2 GIRE, GESTION DE L'EAU POTABLE ET SES VARIABLES

2.1 Antécédents de la GIRE

L'étude de cas particuliers est un des principaux modes de recherche de la GIRE. La bibliographie sur le sujet offre des études de cas liées à des pays et régions comme le Cameroun ***(Ako Ako A. et al. 2009)***, l'Afrique du Sud ***(Benito G. et al. 2010)***, le Maroc ***(Khattabi A. 2008)***, le Malawi et la Zambie ***(Simalabwi A. 2007)***, le Kazakhstan (et 4 autres pays de l'ancien bloc soviétique) ***(Muhamedzhanov Sh. 2007)***, le Vietnam ***(Mehtonen K. et al. 2008)***, l'Allemagne ***(van der Keur P. et al. 2008)***, les Emirats Arabes Unis ***(Murad A. et al. 2006)*** et l'Argentine ***(GWP 2009)***.

D'autres antécédents semblables peuvent être trouvés dans l'appendice. Ils sont consacrés à des études de cas du Troisième rapport des Nations Unies sur l'eau ***(2009b)***. Ces cas sont analysés du point de vue de l'application de la GIRE pour l'utilisation partagée des ressources en eau au niveau international, pour la solution de problèmes potentiels de distribution d'eau au niveau régional et national et pour l'étude d'autres problématiques qui peuvent compromettre la géopolitique de la région[6].

Chacune des recherches peut être qualifiée d'étude de cas particulier. En effet, bien qu'elles aient comme dénominateur commun la planification de l'utilisation de l'eau ou des ressources en eau partagées par différents pays ou régions, les analyses sont différentes quant aux objectifs et à l'usage que l'on veut donner à la ressource eau (alimentation, utilisation pour la navigation, eau potable, pollution) et quant aux problématiques de chacune d'entre elles (utilisation partagée, pénurie d'eau, conflits potentiels, droits de l'eau) ***(UNESCO 2009b).***

D'autre part, il existe des études antérieures qui présentent l'analyse de cas génériques comme la génération d'incertitudes dans la GIRE ***(van der Keur P. et al. 2008)*** ou qui analysent, par exemple, la différence culturelle entre deux populations « comme les Français et les Allemands ». C'est la raison pour laquelle la GIRE et ses concepts sont abordés de différents points de vue ***(Matz M. 2008)***. Toutefois, cette discipline est assez récente et les particularités de chaque cas et des différentes situations suscitent encore beaucoup de recherches et de contributions sur le sujet de la gestion de l'eau.

En conclusion, on peut dire qu'en général l'étude de cas particuliers constitue le mécanisme qui permet de développer la théorie et les postulats soutenant la GIRE. L'Amérique latine ne fait pas exception à la règle. On peut citer, entre autres, deux initiatives de recherche et de travail au niveau régional :

- ⇒ Le projet AguAndes, qui est un programme de recherche pour promouvoir la Gestion Intégrée des Ressources en Eau dans les Andes - Apprendre du Passé pour Préparer le Futur – ***(Legrand C. 2008).*** Dans cette étude, les analyses effectuées sur les défis pour la mise en œuvre de ce concept dans la région de Quito présentent un diagnostic préliminaire et pilote de la zone afin de déterminer l'applicabilité de la GIRE ***(Pouget J. et al. 2008)***. L'objectif consiste à extrapoler les résultats pour la zone andine en incluant le territoire bolivien. Ce programme est réalisé avec la coopération de l'Universidad Mayor de San Andrés de La Paz et de l'Universidad Mayor de San Simón (UMSS).
- ⇒ Le projet CAMINAR (**Ca**tchment Management and **Min**ing Impacts in **Ar**id and Semi-Arid South America) a pour but la gestion intégrée des bassins versants. Il emploie la GIRE comme un outil visant cet objectif. En Bolivie, ce projet est orienté vers la gestion des conflits par la mise en œuvre de la GIRE, en ce qui concerne l'identification de conflits environnementaux dans la gestion des ressources hydriques ***(Quintanilla J. 2009)***

[6] *On compte des études de cas au Cameroun, au Soudan, en Tunisie, en Zambie (Rivière Congo), au Bangladesh, en Chine, au Pakistan, au Sri Lanka, en Ouzbékistan, en Estonie, en Finlande, en Hollande, en Espagne, en Turquie, à Río de la Plata (Argentine, Brésil, Paraguay et Uruguay). (UNESCO 2009b)*

2.2 La GIRE en Bolivie

En Bolivie, il existe aussi des organismes qui traitent de la Gestion de l'eau, travaillent à la mise en œuvre de la GIRE et réalisent des recherches à ce sujet. On peut citer des institutions comme :

⇒ La Commission pour la Gestion Intégrée de l'Eau en Bolivie (CGIAB) qui est une plate-forme d'institutions publiques et privées ainsi que de centres de recherche universitaires. Elle s'insère dans la thématique de l'eau et travaille, depuis 2002, à promouvoir la conception concertée de politiques publiques dans le cadre de la gestion durable de la ressource eau et de ses services ***(CGIAB 2002)***. Cette institution a récemment publié une étude dans laquelle elle se réfère à la justice environnementale et à la capacité de promouvoir des opérations prolongées « durables » de l'eau. Dans ces études de cas, la GIRE est présentée comme une vision stratégique pour trouver des solutions ***(CGIAB 2009)***. Par ailleurs, cette commission a des activités dans la gestion de l'eau du bassin Taquiña de Cochabamba et soutient la politique de l'eau de l'état bolivien.

⇒ Le Centre Andin pour la Gestion et l'Utilisation de l'Eau, avec son projet GIRH (2008-2010) travaille en coordination avec le Programme de Recherche Stratégique en Bolivie (PIEB) et est financé par la Coopération Danoise (DANIDA).

