

Mesurer la variation de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau

Objectif de développement durable

Méthode de suivi

Indicateur 6.6.1

La présente méthode a été mise à jour en mars 2020 et remplace la version publiée en novembre 2018. La mise à jour a été effectuée afin d'inclure des informations supplémentaires dans les sections d'introduction et de contexte. D'autres informations supplémentaires ont également été ajoutées dans plusieurs des sections concernant les sous-indicateurs afin d'améliorer la compréhension du processus pour la production des données sur les sous-indicateurs à partir d'observations de la Terre par satellite.

Introduction

L'eau douce, en quantité et qualité suffisantes, est essentielle pour tous les aspects de la vie et fondamentale pour le développement durable. Les écosystèmes tributaires de l'eau – notamment les lacs, les cours d'eau, les zones humides et les nappes souterraines – fournissent de l'eau et de la nourriture à des milliards de personnes, offrent des habitats uniques à de nombreux animaux et plantes et nous protègent contre les sécheresses et les inondations. Si les écosystèmes tributaires de l'eau contiennent moins de 1 % de la quantité totale d'eau sur la Terre, ces écosystèmes abritent une diversité exceptionnelle, hébergeant 40 % de l'ensemble des espèces végétales et animales, le nombre d'espèces de poissons y étant supérieur à celui trouvé dans les océans du monde entier (Reid *et al.*, 2019).

Les écosystèmes tributaires de l'eau possèdent des valeurs biologiques, sociales, éducatives et économiques énormes. Ils entretiennent le cycle hydrologique mondial, le cycle du carbone et les cycles des éléments nutritifs. Ils fournissent de l'eau douce naturellement purifiée et régulent les débits ainsi que les conditions extrêmes. Les biens et les services provenant de ces écosystèmes couvrent le large éventail du développement durable et soutiennent les activités de l'ensemble du secteur, notamment l'eau de boisson, l'agriculture, l'emploi, la production d'énergie, la navigation, les loisirs et le tourisme. La protection ou la restauration des écosystèmes tributaires de l'eau, comme les zones humides, les forêts de mangroves le long des zones côtières et les plaines inondables naturelles dans les cours d'eau, constitue une approche importante d'atténuation fondée sur la nature, étant donné que ces écosystèmes jouent le rôle de puits de carbone absorbant les émissions de gaz à effet de serre (ONU-Eau, 2019). Les zones humides et les tourbières représentent une importante ressource inexploitée pour l'atténuation. Les tourbières ne couvrent qu'environ 3 % de la surface terrestre mondiale mais stockent au moins deux fois plus de carbone que l'ensemble des forêts de la planète, tandis que les sols des mangroves contiennent plus de 6 milliards de tonnes de carbone et peuvent séquestrer jusqu'à 3 ou 4 fois plus de carbone que leurs équivalents terrestres (UICN, 2017).

Des écosystèmes tributaires de l'eau qui fonctionnent correctement et la gestion adéquate des ressources en eau contribuent à la réalisation de l'ensemble des 17 objectifs de développement durable (ODD). Toutefois, un problème important auquel on se heurte dans la protection et la restauration efficaces des écosystèmes tributaires de l'eau réside dans le fait que la gestion de ces systèmes est souvent axée sur l'approvisionnement en eau uniquement pour des utilisations humaines et productives, ne prenant pas assez en considération le respect de l'intégrité des fonctions écologiques et de la biodiversité des espèces qui s'y trouvent. Une conséquence a été le sacrifice d'organismes vivant dans les eaux douces, pouvant au bout du compte également aboutir à la destruction des écosystèmes nécessaires pour soutenir les objectifs précités. C'est dans les écosystèmes d'eau douce que la crise de la biodiversité est la plus grave (Albert *et al.*, 2020). Les zones humides disparaissent à un rythme trois fois supérieur à celui des forêts. Selon les estimations, les zones humides ont subi une perte de 87 % de leur superficie mondiale au cours des trois derniers siècles et de plus de 50 % depuis 1900 (Gardner *et al.*, 2018).

Les menaces qui pèsent sur les écosystèmes tributaires de l'eau (modification des débits, perte de connectivité, pollution, dégradation et perte des habitats, surexploitation des espèces) sont causées par des activités humaines en lien avec l'agriculture, la production d'électricité, l'urbanisation, l'industrie, l'exploitation minière, la gestion des inondations et l'approvisionnement en eau domestique.

Les décideurs devraient utiliser toutes les informations à leur disposition leur permettant de mieux comprendre les menaces pesant sur les écosystèmes tributaires de l'eau et mettre en œuvre des mesures appropriées d'atténuation des menaces. L'indicateur 6.6.1 relatif aux objectifs de développement durable vise à suivre les variations des différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau afin d'éclairer les décideurs sur la manière dont il convient de les protéger et de les restaurer (cible 6.6 des ODD), de sorte que les populations et la planète puissent continuer à en tirer bénéfice.

Les données relatives aux indicateurs sont destinées à appuyer tous les processus décisionnels de l'ensemble du secteur pouvant avoir une incidence sur la quantité, la qualité et, au bout du compte, la santé écologique de l'eau douce se trouvant dans les lacs, les réservoirs, les zones humides, les mangroves, les cours d'eau et les nappes souterraines.

Table des matières

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | ÉCOSYSTÈMES TRIBUTAIRES DE L'EAU | 6 |
| 1.1 | Que sont les écosystèmes tributaires de l'eau ? | 6 |
| 1.2 | Pourquoi les écosystèmes tributaires de l'eau sont-ils importants pour le développement durable ? | 6 |
| 1.3 | Les écosystèmes tributaires de l'eau dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 | 7 |
| 2 | SUIVI ET RAPPORTS CONCERNANT L'INDICATEUR 6.6.1 | 8 |
| 2.1 | Flux de données et établissement de rapports mondiaux | 8 |
| 2.2 | Élaborer, tester, ajuster – l'évolution de la méthode de suivi de l'indicateur | 8 |
| 2.3 | Utilisation de données géospatiales à l'appui de l'établissement de rapports mondiaux..... | 9 |
| 2.4 | Disséquer l'indicateur ODD 6.6.1..... | 10 |
| 2.5 | Quels sont les liens entre l'indicateur et la cible ?..... | 14 |
| 2.6 | Évaluer les tendances grâce aux données relatives aux sous-indicateurs | 15 |
| 2.7 | Le rôle des correspondants nationaux pour les indicateurs..... | 15 |
| 2.8 | Une approche de suivi progressive | 15 |
| 3 | MÉTHODE DE SUIVI | 19 |
| 3.1 | Mesurer les variations de la superficie des eaux de surface des lacs et des cours d'eau | 19 |
| 3.2 | Mesurer les variations de la superficie des réservoirs..... | 23 |
| 3.3 | Mesurer la superficie des zones humides..... | 27 |
| 3.4 | Mesurer les variations de la superficie des mangroves | 32 |
| 3.5 | Mesurer la turbidité et l'état trophique des lacs | 36 |
| 3.6 | Mesurer ou modéliser le débit des cours d'eau..... | 39 |
| 3.7 | Mesurer la quantité d'eau souterraine dans les aquifères..... | 40 |
| 4 | PORTAIL DE DONNÉES MONDIALES POUR L'INDICATEUR 6.6.1 | 42 |

1 ÉCOSYSTÈMES TRIBUTAIRES DE L'EAU

1.1 Que sont les écosystèmes tributaires de l'eau ?

Les écosystèmes tributaires de l'eau sont un sous-ensemble des écosystèmes (MEA, 2005). Ils contiennent les ressources en eau douce de la planète, naturelles et artificielles, et comprennent les lacs et les réservoirs ; les cours d'eau, les ruisseaux, les canaux et les estuaires ; les nappes souterraines ; et plusieurs types de zones humides comme les marécages, les bogs, les fagnes, les tourbières, les marais, les rizières et les mangroves. Les écosystèmes tributaires de l'eau peuvent être définis comme « un complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes et de l'environnement non vivant dominé par la présence d'eau vive ou calme, qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle » (MEA, 2005 ; Dickens *et al.*, 2019).

1.2 Pourquoi les écosystèmes tributaires de l'eau sont-ils importants pour le développement durable ?

L'eau douce représente 0,01 % de la quantité totale d'eau sur la planète et les écosystèmes tributaires de l'eau couvrent uniquement 0,8 % de la surface de la Terre (MEA, 2005). Pour autant, compte tenu de ces pourcentages très faibles, il est remarquable de constater l'éventail des biens et des services que les écosystèmes tributaires de l'eau fournissent pour permettre et maintenir la vie sur Terre.

Par exemple, les écosystèmes tributaires de l'eau font partie des environnements possédant la plus grande biodiversité au monde, hébergeant près de 10 % des espèces connues dans le monde. Ils aident à entretenir le cycle hydrologique mondial, le cycle du carbone et le cycle des éléments nutritifs.

Ils permettent un stockage de l'eau douce naturelle durant les sécheresses et régulent les débits d'eau en cas d'inondations. Ils purifient l'eau, reconstituent les nappes souterraines et fournissent une multitude de services que nous utilisons dans notre vie quotidienne, notamment l'approvisionnement en eau pour la consommation domestique (sécurité hydrique), l'agriculture (sécurité alimentaire), la production d'énergie, l'emploi, la navigation, les loisirs et le tourisme.

C'est parce que les écosystèmes tributaires de l'eau possèdent des valeurs tellement importantes – notamment sociales, économiques, environnementales et biologiques – qu'il est nécessaire de protéger ces ressources et, ainsi, la fourniture des services d'eau douce aux sociétés et à notre planète. L'eau douce est une ressource fondamentale qui est essentielle au bien-être de tous les organismes vivants. Sans une protection et une gouvernance efficaces, les écosystèmes tributaires de l'eau diminuent et se dégradent rapidement ou peuvent être totalement perdus. Pour que les pays se développent d'une manière durable, nous devons restaurer et protéger les écosystèmes tributaires de l'eau.

1.3 Les écosystèmes tributaires de l'eau dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030

La dimension environnementale des objectifs de développement durable (ODD) prend en compte les écosystèmes tributaires de l'eau dans le cadre de plusieurs cibles et indicateurs. Dans le [Cadre mondial d'indicateurs relatifs aux objectifs et aux cibles du Programme de développement durable à l'horizon 2030](#), plusieurs indicateurs relatifs aux ODD mesurent des informations spécifiques concernant les écosystèmes tributaires de l'eau, notamment l'indicateur 6.3.2 qui mesure la qualité de l'eau ambiante des eaux intérieures, l'indicateur 6.4.2 qui mesure le niveau de stress hydrique et les débits écologiques ainsi que l'indicateur 15.1.2 qui mesure la biodiversité des eaux douces et les aires protégées.

Outre ces indicateurs relatifs aux ODD, un indicateur en particulier – l'indicateur 6.6.1 – est entièrement dédié à la mesure des changements au niveau de la quantité, de la qualité et de la superficie de l'eau dans différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau. L'indicateur 6.6.1 est défini comme suit : **variation de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau**. Le présent document a pour objet d'orienter les praticiens visant à suivre et communiquer des données officielles concernant l'indicateur 6.6.1 relatif aux ODD. En conséquence, les informations contenues dans le présent document portent uniquement sur l'indicateur 6.6.1 et ont été établies par l'organisme officiel responsable de l'indicateur, le Programme des Nations Unies pour l'environnement¹ (PNUE).

¹ Le secrétariat de la Convention de Ramsar est co-responsable pour l'indicateur 6.6.1. La méthode adoptée par ce dernier est fondée sur l'établissement de rapports nationaux transmis à la Convention de Ramsar et n'est pas abordée dans le présent document. Les rapports nationaux transmis à la Convention de Ramsar sont utilisés pour étayer les rapports descriptifs sur la cible 6.6.

2 SUIVI ET RAPPORTS CONCERNANT L'INDICATEUR 6.6.1

2.1 Flux de données et établissement de rapports mondiaux

Le Programme 2030 préconise un « cadre de suivi et d'examen solide, volontaire, efficace, participatif, transparent et intégré » pour suivre les progrès accomplis dans la réalisation des ODD (Nations Unies, 2015). L'Assemblée générale a chargé la Commission de statistique de l'ONU, dans laquelle les organismes de statistique de tous les États Membres de l'ONU sont représentés, d'établir un cadre de suivi pour les ODD. Le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, comprenant 30 pays qui représentent toutes les régions, a été créé pour mettre en place un cadre mondial d'indicateurs. Le Groupe a convenu d'un cadre de 232 indicateurs relatifs aux ODD, qui a ensuite été adopté par la Commission de statistique de l'ONU, le Conseil économique et social et enfin l'Assemblée générale des Nations Unies. Le suivi des ODD a pour objectif de produire en temps voulu des données de qualité élevée, statistiquement fiables et comparables à une échelle mondiale.

