

MANUEL DES SYSTÈMES D'INFORMATION SUR L'EAU

ADMINISTRATION, TRAITEMENT ET EXPLOITATION DES DONNÉES SUR L'EAU

Septembre 2018



Sous le patronage
de l'**UNESCO**

La rédaction de ce manuel a été coordonnée par Paul Haener de l'Office International de l'Eau (Secrétariat Technique Permanent du Réseau International des Organismes de Bassin-RIOB) avec le soutien de plusieurs experts de l'OIEau et en partenariat avec Youssef Filali-Meknassi (UNESCO-PHI, avec la participation d'Abou Amani, Chloé Meyer et Koen Verbist), Robert Argent (Bureau de la Météorologie / WWDI), et Dominique Berod (OMM, avec la participation de Silvano Pecora et Tommaso Abrate).

Les études de cas ont été principalement fournies par des membres du RIOB et par les partenaires susmentionnés.

Certaines adaptations ont été faites par Natallia Kapitan. Christophe Brachet (OIEau) et Eric Mino (SEMIDE) ont assuré la relecture du texte.

L'Agence Française pour la Biodiversité a apporté un soutien financier à cette publication.

Le manuel peut être téléchargé à partir des sites Internet suivants :

www.riob.org

www.oieau.fr

Le comité de rédaction tient à remercier tous les contributeurs.



Australian Government
Bureau of Meteorology



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Publié en 2018.

Traduction en français: Gisèle Sine.

Mise en page et design : Scriptoria, free z'be / Christian Fey.

ISBN : 978-2-9563656-0-0

Cette publication est soumise aux clauses de non-responsabilité de l'OMM disponibles en ligne à l'adresse

<https://public.wmo.int/en/disclaimer>

(Septembre 2018)

SOMMAIRE

LISTE DES ENCARTS	5
LISTE DES ETUDES DE CAS	5
LISTE DES FIGURES	6
AVANT-PROPOS	8
LISTE DES ABBREVIATIONS ET DES SIGLES	9
1 Introduction	13
1.1. Contexte	13
1.2. Comment utiliser ce manuel ?	13
2 Challenges et importance d'une gestion efficace des données sur l'eau	15
2.1 Challenges et domaines d'application	15
2.1.1 Besoins en données et information sur l'eau	15
2.1.2 Pourquoi l'accès aux données sur l'eau est-il si complexe à organiser?	18
2.1.3 Conséquences du manque d'accès facile aux données et aux informations nécessaires à la gestion de l'eau	21
2.1.4 Conclusion : Il est particulièrement important de développer la production de données, de rationaliser l'accès aux jeux de données et aux informations existantes, et d'améliorer leur visualisation et leur utilisation	23
2.2 Choix des bons outils pour la gestion des données sur l'eau – comment éviter les erreurs courantes	24
3 Composantes principales de la gestion des données sur l'eau	27
3.1 La gouvernance des données sur l'eau	28
3.1.1 Principes généraux de la gouvernance des données sur l'eau	28
3.1.2 À propos du financement des SIE (Systèmes d'Information sur l'Eau)	32
3.2 La production de données	33
3.2.1 A propos du monitoring in situ	34
3.2.2 Production de données par télédétection	40
3.2.3 Production de données grâce à la contribution du public (crowdsourcing)	45
3.3 Organisation de la gestion intégrée et du partage des données	48
3.3.1 Éléments de stratégie	48
3.3.2 Etat des lieux de la gestion des données	51
3.3.3 Un langage commun pour la comparabilité des données	54
3.3.4 Développer l'interopérabilité entre les systèmes d'information	57
3.4 Traitement des données, production d'informations et visualisation	63
3.4.1 Traitement et analyse des données sur l'eau	63
3.4.2 Transformation des jeux de données en informations utiles et compréhensibles : tableaux de bord, indicateurs, cartes, graphiques, etc.	65
3.5 Diffusion de l'information / partage des connaissances	67
3.5.1 Les outils et méthodes de diffusion de l'information	67
3.5.2 Etudes de cas	68

4 Principaux domaines d'application	71
4.1 Systemes integrés d'information sur l'eau pour la GIRE et la planification au niveau d'un bassin et au niveau national.....	71
4.1.1 Enjeux et besoins en données et informations pour la GIRE	71
4.1.2 Etudes de cas.....	73
4.2 Les systèmes d'information sur l'eau pour l'adaptation au changement climatique.....	81
4.2.1 Enjeux et besoins en données / informations pour l'adaptation au changement climatique	81
4.2.2 Etudes de cas.....	82
4.3 Systèmes d'alerte precece pour la gestion des inondations et des sécheresses.....	85
4.3.1 Enjeux et besoins en données / informations nécessaires à la gestion des inondations et des sécheresses	85
4.3.2 Etudes de cas.....	87
4.4 Systèmes d'information sur l'eau pour la protection des écosystemes aquatiques	92
4.4.1 Enjeux et données / informations nécessaires à la protection des écosystemes aquatiques	92
4.4.2 Etudes de cas.....	93
4.5 Systèmes sectoriels et thématiques d'information sur l'eau (eau potable et assainissement, irrigation, hydroélectricité, eaux souterraines, etc.).....	94
4.5.1 Enjeux et données/informations nécessaires aux SIE thématiques et sectoriels	94
4.5.2 Etudes de cas.....	95
4.6 Systèmes d'information sur l'eau pour le rapportage (ODD, DCE, Directive Inondation, etc.).....	101
4.6.1 Enjeux et données/informations nécessaires au rapportage	101
4.6.2 Etudes de cas	103
4.7 Systèmes d'information sur l'eau pour les bassins transfrontaliers.....	105
4.7.1 Enjeux et données/informations nécessaires aux bassins transfrontaliers.....	105
4.7.2 Etudes de cas	105
5 Conclusions et perspectives	109
Références	111

ENCARTS, ÉTUDES DE CAS ET FIGURES

Encart 1 : À propos de la comptabilité économique et environnementale de l'eau (SCEE-Eau)	17
Encart 2 : A propos des indicateurs de gouvernance et de performance pour la gestion par bassin	18
Encart 3 : A propos de la Convention d'Aarhus	20
Encart 4 : Exemples de programmes de coopération supportant la gestion des données	21
Encart 5 : Inventaire des processus de collecte de données	34
Encart 6 : A propos du réseau des Services Météorologiques et Hydrologiques Nationaux (SMHN)	35
Encart 7 : À propos des meilleures pratiques pour le suivi de la conception de réseaux	36
Encart 8 : Exigences, exploitation et maintenance des stations hydrologiques	37
Encart 9 : Identification des jeux de données de télédétection pertinents pour la gestion des ressources en eau	41-42
Encart 10 : Contribution de l'OMM à l'innovation liée au suivi hydrologique	45
Encart 11 : Crowdsourcing dans le domaine du contrôle de la qualité des eaux	47
Encart 12 : A propos des principes du Système Européen d'Information Partagé sur l'Environnement (SEIS- « Shared Environmental Information System »)	49
Encart 13 : Éléments de stratégie pour la gestion des données Hydromet / Vision de l'OMM	50
Encart 14 : WaterML, une norme pour l'échange de données hydrologiques	55
Encart 15 : A propos des normes d'interopérabilité utilisées avec la technologie SIG	58
Encart 16 : A propos de la modélisation des ressources en eau - Banque Mondiale	64
Encart 17 : Grands principes de la GIRE	72
Encart 18 : À propos de la méthodologie d'analyse des risques dans la prise de décision collaborative (CRIDA)	82
Encart 19 : A propos de l'IHP WINS pour suivre les progrès réalisés vers l'ODD6	102
Étude de cas 1 : France / législation relative au Système National d'Information sur l'Eau en France	30
Étude de cas 2 : Défis et rôle de la gouvernance dans le cas des systèmes nationaux d'information sur l'eau en méditerranée	31-32
Étude de cas 3 : Whycos - le système mondial d'observation du cycle hydrologique	39
Étude de cas 4 : Centre mondial des données sur l'écoulement (GRDC)	40
Étude de cas 5 : Programme satellitaire SWOT	43
Étude de cas 6 : Surveillance de la sécheresse dans le domaine agricole basée sur la télédétection et méthode de prévision des pertes de rendement	44
Étude de cas 7 : Étude de cas du projet IMOMO - acquisition de données non-traditionnelles avec participation locale	46
Étude de cas 8 : Catalogue de métadonnées pour un inventaire collaboratif des sources de données	52
Étude de cas 9 : Approche de l'OMM concernant l'inventaire des données	53
Étude de cas 10 : Utilisation de waterml 2.0 par le Service Géologique des États-Unis (USGS)	56
Étude de cas 11 : France/ sandre	57
Étude de cas 12 : Exemple d'interopérabilité : échange automatique de données produites par les laboratoires de contrôle de la qualité de l'eau en France	59
Étude de cas 13 : Le bassin de la Plata	60
Étude de cas 14 : Le Hycos-arctique	61
Étude de cas 15 : La famille de l'eau de l'UNESCO	62
Étude de cas 16 : Freewat : outils logiciels gratuits et open source pour la gestion des ressources en eau	65
Étude de cas 17 : Ma cons'eau	68
Étude de cas 18 : La plateforme du Système d'Information et Réseau sur l'Eau (IHP-WINS)	69
Étude de cas 19 : France/ Gest'eau	70
Étude de cas 20 : Système australien d'information sur les ressources en eau (AWRIS)	73
Étude de cas 21 : Le Système d'Information sur l'Eau du Laos (LAOWIS)	74
Étude de cas 22 : Le Système français d'Information sur l'Eau (SIE)	75
Étude de cas 23 : Réalisation d'un Système d'Information sur l'Eau - commission de conservation de l'eau de la rivière Hai (HWCC), ministère chinois des ressources en eau	76-77

Étude de cas 24 : Evaluation des ressources en eau (WRA)	77
Étude de cas 25 : Mexique/ Système National d'Information sur l'Eau (SINA)	78
Étude de cas 26 : Vers une gestion intégrée des connaissances sur l'eau au Québec : le cas du portail des connaissances sur l'eau	79
Étude de cas 27 : Equateur / des informations pour encourager la participation	80
Étude de cas 28 : France / cartographie de la vulnérabilité des territoires au changement climatique dans le secteur de l'eau dans le bassin Adour Garonne	82-83
Étude de cas 29 : Portail des connaissances sur le changement climatique (CCKP)	84
Étude de cas 30 : Système de surveillance de la sécheresse et des inondations en Afrique et en Amérique Latine	87
Étude de cas 31 : L'état hydrologique et le système outlook Hydrosos	88
Étude de cas 32 : Estimation des précipitations à partir d'informations de télédétection (PERSIANN-CCS)	88-89
Étude de cas 33 : Indicateurs de sécheresse au Chili	89
Étude de cas 34 : Des outils de gestion des inondations et des sécheresses	90
Étude de cas 35 : Dridanube – un outil innovant pour la gestion des sécheresses	91
Étude de cas 36 : Service d'observation par satellite des zones humides – (SWOS)	93
Étude de cas 37 : Application mobile Baladomarais	93
Étude de cas 38 : ADES - base de données nationale française sur les eaux souterraines	95-96
Étude de cas 39 : Projet SDC / comptabilité de l'eau dans les bassins transfrontaliers du chu-talas	96-97
Étude de cas 40 : Aires - zones de protection des captages d'eau potable	98
Étude de cas 41 : SIGAGUA - aguas de la Habana	99
Étude de cas 42 : SISPEA - Système d'Information sur les Services Publics d'Eau et d'Assainissement	100
Étude de cas 43 : WISE – Système d'Information sur l'Eau pour l'Europe	103
Étude de cas 44 : Projet « UWWT SIIF » : un outil gratuit pour les pays européens pour faciliter l'accès aux données nationales sur l'assainissement	104
Étude de cas 45 : Systèmes d'information sur l'eau facilitant la gestion transfrontalière dans le bassin du Rhin	106-107
Étude de cas 46 : Bassin transfrontalier de la SAVA / SIG-SAVA - système d'informations georeferencées pour le bassin de la Sava	107-108
Étude de cas 47 : Système Africain de Documentation et d'Information sur l'Eau (SADIEAU)	108
Figure 1 : Différents domaines d'utilisation des données sur l'eau	16
Figure 2 : Carte des parties et des signataires de la convention d'Aarhus (source: www.unece.org)	20
Figure 3 : Manque d'accès aux données et à l'information pour le public et les décideurs	21
Figure 4 : Les cinq composantes principales à prendre en compte	27
Figure 5 : Echange de données hydrologiques par types de services et formats de données normalisés dans le bassin du Niger	39
Figure 6 : Echange de données hydrologiques par types de services et formats de données normalisés en Afrique Australe	39
Figure 7 : Localisation des 9.472 stations GRDC avec des données mensuelles	40
Figure 8 : Base de données spatiales sur l'eau HYDROWEB NG	43
Figure 9 : Les principales étapes du modèle appliqué à l'ICPDR	44
Figure 10 : Risque de sécheresse et niveaux de NDVI de signalisation pour le maïs et le blé	44
Figure 11 : Mirabs au Kirghizstan testant le dispositif « SmartStick » pour mesurer les niveaux d'eau	46
Figure 12 : Mesure du débit d'un petit canal d'irrigation en Tanzanie avec 2 smartphones différents pour comparaison	46
Figure 13 : Collecte et diffusion de données pour les applications de téléphonie mobile	47
Figure 14 : Exemple d'un scénario efficace d'échange de données sur l'eau	49
Figure 15 : Résultats potentiels de l'état des lieux	51
Figure 16 : Interface du catalogue de métadonnées pour la découverte de données	52
Figure 17 : Exemple de sélection d'une fiche de métadonnées	52
Figure 18 : Echange de données sans langage commun	54

Figure 19 : Echange de données avec un langage commun	54
Figure 20 : Augmentation de l'utilisation des méthodes de distribution de données sur l'eau de l'USGS (nombre de pages consultées par mois)	56
Figure 21 : Niveaux d'interopérabilité à prendre en compte	59
Figure 22 : Découverte et accès aux données hydrologiques du Bassin de La Plata	60
Figure 23 : Le système d'information hydrologique du projet HYCOS- Arctique	61
Figure 24 : Le réseau famille de l'eau de l'UNESCO	62
Figure 25 : Pourcentage de téléchargement de FREEWAT par continent	65
Figure 26 : Exemples de publication sur le prix de l'eau en France	66
Figure 27 : L'application Ma Cons'eau	68
Figure 28 : Carte IHP-WINS superposant les aquifères transfrontaliers aux données sur les risques de pollution des eaux souterraines	69
Figure 29 : Le système AWRIS	73
Figure 30 : Quelques fonctionnalités disponibles sur le portail LaoWIS	74
Figure 31 : Thèmes du Système français d'Information sur l'Eau	75
Figure 32 : Plateforme de surveillance et de contrôle des ressources en eau du bassin de la rivière Haihe et application	76
Figure 33 : Le compte public Wechat sur la conservation de l'eau de la rivière Haihe	77
Figure 34 : Tableau principal du développement d'informatisations sur la conservation des ressources en eau au sein du HWCC	77
Figure 35 : Fonctions principales du SINA	78
Figure 36 : Page d'accueil du SINA http://sina.conagua.gob.mx/sina/	78
Figure 37 : Diagramme montrant comment le sous-module « SI / GIRH » s'intègre dans le Système d'Information sur l'Eau national	80
Figure 38 : Exemple de cartes présentées dans le sous-module « SI / GIRH » de l'Équateur	80
Figure 39 : Exemple de carte montrant la vulnérabilité du bassin à l'eutrophisation	83
Figure 40 : Exemple de visualisation sur le portail des connaissances sur le changement climatique	84
Figure 41 : Interface du système Latino-Américain de surveillance des inondations et de la sécheresse	87
Figure 42 : L'application mobile iRain	88
Figure 43 : Information sur la sécheresse disponible à l'Observatoire Agroclimatique chilien	89
Figure 44 : Page d'accueil du portail des inondations et des sécheresses de l'IWA	90
Figure 45 : Schéma simplifié du service aux usagers en relation avec la sécheresse	91
Figure 46 : Prototype de l'interface DUS (Drought User Service)	91
Figure 47 : Portail des données SWOS	93
Figure 48 : Boîte à outils Geoclassifier	93
Figure 49 : Application mobile BaladOmarais	93
Figure 50 : Exemple de pages internet d'ADES	95
Figure 51 : Exemple de schémas locaux d'irrigation interactifs sur le bassin du Chu au Kirghizstan	97
Figure 52 : Avant-projet de délimitation géoréférencée des unités d'irrigation du bassin du Chu au Kirghizstan	97
Figure 53 : Exemple de traitement de données avec l'application « Aires »	98
Figure 54 : Quelques infrastructures du réseau principal d'approvisionnement en eau de La Havane	99
Figure 55 : Exemple d'information sur les canalisations du réseau d'approvisionnement en eau de La Havane	99
Figure 56 : Prix de l'eau en France par Département	100
Figure 57 : Interface de l'application Siste pour smartphone	100
Figure 58 : Exemple d'interface de l'application WISE	103
Figure 59 : Page de couverture du nœud européen UWWTD SIIF	104
Figure 60 : Stations d'épuration en France	104
Figure 61 : Principaux centres internationaux d'alerte (IAC) et flux d'informations	106
Figure 62 : L'Atlas du Rhin (cartes des risques d'inondation)	106
Figure 63 : Copie d'écran du SIG-SAVA	108
Figure 64 : Copie d'écran du SIH-Sava	108

AVANT-PROPOS

Les défis liés à la gestion des ressources en eau augmentent régulièrement en lien avec les changements climatiques, démographiques et socio-économiques. Ce renforcement des pressions est susceptible de déclencher des conflits entre usagers (irrigation, eau potable, industrie, hydroélectricité, etc.) et entre des régions ou des pays. En outre, les inondations et les sécheresses continuent de dévaster de nombreuses régions du monde tandis que les écosystèmes aquatiques sont de plus en plus menacés.

Que ce soit au niveau national, transfrontalier ou d'un bassin, l'organisation de l'accès aux données et informations sur l'état et l'évolution des ressources en eau ainsi que sur les usages, est l'une des clés du succès de la mise en œuvre d'une politique de l'eau.

Les gestionnaires des ressources en eau doivent pouvoir se procurer des informations fiables, actualisées et pertinentes pour l'ensemble de leurs activités et notamment pour celles liées à la réglementation, à la planification, à l'adaptation au changement climatique, à la gestion des risques et à l'information du public.

Or les données et les informations nécessaires sont généralement fragmentées / incomplètes / dispersées et hétérogènes, et leur accès est souvent difficile à organiser pour de nombreuses raisons (multiplicité des producteurs de données, incohérence des données et des informations, ...).

Par voie de conséquence, le capital de données régulièrement produit par les différents acteurs est souvent sous-utilisé, et les capacités de production des informations requises pour une mise en œuvre efficace de la politique de l'eau sont souvent limitées.

Cette situation peut avoir des impacts économiques négatifs importants notamment lors de décisions prises sur la base des données et informations incomplètes ou imprécises. Pourtant, une amélioration est possible avec un minimum de volonté politique et un plan d'action adéquat visant, d'une part, à rationaliser l'accès aux informations existantes, et, d'autre part, à organiser la production des données manquantes et leur transformation en informations utiles aux prises de décisions et à l'information des divers acteurs et du public.

Ce manuel vise à fournir aux décideurs des indications stratégiques pour une gestion efficace des données sur l'eau et à guider toute organisation souhaitant développer ses capacités de production, d'accès, de traitement et de valorisation des données et informations sur l'eau, nécessaires à la mise en œuvre d'une politique de gestion intégrée des ressources en eau.

Ce nouvel ouvrage complète le « *Manuel de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin* », publié en mars 2009 lors du cinquième Forum Mondial de l'Eau d'Istanbul, et le « *Manuel sur la gestion intégrée des ressources en eau dans les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères transfrontaliers* », publié en 2012 lors du 6^e Forum Mondial de l'Eau de Marseille. D'autres ouvrages complémentaires ont été publiés précédemment comme le « *Manuel sur la gestion et la restauration des écosystèmes aquatiques dans les bassins des fleuves et des lacs* », en mars 2015 lors du 7^e Forum Mondial de l'Eau en Corée avec un guide intitulé « *L'eau et l'adaptation au changement climatique dans les bassins transfrontaliers : leçons à retenir et bonnes pratiques* ». Un autre manuel, intitulé « *La participation des acteurs et de la société civile dans les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères* », a été publié simultanément lors du 8^e Forum Mondial de l'Eau de Brasilia.

Nous restons dans l'attente de vos éventuels commentaires et contributions à ce nouveau manuel, que nous considérons comme une plateforme pour le développement durable dans ses dimensions économiques, sociales et environnementales.

Jean-François Donzier

Secrétaire Général

Réseau International des Organismes de Bassin - RIOB

www.riob.org

Dominique Berod

Chef de la Division des Systèmes de Base en Hydrologie

Programme d'Hydrologie et de mise en valeur des Ressources en Eau

Organisation Météorologique Mondiale (OMM)

<http://public.wmo.int>

Eric Tardieu

Directeur Général

Office International de l'Eau

<http://www.oieau.org/>

Blanca Jimenez-Cisneros

Directrice, Division des Sciences de l'Eau

Secrétaire, Programme Hydrologique International

UNESCO

www.unesco.org/water/

Robert Argent

Directeur Général, Eau

Chef de projet, Initiative Mondiale pour les Données sur l'Eau

Office de la Météorologie, Australie

www.bom.gov.au/water

ABREVIATIONS ET SIGLES

ADT	Analyse Diagnostique Transfrontalière
AEE	Agence Européenne pour l'Environnement
AFB	Agence Française pour la Biodiversité
AFD	Agence Française de Développement
ANA	Autoridad Nacional del Agua / Autorité Nationale de l'Eau
ASC	Agence Spatiale Canadienne
ASE	Agence Spatiale Européenne
AQ/CQ	Assurance qualité / Contrôle qualité
AWRIS	Australian Water Resources Information System / Système Australien d'Information sur les ressources en Eau
BD	Base de données
BfG	Institut Fédéral Allemand d'Hydrologie
BM	Banque Mondiale
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière - France
CC	Changement climatique
CCKP	Climate Change Knowledge Portal / Portail des connaissances sur le changement climatique
CDL	Climate Data Library / Base de données sur le climat
CEE ONU	Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe
CHRS	Center for Hydrometeorology and Remote Sensing / Centre d'Hydrométéorologie et de Télédétection
CIPR	Commission Internationale pour la Protection du Rhin
CIV	Capacité d'Infiltration Variable
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 / Projet d'inter-comparaison des modèles couplés – phase 5
CMMS	Computerized Maintenance Management Systems / Système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur
CORINE	COoRdinate INformation on the Environment / Coordination de l'Information sur l'Environnement
COTS	Commercial-Off-The-Shelf / Disponible sur le marché
CREPA	Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement
CRIDA	Collaborative Risk Informed Decision Analysis / Analyse des risques de la prise de décision collaborative
CSNU	Commission de statistique des Nations Unies
CUHASI	Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science, Inc. / Consortium d'universités pour les progrès en hydrologie
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDC	Direction Suisse pour le Développement et la Coopération
DHI	Institute for Water and Environment / Institut pour l'Eau et l'Environnement
DI	Directive Inondations

DPS	Data Providers / Fournisseurs de données
DUS	Drought User Service / Service d'utilisateurs de sécheresses
ETL	Extract-Transform-Load / Extration – transformation- chargement
Eurostat	Office Statistique de l'Union Européenne
FAO	Food and Agriculture Organization / Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FDMT	Flood and Drought Management Tools / Outils pour la gestion des inondations et des sécheresses
FOSS	Free and Open Source Software / Logiciels libres et gratuits
GEF	Global Environmental Facility /Fonds français pour l'Environnement Mondial
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems / Système Mondial des systèmes d'observation de la Terre
GGMN	Global Groundwater Monitoring Network / Réseau Mondial de surveillance des eaux souterraines
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur les changements climatiques
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
GPRS	General Packet Radio Service / Service général de radiocommunication en mode paquet
GRC	Gestion de la Relation Client
GRDC	Global Runoff Data Centre for Surface Runoff / Centre Mondial des Données sur les Eaux de Ruissellement
GTN-R	Global Terrestrial Network for River Discharge / Réseau terrestre mondial pour les débits des rivières
HYDROLARE	International Centre on the Hydrology of Lakes and Reservoirs / Centre international des données sur l'hydrologie des lacs et des réservoirs
HydroSOS	Hydrological Status and Outlook System / Etat hydrologique et système Outlook
IAC	International Main Alert Centres / Principaux centres internationaux d'alerte
ICPDR	International Commission for the Protection of the Danube River/ Commission Internationale pour la Protection du Danube
IRI	International Research Institute for Climate and Society / Institut International de Recherche pour le Climat et la Société
IMoMo	Innovative Technologies for Monitoring, Modelling and Managing Water / Technologies innovantes pour la surveillance, la modélisation et la gestion de l'eau
INAI	National Institute for Transparency, Access to Information and Protection of Personal Data / Institut National pour la Transparence, l'accès à l'information et la protection des données personnelles
INP	Indice Normalisé des Précipitations
IRWS	International Recommendations for Water Statistics/ Recommandations internationales sur les statistiques de l'eau
ISO	International Organization for Standardization / Organisation internationale de normalisation

ISRBC	International Sava River Basin Commission / Commission internationale du bassin de la Sava
IWA	International Water Association / Association Internationale de l'Eau
LEMA	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
MEM	Ministry of Energy and Mines / Ministère de l'Energie et des Mines
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer / Radiomètre spectral pour imagerie de résolution moyenne
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index / Indice de végétation par différence normalisée
ODD	Objectifs de Développement Durable
OIEau	Office International de l'Eau
OGC	Open Geospatial Consortium
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
ONG	Organisations Non Gouvernementales
PACC	Plan for Adapting to Climate Change / Plan d'Adaptation au Changement Climatique
PCD	Plateforme de Collecte de Données
PDF	Portable Document Format
PHI	Programme Hydrologique International
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
QGIS	Quantum Geographic Information System / Système d'information géographique Quantum
RAOB	Réseau Africain des Organismes de Bassin
RIOB	Réseau International des Organismes de Bassin
RNDE	Réseau National des Données sur l'Eau
RS	Remote Sensing / Télédétection
RS-TSA	Remote Sensing Time Series Analysis / Analyse des séries temporelles de télédétection
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SANDRE	Service d'Administration National des Données et Référentiels sur l'Eau
SAP	Strategic Action Programmes / Programme d'Action stratégique
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition / Système de Contrôle et d'Acquisition des Données
SCEE-Eau	Système de Comptabilité Economique et Environnementale de l'Eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SEIS	Shared Environmental Information system / Système partagé d'informations sur l'environnement
SEMIDE	Système Euro-Méditerranéen d'Information sur les savoir-faire dans le Domaine de l'Eau

SIE	Système d'Information sur l'Eau
SIG	Systèmes d'Information Géographique
SIH	Système d'Information Hydrologique
SIO	Système d'Information de l'OMM
SMOC	Système Mondial d'Observation du Climat
SNDE	Schéma National des Données sur l'Eau
SNH	Service National d'Hydrologie
SWOS	Satellite-based Wetland Observation Service / Service d'observation par satellite des zones humides
SWOT	Surface Water and Ocean Topography / Topographie des eaux de surface et des océans
TI	Technologie de l'Information
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
UE	Union Européenne
UKSA	United Kingdom Space Agency / Agence Spatiale du Royaume Uni
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UPHL	Local Hydrographic Planning Units / Unités hydrographiques locale de planification
USGS	United States Geological Survey / Service Géologique des Etats Unis
UWWT	Urban Waste-Water Treatment./ Assainissement des eaux usées urbaines
WAP	Warning and Alarm Plan / Plan d'avertissement et d'alerte
WDMS	Web-Based Data Management System / Système de gestion des données en ligne
WEDC	Water Engineering and Development Centre/ Centre de Développement et d'Ingénierie sur l'Eau
WFS	Web Feature Services/ Service d'entité Web
WHOS	WMO Hydrological Observing System / Système d'observation hydrologique de l'OMM
WHYCOS	World Hydrological Cycle Observing System/ Système mondial d'observation du cycle hydrologique
WIGOS	WMO Integrated Global Observing System / Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM
WINS	Water Information Network System / Système d'information et réseau sur l'eau
WMS	Web Map Service / Service web de cartographie
WRA	Water Resources Assessment / Evaluation des Ressources en Eau
WSP	Water Safety Plans / Plans de sécurité sanitaire de l'eau
WUA	Water User Association / Association des Usagers de l'eau
WWDI	World Water Data Initiative / Initiative Mondiale pour les Données sur l'eau
W3C	World Wide Web Consortium

1 - Introduction

1.1. Contexte

Les ressources en eau subissent des pressions de plus en plus fortes en lien avec les facteurs globaux tels que la croissance démographique, le développement économique et / ou les changements climatiques. Ainsi, bien que l'eau soit une ressource limitée, elle est utilisée par de plus en plus de personnes pour divers usages, tout en devant rester disponible en quantité et en qualité suffisante pour l'environnement.

La nécessité d'un approvisionnement fiable, l'interdépendance avec les secteurs de l'énergie et de l'alimentation, et le besoin de protection des écosystèmes requièrent une meilleure gouvernance de la ressource en eau.

Les données sont, quant à elles, au cœur de la vie de chaque organisation, dans la mesure où elles circulent entre, les systèmes, les bases de données, les processus et les départements, et permettent aux organisations d'agir de manière plus efficace. Les organisations les plus performantes accordent une grande importance au patrimoine des données, et les considèrent comme une composante essentielle pour la définition, la conception et la construction de leurs programmes. Les données sont essentielles aux prises de décisions à tous les niveaux et contribuent au suivi de la mise en œuvre des stratégies: l'accès aux données est fondamental pour une gestion durable des ressources en eau.

La manière dont une organisation utilise et gère ses données est tout aussi important que les mécanismes utilisés pour les produire. Disposer de données de qualité adaptée aux besoins permet à une organisation de bien exécuter les processus et de déterminer ceux qui ont le plus grand impact. Les organisations les plus performantes veillent à l'accessibilité de leurs données pour les processus et les personnes en fonction de leurs besoins, en s'assurant de leur qualité, de leur disponibilité dans le temps et de leur protection contre les abus et les utilisations à mauvais escient. [1]

1.2. Comment utiliser ce manuel

Ce manuel s'adresse aux décideurs du secteur de l'eau et à tous ceux qui souhaiteraient renforcer leurs connaissances en termes de production, d'accès, de traitement et de valorisation des données et des informations sur l'eau nécessaires à la mise en œuvre d'une politique de Gestion Intégrée des Ressources en Eau au niveau transfrontalier, régional, national ou de bassin.

Rédigé en partenariat par des représentants du RIOB, de l'UNESCO, de l'OMM, du Bureau australien de Météorologie / Initiative Mondiale pour les Données sur l'eau, et de l'OIEau, il comprend de nombreuses études de cas fournies par les co-auteurs et par les membres du RIOB.

Les références aux auteurs sont indiquées par [n°], et leurs noms sont présentés dans la liste des références avec le numéro correspondant.

Le chapitre II souligne l'importance de la gestion des données sur l'eau et donne des recommandations générales pour éviter les erreurs courantes lors de la mise en place de systèmes d'information.

Le chapitre III décrit les cinq composantes de base à prendre en compte lors de l'organisation de systèmes d'information sur l'eau:

- L'organisation de la **gouvernance des données** sur l'eau ;
- **Les processus de production des données** ;
- **Les procédures de gestion intégrée des données** requièrent d'organiser l'échange de données comparables produites par diverses institutions / organisations et de développer l'interopérabilité entre les systèmes d'information des institutions gérant les données ;

- **Le traitement des données pour transformer les jeux de données disponibles en informations utiles** pour aider à la prise de décisions et répondre aux besoins des différents secteurs publics ciblés ;
- **La diffusion des outils et des procédures de traitement de l'information** qui facilitent la diffusion de l'information.

Le chapitre IV présente les principes généraux et des études de cas de mise en œuvre des Systèmes d'Information sur l'Eau (SIE) dans divers domaines du secteur de l'eau, tels que :

- ① La GIRE et la planification au niveau du bassin et au niveau national ;
- ② L'adaptation au changement climatique ;
- ③ La gestion des inondations et des périodes de sécheresses ;
- ④ La protection des écosystèmes ;
- ⑤ les actions de gestion sectorielles (eau potable, irrigation, etc.) ;
- ⑥ Le rapportage (ODD, DCE, etc.) ;
- ⑦ La gestion des bassins transfrontaliers.

Enfin, la conclusion met en exergue certaines perspectives de développement et d'innovation dans ce secteur au cours des prochaines années.

2 - Challenges et importance d'une gestion efficace des données sur l'eau

2.1 Challenges et domaines d'application

POINTS CLÉS

- **« La connaissance est une condition préalable à toute action »** : une bonne connaissance et un accès facile aux données et aux informations sur l'état et l'évolution des ressources en eau et des usages est l'une des clés pour la réussite d'une politique de l'eau : on ne peut pas gérer ce que l'on ne sait pas mesurer ou que l'on ne comprend pas !
- **La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) doit s'appuyer sur des données de qualité contrôlée et sur des informations accessibles par l'intermédiaire de systèmes intégrés d'information** : ces éléments doivent constituer une base objective pour toute discussion, négociation, décision et pour l'évaluation des actions entreprises ainsi que pour la coordination du financement provenant de diverses sources.
- **Les gestionnaires des ressources en eau doivent avoir régulièrement accès à des données fiables, actualisées et pertinentes** facilitant les actions de gestion opérationnelle, la réglementation, la planification, la gestion des risques et l'information du public.
- **Les organisations impliquées dans la gestion des ressources en eau doivent pouvoir accéder aux données et informations, avec des degrés d'accès qui peuvent varier selon leur rôle et le niveau d'action.**
- **Les données nécessaires à la gestion des ressources en eau sont généralement produites au niveau national par diverses organisations et sont le plus souvent incomplètes, dispersées et hétérogènes.**
- **Un cadre législatif et/ou de coopération entre institutions pour l'organisation de la gestion des données sur l'eau fait souvent défaut.**
- **Les utilisateurs d'informations rencontrent souvent des difficultés pour identifier et pour accéder aux jeux de données existants : il en résulte que seule une partie limitée des jeux de données existant est efficacement exploitée.**
- **La plupart des décideurs n'ont souvent pas accès à toutes les informations dont ils auraient besoin pour des prises de décision efficaces.**
- **Des efforts doivent et peuvent être faits pour rationaliser l'accès et faciliter l'utilisation des jeux de données existants et des informations nécessaires à la gestion de l'eau.**

2.1.1 Besoins en données et informations sur l'eau

Dans tout pays, le développement d'une gestion cohérente des ressources en eau est fondamental pour assurer un développement socio-économique durable.

L'expérience montre qu'une **gestion efficace des ressources en eau ne peut exister sans une gestion efficace des données et des informations.**

Que ce soit au niveau local, national ou transfrontalier, un accès facile et une utilisation efficace des données et informations sur l'état et l'évolution des ressources en eau et sur les usages, est l'une des clés de la réussite de la mise en œuvre de la politique de l'eau [2].

Le schéma ci-dessous souligne les principaux domaines d'actions nécessitant un accès régulier aux données sur l'eau :



Figure 1 : Différents domaines d'utilisation des données sur l'eau.

Cependant, les processus de production des données sont limités dans de nombreux pays, et lorsqu'ils sont disponibles, **les jeux de données existants sont souvent fragmentés, incomplets, dispersés et hétérogènes**. Par voie de conséquence, les organisations rencontrent des difficultés à organiser l'accès, le traitement et l'utilisation optimale des données, avec des problèmes du type [2] :

- Comment organiser la production de nouveaux jeux de données et valoriser les données existantes, afin de générer des informations et des services utiles aux prises de décision et à l'information des partenaires et du public ?
- Quels sont les jeux de données qui existent au niveau des divers producteurs, sous quelle forme, et comment peuvent-ils être accessibles de manière flexible et efficace ?
- Quels sont les meilleurs moyens de gérer la multiplicité des producteurs de données et des formats disponibles, et permettre la comparaison des jeux de données souvent incomplets, dispersés et de qualité variable ?
- Quels cadres législatifs / institutionnels existent pour organiser le partage des données entre les partenaires ainsi que le traitement et la diffusion des résultats ?
- Etc.

a) Il est urgent d'agir car « la connaissance est une condition préalable à toute action »

Déficit pour le développement économique et la production énergétique, pénuries alimentaires, pollutions, destruction des écosystèmes, la situation est alarmante dans de nombreux pays et celle-ci risque de s'aggraver avec les changements climatiques et socio-économiques.

Une action immédiate s'impose d'urgence, impliquant une politique globale, intégrée et cohérente de gestion des ressources en eau qui prenne en compte les besoins légitimes des habitants tout en protégeant les écosystèmes aquatiques et terrestres.

Dans ce contexte, « **la connaissance est une condition préalable à toute action** » et le **manque d'information est souvent considéré comme l'un des facteurs les plus limitants pour une prise de décision éclairée.**

b) Les gestionnaires des ressources en eau ont régulièrement besoin de données et d'informations fiables, actualisées et pertinentes, adaptées à leurs besoins

La gestion efficace des ressources en eau nécessite d'organiser la production et le partage d'informations en réponse aux attentes des acteurs pour la gestion opérationnelle, la réglementation, la planification, suivi/évaluation, la gestion des risques et l'information du public.

Pour ce faire, **les gestionnaires des ressources en eau ont régulièrement besoin de données fiables, actualisées et pertinentes.**

En toute logique, chaque institution devrait disposer de son propre système d'information pour produire et gérer les informations dont elle a besoin pour accomplir ses missions.

En effet, l'accès aux données et informations est par exemple nécessaire pour :

- **Préparer des règlements législatifs et normatifs ;**
- **Exploiter et maintenir les infrastructures nationales clés ;**
- **Gérer les cadastres et annuaires de l'eau ;**
- **Calculer des bilans hydriques ;**
- **Créer une Comptabilité Economique et Environnementale de l'Eau (SCEE-Eau - voir encart 1) ;**
- **Planifier des activités** (plans de gestion nationaux et de bassin, plans de protection contre les inondations, plans de prévention, etc.) ;
- **Octroyer les licences et les permis** pour le prélèvement d'eau, le rejet d'eau usée et d'autres utilisations de l'eau ;
- **Déterminer** les exigences et les mesures **de prévention de la pollution** et de protection de l'environnement (zones de protection des ressources en eau, etc.) ;
- Organiser et collecter **des redevances et des amendes** pour usages de l'eau, tels que les concessions, l'utilisation des ressources en eau, les services fournis, les taxes sur la pollution, etc. ;
- **Suivre les investissements et évaluer les activités** des plans d'action ;
- **Négocier** l'utilisation des ressources en eau **avec d'autres gouvernements** et organisations multinationales ;
- Obtenir un soutien financier pour des investissements appropriés dans le secteur de l'eau ;
- **Impliquer le public** dans la prise de décision ;
- etc.

Encart 1 : À propos de la comptabilité économique et environnementale de l'eau (SCEE-Eau)

Le Système de Comptabilité Economique et Environnementale de l'eau (SCEE-Eau) et les recommandations internationales sur les statistiques de l'eau (IRWS), adoptés respectivement en 2007 et 2010 par la Commission des Statistiques des Nations Unies (CSNU), fournissent un **cadre conceptuel pour le suivi des progrès réalisés dans l'atteinte des objectifs des politiques de l'eau** dans les pays et à l'échelle internationale.

Le SCEE vise à combiner l'approche économique et les composantes environnementales. L'ambition primordiale du SCEE est de pouvoir établir des liens entre les données économiques et les données environnementales, avec les simplifications qui s'imposent. **Un certain type d'activité écologiquement sensible joue-t-il un rôle particulièrement important dans le commerce international du pays ou fournit-il des ressources stratégiques (produits, nombreuses possibilités d'emploi) ?** L'utilisation de concepts et unités communes facilitent les possibilités d'agrégation et de présentation d'indicateurs simples.

Le SCEE est basé sur les composantes suivantes :

- ① La comptabilité des flux physiques, qui exprime les flux entre l'environnement et l'économie (par exemple : les prélèvements/les retours d'eau) ;
- ② Le système de comptabilité des flux nationaux ;
- ③ Le patrimoine environnemental, qui peut être exprimé en unités monétaires et physiques, selon la catégorie ;
- ④ L'évaluation et les ajustements environnementaux. Toujours très conceptuels.

De plus, sachant que l'« **on ne peut pas améliorer ce qu'on ne peut mesurer** », l'évaluation des actions mises en œuvre est également recommandé pour une gouvernance efficace de l'eau.

L'analyse comparative et le « benchlearning » peuvent devenir systématiques en utilisant des « indicateurs de gouvernance de l'eau », qui peuvent aider à identifier les faiblesses et favoriser une meilleure gouvernance de l'eau.

Encart 2 : A propos des indicateurs de gouvernance et de performance pour la gestion par bassin

Les indicateurs de performance sont un outil important pour améliorer la gouvernance de l'eau. Deux groupes d'indicateurs, conçus pour les organismes de bassin, peuvent être pris en considération :

- **Les indicateurs de gouvernance**, qui évaluent l'organisation de l'institution par rapport aux principaux piliers de la GIRE (aspects politiques, institutionnels et organisationnels, cadre juridique, mécanismes de financement, aspects participatifs, planification, système d'information et communication, renforcement des capacités) ;

- **Les indicateurs techniques**, qui évaluent les résultats du programme et caractérisent l'évolution de la « situation sur le terrain ». Ils sont utilisés pour évaluer les compétences acquises en termes de connaissances, de développement et de gestion des ressources en eau, d'usages dans les bassins et des usagers.

L'ensemble des indicateurs dépend toujours du contexte et doit être interprété en fonction des structures institutionnelles propres au bassin (accords, financement, fonctions, objectifs), des conditions hydrologiques, des progrès du développement économique et des ressources humaines de l'organisation. Ainsi, les indicateurs peuvent servir de guide pour la politique de l'eau et pour évaluer l'efficacité de la mise en œuvre de la GIRE au niveau du bassin.

Cela permet aux gestionnaires, au personnel et aux partenaires d'organismes de bassin de déterminer ce qui a été fait et comment cela a été fait, et d'identifier les domaines à améliorer.

Les besoins en données et en informations pour la gestion de l'eau sont très larges et il est évident que ces besoins dépendent du type d'activité et du niveau d'action de chaque acteur (différents types de traitement, différents niveaux d'agrégation). Par exemples :

- ① Une organisation chargée de la prévision des crues n'aura pas besoin des mêmes données qu'un organisme de planification, même s'ils travaillent tous les deux au niveau national ;
- ② Une organisation préparant un bilan hydrique au niveau national n'aura pas besoin du même type d'informations et du même niveau d'agrégation de données qu'un organisme de gestion de barrage, bien que les deux aient besoin de données hydrologiques.

2.1.2 Pourquoi l'accès aux données sur l'eau est-il si complexe à organiser?

Les raisons d'un accès limité aux données sur l'eau peuvent être multiples. Certaines d'entre elles sont brièvement décrites ci-dessous.

a) Multiplicité des producteurs de données en lien avec la diversité des thèmes à couvrir

Que ce soit au niveau local, national, transfrontalier et/ou régional, il existe toujours une multitude d'institutions qui produisent et utilisent les données nécessaires à la GIRE.

En effet, la mise en œuvre de la GIRE requiert des données et des informations sur de nombreux thèmes et sont systématiquement produites par diverses institutions. Cela concerne par exemple :

- Les données des cadastres de l'eau (ou équivalent) et l'inventaire des infrastructures, généralement assuré par les ministères en charge de la gestion de l'eau et/ou par les organismes de bassin ;
- Les données météorologiques, le plus souvent produites par les services météorologiques ;
- Les données hydrométriques, le plus souvent produites par les services d'hydrologiques ;
- Les données sur la qualité de l'eau, souvent produites par des organisations environnementales et des institutions liées à la santé ;
- Les données sur les eaux souterraines, principalement produites par les instituts géologiques et miniers ;
- Les données sur les utilisations de l'eau pour la production d'énergie sont principalement produites par les gestionnaires de barrages et le ministère chargé de l'énergie ;
- Les données sur les utilisations de l'eau à des fins agricoles sont généralement produites par les gestionnaires du système d'irrigation et le ministère chargé de l'agriculture ;

- Les statistiques sur la croissance démographique et sur les caractéristiques urbaines sont gérées par des instituts de statistiques ;
- Les informations topographiques et géographiques sont généralement produites par des instituts géographiques;
- etc.

De plus, ces institutions fonctionnent généralement à différents niveaux (local, sous régional, national) et peuvent avoir différents départements / services internes produisant et utilisant des données.

b) Les données sont généralement incomplètes et dispersées

En raison de la multiplicité des producteurs et en l'absence d'accord entre ces institutions en matière d'échange de données, les informations nécessaires existent généralement sous une forme **fragmentée et dispersée**.

En outre, **comme chaque institution produit des données pour ses besoins propres** sans nécessairement tenir compte de ceux de la GIRE, les jeux de données existants sont généralement **incomplets**, avec des échelles géographiques ou temporelles qui sont variables.

