

Rapport modélisation approfondie
Thème Eau
Clermont Auvergne Métropole



AKACHOUD Siham
CAMPIGLIA Louis
IBRAHIMI Oumayma
NGUYEN Dao Dat

mai 2023

Encadré par Arnaud DIEMER. Dans le cadre du cours Modélisation Approfondie des Phénomènes Économiques, de la licence Mathématique et Informatique Appliquées aux Sciences Humaines et Sociales de l'Université Clermont Auvergne.

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION..... | 3 |
| Partie 1 : Présentation du territoire et des enjeux..... | 3 |
| 1. Le territoire de la métropole..... | 3 |
| 2. Les enjeux de la métropole..... | 3 |
| 3. L'analyse SWOT..... | 4 |
| 4. Les ressources en eau..... | 5 |
| A) La pluie..... | 5 |
| B) Les cours d'eau..... | 6 |
| C) Les nappes..... | 7 |
| 5. Les usages de l'eau..... | 8 |
| A. Industrie..... | 8 |
| B. Agriculture..... | 9 |
| C. Eau potable..... | 10 |
| 5. La problématique..... | 14 |
| Partie 2 : diagrammes des boucles causales..... | 15 |
| 1. CLD d'observation..... | 15 |
| 2. Les points leviers..... | 16 |
| 3. CLD points leviers..... | 18 |
| Partie 3 : scénarios à horizon 2030 et 2050..... | 19 |
| 1. Modélisation avec un CLD quantifié..... | 19 |
| 2. Présentation des scénarios..... | 20 |
| 3. Résultats et interprétations..... | 22 |
| Conclusion..... | 23 |
| Bibliographie..... | 23 |
| Annexes..... | 25 |

INTRODUCTION

L'eau est un élément naturel indispensable au développement de la vie et des activités humaines, mais il s'agit d'une ressource limitée. Dans un contexte de changement climatique et d'augmentation de la population ainsi que de sa qualité de vie, les enjeux liés à la quantité et la qualité de la ressource en eau se posent dans de nombreux territoires, dont celui de Clermont Auvergne Métropole.

Dans la première partie de ce rapport, nous présentons le territoire de Clermont Auvergne Métropole, ses enjeux par rapport à l'eau et son analyse SWOT, puis nous énumérons les différentes ressources et usages de l'eau qui y sont faites. Nous présentons ensuite la problématique que nous avons choisi de traiter durant la deuxième partie de l'année.

Dans la deuxième partie, nous décrivons nos diagrammes de boucles causales et les points leviers que nous avons identifiés afin d'apporter des solutions à notre problématique.

Enfin, nous présentons dans la troisième partie de ce rapport les scénarios que nous avons modélisés à horizon 2050 pour tenter de répondre à notre problématique.

Partie 1 : Présentation du territoire et des enjeux

1. Le territoire de la métropole

Clermont Auvergne Métropole est l'une des 12 métropoles françaises, c'est un territoire qui concentre de nombreux atouts et est situé entre la Chaîne des Puys et la rivière Allier. Clermont Auvergne Métropole regroupe 21 communes, pour une superficie de 300 km², et accueille près de 300 000 habitants, avec une augmentation annuelle de la population de 0,7% en moyenne. Un Auvergnat sur quatre y réside, et un habitant de la métropole sur deux habite à Clermont-Ferrand.

2. Les enjeux de la métropole

Clermont Auvergne Métropole fait face aux différents enjeux liés à l'eau. Tout d'abord, les ressources en eau sont limitées : la métropole dispose seulement de deux origines principales : les réserves souterraines de la Chaîne des Puys, et la rivière Allier avec sa nappe alluviale. Face à ces ressources limitées, il y a des demandes pour 3 secteurs principaux : la population, l'agriculture et l'industrie. Le

refroidissement des centrales électriques demande aussi beaucoup d'eau, mais il n'y en a pas sur le territoire de la métropole ni à proximité.