L'appropriation des données par les pays est un principe clé du Programme 2030, pour la mise en œuvre, le suivi des progrès et l'examen. Chaque indicateur relatif aux ODD est attribué à un organisme responsable chargé d'élaborer une méthode pour le suivi et l'établissement de rapports concernant l'indicateur. L'organisme responsable est tenu de diriger l'élaboration d'une méthode établie au plan international et la conception d'un système de collecte de données et d'établissement de rapports concernant les indicateurs. Le PNUE est l'organisme responsable de 26 indicateurs relatifs aux ODD. Il est notamment l'organisme responsable tenu d'aider les pays pour le suivi et la communication de données officielles concernant l'indicateur 6.6.1.

2.2 Élaborer, tester, ajuster – l'évolution de la méthode de suivi de l'indicateur

Dans le cadre de l'élaboration de la méthode pour l'indicateur 6.6.1, le PNUE a créé un groupe d'experts techniques². Ce groupe a contribué à l'élaboration de la méthode de suivi. Un premier projet (catégorie III) de méthode a été testé en 2017 et envoyé à tous les États Membres de l'ONU, accompagné de matériels pertinents de renforcement des capacités. Un nombre limité d'États Membres (19 %) ont communiqué des données au PNUE après une période de huit mois. Les données qui ont été reçues étaient de faible qualité et de couverture limitée. Les pays ont invoqué un manque de données à communiquer ainsi qu'un manque de temps et de ressources pour entamer un nouveau suivi des écosystèmes.

² Ce groupe comprenait des représentants des organisations suivantes : IWMI, CDB, Ramsar, ESA et GEO.

Après la phase de pilotage et de test à l'échelle mondiale, afin de combler un manque connu de données mondiales pour l'indicateur, la méthode a été révisée pour incorporer des données sur les écosystèmes tributaires de l'eau provenant d'observations de la Terre par satellite. Le PNUE a pris contact avec une série de partenaires travaillant avec des données mondiales considérées comme pertinentes et appropriées pour l'indicateur. L'évaluation des sources de données mondiales a porté sur la qualité des données, la résolution, la fréquence des mesures, la couverture mondiale, les séries chronologiques et la capacité de passer à une autre échelle (par ex., données agrégées aux niveaux national et sous-national). Il en est résulté une méthode qui est statistiquement robuste et produit des données comparables au niveau international sans que l'établissement des rapports ne soit trop onéreux pour les pays. Le groupe d'experts techniques a été consulté sur la méthode mise à jour avant la soumission au Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable pour approbation.

À la septième réunion du Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, qui s'est tenue en avril 2018, la méthode de suivi de l'indicateur a été approuvée et classée en catégorie II. Peu de temps après, en novembre 2018, la méthode de suivi de l'indicateur a été reclassée dans la catégorie I. Le classement dans la catégorie I signifie que l'indicateur correspond à un concept précis, qu'il existe une méthode et des normes établies au niveau international et que des données sont produites régulièrement par au moins 50 % des pays et de la population dans chaque région où l'indicateur est pertinent.

Tout au long de l'année 2019, le PNUE a continué de travailler avec ses partenaires pour améliorer les ensembles de données disponibles à l'échelle mondiale concernant l'indicateur-6.6.1 ainsi que la mesure des changements apparaissant dans différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau. En conséquence, la présente méthode a été mise à jour en mars 2020 afin d'inclure davantage d'informations détaillées sur l'approche utilisée pour obtenir des données provenant d'observations de la Terre par satellite concernant les sous-indicateurs.

2.3 Utilisation de données géospatiales à l'appui de l'établissement de rapports mondiaux

Les données géospatiales décrivent la localisation d'éléments ainsi que les relations entre eux, notamment l'eau ou différents types de couverture du sol, sur la surface de la Terre. De telles données ont une valeur significative pour aider à réaliser et mettre en œuvre le Programme de développement durable à l'horizon 2030 ainsi que ses 17 objectifs de développement durable, 169 cibles et 232 indicateurs. Selon les estimations, environ 20 % des indicateurs relatifs aux ODD peuvent être interprétés et mesurés soit par une utilisation directe des données géospatiales elles-mêmes soit par une intégration de ces dernières à des données statistiques. L'obtention de données géospatiales fiables est donc devenue une tâche cruciale pour les États Membres afin d'élaborer leurs rapports nationaux ou pour les organismes des Nations Unies afin d'entreprendre l'établissement de rapports mondiaux et d'utiliser de plus en plus la diversité et la fiabilité des données satellites d'accès libre et de haute résolution.

Le Groupe de travail sur l'information géospatiale du Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable a indiqué que les ensembles de données mondiales pouvaient servir de base solide pour appuyer l'élaboration de rapports mondiaux. Les organismes internationaux peuvent utiliser des ensembles de données mondiales de haute qualité pour calculer les indicateurs ODD et transmettre des données désagrégées au niveau national aux autorités nationales à des fins d'examen et d'approbation (IAEG-SDG, 2019).

Afin d'aider les pays à respecter les exigences en matière de suivi et d'établissement de rapports concernant l'indicateur 6.6.1, le PNUE a travaillé avec des organisations partenaires³ pour établir des séries de données mondiales techniquement robustes et comparables au niveau international, contribuant ainsi de manière significative à combler le manque de données mondiales permettant de mesurer les variations de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau. Le PNUE invitera périodiquement les correspondants nationaux à participer à des consultations dans le but de valider les valeurs nationales estimées. Le correspondant national doit examiner les informations fournies et communiquer toute observation ou préoccupation au PNUE – généralement dans un délai d'un mois (Nations Unies, 2018). Si aucune réponse n'est reçue durant cette période (après un rappel courtois), les valeurs seront publiées dans la base de données mondiales sur les ODD et prises en compte dans toutes les publications internationales thématiquement liées afin d'éviter les divergences.

2.4 Disséquer l'indicateur 6.6.1

L'indicateur 6.6.1 est défini comme suit : **variation de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau**. L'indicateur vise à collecter et fournir des données sur l'étendue spatiale des écosystèmes tributaires de l'eau ainsi que sur la quantité et la qualité de l'eau que ceux-ci contiennent.

2.4.1 Quels types d'écosystèmes tributaires de l'eau devraient être suivis dans le cadre de l'indicateur 6.6.1 ?

La présente méthode s'articule autour du suivi de différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau, notamment les lacs, les cours d'eau, les zones humides, les nappes souterraines et les masses d'eau artificielles telles que les réservoirs. Ces écosystèmes tributaires de l'eau contiennent de l'eau douce, à l'exception des mangroves qui contiennent de l'eau saumâtre (à savoir un mélange d'eau douce et d'eau salée) mais sont tout de même incluses dans l'indicateur 6.6.1. Les réservoirs sont également inclus comme une catégorie d'écosystème tributaire de l'eau dans la méthode de suivi de l'indicateur. S'il est reconnu que les réservoirs ne sont pas des écosystèmes tributaires de l'eau traditionnels qui devraient nécessairement être protégés et restaurés, dans de nombreux pays, ils retiennent une quantité notable d'eau douce et ont donc été inclus. L'inclusion de données sur les réservoirs a pour but d'aider les pays à mieux comprendre les changements apparaissant au niveau des masses d'eau artificielles en parallèle avec les changements apparaissant au niveau des masses d'eau naturelles.

³ Les partenaires ayant participé à la production de données et appuyé leur consolidation dans la plateforme SDG661.app comprennent le Centre commun de recherche de la Commission européenne, Google, la NASA, la JAXA, Global Mangrove Watch, l'Université d'Aberystwyth, Brookman Consult et Plymouth Marine Laboratory.

Les écosystèmes qui ne sont *pas inclus* dans l'indicateur 6.6.1 sont les récifs coraliens et les herbiers qui sont compris dans l'objectif 14 (vie aquatique) ainsi que les montagnes, les forêts et les zones arides qui sont comprises dans l'objectif 15 (vie terrestre).

Le type d'écosystème « zones humides » est composé de plusieurs typologies de zones humides, notamment les marécages, les bogs, les fagnes, les tourbières, les marais et les rizières. Les mangroves sont également un type d'écosystème de zone humide (zone humide côtière) et des données mondiales sur l'étendue des mangroves par pays sont à présent disponibles sur le portail de données sdg661. En conséquence, les données sur les mangroves sont présentées séparément et il est à espérer que cet ensemble distinct de données permettra des prises de décisions spécifiques à cet écosystème axées sur la protection et la restauration des mangroves. La présente méthode traite donc séparément des zones humides et des mangroves. Une désagrégation supplémentaire d'autres typologies de zones humides devrait être possible au cours de années à venir, suite aux avancées dans les technologies satellitaires et de production des données.

Chacun des écosystèmes tributaires de l'eau inclus dans l'indicateur 6.6.1 peut faire l'objet de mesures, au moyen de l'un ou de plusieurs des paramètres physiques de changement ci-après : superficie, quantité (ou volume) d'eau et qualité de l'eau. Afin que les décideurs comprennent mieux toute l'étendue des changements dans les écosystèmes, il est intéressant de recueillir des données séparément pour chacun de ces paramètres, bien que cela puisse ne pas être réalisable par tous les États Membres. Une approche de suivi progressive est donc proposée (voir section 2.9).

2.4.2 Utilisation de données géospatiales pour suivre les changements dans les écosystèmes tributaires de l'eau

Une multitude de satellites tournent autour de la planète Terre et observent cette dernière en continu, recueillant des mesures grâce auxquelles différents types de couverture du sol – comme la neige, la roche nue, la végétation et l'eau – peuvent être distingués. Chaque type de couverture du sol reflète différentes longueurs d'ondes de lumière. Pour n'importe quel endroit sur la Terre, des milliers d'images peuvent être combinées afin de classer la couverture du sol par type. Tous les endroits de la Terre sont cartographiés de cette manière et, grâce aux technologies permettant de traiter et de visualiser les données, il devient possible de comprendre la façon dont les différents types de couverture du sol changent au fil du temps dans un endroit particulier.

Dans le but d'aider les États Membres de l'ONU à suivre les changements dans les différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau, des données spatiales et temporelles provenant de satellites sont utilisées pour mesurer les changements apparaissant au niveau des eaux permanentes, des eaux saisonnières, des réservoirs, des zones humides et des mangroves ainsi que pour produire des données sur l'état trophique et la turbidité des principales masses d'eau. Les images satellites peuvent être représentées sous la forme de données numériques, qui sont ensuite agrégées en zones administratives significatives, notamment sur la base des frontières nationales ou sous-nationales (par ex., régions et provinces) et des limites de bassins hydrographiques. Des données mondiales concernant les cours d'eau et les nappes souterraines n'ont pas encore été produites à des résolutions spatiales et

temporelles utiles aux fins d'une intégration à la présente méthode de suivi de l'indicateur 6.6.1. À l'heure actuelle, ces données devraient continuer à être produites par la modélisation ou des mesures au sol.

Des données sur les eaux permanentes, les eaux saisonnières, les réservoirs, les zones humides et les mangroves ainsi que sur la qualité de l'eau des lacs sont disponibles sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1 (www.sdg661.app) afin que les pays puissent les consulter et les télécharger. Sur ce site, les données peuvent être visualisées par les utilisateurs sur des cartes géospatiales, accompagnées de statistiques numériques présentées sous la forme de graphiques informatifs. Les pays peuvent accéder à leurs statistiques nationales et sous-nationales à tout moment en consultant le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1. Le PNUE enverra également périodiquement aux États Membres de l'ONU leurs statistiques nationales, les correspondants nationaux pour l'indicateur 6.6.1 étant les destinataires de ces données communiquées par le PNUE. Si les cartes et les statistiques ont été produites pour appuyer les États Membres de l'ONU dans le suivi et l'établissement de rapports concernant l'indicateur 6.6.1, le principal objectif est que les pays utilisent ces informations pour améliorer leurs prises de décisions fondées sur des données factuelles et renforcent leurs mesures visant à protéger et restaurer les écosystèmes tributaires de l'eau. L'ensemble des praticiens et décideurs concernés, notamment ceux travaillant dans les secteurs de l'eau, de l'environnement, du climat, de l'énergie, de l'agriculture et de la foresterie, sont encouragés à consulter et utiliser ces données.

2.4.3 Mesurer les écosystèmes tributaires de l'eau *au fil du temps*

L'indicateur 6.6.1 relatif aux objectifs de développement durable vise à suivre les tendances à plus long terme des variations de l'étendue des écosystèmes (c'est-à-dire sur un certain nombre d'années) plutôt que les fluctuations à court terme. Par conséquent, le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1 fournit des informations statistiques pour chaque type d'écosystème tributaire de l'eau, montrant la mesure dans laquelle celui-ci évolue au fil du temps⁴. Les écosystèmes tributaires de l'eau (lacs, cours d'eau, zones humides) peuvent s'étendre sur de larges zones, être nombreux et être difficilement accessibles dans leur entièreté. De nombreux points de collecte de données in situ peuvent être nécessaires pour mesurer avec précision les changements apparaissant au fil du temps au niveau de la qualité de l'eau, de la quantité d'eau et de la superficie. Dans ce contexte, l'utilisation de sources de données satellites pour mesurer les écosystèmes tributaires de l'eau présente un intérêt considérable. Des observations des masses d'eau depuis l'espace sont fréquemment recueillies par des images satellites, les satellites étant capables de cartographier le monde entier tous les sept jours et d'enregistrer des images d'une résolution atteignant 10 à 30 mètres. Afin de représenter sur un plan statistique une variation de l'étendue d'un type d'écosystème entre deux périodes de temps, il est nécessaire de commencer par définir la période de référence (ou situation initiale) par rapport à laquelle la « variation » est ensuite mesurée.