De plus, des lacunes majeures dans les séries temporelles ou dans la couverture géographique apparaissent souvent, dues au manque de moyens pour assurer le contrôle régulier et l'entretien des équipements de surveillance, le remplacement des pièces défectueuses ou même le paiement des salaires et des frais du personnel, il en résulte qu'un bon nombre de stations ne sont pas opérationnelles.

c) Manque d'homogénéité et de comparabilité : chaque producteur de données gère ses propres données en suivant ses propres procédures

Étant donné que les producteurs gèrent leurs propres données selon leurs propres procédures et en l'absence de règles pour assurer la production de données comparables, les données existantes sont généralement **hétérogènes**, parfois non comparables car utilisant des concepts et/ ou systèmes de codification variables, et dans de nombreux cas, non numérisées ou non disponibles / accessibles aux partenaires et aux tiers.

d) Manque de traçabilité des jeux de données existants et difficultés à identifier ce qui existe

Les producteurs de données n'informent généralement pas les autres institutions de leurs activités de production de données et **ne fournissent souvent aucune caractéristique (métadonnées) des jeux de données produits**, telles que les informations sur « comment ils sont produits », « à quelle fréquence », « quelles sont les conditions d'accès », « qui contacter », etc.

Dans de nombreux pays, il n'existe pas d'endroit ni d'outil de type catalogue des sources de données, où un utilisateur final potentiel peut facilement identifier les données existantes sur un sujet spécifique pour une zone géographique particulière.

En conséquence, les utilisateurs finaux perdent souvent beaucoup de temps et d'argent à identifier l'existant, à comprendre comment accéder aux jeux de données existants et à vérifier si les jeux de données auxquels ils peuvent accéder correspondent réellement à leurs besoins (absence de traçabilité due au manque de métadonnées).

e) Absence de cadres législatifs et institutionnels organisant l'accès et la diffusion des informations sur l'eau

L'accès aux données et aux informations nécessaires sur un bassin est souvent difficile pour les raisons suivantes :

- Raisons structurelles, lorsqu'il n'y a pas d'accords ou de protocoles pertinents entre le partenaire ou les institutions régissant le processus (ou entre les pays pour les bassins transfrontaliers); et
- Raisons techniques, liées aux difficultés rencontrées dans la collecte de l'information, l'harmonisation des formats des données, les définitions, les méthodes d'analyse, la fréquence de la collecte des données, la densité des réseaux de surveillance et le traitement des données. Dans de nombreux cas, aucune organisation n'est en charge de faciliter l'échange de données et d'informations entre les institutions.

En outre, le grand nombre d'organisations publiques, semi-publiques et privées, qui produisent et gèrent des données, manquent souvent de moyens et de documents guides pour échanger, rassembler, synthétiser et utiliser efficacement des données homogènes et comparables, en suivant des procédures compatibles.

f) Les données produites avec des fonds publics ne sont pas toujours librement accessibles, et les jeux de données sont considérés comme confidentiels

Au niveau national, même au sein de certains pays signataires de la Convention d'Aarhus, les organisations sont souvent réticentes à rendre librement accessible l'information environnementale en leur possession.

Dans de nombreux cas, elles considèrent que « l'information est une source de pouvoir » et agissent comme si elles étaient en « concurrence », évitant de partager des données, argumentant que ces données sont confidentielles ou qu'elles doivent encore contrôler leur qualité avant de les rendre disponibles.

Aux niveaux transfrontalier et régional, un problème plus général est lié à la réticence des autorités nationales à fournir aux pays voisins des informations jugées stratégiques pour leur développement, en particulier lorsqu'ils sont situés dans une zone aux ressources limitées : la valeur économique de l'eau en termes d'énergie hydraulique d'irrigation et de navigation peut accroître cette réticence. De plus, dans certains cas, les jeux de données sont transmis trop tardivement pour être vraiment utiles.

Enfin, dans les zones de conflit, les autorités sont réticentes à publier des informations sur les ressources en eau, en particulier les données de géolocalisation, pour des raisons de sécurité.

Encart 3 : A propos de la Convention d'Aarhus

La Convention de la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe (CEE ONU) sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement, adoptée le 25 juin 1998, établit un certain nombre de droits du public (particuliers et associations) à l'environnement.

La Convention prévoit notamment le **droit de chacun à recevoir** des informations environnementales détenues par les autorités publiques. Cela peut inclure des informations sur **l'état de l'environnement**, mais aussi sur **les politiques ou les mesures prises**, ou sur **l'état de la santé et de la sécurité humaines** lorsque celles-ci peuvent être affectées par l'état de l'environnement. Les demandeurs ont le droit d'obtenir cette information dans **le mois qui suit** la demande et sans avoir à dire pourquoi ils en ont besoin. En outre, **les autorités publiques sont tenues, en vertu de la Convention, de diffuser de manière proactive les informations environnementales en leur possession.**



Figure 2 : Carte des parties et des signataires de la convention d'Aarhus (source: www.unece.org).

g) Manque de ressources financières et humaines

Certains pays n'ont pas de systèmes d'information sur l'eau adéquats, ni l'expertise ou la capacité de créer des systèmes et de gérer des données. C'est pourquoi il est important que les agences internationales et spécialisées continuent à soutenir ces pays à développer leurs propres capacités de gestion des données sur l'eau.

Encart 4 : Exemples de programmes de coopération supportant la gestion des données

La transition vers une meilleure gestion des données peut être facilitée par des plateformes intégrées et participatives, telles que le Système d'Informations et de Réseau sur l'Eau du Programme Hydrologique International de l'**UNESCO** (IHP-WINS), grâce auquel, tout en restant responsables de leurs propres données, les pays peuvent recevoir un appui à la gestion et au stockage des données et à l'écriture de métadonnées, etc. Ceci peut être particulièrement utile pour les pays à revenu faible ou moyen, qui n'ont pas les ressources (financières, humaines, techniques) nécessaires pour mettre en place des systèmes de gestion de données, ainsi que pour les petits pays tels que les petits états insulaires en développement (PEID).

Pour sa part, l'**OMM** appuie les pays dans leurs efforts de surveillance hydrologique par des programmes et des projets tels que WHYCOS (Système mondial d'observation du cycle hydrologique), MCH (Système de gestion des bases de données météorologiques et hydrologiques) et WHOS (Système d'observation hydrologique) en plus de la fourniture de cadres réglementaires et de gestion de la qualité des données. Ces activités sont déployées sous l'égide du mécanisme mondial d'appui à l'hydrométrie (WMO HydroHub) » nouvellement créé, qui vise à améliorer l'efficacité et la durabilité du suivi du cycle hydrologique au moyen d'approches novatrices. En adoptant la Résolution 25 (Cg-XIII) sur les échanges de données et de produits hydrologiques, le Congrès de l'OMM a réaffirmé l'engagement de la communauté internationale d'élargir et renforcer autant que possible, l'échange international libre et sans restriction de données et de produits hydrologiques, conformément aux exigences des programmes scientifiques et techniques de l'OMM ; en particulier, il prévoit de fournir gratuitement et sans restriction les données et produits hydrologiques nécessaires à la fourniture de services liés à la protection de la vie et à la propriété et au bien-être de toutes les populations.

Par ailleurs, de nombreux programmes de coopération bilatérale et décentralisée liés à la gestion des ressources en eau intègrent des composantes pour renforcer les procédures de gestion des données au niveau national et / ou des bassins. C'est par exemple le cas de nombreux projets coordonnés par l'**OIEau** et financés par des agences multilatérales, nationales et / ou de bassin (cas des programmes de coopération soutenu par les agences de l'eau françaises).

2.1.3 Conséquences du manque d'accès facile aux données et aux informations nécessaires à la gestion de l'eau

a) Seule une petite partie des jeux de données existants sont utilisés efficacement

Les utilisateurs de l'information rencontrent de nombreuses difficultés pour identifier quels jeux de données existent déjà et comment y accéder. Il en résulte que seule une partie limitée des informations déjà produites est utilisée efficacement.

Comme vu précédemment, cela est principalement dû :

- **A la multiplicité des sujets**, des producteurs de données et des sources de données existantes ;

- **Au manque d'outils et de procédures** pour identifier facilement les données existantes ;

- **A l'absence de procédures efficaces** et d'un échange institutionnalisé de données pouvant être considérées d'intérêt commun pour diverses institutions.

En conséquence, les données existantes ne sont pas utilisées efficacement et la performance des investissements dans la production de données est limitée.

b) Faible efficacité et duplication des travaux de gestion / traitement / diffusion des données

Par manque d'outils et de procédures adaptées, certaines organisations consacrent beaucoup de temps à des activités qui pourraient être automatisées ou au moins semi-automatisées.

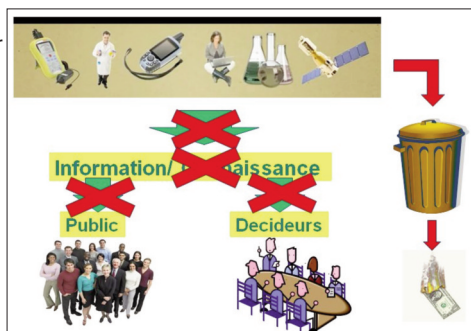


Figure 3 : Manque d'accès aux données et à l'information pour le public et les décideurs.

Par exemple :

- Certaines organisations consacrent beaucoup de temps à l'identifier les jeux de données existant et comment y accéder alors que des outils tels que les « catalogues de sources de données » peuvent être mis en place et couplés à l'utilisation d'un moteur de recherche spécialisé en ligne ;

- Certaines organisations passent chaque jour un temps considérable à communiquer des données par téléphone à leurs partenaires plutôt que d'exploiter des procédures d'échange automatisés de données digitalisées;

- Certaines organisations passent chaque jour beaucoup de temps à préparer des tableaux et des graphiques, pour répondre aux demandes internes ou de partenaires, alors que ces éléments pourraient être générés automatiquement ou semi-automatiquement en ligne.

De plus, le manque de coordination entre les différentes administrations, travaillant dans le secteur de l'eau, entraîne souvent un gaspillage de ressources avec **des duplications des travaux de production et gestion des données**. Par exemple :

- La même information est parfois produite plusieurs fois par diverses institutions sans consultation croisée, avec in fine la production d'informations non cohérentes ;

- Certaines données, déjà digitalisées par une organisation, sont parfois numérisées à nouveau et mises à jour par d'autres institutions, dupliquant ainsi le travail de saisie des données, et augmentant le risque d'erreurs avec création de multiples sources de données similaires.

c) Niveau limité de contrôle de la qualité des jeux de données existants en raison du manque de possibilités de comparaison des données provenant de diverses sources

Lorsque différents producteurs de données génèrent le même type de données sur le même objet, ils devraient pouvoir croiser leurs données avec celles d'autres institutions afin de contrôler leur cohérence.

Il arrive par exemple souvent que diverses organisations impliquées dans la gestion quantitative d'un même cours d'eau ne puissent pas échanger facilement leurs données pour des comparaisons et contrôles de qualité des données.

d) Les décideurs n'ont pas accès à des informations pertinentes pour la prise de décision

Il est bien connu que les décideurs ne peuvent pas prendre de bonnes décisions s'ils n'ont pas les informations nécessaires décrivant la situation existante, les objectifs et les différentes options possibles pour atteindre ces objectifs.

Dans les secteurs de la gestion de l'eau, qu'il s'agisse d'une gestion opérationnelle de l'eau à court terme ou à moyen et à long terme, il est rare que toutes les données nécessaires existent déjà. Cependant, dans de nombreux cas, l'impossibilité d'accéder aux données existantes et de les traiter à temps pour produire des informations pertinentes peut conduire à des décisions inappropriées.

Les impacts financiers et environnementaux de ces décisions peuvent être très élevés et ces décisions peuvent avoir des conséquences vitales ou présenter des risques pour la santé humaine notamment lors de la gestion des risques (inondations, sécurité des barrages, etc.).

e) Le public ne peut pas participer efficacement aux processus de prise de décision comme l'exigent les principes de la GIRE

L'un des principes de la GIRE prévoit que les représentants de la société civile puissent avoir la possibilité de participer aux processus décisionnels liés à la gestion de l'eau et que des informations appropriées soient mises à la disposition du public afin de faciliter sa participation.

Dans de nombreux cas, les données nécessaires ne sont pas disponibles et l'information n'est pas produite ou diffusée. Les éléments nécessaires ne sont alors pas disponibles pour déclencher les discussions et les processus permettant de parvenir à un consensus, et faire en sorte que les décisions soient socialement et économiquement acceptables.

f) La coopération dans la gestion des eaux transfrontalières peut être limitée en raison d'un manque d'échange d'informations

L'importance de faciliter l'accès aux données et d'organiser le partage régulier de données et informations entre pays concernées par des ressources en eau transfrontalières communes, est souvent mentionnée.

Ce point est notamment souligné par la Convention de la CEE-ONU sur l'eau, qui comprend des articles sur l'échange et la protection des informations ainsi que sur l'accès du public à l'information: « *L'échange d'informations, y compris sur la pollution accidentelle, sur les projets d'infrastructures pouvant affecter les pays en aval, sur les phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses) ainsi que sur des travaux, tels ceux portant sur l'hydroélectricité, la navigation et l'irrigation, est indispensable pour instaurer la confiance et une vision commune parmi les pays riverains* ».

Un certain nombre de politiques clés sur l'échange « libre et sans restriction » de données et de produits hydrologiques sont aussi promues par l'OMM et l'UNESCO [3].

En outre, les experts concourent à dire que les accords sur les cours d'eau internationaux doivent être plus concrets en ce qui concerne le partage de données. Une étude [4] intitulée « *Greater exchange, greater ambiguity: Water resources data and information exchange in transboundary water treaties* » indique que sur les 287 traités examinés, seuls 37% (106) prévoient des mécanismes d'échange direct de données et d'informations.

2.1.4 Conclusion : Il est particulièrement important de développer la production de données, de rationaliser l'accès aux jeux de données et aux informations existantes, et d'améliorer leur visualisation et leur utilisation

La rétention de données et une coordination inefficace entravent les efforts visant à résoudre le problème de plus en plus aigu de l'accès à l'eau [5]. Il est vital que les organisations s'emparent du problème et développent des systèmes d'information sur l'eau comme solution pour un meilleur partage des données pour la gestion des ressources en eau. Il faut créer des réseaux efficaces et intégrateurs, afin de trouver des moyens pour que les différents secteurs puissent s'enrichir les uns les autres.

La gestion des données est un projet à long terme. Les solutions (les systèmes d'information par exemple) pour la gestion, la collecte, le stockage et le traitement des données doivent être durables car elles sont longues et difficiles à modifier. Ainsi, des investissements et des budgets de fonctionnement sont à prévoir.

Une gestion efficace des ressources mondiales en eau nécessite des données et des informations crédibles et fiables sur l'état de la ressource et sur ses modifications causées par l'utilisation et le développement des ressources, les pratiques d'utilisation des sols et les changements climatiques. Des données de qualité contrôlée devraient être la base pour assurer une information de qualité, tandis que des solutions de visualisation peuvent améliorer l'impact et la compréhension des données.

Sans oublier la nécessité de renforcer les processus de suivi et de collecte de données, il apparaît que **le capital de données déjà régulièrement produit par les différentes institutions directement impliquées dans la gestion de l'eau et d'autres institutions (par exemple celles produisant des informations géographiques, statistiques, de télédétection) est souvent inefficacement utilisé voire sous-utilisé.**

Un effort important doit et peut être fait pour rationaliser les jeux de données et les informations existantes, les rendre facilement accessibles et compréhensibles, et les mettre à la disposition des utilisateurs finaux, en suivant les règles convenues entre les différents acteurs. [6]

L'expérience montre que, lorsqu'ils sont gérés efficacement, les travaux sur la gestion des données peuvent fournir un axe de développement pour de nouveaux modèles de coopération.

Les décideurs et les représentants des Etats comprennent l'importance des données et s'activent à les gérer efficacement lorsque cela contribue positivement à l'élaboration de leurs politiques et à la mise en œuvre de la gestion des ressources en eau. Il est pour cela essentiel de renforcer les outils visant à faciliter la surveillance, l'audit et le rapportage sur les utilisations de l'eau, les problèmes, les risques, etc.

Cependant, dans de nombreux cas aujourd'hui, la simple collecte de données sur la gestion de l'eau est difficile, sans parler de l'analyse pour en extraire des connaissances utiles [7]. En conséquence, il est indéniable que le secteur de l'eau a besoin de données valides sur l'ensemble du cycle de l'eau pour une meilleure gestion des ressources en eau.

L'établissement de faits est essentiel pour améliorer la compréhension du cycle de l'eau, l'étalonnage et la validation de modèles, et, en fin de compte, permettre des décisions éclairées. Les états de fait sur l'eau sont établis grâce au suivi hydrologique, allant de la collecte de données aux produits et services. Les données sont fondamentales pour le dialogue entre les acteurs et la mesure de l'efficacité des décisions prises et le suivi du respect des traités internationaux.

2.2 Choix des bons outils pour la gestion des données sur l'eau : comment éviter les erreurs courantes

Ce chapitre fournit des exemples de critères à prendre en compte lors de la sélection des outils à utiliser dans les systèmes de gestion de l'information sur l'eau.

a) Introduction

Organiser l'accès à l'information sur l'eau est un défi majeur, qui nécessite une planification minutieuse, des investissements judicieux et une mise en œuvre diligente, notamment lors du choix des outils adéquats pour la gestion des données. Ces outils sont essentiels à l'accomplissement d'un large éventail de tâches, dont notamment l'archivage des données et les services d'information aux utilisateurs finaux. Ils sont par ailleurs fondamentaux pour l'organisation des flux de tâches (workflows) dans le domaine de l'eau. En tant que tel, la capacité et la performance des outils utilisés pour la gestion des données contribuent à l'efficacité des politiques de données sur l'eau, de la planification, de la gestion et des modalités d'exploitation. Ils impactent également fortement la valeur des données sur l'eau elle-même dans la mesure où ils affectent la façon dont l'information est utilisée et par qui. Pour ce faire, il est essentiel de mettre en œuvre des outils et des procédures efficaces.

Quatre aspects fondamentaux sont à prendre en compte pour éviter les erreurs les plus courantes lors de la sélection et de la mise en œuvre de ces outils : les fonctionnalités, la maintenabilité, l'association spatiale et la fiabilité.

b) Fonctionnalités

Les « fonctionnalités » d'un outil sont à considérer sous deux aspects : interne et externe. Le premier concerne les nombreuses tâches de gestion et d'archivage des données sur l'eau, qui doivent être entreprises à l'aide du système. Le second concerne les services d'information sur l'eau générés par le système au profit des acteurs de l'eau.

Les outils de la gestion des données sont utilisés dans de nombreuses tâches comprenant le contrôle qualité, l'édition, la transformation, l'analyse, l'archivage et la distribution des données. L'idéal est de formaliser autant de tâches que possible en tant que processus reproductibles, car cela améliorera l'efficacité et la fiabilité des tâches. Avant de sélectionner, de développer ou d'actualiser les outils de gestion des données, il est donc utile d'avoir une vision de l'ensemble des besoins des utilisateurs clairement documentée, avec trois caractéristiques clés :

- ❶ Les besoins englobent tous les processus dans lesquels interviennent des aspects de gestion des données sur l'eau ;
- ❷ Ils sont développés avec la contribution et la validation du personnel spécialisé responsable de la gestion des données sur l'eau ;
- ❸ Ils sont éclairés par des évaluations de ce qui est pratiquement possible compte tenu des allocations budgétaires disponibles et des délais du projet. La meilleure façon de faire une telle évaluation est d'examiner attentivement ce que les autres agences chargées de la gestion des données sur l'eau ont accompli avec des ressources connues et dans les délais impartis.

L'utilité des données sur l'eau augmente lorsqu'elles peuvent être exploitées dans le cadre de systèmes d'information. Il est par exemple important de pouvoir visualiser les variations spatio-temporelles des débits des rivières, les tendances des niveaux des eaux souterraines et les prélèvements et les fluctuations des volumes de stockage des réservoirs. Les services de prévision sont un autre type de service d'information sur l'eau, combinant des données observées sur l'eau avec des modèles prédictifs pour fournir aux utilisateurs des prévisions, des perspectives et des scénarii pour l'avenir. Le développement d'outils fournissant ces types de services améliore efficacement la capacité des acteurs de l'eau, en particulier ceux qui n'ont que peu d'expertise dans le traitement, l'interprétation, et l'intégration des données sur l'eau dans leurs processus décisionnels.

c) Maintenabilité

Les outils de la gestion des données sur l'eau sont complexes et coûteux à entretenir. Lors de la conception d'un nouvel outil ou de la refonte d'un outil déjà existant, il est recommandé de prendre en compte la conception du système sous-jacent, car cela déterminera sa maintenabilité et son coût total d'exploitation [10].

Les outils de gestion des données sur l'eau peuvent être classés en 3 groupes. Les solutions disponibles sur le marché (Commercial-Off-The-Shelf - COTS) sont des systèmes génériques, adaptés à des tâches courantes et reproductibles, procurés par des fournisseurs.

Les logiciels de comptabilité d'entreprise, les systèmes d'information géographique (SIG) et les logiciels de traitement de texte sont de bons exemples de solutions COTS. A l'autre extrémité du spectre, les solutions « sur mesure » impliquent le développement unique d'un système. Bien que les systèmes sur mesure puissent utiliser des produits COTS en tant que sous-composants, ils constituent néanmoins une instance de logiciel hautement personnalisée et unique. Beaucoup d'outils plus anciens étaient presque entièrement des solutions sur mesure, mais de nos jours, les solutions COTS disponibles peuvent fournir la plupart des fonctions requises.

Pour les agences chargées des données sur l'eau ayant une capacité limitée de développement et de support informatiques, la voie COTS est préférable à une approche sur mesure. Elle réduit le risque de développement, le temps requis pour mettre en place une solution et augmente la maintenabilité courante. Le coût n'est pas forcément inférieur, mais il est prévisible, car les solutions COTS nécessitent une mise de fonds initiale connue pour l'installation et la mise en service, suivie de droits de licence récurrents.

Les logiciels libres et Open Source (FOSS) offrent une alternative aux approches COTS en sachant que ces logiciels libres et Open Source sont des logiciels mis à disposition sous licence avec le droit d'exécuter le programme à n'importe quelle fin, d'étudier comment le programme fonctionne pour l'adapter et pour redistribuer les copies, y compris les modifications. Le choix d'un Système d'Information sur l'Eau représente une décision difficile pour les investisseurs. En effet, le fait que divers vendeurs de logiciels n'investissent pas dans le développement de logiciels multiplateformes ne signifie pas que la migration vers une nouvelle plateforme ne soit pas possible. De même, COTS ne signifie pas nécessairement que le client devienne dépendant du fournisseur, alors que FOSS ne signifie pas nécessairement une indépendance envers les fournisseurs et des normes ouvertes.

En conséquence, plusieurs questions doivent trouver réponses avant d'opter pour l'une des solutions possibles.

- ① En ce qui concerne la facilité d'intégration: le système doit-il être flexible et facile à intégrer ?
- ② Pour la flexibilité et l'extension : est-il besoin d'étendre les composants internes ou d'étendre le produit de base ?
- ③ Pour la prise en charge : avez-vous des opérations informatiques internes à prendre en charge pour mettre en œuvre la solution ? Avez-vous des compétences internes pour cette mise en œuvre et pour faire le diagnostic ?
- ④ Enfin, concernant le coût : est-il cohérent d'acheter un produit par rapport aux coûts de support du logiciel FOSS ?

Le modèle de logiciel libre et open source (FOSS) fournit des outils et des processus intéressants, permettant de créer, d'échanger, de partager et d'exploiter des logiciels et des connaissances de manière efficace et efficiente en relation avec la gestion des ressources en eau. Les logiciels libres ont le potentiel de jouer un rôle important en tant qu'instrument pratique du développement, car leurs aspirations libres et ouvertes en font un élément naturel des efforts de développement dans le contexte des ODD.

Il est absolument nécessaire d'éliminer les restrictions limitant l'accès aux données et aux informations pour les acteurs de l'eau et aux décideurs. Promouvoir « l'ouverture » des contenus, de la technologie et des processus par la sensibilisation, la formulation de politiques et le renforcement des capacités est considéré comme fondamental pour élargir l'accès aux données, à l'information et aux connaissances.

Un accès efficace aux données, d'une manière responsable et efficiente, est nécessaire pour tirer pleinement parti des nouvelles opportunités et des avantages offerts par les TIC [11]. L'accessibilité des données issues de la recherche est devenue une condition importante pour la bonne gestion de l'investissement public dans l'information factuelle, la création de chaînes d'innovation à valeur forte et la valorisation de la coopération internationale. Plus spécifiquement, l'amélioration de l'accès et du partage des données renforce et favorise la recherche ouverte, encourage les analyses et les opinions diverses, soutient les études sur les méthodes de collecte et de mesure des données, facilite l'éducation des nouveaux chercheurs et permet la combinaison de sources multiples pour créer de nouveaux jeux de données. Il est crucial de favoriser la démocratisation de ces systèmes, car ils contribuent à combler l'écart existant entre le Nord et le Sud en termes d'accès aux données [12].

d) Association spatiale

L'association spatiale est le processus consistant à associer des informations géographiques clés aux données afin de faciliter la découverte, l'interrogation, l'interprétation, la visualisation et le téléchargement de ces données. Ceci est essentiel dans le cas des données sur l'eau, car elles possèdent presque toujours des attributs spatiaux pertinents pour leur signification. Par exemple, le débit d'une rivière est mesuré en un point sur une rivière, mais représente l'accumulation de tous les ruissellements générés dans le réseau hydrographique en amont du point de mesure. En tant que telles, les données sur les débits des rivières ne peuvent pas être correctement interprétées sans une caractérisation appropriée de la zone de contribution en amont.

Les limites géographiques de différents types de zones de gestion sont également très importantes afin de fournir un contexte spatial aux données sur l'eau. Des exemples sont les frontières/limites pour les États, les provinces, les villes, les bassins, les périmètres irrigués, les régions agricoles et les zones de conservation. Ces informations sur les limites géographiques sont couramment utilisées pour calculer les moyennes spatiales et les sommes des valeurs mesurées afin qu'elles aient une plus grande signification pour les acteurs de l'eau.

L'association spatiale des données sur l'eau implique le stockage de couches d'informations spatiales dans un Système d'Information Géographique (SIG), ainsi que des coordonnées de localisation pour des points de mesures. Dans le cas le plus simple, ces couches d'informations spatiales seront des représentations cartographiques, qui sont simplement utilisées pour le rapportage. Toutefois, il est possible de tirer un bien meilleur parti de la construction d'un modèle d'information spatiale pour définir les caractéristiques hydrologiques d'un territoire, parfois appelé « référentiel géospatial hydrologique » [13]. Un référentiel géospatial hydrologique fournit une base objective pour la délimitation du bassin versant et des eaux souterraines. Il prend également en charge une série de tâches de modélisation hydrologique, telles que l'acheminement des flux à travers les réseaux fluviaux et l'échange d'eau entre les systèmes d'eau superficielle et d'eau souterraine. La gestion des données et des informations sur les eaux souterraines requiert également la capacité de représenter efficacement des données ayant une référence tridimensionnelle.

e) Fiabilité

Les acteurs de l'eau ont besoin d'une disponibilité continue du SIE. Cependant, cette disponibilité continue est difficile à accomplir pour diverses raisons, telles que les interruptions de service pendant les mises à jour, les défaillances matérielles ou les activités malveillantes. L'atténuation la plus efficace de ces risques de perte de service consiste à créer plusieurs instances d'outils pour la gestion des données ; idéalement, il s'agit de quatre instances distinctes, de systèmes de production, de basculement, de pré-production et de développement. Le risque est encore réduit en appliquant des niveaux spécifiques de sécurité, de séparation physique et de contrôle d'accès à chaque instance. Le maintien de ces quatre instances distinctes assure la fiabilité grâce à des opérations sécurisées et à un environnement relativement sans risque pour le développement et les tests du système.

La prise en compte des aspects de sécurité physique, de sauvegarde et de contrôle d'accès aux codes du système et aux fichiers associés sont importants et doivent viser à limiter les risques de dommages délibérés ou accidentels du système. Parmi les autres procédures de sauvegarde basique pouvant être prises en considération figurent l'utilisation obligatoire de mots de passe forts, la mise à jour obligatoire des mots de passe périodiquement et l'installation immédiate de correctifs de sécurité lorsqu'ils sont mis à disposition par les fournisseurs de logiciels. Un contrôle continu des performances du système est également conseillé.

f) Résumé

En résumé, les outils de gestion des données sur l'eau constituent la base de la plupart des processus de gestion des données sur l'eau. Ils nécessitent des investissements substantiels et sont un déterminant majeur de l'efficacité de tout Système d'Information sur l'Eau. Par conséquent, il est important d'accorder une attention particulière à leur conception et à leur fonctionnement.

Ces outils seront plus efficaces lorsqu'ils seront mis en œuvre en mettant l'accent sur la fonctionnalité, la maintenabilité, l'association spatiale et la fiabilité. Les principaux objectifs devraient être les suivants : commencer par le bilan des exigences des utilisateurs soigneusement préparé, en tenant compte des préférences internes et externes des acteurs, relier les ensembles de données sur l'eau à un référentiel géospatial hydrologique et créer plusieurs instances du système pour la sécurité.

3 - Composantes principales de la gestion des données sur l'eau

PRINCIPAUX POINTS CLÉS

- Cinq composantes principales doivent être prises en compte : la gouvernance, la production de données, la gestion intégrée des données, le traitement des données et leur valorisation, et la diffusion de l'information.
- **La gouvernance** : dans de nombreux cas, la mise en œuvre d'un système partagé et efficace d'information sur l'eau nécessite une coopération interinstitutionnelle et une politique relative aux données sur l'eau, qui organise notamment le partage des responsabilités entre les institutions. Cela ne peut être établi sans une forte volonté politique, sachant que les investissements dans le partage de données et le développement de systèmes d'information ont généralement un très bon retour sur investissement.
- **La production de données** : elle doit s'organiser sur la base des besoins réels et impliquer tous les partenaires, tout en combinant les procédures de suivi traditionnelles, les données de la télédétection et celles qui peuvent être apportées sur le terrain via des procédures participatives (crowdsourcing).
- **La gestion intégrée des données** : que ce soit au niveau régional, national ou de bassin, la mise en place d'un système d'information ou d'échange de données sur l'eau, ne part jamais de rien, puisque de nombreuses institutions produisent, gèrent, échangent et utilisent déjà des données pertinentes. Une stratégie appropriée, reposant sur un état des lieux, est nécessaire, ainsi qu'un langage commun pour assurer la comparabilité des données, et des procédures pour développer l'interopérabilité entre les systèmes d'information existants.
- **Le traitement et la valorisation des données** : de nombreux outils sont disponibles pour traiter et transformer les jeux de données brutes en informations facilement accessibles et compréhensibles par les utilisateurs finaux, grâce à des modes de visualisation et à un support de communication appropriés.
- **La diffusion de l'information** : différents canaux et outils numériques (portails, applications pour smartphones, réseaux sociaux, etc.) sont disponibles et peuvent être exploités dans le cadre d'une stratégie de communication adéquate.

Lors de l'élaboration d'un Système d'Information sur l'Eau, il est important de prêter une attention particulière à chacune des cinq composantes principales suivantes [2]:

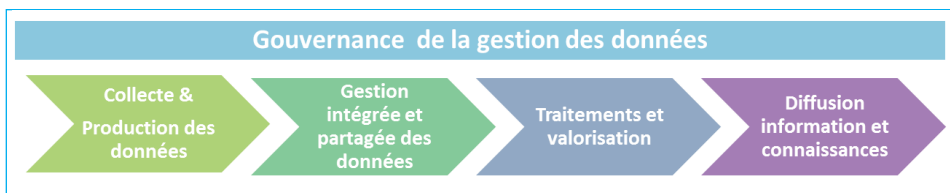


Figure 4 : Les cinq composantes principales à prendre en compte.

3.1 - La gouvernance des données sur l'eau

POINTS CLÉS

- Une volonté politique avec un fort engagement est nécessaire pour développer la **coopération interinstitutionnelle sur la gestion des données** et établir **une politique relative aux données sur l'eau (gouvernance de la gestion)**.
- La gouvernance s'appuie généralement sur une combinaison de textes législatifs (loi, décret, etc.), de documents sur les stratégies et procédures pour la coordination interinstitutionnelle, et sur l'organisation d'un comité de pilotage et de groupes de travail spécifiques.
- Les investissements sur le partage de données et le développement de systèmes d'information s'avèrent le plus souvent avoir **un retour sur investissement très positif**.

3.1.1 Principes généraux de la gouvernance des données sur l'eau

La gestion des ressources en eau requiert un accès aux jeux de données existants sur de nombreux thèmes qui, dans chaque pays, sont toujours produits / gérés / traités par de nombreuses institutions.

L'accès efficace à ces jeux de données nécessite une bonne **coopération interinstitutionnelle sur la gestion des données** ainsi que le développement d'une **politique relative aux données sur l'eau (gouvernance de la gestion)** afin de renforcer les synergies entre les acteurs tout en partageant les rôles et les responsabilités de la production, de la gestion, du traitement et de l'exploitation des données.

Compte tenu des divers cadres législatifs et institutionnels existants dans les pays, diverses options peuvent être mises en place pour organiser cette gouvernance. Dans de nombreux cas, elle reposera sur une combinaison de :

- Textes législatifs (loi, décret, etc.) ;
- Documents présentant des stratégies et des procédures pour la coordination interinstitutionnelle ;
- Et sur l'organisation d'un comité de pilotage et de groupes de travail spécifiques.

Texte législatif

Si la législation n'est pas adaptée pour faciliter la coopération interinstitutionnelle, la seule volonté des décideurs peut ne pas être suffisante, car dans de nombreux cas le partage des données ne rentre pas dans leurs obligations.

Par conséquent, les textes législatifs organisant la coopération dans le secteur de l'eau, devraient inclure des chapitres ou des décrets spécifiques, notamment pour :

- Faciliter le partage de données entre les institutions ;
- Établir les principes généraux de gestion et d'utilisation des données ;
- Présenter le système national d'information sur l'eau comme un outil fondamental pour soutenir la politique de l'eau ;
- Préciser le rôle des principales institutions ;
- Stimuler le partenariat et organiser la gouvernance et le financement.

Stratégies et procédures pour la coordination interinstitutionnelle [6]

Au niveau national, avant l'adoption d'un texte législatif, la volonté politique d'organiser le partage et la production et l'utilisation rationnelle des données sur l'eau entre institutions peut

également être mise en place dans un document stratégique précisant la politique du pays en matière de données.

Au niveau transfrontalier, des protocoles d'échange peuvent être ainsi mis en œuvre entre les pays et / ou entre le pays et l'organisme du bassin transfrontalier.

Dans tous les cas, il est essentiel que tous les décideurs reconnaissent l'importance d'avoir accès à une information adaptée aux problèmes rencontrés de gestion de l'eau, en se rappelant que :

- ❶ Une bonne information est cruciale pour toutes les décisions prises dans la gestion intégrée des ressources en eau.
- ❷ Une information de mauvaise qualité peut créer de l'incertitude et conduire à une mauvaise gestion opérationnelle, à des décisions politiques et des décisions d'investissement inefficaces.

Par conséquent, le Système d'Information sur l'Eau doit être considéré par tous comme **un outil fondamental pour soutenir la politique de l'eau** (au niveau local, national, transfrontalier ou mondial).

Dans de nombreux cas, les décideurs ne voient pas immédiatement l'intérêt d'investir dans la gestion des données sur l'eau. C'est pourquoi il est important **d'organiser le partage d'expériences et de saisir toutes les opportunités pour démontrer les avantages que chaque institution peut tirer d'une collaboration à un Système d'Information sur l'Eau, partagé et intégré.**

Mobiliser efficacement les partenaires implique de :

- ❶ Clarifier le rôle et les missions de chaque participant dans un cadre de structures organisationnelles bien définies ;
- ❷ Appliquer les méthodologies de « gestion de projet » et de « contrôle de qualité » à toutes les composantes et procédures du système d'information ;
- ❸ Définir des règles d'organisation interne pour la production / le partage / la diffusion des données.

Une fois le cadre général de coopération établi, une relation gagnant-gagnant entre les partenaires doit être mise en place pour assurer leur participation durable. Un partenaire peut par exemple bénéficier du système au grâce à :

- De nouveaux accès à des données produites par d'autres partenaires ;
- Une assistance technique pour développer son propre système d'information ;
- De l'aide, en tant que producteur de données, pour assurer le contrôle de la qualité de ses jeux de données ;
- Le renforcement de ses capacités avec formation de ses ressources humaines.

A un stade ultérieur, l'élaboration de scénarii d'échange de données spécifiques entre partenaires peut être envisagée au cas par cas. Ces scénarii, une fois acceptés par les partenaires, peuvent être adaptés à chaque processus d'échange de données. Ceux-ci devraient spécifier, entre autres choses :

- Qui échange quelles données avec qui ?
- Dans quel but ?
- Quelles sont les procédures à suivre (format, fréquence, etc.) ?

En vue d'une participation à long terme des partenaires, ces scénarii doivent contribuer à créer un climat de confiance entre les partenaires. Pour ce faire il est important de :

- Respecter le rôle de chaque acteur possédant des données et en impliquant chaque partenaire à l'amont de la définition du scénario ;
- Respecter le niveau de confidentialité défini par chaque producteur, en n'utilisant ou ne diffusant pas des données ou des informations sans son accord.

Etude de cas 1 : France / Législation relative au Système National d'Information sur l'Eau [14]

Après une phase initiale de développement, commencée en 1992 sous le nom de Réseau National des Données sur l'Eau (RNDE) et après divers décrets transitoires, le concept du SIE national français dans sa version actuelle a été établi par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006, L213-2.

Dans son article 88, la LEMA précise que l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA, désormais intégré à l'AFB), qui est une institution administrative de l'Etat, devra, entre autres :

- « assurer la mise en place et la coordination technique d'un système d'information visant au recueil, à la conservation et à la diffusion des données sur l'eau, les milieux aquatiques, leurs usages et les services publics de distribution d'eau et d'assainissement. Les collectivités territoriales ou leurs groupements sont associés à leur demande à la constitution de ce système d'information. »

Le décret n° 2007-443 relatif à l'ONEMA précise dans son article 1 que : « Au titre de la réalisation du système d'information », il « recueille les données et indicateurs relatifs à l'eau, aux milieux aquatiques et à leurs usages ainsi qu'aux services publics de distribution d'eau et d'assainissement. Il définit le référentiel technique permettant l'interopérabilité de ses dispositifs de recueil, de conservation et de diffusion et le met à disposition dans des conditions fixées par décret ».

Le décret n° 2009-1543 signé par le Premier Ministre précise que :

- Le référentiel technique mentionné dans le décret n° 2007-443 et élaboré par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, se compose d'un **Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE)** et de documents techniques annexes ;
- « Toute personne souhaitant participer à la constitution du Système d'Information sur l'Eau doit respecter le référentiel technique ».

Ce SNDE fixe :

- Les objectifs, le périmètre et les modalités de gouvernance ;
- Les dispositifs de recueil, de conservation et de diffusion des données et des indicateurs ;
- Les modalités de mise en œuvre de ces dispositifs ;
- Les modalités d'élaboration des méthodologies et du référentiel des données et des services que ces dispositifs doivent respecter pour assurer leur interopérabilité ;
- Les règles d'échange des données avec d'autres systèmes d'information non totalement compris dans le périmètre du Système d'Information sur l'Eau.

Comité de pilotage et groupes de travail spécifiques

Au niveau national et transfrontalier, le partage et le traitement efficace de données comparables, produites par divers organismes, exigent une clarification du rôle de chaque partenaire. Cela garantit une participation régulière et une coordination efficace pour développer les différentes composantes du système.

Un cadre opérationnel adéquat doit donc être établi pour la gestion des données sur l'eau, en prenant en compte les principaux problèmes liés à l'eau ainsi que le contexte institutionnel.

Dans de nombreux cas, un système de gouvernance à trois niveaux est approprié, avec notamment :

- Un comité de pilotage pour définir les priorités et guider la mise en place du système d'information ;
- Une unité technique pour diriger et assurer la coordination technique du système ;
- Un réseau de partenaires qui produisent, gèrent et utilisent des données et qui ont la possibilité de participer à des groupes de travail créés pour développer le système.

La mission principale de ce cadre organisationnel est de développer les capacités de production, de valorisation et de partage d'informations comparables et de qualité, utiles à la gestion durable des ressources en eau.

En fonction de son niveau d'action (régional / national / bassin), il doit être en mesure de soutenir toutes les politiques et les actions susceptibles d'affecter la gestion des ressources en eau. Pour cela, il est important de :

- ① Organiser une collaboration pour un meilleur partage des données sur l'eau entre les institutions ;
- ② Mettre en place et adopter des procédures communes, validées par les organisations nationales, pour décrire les jeux de données existants (métadonnées) et produire des données et des informations comparables ;
- ③ Organiser le développement de procédures et d'infrastructures techniques pour la mise en réseau de services d'identification et de consultation de données et d'informations, en accord avec les droits d'accès convenus avec les partenaires ;
- ④ Organiser la production, l'interprétation et la diffusion des informations nécessaires à la gestion des données sur l'eau aux niveaux national, local et de bassin ;
- ⑤ Renforcer les capacités des ressources humaines, afin d'améliorer la qualité et l'efficacité de la gestion des données sur l'eau.

Etude de cas 2 : Défis et rôle de la gouvernance dans le cas des systèmes nationaux d'information sur l'eau en Méditerranée [15]

Lors d'un atelier organisé en 2017 dans le cadre de la plateforme méditerranéenne des connaissances sur l'eau et supporté par le **SEMIDE**, les éléments clés d'une gouvernance nationale efficace des données sur l'eau ont été identifiés avec notamment :

- Nécessité d'un **engagement politique de haut niveau** pour améliorer la coordination intersectorielle, le partage de données et la production conjointe d'informations pour une meilleure gestion de l'eau. Cette volonté politique est un élément clé pour mettre en place la structure de gouvernance nécessaire au développement et à la gestion d'un Système d'Information sur l'Eau ;
- Souligner l'importance du Système d'Information sur l'Eau pour une gestion efficace de l'eau dans la **législation nationale relative à l'eau**, y compris la définition de la coordination intersectorielle et la définition des responsabilités en matière de coopération et de partage de l'information ;
- La **formalisation du mécanisme de gouvernance** par un accord multipartite, un protocole d'accord ou un texte réglementaire ;
- Un large consensus et un engagement de toutes les parties prenantes en recherchant des solutions « gagnant-gagnant » à tous les stades de développement ainsi que dans le fonctionnement du système ;
- La définition d'une **structure de gouvernance à plusieurs niveaux**, comprenant la coordination stratégique, la coordination technique et la coordination opérationnelle allant du niveau national au niveau local ;
- Des **ressources humaines et financières** pour l'organisation de la gouvernance, la mise en œuvre et le fonctionnement du Système d'Information sur l'Eau.

L'**organe de gouvernance stratégique** est généralement présidé par le ministre chargé de l'eau et regroupe l'ensemble des ministères et organismes concernés par le secteur de l'eau (environnement, santé, agriculture, industrie, logement, finance, coopération internationale), y compris les représentants des comités de bassin. Il est chargé :

- De définir les priorités pour la mise en œuvre du SIE permettant de répondre aux défis nationaux ;
- De s'assurer que le SIE est intégré et contribue aux cadres politiques intersectoriels, tels que la stratégie d'atténuation et d'adaptation au changement climatique, la modernisation administrative, l'ouverture des données publiques, etc. ;
- D'initier, si nécessaire, de nouvelles réglementations permettant un développement plus poussé du SIE, telles que des règles de financement; la révision du rôle et des compétences des organismes publics pour éviter les duplications d'activités, tout en assurant la production et le partage des données ;
- De faire le bilan des progrès de la mise en œuvre du SIE et du fonctionnement des composants du SIE.

Etude de cas 2 : suite

L'organe de gouvernance technique est présidé par l'institution officiellement responsable du Système d'Information sur l'Eau. Il comprend les départements techniques des différents ministères et organismes concernés ainsi que des institutions scientifiques et de recherche et des agences de bassin ou des entités régionales chargées de la gestion de l'eau. Il a la responsabilité :

- D'assurer la communication entre toutes les parties prenantes, y compris la communauté des usagers ;
- De s'assurer que les besoins de tous les acteurs sont bien pris en compte ;
- De mettre en place et de gérer des groupes de travail thématiques chargés d'élaborer des standards pour l'échange de données, des référentiels de données, des documents d'orientation et des termes de référence pour la mise en œuvre du système ;
- De superviser la mise en œuvre du SIE et de suivre les progrès réalisés ;
- De coordonner le rapportage à l'organe de gouvernance stratégique ;
- D'exploiter le Système d'Information sur l'Eau et de valider ses résultats.

L'organe de coordination local ou du bassin est généralement présidé par l'organisme de bassin ou une entité régionale en charge des ressources en eau. Il joue un rôle clé dans la collecte des données de terrain et définit les besoins opérationnels locaux en relation avec la gestion des ressources en eau ainsi que les besoins sectoriels des communautés locales, par exemple, le secteur agricole, les municipalités, l'industrie, l'environnement, les transports, etc.

3.1.2 À propos du financement des SIE (Systèmes d'Information sur l'Eau)

Les investissements dans le secteur de l'eau sont souvent très substantiels : la construction de grandes infrastructures à l'échelle des bassins ou pour les transferts interbassins, les grands canaux, les stations de traitement et d'épuration, les réseaux de distribution, d'irrigation, de drainage et de collecte des eaux usées, représentent des coûts initiaux très élevés qui doivent être échelonnés dans le temps et dont le remboursement ne peut raisonnablement se faire que sur une très longue période de plusieurs décennies.

Les investissements doivent être planifiés à moyen et long terme, les objectifs ciblés et tous les types de ressources nécessaires doivent être spécifiés dans les schémas directeurs de gestion et de planification de l'eau, fondés sur des données et des informations réalistes.

