



Rapport de stage

Réaliser une base de données mondiale sur les prélèvements anthropiques dans les eaux souterraines et de surface.

Sous la tutelle de Ducharne Agnès, Directrice de recherche CNRS à l'UMR Metis

Hallier Jeanne

2014/2015

M1 ECH

Remerciements :

Ce stage n'aurait jamais pu se réaliser dans de si bonnes conditions sans les aides qui m'ont été apportées tout au long de cette formation.

Je pense d'abord à ma tutrice Agnès Ducharne, Directrice de recherche CNRS à l'UMR METIS à Paris. Sa présence, ses précieux conseils pour mes recherches bibliographiques, la rédaction de mon rapport, mais également tous ses enseignements, m'ont été très bénéfiques.

La méthode d'acquisition et les renseignements sur les bases de données ont permis un travail plus efficace sur mon sujet, grâce aux bonnes indications apportées par Vincent Thieu, Maître de Conférence à l'UMR METIS à Paris, qui m'a notamment beaucoup appris sur les différentes bases de données européennes, telles que les unités utilisées et les variables indiquées. Vincent Thieu m'a également beaucoup aidée dans la mise en forme des cartes, notamment sur les projections employées.

Le traitement et l'exploitation des données n'auraient pu être réalisés sans les interventions de Sylvain Théry, Ingénieur d'études CNRS à l'UMR METIS à Paris, qui m'a énormément aidée à comprendre le fonctionnement de ma principale base de données, en me faisant découvrir des très bons outils de traitement de données.

L'exploitation des données sous forme de carte sur ArcGis a été facilitée grâce aux fichiers qui m'ont été envoyés par Aurélien Baro, Ingénieur d'études CNRS, à l'UMR METIS à Paris. En effet, il m'a fait gagner un temps précieux en m'ayant transmis la carte mondiale des surfaces de pays et leur coordonnées, avec un code d'identification pour chaque pays qui correspondait à celui de ma base de données.

Enfin, je tiens à remercier Sarah Feuillet, Responsable du Service Prévision Evaluation et Prospection à l'Agence de l'eau Seine-Normandie, recommandée par Agnès Ducharne. Ses conseils ont été très importants sur les différents services des eaux en France et sur les différentes personnes à contacter pour des interviews sur les bases de données.

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| Introduction : | 4 |
| I) Synthèse bibliographique : | 6 |
| I.1 Les ressources en eau disponibles sur Terre : | 6 |
| I.2 Usages/Prélèvements d'eau dans le Monde | 7 |
| I.3 Conséquences futures : usages et population, pression sur les ressources en eau renouvelables : | 9 |
| I.3.1 Pression sur les ressources en eau renouvelables : | 9 |
| I.3.2 Conséquence futures du changement climatique sur les usages et les populations : | 10 |
| I.3.3 Vulnérabilité de la demande en eau au changement climatique : | 10 |
| I.4 Analyse des différents articles : Les bases de données | 11 |
| II) Outils et méthodes: | 13 |
| II.1 Base de données AQUASTAT de la FAO : | 13 |
| II.1.1 Définition : | 13 |
| II.1.2 AQUASTAT, principale base de données nationales en ligne : | 13 |
| II.1.3 Acquisition des données : | 13 |
| II.1.4 Variables sélectionnées dans notre étude : | 14 |
| II.1.5 Limites de cette Base de données : | 17 |
| II.2 Traitement des données grâce à un outil d'information géographique : ArcGis : | 18 |
| II.2.1 Brève définition de cet outil : | 18 |
| II.2.2 Méthode d'obtention des cartes : | 18 |
| II.2.3 Mise en page des cartes : | 20 |
| III) Résultats et discussions | 21 |
| III.1 Traitement préalable : analyses des lacunes : | 21 |
| III.1.1 Quantification de la fiabilité : | 21 |
| III.1.1 Analyse de cette fiabilité : | 23 |
| III.1.2 Discussion : | 24 |
| III.2 Calcul des valeurs globales des différentes variables : | 24 |
| III.3. Comparaison des valeurs globales avec la bibliographie : | 25 |
| III.3.1. Rappel : les limites de la base de données AQUASTAT : | 25 |
| III.3.2 Comparaisons avec les valeurs de référence bibliographiques : | 26 |
| III.4. Tendances des ressources et des prélèvements au cours du XXème siècle : | 27 |
| III.4.1 Evolution des ressources en eau renouvelables totales par habitant (m ³ /hab/an)..... | 27 |
| III.4.2. Evolutions des prélèvements en eau douce totaux (km ³ /an)..... | 28 |
| III.4.3 Evolution des prélèvements d'eau en fonction des secteurs : | 29 |
| III.4.4 Facteurs expliquant les différences dans les consommations d'eau entre les pays : | 30 |
| Conclusion : | 31 |

INTRODUCTION :

Les prélèvements d'eau désignent le volume d'eau captée artificiellement dans les cours d'eau ou les nappes souterraines pour un usage agricole, industriel ou domestique. Une partie de l'eau prélevée est rendue au milieu (production d'énergie en particulier, eaux domestiques via les eaux usées traitées). Seule l'eau non restituée –ou restituée dans un état inutilisable- est considérée comme consommation d'eau (ex : eau utilisée par les plantes, évaporation). Dans le monde, 800 km³/an d'eau douce sont prélevés (Margat, 2004).

→ On estime que près de 70% des prélèvements totaux sont destinés à l'agriculture, qui se classe au premier rang des principaux secteurs d'utilisation de l'eau.

→ Le prélèvement d'eau pour les municipalités, qui compte pour 12% du total mondial des eaux prélevées, oscille entre 9% de ce volume total en Asie, 22% en Europe et 26% en Océanie (FAO, 2007).

→ Pour les usages industriels, les prélèvements d'eau représentent 19% du total des eaux prélevées avec de larges variations géographiques. Alors qu'en Afrique subsaharienne 5% seulement du volume prélevé est destiné à l'industrie, la proportion réservée au secteur industriel atteint 50% en Amérique du Nord et dans le Nord de l'Europe et 65% en Europe Occidentale, Centrale et Orientale (FAO, 2007).

La disponibilité en eau est relative à la quantité d'eau renouvelable et à la pression exercée par le nombre d'habitants. La disponibilité signifie aussi que l'eau est présente : dans le temps (au moment souhaitée), dans l'espace (au lieu souhaité) et de qualité acceptable (salubre).

Les utilisations de l'eau correspondent à une mobilisation de la ressource en eau par les sociétés au service du développement et du bien-être (activités économiques, collectivités, individus,...).

L'eau souterraine constitue la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète, environ 8 à 10 millions de km³, soit entre 98 et 99% du total. Son volume annuellement renouvelable par l'infiltration des précipitations est estimé à plus de 10 000 km³. Comparé à l'exploitation annuelle d'environ 800 km³/an effectuée pour satisfaire les besoins du tissu-socio-économique mondial, ce volume peut paraître, a priori, largement satisfaisant, affichant même une marge de développement potentiel complémentaire.

L'eau superficielle qualifie toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. Les eaux douces de surface ont un volume total très faible : il représente 0.18 millions de km³, soit 0.013% de l'hydrosphère. Elles sont vulnérables à la pollution car elles reçoivent directement les eaux de ruissellement, c'est-à-dire les eaux de pluie ruisselant sur le sol, qui s'infiltrent dans le sol ou dans le sous-sol, ou qui rejoignent un cours d'eau. Tout au long de leur périple, les cours d'eau sont aussi alimentés par les eaux de ruissellement et souvent par des eaux souterraines.

De nombreuses bases de données mondiales sur les ressources et les prélèvements en eau douce sont actuellement utilisées pour modéliser l'évolution de ces paramètres faces au changement climatique et à la croissance démographique.

L'objectif de ce stage est de poser les jalons d'une base de données mondiale sur les prélèvements anthropiques dans les eaux souterraines et de surface. Ces prélèvements sont répartis selon différents usages potentiellement conflictuels en cas de pénurie d'eau. Les différents secteurs d'utilisation de l'eau sont les usages domestiques, l'agriculture (avec majoritairement l'irrigation) et les industries non desservies (non reliées au réseau municipal). Cette base de données mondiale servira ultérieurement à analyser l'impact de ces prélèvements sur l'évolution des débits voire du climat. Cela servira ainsi à réaliser une meilleure caractérisation de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau souterraines et les potentialités à soutenir les prélèvements, en lien avec les questions d'adaptation au changement climatique. En effet, cela servira à construire une base historique pour des analyses rétrospectives dans un premier temps, du type de

Sterling et al. (2013). Aborder le futur implique de projeter l'évolution des prélèvements, ce qui nécessite aussi une référence historique.

Une étude bibliographique préalable sera présentée en première partie sur les connaissances actuelles des prélèvements et ressources en eau dans le monde et sur les utilisations des bases de données historiques par des équipes qui ont projeté l'évolution de ces variables sous différentes contraintes possibles pour le futur.

Puis, dans une seconde partie, les outils et méthodes d'acquisition et traitement des données seront illustrés. Et enfin, les résultats et interprétations de ces derniers seront présentés en dernière partie, qui sera plus une partie sur les méthodes d'études et d'exploitations de la base de données et les difficultés rencontrées lors des interprétations.

I) Synthèse bibliographique :

Ma recherche bibliographique était ciblée sur des articles et rapport qui traitaient des bases de données liées aux problématiques présentées dans la synthèse ci-après.

Partout dans le monde, les ressources en eau s'amenuisent en raison des activités humaines et de facteurs naturels. Même si la population a pris davantage conscience au cours des dix dernières années de la nécessité de mieux gérer et protéger l'eau, les critères économiques et les considérations politiques ont toujours tendance à déterminer la politique de l'eau à tous les niveaux. La recherche scientifique et les meilleures pratiques ne reçoivent que très rarement une attention suffisante.

Les pressions qui pèsent sur les ressources en eau sont de plus en plus fortes, principalement en raison des activités humaines, notamment l'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions exercées par l'Homme sur le cycle hydrologique et sur la ressource en eau.

I.1 LES RESSOURCES EN EAU DISPONIBLES SUR TERRE :

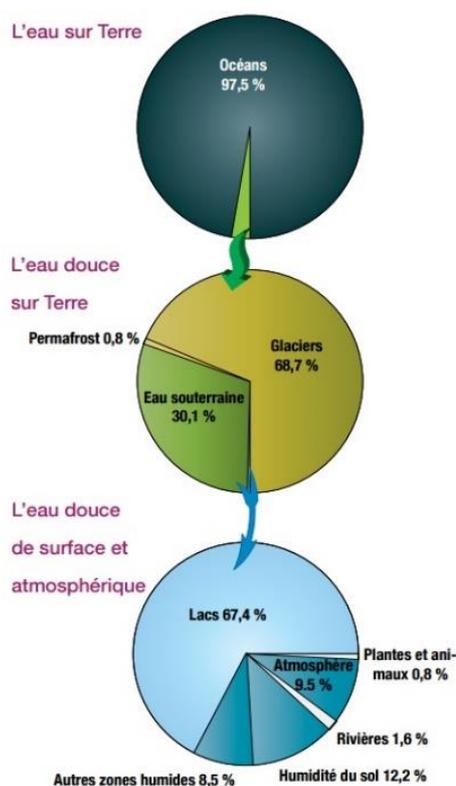


Figure 1: Répartition de l'eau terrestre (Source:eost.unistra.fr)

La quantité d'eau sur Terre est gigantesque : environ 1.4 milliards de km³, d'après les estimations de Shiklomanov et al, 2003. Cependant, 97.5% de cette quantité se trouve sous forme d'eau salée et seulement 2.5% sous forme d'eau douce, soit environ 35 millions de km³ (UNESCO, 2006).

La figure 1, ci-contre, recense ces proportions. 68.7% de l'eau douce se présente sous forme de glace et de neige permanente, 30.1% sous forme d'eau souterraine, 0.27% sous forme d'eau dans les lacs et les rivières, 0.13% sous une autre forme (atmosphère, humidité dans les sols, marais, etc).

D'après Shiklomanov et al, 2003 et UNESCO, 2003, la répartition de l'eau sur Terre n'est pas statique.). Chaque année, 577 000 km³ d'eau se renouvellent sur Terre : c'est le volume qui s'évapore chaque année de la surface des océans et des continents et ainsi que le volume qui est rendu chaque année par les précipitations.

La notion de « Ressources en eau » (ou « Ressources en eau renouvelables ») désigne généralement les volumes d'eau douce liquide participant aux écoulements (l'écoulement désigne la quantité d'eau qui s'écoule sur la surface terrestre et donne une bonne indication de l'eau disponible) entrant dans le cycle hydrologique, accessibles aux usages humains. On parle alors « d'eau bleue ». Elle néglige l'eau de pluie utilisée directement par l'agriculture non irriguée, qui fait partie de ce qu'on appelle « l'eau verte », utilisée par l'ensemble des écosystèmes naturels (d'après Marsily, 2006). Ay Hoekstra a développé en 2012 une nouvelle et plus précise évaluation de la pénurie mondiale de l'eau en combinant 3 innovations dans la mesure de la disponibilité et des utilisations de l'eau (mesure l'utilisation de l'eau en termes de consommation d'eau souterraine et flux de

surface, soit l'empreinte de l'eau bleue, plutôt que les prélèvements d'eau. Avec la base de données AQUASTAT de la FAO (2010), il a estimé la rareté de l'eau bleue dans un bassin donné comme le rapport de l'empreinte de l'eau bleue dans ce bassin sur l'eau bleue disponible. L'empreinte mensuelle de l'eau bleue de l'Homme (Volume total d'eau virtuelle utilisée pour produire un produit ou un service) a été estimée par résolution spatiale de 5 x 5 minutes d'arc pour la surface du globe, en faisant la distinction entre les empreintes hydriques domestiques, industrielles et agricoles.

Les ressources en eau se constituent à partir des 45000 km³/an d'eau douce qui s'écoulent sur Terre, mais on estime que seulement 10 000 à 12 000 km³/an sont utilisables. En effet, une partie de l'eau s'écoule en des lieux inhabités, une partie s'écoule trop vite pour être stockée (lors des crues) et une certaine quantité d'eau doit continuer à s'écouler au sein des écosystèmes naturels et des nappes souterraines, pour ne pas mettre en danger les équilibres et dynamiques naturels.

I.2 USAGES/PRELEVEMENTS D'EAU DANS LE MONDE

Le prélèvement d'eau désigne l'eau extraite de sa source pour un usage spécifique. Les principaux secteurs consommateurs d'eau sont l'agriculture irriguée, l'industrie et les municipalités. Les volumes d'eau prélevés varient largement, aussi bien géographiquement qu'entre les différents secteurs.

- Le prélèvement total désigne la quantité totale prélevée annuellement pour les besoins domestiques, industriels et agricoles.
- Le prélèvement domestique comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout.
- Le prélèvement industriel comprend les prélèvements d'eau des usines non raccordées au système d'égout municipal, et peut comprendre, dans certains pays, l'eau de refroidissement utilisée par des usines.
- Le prélèvement agricole englobe les prélèvements pour l'irrigation et l'élevage du bétail.

Tableau 1: Prélèvements d'eau douce par secteur et par région pour l'année 2001 (Source: AQUASTAT, 2006)

| Continent Régions | Ressources en eau renouvelables | Volume total de l'eau douce utilisée | Prélèvements d'eau douce par secteur | | | | | | Taux de prélèvement des ressources renouvelables (%) |
|----------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|---|
| | | | Domestiques | | Industriels | | Agricultures | | |
| | | | Km3/a | % | Km3/a | % | Km3/a | % | |
| Monde | 43 659 | 3 830 | 381 | 10 | 785 | 20 | 2 664 | 70 | 8.8 |
| Afrique | 3 936 | 215 | 21 | 10 | 9 | 4 | 184 | 86 | 5.5 |
| Asie | 11 594 | 2 378 | 172 | 7 | 270 | 11 | 1 936 | 81 | 20.5 |
| Amérique Latine | 13 477 | 252 | 47 | 19 | 26 | 10 | 178 | 71 | 1.9 |
| Caraïbes | 93 | 13 | 3 | 23 | 1 | 9 | 9 | 68 | 14.4 |
| Amérique du Nord | 6 253 | 525 | 70 | 13 | 252 | 48 | 203 | 39 | 8.4 |
| Océanie | 1 703 | 26 | 5 | 18 | 3 | 10 | 19 | 72 | 1.5 |
| Europe | 6 603 | 418 | 63 | 15 | 223 | 53 | 132 | 32 | 6.3 |

A l'échelle mondiale, selon la FAO (2006), il semblerait que les prélèvements n'exercent qu'une pression modérée sur les ressources en eau : ils ne représentent que 9% (Tableau 1) des ressources renouvelables et les consommations (part de l'eau prélevée non restituée au milieu de prélèvements sous forme liquide) environ 5%.

D'après Wada et al., 2014, qui ont évalué les prélèvements en eaux de surface et souterraine à l'échelle du globe, avec la base de données AQUASTAT de la FAO (2003) à l'échelle du pays, les prélèvements d'eau de

surface et souterraine ont montré généralement une augmentation constante dans le monde, avec une augmentation plus rapide des prélèvements d'eaux souterraines depuis les années 90.

Le principal utilisateur d'eau est l'agriculture irriguée (69% selon la FAO 2007) et 84% des consommations). Ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13% du total en France). Mas plus le climat est sec, plus l'agriculture doit avoir recours à l'irrigation et plus sa part dans les prélèvements augmente. Ainsi, Petra Döll et al, 2002 ont réalisé un modèle d'irrigation global avec une résolution spatiale de 0.5° x 0.5° (carte produite en combinant l'information des cartes à grandes échelles données de la FAO sur la superficie totale irriguée en 1995 et les données nationales sur la surface totale irriguée par pays, bassins de drainage ou état fédéral), afin de montrer les « Besoins en irrigation bruts » dans le monde, c'est-à-dire la quantité totale d'eau qui doit être appliquée pour l'irrigation afin que l'ETP puisse se produire à un taux potentiel et que la productivité des cultures optimales soit atteinte. L'étude a ainsi montré que les exigences les plus élevées à l'échelle mondiale, avec des valeurs de plus de 500 mm/an, se produisent en Inde, au Pakistan, en Ouzbékistan, en Irak, en Turquie et en Egypte. Plus de 300 mm/an sont atteints aux Etats-Unis (Californie et dans le Midwest), en Grèce, en Roumanie, en Iran, etc. Au Chili, en Argentine, au Mexique, en Espagne, en Italie, en France et au Soudan, il y a certains endroits où les besoins nets en irrigations peuvent être de plus de 100 mm/an.

- Le prélèvement d'eau pour les municipalités, qui compte pour 10% des prélèvements totaux et 2% des consommations, oscille entre 9% de ce volume total en Asie, 22% en Europe et 26% en Océanie. (FAO, 2007).
- Le prélèvement d'eau pour les usages industriels représente 20% du total des eaux prélevées avec de larges variations géographiques. Alors qu'en Afrique sub-saharienne 5% seulement du volume prélevé est destiné à l'industrie, la proportion réservée au secteur industriel atteint 50% en Amérique du Nord et dans le Nord de l'Europe et 65% en Europe Occidentale, Centrale et Orientale (FAO, 2007).
- L'eau évaporée par les barrages et réservoirs représente 5% des prélèvements et 10% des consommations totales.

Cette répartition des utilisations de l'eau par secteur est présentée dans la figure 2.

