).

Sur les engins volants sont installés des *sniffers* tel que nous les avons décrits au point .3.1. Si la technologie est équivalente avec les stations terrestres, le lieu du prélèvement des fumées influe beaucoup la qualité de la mesure. Ainsi, toutes les études ont révélé que les *sniffers* embarqués affichaient de meilleurs résultats que les stations terrestres. Aussi, d'un point de vue économique, les avions se sont révélés plus rentables que les hélicoptères car ils peuvent couvrir une plus longue distance en une période de temps inférieure (Balzani Lööv et al., 2014). L'un comme l'autre ont du, durant la campagne menée en 2009 à l'entrée du port de Rotterdam, adapter leur plan de vol en fonction des conditions météorologiques, à savoir force et direction du vent (notamment le vent apparent, ndlr), ainsi qu'en fonction de l'allure du navire au près ou au portant (Berg et al., 2010). Lors des essais, les plans de vol ont notamment pris la forme de « S » avec des approches « rattrapantes ». Un compte-rendu d'un des survols est présenté en Figure 21.

La question d'un vol stationnaire de l'hélicoptère relativement à la cheminée d'un navire pour s'assurer du prélèvement d'un bon échantillonnage n'a pas été évoquée dans les différentes études consultées. Nous avons interrogé Johan Mellqvist (Mellqvist, 2016) : « *Le vol stationnaire d'hélicoptère au dessus de la cheminée d'un navire est techniquement possible mais il n'est pas très « populaire » (comprendre en terme de prises de risques, ndlr). De plus, le signal reçu serait alors trop fort pour les capteurs que nous utilisons. »*



**Figure 21** Plan de survol du Stena Hollandica durant la campagne de test menée en septembre 2009 à l'entrée du port de Rotterdam entre 14h51 et 14h55 ; la ligne rouge indique le trajet du navire, la ligne bleue le trajet de l'hélicoptère et les points rouges des détections de hautes concentrations de CO<sub>2</sub>

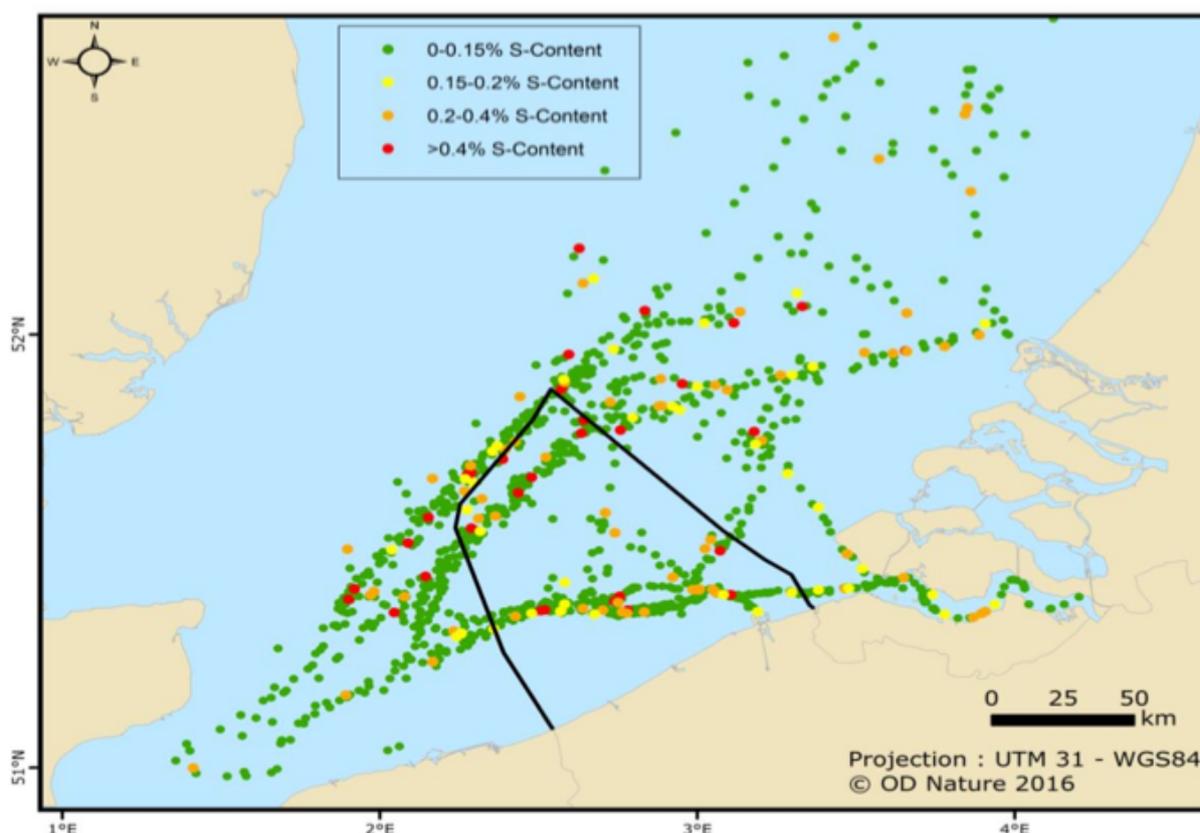
Source: Chalmers University of Technology (2010)

Du point de vue de la qualité de l'échantillonnage, les conditions météorologiques en temps réels et les données dynamiques du navire jouent un rôle essentiel pour assurer le survol du navire dans son panache de fumée par l'engin volant quel qu'il soit. Les données du navire sont obtenues par la technologie AIS (*Automatic identification system*).

### 3.2.2.2 L'expérience belge

La Belgique a mené un certain nombre de contrôles aériens en 2016 à des fins expérimentales. Ce projet a associé la Direction opérationnelle Milieux naturels (DO Nature), la *Management Unit of the North Sea Mathematical Models* (UGMM), et le SPF Mobilité et Transport belge. Le projet était co-financé par l'UE.

Au total, 135 heures de vol ont eu lieu pour un total de 1400 navires inspectés soit une moyenne de plus ou moins dix navires par heure. Effectués aux larges de la côte belge, comme l'indique la Figure 22, ces vols ont constaté un taux d'infraction de l'ordre de 0,2%.