Comparés aux investissements dans le secteur de l'eau, les investissements dans la production de données et la gestion de l'information sont considérablement plus faibles et peuvent avoir un impact très positif sur la prise de décision concernant la répartition des investissements.

En outre, des systèmes d'information efficaces peuvent également devenir indispensables à long terme pour organiser la collecte des redevances et taxes sur les prélèvements d'eau et les rejets de polluants, comme celles recommandées dans les principes de mise en œuvre de la GIRE.

C'est pourquoi les investissements dans le partage de données et le développement des systèmes d'information présentent généralement un **retour sur investissement très positif**.

Cependant, ceux-ci doivent être planifiés à l'amont pour assurer la durabilité du système. [6]

Les défis du financement

Lors de la définition du financement d'un système de gestion des données sur l'eau, il est important de prendre en compte à la fois l'approche globale ainsi que le coût de chaque élément pour le développement progressif du système. Cela devrait couvrir :

- Les coûts de mise en œuvre : les études (faisabilité, cahier des charges détaillé), le développement du système (logiciels, équipements), la formation, l'acquisition de données, le renforcement du réseau de surveillance, le développement d'interfaces pour l'échange de données, etc.
- Les coûts de fonctionnement : les structures de gouvernance (y compris les groupes de travail), la maintenance du réseau et du système, les télécommunications, la communication et la diffusion des produits d'information finaux, l'acquisition de données, l'assistance technique aux acteurs.
- Les coûts d'évolution du système : les études, la mise en œuvre et la formation.

Ces trois niveaux de financement sont importants pour assurer la viabilité à long terme du Système d'Information sur l'Eau. La plupart des projets de systèmes d'information sur l'eau se concentrent sur le coût de mise en œuvre initial sans anticiper les besoins de financement des étapes suivantes, ce qui aboutit à un système qui ne fournit pas l'information attendue et ralentit ainsi le développement. Les besoins de financement pour le fonctionnement du système doivent être définis par l'organe de gouvernance technique pendant la phase de mise en œuvre afin de donner suffisamment de temps à l'organe de gouvernance stratégique pour mobiliser les systèmes de financement nécessaires.

L'analyse coûts-bénéfices de la gestion des données environnementales et des produits et services d'information dérivés (par exemple indicateurs, cartes, applications en ligne, tableaux de bord, bulletins) est souvent difficile à réaliser.

Maximiser l'utilisation des données par les différents acteurs devrait être un objectif central d'un SIE. Comme le coût de production des données ne dépend pas directement du nombre d'utilisations, la justification du financement sera d'autant plus facile que le nombre d'utilisateurs sera élevé.

Une autre approche consiste à comparer les coûts de gestion des données, les coûts de collecte des données (par exemple les réseaux de surveillance, l'analyse de la qualité de l'eau) et les coûts des infrastructures hydrauliques. Ainsi, il est possible de fournir aux décideurs des ratios qui relient directement la gestion des données à la planification et à l'évaluation des investissements.

3.2 - La production de données

POINTS CLÉS [16]

- La production régulière de données sur l'état et l'évolution des aspects quantitatifs / qualitatifs des ressources en eau et de leurs usages est nécessaire pour la mise en œuvre d'une bonne politique de l'eau ;
- Les données sont généralement produites via des stations de surveillance in situ, des rapports d'enquête, etc., et sont désormais de plus en plus souvent complétées par des données issues de la télédétection et par des données collectées par les citoyens présents sur le terrain (crowdsourcing).

Pour assurer une gestion efficace de l'eau, les gestionnaires des ressources en eau doivent être en mesure de se procurer des données et des informations fiables, actualisées et pertinentes, en fonction de leurs besoins et sous une forme qu'ils puissent utiliser.

Dans chaque pays, les jeux de données sont généralement produits par diverses institutions grâce à de multiples processus de collecte de données comprenant notamment :

- Les programmes de monitoring mis en place aux niveaux national, du bassin et local ;
- Les processus d'auto-surveillance (par exemple par les industries pour les rejets) ;
- Les enquêtes / inventaires / inspections réalisées par les services statistiques ou les services administratifs impliqués dans la gestion des ressources en eau (organismes de bassin, services municipaux, etc.) ;

- Les déclarations suivant des procédures administratives : autorisations / permis d'échantillonnage et de rejets, déclaration pour la construction d'ouvrages hydrauliques ;
- Les études et simulations (études d'impact, étude technique des ouvrages, etc.).

Encart 5 : Inventaire des processus de collecte de données [17]

Étant donné que chaque organisation produit ses propres jeux de données en fonction de ses propres mandats et objectifs, il est recommandé de faire l'inventaire et la caractérisation des processus de collecte de données selon le cas, soit au niveau national, transfrontalier ou de bassin, afin d'éviter les lacunes et les duplications d'activités et de prendre en compte les besoins finaux.

À titre d'exemple, un inventaire des processus de collecte de données a été organisé en France dans le cadre des activités du SANDRE. Consultable en ligne, il présente une liste de **1473 processus de collecte de données sur l'eau**.

Ce type d'inventaire, établi au niveau d'un bassin et au niveau national, permet de mieux comprendre le « qui fait quoi ? », d'organiser le partage des responsabilités entre les différents producteurs de données, et d'identifier les éventuelles duplications ou lacunes. Cela est particulièrement utile pour élaborer un plan d'action visant à organiser la production des données manquantes dans le cadre des plans de gestion des données de bassin et des données nationales.

Dans de nombreux cas, les programmes de surveillance reposent sur des processus de production de données via les **stations de monitoring** traditionnelles (**in situ**). Cependant, pour répondre au manque de données et grâce aux nouvelles possibilités offertes par les drones / les capteurs aériens / satellitaires et par les nouveaux outils de communication, la collecte traditionnelle est maintenant de plus en plus complétée par des **données de télédétection (RS)** ainsi et par des données collectées par les citoyens présents sur le terrain (**crowdsourcing**).

3.2.1 A propos du monitoring in situ

Le monitoring in situ est la meilleure façon de vraiment comprendre les processus hydrodynamiques et le seul permettant de collecter régulièrement des données directement à partir des systèmes aquatiques. Malgré des inconvénients bien connus (coûts d'exploitation et de maintenance, notamment pour les zones reculées, besoin d'expertise et d'expérience, faible représentativité géographique), il permet de collecter des mesures normalisées, homogènes et de grande qualité nécessaires sur le long terme.

Malgré l'émergence des technologies de télédétection et des observations par les citoyens, des données de terrain de haute qualité restent essentielles pour la vérification sur le terrain, l'étalonnage et la validation des mesures utilisant d'autres méthodes.

Sachant que de nombreux manuels et guides existent déjà sur l'organisation de programmes de surveillance liés à l'eau, ce chapitre souligne simplement certains principes de base.

Tout d'abord, concevoir un programme de monitoring implique de décider ce qu'il faut surveiller, où et quand. Les réponses à ces questions dépendent en premier lieu de l'objectif du suivi. La première étape, avant de déterminer le nombre et l'emplacement des points de surveillance constituant un réseau, est donc d'identifier clairement le ou les objectifs pour lesquels la collecte de données est nécessaire.

Lors de la mise en œuvre, les stations de monitoring sont généralement regroupées en réseaux de surveillance : ces « réseaux » peuvent être définis « *comme un ensemble de dispositifs de mesure situés stratégiquement, qui collectent des données intéressantes sur un système aquatique à une échelle temporelle donnée.* » [18]

a) A propos des réseaux météorologiques

Les données météorologiques doivent être collectées sur plusieurs années, voire plusieurs décennies, afin de produire des statistiques fiables. La construction d'une base de données météorologique, fonctionnelle et exhaustive, est fondamentale pour établir des modèles précis et requiert des mesures de haute qualité de divers paramètres. La modélisation peut ensuite être utilisée pour comprendre les conditions climatiques passées, présentes et futures potentielles. [19]

Les réseaux de suivi hydrométéorologique à capteurs multiples, composés d'une jauge, de radars et de capteurs satellitaires, recueillent les données sur les précipitations, la température et d'autres données utilisées par les modèles de prévision pour les alertes sur les crues soudaines et la production d'informations sur les dangers potentiels. Les réseaux de suivi hydrométéorologique de qualité associés à des systèmes efficaces de communications sont essentiels à la réussite de tout système d'alerte précoce aux crues soudaines (« flash flood »). [20]

Encart 6 : A propos du réseau des Services Météorologiques et Hydrologiques Nationaux (SMHN) [21]

L'OMM coordonne un réseau des Services Météorologiques et Hydrologiques Nationaux (SMHN) de ses 191 Membres qui exploitent notamment :

- ① **Le Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS)** qui permet la collecte de données à partir de 17 satellites, de centaines de bouées océaniques, de milliers d'aéronefs et de navires et de près de 10 000 stations terrestres ;
- ② **Le Système mondial de télécommunications (SMT) de l'OMM** qui se compose d'un réseau spécialisé de liaisons de télécommunication par satellite et terrestres et de centres fonctionnant 24 heures sur 24 toute l'année. Il interconnecte tous les SMHN pour la collecte et la distribution de toutes les données, prévisions et alertes météorologiques et connexes, y compris les informations et les alertes liées aux tsunamis et aux séismes. Plus de 50.000 bulletins météorologiques et plusieurs milliers de cartes et de produits numériques sont diffusés quotidiennement dans le cadre du SMT de l'OMM. L'OMM s'appuie sur son SMT pour mettre en place un Système d'information global (SIO) de l'OMM, permettant un accès systématique, la récupération, la diffusion et l'échange de données et d'informations de tous les programmes internationaux de l'OMM et connexes. Le SIO sera également en mesure de fournir des données critiques à d'autres agences nationales et aux utilisateurs travaillant dans de nombreux secteurs, y compris la gestion des risques de catastrophe ;
- ③ **Le Système mondial de traitement des données et de prévision (SMTDP) de l'OMM** qui comprend trois centres météorologiques mondiaux et 40 centres météorologiques régionaux spécialisés, notamment des centres météorologiques régionaux spécialisés (CMRS), des centres climatologiques régionaux (CCR) et des centres régionaux de gestion de la sécheresse (RDMS). Ils traitent les données et fournissent régulièrement aux pays des analyses et des prévisions météorologiques, en appui aux capacités d'alerte rapide par le biais des SMHN ;
- ④ En outre, l'OMM apporte son soutien à 30 centres de formation régionaux, dispensant une formation technique à la gestion et au fonctionnement des SMHN.

En s'appuyant sur ce réseau, l'OMM travaille avec ses Membres pour renforcer et mettre en place de nouveaux Centres climatologiques régionaux (CCR) et des Centres régionaux de gestion de la sécheresse (RDMS). À ce jour, des CCR ont été créés à Pékin (Chine) et Tokyo (Japon), et une phase pilote est en cours d'introduction en Europe et en Afrique. L'Afrique a créé deux centres de surveillance de la sécheresse et un RDMS a été mis en place en Slovaquie pour l'Europe du Sud-Est, en collaboration avec la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD).

b) Réseaux de suivi hydrologique

Aujourd'hui, plus que jamais, la gamme des objectifs des réseaux hydrologiques et des utilisations des données collectées s'est élargie. Outre les utilisations conventionnelles de l'information hydrologique, telles que l'évaluation des ressources en eau, la conception des projets, la planification des ressources en eau, la prévision hydrologique et le contrôle de la qualité de l'eau, de nouvelles applications des données hydrologiques gagnent du terrain, telles que le monitoring de l'environnement, la comptabilité des débits et le suivi de la qualité des eaux transfrontalières, la mise au point de systèmes locaux de prévisions hydrologiques et d'alerte aux inondations, la surveillance des processus d'allocation de l'eau et la fourniture de données pour la gestion des systèmes d'utilisation de l'eau. [22]

La mesure des écoulements de surface est une discipline scientifique complexe, qui nécessite une bonne pratique de l'observation sur le terrain. Les techniques de mesure directe du débit sont difficiles à mettre en œuvre et mal adaptées aux conditions d'écoulement changeantes. Il est donc nécessaire d'utiliser des approches indirectes qui nécessitent la mesure d'un ou plusieurs paramètres et l'élaboration d'une loi sur l'étalonnage pour développer des données sur les débits (hydrogrammes). [23]

Une station hydrométrique mesure le niveau d'eau en continu pour calculer un débit. D'autres mesures complémentaires peuvent éventuellement être réalisées sur le site : climatologie, température de l'eau, voire physico-chimie de l'eau.

Un réseau hydrologique est composé d'un groupe de stations (jauges), conçues et exploitées pour effectuer des observations dans le cadre de programmes d'observation spéciaux, qui visent un seul objectif ou un ensemble d'objectifs interdépendants. [22]

L'objectif d'un réseau de surveillance est d'échantillonner les paramètres hydrologiques à l'échelle du bassin et à l'échelle nationale à des fins multiples telles que :

- L'évaluation et la gestion des ressources en eau ;
- La compréhension du système hydrologique et l'analyse des tendances ;
- La prévision et l'alerte aux inondations et aux sécheresses ;
- La conception d'infrastructures hydrauliques (protection contre les inondations, plans d'irrigation, hydroélectricité, approvisionnement en eau, gestion des eaux usées, navigation, etc.)

Encart 7 : À propos des meilleures pratiques pour le suivi de la conception de réseaux [21]

Le guide de l'OMM 168 [24] présente les meilleures pratiques en matière de conception des réseaux et la Commission d'hydrologie de l'OMM travaille à améliorer les techniques d'optimisation dont les points principaux sont résumés ci-après :

- ① Les objectifs actuels et futurs du réseau de suivi doivent être clairs; tous les utilisateurs potentiels doivent avoir la possibilité d'exposer leurs besoins. Le point le plus important est de penser en termes de besoins d'information, et pas seulement de production de données ;
- ② L'optimisation du réseau est un processus itératif qui doit s'appuyer sur une approche théorique et des approches statistiques combinées à une approche pragmatique (accès, alimentation électrique, lieux particuliers à observer, longueur des séries de données existantes, etc.) ;
- ③ La validité du réseau doit être évaluée régulièrement (tous les 5 ans environ) ;
- ④ Dans l'idéal, le réseau doit intégrer quelques stations très stables à long terme et d'autres stations qui pourraient être remplacées tous les 5 à 10 ans. De plus, des données complémentaires doivent être incorporées à partir de la télédétection, des satellites en particulier, et d'autres sources de données (citoyens, universités, sociétés hydroélectriques, communautés agricoles dotées de technologies à faible coût, etc.) ;
- ⑤ Comme la longueur de la série hydrologique est essentielle pour de nombreux usages, les besoins et les développements futurs à long terme doivent être pris en compte lors de nouvelles planifications du réseau de mesures hydrologiques.

Dans l'idéal, tout le cycle hydrologique devrait être mesuré, en combinant les paramètres de ruissellement de surface standards avec ceux des eaux souterraines, de l'évapotranspiration, de l'humidité du sol, des précipitations, de la neige et des glaciers, ainsi qu'avec les paramètres de la qualité de l'eau. Bien qu'un réseau hydrométrique national représente une petite partie du budget en soi et apporte d'énormes avantages directs et indirects, ses coûts d'investissement et d'entretien rendent difficile la couverture complète des besoins. Ainsi, une optimisation est nécessaire.

Les jauges de débit sont constituées d'un dispositif de mesure - en l'occurrence une mesure du niveau de l'eau - d'une plateforme de collecte de données (PCD), d'une unité d'alimentation et de gestion et d'un dispositif de communication. Les jauges de débit estiment celui-ci en mesurant le niveau de l'eau dans le chenal. Celui-ci en particulier est ensuite comparé à un tableau ou un graphique connu sous le nom de relation entre la hauteur d'eau et le débit ou courbe de tarage, qui comprend les mesures de débit manuelles et la hauteur d'eau correspondante, pour obtenir une estimation instantanée du débit. [20]

Encart 8 : Exigences, exploitation et maintenance des stations hydrologiques [21]

Le Guide 168 de l'OMM [24] décrit les exigences, l'exploitation et la maintenance des stations hydrologiques. En résumé, les points suivants peuvent être soulignés :

- L'équipement d'une station doit correspondre à l'objectif des mesures, aux conditions locales et aux ressources financières et humaines disponibles pour assurer son fonctionnement et son entretien réguliers. Les dispositifs modernes et les stations de transmission automatiques doivent être privilégiés, en particulier lorsque la transmission régulière de données à haute fréquence vers un point de collecte central est nécessaire, mais les mesures manuelles ne doivent pas être écartées dans des situations particulières. Les observations scientifiques des citoyens, provenant d'emplacements fixes et occasionnels, peuvent également être incluses ;
- Si une station est utilisée pour une alerte aux inondations ou tout autre processus de prise de décision en temps réel, un système entièrement redondant doit être envisagé : 2 capteurs différents, des modems et des enregistreurs séparés, différents outils de communication (GPRS, radio, satellite) ;
- Les observateurs formés doivent régulièrement visiter la station (selon les conditions, si possible une fois par semaine, mais au moins tous les trois mois), prendre des mesures de contrôle et documenter les observations. Les performances du dispositif de mesure doivent être régulièrement testées et l'appareil étalonné ;
- Surtout, pour les stations dont le débit est dérivé d'une courbe de tarage, celle-ci doit être régulièrement réévaluée, à des intervalles dépendant des conditions hydro-morphologiques (stabilité du lit de la rivière, charge sédimentaire, etc.) ;
- Il est préférable de concentrer différentes mesures de paramètres dans une station bien équipée, même si différents organismes sont chargés du suivi. Par exemple, il pourrait être utile de mesurer, en plus de l'habituel niveau de l'eau et du débit, la charge sédimentaire, la température ou d'autres paramètres physico-chimiques et biologiques, selon le cas. Cela faciliterait l'analyse et la compréhension des processus ;
- Les observateurs et les hydrologues de terrain doivent bénéficier d'une formation continue pour améliorer leurs compétences et s'assurer qu'ils sont bien au courant des dernières avancées ;
- Les mesures de comparaison avec différents dispositifs et différentes équipes, par exemple sous la forme de benchmarking, aideront à acquérir de l'expérience et à assurer la comparabilité des observations.

Une attention particulière devrait être accordée à la prévention de la dégradation des stations due au vandalisme et au vol, en particulier pour les stations équipées de panneaux solaires ou d'autres équipements, qui ne peuvent pas être placés dans une pièce fermée à clé. Il serait certainement utile de sensibiliser les communautés voisines à l'importance de l'équipement et souligner les avantages qu'elles peuvent tirer indirectement de leur fonctionnement continu.

c) Réseaux de suivi de la qualité de l'eau

L'objectif du suivi de la qualité de l'eau est d'obtenir des informations qualitatives sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau par échantillonnage statistique [25]. Le type d'informations recherchées dépend des objectifs du programme de surveillance. Les objectifs et les buts vont de la détection des violations des normes de qualité de l'eau potable à la détermination de l'état de l'environnement et à l'analyse des tendances temporelles de la qualité de l'eau. Trois catégories principales de suivi peuvent être identifiées :

- ❶ **Suivi régulier des eaux superficielles ;**
- ❷ **Enquêtes spéciales périodiques ;**
- ❸ **Enquêtes spéciales** réalisées pour évaluer l'ampleur d'un problème de pollution (par exemple pour une enquête sur la présence de pesticides dans les eaux de surface).

L'état de la qualité de l'eau est le résultat de conditions naturelles et artificielles complexes et des interactions qui en résultent dans le temps et dans l'espace. Par conséquent, déterminer l'essence des conditions de qualité de l'eau est souvent très complexe.

Objectifs du suivi

Pour toute tentative d'évaluation des programmes de suivi de la qualité de l'eau, il est important de se poser d'abord la question « Pourquoi faire un suivi? » Il est primordial de pouvoir décrire les buts et les objectifs du suivi sachant que cela va conditionner les modalités de la surveillance tels que la mise en place des réseaux d'échantillonnage, les variables à mesurer, la fréquence d'échantillonnage, le stockage des données et l'utilisation des informations, y compris l'analyse des données et le rapportage.

L'objectif du contrôle de la qualité de l'eau est généralement défini par des **lois** ou **d'autres actions réglementaires** (directives, normes de qualité de l'eau, plans d'action) et vise à évaluer l'état de l'environnement et à détecter les tendances. Les actions réglementaires fixent des objectifs ou des normes de qualité de l'eau (par exemple une réduction de 50% de la charge en azote dans les eaux superficielles, pas de pesticides dans l'eau potable, etc.) et le but du suivi est de fournir des données et des informations sur la qualité de l'eau en relation avec ces actions réglementaires.

En principe, il pourrait y avoir autant de types de programmes de suivi que d'objectifs, masses d'eau, polluants et usages de l'eau, ainsi que toute combinaison de ceux-ci. Dans la pratique, les évaluations sont limitées à neuf types d'opérations différents : **surveillance des tendances; enquêtes de base; surveillance opérationnelle; suivi du contexte, enquêtes préliminaires; enquêtes d'urgence; études d'impact; études de modélisation; et surveillance pour l'alerte précoce.** [26] [27]

d) Surveillance des eaux souterraines

Niveau des eaux souterraines/ aspects quantitatifs

Le suivi des niveaux des eaux souterraines est indispensable pour surveiller les changements anthropiques et / ou naturels des nappes. Ceci est notamment important pour :

- Détecter les signes précoces de surexploitation et / ou d'autres conséquences des impacts humains sur les niveaux des eaux souterraines (impact des mines abandonnées par exemple) ;
- Fournir les informations nécessaires à une utilisation « sur mesure » et à une gestion de la quantité des eaux souterraines orientée sur les besoins, et fournir de l'information pour l'interprétation des données sur la qualité des eaux souterraines.

Le niveau de l'eau dans les nappes est généralement mesuré par le biais de piézomètres ou en utilisant des puits existants, des forages, tandis que le suivi du débit des sources est aussi une donnée importante de la gestion quantitative des eaux souterraines.

Qualité des eaux souterraines

Le suivi de la qualité des eaux souterraines consiste normalement à tester les changements à long terme de la qualité de l'eau dans les principaux aquifères afin de fournir une base statistique pour identifier les causes possibles des conditions observées et servir de base statistique pour l'identification des tendances.

Les principaux types de réseau de surveillance sont les suivants :

- Les réseaux de base;
- Les réseaux spécifiques;
- Les réseaux temporaires.

e) Études de cas sur les processus de collecte de données régionales et mondiales

Etude de cas 3 : WHYCOS - Le Système Mondial d'Observation du Cycle Hydrologique [21]

Les pays et les organismes de bassin désireux de renforcer leurs capacités de surveillance hydrologique peuvent bénéficier du soutien de l'OMM par le biais du Système Mondial d'Observation du Cycle Hydrologique (WHYCOS) et de ses projets HYCOS. WHYCOS est un programme-cadre dédié au renforcement des activités d'observation hydrologique et de la coopération internationale et à la promotion du libre échange de données dans le domaine de l'hydrologie. En 25 ans, 12 projets ont été développés et environ 500 stations de mesure ont été installées. Cependant, un nouvel élan est nécessaire pour améliorer l'efficacité des projets HYCOS et assurer la durabilité des réalisations. En conséquence, l'OMM a lancé en 2017 le mécanisme mondial d'appui à l'hydrométrie avec le soutien initial du gouvernement suisse. Mieux connu sous le nom d'HydroHub, cette plateforme vise à améliorer la chaîne de valeur complète allant de la collecte des données jusqu'aux services hydrologiques, en :

- Tirant parti de l'expérience de WHYCOS pour développer un cadre efficace, innovant et durable, afin de soutenir les systèmes opérationnels en hydrométrie dans le monde entier ;
- Facilitant l'utilisation opérationnelle, par les services nationaux, des technologies innovantes, y compris les nouvelles technologies, la science citoyenne, une meilleure utilisation des produits satellitaires, des dispositifs à faible coût et des systèmes d'information ;
- Développant la création d'une communauté de pratique pour l'hydrologie opérationnelle afin d'améliorer le partage de l'information et l'échange de connaissances ;
- Promouvant le partage de données libres et ouvertes avec de nombreuses parties prenantes à travers les communautés ;
- Rassemblant des acteurs des milieux universitaires, publics et privés pour créer des partenariats de partage des avantages.

Le partage de données hydrologiques sera facilité par le développement de « WHOS » Phase II, le nouveau Système d'observation hydrologique de l'OMM, qui vise à rendre les données hydrologiques facilement disponibles et accessibles dans le monde entier.

Le cadre WHYCOS vise à améliorer l'efficacité et la durabilité du suivi hydrologique à travers :

- Une meilleure connexion entre les fournisseurs de données et tous les types d'utilisateurs, y compris politiques ;
- Le développement de services et de produits de données hydrologiques ;
- Une combinaison de différentes approches de suivi et l'intégration des données de différents fournisseurs ;
- Le renforcement de la formation spécialisée et des capacités, y compris l'évaluation du statut institutionnel et juridique des organisations de fournisseurs de données ;
- Un nouveau modèle financier pour les projets HYCOS, y compris la maintenance à long terme et l'exploitation des stations ;
- Une meilleure politique de données ouvertes.

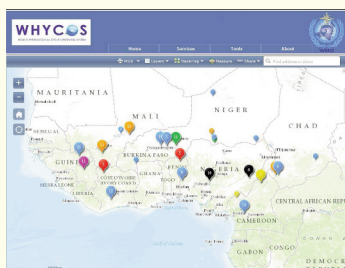


Figure 5 : Echange de données hydrologiques par types de services et formats de données normalisés dans le bassin du Niger.



Figure 6 : Echange de données hydrologiques par types de services et formats de données normalisés en Afrique Australe.

Etude de cas 4 : Centre Mondial des Données sur l'Ecoulement (GRDC) [28]

Le Centre Mondial de Données sur l'Ecoulement (GRDC) a été créé en 1988 par l'Institut Fédéral allemand d'Hydrologie (BfG) sous les auspices de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Il s'agit d'une contribution de l'Allemagne au Programme Climatologique Mondial et au Programme d'Hydrologie et de Mise en Valeur des Ressources en Eau de l'OMM.

La base mondiale du GRDC est une collection unique de données sur les débits des rivières, collectés quotidiennement ou mensuellement sur plus de 9.400 stations dans 160 pays. Cela représente plus de 410.000 années-stations avec une durée moyenne d'enregistrement de 43 ans.

Le GRDC archive des données internationales sur une période de 200 ans et encourage les études hydrologiques à long terme. Son objectif est d'aider les spécialistes des sciences de la terre à analyser les tendances climatiques mondiales et à évaluer les impacts et les risques environnementaux et à aider à l'évaluation des ressources en eau transfrontalières.

Le Centre gère plusieurs bases de données spécialisées, notamment les données de la Commission d'Hydrologie de l'OMM ou du Réseau Terrestre Mondial pour les débits fluviaux (GTN-R) pour soutenir le Système Mondial d'Observation du Climat (SMOC) dans l'évaluation des flux d'eau douce vers la mer. De plus, le GRDC fournit des produits tels que des cartes SIG sur les Grands Bassins du Monde et sur les limites des bassins versants pour plus de 7.000 stations GRDC.

L'organisme s'appuie entièrement sur les contributions volontaires des Services Hydrologiques Nationaux et des autorités connexes chargées de la surveillance des débits, afin d'élargir et de mettre à jour sa base de données. Les Services Hydrologiques Nationaux et les Autorités de Bassin sont encouragés à fournir des données appropriées afin que le GRDC puisse satisfaire les demandes de données sur les débits pour des utilisations non commerciales, la science et la recherche.

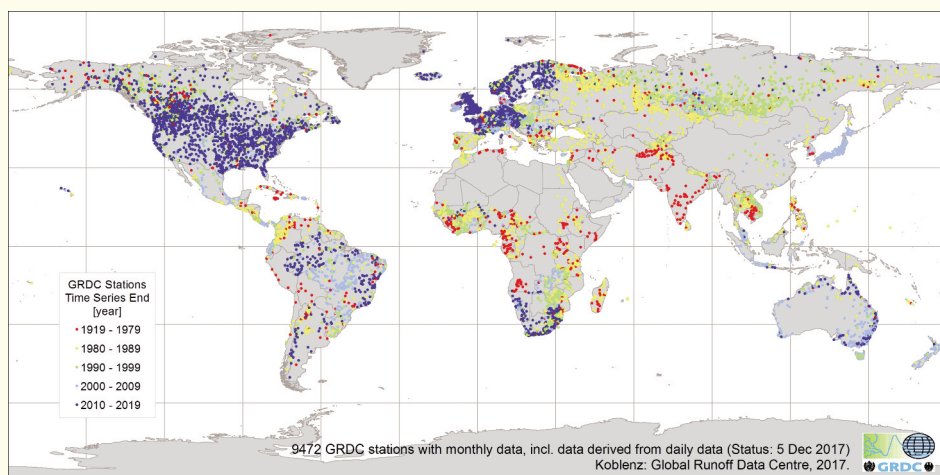


Figure 7 : Localisation des 9.472 stations GRDC avec des données mensuelles.

3.2.2 Production de données par télédétection

La télédétection joue un rôle de plus en plus important dans la fourniture des données complémentaires qui s'avèrent nécessaires pour faire face aux principaux défis de gestion de l'eau: [29]

- Pour les bassins disposant d'un réseau de suivi limité en nombre de stations ou en fréquence de suivi, la production de données satellitaires sur les **précipitations en temps réel et les prévisions de débit qui en découlent** peuvent aider les gestionnaires à répartir l'eau entre les usagers et à exploiter les réservoirs avec plus d'efficacité ;

- Pour les grands cours d'eau, **les données sur le niveau d'eau des rivières et des lacs** (voir l'étude de cas SWOT) peuvent être utilisées pour estimer le débit dans les parties amont du bassin et prédire le débit en aval ;
- Les observations de **l'humidité du sol**, les indices de végétation et les bilans énergétiques peuvent donner un aperçu de l'irrigation nécessaire et aider à prévoir et surveiller les conditions de sécheresse ;
- Les gestionnaires de l'eau dans les régions enneigées peuvent utiliser **des estimations de la couverture neigeuse et de l'équivalent en eau de la neige** pour évaluer la quantité d'eau stockée et estimer la répartition par bassins versants ;
- La télédétection permet également de surveiller de nombreux paramètres de la qualité des eaux superficielles pour évaluer les répercussions des politiques de gestion des bassins hydrographiques, des pratiques d'utilisation des sols et de la pollution diffuse ainsi que la probabilité de prolifération d'algues et d'autres menaces sur la qualité de l'eau des réseaux d'approvisionnement ;
- Dans les situations impliquant un lien alimentation-eau-énergie, une gouvernance et une gestion évolutive, ou une configuration transfrontalière, la télédétection peut aider les décideurs à ajuster les politiques passées ou à faciliter les alertes précoces en fournissant des informations sur les parties du bassin situées hors des frontières du pays ;
- La surveillance des écosystèmes fragiles, les zones humides et les tourbières en particulier, implique une approche globale cohérente pour le suivi des indicateurs 6.6 de l'ODD et en particulier de l'indicateur 6.6.1 « Modification de la surface des écosystèmes aquatiques au fil du temps » ;
- La télédétection est un élément clé des services climatologiques innovants qui soutiennent les mesures d'adaptation pour la production agricole, la gestion des inondations et des sécheresses.
- ...

Il existe également un fort potentiel pour l'utilisation des données de télédétection dans les opérations liées à la variabilité et au changement climatiques, aux systèmes agricoles et à la planification et la gestion des systèmes hydrologiques.

Les utilisations réelles ou prévues des produits de télédétection varient de l'évaluation de l'impact d'un projet sur la gestion de l'eau agricole, les mesures d'économie d'eau agricole et les services de soutien, à la fourniture de données pour les systèmes modernes d'information sur les ressources en eau du bassin, les études de faisabilité, la planification, la surveillance et la prévision au niveau du bassin ; les options transfrontalières pour atténuer les risques d'inondation ; la planification des investissements et les systèmes d'aide à la décision au niveau du bassin ; et les cadres de planification institutionnelle ou communautaire pour traiter les questions environnementales et sociales. [29]

Encart 9 : Identification des jeux de données de télédétection pertinents pour la gestion des ressources en eau [30]

A travers une série de cours de formation [31, 32], l'UNESCO-PHI s'est engagé, avec ses États membres et en collaboration avec la NASA, à identifier des jeux de données de télédétection pertinents pour la gestion des ressources en eau. Une évaluation détaillée des jeux de données de télédétection est également fournie dans un rapport récent sur la télédétection par satellite pour la gestion des ressources en eau [30]. Des informations supplémentaires peuvent être trouvées dans ces références sur chaque aspect du bilan hydrique, y compris les précipitations, l'évapotranspiration, le débit, le niveau d'eau, l'humidité du sol, la neige et la glace, les eaux souterraines, la qualité de l'eau, ainsi que des composantes indirectes, telles que la densité de la végétation, la biomasse forestière et la température de l'eau des cultures et de la surface du sol. Le Tableau 1 donne un aperçu de la disponibilité des données de télédétection à partir des sources de données de télédétection.

Encart 9 : suite

Variable	Couverture spatiale	Couverture temporelle	Utilité pour la Gestion des ressources en eau
Précipitations	Niveau régions extra polaires à mondial	10-15 ans pour les données sous-quotidiennes; proche du temps réel	Essentiel dans les régions à réseaux clair-semés, mais courtes séries chronologiques
Evapo-transpiration	De régionale à mondiale	Dizaines de jours ; proche du temps réel	Couverture globale et décadaire mais fortes incertitudes
Débit	Limitée aux grandes rivières	Des années à des dizaines de jours ; disponibilité limitée en temps réel	Incertitudes élevées et couverture limitée, mais essentielles lorsqu'elles sont disponibles
Niveaux d'eau	Limitée aux grandes rivières et aux plans d'eau	Des années à des dizaines de jours ; disponible en temps réel	Couverture limitée mais utile pour des masses d'eau spécifiques
Humidité du sol	Mondial	Des années à des dizaines de jours ; disponibilité proche du temps réel	Profondeur limitée mais utile si combiné avec des modèles
Neige et glace	Mondiale	Des années à des dizaines de jours ; disponible en temps quasi réel	Indispensable, mais des incertitudes élevées pour l'équivalence en eau, plus précis pour la zone couverte de neige.
Eaux souterraines	Mondiale, mais résolution peu précise	Des années ; résolution peu précise	La résolution peu précise empêche l'utilisation directe, mais a des applications de recherche et utile lorsqu'elle est combinée avec des modèles
Qualité de l'eau	Mondiale	Des années ; disponibilité proche du temps réel	Variables limitées et fortes incertitudes en fonction de la variable

Tableau 1. Variables pertinentes pour la gestion des ressources en eau à partir de sources de télédétection (adapté de [30])

Etudes de cas

Etude de cas 5 : Programme satellitaire SWOT [33]

On constate depuis 30 ans un fort déclin des bases de données hydrologiques dans le monde et en particulier en Afrique. L'altimétrie spatiale permet de compléter le réseau de mesure in situ afin de densifier les données et assurer un meilleur suivi hydrologique.

Le programme satellitaire SWOT (**Surface Water and Ocean Topography**) est un projet franco-américain de satellite d'observation de la Terre qui fournira à l'horizon 2021 les variations spatio-temporelles des hauteurs d'eau des grands fleuves, lacs et rivières, des débits des grands cours d'eau et des niveaux des océans. La mission SWOT utilise une nouvelle technologie non encore testée, l'altimétrie à large fauchée. Cette évolution constitue une réelle rupture technologique dont le but est de fournir des mesures avec une précision jamais obtenue et apporter en hydrologie une meilleure compréhension du cycle de l'eau. Bien que SWOT soit avant tout un satellite scientifique, il offre un fort potentiel de développement de nouvelles applications et services à impact économique et sociétal important.

Dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir, le CNES* a mis en place un programme d'accompagnement, le programme SWOT-aval, visant à élaborer des produits adaptés aux besoins des utilisateurs s'intégrant dans des services existants ou à venir, mais aussi à préparer les acteurs de l'eau à l'utilisation de ces nouvelles données issues du spatial. En hydrologie, le programme SWOT-aval s'attache à mettre à disposition des acteurs des jeux de données simulées SWOT. Il partage également des produits hydrologiques multi sensoriels dérivés, tels que l'humidité du sol, les niveaux d'eau, la couverture du sol, etc., soutient et promeut le travail scientifique en hydrologie spatiale et associe clients et fournisseurs de services au développement de nouvelles applications. La plupart des activités SWOT-aval seront rassemblées dans un portail mondial « Water Database » (voir la figure ci-dessous).

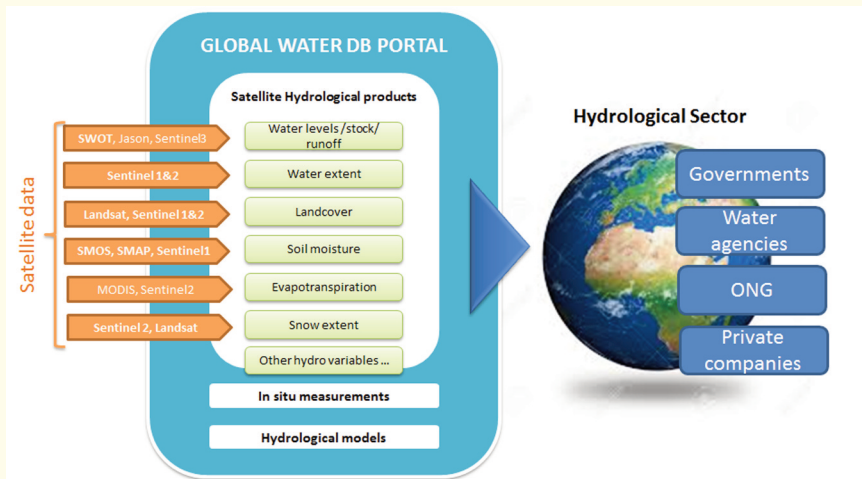


Figure 8 : Base de données spatiales sur l'eau HYDROWEB NG.

Un groupe de travail a été mis en place pour montrer toutes les capacités des données spatiales en hydrologie. Le Bassin du Congo est le premier site pilote. Les applications en développement comprennent le suivi du niveau d'eau du Congo et de son débit et la prévision de la capacité de navigation et de l'hydroélectricité, ainsi qu'un Système d'Information sur l'Eau. L'ensemble de ces travaux couvrant le bassin du Congo est financé par l'AFD et le CNES.

[* Le CNES est l'institution publique chargée de proposer et de conduire la politique spatiale française en Europe; Le CNES développe des missions spatiales et accompagne les communautés d'utilisateurs dans l'exploitation des données spatiales.]

Etude de cas 6 : Surveillance de la sécheresse dans le domaine agricole basée sur la télédétection et méthode de prévision des pertes de rendement [34]

La technologie de télédétection multi spectrale est largement utilisée en agriculture et convient à l'analyse de la végétation [35]. La végétation a des spectres caractéristiques, montrant souvent des maxima ou des minima d'absorption caractéristiques à des longueurs d'onde particulières. La plupart des indices de végétation sont basés sur la forte augmentation de la réflectance de la végétation autour de 700 nm (bord rouge), caractéristique de la végétation verte et non retrouvée sur la plupart des autres surfaces naturelles présentant des changements de réflectance relativement lents sur cette région [36]. En particulier depuis 2002, de nouvelles opportunités existent pour produire de meilleures données pour les calculs grâce aux satellites MODIS Aqua et Terra, qui fournissent des images gratuites à 36 bandes, avec des cycles répétitifs d'un jour et des jeux de données de séries temporelles avec des tailles de pixels de 250 à 500 m. Aujourd'hui, pour la gestion de l'eau agricole, l'analyse des séries temporelles de télédétection (RS-TSA) est l'une des solutions les plus importantes pour mesurer les sécheresses agricoles et leurs effets [37].

Cette étude de cas, réalisée dans le cadre des activités de l'ICPDR, vise à combler le déficit de connaissances dans ce domaine, en développant des paramètres de décision liés à la sécheresse agricole et en les appliquant dans la pratique à partir de jeux de données spectrales brutes. Les

niveaux de signalisation de cette activité, ainsi que les données de télédétection homogènes, disponibles gratuitement (indices spectraux MODIS NDVI) et les jeux de données sur l'utilisation des sols (base de données CORINE), peuvent être appliqués aux échelles nationale et de l'Europe centrale et orientale.

Les méthodes et les bases de données explorées comprennent l'utilisation de données de télédétection sur l'utilisation des sols, ainsi que sur la production de biomasse, sur les caractéristiques du sol pour une meilleure intégration et compréhension des méthodes de culture, influencées par l'hydrologie et les types de sol. Les données de télédétection sur l'utilisation des sols disponibles à l'international (base de données CORINE, cartes topographiques), les indices spectraux MODIS NDVI, données pédologiques (carte agro topographique, propriétés de gestion de l'eau du sol, carte des propriétés de rétention en eau des sols), l'hydrologie (nappe phréatique) et des modèles numériques d'élévation ont été traités et intégrés pour déterminer les seuils de perte de rendement et les capacités de rétention en eau du sol.

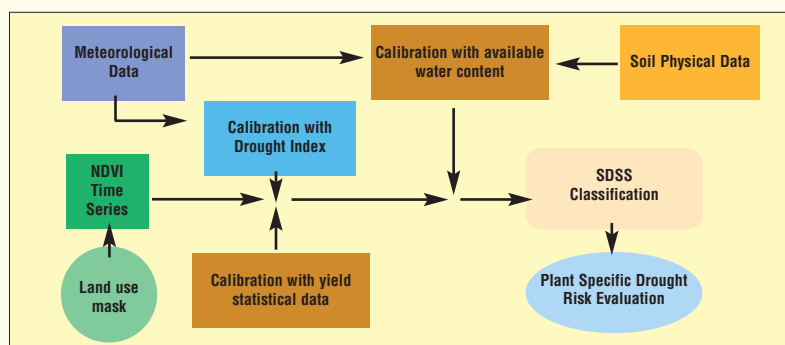


Figure 9 :
Les principales
étapes du
modèle appliqué
à l'ICPDR.

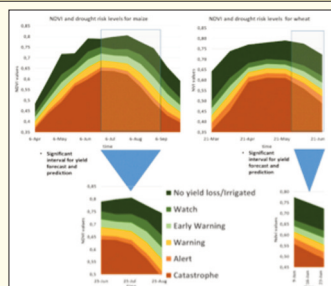


Figure 10 : Risque
de sécheresse et
niveaux de NDVI
de signalisation pour
le maïs et le blé.

3.2.3 Production de données grâce à la contribution du public (crowdsourcing)

Dans de nombreuses régions, la pénurie de données sur l'eau est l'expression de décennies de négligence gouvernementale à réaliser des investissements adéquats, en particulier dans la production de données hydrométéorologiques et agro-météorologiques. Grâce à l'émergence de nouvelles technologies et logiciels mobiles ainsi qu'à l'intégration de matériels, l'acquisition de données pertinentes reposant sur la participation locale est une nouvelle tendance mondiale émergente, qui est perçue comme une opportunité de combler certaines lacunes des données traditionnelles.

La collecte par le public de ces données non traditionnelles n'est toutefois pas sans difficultés. Par exemple, les récentes initiatives mondiales de crowdsourcing, telles que le « Weather Observation Network » (voir <https://www.metoffice.gov.uk>), montrent que si la démarche dépend exclusivement de la participation volontaire des citoyens, la résolution spatiale et temporelle des données sont fortement liées à : a) la densité de population et b) l'état de développement (PIB) d'une certaine région / pays. De nombreuses observations sont donc faites dans les zones urbaines des pays industrialisés, où un réseau météorologique existant de capteurs / stations automatisées contribue déjà à une disponibilité élevée des données. Dans le même temps, la démarche ne parvient pas à accroître la disponibilité des données dans les zones rurales pauvres en données des pays en développement. Par conséquent, des questions clés demeurent en relation avec l'acquisition de données à travers l'implication locale dans le contexte du développement. Elles vont des problèmes liés à la précision et à l'actualité de ces données à la motivation à long terme des expéditeurs, c'est-à-dire les personnes impliquées. [38]

Encart 10 : Contribution de l'OMM à l'innovation liée au suivi hydrologique [21]

Les technologies émergentes offrent des moyens novateurs de mesurer les paramètres hydrologiques, qui devraient soutenir les efforts visant à générer des informations sur l'eau. L'OMM bénéficiera de ces nouveaux développements grâce à son centre d'innovation, une composante de l'HydroHub de l'OMM. Outre le dépistage et l'adoption d'approches novatrices dans des environnements opérationnels, impliquant des démarches de surveillance émergentes, y compris le crowdsourcing, l'OMM s'assurera que des données provenant de sources très diverses soient incorporées dans un système d'information hydrologique exhaustif, grâce à une nouvelle approche de standardisation.

Etude de cas 7 : Etude de cas du projet iMoMo - Acquisition de données non-traditionnelles avec participation locale [38]

Un exemple d'essai pluriannuel à grande échelle pour collecter des données sur les niveaux d'eau et les débits dans les canaux de petite et moyenne grandeur et dans les rivières pour l'irrigation de terres sèches a été réalisé dans le cadre de l'initiative iMoMo (www.imomohub.org). Celle-ci était soutenue par l'Agence Suisse pour le Développement et la Coopération et s'inscrivait dans une dynamique d'innovation en matière d'acquisition, de gestion et d'échange de données et d'analyse des défis mondiaux liés aux ressources en eau dans un contexte de croissance démographique et de grandes incertitudes climatiques. Le dispositif est actuellement utilisé par des communautés en Tanzanie, au Kirghizstan et en Ouzbékistan et est apprécié par les acteurs locaux, car il permet des lectures de niveau d'eau incontestables et contribue ainsi à assurer le respect des règles communautaires d'allocation de l'eau.