⁴ À l'exception des zones humides intérieures qui présentent à l'heure actuelle (2020) des séries de données de référence (2017-2019) mais pas encore de statistiques sur les changements. La première année de données permettant de montrer un changement par rapport aux données de référence sera 2020 et les résultats seront disponibles en 2021.

Les séries de données représentées sur le site de l'indicateur 6.6.1 n'utilisent pas toutes la même période de référence. Ceci s'explique par la disponibilité des observations recueillies par les différents satellites. Certains satellites, comme les satellites américains Landsat (NASA), sont en orbite autour de la Terre depuis le début des années 70. Ces satellites ont permis de mesurer les changements dans la superficie des masses d'eau libre (par ex., les lacs) depuis cette période, même si les premières images étaient de moins bonne qualité, réduisant ainsi la fiabilité des résultats. Plus récemment, d'autres satellites ont été placés en orbite autour de la Terre, notamment les satellites européens Sentinel et plusieurs satellites japonais, permettant de recueillir des images et des données pour d'autres types d'écosystèmes tributaires de l'eau et d'autres paramètres (par ex. les mangroves, les zones humides et la qualité de l'eau). En fonction du moment où les satellites ont commencé à recueillir des données, les divers types d'écosystèmes tributaires de l'eau inclus dans l'indicateur 6.6.1 présenteront des périodes de référence différentes.

2.4.4 Données relatives aux indicateurs aux échelles nationale et infranationale

Outre une représentation de données dans le temps, des séries de données sur les différents types d'écosystèmes tributaires de l'eau sont disponibles à différentes échelles spatiales, notamment aux échelles nationale, infranationale et des bassins hydrographiques. Le système de classification par divisions administratives ([Global Administrative Unit Layers - GAUL](#)) est utilisé pour présenter les statistiques nationales. Élaboré par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le système GAUL vise à compiler et diffuser les informations spatiales les plus fiables sur les divisions administratives pour tous les pays du monde.

Outre la classification GAUL, les données disponibles sur le portail de l'indicateur 6.6.1 sont présentées aux échelles des bassins à l'aide d'[Hydro-BASINS](#). Élaborée pour le compte de la branche américaine du Fonds mondial pour la nature (WWF), la carte HydroBASINS représente les limites des bassins hydrographiques aux échelles des bassins et des sous-bassins pour le monde entier.

La présentation de statistiques infranationales sur le portail de l'indicateur 6.6.1 a pour objet de faciliter les processus décisionnels infranationaux concernant les écosystèmes tributaires de l'eau. Les décisions relatives à une masse d'eau spécifique (par ex., un lac) peuvent souvent être prises par des autorités infranationales. Afin d'encourager la prise de décisions tant aux niveaux national qu'infranational visant à protéger et restaurer les écosystèmes tributaires de l'eau, des données sont mises à disposition aux niveaux national et infranational. Il est important de noter que les statistiques fournies aux fins de l'établissement de rapports mondiaux sont des statistiques nationales par type d'écosystème.

Entre autres avantages, la compilation de données concernant l'indicateur 6.6.1 à l'aide d'HydroBASINS permet de traiter les niveaux régional et transfrontière. Les aquifères, les lacs et les bassins hydrographiques partagés par deux ou plusieurs pays représentent, selon les estimations, 60 % du débit mondial d'eau douce et abritent plus de 40 % de la population mondiale, soulignant l'importance d'une collaboration entre les États riverains afin d'atteindre les objectifs de la cible 6.6.

2.5 Quels sont les liens entre l'indicateur et la cible ?

L'indicateur 6.6.1 est le seul indicateur mesurant les progrès accomplis dans la réalisation de la cible 6.6. Sous sa forme actuelle, la cible 6.6 est définie comme suit : d'ici à 2020, protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs. La date de 2020 a été introduite pour mettre le programme des objectifs de développement durable en conformité avec des engagements pris précédemment au titre de la Convention sur la diversité biologique, en particulier les objectifs d'Aichi pour la biodiversité qui font partie du Plan stratégique 2011-2020 pour la diversité biologique (CBD, 2010). Les termes employés dans la cible font l'objet d'un examen en 2020, la date étant mise à jour et fixée à 2030 pour concorder avec le cadre des objectifs de développement durable.

La définition de la cible utilise le terme *protéger*. Dans le contexte de l'objectif 6, ce terme fait référence à la protection des écosystèmes afin de veiller à ce que ces derniers continuent à fournir de précieux services écosystémiques à la société, en particulier des services durables d'approvisionnement en eau et d'assainissement (Dickens *et al.*, 2017). La valeur des écosystèmes est largement établie dans le cadre des objectifs de développement durable au regard des services que ceux-ci fournissent à la société humaine. En conséquence, les responsables politiques et les décideurs qui visent à assurer la pérennité des services fournis aux populations par les lacs, les cours d'eau, les zones humides et les nappes souterraines ont besoin de données sur l'état fonctionnel de ces écosystèmes et sur l'évolution de cet état au fil du temps. Afin d'obtenir ces informations, il est nécessaire de suivre les changements dans la quantité d'eau (mesurés par les variations de la superficie et du volume) et/ou les changements dans la qualité de l'eau. L'indicateur ne permet pas de connaître la mesure dans laquelle un écosystème est protégé, notamment par des systèmes nationaux ou internationaux de désignation de la protection. En revanche, l'indicateur 6.6.1 permet aux décideurs de gérer le statut de protection à l'aide de données sur les changements au niveau des paramètres physiques et chimiques qui décrivent les écosystèmes tributaires de l'eau. L'indicateur vise donc à recueillir des informations physiques et biologiques par zone spatiale au sujet de la quantité et de la qualité de l'eau au sein des écosystèmes tributaires de l'eau.

La méthode de suivi de l'indicateur, sous sa forme actuelle, ne recueille pas de données sur la santé biologique des écosystèmes d'eau douce, même si l'importance de telles données est reconnue. Le suivi de la santé des écosystèmes étant lié au contexte, les méthodes les plus appropriées sont fondées sur les conditions écologiques locales et incluent la biodiversité des eaux douces locales. Toutefois, les pays sont fortement encouragés à suivre la santé des écosystèmes s'ils en ont les capacités. Les pays pourraient chercher à exploiter les données générées pour chaque sous-indicateur, qui peuvent être utilisées en combinaison avec des données nationales in situ, comme des bio-indicateurs, afin de produire des informations sur l'état de la santé des écosystèmes tributaires de l'eau. Ces mesures supplémentaires aideraient à mieux éclairer les décisions qui sont prises en vue de la protection et de la restauration des écosystèmes tributaires de l'eau.

2.6 Évaluer les tendances grâce aux données relatives aux sous-indicateurs

Le fait de mesurer des données par type d'écosystème permet que des décisions utiles soient prises au niveau des écosystèmes. En outre, l'évaluation et la comparaison de la combinaison de changements dans plusieurs types d'écosystèmes permettent la prise de décisions en vue de la protection et de la restauration de multiples écosystèmes au sein d'une zone. À titre d'exemple, les données concernant un bassin hydrographique particulier peuvent montrer que la superficie des masses d'eau naturelles (par ex., lacs) diminue, tandis que la superficie des masses d'eau artificielles (par ex., réservoirs) augmente. Lorsque de telles données sont accompagnées de plusieurs ensembles de données interconnectées dans les limites d'un bassin hydrographique, les décideurs peuvent mieux discerner les causes et les incidences des variations de l'étendue d'un écosystème. L'évaluation des tendances sur la base de l'ensemble des données relatives aux sous-indicateurs peut permettre de dessiner un tableau plus complet et de produire des politiques et des décisions de planification promouvant la santé des écosystèmes ou la capacité de ces derniers à maintenir au fil du temps leur structure et leurs fonctions face aux pressions extérieures.

2.7 Le rôle des coordonnateurs nationaux pour les indicateurs

Les coordonnateurs nationaux pour les indicateurs jouent un rôle crucial dans le traitement des flux de données, servant d'unique point d'entrée aux organismes responsables pour mobiliser les États membres dans le suivi et l'établissement de rapports concernant les indicateurs. Le fait qu'il n'y ait qu'un coordonnateur par pays facilite les échanges dans le cadre de la communication, de la collecte de données, de la validation et de l'établissement de rapports ainsi que de la diffusion de matériels de renforcement des capacités et de formation. Un tel coordonnateur national (également appelé coordonnateur technique) pour l'indicateur 6.6.1 sera généralement un agent gouvernemental désigné provenant d'une institution publique compétente, comme un ministère ou un département responsable de la gestion de l'eau et/ou des statistiques environnementales nationales. À plus long terme, les coordonnateurs nationaux pour les indicateurs peuvent promouvoir l'appropriation et l'utilisation des données relatives aux indicateurs dans le cadre des processus nationaux/infranationaux d'élaboration des politiques et de planification en lien avec la protection et la gestion des écosystèmes tributaires de l'eau.

2.8 Une approche de suivi progressive

Le Programme 2030 est un processus dirigé et contrôlé par les pays. La présente méthode adopte cette approche qui confère aux pays la responsabilité de suivre et de communiquer des données sur l'ensemble des indicateurs relatifs aux ODD. Toutes les données mondiales devraient être contrôlées et approuvées au niveau national pour se conformer à l'intention du Programme 2030. Compte tenu du manque de données mondiales qui existe s'agissant des données disponibles au niveau national sur les écosystèmes tributaires de l'eau, la présente méthode utilise des données disponibles au niveau mondial pour améliorer les mesures au sol. Ceci a pour avantage immédiat de combler le manque de données mondiales et encourage une progression plus rapide en vue de la réalisation de la cible 6.6.

Une telle approche a également été adoptée pour d'autres méthodes, notamment la méthode de suivi de l'indicateur 15.3.1.

La présente méthode est fondée sur une approche de suivi progressive, ce qui signifie que les pays peuvent bénéficier de la disponibilité de données mondiales sur les écosystèmes tributaires de l'eau tout en utilisant également des données nationales (lorsque des données et des capacités existent) afin de compléter et d'augmenter un niveau de base de données sur l'indicateur 6.6.1. En conséquence, cette approche encourage différents niveaux d'ambition. Une approche de suivi progressive est avantageuse en ce qu'elle accorde un degré de priorité élevé aux composants de l'indicateur pour lesquels des données de qualité élevée sont largement disponibles, réduisant la charge que l'établissement des rapports fait peser sur les pays et axant les efforts de suivi sur l'approbation des données existantes et une production limitée de nouvelles données. Ces efforts de suivi ciblés seront appuyés par un renforcement accru des capacités, des avancées technologiques et une amélioration du partage des données au sein de la communauté internationale.

L'approche de suivi progressive est articulée autour de deux niveaux d'ambition. Au minimum, tous les pays bénéficient d'un niveau de base de données (niveau 1) qui sont produites au moyen de données disponibles au niveau mondial, précises et mises à jour régulièrement, qui proviennent de sources satellites. Ces données sont librement accessibles et téléchargeables sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1, permettant aux pays d'évaluer les changements dans la superficie des masses d'eau de surface permanentes et saisonnières d'origine naturelle (lacs et cours d'eau), les changements dans la superficie des masses d'eau artificielles (réservoirs), les changements dans la superficie des zones humides et des mangroves ainsi que les changements au niveau de l'état trophique et de la turbidité des masses d'eau plus vastes. Lorsque des capacités et des données existent, les pays devraient s'efforcer d'augmenter cette base de données existantes au moyen de données nationales (niveau 2) sur les débits des cours d'eau et les volumes des nappes souterraines. Le tableau ci-après résume la désagrégation des données de base de niveau 1 provenant d'observations de la Terre ainsi que des données nationales de niveau 2.

| Niveau 1 : Données provenant d'observations de la Terre | | |
|---|------------------|---|
| <i>Écosystème</i> | <i>Mesure</i> | <i>Caractéristiques</i> |
| Lacs et cours d'eau | Superficie | Changements annuels et pluriannuels dans la surface d'eau permanente (1984-aujourd'hui) Statistiques concernant les eaux permanentes nouvelles et perdues (2000-2019) Statistiques agrégées aux échelles nationale, infranationale et des bassins |
| Lacs et cours d'eau | Superficie | Changements annuels et pluriannuels dans la surface d'eau saisonnière (1984-aujourd'hui) Statistiques concernant les eaux saisonnières nouvelles et perdues (2000-2019) Statistiques annuelles concernant la saisonnalité pour les périodes : 0-1, 3-6, 7-11 mois Statistiques agrégées aux échelles nationale, infranationale et des bassins |
| Réservoirs | Superficie | Changements annuels et pluriannuels dans la surface des réservoirs (1984-aujourd'hui) Statistiques concernant les surfaces nouvelles et perdues des réservoirs (2000-2019) Statistiques agrégées aux échelles nationale, infranationale et des bassins |
| Mangroves | Superficie | Changements annuels et pluriannuels dans la superficie des mangroves (2000-2016) Statistiques agrégées aux échelles nationale, infranationale et des bassins |
| Zones humides | Superficie | Superficie des zones humides (superficie de référence provenant de données entre 2016-2018) Statistiques agrégées aux échelles nationale, infranationale et des bassins Les changements dans la superficie des zones humides seront inclus à partir de 2021/2022 |
| Lacs | Qualité de l'eau | Mesures mensuelles, annuelles et pluriannuelles de l'état trophique et de la turbidité pour 4 200 lacs au niveau mondial (à une résolution de 300 m) |
| Niveau 2 : Données provenant de mesures au sol et de la modélisation | | |
| <i>Écosystème</i> | <i>Mesure</i> | <i>Caractéristiques</i> |
| Cours d'eau | Débit | Ruissellement/débit naturel modélisé Mesures in situ du débit de tous les principaux cours d'eau, agrégées dans le temps |
| Nappes souterraines | Niveau | Changements, au fil du temps, des volumes mesurés pour toutes les principales nappes souterraines |

