Rapport technique Ramsar 10

La Convention sur les zones humides

Ramsar

L'observation de la Terre au service de l'inventaire, de l'évaluation et du suivi des zones humides

Une source d'information pour la Convention de Ramsar sur les zones humides

www.ramsar.org

Les auteurs

Auteurs coordonnateurs
Rebelo, L.-M., International Water Management Institute, Regional Office for Southeast Asia, Vientiane, RDP lao et Finlayson, C.M., Institute for Land, Water & Society, Charles Sturt University, Albury N.S.W., Australie, et IHE Delft Institute for Water Education, Delft, Pays-Bas.

Auteurs ayant contribué
Strauch, A., Center for Remote Sensing of Land Surfaces (ZFL), Université de Bonn, Bonn, Allemagne ; Rosenqvist, A., solo Earth Observation, pour l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA), Tokyo, Japon ; Perennou, C. ; Tour du Valat, Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, Arles, France ; Tøttrup, C., DHI GRAS, Hoersholm, Danemark ; Hilarides, L., Wetlands International, Ede, Pays-Bas ; Paganini, M., Agence spatiale européenne (ESA), ESRIN, Frascati, Italie ; Wielaard, N., Satelligence, Utrecht, Pays-Bas ; Siegert, F.; Ballhorn, U. ; Navratil, P. ; Franke, J. ; Davidson, N., Nick Davidson Environmental, Wigmore, Royaume-Uni et Institute for Land, Water and Society, Charles Sturt University, Albury, Nouvelle-Galles du Sud, Australie

Citation
Rebelo, L.-M., Finlayson, C.M., Strauch, A., Rosenqvist, A., Perennou, C., Tøttrup, C., Hilarides, L., Paganini, M., Wielaard, N., Siegert, F., Ballhorn, U., Navratil, P., Franke, J. & Davidson, N. (2018). L'observation de la Terre au service de l'inventaire, de l'évaluation et du suivi des zones humides : Une source d'information pour la Convention de Ramsar sur les zones humides. Rapport technique Ramsar N°10. Gland, Suisse : Secrétariat de la Convention de Ramsar.

Remerciements

Le Secrétariat de la Convention de Ramsar sur les zones humides souhaite exprimer sa reconnaissance aux experts qui ont apporté des contributions précieuses au Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST), fournissant des avis sur l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides au fil du temps, y compris dans le cadre de l'élaboration d'approches d'observation de la Terre pour décrire et évaluer les changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides. Ces efforts ont abouti à une décision prise par la 12e Session de la Conférence des Parties contractantes (COP12) en 2015 qui a inscrit la rédaction de ce rapport dans le plan de travail du GEST pour 2016-2018.

Une mention toute particulière est due au professeur Royal Gardner, Président du GEST, qui a organisé le plan de travail pour la période triennale 2016-2018 et encouragé les auteurs responsables de ce rapport ainsi que soutenu le Secrétariat de la Convention de Ramsar en vue de faciliter la rédaction, la production et la publication du présent rapport.

Nous remercions aussi différentes initiatives d'observation de la Terre pour leur contribution au plan de travail du GEST pour 2016-2018 et leur appui aux auteurs. Il s'agit notamment des programmes GlobWetland II et GlobWetland Africa de l'Agence spatiale européenne, du projet du Service d'observation par satellite des zones humides d'Horizon 2020 financé par l'Union européenne, de Mangrove Capital Africa de Wetlands International, de l'Initiative Kyoto et carbone de l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) et de l'Initiative sur les zones humides du Groupe sur l'observation de la Terre (GEO).

Les opinions et appellations figurant dans la présente publication sont celles de ses auteurs et ne représentent pas les opinions officiellement adoptées par les parties à la Convention sur les zones humides ou son Secrétariat.

La reproduction de ce document en tout ou en partie, sous quelque forme que ce soit, à des fins pédagogiques ou non lucratives est autorisée sans accord préalable des détenteurs des droits d'auteur, à condition que la source soit dûment citée.

Le Secrétariat apprécierait de recevoir une copie de toute publication ou de tout matériel utilisant le présent document comme référence. Sauf mention contraire, ce travail est protégé par une licence Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation Commerciale – Pas de Modification.

Les Rapports techniques Ramsar sont publiés par le Secrétariat de la Convention sur les zones humides en anglais, français et espagnol (les langues officielles de la Convention) sous forme électronique et sont aussi imprimés si nécessaire.

Les Rapports techniques Ramsar peuvent être téléchargés à l'adresse : https://www.ramsar.org/fr/ressources/rapports-techniques-ramsar

L'information sur le Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) peut être consultée à l'adresse : http://www.ramsar.org/fr/a-propos/le-groupe-devaluation-scientifique-et-technique.

Pour d'autres informations sur les Rapports techniques Ramsar ou pour des informations sur les moyens de correspondre avec leurs auteurs, veuillez contacter le Secrétariat de la Convention sur les zones humides à l'adresse : strp@ramsar.org.

Publié par le Secrétariat de la Convention sur les zones humides.

© 2021 Le Secrétariat de la Convention sur les zones humides

La Convention sur les zones humides

La Convention sur les zones humides, est un traité intergouvernemental qui sert de cadre pour l'action nationale et la coopération internationale en faveur de la conservation et de l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources.

Avant-propos

Avec l'utilisation de l'observation de la Terre, les Parties contractantes à la Convention de Ramsar sur les zones humides disposent de nouvelles approches pour veiller à l'utilisation rationnelle et à la conservation des zones humides aux niveaux national et mondial. L'observation de la Terre a de nombreuses applications, notamment en matière d'inventaire, d'évaluation et de suivi des zones humides. Plus la technologie progresse, plus les limitations de l'observation de la Terre se réduiront et plus elle sera utilisée dans le domaine de la gestion des zones humides. Le présent Rapport technique Ramsar a pour objet de fournir, à l'intention des praticiens, une vue d'ensemble de l'utilisation de l'observation de la Terre, illustrée par des études de cas, pour appliquer la Convention et mettre en œuvre, plus généralement, l'utilisation rationnelle des zones humides.

L'observation de la Terre est destinée à devenir un outil de plus en plus important pour le suivi et l'établissement des rapports sur l'application du Plan stratégique Ramsar, les indicateurs des Objectifs de développement durable (ODD), les Contributions déterminées au niveau national dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat et les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité de la Convention sur la diversité biologique. Et surtout, le rôle de l'observation de la Terre sera fondamental pour aider les Parties à remplir leurs engagements en dressant des inventaires des zones humides et en faisant rapport sur l'étendue des zones humides dans le cadre de leurs rapports nationaux à la Convention de Ramsar. C'est d'autant plus vrai que ces données validées au plan national seront intégrées au rapport, au titre de l'indicateur 6.6.1 des Objectifs de développement durable sur l'étendue des écosystèmes relatifs à l'eau, pour lequel la Convention de Ramsar et le Programme des Nations Unies sur l'environnement sont coresponsables. Les études de cas qui figurent dans le présent rapport illustrent comment l'utilisation de l'observation de la Terre permet de remplir les obligations de rapport au titre de la Convention [notamment les rapports nationaux et la Fiche descriptive Ramsar (FDR)], ainsi que les politiques et objectifs mondiaux.

Toutefois, l'utilisation efficace de l'observation de la Terre ne va pas sans difficultés. Actuellement, les données d'observation de la Terre disponibles ne conviennent pas à certaines applications. La fréquence, même si elle s'améliore, reste une contrainte. De nombreux praticiens des zones humides n'ont pas encore d'expertise en matière de validation, d'utilisation de l'observation de la Terre et de gestion des ensembles de données. Les études de cas illustrent comment ces limitations peuvent être surmontées.

Au fil des ans, le Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) de la Convention a fourni aux Parties contractantes des orientations et des avis sur l'observation de la Terre. Pour répondre à l'évolution des technologies d'observation de la Terre ainsi qu'à l'amélioration de la diversité et de qualité des applications, la Convention et le GEST sont prêts à aider les Parties à développer d'autres orientations et outils sur l'utilisation efficace de l'observation de la Terre pour appliquer la Convention afin de garantir l'utilisation rationnelle et la conservation de toutes les zones humides.

Martha Rojas Urrego
Secrétaire générale

Royal Gardner
Président du GEST

Résumé

Il est de plus en plus clair que les données obtenues de l'observation de la Terre pourraient fournir les informations nécessaires pour réaliser un inventaire, une évaluation et un suivi précis des zones humides et pour mettre à jour différents champs de données de la Fiche descriptive Ramsar (FDR), notamment les caractéristiques physiques de la zone humide, la présence et la dominance de types de zones humides particuliers et les facteurs qui influencent les caractéristiques écologiques de la zone humide.

Comme pour toutes les approches d'observation de la Terre actuelles, l'identification de l'emplacement, de l'étendue et des caractéristiques de toute zone humide peut être limitée par l'absence de données spécifiques relatives, par exemple, aux limitations reconnues de l'imagerie optique telle que Landsat dans les régions tropicales couvertes de nuages. Le coût de la technologie, la capacité technique requise pour pouvoir utiliser les données, le fait que les données disponibles ne conviennent pas à certaines applications de base (en particulier du point de vue de la résolution spatiale et/ou temporelle), l'absence de méthodes claires, robustes et efficaces axées sur l'utilisateur, l'absence de lignes directrices sur l'utilisation de la technologie et un manque d'études de cas démontrant comment la technologie peut être appliquée limitent l'utilisation de l'observation de la Terre pour obtenir, de manière régulière, des informations sur les zones humides. Parmi d'autres limitations régulièrement signalées concernant le développement et l'utilisation opérationnelle de l'observation de la Terre pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides, on peut citer : des politiques d'accès aux données restrictives ; des difficultés à trouver les ensembles de données pertinents et à y accéder ; un manque de normalisation de l'analyse et de l'application des données ; un manque de produits adaptés ; une fréquence insuffisante des observations pour pouvoir repérer les changements dans les zones humides à des échelles appropriées ; la nécessité d'assurer la continuité des observations à long terme ; et des programmes de formation insuffisants pour construire les capacités nationales en matière d'observation de la Terre.

La cartographie de la couverture et de l'occupation des sols est une des utilisations les plus communes des données d'observation de la Terre, mais il reste des difficultés en matière d'évaluation de l'état actuel et des changements que connaisssent les zones humides avec le temps. Le suivi des tendances historiques et de l'évolution des zones humides est compliqué par l'absence de données de moyenne à haute résolution, en particulier avant l'an 2000. Certes, les produits thématiques mondiaux sont de plus en plus disponibles, mais il convient de noter que les ensembles de données mondiaux ne sont peut-être pas toujours en mesure de fournir le même niveau de précision élevé que les cartes à échelle locale issues d'études sur le terrain et l'utilisation de données géospatiales à résolution plus fine (relevés aériens, drones). Un exercice de cartographie mondiale, utilisant des données et des méthodes cohérentes, exige généralement un compromis par rapport à la précision de l'échelle locale.

Les avantages et les inconvénients des approches d'observation de la Terre en matière d'inventaire, évaluation et suivi des zones humides dans différents milieux sont illustrés dans une série d'études de cas qui traitent les points suivants : i) les outils et le flux des tâches, ii) les ensembles de données thématiques mondiaux et iii) les approches reproductibles à l'échelle nationale dont dispose la communauté des zones humides.

Les études de cas sont proposées en tant qu'exemples descriptifs de l'application de l'observation de la Terre mais compte tenu de la grande variance des conditions locales et des besoins d'informations, elles ne fournissent pas d'orientations techniques pour l'application spécifique de telle ou telle approche. Ces orientations peuvent être obtenues auprès des agences et organisations mentionnées dans les études de cas et dans les références spécifiques. Cette observation renforce en elle-même les avantages que l'on peut obtenir d'un investissement concerté et constant dans la capacité locale d'application de l'observation de la Terre en réponse à des besoins de gestion spécifiques. Plus les ensembles de données mondiaux sont faciles à obtenir, plus les avantages de l'utilisation de l'observation de la Terre pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides deviennent réalité comme le montrent les études de cas et l'on estime que l'utilité de ces approches pour les rapports aux niveaux local, national et international sur l'état et les tendances des zones humides augmentera rapidement, en particulier pour les rapports sur l'étendue des zones humides dans le cadre des Objectifs de développement durable (ODD).

Messages essentiels

- La disponibilité et l'accessibilité des ensembles de données d'observation de la Terre convenant aux besoins d'information de la Convention de Ramsar sur les zones humides et des praticiens des zones humides se sont nettement améliorées. De nouvelles capacités en matière de résolution spatiale, temporelle et spectrale des données permettent, à long terme, un suivi plus efficace et plus fiable de l'environnement, aux niveaux mondial, régional et local. Ces avancées ouvrent une myriade de nouvelles possibilités de suivi et d'établissement de rapports sur les indicateurs des Objectifs de développement durable (ODD), les Contributions déterminées au niveau national (CDNN) de l'Accord de Paris et le programme de Réduction des émissions de la déforestation et de la dégradation des forêts de l'ONU (REDD+) placé sous l'égide de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

- Les limites à l'utilisation de l'observation de la Terre pour tirer des informations sur les zones humides, notamment : i) le coût de la technologie ; ii) l'absence de capacités techniques ; iii) le fait que les données d'observation de la Terre actuellement disponibles ne conviennent pas à certaines applications de base ; iv) l'absence de méthodologies et de lignes directrices claires, robustes et efficaces, conçues pour l'utilisateur de cette technologie ; et v) l'absence de recueil d'études de cas sur des projets réussis qui puisse former la base d'activités opérationnelles sont aujourd'hui de moins en moins contraignantes.

- La fréquence insuffisante des observations permettant de repérer des changements dans les zones humides à des échelles appropriées a été résolue grâce à de nouveaux capteurs. Plus particulièrement, la disponibilité accrue d'observations par satellite, systématiques et fréquentes, à haute résolution spatiale, sur tout l'espace terrestre et les zones côtières permet une meilleure représentation des zones saisonnièrement inondées ou inondées de manière intermittente et de leurs changements, fournissant des sources d'information essentielles pour évaluer la santé des écosystèmes de zones humides.

- Les politiques ouvertes et gratuites relatives aux données par satellite financées par les gouvernements, ainsi que l'assurance d'une continuité à long terme des observations, sont des incitations importantes pour les Parties à la Convention de Ramsar et les praticiens des zones humides à intégrer, de manière régulière, l'observation de la Terre dans leurs travaux.

- Compte tenu de la disponibilité croissante d'ensembles de données « prêts pour l'analyse », le niveau d'expertise requis concernant les applications de base pour les zones humides a diminué.

- Les ensembles de données prêts pour l'analyse peuvent être analysés de manière plus approfondie pour obtenir des informations relatives aux zones humides en utilisant des boîtes à outils de logiciels gratuits (souvent avec licence « open-source ») produits par les initiatives d'observation de la Terre en cours. En outre, il existe désormais des produits thématiques de plus en plus nombreux (aux niveaux régional et mondial) qui peuvent servir à évaluer et surveiller directement les zones humides. Grâce à cette évolution, l'observation de la Terre pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides peut passer du domaine expérimental au domaine opérationnel.

- Les ensembles de données ayant des caractéristiques temporelles, spectrales et spatiales améliorées suscitent de nouvelles difficultés de traitement de données massives et d'analyse de séries chronologiques longues et denses qui nécessitent de nouveaux algorithmes et chaînes de traitement informatique. Face aux difficultés techniques d'accès, de traitement et d'analyse d'ensembles de données d'observation de la Terre aussi vastes, un certain nombre de plateformes informatiques collaboratives en nuage, avec analyse de données massives sont en train d'être élaborées, ce qui facilitera la découverte, l'accès, le traitement, l'analyse et la diffusion des données d'observation de la Terre.

- L'observation de la Terre apporte une contribution importante à l'inventaire, à l'évaluation et au suivi des zones humides, mais la connaissance du contexte local et le recueil de données *in situ* restent vitaux si l'on veut garantir des résultats pertinents au niveau local. Avec l'élaboration de méthodes d'observation de la Terre et le partage de l'information issue d'ensembles de données mondiaux, les Parties contractantes à la Convention de Ramsar sont mieux en mesure de dresser des inventaires et de faire rapport sur l'étendue des zones humides, ce qui fait désormais partie du rapport au titre des ODD.

Introduction

La Convention de Ramsar sur les zones humides a pris de nombreuses mesures pour veiller à l'utilisation rationnelle et à la conservation des zones humides à l'échelle planétaire. Elle a notamment élaboré et encouragé l'utilisation d'orientations et d'outils pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des changements qui se produisent dans les zones humides en mettant tout particulièrement l'accent, ces dernières années, sur l'application d'un nombre croissant d'approches d'observation de la Terre ou de télédétection par satellite (Davidson & Finlayson, 2007 ; Mackay *et al.* 2009 ; Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a). La description du rôle et de l'utilisation de ces approches dans le présent rapport répond aux Parties contractantes à la Convention qui ont demandé d'autres informations sur les outils pouvant être utilisés pour l'inventaire des zones humides et l'évaluation et le suivi des changements dans les zones humides, y compris celles qui sont inscrites comme zones humides d'importance internationale (Sites Ramsar). Il y a, en effet, une demande croissante d'informations que les administrateurs de zones humides puissent utiliser pour comprendre et remédier à la perte et à la dégradation continues des zones humides mais aussi pour répondre aux obligations de rapport aux niveaux national et international, y compris sur l'étendue des zones humides dans le cadre du rapport sur les cibles des Objectifs de développement durable (ODD).

De nombreux pays ont entrepris des inventaires des zones humides en ayant recours à différentes approches (Finlayson *et al.* 2018), notamment toute une gamme d'outils de télédétection par satellite. On peut citer à cet égard une deuxième étude des ressources de zones humides à l'échelle nationale, en Chine, comprenant des études générales de toutes les zones humides et des études plus spécifiques de 1579 sites importants au plan national ou international (SFA 2014) ; un inventaire national des

zones humides en Colombie (Instituto Humboldt, 2015) et un projet national sur la priorisation des écosystèmes d'eau douce en Afrique du Sud (Nel *et al.* 2011). Il y a également un volume accru de cartographies et d'analyses des zones humides et des inondations à l'aide de l'observation de la Terre (voir Papa *et al.* 2010 ; Niu *et al.* 2012 ; Reis *et al.* 2017) pour élargir la base de connaissances à des fins plus générales de gestion de l'eau et de l'environnement. La disponibilité de ces ensembles de données a accru l'intérêt des administrateurs des ressources naturelles pour l'utilisation d'approches d'observation de la Terre riches en données et de plus en plus complexes, et a permis aux Parties contractantes à la Convention d'élaborer des inventaires nationaux et de faire rapport sur l'étendue des zones humides pour mesurer l'indicateur 6.6.1 des ODD.