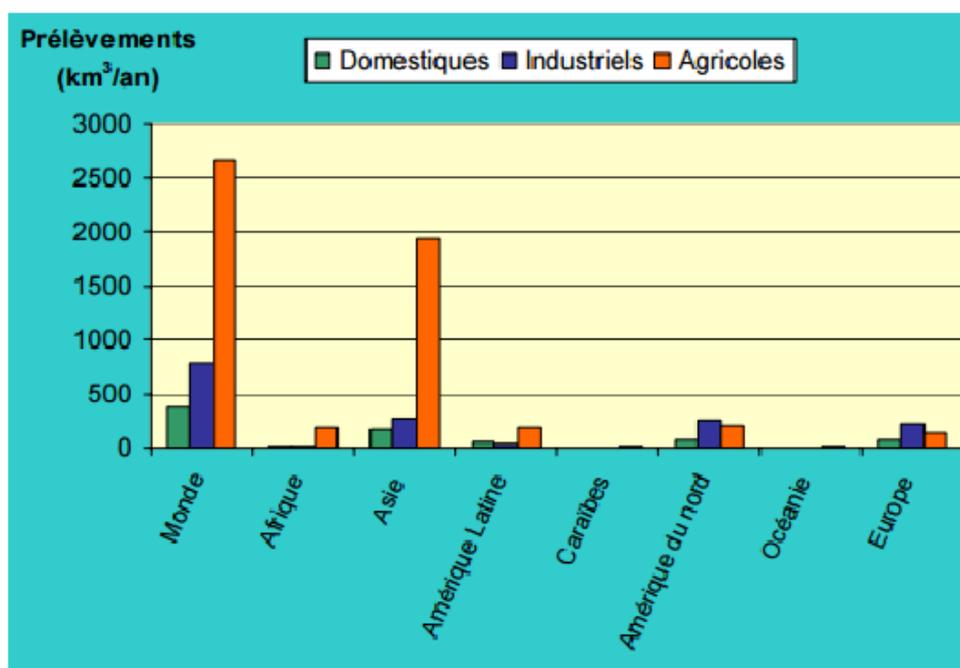


Figure 2: Prélèvements en eau par région et par secteur pour l'année 2001 (Source: FAO, 2006)

I.3 CONSEQUENCES FUTURES : USAGES ET POPULATION, PRESSION SUR LES RESSOURCES EN EAU RENOUVELABLES :

I.3.1 PRESSION SUR LES RESSOURCES EN EAU RENOUVELABLES :

Les ressources d'eau douce renouvelables par personne constituent un indicateur très simple de manque d'eau au niveau nationale. On parle de stress sur les ressources en eau à partir du moment où le volume d'eau disponible d'un pays est inférieur à 1700 m³/an soit 4600 litre/jour/personne. Une fois franchi le seuil des 1000 m³/an soit 2700 litre/jour/personne, on se trouve confronté à une situation de rareté des ressources hydriques (FAO, 2007). La rareté absolue de l'eau se produit lorsqu'un pays dispose de moins de 500 m³/an, soit à peu près 1400 litre/jours/personne.

La répartition des ressources en eau mondiales est représentée dans la figure 3 ci-dessous.

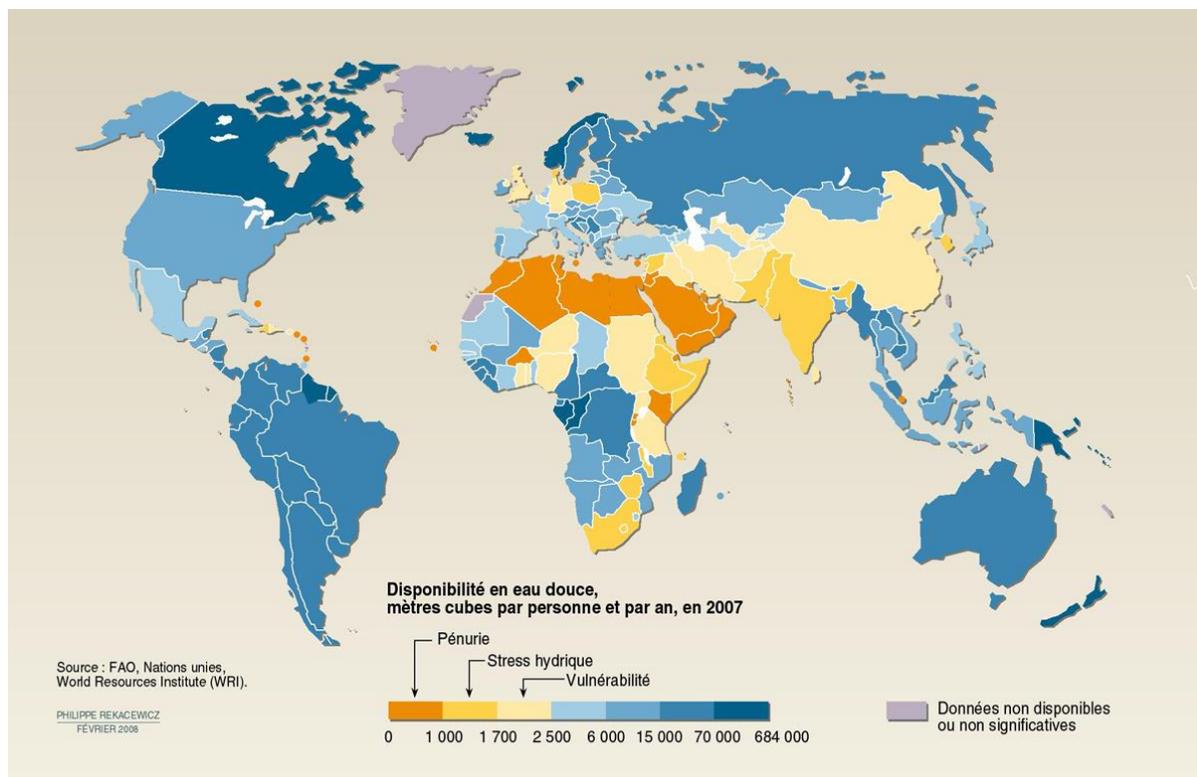


Figure 3: Ressources en eaux renouvelables mondiales (m³/hbt/an) (Source: FAO, 2006)

L'adéquation future des ressources en eau douce est difficile à évaluer, en raison d'une géographie complexe et en rapide évolution de l'offre et de l'utilisation de l'eau. Vörösmarty et al, 2000 ont réalisé une étude de haute résolution géographique de l'utilisation de l'eau et de la disponibilité, avec l'analyse de la vulnérabilité de l'infrastructure des ressources en eau au changement climatique future, la croissance démographique, la migration et le développement industriel. En utilisant les données du World Ressources Institute, Washington DC, 1998, ils ont réalisé un modèle avec une résolution de cellule de 1km x 1km. En prenant en compte les secteurs industriels et domestiques, l'agriculture irriguée et leur combinaison, et en utilisant différents scénarios, ils ont projeté que la consommation totale d'eau par habitant pourrait diminuer de 640 à 580 m³/an entre 1985 et 2025.

I.3.2 CONSEQUENCE FUTURES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES USAGES ET LES POPULATIONS :

En ce qui concerne les prélèvements pour les collectivités, les prélèvements par personne vont chuter dans beaucoup de pays développés (du fait de la forte croissance démographique, de l'industrialisation, l'urbanisation et l'intensification agricole qui diminueraient les ressources en eau renouvelables), ce qui pourrait plus que compenser la croissance de population, tandis que l'on peut s'attendre à ce qu'ils augmentent avec le niveau de vie dans les pays en développement. On s'attend à ce que l'urbanisation dans les pays en développement conduise à des augmentations substantielles dans les prélèvements d'eau municipale (Wada et al., 2014).

Pour les usages industriels, l'utilisation de l'eau augmenterait substantiellement avec l'essor industriel des pays en développement, mais avec probablement une utilisation de l'eau plus efficace (ex : déplacement des centrales électriques sur les côtes pour utiliser l'eau de mer pour le refroidissement). D'après la FAO, l'usage industriel de l'eau augmente ; cette augmentation devrait se concentrer largement sur l'Asie et l'Amérique Latine.

La quantité d'eau utilisée pour l'agriculture dépend du niveau de développement de l'irrigation, du prix de l'eau et de la fiabilité de la réserve. Les usages futurs de l'irrigation dépendent de l'expansion des terres irriguées (Siebert, 2005), de l'efficacité de l'irrigation et des pratiques de prix. Le taux d'augmentation de quantité d'eau utilisée pour l'irrigation est très incertain et dépend notamment du taux de croissance des populations (augmentation de la demande) et des marchés agricoles. Le niveau de prix reflétant la pénurie d'eau affectera les quantités utilisées.

I.3.3 VULNERABILITE DE LA DEMANDE EN EAU AU CHANGEMENT CLIMATIQUE :

Le changement climatique est un autre facteur potentiel d'influence sur la demande en eau (Döll et al., 2002). La sensibilité de la demande municipale au changement climatique sera probablement très dépendante des usages qu'on fait de l'eau ; les domaines les plus sensibles sont l'augmentation de la demande d'eau pour la toilette personnelle et l'arrosage du jardin et de la pelouse.

L'usage industriel à des buts de fabrication est insensible au changement climatique. Les demandes pour le refroidissement, elles, pourraient être affectées : l'augmentation des températures réduiront l'efficacité du refroidissement, nécessitant plus d'extraction d'eau (ou plus d'efficacité technologique, ou encore un changement radical de technologie), Vörösmarty et al., 2000.

La demande en eau agricole est beaucoup plus sensible au changement climatique que la demande municipale et industrielle. Il y a deux effets potentiels.

Dans un premier temps, le changement climatique pourrait changer les besoins et la durée de l'irrigation ; l'augmentation de sécheresse pourrait mener à une augmentation de la demande, mais la demande pourrait être réduite si l'humidité du sol augmente à des périodes critiques de l'année ; au niveau local, les prévisions divergent selon les scénarios ; les besoins nets et globaux en irrigation augmenteraient, par rapport à une situation sans changement climatique, de 3.5 à 5% d'ici 2025 et 6 à 8% d'ici 2075 (deux scénarios considérés par Döll et Siebert, (2002).

Le deuxième effet potentiel sur la demande d'irrigation est conséquent à l'augmentation des concentrations en CO₂ atmosphérique, qui diminuent la conductance stomatale des plantes et donc augmentent l'efficacité de l'utilisation de l'eau ; mais ceci pourrait être diminué dans une large mesure par la croissance accélérée des plantes, à cause de l'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère (A. Ducharme, communication personnelle).

Il existe donc de très grandes incertitudes concernant les prélèvements pour l'irrigation future.

I.4 ANALYSE DES DIFFERENTS ARTICLES : LES BASES DE DONNEES

Afin de réaliser ce rapport et bien comprendre le sujet, il a été très utile d'étudier les rapports réalisés avec des bases de données en adéquation avec le sujet. Pour chaque article, il a donc fallu en tirer quel modèle avait été utilisé, pour quel(s) objectifs, avec quelle base de données et quelle résolution à l'échelle de la Terre.

La synthèse de ces articles se trouve dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2: Synthèse des articles étudiées pour cette étude (les bases de données sont expliquées en ANNEXE 1

| AUTEUR | MODELE | OBJECTIF(S) | DOMAINE COUVERT | BASE DE DONNEES |
|----------------------------------|--|--|---|--|
| Vörösmarty et al., (2000) | | Identifier la contribution du changement climatique, le développement humain et leur combinaison pour l'état futur des ressources en eau mondiales | Cellule de 1km ² | World Water Report II (1996) |
| Döll et al., 2002 | Global Model of Irrigation Requirements | Calculer comment les besoins moyens en irrigation pourraient changer à long terme selon les conditions climatiques des années 2020 et années 2070. Relier ces changements de besoins en irrigation causés par les variations au long terme et interannuelle du climat dans le XXème siècle | 0.5° x 0.5° | FAO sur la surface totale irriguée en 1995 Données nationales sur la surface totale irriguée par pays, bassins de drainage ou état fédéral. |
| Alcamo et al., 2003 | WATERGAP2 | Utilisation et disponibilité en eau | A l'échelle du bassin versant sur 1000 rivières d'ordre 1 | IRRI, 1988 GRDC, 1999 |
| Siebert et al., 2005 | | Version récente de la carte mondiale des aires irriguées | Fraction de cellule d'arc de 5' | AQUASTAT de la FAO Banque Mondiale |
| Wada et Van Beek (2010) | PCR GLOBWB | Estimer la recharge des eaux souterraines mondiales | 0.5° 0.5° | CRV TS2 et CRU CLIM 1.0 |
| | GGIS (Système mondial d'information des eaux souterraines) | Estimer les captages d'eaux souterraines | 0.5° x 0.5° | IGRAC a compilé une grande base de données sur les ressources |

| | | | | |
|--------------------------|--|--|---|--|
| | | | | mondiales en eaux souterraines (GGIS) |
| Ay .HOEKSTRA 2012 | | Evaluation nouvelle et plus précise de la pénurie mondiale de l'eau en combinant 3 innovations de la mesure de la disponibilité/utilisation de l'eau | 0.5° x 0.5° pour l'empreinte de l'eau bleue Données par cellule calculée comme l'empreinte de l'eau bleue dans une cellule de la grille (m3/mois) divisée par la surface de la cellule de la grille (10 ³ m ²) | AQUASTAT de la FAO (2010) Composite Runoff v1.0 data, 2010 grdc |
| Wada et al., 2014 | | Simuler dynamiquement les prélèvements en eau et la consommation et l'utilisation de l'eau sur une période de 1979 à 2010 | Par pays pour l'année 2000 Modèle : 0.5° x 0.5° | AQUASTAT de la FAO 2003 WRI |

Les bases de données sont détaillées en ANNEXE 1.

II) Outils et méthodes:

II.1 BASE DE DONNEES AQUASTAT DE LA FAO :

II.1.1 DEFINITION :

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a créé en 1994 AQUASTAT, le système mondial d'information conçu pour fournir les informations nationales les plus fiables sur les ressources hydriques et leurs utilisations et les mettre à disposition, dans un format standard, aux utilisateurs souhaitant s'informer sur les perspectives mondiales ou régionales.

Cette grande base de données est le système mondial d'information sur l'eau de la FAO, développé par la Division des terres et des eaux. Le mandat principal du programme est la collecte, l'analyse et la diffusion d'information sur les ressources en eau, l'utilisation de l'eau, et la gestion de l'eau agricole, avec un accent sur l'Afrique, l'Asie, l'Amérique latine et les Caraïbes. Ainsi, dans cette base de données, l'information est synthétique et régulièrement mise à jour aux niveaux mondial, régional et national

AQUASTAT qui avait pour but principal de recueillir et publier des informations statistiques, a considérablement évolué au cours des 20 dernières années en incorporant à son objectif principal, la perspective hydrologique transfrontière (FAO, 2015, Site Web d'AQUASTAT, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

II.1.2 AQUASTAT, PRINCIPALE BASE DE DONNEES NATIONALES EN LIGNE :

La principale base de données d'AQUASTAT utilise MySQL et est disponible en trois langues : français, anglais et espagnol. Elle fournit des informations sur l'eau et l'agriculture par pays, y compris des métadonnées. Au total, 180 variables et indicateurs peuvent être obtenus, par pays ou par région et par période, dans les principales catégories suivantes :

- utilisation des terres et population,
- ressources en eau,
- utilisation de l'eau par secteur et par source,
- développement de l'irrigation et du drainage,
- environnement et santé.

Les métadonnées accessibles au niveau des points de données offrent :

- des informations supplémentaires sur les composantes qui ne sont pas des variables formelles ou des zones physiques dans la base de données d'AQUASTAT, ou toute autre information contextuelle ;
- plus de souplesse pour expliquer l'usage possible des données communiquées lorsqu'une légère incertitude subsiste (par opposition au choix binaire : publier/ne pas publier) ;
- la possibilité d'étayer le processus de décision en stockant des notes internes qui expliquent l'acceptation ou le rejet de points de données spécifiques.

II.1.3 ACQUISITION DES DONNEES :

L'acquisition des données sur le site internet d'AQUASTAT est relativement simple :

La figure 4 ci-dessous nous aide à comprendre les étapes suivantes.

- A : sélectionner les variables utiles pour notre étude (180 variables disponibles) ;
- B : sélectionner les pays que l'on cherche (200 pays référencés) ;

- C : sélectionner la période couverte (de 1958 à 2017) ;
- D : Afficher les codes des variables et des pays.

The screenshot displays the AQUASTAT web interface with several key sections highlighted by red boxes and letters:

- A:** A red box highlights the 'SÉLECTIONNEZ LES VARIABLES' section, which contains a tree structure of variables under 'Géographie et population'.
- B:** A red box highlights the 'SÉLECTIONNEZ LES PAYS' section, which lists various countries for selection.
- C:** A red box highlights the 'SÉLECTIONNEZ LA PÉRIODE' section, which shows a timeline of years from 1958 to 2017.
- D:** A red box highlights the 'Afficher les codes' button in the 'OPTIONS' section at the bottom right.

Figure 4: Méthode d'acquisition des données d'AQUASTAT de la FAO (Source: fao.org)

En effet, chaque variable a un code numérique de 4 chiffres qui lui est propre (ex : « Ressources en eau renouvelables totales par habitant » a le code 4190) et chaque pays un code de 3 lettres (ex : Pour l'Afghanistan le code est AFG).

Ces codes d'identification des variables et des pays seront alors nécessaires pour le traitement de données, mais surtout pour la mise en forme de cartes grâce à un outil de système d'information géographique, tel que ArcGIS.

Enfin, les résultats des requêtes peuvent être téléchargés sous format CSV après avoir sélectionné les variables et les pays.

II.1.4 VARIABLES SELECTIONNEES DANS NOTRE ETUDE :

Afin de répondre à notre sujet, sur les prélèvements en eau douce dans le monde, nous avons sélectionné sur AQUASTAT les différentes variables suivantes :

- **Population mondiale (Unité : 1000 hab. ; code référence AQUASTAT 4104)**
Définition : Désigne généralement la population présente (de fait) sur le territoire, dans laquelle sont prises en compte toutes les personnes présentes physiquement à l'intérieur des frontières géographiques nationales du moment au milieu de la période de référence.
- **Prélèvement d'eau total par habitant : (Unité : m3/hab/an. ; code référence AQUASTAT 4257)**
Définition : Volume total d'eau prélevé par habitant.
Critère de calcul : « Prélèvement d'eau total par habitant » = « Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » x 1000000 / « Population totale »
- **Prélèvement d'eau superficielle (primaire et secondaire) : (Unité : m3/hab/an ; code référence AQUASTAT 4261)**

Définition : Volume d'eau annuel brut extrait des rivières, lacs et réservoirs. Il comprend le prélèvement des ressources en eau de surface renouvelables primaires et les sources d'eau douce secondaires (eau prélevée précédemment et retournée).

- **Prélèvement d'eau souterraine (primaire et secondaire) : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4262)**

Définition : Volume d'eau annuel brut extrait des aquifères. Il comprend le prélèvement d'eau souterraine renouvelable, l'eau extraite des aquifères fossiles profonds (eau non renouvelable) et le prélèvement excessif potentiel d'eau souterraine renouvelable.

- **Prélèvement d'eau douce total (primaire et secondaire) : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4263)**

Définition : Somme des prélèvements d'eau superficielle et d'eau souterraine.

Critère de calcul : « Prélèvement d'eau douce total (primaire et secondaire) » = « Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » - « Eau dessalée produite » - « Utilisation directe d'eaux usées municipales traitées » - « Utilisation directe d'eau de drainage agricole ».

- **Ressources en eau renouvelables totales : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4188)**

Définition : Somme des ressources en eau renouvelables intérieures et extérieures réelles. Cela correspond au volume annuel théorique dont dispose effectivement un pays à un moment donné.

Critère de calcul : « Ressources en eau renouvelables totales » = « Ressources en eau superficielle renouvelables totales » + « Ressources en eau souterraine renouvelables totales » - « Part commune aux eaux superficielle et souterraine ».

- **Prélèvements d'eau douce en % des ressources en eau renouvelables totales : (Unité : % ; code référence AQUASTAT 4275)**

Définition : Volume d'eau douce prélevé sur une année donnée, exprimé en pourcentage des ressources en eau renouvelables totales réelles. Ce paramètre donne une indication de la pression exercée sur les ressources en eau renouvelables.

