



HAL
open science

LE SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS) : UNE SOURCE DE DONNEES POUR ETUDIER LA CIRCULATION MARITIME

Arnaud Serry, Laurent Lévêque, Ronan Kerbiriou

► **To cite this version:**

Arnaud Serry, Laurent Lévêque, Ronan Kerbiriou. LE SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS) : UNE SOURCE DE DONNEES POUR ETUDIER LA CIRCULATION MARITIME. CONSTRUIRE LA VILLE PORTUAIRE DE DEMAIN EN AFRIQUE ATLANTIQUE, Nov 2017, KRIBI, Cameroun. hal-02525434

HAL Id: hal-02525434

<https://hal.science/hal-02525434v1>

Submitted on 5 Apr 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS) : UNE SOURCE DE DONNEES POUR ETUDIER LA CIRCULATION MARITIME.

ARNAUD SERRY¹

LAURENT LEVEQUE²

Ronan KERBIRIOU³

Résumé - Le système automatique d'identification (AIS) des navires est un outil destiné à accroître la sécurité de la navigation et l'efficacité de la gestion du trafic maritime. Son utilisation renforce à la fois la sécurité et la sûreté maritime. Ses apports sont indéniables malgré quelques carences et limites techniques.

Cet article présente les apports et les utilisations de la technologie AIS à l'origine d'une importante manne d'informations riches pour l'étude et la compréhension des circulations maritimes, spécialement pour la communauté scientifique ou les acteurs portuaires. Cet état de l'art est réalisé dans le cadre de la mise en œuvre d'une plateforme permettant de reconstituer les itinéraires des navires en utilisant les signaux AIS.

Mots-clés - AIS, Système d'identification automatique, circulation maritime, plateforme de recherche, commerce maritime mondial, stratégie des compagnies maritimes.

Abstract - The Automatic Identification System (AIS) is an automatic tracking system used on as a tool to increase navigation safety and efficiency as well as vessel traffic management. It enhances maritime safety and security. AIS' contributions are undeniable in spite of some deficiencies and technical restrictions.

This article presents the impacts and uses of AIS technology that can provide useful information to study maritime traffic, especially for the scientific community and port authorities. This desktop study is carried out in the framework of the implementation of a platform to reconstruct shipping routes using AIS data.

Keywords - Automatic Identification System, AIS, maritime traffic, Research Platform, World maritime trade, Strategy of shipping companies.

¹ Maître de Conférences à l'Université d'Orléans. CEDETE / UMR IDEES LE HAVRE - e-mail : serryarnaud@gmail.com

² Chercheur associé à l'UMR IDEES LE HAVRE – e-mail : levequelh@gmail.com

³ Ingénieur d'études à l'UMR IDEES LE HAVRE – e-mail : ronan.kerbiriou@univ-lehavre.fr



INTRODUCTION

Le transport maritime, support de 90% des échanges internationaux, est protégé par plusieurs dispositifs de sécurité comme le développement de systèmes de surveillance maritime (Vandecasteele, Napoli, 2011).

De nos jours, les navires embarquent de plus en plus de systèmes d'aide à la navigation. Ces systèmes ont pour objectif de simplifier le positionnement du navire vis-à-vis de son environnement (Devogele, 2009). Parmi ces technologies, il faut citer les RADAR ARPA⁴ qui facilitent le positionnement relatif d'autres navires afin d'aider le navigateur dans le choix d'une manœuvre, et les systèmes d'information et de cartographie. Depuis quelque temps, les récepteurs AIS (*Automatic Identification System*) ont fait leur apparition dans les passerelles. Ils gèrent l'envoi et la réception des positions GPS, vitesse, cap, type, lieu et heure d'arrivée des navires, vers et depuis les navires environnants. Ces systèmes embarqués ou à terre sont d'autant plus importants que le trafic maritime est dense et augmente comme dans les principaux points de passages obligés que sont les détroits et canaux ou dans les zones de concentration portuaire (Mer du Nord par exemple). L'AIS est un système d'échange de données entre navires rendu obligatoire par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) depuis 2004. L'AIS présente des avantages pour les acteurs du transport maritime : amélioration de la sécurité, amélioration de la gestion des flottes et de la navigation. Sa diffusion présente aussi de nombreux avantages pour la gestion de la voie maritime. Cependant, la généralisation de l'AIS pose des problèmes de confidentialité pour les armateurs, voire de sécurité. Les données transmises par l'AIS sont en effet à la portée de tous, y compris de la communauté scientifique.

Le travail présenté est la synthèse d'une réflexion menée dans le cadre du développement d'une plateforme de recherche pour l'analyse de la circulation maritime et l'évaluation des aléas du transport maritime, la plateforme CIRMAR. Cet outil permet d'envisager de multiples applications opérationnelles qui concernent aussi bien la sécurité de la navigation que l'économie maritime, l'analyse de stratégies des acteurs maritimes ou l'impact environnemental de la circulation maritime.

L'article repose avant toute chose sur une analyse documentaire des études existantes, mais également sur une recherche bibliographique approfondie à la fois technique et dans le domaine des sciences humaines même si la littérature francophone consacrée à cette nouvelle technologie est rare. L'article présente dans une première partie une définition de l'AIS englobant

⁴ ARPA : *Automatic Radar Plotting Aid*, en français "aide de pointage radar automatique", est un équipement associé au radar de navigation pour assurer le suivi des échos afin d'aider le navigateur dans le choix d'une manœuvre pour éviter la collision.

ses caractéristiques et objectifs. Dans un second temps, il propose de mettre en avant les apports de ce système et son emploi. En troisième partie, il se concentre sur l'utilisation des données produites par l'AIS. L'accent y est mis sur le projet CIRMAR qui vise à construire et à exploiter une plateforme d'intégration de données et de développement applicatif fondé sur la reconstitution des itinéraires des navires en utilisant les signaux AIS émis par les navires de plus de 300 tonneaux. A travers une démarche d'abord empirique, le présent article porte ainsi sur la mise en évidence de l'intérêt de l'AIS pour les communautés maritimes et scientifiques. En dernière partie, nous présenterons une étude de cas sur la côté Ouest africaine.

1. DEFINITION DU SYSTEME D'IDENTIFICATION AUTOMATIQUE (AIS)

1.1. Un outil de sécurisation de la navigation imposé par l'OMI

L'OMI participe à la sauvegarde de la vie en mer, à l'amélioration de la sécurité et l'efficacité de la navigation maritime ainsi que la protection de l'environnement marin. Elle accorde une grande importance au développement de systèmes visant à faciliter et sécuriser la navigation maritime à travers de nombreux groupes de travail sur les outils électroniques. Afin d'accroître cette sécurité maritime, l'OMI a adopté des règlements obligatoires concernant l'installation de systèmes automatiques d'identification capables de fournir des informations d'un navire à un autre ainsi qu'aux autorités côtières. Ces règlements font partie du chapitre V de la convention SOLAS⁵.

La réglementation, adoptée par la majeure partie de la flotte de commerce mondiale, concerne principalement tous les navires à passagers quelles que soient leurs dimensions et les navires d'une jauge brute égale ou supérieure à 300 tonneaux (tjb⁶) qui effectuent des voyages internationaux.

Basé sur l'échange automatisé de communications par radio VHF⁷ entre navires d'une part, entre navires et centres de surveillance maritime d'autre part et plus récemment via des satellites, il permet une identification en temps

⁵ Safety Of Life at Sea

[<http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-%28SOLAS%29,-1974.aspx>].

⁶ Tjb : le tonneau de jauge brute est l'une des unités de mesure de la capacité de transport d'un navire.