**Figure 22 Navires inspectés et conformité lors de la campagne belge expérimentale de 2016**

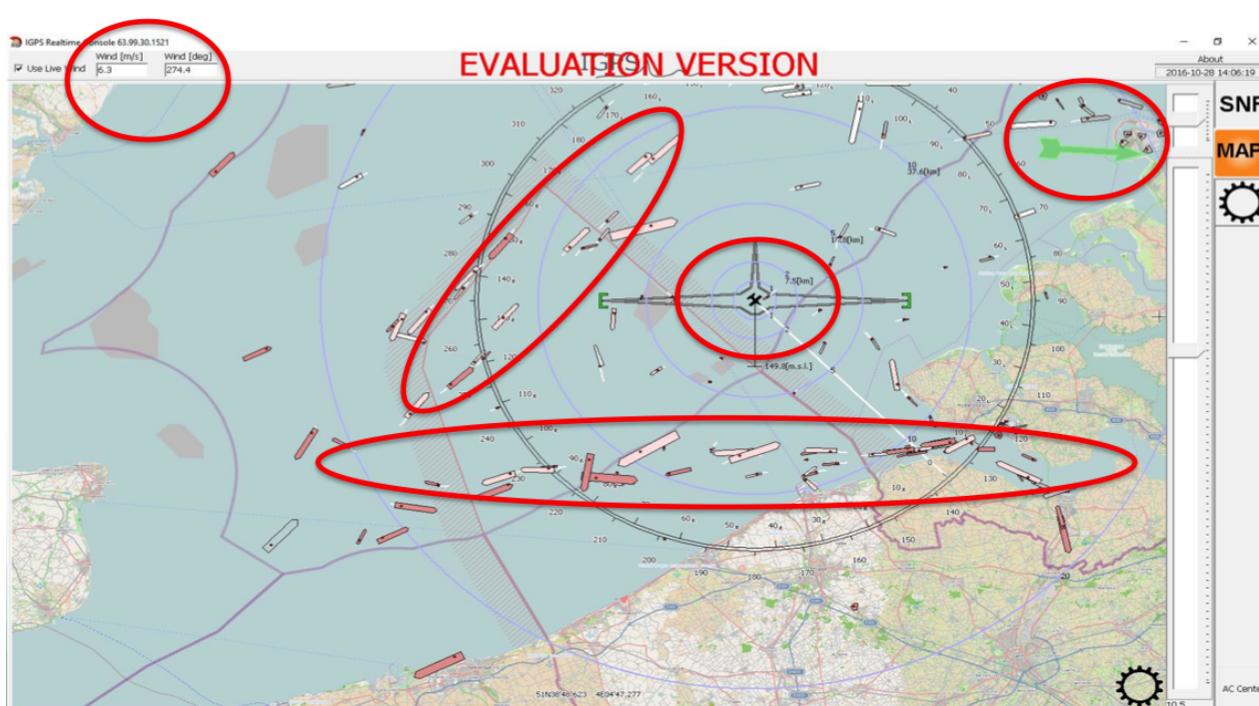
Les points verts correspondent aux navires survolés ayant révélé un taux de soufre dans leurs combustibles de l'ordre de 0,00% à 0,15% et donc considérés comme conformes. Les points jaunes, oranges et rouges correspondent aux navires survolés estimés non-conformes pour des concentrations de soufre de respectivement 0,15% à 0,20%, 0,20% à 0,40% et supérieures à 0,40%.

Source : Ward van Roy (2016)

Le pilote de l'avion, Ward Van Roy, expose sa démarche (van Roy, 2016). Un vol consiste en cinq étapes :

- planning et préparations en amont du vol
- décollage et recherche des navires
- approche
- mesure
- compte-rendu

Une sorte de *voyage planning* est établi au préalable, ponctué de *way-points* clairement identifiés. Ce trajet suit plus ou moins les DST. Le *sniffer* dont le fonctionnement a été expliqué au paragraphe III.3.1 est monté sur le « ventre » de l'appareil et est calibré. Ensuite commence le vol. L'inspecteur dispose alors des données AIS et GPS ainsi que du vent en temps réel obtenu via le système « avionics » de l'avion. Ces données sont agrégées dans un logiciel qui matérialise la situation sur une carte dynamique comme indiqué dans la Figure 23.

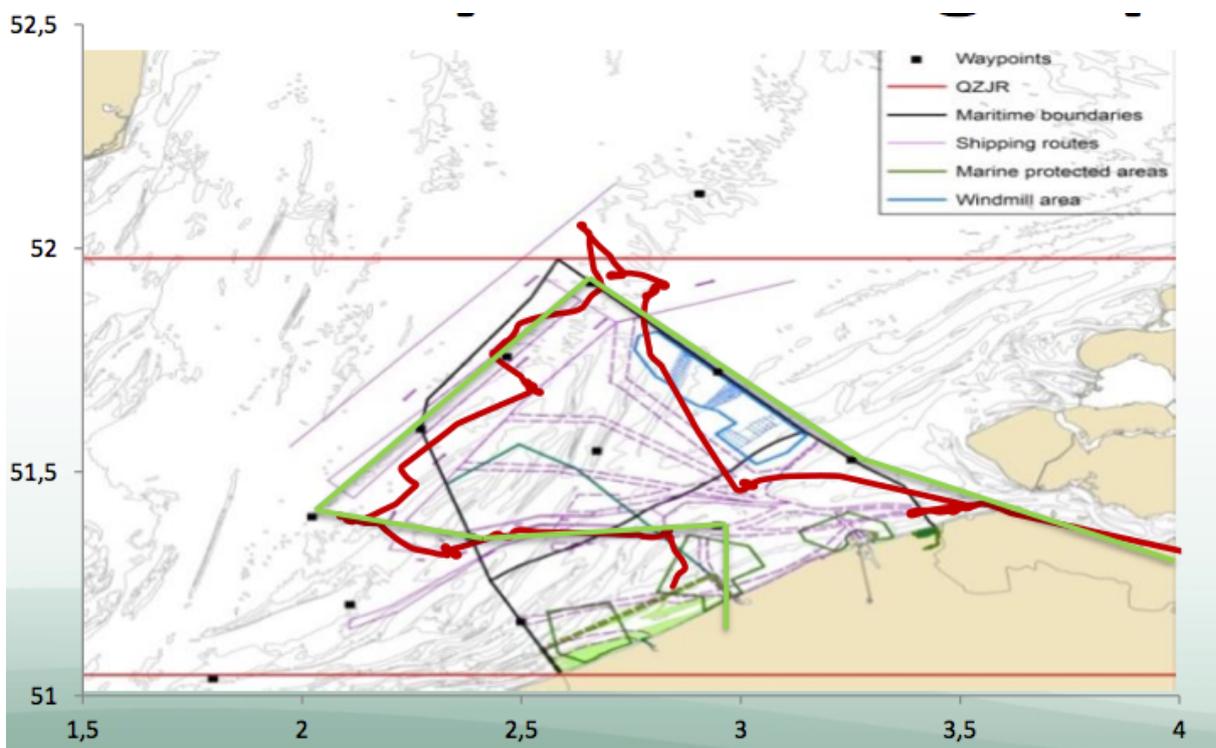


**Figure 23** Capture d'écran d'une situation lors d'un contrôle aérien

Au centre, on repère l'avion cerclé de rouge. Dans les coins supérieurs droit et gauche de l'écran sont décrits la vitesse du vent ainsi que sa direction générale. Enfin, les deux cerclages oblongs illustrent les deux principaux flux de navires à destination ou au départ du port d'Anvers ainsi que le trafic au large de la côte belge à destination de Rotterdam et du Nord-Est.

Source : Ward van Roy (2016)

Ensuite, sur cette carte sont superposés le plan de vol initialement établi et le vol en temps réel comme indiqué dans la Figure 24. Cela permet d'ajuster le vol et de se repositionner en temps réel.