En outre, une application Android pour smartphones a été développée pour mesurer les niveaux d'eau et les débits en s'appuyant sur une méthode optique qui utilise une caméra de téléphone mobile. L'application fournit une méthode de mesure non intrusive, précise et rentable. Le processus de création d'un nouveau site devrait idéalement être mené par des experts et inclure la mesure de la section transversale au débit maximum et des distances relatives entre quatre marqueurs des deux côtés des berges. Une fois un site mis en place, même un non-expert peut effectuer une mesure en moins d'une minute. Qui plus est, l'application permet une transmission continue de données vers une base de données internet (cloud) dédiée via GSM / Wifi / SMS. La base de données est accessible via une application Web dans un navigateur (voir <https://discharge.ch>). L'application Web permet une visualisation facile et une analyse des données. L'application a été déployée en Tanzanie, en Ouganda, au Kenya et en Éthiopie ainsi que dans certaines parties d'Asie Centrale où elle fait actuellement l'objet de tests pilotes continus dans des bassins sélectionnés.



Figure 11 : Mirabs au Kirghizstan testant le dispositif « SmartStick » pour mesurer les niveaux d'eau.

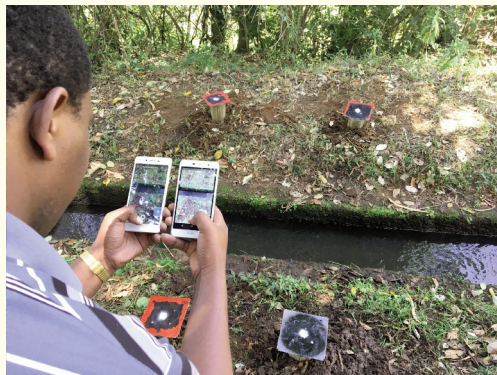


Figure 12 : Mesure du débit d'un petit canal d'irrigation en Tanzanie avec 2 smartphones différents pour comparaison.

Malgré l'attrait de technologies, telles que celles mentionnées ci-dessus, les principales leçons retenues de l'initiative iMoMo ont montré que plusieurs conditions préalables importantes doivent être mises en place pour que les campagnes de détection collective soient une réussite pour combler des manques de données existants et de ce fait améliorer la prise de décision des acteurs à différents niveaux de la gestion des ressources en eau. À titre d'exemple : 1/ les acteurs locaux doivent avoir une vision claire du potentiel d'utilisation des données non traditionnelles ; 2/ les acteurs des agences gouvernementales sont souvent réticents à promouvoir et adopter ces technologies en raison du non-respect des normes nationales et du sous-financement des agences ; 3/ il faut établir des procédures appropriées, y compris des protocoles de collecte de données ; 4/ un processus rigoureux d'assurance qualité et de contrôle qualité (QA / QC) doit être mis en place ; 5/ un service dédié doit être mis à disposition pour suivre les efforts de collecte de données de manière cohérente et pour relancer les citoyens qui ne fournissent pas les données comme convenu.

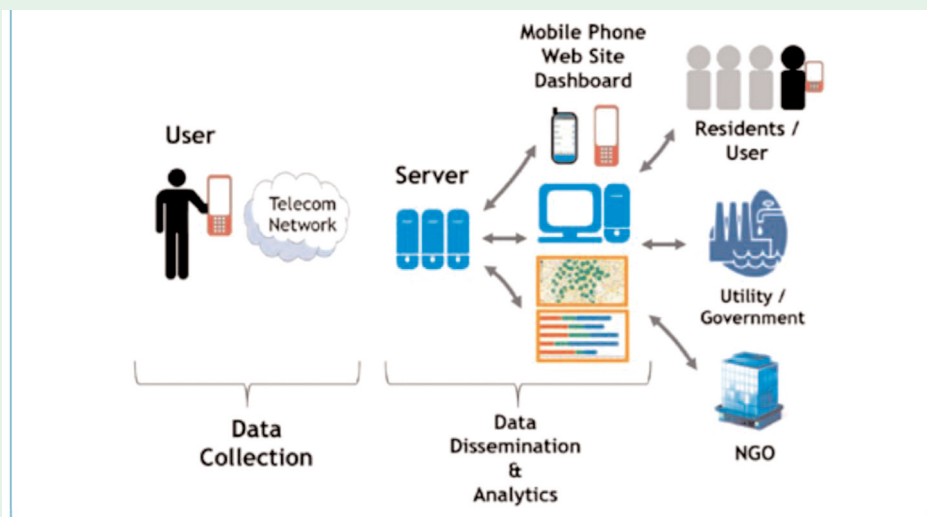
Encart 11 : Crowdsourcing dans le domaine du contrôle de la qualité des eaux [39]

Une infrastructure traditionnelle de surveillance de la qualité de l'eau est coûteuse et nécessite des laboratoires, des technologies de test sophistiquées, des spécialistes pour effectuer des tests et des protocoles d'échantillonnage et d'essais, ainsi que des systèmes d'information pour contrôler et gérer les flux de données et le rapportage.

Les avancées technologiques récentes concernant les capteurs et la télémétrie révolutionnent le paysage du monitoring, permettant la collecte de données à haute fréquence à partir de sites distants avec une grande précision.

Les technologies de la téléphonie mobile couplées à des tests de qualité de l'eau créent de grandes opportunités pour mieux attirer l'attention des communautés rurales et urbaines des pays en développement sur la qualité de l'eau. Qu'il s'agisse d'informer les citoyens sur la qualité de l'eau qu'ils utilisent quotidiennement ou de fournir des données scientifiques aux gestionnaires de l'eau pour les aider à distribuer l'eau potable aux citoyens, l'intégration de la science citoyenne, du crowdsourcing et des technologies innovantes va créer un changement positif et durable.

Le crowdsourcing permet de développer une stratégie pour engager les citoyens à mesurer et à s'instruire sur la qualité de leur propre eau potable. Grâce à leur participation, les citoyens fournissent aux services publics et aux organismes d'approvisionnement en eau des données à faible coût sur la qualité de l'eau en temps quasi réel. Dans un modèle typique de crowdsourcing, les consommateurs utilisent leurs téléphones mobiles pour signaler des informations sur la qualité de l'eau à un service central. Ce service reçoit les informations, les reconditionne et les partage via des messages de téléphonie mobile, des sites Web, des tableaux de bord et des médias sociaux.



Source: Hutchings et al. 2012.

Figure 13 : Collecte et diffusion de données pour les applications de téléphonie mobile.

Les citoyens peuvent ainsi individuellement être informés de la qualité de leur eau, et les organismes de gestion de l'eau et d'autres acteurs peuvent utiliser les données pour améliorer la gestion de l'eau; le résultat est une situation gagnant-gagnant.

Une participation massive à la collecte de données pourrait conduire à une meilleure gestion de l'eau dans les réseaux de distribution d'eau dépourvus de technologies de surveillance adéquates.

3.3 - Organisation de la gestion intégrée et du partage des données

POINTS CLÉS :

- La gestion intégrée des données implique que tout nouveau processus de gestion des données puisse exploiter les systèmes d'information existants.
- Des règles et des stratégies doivent être adoptées avec les acteurs produisant et gérant les données pour développer des synergies;
- L'analyse de la situation existante doit permettre d'éviter les doublons et d'organiser la coopération entre acteurs.
- Des éléments de langage commun sont nécessaires pour assurer la comparabilité des données.
- Les nouvelles technologies Internet facilitent le développement de l'interopérabilité (échange automatique de données) entre systèmes d'information existants.

Que ce soit au niveau régional, transfrontalier, national ou du bassin, la création d'un nouveau Système d'Information sur l'Eau ne part jamais de zéro dans la mesure où il existe déjà :

- Des producteurs de données ayant leurs propres procédures de collecte de données ;
- Des systèmes d'information opérationnels exploitant des structures de données spécifiques pour numériser / contrôler / archiver / traiter les données ;
- Des échanges de données / d'informations entre organismes établis sur la base de procédures spécifiques.

Par conséquent, pour tirer parti des systèmes existants et ne pas réinventer la roue, il est recommandé lors de l'organisation d'un nouveau processus de gestion des données sur l'eau :

- D'adopter certains principes de base permettant d'assurer une bonne coopération entre les acteurs ;
- De commencer par une phase de diagnostic qui permette d'identifier :
 - Les besoins réels à satisfaire pour la production d'informations ;
 - Les acteurs / institutions impliqués dans la production / la gestion des données et l'utilisation de l'information et leurs rôles spécifiques ;
 - Les jeux de données existants et les systèmes d'information déjà mis en place, ainsi que les conditions d'accès et d'utilisation des données (niveau de confidentialité, conditions techniques d'accès, etc.) ;
 - Les flux de données et d'informations déjà établis entre les partenaires ;
 - Les besoins des partenaires en termes d'accès aux données, de renforcement de leurs outils et de leurs ressources humaines, ceci ultérieurement afin de répondre au mieux à leurs besoins et les inciter à participer à un processus d'échange régulier de données.

Dans de nombreux cas, Il s'avère aussi très importants :

- De contribuer au développement d'éléments d'un langage commun afin d'assurer la comparabilité des données échangées ;
- D'établir des procédures facilitant l'interopérabilité entre les systèmes d'information sur l'eau existants.

3.3.1 Eléments de stratégie

Des principes de base, tels que ceux définis par le SEIS, peuvent souvent être recommandés pour l'organisation des règles avec les acteurs.

Encart 12 : A propos des principes du Système Européen d'Information Partagé sur l'Environnement (SEIS- « Shared Environmental Information System »)

Le 1^{er} février 2008, la Commission Européenne a adopté une communication sur le SEIS incluant les principaux principes décrits ci-après :

- L'information doit être **gérée au plus près de sa source** ;
- L'information doit être **collectée une seule fois, et être partageable avec d'autres pour de multiples usages** ;
- L'information doit être **facilement accessible aux autorités publiques et permettre à celles-ci de remplir leurs obligations légales de rapportage** ;
- L'information doit être facilement **accessible aux utilisateurs finaux, principalement les autorités publiques à tous les niveaux, du niveau local au niveau européen, pour leur permettre d'évaluer rapidement l'état de l'environnement et l'efficacité de leurs politiques et de concevoir une nouvelle politique** ;
- L'information doit être aussi **accessible pour permettre aux utilisateurs finaux, à la fois autorités publiques et citoyens, de faire des comparaisons aux échelles géographiques appropriées (par exemple pays, villes, bassins versants) et participer de manière significative à l'élaboration et à la mise en œuvre de la politique environnementale** ;
- L'information doit être pleinement **accessible au grand public, après avoir dûment pris en compte le niveau d'agrégation adéquat, sous réserve des contraintes de confidentialité appropriées, et au niveau national, dans la (les) langue (s) nationale (s) concernée (s)** ;
- Le partage et le traitement des informations doivent s'appuyer sur des standards et normes communes et libres.

En application de ces principes de base et considérant en particulier que les données doivent être gérées au plus près du producteur, il peut être important d'aider les producteurs de données à établir leur propre base de données / système d'information (ou avoir accès à un système externe) et ainsi gérer / traiter leurs propres données et assurer leur contrôle qualité.

Dans une deuxième étape, afin de faciliter l'agrégation / le traitement des données pour générer des informations, des liens peuvent être développés entre les producteurs et les gestionnaires de données. Ces derniers agissent généralement :

- Au niveau national, à travers des bases de données / systèmes d'information thématiques nationaux pour la production d'informations nationales ;
- Au niveau du bassin, pour la gestion de l'eau du bassin ;
- Au niveau local, pour la gestion locale de l'eau. [6]

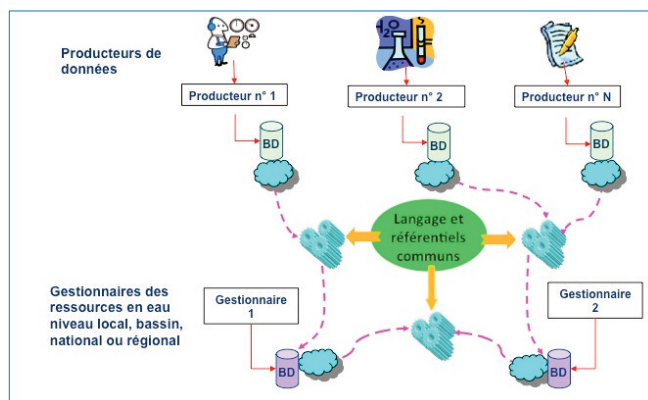


Figure 14 : Exemple d'un scénario efficace d'échange de données sur l'eau.

En outre, la stratégie doit également inclure une procédure de contrôle de la qualité des processus et assurer que toute la chaîne, allant de la production des données initiales jusqu'à leur utilisation finale, puisse être tracée, notamment par le biais de la production de métadonnées par chaque producteur de données.

Les recommandations pour la gestion des données Hydromet présentées par l'OMM dans l'encadré ci-contre, pourraient aussi être adaptées et appliquées à toutes les autres données sur d'autres thèmes.

Encart 13 : Éléments de stratégie pour la gestion des données Hydromet / Vision de l'OMM [21] [24]

Les données sont exploitées par des utilisateurs très différents à des fins très différentes, à des fréquences très différentes et avec des démarches et des outils différents. Ces données peuvent être utilisées en temps réel - pour gérer une situation d'urgence, par exemple - ou pour la planification à long terme et la conception de projets en utilisant des séries chronologiques historiques. En conséquence, la collecte et la gestion des données doivent tenir compte de cette diversité d'objectifs. Les données doivent être accessibles, fiables, dignes de confiance, compréhensibles et partageables, même des décennies après leur collecte. Les séries chronologiques des emplacements clés doivent être aussi longues que possible, avec peu d'interruptions. Les critères suivants préparent le terrain pour la gouvernance des données sur l'eau :

- Des contrôles de la qualité des données doivent être effectués régulièrement et les métainformations complètes doivent systématiquement étayer les données réelles : l'OMM apporte son soutien aux fournisseurs de données grâce à des documents réglementaires, tels que le *Guide des pratiques hydrologiques de l'OMM* [24] et des projets, tels que « l'évaluation des performances des instruments et des techniques de mesure du débit » ;
- Toute la chaîne de données, de la collecte aux utilisateurs, doit être traçable, cohérente et non corrompue. Les Services hydrologiques Nationaux jouent ici un rôle crucial, avec le soutien technique et les conseils de l'OMM ;
- Les données provenant de différentes sources (y compris, outre les stations standards, des technologies peu coûteuses, des approches innovantes, des produits satellitaires, etc.) doivent être « portables » - grâce aux formats de données standard, tels que WaterML 2.0 de OGC et OMM - et l'évaluation de la qualité ;
- Les longues séries de données doivent être sécurisées et stockées dans différents sites éloignés les uns des autres. Les hydrogrammes en papier doivent être numérisés et sécurisés. Sachant que les dernières décennies ont vu une évolution continue des supports de données avec obsolescence rapide des technologies (cartes perforées, bandes, disques, cartes flash, nuage/cloud), il est primordial d'assurer la migration de toutes les données vers le support de prochaine génération, afin de garantir l'intégrité des séries historiques, les anciens supports devenant rapidement incompatibles avec les nouveaux matériels et logiciels ;
- Un système de gestion des données doit simplifier les opérations d'assurance / contrôle qualité et la préparation des produits de données (bulletins, résumés réguliers, statistiques, entrées de modèles, prévisions, perspectives, etc.). Sauf lorsque cela est immédiatement nécessaire pour la prévision à court terme, toutes les données doivent être vérifiées et validées. Les systèmes de gestion de données doivent stocker les données brutes et les données corrigées séparément, et permettre de documenter les changements apportés aux données brutes ;
- Un portail de données doit faciliter la découverte, la visibilité et le partage de données entre différents utilisateurs. Le statut de chaque donnée (brute, provisoire, validée et corrigée) ainsi que toutes les métadonnées pertinentes doivent être facilement accessibles et exploitables par les utilisateurs.

3.3.2 Etat des lieux de la gestion des données

Compte tenu de la multiplicité des producteurs de données et des processus de collecte de données, et sachant que tout système d'information doit être construit en se basant sur la situation existante tout en évitant la duplication des activités et en respectant le rôle de chaque partenaire, l'état des lieux doit permettre d'avoir une vision claire de :

- Quels sont les rôles et les activités des acteurs :
 - Qui est censé faire quoi dans le domaine de l'administration des données sur l'eau ?
 - Qui produit quoi, spécifiquement ?
 - Qui a besoin de quelles données et de quelles informations ?
 - ...
- Quelles sont les caractéristiques des jeux de données et des systèmes d'information existants gérés par les principaux acteurs ?
- Quels sont les flux d'échange de données réguliers entre les acteurs ?
- Quels sont les besoins des différents acteurs ?

Les résultats de l'état des lieux (catalogue de métadonnées, diagrammes de flux de données, dictionnaires de données des systèmes d'information existants, etc.) aident notamment à :

- Identifier les producteurs de données susceptibles d'être impliqués dans le processus ;
- Sélectionner les jeux de données à collecter afin de produire les informations attendues ;
- Identifier les problèmes de comparabilité des données, qui devront être résolus lors de la combinaison de données de sources différentes ;
- Préciser l'architecture globale du système et les procédures d'échange et de diffusion des données organisant l'interopérabilité entre les différents systèmes ;
- Définir les principaux outils pour le traitement des données et la production / diffusion de l'information ;
- Convenir des règles de gouvernance du système avec les partenaires impliqués.

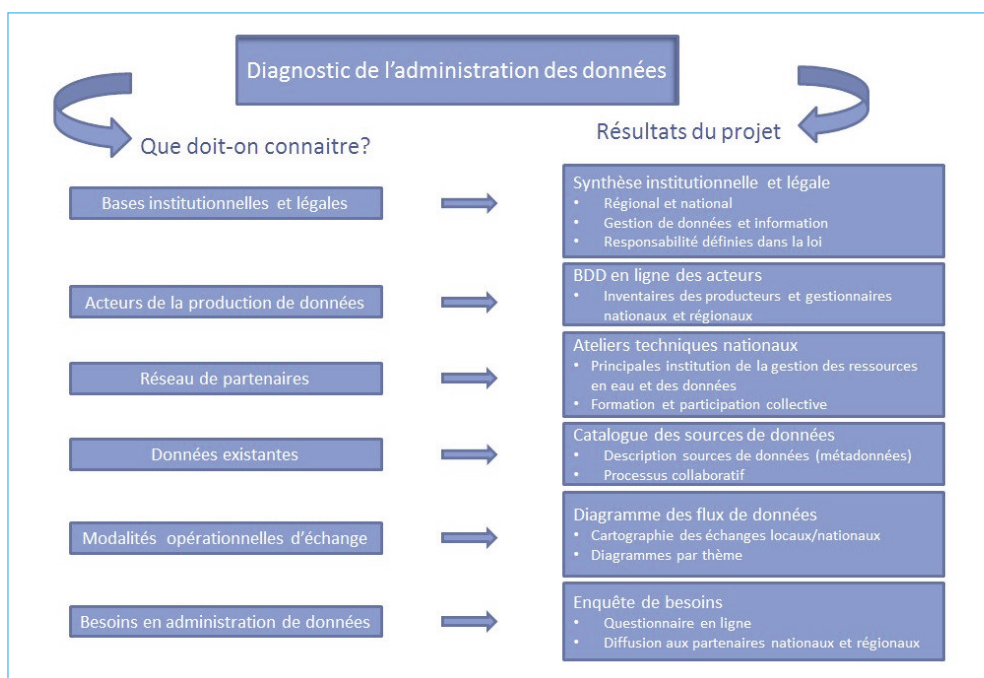


Figure 15 : Résultats potentiels de l'état des lieux.

Une attention particulière devrait être accordée à la production des « métadonnées » qui sont souvent définies comme étant des « données sur les données ».

En effet, pour faciliter la traçabilité et s'assurer que les données ne sont pas mal utilisées, les hypothèses et les limites affectant la création de données doivent être entièrement documentées. Les métadonnées permettent à un producteur de décrire complètement un jeu de données afin que les utilisateurs puissent comprendre les hypothèses et les limites et évaluer l'applicabilité du jeu de données pour l'usage auquel il est destiné. [40]

Etude de cas 8 : Catalogue de métadonnées pour un inventaire collaboratif des sources de données [17]

Dans le cadre de divers projets de gestion des ressources en eau, notamment ceux menés en Europe Orientale, en Asie Centrale, en Amérique Latine et en Asie du Sud-Est, l'OIEau aide les autorités nationales à élaborer leur catalogue de métadonnées en ligne. Un tel outil facilite l'inventaire et la description des sources de données disponibles et les rend plus faciles à identifier et découvrir. Après une phase de configuration, l'outil en ligne est généralement présenté lors d'ateliers nationaux sur la gestion des données, et un mot de passe spécifique est donné à chaque institution pour lui permettre de capturer en ligne les descriptions de leurs sources de données.

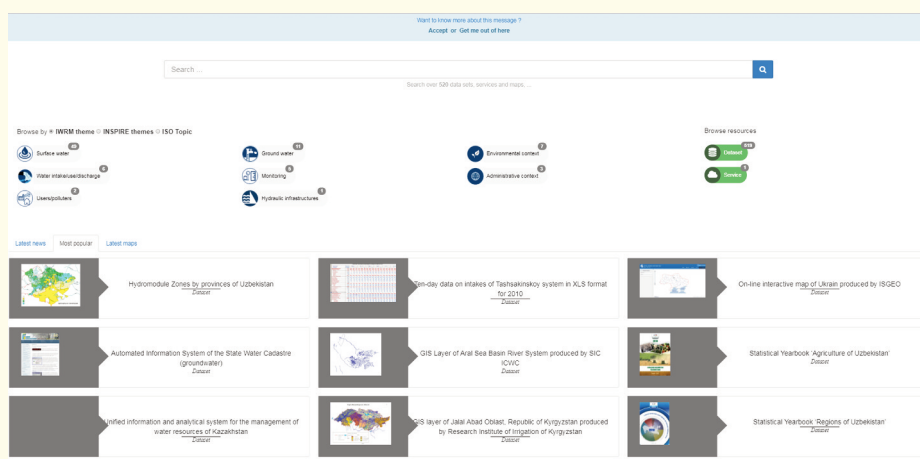


Figure 16 : Interface du catalogue de métadonnées pour la découverte de données.

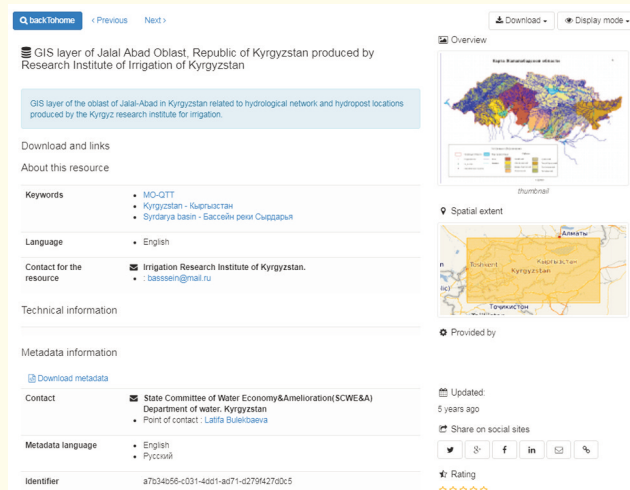


Figure 17 : Exemple de sélection d'une fiche de métadonnées.

Etude de cas 9 : Approche de l'OMM concernant l'inventaire des données [21]

De nombreuses études et analyses hydrologiques exigent que des séries chronologiques longues soient disponibles. L'expérience montre qu'une grande partie de la durée d'un projet est consacrée à l'identification, à l'accès et au formatage des jeux de données appropriés. Ainsi, il est fortement souhaitable de faciliter le processus de découverte des données à travers des portails de données. Parmi les exemples universitaires on trouve le portail CUAHSI (Consortium des universités pour l'avancement des sciences hydrologiques, <https://www.cuahsi.org/data-models/portals/>) qui permet de publier des bases de données sur la base du volontariat. La plateforme GEOSS du Groupe pour l'Observation de la Terre peut également être mentionnée.

La Commission d'Hydrologie de l'OMM développe la nouvelle phase du Système d'Observation Hydrologique de l'OMM (WHOS) en tant que contribution hydrologique au Système mondial intégré des systèmes d'observation de l'OMM (WIGOS), cadre général de coordination et d'évolution optimisée de tous les systèmes d'observation de l'OMM. Dans sa version actuelle, WHOS est un système d'identification simple, une interface cartographique qui permet d'accéder aux jeux de données disponibles auprès des services hydrologiques nationaux, qui ouvrent leurs données (<http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/chy/whos/index.php>).

Cependant, la découverte et le téléchargement de données et une utilisation particulière peuvent être fastidieux, car les métadonnées ne sont pas facilement disponibles et les formats de données peuvent être différents. De plus, le portail web national peut être dans des langues peu familières pour l'utilisateur. Dans sa prochaine version, WHOS devrait fournir aux utilisateurs un système d'échange convivial, facilitant la découverte et le téléchargement de données historiques et en temps réel, à partir de services nationaux et d'autres sources reconnues. Il sera entièrement conforme aux SIO / WIGOS et axé sur les services, reliant les fournisseurs de données hydrologiques et les utilisateurs via un système d'information hydrologique permettant l'enregistrement des données, la découverte de celles-ci et leur accès. L'évaluation de la qualité des données, les contrôles de qualité et les méta-informations constitueront une préoccupation majeure de l'OMM, car ils renforceront la confiance dans les jeux de données.*

Des données chronologiques de longue date sont collectées et distribuées par les centres mondiaux de données de l'OMM, tels que le « Centre mondial de données sur l'écoulement », GRDC, hébergé par l'Allemagne, le « Centre international d'évaluation des ressources en eau souterraine », IGRAC, hébergé par les Pays-Bas, en particulier son Réseau mondial de surveillance des eaux souterraines (GGMN) et le « Centre d'hydrologie des lacs et des réservoirs » (HYDROLARE), hébergé par la Fédération de Russie.

Ces centres de données mondiaux de l'OMM remplissent les principales fonctions suivantes :

- Collecter et fournir des séries chronologiques hydrologiques avec des systèmes de gestion de base de données ;
- Contribuer à la sauvegarde des données ;
- Soutenir les efforts de collecte de données et les projets de gestion de données ;
- Coordonner et diffuser des informations sur la conservation des données nationales et sur les conditions d'accès aux données, sur la qualité des données et les méta-informations ;
- Fournir des données à des fins scientifiques et éducatives, la modélisation, le développement de différents projets / programmes mondiaux et régionaux.

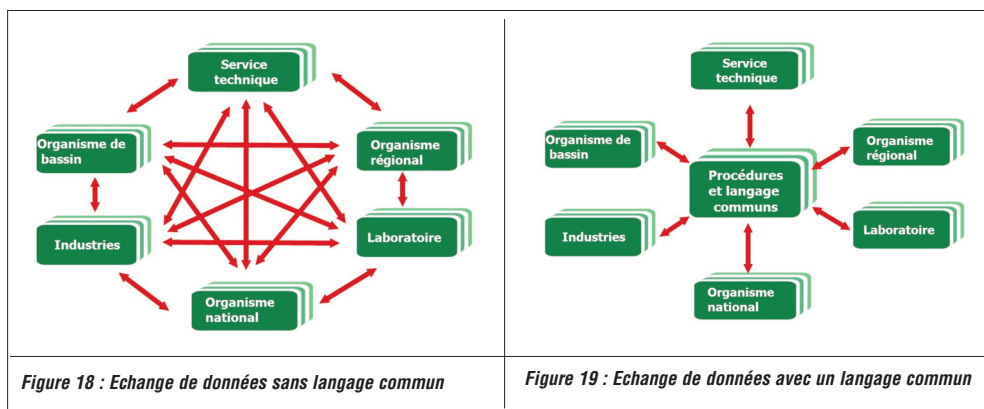
Le rôle de ces centres essentiels de l'OMM évoluera peut-être avec l'émergence de nouvelles plateformes d'information et de nouveaux besoins des utilisateurs, afin de s'assurer qu'ils soutiennent la collecte, le partage et le sauvetage de données à long terme.

3.3.3 Un langage commun pour la comparabilité des données

a) Pourquoi un langage commun ?

Le domaine de l'eau est vaste et caractérisé par le grand nombre d'acteurs impliqués dans la réglementation, la gestion et l'utilisation de l'eau : ministères avec leurs services déconcentrés, institutions publiques, telles que les agences de l'eau, les collectivités locales, les entreprises publiques et privées, les associations, etc.

Les organisations produisent généralement leurs propres jeux de données pour leurs propres besoins et selon leurs propres procédures. La mutualisation de ces sources de données est souvent une nécessité absolue, mais se heurte souvent à l'absence de règles claires qui assureraient la comparabilité et l'échange de données.



Sans langage commun, les données sur l'eau sont hétérogènes; chaque producteur établit ses propres nomenclatures, ses propres définitions de mots scientifiques, etc.

A contrario, lorsque les différents partenaires impliqués dans l'échange de données sur l'eau au niveau national ou régional s'accordent sur un langage commun à utiliser lors de l'échange de données, il en résulte moins d'interfaces, une meilleure compréhension des données disponibles et ceci permet de mettre en place des procédures de traitement et d'échange automatiques des données.

Afin d'être efficaces, ces éléments de langage commun doivent comprendre des définitions des concepts et des termes utilisés, des systèmes de codification communs, sachant que ceci suppose :

- Une compréhension commune des objets ainsi que de leurs relations et de leur comportement (par exemple dans le cas d'une station de surveillance, comment un prélèvement est lié à une station de mesure, et quel est l'ensemble des opérations réalisées depuis la création des données jusqu'à leur publication) ;
- La définition et l'utilisation d'un système commun d'identification, afin que le même identifiant soit utilisé partout pour identifier la même ressource (par exemple, pour identifier une station de mesure ou un paramètre physico-chimique).

Encart 14 : WaterML, une norme pour l'échange de données hydrologiques [21]

Même au début du 21^e siècle, les normes pour les formats d'échange de données hydrologiques restent rudimentaires et peu répandues, malgré un besoin évident de coopération transfrontalière, d'évaluation hydro-climatologique globale et de calcul des volumes d'eau virtuelle échangés par exemple, rendant ainsi l'intégration des données provenant de différentes sources une activité extrêmement chronophage.

Pour combler cette lacune, l'OMM, en collaboration avec l'Open Geospatial Consortium (OGC), a développé et adopté la norme WaterML 2.0 pour le partage de données en soutien aux initiatives WHYCOS, WHOS et « Préviation des Inondations », parmi de nombreuses autres activités de la communauté hydrologique internationale. Une fois entièrement mise en place, WaterML 2.0 permet un partage facile des séries chronologiques, des courbes de tarage, des paramètres de qualité de l'eau et des données sur les eaux souterraines, entre autres.

Codé en « eXtensible Markup Language (XML) » et basé sur les standards OGC existants, WaterML 2.0 fournit un format d'échange hydrologique interopérable qui peut être utilisé pour répondre à un large éventail de besoins des utilisateurs. En utilisant WaterML 2.0, il est possible de relier les sources d'information sur l'eau locales, nationales, régionales et mondiales dans le cadre des réseaux mondiaux d'information sur l'eau. Ceux-ci comprennent l'échange de données portant sur :

- Des observations sur site dans les stations hydrologiques (jauges, réservoirs) ou climatologiques ;
- Des produits de prévision (séries chronologiques probabilistes ou déterministes) sur les sites de prévision ;
- Des alertes d'urgence ou à destination des opérateurs (dépassement de seuil) et pour le rapportage ;
- Des séries chronologiques des entrées et sorties / rejets prévues ;
- Des observations des eaux souterraines, du niveau d'eau dans les puits.

La mise à disposition d'un tel format facilitera également l'utilisation des données partagées via le Système d'Information de l'OMM (SIO). Les normes WaterML 2.0 Partie 1 (Séries chronologiques) et Partie 2 (Classements, jaugeage et sections) ont été adoptées par l'OMM et incluses dans son matériel réglementaire.

Etude de cas 10 : Utilisation de WaterML 2.0 par le Service Géologique des Etats Unis (USGS) [21]

Cette étude de cas illustre la mise à disposition par l'USGS de données en utilisant WaterML 2.0 et d'autres méthodes, fournissant un service de valeur, instantané et librement disponible, donnant accès en temps réel aux flux de données et autres données provenant de milliers de stations de monitoring des USA, ainsi que des services de données journalières et des services sur Internet liés au niveaux des eaux souterraines. En mars 2014, un soutien à la fourniture de données chronologiques au format WaterML 2.0 a été ajouté à ces services.

Ces données sont utilisées pour la gestion des ressources en eau, la surveillance des inondations et des sécheresses, la conception de ponts et pour de nombreux loisirs. Grâce à son service national d'information sur l'eau (NWIS - USGS Water Data for the Nation, <http://waterdata.usgs.gov/nwis/>), l'USGS fournit des rapports de synthèse, des cartes, des statistiques et d'autres informations via Internet ainsi que des services de données conçus pour l'accès, de machine à machine, via des outils automatisés. Ces services opérationnels 24h/24-365j/an permettent d'accéder aux débits, au niveau d'eau et à d'autres données de plus de 50.000 stations de monitoring des eaux superficielles et de 800.000 stations de surveillance des eaux souterraines à travers les États-Unis. Plus de 15.000 stations de surveillance rapportent en temps quasi réel.

Au fur et à mesure que l'automatisation de l'accès aux données devient plus courante, l'utilisation des services de données hydrologiques de l'USGS augmente plus rapidement que l'accès aux pages Web conventionnelles, comme le montre la figure.



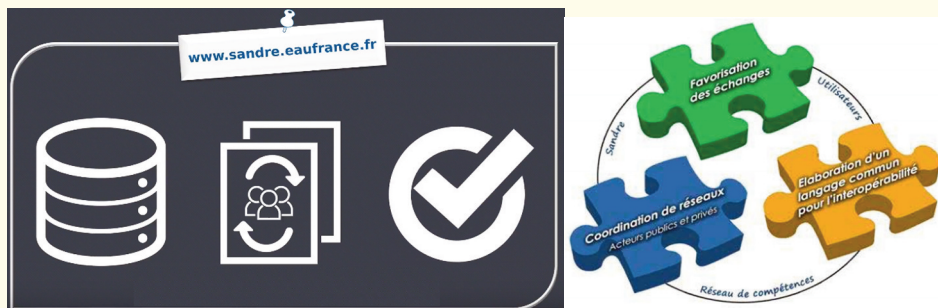
Figure 20 : Augmentation de l'utilisation des méthodes de distribution de données sur l'eau de l'USGS (nombre de pages consultées par mois).

La fourniture de données par l'USGS représente l'état de l'art actuel dans l'accès en temps réel aux données de débit et de niveau d'eau codées en WaterML 2.0. En utilisant le service USGS, il est facile de créer une URL persistante (adresse Web) qui fournit un lien vers les dernières données de débit pour n'importe quel site. Par exemple, le service WaterML2.0 pour le Fleuve Colorado à Austin, Texas est disponible sur :

<http://waterservices.usgs.gov/nwis/iv/?format=waterml,2.0&sites=08158000&period=P1D¶meterCd=00060>.

Etude de cas 11 : France/ SANDRE [17]**# Missions**

Le SANDRE a pour mission de constituer et de mettre à disposition les jeux de données de référence sur l'eau du SIE français. Ces jeux de données de référence sont composés de listes d'identifiants et de spécifications techniques gratuites et décrivent comment échanger des données sur l'eau à l'échelle de la France. Du point de vue de la technologie de l'information, le SANDRE garantit l'interopérabilité entre les applications du système français d'information sur l'eau.

**# Réglementation**

Le Système National de Données sur l'Eau (SNDE), complété par des documents techniques incluant ceux de SANDRE, doit être respecté par tous les contributeurs du Système d'Information sur l'Eau (SIE), conformément au Décret n° 2009-1543 du 11 décembre 2009. L'Etat définit quels éléments du référentiel de données doivent être utilisés pour l'application de la réglementation et les conditions de leur utilisation.

Organisation

Le SANDRE est constitué d'un réseau d'organismes, qui apportent leurs connaissances au SIE, participant à l'administration du référentiel et assurent la cohérence de l'ensemble. Le SANDRE a mis en place des administrateurs de données au sein des agences contribuant au SIE. Dirigé par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), le réseau s'appuie sur le Secrétariat Technique du SANDRE assuré par l'Office International de l'Eau (OIEau) qui a piloté, développé et rendu disponible la norme depuis sa création.

Composition du référentiel

Le référentiel du SANDRE est un ensemble de spécifications, de jeux de données de référence et de services librement distribués, à savoir : des dictionnaires de données, des scénarii d'échange, des documents d'administration, des jeux de données de référence et des services d'assistance.

3.3.4 Développer l'interopérabilité entre les systèmes d'information

L'interopérabilité est la capacité que possède un système informatique, dont les interfaces sont intégralement connues, à fonctionner avec d'autres systèmes informatiques existants ou futurs et ce sans restriction d'accès ou de mise en œuvre.

La mise en œuvre de l'interopérabilité est particulièrement intéressante lorsqu'un système d'information doit échanger des données automatiquement avec un autre.

Les principes d'interopérabilité doivent être acceptés par les parties prenantes et inscrits dans un document décrivant les protocoles choisis.

L'architecture s'appuie sur des normes informatiques libres, notamment celles s'appuyant sur Internet (W3C, OGC, ISO, etc.).

Le principe de « non intrusion » permet à toutes les parties de gérer leurs systèmes d'information indépendamment des règles communes d'interopérabilité. Pour faciliter l'acceptation de tous, le document d'architecture doit de préférence être rédigé dans la langue du pays, être conforme à la réglementation en vigueur et être inscrit dans la loi.

Le document d'architecture et le langage commun (voir chapitre précédent) garantissent l'interopérabilité sémantique et technique des systèmes d'information.

Encart 15 : A propos des normes d'interopérabilité utilisées avec la technologie SIG [9]

Les capacités d'intégration d'un SIG permettent de rassembler des jeux de données disparates afin de créer une image complète et concise d'une situation. La technologie SIG illustre les relations, les connexions et les modèles, qui ne sont pas nécessairement évidents dans un jeu de données, ce qui permet aux décideurs, aux organisations et aux gouvernements de prendre de meilleures décisions en fonction de tous les facteurs pertinents. Pour exploiter pleinement les capacités et les avantages des informations géographiques et de la technologie SIG, les données spatiales doivent être partagées et les systèmes être interopérables [41]. En effet, la technologie SIG est utilisée pour partager des informations cruciales au-delà des frontières organisationnelles via Internet et les services Web. L'interopérabilité permet d'intégrer des données entre organismes et entre applications et industries, et ainsi générer et partager des informations plus utiles. La technologie SIG constitue le cadre d'une infrastructure de données spatiales partagées. Dans la communauté géospatiale, la signification de « l'interopérabilité » reste quelque peu ambiguë, tout comme ses nombreux avantages. Par conséquent, le mandat de l'interopérabilité est suggéré ci-après :

« Pour être interopérable, il faut s'engager activement dans un processus continu visant à s'assurer que les systèmes, les procédures et la culture d'une organisation sont gérés de manière à maximiser les possibilités d'échange et de réutilisation de l'information et des services, qu'ils soient internes ou externes ».

Il est clair que l'interopérabilité va au-delà de la simple utilisation de logiciels et de matériels compatibles, bien que cela soit aussi bien sûr important. L'assurance d'une interopérabilité efficace exigera souvent des changements dans la façon de travailler des organismes et, surtout, dans leurs attitudes à l'égard de l'information. Dans ce contexte, les États Membres et les autres parties prenantes doivent partager, coordonner et communiquer les concepts clés entre leurs propres services ou entre pays et organisations distinctes, en utilisant le SIG comme infrastructure centrale de données spatiales [42].

C'est là que les travaux de l'Open Geospatial Consortium (OGC) et d'autres organismes de normalisation (l'Environmental Systems Research Institute par exemple) peuvent être exploités. L'interopérabilité technique consiste généralement à sélectionner et mettre en œuvre les spécifications de logiciel et / ou d'interface Internet appropriés, les codages communs de contenus à transmettre, etc. Très souvent, l'interopérabilité technique est plus facile à réaliser au sein d'une entreprise. Aujourd'hui, la plupart des produits SIG lisent directement et parfois transforment rapidement les données d'une façon dynamique. La communauté SIG poursuit l'interopérabilité ouverte depuis de nombreuses années et les solutions pour atteindre cet objectif ont changé avec le développement de nouvelles technologies.

Une architecture SIG ouverte, distribuée et en réseau fournit le cadre pour le partage de données et de services. Un système SIG ouvert permet le partage de données géographiques, l'intégration parmi différentes technologies SIG et l'intégration avec d'autres applications non-SIG. Il peut fonctionner sur différentes plates-formes et bases de données et peut être dimensionné pour prendre en charge un large éventail de scénarii de mise en œuvre, allant d'un consultant individuel ou d'un travailleur mobile utilisant un SIG sur un poste de travail ou un ordinateur portable à des organisations qui prennent en charge des centaines d'utilisateurs travaillant dans plusieurs régions et départements. Avec l'introduction de services Web, les services SIG distribués par de multiples fournisseurs peuvent être intégrés dynamiquement dans les applications en utilisant les standards interopérables XML et SOAP. Ce niveau d'intégration fonctionne déjà sur les postes de travail. Par conséquent, les données géographiques peuvent être partagées via des protocoles au standard OGC tels que WMS (Web Map Service, pour le traitement des images géo référencées) et WFS (Web Feature Service, permettant des demandes de caractéristiques géographiques), sur d'autres bases de données ou dans des applications SIG telles que QGIS et ArcGIS.

Etude de cas 12 : Exemple d'interopérabilité : échange automatique de données produites par les laboratoires de contrôle de la qualité de l'eau en France [17]

Des échanges de données automatiques ont été organisés dans le cadre du SIE français, par exemple, dans le domaine du contrôle de la qualité des milieux aquatiques entre les donneurs d'ordres chargés du contrôle de la qualité et les laboratoires (publics ou privés) qu'ils mandatent pour prélever des échantillons et les analyser.

Les donneurs d'ordres ont chacun leurs propres systèmes d'information spécifiques qui leur permettent de répondre à leurs propres besoins pour la gestion de l'information, et il était difficile pour ces organismes d'échanger des informations spécialisées avec les laboratoires.

Le système national de normalisation pour l'échange de données, appelé « EDILABO », a été mis en place par le SANDRE avec le soutien d'un groupe d'experts pour :

- ❶ Adopter un vocabulaire commun, utilisé par toutes les parties prenantes, afin que celles-ci puissent se comprendre en utilisant une terminologie spécifique ;
- ❷ Choisir les informations spécifiques que les parties prenantes souhaitent échanger, pour réaliser des contrôles de qualité des milieux aquatiques, prélever des échantillons et faire des analyses ;
- ❸ Créer un code unique pour certaines données clés, comme les paramètres mesurés, pour toutes les parties prenantes et l'utiliser pour créer un référentiel partagé ;
- ❹ Choisir une syntaxe spécifique pour formater les informations spécifiques, afin de pouvoir les échanger.

Grâce à cette norme, **plusieurs milliers de résultats d'analyses** de paramètres physico-chimiques et microbiologiques relatifs à la qualité des milieux aquatiques transitent chaque année entre les différents systèmes d'information des parties prenantes.

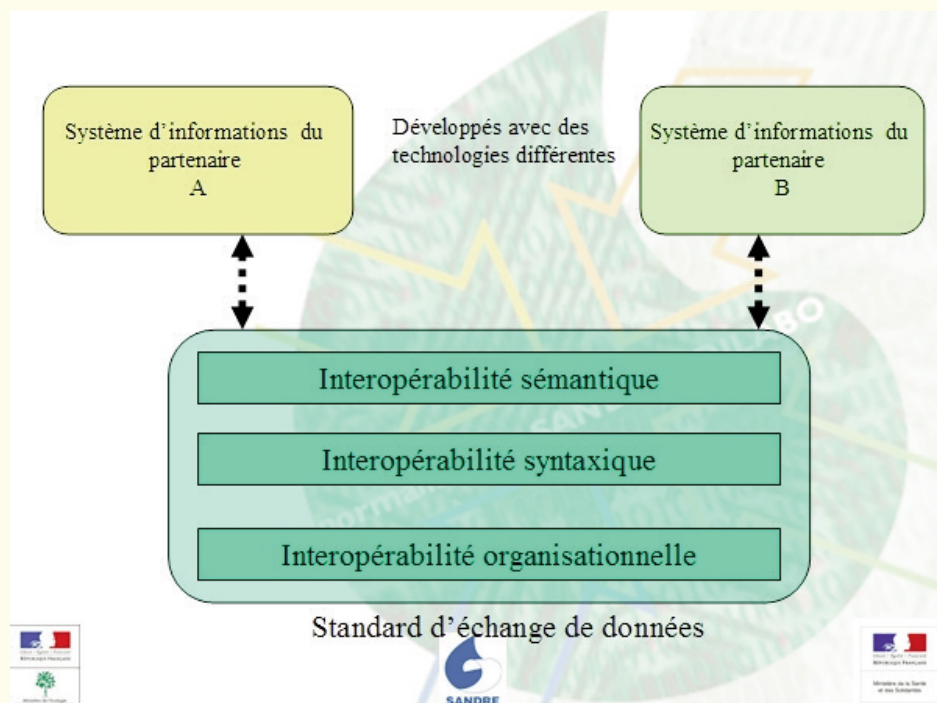


Figure 21 : Niveaux d'interopérabilité à prendre en compte.

