La Houille Blanche, n° 3, 2016, p. 39-41 DOI 10.1051/lhb/2016029

Développement d'un drone nautique pour le prélèvement d'échantillons d'eau en milieu côtier et estuarien (SPEEdoo)

Anne DANIEL[1], Patrick ROUSSEAUX[2], Erwan LE GALL[1], Jonathan PERCHOC[1], Michel LUNVEN[1]

[1] *DYNECO/PELAGOS – IFREMER - Technopole Brest Iroise 29280 Plouzané – anne.daniel@ifremer.fr*
[2] *RDT/SI2M – IFREMER - Technopole Brest Iroise 29280 Plouzané – patrick.rousseaux@ifremer.fr*

RÉSUMÉ. – Un drone nautique a été développé pour la surveillance des eaux côtières et estuariennes dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour :
– aller du rivage à un point de prélèvement situé à 500 m en moins de 5 minutes,
– effectuer des mesures in situ,
– prélever des échantillons d'eau pour une analyse ultérieure au laboratoire (identification des espèces phytoplanctoniques, chlorophylle, nutriments,…).

Mots-clés : drone nautique, prélèvement d'eau, eaux côtières et estuariennes

Development of a nautical drone for coastal and estuarine water sampling

ABSTRACT. – A nautical drone was designed for the monitoring of estuarine and coastal waters in the context of the Water Framework Directive (WFD) to :
– go up to 500 m off the coastline in less than 5 minutes,
– perform in situ measurements (temperature, salinity, turbidity),
– collect water samples for later analysis in the laboratory (phytoplankton identification, chlorophyll, nutrients, ...).

Key-words: nautical drone, water sampling, coastal and estuarine waters

I. CONTEXTE

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) s'applique à l'ensemble des pays membres de l'Union Européenne et établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau en vue d'une meilleure gestion des milieux aquatiques [Directive 2000/60/CE, 2000]. Elle fixe comme objectif général l'atteinte, à l'horizon 2015, d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux côtières et de transition (estuaires en particulier).

Le nombre de prélèvement d'eau a largement augmenté en milieu côtier et estuarien depuis la mise en place de la DCE en 2007. Les prélèvements sur l'estran ont été pratiquement tous supprimés, car non représentatifs de la masse d'eau adjacente, et déplacés vers le large. Ces prélèvements, généralement regroupés au sein d'une « tournée » journalière sur une zone géographique donnée, sont effectués avec différents types de moyens nautiques : bateaux légers de type « zodiac », kayak, vedette SNSM. Les contraintes techniques et organisationnelles devenant très importantes sur certaines zones du littoral, il en résulte un fort besoin de disposer d'un système automatisé simple et robuste pour effectuer rapidement des prélèvements d'eau en sub-surface jusqu'à environ 500 m de la côte. Ce système radio piloté n'a pas pour vocation de supprimer tous les prélèvements «bateau» mais d'être un support complémentaire permettant d'alléger le coût et la durée de certains prélèvements (ex : points de prélèvements trop éloignés des cales de mise à l'eau, long remorquage sur route,…) ou d'effectuer des prélèvements supplémentaires (ex : périodes d'alerte de bloom phytoplanctonique) pour lesquels aucun moyen nautique n'est disponible.

II. DEFINITION DU BESOIN

Des systèmes autonomes, mobiles et modulables, ont été développés récemment en France pour effectuer des prélèvements et des mesures dans la colonne d'eau en milieu marin. Le système MOBESENS [Projet MOBESENS] consiste en un kayak autonome à propulsion électrique programmable et télécommandable par liaison de type AirMax équipé de treuils et de capteurs. VAIMOS [Le Bars et Jaulin 2012] est un voilier utilisant la force du vent qui est programmé pour naviguer et quadriller une zone de façon autonome en réalisant différents types de mesures in situ dans les 5 premiers cm de la colonne d'eau.

Ces engins étant très sophistiqués, un nouveau drone nautique a été conçu pour répondre aux besoins basiques des prélèvements d'eau effectués dans le cadre de la DCE, c'est-à-dire :
— aller de la côte au point de prélèvement situé au maximum à 500 m au large (coordonnées connues),
— effectuer des mesures in situ (température, salinité, turbidité) en sub-surface,
— collecter des échantillons d'eau pour une analyse ultérieure au laboratoire (lecture de flore phytoplanctonique,

Article published by SHF and available at http://www.shf-lhb.org or http://dx.doi.org/10.1051/lhb/2016029

analyse de la chlorophylle, des nutriments, de la matière en suspension, de la matière organique particulaire).