Tableau 1 : Données établies par des images satellites et des mesures au sol

Des groupes d'experts intergouvernementaux établis tels que le Groupe sur l'observation de la Terre (GEO) et le Groupe de la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale, composé d'États Membres de l'ONU et coopérant avec des bureaux nationaux de statistique ainsi que des organismes internationaux, ont éclairé la conception de la présente méthode concernant la manière dont les données sont produites, les sources ainsi que la résolution spatiale et temporelle des données. L'ensemble des données font l'objet d'une approbation par les autorités nationales. Les pays souhaiteront peut-être fournir leurs propres données d'observation de la Terre par satellite pour produire des données de résolution plus haute. De telles données peuvent être utilisées à des fins d'établissement de rapports officiels sur les indicateurs relatifs aux ODD si le processus de production des données suit la même approche méthodologique pour produire des statistiques nationales que celle qui a été adoptée pour la présente méthode de suivi de l'indicateur et que cette approche est expliquée dans les fiches de métadonnées, notamment la catégorisation des types d'écosystèmes tributaires de l'eau et les périodes de référence des données, afin de permettre une comparabilité internationale des données et d'assurer une solidité statistique.

3 MÉTHODE DE SUIVI

Données de niveau 1

Différentes méthodes sont appliquées pour produire chacun des ensembles de données mondiales relatives aux sous-indicateurs disponibles sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1. La présente section résume ces différentes méthodes. Des spécifications méthodologiques plus techniques sont disponibles sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1. Des liens vers des publications techniques pertinentes sont également fournis dans les sous-sections ci-après.

Deux ensembles séparés de données sur les eaux de surface sont produits : l'un pour les eaux de surface d'origine naturelle et l'autre pour les eaux de surface artificielles (par ex., réservoirs). La distinction entre les eaux de surface d'origine naturelle et les eaux de surface artificielles a été établie afin de décrire avec une plus grande précision les changements dans les eaux de surface d'origine naturelle. La méthode pour les eaux de surface d'origine naturelle est présentée dans la section 3.1 et celle pour les eaux de surface artificielles dans la section 3.2.

3.1 Mesurer les variations de la superficie des eaux de surface des lacs et des cours d'eau

3.1.1 Pourquoi mesurer la superficie des eaux de surface ?

L'eau douce qui se trouve dans l'ensemble de nos lacs, cours d'eau, zones humides et nappes souterraines représente moins de 0,01 % de la quantité totale d'eau sur la Terre (96,5 % de l'eau se trouve dans les océans et les mers, le restant étant contenu dans les calottes glaciaires, les glaciers, la glace et la neige, les nappes souterraines, le sol, les cellules biologiques (y compris nous !) et l'atmosphère). C'est l'eau de surface qui est la plus accessible et a une incidence sur de nombreux aspects de notre monde. Elle a une incidence sur les échanges de chaleur, de gaz et de vapeurs d'eau entre la surface de la planète et l'atmosphère. L'eau est le moteur de la répartition, des mouvements et de la migration de la vie végétale et animale sur la Terre et est tout aussi essentielle pour les êtres humains. Elle a une incidence sur notre capacité de cultiver la terre et de gérer les pâturages, d'exécuter nos processus industriels et de fabriquer des biens. Elle a une influence sur les mouvements des vecteurs pathogènes, des toxines et des polluants. Elle génère de l'énergie directement (énergie hydroélectrique) et indirectement (énergie thermoélectrique). Elle est une part essentielle de notre réseau de transport et fait partie de notre monde de loisirs, de culture et de sport.

3.1.2 Description de la méthode utilisée pour établir une cartographie mondiale de l'ensemble des eaux de surface

Des données sur la dynamique spatiale et temporelle des eaux de surface d'origine naturelle ont été produites pour le monde entier. L'ensemble de données est désagrégé en eaux de surface permanentes et saisonnières. Toutes les eaux de surface d'origine naturelle dont la superficie est supérieure à 30 x 30 mètres ont été cartographiées. À cette résolution spatiale caractérisée par une grille de pixels de 30 mètres, l'imagerie satellite détecte principalement des zones de lacs et de larges cours d'eau. Les données feront également apparaître d'autres zones terrestres fréquemment inondées, comme des zones humides permanentes. Les cours d'eau et masses d'eau de plus petite taille, trop étroits pour être détectés ou dissimulés par la canopée forestière, n'apparaissent pas. Les données comprennent des images individuelles à pleine résolution obtenues par les satellites américains Landsat 5, 7 et 8 ainsi que par les satellites européens Sentinel 1 et 2. Ces satellites capturent des images qui sont diffusées au public par le Service géologique des États-Unis et par le programme spatial Copernicus de l'Union européenne. Ensemble, ceux-ci fournissent une imagerie multispectrale à une résolution de 30 x 30 mètres dans six canaux (du visible, du proche infrarouge et de l'infrarouge à ondes courtes) ainsi qu'une imagerie thermique à une résolution de 60 x 60 mètres.

Les données comprennent des surfaces terrestres qui sont sous eau (par ex., zone de lac permanent) pendant les 12 mois de l'année. Elles rendent également compte des fluctuations saisonnières et climatiques de l'eau, ce qui signifie que les lacs et les cours d'eau qui gèlent une partie de l'année apparaissent. Les zones de glace permanente, comme les glaciers et les calottes glaciaires, ainsi que les zones terrestres couvertes de neige de façon permanente ne sont pas comprises. Dans certaines zones, l'observation des surfaces d'eau étant entravée par la présence d'une couverture nuageuse constante, des observations optiques de ces zones limitées ne sont pas toujours disponibles. Un masque littoral mondial a été appliqué aux données afin d'éviter que l'eau des océans soit comprise dans les statistiques d'eau douce. La méthode utilisée pour ce masque littoral est publiée dans le *Journal of operational oceanography*, disponible [ici](#) (Sayer *et al.*, 2019).

La précision de la carte des eaux mondiales a été évaluée au moyen de plus de 40 000 points de contrôle dans le monde entier et sur une période de 36 ans. La méthode et les résultats de validation complets ont été publiés dans la revue scientifique *Nature*, disponible [ici](#) (Pekel *et al.*, 2016). Les résultats de validation montrent que le système expert de détection d'eau a produit moins de 1 % de fausses détections d'eau et est passé à côté de moins de 5 % des surfaces d'eau. Les estimations fournies sont extrêmement robustes d'un point de vue statistique, étant donné qu'elles proviennent de l'analyse de plus de quatre millions d'images collectées au cours de 36 ans, qui ont été traitées de manière individuelle au moyen d'un algorithme de classification de haute qualité.

Le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1 montrera différentes transitions liées aux eaux de surface permanentes et saisonnières. Il s'agit de changements apparaissant dans l'état de l'eau entre deux points dans le temps (par ex., 2000–2019). Des données sont disponibles pour diverses transitions, notamment les nouvelles surfaces d'eau permanente (par ex., conversion d'une zone sans eau en une zone d'eau permanente), les surfaces d'eau permanente perdues (par ex., conversion d'une

zone d'eau permanente en une zone sans eau) ainsi que les eaux saisonnières nouvelles et perdues. Des profils temporels rendant compte de l'histoire complète de chaque pixel sont fournis. Ceux-ci permettent que des données mensuelles sur la présence ou l'absence d'eau soient recueillies. Il est possible de déterminer des mois/années spécifiques au cours desquels/desquelles des conditions ont changé (par ex., la date de remplissage d'un nouveau barrage ou le mois/l'année au cours duquel/de laquelle un lac a disparu). En outre, des données sur la saisonnalité sont fournies, faisant état de changements résultant de la variabilité intra- et interannuelle ou de l'apparition et la disparition de surfaces d'eau saisonnière ou permanente. Les données établissent une distinction entre les masses d'eau « permanentes », à savoir celles qui sont présentes tout au long de la période d'observation (théoriquement un an), et les masses d'eau « saisonnières », à savoir celles qui sont présentes uniquement une partie de l'année.

3.1.3 Calculer les variations de la superficie des eaux de surface permanentes et saisonnières

Des données sur la dynamique des eaux de surface sont disponibles pour une période de 36 ans, de 1984 à 2019. Chaque année, de nouvelles données annuelles sont produites et ajoutées à ces séries chronologiques. Dans le but de produire des statistiques nationales visant à suivre l'indicateur 6.6.1, des données annuelles commençant en 2000 et comprenant toutes les données annuelles recueillies à ce jour ont été utilisées.

Afin de calculer la variation en pourcentage de la superficie des lacs et des cours d'eau au moyen d'un ensemble de données couvrant la période 2000–2019, une période de référence est d'abord définie sur la base de laquelle la variation est mesurée. La présente méthode utilise la période allant de 2000 à 2004 comme période quinquennale de référence. La moyenne de toutes les observations de la Terre est établie annuellement et sur une période de cinq ans, la valeur de référence étant ensuite comparée à une période cible subséquente de cinq ans (par ex., 2015–2019). Sur la base de la période de référence et de la période cible, la variation en pourcentage de l'étendue spatiale est calculée au moyen de la formule suivante :

$$\text{Variation en pourcentage de l'étendue spatiale} = ((\beta - \gamma) / \beta) \times 100$$

où β = l'étendue spatiale nationale moyenne de 2000 à 2004

où γ = l'étendue spatiale nationale moyenne de toute autre période subséquente de cinq ans

La nature de cette formule produit des valeurs de variation en pourcentage pouvant être positives ou négatives, qui aident à indiquer la manière dont la superficie évolue. Sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1, des statistiques sont affichées en utilisant des symboles positifs et négatifs. S'agissant de l'interprétation, si la valeur est positive, les statistiques représentent un gain de superficie, alors que, si la valeur est négative, elles représentent une perte de superficie.

L'utilisation des termes « positif » et « négatif » ne signifie pas un état positif ou négatif de l'écosystème tributaire de l'eau qui fait l'objet d'un suivi. Un gain ou une perte de superficie d'eau de surface peut être bénéfique ou néfaste. L'incidence d'un gain ou d'une perte de superficie doit être

contextualisée à l'échelle locale. Les statistiques de variation en pourcentage indiquent la manière dont la superficie totale des lacs et des cours d'eau dans des limites données (par ex., frontières nationales) varie au fil du temps. Ces statistiques agrégées à l'échelle nationale devraient être interprétées avec une certaine prudence, dans la mesure où elles reflètent la superficie de tous les lacs et cours d'eau au sein des frontières d'un pays. Pour cette raison, des statistiques sous-nationales sont également mises à disposition, notamment aux échelles des bassins et des sous-bassins. Les statistiques produites à ces échelles plus petites reflètent des variations de superficie pour un nombre plus faible de lacs et de cours d'eau, au sein d'un bassin ou d'une sous-section de bassin, permettant une prise de décision à l'échelle locale portant sur une masse d'eau spécifique.

3.2 Mesurer les variations de la superficie des réservoirs

3.2.1 Pourquoi mesurer la superficie des réservoirs ?

Les réservoirs sont des masses d'eau douce artificielles (d'origine humaine), par opposition aux lacs qui sont d'origine naturelle. Les réservoirs sont inclus dans la méthode de suivi de l'indicateur 6.6.1 en tant que type d'écosystème tributaire de l'eau pour deux raisons. Premièrement, en raison de la contribution qu'ils apportent en fournissant des services d'eau à un grand nombre de personnes, notamment l'approvisionnement en eau domestique, l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique, le contrôle des inondations et des loisirs. Deuxièmement, afin que les variations dans un ensemble de données ne masquent pas les variations dans l'autre, il est utile de séparer les eaux de surface d'origine naturelle des eaux des réservoirs. En conséquence, un ensemble distinct de données sur la dynamique des réservoirs a été produit. Dans le contexte de la cible 6.6 des ODD, qui vise à protéger et à restaurer les écosystèmes tributaires de l'eau, il est important de souligner que, si les réservoirs fournissent aux populations des services d'eau précieux, il est également largement reconnu qu'ils ont une incidence négative sur la connectivité des systèmes d'eau douce d'origine naturelle et sont considérés comme la cause directe d'une perte importante de la biodiversité des eaux douces.