Etude de cas 13 : Le Bassin de La Plata [21]

Avec une superficie de 3.200.000 km², le Bassin de La Plata est le deuxième plus grand bassin versant d'Amérique du Sud et l'un des plus grands du monde. Il couvre de vastes territoires d'Argentine, de la Bolivie, du Brésil, de l'Uruguay et du Paraguay. La Commission d'Hydrologie (CHy) de l'OMM a soutenu le développement d'une solution technique, appelée PLATA-HIS (voir LaPlataHIS.pdf [43]) pour faciliter l'accès et l'échange de données hydrologiques fournies par les Services Hydrologiques Nationaux du Bassin de La Plata.

L'objectif était de fournir une capacité opérationnelle supplémentaire, en particulier pour les observations de l'eau in situ, mutualisée entre les Services Hydrologiques Nationaux.

Utilisant une combinaison de services Web de l'OMM et de l'OGC, le PLATA-HIS (<http://hydrolite.ddns.net/hisPlata/>) est conçu comme une « plateforme des services » pour trois types de services essentiels au partage d'informations hydrologiques via le Web : les services de catalogue, les services de métadonnées et les services de données. Ces trois groupes de services travaillent ensemble pour indexer, décrire et fournir un accès aux séries hydrologiques chronologiques du Bassin de La Plata.

Le système a été utilisé avec succès pour : la définition d'un réseau de surveillance composé de stations hydrologiques et météorologiques, gérées par les pays appartenant au Bassin de La Plata ; l'analyse et l'optimisation du réseau de surveillance hydrologique à l'échelle du bassin ; une meilleure collaboration entre les pays afin d'améliorer la conception du réseau et réduire les coûts ; l'établissement collaboratif d'instruments hydrométéorologiques ; le libre-échange d'observations météorologiques et hydrologiques ; l'élaboration de politiques communes afin de contrôler la qualité des données ; et la création d'archives de données hydrologiques pour améliorer les services et répondre plus rapidement aux catastrophes naturelles.



Figure 22 : Découverte et accès aux données hydrologiques du Bassin de La Plata.

Etude de cas 14 : Le HYCOS-Arctique [21]

Le partage d'informations et de connaissances entre les services hydrologiques nationaux (SHN) et les projets internationaux contribue à promouvoir une démarche consolidée pour étudier l'écoulement d'eau douce vers l'océan et les mers arctiques et approfondit notre compréhension du régime hydrologique de l'Arctique, ainsi que la variabilité liée aux changements climatiques.

La Commission d'Hydrologie a appuyé la mise en place d'un système d'observation hydrologique dans la région de l'Arctique appelé HYCOS-Arctique (voir [ArcticHycos.pdf](#) [4 4]). Les pays arctiques (Canada, Danemark, Finlande, Islande, Norvège, Fédération de Russie, Suède et États-Unis) participent au projet HYCOS Arctique et partagent librement et ouvertement toutes les données et métadonnées des stations du réseau du projet avec tous les participants du projet, suite à la Résolution 25 (Cg-XIII) sur l'échange de données et de produits hydrologiques.

Le projet HYCOS-Arctique fournit une plateforme (<http://hydrolite.ddns.net/hisArctic/>) pour la collecte régulière et le libre échange de données hydrologiques de l'Arctique. Les activités du projet comprennent également l'évaluation, le maintien et l'amélioration potentielle des stations d'observation existantes. L'analyse du réseau identifie des stations d'observation adéquates pour évaluer le flux d'eau douce vers l'océan et les mers arctiques et pour étudier les modifications des régimes hydrologiques de l'Arctique par rapport aux changements climatiques.

La mise en place du système d'appui à un échange de données normalisé permet : une coopération internationale pour étudier et évaluer les processus hydrologiques dans l'Arctique, ceux en relation avec le changement climatique en particulier ; des évaluations fiables des volumes d'eau douce s'écoulant, à court et à long termes, vers l'océan et les mers arctiques ; une meilleure compréhension des liens entre les débits des rivières de l'Arctique, l'équilibre hydrique de l'Océan Arctique, la circulation thermohaline et le climat global ; une meilleure gestion de l'eau pour un meilleur suivi du débit des cours d'eau et une meilleure prédiction des changements hydrologiques, améliorant ainsi les systèmes de survie des communautés polaires ; aux données hydrologiques d'apporter à d'autres systèmes d'observation de l'Arctique, en particulier aux groupes de recherche et aux programmes de surveillance de l'hydrologie des neiges de l'Arctique, du permafrost, des glaciers et des écoulements glaciaires ; et des données hydrologiques à transmettre aux systèmes d'observation mondiaux, en particulier le WIGOS.

WHO
WMO Hydrological Observing System

You have gone full screen. [Exit full screen \(F11\)](#)

Home Services Tools About

ARCTIC Hydrologic Information System Central Web Service Registry

The Arctic-HYCOS program is being promoted through the World Hydrological Cycle Observing System (WHYCOS). The main goal of the Arctic-HYCOS program is to improve monitoring, data accuracy, availability and dissemination of information in the pan-arctic drainage basin. This project is science-driven and is aimed at monitoring freshwater fluxes and pollutants into the Arctic Ocean with the objective of improving climate predictions in the Northern Hemisphere and assessing the pollution of the Arctic coastal areas and the open Arctic Ocean.

The portal provides access to the hydrological observations in the Arctic monitoring network, composed of stations located in Canada, Denmark, Finland, Iceland, Kazakhstan, Mongolia, Norway, Russian Federation and United States of America. In particular, the portal provides additional operational capability, for in situ water observations, as an international registry of water data services catalogued using the standards and procedures of the Open Geospatial Consortium and the World Meteorological Organization.

The published interfaces of the portal retrieve data from distributed national water data providers, enabling plots and download.

WEB SERVICE REGISTRATION SYSTEM

- Brokered services: 12
- Brokered sites: 5191
- Brokered variables: 1
- Brokered values: 597073
- Geographic extent: [-178.67, 179.24, 45.82, 80.6]

Figure 23 : Le système d'information hydrologique du projet HYCOS- Arctique .

Etude de cas 15 : La famille de l'eau de l'UNESCO [9]

Créé en 1975, le Programme Hydrologique International (PHI) de l'UNESCO constitue le seul programme intergouvernemental du système des Nations Unies consacré à la recherche sur l'eau, la gestion et la gouvernance des ressources en eau, l'éducation et le renforcement des capacités.

Dans cette entreprise, le PHI bénéficie du soutien de la famille de l'eau de UNESCO, qui est un réseau élargi de professionnels de l'eau, basés dans les ministères chargés de l'eau (comités nationaux du PHI), les universités, les instituts et les organismes de recherche directement liés aux programmes du PHI, pour servir les États Membres et développer les connaissances scientifiques. Ce réseau est composé de 168 comités nationaux et points focaux du PHI parmi les 195 États Membres de l'UNESCO, 48 chaires liées à l'eau (universités intéressées dans le monde, dont le but est de combler le déficit de connaissances) et 36 centres et instituts régionaux (travaillant sur des thématiques pertinentes et des priorités géographiques dans leurs domaines d'expertise, sous les auspices de l'UNESCO).

En janvier 2017, le PHI a lancé son Système d'Information et Réseau sur l'Eau (IHP-WINS), une plateforme Web ouverte, coopérative et participative, qui incorpore des données géospatiales sur les ressources en eau dans une base de données pour favoriser le partage des connaissances et l'accès à l'information. IHP-WINS permet la collecte et la diffusion des informations et des connaissances acquises par la famille de l'eau de l'UNESCO et d'autres acteurs.

IHP-WINS reconnaît que les métadonnées sont cruciales pour créer une solide infrastructure de données spatiales. Par conséquent, outre l'acquisition de données de formats standards, la plateforme prend également en charge les représentations de métadonnées standards. Les métadonnées et les serveurs de métadonnées permettent aux utilisateurs d'intégrer des données provenant de sources, d'organisations et aux formats différents. Sur IHP-WINS, les métadonnées pour les données géographiques incluent la source des données, leur date de création, leur format, leur projection et des informations supplémentaires telles que la source, l'auteur, un résumé, une déclaration de qualité et un point de contact. Les métadonnées sur IHP-WINS s'appuient sur les métadonnées GeoNode 2.6. Les services permettent aux utilisateurs de créer un référentiel central de métadonnées en ligne qui facilite la publication et la recherche des métadonnées sur Internet.

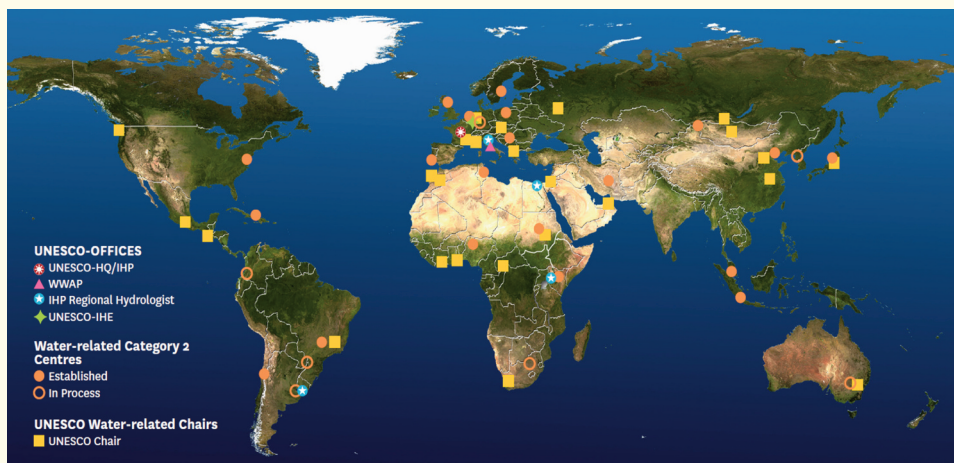


Figure 24: Le réseau famille de l'eau de l'UNESCO.

3.4 - Traitement des données, production d'informations et visualisation

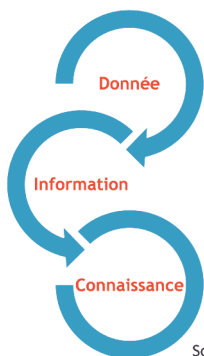
POINTS CLÉS

- Les jeux de données brutes doivent être traités et transformés en informations dans un format qui peut être compris et utilisé par les décideurs et répondre aux attentes des utilisateurs finaux.
- De nombreux outils, allant des tableaux de bord aux logiciels de modélisation, sont disponibles pour traiter les données.
- Les outils de traitement et la manière dont l'information est présentée doivent être adaptés aux besoins en utilisant un mode de visualisation et un support de communication appropriés.

3.4.1. Traitement et analyse des données sur l'eau

Si les données brutes ne sont pas traitées et présentées dans un format qui peut être compris et utilisé par les décideurs, alors l'accès aux données devient inutile même si celles-ci sont disponibles en grand nombre.

L'objectif principal d'une phase « traitement des données / production d'informations » est de transformer les données brutes en informations compréhensibles, correspondant aux besoins et au public ciblé.



Source : OIEau

- **Données** = Résultat direct d'une mesure, non interprétée ;
- **Information** = Jeu de données traitées, formatées et interprétées, auxquelles un sens est donné ;
- **Connaissance** = Résultat d'une réflexion sur l'information analysée.

La méthodologie standard liée à cette phase comprend généralement : [17]

- L'identification des besoins en information : une information pour qui, pour quoi, dans quel format ?, etc. ;
- L'identification de la façon de présenter l'information en fonction du support de communication ;
- Le contrôle de qualité des jeux de données disponibles et leur nettoyage : vérification de la cohérence, corrections éventuelles, etc. ;
- Le traitement des données et leur exploitation : calculs, référencement croisé, etc. ;
- L'analyse et l'interprétation des résultats ;
- La valorisation : formatage, attribution d'un sens, etc. ;
- La diffusion et la communication, etc.

Les catalogues de métadonnées aident à identifier les jeux de données existants et à vérifier si leurs caractéristiques correspondent aux besoins.

Un large éventail d'outils est disponible pour faciliter l'analyse et le traitement des données. Les différents types d'outils utilisés pour le traitement des données incluent :

- Les outils de gestion de tableaux ;
- Les outils de gestion de base de données ;
- Les Systèmes d'Informations Géographiques ;
- Les outils pour l'analyse statistiques des données, l'exploration de données (faire des prédictions et prendre des décisions concernant les données que vous avez à disposition) ;
- Les outils ETL (Extract-Transform-Load),
- Les outils de modélisation,
- etc.

Encart 16 : A propos de la modélisation des ressources en eau - Banque Mondiale [45]

Le livre numérique sur les données et les outils modernes pour la gestion intégrée des bassins (*Modern Data and Tools for Integrated Watershed Management e-book*), préparé par la Banque Mondiale [45] souligne que la modélisation est un moyen de simplifier les processus de la réalité pour mieux représenter l'état actuel des connaissances en termes de corrélation entre variables. Dans le contexte d'un bassin versant, la modélisation peut concerner plusieurs aspects tels que :

- **Bilan hydrique / modélisation hydrologique** : Explique les processus au niveau des éléments du cycle hydrologique d'un bassin versant en termes de précipitations, évaporation, transpiration, ruissellement en surface, infiltration, écoulement, etc. dans un bassin hydrographique vierge et influencé par des facteurs anthropiques, tels que stockage, pompage, utilisation, rejet, etc. ;
- **Modélisation hydraulique / hydrodynamique** : Ces outils de complexité variable permettent d'analyser les flux dans les canaux et les inondations ;
- **Modèles de qualité de l'eau** : Ces modèles aident à identifier les sources de divers polluants et explorent le devenir et le transport de ces polluants et leurs effets sur la qualité de l'eau des cours d'eau et des autres masses d'eau en aval ;
- **Modèles de limnologie** : ils explorent en détail le comportement des lacs ;
- **Modélisation de l'érosion** : Elle utilise généralement une version de l'équation universelle de perte de sol (Universal Soil Loss Equation – USLE) qui modélise l'érosion potentielle basée sur des informations telles que la topographie, les sols, les précipitations, la couverture du sol et la gestion des terres ;
- **Autre modélisation spécialisée** : La modélisation des bassins versants peut également inclure des modèles très spécialisés liés aux eaux souterraines / aquifères, aux systèmes énergétiques, à la modélisation économique spécialisée (par exemple la théorie des jeux), etc. ;
- **Modélisation des systèmes aquatiques** : Elle utilise généralement la simulation ou l'optimisation pour aller au-delà de simples « projets », tels que barrages, périmètres irrigués, centrales hydroélectriques, approvisionnement en eau, etc., et les explorer dans un contexte de systèmes interdépendants plus larges (p.ex. ligne de partage des eaux, sous-bassins, bassin, etc.). Certains modèles ne traitent que les aspects biophysiques, mais d'autres s'étendent aux aspects économiques, environnementaux et sociaux ;
- **Systèmes d'aide à la décision** : Il s'agit de démarches plus intégrées pour soutenir la planification des ressources en eau (planification des investissements dans les bassins hydrographiques, par exemple) ou l'exploitation de systèmes en temps réel (par exemple cascade de barrages, gestion des inondations). Il est essentiel de noter que ce ne sont pas des systèmes de prise de décision, mais qu'ils fournissent des informations pour aider à la prise de décision lorsque les parties prenantes concernées apportent les jugements de valeur sur des synergies et des compromis associés à différentes alternatives de prise de décision.

Etude de cas 16 : FREEWAT : Outils logiciels gratuits et open source pour la gestion des ressources en eau [9]

En partenariat avec 18 universités, centres et autres organismes, l'UNESCO-PHI participe au projet FREEWAT (<http://www.freewat.eu/>), un projet HORIZON 2020 financé par la Commission Européenne. Le projet adopte une approche participative novatrice rassemblant le personnel technique et les acteurs concernés, y compris les décideurs politiques, afin de concevoir des scénarii pour la bonne application des politiques conjointes de l'eau [46]

Le principal résultat de FREEWAT est un ensemble d'outils de modélisation intégrés à un SIG de source ouverte et libre (la plateforme FREEWAT) pour la simulation de la quantité et de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines avec un module intégré de gestion et de planification de l'eau. FREEWAT est un module composite pour QGIS, conçu comme un ensemble modulaire de différents outils, y compris pour l'analyse, l'interprétation et la visualisation des données hydrogéologiques et hydrochimiques et de qualité, pour la simulation de modèles liés au cycle hydrologique et à la gestion des ressources en eau ou pour la calibration du modèle.

Le consortium organise également des ateliers et des séminaires de renforcement des capacités. Jusqu'à présent, 890 personnes ont été formées à l'utilisation de la plateforme dans l'UE et 60 en Suisse, 100 dans les pays voisins (Ukraine et Turquie) et 80 autres en Afrique (Afrique du Sud, Namibie et Botswana).

Une nouvelle version du module FREEWAT (v.1.0) est disponible depuis le 17 octobre 2017, et peut être téléchargée, ainsi qu'un ensemble complet de manuels d'utilisation et de didacticiels mis à jour, en accédant à la page Logiciel -> Download area du site web FREEWAT.

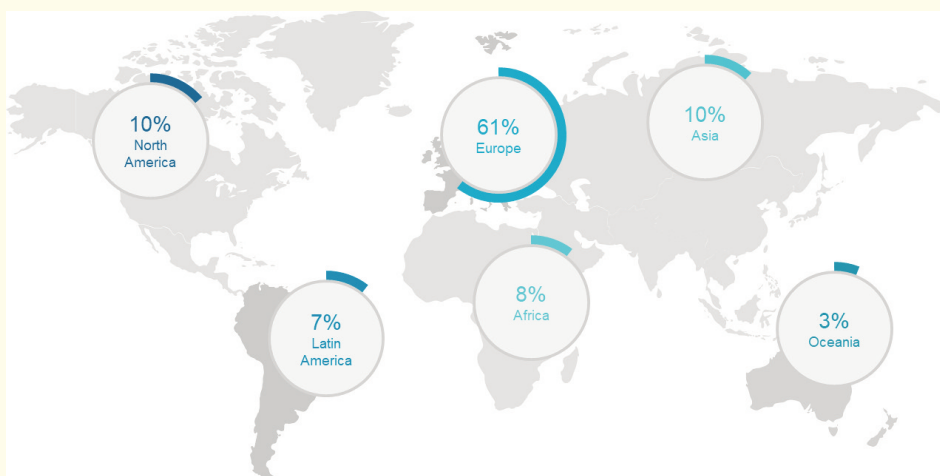


Figure 25 : Pourcentage de téléchargement de FREEWAT par continent.

3.4.2 Transformation des jeux de données en informations utiles et compréhensibles : tableaux de bord, indicateurs, cartes, graphiques, etc.

« Une image vaut mille mots », Confucius

Avec l'essor de la culture numérique et des technologies de l'information et de la communication, les jeux de données se sont multipliés mais sont parfois trop complexes pour être pleinement compris et partagés. Des méthodes appropriées permettant de visualiser et de présenter l'information doivent être adoptées pour rendre l'information facile à comprendre et adaptée à son public.

La visualisation des données est une représentation visuelle des données, qui peut prendre la forme d'un graphique, d'une carte, d'une chronologie, d'une hiérarchie, d'une vidéo, d'une animation, etc. Elle vise à rendre les chiffres faciles à comprendre, en utilisant des moyens créatifs et facilement compréhensibles. Combinant des fonctions simples et esthétiques, elle représente un puissant outil d'analyse et de communication. Elle peut aussi incorporer des capacités interactives, qui permettent aux utilisateurs d'explorer et de « jouer » avec les données.

Grâce à leur capacité à améliorer l'impact des données et à les rendre plus compréhensibles, les solutions de visualisation constituent un élément essentiel de la production de l'information. Les décideurs et les acteurs de l'eau peuvent ainsi facilement voir quels sont les éléments sur lesquels il est important de se concentrer et adapter leur politique en conséquence.

Les tableaux de bord, les indicateurs et les cartes sont les types les plus courants, comprenant une analyse avancée et des visualisations de données faciles à comprendre, qui aident les utilisateurs à voir les schémas, les tendances ou les corrélations non détectées dans et entre les données textuelles ou numériques.

Lorsqu'on fournit un Système d'Information sur l'Eau avec un outil de visualisation de données, il faut s'assurer de sa bonne qualité, essentielle à la durabilité du système. La qualité des données est essentielle, car si les utilisateurs réalisent qu'ils ne peuvent pas faire confiance aux données pour les aider à prendre des décisions, ils peuvent cesser d'utiliser l'outil [47]. Cependant, la qualité de la visualisation des données doit également être prise en compte. Présenter l'information en utilisant le mauvais type de visualisation se traduira par une représentation trompeuse et des résultats qui peuvent entraver une prise de décision judicieuse. La manière la plus appropriée de présenter l'information doit être choisie après une réflexion sur : (I) la compréhension des données et de leur composition, (II) la fonction des données et l'information qui doit être transmise au public, (III) comment les observateurs naviguent et interagissent avec les données [48].

Les principaux types de présentation comprennent :

- **Les Indicateurs et les tableaux de bord** : Un indicateur peut être composé de données brutes ou élaborées. Il comprend des informations concises, destinées à un usage particulier (par exemple le suivi des politiques publiques). Les indicateurs peuvent être présentés sous forme de graphiques et peuvent être regroupés dans un tableau de bord.
- **Les cartes** font partie des formats de communication les plus courants dans le secteur de l'eau : produites à l'aide de SIG, elles montrent clairement la répartition géographique des différents phénomènes à analyser.
- **Les chiffres clés** sont également utiles pour la communication. Ils sont obtenus par le traitement des jeux de données ou par l'analyse du contenu des documents et du site Web. L'objectif est de rendre les chiffres compréhensibles pour autant de personnes que possible.
- **Les documents récapitulatifs** permettent aux débutants d'en savoir plus sur un sujet et aux professionnels de mettre à jour leurs connaissances.
- **Les bulletins d'information** sont également très utiles pour fournir des informations régulières sur des sujets spécifiques.



Figure 26 : Exemples de publication sur le prix de l'eau en France.

3.5 - Diffusion de l'information / partage des connaissances

POINTS CLÉS

- De nombreux canaux et outils numériques peuvent être utilisés pour la diffusion de l'information en complément de la diffusion de l'information sur papier.
- Il est recommandé de définir une stratégie de communication adaptée aux besoins et utiliser les outils appropriés.

3.5.1 Les outils et méthodes de diffusion de l'information

De nombreux canaux et supports d'information peuvent être utilisés pour diffuser et partager les connaissances.

Les médias à utiliser et les modes de représentation varient en fonction du public cible et du type d'information à diffuser.

Relayer une information fiable correspondant aux besoins du public, implique de définir une stratégie appropriée.

Certains outils de diffusion de l'information numérique sont décrits ci-dessous, tout en gardant à l'esprit que, dans de nombreux cas, la complémentarité doit être assurée avec la diffusion de l'information sur papier.

Portail Web / Site Web

Une fois collectés, vérifiés et stockés, les jeux de données et les informations peuvent être diffusés sur des portails ou des sites Web.

Les portails Web sont utiles pour coordonner les communautés d'acteurs en mutualisant et en diffusant les connaissances (par exemple pour centraliser les données sur les plans de gestion des sous-bassins et les contrats de milieux, publier des nouvelles sur la gestion de l'eau et des bulletins, fournir des documents) ; rassembler, partager et mettre en lumière des expériences (fora, dossiers, chapitres thématiques) ; soutenir les acteurs et aider à renforcer les compétences (diffusion de guides et d'études, organisation de vidéoconférences).

Les portails ou sites web adoptent généralement les principes de la conception adaptative (responsive design), offrant aux visiteurs une consultation confortable quel que soit le support utilisé (smartphone, tablette ou ordinateur). Couplé à un moteur de recherche efficace, l'accès aux ressources en est facilité. L'ajout de cartes interactives peut également faciliter l'accès et le partage d'informations, d'expériences et les recherches géographiques pour des actions locales et internationales.

Applications Smartphone

Les applications Smartphone sont très populaires, même dans le domaine de l'eau. Les applications libres permettent d'identifier différentes cibles nécessitant réactivité et interactivité. Les applications Smartphone peuvent transmettre des données géo-localisées, qui mettent les informations à portée de main des utilisateurs.

Livre numérique

La diffusion liée aux outils documentaires a également beaucoup changé au fil des ans. Dans un premier temps, des documents techniques relatifs à la connaissance des enjeux actuels de l'eau (changement climatique, gestion intégrée des eaux côtières, hydromorphologie, etc.) ont été publiés puis promus.

Grâce à la recherche et aux innovations technologiques, les portails internationaux de documentation sur l'eau comme « Eaudoc » (www.oieau.fr/eadoc) incluent désormais des moteurs de recherche intuitifs, une interface documentaire simple d'utilisation et un contenu varié.

En parallèle, des livres numériques enrichis permettent de traiter un sujet de manière pédagogique et interactive (par exemple sur les plans de gestion des sous-bassins, disponibles en ligne sur <http://www.oieau.fr/eadoc/ebooks/sage/>). Ce type de support va au-delà de la lecture linéaire, grâce à la possibilité d'accéder à tous les sujets de chaque page et de relier différentes pages. Les pages sont organisées de manière à rendre les informations importantes directement accessibles ; les utilisateurs peuvent alors trouver plus de détails en interagissant avec divers médias, par exemple l'ouverture dynamique de blocs de texte, de vidéos, d'enregistrements audio, de cartes et de diaporamas.

Réseaux sociaux

Alors que les portails, les sites Web et les applications servent à présenter des projets, les réseaux sociaux jouent également un rôle important dans la diffusion de l'information.

Les réseaux sociaux contribuent notamment à amener les internautes sur un site internet, à relayer les opérations de communication, à publier des informations, à renforcer efficacement l'indexation, etc. Ces réseaux sont des outils intéressants pour établir des contacts privilégiés avec les internautes, créer une communauté et sensibiliser un public plus large qui ne visitera probablement pas en premier lieu un site Web.

Plus important encore, publier des informations sur les réseaux sociaux peut être un moyen de mieux transmettre les informations. A titre d'exemple, pour relayer efficacement les messages sur le web, l'OIEau utilise plusieurs médias sociaux (Twitter, Facebook, LinkedIn, Youtube, Pinterest) qui ont leurs propres caractéristiques (promotion de vidéos, d'images, etc.).

3.5.2 Etudes de cas

Etude de cas 17: Ma Cons'eau [17]

« Ma Cons'eau » est une application gratuite, qui vous permet d'estimer votre consommation d'eau et l'impact des économies d'eau sur votre facture.

En répondant à une série de questions simples, Ma Cons'eau évalue votre consommation annuelle.

Le montant estimatif de votre facture d'eau est calculé en fonction du prix de l'eau dans votre commune.

Votre commune est déterminée par géolocalisation ou en choisissant parmi la liste des communes françaises.

Le prix est déterminé en :

- identifiant sur Internet le prix pratiqué dans votre ville ;
- ou bien le prix moyen en France si le prix pratiqué dans votre ville n'est pas trouvé ;
- ou bien le prix indiqué sur votre facture que vous entrez dans l'application.

Enfin, des conseils sont donnés pour réduire la consommation par poste de dépense, avec une évaluation de l'impact sur la facture globale.

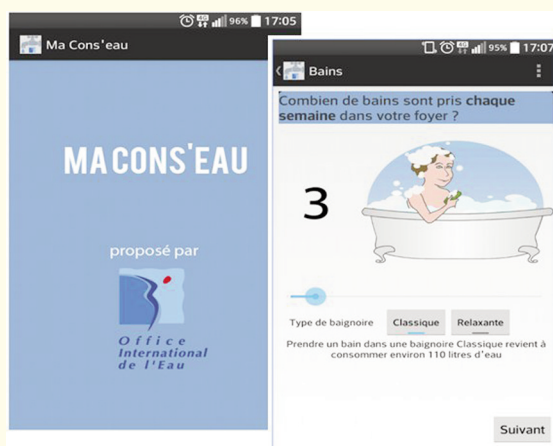


Figure 27 : L'application Ma Cons'eau.

Etude de cas 18 : La plateforme du Système d'Information et Réseau sur l'Eau (IHP-WINS) [49]

Le PHI de l'UNESCO est à l'origine du Système d'Information et Réseau sur l'Eau (IHP-WINS) lancé en janvier 2017 [49]. Cette plateforme en ligne (disponible à l'adresse: <http://ihp-wins.unesco.org/>) permet d'incorporer des données géospatiales sur les ressources en eau dans une base de données participative, collaborative et en accès libre, pour favoriser le partage des connaissances et l'accès à l'information. Le PHI-UNESCO met gratuitement l'IHP-WINS à la disposition des États Membres, des acteurs de l'eau et des partenaires pour faciliter l'accès à l'information et encourager les contributeurs à partager leurs données sur l'eau. Grâce à ces contributions, la plateforme s'enrichit continuellement avec des données spatiales et des documents provenant de diverses sources. Une variété de données spatiales est partagée et accessible sur la plateforme : l'échelle varie du niveau mondial au niveau très local, l'information peut être quantitative ou qualitative, et des fichiers sous format matriciel et vectoriel sont disponibles. De plus, comme la plateforme est ouverte à une variété de contributeurs, l'information couvre un large éventail de sujets liés à l'eau, allant de la qualité au risque et au genre. Les utilisateurs peuvent combiner ces informations pour créer des cartes adaptées à leurs besoins.

La transparence et le respect de l'auteur sont assurés. Toutes les informations peuvent être associées à des métadonnées dans un format normalisé à partir d'un identifiant d'objet numérique

(DOI: 10.29104). Cela permet d'identifier avec précision et d'établir la paternité de toutes les contributions, et facilite le partage ultérieur.

La collaboration interdisciplinaire, la mise en place d'un réseau professionnel et le tutorat sont également stimulés par des groupes de travail permettant aux utilisateurs d'échanger et de donner leur avis sur les travaux en cours. Cette implication et cette participation contribuent à la création d'une communauté en ligne. En rassemblant des connaissances globales et inclusives sur l'eau et en facilitant la collaboration interdisciplinaire, l'IHP-WINS vise globalement à soutenir les États Membres et les acteurs de la gestion des ressources.

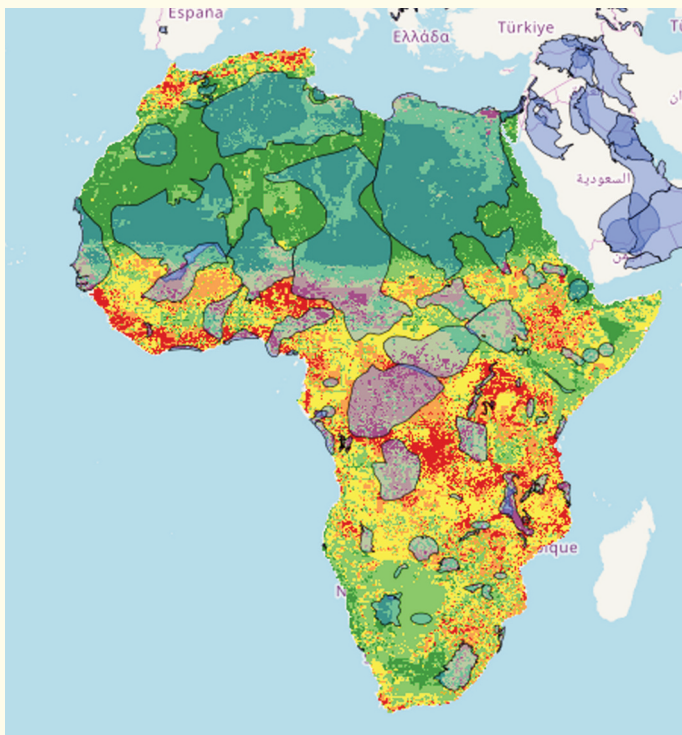


Figure 28 : Carte IHP-WINS superposant les aquifères transfrontaliers aux données sur les risques de pollution des eaux souterraines.

La plateforme contribuera également à combler l'écart entre le Nord et le Sud en termes d'accès aux connaissances. L'initiative contribue au suivi du monitoring et de la mise en œuvre des cibles de l'objectif de développement durable N° 6 (ODD 6) et à d'autres objectifs liés à l'eau.

Etude de cas 19 : France/ Gest'eau [17]

En France, le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un outil de planification établi par la Loi sur l'Eau de 1992, qui vise à une gestion équilibrée et durable des ressources en eau. Il s'agit d'une déclinaison locale du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), qui définit les orientations fondamentales de la politique de l'eau dans les grands bassins français.

Le SAGE établit, coordonne et hiérarchise les objectifs généraux d'utilisation et de protection des ressources en eau, en tenant compte des spécificités du territoire. Il détermine les priorités d'action, identifie les ressources nécessaires et établit des règles de partage pour les utilisations. Basé sur une démarche volontaire, cet outil s'est avéré efficace pour répondre localement aux objectifs de la Directive-Cadre sur l'Eau (DCE), l'objectif de bon état des masses d'eau en particulier.

Afin de promouvoir une gestion équilibrée et durable des ressources en eau et des milieux aquatiques et de fédérer les acteurs, l'OIEau est chargé d'animer le réseau des acteurs des SAGE et des contrats de milieux. L'objectif est de répondre aux besoins des acteurs locaux en tenant compte des priorités nationales de la politique de l'eau et de ses liens avec la politique sur la biodiversité, la directive inondation, de son intégration dans les politiques d'aménagement du territoire et de développement économique, ainsi que sa part dans la réforme territoriale.

Depuis 2002, l'OIEau anime le réseau des acteurs de la gestion locale de l'eau, notamment via **Gest'eau**, en mutualisant et en diffusant les connaissances, en collectant, partageant et enrichissant les expériences, en accompagnant les acteurs et en renforçant les capacités.

4 - Principaux domaines d'application

PRINCIPAUX POINTS CLÉS

- Il existe différentes formes de Systèmes d'Information sur l'Eau (SIE) en fonction de leur domaine d'application : GIRE, adaptation au changement climatique, gestion des inondations ou des sécheresses, gestion sectorielle, etc.
- Quel que soit le domaine d'application, un SIE moderne et intégré doit organiser l'accès aux données à travers différentes sources de données, ce qui nécessite une coordination / coopération interinstitutionnelle entre les parties prenantes.
- Les Systèmes d'Information sur l'Eau comportent des fonctionnalités diverses selon le domaine d'application.

4.1 - Systèmes intégrés d'information sur l'eau pour la GIRE et la planification au niveau d'un bassin et au niveau national

POINTS CLÉS

- La mise en œuvre de la GIRE requiert de pouvoir accéder à de multiples jeux de données produits par divers organismes.
- Les jeux de données disponibles sont d'abord soumis à un contrôle qualité (métadonnées) puis utilisés pour l'élaboration des cartes et indicateurs qui s'avèrent nécessaires notamment pour la caractérisation des bassins, la définition des programmes de mesure et le suivi des actions.
- Les divers acteurs impliqués doivent avoir accès aux données et aux informations de manière à répondre à leurs besoins propres, ceci au travers de systèmes intégrés d'information sur l'eau au niveau national ou d'un bassin.

4.1.1 Enjeux et besoins en données et informations pour la GIRE

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) requiert la mise en commun de données diverses pour développer et partager les connaissances, travailler ensemble et établir un certain degré de transversalité entre les acteurs. Une bonne connaissance des ressources en eau est une priorité. Elle est ensuite à combiner avec des données sur les infrastructures, les usages ainsi qu'avec des données socio-économiques (population, utilisation des terres, activités agricoles, etc.), pour identifier l'impact des activités humaines et les pressions sur les ressources en eau.

L'absence de données exhaustives ou le simple manque de données ne doivent pas retarder l'action. Comme elles sont rarement disponibles en totalité à l'échelle du bassin, les données peuvent être collectées au niveau de la plus petite unité administrative pour permettre ensuite leur traitement à l'échelle du sous bassin, et estimer les tendances sur une longue période.

Pour caractériser un bassin hydrographique, les principales données concernent en particulier les aspects suivants :

- Contexte : topographie (pentes, relief) ; géologie ; utilisation des terres ;
- Ressources : limites des bassins versants ; hydrographie (cours d'eau, canaux, plans d'eau, estuaires, eaux côtières, zones humides) ; extension et types d'aquifères ;

- Points de surveillance et résultats du monitoring (précipitations, débits des cours d'eau, niveau des plans d'eau, qualité de l'eau, niveau des eaux souterraines) ;
- Limites administratives ;
- Pressions : répartition de la population; distribution, type, besoins et rejets des activités industrielles, minières et artisanales ; gestion des eaux usées ; centrales hydroélectriques ; répartition et typologie des activités agricoles (irrigation, cultures, élevage, fertilisation, protection des plantes) ;
- Dangers et risques : utilisations sensibles (prélèvements pour l'eau potable, l'aquaculture, la baignade) ; zones inondables ; zones protégées ; distribution et typologie des maladies transmissibles par l'eau.

Les données sont généralement présentées sur des cartes thématiques afin de fournir une vision stratégique, originale et significative à l'échelle du bassin. Ces cartes doivent donner une idée du territoire hydrographique. Les cartes sont également utiles pour enregistrer les visions et les perceptions des parties prenantes. Ces éléments subjectifs doivent être comparés à des éléments objectifs issus de diagnostics et d'enquêtes spécifiques.

Encart 17 : Grands principes de la GIRE

Pour s'assurer que la GIRE est efficace et bénéfique pour tous les utilisateurs, il est recommandé de la développer autour des 6 principes ci-après :

- ① La gestion des ressources en eau doit être organisée et discutée au niveau géographique afin de déterminer si les problèmes se posent au niveau du bassin local, national ou transfrontalier, de la rivière, du lac ou de l'aquifère ;
- ② **Elle doit se fonder sur des systèmes d'information intégrés définissant les ressources et leurs utilisations, la pression des polluants, les écosystèmes et leur fonctionnement, l'identification des risques et le suivi des tendances. Ces systèmes d'information doivent constituer une base objective pour la discussion, la négociation, la prise de décision et l'évaluation des actions, ainsi que pour la coordination des financements provenant de différentes sources ;**
- ③ Elle doit s'élaborer autour de plans de gestion ou de schémas directeurs, fixant les objectifs à moyen et long termes et façonnant une vision commune de l'avenir ;
- ④ Elle doit prévoir des programmes de mesures et d'investissements successifs, pluriannuels et hiérarchisés, en fonction des ressources financières disponibles ;
- ⑤ Elle doit mobiliser des fonds spécifiques, en particulier sur la base de l'application du principe « pollueur-payeur » et du système « utilisateur-payeur » ;
- ⑥ Elle doit permettre la participation au processus de prise de décisions des autorités locales concernées, des représentants des différentes catégories d'usagers et des associations de protection de l'environnement ou des personnes travaillant dans l'intérêt public, aux côtés des services gouvernementaux compétents. Par un processus de discussion et de consensus, cette participation garantira l'acceptabilité sociale et économique des décisions prises, tenant compte des besoins réels, du niveau d'acceptabilité et de la capacité de contribution des acteurs sociaux et économiques. La décentralisation est la clé de l'efficacité de la politique de l'eau.

Cette comparaison conduit à la production d'ordres de grandeur adaptés à chaque contexte local. Cette connaissance peut être utile pour vérifier, améliorer, comparer et critiquer (par exemple, les flux spécifiques, les apports d'engrais par hectare, la densité de population, le flux de pollution théorique par unité de surface, la concentration spécifique, etc.).

L'exploitation complexe des données (la modélisation par exemple) peut d'abord être difficile à appréhender par les décideurs et acteurs, intimidés par une information comprise uniquement par les experts. Il est ainsi nécessaire de renforcer l'appropriation et d'impliquer les acteurs dans le processus de modélisation.

Le partage des données multisectorielles est une étape indispensable de la GIRE. Elle permet d'identifier les acteurs concernés à différents degrés par les ressources en eau, et d'initier le dialogue, l'échange et la coordination.

De nombreux acteurs considèrent qu'il est plus économique de partager gratuitement les données sur l'eau que de les vendre.

Les données d'évaluation aident à guider les actions, à communiquer sur les résultats, à tester la stratégie et à contrôler la conformité aux règles et aux normes.

Ces données d'évaluation doivent être robustes car elles peuvent être utilisées pour des investissements majeurs en fonction des objectifs du plan de gestion de bassin. Par exemple, la sélection du soumissionnaire le moins disant pour les indicateurs biologiques peut s'avérer très coûteuse à terme.

4.1.2 Etudes de cas

Etude de cas 20 : Système australien d'information sur les ressources en eau (AWRIS) [8]

En Australie, le Bureau de la Météorologie est chargé de la collecte, de la conservation, de la gestion, de l'interprétation et de la diffusion des informations sur l'eau. Compte tenu de son mandat, le Bureau a élaboré le **Système australien d'information sur les ressources en eau (AWRIS)** pour recevoir et gérer les données sur l'eau et les informations connexes, et pour soutenir la production et la diffusion de divers produits et services d'information sur l'eau. AWRIS est conçu sur la base d'une architecture conventionnelle « d'entrepôt de données ». Il dispose d'un « écosystème » formé de composants interdépendants fournissant aux gestionnaires de l'industrie, aux décideurs, aux scientifiques, aux agriculteurs et au grand public, des services et des produits d'information sur l'eau à l'échelle de l'Australie. AWRIS peut traiter quotidiennement plus de 15 000 données sur l'eau et des fichiers de métadonnées provenant de 178 fournisseurs de données sur l'eau de toute l'Australie. Le système intègre les fichiers entrants, valide et incorpore les données dans l'entrepôt de données d'AWRIS. L'entrepôt contient plus de 4 milliards d'observations (en croissance d'environ 500 millions par an), y compris les flux, les stockages, les droits de l'eau et les informations sur les marchés. Une console de flux de données fournit une gamme de fonctions de gestion pour contrôler et surveiller le flux de fichiers à travers le système.

La composante gestion des séries chronologiques contient toutes les données permettant aux clients d'avoir un accès en ligne, le contrôle de qualité, ainsi que des informations sur les silos de données (Data Marts) en aval et sur le produit « données sur l'eau en ligne » (Water Data Online). Les silos de données permettent des visualisations de données structurées qui, avec les services cartographiques (Web Map Services), permettent d'utiliser des tableaux de bord pour les produits en ligne, de stockage et du marché de l'eau, ainsi qu'un site Web alphanumérique.

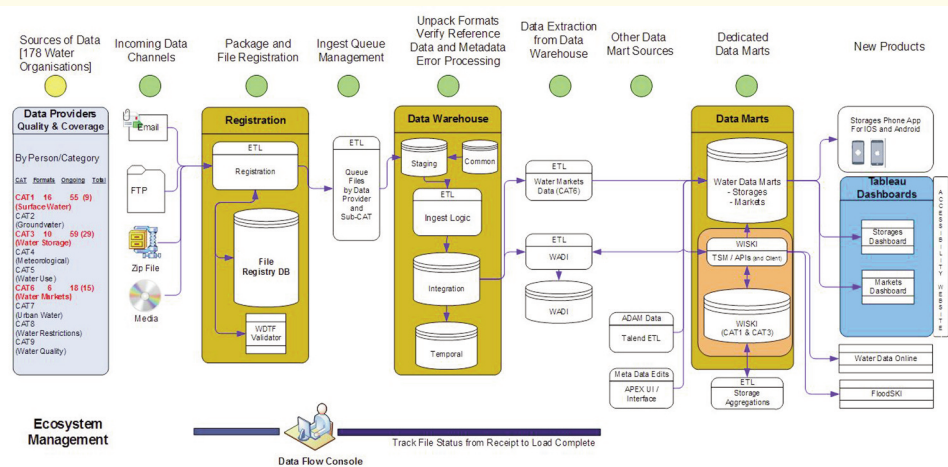


Figure 29 : Le système AWRIS.

Etude de cas 21 : Le Système d'Information sur l'Eau du Laos (LaoWIS) [50]

LaoWIS est le premier Système d'Information sur l'Eau (SIE) du Laos, développé par le Département des Ressources en Eau du Ministère des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DWR-MoNRE) avec le soutien de l'assistance technique française. La base de données sur l'eau LaoWIS vise à élaborer des outils et des scénarii de partage de données utiles à la GIRE entre les producteurs / gestionnaires / utilisateurs de données. La loi révisée sur l'eau et les ressources en eau (2017) introduit, pour la première fois, le concept de « Système national d'information et de données sur l'eau et les ressources en eau ». Elle précise que le MoNRE est responsable de la collecte et de la compilation des données, de la mise en place du système national de données et d'informations ainsi que de l'utilisation et de l'approvisionnement en eau en liaison avec le Centre National d'Informations Statistiques et avec les ministères et administrations locales concernés.

LaoWIS est géré par l'équipe de gestion des données du DWR-MoNRE ; leur premier projet a consisté à recueillir les principaux jeux de données auprès des sept divisions du DWR-MoNRE et à les intégrer dans la base de données. Avec les données disponibles, l'équipe a commencé à élaborer des outils de partage des informations sur leur portail web, tels que le service de cartographie web, des rapports sur l'état de l'eau au Laos et une galerie d'atlas de bassins. Conformément aux mandats du DWR-MoNRE, le plan à court terme consiste à développer un outil d'évaluation de l'eau en ligne et à renforcer l'échange de données avec :

- Les agences en ligne au niveau provincial - PoNRE (en commençant par 3 provinces) ;
- Le Département de Météorologie et d'Hydrologie (DMH-MoNRE), qui produit des données météorologiques et hydrologiques au niveau national.

Compte tenu du grand nombre de barrages au Laos, la prochaine étape consistera à ajouter des données du secteur de l'énergie dans ce processus de partage, notamment pour obtenir des informations sur les lâchers de barrages afin de renforcer les connaissances sur l'allocation de l'eau. Un processus de partage pourrait être développé avec le Ministère de l'Énergie et des Mines (MEM), qui dispose d'informations sur les barrages.