Cet engin doit contribuer à l'amélioration des pratiques des opérations de prélèvement et de mesure in situ en fiabilisant la qualité des mesures de façon à favoriser la comparabilité des données de la surveillances des milieux aquatiques. La bonne pratique de l'échantillonnage conditionne en effet en très grande partie la fiabilité des données de mesure et donc l'interprétation que l'on pourra en faire [Aminot et Kérouel, 2004].

III. CONTRAINTES TECHNIQUES

III.1. Contraintes de mise en œuvre

La mise en œuvre doit être très simple car le drone a pour vocation d'être utilisé par des opérateurs de terrain n'ayant pas de compétences approfondies en électronique ou mécanique. Le drone peut être mis à l'eau par un ou deux opérateurs plusieurs fois dans une même journée sur des sites différents. Il est de petite taille (longueur 137 cm) pour être transportable dans le coffre d'une voiture. Il est relativement léger (15 kg) pour pouvoir être porté jusqu'aux sites de prélèvement qui sont parfois éloignés des parkings et/ou peu faciles d'accès (plages de sable, rochers, sentiers côtiers, berges vaseuses). Le tirant d'eau est très faible (10 cm) pour permettre à l'opérateur de faire la mise à l'eau en waders. La durée totale de la phase de prélèvement (mise à l'eau, trajet jusqu'au point de prélèvement, prélèvement des échantillons d'eau et mesures in situ, retour à la côte) est inférieure à 15 min. Le drone est conçu pour être suffisamment robuste pour atténuer les chocs en zone sensible (pieux de parcs ostréicoles, rochers,…). La puissance et la flottabilité ont été étudiées pour résister au vent et aux courants et pour pouvoir « surfer » sur les premières déferlantes. L'entretien mécanique et électronique est minimal entre deux utilisations de façon à minimiser les durées de maintenance et permettre une utilisation maximale de l'engin sur toute l'année. Les batteries sont rechargeables à partir de l'allume cigare d'une voiture.

III.2. Contraintes pour répondre à la stratégie de prélèvement

Le prélèvement doit impérativement répondre aux exigences des documents de référence et normatifs [Daniel 2009, Daniel 2012, Norme FD T 90-523-1, Norme NF EN ISO 5667-3, Norme ISO 5667-9:1992] à mettre en œuvre lors du prélèvement de paramètres hydrologiques. Le volume du prélèvement est au minimum de 2 L et la mesure est effectuée entre -10 et - 50 cm sous la surface de l'eau. Les capteurs pour les mesures in situ sont facilement retirés de l'engin par simple clipsage pour permettre une vérification métrologique régulière.

L'emplacement des points de prélèvement a été déterminé sur des considérations liées à l'objectif du programme de surveillance. C'est pourquoi, il est impératif que les prélèvements soient opérés exactement sur les coordonnées préalablement définies (http://www.ifremer.fr/surval2/consultation.jsp?produit=inventaire_rephy&carte=inventaire_carto_rephy&emprise=53). Pour ce faire, le drone possède un système de positionnement GPS par tracker. La position est ainsi transmise en continu par SMS sur le Smartphone de l'opérateur (Figure 1). Le trajet du drone est consultable en direct sur Google Maps puis sauvegardé pour assurer une traçabilité de la phase de prélèvement.

Figure 1 : *Suivi en temps réel du trajet du drone à l'aide d'un smartphone.*

III.3. Contraintes de qualité du prélèvement

Le drone étant équipé d'un moteur électrique, il n'induit pas de pollution sonore, chimique ou physique lors du prélèvement sur site (ex : huile, remous excessifs).

Le matériel d'échantillonnage utilisé garantit l'absence d'interférence physico-chimique avec les paramètres à mesurer. La nature des matériaux du système d'échantillonnage a été choisie en fonction de sa compatibilité avec les paramètres recherchés. Avant chaque tournée, le matériel d'échantillonnage est préparé et conditionné selon une procédure de nettoyage définie. Afin d'éviter la contamination d'un échantillon par les éventuels polluants d'un échantillonnage antérieur (contamination croisée), le système d'échantillonnage est rincé entre deux prélèvements successifs avec l'eau de la station de prélèvement. Ce nettoyage concerne tous les éléments ayant pu être en contact avec l'eau prélevée. Un blanc de contamination du matériel d'échantillonnage peut être effectué régulièrement.