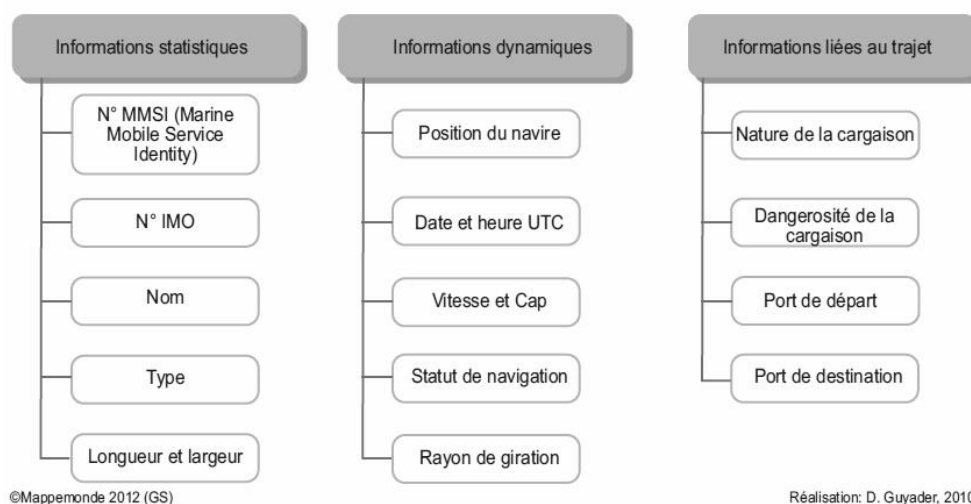
⁷ La bande des très hautes fréquences (*Very High Frequency/VHF*) est la partie du spectre radioélectrique s'étendant de 30 MHz à 300 MHz.

réel des navires émetteurs. Ceci s'intègre dans l'adoption du code ISPS⁸ par l'OMI, code international pour la sûreté des navires et installations portuaires qui outre l'instauration de l'AIS prévoit entre autre la désignation d'officiers de sécurité, la mise en place de plans de sûreté ou la traçabilité des marchandises en engins de transport.

1.2. Fonctionnement et caractéristiques techniques de l'AIS

Le système AIS utilise un transpondeur qui émet et reçoit en VHF. Il inclut également un récepteur GPS qui recueille la position et les détails du mouvement. Il transmet aussi bien des informations statiques d'identification et de type sur le navire et des informations dynamiques de position (Cf. Figure1), que des informations relatives au voyage sur la nature de la cargaison et les ports de départ et de destination. Concernant ces dernières informations, celles-ci sont remplies manuellement par des membres d'équipage et ne sont pas fiables pour une utilisation scientifique car très souvent mal renseignées. Les autres navires et les stations terrestres sont en mesure de recevoir cette information, de la traiter à l'aide d'un logiciel spécifique et d'afficher les positions des navires sur un traceur ou sur l'écran d'un ordinateur. Le système fonctionne en mode navire-navire, comme en mode navire-terre.

Figure 1 : Nature des données AIS



Source : Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011.

⁸ International Ship and Port Security, signifie Code international pour la sûreté des navires et des installations portuaires.

2. APPORTS DE L' AIS ET UTILISATION DES DONNEES

Les apports primordiaux de l' AIS concernent les domaines de la sécurité et de la sûreté maritime. Le système AIS, permet de localiser la grande majorité des navires à travers le monde. Ainsi, plusieurs nouveaux services sont disponibles pour les autorités ou les armateurs, comme le contrôle maritime global ou la connaissance constante de la position de leurs bateaux (Prévost, 2012). Des sites Internet communautaires ont vu le jour, qui permettent de suivre des milliers de navires partout dans le monde. On y trouve les positions de plus de 70000 navires à tout moment, ainsi que les historiques de leurs mouvements, des photos et des données techniques. Si cette technologie est récente, ses utilisations se multiplient, à bon ou à mauvais escient.

2.1. Un outil efficace

« L' AIS est initialement destiné à aider les navires à éviter les collisions, et les autorités portuaires et maritimes à surveiller la circulation et assurer un meilleur contrôle de la mer » (Thery, 2012). Ce système qui permet de visualiser les bateaux sur leur parcours est un dispositif qui permet également la traçabilité des navires, mais aussi d'anticiper leurs mouvements. Le fait de disposer en temps réel de données précises sur la position des navires permet de gérer efficacement la circulation, de réagir plus rapidement en cas d'accident ou d'incident, tout en disposant d'une information plus précise sur les cargaisons dangereuses ou encore d'améliorer le contrôle des navires à des fins de sécurité.

L'utilisation de l' AIS comme aide à la navigation constitue une précieuse source d'informations non seulement sur les navires, mais aussi sur toutes les balises d'aide à la navigation (Świerczyński, Czaplewski, 2013). L' AIS se positionne notamment comme un outil pertinent dans la préservation de l'environnement maritime. La pollution par les navires peut prendre principalement deux formes. Elle intervient de manière accidentelle ou par les rejets délibérés, c'est-à-dire les opérations de nettoyage des citernes et l'élimination des huiles usagées (Serry, 2013). Dans le premier cas de figure, les systèmes AIS ont une capacité potentielle à réduire la fréquence des accidents polluants liés à la navigation en fournissant simplement la mise à jour des informations des navires. De même, ils peuvent raccourcir le temps de réponse face aux accidents en fournissant des informations, en temps quasi-réel, sur la situation. De ce fait, l' AIS est un atout important dans la préservation de l'environnement maritime. (Schwehr, Mc Gillivray, 2007).

Les rejets illégaux sont la seconde cause de pollution du milieu marin. Les impacts de ces rejets ne sont pas aussi impressionnants que ceux des catastrophes maritimes et n'ont, de ce fait, pas été au centre des préoccupations (Cf. Figure 2). Cependant, il s'agit d'une pollution qui pourrait être sérieusement réduite et la technologie AIS peut y contribuer.

2.2. Obstacles et limites

« Si les avantages des nouvelles technologies sont indéniables, tant ces progrès sont intégrés dans la vie économique et sociale, ils trouvent leurs limites dans les risques d'atteinte à la vie privée et à la liberté individuelle » (Deboosere, Dessouroux, 2012).

2.2.1. Des limites techniques

Les navires de commerce de moins de 300 tonnes sont dispensés du système ce qui limite les capacités de l'AIS en matière de surveillance maritime. Le gros inconvénient à ce jour est lié au fait que la majorité des petits navires ne sont pas équipés et ne peuvent donc pas être repérés ni repérer les autres bateaux par ce système.

L'AIS est considéré comme le meilleur système de détection actuellement utilisé dans tous les ports mondiaux, mais il ne permet pas de détecter tous les navires (Zouaoui-Elloumi, 2012). En fait, la fiabilité de l'AIS est loin d'être parfaite. Le capitaine peut couper le système. La redondance des équipements n'est pas prévue. Ils peuvent tomber en panne ou être défectueux et donner de fausses indications. Les liaisons VHF peuvent se dégrader dans certaines conditions et selon la position et l'altitude de l'antenne d'émission sur le navire.

Egalement le système est potentiellement vulnérable à des attaques plus sophistiquées :

- Le système est vulnérable au brouillage volontaire ou non car les caractéristiques techniques sont publiques (Dujardin, 2004), notamment dans les zones de fort trafic ;
- L'envoi volontaire d'informations erronées (navires fictifs, doublons avec des navires réels) ;
- Les transmissions de virus informatiques (l'AIS est géré par un mini-ordinateur).

Ainsi, la situation d'une zone maritime ne peut être tenue d'une manière exhaustive avec l'AIS. En fait, l'AIS doit s'intégrer dans l'E-Navigation. De plus, un des enjeux principaux est « l'adéquation du principe de liberté de

circulation sur les mers avec le respect d'un cadre d'activité de plus en plus réglementé » (Terrassier, 2004). En effet, la haute mer est couramment définie comme une zone marine qui, en principe, échappe à toute souveraineté. La surveillance en temps réel de la circulation maritime semble partiellement remettre en cause cette liberté séculaire de la navigation. Qui a le droit et dans quel cadre de tracer des navires dans des eaux internationales ? Aujourd'hui, le droit international n'apporte pas de réponses à l'utilisation des données AIS, laissant la porte ouverte à des pratiques très éloignées de l'objectif initial du système.

3. AIS ET RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Les données tirées des systèmes AIS constituent, de fait, une nouvelle manne d'informations pour la communauté maritime, le grand public mais aussi les chercheurs. Elles constituent en effet une source potentielle d'informations sur les circulations maritimes, principalement marchandes. De ce fait, leur diffusion est un réel apport notamment pour la communauté scientifique.