La population est en augmentation, ainsi que son niveau de vie, donc la consommation d'eau nécessaire croît fortement depuis de nombreuses années. Outre la quantité, la qualité est aussi un enjeu très important pour l'eau potable distribuée.

Limiter la pollution et protéger l'environnement et la biodiversité sont aussi des enjeux importants liés à l'eau. Enfin, le dérèglement climatique entraîne l'aggravation des périodes de sécheresse et d'inondations, et accentue la raréfaction de l'eau.

C'est un élément majeur à prendre en compte pour les projections sur le futur, alors que les sécheresses causent des problèmes d'eau depuis longtemps déjà. Tous ces éléments font de l'eau un enjeu majeur et sont des catalyseurs de croissance du secteur de l'eau sur le long terme.

3. L'analyse SWOT

| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Deux nappes ● L'Allier et ses affluents ● Une bonne qualité de l'eau ● Distribution en régie pour la plupart des communes ● Stocks stratégiques d'eau potable | <p style="text-align: center;">Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Sécheresses météorologique ● Sécheresse des sols ● Fuites dans le réseau (taux de rendement supérieur à la moyenne nationale) |
| <p style="text-align: center;">Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Récupération des eaux usées traitées pour l'irrigation ● Recyclage de l'eau domestique pour toilettes/jardin ● Sensibilisation aux éco-gestes ● Plan d'Utilisation Rationnelle de l'Eau (industrie) ● Choix des types de production agricole | <p style="text-align: center;">Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Réchauffement climatique ● Niveau des nappes bas ● Augmentation de la populations et des besoins |

Les éléments identifiés par l'Analyse SWOT sont les suivants :

La présence de deux grandes nappes distinctes ainsi que de la rivière Allier sont des forces pour le territoire. La qualité de l'eau est globalement bonne dans les nappes de la région. Concernant la distribution de l'eau potable, elle est assurée en régie dans la majorité des communes de la région, ce qui assure à la métropole une maîtrise en tous points de la distribution et de l'assainissement, contrairement à la délégation de service public. La métropole dispose également de plusieurs bassins de stockage stratégique (d'autres sont en construction), qui permettent d'avoir plusieurs journées de stockage. Les différents types de sécheresse impactent la

quantité d'eau s'infiltrant dans les nappes et donc le niveau de celles-ci. Concernant le réseau d'eau potable, son taux de rendement est de 82%, ce qui signifie que 18% de l'eau potable produite est perdue dans des fuites et n'arrive pas chez le consommateur. Le taux de rendement de Clermont Auvergne Métropole est tout de même supérieur à la moyenne nationale.

La menace des conséquences du réchauffement climatique devrait accentuer les sécheresses qui font baisser le niveau des nappes, alors que ceux-ci sont déjà bas aujourd'hui. Dans le même temps, la population et ses besoins, notamment en termes d'agriculture, augmentent.