Ses objectifs consistent à consigner les bases conceptuelles, méthodologiques et opérationnelles pour la mise en œuvre d'une stratégie de Gestion Intégrée des Ressources Hydriques dans des bassins de la Bolivie. Sa base de travail est l'interaction avec les organisations d'utilisateurs et les gouvernements municipaux. Ce centre concentre ses activités sur le bassin de Pucara (Tiraque - Punata, Cochabamba). Son principal apport est l'analyse de l'organisation et de la viabilité de l'application de la GIRE, comme outil opérationnel du Plan National du Bassin Versant ***(Centro Agua 2008)***

Une autre analyse sur l'emploi de la GIRE est l'étude des interventions à Tiquipaya qui révise l'histoire coloniale de la région et les concepts qui y sont associés, comme la petite propriété, la distribution naturelle de l'eau et l'intervention des syndicats agricoles dans la gestion de l'eau. Elle utilise les concepts de modélisation de la distribution de l'eau et recourt aux critères de la GIRE ***(Alurralde J. 2008)***.

Une étude intéressante rattachée à la GIRE est celle effectuée par Calizaya ***(2010)*** qui propose une méthode d'analyse multicritère pour la prise de décisions à travers l'étude de cas du bassin du Lac Poopó à Potosí.

Finalement, on observe que les analyses et initiatives sur le sujet ne sont pas nombreuses en général et encore moins dans le milieu bolivien. On note également qu'une étude spécifique sur la gestion de l'eau potable et de ses variables n'a pas encore été menée ni en Bolivie, ni en Amérique du Sud et encore moins à l'échelle de deux villes principales. C'est justement l'apport que cette thèse souhaite apporter.

Mentionnons également que l'analyse reprise dans cette thèse a servi de base au dépôt d'un projet à plus grande échelle, appelé la *Modélisation des Ressources Hydriques des villes de La Paz et d'El Alto*, qui a été lancé par l'Universidad Mayor de San Andrés avec des ressources de la coopération japonaise (JICA). Les résultats obtenus via cette thèse serviront de base à ce projet qui a démarré début 2010.

Le concept de gestion de l'eau en Bolivie a aussi été abordé du point de vue de la gestion du bassin versant pour des institutions comme le « Programa de Manejo Integral de Cuencas » ou PROMIC (Programme National de Gestion Intégrée des Bassins Versants) ***(http://www.promic-bolivia.org/promic.php)***. Ce programme a pour objectif l'utilisation durable des ressources du bassin (l'eau incluse) pour le développement économique et social. Il se développe depuis 19 ans, principalement dans la vallée de Cochabamba où se trouvent les terres les plus fertiles de la Bolivie.

2.3 La GIRE, privatisation versus une gestion équitable de l'eau en Bolivie

Au début des années 90, la région andine a connu des réformes légales visant à la mise sur pied d'institutions ayant pour objectif une meilleure gestion des ressources hydriques ***(Alurralde J. 2008)***. A propos de ces réformes, Jouravlev ***(2001)*** mentionne que les intentions de fond de ces réformes ne sont rien d'autre qu'une préparation à la privatisation de la gestion de l'eau.

Il faut également signaler que certaines conclusions du 2ème Forum mondial de l'eau à La Haye ***(2000)*** ont été controversées puisqu'elles proposaient des mesures telles que la limitation de l'expansion de l'agriculture, l'utilisation de transgéniques et l'établissement de cultures à l'échelle industrielle pour optimiser l'usage de l'eau.

Autre sujet de controverse, ces conclusions proposaient des mesures encourageant les gouvernements à chercher des capitaux privés pour la gestion de l'eau, en suggérant des réformes de la loi, des taxes sur l'eau et en introduisant le concept de l'eau comme un bien économique et commercial (Conclusions 2ème et 3ème Forum de l'eau) ***(Alurralde J. 2008)***.

La controverse porte sur la vision de la gestion de l'eau comme un bien commercial privé plutôt que comme un bien social. Dans les Forums de l'eau à Kyoto ***(2003)*** et à Mexico DF ***(2006)***, plusieurs participants ont également appuyé cette position (voir conclusions Forums de l'eau 2003 et 2006). Lors de sa participation au Forum de Kyoto, la position bolivienne a clairement été énoncée contre ces concepts économiques ***(Alurralde J. 2008)***.

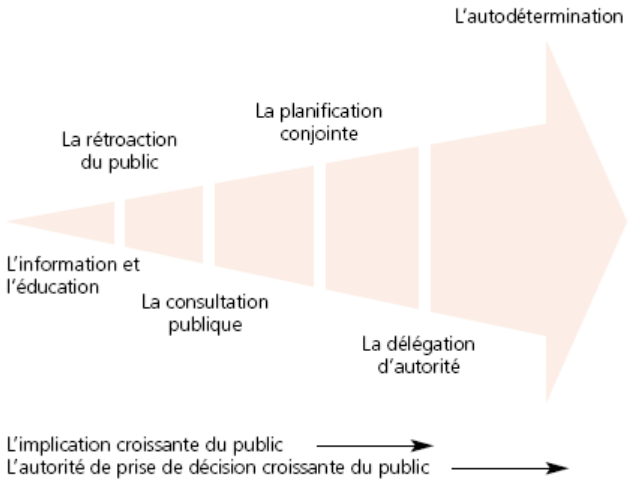
> *Actuellement, la Bolivie encourage la participation de la société dans la gestion de ses ressources naturelles et impose des réformes de loi plutôt sociales* ***(voir Loi de participation populaire et projets de la nouvelle loi de l'eau).*** *En janvier 2006, le Ministère de l'eau a été créé en Bolivie avec cette volonté.*
>
> *La GIRE considère, à la fois l'eau comme un bien économique (ce qui nous fait penser aux concepts relatifs à la privatisation de l'eau), et comme un bien social qui privilégie le bien-être social avant les intérêts économiques. Ce dernier concept est retenu pour son application conceptuelle à cette thèse, en concordance avec la position bolivienne plus participative et sociale.*

Des auteurs comme Jeffrey ***(2006)*** énoncent les défis d'une GIRE à l'échelle humaine et sociale en réclamant plus d'investissements pour la recherche et la connaissance de l'eau pour une gestion efficace de ce bien. Turton ***(2007)*** propose un trialogue entre la société, le gouvernement et la science pour une bonne gestion écosystémique (utilisation durable avec des concepts à caractère sociaux).