Figure 30 : Quelques fonctionnalités disponibles sur le portail LaoWIS.

Etude de cas 22 : Le Système français d'Information sur l'Eau (SIE) [14]

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB), créée par la loi du 8 août 2016 et le décret du 26 décembre 2016, est opérationnelle depuis le 1er janvier 2017. En France métropolitaine et d'outre-mer, l'agence contribue à la préservation, à la gestion et à la restauration des biodiversités terrestres, aquatiques et marines, à l'amélioration des connaissances des ressources, des usages et des services écosystémiques liés à la biodiversité, à la gestion équilibrée et durable de l'eau, et à la lutte contre le biopiratage. L'établissement de données fiables et partagées est un défi majeur de ces missions.

L'AFB assure la coordination technique du Système d'Information sur l'Eau, les milieux aquatiques et les services publics d'eau et d'assainissement. Avec ses partenaires et ses services territoriaux, elle conçoit et met en œuvre des systèmes d'observation et d'évaluation des milieux terrestres, marins et aquatiques et de leurs usages. Elle est également responsable de la coordination technique du système d'information sur la biodiversité, y compris le Système d'Information sur l'Eau (SIE), le Système d'information sur la Nature et les Paysages et le Système d'Information sur le Milieu Marin. Elle assure leur cohérence et travaille à promouvoir le partage et la diffusion des données et des indicateurs, notamment via les services d'information Eaufrance et Naturefrance.

En France, le Système d'Information sur l'Eau a pour objectif la collecte, la conservation et la diffusion de données et d'indicateurs sur l'eau, les milieux aquatiques, leurs usages et les services publics de distribution d'eau et d'assainissement. Il relève du Système National des Données sur l'Eau (SNDE). Le SNDE est complété par des documents techniques, dont certains sont produits par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE), qui doivent être respectés par tous les contributeurs du SIE conformément au décret n° 2009-1543 du 11 décembre 2009. L'Etat établit les éléments du référentiel de données, qui doivent être utilisés pour se conformer aux règlements, et aux conditions de leur utilisation.

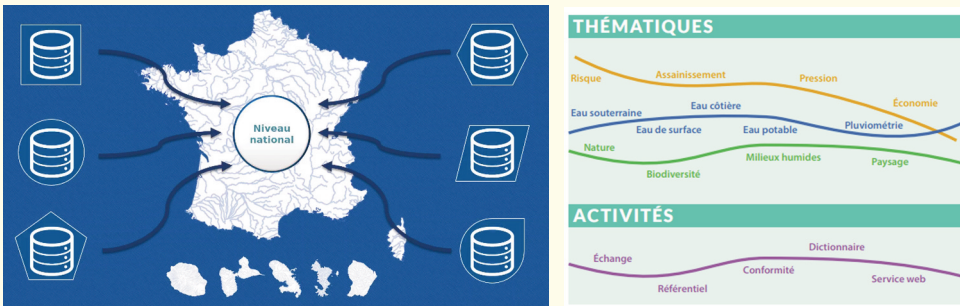


Figure 31 : Thèmes du Système Français d'Information sur l'Eau.

Le SIE comprend :

- Des données de référence ;
- Les données produites par l'observation et par d'autres dispositifs environnementaux (enquêtes, déclarations, rapports, actes administratifs, etc.) ;
- Des données élaborées.

Etude de cas 23 : Réalisation d'un Système d'Information sur l'Eau - Commission de Conservation de l'Eau de la Rivière Hai (HWCC), Ministère chinois des Ressources en Eau [51]

Au cours des dernières années, suite à la demande du gouvernement chinois de promouvoir la préservation des ressources en eau par l'informatisation, l'autorité de l'eau responsable du bassin de la rivière Hai, la « Hai River Water Conservancy Commission » (www.hwcc.gov.cn) a développé un système intégré d'information sur l'eau constitué d'une infrastructure, d'un système d'application et d'un environnement favorable au développement du système. Ce système fournit un soutien technique important à la gestion des inondations et des sécheresses et à la gestion des ressources en eau dans le bassin de la rivière Hai.

Service	Domaine d'application
Lutte contre les inondations et les sécheresses	Prévision des inondations, réglementation, évaluation, gestion des sécheresses, opérations d'ingénierie, carte des risques d'inondation, etc.
Gestion des ressources en eau	Services d'information sur les ressources en eau, gestion des situations d'urgence, réglementation, prise de décisions, informations de télédétection, contrôle de l'application de la loi, etc.
Hydrologie	Enquêtes et gestion des informations sur la pluviométrie, système d'information pour la surveillance et le rapportage, etc.
Conservation des eaux et des sols	Système de gestion des données sur la surveillance et la conservation des eaux et des sols
Préservation des eaux en milieu rural	Système de gestion de la préservation de l'eau en milieu rural
Science et Technologie	Science de la préservation des ressources en eau et système de partage de la technologie

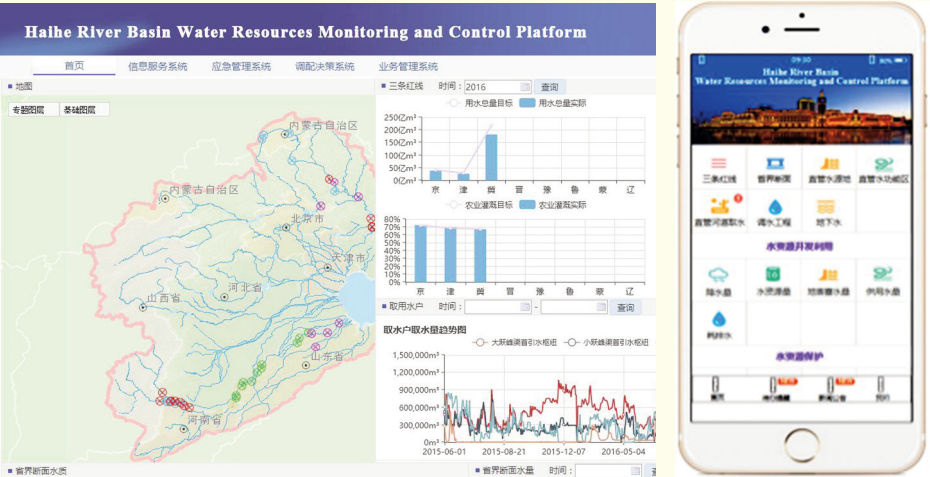


Figure 32 : Plateforme de surveillance et de contrôle des ressources en eau du bassin de la rivière Hai et application.

Etude de cas 23 : suite

Dans une prochaine étape, la HWCC prévoit d'introduire un nouveau concept d'informatisation et d'utiliser la technologie pour intégrer l'information, améliorer les réseaux, construire un centre de données et unifier son portail. Elle tentera de construire sa plateforme de gestion intégrée de la conservation de l'eau, incluant notamment « un réseau, une carte, un centre et un portail ».



Figure 33 :
Le compte public Wechat sur la conservation de l'eau de la rivière Hai.

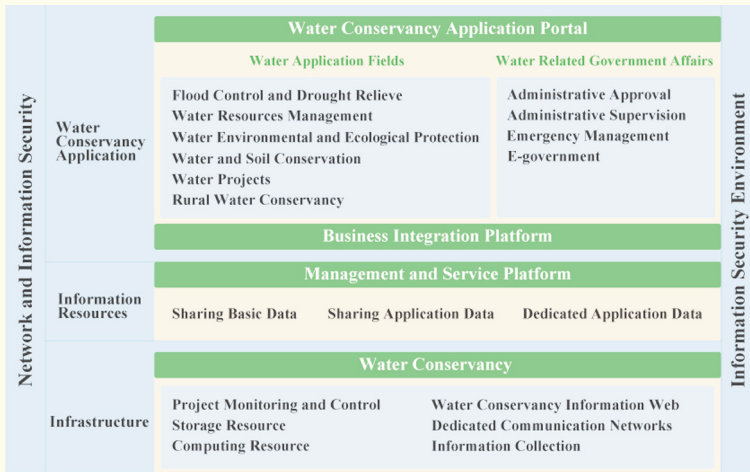


Figure 34 :
Tableau principal du développement d'informatisations sur la conservation des ressources en eau au sein du HWCC.

Etude de cas 24 : Evaluation des ressources en eau (WRA) [21]

L'OMM met en œuvre un projet d'évaluation des ressources en eau (WRA).

L'évaluation des ressources en eau ne se limite pas à un simple bilan hydrique, elle nécessite une approche dynamique de la variabilité spatiale et temporelle des ressources, des demandes et des pressions imposées par diverses exigences sociétales (approvisionnement en eau, industrie, agriculture, protection de l'environnement, etc.).

La WRA doit appuyer la fourniture d'informations et de données aux décideurs, afin qu'ils puissent mettre en œuvre des politiques basées sur des faits et des preuves pour la planification à long terme et pour répondre aux urgences à court terme, en se basant sur la connaissance de l'état et des tendances de la ressource.

La WRA doit également être flexible et adaptable pour prendre en compte le contexte social, économique et environnemental, les compétences et ressources (humaines et financières) des acteurs (notamment ceux impliqués dans le suivi des données et la génération d'informations) ainsi que la disponibilité et la qualité des données. Il est donc important qu'ils utilisent de vastes processus consultatifs impliquant à la fois les utilisateurs et les fournisseurs d'informations pour définir leurs exigences et dans quelle mesure ils seront satisfaits.

Pour étayer cette large interprétation du concept de la WRA, il faut définir toute la chaîne de valeurs, de la surveillance au développement de produits en passant par la diffusion de l'information. En particulier, les documents d'orientation et réglementaires de l'OMM se réfèrent à des normes et à des pratiques recommandées, concernant plusieurs composantes du processus WRA, et les lacunes restantes sont comblées grâce à l'élaboration de matériels pertinents.

Etude de cas 25 : Mexique/ Système National d'Information sur l'Eau (SINA) [52]

Le SINA est le système institutionnel qui au Mexique intègre et met à la disposition du grand public la plus grande quantité d'informations statistiques et géographiques pertinentes sur le secteur de l'eau. C'est un système intuitif, utilisant un langage courant. Il peut être consulté via Internet par ordinateur personnel ou tout appareil mobile utilisant des navigateurs classiques, et permet de télécharger des informations, des rapports et des graphiques en format Excel et PDF. Il présente 492 cartes thématiques disponibles en téléchargement au format « shape file » (shp).

Le système comprend des personnes ressources, des données, des informations, du matériel et des moyens informatiques, accessible via la plateforme de consultation internet appelée SINA. C'est un système statistique et géographique comportant 42 thèmes organisés en trois axes (environnemental, économique et social) ; il dispose d'un module de fiches techniques, utilisant l'outil de visualisation géographique Geosina, un glossaire de termes, des liens vers des publications générées grâce au système d'information, des liens vers des visualisations du niveau quotidien des barrages, et vers des sites d'intérêt tels que les services WMS ainsi que les réseaux sociaux. Les informations présentées sur les cartes, tableaux et graphiques peuvent être téléchargées gratuitement.

Le SINA est un système statistique et géographique innovant puisqu'il intègre et publie des informations pertinentes sur le secteur de l'eau, avec une interface de consultation, une navigation intuitive, un accès public et des informations facilement compréhensibles pour le grand public, les universitaires et les spécialistes du domaine. Les informations peuvent être consultées et téléchargées dans différents formats (PDF, Excel et shp). C'est un outil très utile pour répondre rapidement aux demandes d'informations qui arrivent de différentes sources, y compris de l'Institut National de la Transparence, de l'Accès à l'Information et de la Protection des Données Personnelles (INAI).

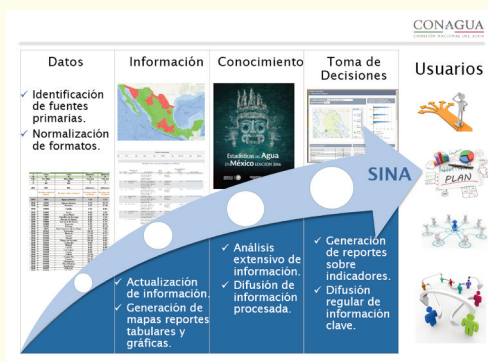


Figure 35: Fonctions principales du SINA

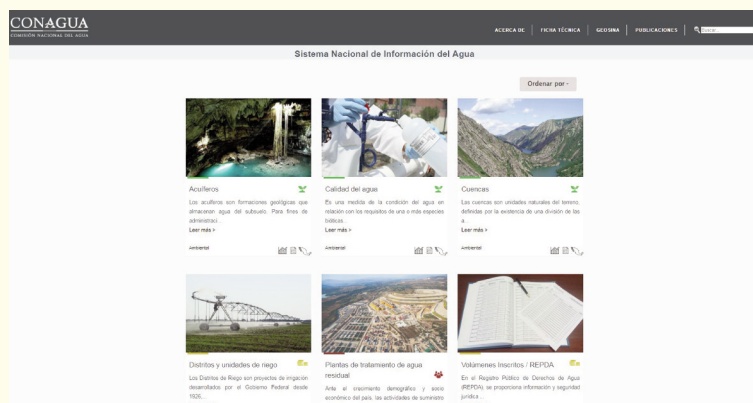


Figure 36: Page d'accueil du SINA <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>

Etude de cas 26 : Vers une gestion intégrée des connaissances sur l'eau au Québec : le cas du portail des connaissances sur l'eau [53]

Au Québec, une grande quantité de données, d'informations et de connaissances reliées à l'eau et aux écosystèmes aquatiques sont produites et accumulées par divers intervenants gouvernementaux et non gouvernementaux. Cette connaissance, bien qu'appréciable, est disséminée dans ces divers organismes. De plus, elle n'est pas nécessairement disponible et suffisante pour soutenir les besoins d'information que requiert une saine gouvernance de l'eau. Le Bureau des connaissances sur l'eau a alors été créé pour répondre à cet objectif et s'assurer que des efforts seront faits pour gérer de manière plus efficace et efficiente les connaissances sur l'eau. Ses mandats sont définis dans la Loi sur l'Eau affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection.

L'un des premiers engagements du Bureau des connaissances sur l'eau est de créer un Portail des Connaissances sur l'Eau (PCE). Son principal objectif est de soutenir les acteurs de l'eau dans la réalisation de leurs mandats en lien avec la GIRE en offrant un accès intégré, rapide et transparent aux connaissances sur l'eau tout en favorisant leur circulation, notamment par le biais de services de partage et d'outils de travail collaboratifs.

Le PCE inclura une plateforme collaborative ainsi qu'un système de gestion de l'information géographique. Il offrira différents services et fonctionnalités, dont :

- Un site commun où il sera possible de partager et de rechercher des connaissances et des expertises ;
- Des sites de collaboration sécurisés avec différents niveaux d'accessibilité ;
- Des services de création de blogue, forum, wiki, etc. ;
- La création de couches à travers des possibilités d'extraction par traitement géographique ;
- Le développement d'outils d'exploitation géographique.



A terme, la public ciblé regroupera plusieurs ministères et organismes du gouvernement du Québec et du Canada, des organismes non gouvernementaux (ONG), le milieu de la recherche, le milieu municipal et autochtone, ainsi que des regroupements de citoyens reconnus comme acteurs de l'eau. Le Portail des connaissances sur l'eau doit être mis en ligne au printemps 2018.

Etude de cas 27 : Equateur / des informations pour encourager la participation [54]**# Conseil de bassin et gestion intégrée des données sur les ressources en eau : une forte complémentarité**

Le Secrétariat de l'Eau (SENAGUA), l'instance de gouvernance des ressources en eau en Equateur, est chargé d'élaborer le Registre Public de l'Eau, défini par la loi organique du 6 août 2014.

Conformément aux dispositions de la même loi, les mesures nécessaires sont prises pour définir les principaux travaux des conseils de bassin sur tout le territoire équatorien, à l'échelle des 37 unités locales de planification hydrographique (UPHL) et des 9 Districts Hydrographiques (DH).

Les convergences entre ces deux axes clés de la gestion intégrée des ressources en eau, qui relient les systèmes d'information à la participation des usagers au sein des conseils de bassin, sont au cœur de la démarche de la SENAGUA. Pour réunir les deux processus, un sous-module informatique a été créé, appelé « SI / GIRE », dédié aux conseils de bassin dans le cadre du Système National d'Information.

La plateforme « SI / GIRH » en Equateur

Le pays possède de nombreuses données quantitatives et qualitatives sur les ressources et les usages de l'eau. Cependant, elles sont dispersées, hétérogènes et peu accessibles sous forme standardisée car fournies par diverses entités nationales / décentralisées et par les usagers de l'eau eux-mêmes.

La plateforme « SI / GIRH » vise à faciliter l'accès aux données et aux informations pour encourager la participation, la planification et la bonne gestion intégrée des ressources en eau, avec un outil convivial pouvant être utilisé par tous les acteurs. Développée avec le support technique de l'OIEau, elle vise à faciliter l'accès aux données en suivant des procédures simples, dynamiques, flexibles et économiques.

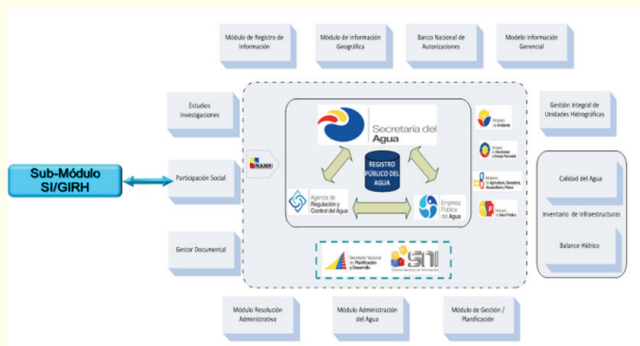


Figure 37 : Diagramme montrant comment le sous-module « SI / GIRH » s'intègre dans le Système d'Information sur l'Eau national

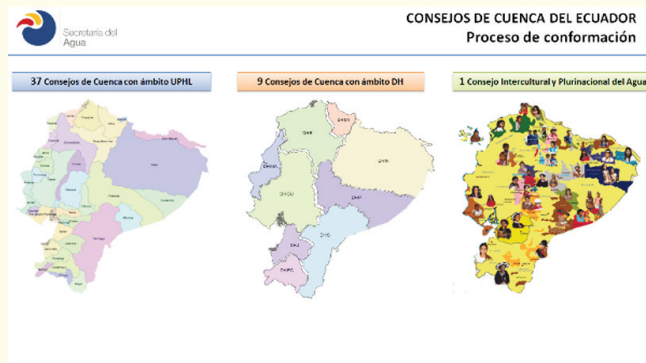


Figure 38 : Exemple de cartes présentées dans le sous-module « SI / GIRH » de l'Équateur

Pour atteindre ces objectifs, le portail « SI / GIRH » rassemble des informations d'intérêt national, relatives aux districts et aux unités de planification, et basées sur un principe participatif. Il inclut également les travaux de la SENAGUA et des conseils, réalisés dans le cadre de la planification (cartes initiales, informations pratiques). Le caractère dynamique de l'information est assuré par des services Web, une visualisation géographique et un catalogue de métadonnées qui fournit une description complète des données et des informations présentées. Les informations mises à disposition sont basées sur le matériel produit par la SENAGUA aux niveaux central et local, en appliquant le principe de subsidiarité, et comprennent également les informations disponibles et produites par tous les acteurs du secteur.

4.2 - Les systèmes d'information sur l'eau pour l'adaptation au changement climatique

POINTS CLÉS

- Le secteur de l'eau est particulièrement impacté par le changement climatique; identifier les mesures d'adaptation suppose une capacité à évaluer régulièrement la vulnérabilité des usages de l'eau et des écosystèmes aux changements climatiques.
- La collecte de données doit couvrir tous les aspects du cycle hydrologique, mais aussi inclure des données pour établir l'état des lieux des utilisations de l'eau et des écosystèmes, et pour estimer l'impact socio-économique des changements.
- L'adaptation au changement climatique nécessite une capacité à mutualiser et à traiter les données produites par de nombreux acteurs.

4.2.1 Enjeux et besoins en données / informations pour l'adaptation au changement climatique

L'eau est le principal moteur du changement climatique, avec des impacts significatifs dans de nombreux secteurs, notamment l'agriculture, l'énergie, la pêche, le tourisme, la santé et la biodiversité. Outre l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique a un impact sur les températures et les régimes pluviométriques et affecte la disponibilité des ressources en eau pour divers usages et les risques liés à l'eau.

La nécessité d'une gestion intégrée des ressources en eau, qui permette la compréhension des interactions entre les différents composants du cycle hydrologique et les différents projets et utilisateurs, impose de renforcer la fourniture de données. L'information doit être suffisante, pertinente et intelligible pour les différents acteurs dans les différents secteurs liés à l'eau (par exemple la navigation, l'hydroélectricité, le tourisme, la santé publique, l'agriculture, les installations d'eau potable). Ainsi, toute une gamme d'informations est nécessaire et doit être combinée et présentée sous différentes formes pour différents utilisateurs.

L'adaptation au changement climatique requiert **une évaluation régulière de la vulnérabilité** (utilisations de l'eau, écosystèmes) dans un processus continu et sur la base d'indicateurs pertinents pour la prise de décisions [55].

La qualité de ces évaluations et les outils de suivi de l'adaptation au changement climatique au niveau national sont « largement déterminés par la disponibilité des données, par la capacité de suivi et d'évaluation, et par la capacité du pays à rassembler les producteurs et utilisateurs d'informations climatiques pertinentes ». [56].

Il est recommandé de s'appuyer sur des évaluations intégrées au niveau du bassin (rivières, lacs et aquifères), car des impacts se produisant dans une partie du bassin peuvent être ressentis dans d'autres parties très éloignées.

Par conséquent, l'accès à des données de niveau global national et local est essentiel dans chaque bassin pour identifier les vulnérabilités et les impacts, et élaborer des stratégies et des scénarii d'adaptation ; il faut donc s'assurer de « collecter et partager les informations sur les données et les modèles nécessaires sur l'ensemble du cycle de l'eau ».

Le processus de définition des besoins en informations doit se fonder sur une analyse des problèmes de gestion de l'eau liés au changement climatique. Les besoins en données et informations doivent être définis pour identifier :

- Les effets potentiels du changement climatique sur les ressources en eau;

- Les exigences concernant la qualité et la quantité des ressources en eau pour des usages spécifiques (par exemple l'eau potable, l'irrigation, les loisirs) et les fonctions des ressources en eau (par exemple maintien de la vie aquatique) ;
- Les impacts possibles sur ces usages et ces fonctions causés par le changement climatique ;
- Les mesures prises pour traiter les impacts ou améliorer l'utilisation ou les fonctions des ressources en eau, y compris les aspects environnementaux (état écologique).

Les stratégies d'adaptation sont basées non seulement sur les données relatives à la gestion de l'eau, mais aussi sur les informations socio-économiques et les risques pour la santé. L'information socio-économique doit aider à décrire la vulnérabilité sociale (par exemple les cartes des risques « pondérés » par la densité de population, les secteurs socio-économiques tributaires du climat, les infrastructures et services de santé, les capacités d'adaptation). Les risques pour la santé peuvent inclure des facteurs qui affectent la qualité de l'eau (par exemple la concentration de produits chimiques dans l'eau) et la sécurité alimentaire, les phénomènes météorologiques extrêmes et les conditions météorologiques changeantes.

Encart 18 : À propos de la méthodologie d'analyse des risques dans la prise de décision collaborative (CRIDA) [57]

Au cours des deux dernières décennies, les sciences relatives au système climatique ont réalisé des progrès remarquables dans la surveillance, la modélisation et la prévision de la météorologie et du climat, fournissant des informations précieuses pour la prise de décisions. Malheureusement, un écart important persiste entre l'information disponible et son assimilation par les acteurs. Alors que les sciences relatives au climat arrivent à maturité en termes de résultats fournis grâce à l'action coordonnée du GIEC, aucun cadre de coordination n'a été développé du côté des acteurs utilisateurs des informations. Cela a conduit à une abondance de données et d'informations accessibles au public sur les impacts potentiels du changement climatique, comme les résultats du modèle de circulation générale CMIP5 [57], mais le manque de connaissances spécialisées du côté des usagers a limité l'utilisation de ces informations pour élaborer et mettre en œuvre efficacement des stratégies d'adaptation au changement climatique au niveau local. Cette inadéquation doit être corrigée afin que les communautés vulnérables au stress hydrique puissent bénéficier de la prévision fournie par les sciences du climat. Afin de pouvoir évaluer comment le changement climatique peut encore aggraver les effets des risques liés à l'eau, il est notamment important d'élaborer des outils spécifiques pour aider les décideurs, en analysant la probabilité de l'apparition d'événements indésirables dus à l'incertitude du changement climatique.

Une méthodologie récemment développée est l'analyse des risques dans la prise de décision collaborative (CRIDA), qui fournit le cadre d'une approche ascendante pour inclure des informations sur l'incertitude du changement climatique dans la prise de décision. Des études de cas sur cette démarche sont actuellement en cours d'élaboration et sont disponibles sur <http://agwaguide.org/casestudies/>.

4.2.2 Etudes de cas

Etude de cas 28 : France / Cartographie de la vulnérabilité des territoires au changement climatique dans le secteur de l'eau dans le bassin Adour Garonne [58]

Les modèles et les connaissances scientifiques convergent pour prédire qu'à l'horizon 2050, le changement climatique engendrera des changements hydrologiques majeurs et aura des répercussions importantes sur la gestion de l'eau et les milieux aquatiques du bassin Adour-Garonne, avec notamment :

- Une augmentation du niveau de la mer ;
- Une augmentation de la température annuelle d'environ 2 °C. ;
- Une diminution des précipitations annuelles d'environ 15% mais une augmentation des précipitations extrêmes ;
- Une raréfaction de la neige dans les montagnes ;
- Une augmentation de l'évapotranspiration de 10% à 30% ;

Etude de cas 28 : suite

- Une baisse annuelle moyenne des débits comprise entre -20% et -40% avec des périodes d'étiage plus importantes, plus sévères et plus longues ;
- Une augmentation des températures de l'eau ;
- Des sols plus secs ;
- Une augmentation du risque d'eutrophisation ;
- Une évolution des écosystèmes aquatiques et terrestres impliquant une modification de la végétation, de la flore et de la faune.

Ces impacts sont déjà ressentis aujourd'hui et sont susceptibles de causer beaucoup de stress sur certaines ressources en eau, une détérioration de la qualité de l'eau, un affaiblissement des milieux aquatiques et des inondations torrentielles plus fréquentes. En parallèle, de par la combinaison du réchauffement climatique et des projections démographiques, les besoins en eau des plantes et des activités humaines vont augmenter. Le résultat peut être un accès limité à l'eau pour l'eau potable et pour les composantes essentielles à l'économie (agricole et industrielle) dans le bassin. L'accès à l'eau pour tous en quantité et en qualité est un enjeu important.

Pour répondre à ce défi et en parallèle au SDAGE (conçu pour résoudre les problèmes actuels de gestion de l'eau), le Comité de Bassin de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne a décidé d'initier un plan d'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau (PACC). Le PACC anticipe ces changements en imaginant de nouvelles mesures pour limiter les futurs problèmes de gestion de l'eau. Ce plan repose sur une étude (cartographie) des vulnérabilités territoriales au changement climatique dans le secteur de l'eau et propose à terme des mesures d'adaptation dans le bassin Adour Garonne et des actions recommandées au niveau local.

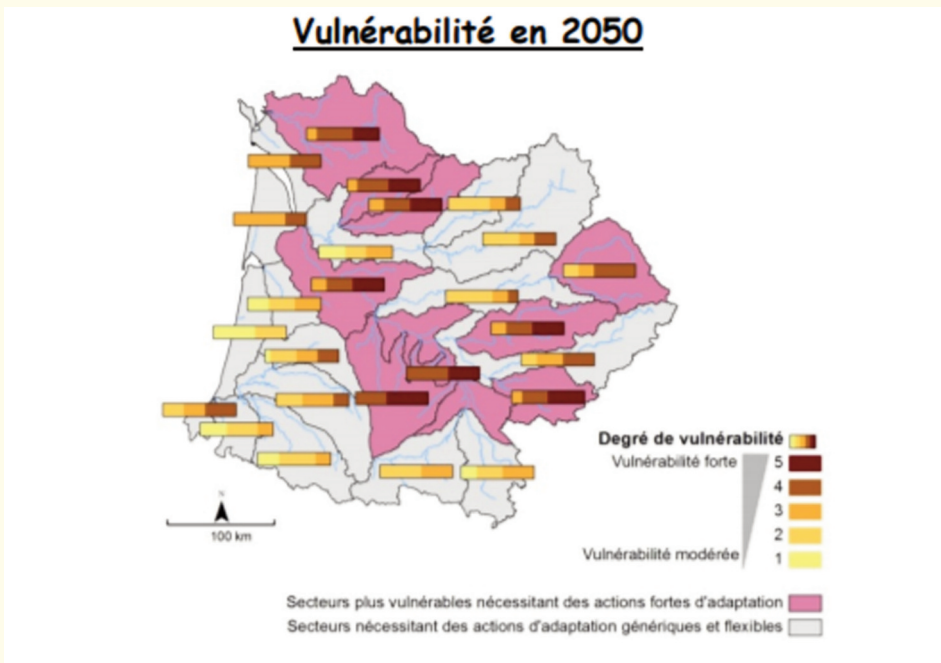


Figure 39 : Exemple de carte montrant la vulnérabilité du bassin à l'eutrophisation

Etude de cas 29 : Portail des connaissances sur le changement climatique (CCKP) [59]

Dans un effort de mise en place d'un « guichet unique » pour les informations, les données et les outils liés au climat, la Banque Mondiale a créé le portail des connaissances sur le changement climatique (CCKP) (<http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm>), soutenu par le Dispositif Mondial de Prévention des Catastrophes et de Relèvement et par d'autres. Le portail fournit un outil en ligne pour l'accès aux données mondiales, régionales et nationales relatives au changement climatique et au développement.

Le portail est une plateforme Web conçue pour aider au renforcement des capacités et à l'amélioration des connaissances sur le climat et les questions qui y sont liées dans la communauté du développement. De plus, le portail a été développé pour aider les équipes de projet à planifier, suivre et évaluer les réponses des projets aux risques liés au changement climatique.)

Boîte à outils du portail des connaissances sur le changement climatique :

1. Dépistage rapide des risques

- Sources multiples d'information ;
- Variabilité historique ;
- Informations sur le développement et la vulnérabilité.

2. Analyse personnalisée

- Données mises à l'échelle extraites d'une région prédéfinie ou définie par l'utilisateur ;
- Routines d'analyse.

3. Site de téléchargements

- Télécharger des informations journalières par année ou période ;
- Pour une utilisation des modèles d'impact et d'autres applications pertinentes.

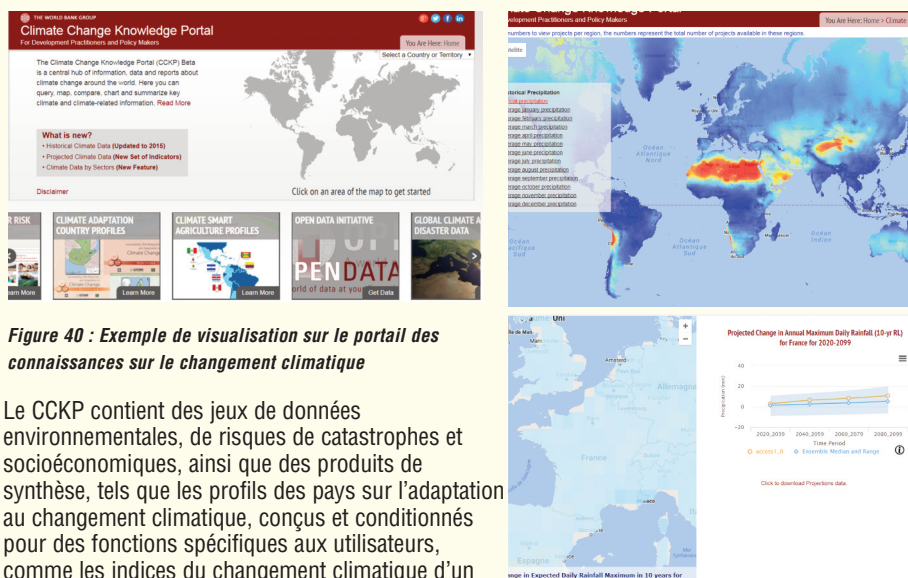


Figure 40 : Exemple de visualisation sur le portail des connaissances sur le changement climatique

Le CCKP contient des jeux de données environnementales, de risques de catastrophes et socioéconomiques, ainsi que des produits de synthèse, tels que les profils des pays sur l'adaptation au changement climatique, conçus et conditionnés pour des fonctions spécifiques aux utilisateurs, comme les indices du changement climatique d'un pays. Le portail fournit également des liens intelligents vers d'autres ressources et outils. Le CCKP est constitué de données spatialement référencées, visualisées sur une interface Google Maps. Les utilisateurs peuvent évaluer les vulnérabilités, les risques et les actions liés au climat pour un endroit particulier du globe en interprétant les données climatiques et liées au climat à différents niveaux de détail.

Les exemples comprennent : des jeux de données internes et externes à la Banque Mondiale sur l'agriculture, les projections de ruissellements d'eau de surface, les catastrophes naturelles, des statistiques socio-économiques et des études de croissance à faible teneur en carbone, entre autres. Tous les jeux de données sont présentés à la fois en pixels et bases agrégées (pays, région et bassin hydrographique).

4.3 - Systèmes d'alerte précoce pour la gestion des inondations et des sécheresses

POINTS CLÉS

- Les impacts humains et économiques des inondations et des sécheresses peuvent être particulièrement forts et sur ces aspects, les systèmes d'information peuvent aider à atténuer le risque et à réduire ces impacts.
- L'information et les outils adaptés à la connaissance des risques, à la communication d'alertes pour réduire les risques de catastrophes et à l'évaluation de la vulnérabilité environnementale et sociale sont d'une importance cruciale.
- Dans ce domaine, les systèmes d'information adoptent généralement une approche multisectorielle car ils doivent combiner à la fois les sources de données des services météorologiques et hydrologiques nationaux, des services de vulgarisation agricole et des bases de données publiques, mais aussi les flux de données de télédétection provenant de partenaires internationaux.

4.3.1 Enjeux et besoins en données / informations nécessaires à la gestion des inondations et des sécheresses

L'amélioration des systèmes de prévision des inondations et des sécheresses et des systèmes d'alerte précoce est essentielle compte tenu des impacts humains et économiques potentiels de ces événements. Dans la liste des mesures visant à améliorer l'adaptation au changement climatique, les systèmes d'alerte précoce peuvent également aider les décideurs et les particuliers à se préparer aux risques naturels liés au climat et à améliorer leur aptitude à exploiter des conditions météorologiques favorables.

Les systèmes d'alerte précoce aux risques naturels doivent reposer sur une base scientifique et technique solide et se concentrer sur les personnes exposées à un risque particulier. Ils doivent inclure une approche systémique, qui intègre tous les facteurs pertinents de ce risque, qu'ils résultent soit de risques naturels ou de vulnérabilités sociales, soit de processus à court ou à long terme. Un système d'alerte précoce efficace et complet comprend quatre éléments en interaction :

- La connaissance des risques ;
- Le service de surveillance et d'alerte ;
- La diffusion et la communication ;
- La capacité de réaction.

Les systèmes d'alerte précoce sont généralement des mesures non structurelles rentables. Leur coût est non négligeable en termes absolus mais est extrêmement faible par rapport aux pertes potentielles que ces systèmes peuvent réduire. [60] [61]

Systèmes d'alerte au risque d'inondation [62]

Les inondations peuvent en particulier causer des décès, entraîner des déplacements de personnes et altérer l'environnement. Elles peuvent gravement compromettre le développement économique voir détruire les activités économiques d'une communauté. [63]

Différents types d'inondations se produisent partout dans le monde : les crues des rivières « classiques », les crues subites, les inondations urbaines et les inondations provoquées par la mer dans les zones côtières. Les dommages causés par les inondations peuvent également varier selon les pays et les régions.

Les systèmes d'information relatifs aux systèmes d'alerte inondations doivent faciliter l'accès, le traitement et la gestion des données, ainsi que la diffusion des informations nécessaires :

- Aux prévisions de phénomènes hydrométéorologiques susceptibles de provoquer des inondations, associées à des systèmes d'alerte précoce ;
- A la protection contre les inondations (digues, dérivations, barrages-réservoirs écrêteurs, ralentissement dynamique, zones de stockage, gestion des bassins versants) ;
- A la prévention, qui implique la cartographie des zones à risque, en fonction des différents niveaux de risque (inondations décennales, centennales et même au-delà) et une estimation de la vulnérabilité.

Dans le cas d'un bassin transfrontalier, le système international d'alerte aux inondations doit reposer sur un service efficace qui prévoit les inondations à l'échelle de l'ensemble du bassin et travaille en étroite collaboration avec les Etats Membres et les services nationaux spécialisés (services météorologiques et hydrologiques). Le service d'alerte central peut être installé au sein de l'organisme de bassin transfrontalier, si son mandat inclut la prévention des inondations.

Dans tous les cas, une fois alimenté par les données météorologiques et hydrologiques, le service doit être en mesure de calculer l'évolution du ruissellement dans le bassin versant et par conséquent des niveaux d'eau dans les cours d'eau. Ces derniers sont ensuite comparés aux niveaux d'avertissement prédéfinis pour fournir des informations sur l'occurrence ou non du risque et déterminer le début de l'alerte. Les signaux liés à la prévision des crues doivent être adressés aux services administratifs qui sont chargés de protéger les personnes et les biens et de mettre en œuvre des procédures adéquates et graduées.

En outre, il est nécessaire d'élaborer des cartes des risques d'inondation pour obtenir un outil d'information efficace et une base valable pour fixer des priorités et prendre des décisions techniques, financières et politiques concernant la gestion des risques d'inondation. Ces cartes doivent montrer les conséquences négatives potentielles, associées aux différents scénarii d'inondation, y compris des informations sur les sources potentielles de pollution de l'environnement à la suite des inondations.

Système d'alerte précoce à la sécheresse

Dans le cadre des systèmes d'alerte précoce à la sécheresse, les systèmes d'information sont conçus pour faciliter l'identification des tendances du climat et de l'approvisionnement en eau et ainsi détecter l'émergence ou la probabilité d'occurrence et la gravité probable de la sécheresse. Cette information peut diminuer les impacts si elle est fournie aux décideurs en temps opportun et dans un format approprié et si des mesures d'atténuation et des plans de préparation existent. Comprendre les causes sous-jacentes de la vulnérabilité est également une composante essentielle de la gestion de la sécheresse, car le but ultime est de réduire le risque en un endroit donné et pour un groupe spécifique de personnes ou un secteur économique.

A l'heure actuelle, l'analyse et la préparation des données sont des éléments particulièrement critiques d'une chaîne d'alerte précoce. Les décideurs sont généralement confrontés à d'importantes quantités de données structurées et non structurées. Pour qu'une alerte précoce soit fiable, il faut donc que les données soient présélectionnées, analysées et préparées. Les décideurs doivent recevoir une quantité d'informations qui soit fiable et gérable pour décider de lancer l'alerte et de prendre des mesures préventives. Les limites sont l'incapacité à tenir compte des facteurs perturbateurs non climatiques, la résolution géographique / temporelle limitée et l'absence d'évaluation de la validité prédictive.

Une coopération interinstitutionnelle est nécessaire

Dans de nombreux pays, les données nécessaires à la mise en œuvre des systèmes de surveillance de la sécheresse sont dispersées entre plusieurs entités dépendant de différents ministères. Cela nécessite une collaboration entre les ministères à travers une approche multisectorielle qui, souvent, ne peut pas être mise en œuvre efficacement sans le soutien direct de décideurs politiques de haut niveau. Les systèmes de surveillance et d'alerte précoce nécessitent de combiner les données des services météorologiques et hydrologiques nationaux, des services de vulgarisation agricole et des bases de données publiques, avec les flux de données de télédétection provenant de partenaires internationaux, afin de combler les lacunes (notamment en Afrique) et avec les résultats du modèle météorologique et climatique régional / mondial.

Il faut donc des solutions technologiques permettant l'intégration de plusieurs sources de données ayant différentes résolutions temporelles et spatiales. Un défi supplémentaire est que celles-ci ont souvent une structure de données complexe et que des formats d'échange de données doivent être mis en place pour permettre leur intégration dans un système fonctionnant de manière transparente.

4.3.2 Etudes de cas

Etude de cas 30 : Système de surveillance de la sécheresse et des inondations en Afrique et en Amérique latine [9]

L'UNESCO-PHI a appuyé l'élaboration d'un système intégré de surveillance et de prévision des inondations et de la sécheresse pour l'Afrique et l'Amérique Latine [64]. Le système (<http://stream.princeton.edu/>), développé par l'Université de Princeton aux États-Unis, combine des données de télédétection sur les précipitations, la végétation et l'analyse atmosphérique avec une modélisation macro-hydrologique grâce à l'utilisation d'une capacité d'infiltration variable (VIC) et d'un modèle hydrologique de surface terrestre [65]. Le système suit les conditions hydrologiques, y compris les conditions extrêmes (par exemple, les inondations et les sécheresses) en temps quasi réel et permet des prévisions saisonnières à moyen terme. Il offre donc des capacités de surveillance des conditions météorologiques, hydrologiques et agricoles, de sécheresse et d'inondation, particulièrement utiles dans les régions en développement où la capacité institutionnelle de surveillance et d'alerte précoce fait généralement défaut et où l'accès à l'information et aux technologies ne permet pas de développer de tels systèmes localement. En outre, le système présente l'avantage de fournir un format normalisé pour toutes les composantes du bilan hydrique, permettant ainsi une analyse complète des risques de sécheresse et d'inondation aux niveaux local, national et régional.

Le système fournit des informations sur les précipitations, la température, le rayonnement et la vitesse du vent, les indicateurs de sécheresse (indice normalisé des précipitations - SPI, l'humidité du sol, l'indice de végétation par différence normalisée - NDVI, l'évapotranspiration) et les indicateurs de crues (ruissellement de surface et débit). L'information peut être obtenue soit dans l'espace ou pour des emplacements ponctuels, pour des dates particulières, des échelles de temps mensuelles ou annuelles, et est comparée aux conditions normalement attendues ou percentiles. Le système a été déployé avec succès en Afrique de l'Ouest, de l'Est et Australe, et combiné avec la formation d'experts. Les institutions régionales l'utilisent comme système

d'information complémentaire pour surveiller les conditions agro-hydr météorologiques, notamment pendant la saison des pluies.



Figure 41: Interface du système Latino-Américain de surveillance des inondations et de la sécheresse

Etude de cas 31 : L'état hydrologique et le système Outlook HydroSOS [21]

L'OMM-HydroSOS construit un système opérationnel capable d'évaluer l'état actuel des systèmes hydrologiques de surface et des eaux souterraines et de prédire leurs modifications dans les semaines et les mois à venir, par rapport aux situations normales. Cette information peut être essentielle pour la gestion de l'eau, pour atténuer les effets négatifs des inondations et des sécheresses et pour réduire les risques de conflits lors du partage de l'eau. Une fois opérationnel, le système mondial fournira régulièrement des informations sur :

- ❶ La situation hydrologique mondiale actuelle, y compris sur les eaux souterraines, les cours d'eau, les grands lacs, les réservoirs et l'humidité du sol ;
- ❷ L'évaluation de la différence significative entre l'état actuel et la situation « normale », par exemple en indiquant des situations de sécheresse et d'inondation potentielles ;
- ❸ L'évaluation des tendances, c'est-à-dire de la probabilité d'amélioration ou d'aggravation au cours des semaines et des mois à venir.

HydroSOS sera construit sur les composantes suivantes :

- Données in situ : débit des rivières, humidité du sol, niveaux des grands lacs et des réservoirs et profondeur des eaux souterraines ;
- Données satellitaires de télédétection à l'échelle mondiale / régionale : précipitations, humidité du sol, aquifères et couverture / hauteur neigeuse ;
- Modèles de prévisions météorologiques et climatiques au niveau mondial / régional : précipitations et températures ;
- Modèles hydrologiques à l'échelle mondiale / régionale / du bassin : débit des rivières, humidité du sol, eaux souterraines.

L'OMM-HydroSOS s'appuiera directement sur les initiatives existantes et planifiées de l'OMM relatives à la surveillance hydrologique, au partage de données et à la prévision météorologique saisonnière, pour établir un système opérationnel unique fournissant les informations et les produits hydrologiques actualisés des services météorologiques et hydrologiques nationaux à un large éventail d'utilisateurs finaux. Le système opérationnel soutiendra leurs activités et fournira des informations et des produits hydrologiques, qui pourront être rendus accessibles aux organismes gouvernementaux ainsi qu'aux organismes d'aide régionaux et internationaux et au grand public.