Critère de calcul : « Prélèvement d'eau douce en % des ressources en eau renouvelables totales » = $100 \times \frac{\text{Prélèvement d'eau douce total (primaire et secondaire)}}{\text{Ressources en eau renouvelables totales}}$

- **Ressources en eau superficielle renouvelables totales : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4185)**

Définition : Somme des ressources en eau superficielle renouvelables intérieures et extérieures totales réelles.

Critère de calcul : « Ressources en eau superficielle renouvelables totales » = « Eaux superficielles : flux extérieur total renouvelable » + « Eaux superficielles produites à l'intérieur du pays ».

- **Ressources en eau souterraine renouvelables totales : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4187)**

Définition : Somme des ressources en eau souterraine renouvelables intérieures et extérieures totales réelles. En règle générale, les ressources en eau souterraine renouvelables extérieures (entrant dans le pays) naturelles et réelles sont considérées comme identiques.

Critère de calcul : « Ressources en eau souterraine renouvelables totales » = « Eaux souterraines produites à l'intérieur du pays » + « Eaux souterraines : flux entrant comptabilisé ».

- **Part commune aux eaux superficielle et souterraine : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4156)**

Définition : Part des ressources renouvelables en eau douce commune aux eaux de surface et aux eaux souterraines. Cette part est égale au volume de drainage des eaux souterraines dans les cours d'eau (qui constitue généralement le débit de base des cours d'eau) moins le volume de l'infiltration des cours d'eau dans les aquifères.

- **Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4253)**

Cette variable revient à la même chose que la variable sur les prélèvements d'eau douce totale (primaire et secondaire), 4263.

Définition : Volume annuel d'eau prélevé pour l'agriculture, les usages industriels et les collectivités. Ce volume comprend les ressources en eau douce renouvelables ainsi que le prélèvement excessif

éventuel d'eau souterraine renouvelable ou l'extraction d'eau souterraine fossile, et l'utilisation éventuelle d'eau dessalée ou d'eaux usées traitées. Il n'inclut pas d'autres catégories d'utilisation de l'eau, par exemple pour l'hydroélectricité, l'extraction minière, les loisirs, la navigation et les pêches de capture (eau douce), étant entendu que ces secteurs se caractérisent par un taux de consommation totale nette très faible.

Critère de calcul : « Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » = « Prélèvement d'eau pour les municipalités » + « Prélèvements d'eau pour les usages industriels » + « Prélèvement d'eau pour l'agriculture ».

- **Prélèvement d'eau pour les municipalités : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4251)**
Définition : Volume annuel d'eau prélevée essentiellement pour l'utilisation directe par la population. Ce volume comprend les ressources en eau douce renouvelables ainsi que le prélèvement excessif potentiel d'eau souterraine renouvelable ou l'extraction d'eau souterraine fossile, et l'utilisation potentielle d'eau dessalée ou d'eaux usées traitées. Il est généralement calculé comme correspondant au volume d'eau total prélevé par le réseau public de distribution, et peut inclure la partie des utilisateurs industriels qui sont raccordés au réseau communal. Le rapport entre la consommation totale nette et le prélèvement d'eau peut varier de 5 à 15 % dans les zones urbaines et de 10 à 50 % dans les zones rurales.
- **Prélèvement d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total : (code référence AQUASTAT 4255)**
Critère de calcul : « Prélèvement d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total » = « Prélèvement d'eau pour les municipalités » / « Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » x 100.
- **Prélèvement d'eau agricole : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4250)**
Définition : Quantité annuelle d'eau prélevée pour l'irrigation, l'élevage et l'aquaculture et fournie de façon autonome. Comprend des ressources d'eau douce primaires renouvelables et secondaires ainsi que les prélèvements excédentaires d'eaux souterraines renouvelables ou les prélèvements d'eaux souterraines fossiles, l'utilisation directe d'eau de drainage agricole et d'eaux usées (traitées) et l'eau dessalée. L'eau destinée à l'industrie laitière, à la production de viandes et au traitement industriel de produits agricoles récoltés est incluse dans les prélèvements d'eau industrielle.
- **Prélèvement d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total : (code référence AQUASTAT 4254)**
Critère de calcul : « Prélèvement d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total » = « Prélèvement d'eau pour l'agriculture » / Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » x 100.
- **Prélèvement d'eau pour l'irrigation : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4475)**
Définition : Quantité annuelle d'eau prélevée à des fins d'irrigation. Dans la base de données AQUASTAT, le prélèvement d'eau pour l'irrigation fait partie du prélèvement d'eau pour l'agriculture, ensemble avec le prélèvement d'eau pour l'élevage (abreuvement et assainissement) et pour l'aquaculture. Elle comprend les ressources d'eau douce renouvelables ainsi que les quantités d'eau excédentaires prélevées dans des eaux souterraines renouvelables ou les prélèvements dans des nappes fossiles, l'utilisation d'eau de drainage agricole et d'eaux usées (traitées) et l'eau dessalée. La quantité d'eau prélevée pour l'irrigation dépasse largement le volume d'eau consommé, en raison de pertes subies au cours de la distribution entre la source et les cultures. Le terme « ratio des besoins d'eau » (parfois appelé « efficacité d'irrigation ») désigne le rapport entre les besoins nets en eau d'irrigation ou besoin en eau des cultures, ce qui est le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit entre l'évapotranspiration potentielle et la pluie efficace au cours de la période de croissance de la culture, et la quantité d'eau prélevée pour l'irrigation, pertes comprises. Dans le cas spécifique de l'irrigation de terres rizicoles, un apport d'eau supplémentaire est nécessaire pour faciliter la préparation des terres et protéger les plantes. Dans ce cas, les besoins en eau d'irrigation sont la somme du déficit d'eau pluviale et de la quantité d'eau nécessaire pour inonder les champs de riz. Au niveau du périmètre, les valeurs du ratio des besoins d'eau peuvent varier entre environ 20% et 85%.
- **Prélèvement d'eau pour les usages industriels : (Unité : km³/an ; code référence AQUASTAT 4252)**
Définition : Volume annuel d'eau prélevé pour les usages industriels. Ce volume comprend les ressources en eau renouvelables ainsi que le prélèvement excessif possible d'eau souterraine renouvelable ou l'extraction d'eau souterraine fossile, et l'utilisation éventuelle d'eau dessalée ou

d'eaux usées traitées. En règle générale, ce secteur fait référence aux industries autoalimentées qui ne sont pas raccordées à un réseau de distribution. Le rapport entre la consommation totale nette et le prélèvement est estimé à moins de 5%. L'eau prélevée pour le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires est incluse, mais l'eau pour l'hydroélectricité n'est pas incluse.

- **Prélèvement d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total : (code référence AQUASTAT 4256)**

Critère de calcul : « Prélèvement d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total » = « Prélèvement d'eau pour les usages industriels » / « Prélèvement d'eau total (somme des secteurs) » x 100.

II.1.5 LIMITES DE CETTE BASE DE DONNEES :

Le manque de séries chronologiques complètes pour les variables d'AQUASTAT rend difficile le développement de tendances et une meilleure compréhension de la question des ressources en eau dans un contexte socio-économique donnée. Il existe des lacunes dans les données d'AQUASTAT, dont les causes sont diverses mais qui sont principalement dues au manque d'information et de capacités au niveau national et au manque de ressources à tous les niveaux. Bien qu'AQUASTAT réalise des modélisations précises pour compléter les données nationales, il importe que la plupart des données continuent d'être transmises directement par les pays eux-mêmes (Margat, 2004).

Cette absence de séries chronologiques complètes limite l'interprétation possible à partir des données AQUASTAT, mais permet cependant aux utilisateurs d'AQUASTAT de compléter ces lacunes ; utilisateurs qui attribuent parfois ces données à des années plus récentes que celles attribuées par AQUASTAT. Ceci accroît la confusion, en particulier pour les entités nationales qui croient disposer de statistiques modélisées par AQUASTAT.

Les problèmes d'insuffisance et de manque de fiabilité des données amènent à dresser un tableau, qui, s'il est interprété comme un produit final, pourrait engendrer des suppositions incorrectes, ce qui est évidemment inacceptable. C'est donc pour cela, que dans l'ensemble des 200 pays analysés et sur les variables sélectionnées pour cette étude, les lacunes resteront et les « cases vides » feront référence à des valeurs non attribuées « N.A. ».

De plus, séparer eaux souterraines et eaux de surface est, en règle générale, plus clair et plus facile au niveau des sources d'approvisionnement et des prélèvements qu'à celui de la définition des ressources. Cependant, inventorier et chiffrer les prélèvements d'eau souterraine ne sont nulle part chose facile, en raison du grand nombre des exploitants et des variabilités de certaines exploitations, telles que celles opérées pour les irrigations de complément. L'effort périodique nécessaire à cette fin est inégalement entrepris suivant les pays. Aussi, les statistiques disponibles ne sont pas sans défaut :

-les prélèvements d'eau souterraine ne sont pas définis dans tous les pays de manière homogène. Les captages de source sont compris dans certains pays et dans d'autres, de même que les captages riverains de cours d'eau qui induisent la réalimentation des aquifères, ou encore l'exhaure des mines et carrières, pourtant souvent très importants.

- Les quantités prélevées ne sont pas estimées avec une égale validité ; en particulier, les prélèvements des agriculteurs sont estimés avec le plus d'incertitude. Certaines statistiques proviennent de comptage et d'inventaires assez complets, d'autres proviennent d'estimations indirectes.

- Les prélèvements sur les ressources renouvelables ne sont pas toujours clairement séparés de ceux sur les ressources non renouvelables dans les pays où les deux existent.

- Les dates de valeur ne sont pas synchrones et les historiques de prélèvements d'assez longues durées ont rares.

- Les répartitions des prélèvements par secteur d'utilisation ne sont pas toujours comparables. Les secteurs de l'industrie et des collectivités sont souvent confondus.

II.2 TRAITEMENT DES DONNEES GRACE A UN OUTIL D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE : ARCGIS :

II.2.1 BREVE DEFINITION DE CET OUTIL :

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcMap, ArcCatalog, et ArcToolbox. A l'aide de ces trois applications, nous pouvons effectuer toutes les tâches SIG (Système d'Information Géographique), de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement. Cet outil est un système complet, intégré et à géométrie variable conçu pour répondre aux besoins d'une grande variété d'utilisateurs SIG.

ArcMap représente l'application centrale dans ArcGIS. Il s'agit de l'application SIG utilisée pour toutes les tâches associées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse des cartes et la mise à jour. Les cartes ont une mise en page contenant une fenêtre géographique (ou vue) avec un ensemble de couches, légendes, barres d'échelle, flèches du Nord et autres éléments.

II.2.2 METHODE D'OBTENTION DES CARTES :

On réalise pour chaque variable et pour chaque période de 4 ans (de 1958 à 2017, soit 12 périodes) une carte sur ArcGis.

Pour cette partie, nous prendrons comme exemple, la variable 4188 « Ressources en eau renouvelables totales (km3/an) » pour la période 2003/2007.

Pour cela, nous devons d'abord sélectionner dans notre base de données la période désirée (cf tableau 3 ci-dessous, encadré bleu).

Tableau 3: Ensemble des données pour la variable "Ressources en eau renouvelables totales" pour les 12 périodes

| CODE PAYS | PAYS | CODE VARIABLES | VARIABLES | 1958-1962 | 1963-1967 | 1968-1972 | 1973-1977 | 1978-1982 | 1983-1987 | 1988-1992 | 1993-1997 | 1998-2002 | 2003-2007 | 2008-2012 | 2013-2017 |
|-----------|---|----------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| AFG | AFG(Afghanistan) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 | 65,33 |
| AGO | AGO(Angola) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 | 148,4 |
| ALB | ALB(Albanie) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 | 39,2 |
| AND | AND(Andorre) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 | 0,396 |
| ARE | ARE(Emirats arabes unis) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| ARG | ARG(Argentine) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 | 676,2 |
| ARM | ARM(Armenie) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 |
| ATG | ATG(Bahamas) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 | 492 |
| AUS | AUS(Australie) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 | 77,7 |
| AUT | AUT(Autriche) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 |
| AZE | AZE(Azerbaïdjan) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 |
| BDI | BDI(Burundi) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 |
| BLR | BLR(Belgique) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 | 26,39 |
| BRN | BRN(Brunei Darussalam) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 |
| BFA | BFA(Burkina Faso) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 | 1227 |
| BGD | BGD(Bangladesh) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| BRF | BRF(Brésil) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 |
| BHS | BHS(Bahamas) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| BHT | BHT(Bhoutan) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 | 21,73 |
| BLU | BLU(Bulgarie) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 | 574 |
| BLZ | BLZ(Belize) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 | 8947 |
| BOL | BOL(Bolivie (État plurinational de)) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| BRA | BRA(Brésil) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 |
| BRB | BRB(Barbade) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| BRN | BRN(Brunei Darussalam) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 | 12,24 |
| BTH | BTH(Bhoutan) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 |
| BVA | BVA(Burkina Faso) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 | 2902 |
| CAF | CAF(République centrafricaine) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 | 53,5 |
| CAN | CAN(Canada) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 | 9231 |
| CHE | CHE(Suisse) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 | 2940 |
| CHL | CHL(Chili) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 | 94,14 |
| CHN | CHN(Chine) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 | 2831 |
| CMR | CMR(Cameroun) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 | 1263 |
| COG | COG(Congo) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 | 832 |
| COD | COD(Congo (République démocratique du Congo)) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 | 2360 |
| COL | COL(Colombie) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| COM | COM(Comores) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| COU | COU(Cuba) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| CRI | CRI(Costa Rica) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 | 38,12 |
| CYP | CYP(Cyprus) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,79 |
| CZE | CZE(République tchèque) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 | 154 |
| DEU | DEU(Allemagne) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| DNK | DNK(Danemark) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DOM | DOM(Dominique) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 | 23,5 |
| DOM | DOM(Dominique) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 | 1167 |
| DOU | DOU(Dominique) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 | 457,4 |
| ECU | ECU(Ecuador) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| EGY | EGY(Egypte) | 4188 | 4188.Ressources en eau renouvelables totales (l03 m3/an) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Nous obtenons ainsi un fichier associé à la variable 4188 « Ressources en eau renouvelables totales (km3/an) » pour la période 2003/2007 (Tableau 4 ci-dessous).

Tableau 4: Sélection de la période 2003/2007 pour la variable étudiée dans notre base de données

| CODE PAYS | PAYS | CODE VARIABLES | VARIABLES | 2003-2007 |
|-----------|--------------------------------------|----------------|---|-----------|
| AFG | AFG Afghanistan | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 85,33 |
| AGO | AGO Angola | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 148,4 |
| ALB | ALB Albanie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 30,2 |
| AND | AND Andorre | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,3196 |
| ARE | ARE Émirats arabes unis | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,15 |
| ARG | ARG Argentine | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 876,2 |
| ARM | ARM Arménie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 7,769 |
| ATG | ATG Antigua-et-Barbuda | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,052 |
| AUS | AUS Australie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 432 |
| AUT | AUT Autriche | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 77,7 |
| AZE | AZE Azerbaïdjan | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 34,88 |
| BDI | BDI Burundi | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 12,54 |
| BEL | BEL Belgique | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 18,3 |
| BEN | BEN Bénin | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 26,39 |
| BFA | BFA Burkina Faso | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 13,5 |
| BGD | BGD Bangladesh | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 1227 |
| BGR | BGR Bulgarie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 21,3 |
| BHR | BHR Bahreïn | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,116 |
| BHS | BHS Bahamas | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,7 |
| BIH | BIH Bosnie-Herzégovine | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 37,5 |
| BLR | BLR Biélorus | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 58 |
| BLZ | BLZ Belize | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 21,73 |
| BOL | BOL Bolivie (État plurinational de) | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 574 |
| BRA | BRA Brésil | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 8847 |
| BRB | BRB Barbade | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,08 |
| BRN | BRN Brunei Darussalam | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 8,5 |
| BTN | BTN Bhoutan | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 78 |
| BWA | BWA Botswana | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 12,24 |
| CAF | CAF République centrafricaine | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 141 |
| CAN | CAN Canada | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 2902 |
| CHE | CHE Suisse | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 53,5 |
| CHL | CHL Chili | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 323,1 |
| CHN | CHN Chine | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 2840 |
| CIV | CIV Côte d'Ivoire | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 84,14 |
| CMR | CMR Cameroun | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 283,1 |
| COD | COD République démocratique du Congo | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 1283 |
| COG | COG Congo | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 832 |
| COK | COK Îles Cook | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 2360 |
| COL | COL Colombie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 1,2 |
| COM | COM Comores | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,3 |
| CPV | CPV Cap-Vert | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,78 |
| CRI | CRI Costa Rica | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 38,12 |
| CUB | CUB Cuba | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,78 |
| CYP | CYP Chypre | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 13,15 |
| CZE | CZE République tchèque | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 154 |
| DEU | DEU Allemagne | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,3 |
| DJI | DJI Djibouti | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 0,2 |
| DMA | DMA Dominique | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 6 |
| DNK | DNK Danemark | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 23,5 |
| DOM | DOM République dominicaine | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 116,7 |
| DZA | DZA Algérie | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | 457,4 |
| ECU | ECU Équateur | 4188 | 4188 Pessources en eau renouvelables totales (10 ⁹ m ³ /an) | |

Il faut tout d'abord télécharger un fichier d'une carte mondiale des pays avec le même code à 3 chiffres. Ce champ « code pays » sera le lien pour notre jointure attributaire entre le fichier de la surface des pays avec celui de la variable étudiée.

On obtient ainsi deux tables attributaires :

-« countries_2008 » : carte mondiale des pays et de leur surface ;

-Variable pour la période n.

Afin d'associer la répartition de la variable dans le monde, on réalise une jointure entre ces 2 tables attributaires à l'aide des « codes pays », champ commun aux deux tables.

Ainsi, on obtient une seule couche qui représente la répartition de la variable étudiée à l'échelle du globe.

II.2.3 MISE EN PAGE DES CARTES :

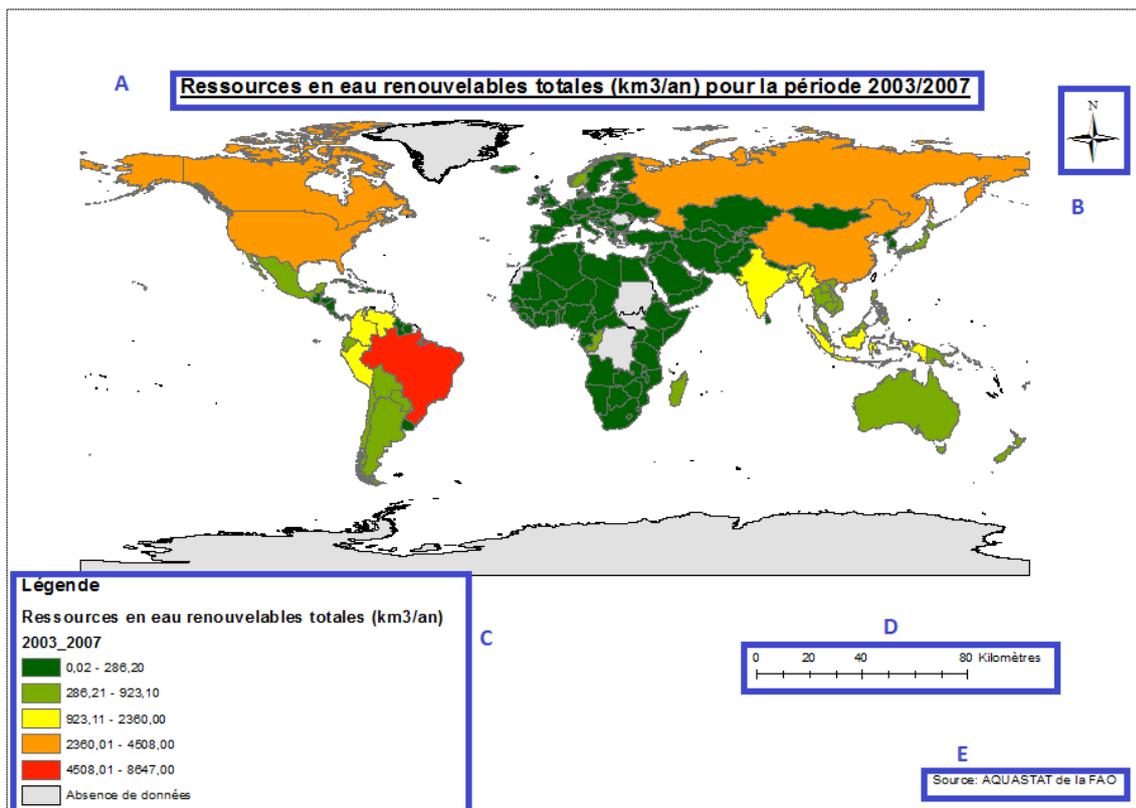


Figure 5: Mise en page d'une Carte sur ArcGis

Pour la mise en page (Figure 5), il y a 5 éléments essentiels :

- A : Le titre avec le nom de la variable, son unité et la période étudiée ;
- B : la flèche d'indication vers le Nord ;
- C : Une légende (dans laquelle on met en partie grisée les données manquantes) ;
- D : Une barre d'échelle ;
- E : la source que l'on a utilisée pour mettre en forme la carte.