L'objectif du présent rapport étant de donner une vue d'ensemble des technologies d'observation de la Terre actuellement utilisées pour soutenir l'application de la Convention et de son quatrième Plan stratégique (2016-2024), plusieurs études de cas récentes sont présentées. Le rapport s'appuie aussi sur les résultats du projet TESEO (acronyme anglais de Services d'application des traités utilisant l'observation de la Terre) (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a) sur la manière dont les besoins d'information de la Convention pourraient être satisfaits par l'utilisation de technologies d'observation de la Terre. On peut citer à cet égard les besoins de connaissances améliorées sur les zones humides, y compris par un inventaire mondial ; l'appui pour garantir le maintien des caractéristiques écologiques ; et l'information visant à améliorer l'application de la Convention. Outre l'inventaire des zones humides et la cartographie de référence, un appui est nécessaire au niveau national pour évaluer l'état et les tendances et pour la mise en œuvre des plans de gestion (par exemple, de réhabilitation). Les obligations de rapport mondial pour les zones humides ont récemment été élargies pour inclure celles des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité jusqu'en 2020, et pour les ODD (Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018).

De plus en plus, le terme 'observation de la Terre' fait référence au « recueil d'information sur [les] systèmes terrestres physiques, chimiques et biologiques » à l'aide de toute une gamme d'approches et dans le cadre de différents types d'observations (par exemple, au sol, à partir de capteurs aériens ou depuis des satellites) (Mayer, 2018). Toutefois, dans le présent rapport, le terme est utilisé dans un contexte plus spécifique, pour faire référence à l'acquisition de données par l'utilisation de la télédétection par satellite. Le terme « télédétection » renvoie à l'acquisition, à distance, d'informations sur la surface de la Terre, un processus généralement mené par des capteurs transportés par avion ou par satellite qui enregistrent l'énergie reflétée ou émise et le traitement de ces données en informations et produits pour d'autres utilisations (Schowengerdt, 1997). Différents types de données de télédétection sont disponibles selon le type et le but du capteur et la partie du spectre électromagnétique dans lequel il fonctionne (The Ramsar Convention on Wetlands, 2002 ; Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a). L'utilité de différents ensembles de données de télédétection pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides est bien établie, en particulier par la fourniture de cartes sur l'affectation des sols/la couverture des sols axées sur les sites qui caractérisent un écosystème particulier, et l'analyse de données de séries chronologiques (ensembles de données de télédétection rassemblées de manière cohérente sur une période de temps donnée) pour déterminer les changements dans l'affectation des sols et la couverture des sols (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a).

La Convention de Ramsar sur les zones humides et les approches fondées sur l'observation de la Terre

À travers un ensemble de recommandations élaborées de manière cohérente et stratégique, les Parties contractantes à la Convention ont acquis des outils pour maintenir et restaurer les caractéristiques écologiques des zones humides. Ces derniers constituent un Cadre intégré pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides (IF-WIAM) (ci-après dénommé le Cadre) qui comprend aussi des références à l'utilisation éventuelle de technologies de télédétection par satellite (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010b), et aux applications spécifiques des données mises à disposition par les agences spatiales japonaise et européenne (Finlayson *et al.* 2007 ; Fernández-Prieto & Finlayson, 2009). Le soutien des technologies d'observation de la Terre à l'application de la Convention a été étudié mais il n'y a pas d'orientations spécifiques tenant compte de la manière dont les progrès des technologies de télédétection par satellite peuvent traiter les besoins spécifiques de la Convention (voir Mackay *et al.* 2009).

Une évaluation a été entreprise pour déterminer les besoins en informations pour la gestion des zones humides à différents niveaux et la manière dont l'observation de la Terre peut aider à les satisfaire. Elle comprend des considérations spécifiques sur les obligations en matière de cartographie et de délimitation des zones humides, la réalisation d'inventaires des zones humides et l'évaluation des causes et résultats des changements comme le démontrent le suivi et la surveillance continus, que ce soit au niveau du site ou du paysage, par l'utilisation d'indicateurs pouvant soutenir les analyses sur l'état et les tendances ainsi que des rapports officiels au titre de la Convention (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2018). Dans ce dernier cas, il y a aussi la fourniture d'informations pour la Fiche descriptive Ramsar (FDR) en vue d'inscrire des Sites Ramsar, la description des caractéristiques écologiques des zones humides et les changements dans les zones humides (voir Mackay *et al.* 2009), y compris pour les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité et les ODD.

Les études de cas présentées dans le présent rapport démontrent l'utilisation de technologies d'observation de la Terre pour l'application de la Convention (Ramsar, 2002 ; Davidson & Finlayson, 2007 ; Mackay *et al.* 2009) et s'inscrivent dans la conceptualisation de l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides intégrés dans le Cadre (Ramsar Convention Secretariat, 2010b). Les définitions suivantes sont appliquées :

Caractéristiques écologiques : combinaison des composantes, des processus et des avantages/services écosystémiques qui caractérisent la zone humide à un moment donné.

Utilisation rationnelle des zones humides : maintien de leurs caractéristiques écologiques obtenu par la mise en œuvre d'approches par écosystème dans le contexte du développement durable.

Inventaire des zones humides : collecte et/ou compilation de données de base pour la gestion des zones humides, comprenant une base d'information pour des activités spécifiques d'évaluation et de suivi.

Évaluation des zones humides : identification de l'état des zones humides et des menaces pesant sur elles dans le but de rassembler des informations plus spécifiques par le biais d'activités de suivi.

Suivi des zones humides : collecte d'informations spécifiques à des fins de gestion, en réaction à des hypothèses tirées des activités d'évaluation, et utilisation de ces résultats de suivi pour mettre en œuvre la gestion. La collecte d'informations sur les séries temporelles qui n'est pas motivée par des hypothèses issues de l'évaluation des zones humides est ici appelée « surveillance » plutôt que suivi.

Selon ces définitions, l'inventaire des zones humides « fournit une base pour l'élaboration d'une évaluation et d'un suivi appropriés » et sert à « réunir des informations permettant de décrire les caractéristiques écologiques des zones humides », y compris celles qui soutiennent l'inscription de Sites Ramsar et qui sont intégrées dans la FDR (The Ramsar Convention on Wetlands, 2012). L'évaluation des zones humides « étudie les pressions et les risques associés de changement négatif dans les caractéristiques écologiques ». Le suivi, « qui peut englober tant l'étude que la surveillance, donne des informations sur l'ampleur du changement quel qu'il soit » qui est le résultat des mesures de gestion. L'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides sont « des exercices importants et interactifs de collecte de données » et des éléments du Cadre intimement liés. Comme ces exercices se recouvrent, en particulier compte tenu des préférences données aux approches locales et nationales et à la terminologie, le Cadre est présenté comme un continuum dans le contexte duquel les données sont recueillies et utilisées pour aider les administrateurs et les praticiens des zones humides à prendre des décisions sur leurs besoins en informations et sur les interventions de gestion prioritaires en vue de maintenir les caractéristiques écologiques d'une zone humide dans le paysage terrestre et aquatique général.

L'observation de la Terre est désormais considérée comme un outil de bonne pratique pour combler les lacunes de l'information auxquelles sont confrontés les administrateurs et les praticiens des zones humides. Ces besoins en informations ont été reconnus par la Convention et ses Organisations partenaires et couvrent : la collecte de données à long terme sur les zones humides ; la normalisation des techniques de collecte des données et la production de lignes directrices et de manuels ; le renforcement des capacités et la formation ; et la coordination des données ainsi que l'utilisation efficace des réseaux et des multiples sources de données (Davidson & Finlayson, 2007). L'accord est général concernant le fait que le développement de technologies d'observation de la Terre doit se prolonger par une application opérationnelle si l'on veut obtenir la pleine capacité de ses avantages pour la gestion des zones humides. En réponse à ces besoins et au développement rapide des technologies d'observation de la Terre, l'utilité de ces technologies pour soutenir la gestion des zones humides, à la fois dans le contexte de la Convention et plus généralement, a été étudiée (voir Mackay *et al.* 2009 et Fernández-Prieto *et al.* 2006).

Les avancées de la technologie fournissent de plus en plus de possibilités de collecte de données et aident à surmonter bien des obstacles qui limitaient jusqu'ici l'utilisation de ces approches (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a). En conséquence, leur application soulève de plus en plus d'intérêt. En particulier, les limitations suivantes sont moins contraignantes : i) le coût de la technologie ; ii) l'absence de capacité technique ; iii) le fait que les données actuellement disponibles ne conviennent

pas à certaines applications de base ; iv) l'absence de méthodologies claires, robustes et efficaces, axées sur les utilisateurs et de lignes directrices pour utiliser cette technologie ; et v) l'absence d'études de cas sur des projets réussis pouvant former la base d'activités opérationnelles (The Ramsar Convention on Wetlands, 2002).

D'autres informations sur les progrès réalisés sont fournies dans le présent rapport dans le cadre d'études de cas et d'exemples pratiques, avec des liens explicites vers des ensembles de données d'accès libre et des outils de reproduction des approches dans différents sites.

Besoins en informations et instruments politiques pertinents

Outre fournir l'information applicable à la gestion directe des zones humides, l'observation de la Terre peut aider à l'établissement des rapports nationaux triennaux que les Parties contractantes fournissent à la Convention. Les rapports nationaux décrivent brièvement les activités entreprises par les Parties contractantes pour appliquer le Plan stratégique Ramsar 2016-2024. Plus particulièrement, le recours aux données d'observation de la Terre pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides soutient les rapports sur les Buts et Objectifs suivants :

But 2 : « Conserver et gérer efficacement le réseau de Sites Ramsar » ;

But 3 : « Utiliser toutes les zones humides de façon rationnelle » ; et

But 4 : « Améliorer la mise en œuvre ».

Les données d'observation de la Terre sont également pertinentes pour plusieurs Objectifs Ramsar définis dans le Plan stratégique :

Objectif 4 : « Les espèces exotiques envahissantes et leurs voies d'introduction et de propagation sont identifiées et hiérarchisées, les espèces exotiques envahissantes prioritaires sont contrôlées et éradiquées et des mesures de gestion sont conçues et mises en œuvre pour empêcher l'introduction et l'établissement de ces espèces » ;

Objectif 6 : « Le réseau de Sites Ramsar s'accroît considérablement en termes de superficie, de nombre de sites inscrits et de connectivité écologique, en particulier par l'ajout de types de zones humides sous-représentés, y compris dans des écorégions sous-représentées, et de sites transfrontières » ;

Objectif 8 : « Les inventaires nationaux des zones humides sont commencés, terminés ou mis à jour et diffusés et utilisés pour promouvoir la conservation et la gestion efficace de toutes les zones humides ».

De même, certains des Objectifs d'Aichi pour la biodiversité de la Convention sur la diversité biologique peuvent être, au moins en partie, traités par l'utilisation de données d'observation de la Terre, notamment parce qu'elles informent les décideurs sur les progrès :

Objectif 5 : « D'ici à 2020, le rythme d'appauvrissement de tous les habitats naturels … est réduit de moitié au moins et si possible ramené à près de zéro » ;

Objectif 11 : « D'ici à 2020, au moins 17 % des zones terrestres et d'eaux intérieures et 10 % des zones marines et côtières … sont conservées au moyen de réseaux … bien reliés d'aires protégées gérées … et d'autres mesures de conservation efficaces par zone » ;

Objectif 14 : « D'ici à 2020, les écosystèmes qui fournissent des services essentiels, en particulier l'eau et contribuent à la santé, aux moyens de subsistance et au bien-être, sont restaurés et sauvegardés » ;

Objectif 15 : « D'ici à 2020, la résilience des écosystèmes et la contribution de la diversité biologique aux stocks de carbone sont améliorées, grâce aux mesures de conservation et restauration ».

À cet égard, le modèle de Rapport national Ramsar fournit l'occasion de montrer comment les mesures prises pour appliquer la Convention contribuent également à la réalisation des Objectifs d'Aichi. Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 adopté en 2015 par l'Organisation des Nations Unies énonce 17 Objectifs et 169 Cibles pour surveiller les progrès vers la réalisation du développement durable. Les ODD traitent directement des zones humides dans la Cible 15.1 qui vise à garantir « la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et des écosystèmes d'eau douce et des services connexes », la Cible 6.6 pour la protection et la restauration

des écosystèmes liés à l'eau et, en particulier dans le cadre de l'indicateur 6.6.1 qui demande l'évaluation du « changement dans l'étendue des écosystèmes liés à l'eau, dans le temps ». Depuis 2018, la Convention de Ramsar est coresponsable de l'indicateur 6.6.1 avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement et a commencé à faire rapport sur l'étendue des zones humides en s'appuyant sur les rapports nationaux soumis par ses Parties contractantes. Dans le cadre de l'indicateur, le PNUE est responsable de la méthodologie comparable au plan international avec des données nationales (agrégations régionales et mondiales pour l'indicateur 6.6.1) et la Convention rédigera des rapports séparés tirés de ses rapports nationaux. Les deux lignes de rapports à la base de données mondiale des ODD pour l'indicateur 6.6.1 délimiteront clairement le type de données, dans les deux cas. Chaque coresponsable est chargé de sa ligne de rapport respective et contribue conjointement à la constitution de la Cible 6.6 de l'ODD 6. Une méthode de surveillance par étape pour les indicateurs des ODD a été préparée et elle est mise à disposition par ONU-Eau. Les lignes directrices pour l'indicateur 6.6.1, avec une section sur l'étendue des zones humides, sont en préparation.

Outils et ensembles de données

Les ensembles de données d'observation de la Terre adaptés aux besoins en informations de la Convention de Ramsar et des praticiens des zones humides sont depuis quelque temps beaucoup plus disponibles et accessibles. En conséquence, différentes initiatives internationales ont vu le jour pour combler les lacunes et les besoins en données et pour élaborer des outils pour les praticiens. Parmi elles, on trouve GEO-Wetlands[1], un cadre collaboratif pour la coopération internationale, la conception conjointe de solutions en matière d'observation de la Terre et d'engagement communautaire. L'initiative GEO-Wetlands fait partie du Programme de travail 2017-2019[2] du Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) qui encourage une production et une utilisation ouvertes et collaboratives des données d'observation de la Terre en appui à la prise de décisions à l'échelon mondial. D'autres initiatives sont décrites dans les études de cas qui suivent.

Les études de cas visent à illustrer l'application des technologies d'observation de la Terre en tant qu'« outil de bonne pratique » et à contribuer ainsi à l'application de la Convention. Elles comprennent des informations sur les moyens d'identifier des données et outils associés disponibles pour l'application en différents lieux. Ces études de cas sont des exemples pratiques de la manière dont l'observation de la Terre peut soutenir le maintien et la restauration des caractéristiques écologiques des zones humides, en particulier du point de vue de l'inventaire, de l'évaluation et du suivi des zones humides. Elles n'ont pas pour vocation de fournir une liste exhaustive de possibilités mais de démontrer comment des ensembles de données et des outils d'observation de la Terre existants peuvent servir à combler les lacunes de l'information sur l'étendue des zones humides et les changements qui les touchent. Chaque étude de cas fournit un exemple de :

- logiciel et flux de tâches disponibles gratuitement, conçus pour les évaluations des zones humides (étude de cas 1 pour l'analyse au niveau des sites et étude de cas 2 pour l'analyse à l'échelle régionale) ;
- un ensemble de données disponible (gratuitement) au plan mondial relatif aux zones humides (études de cas 3 et 4) ; ou
- une approche au niveau national de l'inventaire, de l'évaluation et du suivi des zones humides pouvant être facilement reproduite ailleurs (études de cas 5 et 6).

1 Voir http://geowetlands.org/.
2 Le Programme de travail peut être consulté à l'adresse : https://www.earthobservations.org/geoss_wp.php.

La possibilité d'utiliser des produits d'observation de la Terre pour compléter les champs d'information requis pour la FDR, utilisée pour inscrire des zones humides sur la Liste de Ramsar (Gardner & Davidson, 2011), est également identifiée, le cas échéant, dans chaque étude de cas. Le tableau 1 explique la pertinence des études de cas vis-à-vis de l'information nécessaire pour l'inscription de Sites Ramsar en se fondant sur les champs d'information contenus dans la FDR. Le choix d'exemples spécifiques s'appuie sur l'information fournie dans chacune des initiatives considérées, quel que soit le lieu géographique, afin de démontrer l'utilité des initiatives actuelles d'observation de la Terre.

Tableau 1 : **Les relations entre les différentes études de cas sur l'observation de la Terre et l'information nécessaire pour l'inscription de Sites Ramsar. L'information nécessaire est tirée de la Fiche descriptive Ramsar.**

Information nécessaire pour l'indicateur du SISR	Exemple d'étude de cas
Carte du site	Toutes les études de cas
Coordonnées géographiques	Toutes les études de cas
Emplacement général	Toutes les études de cas
Étendue et superficie de la zone humide	Étude de cas 1 – échelle du site Étude de cas 2 – régionale/nationale Étude de cas 4 – mondiale
Les caractéristiques physiques du site comprennent : • un équilibre hydrologique saisonnier • la qualité de l'eau • fluctuation et permanence de l'eau de surface	 Étude de cas 1 Étude de cas 3 Étude de cas 1
Valeurs hydrologiques	Étude de cas 3
Présence et dominance des types de zones humides	Études de cas 1, 2, 4
Caractéristiques écologiques générales Principaux habitats (y compris types de zone humide et de végétation) : • zonage, variations saisonnières et changements à long terme • utilisation actuelle des sols et de l'eau	Études de cas 1,3 Études de cas 1, 2, 3,4 Études de cas 1, 2
Menaces pour les caractéristiques écologiques	Étude de cas 1

Étude de cas 1

Mise à jour de l'information sur un Site Ramsar existant : le lac Burullus, Égypte

Afin de comprendre et d'atténuer les effets négatifs à court et à long terme associés à la destruction ou à la modification des zones humides, la Convention de Ramsar sur les zones humides attache beaucoup d'importance à l'évaluation de l'état et des tendances des zones humides ainsi qu'aux menaces qui pèsent sur elles (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010b). Toutefois, dans bien des cas, l'absence de données est un obstacle grave à l'établissement de rapports efficaces sur l'état et les tendances des zones humides. Souvent, les données classiques, spatiales et chronologiques, font défaut, sont de mauvaise qualité, ou ne sont disponibles que pour des sites qui ne sont peut-être pas représentatifs de l'écosystème de la zone humide.