3.2.2 Description de la méthode utilisée pour établir une cartographie mondiale des variations de la superficie des réservoirs

Un ensemble de données mondiales sur la dynamique des réservoirs a été produit par le Centre commun de recherche de la Commission européenne. L'ensemble de données rend compte de la dynamique à long terme (depuis 1984) de l'étendue de 8 869 réservoirs à une résolution de 30 x 30 mètres par pixel. L'ensemble de données sur les réservoirs présente des données concernant la superficie des masses d'eau artificielles, notamment les réservoirs formés par des barrages, les zones inondées, comme les mines et les carrières à ciel ouvert, et les masses d'eau créées dans le cadre de projets d'ingénierie hydraulique, comme la construction de voies navigables et de ports. La carte ci-après montre les réservoirs à leur étendue maximum. L'ensemble de données sera progressivement complété et continuellement mis à jour afin de prendre en compte les réservoirs nouvellement construits.



Figure 1. Carte mondiale de l'ensemble des réservoirs

Chaque réservoir est répertorié en tant qu'objet distinct auquel a été attribué un code d'identification unique. Par exemple, la figure 2 montre un réservoir en Sardaigne (Italie) avec en arrière-plan une image composite sans nuage, en couleurs naturelles, du satellite Sentinel 2 en arrière-plan.

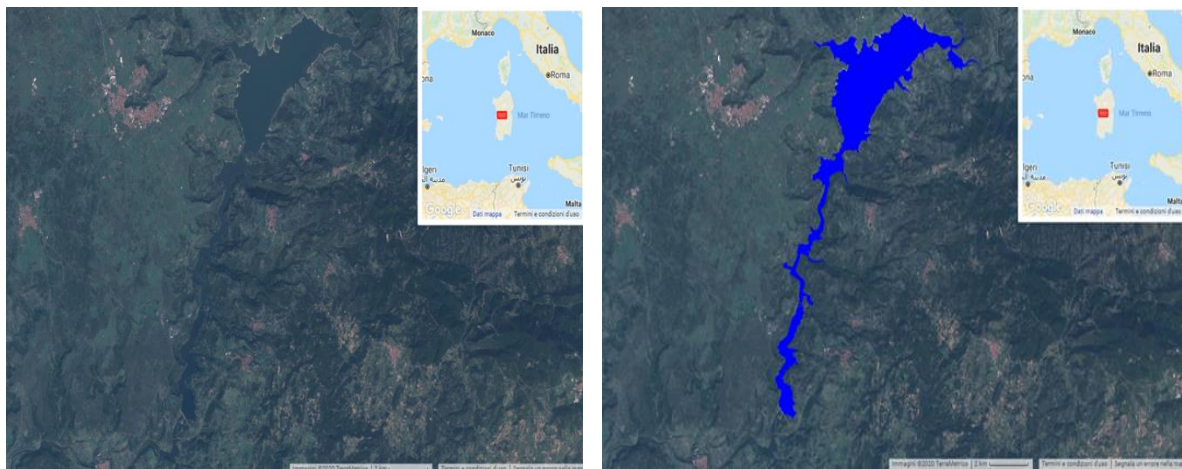


Figure 2. Visualisation d'un réservoir en Sardaigne (Italie) (image de gauche), avec une étendue d'eau maximum pour le même réservoir présentée au moyen d'un masque bleu (image de droite)

L'ensemble de données sur les réservoirs est dérivé de l'ensemble de données du système Global Surface Water Explorer, auquel est appliqué une classification à l'aide d'un système expert visant à séparer les masses d'eau naturelles et artificielles. La classification par le système expert est non-paramétrique pour tenir compte de l'incertitude dans les données, intègre une expertise en matière d'interprétation des images dans le processus de classification et utilise de multiples sources de données. Le système expert a été élaboré afin de délimiter les eaux naturelles et artificielles en suivant une approche de raisonnement fondé sur des éléments probants, vise à définir la situation

géographique ainsi que l'évolution temporelle de chaque pixel et est alimenté par les ensembles de données ci-après :

Global Surface Water Explorer (Pekel *et al.*, 2016) : cet ensemble de données établit une cartographie de la localisation et de la répartition temporelle à long terme (depuis 1984) des surfaces d'eau à l'échelle mondiale. Les cartes montrent différents aspects de la dynamique des eaux de surface et rendent compte des endroits et des moments où des eaux libres étaient présentes sur la surface de la Terre. Elles font apparaître les masses d'eau naturelles (cours d'eau, lacs, bandes côtières et zones humides) et artificielles (réservoirs formés par des barrages, zones inondées, comme les mines et les carrières à ciel ouvert, zones d'irrigation par submersion, comme les rizières, et masses d'eau créées dans le cadre de projets d'ingénierie hydraulique, comme la construction de voies navigables et de ports). L'histoire complète de toute surface d'eau peut être obtenue à l'échelle du pixel sous la forme d'un profil temporel. Ces profils permettent de déterminer des mois ou des années spécifiques au cours desquels des conditions ont changé (par ex., la date à laquelle un nouveau barrage a été créé ou le mois ou l'année au cours duquel un lac a disparu). L'ensemble de données est continuellement mis à jour, fournissant un suivi mondial constant des masses d'eau libre.

Global Reservoir and Dam Database (Lehner *et al.*, 2011) : la Global Reservoir and Dam Database (Base de données mondiale sur les réservoirs et les barrages) (GRanD) v1.3 est le résultat d'un effort international visant à rassembler les ensembles de données existants sur les barrages et les réservoirs dans le but de fournir à la communauté scientifique une base de données unique, géographiquement explicite et fiable. La version initiale (v1.1) de GRanD contient 6 862 relevés de réservoirs. La version la plus récente (v1.3) enrichit la version v1.1 de 458 réservoirs et barrages associés supplémentaires pour atteindre un nombre total de 7 320 relevés.

Modèle numérique mondial de surface : ALOS World 3D – 30 m est un ensemble de données d'un modèle numérique mondial de surface présentant une résolution horizontale d'environ 30 mètres (maillage de 1 seconde d'arc). Cet ensemble de données s'appuie sur l'ensemble de données du modèle numérique de surface de World 3D Topographic Data (maillage de 5 mètres). De plus amples informations figurent dans le document concernant l'ensemble de données disponible [ici](#).

Données altimétriques numériques (Farr *et al.*, 2004) : la Mission de cartographie radar de la Terre (Farr *et al.*, 2007) est un ensemble de données altimétriques numériques d'une résolution de 30 mètres fourni par le laboratoire NASA JPL à une résolution de 1 seconde d'arc.

3.2.3 Limites connues et possibilités d'amélioration

La version actuelle de l'ensemble de données mondiales sur la dynamique des réservoirs présente les limites connues ci-après :

- Il peut y manquer certains réservoirs construits avant 1984 ;
- Il peut y manquer des réservoirs dont la taille est inférieure à 3 hectares (30 000 m²) ;
- Il peut y manquer des sections de réservoirs dont la largeur est inférieure à 30 mètres.

3.2.4 Calculer la mesure dans laquelle la superficie des réservoirs varie au fil du temps

Des données sur la dynamique de la superficie des réservoirs sont disponibles pour une période de 36 ans, de 1984 à 2019. Chaque année, de nouvelles données annuelles sont produites et ajoutées à ces séries chronologiques. Dans le but de produire des statistiques nationales visant à suivre l'indicateur 6.6.1, des données annuelles commençant en 2000 et comprenant toutes les données annuelles recueillies à ce jour ont été utilisées.

Afin de calculer la variation en pourcentage de la superficie des réservoirs au moyen d'un ensemble de données couvrant la période 2000-2019, une période de référence est d'abord définie sur la base de laquelle la variation est mesurée. La présente méthode utilise la période allant de 2000 à 2004 comme période quinquennale de référence. La moyenne de toutes les observations de la Terre est établie annuellement et sur une période de cinq ans, la valeur de référence étant ensuite comparée à une période cible subséquente de cinq ans (par ex., 2015-2019). Sur la base de la période de référence et de la période cible, la variation en pourcentage de l'étendue spatiale est calculée au moyen de la formule suivante :

Variation en pourcentage de l'étendue spatiale = $((\beta - \gamma) / \beta) \times 100$

où β = l'étendue spatiale nationale moyenne de 2000 à 2004

où γ = l'étendue spatiale nationale moyenne de toute autre période subséquente de cinq ans

3.3 Mesurer la superficie des zones humides

3.3.1 Pourquoi mesurer la superficie des zones humides ?

Plus d'un milliard de personnes dépendent entièrement des services fournis par les écosystèmes des zones humides, notamment les marécages, les bogs, les fagnes, les tourbières, les marais et les rizières. Les moyens de subsistance des populations, le bien-être humain et le développement durable des sociétés sont étroitement liés à des zones humides naturelles saines et fonctionnelles. Cependant, les zones humides font face à des menaces majeures causées par leur conversion pour le développement commercial et l'agriculture, la surpêche, le tourisme, la pollution ainsi que les changements climatiques. Il est urgent d'améliorer et de renforcer les politiques nationales et les cadres juridiques pour aider les pays à protéger et restaurer les écosystèmes essentiels des zones humides. Or, les efforts passés ont été entravés par le manque de données sur la localisation, le type et la taille des ressources des zones humides. Ce genre de données et d'informations est crucial pour mesurer l'efficacité des mécanismes politiques, juridiques et réglementaires et essentiel pour suivre les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable. Malgré l'importance des zones humides, et contrairement à d'autres écosystèmes essentiels (par ex., les forêts, les mangroves et les masses d'eau intérieures), l'étendue et la dynamique des écosystèmes des zones humides ont, jusqu'à présent, été mal définies, caractérisées et modélisées.

3.3.2 Description de la méthode utilisée pour établir une cartographie mondiale des zones humides

La cartographie des zones humides intérieures couvertes de végétation est établie sur la base de la définition ci-après : « les zones humides intérieures couvertes de végétation comprennent les marais, les tourbières, les marécages, les bogs et les fagnes, les parties couvertes de végétation des plaines inondables ainsi que les rizières et cultures de décrue ». Ce sous-indicateur mesure uniquement les zones humides intérieures couvertes de végétation et non les mangroves côtières (voir la section 3.5 de la présente méthode concernant les mangroves). La présente méthode de suivi est utilisée aux fins de l'établissement de rapports officiels sur les statistiques relatives à l'indicateur 6.6.1⁵.

⁵ Elle n'applique pas la définition très large des zones humides utilisée par la Convention de Ramsar sur les zones humides, qui peut être interprétée comme comprenant toutes les eaux d'un pays, y compris le milieu marin. La définition utilisée pour l'indicateur 6.6.1 fait uniquement référence à un groupe spécifique de typologies de zones humides intérieures couvertes de végétation. Les pays peuvent utiliser dans les rapports transmis à la Convention de Ramsar sur les zones humides les données sur l'étendue de ces zones obtenues dans le cadre du suivi des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable.



Figure 3. Carte de l'étendue des zones humides pour le territoire de l'Ouganda

Une cartographie géospatiale mondiale de haute résolution des zones humides intérieures couvertes de végétation a été établie, détaillant l'étendue spatiale des zones humides pour chaque pays.

Les données sur les zones humides ont été produites pour aider les pays à suivre leurs écosystèmes de zones humides et combler un manque existant de données mondiales. La méthode de production des données utilise un mécanisme de suivi constant des zones humides fondé sur des données d'observation de la Terre par satellite. La carte mondiale couvre la totalité de la surface de la Terre, à l'exception de l'Antarctique et de quelques petites îles.

Étant donné que les zones humides font généralement l'objet de variations annuelles importantes, des données pluriannuelles ont été collectées afin de réduire les biais annuels potentiels et de produire des estimations robustes de l'étendue des zones humides. Des données de 2016, 2017 et 2018 ont été réunies et combinées pour produire une mesure de référence de l'étendue des zones humides (en km²). Des mises à jour annuelles futures permettront de produire des statistiques sur les changements dans les zones humides, qui, une fois disponibles, seront présentées sur le portail de données concernant l'indicateur 6.6.1. Les prévisions concernant l'étendue des zones humides au moyen des données d'observation de la Terre reposent sur quatre composantes : stratification, données d'entraînement, apprentissage automatique et post-traitement. L'approche utilise toutes les données disponibles provenant des satellites Sentinel 1, Sentinel 2 et Landsat 8 pour prévoir la probabilité des zones humides. Un modèle altimétrique numérique est utilisé pour qualifier les prévisions concernant les zones humides et un programme de post-traitement convertit la carte de probabilité des zones humides en une carte de l'étendue des zones humides.