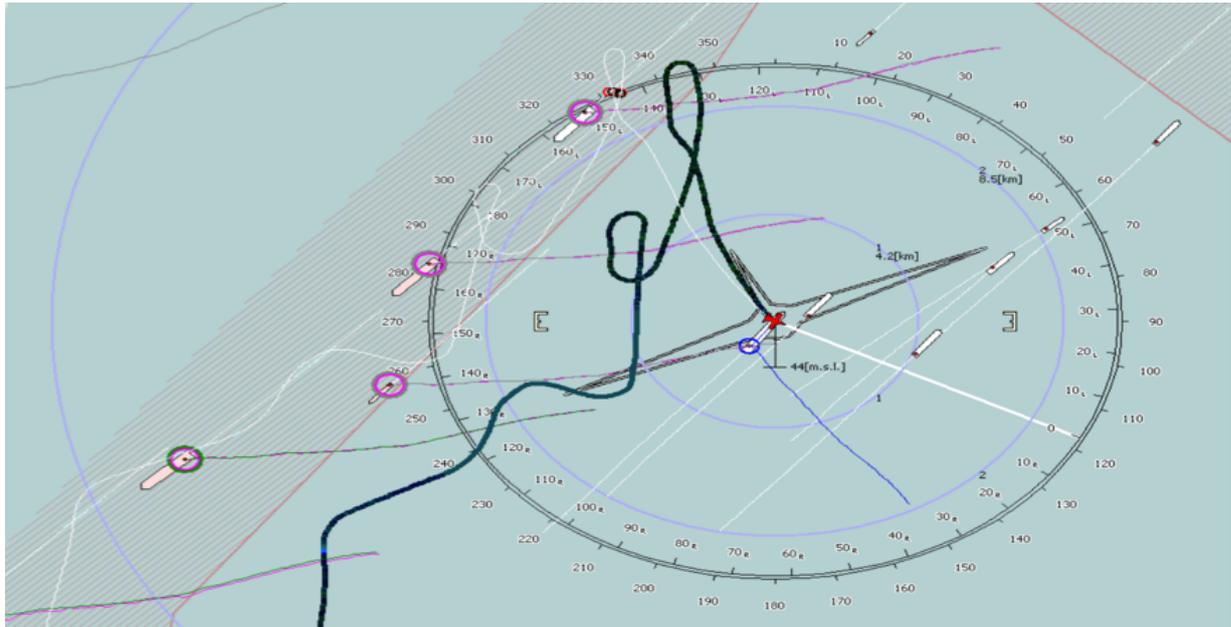


**Figure 24 Plan de vol et vol réel**

En vert la route planifiée et en rouge la route suivie en réalité.

Source : Ward van Roy (2016)

Le logiciel fournit une idée assez précise de la direction des gaz d'échappements. Grâce aux données dynamiques relatives au cap et à la route du navire, à la direction et à la force du vent enregistrées en temps réel, le logiciel produit un schéma de dispersion des fumées. Cette dispersion pour chaque navire est représentée par des traînées roses sur l'écran de l'ordinateur de l'inspecteur comme indiqué dans la Figure 25.



**Figure 25 Aperçu de la direction des gaz d'échappement des navires en temps réel**

Source : Ward van Roy (2016)

L'avion opère son approche à une distance de sécurité de 200 mètres par rapport au navire tout en gardant une altitude minimale de 150 pieds soit environ 45 mètres. Si le premier vol n'est pas concluant par rapport à la traversée du panache de fumée, notamment en raison de l'altitude de l'avion qui doit être comprise entre 65 mètres et 200 mètres (J. Mellqvist, 2016), l'avion effectue un second passage. Dans 80% des cas, le premier vol est concluant (van Roy, 2016). Selon un principe similaire, des survols expérimentaux ont été effectués par hélicoptère.

Le compte-rendu est immédiatement envoyé par email au PSC lorsqu'un navire est constaté non-conforme à la réglementation. Pour les navires conformes, les données sont agrégées dans une base de donnée le jour suivant l'inspection qui est rendue accessible au PSC.

Les résultats de cette campagne expérimentale sont clairs. Les navires non-conformes n'ont pas de profil particulier en termes de pavillon ou de type, de taille de navire ou de port de destination. Les survols sont tout à fait réalisables sur le plan technique et le coût d'un contrôle est estimé à 200 euros par navire. Néanmoins, Ward van Roy pointe la nécessité de voir les méthodes de *sniffing* ainsi que le *reporting* standardisés au niveau européen entre les différents PSC.

---

### 3.2.2.3 Les drones

Jon Knudsen, directeur de la société danoise Explicit, a bien voulu nous faire partager son projet de *sniffer* monté sur drone et/ou hélicoptère (Knudsen, 2016). La boîte de capteurs développée contient des détecteurs de gaz à CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et NO. La teneur en soufre est aussi déterminée à partir d'un ratio SO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>. Jon Knudsen explique: « *Nous utilisons la concentration en NO<sub>2</sub> dans nos calculs de la concentration en SO<sub>2</sub> afin de pallier à l'interférence du NO<sub>2</sub> sur notre détecteur à SO<sub>2</sub>.* » Le drone, tout comme l'hélicoptère, peuvent être exploités avec des vents atteignant 15 m.s<sup>-1</sup> soit 29 nœuds ou 7 Beaufort. Cependant, les tests ont montré que les mesures ne sont fiables que pour des conditions dont le vent ne dépasse pas les 10 m.s<sup>-1</sup> soit 19 nœuds ou 5 Beaufort. Aussi, Explicit a observé que la pluie diminue les concentrations d'oxydes de soufre et vient perturber les mesures. La boîte de capteurs a été validée par le laboratoire FORCE ([forcetechnology.com](http://forcetechnology.com)), référence en termes de mesure au Danemark, et s'est révélée très proche de la technologie développée par l'Université technologique suédoise de Chalmers dont Johan Mellqvist, cité précédemment, est la figure de proue.

En février 2016, le système avait été testé dans le Sund, dit « détroit d'Øresund ». La seconde phase du projet, financée par l'UE via l'instrument SME Horizon 2020, a permis de tester le système à grande échelle dans les eaux néerlandaises. Sur sept jours, 42 vols ont été effectués et 327 navires ont pu être contrôlés (Knudsen, 2016). La technologie Explicit a été validée avec une détection de non-conformité dès 0,13% de soufre.

Aussi, actuellement limité par la disposition légale de « vol à vue » évoquée au paragraphe II.2.3, les drones ne peuvent effectuer que trois mesures en moyenne par heure, étant contraints d'« attendre » les navires plutôt que de les « chasser ». A terme, six mesures devraient être effectuées par heure soit en un vol.

Un modèle d'une fiche de contrôle d'un navire par la société Explicit est disponible en Annexe C.

De son côté, l'EMSA a lancé un appel d'offres en avril 2016 pour des drones à des fins de contrôle des pollutions par hydrocarbures et des pollutions atmosphériques. Le contrat a été signé le 10 octobre 2016 et porte sur deux unités qui seront opérationnelles d'ici l'été 2017. Ces drones seront mis à disposition des Etats membres de l'UE et leur seront prêtés gratuitement pour des campagnes de surveillance à leur demande propre (Alda, 2016). Le

---

Danemark et la France seront les deux premiers pays à pouvoir faire usage de ces deux appareils. Damien Chevallier explique que les Affaires maritimes françaises travaillent actuellement avec la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) pour assurer la sécurité des vols (Chevallier, 2017) : « *Les vols expérimentaux devraient avoir lieu cette année (...) L'objectif de ces drones est de pouvoir contrôler au large et à l'approche des ports. Leur usage, si les essais s'avéraient concluants, permettrait une sécurisation des procédures judiciaires par la multiplication des éléments de preuve. Aussi, cela permettrait d'améliorer le ciblage.* »

Les deux drones sont équipés d'un *sniffer* à SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> ainsi que de deux caméras dont une à infrarouge pour la détection des pollutions par hydrocarbures. Un algorithme est intégré au logiciel d'exploitation afin d'extraire des mesures réalisées par le *sniffer*, les concentrations en soufre des combustibles marins utilisés. Ces drones sont opérationnels dans un rayon de 50 kilomètres du point de contrôle. Ils doivent voler, de jour comme de nuit, à une altitude minimale de 50 mètres pour une durée maximale de 6h en autonomie.

#### **4 Les moyens embarqués à disposition des personnels navigants**

Nous avons jusqu'ici évalué le contrôle de conformité des navires marchands du point de vue des autorités dont les méthodes doivent être connues des personnels navigants afin que ces derniers s'y préparent au mieux. Dans la perspective de se préparer aux inspections, nous nous sommes interrogés sur les moyens à disposition des personnels navigants afin qu'ils s'assurent d'être en conformité avec la réglementation, en amont de l'inspection. Nous avons identifié différentes solutions que nous exposons ici.