La présente étude de cas illustre les applications pratiques de l'observation de la Terre pour une évaluation précise des zones humides en mettant tout particulièrement l'accent sur l'utilisation de cette information pour la mise à jour de la Fiche descriptive Ramsar (FDR). Elle identifie également quelques-unes des difficultés et des limites de l'utilisation de données d'observation de la Terre à cette fin.

Contexte et caractéristiques écologiques

Le lac Burullus est une lagune saline, peu profonde, sur la côte méditerranéenne, qui comprend plusieurs « îles et îlots connectés à la mer par un canal étroit » (SISR, lac Burullus). C'est un lieu d'hivernage, d'étape et de reproduction d'importance critique pour les oiseaux qui a été inscrit en 1988 sur la Liste de Ramsar, puis ajouté au Registre de Montreux en 1990 (SISR, lac Burullus).

Pressions et menaces

L'assèchement pour l'agriculture, l'aquaculture et l'urbanisation sont parmi les principales menaces qui pèsent sur les zones humides. En conséquence, le site reçoit de vastes quantités d'eau contaminées par des engrais et des pesticides, ce qui cause un enrichissement par les matières nutritives et la pollution (SISR, lac Burullus ; van Valkengoed, 2018). En outre, l'influx d'eau douce depuis les terres environnantes risque de diminuer avec des demandes croissantes d'eau pour des besoins économiques, y compris l'expansion de l'agriculture irriguée (ibid.). La salinité peut en être affectée et, en conséquence, les caractéristiques écologiques de la zone humide (ibid.).

Besoins en informations

Il n'y avait pas de moyen systématique de caractériser et de surveiller les menaces et les impacts sur le lac Burullus et il était vital de mettre à jour la FDR qui datait de 1992. L'Autorité administrative Ramsar de l'Égypte, le Secteur de conservation de la nature placé sous l'égide de l'Agence égyptienne pour les affaires environnementales, a collaboré avec des projets de GlobWetland II (2010-2014), SWOS (2015-2018) et GlobWetland Africa (2015-2018) pour soutenir la mise à jour de la FDR et du plan de gestion du lac Burullus avec des données d'observation de la Terre concernant l'état et les tendances des caractéristiques écologiques de la zone humide (SISR, lac Burullus ; van Valkengoed, 2018 ; GW-A c).

Approche d'observation de la Terre

Dans le cadre de GlobWetland Africa, l'état récent du lac Burullus a été cartographié à partir de l'imagerie Sentinel-2 multidate, acquise le 1er mai et le 15 juillet 2016 (GW-A c ; van Valkengoed, 2018). Les sites échantillons ont été identifiés par interprétation visuelle de l'imagerie à très haute résolution disponible sur Google Earth, associée à une référence issue d'une base de données locale sur la couverture des sols/l'occupation des sols. Ces ensembles de données ont servi à former et calibrer un classificateur dirigé afin de produire une carte de la distribution spatiale des types de zones humides clés et des modes d'occupation des sols aux environs (figure 1 – en haut). La carte sur l'état a été complétée par une évaluation des changements à long terme dans le lac Burullus déduite en utilisant des images acquises par la mission Landsat durant les années 1990 et 2000 (figure 1 – en bas).

La carte récente sur l'état informe sur la présence et la dominance des principaux types de zones humides (section 4.2 de la FDR en ligne) alors que la carte des changements donne des indications sur les principales menaces pour les caractéristiques écologiques du site (section 5.2 de la FDR en ligne). Par exemple, les changements à l'intérieur et autour du lac Burullus comprennent un essor brutal et constant de l'aquaculture entre 1990 et 2015 et 2016 (SISR, lac Burullus ; van Valkengoed, 2018). En outre, les terres agricoles et les zones artificielles ont augmenté dans la même période mais à un rythme plus modeste. Ces changements ont eu lieu aux dépens du littoral et ont entraîné une diminution globale de la végétation des marais salés et l'eutrophisation du lac résultant de l'apport croissant d'eaux usées (provenant de vastes zones d'aquaculture). On peut aussi observer, parmi les autres changements, l'expansion du réseau routier et des canaux de drainage à proximité du lac.

Dans le cadre de GlobWetland Africa, les données d'observation de la Terre ont également servi à caractériser le régime hydrologique (par exemple, surveillance des fluctuations saisonnières et de la permanence de l'eau de surface à l'intérieur et autour de la zone humide) (section 4.4.4 de la FDR en ligne), qui constitue une part importante des caractéristiques physiques du site (figure 2).

La qualité de l'eau est une autre caractéristique physique qui peut être observée par télédétection. Dans le cas du lac Burullus, toutefois, la détection des paramètres de qualité de l'eau fondée sur l'observation de la Terre pose un problème. Le benthos des eaux peu profondes et la présence d'une vaste étendue de macro-algues influencent le signal reçu par le capteur du satellite et peuvent être interprétés de manière erronée comme une concentration de chlorophylle dans la colonne d'eau si l'on utilise des algorithmes simplistes (GW-A c).

Ressources pour les utilisateurs

Bien que de nombreux types différents de données d'observation de la Terre puissent servir à la cartographie des modes d'occupation des sols, des données à haute résolution spatiale sont requises pour des évaluations détaillées des zones humides. Les exemples de l'étude de cas ont tous utilisé des données des missions Sentinel et/ou Landsat, compte tenu des politiques d'accès libre et gratuit aux données des agences responsables de leur fonctionnement et de la publication de produits. La cartographie de la classification et du changement de la couverture et de l'occupation des sols fondée sur l'observation de la Terre est soutenue par toute une gamme de logiciels « open-source » et propriétaires. Plus particulièrement, les boîtes à outils « open-source » telles que GeoClassifier et la boîte à outils de GlobWetland Africa ont un flux de tâches de traitement de la couverture et de l'occupation des sols conçu spécifiquement pour les applications relatives aux zones humides.

Figure 1
Exemple d'une évaluation récente de l'état d'une zone humide, le lac Burullus en Égypte, issue de l'imagerie Sentinel-2 multidate, acquise entre 2015 et 2016, et d'une évaluation à long terme des changements, issue de l'imagerie Landsat, acquise entre 1990 et 2010 [*Source : GlobWetland Africa (GW-A)*].

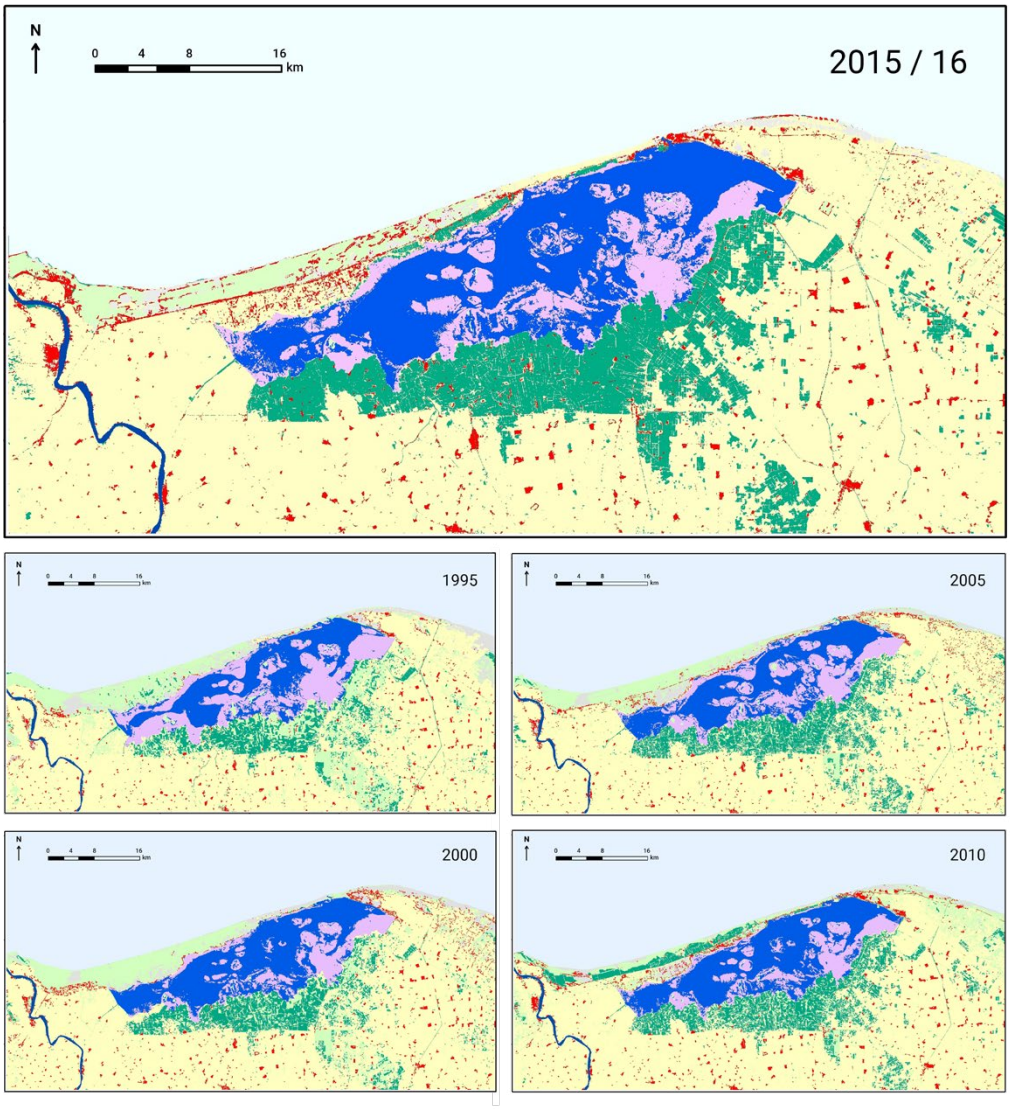
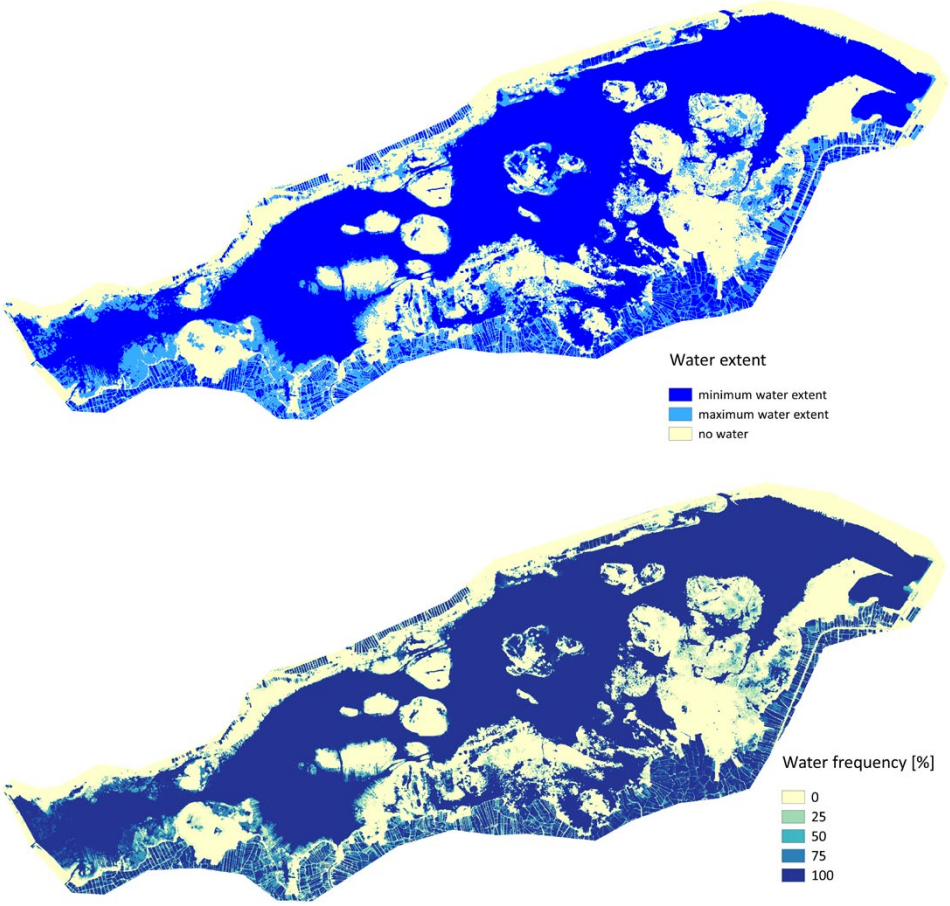


Figure 2
Étendue minimum et maximum de l'eau (en haut) fondée sur l'imagerie satellite Sentinel-1/2 en tenant compte de toutes les données pour la période de janvier 2016 à juin 2017. L'illustration montre que les eaux temporaires n'interviennent que dans les zones d'agriculture et d'aquaculture et sont donc plus fortement associées avec les systèmes artificiels de contrôle de l'eau qu'avec les fluctuations saisonnières naturelles. La fréquence de l'eau (en bas), basée sur des mesures mensuelles, illustre le changement dans le niveau d'eau en plus grand détail (*Source : GW-A*).



Avantages et limites

L'étude de cas du lac Burullus illustre comment l'observation de la Terre peut fournir des produits de géo-information normalisés et comparables sur l'état et les tendances des caractéristiques écologiques d'une zone humide, facilitant l'intégration de la télédétection dans la conservation et la gestion des zones humides. Toutes les cartes ont été partagées avec la section Conservation de la nature du Gouvernement de l'Égypte pour examen, dans le but d'utiliser les cartes comme base de mise à jour du SISR sur le lac Burullus.

Bien que la cartographie de la couverture et de l'occupation des sols et de l'eau de surface soit parmi les utilisations les plus communes des données d'observation de la Terre, il y a encore des problèmes d'évaluation de l'état actuel et des changements des zones humides dans le temps. La surveillance des tendances historiques et des caractéristiques changeantes des zones humides est compliquée par l'absence de données de moyenne à haute résolution, en particulier avant 2000. Les données optiques historiques sont disponibles auprès des missions Landsat et SPOT ; toutefois, la couverture nuageuse persistante dans certaines régions rend beaucoup de ces données inutilisables. Discriminer les eaux de surface temporaires et permanentes et les zones humides peut donc être difficile si l'on considère les données historiques disponibles. Il convient aussi de noter que les auteurs estiment, pour des environnements complexes avec des types différents de zones humides, que les données *in situ* ou les connaissances locales ont une importance critique pour l'analyse des données d'observation de la Terre et sont parfois le seul moyen d'obtenir des informations sur certains types de zones humides.

Étude de cas 2

L'observation de la Terre pour les évaluations régionales ou nationales : les zones humides du littoral méditerranéen

Les données d'observation de la Terre ont un avantage unique : elles permettent l'étude et l'évaluation d'un grand nombre de zones humides ainsi que l'échantillonnage de vastes régions. Elles facilitent l'évaluation de sites de zones humides multiples, de manière cohérente, à l'aide des mêmes méthodes. L'exemple fourni ci-dessous illustre les applications pratiques de l'observation de la Terre pour les évaluations de l'état et des tendances des zones humides au niveau régional (dans ce cas, la région méditerranéenne). L'étude traite de différents champs de données de la FDR, y compris l'étendue et la superficie des zones humides (section 2.2.4 de la FDR en ligne), la présence et la dominance des types de zones humides (section 4.2 de la FDR en ligne) et les caractéristiques écologiques générales (section 4.1 de la FDR en ligne).

Contexte et caractéristiques écologiques

La région méditerranéenne comprend les 28 pays de l'Initiative pour les zones humides méditerranéennes (MedWet), une initiative régionale de la Convention de Ramsar. La région a des zones humides deltaïques importantes comme Doñana en Espagne, la Camargue en France et le delta du Nil en Égypte, ainsi que de vastes lacs salés intérieurs (les chotts et les sebkhas d'Afrique du Nord), des oasis, des étangs temporaires et des marais (MWO, 2012). L'état et la santé de ces régions dépendent de la variabilité du climat qui induit de vastes fluctuations interannuelles dans l'étendue et les fonctions des écosystèmes.

Pressions et menaces

La Méditerranée est l'une des régions dont les ressources aquatiques, et en conséquence les zones humides, subissent les plus fortes pressions au plan mondial (MWO, 2012 ; MWO 2018 ; United Nations, 2016). Ces pressions sont particulièrement élevées dans les régions côtières qui, plus que les autres, attirent le développement résidentiel, touristique et infrastructurel des pays de MedWet (Plan Bleu, 2009). L'agriculture et la destruction des zones humides pour lutter contre le paludisme (par élimination des sites de reproduction des moustiques) ont aussi, par le passé, été des moteurs principaux de la perte des zones humides. Conséquence de ces pressions variées et changeantes, les zones humides de la région disparaissent depuis au moins 2000 ans (Finlayson *et al.* 1992) et la tendance reste la même aujourd'hui.