Dans ce cadre, on a déjà remarqué l'importance de la participation de la société bolivienne dans la gestion de l'eau (Chapitre 1). On formule dès lors l'hypothèse que la GIRE peut être appliquée à la société bolivienne.

Soutenu par cette participation, il est possible que le trialogue fonctionne pour une gestion de l'eau plutôt sociale qu'économique de la manière dont le propose Burton ***(2001)***, avec information et éducation des usagers et consultations publiques (voir Figure 2.1). Il faut noter que dans la législation de l'environnement en Bolivie ***(Loi N° 1333)***, la consultation publique est nécessaire pour la mise en marche de n'importe quel projet.

Figure 2.1 : La participation du public dans la gouvernance de l'eau



(Burton J. 2001)

Nous considérons donc qu'une vision de la GIRE vers une gestion sociale et juste est possible en Bolivie. Nous proposons dès lors dans cette thèse d'utiliser les concepts de la GIRE vers ce type de gestion.

2.4 Concepts guides pour l'application de la GIRE

Le concept de la GIRE est relativement nouveau et les tentatives d'application sont peu nombreuses malgré l'importance qu'on lui assigne particulièrement dans des pays comme la Bolivie ***(Calizaya A. et al. 2010)*** où l'on commence récemment à appliquer ses concepts.

Ci-dessous nous transcrivons un texte qui nous semble décrire d'une façon complète les concepts qui soutiennent la GIRE.

> *… « La GIRE s'est inspirée des Principes de Dublin. Elle requiert une approche plus holistique vis-à-vis de la gestion en essayant de prendre en compte non seulement les interdépendances avec les systèmes naturels, mais également la façon dont les systèmes économiques et sociaux affectent la pression exercée sur la ressource de base. Elle requiert également une approche plus participative soulignant la nécessité d'une plus grande implication de la part des parties prenantes au niveau de la gestion et du développement de la ressource, y compris la prise en compte du rôle essentiel que jouent les femmes en tant que décideurs et usagers de l'eau. Enfin, elle implique de considérer l'eau comme un bien économique qui ne peut continuer à être disponible gratuitement pour l'ensemble des usagers et usages concurrentiels. Il est inévitable que la demande dépassera la capacité de la ressource de base pour dispenser les services à moins que des mécanismes soient mis en place pour faire prendre conscience aux usagers des coûts induits (y compris les coûts environnementaux) pour l'approvisionnement.*
>
> *La GIRE représente donc un défi majeur pour les décideurs. Elle demande de rompre avec les traditions, de passer d'une gestion sectorielle à une gestion intégrée, du haut vers le bas avec des approches réactives par rapport à la demande et aux parties prenantes, d'une approche basée sur l'offre à une gestion de la demande, d'un système de commande et de contrôle à des systèmes de gouvernance plus coopératifs et délégués, d'organisations de gestion fermées régies par les experts à des entités plus ouvertes, plus transparentes et plus communicatives. La GIRE vise d'abord à changer la nature de la gouvernance de l'eau définie comme étant « l'ensemble des systèmes politiques, sociaux, économiques et administratifs en place pour développer et gérer les ressources en eau, et fournir des services de l'eau, à différents niveaux de la société »…****(Texte transcrit d'près GWP 2007)***

La GIRE tient compte des aspects comme le cycle hydrologique dans sa totalité, les intérêts sectoriels, les nécessités futures, la gestion de l'eau comme une ressource naturelle renouvelable, mais limitée et la bonne gouvernance de l'eau ***(FAO 2007;GWP 2007;UNESCO 2006).***

Passer de la théorie à la pratique de la GIRE n'est pas une tâche simple ***(GWP 2009;IRC 2006)***. Il existe des manuels rédigés par plusieurs institutions qui traitent du sujet tant au niveau régional qu'au niveau local. Nous utilisons comme référence la publication de la « Global Water Partnership » ***(GWP 2007)*** qui présente une perspective pratique d'application de la GIRE au niveau régional ainsi qu'un autre manuel de la même institution ***(GWP 2009)*** et celui de Burton ***(2001)*** qui nous offre une perspective plutôt locale au niveau du bassin versant.

Au sujet de l'application de la GIRE, il faut prendre en compte les aspects particuliers de notre région tels que la dimension humaine de la GIRE ***(Jeffrey P. 2006)***, les aspects culturels locaux ainsi que les aspects financiers, économiques et légaux ***(Jaloobayev A. 2007)***, les besoins de la gouvernance de l'eau ***(Simalabwi A. 2007;Turton A. et al. 2007)*** et d'institutions solides ***(Mehtonen K. et al. 2008)***.

De plus, l'application de la GIRE se trouve en relation avec trois aspects essentiels : l'environnement propice, les rôles institutionnels et les instruments de gestion (Tableau 2.1) ***(GWP 2007)***.

Les deux premiers aspects sont liés à la volonté politique du pays et à son organisation, le troisième est un aspect connecté à la pratique quotidienne de la GIRE qui touche l'échelle humaine ***(Jeffrey P. 2006)*** et aux décisions qui sont en dépendance directe avec les enjeux de la GIRE ***(Burton J. 2001;GWP 2009)***.

Dans ce cadre, au moyen de l'analyse des variables, nous cherchons à déterminer les bases d'application de certains énoncés relatifs aux instruments de gestion (Tableau 2.1) :

Evaluation des ressources en eau – Appréciation des ressources et des besoins
Utilisation optimum de l'eau – et de la gestion de la demande et de l'approvisionnement
Garantie du partage de l'eau

On cherche également à réduire les incertitudes de type épistémique de la gestion de l'eau pour l'application de la GIRE.