Tout d'abord, l'assurance de la qualité des combustibles lors du soutage est primordiale. Mentionné sur la note de soute (BDN), le type et la qualité du combustible souté sont mentionnés sur ce récépissé qui fait office de reçu et de preuve légale en cas de litige. Il est important de rappeler que la plupart des problèmes rencontrés en zone SECA ont trouvé leur origine, non pas à la production du combustible, mais à bord de la barge de soutage où ont lieu les contaminations. Dès lors, il apparaît utile d'envisager un contrôle des combustibles au moment de l'opération de soutage en effectuant une analyse du

---

combustible au début des opérations de chargement et en fin de chargement. Deux tests – *a minima* – sont requis, afin de vérifier que le combustible est conforme à la note de soute et que les fonds de citernes ne sont pas contaminés.

Au début de l'opération de soutage, alors que le débit est encore faible, on peut envisager de prélever un échantillon au niveau du manifold. A l'aide d'un analyseur portatif tel que le Bruker S1 Titan, une analyse *in situ* peut-être réalisée à bord dans un délai de l'ordre de deux minutes comme nous l'avons exposé auparavant au paragraphe III.1.3. En cas de constat d'une contamination, l'opération de soutage peut être stoppée et le combustible refusé. Une telle procédure permet d'éviter toute surprise au moment du contrôle par le PSC.

Nous avons aussi envisagé l'idée d'un contrôle du taux de soufre dans le combustible au niveau de la vanne d'alimentation du moteur principal. Nous avons imaginé que le contrôle en temps réel du taux de soufre pouvait être une aide à la réalisation de la procédure de *fuel-oil changeover*.

Pour cela, nous avons consulté le motoriste Wärtsilä. La réponse d'Andrea Paulin du service technique a été claire (Paulin, 2017) : « *Nous ne voyons pas l'intérêt commercial de développer des outils de contrôle du taux de soufre dans les combustibles marins car ceux-ci sont désormais très contrôlés par les producteurs et les autorités.* » Du point de vue technique, Andrea Paulin explique que la concentration de soufre n'affecte pas immédiatement les performances du moteur mais seulement ses émissions. A plus long terme, la concentration en soufre affecte la lubrification des cylindres. Ce problème rencontré fréquemment dans les procédures de *fuel-oil changeover* a été résolu par l'intégration d'un logiciel automatique d'assistance à la procédure de *fuel-oil changeover* (Wärtsilä, 2017).

De notre point de vue, l'usage d'un analyseur portatif reste néanmoins une option à considérer par les armateurs et les opérateurs de navires. Si beaucoup de compagnies ont recours à des fournisseurs de combustibles dont ils connaissent la qualité et avec qui ils ont établi une relation commerciale de confiance, cette « assurance » n'est pas toujours disponible. Suivant la zone d'opération, les ports fréquentés et les réglementations en vigueur dans ces régions – qu'elles soient locales, régionales, nationales ou internationales – s'assurer de la qualité de ses combustibles peut s'avérer très important. Notamment pour les navires navigants entre des zones SECA et le reste du monde.

---

De plus, outre la concentration en soufre, un appareil tel que le Bruker S1 Titan peut quantifier l'eau présente mais aussi beaucoup d'autres contaminations à l'origine de problèmes de propulsion à bord des navires aujourd'hui. Avec l'instauration de la norme de 0,5% de soufre à l'échelle mondiale en 2020, un tel appareil apparaît encore plus actuel tant la réduction de l'écart entre des combustibles à 0,1% de concentration de soufre et des combustibles à 0,5% rendra la différenciation difficile. Pour un coût d'achat de 17000 euros, l'investissement nous semble utile pour un armateur.

Dernier aspect envisageable, l'installation d'un *sniffer* embarqué à l'image d'un ODME (*Oil discharge monitoring equipment*). Ce dernier serait installé à la sortie de la cheminée et évaluerait la concentration en oxydes de soufre et donc, par déduction, le taux de soufre du carburant. Basé sur le principe du « *performance monitoring* », un tel outil permettrait de rendre la réglementation efficace. Il permettrait aussi d'étendre le contrôle à l'ensemble des navires, y compris ceux équipés de *scrubbers*. Suivant les caractéristiques de l'appareil, on pourrait envisager d'analyser l'ensemble des rejets atmosphériques, établissant par la même un profil des rejets atmosphériques du navire donné et donc sa performance environnementale. Johan Mellqvist nous avait fait part de la difficulté des capteurs actuels de produire des résultats fiables en raison des hautes températures dans les cheminées (Mellqvist, 2016).

L'évolution générale de la « *data acquisition* » ou acquisition de données dans l'industrie maritime laisse à penser que les navires seront de plus en plus contrôlés à distance via des informations collectées et télétransmises en temps réel aux opérateurs de navires et aux autorités. Cette dématérialisation des contrôles rendrait le contrôle moins lourd dans ses procédures mais aussi plus efficace et ciblé. Dans un tel schéma de contrôle, les inspecteurs ne monteraient qu'à bord des navires ayant fait l'objet d'alertes ou d'identification d'infraction. A notre avis, une évolution vers un contrôle des navires et de leur respect des réglementations à distance est inéluctable. C'est une évolution économique tant pour les industries que pour les autorités.

---

Dans cette seconde partie, nous avons étudié les différents moyens à dispositions des autorités de contrôle et des personnels navigants. Il apparaît que certaines techniques testées telles que la méthode optique de *sniffing* ne seront pas développées à l'avenir du fait de leur limitation.

Aussi, de notre point de vue, les contrôles effectués à bord par le PSC au moyen d'un *fuel-calculator* et d'un analyseur portatif apparaissent comme relativement simples et économiques sans être trop contraignants pour les personnels navigants. Rappelons que le soufre constitue un aspect du contrôle effectué par le PSC parmi de nombreuses autres réglementations qui doivent être contrôlées durant les arrêts portuaires.

Le *sniffing* par des moyens aériens en mer apparaît comme une mesure nécessaire à l'instauration de zones SECA performantes d'un point de vue environnemental. Le survol des navires contribuera à la cohérence géographique et de contrôle des zones SECA et donc au caractère dissuasif du système de contrôle. Pour le PSC, c'est aussi un moyen d'améliorer le ciblage des navires relevant de l'inspection de conformité.

Enfin, du côté des navigants, certains armateurs pourraient voir un intérêt à contrôler la qualité des combustibles à bord de la barge de soutage malgré la présence d'une fiche qualité et d'un échantillon afin de se prémunir de toute contamination. Cette mesure apparaît d'autant plus pertinente dans des zones géographiques où la qualité des combustibles n'est pas toujours au rendez-vous. Aussi, à l'avenir, les navires pourraient être équipés de *sniffers* analysant en permanence leurs rejets atmosphériques et dont les analyses seraient transmises en temps réel aux autorités compétentes.

---

## IV CONCLUSION

Au cours des deux années d'étude du contrôle de conformité des navires marchands relativement à la nouvelle réglementation en termes d'émissions d'oxydes de soufre en Europe, nous avons pu constater l'émergence de plusieurs stratégies de contrôle.

De multiples expériences ont été menées en Europe afin de développer des technologies fiables à même de concourir, *in fine*, à l'introduction d'un système de contrôle des émissions d'oxyde de soufre par les navires marchands à l'échelle des deux zones SECA nord-européennes. Les résultats de ces études et de ces développements montrent que plusieurs solutions existent et que celles-ci pourraient s'avérer complémentaires dans le futur. Comme nous l'avons vu, l'exploitation de systèmes embarqués à bords d'aéronefs ou de drones ne rendent pas les stations fixes inutiles, suivant la configuration géographique de la zone ou du port. Aussi, dans le cadre du PSC, l'usage de *fuel-calculators* permet d'améliorer le ciblage et donc de limiter les échantillonnages. Les systèmes de contrôle à distance de la performance environnementale des navires nous apparaissent comme la voie du futur qui devra être développée à moyen terme. De manière générale, optimisation des coûts et des procédures, adéquation entre technologie utilisée et conditions d'utilisation sont les principaux paramètres pris en compte pour évaluer et comparer les différents systèmes disponibles. Nous devons insister sur le fait que le taux de conformité est fonction directe des technologies utilisées par les moyens de mesures.