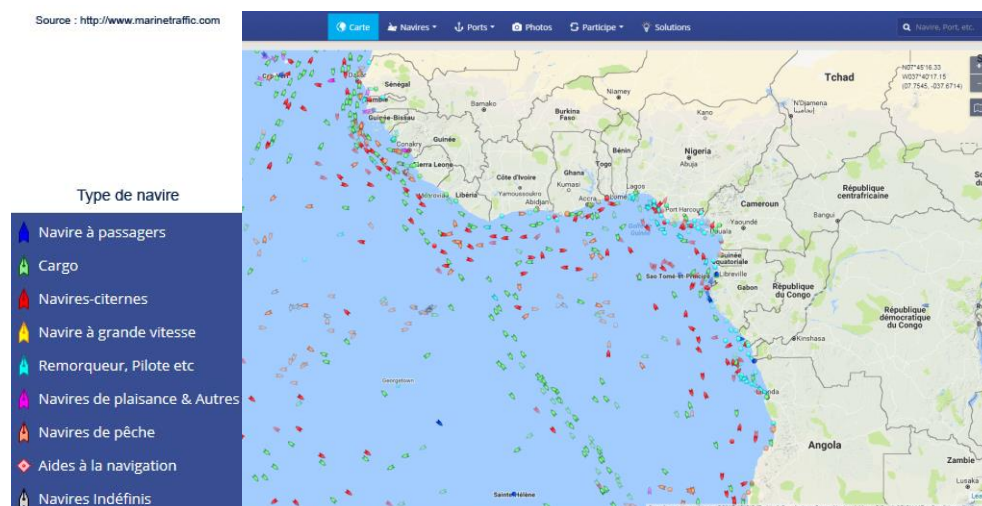
3.1. Une source récente à l'utilisation encore étroite

L'état de l'art principalement fondé sur une littérature francophone fait apparaître des travaux basés principalement sur la thématique sécuritaire (Fournier, 2012) ou sur la fréquentation d'espaces spécifiques, principalement littoraux (Rade de Brest, espaces littoraux marins et insulaires). De plus, l'analyse des ouvrages, rapports, travaux universitaires et de recherche confirme la relative rareté des travaux en Sciences Humaines et met en exergue une littérature fragmentée qui ouvre sur le droit maritime international, la physique, le traitement du signal, la géopolitique et bien d'autres thèmes encore (Fournier, 2012).

En ce qui concerne la littérature en langue anglaise, plus abondante, la situation est relativement différente. Les recherches portant sur l'AIS sont plus nombreuses, à différentes échelles spatiales, mondiale (Shelmerdine, 2015), régionale (Cairns, 2005), locale (Perkovic, Gucma, Przywarty, Gucma, Petelin, Vidmar, 2012). Comme ceci apparaît dans les travaux de Richard L. Shelmerdine (Shelmerdine, 2015), les recherches focalisent sur la surveillance des routes empruntées par le transport maritime et de l'intensité du trafic de navires (Eriksen, Høye, Narheim, Meland, 2006), la prévention des accidents maritimes et la détection des situations inhabituelles (Kao, Lee, Chang and Ko, 2007) et sur les impacts environnementaux de la circulation maritimes (Jalkanen, Johansson, Kukkone, 2013).

Le site *Marine Traffic*⁹ est un très bon exemple de la diffusion de l'information. Il fournit, en partie gratuitement et en temps réel, des informations sur les mouvements de navires dans une zone de couverture presque mondiale (They, 2012). Il fait partie d'un projet universitaire qui a pour but la collecte et la diffusion de ces données en vue de leur exploitation dans divers domaines. Le projet est ouvert, ses organisateurs sont constamment à la recherche de partenaires disposés à partager les données de leur région, afin de couvrir plus de zones maritimes et de ports dans le monde. *MarineTraffic* annonce aujourd'hui pas moins de 5 millions d'utilisateurs mensuels. Chacun peut explorer à loisir chacune des zones pour lesquelles les informations sont disponibles. Cette exploration est d'autant plus intéressante dans les zones de concentration des trafics comme la Manche (Cf. figure 3), route maritime la plus fréquentée au monde dont le site donne de fait une image spectaculaire. À titre d'exemple, *marinetraffic* positionne simultanément en un instant T, 44 500 navires de tous types sur le globe et 650 navires en Manche centrale (Cf. figure 3).

Figure 3 : Les navires le long de la côte Ouest africaine d'après le site *Marine Traffic* (31/10/2017 / 15h20)



Au-delà d'une vision des routes maritimes, *Marine Traffic* offre également le moyen d'observer les mouvements des navires dans les ports, pourvu qu'ils soient équipés de stations AIS. Le système AIS étant ouvert, il a donné naissance à d'autres sites, en dehors de *Maritime Traffic* comme le

⁹ <http://www.marinetraffic.com>

britannique, *ShipAIS*. Les sites de diffusion de l'information AIS ont donc un grand avantage, celui de permettre de visualiser gratuitement la circulation maritime en temps réel. En termes de recherche, l'intérêt de ces sites de visualisation de données Ais est certes moins important que la mise à disposition de bases de données archivées mais il permet notamment de comparer la réalité du trafic maritime avec le discours des compagnies maritimes en vérifiant par exemple les navires en opérations sur des lignes régulières. En couplant ces informations avec une base de données navires, il est par ailleurs possible de déterminer les capacités offertes sur ces mêmes lignes maritimes.

Une utilisation plus poussée des données AIS est possible grâce au développement d'un réseau de stations couvrant de plus en plus de zones côtières, ce qui offre de nouvelles possibilités à la cartographie de l'activité de transport. « *Plusieurs travaux menés à l'Institut de recherche de l'école navale (IRENAV) sont basés sur l'exploitation de données AIS dans le but de détecter des situations inhabituelles (risques de collision) et de qualifier le comportement des navires en temps réel. Grâce à la mise à disposition des données AIS, il est possible d'identifier, quantifier et cartographier les couloirs de navigation des navires* » (Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011). La méthode fondée sur une analyse spatiale au sein d'un système d'information géographique (SIG) associé à un serveur de base de données, permet de reconstruire les trajectoires de chaque navire de manière à identifier les couloirs de navigation puis d'y associer le trafic journalier dans ses dimensions temporelles et quantitatives. Il est ainsi possible de compléter la cartographie du transport maritime traditionnellement tournée vers l'analyse des réseaux et flux maritimes au niveau mondial, les enregistrements des ports de départ et d'arrivée ou pour l'analyse de l'emprise spatiale du transport maritime. « *Dans une approche globale du déroulement des activités maritimes, ces informations peuvent être analysées avec d'autres décrivant le déroulement des activités nautiques et de pêche, afin de caractériser leurs interactions et mettre en évidence des conflits potentiels. À moyen terme, l'application des systèmes de suivi du trafic maritime à l'ensemble des activités impliquant différents types de navires, prévue dans le cadre de l'E-Navigation, constituera sans aucun doute une source de données précieuse pour l'aide à la navigation en temps réel, la gestion des pêches et pour contribuer à la gestion intégrée de la mer et du littoral* » (Le Guyader, Brosset, Gourmelon, 2011).

En outre, Le dispositif *Envisia*, illustre l'intérêt des données AIS. Créé par le CETMEF (Centre d'études techniques maritimes et fluviales) à l'initiative de l'Etat français, c'est un système de collecte et d'archivage de toute une série de données fournies par des serveurs informatiques et des installations côtières, parmi lesquelles les données AIS (Guichoux et al., 2011). Ce



système est déjà utilisé afin d'identifier les zones à forte densité de trafic et ainsi, mieux évaluer les risques liés à la circulation maritime, de repérer les zones littorales aménageables, ou de mesurer la pression des activités humaines sur le milieu marin.

L'utilisation de l'AIS repose sur le caractère multi scalaire ; échelles spatiales (local/global) et temporelles (temps court/temps long) de l'information produite par les signaux AIS couplée à d'autres bases. Elle permet des applications opérantes dans des domaines variés. Une application potentielle des données AIS archivées consiste ainsi à extraire des statistiques de temps de voyage pour une population de navires (Mitchell et al, 2014).