Les cartes réalisées dans ce rapport sont en ANNEXE 3.

III) Résultats et discussions

La réalisation d'une base de données sur les prélèvements en eau dans le monde et plus particulièrement les prélèvements par secteur d'utilisation n'est pas chose facile. En effet, lors de cette étude, il a été observé que les bases de données contenaient beaucoup de lacunes, ce qui rend difficile les exploitations de ces données. Afin de comprendre ultérieurement l'évolution globale des prélèvements et les ressources en eau douce au regard du changement climatique, les croissances économique et démographique, il était nécessaire de décider du niveau de traitement et le contrôle de la qualité requise pour produire l'information désirée. Nous avons donc axé le traitement et les discussions de notre base de données lacunaire sur sa fiabilité et nous l'avons comparée avec la bibliographie.

III.1 TRAITEMENT PREALABLE : ANALYSES DES LACUNES :

III.1.1 QUANTIFICATION DE LA FIABILITE :

Comme mentionné plus haut, les lacunes dans notre base de données rendent une interprétation très biaisée. Afin, d'exploiter un maximum de variables dans notre base de données, il a donc fallu au préalable réaliser une analyse des lacunes.

Les surfaces et les densités de population variant d'un pays à l'autre, nous avons donc dû dans un premier temps raisonner en % de surface totale ou % de population mondiale renseignées.

Ainsi, lorsque l'on étudie une variable faisant référence à un volume (ex : km³/an), nous devons raisonner en % de la surface des terres mondiale afin de connaître le biais.

Pour connaître la proportion de la surface totale renseignée (S tot) (hors Antarctique, nous avons dans un premier temps calculé par période la surface totale (tableau 5).

Tableau 5: Surface totale par période sur les 200 pays recensés (1E+10 ha)

| Période | 1958-1962 | 1963-1967 | 1968-1972 | 1973-1977 | 1978-1982 | 1983-1987 | 1988-1992 | 1993-1997 | 1998-2002 | 2003-2007 | 2008-2012 | 2013-2017 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Stot (1 ^e 10ha) | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.07 | 1.30 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.34 |

Nous avons donc calculé la surface renseignée en réalisant une somme des surfaces après le tri afin de connaître la proportion de la surface totale renseignée par variable :

$$\% S \text{ renseignée} = \frac{s(i)}{S_{tot}(i)} \times 100 \quad (1)$$

Avec :

- s(i) : somme des surfaces renseignées pour la période i ;
- S tot (i) : Surface totale (ha) pour la période (i) ;

Ainsi, nous avons réalisé cette démarche par période et pour chaque variable, comme illustré pour le Prélèvement d'eau total et les ressources en eau renouvelables totales (figure 6).

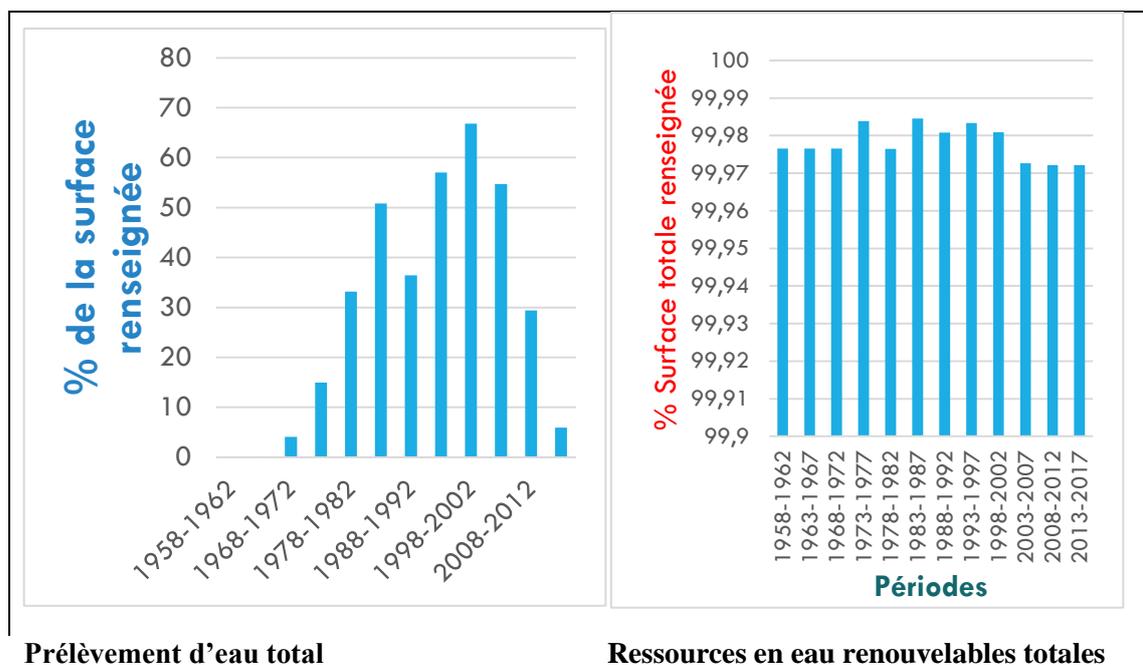


Figure 6: % de la surface totale renseignée par période

Nous avons réalisé cette méthode pour :

- Les ressources en eau renouvelables totales (4188)
- Le prélèvement d'eau douce total (4263)
- Les ressources en eau souterraine renouvelables (4187)
- Le prélèvement d'eau souterraine (4262)
- Les prélèvements d'eau par secteur en % du prélèvement d'eau total (4254 ; 4255 ; 4256).

Lorsque l'on étudie une variable exprimée par habitant (ex : m³/hab/an), nous devons raisonner en % de la population mondiale.

$$\% \text{ Pop renseignée} = \frac{\text{Pop}(i)}{\text{Pop tot}(i)} \times 100 \quad (2)$$

Avec :

- Pop (i) : somme de la population renseignée pour la période i ;
- Pop tot (i) : Population totale pour la période (i) ;

Nous avons utilisé cette démarche pour la variable : Ressources en eau renouvelables totales par habitant (4190).

Les proportions renseignées sont référencées dans le Tableau 6 (avec (1) pour les variables en % de surface renseignée et (2) pour la variable en % de la population mondiale renseignée).

Nous avons comme exemple, la période 2003/2007, car c'était la période la plus référencée sur l'ensemble des données. Les graphiques des proportions renseignées par période, sont présentés en ANNEXE 2.

Tableau 6: Proportion de la surface totale ou de la population mondiale renseignée pour chaque variable pour la période 2003/2007

| Variabes | % Renseigné |
|--|-------------|
| 4190 : Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m ³ /hab/an) | 99.97 % (2) |
| 4254 ; 4255 ; 4256 : Prélèvement d'eau par secteur en % du prélèvement d'eau total | 54.66 % (1) |
| 4187 : Ressources en eau souterraine renouvelables totales (km ³ /an) | 99.67 % (1) |
| 4188 : Ressources en eau renouvelables totales (km ³ /an) | 99.97 % (1) |
| 4262 : Prélèvement en eau souterraine total (km ³ /an) | 32.17 % (1) |
| 4263 : Prélèvement en eau douce total (km ³ /an) | 54.7 % (1) |

III.1.1 ANALYSE DE CETTE FIABILITE :

Nous avons tout d'abord remarqué une irrégularité de transmission des données par les pays entre les variables. En effet, comme nous pouvons le voir dans le tableau XXX, les ressources sont plus renseignées que les prélèvements (ex : 99.97% de la surface totale est renseignée pour les ressources, contre 54.7% pour le prélèvement en eau douce total. Ceci est confirmé par les cartes des figures 7 et 8 ci-dessous. Où on peut noter que les pays non référencés pour les prélèvements (en gris sur la carte) sont majoritaires par rapport à ceux sur la carte des ressources.

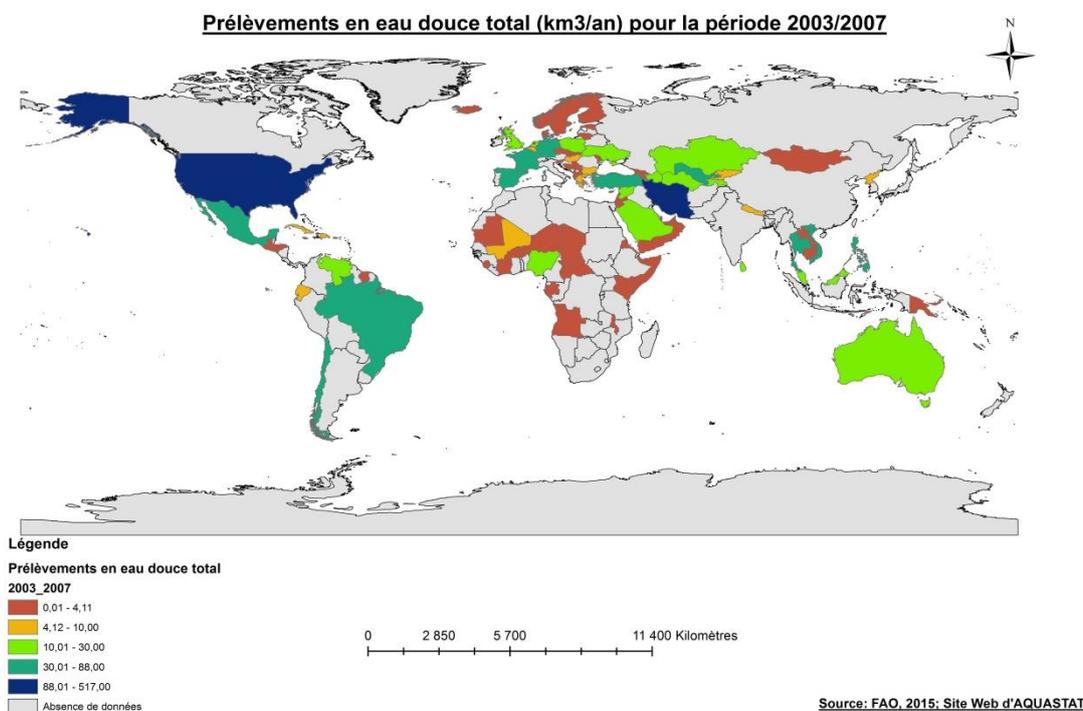


Figure 7: Prélèvements en eau douce total (km³/an) pour la période 2003/2007

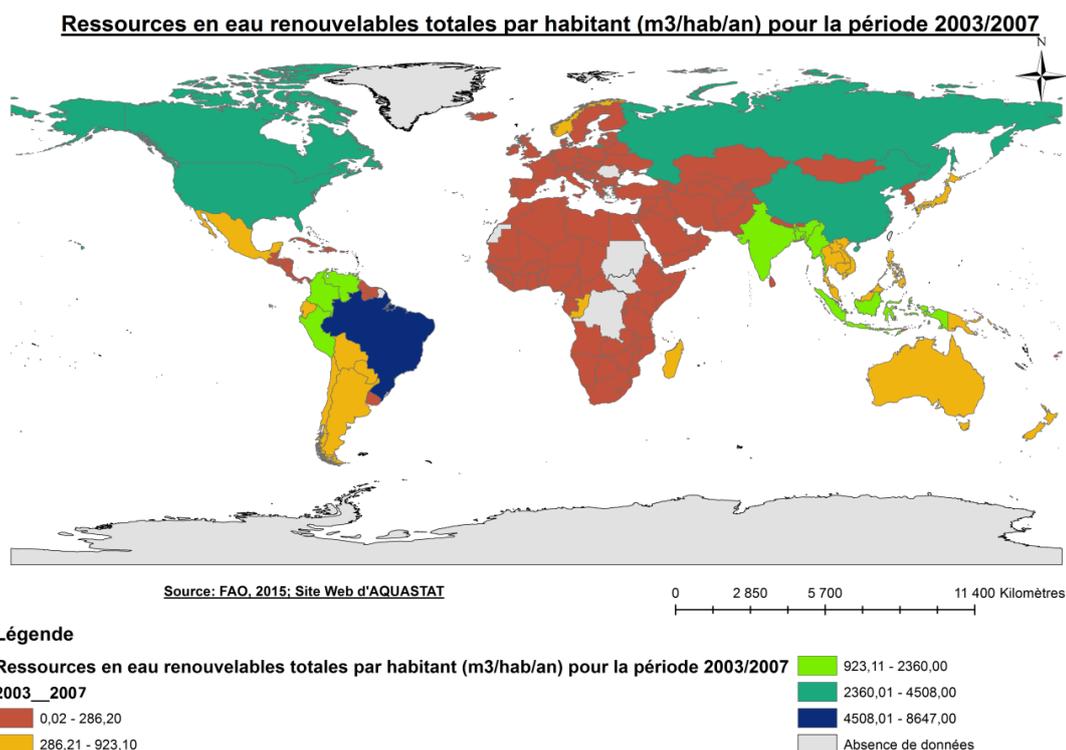


Figure 8: Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m³/hab/an) pour la période 2003/2007

D'après les graphiques en ANNEXE 2, nous pouvons voir que pour ce qui concerne les eaux souterraines, les ressources sont également mieux renseignées que les prélèvements. Et pour les secteurs, les quantités de données sont encore plus faibles et plus irrégulières. Cette irrégularité dans les quantités de données rend donc une interprétation difficile des évolutions des ressources, mais surtout des prélèvements.

III.1.2 DISCUSSION :

Une étape primordiale pour réaliser une base de données sur les prélèvements et les ressources en eau est donc d'améliorer l'observation. En effet, d'après le 3^{ème} rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, de nombreux réseaux hydrologiques terrestres déclinent pour plusieurs raisons :

- Les enregistrements disponibles satisfont les besoins actuels d'information hydrologiques ;
- En apparence, il n'existe aucune utilisation directe des informations hydrologiques qui soit justifiable d'un point de vue économique (ex : dans des bassins vierges ou des stations fermées aux embouchures de fleuves ou dans les zones de deltas) ;
- Problèmes logistiques ;
- Problèmes budgétaires ou de ressources.

Nous avons remarqué que dans notre base de données, les données hydrologiques provenant d'Amérique du Nord, d'Amérique Centrale, des Caraïbes, d'Europe et d'Asie méditerranéenne sont largement plus conséquentes que dans d'autres régions (figures 7 et 8). Une meilleure compréhension des problèmes liés à l'élaboration d'une base de données, telle que la disponibilité des données est donc essentielle.

Ainsi, après un tri préalable, nous avons ensuite calculé des valeurs mondiales pour chaque variable associée au % de la surface ou de la population totale renseignées.

III.2 CALCUL DES VALEURS GLOBALES DES DIFFERENTES VARIABLES :

Nous avons pris comme exemple de période de référence de notre base de données, la période **2003/2007**.

Nous avons réalisé différents calculs pour obtenir ces valeurs :

Pour les variables par habitant, nous avons calculé la moyenne pondérée par la population des valeurs pour les 200 pays :

$$M1 = \text{Var1} \times \text{Pop1} + \text{Var2} \times \text{Pop2} + \dots + \text{Var200} \times \text{Pop 200} / \text{Pop1} + \dots + \text{Pop200} \quad (M1)$$

Avec :

- Var n : la valeur de la variable étudiée pour le pays n, avec n compris entre 1 et 200 (car 200 pays recensés) (m3/hab/an) ;
- Pop n : la population du pays n (hab) ;

Pour les variables qui indiquent des volumes, nous avons calculé la moyenne pondérée par la surface des valeurs pour les 200 pays :

$$M2 = S1 \times \text{Var1} + \dots + S200 \times \text{Var 200} / S1 + \dots + S200 \quad (M2)$$

Avec :

- S n : la surface du pays n en km².

Nous avons également calculé des moyennes non pondérées pour toutes les variables :

$$M3 = \text{var}(1) + \dots + \text{var}(200) / N \quad (M3)$$

Avec :

- N : le nombre de valeurs dans la période étudiée.

Toutes nos valeurs obtenues sont recensées dans le tableau 7 dans la partie III.3.2, dans lequel « (1) » et « (2) » indiquent si les données renseignées sont en % de la surface totale ou en % de la population totale. Et « (M1) », « (M2) » et « (M3) » indiquent méthode de calcul a été utilisée pour la variable. Nous avons ensuite comparé nos valeurs calculées aux valeurs données dans la bibliographie.

III.3. COMPARAISON DES VALEURS GLOBALES AVEC LA BIBLIOGRAPHIE :

III.3.1. RAPPEL : LES LIMITES DE LA BASE DE DONNEES AQUASTAT :

Le manque de séries chronologiques complètes rend difficile une meilleure compréhension de la question des ressources et des prélèvements. Les lacunes dans notre base de données sont principalement dues au manque d'information et de capacités au niveau national et au manque de ressources à tous les niveaux. De plus, séparer eaux souterraine et de surface est plus clair et plus facile au niveau des sources d'approvisionnement et des prélèvements qu'à celui de la définition des ressources.

III.3.2 COMPARAISONS AVEC LES VALEURS DE REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES :

Tableau 7: Valeurs obtenues pour les variables avec différentes méthodes

| Variables | Unité | % Couverture | Valeurs | | | Biblio | Source |
|---|------------------------|--------------|---------|----------|------|--------------------------------|--------|
| | | | M1 | M2 | M3 | | |
| 4190: Ressources en eau renouvelables totales par habitant | m ³ /hab/an | 99,97% (2) | 8241,34 | 21369,22 | 5700 | Ministère de l'Ecologie (2013) | |
| 4254: Prélèvements d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total | % | 54,66% (1) | 31,88 | 51,05 | 69 | FAO, 2007 | |
| 4255: Prélèvements d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total | % | 54,66% (1) | 9,41 | 25,21 | 10 | FAO, 2008 | |
| 4256: Prélèvement d'eau pour les industries en % du prélèvement d'eau total | % | 54,66% (1) | 13,72 | 23,73 | 20 | FAO, 2009 | |
| 4187: Ressources en eau souterraine renouvelables totales | km ³ /an | 99,67% (1) | 393,21 | 63,47 | | | |
| 4188: Ressources en eau renouvelables totales | km ³ /an | 99,97% (1) | 2072,96 | 305,13 | | | |
| 4262: Prélèvement en eau souterraine total | km ³ /an | 32,17% (1) | 22,91 | 12,08 | | | |
| 4263: Prélèvement en eau douce total | km ³ /an | 54,70% (1) | 85,98 | 60,6 | | | |

- Pour les ressources en eau renouvelables totales par habitant, nous pouvons noter que la bibliographie les estime à 5700 m³/hab/an. Notre M1 (8241.34 m³/hab/an) est plus élevé de 31% et notre M3, 73% plus élevée, avec un % de la population mondiale concernée de 99.97%. La différence entre M1 et la bibliographie pourrait être due à la population. En effet, les 5700 m³/hab/an ont été calculés en 2003, alors que notre M1 été calculée pour une période de 4 ans (de 2003 à 2007). De plus, la valeur bibliographique doit sûrement être à un grain plus fin que National, donc plus précise.
- Pour les prélèvements d'eau par secteur (variables 4254, 4255, 4256) sont plus ou moins du même ordre de grandeur pour les M2 et les M1. Les différences avec la bibliographie sont sûrement dues à plusieurs facteurs, tels que l'échelle, le fait que les prélèvements des agriculteurs soient estimés avec le plus d'incertitude (certaines statistiques proviennent de comptage et d'inventaires assez complets, d'autres proviennent d'estimations indirectes), et les répartitions des prélèvements d'utilisation ne soient pas toujours comparables (les secteurs de l'industrie et des collectivités sont souvent confondus).