Etude de cas 32 : Estimation des précipitations à partir d'informations de télédétection (PERSIANN-CCS) [9]

L'UNESCO-PHI a collaboré avec le Centre d'hydrométéorologie et de télédétection (CHRS) de l'Université de Californie à Irvine, afin de développer des outils pour fournir des estimations satellitaires mondiales des précipitations en temps quasi réel avec des résolutions spatiales et temporelles élevées, y compris l'estimation des précipitations à partir d'informations de télédétection à l'aide du système de classification des nuages - réseaux neuronaux artificiels (PERSIANN-CCS) [66]. Ce système spécifique est utilisé pour documenter la planification d'urgence et gérer les risques hydrologiques tels que les inondations, les sécheresses et les phénomènes météorologiques extrêmes. Par exemple, les services hydrologiques des

sécheresses en Namibie (NHS) l'utilisent pour préparer des bulletins quotidiens avec des informations actualisées sur les inondations et les conditions de sécheresse pour les communautés locales. Le système est désormais disponible via l'application mobile iRain, destinée à faciliter la



Figure 42: L'application mobile iRain

Etude de cas 32 : suite

participation des populations à la collecte de données locales pour le suivi des précipitations dans le monde (<http://en.unesco.org/news/irain-new-mobile-app-promote-citizen-science-and-support-water-management>). iRain permet aux utilisateurs de visualiser des observations satellitaires des précipitations au niveau mondial en temps réel, de suivre les précipitations extrêmes dans le monde entier et de signaler les précipitations locales en utilisant une fonctionnalité d'externalisation pour compléter les données, ce qui permet d'améliorer les estimations par télédétection des précipitations.

Etude de cas 33 : Indicateurs de sécheresse au Chili [9]

L'Observatoire Agroclimatique chilien (www.climatedatalibrary.cl/UNEA/maproom/) a été lancé en Juin 2013, en étroite collaboration avec le Ministère de l'Agriculture du Chili, l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Institut International de Recherche sur le Climat et la Société (IRI). Un système similaire a été créé en collaboration avec l'Autorité Nationale de l'Eau (Autoridad Nacional del Agua - ANA) du Pérou en 2014 (<http://ons.snirh.gob.pe/Peru/maproom/>). Le système est utilisé pour créer des indices intégrés, en tenant compte d'un certain nombre d'indicateurs de sécheresse différents. Le système s'appuie sur la bibliothèque de données climatiques (CDL), un outil qui recueille toutes les bases de données brutes pertinentes pour la surveillance de la sécheresse par les institutions nationales et internationales [67]. Des données peuvent y être ajoutées sous de nombreux formats, et des indicateurs supplémentaires peuvent être calculés en utilisant des fonctions arithmétiques ou géostatistiques avancées. Afin de fournir des outils efficaces d'aide à la prise de décision, une interface conviviale a été créée en amont de

la CDL, appelée « maproom », qui contient des indices pertinents sur la sécheresse météorologique, hydrologique et agricole, et combine des informations provenant de jeux de données nationaux et internationaux.

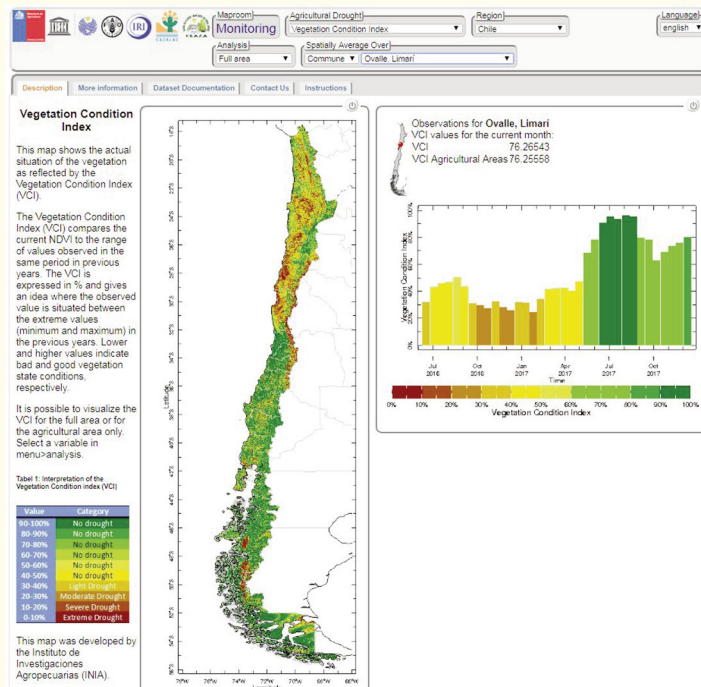


Figure 43: Information sur la sécheresse disponible à l'Observatoire Agroclimatique chilien

Etude de cas 34 : Des outils de gestion des inondations et des sécheresses [68]

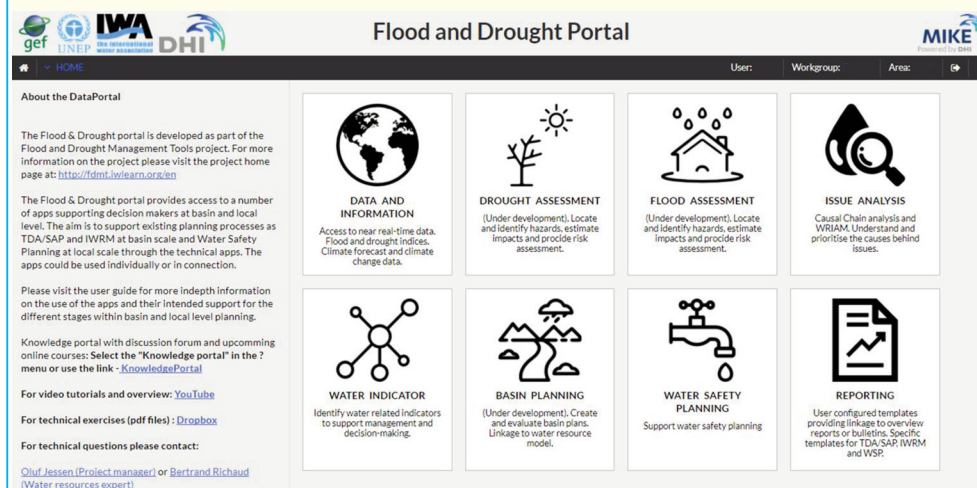


Figure 44 : Page d'accueil du portail des inondations et des sécheresses de l'IWA

Le changement climatique augmente le risque d'inondations et de sécheresses fortes et imprévisibles. S'ajoutant à une forte expansion démographique, à l'urbanisation, et à une plus grande utilisation des terres et de l'eau, ces événements font pression sur les ressources en eau et menacent de nombreux pays, affectant les actions des organismes de bassin et des utilisateurs finaux tels que les services publics et les industries. Ces risques sont par ailleurs amplifiés dans les bassins transfrontaliers, où plusieurs pays partagent les mêmes ressources en eau. Afin de réduire les risques liés à l'eau, il est essentiel que les gestionnaires urbains, fonciers et de l'eau améliorent leur capacité à reconnaître et à faire face aux risques d'inondation et de sécheresse et à renforcer la résilience. La coopération transfrontalière et à de multiples échelles est vitale, tout comme l'intégration de l'information sur les inondations et les sécheresses dans les processus de planification, tels que les Analyses Diagnostiques Transfrontalières/ Plans d'Action Stratégiques (TDA/SAP), la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) au niveau du bassin et le Plan de Gestion de la Sécurité Sanitaire de l'Eau (PGSSE) au niveau local (services d'eau).

Le projet « Outils de gestion des inondations et des sécheresses (FDMT) »

(<http://fdmt.iwlearn.org/>) est financé depuis 2014 par le Fonds pour l'Environnement Mondial (GEF) - International Water (IW) et est mis en œuvre par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) avec le DHI et l'International Water Association (IWA) en tant qu'agences d'exécution. Ce projet développe un ensemble d'applications techniques Web (outils), accessibles à travers le Portail des inondations et des sécheresses (www.flooddroughtmonitor.com).

Etude de cas 35 : DRIDANUBE – Un outil innovant pour la gestion des sécheresses [69]

Dans le cadre des activités de l'ICPDR, le projet DRIDANUBE développe un outil innovant et interactif, le DUS (Drought User Service), qui permettra une surveillance plus précise et plus efficace et l'alerte précoce à la sécheresse dans toute la région du Danube. Il comprendra un jeu de données d'observation de la Terre provenant d'une série de satellites de télédétection opérationnels, qui sera transformé en informations sur la sécheresse, prêtes à l'emploi et mises à la disposition du grand public, grâce à une interface de navigateur Web. Grâce à ce service, le travail quotidien des autorités nationales et des utilisateurs finaux, tels que les agriculteurs et les gestionnaires de l'eau, sera amélioré dans toutes les phases de la gestion des catastrophes liées à la sécheresse (de la surveillance, la prévision et l'évaluation jusqu'à l'intervention).

Le catalogue des produits de données disponibles proposera plusieurs produits générés à partir de données satellitaires, par exemple l'humidité du sol, l'état de la végétation et les cartes de prévision du rendement agricole attendu. Les produits seront prétraités par les partenaires du projet DRIDANUBE et fournis sur une base quotidienne ou hebdomadaire afin de cartographier les événements de

sécheresse de manière dynamique. L'inspection des produits se fera au moyen d'une interface Web facile à utiliser (voir la figure 46). En outre, l'interface peut être utilisée pour superposer des couches de cartes auxiliaires comme OpenStreetMap et les limites administratives.

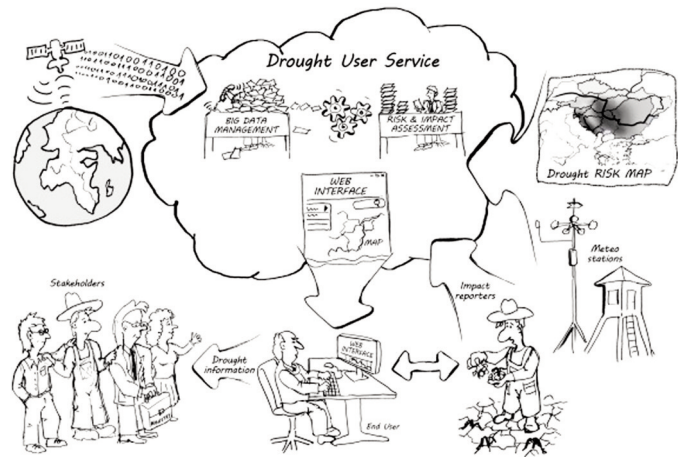


Figure 45 : Schéma simplifié du service aux usagers en relation avec la sécheresse

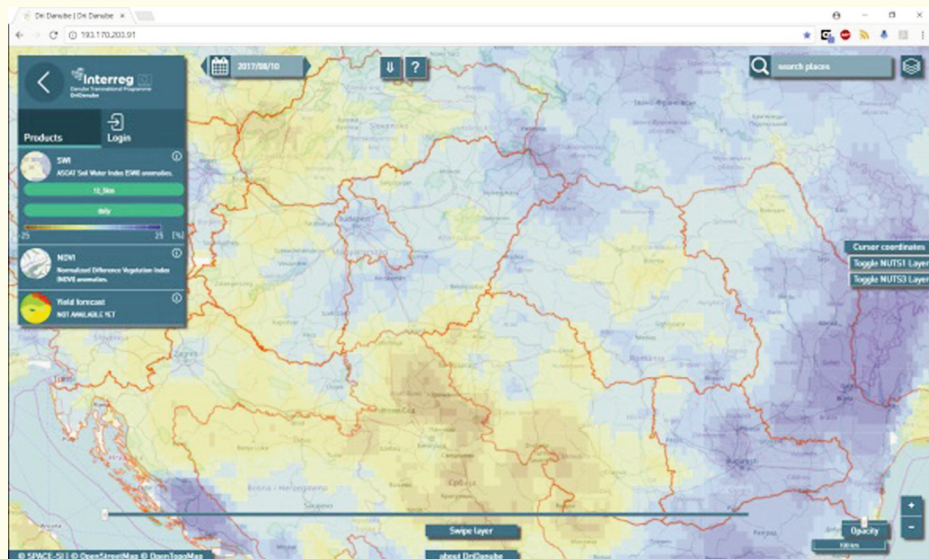


Figure 46 : Prototype de l'interface DUS (Drought User Service)

4.4 - Systèmes d'information sur l'eau pour la protection des écosystèmes

POINTS CLÉS

- Les écosystèmes aquatiques ont des fonctions de production, régulation et structuration qui peuvent être pris en compte à différentes échelles temporelles et spatiales ;
- L'organisation de l'accès et de la gestion des jeux de données existants aide à comprendre quels sont les services fournis par les écosystèmes et quels sont les impacts sur ces services des divers changements survenant dans les écosystèmes.

4.4.1 Enjeux et données : informations nécessaires à la protection des écosystèmes aquatiques

En tant que sous-ensemble des écosystèmes, les écosystèmes aquatiques continentaux liés aux rivières, aux lacs et aux zones humides sont un élément clé de la gestion intégrée des ressources en eau.

Il existe une grande variété d'écosystèmes aquatiques, et bien que ceux-ci représentent un faible pourcentage de la surface de la Terre, leurs rôles et fonctions les rendent cruciaux. Un écosystème aquatique en bon état peut remplir diverses fonctions pouvant être regroupées en plusieurs familles :

- Les fonctions de production, qui concernent principalement la production de matière organique, la disponibilité de ressources non renouvelables, telles que l'eau et les minéraux ;
- Les fonctions de régulation - le fonctionnement des écosystèmes contribue à stabiliser la variabilité des processus naturels (climat, risques naturels...) et des flux de ressources (rétention d'eau dans le sol). Ils jouent également un rôle dans l'élimination des toxines (auto-purification de l'eau) ;
- Les fonctions d'organisation (ou de structuration) - elles contribuent à définir les règles d'auto-organisation du système. Elles impliquent l'organisation physique des systèmes (structuration du paysage) et leur organisation biologique (biodiversité).

Les services écosystémiques peuvent être pris en compte à différentes échelles temporelles et spatiales et peuvent être appréhendés à différents niveaux, depuis le niveau local (protection contre les risques naturels, assainissement de l'eau, fonctions culturelles) et national (ressources en eau d'un pays, bassins nationaux), jusqu'au niveau international (bassins transfrontaliers, cycle global de l'eau, lutte contre le changement climatique, etc.). Ils varient également dans le temps : le cycle de l'eau se déroule dans l'ensemble de la biosphère. Les jeux de données actuels constituent un outil fiable pour comprendre comment les écosystèmes fournissent des services et comment des changements survenant dans les écosystèmes ont un impact sur la fourniture de ces services.

La description de l'état et de la diversité des écosystèmes aquatiques repose sur des paramètres structurants, qui déterminent leurs caractéristiques de fonctionnement.

De la télédétection au « crowdsourcing », en passant par les données produites par de nombreux organismes nationaux et de bassin, les sources de données pour cette caractérisation sont multiples.

Comme les écosystèmes sont hétérogènes et que la fourniture de services écosystémiques varie dans l'espace et dans le temps, les systèmes d'information géographique (SIG) constituent un outil puissant pour visualiser et analyser la fourniture de services écosystémiques dans un paysage.

La prolifération des images satellitaires librement accessibles et des bases de données associées permet une analyse SIG des services écosystémiques dans les régions du monde où peu d'autres formes de données sont disponibles.

4.4.2 Etudes de cas

Etude de cas 36 : Service d'observation par satellite des zones humides – SWOS [15]

Le Service d'observation par satellite des zones humides (SWOS) utilise les données d'observation de la Terre (y compris les données des satellites Sentinel de l'ESA) pour générer des produits cartographiques et des indicateurs de zones humides. Des observations ponctuelles permettent un suivi dynamique des conditions et des changements (et de leurs facteurs) dans les zones humides à grande échelle spatiale et temporelle.

Le service a été initié dans le cadre d'un projet financé par le programme Horizon 2020 de la Commission Européenne, dans lequel les organismes de recherche, les organisations d'utilisateurs et les entreprises privées s'engageaient dans un processus ambitieux de création d'un outil d'accès ouvert pour la surveillance des zones humides. Les résultats générés sont disponibles pour une série de zones humides sélectionnées en Europe, en Afrique et en Asie afin de s'assurer que la méthodologie est applicable à l'échelle mondiale.

SWOS aide les praticiens des zones humides (gestionnaires, décideurs politiques, scientifiques) dans leur surveillance et l'obligation de rapportage sur la mise en œuvre de la politique environnementale à différentes échelles (y compris l'ODD 6).

SWOS fournit une boîte à outils aux utilisateurs de données satellitaires pour traiter ces données et générer des produits cartographiques (inventaire et délimitation, utilisation et couverture des sols et changements à court et à long terme, dynamique des eaux de surface, humidité du sol, qualité de l'eau, température de surface) et des indicateurs. Les utilisateurs non experts peuvent accéder directement aux produits finaux en ligne depuis le portail SWOS, qui permet également d'accéder aux données satellitaires brutes et aux ressources de données externes. Tous les produits cartographiques sont fournis avec des métadonnées conformes à INSPIRE pour faciliter leur intégration dans les portails de zones humides mondiaux tels que GEO-wetland.

Geoclassifier est disponible en tant que logiciel autonome, mais également en tant que plug-in pour Arc-GIS et bientôt pour QGIS.

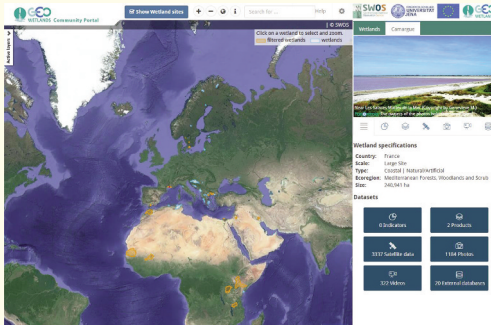


Figure 47 : Portail des données SWOS

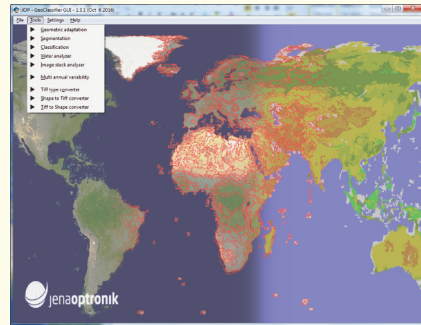


Figure 48 : Boîte à outils Geoclassifier

Etude de cas 37 : Application mobile BaladOmarais [17]

BaladOmarais est une application mobile développée par l'OIEau. Elle peut être utilisée pour la découverte de zones humides en France métropolitaine, dans les DOM-TOM et dans les pays francophones, par géolocalisation, ou dans votre région. Elle peut être utilisée pour trouver les coordonnées des centres d'information sur les zones humides. À titre d'exemple, chaque année, l'application répertorie les événements organisés autour de la Journée Mondiale des Zones Humides (2 février).

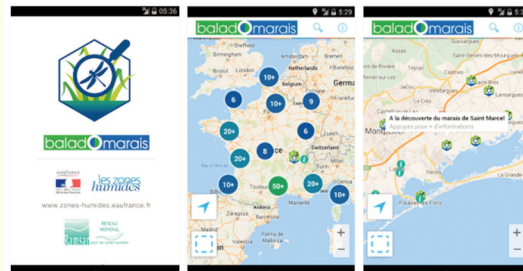


Figure 49: Application mobile BaladOmarais

4.5 - Systèmes sectoriels et thématiques d'information sur l'eau (eau potable, et assainissement, irrigation, hydroélectricité, eaux souterraines, etc.)

POINTS CLÉS

- Dans de nombreux pays, les systèmes d'information sur l'eau sont organisés par thème et par secteur d'activité : ces systèmes sont souvent gérés par l'organisation nationale en charge du secteur ;
- Chacun de ces systèmes thématiques / sectoriels d'information sur l'eau comporte des fonctionnalités spécifiques adaptées aux besoins de chaque domaine concerné.

4.5.1 Enjeux et données/informations nécessaires aux SIE thématiques et sectoriels

Dans de nombreux pays, les institutions mettent en place des systèmes thématiques et sectoriels spécifiques d'information sur l'eau, notamment pour gérer leur :

- Données météorologiques ;
- Données hydrologiques ;
- Données sur la qualité des eaux de surface ;
- Données sur les eaux souterraines ;
- Données sur les aires protégées ;
- Données sur les usages de l'eau ;
- Données sur les zones de captage d'eau ;
- Données du secteur de l'irrigation ;
- Données du secteur de l'approvisionnement en eau et leur assainissement ;
- Données du secteur énergétique.

Ils sont généralement gérés par l'organisation chargée du domaine dans le pays.

Ces systèmes facilitent la découverte, la collecte, l'accès, la gestion et / ou l'utilisation optimale des jeux de données existants et sont également exploités pour la communication thématique.

De plus, ces systèmes d'information disposent généralement de fonctionnalités spécifiques facilitant la gestion des problématiques principales rencontrées dans la gestion de chaque domaine.

A titre d'exemple, les principales fonctionnalités liées aux secteurs de l'irrigation, ainsi que de l'eau potable et de l'assainissement, sont exposés ci-dessous.

A propos des systèmes d'information utilisés dans le secteur de l'irrigation

Dans le domaine de l'irrigation, les SI sont principalement utilisés pour évaluer les besoins en eau au début de la saison (planification) et pour permettre aux gestionnaires de planifier et gérer la distribution des ressources en eau qui, dans le cas de ressources transfrontalières, peuvent faire l'objet de traités et donc d'obligations de résultats avec des conséquences beaucoup plus larges que le secteur agricole.

Les données relatives aux besoins en eau des cultures sont couplées dans des SIG au zonage des parcelles, tandis que les données sur les infrastructures (canaux, barrages, etc.) sont parfois gérés dans le cadre de « cadastres de l'eau ».

Le suivi des volumes prélevés et distribués se fait en fonction de la taille et du type de système (gravitaire ou sous pression) à l'aide de compteurs ou d'une gestion télécommandée / télégestion de type SCADA, qui permet de traiter en temps réel un grand nombre d'installations techniques de télémétrie et de télécommande (par exemple pour l'ouverture des vannes).

Dans les systèmes gravitaires, le contrôle des flux est particulièrement important en termes d'efficacité de fonctionnement et suppose une bonne maintenance des infrastructures. Différents logiciels de gestion ont été développés par des irrigants, y compris pour la fameuse « régulation dynamique ».

Sur le terrain, un logiciel de gestion de l'irrigation peut exploiter les données sur les besoins en eau des plantes, en prenant en compte les conditions météorologiques.

La principale difficulté du SIE en agriculture est l'interopérabilité des outils mis en place à différents niveaux (SIG, BD, systèmes de rapportage, etc.), la continuité des circuits de transmission et le contrôle qualité des données transmises. Les données de base, notamment dans les zones irriguées, sont souvent obsolètes et l'échange d'informations est souvent manuel, ce qui confère aux systèmes un degré d'inertie élevé et une fiabilité relative.

Renforcer la gestion des données et des informations sur l'eau agricole est nécessaire pour améliorer la planification, la distribution et l'utilisation rationnelle de toutes les ressources en eau au niveau des périmètres irrigués, mais aussi au niveau des sous-bassins, en lien avec les règles d'allocation qu'elles induisent.

A propos des SIE exploités dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement

Les SIE sont de plus en plus importants dans la gestion des services d'eau et d'assainissement. On les retrouve dans de nombreuses activités de service, les principales étant :

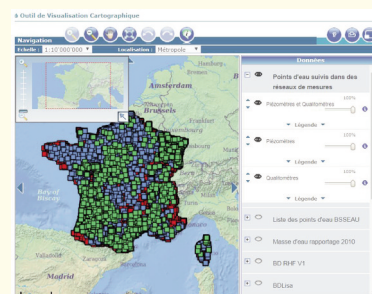
- La gestion patrimoniale, pour laquelle un système SIG est généralement mis en place avec cartographie des réseaux qui peut être associée à des données notamment sur la nature des matériaux, l'âge et le diamètre des canalisations. Le SIG comprend aussi souvent tous les ouvrages et les équipements qui composent le système d'eau potable ou d'assainissement ;
- La gestion commerciale, qui utilise un logiciel de type CRM/GRC dédié. Celui-ci permet de gérer la base de données clients ainsi que toutes les activités commerciales : facturation, gestion des réclamations, communication avec les abonnés, surveillance du parc de compteurs, relevé des compteurs, etc. ;
- La gestion financière qui utilise également un logiciel dédié ;
- La gestion de la maintenance à l'aide de logiciels de type GMAO (systèmes de gestion de la maintenance assistée par ordinateur) ;
- L'exploitation d'ouvrages, qui utilisent généralement un système de surveillance à distance pour assurer leur bon fonctionnement. Les informations collectées automatiquement sur chaque site sont transmises à une station centralisée qui permet une visualisation en direct de l'état de fonctionnement des installations et peut potentiellement gérer des interventions à distance.

La mise en place du SIE joue un rôle central dans l'amélioration de la performance des services d'eau et d'assainissement (voir l'étude de cas sur le SISPEA). La gestion de toutes les données générées par les équipements de surveillance est une question cruciale et un sujet sur lequel des progrès sont attendus dans les années à venir.

4.5.2 Etudes de cas

Etude de cas 38 : ADES - Base de données nationale française sur les eaux souterraines [70]

Le site Internet ADES (<http://www.ades.eaufrance.fr>), géré par le BRGM avec le soutien financier de l'AFB, permet au public d'accéder aux données sur la qualité



chimique et les niveaux des eaux souterraines, aux résultats cartographiés, aux métadonnées et à une série de mises à jour des informations. Point d'accès unique aux informations pertinentes, il constitue un outil essentiel pour une gestion optimale des ressources en eau ; il améliore la compréhension des changements dans les eaux souterraines et contribue à apporter des solutions aux problèmes locaux, nationaux, sociétaux et européens.

Figure 50: Exemple de pages internet d'ADES

Etude de cas 38 : suite**# Découverte des réseaux de surveillance des eaux souterraines**

Les données proviennent de plus de 70 000 stations de surveillance représentatives, disséminées dans tout le pays. Ces stations mesurent les composantes clés de la qualité des eaux souterraines (qualitomètres) et les niveaux des eaux souterraines (piézomètres). Certaines stations peuvent assurer les deux types de mesures. La banque de données ADES donne accès à des fiches descriptives pour l'ensemble des stations de mesure : localisation sur une carte, opérateurs des stations (agences de l'eau, autorités locales et régionales, autorités administratives déconcentrées, BRGM, etc.), fréquences des mesures, aquifères surveillés, etc.

Faire une recherche efficace

La banque de données ADES propose plusieurs façons d'accéder aux stations d'observation, aux fiches techniques, aux données sur la qualité (résultats des analyses chimiques) et / ou aux niveaux des eaux souterraines (niveau piézométrique). Elle comporte des raccourcis spécifiques pour un accès rapide et dispose de :

- Possibilités d'accès rapide, en entrant une expression libre dans des cases vides avec la localisation, le type de données que vous recherchez (station de surveillance, paramètre, niveau d'eau) ;
- Page de recherche avancée, avec possibilités de sélectionner par emplacement sur une carte, ou par réseau spécifique, entreprise, aquifère, nappe phréatique ou code national (BSS1). Quel que soit le chemin d'accès, les résultats peuvent être stockés pour une utilisation ultérieure

Accès, visualisation, exportation de données

Le site Internet ADES donne accès à des jeux de données d'exportation et offre aux utilisateurs diverses fonctionnalités de visualisation telles que :

- Cartes et photos ;
 - Graphiques : possibilité de donner deux paramètres chimiques pour le même qualitomètre sur la même carte et jusqu'à cinq pour une station piézométrique ;
 - Des indicateurs fiables, actualisés, comparables et répondant aux besoins des utilisateurs finaux.
- Le site propose également un indicateur sur la situation hydrogéologique d'un piézomètre sur une longue période (minimum 10 ans), avec des tableaux, des graphiques et des cartes.

Etude de cas 39 : Projet SDC / Comptabilité de l'eau dans les bassins transfrontaliers du Chu-Talas [17]

Le projet « Comptabilité de l'eau dans les bassins transfrontaliers du Chu-Talas », financé par la SDC, vise à promouvoir une gestion moderne, durable et transparente des ressources en eau dans les bassins du Chu-Talas. Ce système pourra aussi servir de modèle pour une gestion efficace des ressources transfrontalières aux niveaux national et régional.

Ce projet vise la modernisation complète des processus de gestion de la demande provenant du terrain, et de la distribution de l'eau sur l'ensemble des bassins du Chu-Talas depuis un niveau centralisé. Il comprend notamment :

- La numérisation et l'automatisation des « comptes de l'eau » à divers niveaux grâce à des technologies modernes ;
- Le développement de nouvelles capacités de planification, d'analyse opérationnelle efficace, de rapportage et d'échange de données et d'information.

Alors que dans le système existant, les données sur les demandes en eau sont communiquées laborieusement par fax et / ou par téléphone entre services, le SIE en cours d'installation permettra aux acteurs de communiquer et interroger en quasi temps réels et de manière sécurisée, les données souhaitées à partir de leurs terminaux et / ou tablettes. Les données seront disponibles pour une utilisation opérationnelle et / ou pour l'élaboration de rapports, ... et préparées de manière à être facilement accessibles et compréhensibles pour tous les acteurs, depuis les associations d'usagers des ressources en eau jusqu'au niveau national et transfrontalier.

Les activités menées par l'OIEau en collaboration avec Hydrosolutions Ltd. et des consultants experts locaux, visent ainsi principalement à accroître l'efficacité de la distribution d'eau en améliorant la gestion et le traitement des données, la production et la diffusion des informations.

Etude de cas 39 : suite

Parmi les principaux résultats attendus grâce à cette amélioration des procédures de gestion des données sur l'eau, il est par exemple à souligner que :

- Au niveau local, l'autorité chargée de l'attribution de l'eau pour l'irrigation pourra suivre en ligne (sur une tablette) le bon état cette attribution de l'eau au quotidien sur l'ensemble du réseau de distribution ;
- Au niveau du bassin et au niveau national, l'autorité nationale et de bassin aura accès à de nouveaux services nationaux d'information (rapports, indicateurs, bulletins, cartes) facilitant l'analyse de l'efficacité de l'attribution de l'eau par secteur et par canal ;
- Au niveau transfrontalier, le partage des données transfrontalières sera renforcé par la production régulière de bulletins transfrontaliers sur la situation des ressources en eau et de l'attribution de l'eau.

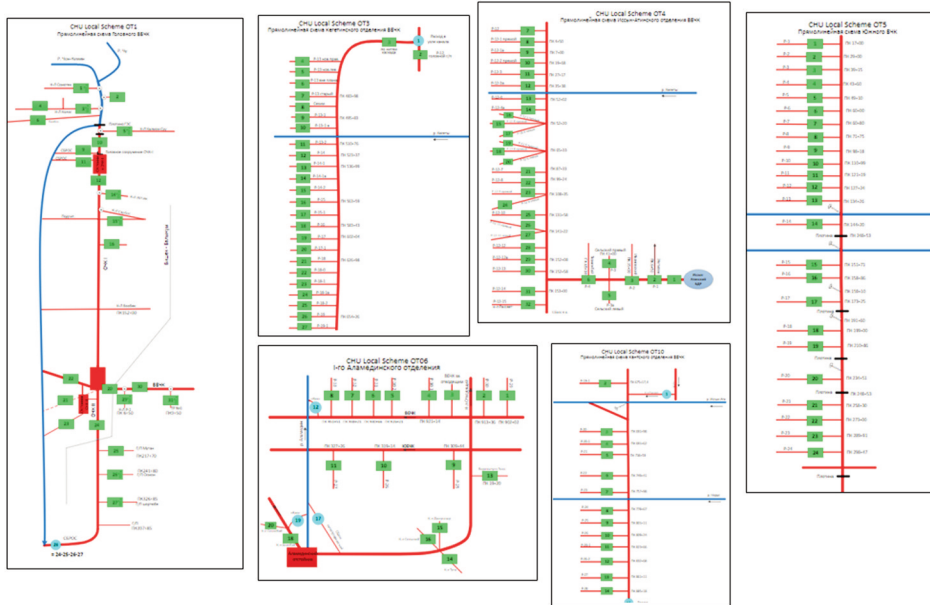


Figure 51 : Exemple de schémas locaux d'irrigation interactifs sur le bassin du Chu au Kirghizstan

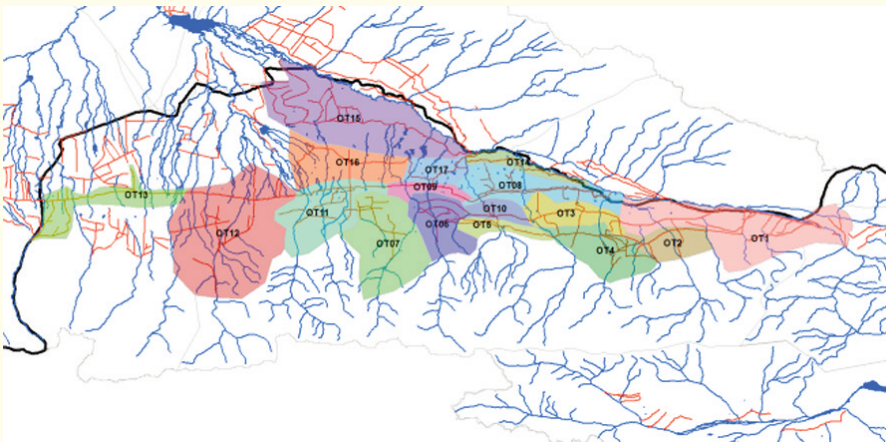


Figure 52 : Avant-projet de délimitation géoréférencée des unités d'irrigation du bassin du Chu au Kirghizstan

Etude de cas 40 : Aires - Zones de protection des captages d'eau potable [14]

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) vise à améliorer l'efficacité d'une approche locale de la protection des captages d'eau avec la mise en place d'un centre de ressources.

Dans le cadre de ce centre, l'Office International de l'Eau (OIEau) est chargé de créer un portail Internet destiné aux acteurs impliqués dans toutes les zones de captage concernées. Ce portail (<https://aires-captages.fr/>) encourage la mise en réseau des acteurs, centralise et diffuse certaines ressources (données, documentation) sur la protection des captages et la lutte contre la pollution diffuse : toutes les ressources scientifiques et techniques (outils et méthodologie) y sont disponibles pour les utilisateurs finaux.

Chaque section du portail est conçue pour répondre aux besoins des animateurs de toutes les zones de captage. L'élaboration d'une fiche d'information spécifique décrivant chaque captage en France est une démarche innovante. Les informations contenues dans ces fiches proviennent de bases de données externes mais aussi de données directement saisies par certains utilisateurs du portail. Ce portail Internet est relié à d'autres sites afin de faciliter la sélection de la documentation utile et d'indiquer des sessions de formation pour les partenaires impliqués sur toutes les zones de captage. Enfin, le portail diffuse les travaux réalisés par le centre de ressources et par de nombreux partenaires du projet. L'OIEau a mené une enquête auprès des Etats Membres européens pour identifier leurs pratiques de lutte contre la pollution diffuse et met à disposition une présentation de ces expériences sur le portail Internet.

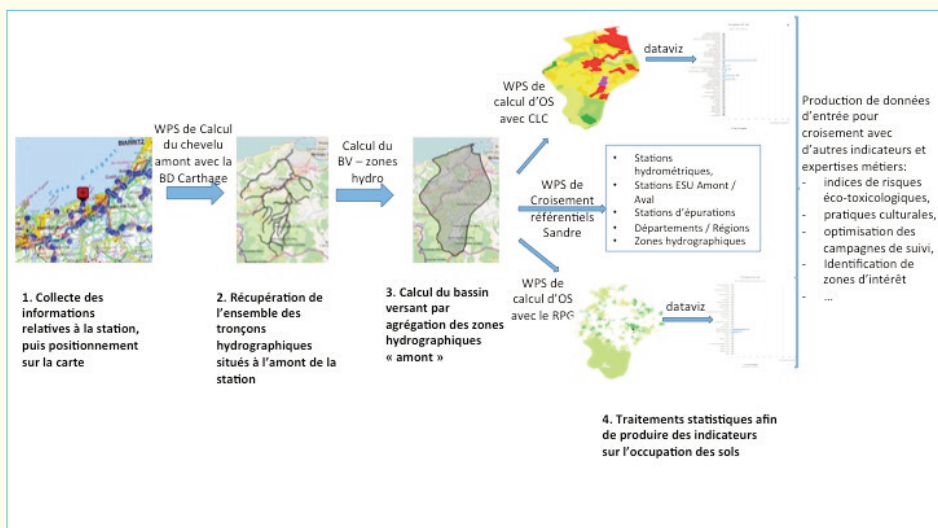


Figure 53 : Exemple de traitement de données avec l'application « Aires »

Etude de cas 41 : SigAgua - Aguas de La Habana [71]

SigAgua est une application SIG spécialisée dans la gestion intégrée du cycle de l'eau en milieu urbain grâce à l'administration d'une base de données géoréférencées regroupant des informations sur la cartographie, l'approvisionnement en eau et l'assainissement. La mise en œuvre d'un SIG facilite la consultation et l'évaluation spatiale des données sur l'infrastructure, accélère la prise de décision et fournit aux sociétés en charge de la distribution de l'eau un outil moderne pour planifier, exploiter et entretenir leur système.

Ce système dispose des fonctionnalités d'édition, d'analyse et de présentation des résultats qui sont fournies par les SIG. On y retrouve par exemple des outils personnalisés pour la gestion des travaux sur l'infrastructure de l'aqueduc (figure 54), dans le but de réduire les pannes ou limiter les arrêts programmés et les zones affectées par le manque d'eau, des connexions aux modèles mathématiques du réseau, des études sur les pertes en eau, des liens directs avec les utilisateurs et le suivi des activités de maintenance. De même, le système comporte des réalisations spécifiques pour la gestion et l'évaluation du réseau d'égouts, ainsi que pour l'élaboration de nouveaux projets d'approvisionnement, d'assainissement et de drainage des eaux pluviales.

L'utilisation des données géographiques est une fonction importante exploitée par le système pour définir les paramètres d'exploitation. La révision de la base de données par des utilisateurs multiples permet au système de fournir des outils rapides pour une mise à jour constante. SigAgua peut être le point d'entrée et de sortie pour un nombre important d'applications informatiques d'usage général dans une entreprise de distribution d'eau.

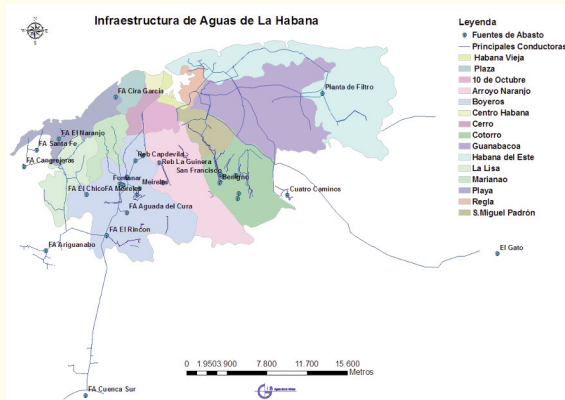


Figure 54 : Quelques infrastructures du réseau principal d'approvisionnement en eau de La Havane

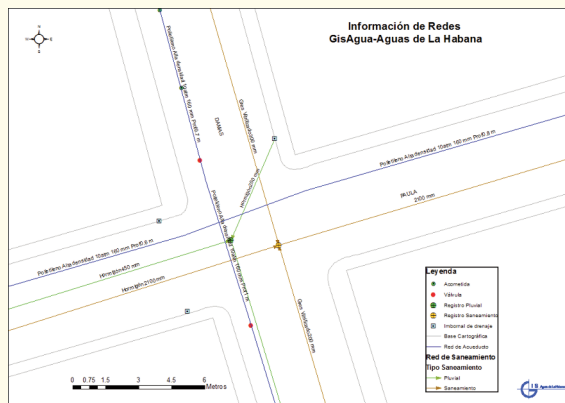


Figure 55 : Exemple d'information sur les canalisations du réseau d'approvisionnement en eau de La Havane

Le projet SigAgua de l'entreprise « Aguas de La Habana » est devenu un outil essentiel pour le développement de l'infrastructure d'eau et d'assainissement de la capitale. Il est considéré comme étant très utile pour la planification et les stratégies à court, moyen et long termes, en raison de sa capacité à générer des études multicritères avec des composantes géoréférencées. Il est devenu une interface de connexion avec des points d'entrée et de sortie pour les divers systèmes informatiques de contrôle, de gestion et d'exploitation de l'entreprise.

Mais cet outil répond aussi à des besoins externes à l'entreprise « Aguas de La Habana », en devenant une source d'information essentielle pour la croissance urbaine, les projets d'organisation territoriale, et les études sur l'utilisation rationnelle et productive de l'eau. Ce projet a notamment jeté les bases du développement des systèmes d'information sur l'eau et l'assainissement à Cuba en identifiant les besoins pour son développement efficace.

Etude de cas 42 : SISPEA - Système d'information sur les services publics d'eau et d'assainissement [72]

En France, comme dans un certain nombre de pays européens, les indicateurs de performance (IP) pour le suivi des services d'eau et d'assainissement se sont considérablement développés depuis la fin des années 90. Pour diffuser le plus largement possible ces informations sur les performances des services d'eau et

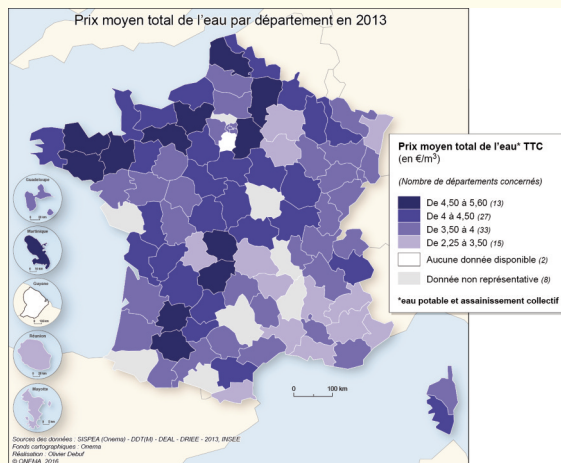


Figure 56 : Prix de l'eau en France par Département

d'assainissement et faire des comparaisons pertinentes, l'ONEMA (organisme désormais intégré au sein de l'AFB) a été chargé de créer un système de suivi compilant à la fois des données descriptives et des indicateurs des services français, connu sous le nom de **SISPEA** (<http://www.services.eaufrance.fr/>), pour **Système d'Information des Services Publics de l'Eau et de l'Assainissement**.

SISPEA a officiellement débuté en 2009 avec une collecte de données concernant l'année 2008. Son rôle est de rassembler toutes les données et les indicateurs de performance auprès des autorités locales ou de leurs opérateurs, de les comparer et de signaler les points à améliorer. Il permet ensuite la production de

rapports tels que les rapports nationaux annuels consolidés sur la performance des services d'eau et d'assainissement.

Application pour smartphone

L'application SISPEA pour smartphone et le site mobile permettent d'accéder aux données sur les services publics d'eau et d'assainissement : mode de gestion, prix des services, rendement, qualité de l'eau, taux de réclamations, etc., par géolocalisation ou par recherche d'une commune.

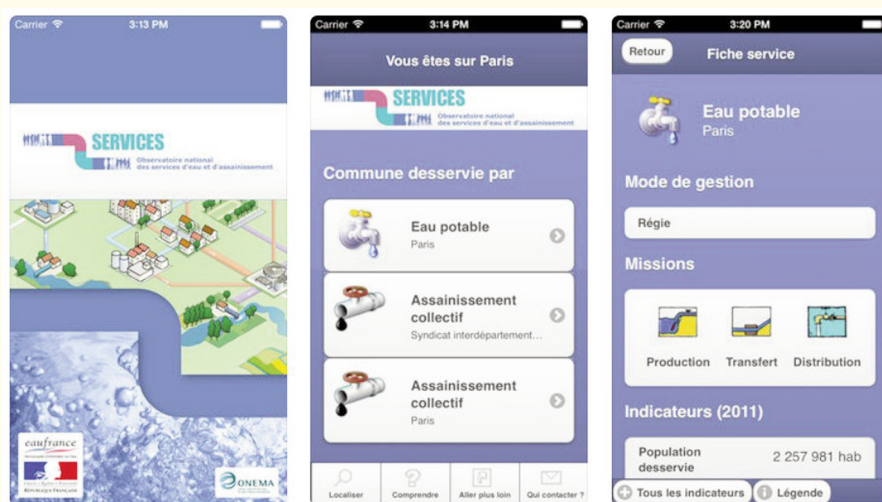


Figure 57 : Interface de l'application Sispea pour smartphone

4.6 - Systèmes d'information sur l'eau pour le rapportage (ODD, DCE, Directive inondation, etc.)

POINTS CLÉS

- La participation à des programmes mondiaux ou régionaux dans le secteur de l'eau, comme ceux liés à l'ODD6 ou à la DCE, requièrent un rapportage périodique.
- Des systèmes d'information spécifiques souvent liés aux systèmes d'informations nationaux et / ou sectoriels sur l'eau sont utilisés pour préparer et communiquer les données et indicateurs nécessaires.

4.6.1 Enjeux et données/informations nécessaires au rapportage

L'implication dans des politiques ou programmes mondiaux ou régionaux exige généralement que les différents acteurs présentent des rapports périodiques sur l'état d'avancement, les progrès et les mesures prises.

Ceci est particulièrement le cas dans le secteur de l'eau dans le cadre de :

- L'ODD6, dédié à l'eau et à l'assainissement dans le cadre de l'Agenda 2030 ;
- La Directive-Cadre européenne sur l'Eau et ses directives filles (risques d'inondation, eaux de baignade, eaux usées urbaines, etc.) ;
- etc.

Des systèmes d'information spécifiques sont généralement utilisés pour préparer et communiquer les données et indicateurs nécessaires. Les outils de traitement et de diffusion de ces indicateurs sont souvent plus efficaces lorsqu'ils peuvent interagir avec les systèmes d'information nationaux et sectoriels sur l'eau, ou être directement intégrés dans les systèmes nationaux d'information sur l'eau.

