

السفينة الخضراء هدف اللوائح البحرية لنقل مستدام

The green ship goal of maritime regulations for Sustainable Transport

قمار ليلي إدياز* كلية الحقوق والعلوم السياسية جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

leilaildiez.gamaz@univ-tlemcen.dz

تاريخ إرسال المقال: 2025/09/11 تاريخ قبول المقال: 2025/11/04 تاريخ نشر المقال: 2025/11/29

الملخص:

يكتسب اتجاه خفض الانبعاثات في النقل البحري أهمية كبيرة اليوم، حيث يتم تعزيز ممارسات التنمية الخضراء على نطاق واسع. لذلك قامت المنظمة البحرية الدولية بصياغة استراتيجية و لوائح يتم بموجبها تركيز الجهود على السفينة لما لها من دور رئيسي في تلوث البيئة الجوية الناتج عن الانبعاثات البحرية ، فكان لهذه السياسة الدولية دور في تشجيع الدول و الشركات البحرية على اتخاذ تدابير متعددة بهدف الحد من الغازات المنبعثة من السفن و ضبط نهجها نحو جعل قطاع النقل البحري أكثر نظافة. هذا الاهتمام المتزايد بالمسؤولية البيئية يعكس الالتزام العالمي بمكافحة تغير المناخ باعتباره التحدي الأكبر الذي تواجهه البشرية ، وتعزيز مستقبل أكثر استدامة لصناعة النقل البحري. تواجه الصناعة البحرية إذن تحديات اعتماد تقنيات تشغيلية ذات قواعد دولية أكثر صرامة تضمن نقل البضائع على متن سفن بحرية خضراء تعزز السيطرة على التلوث الناجم عن السفن، للمساهمة في تحسين الظروف البيئية الحالية والانتقال إلى عصر بحري جديد بأنظمة طاقة بديلة.

الكلمات المفتاحية: انبعاثات السفن، لوائح المنظمة البحرية الدولية، المسؤولية عن تلوث الهواء، السفينة الخضراء التقنيات التشغيلية المستدامة.

Abstract :

Reducing shipping emissions is a major global priority, leading the International Maritime Organization (IMO) to enact a strategy focused on curbing pollution from ships. This policy has prompted nations and companies to take measures to cut emissions and clean up the maritime sector. This drive reflects a worldwide commitment to combating climate change and building a sustainable future. Consequently, the industry must now adopt new technologies and adhere to stricter rules to promote greener vessels, enhance pollution control, and ultimately transition to a new era of alternative energy.

Key words : Ship emissions, IMO regulations, air pollution responsibility, green ship, sustainable operational technologies.

المقدمة:

تعد السفينة كأداة للملاحة البحرية، العمود الفقري للتجارة العالمية، وهي بالمقابل المولد الرئيسي للانبعاثات، إذ تنتج عن الأنشطة البحرية كمية متزايدة من غازات الاحتباس الحراري وغيرها من الغازات الملوثة، مثل أكسيد النيتروجين (NO_x) ، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) والجسيمات (PM) ، والمركبات

* المؤلف المرسل

العضوية المتطيرة (VOC) . لذلك لم يعد الاهتمام بشأن التلوث البحري يقتصر على تلوث المياه بل يمتد أيضًا إلى تلوث الهواء و الإحتباس الحراري، حيث أصبحت السفن مصدرا رئيسيا للتغيرات المناخية و التلوث الجوي.

جذب النقل البحري الاهتمام الدولي بسبب الارتفاع التدريجي والنمو المتوقع لانبعاثات غازات الإحتباس الحراري الناتجة عن استهلاك الوقود الأحفوري ، فالشحن البحري هو مصدر مهم لثاني أكسيد الكربون الغاز الدفيء الرئيسي المسبب للإحتباس. ما جعل السفن البحرية تشارك بشكل مباشر في تغير المناخ. علاوة على ذلك ، غالبا ما يحتوي زيت الوقود الثقيل على تركيزات عالية من الملوثات المعدنية بما في ذلك الكبريت والمعادن الثقيلة .وبالتالي ، فإن احتراق زيت الوقود البحري يؤدي إلى انبعاث ملوثاتٍ، لها تأثير مدمر على السلامة البيئية وصحة الإنسان. للنقل البحري إذن مساهمة في الانبعاثات من غازات الدفيئة¹ Gaz à effet de serre أو غازات الإحتباس الحراري العالمية ، فهو مسؤول عن حوالي 3% منها² . أما بالنسبة للاتحاد الأوروبي، فيذكر التقرير البيئي حول النقل البحري الأوروبي لسنة 2021 ، الذي نشرته وكالة البيئة الأوروبية ووكالة الأمن البحري الأوروبية ، أن "السفن تنتج 13.5% من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة من النقل في الاتحاد الأوروبي (...)" من جهة أخرى وصلت انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (SO₂) من السفن التي توقفت في الموانئ الأوروبية إلى حوالي 1.63 مليون طن في عام 2019.³ و من المتوقع أن تزداد هذه الانبعاثات الناجمة عن السفن بنسبة تتراوح بين 50 و 250% بحلول عام 2050.⁴ هذا ما جعل المجتمع الدولي يدرك الحاجة إلى تنظيم هذه الانبعاثات ووضع لوائح لمواجهة هذا التلوث ،ينصب بموجبها التركيز الأساسي للجهود والإستراتيجيات على السفينة نفسها ، فوضعت المنظمة البحرية الدولية (IMO) أهدافا للحد تدريجيا من انبعاثات السفن البحرية ، بموجب لوائح تدفع مالكي السفن إلى تعديل ممارساتهم التشغيلية.

و عليه فإن الزيادة في التجارة البحرية تؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة و يؤدي ذلك لا محالة إلى زيادة في الانبعاثات مما يؤدي إلى زيادة تغير المناخ و الإضرار بالصحة العامة. بذلك يتعرض قطاع النقل البحري لضغوط بموجب لوائح دولية لتحسين بصمته البيئية ، فتطرح الضوابط الدولية لمواجهة تلوث البيئة الجوية الناتج عن الانبعاثات البحرية مفارقة تكمن في: التجارة الدولية القائمة على الحاجة إلى الشحن البحري و إلى حرية حركة السلع و الخدمات و هدف حماية البيئة الذي يجب أن تسعى قواعد التجارة الدولية لتحقيقه. يجمع الموضوع إذن بين جوانب تقنية و أخرى تنظيمية و يطرح مسألة أن تطبيق تقنيات إزالة الكربون و خفض من محتوى الكبريت في وقود السفن يمثل تحديًا ، يثير مدى فعالية الإطار التشريعي الدولي للتوفيق بين متطلبات التجارة البحرية و الحد من الانبعاثات الناتجة عن السفن؟ كما يطرح إشكالات قانونية مرتبطة أساسا بالطرف المسؤول عن عدم توفير سفينة بيئية أو عن الإخلال بالالتزام بضمان مطابقة الوقود المستخدم للتشريعات البيئية؟ فاستدعت الدراسة البحثية اتباع منهج وصفي للإحاطة بجوانب الظاهرة البيئية و سبل مواجهتها و آخر تحليلي لأبعادها التقنية و القانونية و ذلك من خلال محورين رئيسيين يتناول الأول الإطار

القانوني الدولي للتلوث الجوي من السفن ويتم التطرق في المحور الثاني للاستثمار الأخضر في صناعة النقل البحري ضمانا لامتثال اللوائح الدولية.

1- الإطار القانوني الدولي للتلوث الجوي من السفن.

النقل البحري هو القطاع الصناعي الأكثر دولية، مع حوكمة بحرية تمارسها المنظمة البحرية الدولية في جميع الأبعاد التشريعية والمؤسسية والتنفيذية. فغالبًا ما تكون الوقاية واحدة من أكثر الاستراتيجيات كفاءة وفعالية للحد من الضرر، لذا اعتمدت المنظمة البحرية الدولية عددا من الصكوك لتعزيز النقل البحري الآمن والحد من مخاطر التلوث البيئي المرتبط بالسفن عن طريق نشر اللوائح التي يجب على جميع الدول الأعضاء الالتزام بها. فوضعت، في ضوء أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة اتجاهات في إطار خطتها الاستراتيجية للفترة 2018-2023، من أجل تسهيل تحقيق وضوح رؤيتها التي تتضمن حاجة الصناعة البحرية لتلبية خطة التنمية المستدامة لعام 2030، معتبرة أن ذلك لن يتأتى إلا بالسفينة الخضراء التي تساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، و الحد بذلك من ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ. كما يمكنها بوصفها سفينة نظيفة، أن تقلل من تلوث الهواء، فتساهم في المحافظة على صحة الإنسان والبيئة، الأمر الذي جعل من انبعاثات الكبريت موضوعا مهما في جدول الأعمال البيئية للمنظمة البحرية الدولية، و هي الآن الشاغل البيئي الأكثر مناقشة فيما يتعلق بالنقل البحري.

1.1- هدف الحياد الكربوني في النقل البحري

تغير المناخ هو قضية عالمية تتطلب حلولاً تستند إلى التعاون الدولي. لذلك يحكم النقل البحري نظام متعدد النطاق للتخفيف من التأثير السلبي لهذه التغيرات بحيث تعبر السفن الحدود بمعايير وأنظمة بيئية مختلفة، أهمها ما تم اتخاذه من سياسات للتحكم في انبعاثات الكربون، تساهم في مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري .

1.1.1- الانبعاثات الكربونية من السفن وتغير المناخ

يعد تغير المناخ من بين أخطر التهديدات التي يتعرض لها النظام البيئي العالمي، بسبب انبعاثات الغازات الدفيئة التي تتراكم في الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض، وهو ما يعرف باسم الاحترار العالمي. فمذ النصف الأخير من القرن العشرين، أصبح العالم بأسره يشعر بالقلق من هذه الظاهرة⁵. لذلك، كان ينبغي على جميع القطاعات التي تسبب الانبعاثات البيئية أن تتعاون لمكافحته، فكان الهدف المتمثل في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة جزء من الجهود العامة لمكافحة تغير المناخ على الصعيد الدولي ، وهو مؤطر بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) لسنة 1992⁶ أول اتفاقية دولية تواجه الاحتباس الحراري عن طريق السيطرة على انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل عام . و لأجل تطبيق هذه الاتفاقية الإطار، اعتمد بروتوكول كيوتو في 11 ديسمبر 1997 بهدف وضع معايير للانبعاثات، في المؤتمر الثالث لحكومات الأطراف في اتفاقية 1992⁷ ، وألزم الدول الموقعة البالغ عددها

141 دولة بتخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بـ 5% على الأقل دون مستويات سنة 1990 في الفترة الممتدة من عام 2008 إلى عام 2012⁸.

في نفس سنة 1997، تم اعتماد حل لانبعاث ثاني أكسيد الكربون من السفن من قبل حكومات الأطراف من خلال تعديل اتفاقية منع التلوث الناجم عن السفن لسنة 1973 (اتفاقية MARPOL 73/78)⁹، لتشمل قسماً جديداً يسمى الملحق السادس. وتم تفويض لجنة حماية البيئة البحرية (MEPC)¹⁰ للنظر في استراتيجيات تقليل غازات الدفيئة القابلة للتنفيذ.

في عام 2015، أصدرت الأمم المتحدة وثيقة بعنوان "تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام 2030"، تتكون من 17 هدفاً مستداماً¹¹. واستجابة لهذا البرنامج، بدأت المنظمة البحرية الدولية كوكالة متخصصة تابعة للأمم المتحدة، مسؤولة عن السلامة والأمن البحري ومنع التلوث البحري والجوي من قبل السفن، في دعم هدف التنمية المستدامة رقم 13، المتمثل في اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره. فاعتمدت المنظمة البحرية الدولية (IMO) الاستراتيجية الأولية لتقليل غازات الدفيئة من السفن في الجلسة 72 MEPC في أبريل 2018 لتحقيق أهداف عام 2050. من خلال هذه الاستراتيجية تهدف المنظمة إلى إنشاء وتحسين لوائح جديدة يمكنها تعزيز كفاءة استخدام الطاقة وهي تدابير تصنف على أساس الإطار الزمني لاعتمادها، على المدى القصير، بين 2020 و 2023، والمدى المتوسط سيتم اعتمادها بين 2023 و 2030، وعلى المدى الطويل بعد 2030.

في 2015 دائماً، تم التوقيع على اتفاق باريس وهو معاهدة دولية ملزمة قانوناً بشأن تغير المناخ. تم اعتماده من قبل 196 طرفاً في مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ (COP21) في باريس في 12 ديسمبر 2015¹². الهدف منه تعزيز الاستجابة العالمية لخطر تغير المناخ عن طريق الحفاظ على ارتفاع درجات الحرارة العالمية هذا القرن إلى أقل من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية ومواصلة الجهود للحد من ارتفاع درجة الحرارة إلى 1.5 درجة مئوية. فيلتزم الموقعون بالحد من انبعاثات غازات الدفيئة من جميع الصناعات والأنشطة البشرية، ويتم مراقبة ومراجعة جهود المناخ في جميع البلدان من قبل الأمم المتحدة كل 5 سنوات¹³.

وفي جويلية 2021، أعلنت المنظمة البحرية الدولية عن "الموضوع البحري العالمي 2022: تقنيات جديدة للشحن الأخضر"، وتم ربط الموضوع بالهدف 13 و 14 من أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة بشأن العمل المناخي والاستخدام المستدام للمحيطات والبحار والموارد البحرية؛ الهدف 3 الخاص بالصحة الجيدة والرفاه؛ الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة بشأن الصناعة والابتكار والبنية التحتية؛ والهدف 17 من أهداف التنمية المستدامة، الذي يسلط الضوء على أهمية الشراكات والتنفيذ لتحقيق هذه الأهداف¹⁴.

2.1.1- استراتيجية المنظمة البحرية للحد من غازات الدفيئة من السفن.

يعد الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) خطوة حتمية لإبطاء وتيرة تغير المناخ والتخفيف من آثاره. وعيا منها بذلك، وتكريسا لاتجاهات الاقتصاد الأخضر، توصلت المنظمة البحرية الدولية في عام 2018 إلى استراتيجية أولية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة في صناعة النقل البحري من أجل النمو المستدام و باعتمادها لهذه الاستراتيجية، أصبحت المنظمة البحرية أول منظمة دولية تتبنى تدابير إلزامية لكفاءة طاقة السفن¹⁵. وقد تمثل الطموح الذي يوجه تلك الاستراتيجية في انخفاض كثافة الكربون في النقل البحري الدولي بنسبة 40% على الأقل بحلول عام 2030 مقارنة بعام 2008. مع مواصلة الجهود لتحقيق تخفيض بنسبة 70% بحلول عام 2050 مقارنة بعام 2008 كخط أساس وفقا لاستراتيجية المنظمة البحرية¹⁶.

في أكتوبر 2020، توصل فريق عامل داخل المنظمة البحرية الدولية و هو الفريق العامل بين الدورات المعني، بخفض انبعاثات غازات الدفيئة من السفن (ISWG-GHG 7)، خلال دورته السابعة إلى مشروع تعديل يتماشى مع تنفيذ الاستراتيجية الأولية للمنظمة البحرية الدولية للحد من غازات الدفيئة التي تتطلب من السفن الجمع بين نهج تقني وتشغيلي لتقليل كثافة الكربون. بموجبه تم تطوير تدابير جديدة قصيرة الأجل وإحالتها إلى لجنة حماية البيئة البحرية، كهيئة لصنع القرار في المنظمة البحرية الدولية.