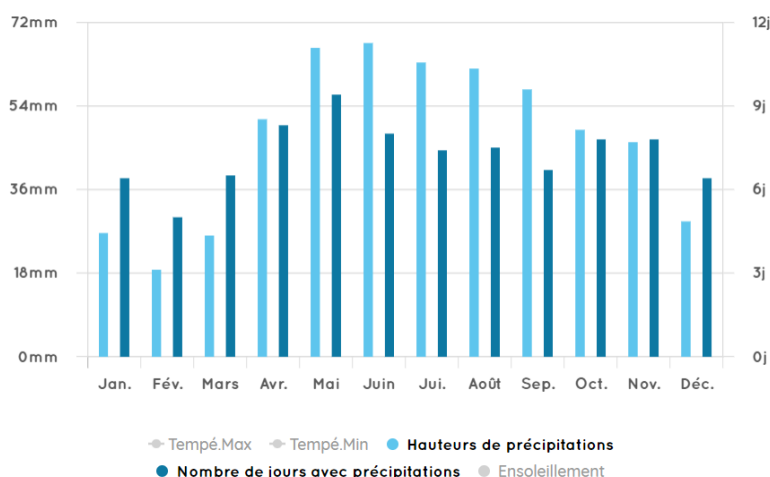
Parmi les opportunités qui pourraient permettre de limiter la consommation de l'eau pour faire face à ces menaces : la station d'épuration des 3 rivières qui traite une grande partie des eaux usées de la métropole, en plus de produire de l'énergie avec le méthane rejeté et de valoriser les boues d'épuration dans l'agriculture, permet la réutilisation d'une part de l'eau traitée pour l'irrigation. Le choix des types de production agricole peut permettre de réduire la quantité d'eau nécessaire. Pour l'industrie, les plus gros consommateurs d'eau de la région se sont engagés à réduire progressivement leur consommation avec le Plan d'Utilisation Rationnelle de l'Eau. La population pourrait également réduire une part de sa consommation d'eau en adoptant un certain nombre d'égo-gestes, ou avec la mise en place de nouveaux dispositifs récupérant l'eau de la douche pour la réutiliser pour le jardin ou les toilettes, qui n'ont pas forcément besoin d'eau potable.

4. Les ressources en eau

A) La pluie

La première donnée à prendre en compte est la pluviométrie, puisqu'il s'agit de la principale source d'alimentation en eau du territoire. Sur Clermont Auvergne Métropole, il pleut en moyenne 87.2 jours par an pour un total de 563,4 mm/m². Nous avons calculé que cela correspond à un total de près de 170 000 000 m³ par an sur l'ensemble des communes de la métropole. Cette donnée représente seulement les précipitations sur Clermont Auvergne Métropole, mais l'eau qui tombe au-delà a aussi un impact direct sur le modèle en raison des rivières et des nappes souterraines qui s'étendent sur un grand territoire. De plus, la géographie et la présence de la chaîne des Puys fait que le territoire de Clermont Auvergne Métropole est l'un de ceux où il pleut le moins dans la région.

Normales mensuelles

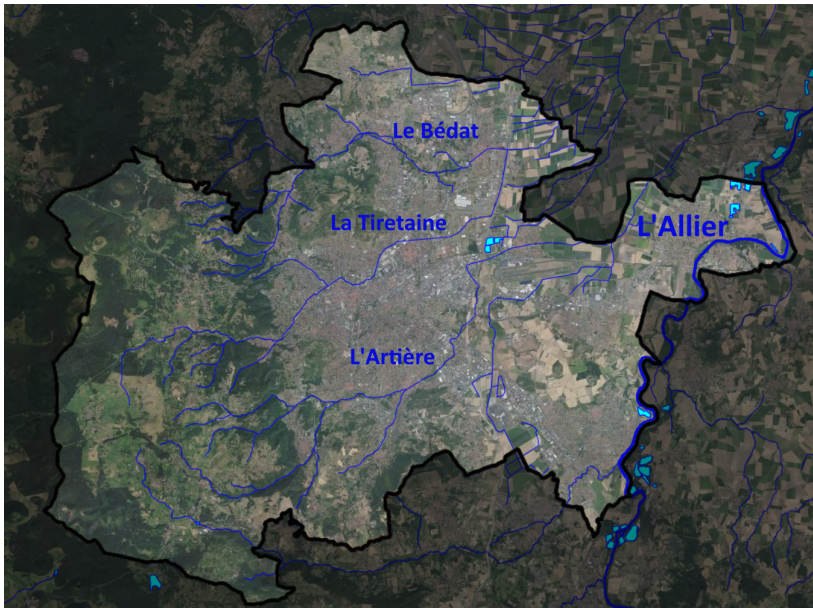


Nombre de jours de précipitation moyen et hauteurs de précipitation moyennes par mois - Météo France

En moyenne, on estime que 64% de l'eau de pluie s'évapore, 15% alimente les cours d'eau et environ 21% s'infiltrate dans les nappes souterraines selon le type de roche, ce qui représenterait environ 35 000 000 de mètres cubes par an d'infiltration sur le territoire de Clermont Auvergne Métropole. Mais les nappes souterraines sont très grandes et ce chiffre ne correspond donc pas à la totalité de l'eau remplissant les nappes du territoire chaque année.