Cas du rapportage sur l'ODD6

Au fil des années, la communauté internationale dans son ensemble, notamment les institutions régionales et des groupes d'États, ont mis en place un certain nombre de mécanismes régionaux et mondiaux de collecte de données et d'informations en relation avec le thème de l'eau, sur des sujets très divers tels que la navigation, la surveillance et à la prévention de la pollution, la protection de l'environnement et le soutien au développement durable. Dans chaque cas, les paramètres à suivre et la fréquence des rapports varient considérablement en fonction de l'objectif ciblé.

L'adoption par l'Assemblée Générale des Nations Unies de l'Agenda 2030 et des Objectifs de Développement Durable qui y sont liés, en particulier l'ODD-6 sur l'eau et l'assainissement et ses objectifs connexes, revêt une importance particulière dans le suivi des actions visant à :

- Assurer un accès universel et équitable à une eau saine et abordable ;
- Assurer un accès à un assainissement et à une hygiène adéquats et équitables pour tous ;
- Réduire le volume d'eaux usées non traitées et augmenter sensiblement le recyclage et la réutilisation sans danger à l'échelle mondiale ;
- Augmenter l'efficacité de l'usage de l'eau dans tous les secteurs et assurer des prélèvements et des approvisionnements durables ;
- Mettre en œuvre la gestion intégrée des ressources en eau ;
- Protéger et restaurer les écosystèmes aquatiques ;
- Développer la coopération internationale et le soutien au renforcement des capacités.

Pour répondre aux besoins de suivi de l'Agenda 2030, l'Initiative de Surveillance Intégrée pour l'ODD6 a été lancée par l'ONU-Eau, en s'appuyant sur les enseignements de la période précédente de suivi et de rapportage sur les OMD.

Toutes les agences dépositaires des indicateurs mondiaux de l'ODD 6 se sont réunies dans le cadre de cette initiative qui inclue en particulier les travaux du Programme conjoint OMS/UNICEF de surveillance de l'approvisionnement en eau, de l'assainissement et de l'hygiène (JMP), de l'initiative inter-agences GEMI et de l'Analyse et Evaluation Mondiales sur l'assainissement et l'eau potable (GLAAS) de l'ONU-Eau.

Les objectifs de cette Initiative de Surveillance Intégrée sont les suivants :

- Elaborer des méthodologies et des outils pour suivre les indicateurs mondiaux de l'ODD 6 ;
- Sensibiliser aux niveaux national et mondial sur le suivi de l'ODD 6 ;
- Renforcer les capacités technique et institutionnelle des pays pour le suivi ;
- Compiler les données des pays et rendre compte des progrès mondiaux vers l'ODD 6.

Illustrant l'importance de suivre les progrès vers les Objectifs de Développement Durable (ODD), le Secrétaire Général adjoint des Nations Unies, Jan Eliasson, a déclaré que les données sont « *le moteur de la prise de décision et la matière première de la responsabilisation* ».

Encart 19 : A propos de l'IHP WINS pour suivre les progrès réalisés vers l'ODD6 [9]

L'IHP-WINS (présenté en détail dans l'étude de cas n° 18) a été lancé par l'UNESCO-PHI en janvier 2017 comme outil pour encourager et soutenir le suivi des progrès réalisés vers l'ODD6. L'IHP-WINS s'appuie sur la résolution XXII-7 de la 22ème session du Conseil de l'UNESCO-PHI qui s'est tenue en juin 2016 et qui a demandé au Secrétariat du PHI « *d'apporter un soutien aux États Membres pour renforcer leurs capacités institutionnelles, humaines et communautaires et créer une base solide en matière de capacités scientifiques pour le suivi et la mise en œuvre de l'Objectif de Développement Durable N°6 (ODD6) et des autres objectifs liés à l'eau* ».

Dans le cadre du Programme de Développement Durable à l'horizon 2030, l'UNESCO est co-dépositaire de l'indicateur 6.5.2 des ODD sur la coopération dans le domaine des eaux transfrontalières. À cet égard, l'IHP-WINS permettra à l'UNESCO-PHI de fournir tous les résultats sur les progrès réalisés vers cet indicateur 6.5.2.

En tant que telle, la plateforme IHP-WINS est un outil clé de la mise en œuvre et de la surveillance.

Cas du rapportage sur la DCE [73]

La DCE a intégré les principes clés de la gestion intégrée des bassins hydrographiques dans un instrument juridiquement contraignant incluant :

- Une approche participative dans la planification et la gestion à l'échelle du bassin ;
- La prise en compte de l'ensemble du cycle hydrologique et de toutes les pressions et des impacts qui affectent celui-ci ;
- L'intégration des perspectives économiques et écologiques dans la gestion de l'eau.

Elle a également introduit un certain nombre de principes fondamentaux dans la gestion et la protection des ressources aquatiques, tels que :

- Les processus de planification intégrée à l'échelle des bassins, allant de la caractérisation à la définition des mesures, pour atteindre les objectifs environnementaux ;
- L'évaluation complète des pressions et des impacts sur le milieu aquatique et de son état, y compris d'un point de vue écologique ;
- L'analyse économique des mesures proposées ou prises, et l'utilisation d'instruments économiques ;
- Le principe de gestion intégrée des ressources en eau, qui englobe à la fois les objectifs environnementaux et les objectifs de la gestion de l'eau et des politiques connexes ;
- La participation du public et son implication active dans la gestion de l'eau.

En relation avec la DCE, Système d'Information sur l'Eau pour l'Europe (WISE) est utilisé pour le recueil des données et divers outils sont mis à disposition pour faciliter le rapportage.

Les pays sont pour leur part chargés de préparer des jeux de données pour ces rapports en utilisant des dictionnaires de données et des outils communs.

L'article 18 de la DCE exige que la Commission Européenne publie des rapports d'évaluation sur la mise en œuvre de la Directive et les soumette au Parlement et au Conseil européens. **L'évaluation repose sur les informations communiquées par les États Membres**, comprenant les PGDH publiés et la documentation d'accompagnement requise conformément à l'article 15, **le rapportage électronique via le Système WISE dans des formats prédéfinis et approuvés par les Directeurs de l'Eau**, et tout autre document d'information complémentaire que les États Membres considèrent comme pertinent.

4.6.2 Etudes de cas

Etude de cas 43 : WISE – Système d'Information sur l'Eau pour l'Europe [75] [76]

Résultat d'un projet conjoint entre la Commission Européenne/DG Environnement, Eurostat, le Centre Commun de Recherche et l'Agence Européenne pour l'Environnement, le Système d'Information sur l'Eau pour l'Europe (WISE) (<http://water.europa.eu/>) est un système d'information partagé, qui fournit des informations sur l'eau disponibles au niveau européen. Il s'efforce de moderniser et de rationaliser la collecte et la diffusion d'informations relatives à la politique européenne de l'eau. La Directive-Cadre sur l'Eau constitue le cadre officiel de ce rapportage.

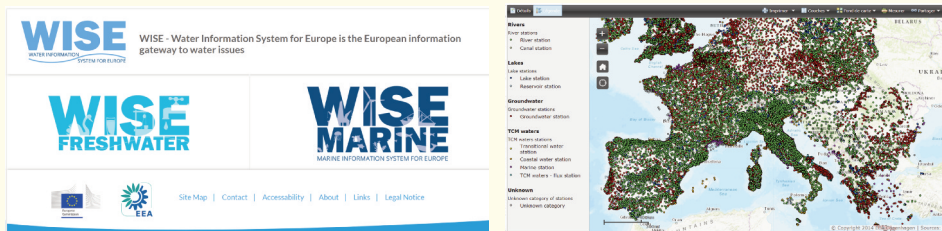


Figure 58: Exemple d'interface de l'application WISE

WISE a été lancé en 2007 pour un usage public en tant que service Internet fournissant un portail Web permettant d'accéder à des informations sur l'eau, des eaux continentales aux eaux marines. Le portail web regroupe des sections couvrant :

- Les **politiques** de l'eau de l'UE (directives, rapports de mise en œuvre et activités de soutien, etc.) ;
- **Des données et des thèmes** (jeux de données rapportés, cartes interactives, statistiques, indicateurs) ;
- **La modélisation** (services actuels et prévisionnels en Europe) ;
- **Des projets et recherches** (inventaire des liens vers des projets et des activités de recherche liés à l'eau récemment terminés et en cours).

Les principaux objectifs de WISE sont de :

- Fournir un point d'entrée unique pour accéder à des données européennes harmonisées et fiables sur l'eau, et à des informations fournies principalement par les États Membres ;
- Evaluer et comparer l'état de l'environnement et les tendances liées à l'eau, ainsi que les pressions et impacts associés des activités humaines, y compris les forces motrices socio-économiques sous-jacentes ;
- Vérifier le respect et la mise en œuvre de la législation européenne sur l'eau et des lois nationales et en informer les citoyens ;
- Utiliser les informations collectées pour évaluer les effets et l'efficacité de la politique de l'eau de l'UE.

Le système offre notamment au public l'accès aux données et aux informations sur l'eau communiquées par les États Membres à l'AEE et à la Commission Européenne en vertu de la Directive-Cadre sur l'Eau. La base de données WISE-DCE contient des données provenant des plans de gestion des bassins rapportés par les membres de l'UE. La base de données complète n'est pas encore disponible pour le téléchargement public. Cependant, un certain nombre de traitements et d'aggrégations ont été faits : ces traitements extraient des données de la base de données et les présentent sous forme de tables de données qui peuvent être téléchargées au format Excel. WISE montre comment des informations multinationales sur l'environnement peuvent être rationalisées, harmonisées, évaluées et rendues publiques pour un bénéfice mutuel en utilisant des technologies de l'information de pointe.

Etude de cas 44 : Projet « UWWT SIIF » : un outil gratuit pour les pays européens pour faciliter l'accès aux données nationales sur l'assainissement [77]

Le « **Structured Implementation and Information Framework** » (SIIF) est un projet en cours de la Commission Européenne (DG Environnement) essentiellement axé sur l'organisation et la gestion des données afin d'améliorer la production d'informations sur la mise en œuvre pratique de la législation pour les décideurs, les parties intéressées et le grand public. Le concept ainsi développé est conforme aux dispositions des Directives sur l'Accès du Public à l'Information en matière d'Environnement, et à INSPIRE.

Le concept SIIF comporte une démarche de gouvernance et un système utilisant les technologies de l'information.

Le SIIF implique une gouvernance centrée sur le suivi de la conformité du bon état écologique, de la pression et des impacts sur l'environnement, des activités économiques et de la création d'emplois. Il a également pour objectif de réduire la charge administrative et de fournir des données plus actualisées afin d'accroître l'efficacité pour tous les utilisateurs potentiels. Fournir un programme de mise en œuvre sur la façon d'atteindre ou de maintenir la conformité aux politiques fait également partie de la démarche de gouvernance du SIIF.

Le système informatique du SIIF comporte trois composantes : (1) les contenus en données de la communauté (besoins en informations et comment elles sont organisées) ; (2) les processus pour les fournisseurs de données (qui fait quoi et comment) ; (3) la diffusion pour les utilisateurs de données (comment afficher). Toutes les composantes ont une dimension nationale et européenne.

Ces développements informatiques sont liés au traitement et à la diffusion du contenu existant du modèle européen de données sur les eaux usées urbaines.

Le projet SIIF a choisi de mettre en place une boîte à outils informatiques open-source. L'outil a été conçu pour diffuser des données et des informations sur l'environnement au niveau national mais aussi pour faciliter le processus de reportage. Il fournit aux Etats Membres de l'UE un moyen peu coûteux de mettre en œuvre l'article 11 de la Directive INSPIRE, et de développer un site web national sur les eaux usées. Le cadre de ce site peut également être adapté pour correspondre à d'autres politiques européennes.

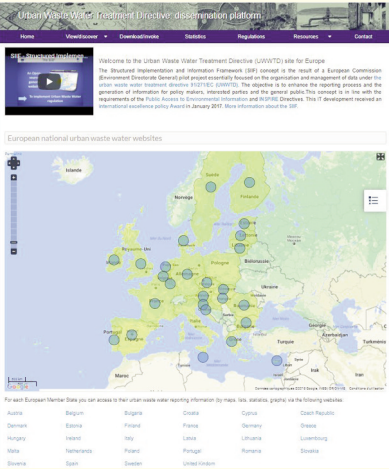


Figure 59: Page de couverture du nœud européen UWWTD SIIF

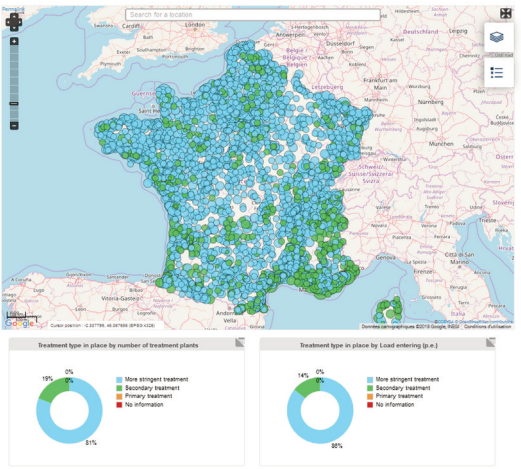


Figure 60: Stations d'épuration en France

4.7 - Systèmes d'information sur l'eau pour les bassins transfrontaliers

POINTS CLÉS

- Les difficultés rencontrées au niveau national dans la gestion des données pour la GIRE sont exacerbées dans les contextes de gestion transfrontalière des ressources en eau.
- Les plateformes d'information transfrontalières permettent de partager des données comparables répondant aux besoins.
- Faciliter l'échange d'informations et de données entre les pays riverains aide à renforcer la confiance et la coopération.

4.7.1 Enjeux et données/informations nécessaires aux bassins transfrontaliers

La gestion des ressources en eau dans les bassins transfrontaliers requiert un partage de données et d'informations répondant aux attentes des parties prenantes pour les différentes activités de planification, suivi, évaluation, prévention et alertes, etc.

Cependant, l'échange d'informations et de données sur un bassin transfrontalier est souvent délicat, tant pour des raisons structurelles (absence d'accord ou de protocole entre les pays) que techniques (difficultés liées à la collecte d'informations, problèmes d'harmonisation des formats des données, des définitions, des méthodes d'analyse, des fréquences de collecte des données, des densités des réseaux de surveillance et du traitement des données...).

Dans de nombreux cas, en plus des difficultés « classiques » (données dispersées, hétérogènes, incomplètes et rarement comparables), les autorités nationales peuvent aussi hésiter à fournir aux pays voisins des informations qu'ils considèrent comme stratégiques, d'autant plus que les ressources en eau ont une valeur économique pour l'hydroélectricité, l'irrigation agricole, la navigation...

Les systèmes d'information sont donc des instruments clés pour la mise en œuvre de la gestion intégrée des bassins transfrontaliers : Il s'agit généralement d'outils conçus pour faciliter la production et le partage des informations attendues par les acteurs. En fonction du contexte, leur mise en place nécessite de traiter les questions institutionnelles, organisationnelles et de gouvernance, et les questions techniques liées à la construction du système d'information. Au niveau organisationnel, il est nécessaire d'avoir une confirmation préalable de la volonté politique de travailler ensemble pour produire des informations partagées, puis de se mettre d'accord sur le cadre de gouvernance, et d'organiser le développement du système en étroite collaboration avec les parties prenantes pour rechercher continuellement des solutions gagnant/gagnant. Au niveau de la gouvernance, l'organisme de bassin transfrontalier, lorsqu'il existe, est généralement chargé de mettre en place le système d'information. Il peut également gérer le système et jouer un rôle de facilitateur dans les groupes de travail créés pour produire et partager l'information.

D'un point de vue technique, le système d'information doit être construit en cherchant avant tout à faciliter la production et la disponibilité des informations utiles à la prise de décision. Il doit s'appuyer, dans la mesure du possible, sur des besoins en information clairement identifiés et doit valoriser les systèmes d'information nationaux et les jeux de données mis à disposition par les partenaires, tout en renforçant les capacités d'échange de données comparables et d'interconnexion des systèmes d'information des partenaires (interopérabilité), en utilisant un langage commun (concepts/référentiel de jeux de données) ainsi que des procédures communes.

Travailler sur un système transfrontalier d'information sur l'eau et au partage de données et informations contribue souvent à renforcer la confiance et à développer la coopération entre les parties concernées.

4.7.2 Etudes de cas

Etude de cas 45 : Systèmes d'Information sur l'Eau facilitant la gestion transfrontalière dans le Bassin du Rhin [78]

La Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) développe, gère et utilise différents types de Systèmes d'Information sur l'Eau (SIE) qui constituent des outils essentiels pour l'échange transfrontalier et la compilation de données dans le Bassin du Rhin. La condition préalable pour un bon fonctionnement de tous les systèmes (virtuels) d'information sur l'eau reste toutefois un échange réel et bien organisé entre les structures de travail de la CIPR, dont les membres recueillent et produisent des données complexes relatives aux problèmes de qualité et de quantité de l'eau. Ainsi, les différentes étapes des actions réalisées conjointement par les pays du bassin du Rhin s'appuient sur des systèmes d'information comprenant des équipements, des logiciels de modélisation et des outils de gestion de données et information géographiques, tel que présentés ci-après.

Pour la gestion des données relatives à la mise en œuvre de la Directive-Cadre européenne sur l'Eau et de la Directive Inondations (DI) dans le Bassin du Rhin, la CIPR a conclu un accord de coopération avec l'Institut Fédéral allemand d'Hydrologie (BfG), y compris pour l'utilisation du portail Eau « **WasserBLiCk** » (plateforme d'échange et d'hébergement de données) et la production de différentes cartes pour le public et pour les spécialistes.

Plan d'avertissement et d'Alerte pour le Rhin

Après l'accident chimique de l'usine Sandoz en 1986, la CIPR a renforcé son plan international d'avertissement et d'alerte (WAP). Si en dépit de toutes les mesures préventives déjà prises, un accident se produit ou si de grandes quantités de substances dangereuses pouvant nuire à la qualité de l'eau ou à l'alimentation en eau potable sont rejetées dans le Rhin, le WAP, basé sur un modèle, est alors activé pour avertir tous les usagers en aval. En complément des avertissements, uniquement envoyés par les grands centres internationaux d'alerte (IAC) dans les cas graves de forte pollution des eaux, le WAP est de plus en plus utilisé pour échanger des informations fiables sur les cas de pollution soudaine des eaux détectés par les stations de surveillance situées le long du Rhin, du Neckar, des rivières principales et des affluents plus petits. Les alertes envoyées et les informations publiées chaque année sont compilées dans un rapport annuel disponible sur le site Internet de la CIPR.

Systèmes transfrontaliers d'information liés à la gestion des risques d'inondation

L'Atlas du Rhin est un outil supranational de sensibilisation comprenant les cartes des risques d'inondation regroupées par les pays riverains. Pour le cours principal du Rhin, la profondeur d'eau et les zones inondables ainsi que les ouvrages à risque sont indiqués selon trois scénarios (probabilité d'inondation élevée, moyenne et faible). Des informations supplémentaires et des cartes nationales plus détaillées sont disponibles en cliquant sur n'importe quelle zone de l'atlas. L'Atlas du Rhin, disponible sur le site Internet de la CIPR, contribue à sensibiliser le public aux risques et à faciliter la mise en œuvre de mesures préventives dans les zones inondables. Il constitue par ailleurs une base de données pour le calcul des risques (voir l'outil CIPR FloRiAn ci-dessous).



Figure 61 : Principaux centres internationaux d'alerte (IAC) et flux d'informations

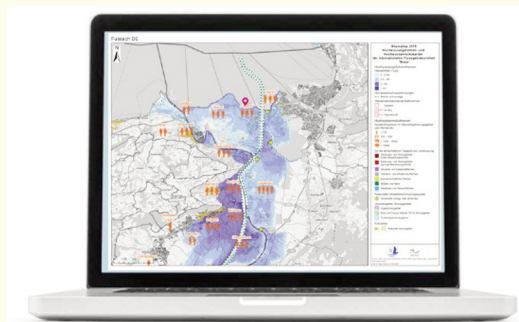


Figure 62 : L'Atlas du Rhin (cartes des risques d'inondation)

Etude de cas 45 : suite

La prévision et l'annonce de crues contribuent à réduire les dommages en cas d'inondation. Les pays du Rhin coopèrent au niveau international à travers des centres nationaux situés le long du fleuve pour échanger des données sur les rejets et les précipitations, et les utilisent pour la prévision des crues. La qualité de l'information et de la prévision est constamment améliorée. Actuellement, des applications mobiles nationales comme « Meine Pegel » (mes jauges) diffusent des informations et des avertissements sur les niveaux d'eau.

Instrument d'évaluation de l'impact des mesures de gestion des risques d'inondation sur l'évolution des risques. La CIPR, appuyée par le bureau d'étude HKV, a développé l'instrument SIG « CIPR FloRiAn (Analyse du risque inondation) ». Il vise à évaluer l'effet des mesures de réduction des risques d'inondation et à estimer la future évolution de ceux-ci. Les cartes d'inondation (développées dans le cadre de la DI) sont à la base de l'outil. Outre la quantification économique du risque d'inondation, des modules sont développés pour quantifier les conséquences des risques pour la santé humaine, l'environnement et le patrimoine culturel. En bref, l'instrument principal se compose de trois modules interactifs de calcul aboutissant à une évaluation globale des dommages ou des risques. La CIPR utilise cet outil pour réduire et évaluer l'évolution des risques le long du Rhin en prenant en compte les impacts des mesures. Cet instrument est disponible sur demande auprès de la CIPR et est applicable à d'autres bassins.

Etude de cas 46 : Bassin transfrontalier de la Sava / SIG-Sava - Système d'informations géoréférencées pour le Bassin de la Sava [79]

La Commission Internationale du Bassin de la Sava (Commission de la Sava), en coopération avec les institutions nationales concernées du Bassin et dans les limites de l'Accord-Cadre pour le Bassin de la Sava (FASRB), a mis en place en 2016 une plateforme commune appelée Système d'Informations géoréférencées pour le Bassin de la Sava (**SIG-Sava**). L'objectif général du SIG-Sava est de fournir de bons canaux de communication à la communauté de la Commission de la Sava pour partager et diffuser des informations et des connaissances sur la protection des ressources en eau et sur les activités de gestion de l'eau dans le bassin. Il facilite également l'échange et l'utilisation d'informations et de données hydrologiques et météorologiques via sa composante, le Système d'Information Hydrologique (**SIH-Sava**).

Le SIG-Sava soutient fortement les pays riverains de la Sava dans leur désir d'atteindre l'acquis communautaire environnemental de l'UE dans le domaine de la gestion de l'eau. Les objectifs spécifiques du SIG-Sava sont de soutenir et d'assister la Commission de la Sava et les pays du bassin dans la planification de la gestion du bassin et dans toutes les activités conjointes ciblées pour les cycles de planification de la DCE, ainsi que les activités spécifiques de planification des risques d'inondation prévues dans la Directive Inondation (DI) de l'UE.

Les modèles de base de données pour la gestion des bassins et la gestion des risques d'inondation ont été conçus et structurés conformément aux directives de l'UE : la Directive INSPIRE et les exigences professionnelles, les Guides Rapportage de la DCE et de la DI. Il est prévu d'étendre cette composante à toutes les autres zones d'intervention de l'ISRBC (gestion de la navigation, gestion des sédiments, prévention et contrôle des pollutions accidentelles). Le géoportail SIG-Sava est un outil évolutif et flexible qui utilise les technologies open source. Il se concentre sur la visualisation et la gestion des données ainsi que sur des services Web ouverts tels que WFS et WMS. Une fois le système pleinement fonctionnel, les parties intéressées (institutions gouvernementales, entités privées, grand public, etc.) pourront consulter les jeux de données disponibles via le géoportail SIG-Sava et ses sous-modules (catalogue de métadonnées, SIH-Sava). Le Géo-portail SIG-Sava peut être consulté à l'adresse : <http://savagis.org/>. Une application Web pour l'édition, le chargement et la récupération de données et de métadonnées permet aux utilisateurs enregistrés de visualiser, partager et récupérer des informations géographiques et des jeux de données stockés dans la base de données pour l'ensemble du bassin.

Etude de cas 46 : suite

Le SIH-Sava, en tant que composante du SIG Sava, représente un outil de collecte, de stockage, d'analyse et de rapportage de données hydrologiques et météorologiques de qualité. L'objectif général du SIH-Sava est de soutenir les pays de la Sava dans le partage et la diffusion de données hydrologiques et météorologiques, d'informations et de connaissances sur les ressources en eau dans le bassin de la Sava. Ces données et ces informations sont utilisées par les systèmes de prise de décision pour tous les aspects de la gestion des ressources en eau, notamment la gestion et la prévision des risques d'inondation, dans un large éventail d'applications opérationnelles et pour la recherche. Depuis que le format Water ML 2.0 (norme d'échange de l'OMM) est utilisé par le SIH-Sava, le système peut stocker des données d'observation de l'eau et des informations spatiales, partagées par les pays, dans un format standard. Il s'occupe également du partage et de la publication de données via des services Web pour une utilisation ultérieure. Une partie spécifique du SIH-Sava est dédiée à l'échange de données en temps réel pour lequel une application web séparée est disponible sur : <http://savagis.org/>.

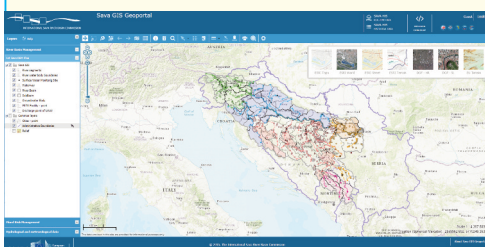


Figure 63 : Copie d'écran du SIG-SAVA

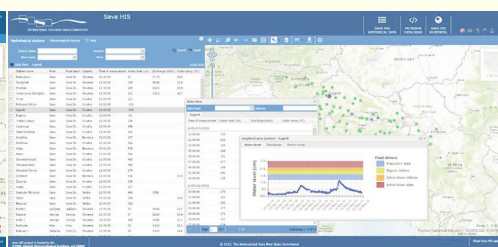


Figure 64 : Copie d'écran du SIH-Sava

Etude de cas 47 : Système Africain de Documentation et d'Information sur l'Eau (SADIEau) [17]

Accès à l'information sur le secteur de l'eau en Afrique



Le Système Africain de Documentation et d'Information sur l'Eau (SADIEau) est une initiative lancée en 2007 par un groupe d'institutions du Nord et du Sud : CREPA (Centre Régional d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement), OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal), RAOB (Réseau Africain des Organismes de Bassin), pS-Eau (Programme Solidarité Eau), OIEau (Office International de l'Eau) et WEDC (Centre de Développement et d'Ingénierie sur l'Eau).

Le SADIEau vise à renforcer la capacité de gestion de l'information des organismes du secteur de l'eau en Afrique en partageant les connaissances, l'expérience et l'information entre les professionnels de l'eau, les communautés et les gouvernements locaux et nationaux à l'échelle panafricaine.

Le SADIEau est un outil stratégique du RAOB (Réseau Africain des Organismes de Bassin). Il constitue une plateforme de gestion de l'information et des connaissances à l'échelle de l'Afrique. Les cibles du centre de ressources du RAOB sont les acteurs opérationnels des politiques publiques impliqués dans la gestion des ressources en eau : ministères (centraux, déconcentrés), bassins, organisations, associations, acteurs socioéconomiques, organismes d'éducation / formation, usagers de l'eau, collectivités locales et associations de consommateurs.

5 - Conclusions et perspectives

Compte tenu des défis croissants auxquels la gestion des ressources en eau est confrontée, l'accès à l'information sur l'état et l'évolution de la ressource et de ses usages est une composante essentielle de toute politique de l'eau. Les administrateurs des ressources en eau, responsables des mesures réglementaires, de la planification, de la gestion des risques et de l'information du public, ont en effet besoin d'informations fiables, actualisées et pertinentes pour prendre de bonnes décisions en matière de gestion de l'eau.

De manière générale, les données et les informations sont potentiellement consultables aujourd'hui sur ordinateurs, tablettes et smartphones, même dans les endroits les plus reculés, et les utilisateurs finaux exigent de plus en plus un accès facile à des données et des informations compréhensibles et adaptées à leurs besoins.

Mais les données nécessaires à la gestion des ressources en eau sont souvent produites et gérées par des organismes divers qui interviennent dans différents secteurs avec peu de coordination.

De nombreux systèmes et jeux de données existent, mais dans un bon nombre de cas, les professionnels et les décideurs manquent encore de données et informations essentielles ; la pléthore de sources de données rend difficile l'identification des plus appropriées, ainsi que l'évaluation de la qualité des informations disponibles.

Des efforts doivent donc être consentis pour organiser de manière efficace et durable l'accès aux données et aux informations sur l'eau, tout en développant les possibilités de combiner les sources de données comparables et de qualité contrôlée, en utilisant des procédures et des outils adaptés aux besoins.

Ce manuel souligne l'importance de la gestion des données pour une gestion efficace des ressources en eau. Il introduit les cinq processus principaux à prendre en compte lors de la mise en œuvre d'un Système d'Information sur l'Eau (SIE), à savoir : la gouvernance des données, la production de données, la gestion intégrée des données et le partage des données entre institutions, le traitement des données et la production d'informations, la diffusion de l'information.

Il présente également les principaux défis rencontrés et des études de cas, montrant comment les systèmes d'information sont mis en œuvre pour répondre aux besoins dans divers domaines de gestion du secteur de l'eau, tels que : la planification de la GIRE, l'adaptation au changement climatique, la gestion des inondations, la protection de l'eau et des écosystèmes, la gestion de l'utilisation de l'eau par secteur (agriculture, eau potable, production d'énergie, etc.), les données pour le rapportage et la gestion des ressources en eau transfrontalières.

Pour l'avenir, il est important de rappeler que le monde des systèmes d'information évolue constamment : « cloud computing » (informatique en nuage), architectures orientées vers les services, intelligence artificielle, services web, Internet des objets, open data, développement de l'interopérabilité, renforcement des métadonnées, « blockchain », visualisation 3D, exploitation des réseaux sociaux, etc.

Par ailleurs, les sources de données sont également en pleine expansion (données satellitaires, objets communicants, crowdsourcing, etc.) et les champs d'application évoluent, notamment avec les besoins d'adaptation au changement climatique.

Tous les secteurs de la gestion de l'eau devraient à terme pouvoir bénéficier de ces innovations avec un retour très positif sur investissement : cela requiert d'adapter la gouvernance, les procédures et les outils à tous les niveaux pour répondre aux besoins et renforcer les compétences et les capacités pour faciliter la production et l'accès à des informations utiles à la prise de décision et à l'information du public.

Les technologies des systèmes d'information du XXI^e siècle ouvrent donc la porte à de nouvelles approches et solutions : il nous appartient de les mettre à profit pour relever les défis actuels et futurs de la gestion des ressources en eau.



Références

- [1] Mitre, n.d. « Information and data management » [online] disponible sur <https://www.mitre.org/publications/systems-engineering-guide/enterprise-engineering/enterprise-technology-information-and-infrastructure/information-and-data-management> [Accès le 17 Novembre 2017]
- [2] Portail Internet données GIRE – OIEau [Accès le 17 Novembre 2017]
- [3] UN-Water, 2008. Transboundary Waters : Sharing Benefits, Sharing Responsibilities, Thematic paper, http://www.unwater.org/downloads/UNW_TRANSBOUNDARY.pdf
- [4] Andrea K. Gerlak- University of Arizona, United States; Jonathon Lautze - International Water Management Institute, South Africa; Mark Giordano - International Water Management Institute, South Africa, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.662.8824&rep=rep1&type=pdf>
- [5] Deighton B., 2017. « Water data used 'as a negotiating chip' ». SciDevNet [online]. Disponible sur: http://m.scidev.net/global/climate-change/news/water-data-used-as-a-negotiating-chip.html?utm_medium=social%20messaging&utm_source=whatsapp&utm_campaign=mobile%20sharing [Accès le 17 Novembre 2017]
- [6] « Guide pour développer l'accès aux données et informations nécessaires à la gestion intégrée des ressources en eau aux niveaux national, transfrontalier et régional » - OIEau
- [7] Weiser M., 2016. Tom Ferguson: « Why Water Needs Data Management. Newsdeeply » [disponible en ligne sur : <https://www.newsdeeply.com/water/community/2016/03/28/tom-ferguson-why-water-needs-data-management> [Accès le 17 Novembre 2017]
- [8] Bureau of Meteorology, 2017. « Good practice guidelines for water data management policy » : World Water Data Initiative. Bureau of Meteorology, Melbourne Link: <http://www.bom.gov.au/water/about/publications/index.shtml>
- [9] Contribution UNESCO
- [10] <http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco>
- [11] OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques), 2007. OECD Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding. Paris, France: OECD Publications. Disponible en ligne sur <http://www.oecd.org/sti/sci-tech/38500813.pdf> [Accès le 17 Novembre 2017]
- [12] UNESCO, 2018 - UNESCO, 2018. Free and Open Source Software (FOSS) disponible en ligne sur <https://en.unesco.org/foss>
- [13] <http://www.bom.gov.au/water/geofabric/>
- [14] France – Agence Française pour la Biodiversité – AFB
- [15] Contribution SEMIDE
- [16] « Manuel de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin », publié par le GWP et le RIOB, Impression par Elanders, Suède, 2009, disponible sur <http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/GWP-INBOHandbookForIWRMinBasins.pdf>
- [17] Contribution OIEau
- [18] « Optimisation of monitoring networks for water systems » <https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjoI9izuZLYAhVP6KQKHRzSACAFgg6MAI&url=https%3A%2F%2Fpubs.usgs.gov%2Fpubs%2F2013%2F5120%2Fpdf%2F2F20135120.pdf&usg=AOvVaw3xNVH2Q2Lhpb6k-qWonMPG>
- [19] Vaisala, 2012, « Weather Stations for Meteorological Applications », disponible sur: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/MET_AWS_brochure_B211184EN-A_210x280_lores.pdf
- [20] University Corporation for Atmospheric Research, 2010, « Flash Flood Early Warning System Reference Guide », disponible sur : https://www.meted.ucar.edu/communities/hazwarnsys/ffewsr/FF_EWS.pdf

- [21] Contribution OMM
- [22] OMM, « Current problems of hydrological networks design and optimization ». Disponible sur : http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/chy/chy14/documents/ms/Network_OptimizationV1.pdf
- [23] « Charte qualité de l'hydrométrie en France » (2017)
- [24] OMM, 2008, « Guide to Hydrological Practices », 6th edition, Volume I, http://www.hydrology.nl/images/docs/hwrp/WMO_Guide_168_Vol_I_en.pdf
- [25] Thomas G. Sanders, Robert C. Ward, Jim C. Loftis, Timothy D. Steele, Donald D. Adrian, Vujica Yevjevich, Design of Networks for Monitoring Water Quality, 1983
- [26] <https://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-001-4/page003.html>
- [27] OMM, 2013, « Planning of water quality monitoring systems ». Disponible sur : http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/Technical_report_series/TR-No3water_quality_monitoring_systems.pdf
- [28] Ulrich Looser, Global Runoff Data Centre (GRDC), Looser@bafg.de ou grdc@bafg.de, <http://grdc.bafg.de>
- [29] García, Luis E., Diego J. Rodríguez, Marcus Wijnen, and Inge Pakulski, eds. Earth « Observation for Water Resources Management: Current Use and Future Opportunities for the Water Sector ». Washington, DC: World Bank Group. doi:10.1596/978-1-4648-0475-5. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/22952/9781464804755.pdf>
- [30] Sheffield, J., Wood, E.F, Pan, M., Beck, H., Goccia, G., and K. Verbist. 2017. « Satellite Remote Sensing for Water Resources Management – Potential for Supporting Improved Management in Latin America ». Water Resources Research, sub judice.
- [31] <https://www.pti.org.br/en/cih/summercourse>
- [32] http://www.cazalac.org/mwar_lac/index.php?id=111&L=0%24%24yConference
- [33] CNES - France
- [34] ICPDR – « Remote Sensing Based Agricultural Drought Monitoring and Yield Loss Prediction Method » - <http://isepei.org/case-studies/gwp-cee/remote-sensing-based-agricultural-drought-monitoring>
- [35] Polder, G., van der Heijden, G. W. A. M. (2001) : « Multispectral and hyperspectral image acquisition and processing ». Extrait de : Proceedings of SPIE. Eds.: Q. Tong, Y. Zhu and Z. Zhu, 4548.
- [36] Jones, H.G. and Vaughan, R.A. (2010): « Remote sensing of vegetation. Principles. Techniques, and applications ». Oxford University Press, New York, 353
- [37] Tamás, J. and Bozán, Cs. 2009. « Biomass productivity on the Békés- Csanád loess plateau ». Cereal Research Communications. 37 (4): 505-508
- [38] Auteurs: Dr. Tobias Siegfried¹, Robert Naudascher¹, Oytüre Anarbekov²
1: Hydrosolutions Ltd., Lindenbachstrasse 11, CH-8006 Zurich, Suisse
2: IWMI-Central Asia Project Office, C/o PFU CGIAR/ICARDA-CAC, Tachkent, Ouzbékistan
- [39] Pratibha Mistry on Tue, 12/13/2016, co-authors: Carter Borden, Jessica Anne Lawson, <http://blogs.worldbank.org/water/can-you-crowdsource-water-quality-data>
- [40] ISO norm 19115:2003(E)
- [41] ESRI (Environmental Systems Research Institute), 2003. « Spatial Data Standards and GIS Interoperability ». ESRI White Paper [Disponible en ligne sur <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/spatial-data-standards.pdf> [Accès le 16 Novembre 2017]
- [42] OGC, 2006 - http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=10594
- [43] « PLATA-HIS, Hydrologic Information System Central Web Service Registry for the Plata basin in South America », November 2015, <http://www.whycos.org/wordpress/wp->

- content/uploads/2016/chy15presession/datasharing/LaPlataHIS.pdf
- [44] Arctic-HYCOS, Project Implementation Plan, WHYCOS, March 2014, <http://www.whycos.org/wordpress/wp-content/uploads/2016/chy15presession/datasharing/ArcticHycos.pdf>
- [45] <http://appsolutelydigital.com/WatershedTraining/chapter4.html>
- [46] FREEWAT, 2017. FREEWAT v.1.0, maintenant disponible en ligne sur: <http://www.freewat.eu/news/freewat-v10-now-available> [Accès le 16 Novembre 2017]
- [47] Evaluation, 2016. « Data Visualization That Works, Facilitating HIV Program Targeting: Case Examples and Considerations ». Working paper [online]. Disponible sur: <https://www.measureevaluation.org/resources/publications/wp-16-162> [Accès le 17 Novembre 2017]
- [48] Blitz S., 2017. 10 « Useful Ways to Visualize Your Data (with Examples) ». Sisense [online]. Disponible sur <https://www.sisense.com/blog/10-useful-ways-visualize-data-examples/> [Accès le 17 Novembre 2017]
- [49] UNESCO, 2017. « Water Information Network System (IHP-WINS) » [online]. Disponible sur: <https://en.unesco.org/ihp-wins> [Accès le 20 Novembre 2017]
- [50] Department of Water Resources of the Ministry of Natural Resources - Lao PDR
- [51] Haihe River Water Conservancy Commission - Chine
- [52] Contribution CONAGUA - Mexique
- [53] Bureau des connaissances sur l'eau, Direction de la gestion intégrée de l'eau, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques - Québec
- [54] Equateur SENAGUA/ Ing. Oswaldo Ganzhi Tacuri, Analyst of articulation Territorial and intersectorial
- [55] Rapport UNECE RIOB: <http://www.riob.org/riob/publications-et-documents/article/l-eau-et-l-adaptation-au>
- [56] Rapport OCDE: <http://www.oecd.org/fr/environnement/cc/l-adaptation-nationale-au-changement-climatique-9789264247031-fr.htm>
- [57] IPCC, 2015. Fifth Assessment Report on climate change
- [58] Comité de Bassin Adour-Garonne, « Un plan d'adaptation au changement climatique pour le Bassin Adour-Garonne », http://www.eau-adour-garonne.fr/_attachments/forums-de-l-eau-2017-article/Note%2520PACC_Forum.pdf?download=true
- [59] Climate Policy and Finance Department, The World Bank, Climate Change Knowledge Portal, Brief User's Guidance Manual. Disponible sur: http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/documents/WB_Climate_Change_Knowledge_Portal_Users_Guide.pdf
- [60] Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges, WMO, 2006 <http://www.wamis.org/agm/pubs/brochures/WMO1006e.pdf>
- [61] <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/establishment-of-early-warning-systems>
- [62] Manuel sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les Bassins des Fleuves, des Lacs et des Aquifères Transfrontaliers, RIOB, Mars 2012 (<http://www.inbo-news.org/IMG/pdf/MGIREB-UK-2012-2.pdf>)
- [63] Directive européenne sur les Inondations
- [64] Verbist, K., A. Amani, A. Mishra, and B.J. Cisneros. 2016. Strengthening drought risk management and policy: UNESCO International Hydrological Programme's case studies from Africa and Latin America and the Caribbean. Water Policy, 18 (S2) 245-261; DOI: 10.2166/wp.2016.223

- [65] Liang, X., Lettenmaier, D. P., Wood, E. F. & Burges, S. J. (1994). A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for general circulation models. *Journal of Geophysical Research*, 99(D17), 14415–14428
- [66] Hsu, K., A. Behrangi, B. Iman, and S. Sorooshian (2010). Extreme precipitation estimation using satellite-based PERSIANN-CCS algorithm. *Satellite Rainfall Applications for Surface Hydrology*, M. Gebremichael and F. Hossain, Eds., Springer, 49–67
- [67] Del Corral, J., Blumenthal, M., Mantilla, G., Ceccato, P., Connor, S. and Thomson, M. (2012). Climate information for public health: the role of the IRI climate data library in an integrated knowledge system *Geospatial Health*, 6(3), 15
- [68] International Water Association – IWA
- [69] DriDanube Drought User Service, <http://www.interreg-danube.eu/news-and-events/project-news/1114>
- [70] Plaque de présentation ADES EauFrance, « Accéder, rechercher et visualiser les données sur les eaux souterraines », <http://www.ades.eaufrance.fr/Spip.aspx?page=IMG/pdf/Flyer-ADES- BD.pdf>
- [71] Dir. Técnica, Aguas de La Habana- Cuba
- [72] Pierre-Alain Roche, Solène Le Fur & Guillem Canneva, 2012, Improving Performance of water and sanitation public services. http://www.aspect2050.fr/files/Ouvrage_Performance_UK_LD.pdf
- [73] WFD reporting guidance 2016
http://cdr.eionet.europa.eu/help/WFD/WFD_521_2016/Guidance/WFD_ReportingGuidance.pdf
- [74] <http://www.water.europa.eu>
- [75] <https://www.eea.europa.eu>
- [76] <https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/workshops/wwf2009/wise.pdf>
- [77] www.wtd.oieau.fr
- [78] Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
- [79] International Sava River Basin Commission

L'accès aux données et aux informations sur l'état et l'évolution des ressources en eau, des infrastructures et des usages est fondamental pour toute mise en œuvre des politiques de l'eau.

Or les données nécessaires sont le plus souvent produites par de multiples organismes intervenant dans divers secteurs et, dans de nombreux cas, les informations disponibles sont peu adaptées aux besoins, que ce soit pour les prises de décision ou pour l'information du public.

Des efforts doivent donc être consentis pour renforcer la production et l'accès aux données et informations sur l'eau de manière efficace et durable, tout en créant des synergies entre les acteurs et en combinant les données et ressources disponibles au travers de procédures et outils répondant aux besoins.

Dans cette optique, le RIOB et l'UNESCO, ainsi que l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le Bureau australien de la Météorologie qui coordonne actuellement l'Initiative Mondiale pour les Données sur l'Eau (WWDI) et l'Office International de l'Eau (OIEau) ont regroupés leurs compétences pour préparer ce manuel.

Après un rappel de l'importance de la gestion des données sur l'eau pour une gestion efficace des ressources en eau, ce document présente les 5 composantes principales à prendre en compte lors de la mise en œuvre d'un Système

d'Information sur l'Eau (SIE), à savoir : la gouvernance des données, la production de données, la gestion intégrée des données et le partage des données entre institutions, le traitement des données et la production d'informations, et la diffusion de l'information.

Il décrit ensuite, au travers de synthèses sur les défis rencontrés, complétées d'études de cas, comment ces systèmes d'information sont mis en œuvre pour répondre aux besoins dans divers domaines du secteur de l'eau, tels que : la planification pour la GIRE, l'adaptation au changement climatique, la gestion des inondations et des périodes de sécheresses, la protection des ressources en eau et des écosystèmes, les actions de gestion sectorielles (agriculture, eau potable, production d'énergie, transports, pêche, etc.), le rapportage, et enfin la gestion des ressources en eau transfrontières.

Ce manuel s'adresse aux décideurs du secteur de l'eau et à tous ceux qui souhaiteraient élargir leurs connaissances sur les modalités de production, d'accès, de traitement et de valorisation des données et informations sur l'eau qui s'avèrent nécessaires pour la mise en œuvre d'une politique efficace de Gestion Intégrée des Ressources en Eau au niveau transfrontalier, régional, national ou de bassin.

Réseau International des Organismes de Bassin - RIOB

Secrétariat Général

21, rue de Madrid

75008 PARIS – FRANCE

riob@riob.org

www.riob.org

**Organisation des Nations Unies pour l'Éducation la Science et la Culture
UNESCO**

7 place Fontenoy

75007 Paris – FRANCE

<https://fr.unesco.org/>



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Sous le patronage
de l'UNESCO