Tableau 2.1 : Aspects nécessaires pour l'application de la GIRE à une gouvernance de l'eau

L'ENVIRONMENT PROPICE	ROLES INSTITUTIONNELS	INSTRUMENTS DE GESTION
Politiques - Fixer des objectifs pour l'utilisation, la protection et la conservation de l'eau *Cadre législatif - Politiques de l'eau converties en lois* *Structures de financement et d'incitations - Ressources financières*	*Création d'un cadre organisationnel - Formes et fonctions* *Edification des capacités institutionnelles*	*Evaluation des ressources en eau - Appréciation des ressources et des besoins* *Plans pour la GIRE - Combinaisons des options de développement, d'utilisation de la ressource et d'interaction humaine.* *Utilisation optimum de l'eau - et de la gestion de la demande et de l'approvisionnement* *Instruments de changement social - Encourager une société de l'eau* *Résolution de conflits - Gestion des conflits, garantie du partage de l'eau* *Instruments réglementaires - Allocation el limites d'utilisation de l'eau* *Instruments économiques - Utilisation de la valeur et des prix pour l'efficacité et l'équité* *Échange d'information - Partage de la connaissance pour une meilleur gestion de l'eau.*

2.5 Analyse des variables en jeu : formulation du modèle descriptif

Construction du modèle

Selon la méthodologie présentée dans la Figure 1.7, la première étape de notre recherche est la construction du modèle descriptif de la gestion de l'eau potable des villes de La Paz et d'El Alto (appelé dorénavant modèle descriptif) qui, dans notre cas particulier, sert à guider l'analyse des variables en jeu dans la gestion de l'eau.

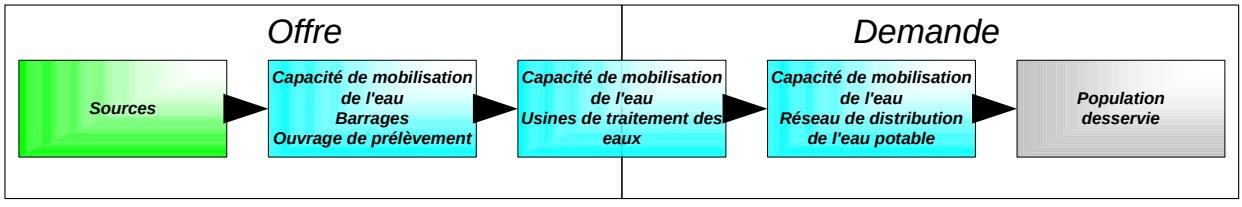
L'approche choisie pour la construction de notre modèle descriptif est celle du bilan de l'offre et de la demande puisque nous considérons que ce bilan définit aussi bien les objectifs que les obstacles potentiels de la gestion. Nous l'appelons modèle descriptif puisqu'il doit représenter l'architecture des systèmes de gestion qu'on souhaite analyser et, en même temps, il doit décrire les rapports entre eux.

Sur base de la structure et de la conception des systèmes d'exploitation d'eau potable, on obtient l'identification des composants primaires :

Sources → Barrages → Usines de traitement → Réseau → Population desservie

A partir de cette conformation primaire de base, il est possible d'obtenir une première approche de la construction du modèle souhaité :

Figure 2.2 : Première approximation pour la construction du modèle descriptif



Cette figure permet de procéder à une description des systèmes qui ont comme point de départ les sources (bassins versants), qui passent par les ouvrages de prélèvement d'eau ou de régulation tels que les barrages, les usines de traitement de l'eau (lieu de mise en rapport de l'offre et de la demande) et qui se terminent au réseau de distribution de l'eau potable vers la population. Ces deux dernières étapes se situent du côté de la demande.

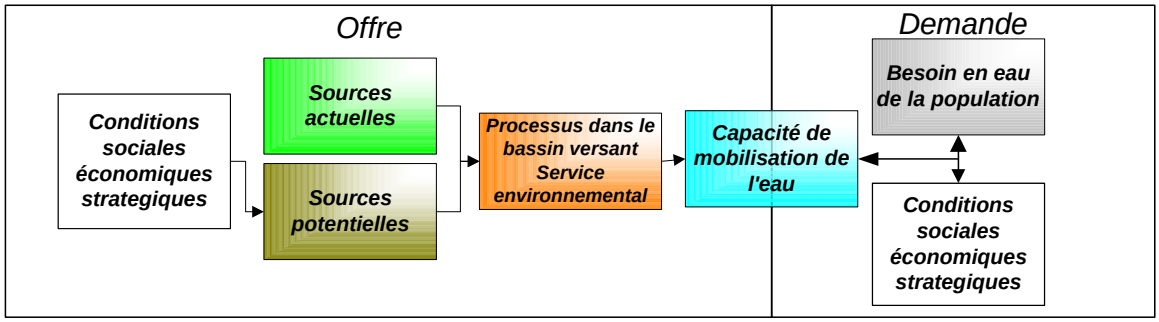
Cette première analyse nous permet d'élaborer un second niveau d'analyse dans lequel nous incluons les éléments de type social, stratégique et économique qui conditionnent la gestion de l'eau ***(Jaloobayev A. 2007;Matz M. 2008)***.

En considérant le cycle hydrologique, il est nécessaire d'ajouter un cadre pour l'analyse des processus hydrologiques dans le bassin versant ***(Burton J. 2001)***. Dans ce cadre, on introduit le concept de service environnemental.

> *Au sein du concept de service environnemental, les précipitations représentent l'input du bassin lequel par ses processus internes livre l'eau douce comme un service environnemental* ***(FAO 2007)****. De la même manière, les glaciers sont considérés comme l'un des processus permettant de rendre ce service environnemental l*[7]*.*

Nous faisons également la distinction entre les sources actuelles et les sources potentielles.

Figure 2.3 : Deuxième approximation pour la construction du modèle descriptif



La Figure 2.3 représente un modèle idéal dans lequel les conditions sociales, stratégiques et économiques forment un point de départ pour la planification de la gestion.