B) Les cours d'eau

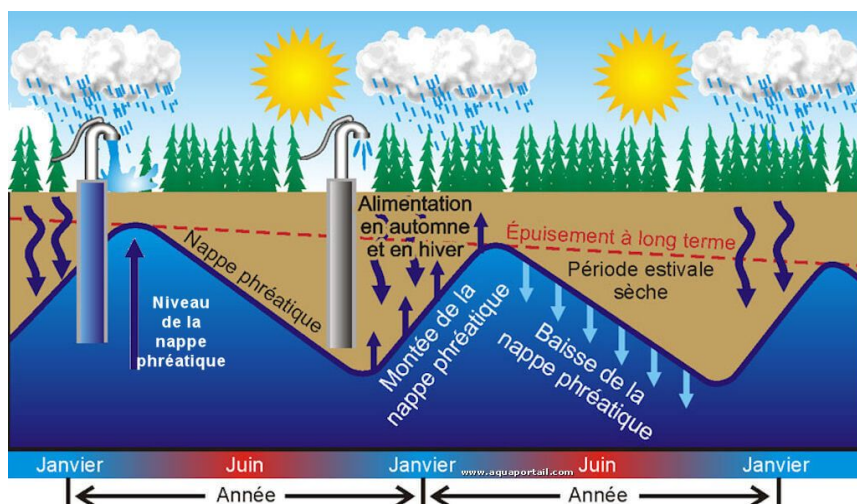
Il y a quatre cours d'eau principaux sur le territoire de Clermont Auvergne Métropole. L'Allier est de loin le plus important, il passe par les communes de Cournon d'Auvergne et de Pont du Château. C'est un des principaux affluents de la Loire et il est long de plus de 400 km au total. Dans le Puy de Dôme, les berges de l'Allier sont protégées pour sauvegarder leur biodiversité. Les trois autres rivières passent notamment par la commune de Clermont - Ferrand, ce sont toutes des affluents de l'Allier : le Bédât, la Tiretaine et l'Artière.



C) Les nappes

La métropole se situe entre deux nappes souterraines distinctes, à l'Est la nappe alluviale de l'Allier et à l'Ouest la nappe souterraine des volcans. Les nappes sont des parties du sol complètement saturées en eau, permettant à l'eau de s'y écouler. Elles peuvent être exploitées pour, après traitement, alimenter les réseaux d'eau potable. Elles sont généralement principalement remplies par l'infiltration des eaux de pluie, et leur niveau baisse donc pendant l'été avant de se restaurer en hiver. Située sous la rivière sur une surface de 500 km² entre Brioude et le Bec d'Allier, la nappe alluviale de l'Allier est alimentée non seulement par la pluie, mais aussi par l'Allier puisque l'eau s'infiltré facilement en raison d'un sol principalement composé de sable et de gravier. Un barrage en amont permet de garantir un bon débit de l'Allier tout au long de l'année, le niveau de la nappe alluviale de l'Allier a donc tendance à moins baisser pendant les épisodes de sécheresse. L'eau qu'on y prélève est de bonne qualité.

A l'Ouest de la métropole, les nappes de la Chaîne des Puys sont un ensemble de petites nappes. La géologie particulière liée au volcanisme a permis de créer ces nappes dont la quantité et la qualité de l'eau en font une réserve très importante pour toute la région. L'eau jaillit sous forme de sources à plusieurs endroits autour de la chaîne des puys. Depuis quelques années, le niveau des nappes de la Chaîne des Puys a tendance à baisser et il est désormais très bas à certains endroits. Les prélèvements importants ainsi que le changement climatique font partie des principales raisons qui expliquent la baisse du niveau de l'eau dans ces nappes.