على إثر ذلك، شجعت اللجنة الخامسة والسبعون لحماية البيئة البحرية (MEPC 75) التي عقدت في 20 نوفمبر 2020¹⁷ الدول الأعضاء على تقديم خطط عمل وطنية طوعية لمعالجة انبعاثات غازات الدفيئة من السفن، و وضعت مقترحات لهذه الخطط و التدابير¹⁸. وفي جوان 2021، تم اعتماد تعديلات على الملحق السادس لاتفاقية MARPOL، في اللجنة السادسة والسبعين MEPC 76 لحماية البيئة البحرية¹⁹ بموجبها أُستحدثت لوائح إلزامية جديدة لزيادة خفض انبعاثات الغازات الدفيئة من النقل البحري لتعكس التدابير القائمة بهدف تقليل كثافة الكربون. وقد بدأ بتاريخ 1 يناير 2023 التزام جميع السفن بحساب مؤشرها الكربوني للمساعدة في قياس كفاءتها البيئية والتقرير عنها. كما تم مطالبة ملاك السفن تحديد أهداف لكفاءة استخدام الطاقة، مع اقتراح إنشاء مجلس دولي للبحث و التطوير البحري، يكون بمثابة هيئة غير حكومية تُمول عن طريق فرض ضريبة على الوقود البحري، و تدعيم البحث و التطوير و استخدام تكنولوجيات خالية من الكربون²⁰.

في دورتها 79 المنعقدة من 12 إلى 16 ديسمبر 2022 أكدت المنظمة البحرية الدولية على مواصلة عملها لتحديد التدابير المرشحة لخفض غازات الدفيئة، تنفيذا لما هو متوقع منها لمعالجة تغير المناخ بحيث تم العمل على مراجعة استراتيجيتها هذه من خلال الفريق العامل بين الدورات المعني بالحد من انبعاثات غازات الدفيئة من السفن : ISWG-GHG13 الذي اجتمع من 5 إلى 9 ديسمبر 2022²¹. وانتهى الأمر بأن اعتمدت الدورة 80 للجنة حماية البيئة البحرية المنعقدة من 03 إلى 07 جويلية 2023 استراتيجية المنظمة البحرية

الدولية المنقحة لعام 2023 بشأن الحد من انبعاثات غازات الدفيئة من السفن²² ، مع أهداف معززة لمعالجة الانبعاثات الضارة، ذلك أن الخطوة الأولى التي اتخذتها المنظمة لخفض انبعاثات النقل البحري إلى النصف بين 2008 و 2050 لم تعد كافية بحسب برنامج تعقب الأحوال الجوية²³ من أجل إبقاء الإحتباس الحراري أقل من 1.5 درجة، استجابة لأهداف اتفاقية باريس

الدولية لعام 2015 بشأن تغير المناخ . الأمر الذي استدعى مراجعة المنظمة البحرية لاستراتيجيتها من أجل انعدام انبعاثات النقل البحري، فأصبح مستوى الطموح الذي يوجه استراتيجية المنظمة البحرية، خفض إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة السنوية من الشحن الدولي بنسبة 70% على الأقل ، والسعي لتحقيق 80% بحلول عام 2040 ، مقارنة بعام 2008. بالإضافة إلى الاتفاق على نقاط تفتيش إرشادية للانبعاثات في عامي 2030 و 2040.²⁴

2.1 - غطاء الكبريت خطوة لصحة بيئية.

إضافة إلى غازات الدفيئة، تنظم سياسة المنظمة البحرية تلوث الهواء بأكسيد الكبريت بغرض تحسين جودته، بأدوات مشابهة تركز على معايير للانبعاثات و الحظر ، و هذا من خلال الغطاء الكبريتي الذي يتضمنه الملحق السادس من الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن Marpol ، كحد تلتزم به السفن من أجل الحصول على شهادة منع تلوث الهواء الدولية، و إلا تم التعرض للمتابعة الجزائية عن الإخلال بالالتزام بضمان مطابقة الوقود المستخدم .

1.2.1 - لائحة الحد الأقصى للكبريت²⁵ في وقود السفن : IMO 2020

السفن ليست مسؤولة فقط عن الإحتباس الحراري، ولكن أيضًا عن انبعاثات النيتروجين والكبريت التي تسبب مشاكل بيئية أخرى مثل الأمطار الحمضية، كما أن لها آثارًا سلبية تراكمية على جودة الهواء فتساهم في خفض من جودته، و بالتالي الإضرار بصحة الإنسان. فقد اعترفت المنظمة البحرية الدولية بأن النقل البحري هو أحد المساهمين الرئيسيين في الانبعاثات العالمية لأكسيد الكبريت (SOx) ، فركزت لوائحها بشكل أساسي على المواد الكيميائية التي تحتوي على الكبريت، حيث أن السبب الرئيسي هو نوع زيت الوقود المستخدم لتشغيل السفن التي تحتوي على كميات عالية من الكبريت وبعد الاحتراق في المحرك ينتهي الأمر بأكسيد الكبريت في الغلاف الجوي عن طريق غازات عادم السفينة كعنصر ملوث ضار بالبيئة الطبيعية وصحة الإنسان²⁶ . لهذا السبب، استكملت المنظمة البحرية، الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن (MARPOL) بالملحق السادس الذي يهدف إلى إرساء قواعد للوقاية من تلوث الغلاف الجوي بواسطة السفن²⁷، فيحدد حدودًا لتركيز الكبريت في أي وقود نفطي يستخدم على متن السفن²⁸. تضمن هذا النص عند اعتماده في عام 1997 ، تحديدًا عامًا لتركيز الكبريت في الوقود البحري يقدر بـ 4.50% وفي عام 2008 ، قررت الدورة 58 للجنة حماية البيئة البحرية التابعة للمنظمة البحرية تخفيض التركيز الأقصى للكبريت إلى 3.5% اعتبارًا من عام 2012 ، وإلى 0.50% اعتبارًا من عام 2020.²⁹ على إثر ذلك حظر القرار³⁰ MEPC.305(73) نقل زيت

الوقود غير المطابق، لأغراض الاحتراق بهدف الدفع أو التشغيل على متن سفينة اعتباراً من 1 مارس 2020 و هي اللائحة المعروفة باسم حد الكبريت للمنظمة البحرية الدولية 2020 لزيوت وقود السفن IMO 2020.

بالمقابل ، أُعتبر أن أكثر تدابير التخفيف فعالية هي إنفاذ مناطق للتحكم في انبعاثات الكبريت (SECA) حيث يكون الحد الأقصى لمحتوى الكبريت في الوقود أكثر صرامة من المناطق الخارجية . على هذا الأساس، نص الملحق السادس من اتفاقية MARPOL على تسمية مناطق مراقبة، و التحكم في الانبعاثات (SECA)³¹، حيث تحدد بها معايير أكثر صرامة فيما يتعلق بأكسيد الكبريت ، فكان الحد الأقصى لتركيز الكبريت قبل عام 2010 محددًا بنسبة 1.5% . ومنذ 1 مارس 2010، تم تخفيضها إلى 1% ثم انخفضت إلى 0.1% منذ 1 يناير 2015.

بعد ذلك، تبنت اللجنة البحرية في دورتها 79 المنعقدة من 12 إلى 16 ديسمبر 2022 تعديلات لتحديد منطقة البحر الأبيض المتوسط بأكملها كمنطقة للتحكم في انبعاثات أكسيد الكربون : (MED SOx ECA) و هو قرار³² اعتمدته مؤتمر الأطراف المتعاقدة في اتفاقية حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث و بروتوكولاتها³³ في اجتماعها (COP 22) في الفترة من 7 إلى 10 ديسمبر 2021 في أنطاليا بتركيا³⁴. وقد صادقت لجنة البيئة البحرية (MEPC) على إنشاء هذه المنطقة في جلستها في جوان 2022 . خاصة و أن قطاع النقل البحري هو أحد ركائز الاقتصاد الأزرق في البحر الأبيض المتوسط.³⁵

على المستوى الإقليمي، يعد الاتحاد الأوروبي مثالا على الحوكمة البحرية وحماية البيئة ومكافحة التلوث البحري الذي يعمل أيضا على تحقيق أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة. في هذا الاتجاه قام الاتحاد³⁶ بوضع حدود إقليمية لمحتوى الكبريت بحيث يساوي أو يقل عن 0.50% في مناطق مراقبة التلوث التي تعرف باسم ECA و هذا بمقتضى التعليمات الأوروبية CE³⁷/33/2012. وقد تم تنفيذ هذا التعليمات الأوروبية في القانون الفرنسي بموجب المرسوم الصادر بتاريخ 24 ديسمبر 2015، و المصادق عليه بموجب القانون رقم 1428-2019 المؤرخ 24 ديسمبر 2019³⁸.

2.2.1 -تطبيق تنظيمات حدود الكبريت.

تنتج التنظيمات المتعلقة بالحد الأقصى لنسبة الغازات أثرها ، نظريا، في مواجهة الدول الأطراف في الملحق 6 المعدل من السادس للاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن ،فتكون ملزمة بهذه الحدود. و التي بلغ عددها 105 طرفا اعتباراً من 1 نوفمبر 2022، و هي تمثل 96,81% من الحمولة الإجمالية للأسطول التجاري العالمي³⁹.

تلتزم دولة علم السفينة بالتأكد من امتثال السفن التابعة لها للمتطلبات المتعلقة بحدود نسبة الكبريت، ويجب أن تجهز السفن بنظام تنقية الغازات الناتجة عن الاحتراق (EGCS) عند الحاجة. كما يجب إجراء التفقيشات المطلوبة وإصدار الشهادة الدولية لمنع تلوث الهواء الدولية المعروفة باسم "شهادة منع تلوث الهواء الدولية"

(IAPP)⁴⁰. ستثبت هذه الشهادة المعلومات التي تفيد بأن السفينة تستخدم زيت الوقود الذي يحتوي على كبريت لا يتجاوز الحد المسموح به⁴¹، وهذا وفقاً للقواعد 5 و 6 من الملحق السادس لاتفاقية MARPOL⁴². كما تلزم القاعدة السابعة دولة الميناء بإخضاع السفن الأجنبية لتفقد و رقابة للمتطلبات التشغيلية . و في حالة عدم استيفاء سفينة أجنبية للمتطلبات الواردة في الملحق 6 من اتفاقية ماربول خلال التفتيشات تتخذ دولة الميناء الإجراءات اللازمة لضمان عدم إبحارها⁴³.

و تعتبر "MSC Joanna" أول سفينة حاويات تمت معاقبتها منذ تنفيذ حظر الوقود عالي الكبريت في 1 مارس 2020، لانتهاكها قيود الكبريت العالمي. ففي 16 مارس 2020 ، دخلت هذه السفينة التابعة لشركة البحر الأبيض المتوسط للنقل البحري (MSC)، مياه الإمارات العربية المتحدة، منتهكة الحظر الذي فرضته المنظمة البحرية الدولية على السفن التي تحمل وقوداً عالي الكبريت على الرغم من التحذيرات المتكررة من سلطات الميناء بتفريغ الوقود الثقيل قبل الوصول. لذلك ، أصدرت هيئة النقل الإماراتية أمراً "بعدم رسوؤها في أي ميناء من موانئ الإمارات العربية المتحدة خلال عام واحد". وفي الوقت نفسه ، مُنع ربان السفينة من العمل على أي سفينة ترزور دول الشرق الأوسط وواجه دعوى قضائية⁴⁴.

قد يؤدي حق الرقابة هذا المخول لدولة الميناء، إلى نتيجة أن الدول غير الأطراف ستجد نفسها، على الأقل من الناحية التقنية، ملزمة بالتأكد من أن السفن التي تحمل علمها تتوافق مع المتطلبات الجديدة للوقود البحري عندما تصل إلى موانئ الدول الأطراف في الملحق 6 من اتفاقية MARPOL. خاصة وأن القاعدة 7 في فقرتها الأولى تُخضع كل سفينة -بغض النظر عن علمها- عند تواجدها في ميناء دولة طرف في الملحق لرقابة تلك الدولة⁴⁵. و في ذلك تأكيد على التزام جميع السفن التجارية مع الدول الأطراف في الملحق 6 بالامتثال للحد الأقصى لنسبة الكبريت أي 0.10 % في مناطق التحكم في الانبعاثات و الموانئ و 0.50 % خارجها. حينها سيكون لتقليل انبعاثات أكسيد الكبريت الناجمة عن السفن تأثيراً إيجابياً وعملياً على صحة الإنسان⁴⁶.

مع تطور التكنولوجيا المتعلقة بالطائرات بدون طيار ، يتم حالياً استخدام معدات الاستشعار للطائرة بدون طيار لتحديد كثافة الملوثات فوق السفينة . إذ تعد تقنية استشاق هذه الطائرات، أداة فعالة لقياس انبعاثات الكبريت من السفن و بالتالي للتفتيش البيئي و لإنفاذ القانون للحد من الكبريت. و هذا من خلال مجموعة متنوعة من معدات استشعار الغاز الذكية عالية الدقة المصممة خصيصاً لوظيفة مراقبة بيئة الغلاف الجوي. بحيث تقوم الطائرات المسيرة بدوريات لآلاف السفن التي تدخل الميناء وتغادره ، فتكشف عن السفن التي تتجاوز الحد ، و ترسل البيانات إلى نظام المراقبة البرية في الوقت الفعلي ، من أجل سرعة إيقاف السفن التي تتجاوز الحد الأقصى لنسبة الكبريت⁴⁷.

3.2.1- المسؤولية عن الإخلال بضمان مطابقة الوقود المستخدم.