En pratique, on constate toutefois que, principalement dans les régions rurales en Bolivie, il existe deux moments d'approche sociale d'un projet et de sa gestion. Premièrement, au moment où naît l'idée du projet qui est communiquée au bénéficiaire (ceci entraîne un accord qui n'est pas forcement définitif) et, deuxièmement, au moment où le projet se concrétise et quand l'intérêt réel de sa mise en œuvre est ressenti. ***(Consultora Pirámide 2009;Rivera & Añez 2009)***.

Il faut remarquer, de même, que la gestion de l'eau nécessite la construction d'infrastructures (capacité de mobilisation de l'eau) et d'ouvrages construits dans les bassins éloignés des centres urbains. Ceux-ci sont dépendant de l'influence ou de l'accord social.***(Loi No 1551: Participación Popular 1993).***

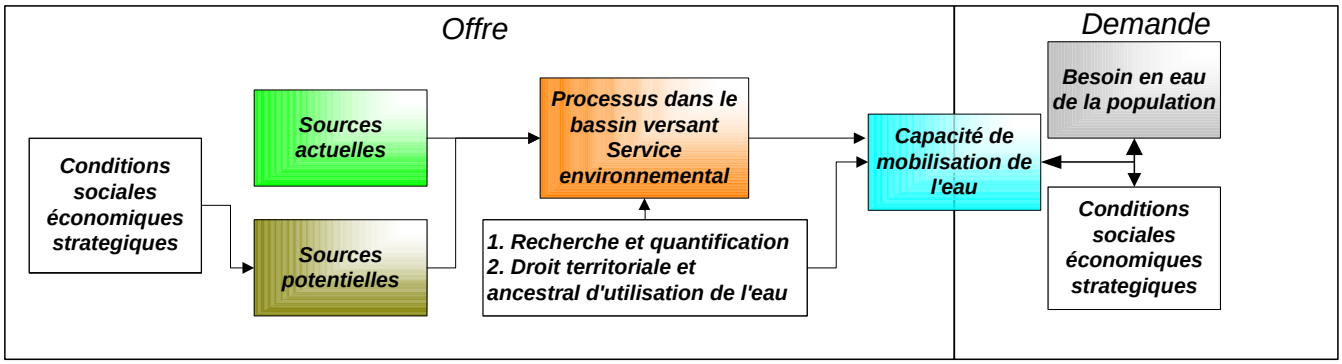
L'accord social est conditionné à son tour aux droits territoriaux d'exploitation de l'eau des communautés qui habitent sur les bassins versants depuis très longtemps et qui ont la priorité d'exploitation de la ressource hydrique selon la loi bolivienne. On appelle cela le ***« droit territorial et ancestral d'utilisation de l'eau (en espagnol : Usos y costumbres) »*** qui est reconnu comme une priorité selon la nouvelle Constitution de l'État bolivien ***(République de Bolivie, 2009)*** (voir chapitre 1).

[7] *Le service environnemental est un service écosystémique à effets externes ;*
Les services écosystémiques sont les avantages que les individus tirent des écosystèmes (FAO, 2007)

Il faut également prendre en compte des aspects mal connus tels que l'importance de l'apport en eau des glaciers et les impacts possibles du changement climatique sur les ressources en eau. Ces impacts sont bien entendu liés à la quantification de la disponibilité actuelle en eau des bassins versants.

En ajoutant ces dernières remarques, on modifie notre modèle descriptif de la manière suivante :

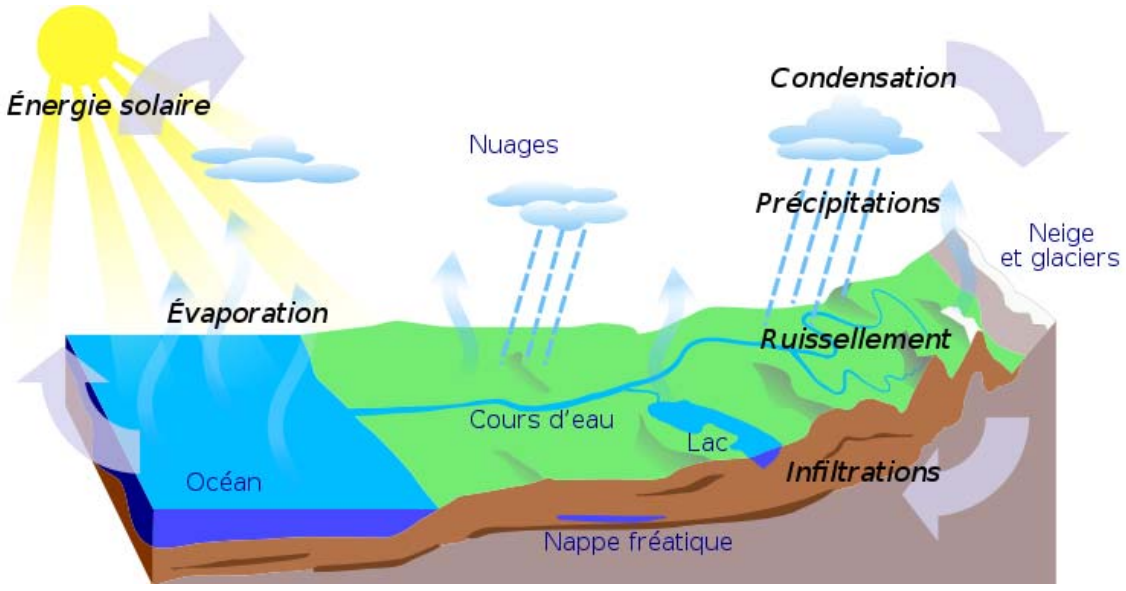
Figure 2.4 : Troisième approximation pour la construction du modèle descriptif



La Figure 2.4 introduit la modification énoncée dans les deux derniers paragraphes. L'exploitation de nouvelles ressources est soumise à sa quantification, à sa disponibilité et à des aspects inconnus cités ci-dessus. Développer chaque partie du modèle constitue la démarche suivante.