Ainsi, seule une convergence européenne et l'établissement de standards de contrôle européens peuvent amener à un contrôle efficient et représentatif de la conformité en zone SECA, sans distorsion statistique. Concernant l'introduction d'une zone de contrôle homogène en Europe, si l'échéance semble encore loin, les avancées sont nombreuses.

Les déclarations des PSC belges et hollandais lors de la conférence CompMon ainsi que les drones prochainement mis à disposition par l'EMSA attestent de cette volonté de convergence des acteurs du contrôle. Aussi, la volonté récente affichée de la France, de la Principauté de Monaco et du Maroc de voir introduite une zone SECA en Méditerranée démontre la volonté de certains Etats d'améliorer la qualité de l'air et donc de limiter les émissions des navires marchands (Mélenec, 2017).

---

Enfin, un lobby d'armateurs européens semble bien décidé à faire respecter la réglementation en vigueur en zone SECA. Ces derniers sont motivés par la volonté d'un jeu d'égal à égal entre armateurs européens et non-européens exploitant des navires en zones SECA. A aucun prix ils ne veulent être les payeurs d'une distorsion de concurrence sur le marché européen en raison d'une réglementation « molle » en termes de contrôle de conformité.

La régulation des émissions de soufre par les navires marchands ne restera pas une « réglementation de papier ». La pression de l'opinion publique sur la qualité de l'air avec la publication d'études de plus en plus accablantes sur le rôle des oxydes de soufre dans les maladies pulmonaires chroniques et dégénératives, ainsi que les efforts imposés aux transports et aux industries à terre pour limiter leurs émissions accèdent l'idée d'un renforcement des dispositifs de contrôle de conformité des navires marchands.

De notre point de vue, le contrôle des navires marchands se fera de plus en plus au moyen de capteurs embarqués permettant d'évaluer en temps réel la performance environnementale des navires. Les ressources offertes par l'analyse de données sont à même de concourir à l'amélioration significative des performances environnementales des navires par l'identification des solutions optimales tant d'un point de vue environnemental qu'économique.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Alda, S. (2016, 8 décembre). *Compliance framework – Enforcement lessons learnt and future action*. Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse [https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/14271584b1f5d82c86ab9e8d14d8625f/23331-Enforcement\\_lessons\\_learnt\\_and\\_future\\_action\\_-\\_Sergio\\_Alda.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/14271584b1f5d82c86ab9e8d14d8625f/23331-Enforcement_lessons_learnt_and_future_action_-_Sergio_Alda.pdf)

Assemblée Nationale (France). (2015, 24 décembre). Code de l'Environnement. *Code de l'Environnement*. Consulté à l'adresse [https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=DFDEB5E840B0EDD59E7E2FED67E721BB.tpdila22v\\_1?idSectionTA=LEGISCTA000031695039&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160210](https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=DFDEB5E840B0EDD59E7E2FED67E721BB.tpdila22v_1?idSectionTA=LEGISCTA000031695039&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20160210)

Balzani, J., Alföldy, B., & Lagler, F. (2011). *Remote measurement of sulphur content in marine fuel by the « sniffing » method*. Commission Européenne.

Balzani Lööv, J. M., Alföldy, B., Gast, L. F. L., Hjorth, J., Lagler, F., Mellqvist, J., Beecken, J., et al. (2014). Field test of available methods to measure remotely SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> emissions from ships. *Atmospheric Measurement Techniques*, (7), 2597-2613.

Berg, N., Mellqvist, J., Beecken, J., & Johansson, J. (2010). *Ship Emission Measurements by the Chalmers IGPS System during the Rotterdam campaign 2009*. Göteborg, Chalmers University of Technology.

BPO. (2016). *SECA - one year later*. Baltic Ports Organization. Consulté à l'adresse <http://www.bpoports.com/seca-one-year-later.html>

Bruker. (2017a). Bruker: High-performance scientific instruments and solutions for molecular and materials research, as well as for industrial and applied analysis. Consulté le 11 avril 2017, à l'adresse <https://www.bruker.com/>

Bruker. (2017b). Handheld XRF: how it works. Consulté à l'adresse

---

<https://www.bruker.com/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/handheld-xrf/how-xrf-works.html>

Bunker Index. (2017, 10 avril). Bunker Index. Consulté le 10 avril 2017, à l'adresse [bunkerindex.com](http://bunkerindex.com)

Chevallier, D. (2017, 3 mai). Interview de Damien Chevallier, adjoint au sous-directeur de la sécurité maritime française.

Commission européenne. (1999, 26 avril). *Directive 1999/32/CE*. Consulté à l'adresse <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:31999L0032>

Commission européenne. (2012, 21 novembre). *Directive 2012/33/UE*. Consulté à l'adresse <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?qid=1456302217918&uri=CELEX:32012L0033>

Commission européenne. (2016). What is Horizon 2020? Consulté à l'adresse <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020>

Commission of the European Communities. (2005, 21 septembre). The Communication on Thematic Strategy on Air Pollution - Impact assessment.

DMA. (2014). *Action plan for more effective enforcement of rules for ships sulfur emissions*. DMA.

DMA. (2015, 26 janvier). Now a joint sulphur campaign is launched from east to west. Consulté à l'adresse <http://www.dma.dk/news/Sider/Nowajointsulphurcampaignislaunchedfromeasttowest.aspx>

DMA. (2016a). *Action plan 2016 for the effective enforcement of rules for ships sulfur emission*. DMA.

DMA. (2016b, 11 octobre). Port State Control across the continents to target sulphur

---

compliance. Consulté à l'adresse <http://www.dma.dk/Presse/Nyheder/Sider/Port-State-Control-across-the-continent-to-target-sulphur-compliance.aspx>

EASA. (2017). Civil drones (unmanned aircrafts). Consulté à l'adresse <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>

EMSA. (2015a, 6 janvier). *Council Directive 1999/32/EC - Sulphur Inspection Guidance*. Consulté à l'adresse <http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/external-news/download/3503/2407/23.html>

EMSA. (2015b). THETIS - EMSA - European Maritime Safety Agency. Consulté à l'adresse <http://emsa.europa.eu/psc-main/thetis.html>

EMSA. (2015c, 10 janvier). *2015 Inspection Obligation*.

EMSA. (2016, 2 février). Latest News - Newsletter February 2016 - EMSA - European Maritime Safety Agency. *EMSA*. Consulté à l'adresse <http://www.emsa.europa.eu/news-a-press-centre/newsletters.html?start=12>

Gubernator, A. (2017, 24 février). Interview d'Andreas Gubernator, directeur des ventes Europe chez Bruker Nano GmbH.

HELCOM. (2014). *Helsinki Convention, corrected version July 2014*. Consulté à l'adresse [http://www.helcom.fi/Documents/About%20us/Convention%20and%20commitments/Helsinki%20Convention/Helsinki%20Convention\\_July%202014.pdf](http://www.helcom.fi/Documents/About%20us/Convention%20and%20commitments/Helsinki%20Convention/Helsinki%20Convention_July%202014.pdf)

Inspectie Leefomgeving en Transport. (2015, 26 février). *Fuel Sampling on board ships : Efficient sampling using handheld devices*.