La mise à disposition de données AIS archivées ouvre d'intéressantes perspectives pour la caractérisation des activités maritimes sur les plans spatiaux, temporels et quantitatifs. Les potentialités de l'AIS pour la recherche scientifique sont en fait multiples : analyse des routes maritimes empruntées par les navires, estimation des rejets des navires, identification des escales et de leurs durées, analyse des stratégies des compagnies maritimes, cartographie des flux de navires, analyse des interactions avec des éléments d'environnement du navire comme les conditions météorologiques, l'état de la mer, ou la densité du trafic.

3.2. La mise en place d'une plateforme de recherche pour l'analyse de la circulation maritime

Afin de construire et d'exploiter une plateforme d'intégration de données et de développement applicatif fondé l'utilisation des signaux AIS, le projet CIRMAR implique une collaboration multidisciplinaire entre géographes, aménageurs et informaticiens notamment.

3.2.1. Apports et caractéristiques générales

Alors que plus de 90% du transport international de marchandises s'effectue par voie maritime, la circulation des navires marchands se trouve être un champ d'investigation relativement peu exploré d'un point de vue analytique à l'exception de quelques travaux comme la thèse de doctorat de Joly (Joly, 1999) sur l'analyse morphologique des circulations maritimes de lignes régulières conteneurisées à l'échelle mondiale. Jusqu'à ce jour, la circulation maritime a donc été appréhendée en combinant des approches élémentaires d'analyse statistique descriptive à d'autres empruntant à la recherche opérationnelle sur les problèmes de réseaux de transport (mesures globales et locales de morphologie de réseau, chemins optimaux dans un graphe et éléments d'optimisation de flux sous contrainte) à partir de plusieurs saisies



de registres de la Lloyd's (Ducruet, Joly, Le Cam, 2012), ce qui a représenté un travail considérable ne pouvant matériellement être assuré en continu.

L'utilisation des signaux pour la recherche touche aussi bien la sécurité de la navigation que l'économie maritime ou encore les relations du trafic maritime avec la conjoncture mondiale ou régionale. Nous avons axé nos recherches autour de trois grands domaines :

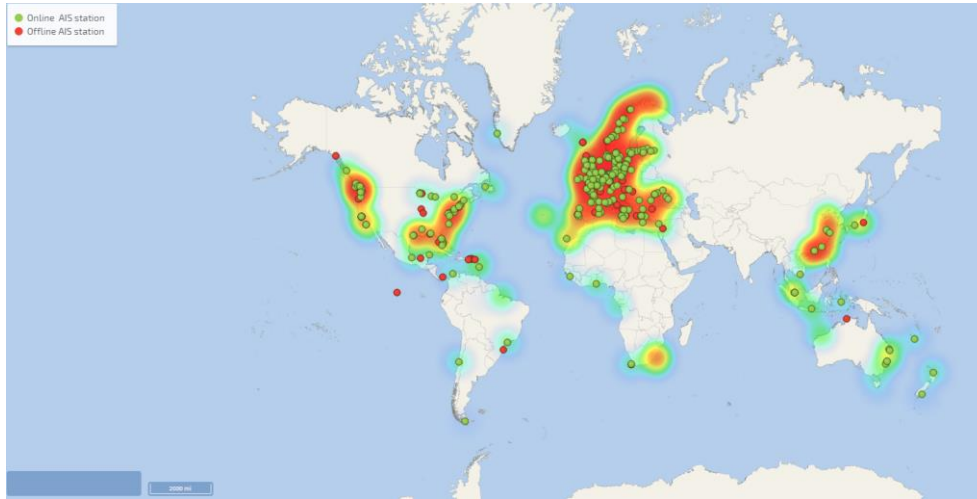
- Le domaine géoéconomique portant sur l'insertion de la circulation maritime dans les chaînes logistiques globales,
- Le domaine de la sécurité de la navigation qui correspond à la finalité première du dispositif AIS,
- Le domaine de l'évaluation des impacts environnementaux de la circulation maritimes en corrélation avec de l'analyse d'image aérienne ou satellitaire.

Le projet CIRMAR s'appuie sur un réseau collaboratif de chercheurs qui permet de développer et de tester des outils de traitement, d'analyses et de représentation des données. Dans le champ du transport maritime, l'exploitation des signaux AIS peut être considérée comme du « big data » étant donné la quantité de messages échangés quotidiennement. Ainsi, une plateforme informatique est en cours de développement permettant de recevoir, décoder, nettoyer, stocker et analyser les messages AIS.

Notre projet se découpe en plusieurs phases. Durant la première phase, les signaux AIS sont reçus via une antenne VHF installé sur le toit de l'Université du Havre. Les messages reçus chaque jour sont stocké dans un fichier nommé avec la date d'arrivée du message. Nous récupérons également les messages d'AISHUB de leurs antennes répartis dans l'ensemble du monde. AISHUB est un réseau collaboratif de partage de données AIS. « Toute personne souhaitant recevoir des données de toutes les sources disponibles en temps réel doit partager son propre flux avec les membres de l'AISHUB ». Cette connexion au réseau AISHUB nous permet ainsi d'obtenir une couverture mondiale de la navigation maritime. La couverture de ce réseau collaboratif n'est pas globale et a plusieurs zones dites « blanches » comme la côté Ouest Africaine où peu de ports sont couverts.

Figure 4 : La couverture mondiale du réseau AISHUB et ces antennes (31/10/2017 / 16h00)





Pour ce projet, nous avons collectés les signaux AIS depuis la seconde moitié de l'année 2015.

En ce qui concerne le traitement des données, les deux principaux obstacles à la production d'informations sur les problèmes géoéconomiques sont la quantité de données permettant de traiter la qualité des données et en particulier les données statiques. Même s'ils sont de petites tailles (39 caractères par exemple), le nombre de messages AIS reçus a conduit à la formation de grandes quantités de données. Une analyse pertinente du trafic maritime doit également prendre compte au mieux la saisonnalité des flux (haute saison, nouvel an chinois, ...) et au moins la durée des temps de transit pour les plus longues routes. Le volume de données à décoder puis à analyser est donc considérable.

En ce qui concerne la qualité des données, la plupart des problèmes concernent les informations qui sont renseignées à chaque trajet par un opérateur sur le navire. Ils concernent la référence au port de destination, l'état de navigation, le tirant d'eau du navire et l'heure d'arrivée prévue (ETA). Le positionnement et l'information routière transmis automatiquement, l'entrée des informations statiques dans le transpondeur est une opération subsidiaire par rapport à d'autres opérations plus cruciales pour la navigation, notamment lors de l'approche ou du départ du port.

Ainsi, l'utilisation du matériel agrégé des messages AIS pour analyser les flux commerciaux maritimes doit être basée de préférence sur des données dynamiques (positionnement et route), plus fiables que les données statiques. Ces informations doivent être validées par des données externes: nous

utilisons donc une base de données de navires via le numéro MMSI et une base de données géo référencée sur les ports (Lévêque, 2016).

Ainsi, pendant le traitement, la première étape consiste à décoder tous les messages. La quantité de données à traiter peut nécessiter d'allouer un traitement sur plusieurs sessions et machines afin d'éviter des temps d'attente excessifs. Les résultats servent de base à différents types d'analyses: analyse de la performance portuaire (durée de l'appel et taille du navire ...), stratégies des compagnies maritimes, étude du réseau maritime, analyse des marchés régionaux.