أصبحت المسؤولية و الجزء المترتب عن الأضرار البيئية البحرية موضوعاً حيويًا أكثر من أي وقت مضى . و هو ما يستشف من خلال قضية أولى من نوعها أمام القضاء الفرنسي في مجال التلوث الجوي الناجم عن انبعاثات الكبريت من سفينة، المعروفة بقضية AZURA ، تتلخص وقائعها أنه و بتاريخ 29 مارس 2018، تعرضت سفينة Azura السياحية التي ترفع علم برمودا Bermuda وتنتمي لشركة Carnival Cruise Line الأمريكية ، خلال توقفها في مرسيليا ، للفحص بهدف تحديد نسبة الكبريت في الوقود. كشفت تقارير الخبراء أن الوقود المستخدم كان يحتوي على نسبة كبريتية تبلغ 1.68% ، أي بمعدل أعلى من المتطلبات القانونية المنصوص عليها في المادة 2-218L من قانون البيئة الفرنسي و المقدر بـ 1.50% على متن السفن التي تقدم خدمات منتظمة من و إلى الموانئ التابعة لدولة عضو في الاتحاد الأوروبي ، ثم يجب أن يكون أقل من أو يساوي 0.50% اعتبارًا من 1 يناير 2020. يجب أن تستخدم السفن المتوقعة في الرصيف لمدة تزيد عن ساعتين على التوالي وفقًا للجداول المنشورة وقودًا بمحتوى الكبريت أقل من أو يساوي 0.10% باستثناء السفن التي توقف كل المحركات وتستخدم الاتصال الكهربائي عند الرصيف في الموانئ.⁴⁸

أصدرت محكمة مرسيليا تاريخ 2018/11/26 حكماً بإدانة ربان السفينة الذي يحمل جنسية أمريكا الشمالية ودفع غرامة قدرها 100000 يورو لارتكاب جريمة تلوث الغلاف الجوي بواسطة السفينة، ذلك أن الدخان الناتج عن حرق الوقود المستخدم في السفينة يحتوي على نسبة كبيرة من الكبريت تتجاوز الحدود المسموح بها، مما يسبب تلوثاً للهواء⁴⁹ . و قد انتهت القضية بموجب قرار محكمة النقض الفرنسية الصادر بتاريخ 6 ديسمبر 2022 و هو قرار صارم لربان السفن ، يحمي البيئة بشكل بارز. حيث أكد القرار أن الفعل مجرم بموجب المادة 15-218L من قانون البيئة الفرنسي⁵⁰ ، هي جريمة عمدية تطبيقاً للفقرة 1 من المادة 121-3 من قانون العقوبات الفرنسي. فربان السفينة السياحية مسؤول عن سلامة السفينة وطاقمها وحماية البيئة وسلامتها ، و هو مطالب شخصياً بمعرفة القواعد المتعلقة بالتلوث الناتج عن التصريفات من السفن وتطبيقها. لذلك يجب عليه ضمان الامتثال للتشريعات البيئية للوقود المستخدم عند الإبحار في المياه الخاضعة للسلطة القضائية الفرنسية ، حتى لو تم تزويد السفينة بالوقود من قبل مالك السفينة⁵¹. وبالتالي فإنه يتحمل المسؤولية الجنائية عندما يتجاهل عن قصد واجب استخدام وقود يحتوي على نسبة كبريت أقل من 1.50، ولا يستطيع أن يبرئ نفسه من مسؤوليته بالاعتماد على التعليمات الخاطئة التي يرسلها إليه المجهز مالك السفينة .

تشكل الأحكام الردعية المتعلقة بالتلوث الناجم عن تصريفات السفن مجموعة غير نمطية. على هذا الأساس ، اختار المشرع الفرنسي تجريم الضرر الذي تلحقه السفينة بالبيئة باستخدام تقنية تُعرف باسم تقنية التكيف بالإشارة⁵²، حيث يتم الاستفادة من مرجعية موجودة لتحقيق التكيف. أي أن معيار السلوك المنصوص

عليه في القانون الوطني يعكس بشكل مباشر أحكام نصوص أخرى ، و المقصود في هذه الحالة اتفاقية MARPOL وملاحقها المختلفة⁵³.

بالتالي فإن المحكمة تستنتج النية اللازمة لإقرار جريمة تلوث الغلاف الجوي من التجاهل المتعمد للتشريعات السارية فيما يتعلق بانبعاثات السفن. وبشكل أكثر تحديداً ، تعتبر أن الربان ملتزم بواجب عام بمعرفة المعايير البيئية شخصياً ، وفرضها، فهو التزام أصلي يقع على عاتقه. وعليه ، فإن مجرد القيام بوعي بعمل مخالف لهذه المتطلبات القانونية ، تؤدي إلى توافر العنصر المعنوي لجريمة تلويث الهواء. فالنتيجة الوحيدة لانتهاك شرط قانوني أو تنظيمي عن علم ، تعني ضمناً ، توافر النية الإجرامية لدى صاحبها.⁵⁴

يذهب البروفيسور Philippe Delebecque ، إلى أن الربان لم يعد اليوم من التابعين الرئيسيين لمشغل السفينة كما كان عليه الحال في الماضي⁵⁵ ، حيث أصبحت الشركة المجهزة الآن هي التي تدير عمليات التزويد بالوقود ، وبالتالي يظهر ربان السفينة من تابعي الشركة ، و مطلوب منه الامتثال للتعليمات الموجهة إليه. لذلك قد يبدو من الصعب قبول إدانة ربان السفينة Azura جنائياً طالما أن الأخير ليس لديه سيطرة حقيقية على إمدادات وقود السفينة ، بعد اتباع التعليمات من صاحب العمل فقط. لكن باتباع منطق المحكمة ، فإن ربان السفينة ملزم شخصياً بضمان أن الوقود الموجود على متن السفينة يتوافق مع التشريعات البيئية ، حتى لو لم يكن هو المسؤول المباشر عن الوقود. هذا ما سيجعل ربان السفينة بين مطرقة تعليمات المجهز التي يتعين عليه الإلتزام بها ، و سندان مخاطر المتابعة الجزائية التي يتعرض لها إذا لم يضمن أن الوقود الذي تختاره الشركة يتوافق مع اللوائح البيئية⁵⁶.

يظهر من خلال عواقب الإنتهاك إذن، أن الطاقم سيتأثر بشكل مباشر من تنفيذ اللوائح الجديدة للحد من الكبريت ، لذلك يجب على مالك السفينة التأكد من أن الطاقم على دراية بحدود الانبعاثات الكبريت في دول الميناء ذات الصلة بنطاق إبحارها.

2- الاستثمار الأخضر في صناعة النقل البحري.

يتطلب أي تشريع، برنامج مراقبة قوي وصارم عملياً لضمان الامتثال، لذلك وضعت المنظمة البحرية الدولية العديد من التدابير التي تهدف إلى الحد من الأثر البيئي للسفن و السيطرة على تلوث الهواء الناتج عن صناعة النقل البحري، دعماً للعمل العالمي نحو التخفيف من آثار تغير المناخ، و المحافظة على الصحة العامة، فطبقت المنظمة مفهوم "الشحن الأخضر" أو "الشحن المستدام" على النقل البحري ، أي على متن السفينة البحرية التي تساهم في تحسين الظروف البيئية الحالية . يتعلق الأمر بإطار عمل صممتها المنظمة البحرية لمساعدة مالكي السفن ومشغليها على إدارة أدائهم البيئي و تحسين كفاءة الطاقة في سفنهم و تشجيعهم على اعتماد أفضل الممارسات و أكثرها استدامة للحد من استهلاك الوقود وانبعاثات الغازات بحيث ألهمت اللوائح والسياسات الصارمة على التفكير و ابتكار تقنيات تحقق الوصول إلى المستوى المطلوب من الشحن الأخضر.

2-1- لوائح المنظمة البحرية لتحسين كفاءة طاقة السفن.

نظرًا لأن المنظمة البحرية الدولية هي الجهة التنظيمية الرئيسية لصناعة النقل البحري، فإن الارتباط واضح بين أهداف خفض الانبعاثات وأدوات السياسة التي تعمل على تحقيقها، لذلك يتم التركيز بشكل أكبر على تحسين كفاءة استخدام الطاقة تلبية لإستراتيجيتها.

تعتمد أدوات المنظمة البحرية الحالية التي تعالج الانبعاثات في الهواء سواء المواد الملوثة للهواء أو انبعاثات غازات الدفيئة من السفن، بشكل أساسي، على عدد من الرموز و الشهادات التي يجب على السفينة الالتزام بها بهدف تنظيم عملياتها اليومية ، بحيث تتطلب اللوائح من السفن الالتزام بالحدود المرجعية التي تشير من حيث المبدأ، إلى كمية الانبعاثات لكل عملية نقل. ويتم حسابها إما على رحلة واحدة، كما في حالة EEDI و EEXI أو عن طريق حساب متوسط البصمة الكربونية على مدار عام من العمليات كما في حالة CII. على هذا الأساس سيتم التطرق من خلال محورين فرعيين إلى لوائح ضمان فعالية استهلاك السفن للطاقة كدائير لتحقيق هدف استراتيجية المنظمة البحرية الدولية في الحد من الانبعاثات.

2. 1.1- مؤشري EEXI و CII وآثارهما على كفاءة السفينة البيئية.

للتخفيف من حجم إجمالي الغازات الدفيئة السنوية بنسبة 40% على الأقل بحلول عام 2050، مقارنة بعام 2008 ، اعتمدت لجنة حماية البيئة البحرية تعديلات في دورتها السادسة والسبعين ، بموجب القرار (76) MEPC.328، الملحق السادس المنقح لاتفاقية MARPOL لعام 572021، والذي دخل حيز التنفيذ في 1 نوفمبر 2022، فتم وضع ، مقياسين جديدين ، دخلا حيز التنفيذ في بداية عام 2023 ، مؤشر كفاءة الطاقة للسفن الموجودة (EEXI) ومؤشر كثافة الكربون التشغيلي السنوي (CII) .

2. 1.1. 1- مؤشر كفاءة استخدام الطاقة في السفن القائمة EEXI: هو مؤشر تلتزم جميع السفن

التي تبلغ حمولتها الإجمالية 400 طن أو أكثر بالإمتثال لمتطلباته ، فتخضع من خلاله لتقييم كفاءتها في استخدام الطاقة وإظهار الالتزام بالمعايير المطلوبة.

حيث يظهر EEXI كفاءة السفينة في استخدام الطاقة مقابل خط مرجعي. يتم بعد ذلك مقارنة EEXI التي تم الحصول عليها من السفن بمؤشر كفاءة الطاقة للسفن الحالية (EEXI) الذي تم الحصول عليه بناءً على عامل تخفيض قابل للتطبيق معبراً عنه بنسبة مئوية من تصنيف كفاءة الطاقة الأساسي EEDI. يجب أن تكون قيمة EEXI المحسوبة التي يتم الحصول عليها لكل سفينة أقل من EEXI المطلوبة لضمان استيفاء السفينة لمعيار الحد الأدنى لكفاءة الطاقة⁵⁸ . بمعنى أن يكون للسفينة الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة قيمة EEXI أقل. وقد أصبح من الإلزامي لجميع السفن الحالية اعتباراً من 1 يناير 2023، حساب مؤشر كفاءة الطاقة (EEXI) والبدء في جمع البيانات للإبلاغ عن مؤشر كثافة الكربون التشغيلي السنوي. هذا يعني أن التقرير السنوي الأول اكتمل في عام 2023 ليتم بعدها منح الدرجات الأولى في عام 2024.⁵⁹

1.2. 2.1- مؤشر كثافة الكربون التشغيلي CII: من خلال اللائحة 28.1 من الملحق السادس

لاتفاقية MARPOL، يتعين على السفن ، احتساب مؤشر كثافة الكربون التشغيلي السنوي (CII)⁶⁰، و ذلك وفق المبادئ التوجيهية لـ 2022 التي اعتمدتها لجنة حماية البيئة البحرية بموجب القرار MEPC.352 (78)، بشأن طرق احتساب مؤشرات كثافة الكربون التشغيلية⁶¹. فهو الآخر نظام يشجع السفن على تحسين كفاءتها الكربونية.

يعد مؤشر كثافة الكربون (CII) مقياساً لمدى كفاءة نقل السفينة لشحنتها، حيث يقاس ثاني أكسيد الكربون المنبعث من السفينة لكل سعة حمل البضائع⁶²، فيعكس ذلك كفاءة الطاقة التشغيلية لها. وهو إلزامي للسفن التي تبلغ حمولتها الإجمالية 5000 طن وما فوق.

في حين أن EEXI هي شهادة تمنح لمرة واحدة فتغطي معايير التصميم ، يتم تقديم CII بناءً على الانبعاثات الفعلية للسفينة أثناء التشغيل ويجب مراجعتها سنوياً. فمن اللازم توثيق CII التشغيلي السنوي الفعلي الذي تم تحقيقه والتحقق منه مقابل CII التشغيلي السنوي المطلوب. وهذا يتيح تحديد تصنيف كثافة الكربون التشغيلي بناءً على مؤشر كثافة الكربون للسفينة، سيتم تصنيف كثافة الكربون لديها A أو B أو C أو D أو E كإشارة لمستوى الأداء، حيث يعبر A عن مستوى أداء متفوق رئيسي، فهو الأعلى تصنيفاً يكون للسفينة بموجبه كمية قليلة بشكل ملحوظ من انبعاثات الكربون لكل وحدة من أعمال النقل التي تقوم بها، قد يرجع ذلك لاستثمار السفن في محركات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود ، أو الانتقال إلى وقود أنظف ، أو تنفيذ إجراءات تشغيل أكثر فعالية⁶³. سيتم تسجيل مستوى الأداء في «إعلان المطابقة» الذي يحدد في خطة إدارة أداء الطاقة للسفينة (SEEMP)، وهي وثيقة إلزامية خاصة بالسفينة لتحسين كفاءة طاقة السفينة بطريقة فعالة من حيث التكلفة. يجب أن تتضمن SEEMP خطة جمع بيانات استهلاك زيت وقود السفن (DCP) ، والتي تتضمن وصفاً لمنهجية جمع البيانات وعمليات إعداد التقارير. سوف يُطلب من السفينة ذات التصنيف D لمدة ثلاث سنوات متتالية أو التصنيف E تقديم خطة عمل تصحيحية لإثبات كيفية تحقيق التصنيف C المطلوب أو أعلى. وتشجع السلطات وسلطات الموانئ وأصحاب المصلحة الآخرين حسب الاقتضاء، على تقديم حوافز للسفن التي حصلت على تصنيف A أو B⁶⁴.

و يشار هنا إلى أن عتبات التصنيف ستكون أكثر صرامة إلى غاية عام 2030 ، حيث يبدأ عامل خفض الكربون من 5٪ في عام 2023. وبعد ذلك ، ستم إضافة 2٪ سنوياً. ستحتاج السفينة المصنفة D أو E لمدة ثلاث سنوات متتالية إلى تقديم خطة عمل تصحيحية توضح كيفية زيادة مستوى الأداء.

من الملاحظ في هذا الإطار أن اللوائح صامته أيضاً بشأن الطرف الذي سيدفع مقابل CII والعواقب المحتملة لأي تغييرات تشغيلية يجب إجراؤها للحفاظ على تصنيف CII متوافق. وعلى الرغم من منح المالكين صلاحيات تعاقدية لإجبار المستأجرين على إجراء تغييرات تشغيلية من شأنها تحسين تصنيف CII أو على الأقل الحفاظ عليه ، يبقى المالك مسؤولاً عن الحفاظ على سفينة متوافقة مع CII65.

1.2. مؤشر تصميم كفاءة الطاقة EEDI و خطة إدارتها SEEMP.

تتطلب السفن الجديدة مقياساً تقنياً لتصميم كفاءة الطاقة EEDI ، يهدف إلى تعزيز استخدام معدات ومحركات أقل تلويثاً. و من الناحية التشغيلية ، يجب على جميع السفن الحالية اعتماد خطة لإدارة كفاءة الطاقة (SEEMP) بغية مراقبة تحسينات الأداء .

1.2.1. مخطط المراقبة والإدارة على المستوى التشغيلي: EEDI⁶⁶.