Besoins en informations

Il y a peu encore, il n'existait aucun moyen de documenter l'étendue régionale et les tendances des zones humides méditerranéennes. Afin de fournir à des initiatives régionales telles que MedWet et à des traités tels que la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (Convention de Barcelone) une vue d'ensemble de la situation actuelle, des informations sur les tendances récentes (après-1975) ont été tirées des données d'observation de la Terre.
En 2014, l'Observatoire des zones humides méditerranéennes a entrepris, dans le cadre du projet GlobWetland II de l'Agence spatiale européenne (ESA), l'analyse d'un échantillon de zones humides du littoral méditerranéen afin de quantifier les changements dans l'étendue (voir MWO, 2014). Une analyse semblable a été entreprise dans tous les Sites Ramsar métropolitains de France en 2015-2016, démontrant que l'approche est également applicable à l'échelle nationale (Perennou *et al.*, 2016).

Approche d'observation de la Terre

L'évaluation de l'état de 214 zones humides du littoral méditerranéen, y compris de Sites Ramsar, de Zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) et d'autres zones humides importantes, s'est appuyée sur une série d'images Landsat de 1975, 1990 et 2005. La validation sur le terrain a été menée, soit directement sur place pour valider les types de zones humides identifiés avec les données d'observation de la Terre, soit par vérification avec les cartes de couverture des sols locales, à haute résolution. Un classificateur dirigé (c'est-à-dire un processus partiellement automatique partiellement dirigé par des humains) a servi à cartographier la répartition spatiale des types clés de zones humides et d'occupation des sols dans les 214 sites, ce qui concernait à la fois les habitats des zones humides et les habitats des terres sèches. La figure 3 résume les résultats pour la superficie des habitats des zones humides dans les 214 sites, globalement, et la figure 4 fournit un exemple des changements dans un site spécifique.

Figure 3
Évolution des habitats de zones humides naturelles et artificielles pour un échantillon de 214 sites méditerranéens côtiers. Les habitats de zones humides naturelles ont perdu 13 % de leur superficie en 30 ans (1624 km²). Les zones humides artificielles ont gagné 157 % (1039 km²). *Source : MWO travaux en cours, adapté de MWO, 2014.*

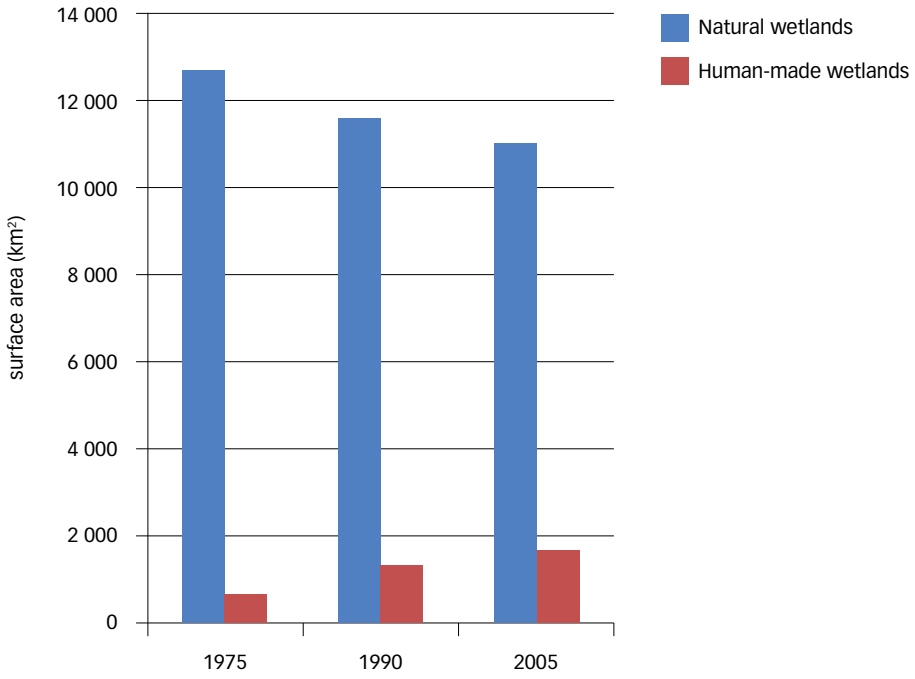
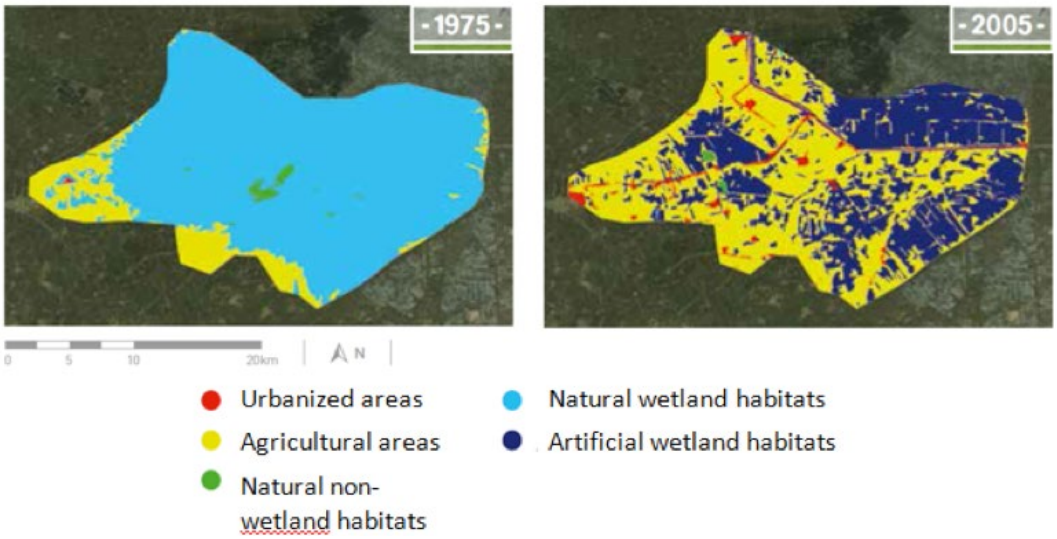


Figure 4
Changement dans la couverture des sols du site de Sinnéraé et San El E-Hagar dans le delta du Nil, Égypte. Les habitats de zones humides naturelles ont essentiellement été transformés en habitats artificiels, ainsi qu'en terres agricoles, entre 1975 et 2005. *Source : MWO, 2014.*



Ressources pour les utilisateurs

Beaucoup de types de données satellitaires peuvent soutenir la cartographie de l'occupation des sols. Pour des évaluations détaillées des zones humides, des données à haute résolution spatiale (c'est-à-dire pixels de petite taille, de préférence 30 x 30 m ou moins) sont requises (par exemple, MWO, 2014). Dans cette étude de cas, les données Landsat ont été utilisées compte tenu des politiques d'accès libre et gratuit aux données et de la disponibilité d'une archive historique (datant des années 1970). À partir de 2015, des images Sentinel sont disponibles (ESA). Que ce soit pour les données Landsat ou les données Sentinel, des processus spécifiques d'identification des changements dans la couverture des sols ont été conçus spécifiquement pour une application aux zones humides et intégrés dans la boîte à outils GlobWetland II, actuellement mise à jour pour la boîte à outils SWOS, qui sera disponible fin 2018 (Osenga, 2016). La boîte à outils SWOS est une collection gratuite de 22 outils d'analyse des

données satellitaires optiques. Elle est disponible en tant que logiciel autonome et en tant que boîte à outils ArcGIS (SWOSb). Une version QGIS est en préparation dans le cadre du projet SWOS. Les outils vont du prétraitement (correction géométrique et radiométrique), à la segmentation et la classification des images, la détection des changements et l'étiquetage, ainsi qu'au calcul d'indicateur. Le logiciel est amélioré en permanence (SWOSb).

Avantages et limites

Les limites sont essentiellement les mêmes que celles que l'on trouve à l'échelle d'une seule zone humide et décrites dans l'étude de cas du lac Burullus (voir ci-dessus), avec en plus le fait que l'analyse d'une région aussi vaste nécessite une division du travail entre différents spécialistes d'observation de la Terre, ce qui conduit à des différences d'interprétation des résultats entre les sites. Ces limites ont été surmontées toutefois grâce à un contrôle de la qualité rigoureux pour les cartes des sites générales, comprenant dans certains cas une ré-analyse complète des images (Perennou *et al.*, 2018). La cartographie des changements dans la couverture des sols a finalement conduit à une vue d'ensemble régionale considérée acceptable compte tenu des images disponibles.

Le manque d'images exploitables pour quelque année que ce soit a surtout posé un problème pour les évaluations concernant la période précédente (1975). Ainsi, le manque de données saisonnières rend difficile de discriminer les habitats de manière fiable (par exemple, les rizières) mais cette limite s'estompe depuis que le temps de retour des satellites a fortement diminué (Perennou *et al.*, 2018). Toutefois, cela entrave encore l'analyse rétrospective alors qu'une perspective historique fondée sur des comparaisons avec les années 1970 à 1980 serait souhaitable dans de nombreux cas.

Ces analyses se sont révélées utiles pour les pays MedWet. Elles ont démontré que dans la région les zones humides continuent de disparaître alors que tous les pays sont Parties contractantes à la Convention de Ramsar. En conséquence, compte tenu des résultats de l'analyse, il est vivement recommandé de consolider, appliquer et renforcer les politiques nationales pour les zones humides.

Étude de cas 3

L'observation de la Terre pour la surveillance des lacs et réservoirs : le lac Victoria et le lac Volta

Cette étude de cas explique par des exemples, le lac Victoria et le lac Volta, comment l'observation de la Terre peut contribuer à l'inventaire, à l'évaluation et au suivi de vastes lacs et réservoirs transfrontalier. Concernant la FDR, les méthodologies d'observation de la Terre décrites dans la présente étude de cas donnent des informations sur la mesure de la qualité de l'eau et montrent les principaux habitats, le zonage et les changements saisonniers.

Contexte et caractéristiques écologiques

Vastes milieux aquatiques, les lacs et réservoirs sont souvent des écosystèmes extrêmement productifs et biologiquement divers (Schindler, 1978). Au fil des siècles, les lacs ont joué un rôle crucial dans l'évolution des civilisations et le développement des économies locales et régionales. Les réservoirs sont des lacs artificiels mais ils soutiennent différents ensembles de processus et de services écosystémiques (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Les lacs, comme les réservoirs, sont importants pour la régulation de l'eau, l'approvisionnement en eau douce, la pêche et la navigation. En outre, les réservoirs peuvent fournir de l'énergie hydroélectrique et lacs et réservoirs permettent l'irrigation. Parallèlement, les réservoirs affectent l'écosystème des rivières en le fragmentant et en modifiant le régime des crues et le cycle des matières nutritives, ce qui a un impact sur les écosystèmes des zones humides et les sociétés, en aval (McCully, 2001 ; Richter *et al.*, 2010). Dans le contexte de Ramsar, lacs et réservoirs sont classés dans l'une des catégories suivantes : i.) zones humides continentales : i) lacs d'eau douce permanents - plus de 8 hectares (O), ii) lacs d'eau douce saisonniers/intermittents (P), ou étangs - moins de 8 hectares (Tp), ou, ii.) zones humides artificielles : i) zones de stockage de l'eau (6) (La Convention de Ramsar sur les zones humides, 2012).

Le lac Victoria, le deuxième plus grand lac d'eau douce du monde, est un lac transfrontalier qui borde l'Ouganda, le Kenya et la Tanzanie (Ledang & Odermatt, n.d.) et qui fait partie du bassin du Nil. La Convention de Ramsar a souligné l'obligation pour les Parties contractantes de coopérer à la gestion des zones humides qui s'étendent de part et d'autre de frontières internationales, conformément à l'Article 5 et à l'Article 3.1 de la Convention (La Convention de Ramsar sur les zones humides, 1994). À cet égard, l'observation de la Terre peut soutenir la collecte d'informations, l'inventaire et l'évaluation des valeurs et fonctions des zones humides. On peut trouver de vastes zones humides et des lacs connectés tout au long des berges du lac Victoria et cinq de ces sites sont des zones humides d'importance internationale (SISR).

Le lac Volta est un vaste réservoir entièrement situé au Ghana. Il a été terminé en 1965 dans le but principal de fournir de l'électricité au pays grâce à l'énergie hydroélectrique. Le lac est alimenté par trois affluents importants : la Volta noire, la Volta rouge et la Volta blanche (AQUASTAT, 2005 ; ESAb).

Pressions et menaces

De nombreuses pressions menacent les caractéristiques écologiques des lacs, des réservoirs et des bassins dont ils font partie. Parmi les exemples, on peut citer la surexploitation de l'eau, l'eutrophisation, la pollution, la construction d'infrastructures aquatiques mal conçues, la sédimentation, la surpêche et les espèces envahissantes.

Le lac Victoria a souffert des changements dans les modes d'occupation des sols, en particulier du déboisement, ainsi que de l'intensification de l'agriculture dans son bassin versant (Ledang & Odermatt, n.d.). La sédimentation et l'eutrophisation ont augmenté dans certaines parties du lac et, à leur tour, ont entraîné des proliférations d'algues, des mortalités de poissons et permis la propagation d'espèces envahissantes comme la jacinthe d'eau (ibid.). Bien que cela soit moins pertinent pour une étude de cas sur la télédétection, la biodiversité très riche et unique du lac a également subi des pressions depuis l'introduction de la perche du Nil et du tilapia vers la fin des années 1950 pour les pêcheries commerciales (ibid.). Les zones humides situées sur les berges du lac sont menacées par des changements dans l'occupation des sols et le drainage pour l'agriculture (BirdLife International, 2013).

L'apport d'eau diminue dans le lac Volta diminue par suite de la modification du régime des précipitations et de l'écoulement des eaux en amont (Gyau-Boakye, 2001). En aval, les changements dans la sédimentation et le régime des crues, causés par le barrage hydroélectrique, ont eu pour résultats une invasion de plantes aquatiques non désirables, une diminution des captures de poissons, une plus faible production agricole sur les anciennes plaines d'inondation et une plus grande prévalence de maladies liées à l'eau comme la schistosomiase (Gordon & Amatekpor, 1999).

Besoins en informations

De bonnes pratiques de gestion des zones humides exigent des informations actualisées et de grande qualité. Les deux études de cas nécessitent un inventaire des zones humides, et l'observation de la Terre peut fournir des informations concernant la délimitation, les caractéristiques physiques du site et du bassin versant, ainsi que les types de zones humides, la dominance en zones humides et les caractéristiques écologiques. La description des caractéristiques écologiques des lacs et réservoirs a également besoin d'informations sur la dynamique de l'eau – niveau d'eau, étendue de l'eau, saisonnalité et qualité de l'eau, par exemple. Les aspects des tendances et des changements dans les caractéristiques écologiques des lacs et réservoirs que peut mesurer l'observation de la Terre comprennent les tendances de la dynamique de l'eau, comme les niveaux d'eau, les changements dans l'étendue et les changements dans le caractère saisonnier et la qualité de l'eau. Pour gérer efficacement une zone humide transfrontalière comme le lac Victoria, les informations, les pratiques de gestion et la gouvernance doivent être harmonisées entre toutes les autorités responsables.

Approche d'observation de la Terre

L'observation de la Terre est une technologie appropriée pour satisfaire les besoins d'information concernant les paramètres tels que le niveau, l'étendue, la saisonnalité, la température et la qualité de l'eau, ainsi que les aspects temporels tels que la dynamique de l'eau de surface et les changements dans la qualité de l'eau. Lorsqu'il s'agit de délimiter un lac ou un réservoir, l'étendue des eaux ouvertes peut être cartographiée avec différentes approches, fondées sur des types de capteurs passifs (Huang, 2018) ou actifs (Bioresita, 2018). L'utilisation combinée de capteurs optiques et radar facilite le suivi des dynamiques des écosystèmes aquatiques en exploitant les avantages respectifs des deux types de capteurs et en augmentant la fréquence d'observation pour une localité particulière. Les outils qui utilisent conjointement les données radar et optiques pour cartographier les régimes d'inondation des zones humides sont disponibles dans les boîtes à outils SWOS et de GlobWetland Africa. Le Centre de recherche conjoint de l'Union européenne et Deltares mettent à disposition deux ensembles de données mondiaux à haute résolution sur l'étendue de l'eau, le changement et la saisonnalité.

Figure 5
Récurrence interannuelle de l'eau entre 1984 et 2015 dans la Volta noire, affluent du lac Volta, avec une récurrence de l'eau allant de jamais (orange foncé) à annuelle (bleu foncé) *(EC JRC/Google, 2016).*

L'altimètre spatial est un type de radar transporté par satellite qui sert à mesurer les variations de la hauteur de l'océan mais peut aussi mesurer la variation de la hauteur de tout grand plan d'eau (ESA, 2018). Jason-3 est une mission altimétrique spatiale qui produit des cartes de la hauteur des plans d'eau avec une précision d'environ 3 cm (figures 5 et 6). Bien que le traitement des données d'altimètre soit une tâche de spécialiste, Global Reservoirs and Lake Monitor, financé par la NASA/USDA, possède des données de variation du niveau d'eau pour beaucoup de grands lacs et réservoirs. Le nouveau Sentinel-3 de l'ESA a aussi un capteur altimétrique à bord qui délivrera une foule d'informations dès qu'il sera opérationnel compte tenu de sa couverture mondiale, par opposition à la couverture étroite, de type transect, des altimètres précédents.

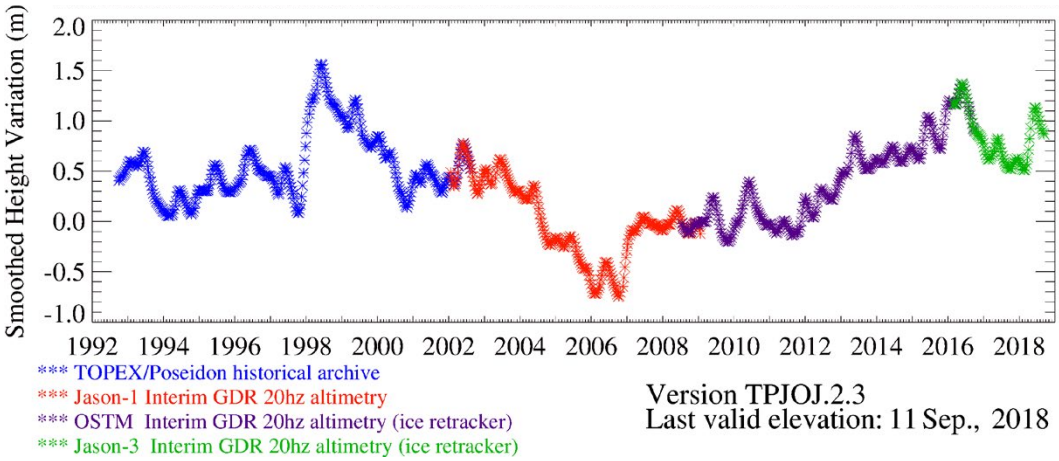


Figure 6
Variation à long terme du niveau d'eau dans le lac Victoria, mesurée par données consécutives délivrées par un altimètre spatial *[USDA Global Reservoirs and Lakes Monitor (6)]*.