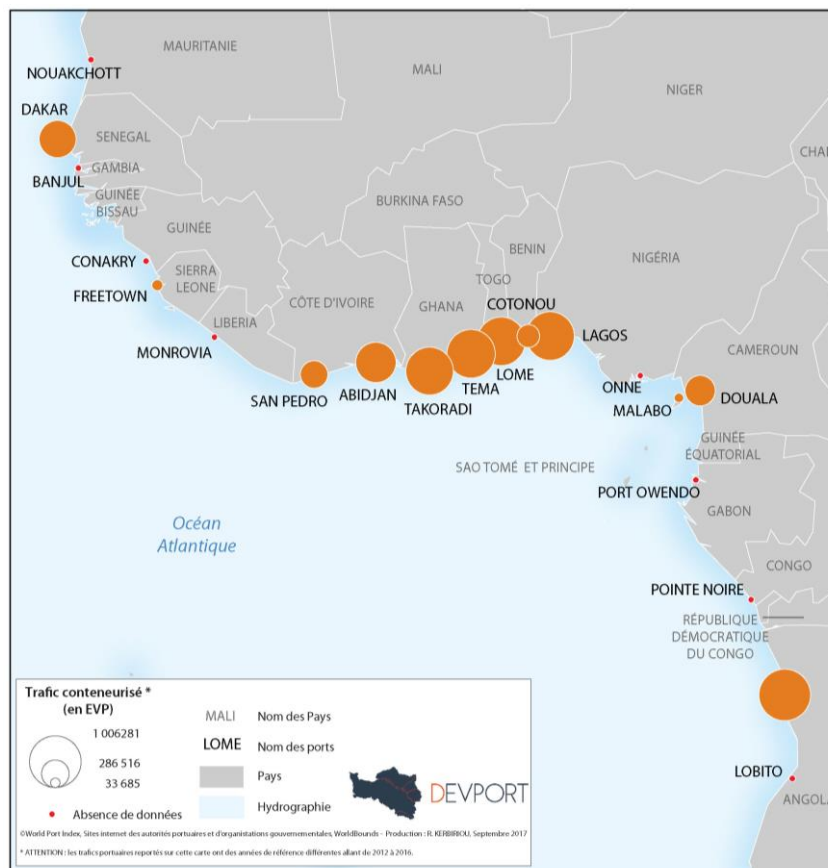
4. ETUDE DE CAS SUR L'AFRIQUE DE L'OUEST

L'Afrique, tout en étant intégré à la mondialisation, est longtemps restée sous l'influence de l'occident qui a dicté ces propres règles du libre-échange et n'en a tiré que très peu profits. « Malgré les « bonnes » théories fondatrices de l'OMC, les portes du marché occidental demeurent fermées aux produits manufacturés africains » (Lihoussou, 2014). Les pays dits « développés » conservent la main mise et leur domination économique et politique sur le développement économique du continent africain.

L'Afrique n'en reste pas moins un continent convoité par les investisseurs occidentaux avec entre autres le développement des infrastructures portuaires en délégation de services publics à des entreprises privées multinationales originaires principalement des pays développés. Ces entreprises sont attirées par la croissance démographique qui laisse entrevoir que ce continent deviendra un des premiers marchés de consommation au monde. Le taux de croissance démographique est actuellement de 2,7% par an contre 1% pour la moyenne mondiale soit une population qui pourrait doubler à l'horizon 2050 (1,2 milliard d'habitants aujourd'hui)¹⁰. Sur la côte Ouest, « les ports ambitionnent tous de devenir des « hubs » avec à la clé des projets de développement non moins important » (Lihoussou, 2014). Le développement du transport maritime est le reflet du dynamisme global d'un espace et l'Afrique présente un dynamisme certain du transport maritime. Dans notre étude de cas sur l'Afrique de l'Ouest, nous allons développer plusieurs exemples de traitements et d'utilisations des signaux AIS (notez que le projet est toujours en cours et que les analyses et résultats peuvent être incomplets). Notre zone d'étude se base sur la rangée Atlantique de Nouakchott (Mauritanie) à Lobito (Angola).

¹⁰ Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, DVD Edition.

Figure 5 : Trafic conteneurs des ports de l’Afrique de l’Ouest.

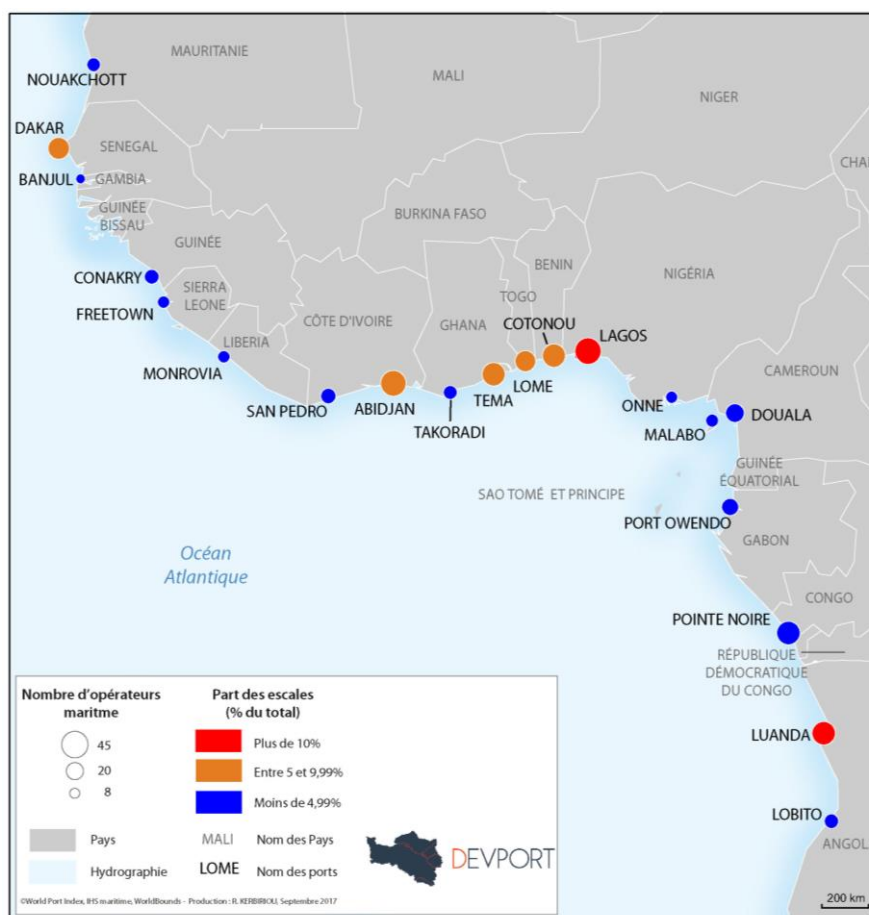


Note : les trafics portuaires reportés sur cette carte ont des années de référence différentes allant de 2012 à 2016.

Premièrement, nous pouvons utiliser les données AIS pas seulement pour obtenir des informations génériques dans une certaine période ou sur un certain espace mais également pour connaître des informations sur les opérateurs, les escales,... Sur la figure 6 ci-dessous, nous avons croisé les nombres d’opérateurs de porte-conteneurs et la part des escales par port. Pour le calcul de la part des escales, nous avons récupéré et comptabilisé les escales des porte-conteneurs de tous les ports de la zone étudiée à partir des signaux AIS afin d’étudier la répartition spatiale de l’offre en escales maritimes. On peut observer une certaine concentration du trafic sur le littoral entre Abidjan (Côte d’Ivoire) et Lagos (Nigéria). Mis à part le port de Takoradi (Ghana), tous les ports de cette zone concentrent plus de 5% des escales et au moins 30 opérateurs maritimes de porte-conteneurs. Le port de Lagos a reçu en 2016, 45 opérateurs maritimes sur les 82 enregistrés en 2016 sur la façade Ouest africaine. Cette configuration nous fait penser à celle d’une rangée maritime

(Vigarié, 1979) ou range portuaire. En dehors, du range précédemment identifié, deux ports situés géographiquement à chaque extrémité de la façade maritime ressortent de par leur concentration du nombre d'escales qui sont Dakar au Nord et Luanda au Sud avec respectivement 32 et 38 opérateurs maritimes présents et plus de 10% des escales de porte-conteneurs pour Luanda (1084 escales en 2016, 2ème derrière Lagos avec 1792 escales de porte-conteneurs). Dans une autre mesure, les ports de Pointe Noire (Congo) et Douala (Cameroun) regroupent un nombre important d'opérateurs (respectivement 37 et 26 opérateurs maritimes) mais un nombre d'escales relativement faible (moins de 5%).