International Chamber of shipping. (2017). Shipping and World Trade. Consulté le 20 avril 2017, à l'adresse <http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/shipping-and-world-trade>

ISO. (2005). ISO/IEC 17025:2005 - Exigences générales concernant la compétence des

---

laboratoires d'étalonnages et d'essais. Consulté le 7 avril 2016, à l'adresse [http://www.iso.org/iso/fr/catalogue\\_detail?csnumber=39883](http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=39883)

Kattner, L., Mathieu-Üffing, B., Burrows, J. P., Richter, A., Schmolke, S., Seyler, A., & Wittrock, F. (2015). Monitoring compliance with sulfur content regulations of shipping fuel by in situ measurements of ship emissions. *Atmospheric Measurement Techniques*, (15), 10087-10092.

Kine. (2017). KINE Robot Solutions. Consulté le 11 avril 2017, à l'adresse <https://kine.fi/en>

Knudsen, J. (2016, 4 février). Interview de Jon Knudsen, directeur de la société Explicit.

Knudsen, J. (2016, 8 décembre). *Using mini sniffers for compliance monitoring*. Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse [https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/20acb88d9ef2c4311a9e821a6c482468/23324-The\\_use\\_of\\_mini\\_sniffers\\_and\\_helicopters\\_in\\_compliance\\_monitoring\\_-\\_Jon\\_Knudsen\\_and\\_Karsten\\_Fuglsang.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/20acb88d9ef2c4311a9e821a6c482468/23324-The_use_of_mini_sniffers_and_helicopters_in_compliance_monitoring_-_Jon_Knudsen_and_Karsten_Fuglsang.pdf)

Krog-Meyer, P. (2016, 4 avril). Interview de Peter Krog-Meyer, conseiller spécial auprès de l'Autorité maritime danoise.

Krog-Meyer, P. (2017, 18 avril). Interview de Peter Krog-Meyer, conseiller spécial auprès de l'Autorité maritime danoise.

Larsson, A. (2016, 4 février). Interview d'Anna Larsson, présidente de la Trident Alliance.

Marine Insight. (2016, 22 juillet). Fuel Oil Change Over Procedure for Ship's Main and Auxiliary Engines. Consulté à l'adresse <http://www.marineinsight.com/main-engine/fuel-oil-change-over-procedure-for-ships-main-and-auxiliary-engine/>

Matczak, M., & Rozmarynowska-Mrozek, M. (2016). *SECA : one year after its entry into force*. Tallinn, Baltic Ports Organization.

Meech, R. (2017, 21 mars). *Can we get to 2020 by 2025? What might happen*. Copenhagen.

---

Consulté à l'adresse [www.ecocouncil.dk](http://www.ecocouncil.dk)

Mélenec, O. (2017, 30 mars). La France s'attaque aux émissions de soufre en Méditerranée. *Le Marin*. Consulté à l'adresse <http://www.lemarin.fr/secteurs-activites/shipping/28175-la-france-sattaque-aux-emissions-de-soufre-en-mediterranee>

Mellqvist, J. (2014). *Compliance monitoring - recommendations*. Göteborg.

Mellqvist, J. (2016, 8 décembre). *Measurement techniques used within CompMon for fixed and airborne sulfur compliance monitoring*. Présenté à CompMon conference, Bruxelles.

Consulté à l'adresse

[https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/a425c23b2be7295f0ed86084d46d6ad3/23322-Measurement\\_tecniques\\_-\\_Johan\\_Mellqvist.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/a425c23b2be7295f0ed86084d46d6ad3/23322-Measurement_tecniques_-_Johan_Mellqvist.pdf)

Mellqvist, J. (2016, 5 avril). Interview de Johan Mellqvist, professeur-chercheur associé à la chaire Terre et sciences de l'espace de l'Université Technologique de Chalmers (Suède).

Miljøstyrelsen. (2016). Miljøstyrelsen - Agence danoise de Protection de l'Environnement.

Consulté le 13 décembre 2016, à l'adresse <http://mst.dk/>

Molitor, E. (2016, 6 avril). Interview d'Edvard Molitor, directeur environnement du Port de Göteborg.

NABU. (2017). Reducing shipping emissions. Consulté à l'adresse

<https://en.nabu.de/issues/traffic/19832.html>

NMA. (2015). New sulphur requirements: Are you in compliance? Consulté à l'adresse

[https://www.sjofartsdir.no/PageFiles/17742/Sulphur%20Regulation\\_korrektur\\_v2.pdf](https://www.sjofartsdir.no/PageFiles/17742/Sulphur%20Regulation_korrektur_v2.pdf)

OMI. (2009, 17 juillet). *MEPC.182(59) Guidelines for the sampling of fuel oil for determination of compliance with the revised Annex VI of MARPOL*.

OMI. (2011a). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as*

---

*modified by the 1978 and 1997 Protocols, Consolidated edition 2011.*

OMI. (2011b). Appendix VI to the Annex VI of the MARPOL convention - Fuel verification procedure for MARPOL Annex VI fuel oil samples (Regulation 18.8.2).

OMI. (2016a, 28 octobre). L'OMI statue en faveur d'un nouveau plafond mondial de la teneur en soufre à partir de 2020. Consulté à l'adresse

<http://www.imo.org/fr/MediaCentre/PressBriefings/Pages/MEPC-70-2020sulphur.aspx>

OMI. (2016b, 28 octobre). IMO sets 2020 date for ships to comply with low sulphur fuel oil requirement. Consulté à l'adresse

<http://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/mepc-70-2020sulphur.aspx>

OMI. (2017, 26 avril). Status of Conventions. Consulté le 26 avril 2017, à l'adresse

<http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Documents/status-x.xls>

OMI, M. (2016c, 12 septembre). *MEPC.1/Circ. 864: Guidelines for Onboard Sampling for the Verification of the Sulphur Content of the Fuel Oil Used On Board Ships*. Consulté à l'adresse

[http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC%201-CIRC%20864%20\(E\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/MEPC%201-CIRC%20864%20(E).pdf)

Paris MoU. (2015). Organisation Paris MoU. Consulté le 24 février 2016, à l'adresse

<https://www.parismou.org/about-us/organisation>

Paulin, A. (2017, 12 avril). Interview d'Andrea Paulin, ingénieur du service technique de Wärtsilä.

Port of Gothenburg. (2015). Cheating ships sniffed out at the Port of Gothenburg. Consulté à l'adresse <https://www.portofgothenburg.com/news-room/>

Ringbom, H. (2016, 8 décembre). *Legal Framework for Monitoring and Enforcing Compliance with MARPOL Annex VI*. Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse

<https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/457ec0be62436581a176025c146548b8/23321->

---

Legal\_framework\_-\_Henrik\_Ringbom.pdf

Ship & bunker. (2016, 1 juin). Focus on Bunker Suppliers, Drone Surveillance Tech Part of Denmark's 2016 Action Plan for ECA Enforcement. *Ship & Bunker*. Consulté à l'adresse <http://shipandbunker.com/news/emea/639932-focus-on-bunker-suppliers-drone-surveillance-tech-part-of-denmarks-2016-action-plan-for-eca-enforcement>

Stares, J. (2016, 18 mai). Low-Sulphur Non-Compliance Jumps from 1% to 5%, and 8.5% in North Sea. *Ship & Bunker*. Consulté à l'adresse <http://shipandbunker.com/news/emea/156465-low-sulphur-non-compliance-jumps-from-1-to-5-and-85-in-north-sea>

Stippa, T. (2016, 8 décembre). *Introduction to CompMon*. Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse [https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/0fd08dd65bbf77e7b5d2cfd5610894bc/23334-Introduction\\_to\\_CompMon\\_-\\_Tapani\\_Stipa.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/0fd08dd65bbf77e7b5d2cfd5610894bc/23334-Introduction_to_CompMon_-_Tapani_Stipa.pdf)

Swolfs, C. (2016, 13 décembre). *The use of remote sensing in the Belgian legislation on administrative fines*. Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse [https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/5192087c4c80244a4dbb2516c16f3de7/23325-The\\_use\\_of\\_remote\\_sensing\\_in\\_the\\_Belgian\\_administrative\\_fines\\_-\\_Christophe\\_Swolfs.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/5192087c4c80244a4dbb2516c16f3de7/23325-The_use_of_remote_sensing_in_the_Belgian_administrative_fines_-_Christophe_Swolfs.pdf)

Swolfs, C. (2017, 6 mars). Interview de Christophe Swolfs, conseiller auprès de la direction générale du transport maritime du Service public fédéral de la Mobilité et Transport belge.