L'échantillon d'eau est placé dans un contenant amovible à usage unique pour permettre sa conservation dans une enceinte réfrigérée dès le retour du drone sur l'estran.

III.4. Contraintes de sécurité

Chaque opérateur de terrain est formé à la conduite du drone et est sensibilisé aux précautions nécessaires à prendre sans mettre en danger sa propre sécurité ainsi que celle d'autrui. Il ne s'agit en aucun cas d'un drone autonome étant donné la forte probabilité de rencontrer un obstacle sur la franche littorale (baigneur, bateau, etc…). Ainsi pour raison de sécurité, et en absence de législation sur l'utilisation de drones en milieu marin, le pilotage de l'engin est effectué à vue avec l'assistance du positionnement GPS continu.

Aucune hélice n'est apparente sur le drone pour éviter toute interaction avec le milieu (filets, macroalgues,…) et pour ne pas mettre en danger l'opérateur lors des phases de mise à l'eau ou de récupération. La réponse de l'engin au radio pilotage permet d'effectuer des arrêts d'urgence en cas de danger.

IV. EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE

L'engin (Figure 2) a été testé à de nombreuses reprises par les opérateurs de terrain de l'Ifremer depuis juin 2014 sur

Figure 2 : *Drone nautique SPEEdoo lors d'un prélèvement d'échantillons d'eau.*

différents types de côtes : plages avec déferlantes, criques enrochées, lagunes méditerranéennes, lacs…

L'engin a été validé par les utilisateurs en termes de sécurité, poids-taille et facilité de mise en œuvre. Le pilotage de l'engin à vue a été possible jusqu'à 800 m de l'opérateur. La puissance et la flottabilité ont été jugées satisfaisantes pour surfer sur les déferlantes.

La qualité de l'échantillonnage a été évaluée sur des échantillons prélevés dans des conditions classiques et sur des échantillons prélevés avec le drone. Pour les nutriments, la différence de concentration entre les deux types d'échantillons est inférieure à l'erreur analytique de la méthode de mesure. Ces résultats permettent d'affirmer que l'impact de l'engin sur le prélèvement est nul.

V. CONLUSION ET PERSPECTIVES

Il est prévu d'élargir la collecte d'échantillons d'eau pour l'analyse de paramètres nécessitant des précautions encore plus élevées en terme de contamination : métaux traces, contaminants organiques, microbiologie, etc… Ce drone pourra également servir de support à l'installation d'autres types de capteurs tels que caméra ou ADCP.

VI. REMERCIEMENTS

Le drone nautique SPEEdoo a été développé avec le soutien financier de l'ONEMA et d'AQUAREF.

VII. REFERENCES

Aminot A., Kerouel R. (2004) — Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Editions Ifremer. 336 p

Daniel A. (2009) — *Techniques de prélèvement en hydrologie. Tutorial sous forme de DVD. http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/prelevementhydro/index.html*

Daniel A. (2012) — Document de méthode hydrologie. Consignes pour le prélèvement d'échantillons d'eau en vue de mesures hydrologiques. *Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS*

Ue (2000) — *Directive 2000/60/Ce Du Parlement Européen Et Du Conseil, Du 23 Octobre 2000, Etablissant Un Cadre Pour Une Politique Communautaire Dans Le Domaine De L'eau*

(2008) — Qualité de l'Eau – Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement – Prélèvement d'eau naturelle. *Norme Fd T 90-523-1 (Fevrier 2008)*

Afnor (2004) — Qualité de l'eau – Echantillonnage - Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau. *Norme Nf En Iso 5667-3 (Juin 2004)*

Afnor (1992) — Qualité de l'eau. Échantillonnage. Partie 9 : guide pour l'échantillonnage des eaux marines. *Norme Iso 5667-9:1992 (Octobre 1992)*

Le Bars F., Jaulin L. (2012) — An experimental validation of a robust controller with the VAIMOS autonomous sailboat. *Proceedings of the 5th International Robotic Sailing Conference (Springer Eds.), Cardiff, England*

Projet Mobesens (Mobility For Long Term Water Quality Monitoring) Http://Www.Mobesens.Eu/