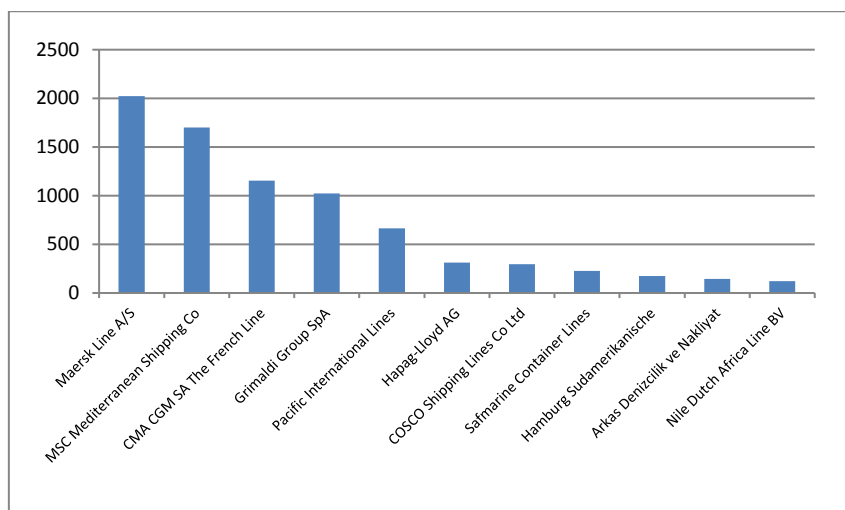
Figure 6 : Escales de porte-conteneurs et opérateurs maritimes en 2016



L'analyse des signaux AIS permet d'analyser la présence des compagnies maritimes. D'un point de vue géoéconomique, nous pouvons analyser la stratégie des compagnies maritimes ou leurs réseaux. En effet, la présence des compagnies maritime (ou non) dans les ports est un bon indicateur pour

comprendre le fonctionnement du système portuaire et évaluer les potentiels. Dans notre zone d'étude, on observe la domination des grandes compagnies maritime et le top 3 mondial dans l'ordre, Maersk Line, MSC et CMA CGM avec respectivement 2023, 1701 et 1156 escales en 2016 dans les ports de l'Afrique de l'Ouest. APL Maersk représente ainsi à lui seul 24% des escales. Ces trois compagnies offrent des services maritimes dans tous les ports observés. Au contraire certaines compagnies maritimes ont des stratégies plus localisées comme Nile Dutch Africa Line qui affrète des navires seulement dans 5 ports (Luanda, Lobito, Pointe Noire, Abidjan et Douala et dont plus de 50% de ces escales sont opérées à Luanda).

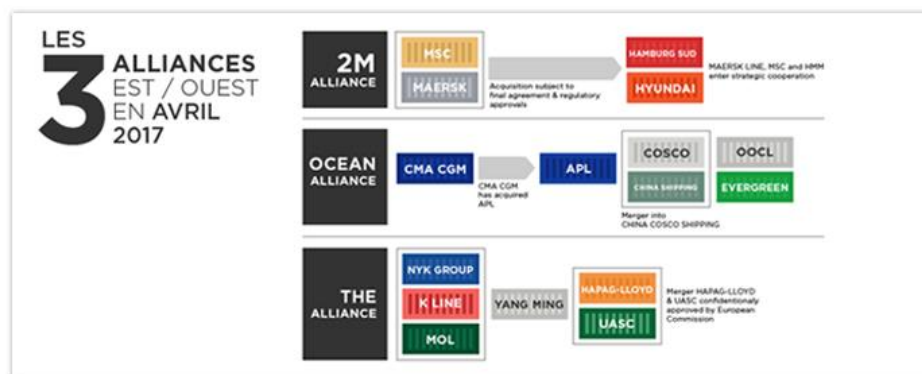
Figure 7 : Escales de porte-conteneurs par compagnies maritimes en 2016



Source des données : Signaux AIS et IHS maritime, 2017

Pour analyser l'offre de services des compagnies maritime par port, nous avons fait le choix de les regrouper par alliance. En effet, en avril 2017, une grande restructuration des alliances entre les compagnies maritimes opérant des porte-conteneurs a eu lieu. La figure 8 ci-dessous représente la composition des différentes alliances.

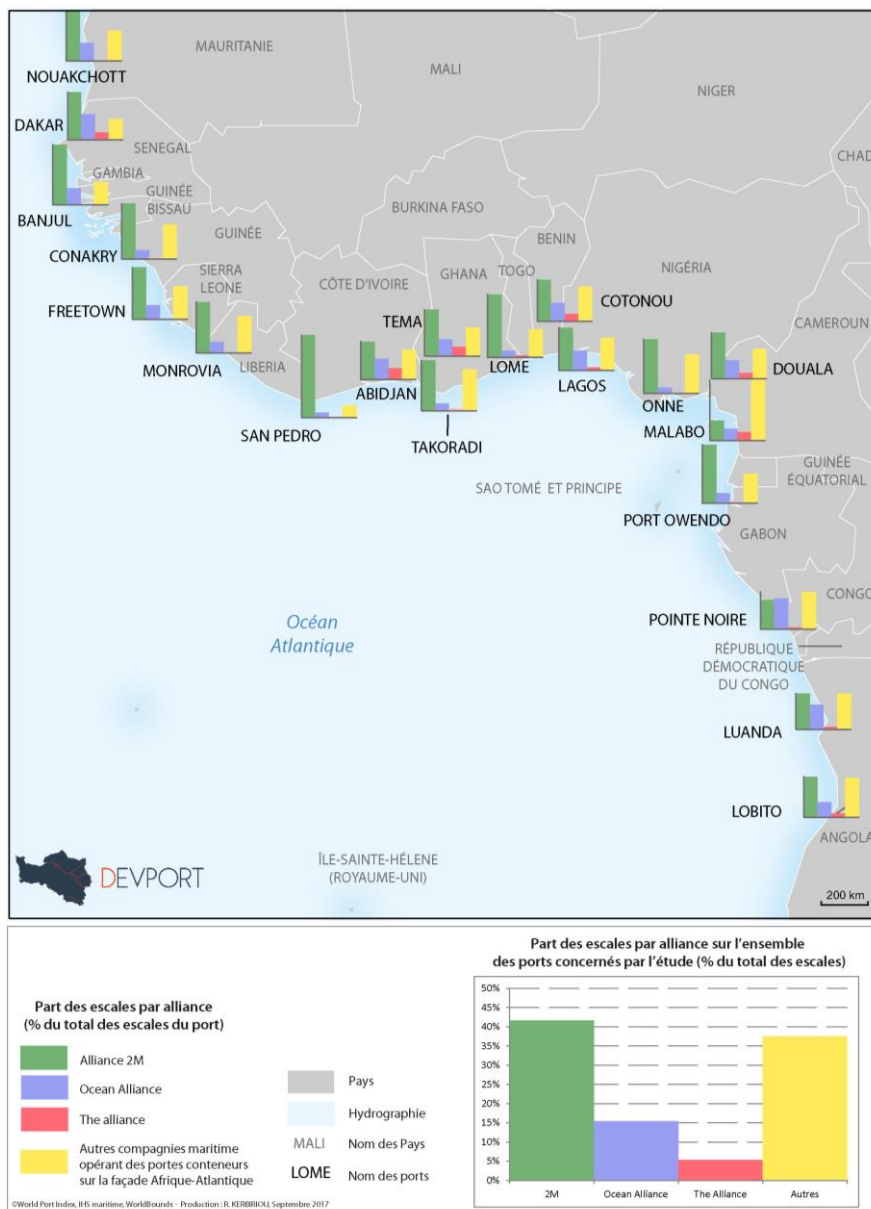
Figure 8 : les 3 alliances maritimes en Avril 2017. Source : site internet du transitaire Balguerie



Source de l'image : www.balguerie.com

L'alliance 2M composée d'APL Maersk et MSC représente à elle-seule 45% des escales de porte-conteneurs en 2016 sur la façade Afrique Atlantique et elle est d'autant plus présente sur les ports situés au Nord du Gabon. Dans certains ports comme San Pedro (Côte d'Ivoire) ou Banjul (Gambie), cette alliance est en quasi-situation de monopole en termes de services maritime offert. Sur la partie Sud de cette façade maritime, on retrouve un équilibre de l'offre de service par alliance.