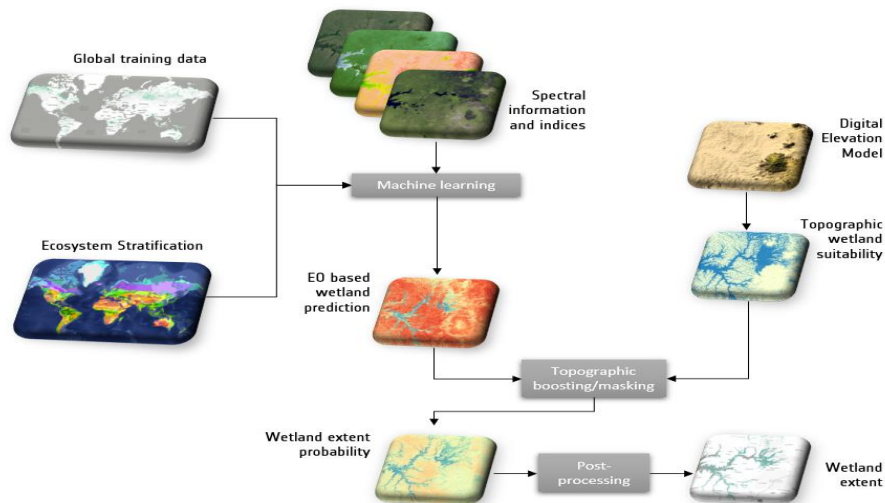


Figure 4. Séquence des opérations pour la cartographie de l'étendue des zones humides à l'échelle mondiale

LEGEND

Global training data : Données mondiales d'entraînement

Ecosystem stratification : Stratification des écosystèmes

Spectral information and indices : Informations et indices spectraux

Machine learning : Apprentissage automatique

EO based wetland prediction : Prédiction des zones humides sur la base de données d'observation de la Terre

Wetland extent probability : Probabilité concernant l'étendue des zones humides

Topographic boosting/masking : Renforcement/masquage topographique

Post-processing : Post-traitement

Digital elevation model : Modèle altimétrique numérique

Topographic wetland suitability : Pertinence topographique des zones humides

Wetland extent : Étendue des zones humides

En outre, des informations topographiques provenant de modèles altimétriques numériques issus de données d'observation par satellite sont utilisées. Près de 4 millions d'images satellites représentant 2,8 pétaoctets de données ont été systématiquement analysées et classées comme zones humides ou non au moyen d'un modèle d'apprentissage automatique.

Les utilisateurs de la carte mondiale des zones humides devraient être conscients du fait que celle-ci représente une évaluation rapide en première intention de la répartition mondiale des zones humides couvertes de végétation. La méthode appliquée met en évidence les zones humides intérieures couvertes de végétation. Une telle méthode peut aboutir à des sous-estimations par rapport aux statistiques nationales qui peuvent intégrer des eaux de surface et des zones humides côtières/marines. La précision des données disponibles sur les zones humides est d'environ 70 %, un taux de 100 % n'étant pas atteignable à l'heure actuelle. Nonobstant une approche de cartographie scientifiquement solide et robuste, il y aura inévitablement des inexactitudes dans les prévisions concernant les zones humides, suite à des erreurs d'attribution ainsi que des omissions. Parmi les erreurs d'attribution

notables figurent, par exemple, le classement en tant que zones humides de parcelles agricoles irriguées de manière intensive, ces dernières présentant de nombreuses caractéristiques spectrales similaires à celles des zones humides (à savoir, une humidité élevée et la présence de végétation même pendant la saison sèche). Les omissions seront principalement le fait de la grande diversité des zones humides. En dépit des meilleurs efforts déployés pour entraîner le modèle sur le plus grand éventail possible de zones humides, certains types et cas de comportement de zones humides ne seront pas pris en compte de manière adéquate dans un modèle mondial. Par exemple, certaines zones humides éphémères sont rarement inondées ou humides et, en conséquence, n'apparaissent souvent pas dans les ensembles de données d'observation par satellite. Dans d'autres cas, la partie humide d'une zone humide peut se trouver sous un couvert végétal dense et s'avérer difficile à évaluer au moyen de données d'observation de la Terre, la présence d'eau/humidité n'étant pas facile à détecter. Il existe également d'autres lacunes en matière de données, notamment :

- Seule une stratification régionale est appliquée, les strates couvrant plusieurs pays. L'utilisation d'un niveau plus fin de stratification aiderait à améliorer les prévisions locales/nationales concernant les zones humides ;
- La précision de la carte des zones humides sera encore améliorée dès qu'on procédera à des recoupements avec davantage d'inventaires nationaux de zones humides et des vérifications au sol ;
- Les informations de terrain provenant de modèles altimétriques numériques issus de données d'observation par satellite sont essentielles à l'établissement d'une cartographie des zones humides au niveau mondial. L'actuel ensemble de données de référence est fourni par le modèle altimétrique numérique de la Mission de cartographie radar de la Terre d'une résolution de 30 mètres qui couvre le globe de la latitude 60° nord à la latitude 56° sud, tandis que, pour la région située au nord de la latitude 60° nord, un modèle altimétrique numérique de résolution inférieure (90 mètres) a été utilisé. Des options permettant d'utiliser des modèles altimétriques numériques d'une résolution de 30 mètres au nord de la latitude 60° nord existent et devraient être envisagées dans le cadre de mises à jour futures ;
- De petites îles et même, potentiellement, de petits États insulaires entiers ne font pas partie du plan d'acquisition des satellites Sentinel. En conséquence, aucune prévision concernant les zones humides n'a été réalisée pour ces zones. Il serait possible d'élaborer des modèles distincts pour ces îles manquantes au moyen d'autres ensembles de données satellites (par ex., en utilisant Landsat uniquement).

Les futures mises à jour et les nouvelles versions de la carte des zones humides combleront les lacunes ci-dessus, notamment par une éventuelle transition vers un modèle d'apprentissage profond pour faire apparaître plus explicitement les aspects temporels et spatiaux des prévisions concernant les zones humides. Malgré les limites de la méthode, la cartographie de haute résolution des zones humides pour le monde entier est réalisée au moyen des technologies et capacités de calcul de pointe actuellement disponibles. Il s'agit d'un grand pas en avant vers la communication de données précises et statistiquement robustes sur les zones humides.

3.3.3 Calculer les variations de la superficie des zones humides pour chaque pays

Aucune variation de la superficie n'a encore été calculée. Toutefois, une superficie de référence a été calculée pour chaque pays. La présente méthode utilise 2017 comme année de référence (sur la base de données d'imagerie datant de 2016 à 2018 afin de réduire les biais annuels potentiels). À l'avenir, des mises à jour seront apportées chaque année à cet ensemble de données sur les zones humides. Une fois la mise à jour apportée, il sera possible de calculer les variations de la superficie des zones humides à partir de la période de référence. Sur la base de cette période de référence, la variation en pourcentage de l'étendue spatiale est calculée au moyen de la formule suivante :

Variation en pourcentage de l'étendue des zones humides = $((\beta-\gamma)/\beta)\times 100$

où β = l'étendue spatiale des zones humides pour la période de référence

où γ = l'étendue spatiale pour la période considérée

3.4 Mesurer les variations de la superficie des mangroves

3.4.1 Pourquoi mesurer les mangroves ?

Les marécages à mangroves sont des écosystèmes intertidaux boisés qui sont répartis au niveau mondial approximativement entre la latitude 32° nord (Bermudes) et la latitude 39° sud (Victoria, Australie). À l'échelle du paysage, les mangroves remplissent des fonctions essentielles qui ont trait à la régulation de l'eau douce, des matières nutritives et de l'apport de sédiments dans les zones marines. En outre, elles aident à contrôler la qualité des eaux côtières marines et revêtent une importance capitale en tant que sites de reproduction et de nurserie pour les oiseaux, les poissons et les crustacés. Selon les estimations, près de deux tiers de l'ensemble des poissons capturés au niveau mondial dans le milieu marin dépendent, en fin de compte, de la santé des écosystèmes côtiers tropicaux. De plus, les mangroves reçoivent de grandes quantités de matières et d'énergie à la fois de la terre et de la mer et constituent d'importants réservoirs pour le stockage du carbone (Lucas *et al.*, 2014).

Autrefois abondantes le long des côtes tropicales et subtropicales de la planète, les mangroves déclinent à un taux similaire à celui des forêts (naturelles) terrestres, environ 4 à 5 % de la couverture mondiale ayant été perdue durant les deux dernières décennies (Ramsar Convention, 2018 ; FAO, 2015). La suppression des mangroves aux fins de l'aquaculture, de l'agriculture, de l'exploitation de l'énergie et d'autres activités de développement industriel constitue l'un des principaux facteurs de changement, une proportion non connue des mangroves restantes étant fragmentée et dégradée (Thomas *et al.*, 2017). Les mangroves sont également sensibles aux effets des changements climatiques tels que l'élévation du niveau de la mer, les températures extrêmes et la modification de l'aire géographique ainsi qu'aux changements des conditions hydrologiques.

Les informations sur l'état et l'évolution des mangroves sont limitées tant au niveau national qu'au niveau mondial. Cela s'explique en partie par le fait que les mangroves se situent souvent entre les juridictions nationales des zones humides et celles des forêts et en partie par leurs localisations généralement éloignées et inaccessibles, rendant coûteux et longs une cartographie et un suivi périodiques par des moyens conventionnels. Les sols des mangroves contiennent plus de 6 milliards de tonnes de carbone et peuvent piéger jusqu'à 3 ou 4 fois plus de carbone que leurs équivalents terrestres mais relèvent de la catégorie des forêts dans le programme REDD+⁶ de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (IUCN, 2017) et devraient donc être inclus dans les rapports nationaux sur les émissions.

⁶ Réduction des émissions causées par le déboisement et la dégradation des forêts dans les pays en développement et rôle de la conservation, de la gestion durable des forêts et de l'accroissement des stocks de carbone forestiers dans les pays en développement.

3.4.2 Description de la méthode utilisée pour mesurer la superficie des mangroves

Les cartes mondiales des superficies des mangroves ont été établies en deux phases. D'abord, une carte mondiale montrant l'étendue des mangroves a été établie (pour 2010) et, ensuite, six couches de données annuelles additionnelles ont été produites (pour 1996, 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016). La méthode utilise une combinaison de données satellites radar (ALOS PALSAR) et optiques (Landsat 5 et 7). Environ 15 000 scènes de Landsat et 1 500 tuiles mosaïques d'ALOS PALSAR (1 x 1 degré) ont été utilisées pour créer des images optiques et radar composites couvrant le littoral le long des côtes tropicales et subtropicales dans les Amériques, en Afrique, en Asie et en Océanie. La classification a été circonscrite au moyen d'un masque de l'habitat des mangroves, qui définit les régions dans lesquelles des écosystèmes de mangroves peuvent exister. La définition de l'habitat des mangroves a été établie sur la base de paramètres géographiques tels que la latitude, l'altitude et la distance par rapport à l'eau océanique. L'entraînement pour le masque de l'habitat et la classification du masque des mangroves de 2010 a été fondé sur l'échantillonnage aléatoire de près de 38 millions de points au moyen de cartes historiques des mangroves pour l'année 2000 (Giri *et al.*, 2010 ; Spalding *et al.*, 2010), des cartes hydrologiques (Pekel *et al.*, 2017) et des données du modèle altimétrique numérique de la Mission de cartographie radar de la Terre d'une résolution de 30 mètres.

Les cartes pour les six autres périodes ont été établies par la détection et la classification des pertes de mangroves (définies comme une baisse de l'intensité de la rétrodiffusion radar) et des gains de mangroves (définis comme une augmentation de l'intensité de la rétrodiffusion radar) entre les données d'ALOS PALSAR de 2010, d'une part, et les données de JERS-1 SAR (1996), d'ALOS PALSAR (2007, 2008 et 2009) et d'ALOS-2 PALSAR-2 (2015 et 2016), d'autre part. Les pixels présentant des modifications dans chacun des ensembles de données annuelles ont ensuite été ajoutés ou retirés du masque raster de référence 2010 (avec zone tampon permettant la détection de gains de mangroves également immédiatement en dehors du masque) afin de produire les cartes annuelles montrant l'étendue des mangroves.

La précision de la classification de l'ensemble de données de référence de 2010 a été évaluée au moyen d'un échantillon aléatoire d'environ 53 800 points dans 20 régions choisies de manière aléatoire. La précision globale a été estimée à 95,25 %, tandis que les précisions utilisateur (erreurs d'attribution) et producteur (omissions) pour la classe des mangroves ont été estimées à 97,5 % et 94 %, respectivement. Les précisions de la classification des changements ont été évaluées au moyen de plus de 45 000 points, la précision globale s'élevant à 75 %. Les précisions utilisateur pour la perte, le gain et l'absence de changement ont été estimées à 66,5 %, 73,1 % et 83,5 %, respectivement. Les précisions producteur correspondantes pour ces trois classes ont été estimées à 87,5 %, 73 % et 69 %, respectivement.