Le cycle d'une nappe phréatique, dans le cas d'un épuisement à long terme.

5. Les usages de l'eau

On peut séparer l'usage de l'eau en 3 catégories : l'agriculture et l'industrie qui utilisent principalement de l'eau non potable prélevée dans les rivières ou les nappes, et l'usage domestique qui utilise de l'eau potable qui provient des nappes souterraines et est traitée avant d'être distribuée.

A. Industrie

L'industrie est une catégorie qui prélève beaucoup d'eau, bien que ce soit généralement de l'eau non potable et qu'elle soit souvent ré-utilisée. Sur la métropole et à proximité, les principaux consommateurs sont Michelin, Constellium, Limagrain, Candia, Elis, Société Laitière des Volcans d'Auvergne, Cristal Union... La Société des Eaux de Volvic et les thermes de Royat consomment aussi beaucoup d'eau, provenant des sources des Puys.

Constellium est basé à Issoire mais nous le prenons tout de même en compte puisque les prélèvements se font dans la nappe de l'Allier et sont particulièrement importants avec plus de 1 400 000 mètres cubes à l'année selon nos calculs basés sur les données BNPE de 2019. Les deux usines de Michelin à Clermont-Ferrand et Cébazat ont elles consommé un total de 28 000 mètres cubes en 2019. Pour l'usine Elis d'Aubières, c'est près de 25 000 mètres cubes d'eau en 2019, pour Cristal Union 137 000 et pour la Société Laitière des Volcans d'Auvergne 228 000. Les thermes de Royat ont utilisé 144 000 mètres cubes sur cette même année, et la Société des Eaux de Volvic plus de 2 430 000 de mètres cubes. A l'échelle du département du Puy de Dôme, le volume d'eau prélevé par l'industrie et autres activités économiques (hors irrigation et hors énergie) représente environ 11% du total des prélèvements d'eau selon les derniers chiffres, il a baissé entre 2009 et 2019, passant de 9,7 à 8,6 millions de mètres cubes.

Volvic commercialise plus d'un milliard de litres d'eau par an, l'eau provient de l'extérieur du territoire de la métropole, mais l'impact touche tous les environs. Par le

passé, l'entreprise a été accusée de sur-prélèvement pendant des périodes de sécheresse et de restrictions pour les autres usagers. Elle est aussi critiquée pour être en partie responsable de la baisse progressive du niveau des nappes souterraines des volcans en raison de ses prélèvements jugés excessifs. Aujourd'hui, tous les puits situés sur cette nappe montrent un niveau en baisse et classé de modérément bas à très bas. Cette baisse du niveau de la nappe a des conséquences importantes sur tous les environs et l'eau se fait plus rare sur tous les cours d'eau en aval de Volvic. Néanmoins, Danone, propriétaire de la Société des Eaux de Volvic, assure avoir limité ses prélèvements et mené des actions de protection de l'impluvium, la zone qui recueille l'eau de pluie. De plus, si pour produire 1 litre d'eau en 2014 il fallait prélever près de 2 litres en raison des opérations de nettoyage, aujourd'hui il ne faut plus qu'un 1,3 litre. En décembre 2021, Danone a annoncé un accord avec les autorités pour diminuer les prélèvements annuels d'eau de la Société des Eaux de Volvic de 10 %, puis de 20 % à partir de 2025, ce qui est tout de même jugé très insuffisant par les opposants à la Société des Eaux de Volvic et son propriétaire Danone. Cet engagement a été signé dans le cadre du PURE (Plan d'Utilisation Rationnelle de l'Eau), un dispositif créé dans le Puy de Dôme pour inciter les industries les plus gourmandes en eau à investir pour réduire durablement leur consommation. Ce dispositif créé en 2020 fonctionne bien et pourrait être très prochainement repris par d'autres départements. Michelin, Constellium, Limagrain, Candia, la Société Laitière des Volcans d'Auvergne et Elis font toutes parties des entreprises qui ont pris des engagements et mené des investissements pour réduire leur consommation d'eau depuis le lancement du projet PURE.