أنشأت المنظمة البحرية الدولية مؤشر تصميم كفاءة الطاقة EEDI المطبق على السفن التي تبلغ حمولتها الإجمالية 400 طن وما فوق، بموجب القرار MEPC.203 (62) الصادر في 15 جويلية 2011، كأهم تدبير تقني رئيسي يهدف إلى تشجيع استخدام معدات ومحركات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة في السفن الجديدة ، إذ تم توثيقه كمقياس يمكن أن يساعد في تنظيم ثاني أكسيد الكربون بالنسبة للسفن المبنية حديثاً، بحيث لا يمكن للسفن تجاوز عتبة ثاني أكسيد الكربون. فيعد مؤشر تصميم كفاءة الطاقة (EEDI) من المعايير الفنية الإلزامية التي تحدد الحد الأدنى من متطلبات كفاءة الطاقة للسفن الجديدة ، بهدف تعزيز استخدام تصاميم سفن أكثر استدامة. فكان هذا النهج بدوره عنصراً حيوياً في الإطار التنظيمي الذي وضعته المنظمة البحرية الدولية .

يتم حساب EEDI بناءً على تصميم السفينة ويأخذ في الاعتبار عدة عوامل مثل حجمها وسرعتها وقوة محركها، بحيث يجب أن تقي السفن بالحد الأدنى من متطلبات EEDI حتى يتم اعتمادها للتشغيل. يتم حساب الحد الأدنى بناءً على تصميم السفينة ، و يعبر عنه بجرامات ثاني أكسيد الكربون لكل طن-ميل (gCO₂)⁶⁸ (tonne-mile). و يأخذ حساب EEDI في الاعتبار استهلاك وقود السفينة وانبعاثاتها بالإضافة إلى أعمال النقل ، وهي كمية البضائع التي يمكن أن تحملها السفينة لكل وحدة زمنية. على سبيل المثال ، الحد الأدنى لمتطلبات EEDI لسفينة جديدة تم بناؤها عام 2020 هو 30% أقل من المستوى الأساسي. و بحلول عام 2025 ، سيكون الحد الأدنى من المتطلبات أقل بنسبة 50% من مستوى خط الأساس⁶⁹. وهذا يعني أن السفينة الجديدة التي يتم بناؤها في عام 2025 ستحتاج إلى أن تكون أكثر كفاءة في استخدام الطاقة بنسبة 50% من متوسط السفينة التي تم بناؤها بين عامي 2000 و 2010. وتتم مراجعة المستوى الأساسي وتحديثه بشكل دوري من قبل المنظمة البحرية الدولية لتعكس التقدم في التكنولوجيا والتغيرات في صناعة الشحن⁷⁰.

1.2.2. خطة إدارة كفاءة الطاقة في السفن (SEEMP) :

يتضمن SEEMP⁷¹ مجموعة متنوعة من التدابير ، و طرق للمراقبة، مثل تحسين سرعة السفينة ومسارها مراقبة البدن وصيانتها وتنفيذ تقنيات موفرة للطاقة ، وتقليل استهلاك الطاقة غير الضروري على متنها. إنه مطلب إلزامي لجميع السفن التي تبلغ حمولتها الإجمالية 400 طن وما فوق. يتكون SEEMP من ثلاثة أجزاء: الجزء الأول: خطة إدارة السفن لتحسين كفاءة الطاقة، و هو إلزامي ويجب الاحتفاظ به على متن جميع السفن التي يزيد وزنها عن 400 طن.

الجزء الثاني: خطة جمع بيانات استهلاك وقود السفن، هو إلزامي لجميع السفن التي يزيد وزنها عن 5000 طن.

الجزء الثالث: خطة كثافة الكربون التشغيلية للسفينة، لجميع السفن الخاضعة لمؤشر كثافة الكربون (CII) أي سفن نقل البضائع، Ro-Pax: سفن الدرجة بضائع/ركاب، وسفن الركاب السياحية التي يزيد وزنها عن 5000 طن⁷².

يتم تنفيذ الخطة SEEMP على أربع مراحل: التخطيط والتنفيذ والرصد والتقييم الذاتي. خلال مرحلة التخطيط، يحدد مشغل السفينة تدابير كفاءة الطاقة المحتملة ويضع أهدافاً للتحسين. في مرحلة التنفيذ، ينفذ مشغل السفينة التدابير المحددة، بينما يقوم خلال مرحلة المراقبة، بقياس وتحليل أداء كفاءة الطاقة في السفينة، ليقم خلال مرحلة التقييم الذاتي فعالية التدابير المنفذة مع تحديد للمجالات التي تحتاج إلى مزيد من التحسين⁷³. يتضح إذن أن هذا النظام هو أداة هامة وجزء لا يتجزأ من الإطار التنظيمي للنقل البحري وتنفيذه ضروري للامتثال للوائح البيئية الدولية.

2.2- تقنيات التخفيض والبدائل الصديقة للبيئة.

تعتبر مرحلة التشغيل المصدر الرئيسي للنتائج البيئية الضارة خلال دورة حياة السفينة، فكان لزاماً اللجوء إلى التقنيات المختلفة وأنواع الوقود البديلة التي توفر إمكانيات كبيرة للحد من الأثر البيئي السلبي. بعد أن وضعت المنظمة البحرية الدولية ضوابط أكثر شدة على عمليات النقل البحري العالمية لحماية البيئة الهوائية من انبعاثاته، كان لا بد على مالكي السفن ومشغليها من البحث عن حلول اقتصادية لتلبية متطلبات الانبعاثات الجديدة في صورة مسارات وتقنيات مختلفة تساعد صناعة النقل البحري في إزالة الكربون و الحد من الغازات الأخرى من عملياتها. يتعلق الأمر بالإمكانيات الخضراء لتقنيات النقل البحري للانتقال إلى مستقبل أكثر استدامة.

بروح التحديث و الوعي البيئي، تتداول صناعة الشحن خيارات للتزود بالوقود من أجل الامتثال لحدود الانبعاثات. تتمثل خصوصاً في بدائل رئيسية ثلاث، هي التحول إلى وقود عالي الجودة ومنخفض الكبريت -يشار إليه عادة باسم نواتج التقطير- تركيب هياكل تنظيف غازات العادم، وتعديل السفن الحالية للعمل كسفن تعمل بالغاز الطبيعي المسال، كما أن لنظام المبادلة و سوق الكربون و كذا الأتمتة دور في تنفيذ استراتيجية المنظمة البحرية. و هو ما سيتم تناوله تبعا.

2.2.1- نظام الغسيل و التبخير البطيء بدائل الوقود المنخفض الكبريت.

يعد استخدام الوقود المنخفض الكبريت إحدى طرق التشغيل الملائمة للحفاظ على سلامة البيئة الجوية، إلا أنه قد يكون للسفن القدرة على الاستمرار في استخدام وقود السفن الأرخص بدلاً من الوقود منخفض الكبريت باهظ الثمن، بالجوء إلى نظام إزالة الكبريت من الوقود، فيكون بذلك ملتزماً بمعايير الانبعاثات، أو اللجوء إلى تقنية إبطاء سرعة السفينة، مما يقلل من استهلاك الوقود.

2. 1. 1-وقود منخفض الكبريت: الوقود منخفض الكبريت هو نوع من الوقود يحتوي على نسبة كبريت أقل من الوقود التقليدي. فيستخدم في النقل البحري للامتثال للوائح البيئية التي تهدف إلى تقليل انبعاثات أكاسيد الكبريت (SOx) من السفن، إذ يعد استخدام الوقود منخفض الكبريت إلزاميا في بعض مناطق التحكم في الانبعاثات المحددة (ECAs)، و حينها يمكن للسفن تقليل انبعاثات الكبريت بنسبة تصل إلى 97%، مما يحسن بشكل كبير الظروف الجوية ويحافظ على الصحة العامة. بالمقابل، فإن استخدامه يواجه عدة تحديات أهمها تكلفة الوقود المرتفعة، مقارنة بالوقود التقليدي بسبب عمليات التكرير الإضافية المطلوبة لتقليل محتوى الكبريت⁷⁴.

2. 1. 2-أنظمة إزالة غازات العادم: وفقاً للقاعدة الرابعة في الملحق السادس لاتفاقية MARPOL حول "المعادلات" يمكن الامتثال لمتطلبات التشريعات الجديدة من خلال استخدام أجهزة تنقية الغازات المنبعثة والمعروفة بمصطلح (Exhaust Gas Cleaning System :EGCS) في اللغة الإنجليزية. تماشياً مع ذلك، قد يختار مالكو السفن، تجهيز السفينة بأنظمة تنظيف غاز العادم (EGCS)، حيث يعد نظام الغسيل من بدائل الامتثال المتاحة للسفن غير القادرة على استخدام وقود منخفض الكبريت، فتقوم أجهزة تنقية الغاز بإزالة الكبريت من غازات العادم الناتجة من إحتراق الوقود داخل محرك السفينة عن طريق مرورها بحمامات مياه قبل خروجها للجو⁷⁵.

تتوفر اليوم ثلاثة أنواع من أجهزة تنقية العادم وهي، الحلقة المفتوحة، يتم فيها استخدام مياه البحر كعامل تنظيف، و تقوم أجهزة تنقية الغاز ذات الحلقة المفتوحة بتصريف مياه الغسيل مباشرة في البحر. نظام الحلقة المغلقة الذي يستخدم المياه العذبة أو المواد الكيميائية كعامل تنظيف، ونظام مزدوج يقوم بالتبديل بين الحلقة المغلقة والمفتوحة و هذا اعتماداً على المنطقة التي تعمل فيها السفينة⁷⁶. و وفقاً للمجلس البحري الدولي البلطقي BIMCO، فقد تضاعف عدد السفن المزودة بأجهزة غسل الغاز إلى ما يزيد 4000 سفينة خلال 13 شهرا التالية لدخول IMO 2020 حيز النفاذ⁷⁷.

مع ذلك، يحتاج تثبيت هذه الأجهزة إلى توقف السفينة عن الملاحة البحرية لمدة زمنية من أجل إتمام عملية تركيب أجهزة التنقية في ورشة التصنيع، علاوة على ما تتطلبه من مساحة على متن السفينة يشكل خسارة من حمولتها⁷⁸. كما أنه و على الرغم من أن هذه الأجهزة، من الناحية النظرية، هي أرخص استراتيجياً، إلا أن تكلفتها كبيرة. ناهيك على أن هذه العملية تنتج كميات كبيرة جداً من المياه شديدة الحموضة والملوثة. و في كثير من الأحيان، تقوم السفن بإلقاء هذه المياه في البحر، و رغم دورها في النقص من كمية الانبعاثات في الهواء، تلوث البيئة البحرية بالهيدروكربونات متعددة الحلقات التي تؤثر سلباً على الكائنات البحرية⁷⁹، مما يقضي على الجهود المبذولة لتحقيق بيئة نظيفة.

الإشكال المطروح هنا يكمن في الطرف الذي يتحمل تكاليف عدم المطابقة في إطار الإيجار الزمني للسفينة؟ ففي حالة استغلال المستأجر لسفينة غير مجهزة بنظام تنقية الغاز المنبعث EGCS و تم رسو في منطقة

التحكم في الانبعاثات SECA لأغراض تجارية أو لمدة توقف بسبب تقني، حينها يتم التساؤل حول من يتحمل مسؤولية عدم الإمتثال، هل يتحملها المؤجر أم المستأجر؟ الأكد هنا أن نظام الغسيل EGCS المثبت على السفينة يعتبر جزءاً لا يتجزأ منها، بينما استغلال المستأجر يكون لفترة زمنية محددة. لذلك يذهب الفقه إلى أنه من الواجب إجراء مفاوضات كافية و محكمة بين المستأجر والمؤجر قبل نقل السفينة إلى المستأجر، مع إدراج بند يتعلق بتوزيع التكاليف بينهما.⁸⁰ ومن المتوقع نظراً لأن مالك السفينة هو طرف مسؤول عن الامتثال دون أن يكون له مصلحة مالية في الشحنة نفسها، أن تكون هناك بعض المفاوضات بين مالك السفينة ومالكي البضاعة عندما يتعلق الأمر بتوزيع تكاليف الانبعاثات.

2. 1. 2. 3- خفض سرعة السفن: عند تخفيض السرعة تحرق السفينة وقوداً أقل وتنبعث منها ملوثات أقل في الغلاف الجوي، خاصة في المناطق الساحلية حيث يمكن أن يكون لتلوث الهواء تأثير كبير على الصحة العامة. فقد أظهرت نتائج دراسة حول آثار التبخير البطيء عند تقليل سرعة الإبحار لسفينة حاويات من 24 عقدة إلى 19 عقدة انخفاضاً في استهلاك الوقود بنسبة 53% تقريباً. يؤدي تقليل سرعة الإبحار لسفينة الدرجة RO-RO بنسبة 10% مقارنة بالسرعة المخطط لها إلى انخفاض ثاني أكسيد الكربون بنسبة 27%، و تقليل السرعة بنسبة 40% يؤدي إلى انخفاض بنسبة 78.4% في ثاني أكسيد الكربون.⁸¹

مع ذلك، فإن استراتيجية تخفيض السرعة التي تهدف إلى تحقيق أهداف الحد من الانبعاثات، تواجه ضرورة تلبية متطلبات التسليم في الوقت المحدد، خاصة وأن الالتزام بالجدول الزمني يعكس جودة خدمات النقل الملاحي المنتظم. كما قد يحد ذلك من عدد رحلات النقل البحري وبالتالي خفض أرباح شركات النقل. وقد تؤدي إطالة الرحلات بسبب التبخير البطيء إلى الانحراف غير المشروع عن الخط الملاحي المتفق عليه.

2. 2. 2- الوقود البديل.

يقع انتقال الطاقة في صميم التنمية المستدامة، حيث أن للطاقة النظيفة دور في ضمان الاستدامة البيئية. على هذا الأساس تحاول صناعة النقل البحري إرضاء EEDI بتحسين المحركات البحرية وكذلك من خلال التغييرات في الوقود البحري و اللجوء إلى الوقود البديل النظيف الأكثر صداقة للبيئة و الذي عادة ما يتم اشتقاقه من مصادر متجددة، فيتم استخدامه على نطاق واسع كحل ضروري للنقل الأخضر و قابل للتطبيق. لذا نظمت المنظمة البحرية الدولية في 21 أكتوبر 2022 الندوة الثانية للمنظمة بشأن الوقود البديل المنخفض الكربون والصفر كربون للنقل البحري بشأن موضوع «ضمان الانتقال العادل والشامل إلى النقل البحري المنخفض الكربون»، لدراسة تحديات وفرص إنتاج الوقود المتجدد، ولا سيما بالنسبة للبلدان النامية مع تقييم العناصر الأخرى التي يمكن أن تشكل انتقالاً عادلاً ومنصفاً.⁸² ذلك أن أنواع الوقود البديلة تواجه هي الأخرى ارتفاع التكاليف، ومحدودية الوفرة.

2.2.2. 1- طاقة الرياح للحد من الانبعاثات: برزت الرياح كمصدر طاقة بديل واعد في صناعة النقل البحري. لمميزاته المتمثلة في أنه مصدر مجاني وفير ومتجدد للطاقة . مما يقلل بشكل كبير من تكاليف تشغيل السفينة. كما يوفر مزيدا من الوقت من أجل تطوير أنواع من الوقود البديلة، و حتى عند توافرها ستكون الحاجة إليها بصورة أقل ، و ذلك لأن الرياح يمكنها توفير من 10 إلى 90 % من الطاقة التي تحتاجها السفينة⁸³.