De nombreux paramètres de la qualité de l'eau sont difficiles à mesurer depuis l'espace, mais parmi les paramètres essentiels de la qualité des eaux intérieures qui peuvent être mesurés par observation de la Terre et servir à décrire les caractéristiques écologiques et à évaluer ou surveiller une zone humide, il y a la concentration de chlorophylle-α (figure 7), la concentration de matière en suspension, les matières organiques dissoutes, les éclosions de cyanobactéries et la température de l'eau de surface (Gholizadeh *et al.* 2016). Ces paramètres se substituent à l'eutrophisation, la perturbation et la contamination. La méthode et les outils conviennent uniquement à des utilisateurs chevronnés et la calibration à l'aide de données locales est cruciale pour obtenir de bons résultats.

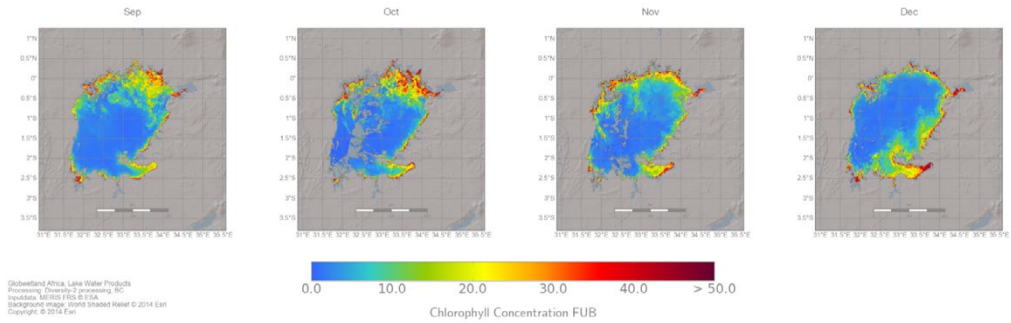


Figure 7
Séries chronologiques de concentration de chlorophylle-α (FUB algorithm ; Free University of Berlin) pour le lac Victoria en 2008. Les cartes de concentration de la chlorophylle peuvent servir de substitution pour l'abondance du phytoplancton et la biomasse d'algues, un indicateur de l'eutrophisation (note : les zones grises représentent les parties terrestres et/ou les nuages). Image produite à l'aide de données MERSIS. *Source : GlobWetland Africa.*

Outre la température de l'eau de surface qui a une précision acceptée à moins d'un degré, les paramètres de qualité de l'eau dérivés de l'observation de la Terre sont intrinsèquement difficiles à valider, car ils dépendent fortement de l'environnement spécifique du lac. Or, les données *in situ* appropriées pour la validation manquent pour la plupart des lacs. Cependant, selon l'expérience générale en matière d'application de l'observation de la Terre pour dériver la qualité de l'eau, les résultats tendent à correspondre aux structures spatiotemporelles escomptées et se comparent favorablement aux chiffres publiés (Gholizadeh, M. H. *et al.*, 2016). En résumé, la qualité de l'eau fondée sur l'observation de la Terre ne devrait pas remplacer les réseaux *in situ* (la disponibilité de données *in situ* est essentielle pour calibrer et valider l'algorithme de récupération), mais peut les compléter, offrant des solutions d'un bon rapport coût-efficacité. Les produits sur la qualité de l'eau fondée sur l'observation de la Terre représentent en réalité une amélioration dans l'espace et dans le temps des mesures classiques sur le terrain et peuvent capter la variabilité spatiotemporelle de paramètres critiques de la qualité de l'eau des lacs avec plus de précision que les programmes de suivi en cours.

Ressources pour les utilisateurs

Les utilisateurs ont un certain nombre de ressources à leur disposition. Les boîtes à outils élaborées par le projet SWOS[3] et le projet GlobWetland Africa[4] fournissent des outils et des orientations

3 Voir : http://swos-service.eu.
4 Voir : http://globwetland-africa.org/.

permettant la délimitation des zones humides et de l'étendue des plans d'eau ouverts. Elles contiennent aussi des outils de cartographie des dynamiques de l'eau dans le temps. Des outils d'évaluation de la qualité de l'eau sont fournis par le projet Diversity II[5], ainsi que par les boîtes à outils SWOS et GlobWetland Africa mentionnées ci-dessus.

Le Global Reservoir and Lakes Monitor[6] fournit gratuitement, quasi en temps réel, des informations de grande précision sur le niveau d'eau, pour de nombreux grands lacs et réservoirs. Des cartes mondiales à haute résolution de la présence d'eau de surface, des changements, de la saisonnalité et de la récurrence ont été produites par le Centre de recherche conjoint de l'UE et mises à disposition dans le Global Surface Water Explorer[7]. L'institut de recherche néerlandais Deltares a produit des séries chronologiques des changements dans l'eau de surface sur 30 ans et les met à disposition via AquaMonitor[8].

Avantages et limites

Comme démontré, une approche d'observation de la Terre est particulièrement utile pour obtenir des données pertinentes sur l'étendue de l'eau, le niveau d'eau, les changements et la saisonnalité. Toutefois, l'adoption d'une approche d'observation de la Terre particulière doit être adaptée à la région d'intérêt pour fournir les données et l'information attendues. Une difficulté particulière consiste à cartographier la végétation flottante et l'inondation sous la canopée végétale (Rosenqvist *et al.* 2007). Ces éléments sont difficiles à détecter si l'on utilise uniquement un radar à synthèse d'ouverture (SAR) en bande C et/ou un système optique seulement. Les données des SAR en bande L comme ALOS 2 peuvent être utiles à cette fin mais représentent une approche avancée et les données ne sont pas librement disponibles et doivent être acquises. L'utilisation de radioaltimètres G-REALM qui, actuellement, ont une couverture limitée, devrait être améliorée avec des données de Sentinel-3 pour les niveaux d'eau de surface, la température de surface des lacs et d'autres paramètres de qualité de l'eau. Les outils et méthodologies relatifs à la qualité de l'eau ont bien progressé et pour mesurer les paramètres de qualité de l'eau en valeurs absolues, par opposition aux valeurs relatives, il faut, pour la calibration, beaucoup de données vérifiées sur le terrain pour la même période et la même durée que pour les données d'observation de la Terre.

Étude de cas 4 L'observation de la Terre pour la cartographie des mangroves et l'évaluation de leurs changements

L'exemple qui suit illustre les applications pratiques de l'observation de la Terre à la cartographie de l'étendue ou de la superficie de mangroves et à leur changement dans le temps. Il montre également comment les données peuvent fournir des informations sur la présence et la dominance de mangroves dans un site.

Contexte et caractéristiques écologiques

Les marécages à mangroves sont des écosystèmes intertidaux boisés que l'on trouve à l'échelle mondiale entre les latitudes 32° N et 39° S environ. Ils sont classés dans les zones humides marines/côtières (zones humides boisées intertidales, type I) dans le Système de classification Ramsar des types de zones humides (The Ramsar Convention on Wetlands, 2002 ; Lucas *et al.*, 2014). Les mangroves ont des fonctions d'importance critique au niveau du paysage, liées à la régulation des apports d'eau douce, des matières nutritives et des sédiments dans les zones marines. Elles aident à contrôler la qualité des eaux côtières marines et sont vitales comme sites de reproduction et de croissance pour les oiseaux, les poissons et les crustacés. Près des deux tiers de tous les poissons pêchés dans le milieu marin au niveau mondial dépendent en fin de compte de la santé des écosystèmes côtiers tropicaux (Lucas *et al.*, 2014). Les mangroves reçoivent d'importants apports de matières et d'énergie de la terre et de la mer et sont des bassins importants de stockage du carbone (Lucas *et al.*, 2014).

Pressions et menaces

Autrefois abondantes le long des littoraux tropicaux et subtropicaux de la planète, les mangroves reculent et le rythme de leur déclin est semblable à celui des forêts (naturelles) terrestres. Environ quatre à cinq pour cent de la couverture mondiale a disparu depuis 20 ans (FAO, 2015). Les principaux moteurs de ce changement comprennent l'abattage des mangroves pour l'aquaculture, l'agriculture, l'exploitation de l'énergie et autres développements industriels (Thomas *et al.* 2017), et la proportion des mangroves restantes qui serait fragmentée et dégradée est inconnue. Les mangroves sont aussi sensibles aux effets des changements climatiques tels que l'élévation du niveau de la mer, les extrêmes de température et leur zone géographique, ainsi que les changements dans l'hydrologie.

---

5 Voir : http://www.diversity2.info.
6 Voir : https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/.
7 Voir : https://global-surface-water.appspot.com/.
8 Voir : http://aqua-monitor.deltares.nl/.

Besoins en informations

Il y a peu d'informations sur l'état et les tendances des mangroves aux niveaux national et mondial. Cela s'explique en partie parce que les mangroves sont souvent à cheval sur les juridictions nationales chargées des zones humides et des forêts et en partie parce qu'elles se situent souvent dans des lieux reculés et inaccessibles, de sorte que la cartographie et le suivi périodique par des moyens classiques sont coûteux et consommateurs de temps. Depuis 2018, les Parties contractantes à la Convention de Ramsar sont priées de faire rapport sur les changements, dans le temps, de l'étendue des écosystèmes liés à l'eau (ODD 6.6.1), ce qui comprend les mangroves (Convention de Ramsar sur les zones humides, 2018). Les mangroves sont en outre classées comme forêts dans le programme REDD+ (réduction des émissions de la déforestation et de la dégradation des forêts dans les pays en développement, et rôle de la conservation et de la gestion durable des forêts, et amélioration des stocks de carbone forestier dans les pays en développement) de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (IUCN 2017), et devraient donc figurer dans les rapports nationaux sur les émissions.

Approche d'observation de la Terre

Le Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM, système de suivi des mangroves du Mexique) est un exemple de système opérationnel à échelle nationale, fondé sur l'observation de la Terre, pour la cartographie et le suivi des mangroves. Le SMMM, qui a été lancé en 2005 est mis en œuvre tous les cinq ans et s'appuie sur une interprétation manuelle, réalisée par des experts, de données satellitaires optiques à 10 mètres de résolution (SPOT-5). Environ 130 scènes SPOT sont requises pour une couverture nationale des mangroves mexicaines (CONABIO, 2018). Les cartes des mangroves qui en résultent sont à une échelle de 1:50 000 avec une unité de cartographie minimum d'un hectare (ibid.). Les cartes sont validées par l'utilisation de photographies aériennes à très haute résolution (hélicoptère). Pour atténuer le plus possible les erreurs d'interprétation et veiller à la cohérence entre les cartes de différentes époques, des mises à jour ont lieu par interprétation des changements par comparaison avec la carte de l'époque précédente (CONABIO, 2018, Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2012).

Un système national de suivi des mangroves comme le SMMM, qui s'appuie sur l'interprétation de données géospatiales à haute résolution réalisée par une équipe d'experts locaux, est naturellement l'approche à préférer lorsque l'on dispose des ressources financières et humaines. Lorsque ce n'est pas le cas, cependant, l'utilisation d'ensembles de données mondiaux sur les mangroves déjà disponibles peut être un substitut pratique ou un point de départ.

Le United States Geological Survey (Service géologique des États-Unis) (voir Giri *et al.* 2011) a produit des cartes mondiales de l'étendue des mangroves pour la période 1997-2000, issues de données satellitaires optiques (Landsat) à 30 mètres de résolution, et des cartes de ce type ont été produites pour la période 1999 à 2003 par l'Organisation internationale des bois tropicaux (OIBT) et l'International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) (voir Spalding *et al.* 2010), basées sur une combinaison de données satellitaires optiques et de statistiques nationales, traitées par le Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE-WCMC) ou l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Pour plusieurs pays, des données existantes (WCMC-012, 1997) ou des données (vectorielles) disponibles depuis peu ont été incorporées. Ces ensembles de données sont désormais dans le domaine public et fournissent une image complète de la distribution géographique des mangroves de la planète au début du millénaire.

Le Global Mangrove Watch (GMW) a produit une série chronologique de cartes de l'étendue mondiale des mangroves (Bunting *et al.* 2018). Le GMW est un projet collaboratif international établi dans le cadre du programme scientifique de l'Initiative Kyoto & Carbon de JAXA et du programme Mangrove Capital Africa de Wetlands International. Il a été créé en vue de fournir des informations géospatiales sur l'étendue des mangroves et les changements, à l'intention des praticiens des zones humides, des décideurs et des ONG.

Les séries chronologiques de cartes s'appuient sur des données mosaïques mondiales à 25 mètres de résolution recueillies par des radars satellites japonais (JERS-1, ALOS et ALOS-2) et des données satellitaires optiques (Landsat). Les mosaïques radars, les données Landsat et les cartes de mangroves qui en sont issues sont toutes mises gratuitement à la disposition du public[9]. L'un des avantages de l'utilisation de radars satellites est la capacité des signaux (radar) microondes de pénétrer les nuages et la brume qui sont souvent des facteurs limitants dans les zones côtières exposées aux nuages et dans les régions touchées par de grands incendies persistants comme Sumatra et le Kalimantan, en Indonésie. En conséquence, les cartes dérivées des capteurs radars peuvent être générées dans un guichet temporel étroit, typiquement quelques mois, qui est préférable si l'on veut atténuer le plus possible les effets saisonniers par comparaison avec les observations sur plusieurs années. Une des forces des données satellitaires optiques, en revanche, est qu'elles sont mieux en mesure de discriminer entre différents types de végétation et fournissent donc une délimitation plus précise des mangroves vers l'arrière-pays (Bunting *et al.* 2018).

---

9 Pour l'accès aux mosaïques radars : https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/data/index.htm et pour les données Landsat : https://landsat.usgs.gov/landsat-data-access.

À ce jour (octobre 2018), le GMW a produit des cartes de l'étendue mondiale des mangroves (figure 8a) pour sept époques : 1996, 2007, 2008, 2009, 2010, 2015 et 2016, à partir desquelles des cartes de changement correspondantes peuvent être dérivées (figure 8b). La carte de 2017 sera publiée fin 2018, et des cartes annuelles sont prévues par la suite. Pour les Sites Ramsar, ces ensembles de données fournissent l'information nécessaire pour décrire l'étendue et la superficie des zones humides, la présence et la dominance de mangroves dans un site et les caractéristiques écologiques générales (zonage, variations saisonnières et changements à long terme) (GMW).

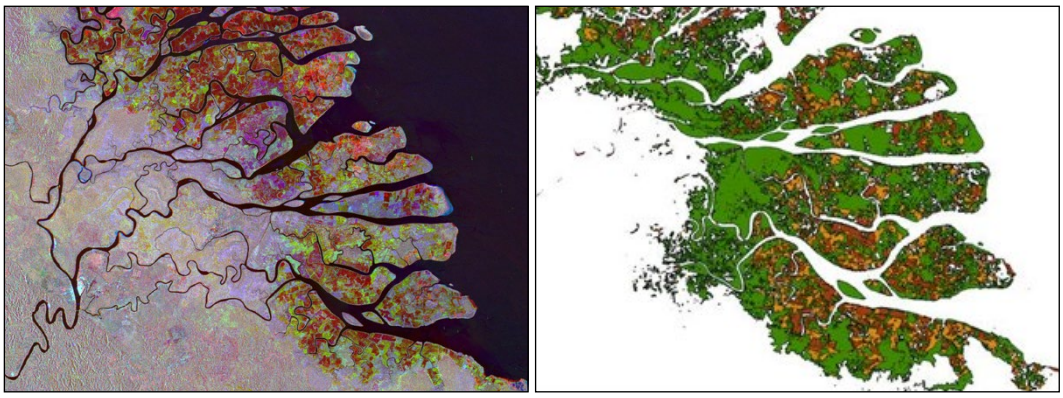


Figure 8
Delta du fleuve Kahan, Nord Kalimantan, Indonésie. 8a (à gauche) Image composite par radar multi-temporel (1996 JERS-1 SAR et 2016 ALOS-2 PALSAR-2) ; 8b (à droite) Étendue des mangroves et changements ; rouge – perte de mangroves 1996-2007 ; orange – perte 2007-2016 ; vert – couverture de mangroves en 2016. © *JAXA/METI.*

Ressources pour les utilisateurs

Toutes les cartes de mangroves dont il est question dans cet exemple sont disponibles dans le domaine public (voir tableau 2).

Tableau 2 : **Information sur les cartes utilisées pour la cartographie et l'évaluation des mangroves**

Année de référence	Données de référence	Source	Référence	Disponible à l'adresse
1996	JERS-1 SAR (radar) 1996	Global Mangrove Watch	Bunting et al. 2018	https://www.globalmangrovewatch.org/datasets/ UNEP-WCMC Ocean Data Viewer
2000	Données Landsat (optiques) 1997 2000	USGS	Giri et al. 2011	http://data.unep-wcmc.org/datasets/4
2000	Statistiques nationales, Données Landsat (optiques) 1999-2003	OIBT/ ISME	Spalding et al. 2010	http://data.unep-wcmc.org/datasets/5
2007 2008 2009 2010	ALOS PALSAR (radar) 2007-2010 et Données Landsat (optiques) 2010	Global Mangrove Watch	Bunting et al. 2018	https://www.globalmangrovewatch.org/datasets/ http://data.unep-wcmc.org/datasets/45
2015 2016	ALOS-2 PALSAR-2 (radar) 2014-2016	Global Mangrove Watch	Bunting et al. 2018	https://www.globalmangrovewatch.org/datasets/ http://data.unep-wcmc.org/datasets/45

Avantages et limites

L'observation de la Terre offre un moyen efficace de cartographier périodiquement et de surveiller les mangroves à l'échelle régionale à mondiale et ce, d'une manière uniforme, puisque le même type de données et les mêmes algorithmes de classification sont utilisés dans toutes les régions et sur plusieurs époques. Cela permet une analyse des tendances du changement avec le temps et une comparaison de l'étendue entre différents pays et régions plus cohérente que la comparaison de données obtenues de différentes sources.