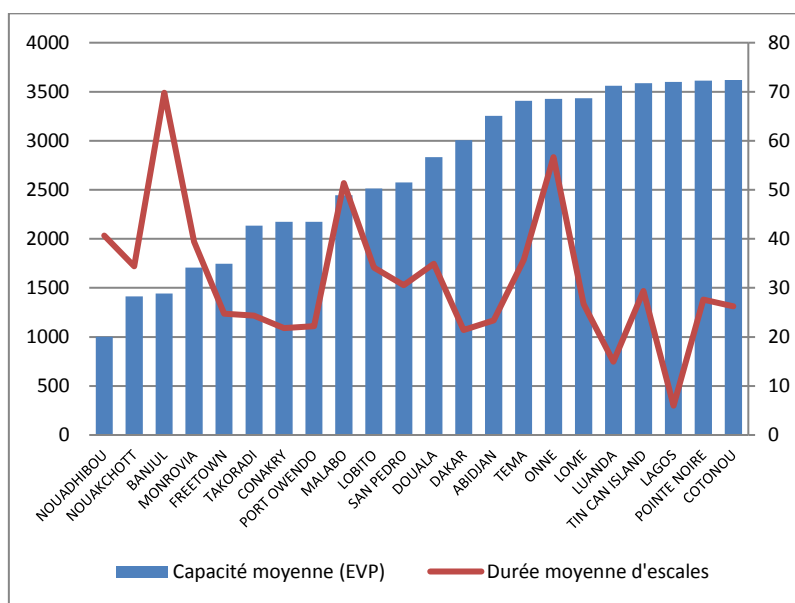
Figure 9 : Escales par alliances maritimes en 2016.



Aujourd'hui, la question de la compétitivité portuaire est cruciale pour les autorités portuaires et les opérateurs maritimes. Cela inclut spécialement, le niveau d'efficacité des opérations portuaires, les coûts de manutentions, la fiabilité ou l'accessibilité terrestre. Concernant l'Afrique de l'Ouest, nous pouvons analyser l'efficacité des opérations portuaires en utilisant la durée d'escales offertes par les données AIS. Les résultats doivent être appréhendés avec précaution car certaines données peuvent être aberrantes et donc à

supprimer. Cela peut être des arrêts techniques qui peuvent durer plusieurs jours voir plusieurs semaines. Egalement, nous avons dû retirer de notre analyse l'opérateur maritime Grimaldi car l'information de capacités de ses navires est en tonnage de marchandises et non en EVP.

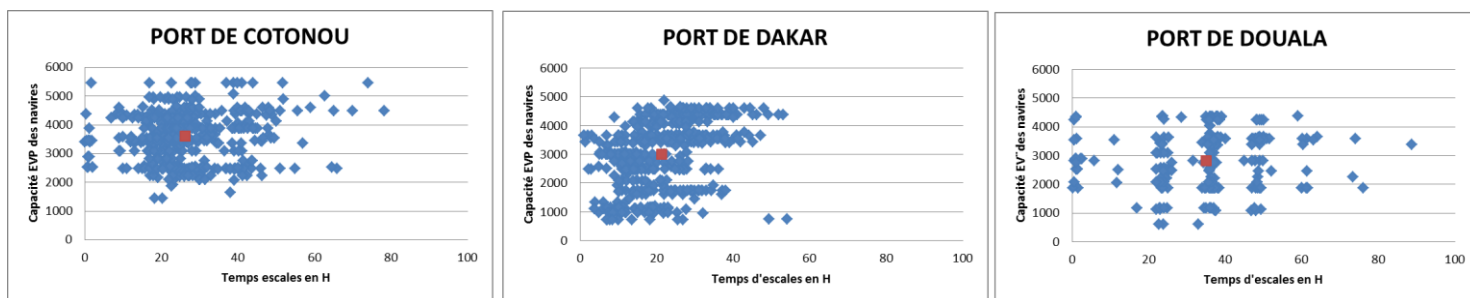
Figure 10 : Comparaison des capacités des porte-conteneurs et la durée des escales pour les ports d'Afrique de l'Ouest



Source des données : Signaux AIS et IHS maritime, 2017

Au niveau de la capacité moyenne en EVP des navires, on observe un top 8 avec une capacité moyenne oscillant autour de 3500 EVP et ces ports, mis à part Luanda, sont situés dans le cœur du Golfe de Guinée. En remettant en perspective avec la figure 6, ces ports correspondent à ceux accueillant le plus d'opérateurs différents et le plus d'escales de porte-conteneurs. D'un point de vue du temps d'escales qui peut être assimilé à la performance des terminaux, on observe, mis à part pour le port d'Onné (Nigéria) un temps relativement plus court pour ce top 8.

Figure 11 : Temps d’escales et capacités en EVP des porte-conteneurs dans les ports de Cotonou (Bénin), Dakar (Sénégal) et Douala (Cameroun).



Source des données : Signaux AIS et IHS maritime, 2017

L’analyse des signaux AIS permet également de mettre en perspective la capacité en EVP des navires avec le temps des escales. Sur les graphiques suivants, nous avons retenu trois ports pour la démonstration mais cette analyse est applicable à chacun des ports analysés.

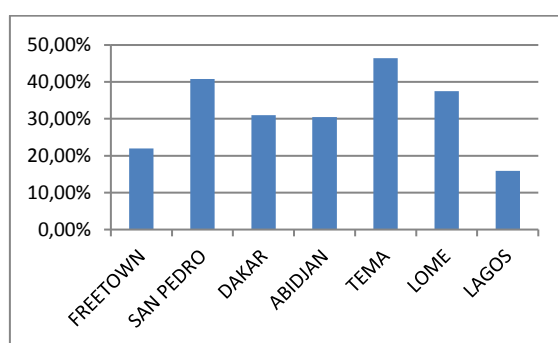
On observe des fonctionnements et des performances différentes sur les trois ports retenus. Le port de Cotonou accueille très peu de porte-conteneurs de moins de 2000 EVP. Le temps d’escale est relativement homogène quelque soit la taille du navire escalant au contraire du port de Dakar. La taille moyenne des navires est plus petite (3006 EVP contre 3620 EVP pour Cotonou), il y a une proportion importante de porte-conteneurs de moins de 2000 EVP et pas une seule escale de porte-conteneurs de plus de 5000 EVP. Le temps d’escales est relativement court à Dakar (moins de 60H de manière systématique) et il semble s’allonger avec la taille des porte-conteneurs. Le port de Douala est soumis aux contraintes de marées de par sa position géographique dans l’embouchure du Wouri. On voit donc clairement apparaître des regroupements d’escales en termes de temps qui sont calculés en fonction des fenêtres d’accès qui sont offertes par la marée.

Faire partis des lignes régulières des différentes compagnies est très important pour les ports mais cela ne garantit en rien la captation des flux de marchandises comme le montre le graphique en figure 12. Nous avons par de simples calculs, établis la part moyenne des conteneurs manutentionnés par navires et par escales. Cette méthode demande à être approfondie et peaufinée mais elle permet d’avoir un premier aperçu de l’importance de l’hinterland ou de la position de hub maritime par exemple. Pour rappel, le port de Lagos

est le port bénéficiant de la meilleure offre de services de la part des opérateurs maritimes de conteneurs (45 opérateurs maritime pour 1641 escales de porte-conteneurs).

Pour autant, il y aurait en moyenne seulement 16% des conteneurs manutentionnés par escale. Le port de Tema au Ghana, quant à lui, aurait un taux de manutention de conteneurs par navires moyen de 46%.

Figure 12 : Taux de conteneurs manutentionnés en moyenne au cours d'une escale



Source des données : Signaux AIS et IHS maritime, 2017

La façade maritime et portuaire de l'Afrique de l'ouest montre de nombreuses possibilités dans l'utilisation des signaux AIS dans le champ de la recherche géoéconomique.