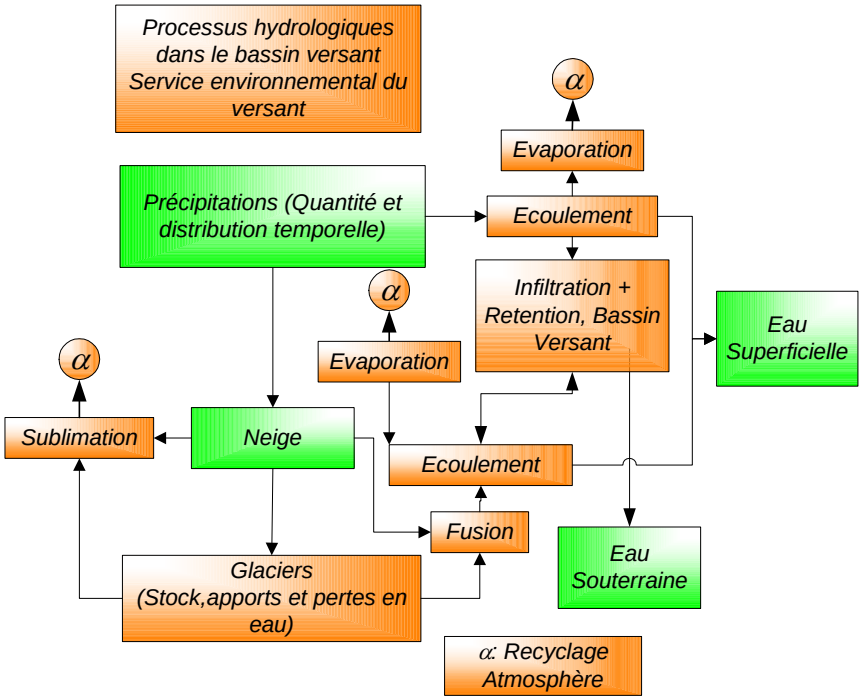
Les processus dans le bassin versant peuvent être décrits à travers le cycle de l'eau (Figure 2.5) et schématisés dans la Figure 2.6 pour la construction de notre modèle.

Figure 2.5 : Le cycle de l'eau



Source : Wikipedia, Cycle de l'eau (2010)

Figure 2.6 : Processus hydrologiques dans le bassin versant

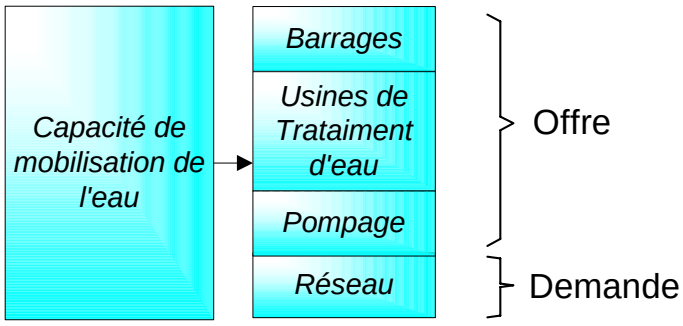


Cette figure montre aussi l'origine des sources actuelles et potentielles des bassins versants : les eaux superficielles et souterraines qui, à leur tour, trouvent leur origine dans les précipitations.

Par rapport à la capacité de mobilisation de l'eau, sur la base de la Figure 2.2, nous pouvons établir qu'une série d'infrastructures sont nécessaires pour l'exploitation de l'eau telle que des barrages (pour la régulation de l'eau superficielle), des usines de traitement de l'eau (pour rendre l'eau potable), des stations de pompage (pour prélever l'eau souterraine). D'autre part, dans le cadre du service à la population, on a besoin d'un réseau de distribution de l'eau potable (il s'agit de toutes les canalisations de distribution et de ses accessoires). (Figure 2.7).

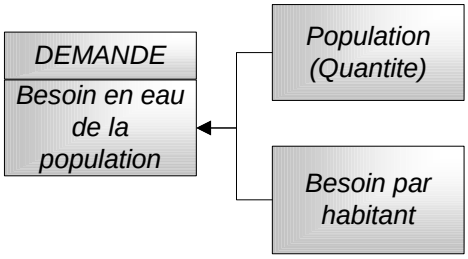
Dans ce cadre, il faut également prendre en compte les pertes qui existent entre chaque étape du processus d'exploitation de l'eau.

Figure 2.7 : Capacité de mobilisation de l'eau et ses composants



En ce qui concerne les besoins en eau de la population, ils sont définis par habitant et pour une période de temps déterminée (jour, mois, année selon l'échelle de temps choisie) ***(Jaen E. 2004)*** (Figure 2.8).

Figure 2.8 : Demande et ses composants



L'eau superficielle et souterraine constitue des ressources possibles pour le futur. Mais, d'une part, il faut tenir compte de la gestion sociale qu'il faut mettre en œuvre pour les utiliser et, d'autre part, il existe un manque de recherche sur le réseau aquifère d'El Alto.

Les points décrits dans les derniers paragraphes ainsi que dans les Figure 2.6, 2.7 et 2.8 ont été ajoutés dans notre troisième approche. De même, à partir des objectifs et des hypothèses formulées à la fin du premier chapitre, nous avons structuré le modèle descriptif présenté à la Figure 2.9.

Avec cette nouvelle approche, il est possible d'analyser plus en détail la structure de la gestion de l'eau de La Paz et d'El Alto, principalement en ce qui concerne la description des variables, des processus et des aspects dont cette gestion dépend.

Faire l'analyse détaillée de toutes les variables qui jouent un rôle dans la gestion et qui sont incluses dans la Figure 2.9 est une tâche ambitieuse, vu le nombre de ces variables. D'autre part, il s'agit d'un travail multidisciplinaire puisqu'il touche aussi le terrain des sciences sociales.

Suite à cette constatation, notre recherche s'est focalisée sur quelques variables clés pour l'offre et la demande d'eau et par conséquent sa gestion durable, selon les critères suivants :

Nous considérons les précipitations comme le principal « input » de notre système, sans oublier l'apport provenant de la fonte des glaciers, qui est un aspect important à déterminer pour la gestion des villes andines comme La Paz et El Alto. La détermination du stock glaciaire est également importante pour définir les réserves en eau stockées dans les glaciers de nos bassins versants.