Transport Styrelsen. (2015). Sulphur content in bunker oil. Consulté à l'adresse <http://www.transportstyrelsen.se/en/shipping/Environmental-protection/Air-Pollution/SOx-Emission-Control-Area-SECA/>

Trident Alliance. (2016, 2 février). *Trident Alliance*. Consulté le 2 février 2016, à l'adresse <http://www.tridentalliance.org/>

Van Eeckhout, L. (2015, 22 juillet). La pollution du transport maritime plus dangereuse que

---

celle du transport automobile. *Le Monde*. Consulté à l'adresse  
[http://abonnes.lemonde.fr/planete/article/2015/07/22/la-pollution-du-transport-maritime-plus-dangereuse-que-celle-du-transport-automobile\\_4694015\\_3244.html](http://abonnes.lemonde.fr/planete/article/2015/07/22/la-pollution-du-transport-maritime-plus-dangereuse-que-celle-du-transport-automobile_4694015_3244.html)

van Roy, W. (2016, 8 décembre). *CompMon : Airborne MARPOL Annex VI monitoring*.  
Présenté à CompMon Conference, Bruxelles. Consulté à l'adresse  
[https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/a2d8ffc87a90275a3658481417b757b7/23326-Airborne\\_MARPOL\\_Annex\\_VI\\_monitoring\\_%E2%80%93\\_Ward\\_Van\\_Roy.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1481613675/a2d8ffc87a90275a3658481417b757b7/23326-Airborne_MARPOL_Annex_VI_monitoring_%E2%80%93_Ward_Van_Roy.pdf)

Vandenbussche, R. (2017, 24 février). Interview de Roland Vandenbussche, officier du PSC belge.

Wärtsilä. (2017). *Wärtsilä and the environment*. Consulté à l'adresse  
<http://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/brochure-o-env-general.pdf?sfvrsn=6>

---

## LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE A** GUIDELINES FOR ONBOARD SAMPLING FOR THE VERIFICATION OF THE SULPHUR CONTENT OF THE FUEL OIL USED ON BOARD SHIPS, OMI, 2016
- ANNEXE B** DOCUMENT DISTRIBUE AUX NAVIRES MARCHANDS PAR L'AUTORITE MARITIME NORVEGIENNE, AUTORITE MARITIME NORVEGIENNE, 2015
- ANNEXE C** EXEMPLE DE RAPPORT D'EMISSIONS, EXPLICIT, 2015

---

**ANNEXE A** Guidelines for onboard sampling for the verification of the sulphur content of the fuel oil used on board ships, OMI, 2016



**E**

---

4 ALBERT EMBANKMENT  
LONDON SE1 7SR  
Telephone: +44 (0)20 7735 7611 Fax: +44 (0)20 7587 3210

MEPC.1/Circ.864  
9 December 2016

**GUIDELINES FOR ONBOARD SAMPLING FOR THE VERIFICATION OF THE  
SULPHUR CONTENT OF THE FUEL OIL USED ON BOARD SHIPS**

1 The Marine Environment Protection Committee, at its seventieth session (24 to 28 October 2016), recognizing the need to establish an agreed method for sampling to enable effective control and enforcement of liquid fuel oil being used on board ships under the provisions of MARPOL Annex VI, approved the *Guidelines for on-board sampling for the verification of the sulphur content of the fuel oil used on board ships*, as set out in the annex.

2 Member Governments are invited to bring the annexed Guidelines to the attention of Administrations, industry, relevant shipping organizations, shipping companies and other stakeholders concerned.

\*\*\*

---

[https://edocs.imo.org/Final Documents/English/MEPC.1-CIRC.864 \(E\).docx](https://edocs.imo.org/Final Documents/English/MEPC.1-CIRC.864 (E).docx)



**ANNEX**

**GUIDELINES FOR ONBOARD SAMPLING FOR THE VERIFICATION OF THE  
SULPHUR CONTENT OF THE FUEL OIL USED ON BOARD SHIPS**

**1 Preface**

The objective of these Guidelines is to establish an agreed method for sampling to enable effective control and enforcement of liquid fuel oil being used on board ships under the provisions of MARPOL Annex VI.

**2 Sampling location**

2.1 The on-board representative sample or samples should be obtained from a designated sampling point or points as agreed by the Administration taking into account the criteria given in paragraphs 2.2.1 to 2.2.5 of these Guidelines.

2.2 In the absence of the sampling point or points referred to in paragraph 2.1, the fuel sampling point to be used should fulfil all of the following conditions:

- .1 be easily and safely accessible;
- .2 take into account different fuel oil grades being used for the fuel oil combustion machinery item;
- .3 be downstream of the in-use fuel oil service tank;
- .4 be as close to the fuel oil combustion machinery as safely feasible taking into account the type of fuel oil, flow-rate, temperature, and pressure behind the selected sampling point;
- .5 the sampling point should be located in a position shielded from any heated surface or electrical equipment and the shielding device or construction should be sturdy enough to endure leaks, splashes or spray under design pressure of the fuel oil supply line so as to preclude impingement of fuel oil onto such surface or equipment;
- .6 be proposed by the ship's representative and accepted by the inspector; and
- .7 the sampling arrangement should be provided with suitable drainage to the drain tank or other safe location.

2.3 Fuel oil samples may be taken at more than one location in the fuel oil service system to determine whether there is a possible fuel cross-contamination in the absence of fully segregated fuel service systems, or in case of multiple service tank arrangements.

### **3 Sample handling**

The fuel oil sample should be taken when a steady flow is established in the fuel oil circulating system. The sampling connection\* should be thoroughly flushed through with the fuel oil in use prior to drawing the sample. The sample or samples should be collected in a sampling container or containers and should be representative of the fuel oil being used. The sample bottles should be sealed by the inspector with a unique means of identification installed in the presence of the ship's representative. The ship should be given the option of retaining a sample. The label should include the following information:

- .1 sampling point location where the sample was drawn;
- .2 date and port of sampling;
- .3 name and IMO number of the ship;
- .4 details of seal identification; and
- .5 signatures and names of the inspector and the ship's representative.

---

\* The sampling connection is the valve and associated pipework designated for sample collection which is connected to the fuel oil service system.

# ANNEXE B Document distribué aux navires marchands par l’Autorité maritime norvégienne, Autorité maritime norvégienne, 2015



## New sulphur requirements Are you in compliance?

New sulphur requirements from 1 January 2015 in sulphur emission control areas (SECA's)

### Checklist for compliance

Before entering a SECA, you must check that you are in compliance and that you carry the necessary documentation onboard. You should at least check the following:

#### Checklist (non-exhaustive)

- Does the ship use fuels with a sulphur content not exceeding 0.5% to comply with the limits for SOx emission control areas?
  - Have the alternative arrangements (eg. scrubbers) installed on board been flag State approved?
  - Are bunker delivery notes with details of fuel for combustion purposes kept available on board for a period of three years after the fuel oil has been delivered onboard?
  - Are representative sealed and signed samples of the fuel oil delivered on board available for the recent 12 month period?
- Where no approved alternative arrangements (eg. scrubber systems) are used, is a written procedure available describing how a fuel oil change-over is to be made for achieving compliance with the requirements for max.0.10% sulphur content in the fuel oil used for entering or leaving SOx emission control areas?
  - For ships entering or leaving SOx emission control areas, have details of the change-over of fuel oils been recorded in a logbook as prescribed by the Administration?