Pour les variables suivantes, les comparaisons avec la bibliographie ne sont pas possibles.

- Pour les prélèvements en eau souterraine, il faut savoir que dans notre base de données, ils ne sont pas définis dans tous les pays de manière homogène. Les captages de source sont compris dans certains pays et dans d'autres, de même que les captages rivaux de cours d'eau qui induisent la réalimentation des aquifères.
- Les prélèvements d'eau douce totaux sur les ressources renouvelables ne sont pas toujours séparés de ceux sur les ressources non renouvelables dans les pays où les deux existent.

III.4. TENDANCES DES RESSOURCES ET DES PRELEVEMENTS AU COURS DU XXEME SIECLE :

Bien que notre base de données soit lacunaire, nous avons exploité ces données afin de voir les évolutions des ressources et des prélèvements en lors du XXème siècle et le début du XXIème.

III.4.1EVOLUTION DES RESSOURCES EN EAU RENOUVELABLES TOTALES PAR HABITANT (M3/HAB/AN)

D'après les cartes en ANNEXE 3, sur les évolutions des ressources en eau par habitant (pour les périodes 1983/1987 et 2003/2007), nous pouvons remarquer une tendance à la diminution des ressources en eau. Malheureusement, les données étant très manquantes pour certains pays, nous avons donc décidé d'analyser l'évolution des ressources globales (Figure 9).

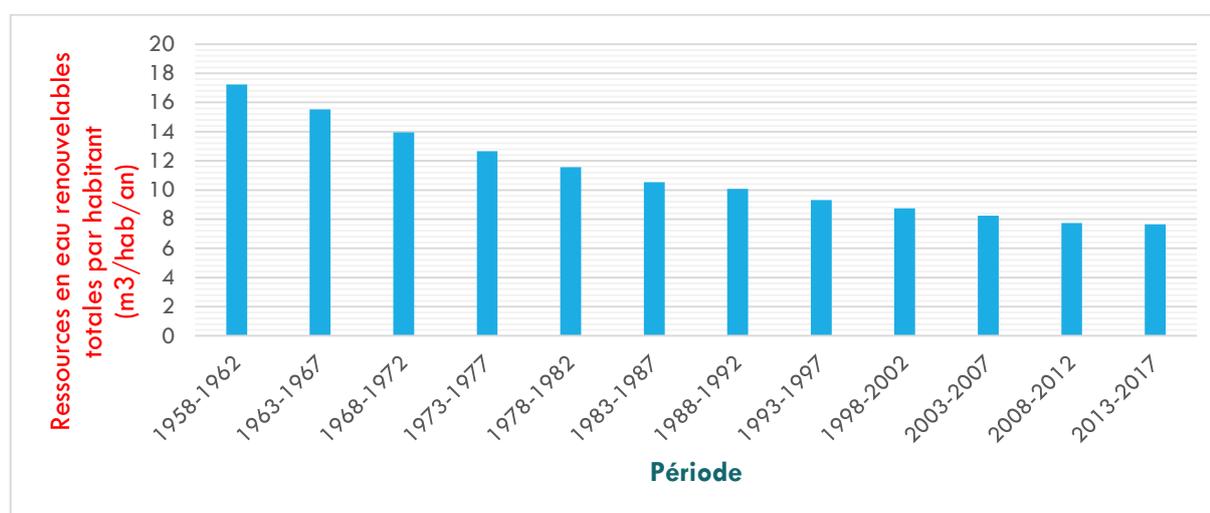


Figure 9 Evolution des ressources en eau renouvelables totales par habitant

D'après le graphique ci-dessus, nous pouvons clairement noter que les ressources en eau renouvelables par habitant ont diminué. Cet épuisement des ressources en eau douce est due à une croissance prévue des populations urbaines qui va faire augmenter la pression locale sur les ressources en eau destinée à la consommation urbaine, tout en faisant augmenter le besoin en production alimentaire dans les zones éloignées en amont des systèmes industriels de production animale en zone urbaine. La demande en eau a dépassé la croissance démographique d'un facteur de deux ou plus au cours des cents dernières années (FAO, 2010). Selon l'IFPRI, 2002, la quantité moyenne d'eau disponible par habitant et par an devrait donc chuter de 6600 à 4800 m³, une réduction de presque un tiers. Si parallèlement la tendance actuelle à l'augmentation des prélèvements en eau se poursuit, entre la moitié et les deux tiers de l'humanité devraient être en situation de stress hydrique en 2025.

L'un des problèmes majeurs en matière d'eau douce et d'alimentation humaine est posé par l'irrigation, car pour nourrir toute la population de notre planète, la productivité agricole devra fortement augmenter.

La figure 10, nous montre cette diminution des ressources en eau par habitant dans le monde, mais à un grain autre que notre base de données. En effet, les ressources sont à l'échelle des bassins.

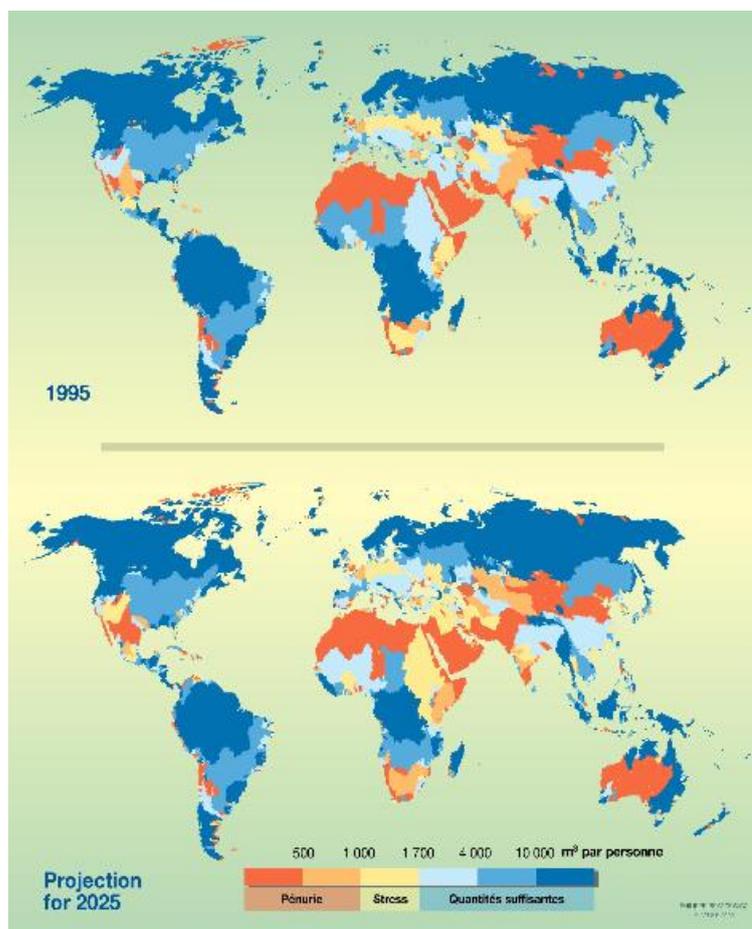
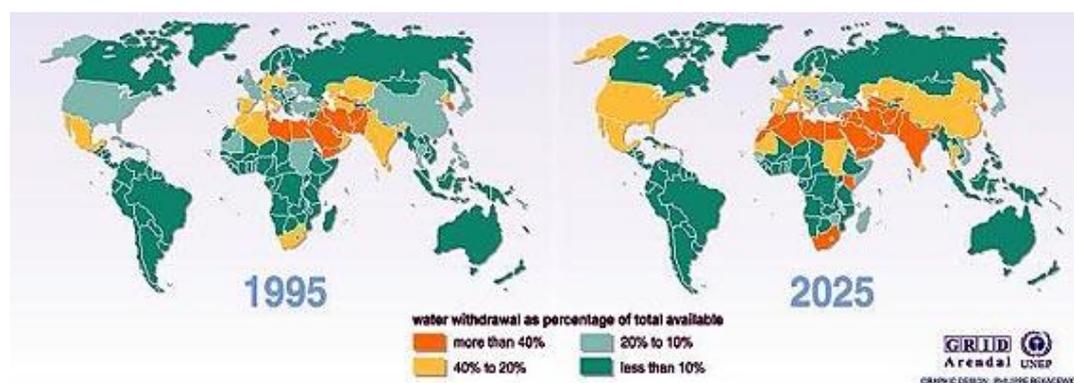


Figure 10: Evolution et prédiction des ressources en eau par habitant entre 1995 et 2025 (Source: Revenga et al., (2001))

III.4.2. EVOLUTIONS DES PRELEVEMENTS EN EAU DOUCE TOTAUX (KM/AN)

Notre base de données n'étant pas assez renseignée sur les prélèvements, nous avons donc décidé d'étudier les prévisions et évolutions de la bibliographie.

Figure 11: Evolution des prélèvements d'eau douce (Source: Global Environment outlook (2000))



Source: Global environment outlook 2000 (GEO), UNEP, Earthscan, London, 1999.

La consommation d'eau s'est multipliée par six au cours du siècle dernier, soit deux fois plus vite que le taux de croissance démographique. Cependant, d'après la FAO, 2012, et comme on peut le noter sur les cartes ci-dessus, la croissance de la demande en eau varie fortement d'un pays à l'autre, cela dépend fortement de leur développement et de la ressource elle-même. Globalement les pays les plus consommateurs d'eau utilisent d'avantage d'eau pour l'irrigation et l'industrie. Les prélèvements d'eau sont fortement concentrés puisque les cinq pays les plus utilisateurs d'eau cumulent 60% du total mondial. L'importance de leur population explique

cette prédominance (mais l'agriculture contribue lui aussi pour beaucoup dans ces prélèvements). Selon WRI, 2011) :

- Chine (1.2 milliards d'habitants) : 525 km³/an ;
- Inde (970 millions d'habitants) : 500 km³/an ;
- USA (270 millions d'habitants) : 467 km³/an ;
- Pakistan (146 millions d'habitants) : 155 km³/an ;
- Russie (146 millions d'habitants) : 77 km³/an.

III.4.3 EVOLUTION DES PRELEVEMENTS D'EAU EN FONCTION DES SECTEURS :

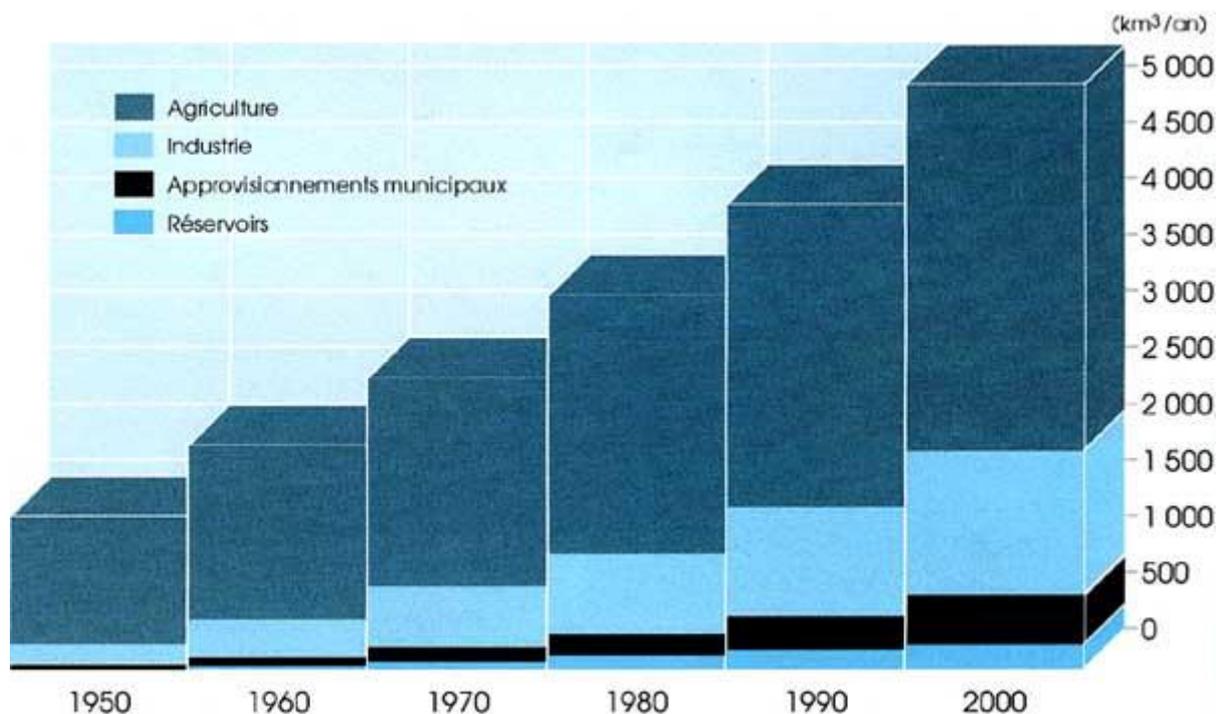


Figure 124: Evolution des prélèvements d'eau mondiaux en fonction des secteurs (Source: FAO, 2014)

Le Secteur Agricole :

L'agriculture est de loin le premier consommateur d'eau : 70% de l'eau prélevée est utilisée pour l'irrigation (pouvant atteindre le taux de 90% dans certaines régions du globe). Aujourd'hui, avec près de 20% de terres irriguées (310 millions d'hectares) dans le monde (5% en Afrique et 35% en Asie), on produit près de 40% de l'alimentation mondiale (FAO,2012). Les terres irriguées assurent une productivité 2.7 fois supérieure à celles des terres arrosées par la pluie. Les surfaces irriguées ont environ doublé dans le monde depuis 1960 et le recours à l'irrigation va devenir de plus en plus indispensable dans l'agriculture pour répondre à l'augmentation des besoins alimentaires. Plus des deux tiers des terres irriguées se trouvent en Asie dans les territoires à forte densité de population où la forte croissance démographique a justifié une intensification de la riziculture. Ainsi, les variations selon les régions du monde sont importantes, en raison du climat, du type de cultures, des techniques d'irrigation utilisées et du rendement des récoltes. 32% des prélèvements vont à l'agriculture en Europe, contre 84% en Afrique et 88% au Moyen-Orient. Si l'explosion démographique et urbaine fait grimper les besoins en eau, la croissance de la production alimentaire mondiale ne pourra se faire sans l'aide de l'irrigation et de l'industrialisation (La FAO estime qu'il faudra augmenter la production alimentaire de 70% d'ici 2050). L'irrigation jouera un rôle de plus en plus stratégique. Et inévitablement une utilisation aussi intensive de l'eau pour l'agriculture fragilisera les disponibilités en eau.

Le secteur Industriel :

Dans les pays où l'usage industriel et énergétiques est dominant, plus de 60% des prélèvements en eau y sont destinés, il y a l'Amérique du Nord et l'Europe. Avec le développement économique, les prélèvements d'eau sont en expansion dans les pays du Sud.

III.4.4 FACTEURS EXPLIQUANT LES DIFFERENCES DANS LES CONSOMMATIONS D'EAU ENTRE LES PAYS :

Les prélèvements et les consommations d'eau varient fortement d'un pays à l'autre. Ces différences s'expliquent par une multitude de facteurs :

Le climat :

C'est le facteur qui détermine le recours à l'irrigation. Dans les zones arides, semi-arides ou méditerranéennes, la production agricole dépend de l'irrigation, ce qui accroît considérablement la demande globale en eau.

La répartition de la population et sa densité :

Le taux d'urbanisation joue un non négligeable.

Le degré de développement économique :

Le niveau de développement influence la demande des collectivités et des secteurs industriels et énergétiques. Plus le niveau de développement sera élevé, plus les besoins industriels et domestiques seront importants.

Les pays en développement n'utilisent pas forcément moins d'eau que les pays les plus développés. Les différences s'affirment en termes de répartition des consommations entre les différents usages de l'eau.

CONCLUSION :

De meilleures données d'observation et un accès facilité à ces données sont indispensables pour améliorer la compréhension des changements en cours et pour mieux limiter les projections de modèles ; ces données constituent également un prérequis pour une gestion adaptative nécessaire dans les conditions d'un changement climatique. Les progrès enregistrés dans les connaissances dépendent d'une meilleure disponibilité des données. L'on constate une réduction de l'ampleur de certains réseaux d'observation. Des relevés relativement brefs peuvent ne pas être en mesure de rendre compte de l'étendue totale de la variabilité naturelle et créent la confusion dans les études de détection, alors qu'une reconstruction sur le long terme est en mesure de placer les tendances récentes et les extrêmes dans un contexte plus large. Les lacunes les plus importantes concernant les observations du changement climatique relatives à l'eau douce et aux cycles hydrologiques sont dues :

- Aux difficultés dans le domaine de la mesure des précipitations qui demeurent un problème dans la quantification de tendances mondiales et régionales. Les mesures de précipitations sur les océans (à partir de satellites) sont toujours en phase de développement. Il convient d'assurer une surveillance permanente par satellite et de développer des statistiques fiables pour en déduire les précipitations.
- A de nombreuses variables hydrométéorologiques, par exemple, l'écoulement fluvial, l'humidité du sol et l'évapotranspiration réelle ne sont pas mesurées de façon appropriée. L'évapotranspiration potentielle est généralement calculée à partir de paramètres tels que le rayonnement solaire, l'humidité relative et la vitesse du vent. Les relevés sont souvent très courts et ne sont disponibles que pour un tout petit nombre de régions, ce qui empêche toute analyse exhaustive des changements qui en découlent en matière de sécheresse.

Il peut y avoir des possibilités de récupération des données sur l'écoulement fluvial dans certaines régions. Quand les données d'observation font défaut, il conviendrait de prévoir la mise en place de nouveaux réseaux d'observation.

Les eaux souterraines ne sont pas bien surveillées et les processus d'épuisement et l'alimentation des nappes souterraines ne sont pas correctement modélisés dans de nombreuses régions.

Les inventaires des neiges, glaces et sols gelés sont incomplets. La surveillance des changements est inégalement répartie dans l'espace et dans le temps. Il existe un manque général de données provenant de l'Hémisphère Sud.

Ainsi, poser les jalons d'une base de données sur les prélèvements anthropiques et ressources en eau est seulement une première étape. Malheureusement, sur un stage de deux mois, le temps était trop court pour pouvoir analyser d'autres bases de données et les combiner entre elles.

L'objectif est de pouvoir ultérieurement analyser l'impact de ces prélèvements sur l'évolution des débits, voire du climat ; rétrospectivement pour une meilleure attribution des changements passés ; mais aussi dans le futur pour mieux caractériser l'impact du changement climatique sur les ressources en eau souterraines et leur potentialité à soutenir les prélèvements, en lien avec les questions d'adaptation.