Pour déterminer les ressources disponibles en eau superficielle, il est nécessaire de connaître et de décrire la dynamique du bassin versant. Le modèle envisagé doit être simple, car il devra être construit sur base du faible nombre de données disponibles et devra permettre de simuler des situations attribuables aux impacts du changement climatique.

Au niveau de l'infrastructure, il faut connaître l'efficacité du réseau de distribution : combien de litres d'eau faut-il prélever des réservoirs pour qu'un litre d'eau soit desservi à la population ?

L'aspect humain est représenté par la demande d'eau de la population et pour cela il faut analyser les deux composantes ci-dessus.

Selon nos hypothèses, à travers l'analyse des variables que l'on vient de mentionner dans les derniers paragraphes, il est possible de faire un diagnostic de la situation actuelle de la gestion de l'eau et de sa disponibilité, et d'envisager également le temps et les données qu'il nous faut pour établir des lignes directrices de la gestion actuelle et future de l'eau.

Approfondir la recherche sur chaque variable jusqu'à ce qu'il soit possible de déterminer des valeurs ou des paramètres qui puissent nous permettre d'aboutir à ce diagnostic constitue aussi une ligne directrice de cette thèse, mais l'objectif est la gestion de l'eau et pas l'analyse approfondie de chaque variable en jeu.

C'est vrai qu'il est discutable de laisser de côté certaines variables telles que l'apport potentiel d'eau souterraine ou l'analyse des aspects plus particuliers liés au bilan hydrologique du bassin versant ou les aspects liés aux acteurs sociaux et aux revendications des droits d'accès à l'eau. Mais, la portée de la thèse devait être limitée en fonction de la disponibilité des informations et de la possibilité de les analyser.

Cependant, bien que nous ne les prenions pas en compte d'une façon directe dans cette thèse, nous les traitons d'une façon implicite dans nos analyses, en donnant aussi l'occasion de pouvoir créer de nouvelles lignes de recherche et d'analyse sur le sujet de la gestion. Ceci constitue un objectif indirect de cette thèse : créer un espace de discussions et de base pour une recherche future qui pourrait démarrer à partir de notre travail.

Tous les aspects mentionnés précédemment nous font aboutir à notre version finale du modèle descriptif qui servira de base pour l'analyse que nous présentons dans cette thèse (Figure 2.10).

Dans ce même cadre, nous avons structuré les chapitres de cette thèse selon le plan suivant :

Chapitre 3 : Sources actuelles : Eau superficielle – Précipitations

Analyse des précipitations, des perspectives futures de modification de leur quantité ou de leur concentration due aux impacts possibles du changement climatique.

Chapitre 4 : Bilan hydrologique – apport du bassin versant et apport glaciaire

Analyse et modélisation de la dynamique hydrologique du bassin versant à l'aide d'un modèle permettant de déterminer l'apport des glaciers ainsi que la disponibilité en eau suite à des changements climatiques potentiels.

Chapitre 5 : Glaciers – Stock et retrait

Analyse et modélisation des glaciers : application d'un modèle physique visant à estimer l'évolution possible des glaciers situés dans les bassins étudiés. La détermination du stock disponible est un autre sujet abordé dans ce chapitre.

Chapitre 6 : Capacité de mobilisation de l'eau

Analyse de l'efficacité de l'infrastructure existante.

Chapitre 7 : Population et besoin en eau

Analyse de la demande en eau de la population de La Paz et d'El Alto.

Chapitre 8 : Bilan de l'offre et de la demande

Utilisation du bilan de l'offre et de la demande pour faire un diagnostic de la gestion actuelle de l'eau, en envisageant aussi ses temps limites et les mesures possibles qui devront être prises pour l'optimiser et donner les lignes directrices recherchées par la GIRE.

Les bases de la GIRE proposées pour la gestion de l'eau potables des villes de La Paz et d'El Alto, sont présentées dans d'un compte rendu des analyses faite au long de la thèse, qui nous conduit aux conclusions du chapitre 9.