Avec des données sur les trafics portuaires de la zone étudiée exhaustive et précise nous aurions pu analyser les durées moyennes de manutention par EVP, comparer les compétitivités portuaires,

CONCLUSION

L'AIS est devenu en peu de temps un outil opérationnel exploité par de nombreux acteurs. En effet, il fournit de précieux renseignements, aussi bien aux équipages, qu'aux organes de régulation à terre, voire même à des particuliers ou des chercheurs. La sécurité à bord et la sûreté pour les navires en mer sont des thématiques d'actualité en raison de la multiplication des actes de piraterie. Parmi les outils de suivi du trafic maritime qui existent, l'AIS renseigne mais ne suffit pas à renforcer la sûreté des navires. Au contraire, il semble même parfois être utilisé par ces mêmes pirates. En fait c'est d'une des principales richesses du système que découle la plus grande faille : les données sont, à l'origine gratuites et libres, difficilement contrôlables.

Les analyses réalisées dans le cadre de cette article représentent un échantillon des possibilités d'analyses scientifiques. Les possibilités d'exploitation des informations issues des signaux AIS donnent à ce dispositif un caractère d'information globale et permettent des usages pluridisciplinaires et de répondre à des problématiques multiples, en effet il est :

- Multi échelles, temporelles et spatiales,
- Multi finalités : aide à la navigation, suivi des flux économiques mondiaux, analyse des comportements d'acteurs économiques, comportements des marins, interactions avec l'environnement...
- Multi usages : gestion des lignes maritimes, de la circulation, des escales portuaires, construction d'indicateurs de fiabilité, de performance, impacts sur les chaînes logistiques...
- Riche en possibilité de développements théoriques dans de nombreuses disciplines puisque c'est, avec son équivalent aérien, la seule source de suivi continu d'objets mobiles à l'échelle planétaire,

Cet énorme potentiel pose des défis scientifiques et a pour conséquence la nécessité d'une approche interdisciplinaire. Tout d'abord, l'acquisition des signaux AIS a nécessité la construction d'une plateforme permettant la récupération des données, leur décodage et leur filtrage et donc un important dispositif de développement informatique. La valorisation scientifique des données AIS implique en effet la mise en place de nouveaux outils en relation étroite avec les spécialistes du traitement de l'information. Parallèlement il a été nécessaire d'appréhender le plus largement possible les différents types



d'exploitation qui peuvent être demandés à cette plateforme et donc la collaboration avec l'ensemble des différentes disciplines et métiers concernés ; géographie, économie, statistiques, sciences de l'ingénieur, logisticiens, navigants, etc., est indispensable. Enfin, même si des résultats sont immédiatement disponibles, c'est un projet qui se construit également sur le moyen et long terme avec l'archivage des données.

BIBLIOGRAPHIE

CAIRNS WILLIAM R. (2005), AIS and Long Range Identification & Tracking, *Journal of Navigation*, 58, pp 181-189

DEBOOSERE PATRICK, DESSOUROUX CHRISTIAN, 2012, « Le contrôle de l'espace et de ses usage(r)s : avancées technologiques et défis sociaux », *Espace populations sociétés*, 2012/3, pp. 3-11.

DEVOGELE THOMAS (2009), *Système d'information géographique temporelle maritime: des distances linéaires à l'analyse temps réels des trajectoires*, Université de Brest, Habilitation à diriger des recherches de Géomatique.

DUCRUET CESAR, JOLY OLIVIER, LE CAM MARINE (2012), Maritime flows, Draft Final Scientific Report, *ESPON 2013 Programme, Territorial Impact of Globalization on Europe and its Regions (TIGER)*, Applied Research Project 2013/1/1

DUJARDIN BERNARD (2004), L'AIS et ses capacités de surveillance maritime, *La revue maritime*, n°467.

ERIKSEN TORKILD, HØYE GUDRUN, NARHEIM BJORN, MELAND BENTE JENSLØKKEN (2006), Maritime traffic monitoring using a space-based AIS receiver, *ActaAstronaut*, 58:5, pp. 37-49.

FOURNIER MELANIE (2012), *L'apport de l'imagerie satellitale à la surveillance maritime : contribution géographique et géopolitique*, thèse de doctorat, Université de Montpellier 3.

GUICHOUX YANN ET AL. (2011), ENVISIA – A scalable archiving system for AIS data storage, *Global sharing of Maritime Data- IALA workshop 12-16 September, 2011*.

JALKANEN JUKKA-PEKKA, JOHANSSON LASSE, KUKKONEN JAAKKO (2013), A Comprehensive Inventory of the Ship Traffic Exhaust Emissions in the Baltic Sea from 2006 to 2009, *AMBIO*, Volume 43, Issue 3, pp. 311-324.



JOLY OLIVIER (1999), *La structuration des réseaux de circulation maritime : position des plates-formes d'interconnexion en Europe du Nord-Ouest*, Thèse de doctorat, Université du Havre.

KAO SHENG-LONG, LEE KUO-TIEN, CHANG KI-YIN AND KO MIN-DER (2007), A Fuzzy Logic Method for Collision Avoidance in Vessel Traffic Service, *Journal of Navigation*, 60, pp. 17-31.

LE GUYADER DAMIEN, BROSSET DAVID, GOURMELON FRANÇOISE (2011), Exploitation de données AIS (Automatic Identification System) pour la cartographie du transport maritime, *Mappemonde*, N°104.

LÉVÊQUE LAURENT, MICHEL SOPHIE, (coord.) (2013), *Le passage portuaire, approches interdisciplinaires des flux de marchandises transitant par les ports*, Le Havre Université du Havre, 85 p. (Consultable en ligne : www.projet-devport.fr/PDF/41.pdf)

LIHOUSSOU MESSAN, (2014), *Ports et désenclavement territorial: le cas du port de Cotonou*, Thèse de doctorat, Université du Havre (France).

MITCHELL KENNETH NED ET AL (2014), Waterway Performance Monitoring via Automatic Identification System (AIS) Data, *Transportation Research Board (TRB) 93rd Annual Meeting*, Chicago, 12-16 janvier 2014.

PERKOVIC MARKO, GUCMA LUCJAN, PRZYWARTY MARCIN, GUCMA MACIEJ, PETELIN STOJAN, VIDMAR PETER (2012), Nautical risk assessment for LNG operations at the Port of Koper, *Strojniski Vestnik-J Mech Eng*, 58, pp. 607-613.

PREVOST RAOUL (2012), *Décodage et localisation AIS par satellite*, thèse de doctorat, Université de Toulouse.

SALIM CHEBLI ANTOINE (2009), *La piraterie maritime au début du XXIème siècle*, Mémoire pour le diplôme d'Université de 3^{ème} cycle, Université Paris II.

SCHWEHR KURT, MC GILLIVARY PETER (2007), Marine Ship Automatic Identification System (AIS) for Enhanced Coastal Security Capabilities: An Oil Spill Tracking Application, *Oceans07 MTS/IEEE*, Vancouver.

SERRY ARNAUD (2013), Le transport maritime en mer Baltique, entre enjeu économique majeur et approche durable, *Revue d'études comparatives Est-Ouest*, n°44, 2013, pp. 89-123.

SHELMERDINE RICHARD L. (2015), Teasing out the detail: How our understanding of marine AIS data can better inform industries, developments, and planning, *Marine Policy*, vol.54, pp. 17-25.



ŚWIERCZYŃSKI SŁAWOMIR, CZAPLEWSKI KRZYSZTOF (2013), The Automatic Identification System operating jointly with radar as the aid to navigation, *Zeszyty Naukowe Akademia Morska w Szczecinie*, 36, pp. 156-161.

TERRASSIER NICOLAS (2004), *Les évolutions en matière de sécurité et de sûreté dans le transport maritime : réglementation et enjeux économiques*, ISEMAR.

THERY HERVE (2012), Marine Traffic Project, un outil d'observation des routes et des ports maritimes, *Mappemonde*, 104, <http://mappemonde.mgm.fr/num32/internet/int11401.html>.

VANDECASTEELE ARNAUD, NAPOLI ALDO (2011), La place du géodécisionnel dans les systèmes de surveillance maritime de nouvelle génération : Apport du géodécisionnel dans la surveillance maritime, *SAGEO International Conference on Spatial Analysis and GEomatics*, Conférence internationale de Géomatique et d'Analyse, 3-8 juillet 2011, Paris.

ZOUAOUI-ELLOUMI SALMA (2012), *Reconnaissance de comportements de navires dans une zone portuaire sensible par approches probabiliste et événementielle : Application au Grand Port Maritime de Marseille*, thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