Références bibliographiques

- Alcamo J, Döll P, Henrichs T, Kaspar F,(2003) Global estimates of water withdrawals and availability under current and future « business-as-usual » conditions., Hydrological, Taylor & Francis.
- Ay Hoekstra, MM Mekonnen, AK Chapagain (2012). Global monthly water scarcity : blue water footprints versus blue water availability. PLoS One
- Döll P., Siebert S., (2002), Global modeling of irrigation water requirements- Wiley Online Library
- Döll, P. (2002). Impact of Climate Change and Variability on Irrigation Requirements : A Global Perspective, *Climatic Change*, 54, 269-293
- FAO (2003) Review of World Water Resources by country, Water reports, n°23. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2002), Eau et agriculture, produire plus avec moins d'eau. Rome : Food and agriculture Organization of the United Nations.
- United Nations Environment Program (UNEP) (1999), *Global Environment Outlook 2000*, UNEP, Nairobi.
- Guimberteau, Laval, Polcher (2012). Global effect of irrigation and its impact on the onset of the Indian summer monsoon, *Clim. Dyn.*, 39 :1329-1348
- Margat : Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde, Unesco et BRGM, 2004, Paris.
- Marsily G., de, sous la dir. (2006), Académie des Sciences. Les eaux continentales. Rapport sur la Science et la Technologie n°25. Paris : EDP sciences. 328p.
- Reyenga, P.J., Howden, S.M., Meinke, H. and Hall, W.B. 2001. Global change impacts on wheat production along an environmental gradient in south Australia. *Environmental International* **27**: 195-200.
- Shiklomanov, Rodda et al. (2003), *World water resources at the beginning of the twenty-first century*. Cambridge University Press Cambridge, UK.
- Siebert, S., Döll, P., Hoogeveen, J., Faures, J-M., (2005). Development and validation of the global map of irrigation areas, *Hydrol. Earth Syst. Sci*, 9, 535-547.
- Sterling, Ducharne, Polcher (2013). The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. *Nature Climate Change*, 3, 385-390.
- UNESCO (2003). The 1st UN World Water Development Report : « Water for People. Water for Life ». Paris : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization ; New York : Berghahn Books. Chap. 4 : The Natural Water Cycle.
- UNESCO (2006). The 2nd UN World Water Development Report : « Water a shared responsibility ». Paris : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) ; New York : Berghahn Books. Chap. 4 : The State of Resource.
- United Nations Environment Program (UNEP) (1999), *Global Environment Outlook 2000*, UNEP, Nairobi
- Vörösmarty CJ., Green P., Salisbury J., Lammers RB., (2000) Global water resources : vulnerability from climate change and population growth. *Science*.
- Wada, Y., Beek, L.P.H. van, Kempen, C.M. van, Reckman, J.W.T.M., Vasak, S. & Bierkens, M.F.P., 2010 : Global depletion of groundwater resources. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L20402, doi :10.1029/2010GL044571.

Y Wada, D Wisser, MRP Bierkens, (2014). Global modeling of withdrawal, allocation and consumptive use of surface water and groundwater resources. Earth System Dynamics.

IFPRI, Annual Report, 2003.

BASES DE DONNEES :

EUROSTAT (2001). Statistiques en bref – Environnement – 8/G-2001 « Ressources, prélèvements et utilisations de l'eau dans les pays européens » et Réseau Data Shops.

FAO. 2015. Site web d'AQUASTAT, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

IGRAC (2015). Data base on Groundwater Uses in the World

OCDE/OECD (2015). Données ODCE sur l'environnement – Compendium 2010 – Eaux intérieures.

World Resources Institute (2011). World Resources 2010-2012. Data Table FW 2 – Freshwater, Annual Groundwater, Withdrawals.

ANNEXE 1 :

A. Bases de données

A.1 Brève description des bases de données utilisées dans la bibliographie :

A.1.1 World Water Development Report II :

Vorosmarty et al. ont utilisé cette base de données pour leur article paru en 2000.

Description :

Statistiques issues de WRI (1998) sur les utilisations de l'eau par secteur.

A.1.2 IRRI (1988): International Rice Research Institute :

Alcamo et al. ont utilisé cette base de données pour leur étude parue en 2003.

Description :

Surface de cultures de riz irriguées dans le monde, à l'échelle du bassin versant.

A.1.3 GRDC (1999) : Global Runoff Data Center

Alcamo et al. ont également utilisé cette base de données dans leur rapport en 2003.

Description :

La base de données du ruissellement mondiale au GRDC est une collection unique de données de décharge de la rivière recueillies à intervalles quotidiens ou mensuels de plus de 9000 stations dans 160 pays.

A.1.4 CRU CLIM 2.0 :

Wada et al. ont utilisé cette base de données pour leur projet en 2010.

Description :

Ensemble de données comprenant des grilles mensuelles de climat moyen observé entre 1961 et 1990, et couvrant la surface terrestre mondiale à une résolution spatiale de 10 minutes. Il y a huit variables climatiques disponibles, ainsi que les élévations sur la grille : amplitude diurne de la température, les précipitations, la température et la fréquence des journées humides, l'humidité, le soleil et la vitesse relative moyenne du vent.

A.2 Méthodes d'acquisition des différentes bases de données

A.2.1 Base de données de l'IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre)

A.2.1.1 Définition :

En 2004, IGRAC a lancé la première version du GGIS : Système mondiale d'information des eaux souterraines. GGIS est un portail interactif basé sur le Web pour les informations et savoirs des eaux souterraines dans le monde. GGIS est simple à utiliser et accessible au public. Le Global Overview contient des informations sur l'évaluation des ressources mondiales en eau souterraines.

IGRAC facilite et favorise l'échange mondial de connaissances sur les eaux souterraines pour améliorer l'évaluation, le développement et la gestion des ressources en eaux souterraines.

A.2.1.2 A propos de ce portail :

L'aperçu global fournit un examen général des conditions des eaux souterraines par pays. Il contient un ensemble d'attributs liés aux eaux souterraines agrégées pour chaque pays et permet de comparer les caractéristiques des eaux souterraines entre les pays et la recherche de modèles globaux. La base de données contient plus de 70 variables, répartis en diverses catégories. IGRAC fait usage des informations publiquement disponibles trouvées sur Internet, dans des publications, des rapports et des cartes.

A.2.1.3 Acquisition des données :

Comment utiliser ce portail :

- Parcourir les différentes catégories pour visualiser les cartes d'attributs de l'eau souterraine
- Plus d'informations peuvent être trouvées dans l'info de fonction qui apparaît lorsque l'on sélectionne un pays
- En faisant une recherche sur les données, on peut voir quels pays correspondent à une condition spécifique ou créer de nouvelles données en combinant différents attributs
- Les données peuvent être exportées par un clic droit de la souris sur la couche dans l'arborescence du catalogue.

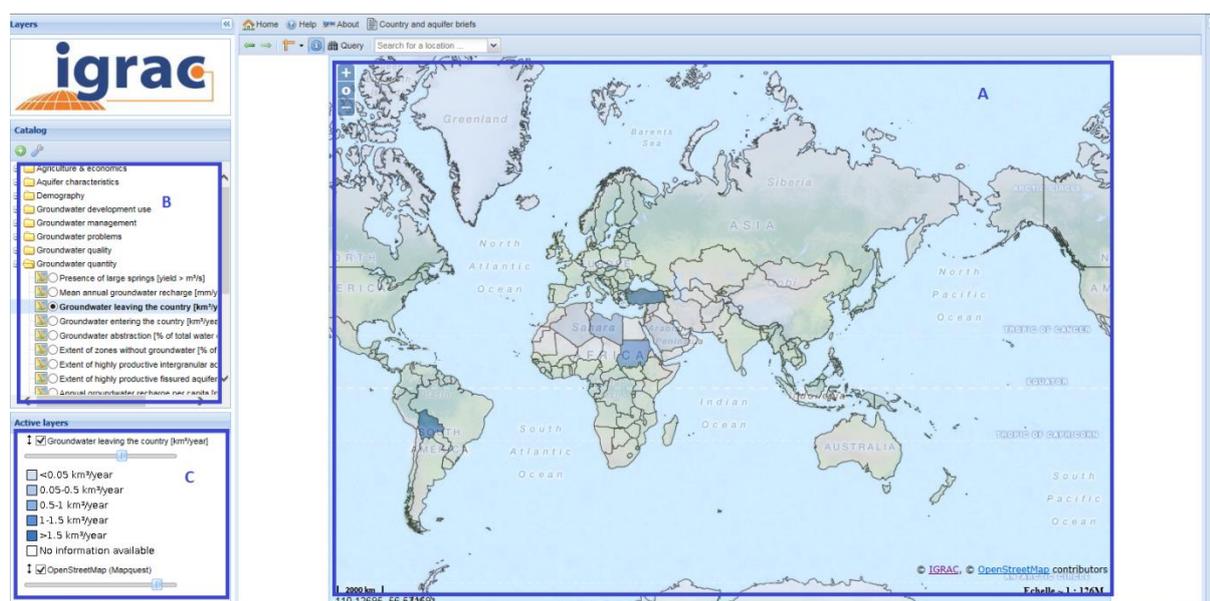


Figure 1: Méthode d'acquisition des données sur IGRAC

Sur le portail de l'IGRAC, l'acquisition des données se fait en ligne. En effet, sur la figure 1 ci-dessus, on sélectionne les variables souhaitées dans l'encadré B.

On obtient donc ensuite la répartition de cette variable sur la carte interactive (encadré A). La répartition des données sur la surface de la Terre se fait grâce aux mêmes codes des pays que la base de données AQUASTAT expliquée plus haut, avec des codes de 3 lettres par pays (ex : Zimbabwe : ZWE).

A.2.2 EUROSTAT :

A.2.2.1 Définition :

Le principal rôle d'EUROSTAT consiste à exploiter et publier des informations statistiques comparables au niveau européen permettant des comparaisons entre les pays et les régions.

A.2.2.2 Acquisition des données :

La base de données contient toutes les données publiques disponibles à Eurostat. Elles sont présentées sous forme de tableaux multidimensionnels avec de nombreuses options de sélection et d'exportations (Figure 2).

Figure 2: Méthode d'acquisition des données sur EUROSTAT

A.2.2.3 Validation des données :

La validation des données dans cette base désigne toute activité visant à vérifier que la valeur d'une donnée provient d'un ensemble donné de valeurs acceptables. La validation de données peut être suivie de mesures correctives, telles que l'édition des données ou leur imputation.

A.2.3 OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques :

A.2.3.1 Définition :

L'OCDE est une organisation internationale d'études économiques dont les pays membres ont en commun un système de gouvernement démocratique et une économie du marché. Elle joue essentiellement un rôle d'assemblée consultative.

A.2.3.2 Acquisition des bases de données :

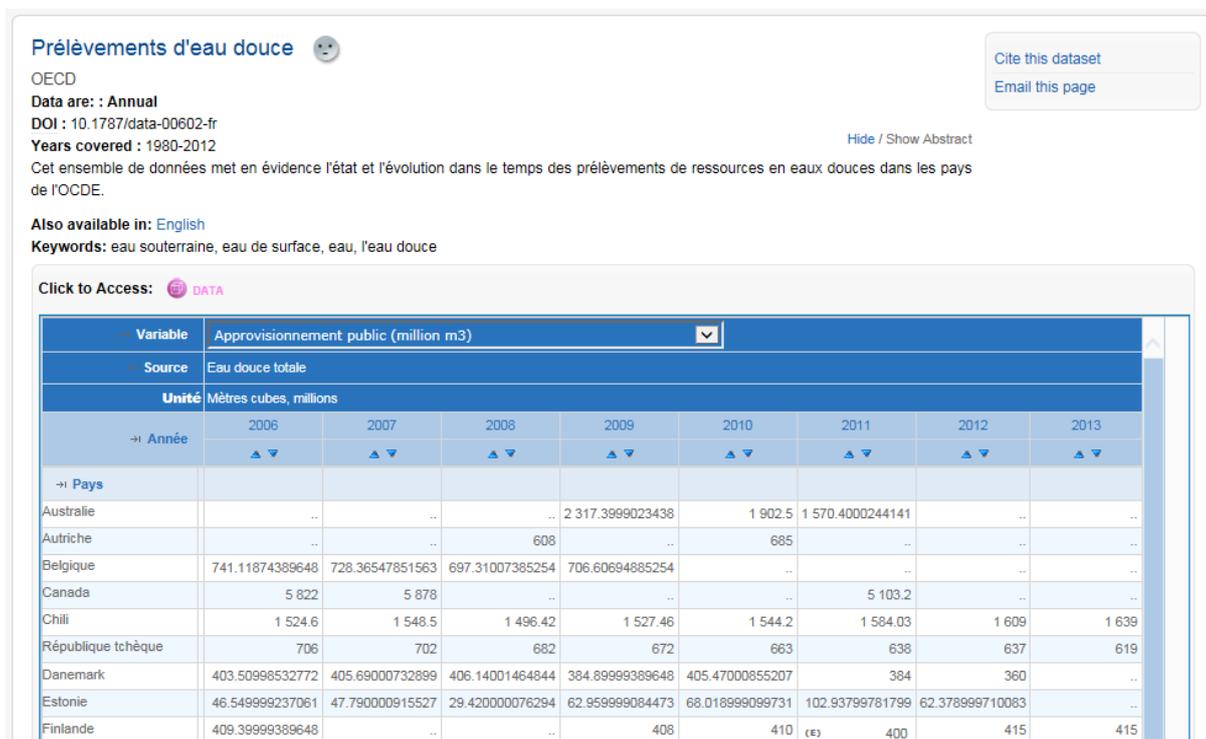


Figure 3: Méthode d'acquisition des données sur l'OCDE

Les caractéristiques de cette base de données sont les suivantes :

- Les données sont des valeurs annuelles
- La période couverte est de 1980 à 2012.
- Cet ensemble de données met en évidence l'état et l'évolution dans le temps des prélèvements de ressources en eaux douces dans les pays de l'OCDE.

Dans cette base de données, les différentes variables sont :

- L'approvisionnement public (km³ pour un an) ;
- La production d'électricité (refroidissement seulement) (km³/an) ;
- Les prélèvements bruts (en % des ressources renouvelables).

ANNEXE 2 : Proportion par période des différentes variables étudiées

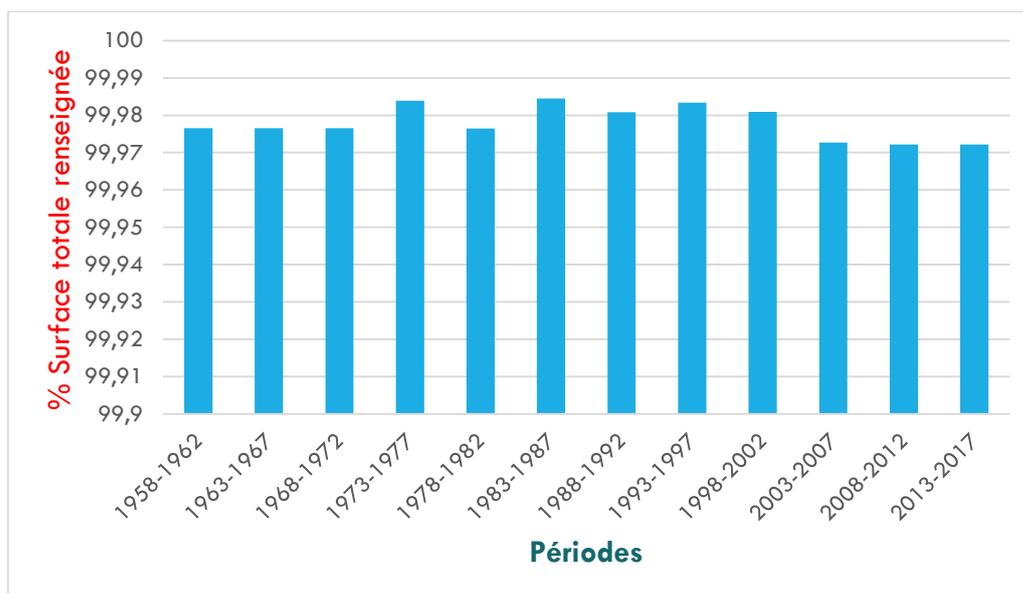


Figure 4: Exemple de la fiabilité des données exprimée en % de la surface totale renseignée pour la variable 4188: Ressources en eau renouvelables totales

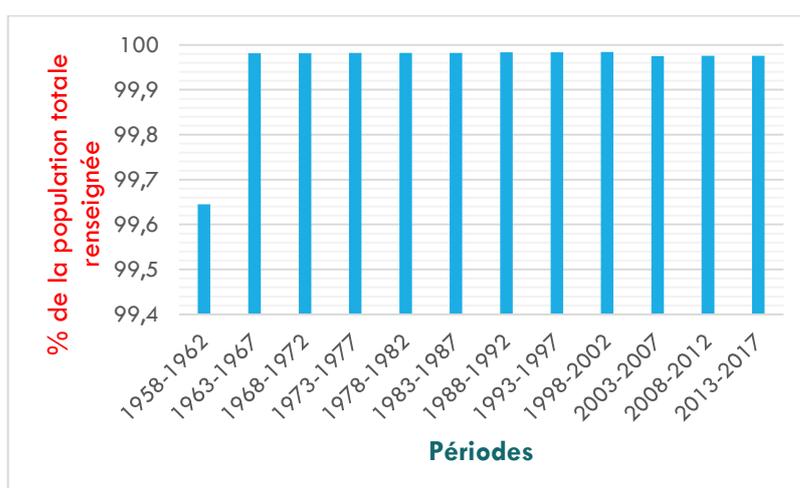


Figure 5: Exemple de la fiabilité des données exprimée en % de la population totale renseignée pour la variable 4190: Ressources en eau renouvelables par habitant

Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total

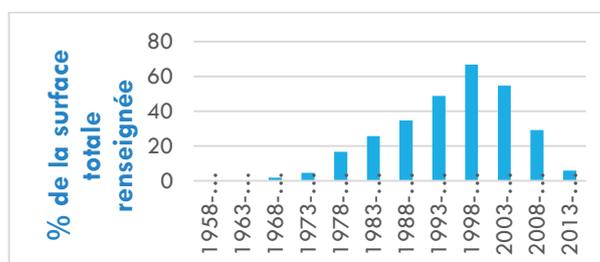
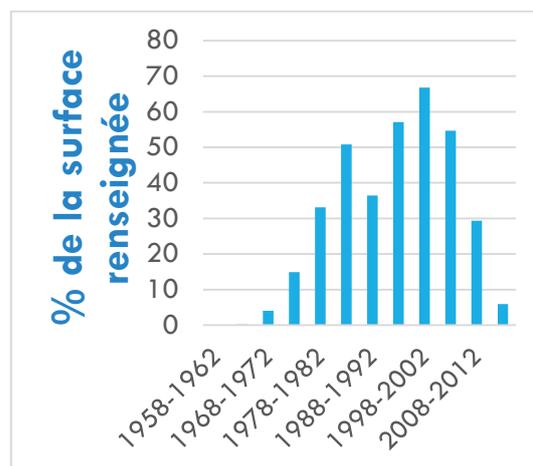
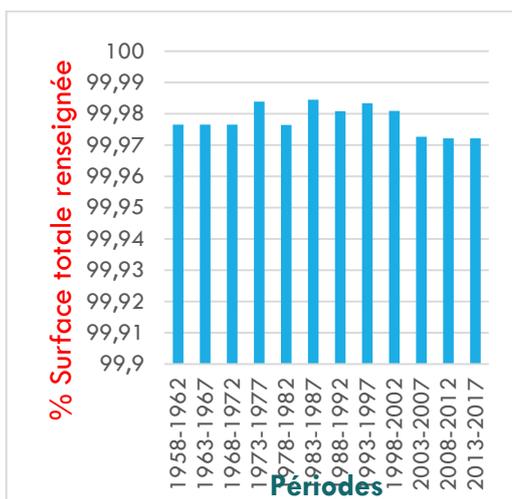