يمكن أيضا تركيب توربينات الرياح على سطح السفينة دون شغل مساحة شحن كبيرة ، مما يجعلها حلا عمليا وموفرا للمساحة . ومع ذلك ، هناك عقبات تتعلق باستخدام طاقة الرياح، أهمها أن طاقة الرياح تعتمد بشكل كبير على الظروف الجوية وبالتالي فهي ليست مصدرا موثوقا للطاقة . أيضا ، يمكن أن يكون تصميم وتركيب عنفة- توربينات- الرياح على السفن معقدا ومكلفا.، كما أن هناك مخاوف تتعلق بالسلامة مرتبطة بتركيبها وتشغيلها على متن السفن⁸⁴.

2.2.2. 2- الهيدروجين بديل مستدام للوقود التقليدي: هناك العديد من مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الهيدروجين مثل الرياح والطاقة الشمسية لذا لا ينتج انبعاثات ضارة عند حرقه ، مما يجعله خيارا جذابا للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ومكافحة تغير المناخ ، بذلك أصبح مصدر اهتمام كعنصر رئيسي في الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون.

يتم استخدام الهيدروجين كمصدر للدفع البحري و ذلك بتحويله إلى خلايا وقود مباشرة على متن السفينة فتستخدم الطاقة المنبعثة من التفاعل الكيميائي للهيدروجين والأكسجين في توليد الكهرباء، يتم إجراء تحويل الطاقة هذا بطريقة سليمة بيئيا لأنه يرتبط فقط بتوليد الماء والحرارة⁸⁵. لكن من المهم ملاحظة أنه لا يمكن اعتبار الهيدروجين وقودا نظيفا إلا إذا كانت التقنيات المستخدمة في توليده واستهلاكه نظيفة أيضا.⁸⁶ علاوة على ذلك ، يمكن استخدام خلايا وقود الهيدروجين جنبا إلى جنب مع مصادر الطاقة المتجددة ، مثل الرياح فتتشغل السفن البحرية باستخدام مزيج من مصادر الطاقة المستدامة.

على هذا الأساس وافقت اللجنة الفرعية لنقل البضائع والحاويات (CCC 9) التابعة للمنظمة البحرية خلال الدورة 9، المنعقدة في الفترة من 20-29 سبتمبر 2023 على عقد اجتماع لفريق عامل بين الدورات في الفترة من 9 إلى 13 سبتمبر 2024 لوضع اللامسات الأخيرة على المبادئ التوجيهية لسلامة السفن التي تستخدم الهيدروجين والأمونيا كوقود⁸⁷.

2.2.2. 3- الغاز المسال الطبيعي وقود للسفن: كبديل أكثر ملاءمة للبيئة مقارنة بالوقود التقليدي يسعى من خلاله مالكو السفن الامتثال لاستراتيجية المنظمة البحرية، فاكتملت أهمية كبيرة في المشهد الطاقوي. حيث يقلل استخدام الغاز الطبيعي من أكسيد الكبريت بنسبة تصل إلى 99.9% و أكسيد النيتروجين الناتجة عن عملية الاحتراق بنسب تخفيض مرتفعة تصل إلى 80 % ، كما يقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 29 % لكونه أخف من أنواع الوقود الأخرى⁸⁸ وبالتالي يعد حلا ناجعا مقارنة بغيره لما يتميز به من

مزايا بيئية ، وسيدعم ارتفاع الطلب عليه في قطاع النقل البحري جهود التحول نحو تقنيات بحرية منخفضة الانبعاثات⁸⁹.

في هذا الإطار وقعت شركة Shell و مجموعة CMACGM اتفاقيات متعددة لتوريد الغاز الطبيعي المسال إلى سفن CMACGM العاملة على الغاز الطبيعي المسال و ذات حمولة 13000 حاوية نمطية في ميناء سنغافورة بدء من النصف الثاني لـ 2023 و هذا في إطار تسريع عملية إزالة الكربون من النقل البحري⁹⁰. رغم مزايا الغاز الطبيعي المسال إلا أن السفن تحتاج أيضا إلى مساحة لنقله، كما أن استخدامه لا يتطلب ضرورة التكيف من السفن فقط و إنما أيضا من الموانئ ، إذ تحتاج السفن التي تستخدم الغاز الطبيعي المسال إلى هياكل محددة وجب توفيرها. من ناحية أخرى فإن للغاز الطبيعي المسال بعض العيوب البيئية أهمها انبعاث الميثان من محركات الغاز الطبيعي المسال،⁹¹ الذي يعد من غازات الدفيئة وفق بروتوكول كيوتو التابع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي. لذلك أطلق المجلس الدولي للنقل النظيف ICCT مشروعا من خلاله يتم استخدام الطائرات المسيرة لقياس انبعاثات الميثان من السفن التي تستخدم الغاز الطبيعي المسال كوقود شائع للسفن الحديثة⁹². وبغية تخطي العقبات الفنية و البيئية، اعتمدت لجنة السلامة البحرية في دورتها التاسعة بعد المئة (MSC 109) في الفترة الممتدة من 2 إلى 6 ديسمبر 2024 تعديلات على المرجع الدولي لقواعد السلامة المعمول بها على السفن التي تستخدم الغازات أو وقود آخر ذو نقطة وميض منخفضة المعروف بمدونة IGF⁹³ و هذا بغية تعزيز سلامة السفن التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود ، شملت توضيحات بشأن أحكام تطبيق المدونة⁹⁴.

2. 2. 3: الإتجار في الانبعاثات و الأتمتة

للمنهج القائم على السوق دور في تحقيق الأهداف البيئية، فيتم ذلك بموجب نظام للحصص القابلة للتداول، كما أن للأتمتة و الرقمنة أهمية كبيرة في رحلة النقل البحري نحو الانبعاثات الصفرية .

2. 2. 3. 1- نظام تداول الانبعاثات (ETS) : تداول الانبعاثات هو نظام عمل قائم على السوق يشتري و يبيع حقوق الانبعاثات من خلال نظام الدفع مقابل المزيد من التلوث كمفتاح لتحقيق هدف الحياد المناخي⁹⁵.

لذلك ، في 14 جويلية 2021 ، اقترحت المفوضية الأوروبية (EC) توسيع نطاق ما يسمى بنظام تداول أو مقايضة الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي (ETS) ليشمل أيضا انبعاثات الغازات الدفيئة من القطاع البحري ، بحيث تمت الدعوة إلى نظام تداول الانبعاثات الأوروبي كإجراء فعال لوضع حوافز للاستثمار في التقنيات الخالية من الكربون أو القريبة من الصفر . و في أبريل 2023 ، وافق برلمان الاتحاد الأوروبي على إدراج الشحن في نظام تداول الانبعاثات⁹⁶ ، فكان القرار خطوة مهمة نحو تعزيز الاستدامة في صناعة النقل البحري⁹⁷.

نظام تداول الانبعاثات (ETS) هو إحدى الآليات المرنة التي ينفذها بروتوكول كيوتو ويتعلق بعملية شراء وبيع حقوق الانبعاثات بين أصحاب المصلحة، معتمداً على مبدأ "الحد الأقصى والتجارة". حيث يتم تحديد حد أقصى للمبلغ الإجمالي لغازات الدفيئة ثم تقسمها بين الكيانات الخاضعة للتنظيم في شكل بدلات الاتحاد الأوروبي (EUAs)⁹⁸. بعبارة أخرى تلتزم السفن المشاركة في رحلات الاتحاد الأوروبي، إما بتخفيض مستوى الانبعاثات ضمن الحد الأعلى أو شراء حقوق انبعاثات إضافية. بالتالي، كتدبير قائم على السوق، يهدف نظام الاتحاد الأوروبي لتداول الانبعاثات إلى فرض "مبدأ الملوث يدفع"⁹⁹ كمبدأ يقع في تقاطع الوقاية والتعويض، فيكون بمثابة الحافز لأصحاب المصلحة لتقليل بصمتهم الكربونية.

سيكون من شأن نظام تداول الانبعاثات إذن أن يساعد على تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاع النقل البحري وتسريع الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون؛ وفي الوقت نفسه، يمكن استخدام الإيرادات للاستثمار في البحث والتطوير في مجال التكنولوجيات منخفضة الكربون، ودعم التحول إلى النقل المستدام.

2. 2. 3-2- التحول الرقمي في خدمة النقل البحري الأخضر.

يعد التحول الرقمي أمراً بالغ الأهمية ليس فقط لتحسين الكفاءة التشغيلية بل أيضاً لتحقيق والحفاظ على الامتثال البيئي، فكان تطوير تكنولوجيا السفن لاستهلاك كميات أقل من الوقود من أهم المبادرات في قطاع النقل البحري لخفض الانبعاثات والمساهمة في مستقبل أكثر اخضراراً واستدامة، لذا، فإن تقنيات الأتمتة ودعم القرار ونظام الملاحة المستقل الناتج عن الكهرباء والرقمنة يزداد تطوراً وتسريعاً.

تمثل الرقمنة الحالية للسفن ثورة في العديد من المهام على متن السفن. فمن خلال استخدام حلول رقمية متقدمة مثل "إنترنت الأشياء" (IoT) و"الذكاء الاصطناعي" (AI) و"البيانات الضخمة" (Big Data) يمكن تحسين الأداء البيئي للسفينة، إذ بفضل جمع البيانات، وربطها بمستشعرات مثبتة على السفينة، مثل مقاييس التدفق الكتلي débitmètres massiques، ومحللات الغازات analyseurs de gaz، ومحللات الحركة analyseurs de mouvement، يتاح لطواقم السفن على متنها وعلى اليابسة تحليل فوري يمكنهم من تحقيق أداء أمثل للسفينة. فيستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات وإعطاء قياس للكفاءة فيما يتعلق بالطاقة، بذلك تكون البيانات وتحليلها أدوات رئيسية للوفاء بمعايير الحد من الانبعاث لمؤشر الكفاءة الكربونية (CII)¹⁰⁰. و بالتالي التمكين من تقدير استهلاك الوقود و قياس الانبعاثات.

كما سيعمل تشغيل السفن الذاتية على التقليل من نسبة التلوث الجوي، كونها مصممة للعمل بمصادر بديلة للوقود وتقنيات خالية من الانبعاثات. تكريساً لهذه الحلول التشغيلية، منحت الحكومة البريطانية مبلغ 3.8 مليون جنيه إسترليني إلى اتحاد شركات محلية يعمل على تطوير أول سفينة ذاتية القيادة في العالم تعمل بالوقود الأخضر، هو اتحاد (HI-FIVED)، تقوده شركتي ACUA Ocean المتخصصة في التقنيات البحرية النظيفة و Unitrove، المتخصصة في إنتاج الهيدروجين السائل و

هذا للعمل على تطوير سفينة ذاتية القيادة دون ربان تصل قدرتها إلى استيعاب 5 أطنان من البضائع عند استكمال المشروع سنة 2024، إضافة إلى محطة تزويد بوقود الهيدروجين السائل.¹⁰¹

2.2. 4- تحديات التقنيات الخضراء لشحن مستدام.

من المؤكد ، عدم وجود حل يصلح لجميع أنواع السفن ، حيث تتدخل عدة عوامل تجعل مالك السفينة يختار الطريقة الأنسب، منها نوع السفينة و عمرها و المساحة المتاحة مقارنة مع ما هو مطلوب و مدى توافر بدائل الوقود و محطات التزويد في المسارات الملاحية التي تبحر فيها السفينة.

التحدي أيضا هو أن كل وقود بديل له خصائصه الخاصة في جوانب مختلفة .على سبيل المثال قد لا تولد بعض أنواع الوقود البديلة أي انبعاثات الغازات الدفيئة ولكن يمكن أن يكون لها مخاطر أعلى من الوقود البحري التقليدي. غاز الهيدروجين مثلا شديد الاشتعال وغاز الأمونيا (NH3) Le gaz ammoniac سام جدا مقارنة بأنواع الوقود الأخرى، فتؤدي تقنيات تحسين الأداء البيئي في بعض الأحيان إلى انخفاض سلامة الإنسان. لذلك تتجه الدراسات إلى أن الهدف النهائي للاستراتيجية الأولية للمنظمة البحرية الدولية ليس الحد من انبعاثات الغازات على متن السفن فحسب ، بل بناء وتشغيل سفن مستدامة من أجل البيئة والاقتصاد والإنسان ، بالتالي من غير المتوقع أن يكون وقود بديل وحيد هو الأمثل دائما لكل سفينة، وإنما يمكن أن يختلف اعتمادا على نوع السفينة وحجمها ومسارها¹⁰².

من ناحية أخرى فقد شهدت شركات التأمين عددا من المطالبات المتعلقة بأضرار المحركات المتعلقة بأجهزة تنقية الغاز و أخرى ناشئة عن استخدام أنواع وقود منخفضة الكبريت و لكن ممزوجة. كحالة وقود الطائرات الذي تم بيعه بثمن منخفض بسبب انخفاض الحركة الجوية أثناء وباء كوفيد 19. و الذي تم إضافته إلى خزانات وقود السفن في آسيا لإنتاج وقود ممزوج منخفض الكبريت، مما قد يؤدي إلى مخاطر جسيمة على السفن و بالتالي الإضرار بالشاحنين، ذلك أن إضافة الكثير من وقود السفن يؤدي إلى خفض درجة الحرارة التي يشتعل عندها الوقود¹⁰³.

على صعيد آخر، قد يبدو أن مسألتى إزالة الكبريت وإزالة الكربون ، غير مرتبطتين ، حيث تم التعامل معهما في الجانب التنظيمي بشكل منفصل ، إلا أنه اتضح أن هناك روابط متبادلة مهمة بينهما والتي لم يتم فحصها ، على الأقل من قبل منظمي اللوائح .على سبيل المثال ، السفن التي تستخدم أجهزة تنقية الغاز لديها استهلاك أعلى للوقود ، وبالتالي تنبعث منها المزيد من ثاني أكسيد الكربون .أيضا ، فإن إنتاج أنواع من الوقود منخفض الكبريت سيتطلب المزيد من الطاقة ، وبالتالي ، سوف ينبعث منها المزيد من ثاني أكسيد الكربون. حيث ستزيد الانبعاثات بنسبة 15%.¹⁰⁴

الخاتمة:

تعتبر انبعاثات السفن مشكلة حرجية في الآونة الأخيرة بسبب آثارها على صحة الإنسان وهياكل المدن وتغير المناخ العالمي. لذلك تشجع منظمة البحرية الدولية على استخدام السفن الخضراء التي تهدف إلى

تحسين كفاءة استهلاك الوقود واستخدام وقود أقل تلويثاً، وتبني تقنيات جديدة للحد من انبعاثات الغازات الضارة، و هذا من خلال وضع قواعد وتشريعات لتعزيز الاستدامة البيئية في قطاع الشحن البحري ، فكانت المقترحات التشريعية دافعا للتصرف بجدية أكبر قبل أن تصبح الأضرار التي تلحق بالبيئة غير قابلة للإصلاح. على هذا الأساس و من خلال الدراسة نخلص إلى أن:

- التنظيم الدولي الموحد، يقلل من إجمالي انبعاثات الغلاف الجوي الناتجة عن صناعة النقل البحري. لذلك سعت المنظمة البحرية لصياغة لوائح بيئية إلزامية صالحة للعديد من الدول المختلفة دون إحداث تفاوتات في المعالجة.