Sammen for økt sjøsikkerhet i rent miljø

### New requirements

On 1 January 2015, new requirements on the sulphur content of ships' fuels took effect. They are laid down in Annex VI of the IMO MARPOL Convention.

#### Why is this?

Ships emit sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>), which is produced by burning fossil fuels containing sulphur. SO<sub>2</sub> is a major air pollutant, which is toxic to humans, plants and animals as well as a main cause of acid rain. Recognizing this, the international Maritime Organization (IMO) has adopted stricter sulphur requirements.

#### What's new?

The new regulations mean that ships operating within Sulphur Emission Control Areas (SECAs) must use fuels with a maximum sulphur content of 0.10% - down from the previous 1% limit - or adopt alternative solutions resulting in an equivalent effect.

The new requirements are enforced strictly in all SECA countries as of 1 January 2015. Ships may be subject to inspection by national Port

State Authorities, and could be detained in order to ensure that a sufficient amount of compliant fuel is available on board.

#### How to comply?

Ship operators have three basic options to comply with the new requirements:

1. Use a fuel oil with a sulphur content not exceeding 0.10%.
2. Use approved abatement technology, eg. scrubbers. This technology must be approved by the flag State and operated in accordance with MARPOL Annex VI, regulation 41.
3. Use an alternative fuel (LNG biofuel).

#### To whom do these requirements apply?

The sulphur requirements apply to all ships (except warships, naval auxiliaries and other non-commercially used ships owned or operated by a State).

### Overview of the SECAs

#### What is a SECA

SECAs or Sulphur Emission Control Areas are designated areas with stricter sulphur emission limits. The designation of these areas is approved by the IMO.

At present, the following 4 SECAs have been designated:

- The Baltic Sea area (as defined in MARPOL Annex I, regulation 111.2).
- The North Sea area (as defined in MARPOL Annex V, regulation 114.6).
- The North American area (as described by the coordinates provided in Appendix VII to MARPOL Annex VI).
- The United States Caribbean Sea area (as described by the coordinates provided in Appendix VII to MARPOL Annex VI).



### Further information

If you need additional information about the technical requirements, please contact your local flag State administration or relevant authorities in the port State.

Below you will find a list of contact points for the SECA countries.

Belgium	sulphur@mobilit.fgov.be
Denmark	mrb@dma.dk
Estonia	heiko.heitur@envir.ee
Finland	kirjaamo@trafi.fi
France	SM3.SM@developpement-durable.gouv.fr
Germany	ref-ws24@bmvil.bund.de
Latvia	vvd@vvd.gov.lv
Lithuania	vtivikas@kird.am.lt
Netherlands	meindert.vink@lient.nl
Norway	svetnerik.enge@sjofartsdir.no
Poland	sekretariatDTM@mir.gov.pl
Russia	kharchenko@marsat.ru
Sweden	sjofart@transportstyrelsen.se
United Kingdom	PSC_Headquarters@mca.gov.uk
USA	HQS-PF-fdr-ECA-Foreign@uscg.mil

### Violations

The Norwegian Maritime Authority may impose violation fines on the company that willfully or negligently violates the sulphur requirements. In deciding whether a violation fine shall be imposed on the company, and in assessing the fine, particular consideration shall be paid to the

seriousness of the violation, whether the company could have prevented the violation, whether this is a repeated offence and the company's financial capacity. Violation fines will be assessed to ensure that the fines at least deprive the economic benefits derived from the violation.



## ANNEXE C Exemple de rapport d'émissions, Explicit, 2015



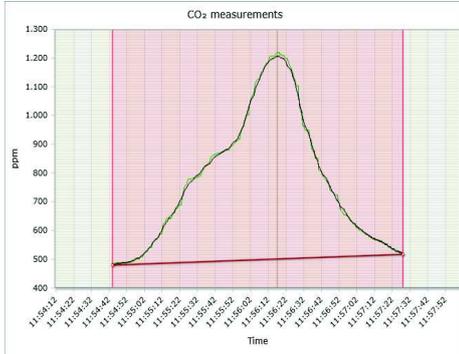
### Emissions Report

10-09-2015  
senseadmin

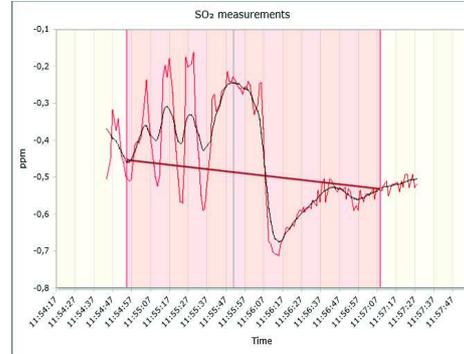
Parameter	Value
<b>MMSI</b>	<b>xxxxxxxxx</b>
<b>IMO</b>	<b>xxxxxxx</b>
Name	xxxxxxx
Call sign	xxxxx
Country	Russian Federation
Type	Cargo, all ships of this type
Length	90 m
Width	14 m
Destination	ROTTERDAM
Status	Under way using engine
Ground speed	10,5 knots
Course	360 °
Heading	1 °
Position fixing device	GPS
Position accurate	Yes
Latitude	55,73349
Longitude	12,68643
Timestamp	11:57:27 10-09-2015
<b>NOx (g/kWh) (area)</b>	<b>3,36 g/kWh</b>
<b>NOx (g/kWh) (peak)</b>	<b>5,32 g/kWh</b>
<b>Sulphur % (area)</b>	<b>0,11 %</b>
<b>Sulphur % (peak)</b>	<b>0,20 %</b>
<b>Quality score (0-10)</b>	<b>10,00</b>

Explicit I/S © Copyright 2015. This material is indicative only. Explicit has taking all reasonable care to ensure that the information contained in this document is reliable but no guarantees, warranties or representations are made as to the accuracy or completeness of the information contained in this information document. Any reproduction of this material is subject to prior permission by Explicit.

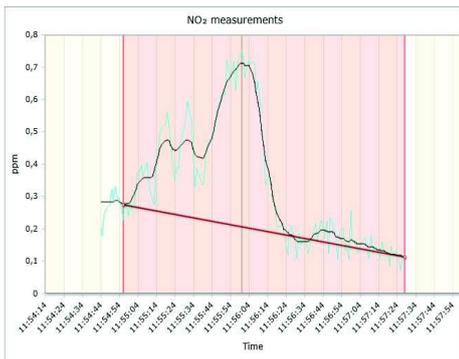
## Appendix 1. Charts



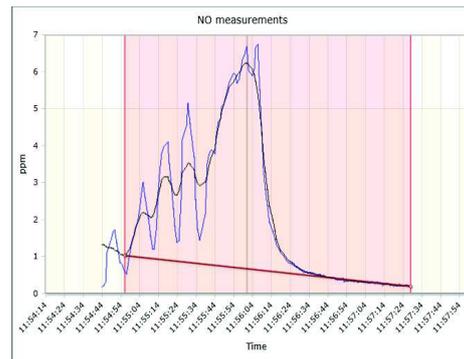
CO2: max conc. = 705,06 ppm (area: 45700,91)



SO2: max conc. = 0,24 ppm (area: 5,07)



NO2: max conc. = 0,51 ppm (area: 21,62)



NO: max conc. = 5,57 ppm (area: 227,38)

NOx (g/kWh) =

NOx (g/kWh) (area) =

NOx (g/kWh) (peak) =

Sulphur % =

Sulphur % (area) =

Sulphur % (peak) =

Calculations have been omitted subject to NDA

(Temperature 16,77 °C)

Appendix 2. Map