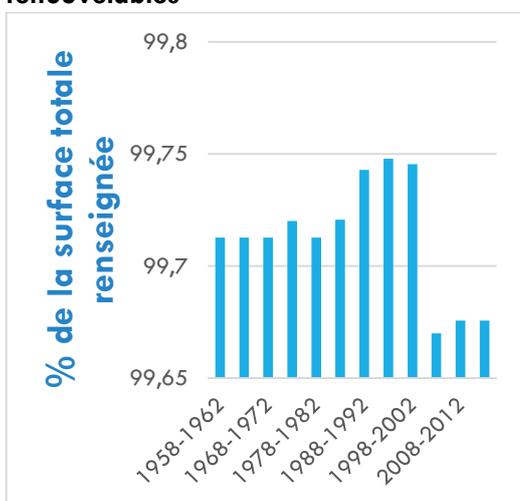
Figure 7: Comparaison des S renseignées entre les prélèvements pour les différentes utilisations

Ressources en eau renouvelables totales

Prélèvement d'eau douce total



Ressources en eau souterraine renouvelables



Prélèvement d'eau souterraine

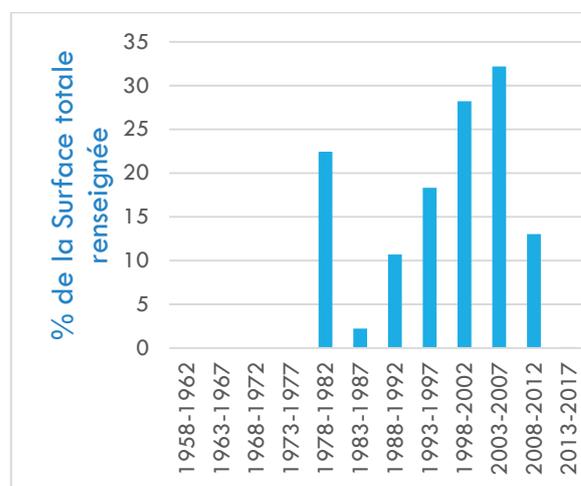
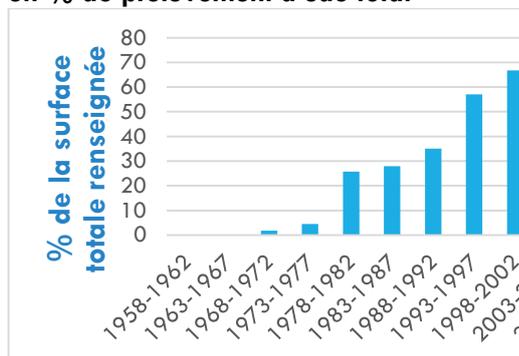
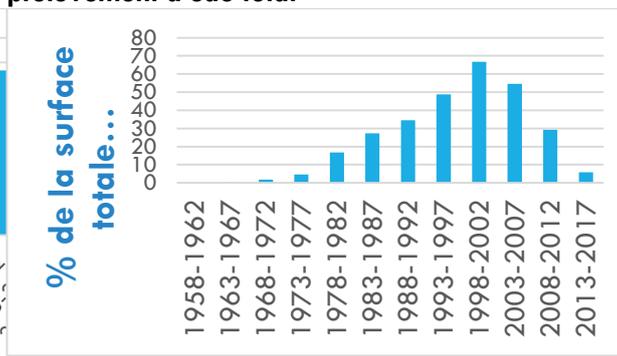


Figure 6: % de la surface renseignée sur les ressources et les prélèvements

Prélèvements d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total



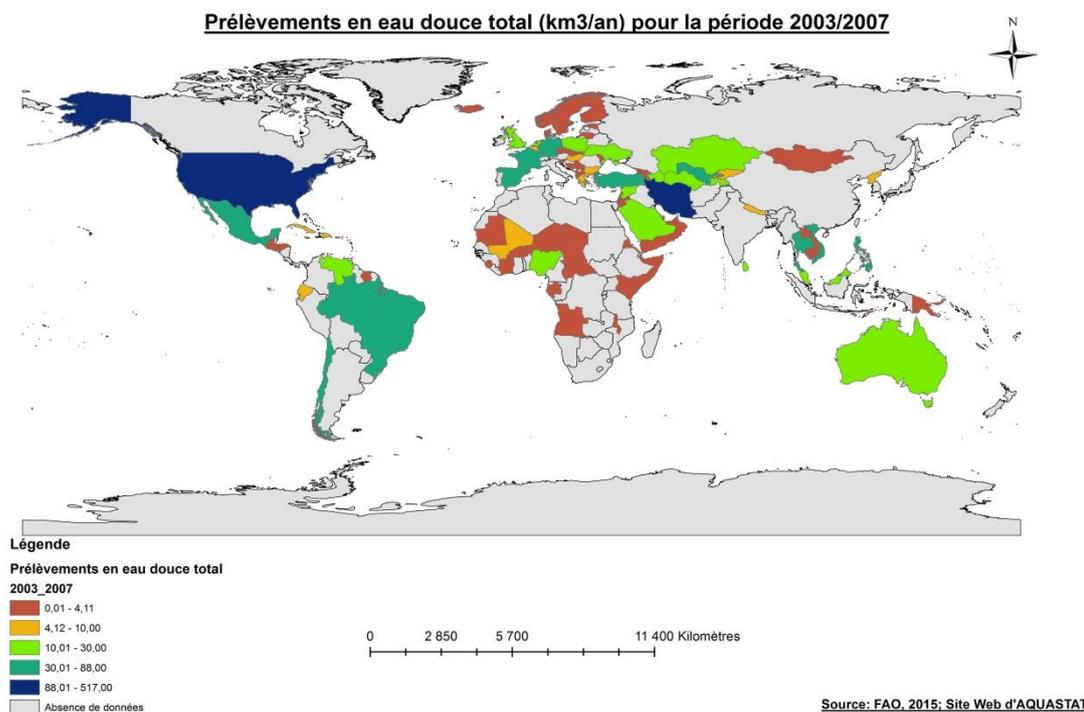
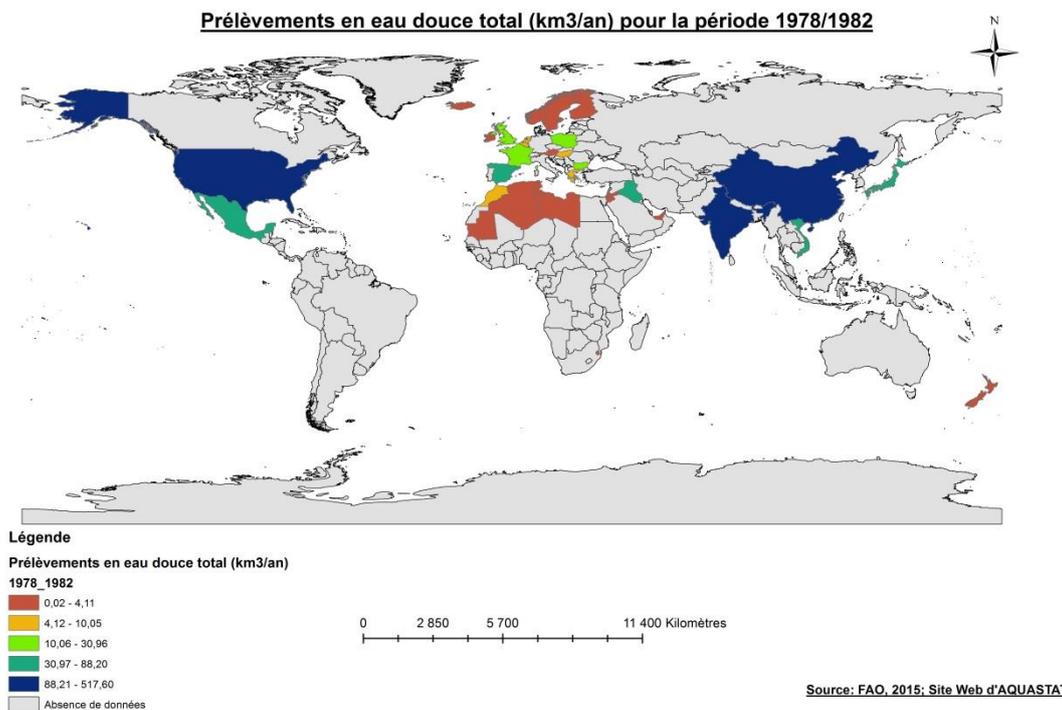
Prélèvements d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total



ANNEXE 3 :

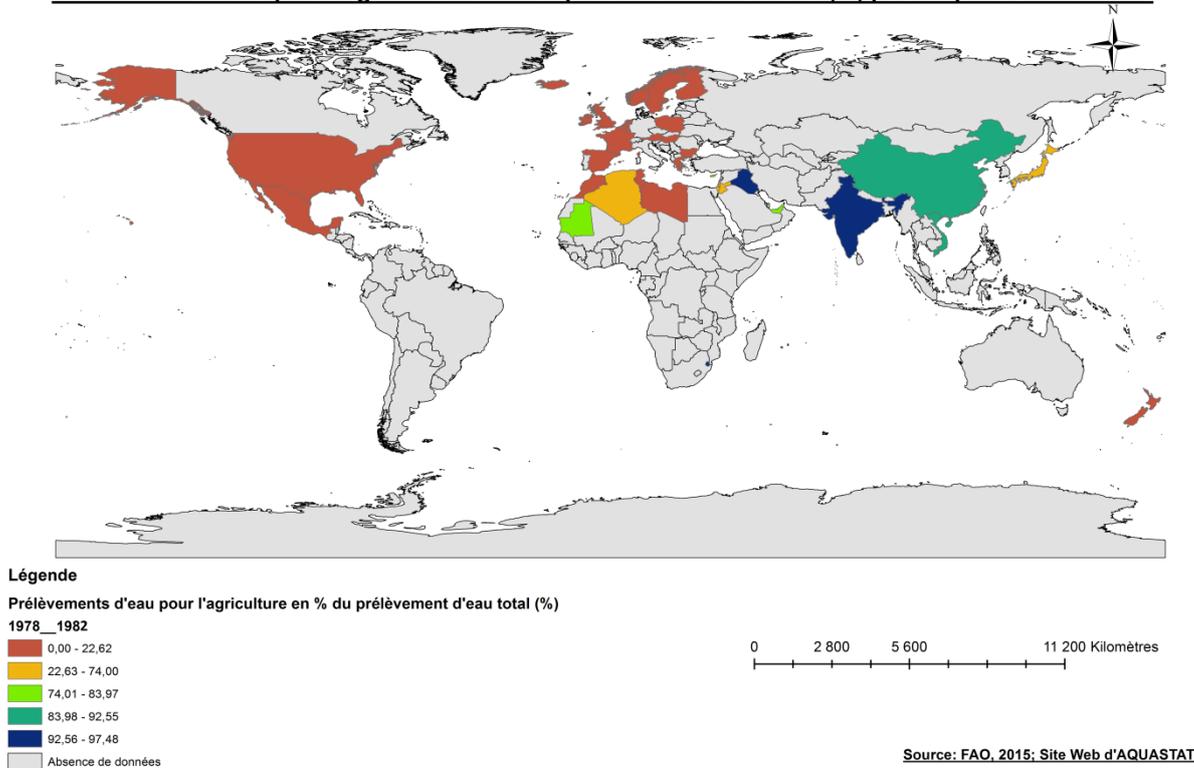
Cartes réalisées à partir de notre base de données

A.3.1. 4263 : Prélèvements en eau douce total

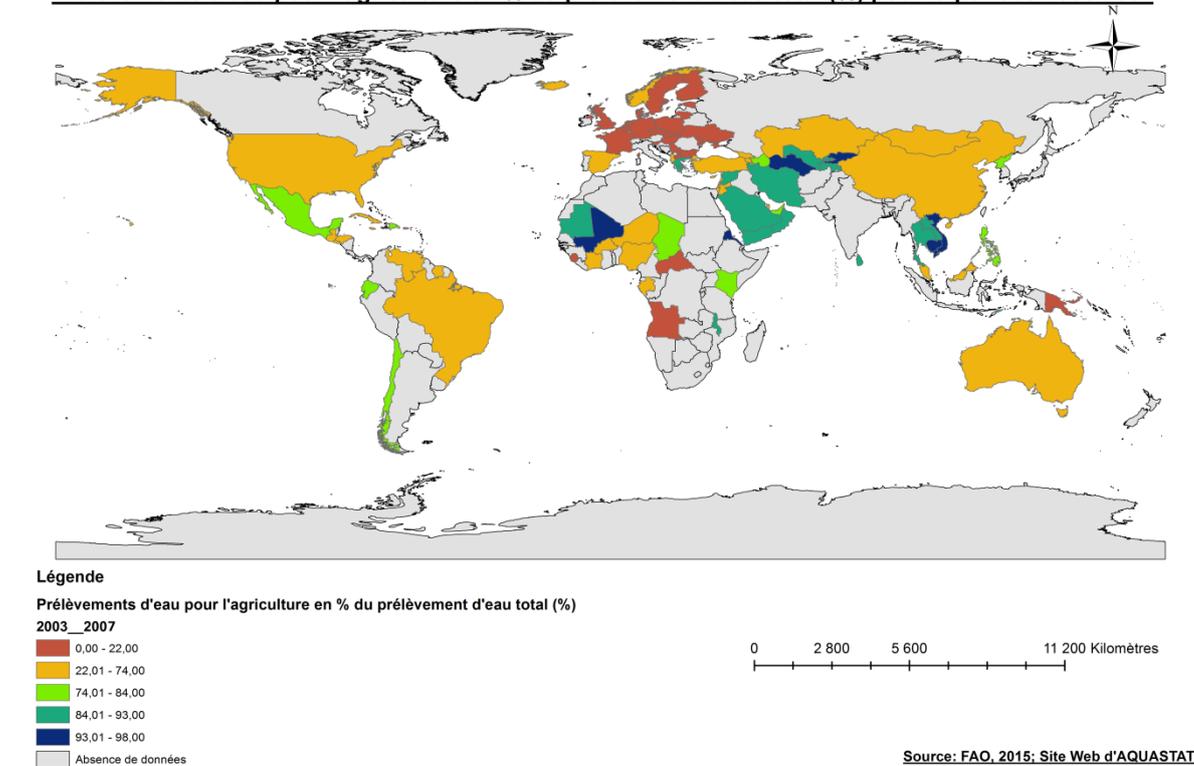


A.3.2. 4254 : Prélèvements d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total (%)

Prélèvements d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 1978/1982

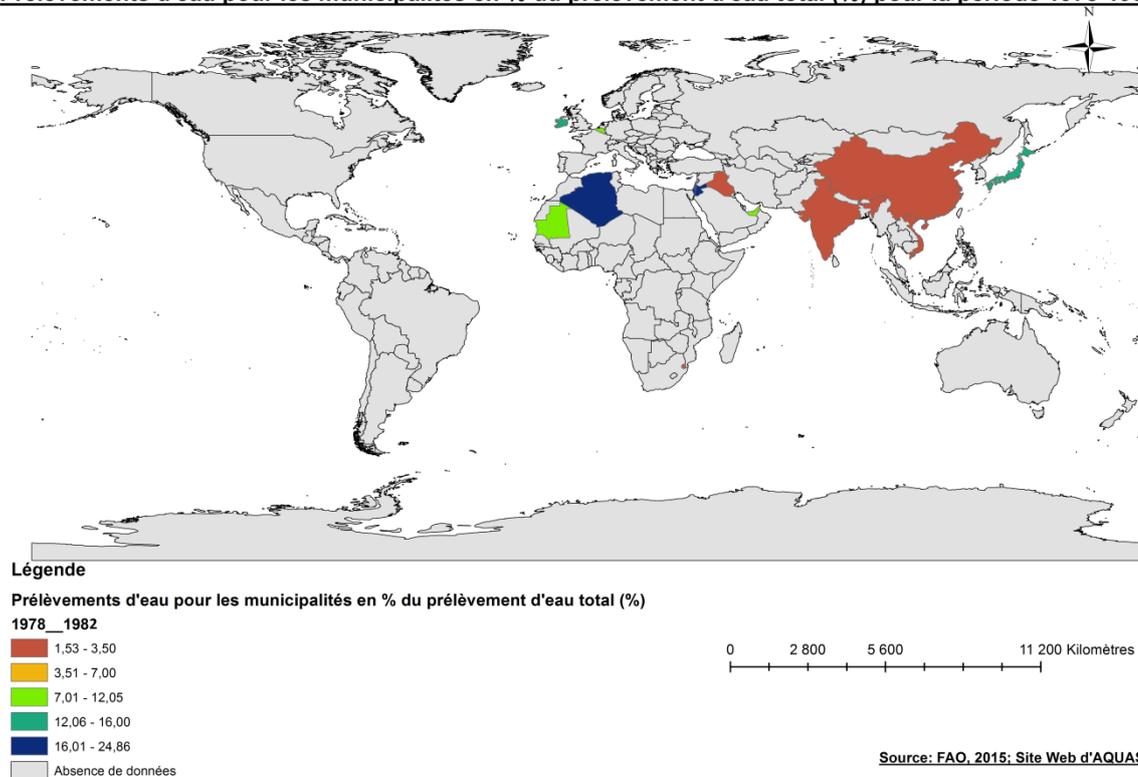


Prélèvements d'eau pour l'agriculture en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 2003/2007

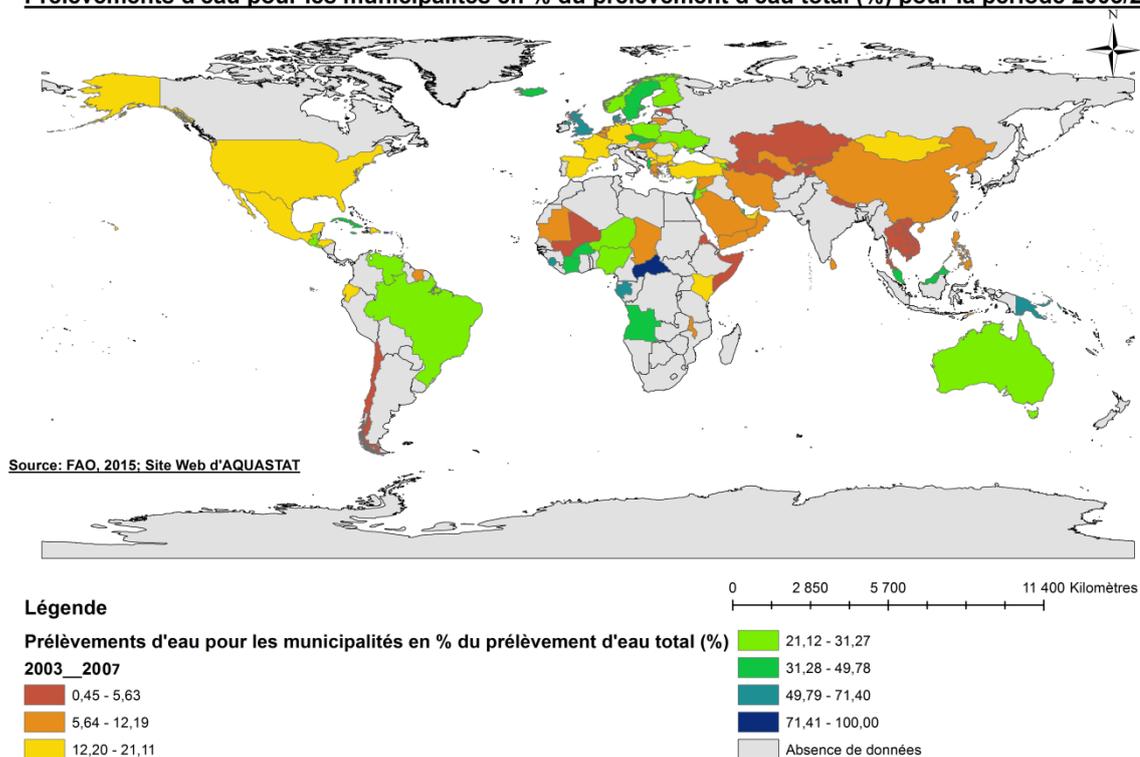


A.3.3. 4255 : Prélèvements d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total (%) :