- سياسة IMO 2020 هي خطوات لتحقيق صناعة نقل بحري أكثر اخضراراً ، تشجع على تطوير توليد الطاقة الخضراء مما يحقق فوائد كبيرة للصحة العامة.

- يتطلب حل التعارض بين النمو المتزايد للتجارة البحرية وتخفيف انبعاثات الكربون ، تنفيذ آلية فعالة تمنع انبعاثات الكربون المفرطة وتراعي بشكل كامل المبادلات التجارية و التنمية الاقتصادية.

-يعمل نظام تداول انبعاثات الكربون كمحفز لمالكي السفن لاستخدام وقود خال تماماً من الكربون.

-إن في سياسة المنظمة البحرية الدولية تحفيز لطلب بناء سفن جديدة تتسم بالكفاءة في استخدام الطاقة.

- مراقبة دولة الميناء هي آلية التفتيش التي تضمن امتثال السفن التجارية للقواعد واللوائح الملزمة دولياً.

-الإتجاه للخفض من سرعة السفينة و الإبحار ببطء لتحقيق تصنيف كثافة الكربون CII و تحقيق المطابقة، سيسدعي إدراج سفن إضافية في الخدمة ، وقد يستلزم ذلك إعادة تشكيل شبكات الخطوط الملاحية وجدولها الزمنية.

-الحاجة ملحة لبذل جهود دولية من أجل تقليل البصمة الكربونية للصناعة البحرية، فإذا كان الحد من

انبعاثات الكبريت يمكن تحقيقه من خلال التحول إلى الوقود منخفض الكبريت ، فإن إزالة الكربون البحري

تتطلب إصلاحاً منهجياً لنظام الطاقة الذي يتطلب درجة أعلى من تنسيق السياسات . فمن المفارقات، أن

يزيد التخفيض من الكبريت العالمي من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون و يساهم بذلك في ظاهرة الاحتباس

الحراري و هذا ما ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار في مناقشات المنظمة البحرية الدولية بشأن غازات الدفيئة.

-على الرغم من أن تغيير الإستراتيجية مطلوب لإزالة الكربون من القطاع البحري، إلا أن شركات النقل هي وحدها المؤهلة لاتخاذ قرار من أجل اعتماد تكنولوجيا جديدة وإدارة الانبعاثات الخاصة بها.

-عدم القدرة على الامتثال للمعايير سيؤدي بالعديد من شركات النقل البحري إلى تقادي مناطق التحكم في

الانبعاثات لمحددة وسيؤدي ذلك إلى زيادة التكاليف اللوجستية المتعلقة بعمليات المناولة في الموانئ المحورية.

-لا يوجد إجماع حول التقنيات وأنواع الوقود الأكثر إستجابة لاستراتيجية المنظمة البحرية، لذلك تبقى شركات

النقل البحري في حالة عدم يقين ،و تقوم بمراقبة تطوير التكنولوجيا من أجل تلبية الطلبات الحالية والمستقبلية

لخفض الانبعاثات. فالأمر ينطوي على انتقال تكنولوجي ولا توجد حلول سريعة بشأنه إذ يجب أن تكون العملية على مراحل.

- يمكن للسياسات واللوائح والتشريعات ، أن تسهل خفض انبعاثات السفن، ولكن التنفيذ الناجح يجب أن يكون مدعوماً بدراسات عالية الجودة تتناول التأثيرات والتدابير المتعددة من أجل الحد من الانبعاثات البحرية.

-إن الطموح الجريء المتمثل في عدم وجود انبعاثات كربونية وحظر استخدام الوقود الأحفوري في الشحن بحلول عام 2050 من شأنه أن يدفع بالصناعة البحرية للبدء في الانتقال إلى أنظمة الطاقة البديلة وهذا يتطلب استثمارات كبيرة وتغييرات في البنية التحتية ، و لكنه يخلق أيضاً فرصاً جديدة للابتكار.

- بعد تحديد الأهداف الطموحة، تطرح إشكالية تحديد كيفية الوفاء بالالتزامات التي تم التعهد بها، و كذا الهيكل القانوني للمسؤوليات الناجمة عن الانبعاثات و عدم احترام الحدود القصوى.

- معالجة الأثر البيئي لصناعة الشحن هي مسؤولية عالمية، و تحقيق التوازن بين ضرورة التجارة العالمية وحاجة الحفاظ على البيئة يتطلب جهداً مشتركاً من جميع الأطراف المعنية. فالطريق إلى تقليل الانبعاثات يتطلب تحديات ولكنه حاسم لاستدامة النقل البحري.

في ضوء النتائج المتوصل إليها توصي الدراسة بما يلي:

-انضمام الجزائر إلى الملحق السادس من اتفاقية ماربول ،خاصة بعد أن أصبحت منطقة البحر الأبيض المتوسط بأكملها منطقة للتحكم في انبعاثات السفن (MED SOx ECA) ، و هذا تقوية لإنفاذ التنظيم البيئي، و تسهيلات للتحويل الأخضر ومنخفض الكربون، مع ضرورة وضع آليات قانونية فعالة تواجه الانبعاثات البحرية ، و هذا من أجل ترجمة آلية تنفيذ الاتفاقية.

- وضع اللوائح للحد من انبعاثات السفن يجب أن يتم بناء على ما هو ممكن تقنيا ، بحيث تقرض على السفن متطلبات يمكنها الوفاء بها. فلا بد إذن من توفر الحل القابل للتنفيذ قبل أن يتم تنظيمه.

- من الضروري إتاحة الوقود البديل على المستوى التجاري من أجل تحقيق هدف لتخفيض انبعاثات النقل البحري. و في هذا الإطار وجب تمويل الأبحاث في مجال أنواع الوقود البديلة التي ستكون مجدية تجارياً.

الهوامش:

¹ - وفق بروتوكول كيوتو التابع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي التي تهدف إلى تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الدفيئة الصادرة في 11 ديسمبر عام 1997، فإن غازات الدفيئة السبعة هي: ثاني أكسيد الكربون (CO₂)، الميثان (CH₄)، وأكسيد النيتروس، والهيدروفلوروكربون (HFCs)، والهيدروكربون المشبع بالفلور (PFCs)، وسداسي فلوريد الكبريت وثلاثي فلوريد النيتروجين.

² - تعد مراقبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تحديًا لأن معظم النشاطات البحرية تحدث خارج الحدود الوطنية، لذا قامت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) بتطوير قاعدة بيانات تجريبية على OECD stat توفر بيانات شهرية حول انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الشحن العالمي في الوقت الحقيقي القريب. تستخدم هذه القاعدة أجهزة تتبع الموقع المثبتة على أنواع مختلفة من السفن المشاركة في الرحلات الدولية، مما يوفر تغطية عالمية. ستساعد هذه البيانات منتجي الإحصاءات الوطنية على تجميع حسابات انبعاثات الهواء (AEAs) لنظام المحاسبة الاقتصادية البيئية (SEEA):

D Clarke, P Chan, M Dequeljoe, Y Kim, S Barahona-CO2 emissions from global shipping: A new experimental database- Organisation for Economic Co-operation and Development- SDD/DOC(2023)4 - 7 September 2023-p 04 : <https://bit.ly/3FpsKfR>

³ -European Maritime Transport Environmental Report 2021 -European Environment Agency, 2021- <https://bit.ly/3QoGj5s> -Accessed on 15-05-2023

⁴ - L. FEDI- la surveillance- la déclaration et la vérification des émissions de CO2 du transport maritime- DMF 2017- n° 787-p 7.

⁵ - موجب حكم صادر في 3 فبراير 2021 ، تعترف المحكمة الإدارية في باريس بوجود ضرر بيئي مرتبط بتغير المناخ. وترى أن عدم احترام الدولة الفرنسية جزئيًا للأهداف التي حددتها لنفسها فيما يتعلق بالحد من انبعاثات غازات الدفيئة ينطوي على مسؤوليتها. ففي مارس 2019 ، قدمت الجمعيات البيئية Oxfam France و Notre Affaire à tous و Fondation pour la Nature et l'Homme و Greenpeace France أربعة طلبات أمام محكمة باريس الإدارية من أجل الاعتراف بفشل الدولة الفرنسية في مكافحة تغير المناخ ، و استصدار حكم بالتعويض ليس فقط عن الأضرار المعنوية ولكن أيضا عن الضرر البيئي ووضع حد لإخفاقات الدولة في مكافحة الإحتراق العالمي. وبعد أن حكمت المحكمة بأن دعوى التعويض عن الضرر الإيكولوجي، المنصوص عليها في القانون المدني- المواد من 1246 إلى 1252 من القانون المدني الفرنسي الصادرة بموجب المادة 4 من قانون العقود رقم 2016-1087 الصادر في 10-02-2016- مقبولة ومفتوحة ضد الدولة، رأت المحكمة أن وجود مثل هذا الضرر ، يتجلى بصفة خاصة في الزيادة المستمرة في متوسط درجة الحرارة العالمية للأرض، المسؤولية عن تعديل الغلاف الجوي ووظائفه الإيكولوجية. ثم نظر القضاة فيما إذا كانت هناك علاقة سببية بين هذا الضرر الإيكولوجي وأوجه القصور المختلفة المزعومة ضد الدولة في مكافحة تغير المناخ. ورأوا أنه ينبغي تحميل الدولة المسؤولية عن جزء من هذا الضرر لأنها لم تحترم التزاماتها بالحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. وفيما يتعلق بالتعويض عن الأضرار البيئية، شددت المحكمة على أن هذا التعويض لا يمنح إلا إذا كانت تدابير الجبر مستحيلة أو غير كافية. وعلى هذا الأساس، رفضت مطالبات الرابطات المدعية التي تلتزم تعويضًا ماليًا عن ذلك الضرر. ومن ناحية أخرى، رأت المحكمة أن المدعين لديهم ما يبرر التماسهم تعويضًا عينيًا عن الضرر الإيكولوجي الناجم عن عدم الامتثال للأهداف التي حددتها فرنسا للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة من خلال الانضمام إلى اتفاقيات دولية واعتماد تشريعات بشأن التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. ومن أجل تحديد التدابير التي يتعين على الدولة اتخاذها لإصلاح الضرر الناجم أو لمنع تفاقمه، أمر القضاة بإجراء تحقيق إضافي لمدة شهرين:

-Le tribunal administratif de Paris- L'affaire du Siècle- <https://bit.ly/3Ft0aKC>

-Consulté le 10-06-2023

⁶ - اعتمدت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) لسنة 1992 من قبل 154 دولة في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية في ريو دي جانيرو ، ودخلت حيز التنفيذ في 21 مارس 1994:الأمم المتحدة- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ-1992: <https://bit.ly/409ARqf>

⁷ - دخل بروتوكول كيوتو التابع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي حيز التنفيذ في 16 فبراير عام 2005 و صادقت عليه الجزائر بموجب المرسوم 04-144 المؤرخ في 28 أفريل 2004، ج.ر عدد 29 لـ 2004-05-09

⁸ -المادة 3 من بروتوكول كيوتو: البروتوكول متاح على الرابط: <https://bit.ly/46TEfHY>

⁹ - الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن - International Convention for the Prevention of Pollution from Ship: MARPOL:أخذت الاتفاقية اسمها من اختصار الكلمتين Marine Pollution -نص الاتفاقية متاح على الرابط: <https://bit.ly/46ChVmp>

¹⁰ -لجنة حماية البيئة البحرية MEPC: هي لجنة مسؤولة عن تنسيق أنشطة المنظمة البحرية الدولية (IMO) في الوقاية من التلوث البحري ومكافحته. تم إنشاؤها من قبل جمعية المنظمة البحرية الدولية في نوفمبر 1973. اللجنة مسؤولة عن اتفاقية MARPOL (الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن)، والتي تهدف إلى الحد من التلوث العرضي والتشغيلي من السفن. لعبت MEPC دورًا مهمًا في تطبيق اللوائح مثل مطالبة جميع ناقلات النفط بهيكل مزدوج لتقليل مخاطر التلوث في حالة وقوع حوادث.

¹¹ - United nations- Transforming our world, the 2030 agenda for sustainable development -A/RES/70/1- <https://bit.ly/3tF3MX8>

¹² - دخل اتفاق باريس حول التغيرات المناخية حيز النفاذ في 4 نوفمبر 2016، و صادقت عليه الجزائر بموجب المرسوم الرئاسي 16-262، المؤرخ في 13 أكتوبر 2016، ج.ر عدد 60 لـ 2016-10-13

¹³ - الأمم المتحدة- العمل المناخي- اتفاقية باريس: <https://bit.ly/4040Nnc> -تاريخ الاطلاع: 2023/06/10

¹⁴ - الأمم المتحدة- إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية التنمية المستدامة-أهداف التنمية المستدامة-تاريخ الإطلاع: 2023-09-20: <https://bit.ly/4033fuj>

¹⁵ - Paula Sáez Álvarez - From maritime salvage to IMO 2020 strategy: Two actions to protect the environment-Marine Pollution Bulletin-Volume 170- September 2021-P 10: <https://bit.ly/45Hk9jk>

¹⁶ - IMO- MEPC 72/17/Add.1 -Annex 11- RESOLUTION MEPC.304(72) Adopted on 13 April 2018- INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIP-P 04: <https://bit.ly/3QrGk8P>

¹⁷ - MEPC 75/18/Add.1-Annex 4- RESOLUTION MEPC.327(75) adopted on 20 November 2020 :ENCOURAGEMENT OF MEMBER STATES TO DEVELOP AND SUBMIT VOLUNTARY NATIONAL ACTION PLANS TO ADDRESS GHG EMISSIONS FROM SHIPS- <https://bit.ly/3QuaXKU>

¹⁸ - اقترح القرار MEPC.327 (75) عن الاجتماع الـ 75 للجنة حماية البيئة البحرية أن تتضمن خطط العمل الوطنية التدابير التالية ولكن دون أن تقتصر عليها: (أ) تحسين الأنظمة التشريعية الداخلية لتنفيذ صكوك المنظمة البحرية الدولية بفاعلية، (ب) تطوير أنشطة لتعزيز كفاءة استخدام الطاقة في السفن، (ج) بدء البحث في استخدام الوقود البديل منخفض الكربون وخالي من الكربون، (د) تسريع أنشطة تقليل انبعاثات الموانئ (هـ) زيادة الوعي والتعاون الإقليمي (و) تيسير تطوير البنية التحتية للشحن الأخضر-المرجع السابق-ص 02.

¹⁹ - MEPC (لجنة حماية البيئة البحرية) هي لجنة مسؤولة عن تنسيق أنشطة المنظمة البحرية الدولية (IMO) في الوقاية من التلوث البحري ومكافحته. تم إنشاؤها من قبل جمعية المنظمة البحرية الدولية في نوفمبر 1973. اللجنة مسؤولة عن اتفاقية MARPOL (الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن)، والتي تهدف إلى الحد من التلوث العرضي والتشغيلي من السفن. لعبت MEPC دورًا مهمًا في تطبيق اللوائح مثل مطالبة جميع ناقلات النفط بهيكل مزدوج لتقليل مخاطر التلوث في حالة وقوع حوادث.