Il ne faut cependant pas s'attendre à ce que les ensembles de données mondiaux, comme ceux qui sont décrits ci-dessus, puissent avoir partout le même niveau élevé de précision que les cartes à échelle locale issues d'études sur le terrain et l'utilisation de données géospatiales à résolution spatiale très élevée comme le SMMM mexicain mentionné plus haut. Un exercice de cartographie mondial utilisant des données et des méthodes cohérentes (même s'il est complété par des données sur le terrain pour la calibration et la validation) suppose généralement un compromis du point de vue de la précision de

l'échelle locale. Néanmoins, les cartes mondiales peuvent être améliorées localement (ou au niveau national) en ajoutant des informations améliorées (données *in situ* et données aériennes ou drones) pour la formation et la reclassification.

Tout le logiciel de classification et les données satellitaires[10] utilisées par le GMW sont en source libre gratuite. Les utilisateurs non expérimentés peuvent utiliser des cartes GMW telles qu'elles sont fournies et les utilisateurs expérimentés peuvent reproduire ou améliorer les classifications en utilisant des informations locales améliorées.

Étude de cas 5 L'observation de la Terre pour l'inventaire national des zones humides

À ce jour, beaucoup d'inventaires nationaux des zones humides sont essentiellement des compilations de zones humides considérées importantes pour différentes raisons (telles que celles qui justifient leur inscription en qualité de Sites Ramsar). Toutefois, ces inventaires ne couvrent pas la totalité des zones humides nationales. Beaucoup de zones humides particulières et de petite taille n'ont peut-être pas été quantifiées mais, prises ensemble, elles forment l'élément majeur de cet habitat et assurent des fonctions et des services écosystémiques importants. L'approche décrite ici, mise au point pour un inventaire national exhaustif des zones humides du Myanmar dans le cadre de l'initiative Myanmar-Norvège sur l'utilisation rationnelle des zones humides, capitalise sur la disponibilité croissante de couches de données de télédétection interprétées pour une première évaluation de la taille et de la distribution de toutes les zones humides du pays. Ainsi, le contexte d'identification de toutes ces zones humides considérées comme importantes aux plans national et international est mis en place pour servir à l'application de la politique nationale pour les zones humides.

Contexte et caractéristiques écologiques

La Convention de Ramsar n'a cessé de répéter qu'un inventaire exhaustif des zones humides est une variable essentielle et indispensable à l'utilisation durable des zones humides par la gestion des activités anthropiques et le maintien des caractéristiques écologiques de la zone humide (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010a).

Si l'on ignore où sont les zones humides d'un pays et de quel type de zones humides il s'agit, les décisions touchant les zones humides peuvent ne pas contribuer à leur utilisation rationnelle. Tout en fournissant une base de connaissances avisée sur la taille et la distribution globales de la ressource en zones humides du Myanmar, l'inventaire soutient également l'identification de l'ensemble des zones humides d'importance internationale du Myanmar méritant une future inscription sur la Liste de Ramsar.

Pressions et menaces

Compte tenu des changements politiques récents au Myanmar et de l'ouverture du pays, les pressions du développement économique augmentent rapidement. La politique nationale pour les zones humides du pays (4e projet, août 2017) reconnaît de multiples facteurs de changement dans les caractéristiques écologiques des zones humides du Myanmar (McInnes *et al.* 2016). On y trouve aussi bien les espèces envahissantes que la surpêche et la pêche illégale, la sédimentation, le drainage et l'assèchement, le surpâturage, l'expansion des terres agricoles, l'intrusion d'eau salée, la dessiccation, la capture des oiseaux, les établissements illégaux, l'expansion de l'aquaculture, la pollution, l'exploitation minière, la chasse, le déboisement du bassin versant, l'érosion et la construction de barrages sur des rivières sauvages. Les causes sous-jacentes de ces facteurs seraient : une demande accrue sur les ressources exercée par une population en expansion et une croissance économique rapide ; un grand nombre de personnes laissées pour compte du point de vue économique et dépendant fortement de l'exploitation des ressources naturelles ; les changements climatiques ; la faiblesse des mesures de protection environnementale ; la sensibilisation limitée du public et du gouvernement ; et la mauvaise coordination ainsi que le peu d'évaluations d'impact sur les activités de développement.

Besoins en informations

En 2004, un inventaire des zones humides du Myanmar a répertorié 99 zones humides dans certaines régions du pays, mais il n'existe toujours pas d'inventaire complet. Le Gouvernement du Myanmar a reconnu que, pour améliorer ses capacités d'application de la Convention de Ramsar, un inventaire national exhaustif des zones humides est une haute priorité (McInnes *et al.* 2016).

L'inventaire du Myanmar doit comprendre tous les types de zones humides (continentales et côtières, ainsi que celles qui sont naturelles et artificielles) définis par la Convention de Ramsar. Et plus important, il doit comprendre l'étendue et la distribution des zones humides marines peu profondes et proches du rivage (jusqu'à une profondeur permanente de 6 mètres), un type de zone humide Ramsar important et rarement, voire jamais, couvert par les inventaires nationaux des zones humides (Finlayson *et al.* 1999).

---

10 Voir : https://rsgislib.org/.

Approche d'observation de la Terre

L'inventaire des zones humides du Myanmar fait partie d'un grand projet intitulé Conservation de la biodiversité et gestion améliorée des aires protégées du Myanmar, et de son Plan d'action pour mettre en œuvre une gestion améliorée et une utilisation rationnelle des zones humides précieuses, lancé en 2016 et soutenu par le Gouvernement de la Norvège (McInnes *et al.*, 2016).

La méthode compte plusieurs phases, la première (2016 à 2018) consistant à accéder à une gamme aussi vaste que possible de couches de données spatiales concernant les zones humides et à les superposer (McInnes *et al.* 2016). Ces données proviennent de : un modèle numérique de terrain (MNT) de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), HydroBasins pour les bassins de drainage, les réseaux fluviaux et les lacs, des données de bathymétrie côtière et des données de couverture des sols de MODIS 2012, avec de nouvelles couches de données à mesure qu'elles deviennent disponibles, comme la cartographie de la couverture des sols fondée sur Landsat de l'International Water Management Institute (IWMI), les mangroves de GMW de JAXA, les zones intertidales de l'Université de Nouvelle-Galles du Sud et différentes couches de données détenues par le Gouvernement du Myanmar (ibid.).

Plusieurs sources de données organisées sur le plan spatial, avec des fichiers shape des limites le cas échéant, qui identifient des zones humides importantes, sont superposées à ces ressources de données relatives aux zones humides à l'échelle nationale. Ces sources comprennent le Asian Wetland Directory de 1989, l'inventaire du Myanmar de 2004, les Zones importantes pour les oiseaux et la biodiversité, les Zones clés pour la biodiversité et d'autres sources publiées pour des zones humides spécifiques (ibid.).

L'inventaire est généré par un logiciel ArcGIS, et consiste à recueillir les données sous le format ArcGIS existant et à numériser des zones humides à partir d'images satellites lorsqu'il y a très peu d'informations spatiales données, par exemple, uniquement un point central latitude-longitude ou une étendue aérienne entre deux points latitude-longitude au moins. D'autres données sous format raster (c'est-à-dire, une grille de pixels de taille égale), comme les données de couverture des sols MODIS, sont analysées de sorte que l'on puisse en extraire des unités de couverture de sols spécifiques (par exemple, les plans d'eau), et comparées aux images satellites et à l'étendue totale numérisée de l'emplacement des unités pixels. Certaines régions sans cartographie existante seront dérivées en utilisant des données de substitution. Par exemple, les zones humides qui sont inondées de manière saisonnière par des cours d'eau sont identifiées à partir d'une routine de modélisation de l'étendue de la crue au sein d'ArcGIS sur la base du MNT sous-jacent.

En outre, les superpositions spatiales d'informations écorégionales [Écorégions marines du monde (voir Spalding *et al.* 2007) et Écorégions d'eau douce du monde (voir Abell *et al.* 2008)] couvrant le Myanmar, soutiendront l'identification de zones humides d'importance internationale dans le cadre des Critères 1 et 3 d'inscription des Sites Ramsar.

Les ensembles de données seront classés en groupes de zones humides spécifiques comme les rivières, les lacs naturels, les lacs artificiels, les rizières, les zones saisonnièrement inondées, les tourbières, les mangroves, les vasières et les récifs coralliens (McInnes *et al.*, 2016). Le nombre et la superficie totale de chaque groupe seront résumés par région du Myanmar, zone d'écorégion d'eau douce ou marine, et zone principale de bassin de drainage (ibid.).

La première phase sera suivie par d'autres phases (à partir de 2019) pour : a) corriger les écarts dans la distribution spatiale des zones humides selon différentes sources et b) établir une stratégie, et la vérifier sur le terrain, pour des zones humides sélectionnées afin de couvrir toutes les régions du Myanmar et tous les types de zones humides représentés dans le pays (ibid.).

Une des phases consistera à analyser les données spatiales compilées pour faire rapport sur la taille et la distribution de l'ensemble des ressources en zones humides continentales et côtières du Myanmar et de différents types de zones humides, avec identification de zones humides particulièrement importantes au sein de cette ressource globale (ibid.).

Ressources pour les utilisateurs

L'inventaire des zones humides du Myanmar sera produit en tant qu'inventaire national des zones humides en ligne par SIG, hébergé et géré par le Ministère des ressources naturelles et de la conservation de l'environnement du Myanmar (MONREC) et rendu accessible aux utilisateurs.

L'inventaire spatial sera soutenu par une base de données d'inventaire des sites qui sera élaborée et harmonisée à la structure et au contenu de la FDR.

Avantages et limites

L'inventaire fournira une base de connaissances améliorée sur les zones humides pour les fonctionnaires chargés de prendre des décisions sur les zones humides et leur utilisation rationnelle ainsi que pour soutenir les travaux des ONG et de la société civile qui se consacrent à la conservation et à l'utilisation rationnelle des zones humides. Il contribuera directement à l'amélioration des travaux parallèles, en cours au Myanmar, visant à élaborer une stratégie nationale et des priorités d'identification et d'inscription future de Sites Ramsar.

Il est prévu que l'approche d'inventaire des zones humides du Myanmar puisse être reproductible dans d'autres pays ayant besoin d'entreprendre (ou de mettre à jour) des inventaires complets des zones humides. Un exemple des résultats escomptés est présenté dans la figure 9.

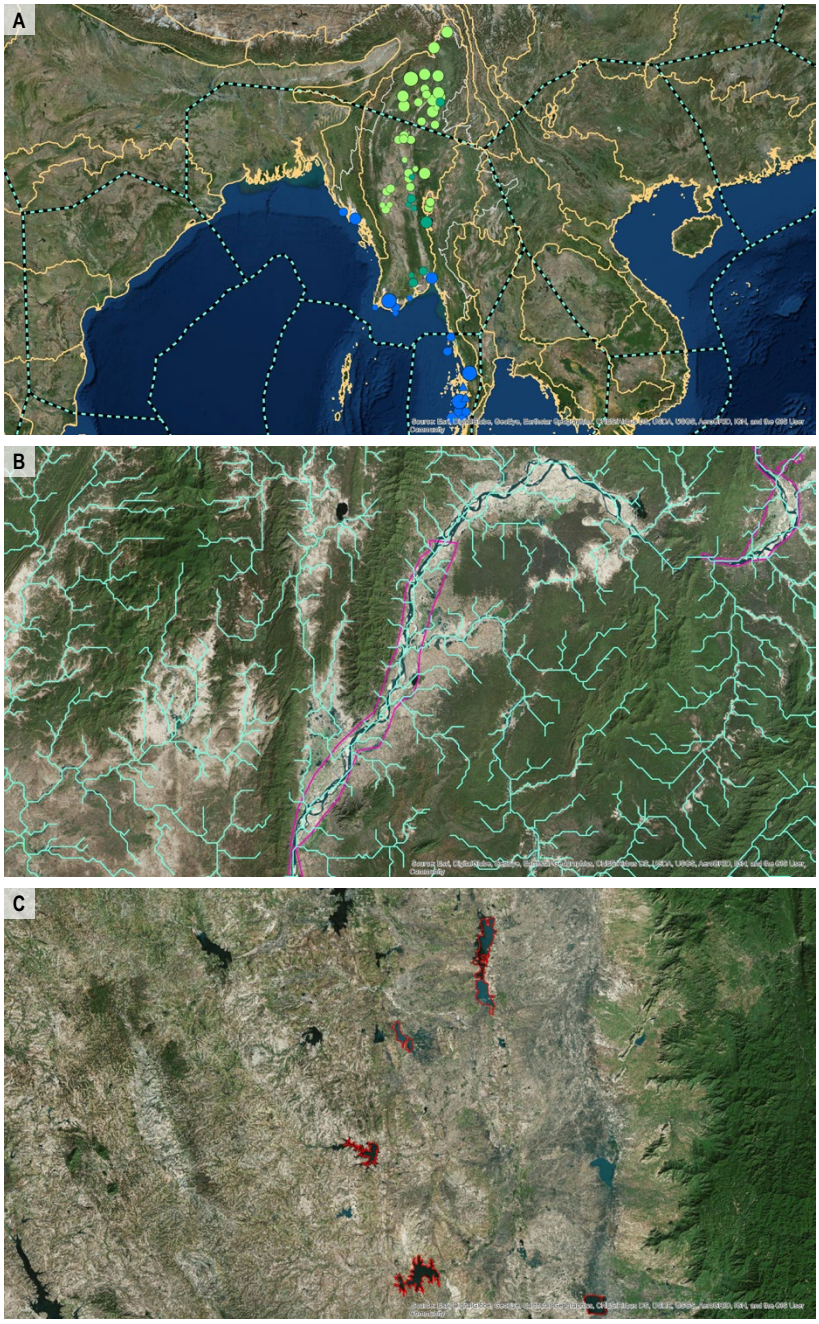


Figure 9
Trois exemples de produits préliminaires de l'inventaire des zones humides du Myanmar.
A). Emplacement et taille des zones humides actuelles et potentielles d'importance internationale (vert = continentales ; bleu = côtières ; compilées de multiples sources) surimposées avec les écorégions d'eau marine (lignes pointillés bleues) et d'eau douce (lignes jaunes). À noter l'absence de toute zone humide continentale importante identifiée à l'est du Myanmar ;
B). Partie du réseau fluvial du Myanmar, avec les sources des rivières identifiées par de précédents inventaires des sites présentées sous forme de polygones rouges ;
C). Une région de lacs du Myanmar, avec les lacs identifiés dans des inventaires précédents présentés sous forme de polygones rouges. © *Myanmar-Norway wetland wise use project.*

Étude de cas 6

L'observation de la Terre pour la cartographie des tourbières tropicales

La présente étude de cas est un exemple de meilleure pratique pour une approche au niveau national de la cartographie de l'étendue des tourbières tropicales et de la profondeur de la tourbe, fondée sur l'observation de la Terre. L'approche décrite ici a été choisie comme la meilleure méthode de mesure de l'étendue et de la profondeur de la tourbe en Indonésie, dans le cadre de l'Indonesian Peat Prize (Prix indonésien des tourbières) et a été élaborée en appui direct à la One Map Policy (Politique de la carte unique) du Gouvernement indonésien.

Contexte et caractéristiques écologiques

La tourbe se caractérise par des couches denses et humides de matière organique morte et partiellement décomposée qui s'accumulent sur des milliers d'années. On en trouve dans de nombreux écosystèmes tropicaux, mais l'Indonésie abrite les plus grandes forêts marécageuses de tourbières au monde. Les tourbières tropicales stockent de vastes quantités de carbone : on estime actuellement qu'elles couvrent une superficie de l'ordre de 39 à 66 millions d'hectares et constituent un puits de carbone total de 82 à 92 gigatonnes (Gt) qui se trouve, à 65 %, en Indonésie (Page *et al.* 2011). Les tourbières sont souvent drainées pour l'agriculture et les plantations, ce qui entraîne une décomposition bactérienne de la tourbe et la rend très vulnérable aux incendies (Jaenicke *et al.*, 2008). Les écosystèmes naturels de tourbières ont de très nombreuses fonctions écologiques et hydrologiques

telles que la rétention de l'eau, la régulation des crues, la protection contre les intrusions d'eau de mer, le stockage du carbone, le soutien d'un niveau élevé d'endémisme et ce sont des refuges pour des espèces en danger (Page & Rieley, 1998). Les tourbières sont d'importance mondiale et figurent dans le Système de classification Ramsar des types de zones humides comme tourbières non boisées et tourbières boisées (La Convention de Ramsar sur les zones humides, 2012).

Pressions et menaces

De nombreuses tourbières sont encore à l'état naturel mais beaucoup d'autres ont été drainées et dégradées. Ces perturbations réduisent considérablement les capacités des tourbières de stocker ou de piéger du carbone et entraînent l'émission de vastes volumes de gaz à effet de serre (GES). Lorsqu'elle brûle ou se décompose, la tourbe est une source principale d'émission de GES (Page *et al.*, 2002 ; Ballhorn *et al.*, 2011 ; Hooijer *et al.*, 2012 ; Jauhiainen *et al.*, 2012). On estime qu'en 2015, les tourbières ont été à l'origine de 42 % des émissions totales de l'Indonésie ; des émissions d'environ 1,62 milliard de tonnes métriques de GES ont été libérées par les incendies de forêts et de tourbières, et le coût total pour l'économie indonésienne a été estimé à 16 milliards d'USD[11]. Compte tenu de leur grande sensibilité aux perturbations et des énormes quantités de carbone qu'elles stockent, des émissions très élevées peuvent se produire à partir de très petits sites. Mais cela signifie aussi que la conservation et la restauration des tourbières peuvent être des mesures très efficaces d'adaptation aux changements climatiques et d'atténuation de ces changements même dans de très petites zones de tourbières.