Prélèvements d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 1978-1982

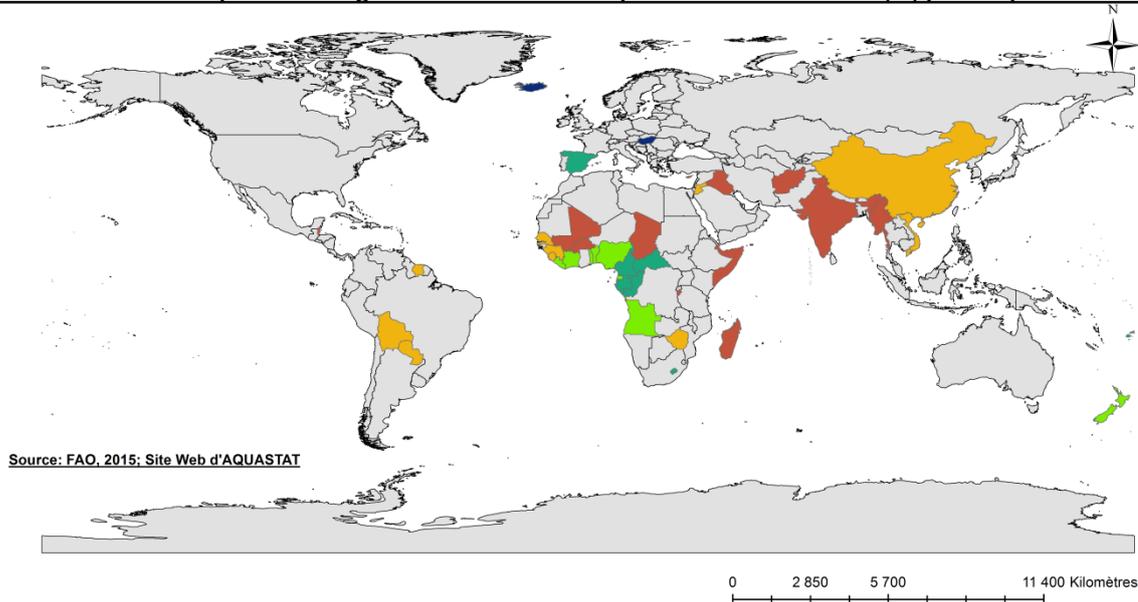


Prélèvements d'eau pour les municipalités en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 2003/2007



A.3.4. 4256 : Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total :

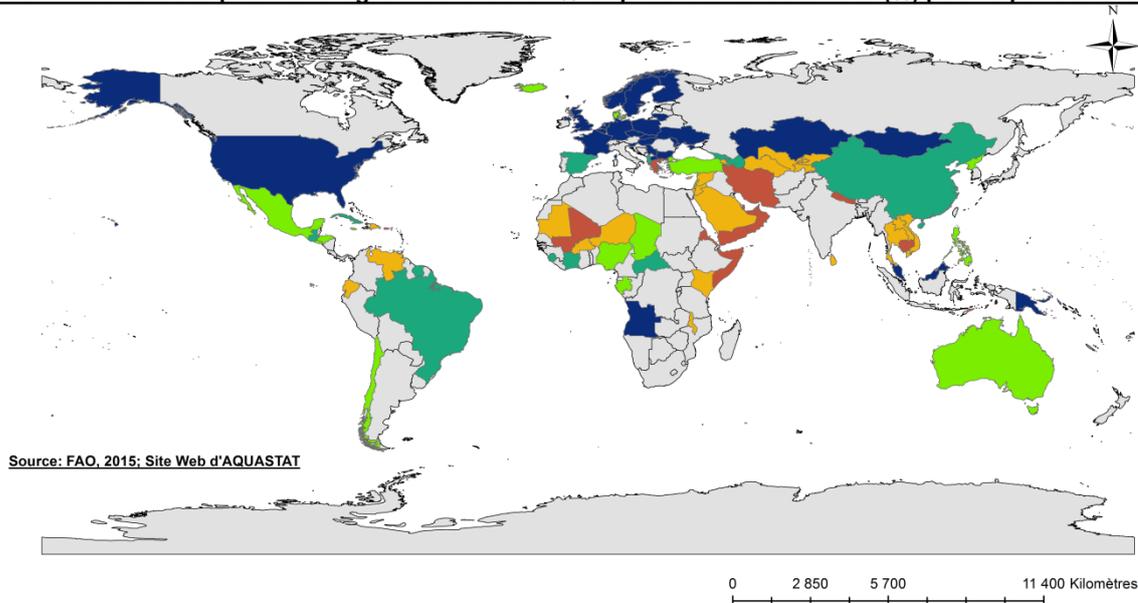
Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 1983/1987



Légende

| Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total | |
|--|--------------------|
| 1983_1987 | |
| 0,00 - 2,21 | 7,53 - 15,01 |
| 2,22 - 7,52 | 15,02 - 27,00 |
| | 27,01 - 55,00 |
| | Absence de données |

Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total (%) pour la période 2003/2007

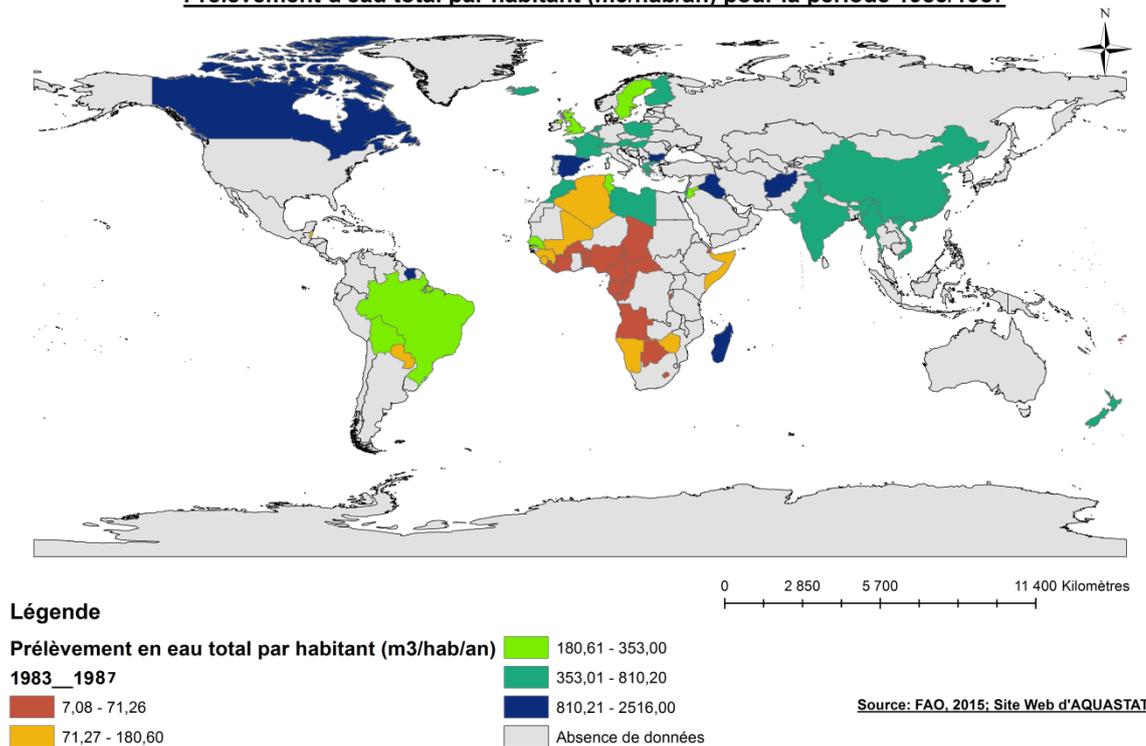


Légende

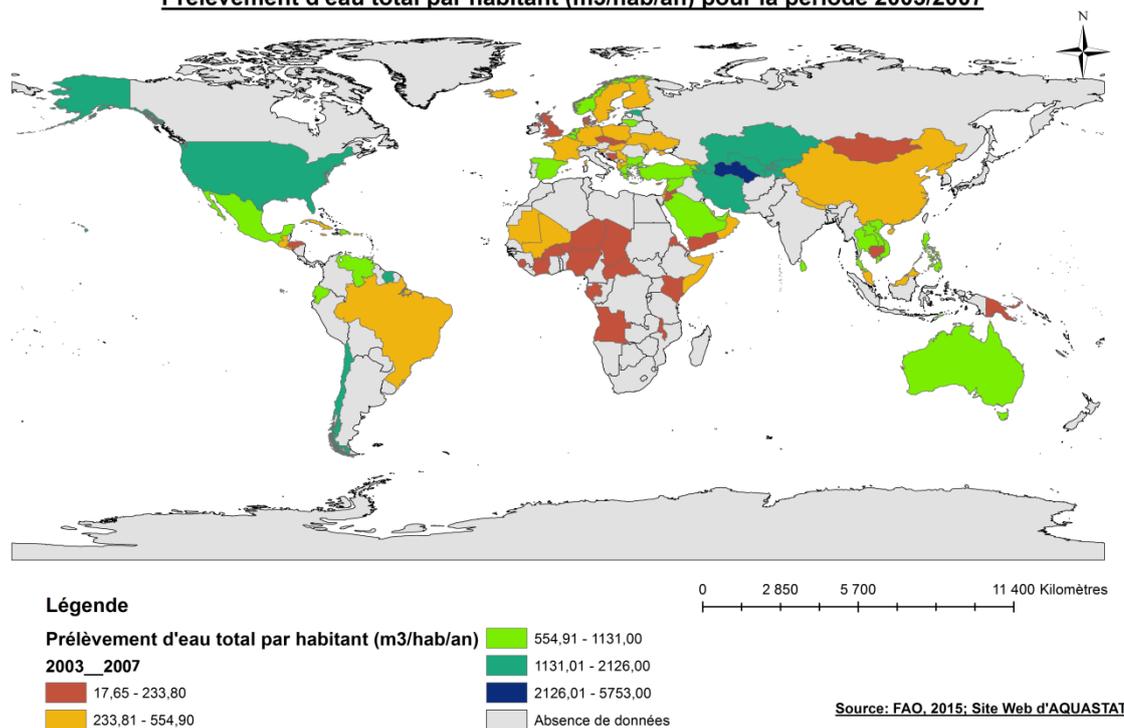
| Prélèvements d'eau pour les usages industriels en % du prélèvement d'eau total (%) | |
|--|--------------------|
| 2003_2007 | |
| 0,00 - 2,00 | 7,01 - 15,00 |
| 2,01 - 7,00 | 15,01 - 27,00 |
| | 27,01 - 96,00 |
| | Absence de données |

A.3.5. 4257 : Prélèvement d'eau total par habitant :

Prélèvement d'eau total par habitant (m3/hab/an) pour la période 1983/1987

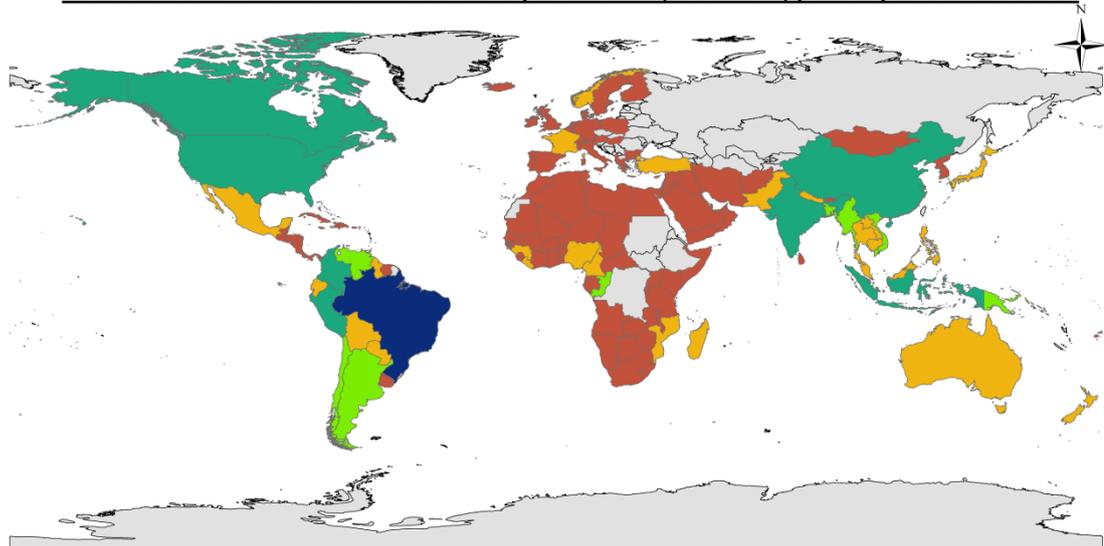


Prélèvement d'eau total par habitant (m3/hab/an) pour la période 2003/2007



A.3.6. 4188 : Ressources en eau renouvelables totales par habitant :

Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m³/hab/an) pour la période 1983/1987



Légende

Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m³/hab/an)

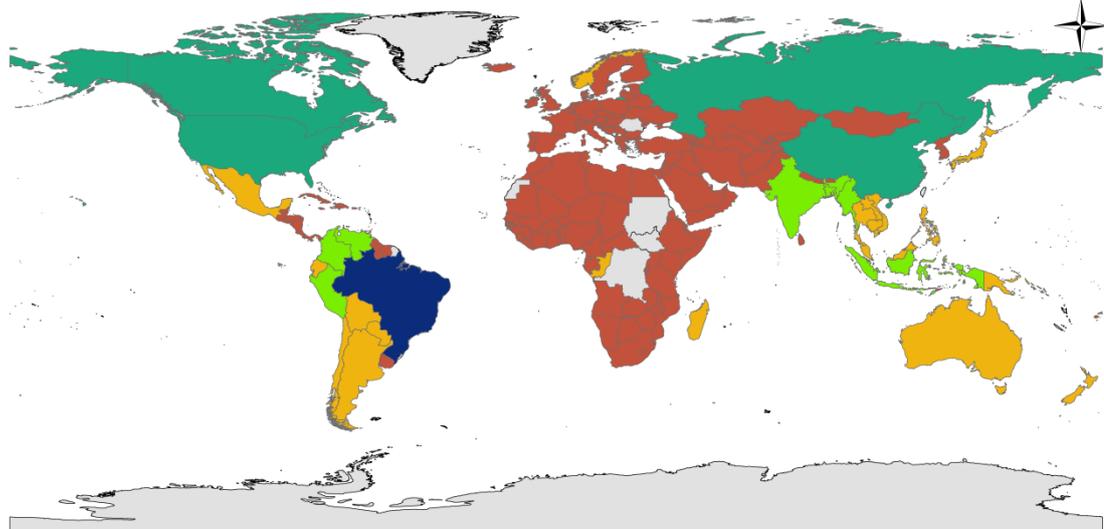
1983_1987



0 2 850 5 700 11 400 Kilomètres

Source: FAO, 2015; Site Web d'AQUASTAT

Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m³/hab/an) pour la période 2003/2007



Source: FAO, 2015; Site Web d'AQUASTAT

0 2 850 5 700 11 400 Kilomètres

Légende

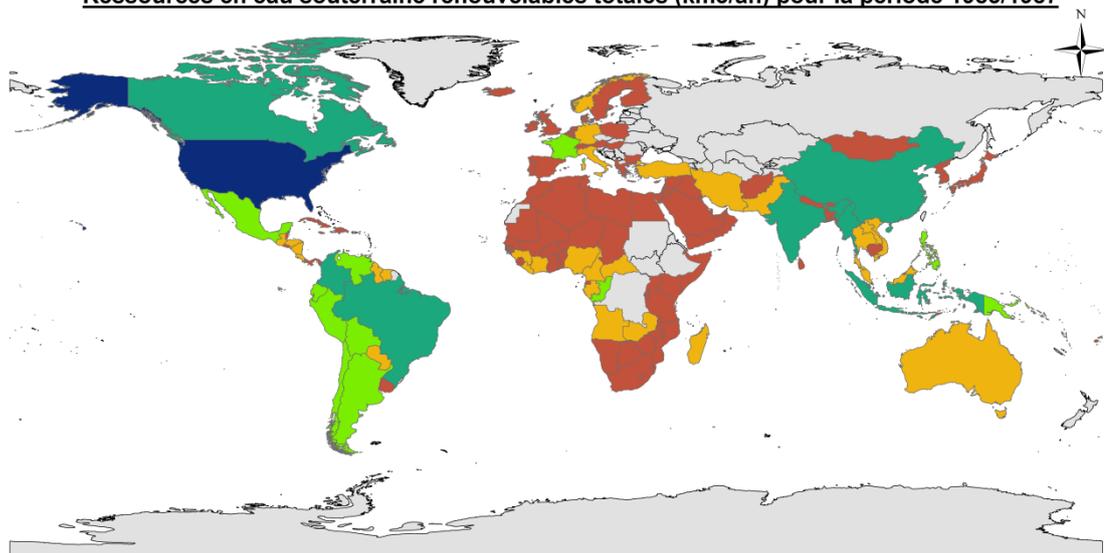
Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m³/hab/an) pour la période 2003/2007

2003_2007



A.3.7. 4187 : Ressources en eau souterraine renouvelables totales :

Ressources en eau souterraine renouvelables totales (km³/an) pour la période 1983/1987



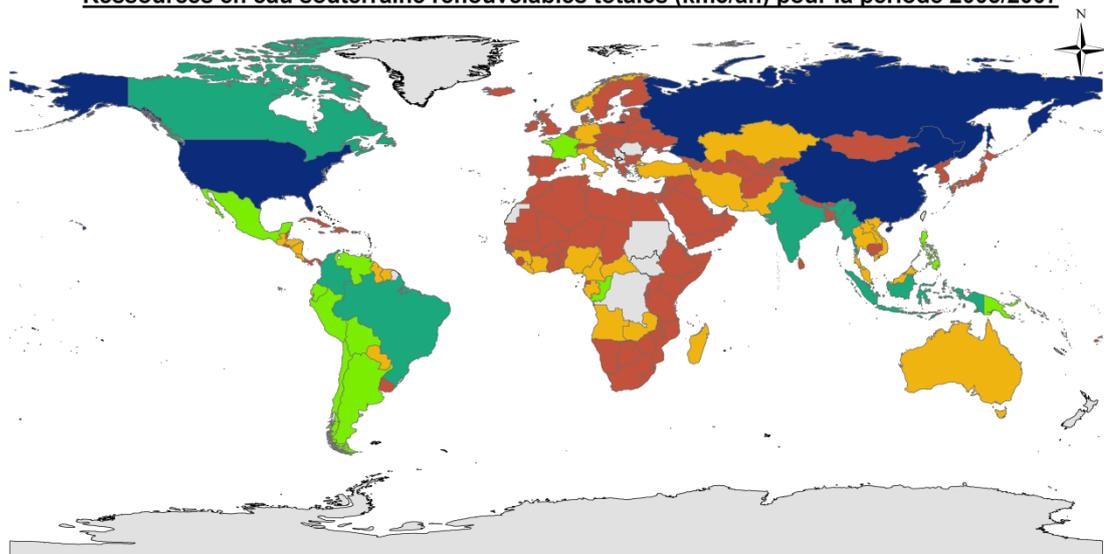
Source: FAO, 2015; Site Web d'AQUASTAT

0 2 850 5 700 11 400 Kilomètres

Légende

| | | |
|---|---|--------------------|
| Ressources en eau souterraine renouvelables totales (km³/an) |  | 103,01 - 303,00 |
| 1983_1987 |  | 303,01 - 828,80 |
|  | | 0,01 - 30,00 |
|  | | 30,01 - 103,00 |
| |  | Absence de données |

Ressources en eau souterraine renouvelables totales (km³/an) pour la période 2003/2007



Source: FAO, 2015; Site Web d'AQUASTAT

0 2 850 5 700 11 400 Kilomètres

Légende

| Ressources en eau souterraine renouvelables totales (km ³ /an) | |
|---|--------------------|
| 2003_2007 | |
| 0,01 - 30,00 | 103,01 - 303,00 |
| 30,01 - 103,00 | 303,01 - 645,60 |
| | 645,61 - 1383,00 |
| | Absence de données |