²⁰ - مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية-استعراض النقل البحري-الأمم المتحدة-جنيف-2021-ص 23:

<https://bit.ly/3tOTIuz>

²¹ - حيث قام هذا الفريق بإجراء معدل لتقييم الأثار المترتبة على الدول المرشحة لتدابير خفض غازات الدفيئة المتوسطة و الطويلة الأجل:

OMI- Groupe de travail intersessions sur la réduction des émissions de GES provenant des navires (ISWG-GHG 13), du 5 au 9 décembre 2022 :

<https://bit.ly/3S9BOgn>

²² - RESOLUTION MEPC.377(80)-Adopted on 7 July 2023 : <https://bit.ly/3s0YsNj>

²³ -Climate Action Tracker

²⁴ OMI- Adoption d'une stratégie révisée concernant la réduction des émissions de GES pour les transports maritimes mondiaux- 07/05/2023- <https://bit.ly/3QroYsw>- Consulter le 06-09-2023.

²⁵ - الكبريت ليس واحدًا من غازات الستة المسببة للاحتباس الحراري (GHGs) التي يتم تتبعها في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي. ومع ذلك ، فإن سادس فلوريد الكبريت (SF₆) L'hexafluorure de soufre هو غاز دفيئة قوي جدًا بسبب قدرته على حبس الحرارة المرتفعة .

²⁶ - بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من قطاع النقل في الجزائر ذروتها في عام 1991 عند 27.70 جيجا جرام. تلاها انخفاض إلى 8.26 جيجا جرام في عام 2005 ، أي بنسبة 70٪ خلال تلك الفترة الزمنية. واستمر الاتجاه في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في الارتفاع منذ عام 2005 ليلبلغ 12.93 جيجا جرام في عام 2015 أي ما يعادل انخفاضاً بنسبة 53.3٪ مقارنة بذروة عام 1991 : لجنة حماية البيئة البحرية الدورة 78- اقتراح تعيين البحر الأبيض المتوسط ككل كمنطقة لمراقبة انبعاثات أكاسيد الكبريت- UNEP/MED IG.25/27-ص 609:

<https://bit.ly/4962QeO>

²⁷ - دخل الملحق السادس لاتفاقية ماربول حيز التنفيذ 19 مايو 2005، و هو ينظم انبعاثات محددة من السفن إلى الغلاف الجوي، بما في ذلك أكاسيد النيتروجين - les oxydes d'azote- (NOx) وثاني أكسيد الكبريت

les oxydes de soufre (SOx) - والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs) والبيفينيلات البوليكوريدية - les biphényles polychlorés (PCBs) والمعادن الثقيلة والكلوروفلور وكربونات (CFCs) - les chlorofluorocarbones. تساهم هذه المواد في المشكلات البيئية مثل حموضة الأمطار (SOx، NOx)، التلوث الزراعي أو نقص الأكسجين في المياه الداخلية وبعض المياه الساحلية (NOx)، انخفاض طبقة الأوزون (CFCs) وتراكم PCBs والمعادن الثقيلة في سلسلة الغذاء، أي مشاكل بيئية محلية وعالمية كثيرة.

28 - L. FEDI : « Le transport maritime international face à la pollution atmosphérique : enjeux stratégiques du 21^e siècle » DMF 2012, n° 737, p 491.

29 - القاعدة 14 من الملحق 6 من اتفاقية MARPOL. و كان القرار MEPC.1/Circ.878 المؤرخ 9 نوفمبر 2018 قد جاء بإرشادات بشأن وضع خطة للسفن من أجل التنفيذ المنسق لحد الكبريت البالغ 0.50% بموجب الملحق السادس لاتفاقية MARPOL و تضمن توصيات بتنفيذ المعايير الجديدة:

Guidance on the development of a ship -- 9 November 2018 MEPC.1/Circ.878 implementation plan for the consistent implementation of the 0.50% sulphur limit under MARPOL Annex VI - <https://bit.ly/3tOVgET>

Amendments to Resolution MEPC.305(73) :-Annex 1 - MEPC 73/19/Add.1³⁰ (Prohibition on the Carriage of Non-Compliant Fuel Oil for MARPOL Annex VI Combustion Purposes for Propulsion or Operation on board a ship) - <https://bit.ly/3McfE9z>

31 - الفقرة 13 من اللائحة الثانية - الملحق 6 من اتفاقية MARPOL: تعني منطقة ضبط الانبعاثات منطقة يتعمد فيها تدابير إلزامية خاصة لمنع و خفض و ضبط تلوث الهواء من أكسيد الكبريت و أكسيد النتروجين و الجسيمات و ما اقترن بها من تأثيرات ضارة على صحة الإنسان و البيئة.... وتتمثل مناطق التحكم في الانبعاثات في منطقة بحر البلطيق، بحر الشمال أمريكا الشمالية، البحر الكاريبي للولايات المتحدة الأمريكية، و هذا بموجب القرار 62 (MEPC.202 الصادر في 15 جويلية 2011 من قبل المنظمة البحرية الدولية (IMO):

MEPC 62/24 -Annex 14- RESOLUTION MEPC.202(62) -Adopted on 15 July 2011- (Designation of the United States Caribbean Sea Emission Control Area and exemption of certain ships operating in the North American Emission Control Area and the United States Caribbean Sea Emission Control Area under regulations 13 and 14 and Appendix VII of MARPOL Annex VI : <https://bit.ly/470BJQ6>

32 - القرار IG.25/14 : تعيين منطقة البحر الأبيض المتوسط، كمنطقة لمراقبة انبعاثات أكاسيد

الكبريت Med SOx ECA عملاً بالمرفق السادس من الاتفاقية الدولية لمنع التلوث من السفن: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37136/21ig25_27_2514_ara.pdf

33 - اتفاقية برشلونة - المعتمدة في 16 فبراير 1976 في برشلونة و النافذة عام 1978. صادقت عليها الجزائر

بموجب المرسوم 81-02 المؤرخ في 1981/01/17. ج.ر عدد 3 ل 20-01-1981

34 - برنامج الأمم المتحدة للبيئة - خطة عمل البحر الأبيض المتوسط MAP - الاجتماع 22 للأطراف المتعاقدة في اتفاقية برشلونة وبروتوكولاتها - (COP 22) - <https://bit.ly/409fENo> - زيارة الموقع بتاريخ 2023/05/15.

35 - -قوانين و تشريعات- المنظمة البحرية الدولية تقدم تعديلات بشأن الإستراتيجية الأولية لغازات الدفينة -مجلة ريان السفينة- العدد 83 -يناير/فبراير- 2023- ص 64 <https://bit.ly/492Ov2w>

³⁶ -نظرًا للطبيعة الدولية للنقل البحري ، دعا صانعو السياسات الأوروبيون وصناعة النقل البحري باستمرار إلى تطوير تدابير تنظيمية عالمية لتقليل انبعاثات الشحن .ومع ذلك ، في ظل عدم وجود توافق في الآراء بين الدول الأعضاء في المنظمة البحرية الدولية بشأن الضرورة الملحة لتنفيذ مثل هذه التدابير ، تم اعتبار تقديم الحلول المناسبة على مستوى الاتحاد الأوروبي كحل بديل. على هذا الأساس نفذ الاتحاد الأوروبي استراتيجيات مختلفة للحد من الانبعاثات الجوية من السفن مع الحفاظ على القدرة التنافسية لصناعة الشحن الأوروبية ، أبرزها المراقبة والإبلاغ الإلزامي لانبعاثات الكربون، ونظام تداول انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ، وإجراءات الموانئ ، والحواجز المالية ، والشهادة البيئية للموانئ. و هذا كجزء من جهود الاتحاد الأوروبي للانتقال إلى اقتصاد أكثر استدامة و أقل تلوثًا:

- Valentini Lykargyri-Atmospheric pollution from Shipping-Department of Maritime Studies University of Piraeus-For the completion of the MSc in Sustainability and Quality in Marine Industry- March 2023-P 31 ,32.

³⁷ -DIRECTIVE 2012/33/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 novembre 2012 modifiant la directive 1999/32/CE en ce qui concerne la teneur en soufre des combustibles marins - JO C 68 du 6.3.2012, p. 70: <https://bit.ly/3Qoy4X5>

³⁸ - Ordonnance n° 2015-1736 du 24 décembre 2015 ratifiée par l'article 135 de la loi n° 2019-1428 du 24 décembre 2019 portant transposition de la directive 2012/33/UE du 21 novembre 2012 modifiant la directive 1999/32/CE en ce qui concerne la teneur en soufre des combustibles marins. JORF n°0299 du 26 décembre 2015-[Légifrance \(legifrance.gouv.fr\)](https://www.legifrance.gouv.fr).

³⁹ - IMO : dossier d'actualité- EEXI et CII : intensité carbone des navires et système de notation -<https://bit.ly/3S8rGUY>- Consulté le 03/05/2023.

⁴⁰ - IAPP: International Air Pollution Prevention Certificate

⁴¹ - Paula Sáez Álvarez - Op.Cit-P 8

⁴² -القاعدة 5 من الملحق 6 من اتفاقية MARPOL المعدل سنة 2021 بموجب القرار (76)MEPC.328: تخضع كل سفينة تبلغ حمولتها الإجمالية 400طن فأكثر وكل برج حفر ثابت أو عائم أو منصات أخرى للمعاينات المحددة أدناه ضماناً لاستقاء مقتضيات الفصل 3من هذا المرفق.1-معاينة أولية قبل وضع السفينة في الخدمة أو قبل إصدار الشهادة المطلوبة بموجب اللائحة 6 من هذا المرفق لأول مرة....."القاعدة 6:" يتم إصدار الشهادة الدولية لمنع تلوث الهواء (بIAPP) عد معاينة أولية أو تجديدية تُجرى بموجب أحكام اللائحة 5: 1-لأي سفينة تبلغ حمولتها الإجمالية 400طن فأكثر وتقوم برحلات إلى موانئ أو محطات بحرية تخضع لولاية أطراف أخرى...

⁴³ -القاعدة 10 فقرة 2 من الملحق 6 من اتفاقية MARPOL.

⁴⁴ - CNSS. After march 1, the first ship that carried high-sulfur fuel in violation of regulations appeared! it was directly rejected by the port for 1 year: <https://bit.ly/3rZTobV>- Accessed on13 september 2023.

⁴⁵ - Achil Rosère ; Yamen Tchendo - La nouvelle réglementation internationale sur la limite de la teneur en soufre dans les combustibles marins - DMF N° 856 — Avril — 2023 - P 295.

⁴⁶ - نص الملحق السادس من اتفاقية MARPOL أيضا على مذكرة تسليم وقود السفن (Bunker Delivery) (Not :BDN) و هي وثيقة يتم تقديمها للسفينة عند استلام شحنة الوقود، و يجب أن تتضمن المذكرة إقرارا موقعا و مصادقا عليه من طرف ممثل عن مورد الوقود، بأن الوقود يتوافق مع اللائحة 14.4 من الملحق السادس و أن محتوى الكبريت في الوقود لا يتجاوز السقف المحدد ب:0.50% خارج مناطق التحكم في الانبعاثات و 0.10% في مناطق التحكم في الانبعاثات: أخبار السفينة: ما الذي تتضمنه مذكرة تسليم الوقود-مجلة ريان السفينة-عدد 71-يناير، فبراير- 2021-ص36

⁴⁷ - Zhi-Hua Hu , Tian-Ci Liu and Xi-Dan Tian- A Drone Routing Problem for Ship Emission Detection Considering Simultaneous Movements- Atmosphere- Volume 14- Issue 2-February 2023- P 03,05 : <https://bit.ly/3Qqtyav>

⁴⁸ -Article L218-2 -Code de l'environnement- Version en vigueur du 27 décembre 2015 au 10 octobre 2021-Modifié par Ordonnance n°2015-1736 du 24 décembre 2015 - art. 2 :

« I. - Les navires naviguant dans les eaux relevant de la souveraineté ou de la juridiction française doivent :

1° Lorsqu'ils naviguent en dehors des zones de contrôle des émissions de soufre désignées conformément à la règle 14.3 de l'annexe VI de la convention MARPOL, utiliser des combustibles dont la teneur en soufre est inférieure ou égale à 3,50 % en masse jusqu'au 31 décembre 2019, puis inférieure ou égale à 0,50 % en masse à compter du 1er janvier 2020 ;

2° Lorsqu'ils naviguent dans les zones de contrôle des émissions de soufre, utiliser des combustibles dont la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,10 % en masse.

II. - Pour les navires à passagers assurant des services réguliers à destination ou en provenance de ports d'un Etat membre de l'Union européenne, la teneur en soufre des combustibles utilisés en dehors des zones de contrôle des émissions de soufre doit être inférieure ou égale à 1,5 % en masse jusqu'au 31 décembre 2019, puis inférieure ou égale à 0,50 % en masse à compter du 1er janvier 2020.

III. - Les navires à quai durant plus de deux heures consécutives selon les horaires publiés doivent utiliser des combustibles marins dont la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,10 % en masse, exception faite des navires qui stoppent toutes les machines et utilisent le branchement électrique à quai lorsqu'ils sont à quai dans les ports..... »

⁴⁹ - TGI Marseille, 26 nov 2018, no 18123000206, DMF 2019, no 815, P 664.

⁵⁰ - Article L218-15- Code de l'environnement -Version en vigueur du 27 décembre 2015 au 18 mars 2021-Modifié par Ordonnance n°2015-1736 du 24 décembre 2015 - art. 4 :

« I. – Est puni d'un an d'emprisonnement et de 200 000 € d'amende le fait, pour tout capitaine d'un navire, de se rendre coupable d'infractions aux dispositions de la règle 11 de l'annexe IV et des règles 3,4 et 5 de l'annexe V de la convention MARPOL.

II. – Est puni d'un an d'emprisonnement et de 200 000 € d'amende le fait, pour tout capitaine d'un navire, de se rendre coupable d'infractions aux dispositions des règles 12,13,16 et 18 de l'annexe VI de la convention MARPOL, ainsi qu'aux dispositions des I à IV de l'article L. 218-2. »

⁵¹ - Cour de cassation (Ch. crim.) - 6 Decembre 2022 - Navire Azura- No 21-85.948 : M. [G] [O] et la société [2] c/ Ministère public -Cour de cassation :

<https://bit.ly/3Fs1AVr> : « ... l'audition par les premiers juges du représentant du centre

de sécurité des navires PACA-Corse a confirmé que le capitaine peut à tout moment intervenir sur le combustible à consommer et que si les données ISM établies par la société [2] faisaient état de ce que dans les eaux territoriales françaises, un fioul avec un taux de soufre inférieur à 3,50 % pouvait être utilisé, cet argument ne peut être retenu comme exonératoire de responsabilité, alors que le capitaine, garant de la sécurité du navire et de son équipage, de la protection de l'environnement et de la sûreté, est tenu personnellement, à ce titre, de connaître et faire respecter, sans pouvoir évoquer son ignorance de la loi, les règles relatives à la pollution par les rejets des navires, et doit s'assurer de la conformité du combustible utilisé à la législation applicable. »

⁵² - Une technique d'adaptation par référence

⁵³ - Y. TEPHANY, épilogue de l'affaire Azura : une décision sévère pour les capitaines éminemment protectrice de l'environnement, Obs. sous Cass. com., 6 déc. 2022, no 21-85.948, DMF no 854- Février 2023-P 109.