Lacunes en matière de données :

- La carte des mangroves est un ensemble de données mondiales et, en conséquence, il ne faudrait pas s'attendre à ce que partout soit atteint un niveau de précision équivalent à celui d'une carte à l'échelle locale établie au moyen d'études de terrain ou de l'utilisation de données géospatiales d'une résolution spatiale très haute. Un exercice de cartographie à l'échelle mondiale ayant recours à des données et des méthodes cohérentes – complété par des données au sol à des fins de calibration et de validation – nécessite généralement, pour des raisons logistiques, un arbitrage concernant la précision de l'échelle locale. Néanmoins, les cartes mondiales peuvent être améliorées au niveau local (ou national) en ajoutant des informations améliorées (données in situ et données aériennes ou de drone) aux fins de l'entraînement et de la reclassification.
- Plusieurs facteurs peuvent avoir une incidence sur la précision de la classification, notamment la disponibilité de données satellites, la composition des espèces de mangroves et le niveau de dégradation.
- Si l'espacement initial des pixels des données satellites pour la cartographie est de 25 à 30 mètres, une unité de cartographie minimum d'environ 1 hectare est recommandée en raison de l'incertitude liée à la classification d'un unique pixel. Les erreurs de classification (en particulier les omissions) augmentent généralement dans les régions faisant l'objet de perturbations et de morcellements, comme les étangs d'aquaculture, ainsi que le long des mangroves de récifs riverains ou côtiers qui forment des bordures étroites de quelques pixels.
- En général, les limites des mangroves situées en bordure de mer sont définies de manière plus précise qu'à l'intérieur des terres, où la distinction entre les mangroves et certaines zones humides ou espèces terrestres de végétation peut ne pas être claire.
- Des artefacts en stries en raison d'erreurs de ligne de balayage de Landsat 7 sont présents dans certaines zones, en particulier en Afrique de l'Ouest, du fait du manque de données de Landsat 5 et d'une couverture nuageuse persistante.
- Lacunes connues en matière de données dans cette version (v2.0) de l'ensemble de données : Bermudes (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord), Fidji (partie orientale de l'antiméridien), Guam et Saipan (États-Unis d'Amérique), groupe des îles d'Aldabra (Seychelles), île Europa (France), îles Andaman-et-Nicobar (Inde), îles Chagos, Îles Marshall, îles Wallis et Futuna (France), Kiribati, Maldives et Pérou (au sud de la latitude 4° sud).

Comme pour la cartographie des zones humides, la production de données de haute résolution sur les mangroves pour le monde entier est réalisée au moyen des technologies et capacités de calcul de pointe actuellement disponibles. Il s'agit d'un grand pas en avant vers la communication de données précises et statistiquement robustes sur les mangroves, qui peuvent être mises à jour continuellement.

3.4.3 Calculer la superficie des mangroves pour chaque pays

Des données sur la superficie des mangroves sont disponibles pour 1996, 2007, 2008, 2009, 2010, 2015 et 2016. De nouvelles données annuelles pour 2017 et 2018 seront produites au cours de l'année 2020. Dans le but de produire des statistiques nationales visant à suivre l'indicateur 6.6.1, l'année 2000 a été utilisée à titre d'estimation sur la base de l'ensemble des données annuelles de 1996 afin d'aligner cette valeur de référence sur celle de l'ensemble de données sur les eaux de surface. L'année 2000 sera utilisée comme période de référence pour l'étendue des mangroves au niveau national. L'étendue des mangroves au niveau national est comparée à cette année de référence. La variation en pourcentage de l'étendue spatiale est calculée au moyen de la formule suivante :

Variation en pourcentage de l'étendue spatiale = $((\beta-\gamma)/\beta) \times 100$

où β = l'étendue spatiale nationale de l'année 2000

où γ = l'étendue spatiale nationale de toute autre période annuelle subséquente

3.5 Mesurer la turbidité et l'état trophique des lacs

3.5.1 Pourquoi mesurer la turbidité et l'état trophique des lacs ?

La turbidité est un indicateur clé de la clarté de l'eau, quantifiant l'aspect trouble de l'eau et servant d'indicateur de la disponibilité de lumière sous l'eau. L'indice de l'état trophique se rapporte au degré auquel les matières organiques s'accumulent dans la masse d'eau et est le plus couramment utilisé dans le cadre du suivi de l'eutrophisation. Dans le présent contexte, les deux paramètres relatifs à l'eau peuvent être utilisés pour déterminer un état particulier ou la qualité d'une masse d'eau douce.

3.5.2 Description de la méthode utilisée pour mesurer la turbidité et l'état trophique des lacs

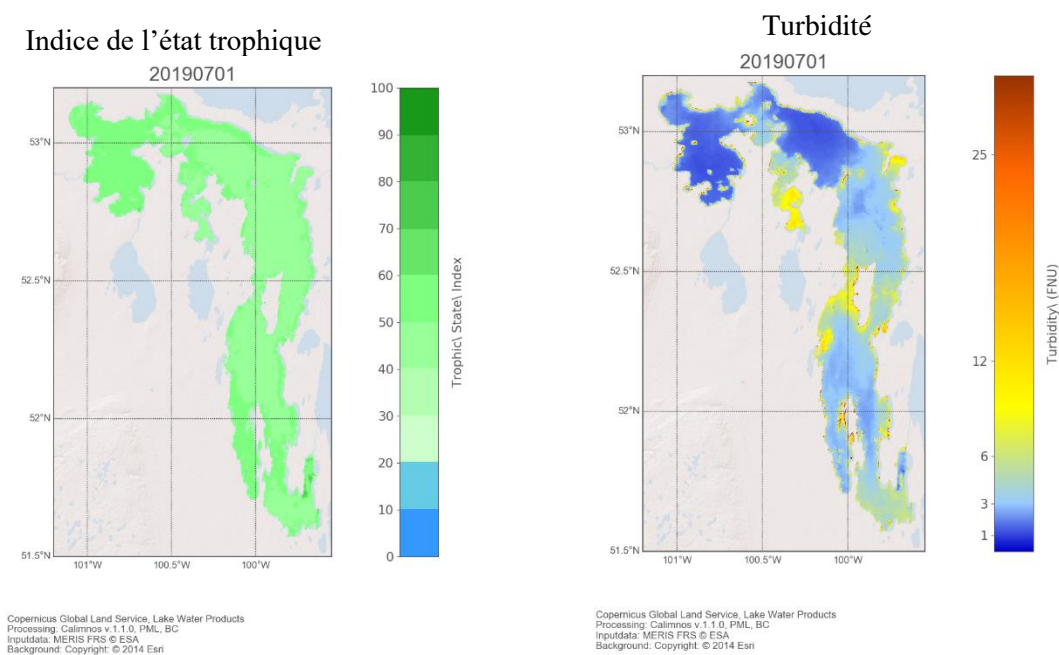
L'ensemble de données mondiales mesure deux paramètres relatifs à l'eau des lacs : la turbidité et une estimation de l'indice de l'état trophique. Les produits viennent du service terrestre de Copernicus, le programme d'observation de la Terre de la Commission européenne. Pour les deux paramètres, l'ensemble de données établit des moyennes mensuelles ainsi que des moyennes mensuelles pluriannuelles pour les périodes 2006–2010 et 2017–2019. Les produits sont cartographiés à une résolution de 300 x 300 mètres par pixel, recueillant des données pour un total de 4 265 lacs. À chacun des lacs sont associées des informations d'identification individuelle permettant d'établir un lien avec d'autres ensembles de données hydrologiques. Une liste de tous les identifiants de lacs ainsi que des informations supplémentaires (localisation, nom – lorsqu'il est connu, superficie) sont mises à disposition. La turbidité est le résultat d'estimations de la concentration des solides en suspension et l'indice de l'état trophique est établi sur la base de la biomasse phytoplanctonique, la chlorophylle a étant utilisée comme indicateur.

| Classification trophique | Indice de l'état trophique, valeurs CGLOPS TSI (Copernicus Global Land Operations - Trophic State Index) | Chlorophylle a (µg/l) (limite supérieure) |
|---------------------------------|---|--|
| Oligotrophe | 0 | 0,04 |
| | 10 | 0,12 |
| | 20 | 0,34 |
| | 30 | 0,94 |
| Mésotrophe | 40 | 2,6 |
| | 50 | 6,4 |
| Eutrophe | 60 | 20 |
| | 70 | 56 |
| Hypereutrophe | 80 | 154 |
| | 90 | 427 |
| | 100 | 1 183 |

Tableau 2 : Indice de l'état trophique et concentrations correspondantes en chlorophylle a pour les différents niveaux trophiques (selon Carlson (1977))

Les produits de la période 2006–2010 sont basés sur des observations du capteur MERIS, tandis que le produit de la période 2017–2019 est le résultat d’observations des capteurs OLCI. Des cartes faisant apparaître des zones tampons terre/eau ainsi que des cartes des glaces ont été utilisées afin d’améliorer la précision des données.

La figure ci-après est un exemple de visualisation des deux paramètres relatifs à l’eau des lacs pour le lac Huron, montrant une moyenne sur 10 jours de l’indice de l’état trophique (gauche) et une moyenne sur 10 jours de la turbidité (droite).



LEGEND

Trophic/State/Index : *Indice de l'état trophique*

Copernicus Global Land Service, Lake Water Products : *Global Land Service de Copernicus, produits relatifs à l'eau des lacs*

Processing Calimnos v.1.1.0. PML, BC : *Traitement Calimnos v.1.1.0. PML, BC*

Inputdata: MERIS FRS © ESA : *Données d'entrée : MERIS FRS © ESA*

Background: Copyright: © 2014 Esri : *Arrière-plan : Copyright : © 2014 Esri*

Turbidity/(FNU) : *Turbidité (unité néphélogométrique formazine)*

Copernicus Global Land Service, Lake Water Products : *Global Land Service de Copernicus, produits relatifs à l'eau des lacs*

Processing Calimnos v.1.1.0. PML, BC : *Traitement Calimnos v.1.1.0. PML, BC*

Inputdata: MERIS FRS © ESA : *Données d'entrée : MERIS FRS © ESA*

Background: Copyright: © 2014 Esri : *Arrière-plan : Copyright : © 2014 Esri*

Figure 5 : Lac Winnipegosis – produit mensuel de l’indice de l’état trophique (gauche) et de la turbidité (droite) pour juillet 2019

La cohérence des produits a été testée (séries chronologiques) et les produits ont été comparés à des données in situ pour une série de lacs. Une méthodologie technique détaillée est téléchargeable sur le portail de données concernant l’indicateur 6.6.1 ([SDG661.app](#)).

3.5.3 Calculer les statistiques relatives à la turbidité et à l'indice de l'état trophique

Une période de référence a été établie, comprenant des moyennes mensuelles sur cinq années d'observations pour la période 2006–2010. Sur la base de ces cinq années de données, 12 moyennes mensuelles ont été calculées (une pour chaque mois de l'année) pour l'état trophique et la turbidité. Une autre série d'observations est ensuite utilisée pour mesurer les changements par rapport aux données de référence. Ces données mensuelles comprennent les années 2017, 2018 et 2019. Les 12 moyennes mensuelles ont été calculées pour ces trois années.

L'écart mensuel par rapport à la valeur de référence pluriannuelle est calculé au moyen de l'équation ci-après : $(\text{moyenne mensuelle} - \text{valeur de référence mensuelle}) / \text{valeur de référence mensuelle} \times 100$

Pour chaque pixel et pour chaque mois, le nombre des observations valables a été compté, ainsi que le nombre des mois au cours desquels des écarts mensuels sont apparus, se situant dans une des fourchettes de valeurs ci-après : 0-25 %, 25-50 % (moyen), 50-75 %, 75-100 % (élevé). Une synthèse annuelle des écarts est également établie.

Données de niveau 2

Les sous-indicateurs inclus dans le niveau 2 concernent certains éléments de l'indicateur 6.6.1 qui soit sont modélisés soit doivent faire l'objet d'un suivi « in situ » au sein des pays eux-mêmes.

L'organisme responsable demandera périodiquement des données in situ de niveau 2 collectées par les pays et, après un contrôle de la qualité, transmettra les données pertinentes à la Division de statistique de l'ONU.

3.6 Mesurer ou modéliser le débit des cours d'eau

Le débit des cours d'eau et des estuaires, ou le volume d'eau s'écoulant en aval par unité de temps, est une mesure essentielle pour connaître la quantité d'eau au sein d'un écosystème et la disponibilité de celle-ci pour l'utilisation humaine. La présente section contient des considérations clés pour suivre les débits et fournit des critères pour produire des données à ce sujet afin d'étayer l'indicateur 6.6.1.