Besoins en informations

Il y a peu d'informations sur l'emplacement, l'étendue et l'état des tourbières et celles dont on dispose sont fragmentaires, fondées sur différentes approches de cartographie. En outre, les données sur la profondeur de la tourbe sont rares alors même qu'il s'agit d'une variable essentielle permettant de déterminer l'effet des perturbations par le drainage et les incendies. L'incertitude qui règne autour des données et de l'information sur les tourbières, en particulier la profondeur de la tourbe, a freiné les mesures de protection et de restauration des tourbières d'Indonésie, entraînant souvent le drainage et des feux de tourbe. L'« Indonesian Peat Prize » a donc été créé par la Geospatial Information Agency (Agence d'information géospatiale) en réponse à l'absence de données précises et actualisées sur les tourbières d'Indonésie (Indonesian Peat Prize). La Geospatial Information Agency lancera un processus de normalisation en assurant une régulation de la cartographie des tourbières en appui à la politique « One Map Policy » du Gouvernement indonésien. Cet effort traitera également les besoins d'informations en matière de rapport sur les ODD (ODD 6.6.1, qui comprend les tourbières), le programme REDD+ de la CCNUCC concernant les rapports sur les émissions nationales de GES, ainsi que les Contributions déterminées au niveau national de l'Indonésie concernant la restauration des tourbières.

Approche d'observation de la Terre

La plupart des tourbières tropicales sont difficiles d'accès de sorte que la cartographie des tourbières sur le terrain pose des difficultés considérables à l'échelon régional, national et mondial (Ballhorn *et al.* 2011 ; Jaenicke *et al.* 2008). Une combinaison de mesures sur le terrain et de télédétection peuvent fournir des produits cartographiques de l'étendue et de la profondeur des tourbières avec un équilibre optimal entre la couverture complète, la précision raisonnable et les incertitudes quantifiables (Lawson *et al.* 2014).

La présence de tourbe ne peut pas être évaluée directement par télédétection mais différentes caractéristiques détectées donnent une bonne indication de la présence de tourbières. Quatre éléments clés distinguant les tourbières tropicales des forêts sèches environnantes, détectables avec l'aide de données de télédétection aérienne ou spatiale, ont été identifiés (Lawson *et al.* 2014) :

- faible diversité de la végétation ;
- structure distinctive de la végétation ;
- élévation/topographie distinctive ; et
- nappe phréatique élevée.

Aucune de ces quatre caractéristiques essentielles ne peut à elle seule suffire pour identifier de manière définitive des zones de tourbières mais l'association de deux d'entre elles ou plus permet une identification beaucoup plus claire (Draper *et al.* 2014). En se fondant sur les six principes sous-jacents que sont la précision, l'accessibilité financière, la rapidité, la simplicité, le caractère évolutif et le caractère ajustable, une approche multi-étapes a été mise au point en utilisant des méthodes multiples de télédétection, y compris des instruments passifs et actifs et des ensembles de données *in situ*. Le cadre méthodologique final a été conçu de manière à ce que tous les ensembles de données entrés soient évolutifs et ajustables à des besoins de cartographie spécifiques. La figure 10 montre le flux des tâches du cadre méthodologique proposé.

---

11 Voir : https://www.wri.org/news/2018/02/release-indonesian-peat-prize-announces-winner-1-million-international-peatmapping.

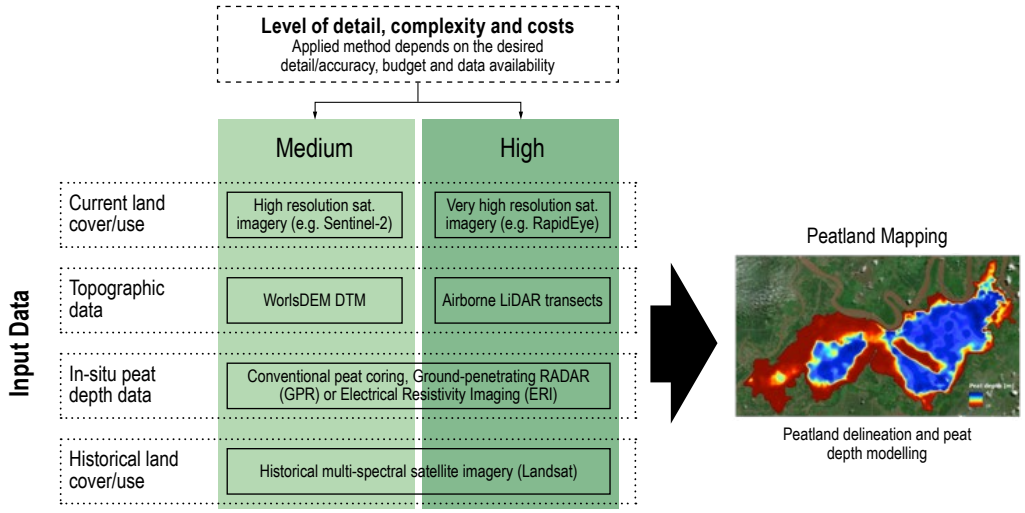


Figure 10
Cadre méthodologique. L'approche compte deux phases : collecte et traitement des données entrées (à gauche : couverture/occupation des sols actuelle, données d'élévation topographique, données sur la profondeur de la tourbe in situ et couverture/ occupation des sols historique) qui sont ensuite intégrées dans la cartographie de la tourbière, y compris sa délimitation et le modelage de la profondeur de la tourbe. Une augmentation des détails et de la précision ainsi qu'une diminution de l'incertitude entraînent une augmentation des coûts et de la complexité méthodologique.

L'imagerie satellitaire optique de moyenne à très haute résolution est la principale source de données pour la cartographie de la couverture et de l'occupation des sols. Les données Landsat sont utilisées pour l'évaluation historique mais, pour l'évaluation de la couverture des sols actuelle, on utilise des données de plus haute résolution spatiale issues de capteurs de nouvelle génération (par exemple, Sentinel-2, RapidEye ou d'autres données à très haute résolution selon le niveau de détail requis). La profondeur de la tourbe est modélisée à partir de la description de la tourbière, des données d'élévation topographique, des données sur la profondeur de la tourbe *in situ* et de l'interpolation spatiale. La méthode suit des hypothèses pour les tourbières ombrogènes typiques en forme de dôme :

1. Les tourbières en forme de dôme tendent à avoir une intersection biconvexe résultant de leur formation dans des dépressions du paysage, plus ou moins en forme de cuvette, ainsi que des taux différents d'accumulation de la tourbe dans le centre du dôme et sur les marges (Rieley & Page, 2005).
2. La profondeur de la tourbe le long des marges du dôme de tourbe est de 0,5 m (Jaenicke *et al.* 2008). En outre, 0,5 m est l'épaisseur minimale utilisée dans le système indonésien de classification de la tourbe (Radjagukguk, 1997 ; Rieley & Page 2005).

D'après ces hypothèses, la combinaison de l'élévation topographique et des données de profondeur de la tourbe *in situ* permet de modéliser la profondeur de la tourbe en utilisant différentes approches d'interpolation. Un outil a été élaboré dans un progiciel statistique « open-source » R, intégrant différentes approches d'interpolation parmi lesquelles choisir. Le script gratuit est facile à utiliser car il ne nécessite que la description de la tourbière, les données d'élévation topographique télédétectées et les mesures *in situ* de la profondeur de la tourbe pour dériver un modèle de la profondeur de la tourbe facile à utiliser et contre-validé.

Ressources pour les utilisateurs

On peut trouver des informations sur l'Indonesian Peat Prize et la méthodologie choisie sur le site web officiel[12]. La cartographie de classification et de changement de la couverture et de l'occupation des sols fondée sur l'observation de la Terre est soutenue par une vaste gamme de logiciels libres et propriétaires. Les politiques sur l'accès libre et gratuit aux données de Landsat[13] ou Sentinel[14] permettent des évaluations de la couverture des sols gratuites. Des données à résolution plus élevée et de faible coût telles que RapidEye[15] peuvent être utilisées pour des petites tourbières qui nécessitent des évaluations à plus haute résolution. Concernant les données topographiques, la méthodologie présentée a utilisé le modèle numérique de terrain (MNT) WorldDEM[16], car il a le meilleur rapport coût-efficacité pour l'approche de cartographie des tourbières qui a été élaborée. Le script R d'interpolation de la profondeur de la tourbe et le rapport final de la méthodologie seront disponibles en ligne très prochainement. Pour une vue d'ensemble des données mondiales, la Global Wetlands Map du CIFOR est une initiative de collecte et partage de l'information sur les tourbières tropicales de manière visuelle, où les utilisateurs peuvent accéder aux données et apporter leurs propres données[17].

12 Voir : http://indonesianpeatprize.com/.
13 Voir : https://landsat.usgs.gov/.
14 Voir : https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home.
15 Voir : https://www.planet.com/.
16 Voir : http://www.intelligence-airbusds.com/worlddem/.
17 Voir : http://www.cifor.org/global-wetlands/.

Avantages et limites

Les données spatiales nationales complètes et fiables sur les tourbières sont souvent rares et dispersées entre différentes autorités nationales (par exemple, ministères de l'agriculture et des forêts, etc.). Même si l'on ne peut évaluer directement la présence de la tourbe par télédétection, différentes caractéristiques détectées sont utilisées pour cartographier les tourbières. La gamme disponible de données d'observation de la Terre a permis l'élaboration d'une méthodologie efficace pour cartographier l'étendue des tourbières et pour quantifier la tourbe au niveau national. Cette méthode peut combler les lacunes existantes dans l'information par une cartographie et un suivi périodique des tourbières à l'échelle locale, régionale et nationale. Comme pour toutes les approches fondées sur l'observation de la Terre, il convient de recueillir des données sur le terrain adéquates pour valider les cartes dérivées, ce qui est souvent difficile du point de vue de l'accès et du coût.

Lorsque cette approche deviendra une norme dans la réglementation indonésienne sur la cartographie nationale des tourbières, elle permettra une évaluation plus cohérente et une comparaison de l'information sur les tourbières. L'approche de cartographie des tourbières fondée sur l'observation de la Terre peut soutenir les besoins de rapport dans le contexte des indicateurs ODD, de la REDD+ de la CCNUCC et des Contributions déterminées au niveau national de l'Indonésie en ce qui concerne la restauration des tourbières.

Limites actuelles et perspectives

L'utilisation de l'observation de la Terre pour obtenir régulièrement des informations sur les zones humides a connu des limites : le coût de la technologie ; la capacité technique nécessaire à l'utilisation des données ; le fait que les données disponibles ne soient pas adaptées à certaines applications de base (en particulier du point de vue de la résolution spatiale) ; l'absence de méthodes et de lignes directrices sur l'utilisation de la technologie qui soient claires, robustes, efficaces et axées sur l'utilisateur ; et l'absence de recueil solide d'études de cas sur des projets réussis pouvant former la base d'activités opérationnelles. Parmi les autres obstacles au développement et à l'utilisation opérationnelle de l'observation de la Terre pour le suivi des zones humides indiqués fréquemment, il y a : des politiques restrictives d'accès aux données ; des difficultés à trouver les ensembles de données pertinents et à y accéder ; le manque de normalisation ; le manque de produits adaptés ; la fréquence insuffisante des observations pour repérer les changements dans les zones humides aux échelles appropriées ; la nécessité de mener des observations continues à long terme ; et l'insuffisance des programmes de formation pour renforcer les capacités nationales.

Ce domaine a beaucoup changé depuis 15 ans avec l'émergence de politiques d'accès libre et gratuit à des données par satellite financées par les pouvoirs publics (comme la décision du Gouvernement des États-Unis, en 2008, de donner un accès libre et gratuit à toutes les archives Landsat) et de nouvelles générations de satellites d'observation de la Terre dotés d'une résolution spatiale et chronologique accrue (comme les Sentinels du programme européen Copernicus), ce qui a eu pour effet d'élargir les archives de données mondiales adaptées aux applications pour l'environnement et de les rendre de plus en plus complètes.

Il reste, cependant, un certain nombre de difficultés qui doivent être résolues pour profiter pleinement de toute cette évolution. L'utilisation efficace de l'observation de la Terre dans un contexte opérationnel pourrait être améliorée par les moyens suivants :

- renforcement de la coopération entre les écologistes, les hydrologistes et les experts de la télédétection concernant l'application de programmes d'inventaire et d'évaluation des zones humides ;
- élaboration de lignes directrices et de protocoles plus systématiques et plus cohérents pour les processus de cartographie des zones humides ; et
- mise en œuvre d'une quantification systématique des incertitudes afin d'évaluer plus précisément la fiabilité des produits issus de l'observation de la Terre.

Malgré les difficultés, la recherche et le développement de grande ampleur donnent naissance à de nouvelles approches et à de nouveaux outils, augmentant le potentiel de production des informations nécessaires aux Parties contractantes à la Convention de Ramsar. L'ouverture des archives de données et l'adoption par les fournisseurs de données de politiques de plus en plus ouvertes, de même que les progrès de la technologie de l'information et de la communication signifient que les obstacles à l'accès aux données et à l'analyse de vastes ensembles de données ne cessent de s'estomper. L'accès à l'informatique en nuage et les capacités de stockage ainsi que l'élaboration d'outils d'analyse de données massives rendent plus faciles l'accès et l'analyse d'ensembles de données de l'observation de la Terre. En outre, les agences spatiales ont récemment priorisé l'amélioration de l'accès pour les utilisateurs potentiels en fournissant des données prêtes pour l'analyse, ce qui ouvre l'utilisation de l'observation de la Terre à un plus vaste public qu'auparavant, diminuant la capacité technique nécessaire pour extraire au moins des informations de base de ces données.

Il importe de s'atteler à plusieurs priorités de recherche en matière d'observation de la Terre, notamment l'élaboration d'approches solides et scientifiquement avisées pour : l'inventaire des zones humides ; la discrimination des zones humides au sein de régions inondées ; la cartographie des zones inondées couvertes de végétation dense ; la distinction entre la variabilité hydrologique naturelle et les tendances à long terme ; la cartographie adéquate des habitats de zones humides « difficiles » comme les prairies humides ; l'évaluation de l'intensité d'utilisation des zones humides ; et l'évaluation de la valeur des archives satellitaires historiques pour la conduite d'études rétrospectives sur les changements dans les zones humides.

Il importe de disposer de lignes directrices pour l'utilisation, dans un contexte national, d'ensembles de données mondiaux émergents comme le Global Mangrove Watch de JAXA et le Global Surface Water Explorer de JRC, et l'intégration d'évaluations sur le terrain et de la validation pour compléter l'utilisation des données d'observation de la Terre, afin d'éviter une interprétation erronée à l'échelle locale.

Conclusions

Outre la fourniture d'informations directement applicables à la gestion des zones humides, l'observation de la Terre peut soutenir les rapports nationaux des Parties contractantes à la Convention de Ramsar et l'application du quatrième Plan stratégique Ramsar 2016-2024, ainsi que les rapports au titre des ODD et des Contributions déterminées au niveau national. Les données d'observation de la Terre peuvent servir à l'inventaire, à l'évaluation et au suivi des zones humides, d'autant plus que ces dernières années il y a eu une augmentation spectaculaire de la disponibilité et de l'accessibilité d'ensembles de données adaptés. L'observation de la Terre peut, en particulier, fournir des géo-informations normalisées et comparables sur les tendances et l'état des caractéristiques écologiques des zones humides.

L'observation de la Terre est un moyen efficace d'assurer une cartographie et un suivi périodiques à l'échelle nationale, régionale et mondiale et de le faire de manière uniforme puisque l'on utilise le même type de données et d'algorithmes de classification pour toutes les régions et à plusieurs époques. La comparaison de l'étendue entre différents pays et régions et l'analyse des tendances dans le temps sont donc plus cohérentes que si l'on comparait des données obtenues de différentes sources.

Il ne faut cependant pas s'attendre à ce que des ensembles de données mondiaux puissent avoir partout le même niveau élevé de précision car les cartes à échelle locale sont obtenues par des études sur le terrain et l'utilisation de données géospatiales à résolution plus fine (relevés aériens, drones). Un exercice de cartographie à l'échelle mondiale, utilisant des données et des méthodes cohérentes, suppose généralement un compromis par rapport à la précision de l'échelle locale.

La cartographie de la couverture et de l'occupation des sols est une des utilisations les plus communes des données d'observation de la Terre, mais il reste des difficultés en matière d'évaluation de l'état actuel et des changements que connaissent les zones humides avec le temps. Le suivi des tendances historiques et de l'évolution des zones humides est compliqué par l'absence de données de moyenne à haute résolution, en particulier avant l'an 2000.

Les données d'observation de la Terre ont un avantage unique : elles permettent d'analyser de manière homogène, avec la même méthode, un grand nombre de zones humides ou même des régions plus vastes comprenant de nombreuses zones humides. Les évaluations des zones humides peuvent intéresser les Parties contractantes à l'échelle nationale ou dans le cadre d'accords supranationaux, à l'échelle régionale ou continentale.

Un grand nombre d'obstacles techniques qui limitaient autrefois l'utilisation des données d'observation de la Terre ont été aplanis ou surmontés. Les politiques relatives à l'accès ouvert aux données rendent celles-ci plus accessibles et l'élaboration de boîtes à outils « open-source » et d'accès libre réduisent les coûts de licence pour les logiciels. Ces changements ont entraîné l'évolution rapide de méthodes et d'approches de traitement automatisées. La disponibilité croissante d'installations informatiques en nuage a permis d'exploiter plus facilement les archives de données d'observation de la Terre pour évaluer les changements passés et établir des références.

Un inventaire mondial des zones humides ou un système de suivi unique, à grande échelle, des zones humides, qui permettrait des évaluations à la fois de l'état actuel et des changements à long terme dans les zones humides n'est pas encore d'actualité mais différents ensembles de données mondiaux, à haute résolution, qui documentent l'étendue et les changements de types spécifiques de zones humides, ont récemment été mis à la disposition du public.