⁵⁴ - OP.Cit-P 113.

⁵⁵ - Philippe Delebecque. Navires de croisière et pollution atmosphérique : les capitaines en seraient-ils responsables ?. Recueil Dalloz, 2021-p560

⁵⁶ - Y. TEPHANY, -Op.Cit-P114.

⁵⁷ - RESOLUTION MEPC.328(76)-AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO 2021- Revised MARPOL Annex VI :

<https://bit.ly/46XavtH>

⁵⁸ -MEPC.328(76) – Regulation 23-Attained Energy Efficiency Existing Ship Index (attained EEXI)- Resolution p.Cité

⁵⁹ - IMO : dossier d'actualité- EEXI et CII : intensité carbone des navires et système de notation –P.Cit.

⁶⁰ - RESOLUTION MEPC.328(76)-Regulation 28-Operational carbon intensity-Attained annual operational carbon intensity indicator (attained annual operational CII).

⁶¹ - MEPC 78/17/Add.1-Annex 14- RESOLUTION MEPC.352(78)- Adopted on 10 June 2022

THE CALCULATION METHODS (CII GUIDELINES, G1) :

<https://bit.ly/45IRtGq>

⁶² - Det Norske Veritas (DNV)- CII – Carbon Intensity Indicator-

<https://bit.ly/3MbYp82>

- Date de consultation: 10-06-2023 .

⁶³ -Valentini Lykargyri-Atmospheric pollution from Shipping- Op.Cit - p47

⁶⁴ -IBID

⁶⁵ - Syrianposeidon Backup page - هل تعرف ما يرمز إليه CII؟ - 28/06/2022-

- تاريخ الإطلاع 24-06-2023. <https://bit.ly/3S4uaE3>

⁶⁶ -(EEDI) :Energy efficiency; Energy efficiency design index

⁶⁷ - MEPC 62/24/Add.1 -Annex 19- Resolution MEPC.203(62) -Adopted on 15 July 2011- <https://bit.ly/46JT3t5>

⁶⁸ -لم تحدد المنظمة البحرية الدولية كيفية تحديد كثافة الانبعاثات. فيتم التعبير عنه بشكل عام على أنه جرامات من ثاني أكسيد الكربون لكل عملية نقل ، مع التعبير عن عمليات النقل بالطن ميل.

⁶⁹ - كان تعزيز متطلبات EEDI هدفًا صريحًا لاستراتيجية منظمة البحرية الدولية الأولية. في هذا الصدد، وافق القرار MEPC.324 (75) في نوفمبر 2020 على تقديم تاريخ تنفيذ المرحلة الثالثة من EEDI بثلاث سنوات -من 2025 إلى 2022- لعدة أنواع من السفن وزيادة معدل الخفض في المرحلة الثالثة لسفن الحاويات على سبيل المثال، كان يتعين على سفن الحاويات الجديدة بحمولة تزيد عن 200,000 طن تلبية متطلبات الخفض بنسبة 50% بحلول عام 2022، بدلاً من 30% اعتبارًا من عام 2025:

-Regulation 21- MEPC 75/18/Add.1-Annex 1- Resolution MEPC.324(75)-Adopted on 20 November 2020- <https://bit.ly/3tQlCq0>

⁷⁰ - Valentini Lykargyri-Op.Cit- p35 ;36

⁷¹ -تم تقديم خطة إدارة كفاءة طاقة السفن (SEEMP) في عام 2013 ، وتم تحسينها في عام 2023 :

Det Norske Veritas (DNV)- Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)-
<https://bit.ly/3tGVLB3>- Date de consultation 10-06-2023

⁷² - Det Norske Veritas (DNV)- Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)-
<https://bit.ly/3tGVLB3> -Date de consultation 10-06-2023-

⁷³ - Valentini Lykargyri-Op.Cit-P 40.

⁷⁴ - Valentini Lykargyri-Op.Cit- p53

⁷⁵ - لضمان أن أنظمة تنقية غازات العادم توفر في أية نقطة تشغيلية يتم تشغيلها فيها ، مكافئة فعالة لمتطلبات اللوائح 14.1 أو 14.4 من المرفق السادس لاتفاقية MARPOL يتم استخدام "المبادئ التوجيهية لعام 2021 لأنظمة تنقية غازات العادم" الصادرة عن اللجنة البحرية لحماية البيئة إلى تحديد معايير اختبار والتحقق من أنظمة تنقية غازات العادم (EGCS) وفقًا للقاعدة الرابعة من المرفق السادس لاتفاقية MARPOL ، فتصف هذه المبادئ التوجيهية نظامين لاعتماد نظام تنقية غازات العادم: النظام أ : شهادة النظام مع مراقبة مستمرة للعمليات التشغيلية وفحوصات انبعاث دورية، على أن تجري لنظام تنقية غازات العادم اختبارات الأداء والتجارب البحرية أو اختبارات فيزيائية ماثلة أخرى تتحقق من أن النظام سيؤدي عند القضاء الأداء المقصود. والنظام ب : مراقبة الانبعاث المستمرة أثناء تشغيل نظام تنقية غازات العادم عن طريق نظام مراقبة معتمد .

-MEPC 77/16/Add.1- ANNEX 1 -RESOLUTION MEPC.340(77) -Adopted on 26 November 2021 - GUIDELINES FOR EXHAUST GAS CLEANING SYSTEMS 2021-
<https://bit.ly/45FN6Mj>

⁷⁶ -خيارات الإمتثال وتحديات ملاك السفن للحد من الانبعاثات - هل صناعة النقل البحري مستعدة ؟-20-01-2020
<https://bit.ly/3tNA6a9> -تاريخ الإطلاع: 2023-05/01.

⁷⁷ -موضوع العدد-كيف يبدو مشهد تحدي الوقود مع تطور أنظمة دفع السفن؟-ربان السفينة- العدد 75- سبتمبر/أكتوبر-2021-ص 56.

⁷⁸ -وائل حامد عبد المعطي-استخدام الغاز الطبيعي المسال كوقود للنقل البحري-مجلة النفط و التعاون العربي- منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول -المجلد 46-العدد 175-2020-ص 42

⁷⁹ - Dmitriy V. Nelyubov, Marat I. Fakhrtudinov, Alena A. Sarkisyan, Evgeniy A. Sharin, Mikhail A. Ershov, Ulyana A. Makhova, Alisa E. Makhmudova, Nikita A. Klimov, Marina Y. Rogova, Vsevolod D. Savelenko et al.- New Prospects of Waste Involvement in Marine Fuel Oil: Evolution of Composition and Requirements for Fuel with Sulfur Content up to 0.5%-

Marine Renewable Energy and the Transition to a Low Carbon Future- Special Issue- Volume 11 - Issue 72-2023-P02 : <https://bit.ly/3tIOwZv>

⁸⁰ - Achil Rosère ; Yamen Tchendo - La nouvelle réglementation internationale sur la limite de la teneur en soufre dans les combustibles marins Op. Cit.. - P 296.

⁸¹ - Vladimir Pelić ; Ozren Bukovac ; Radoslav Radonja ; Nastia Degiuli - The Impact of Slow Steaming on Fuel Consumption and CO2 Emissions of a Container Ship- *Journal of Marine Science and Engineering* -Volume 11 -Issue 3- March 2023- P 2 ;3 : <https://bit.ly/46CoS6Z>

⁸² - IMO : dossier d'actualité- EEXI et CII : intensité carbone des navires et système de notation –Op.cit.

⁸³ - من بين شركات النقل البحرية العملاقة التي تعمل على مشاريع لتوسيع نطاق استخدام طاقة الرياح على السفن، الشركة اليابانية MOL :Mitsui OSK Lines و الشركة النرويجية Wallenius و الشركة الفرنسية Zephyr et Borée :طاقة الرياح في النقل البحري: الإستثمار الجريء في مهمة إزالة الكربون-مجلة ريان السفينة-العدد 84 مارس-أبريل 2023.

⁸⁴ - Valentini Lykargyri-Op.Cit- p58

⁸⁵ - Ahad Al-Enazi , Eric C. Okonkwo , Yusuf Bicer , Tareq Al-Ansari -A review of cleaner alternative fuels for maritime transportation- *Energy Reports*-Volume 7, November 2021 - P 1968 : <https://bit.ly/3QpRafj>

⁸⁶ -Ibid

⁸⁷ - IMO- Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers (CCC 9), 9th session, 20-29 September 2023- Accessed on 15-10- 2023 : <https://bit.ly/45EZexg>

⁸⁸ - وائل حامد عبد المعطي-المرجع السابق-ص44، 56.

⁸⁹ - تطور الطلب على الغاز الطبيعي المسال في الأسواق العالمية خلال الربع الأول من عام 2024، حيث استمر الطلب العالمي عليه في النمو، مدعوما بنمو الطلب الآسيوي وبالأخص في الصين. وارتفع إجمالي الواردات عالمياً إلى 107.9 مليون طن. ليسجل بذلك رقماً قياسياً جديداً هو الأعلى تاريخياً، مقارنة بنحو 104.6 مليون طن خلال الربع المماثل من عام 2023 بمعدل نمو على أساس سنوي 3.2%. و قد ارتفعت صادرات الغاز الجزائري المسال خلال شهري جانفي وفبراير 2024 إلى حوالي 2.9 مليون طن، مقابل 1.7 مليون طن في الشهرين نفسهما من عام 2023. و قد توجهت غالبية الشحنات إلى الأسواق الأوروبية الكبرى و هذا بفضل ما تملكه من بنية تحتية للتصدير المتمثلة في محطات الإسالة في سكيكدة و ارزو وذلك وفقاً لتقرير تطورات الغاز المسال والهيدروجين بالأسواق العالمية الصادر خلال شهر ماي لمنظمة "أوابك" : وائل حامد خبير عبد المعطي- الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول- تقرير ربع سنوي حول تطورات الغاز المسال والهيدروجين بالأسواق العالمية - الربع الأول 2024- الكويت -ماي 2024-ص 5، 11، متاح على الرابط:

[https://oapecorg.org/media/59fdddf4-1412-46bc-b92f-](https://oapecorg.org/media/59fdddf4-1412-46bc-b92f-%D9%94%D9%88%D9%84%202024.pdf)

[-%D9%94%D9%88%D9%84%202024.pdf](https://oapecorg.org/media/59fdddf4-1412-46bc-b92f-%D9%94%D9%88%D9%84%202024.pdf)

⁹⁰ -أخبار النقل البحري-مجلة ريان السفينة-عدد 80-جويلية، أوت 2022 -ص35.

⁹¹ - Paula Sáez Álvarez - Op.Cit-P 9.

⁹² -تكنولوجيا بحرية-مشروع جديد يستخدم الطائرات المسيرة لقياس انبعاثات الميثان-مجلة ريان السفينة-عدد 78-مارس-أبريل 2022-ص 64

⁹³ - اعتمد المرجع الدولي لقواعد السلامة المعمول بها على السفن التي تستخدم الغازات أو وقود آخر ذو نقطة وميض منخفضة في 11 يوليو 2015 من قبل لجنة السلامة البحرية بقرار (MSC.391(95) ، دخلت المدونة حيز التنفيذ في 1 يناير 2017 .و الهدف منها هو تقليل المخاطر التي تتعرض لها السفن وأطقمها وكذلك البيئة البحرية المحيطة بالسفينة:

Recueil IGF Recueil international de règles de sécurité applicables aux navires qui -
- Édition de 2016-utilisent des gaz ou d'autres combustibles à faible point d'éclair
Supplément Janvier 2024

https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/publications/Documents/Supplements/French/QQ109F_supplement_January2024_PQ.pdf

-OMI, Résolution MSC.391(95) adoptée le 11 juin 2015, Adoption du Recueil sécurité applicables aux navires qui utilisent des gaz ou international de règles de d'autres combustibles à faible point d'éclair (Recueil IGF)

⁹⁴ - قوانين و تشريعات- لجنة السلامة البحرية تقرر إرشادات جديدة حول الوقود البديل و السفن ذاتية القيادة-مجلة ريان السفينة-العدد 95-يناير فبراير 2025-ص48

⁹⁵ - تحول آلية تداول الانبعاثات كميات الكربون التي يملك الأعضاء حق إطلاقها في الأجواء إلى سلعة يمكن تداولها، بحيث يحق للدولة أو الكيان الذي تسبب بانبعاثات أقل من حقه المقرر، أن يبيع الزيادة إلى دول أو كيانات أخرى تحتاج إلى استهلاك وقود إضافي سيتسبب في زيادة انبعاثاتها على حقها المسموح.

⁹⁶ - European Parliament. Cutting Emissions from Planes and Ships: EU Actions Explained. 2023. Available online: <https://bit.ly/46L2c4Q> -Accessed on 20 september 2023.

⁹⁷ - في ماي 2023 ، نشرت المفوضية الأوروبية (EC) النصوص النهائية لمراجعات توجيه نظام تداول الانبعاثات (EU) 2023/959 Directive ولائحة الاتحاد الأوروبي لتقارير المراقبة والتحقق (Régulation EU) (2023/957):

Lloyd's Register—14/2023 - Update on the Inclusion of maritime transport emissions in the EU Emissions Trading System (ETS) Knowledge Hub -07/08/2023-
<https://bit.ly/46VT4Kb>- Accessed on 09 september 2023.

⁹⁸ -Sotiria Lagouvardou , Harilaos N. Psaraftis - Implications of the EU Emissions Trading System (ETS) on European container routes: A carbon leakage case study-Maritime Transport Research-Volume 3-2022-P 01 - <https://bit.ly/403TWKm>

⁹⁹ - المبدأ 16 من مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، ريو دي جانيرو، البرازيل، 3 - 14 يونيو 1992:

"ينبغي أن تسعى السلطات الوطنية إلى تشجيع استيعاب التكاليف البيئية داخليا، واستخدام الأدوات الاقتصادية، آخذة في الحسبان النهج القاضي بأن يكون المسؤول عن التلوث هو الذي يتحمل، من حيث المبدأ، تكلفة التلوث، مع إيلاء المراجعة الواجبة للصالح العام، ودون الإخلال بالتجارة والاستثمار الدوليين:"
<https://bit.ly/3Fwg6eM>

¹⁰⁰ - René TYL-Entrée en vigueur des règles relatives à l'indice carbone des navires le 1er janvier 2023-Association française des capitaines de navires-
<https://afcan.org/nouveau1.html>

¹⁰¹ -هيئة تحرير النشرة -من هنا و هناك-مجلة الملاح-عدد 122-أفريل 2023-ص 10:
<https://bit.ly/3M9hRT7>

¹⁰² - Hyungju Kim, Kwi Yeon Koo & Tae-Hwan Joung-OP.Cit-p 30 .

¹⁰³ - موضوع العدد-كيف يبدو مشهد تحدي الوقود مع تطور أنظمة دفع السفن؟-المرجع السابق- ص 56.

¹⁰⁴ - Vasiliki_Zisi_Harilaos N_Psaraftis_Thalis_Zis -The impact of the 2020 global sulfur cap on maritime CO₂ emissions-Maritime Business Review-Volume- 6 Issue 4-2021-P 340,343 : <https://bit.ly/3Q96BHC>