Méthodes habituelles de suivi in situ : il existe une variété de méthodes pour le suivi des débits in situ et leur sélection devrait être fondée sur la taille et le type de la masse d'eau, le terrain et la vitesse du débit d'eau, le niveau de précision souhaité pour les mesures ainsi que les moyens financiers disponibles. Les deux approches les plus utilisées et accessibles sont les stations de jaugeage et l'utilisation de courantomètres. Dans de nombreux pays, les stations de jaugeage constituent les moyens les plus courants pour mesurer les débits des cours d'eau, permettant même un suivi continu et souvent en temps réel. Il s'agit de points fixes le long d'un cours d'eau ou d'un estuaire où les changements dans la hauteur de la surface de l'eau (niveau) sont suivis à des endroits où une relation directe existe entre le niveau et le débit, une « courbe de tarage » pouvant être établie. La hauteur de la surface de l'eau (niveau) est fréquemment mesurée et le débit est estimé, le plus souvent à des intervalles mensuels, mais, dans de nombreux endroits, ces données sont disponibles quotidiennement ou même continuellement. Des courantomètres et d'autres instruments peuvent être utilisés pour suivre le flux et calculer le débit. Par exemple, des courantomètres à hélice, des micromoulinets ou des courantomètres électromagnétiques sont souvent utilisés pour mesurer la vitesse et peuvent être associés à des méthodes de calcul de la surface de la section transversale pour obtenir des débits. Des courantomètres à effet Doppler (ADCP) sont largement utilisés pour les cours d'eau/estuaires de plus grande taille afin de mesurer avec précision la profondeur du lit, la vitesse et le débit. Ils sont souvent attachés à des bateaux et traînés le long d'une masse d'eau, mais des installations permanentes peuvent également exister, envoyant des ondes acoustiques et mesurant la réflectivité acoustique. Les courantomètres et les instruments tels que les ADCP sont nettement plus coûteux que d'autres méthodes de mesure et nécessitent des opérateurs compétents ainsi que des programmes de maintenance efficaces. Toutefois, pour les cours d'eau de plus grande taille, ils peuvent s'avérer être l'option la plus appropriée, en particulier dans des conditions de débit élevé.

Localisation du suivi : la méthode de suivi choisie peut imposer le lieu où le débit est relevé le long d'un cours d'eau ou d'un estuaire. Par exemple, si des barrages fixes sont en place, le suivi se fera toujours à cet endroit. Dans la mesure où le suivi d'un débit in situ peut prendre du temps et être coûteux, il est recommandé de choisir des lieux stratégiques qui représentent un cours d'eau ou un estuaire entier. L'effort de suivi minimum consiste à établir un site de mesure du flux à proximité de chaque sortie du bassin (vers un autre bassin). En outre, un suivi au point de sortie de tous les principaux affluents ajoute un niveau important d'information. Lorsqu'il y a une incidence locale sur le débit en raison d'une influence humaine, il est recommandé de suivre le flux en amont et en aval de ces zones de manière à pouvoir gérer la situation globale.

Fréquence du suivi : la quantité d'eau dans un cours d'eau ou un estuaire peut varier rapidement à la suite de précipitations et d'événements climatiques. Plus le nombre de données sur les débits est important, plus la précision de ces données est élevée. Cependant, il est important, là encore, de cibler les efforts et de choisir une fréquence stratégique pour le suivi. Les données sur les débits devraient, dans l'idéal, être collectées à un endroit donné au minimum une fois par mois (idéalement, à une fréquence quotidienne), ces données pouvant ensuite être utilisées afin de déterminer des tendances annuelles et à long terme. La quantité d'eau dans les estuaires peut être fortement influencée par les marées. En conséquence, cet indicateur est limité aux flux d'eau douce des cours d'eau en amont entrant dans l'estuaire.

Modélisation des débits : outre le suivi in situ, qui est toujours perturbé par toutes les formes de modulation du flux, de stockage ou de prélèvement d'eau en amont, les débits peuvent également être modélisés au moyen de l'un des nombreux modèles disponibles qui utilisent des données sur le climat et l'utilisation des sols, entre autres données, afin d'estimer les flux naturels et actuels. Des applications de modèles hydrologiques au niveau mondial sont disponibles. Dans certains pays, ces applications ou des modèles similaires ont été élaborés pour le contexte local et sont calibrés à l'aide de données réelles mesurées. Dans un souci de précision, il est recommandé que les données de modélisation sur les débits soient, dans la mesure du possible, complétées par des données in situ mesurées. Les modèles hydrologiques conceptuels pour l'estimation des flux et des débits se prêtent normalement moins à la détection des incidences sur les flux de changements mineurs dans la couverture des sols au fil du temps, ces modèles étant calibrés sur des données historiques relatives aux flux et les conditions associées d'utilisation des terres.

3.7 Mesurer la quantité d'eau souterraine dans les aquifères

Les changements au niveau de la quantité d'eau souterraine dans les aquifères constituent des informations importantes pour de nombreux pays qui dépendent fortement de la disponibilité de l'eau souterraine. Aux fins du suivi de l'indicateur 6.6.1, les changements dans les niveaux de l'eau souterraine donnent une bonne indication des changements de la quantité d'eau stockée dans un aquifère. De plus, seuls les aquifères d'eau souterraine significatifs, qui peuvent être considérés comme des écosystèmes d'eau douce en tant que tels, seront inclus dans les rapports.

Localisation du suivi : la mesure du niveau de l'eau souterraine dans un aquifère est effectuée par des forages. Une des difficultés liées à la mise en place d'un suivi réside dans le choix de la localisation des trous de forage qui représenteront de manière adéquate la situation globale des eaux souterraines d'un aquifère. Le nombre des trous de forage qui doivent faire l'objet d'un suivi ne peut pas être prescrit, étant donné que la répartition des eaux souterraines peut varier en fonction de la localisation et des caractéristiques des aquifères. Il est recommandé que le nombre des trous de forage faisant l'objet d'un suivi soit suffisant pour pouvoir caractériser la zone, les capacités du pays étant un facteur à prendre en compte pour décider du nombre de trous qui permettraient de représenter au mieux la zone. Il est hautement recommandé que des données soient recueillies de puits d'observation/trous de sonde (trous de forage qui ne sont pas équipés de pompes). L'utilisation de données provenant de trous de forage qui ont déjà été utilisés (pompés) devrait être évitée. Au cas où un trou de forage pompé doit être utilisé pour des mesures, il est fondamental de faire précéder celles-ci d'une période de récupération suffisamment longue au cours de laquelle le trou de forage n'est pas utilisé, de sorte que le niveau d'eau souterraine du trou puisse se stabiliser.

Fréquence du suivi : les niveaux des eaux souterraines varient à la suite de changements dans la recharge des eaux souterraines (en raison des conditions climatiques et de l'utilisation des terres) et d'absorptions anthropiques du système (prélèvement des eaux souterraines). Les influences des cycles saisonniers et des cycles de temps sec/humide doivent être comprises. Par conséquent, un suivi mensuel serait optimal, mais une collecte au moins deux fois par an, dans la saison sèche et la saison humide, est nécessaire.

Critères pour les données relatives à l'indicateur 6.6.1 : les données sur la quantité des eaux souterraines fournies à l'(aux) organisme(s) responsable(s) feront l'objet d'un contrôle de la qualité pour assurer l'intégrité des données. La collecte de données sur le niveau des eaux souterraines génère des statistiques qui peuvent servir à estimer les changements dans la quantité d'eau souterraine dans un aquifère au fil du temps. Afin d'examiner ces changements au fil du temps, une variation en pourcentage du niveau des eaux souterraines sera établie et validée conjointement par l'(les) organisme(s) responsable(s) et le pays. Le calcul de la variation en pourcentage à un niveau national nécessite l'établissement d'une période de référence commune pour tous les bassins, qui peut être basée soit sur des données historiques relatives au niveau des eaux souterraines (option à privilégier) soit sur des données modélisées, si de telles données sont disponibles. Dans les cas où de telles données ne sont pas disponibles, une période plus récente peut être choisie pour représenter la période de base ou de référence.

4 PORTAIL DE DONNÉES MONDIALES POUR L'INDICATEUR 6.6.1

La mise en place du portail de données concernant l'indicateur 6.6.1 a été motivée par la nécessité d'appuyer les processus de suivi et d'établissement de rapports nationaux et de faciliter la prise de décisions fondées sur des données en vue de protéger et de restaurer les écosystèmes tributaires de l'eau. Comme décrit dans les sections ci-dessus, des approches méthodologiques rigoureuses ont été appliquées afin de produire des données de haute précision. Les données disponibles (en mars 2020) concernent de nombreux aspects de l'indicateur 6.6.1. Ces ensembles de données existants seront régulièrement mis à jour. Le PNUE continuera de travailler avec des partenaires dans un effort visant à intégrer dans le portail de nouveaux ensembles de données aux fins d'une appropriation et d'une utilisation par les États membres, notamment concernant la dynamique des volumes des réservoirs, la dynamique des volumes des lacs et la modélisation des débits des cours d'eau. Ces ensembles de données supplémentaires compléteront les données existantes concernant les variations de l'étendue des écosystèmes tributaires de l'eau et fourniront encore d'autres informations utiles pour étayer la prise de bonnes décisions en vue de la protection et de la restauration des écosystèmes tributaires de l'eau.

Références

Albert *et al.*, 2020 - Scientists' warning to humanity on freshwater biodiversity crisis. *Ambio*. Perspective. Kungl. Vetenskaps Akademien.

Dickens *et al.*, 2019 - Chris Dickins, Matthew McCartney: Water-related Ecosystems, International Water Management Institute, Sri Lanka.

Farr *et al.*, 2004 - Farr, T.G., Rosen, P.A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., and Alsdorf, D.E., 2007, The shuttle radar topography mission: Reviews of Geophysics, v. 45, no. 2, RG2004, disponible à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.1029/2005RG000183>.

Gardner R, Finlayson C., 2018 - Global wetland outlook: state of the World's wetlands and their services to people. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland (Suisse).

IAEG-SDGs, 2019 - Global and Complementary (Non-authoritative) Geospatial Data for SDGs: Role and Utilization, Stephan Arnold, Jun Chen & Olav Eggers, produit par le Groupe de travail sur l'information géospatiale du Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable et mis à la disposition du Groupe d'experts à sa neuvième réunion qui s'est tenue en mars 2019. http://ggim.un.org/documents/Report_Global_and_Complementary_Geospatial_Data_for_SDGs.pdf

IUCN, 2017 - Issues Brief on Peatlands and Climate Change. Gland. https://www.iucn.org/sites/dev/files/peatlands_and_climate_change_issues_brief_final.pdf

IUCN, 2017 - Mangroves and REDD+: A new component of MFF. www.iucn.org/news/asia/201711/mangroves-and-redd-new-component-mff

Lehner *et al.*, 2011 - Lehner, B., C. Reidy Liermann, C. Revenga, C. Vörösmarty, B. Fekete, P. Crouzet, P. Döll, M. Endean, K. Frenken, J. Magome, C. Nilsson, J.C. Robertson, R. Rodel, N. Sindorf, and D. Wisser. 2011. High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (9): 494-502.

Lucas *et al.*, 2014 - Lucas, R., Rebelo, L.-M., Fatoyinbo, L., Rosenqvist, A., Itoh, T., Shimada, M., Simard, M., Souza-Filho, P.W., Thomas, N., Trettin, C., Accad, A., Carreiras, J. & Hilarides, L. (2014). "Contribution of L-band SAR to systematic global mangrove monitoring". *Marine and Freshwater Research*, 65(7), 589-603. doi.org/10.1071/MF13177.

MEA, 2005 –Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well Being: Wetlands and water synthesis. Island Press, Washington DC.

Nations Unies, 2015 - Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030.

<https://undocs.org/fr/A/RES/70/1>

ONU-Eau, 2019 - Note de politique d'ONU-Eau sur le changement climatique et l'eau, version de septembre 2019.

Pekel *et al.*, 2016 - Jean-Francois Pekel, Andrew Cottam, Noel Gorelick, Alan S. Belward, High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540, 418-422 (2016). (doi:10.1038/nature20584).

Ramsar Convention, 2018 - Ramsar Technical Report 10: The use of Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring.

www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/rtr10_earth_observation_e.pdf

Reid *et al.*, 2019 - Reid AJ, Carlson AK, Creed IF, Eliason EJ, Gell PA, Johnson PT, Kidd KA, MacCormack TJ, Olden JD, Ormerod SJ. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*. 94: 849–873.

Sayer *et al.*, 2019 – Roger Sayre, Suzanne Noble, Sharon Hamann, Rebecca Smith, Dawn Wright, Sean Breyer, Kevin Butler, Keith Van Graafeiland, Charlie Frye, Deniz Karagulle, Dabney Hopkins, Drew Stephens, Kevin Kelly, Zeenatul Basher, Devon Burton, Jill Cress, Karina Atkins, D. Paco Van Sistine, Beverly Friesen, Rebecca Allee, Tom Allen, Peter Aniello, Irawan Asaad, Mark John Costello, Kathy Goodin, Peter Harris, Maria Kavanaugh, Helen Lillis, Eleonora Manca, Frank Muller-Karger, Bjorn Nyberg, Rost Parsons, Justin Saarinen, Jac Steiner & Adam Reed (2019) A new 30 meter resolution global shoreline vector and associated global islands database for the development of standardized ecological coastal units, *Journal of Operational Oceanography*, 12:sup2, S47-S56, DOI: 10.1080/1755876X.2018.1529714.

Thomas N, Lucas R, Bunting P, Hardy A, Rosenqvist A, and Simard M (2017) “Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010”. *PLOS ONE* 12(6): e0179302. doi.org/10.1371/journal.pone.0179302.

United Nations, 2018 - Guidelines on Data Flows and Global Data Reporting for Sustainable Development Goals, élaborées par le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, Commission de statistique de l'ONU.

<https://unstats.un.org/unsd/statcom/49th-session/documents/BG-Item-3a-IAEG-SDGs-DataFlowsGuidelines-E.pdf>