La multiplication des efforts collaboratifs entre différents domaines (observation de la Terre, écologie et conservation, entre autres) et différents secteurs (science, gouvernance/politique, gestion et industrie, entre autres) garantissent une exploitation continue des données et des progrès d'observation de la Terre dans les sciences des zones humides ainsi qu'une disponibilité et un accès accrus aux données et aux connaissances fondées sur l'observation de la Terre.

References

- Abell, R., Thieme, M.L. Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Contreras Balderas, S, Bussing, W., Stiassny, M.L.J., Skelton, P., Allen, G.R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J.V., Heibel, T.J.,Wikramanayake, E., Olson, D., López, H.L., Reis, R.E., Lundberg, M.H., Pérez, S. & Petry, P. (2008). Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58, 403-414.
- AQUASTAT. (2005). *Ghana*. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/GHA/ (Accessed 21 August 2018).
- Ballhorn U., Jubanski J. & Siegert, F. (2011). ICESat/GLAS Data as a measurement tool for peatland topography and peat swamp forest biomass in Kalimantan, Indonesia. *Remote Sens.*, 3(9), 1957-1982. Available at: https://doi.org/10.3390/rs3091957.
- Bioresita, F., Puissant, A., Stumpf, A. & Malet, J.-P. (2018). A Method for Automatic and Rapid Mapping of Water Surfaces from Sentinel-1 Imagery. *Remote Sens.*, 10, 217.
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R., Rebelo, L.-M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M. & Finlayson, C.M. (2018). The Global Mangrove Watch – a new global baseline of mangrove extent. *Remote Sens.* [under review].
- CONABIO. *Manglares de Mexico*. http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/manglares.html. Accessed 18 January 2018.
- Commission Report (WRC) No.1801/2/11. Pretoria, South Africa: WRC, Available at: http://www.dwa.gov.za/nwrs/LinkClick.aspx?fileticket=mrEpasOoi54%3D&tabid=90&mid=49 .
- Convention on Biological Diversity. *Aichi Biodiversity Targets*. https://www.cbd.int/sp/targets/. Accessed 09 August 2018.
- Davidson, N.C. & Finlayson, C.M. (2007). Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems,* 17, 219-228.
- Deltares. Aqua Monitor. https://www.deltares.nl/en/software/aqua-monitor/. Accessed 10 August 2018.
- Draper, F.C., Roucoux, K.H., Lawson, I.T., Mitchard, E.T.A., Honorio Coronado, E.N., Lähteenoja, O., Torres Montenegro, L., Valderrama Sandoval, E., Zaráte, R. & Baker, T.R. (2014). The amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters*, 9 (12) 124017.
- Deltares. Aqua Monitor. https://www.deltares.nl/en/software/aqua-monitor/.Accessed 10 August 2018.
- ESA, 2018. Available at https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3/Facts_and_figures. Accessed 03 October 2018.
- ESA *Diversity II*. http://www.diversity2.info/. Accessed 10 August 2018.
- European Space Agency (ESAa). *Sentinel Online FAQ*. https://sentinel.esa.int/web/sentinel/faq. Accessed 21 August 2018.
- ESAb. *Lake Volta, Ghana*. https://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Lake_Volta_Ghana. Accessed 21 August 2018.
- Fernández-Prieto, D. & Finlayson, C.M. (eds.). (2009). The GlobWetland symposium: looking at wetlands from space. *Journal of Environmental Management* 90 (7), 2119-2286. Available at: https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-environmental-management/vol/90/issue/7.
- Fernández-Prietto, D., Arino, O., Borges, T., Davidson, N., Finlayson., M., Grassl, H., MacKay, H., Prigent., C., Pritchard, D. & Zalidis, G. (2006). *Summary and way forward*. In Lacoste, H. (ed.). Proceedings of the First International Symposium on GlobWetland: Looking at Wetlands from Space, Frascati, Italy, 19-20 October 2006. SP-634 November 2006. European Space Agency/ European Space Research Institute: Frascati, Italy. Available at: http://www.esa.int/esapub/conference/toc/tocSP634.pdf.
- Finlayson, C.M., Hollis, T. & Davis, T. (eds.). (1992). Managing Mediterranean wetlands and their birds: proceedings of a Symposium on Managing Mediterranean Wetlands and their Birds for the year 2000 and beyond, Grado, Italy, 6-9 February 1991. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (IWRB) Special Publication No. 20. Slimbridge, U.K.: IWRB. .
- Finlayson, C.M., Rosenqvist, A. & Lowry, J. (eds.) (2007). Special issue: Satellite-based radar – developing tools for wetlands management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17 (3), 219-329.
- Finlayson, C.M., Davidson, N.C., Spiers, A.G. & Stevenson, N.J. (1999). Global wetland inventory – current status and future priorities. *Marine & Freshwater Research* 50, 717-727. Available at: https://www.publish.csiro.au/mf/MF99098.
- Finlayson, C.M., Milton, R. Prentice, C. (2018). Wetland Types and Distribution. In Finlayson, C.M., Milton, R., Prentice, C. & Davidson, N.C. (eds.). *The Wetland Book II: Distribution, Description and Conservation*. Dordrecht, Netherlands: Springer Publishers.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). (2015). *Global Forest Resources Assessment*. Rome, Italy: FAO. ISBN 978-92-5-108826-5. Available at: http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2015/en/.
- Gardner, R. C., and Davidson, N. C. (2011). The Ramsar Convention. In Lepage, B.A. (ed.). *Wetlands: Integrating Multidisciplinary Concepts*. Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Gholizadeh, M. H., Melesse, A. M. & Reddi, L. (2016). A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques. *Sensors* 16(8), 1298. http://doi.org/10.3390/s16081298.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T.R., Masek, J. & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20 (1), 154-159. Available at: https://databasin.org/datasets/d214245ab4554bc1a1e7e7d9b45b9329.
- Global Mangrove Watch. https://www.globalmangrovewatch.org/. Accessed 10 August 2018.
- Global Reservoir and Lake Elevation Database. https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/PECADOnlineGlobalReservoirMonitorBackground.htm. Accessed 10 August 2018.
- Global Surface Water Explorer. https://global-surface-water.appspot.com/. Accessed 10 August 2018.
- GlobWetland Africa (GA-Wa). *About*. http://globwetland-africa.org/?page_id=7. Accessed 11 October 2018.
- GlobWetland Africa (GA-Wb). *GA-W Toolbox*. http://globwetland-africa.org/?page_id=13http://globwetland-africa.org/?page_id=13%20. Accessed 09 August 2018.
- GlobWetland Africa (GA-Wc). *Wetland habitat mapping: Lake Burullus*. http://globwetland-africa.org/wp-content/uploads/2017/02/Wetland-Habitat-Mapping.pdf. Accessed 09 August 2018.
- Gordon, C., & Amatekpor, J.A., (editors) 1999, The Sustainable Integrated Development of the Volta Basin in Ghana Volta Basin Research Project, Accra, 159p. https://www.researchgate.net/publication/266098574_The_Sustainable_Integrated_Development_of_the_Volta_Basin_of_Ghana_in_Ghana
- Group on Earth Observations (GEO). *GEO 2017-2019 Work Programme*. https://www.earthobservations.org/activity.php?id=122. Accessed 11 October 2018.
- Gyau-Boakye, P. (2001). *Environment, Development and Sustainability* 3, 17. https://doi.org/10.1023/A:1011402116047.
- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, extracting, and monitoring surface water from space using optical sensors: A review. *Reviews of Geophysics* 56, 333–360. https://doi.org/10.1029/2018RG000598.
- Indonesian Peat Prize. http://indonesianpeatprize.com. Accessed 05 September 2018.
- Instituto Humboldt. (2015). *Inventario de Humedales Continentales e Insulares de Colombia*. Cartografía vectorial. Proyecto Ecosistemas Estratégicos, Componente Humedales - Fondo Adaptación. Instituto de Investigación en recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Available at: http://geonetwork.humboldt.org.co/geonetwork/srv/spa/search?&uuid=385f5623-ac81-42b6-a000-35dd6f6203eb
- IUCN (2017). *Mangroves and REDD+: A new component of MFF*. Available at: https://www.iucn.org/news/asia/201711/mangroves-and-redd-new-component-mff. Accessed 04 October 2018.
- Jaenicke, J., Rieley, J.O., Mott, C., Kimman, P. & Siegert, F. (2008). Determination of the amount of carbon stored in Indonesian peatlands. *Geoderma* 147 (3-4), 51-158.
- Lawson, I.T., Kelly, T.J., Aplin, P., Boom, A., Dargie, G., Draper, F.C.H., Hassan, P.N.Z.B.P., Hoyos-Santillan, J., Kaduk, J., Large, D., Murphy, W., Page, S.E., Roucoux, K.H., Sjögersten, S., Tansey, K., Waldram, M., Wedeux, B.M.M. & Wheeler, J. (2014). Improving estimates of tropical peatland area, carbon storage, and greenhouse gas fluxes. *Wetlands Ecology and Management*. 23 (3), 327-346.
- Ledang, A.B. & Odermatt, D. (n.d.). Traces of eutrophication in Winam Gulf, Lake Victoria. Inland Waters Biodiversity Stories. ESA DUE Project Diversity

Glossaire[18]

Données prêtes pour l'analyse : Les données d'observation de la Terre qui ont été traitées selon un ensemble minimum d'exigences et organisées de manière à permettre une analyse immédiate, sans effort additionnel de l'utilisateur et sans interopérabilité avec d'autres ensembles de données chronologiques et spatiales.

Rapport au titre de l'Article 3.2 : selon l'Article 3.2 de la Convention, les Parties contractantes sont tenues de signaler au Secrétariat tout changement ou menace pour les caractéristiques écologiques de leurs Sites Ramsar et de répondre aux questions du Secrétariat lorsque de tels rapports émanent de tiers.

Changement dans les caractéristiques écologiques : fait référence à « une modification négative induite par l'homme de toute composante, de tout processus et/ou de tout avantage/service associé aux écosystèmes » (Voir aussi Résolution IX.1, Annexe A)

Parties contractantes : pays qui sont des États membres de la Convention de Ramsar sur les zones humides, 169 en janvier 2016. Peut devenir Partie contractante à la Convention tout membre de l'Organisation des Nations Unies, de l'une de ses institutions spécialisées, ou de l'Agence internationale de l'énergie atomique, ou toute Partie au statut de la Cour internationale de Justice.

Caractéristiques écologiques : « combinaison des composantes, des processus et des avantages/ services écosystémiques qui caractérisent la zone humide à un moment donné » (la dernière définition se trouve dans la Résolution IX.1 Annexe A).

Observation de la Terre : l'expression « observation de la Terre » est de plus en plus utilisée en référence au recueil d'informations sur les systèmes physiques, chimiques et biologiques de la planète à l'aide de toute une gamme d'approches et de différents types d'observation (par exemple, sur le terrain, par des capteurs aériens ou par des satellites environnementaux) (Mayer *et al*. 2018). Dans ce rapport, l'observation de la Terre concerne l'acquisition de données par l'utilisation de la télédétection par satellite.

Services écosystémiques : ce sont « les avantages que l'homme obtient des écosystèmes, notamment les services d'approvisionnement, de régulation et culturels » (Évaluation des écosystèmes en début de Millénaire, 2005).

Fonctions des zones humides : activités ou actions qui se produisent naturellement dans les zones humides du fait des interactions entre la structure et les processus de l'écosystème. Les fonctions sont notamment la maîtrise des eaux de crue, la rétention des matières nutritives, des sédiments et des polluants ; l'entretien de la chaîne trophique ; la stabilisation des littoraux et le contrôle de l'érosion ; la protection contre les tempêtes et la stabilisation des conditions climatiques locales, notamment les pluies et la température (comme adopté dans la Résolution VI.1).

Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) : partenariat intergouvernemental bénévole de plus de 100 gouvernements membres (y compris la Commission européenne) et plus de 100 organisations participantes pour encourager une production et une utilisation ouvertes et collaboratives des données d'observation de la Terre en appui à la prise de décisions au niveau mondial (GEO).

GEO Wetlands Initiative : fait partie du Programme de travail GEO pour 2017-2019 et fournit un cadre à la coopération, au développement et à la communication dans le domaine de l'observation de la Terre pour les zones humides. Le Secrétariat de la Convention de Ramsar est un des codirigeants de cette initiative avec Wetlands International et l'Université de Bonn. GEO-Wetlands offre une communauté de pratique en tant que plateforme pour la coopération et l'échange de connaissances ; il sert donc de cadre de développement en collaboration pour le Système mondial d'observation des zones humides (GWOS) (GEO).

GlobWetland Africa (GW-A) : est un grand projet d'application de l'observation de la Terre lancé pour faciliter l'exploitation des observations par satellite pour la conservation, l'utilisation rationnelle et la gestion effective des zones humides en Afrique et pour fournir aux parties prenantes africaines les méthodes et outils d'observation de la Terre nécessaires afin qu'elles puissent mieux remplir leurs engagements et obligations envers la Convention de Ramsar sur les zones humides. GW-A est financé par l'Agence spatiale européenne.

Global Mangrove Watch (GMW) : est une initiative internationale menée par l'Agence d'exploration aérospatiale japonaise (JAXA) en collaboration avec la Convention de Ramsar, Wetlands International, le PNUE-WCMC et les universités de Nouvelle-Galles du Sud (Australie) et d'Aberystwyth (Royaume-Uni). Le GMW a pour objectif de fournir des cartes annuelles sur les changements dans l'étendue mondiale des mangroves en utilisant les radars satellites japonais JERS-1, ALOS et ALOS-2 (Lucas *et al*. 2014).

Praticiens : le terme s'applique notamment aux administrateurs des zones humides et aux parties prenantes, mais aussi à tous ceux qui travaillent dans des domaines

18 Les définitions figurant dans le présent glossaire sont essentiellement tirées du Manuel 1 Ramsar (5e édition), sauf indication contraire.

connexes tels que les administrateurs d'aires protégées et le personnel de centres d'éducation aux zones humides (comme défini dans la Résolution XII.5).

Critères Ramsar : cités afin de déterminer l'importance internationale ; et une gamme de données additionnelles sur les valeurs hydrologiques, la flore et la faune, les modes d'occupation des sols, les facteurs socioculturels, les mesures de conservation et les menaces potentielles, par exemple – ont été approuvées par la Conférence des Parties en 1990 (Recommandation 4.7) et mises à jour régulièrement depuis. L'information présentée dans les Fiches descriptives est ajoutée à la base de données des Sites Ramsar (§4.3.3) et sert au suivi et à l'analyse des caractéristiques écologiques des sites, ainsi qu'à l'évaluation de l'état et des tendances des zones humides au niveau régional et mondial. La nouvelle FDR adoptée à la COP11 dans la Résolution XI.8 (Annexe 2), Cadre stratégique et lignes directrices pour orienter l'évolution de la Liste des zones humides d'importance internationale de la Convention sur le zones humides (Ramsar, Iran, 1971) – révision 2012, peut être consultée à l'adresse : https://rsis.ramsar.org/.

Fiche descriptive Ramsar (FDR) : permet aux Parties contractantes de présenter l'information sur les sites inscrits sur la Liste des zones humides, et de tenir la Liste à jour. Les données à fournir dans la Fiche descriptive sont des données factuelles sur la superficie, l'altitude, le type de zone humide, la localisation, le statut juridique, entre autres.

Données à jour de la Fiche descriptive Ramsar : Dans la Résolution VI.13 (1996), les Parties ont demandé que les FDR de tous les Sites Ramsar soient mises à jour et communiquées à nouveau au Secrétariat tous les six ans au moins, afin que les informations de la base de données des Sites Ramsar mises à la disposition du public soient relativement actualisées et puissent servir d'instrument de gestion permettant de détecter et d'exercer le suivi des changements dans les sites, au fil du temps.

Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) : organe subsidiaire de la Convention créé en 1993 et chargé de fournir des avis scientifiques et techniques à la Conférence des Parties, au Comité permanent et au Secrétariat. Le Groupe se compose de 18 membres qui ont des connaissances scientifiques et techniques appropriées, plus des observateurs représentant les organisations internationales partenaires et des experts scientifiques et techniques recommandés par les Parties contractantes et d'autres organisations reconnues par la COP.

Service d'observation des zones humides par satellite (SWOS) : il s'agit d'un projet Horizon 2020 financé par la Commission européenne, pour aider les praticiens des zones humides à surveiller les zones humides et à faire rapport sur leurs obligations en matière d'application des politiques environnementales à différentes échelles (SWOSa).

Boîte à outils : fait référence à une bibliothèque de flux de tâches adaptées pour importer, traiter et analyser les données optiques et radar d'observation de la Terre en appui à la gestion des zones humides.

Valeurs des zones humides : les avantages, directs ou indirects, perçus pour la société qui résultent des fonctions des zones humides. Ces valeurs comprennent le bien-être de l'homme, la qualité de l'environnement et la survie des espèces sauvages (comme adopté dans la Résolution VI.1).

Évaluation des zones humides : identification de l'état des zones humides et des menaces pesant sur elles dans le but de rassembler des informations plus spécifiques par le biais d'activités de suivi.

Inventaire des zones humides : collecte et/ou compilation de données de base pour la gestion des zones humides, comprenant une base d'information pour des activités spécifiques d'évaluation et de suivi.

Suivi des zones humides : collecte d'informations spécifiques à des fins de gestion, en réaction à des hypothèses tirées des activités d'évaluation, et utilisation de ces résultats de suivi pour mettre en œuvre la gestion. La collecte d'informations sur les séries chronologiques qui n'est pas motivée par des hypothèses issues de l'évaluation des zones humides devrait être appelée « surveillance continue » plutôt que suivi, comme c'est le cas dans la Résolution VI.1.

Utilisation rationnelle des zones humides : fait référence au « maintien de leurs caractéristiques écologiques obtenu par la mise en œuvre d'approches par écosystème dans le contexte du développement durable » (Voir la dernière définition dans la Résolution IX.1 Annexe A, 2005). La première définition, en 1987 était la suivante : « leur utilisation durable au bénéfice de l'humanité, d'une manière qui soit compatible avec le maintien des propriétés naturelles de l'écosystème » (Recommandation 3.3).

Flux des tâches : fait référence au traitement des données, étape par étape.