Figure 2.9 : Quatrième approximation pour la construction du modèle descriptif

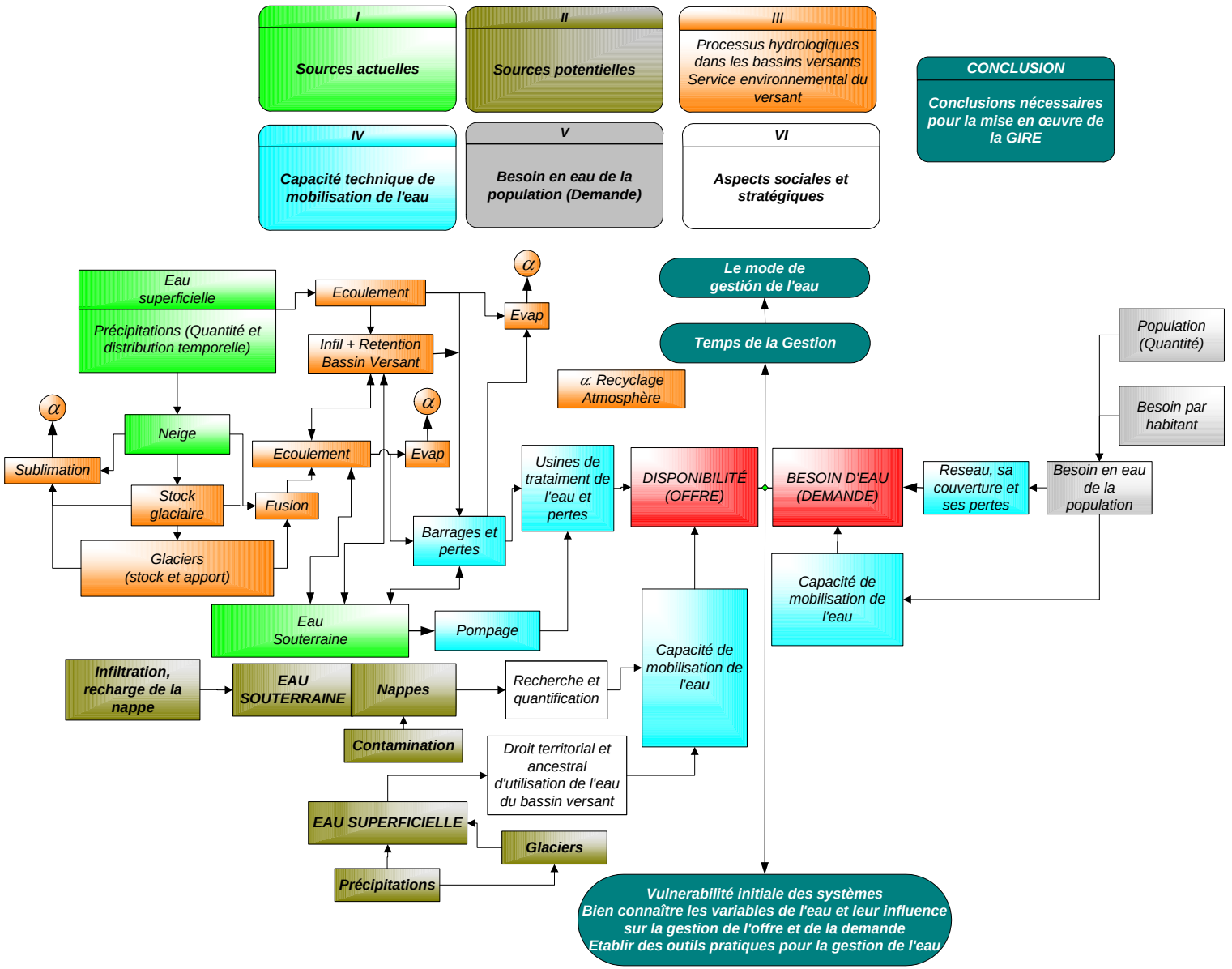
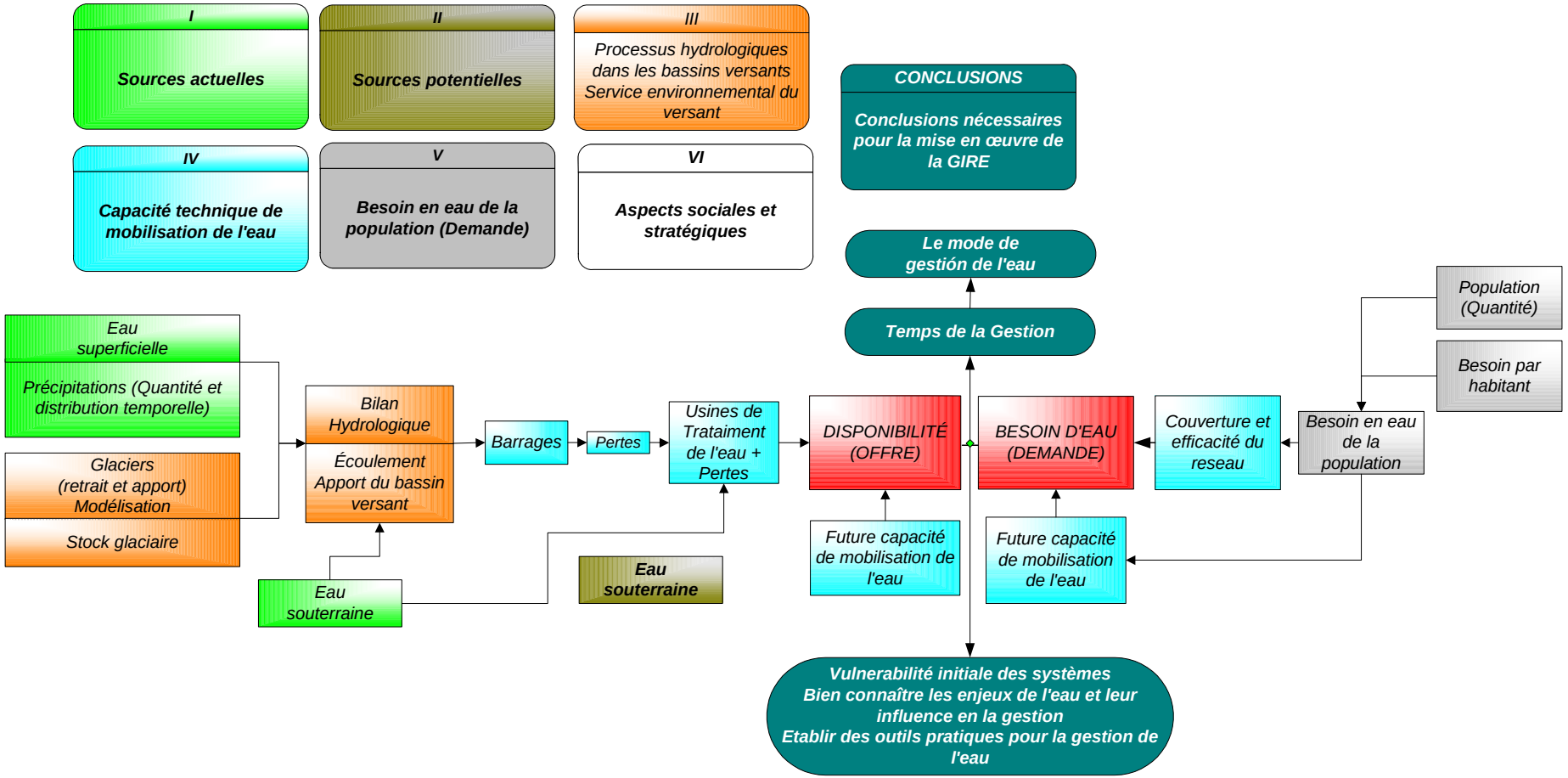



Figure 2.10 : Modèle descriptif