B. Agriculture

L'agriculture consomme beaucoup d'eau, notamment pour l'irrigation des cultures. Sur la métropole, on comptait 144 exploitations agricoles en 2020, un chiffre en baisse de 19% en 10 ans selon le recensement Agreste. La proportion de surface agricole de la métropole est réduite par l'étalement urbain, et la production des exploitations sur le territoire de la métropole ne correspond pas du tout aux quantités requises pour nourrir sa population. La principale activité agricole, aussi bien en nombre d'exploitations et en surface totale, est la production céréalière qui représente près de 40% des surfaces agricoles de la métropole. Les céréales sont aussi celles qui nécessitent généralement la plus grande quantité d'eau. On a aussi d'autres grandes cultures, du maraîchage, de l'arboriculture et de la viticulture, ainsi que l'élevage de bovins, de moutons et de chèvres. Il est difficile de calculer la quantité d'eau nécessaire pour l'agriculture car celle-ci dépend de nombreux paramètres : type de culture, variété, objectif, type de sol, météo... De plus, les différentes cultures n'ont pas seulement besoin d'une quantité d'eau totale à l'année, mais de recevoir une partie de cette eau à certains moments précis de leur développement, ce qui rend la nécessité d'arrosage variable d'une année à l'autre selon la météo. Les céréales, qui sont les cultures principales sur Clermont

Auvergne Métropole et les plus demandeuses d'eau, ont en moyenne besoin de 5600 mètres cubes d'eau par hectare par an. Puisque la surface de production de céréales dans la métropole est de 3 138 hectares, on peut estimer que la quantité d'eau requise par ces cultures est de plus de 17 500 000 mètres cubes par an. Mais, la plupart de cette eau provient directement de la pluie, et la proportion d'irrigation est très variable selon les critères cités plus haut. Dans les données BNPE, nous avons trouvé un total de 6 755 000 mètres cubes d'eau prélevés en 2019 et 4 784 000 en 2020 destinés à un usage d'irrigation. Cette eau provient principalement de l'Allier, mais aussi de la station d'épuration de Clermont-Ferrand. En effet, la station d'épuration de Clermont-Ferrand qui traite la plupart des eaux usées de la métropole avant de pouvoir les rejeter dans un affluent de l'Allier, réserve depuis 1996 une part importante des eaux traitées pour qu'elles soient utilisées par les agriculteurs plutôt que rejetées dans la rivière. De plus, les 25 000 tonnes de boues d'épuration produites, qui sont issues des processus de dégradation biologique lors de l'épuration, sont valorisées en agriculture, par épandage direct ou après compostage ; et le méthane produit permet de chauffer un grand nombre de bâtiments à Aulnat. Le chiffre de 4 784 000 mètres cubes par an nous donne un ordre de grandeur de la quantité d'eau prélevée pour l'irrigation. Cependant, l'eau utilisée par certaines petites exploitations ne sont pas recensées dans ces données puisqu'il n'y a aucun prélèvement pour l'irrigation à l'Est de la métropole, où il y a pourtant quelques exploitations. A l'inverse, il est possible qu'une partie de l'eau prélevée dans l'Allier sur le territoire de la métropole, soit utilisée dans des communes voisines de la métropole.

L'agriculture fait fréquemment face au manque d'eau durant l'été, notamment en raison des restrictions mises en place lors des périodes de sécheresse. Afin de limiter leur consommation d'eau, les agriculteurs peuvent utiliser des outils technologiques pour calculer au mieux la quantité d'eau précise dont la plante a besoin, privilégier les cultures et variétés les mieux adaptées au climat local et utiliser des systèmes économes en eau comme la micro-irrigation. Il est aussi possible d'augmenter la capacité de stockage de l'eau pendant l'hiver afin d'anticiper les périodes de sécheresse, à travers des retenues d'eau sur des rivières existantes ou la création d'étangs.

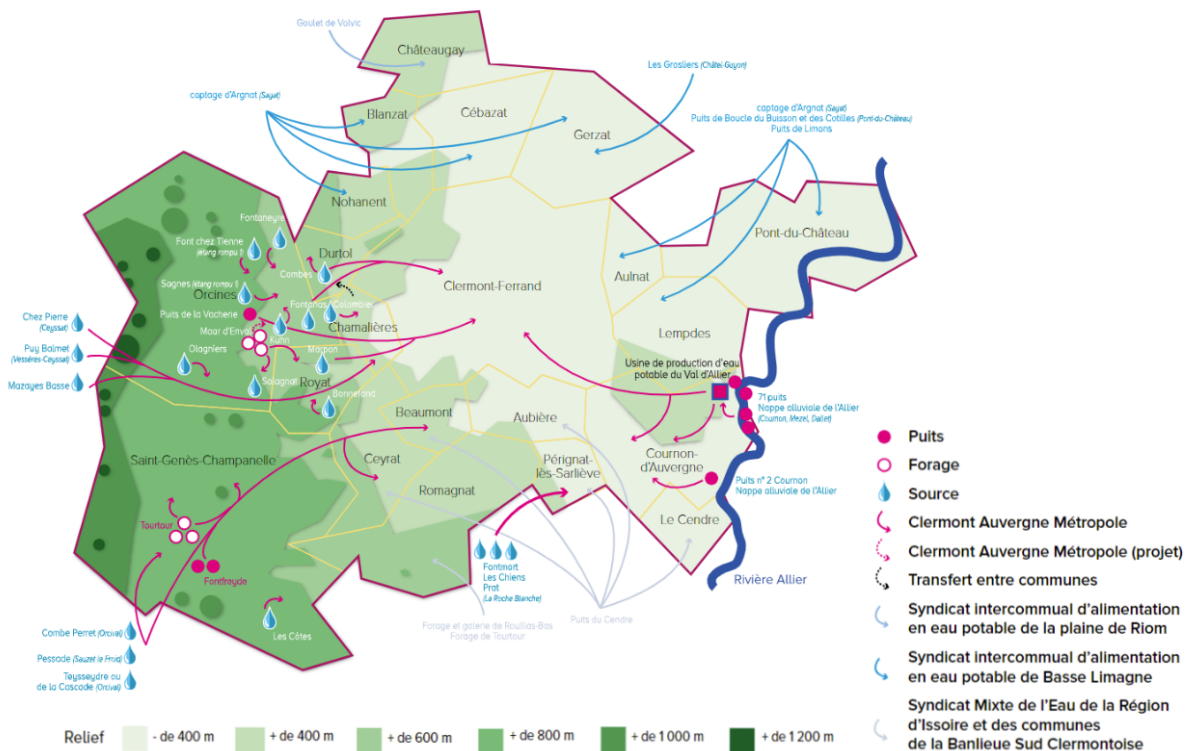
Si les nappes et autres réserves d'eau du territoire contiennent de l'eau de bonne qualité, la pollution liée à l'usage intensif de certains engrais et produits chimiques peut détériorer la qualité de l'eau.

C. Eau potable

La troisième catégorie d'usage de l'eau est la consommation de la population, il s'agit donc d'eau potable. Sur Clermont Auvergne Métropole, la consommation d'eau potable est de près de 13 000 000 de mètres cubes par an, toute l'eau potable distribuée provient de ressources souterraines. Selon les secteurs, cette eau provient soit de captages dans la nappe alluviale de l'Allier (pour l'Ouest de la métropole), soit des sources, forages ou puits des nappes de la Chaîne des Puys

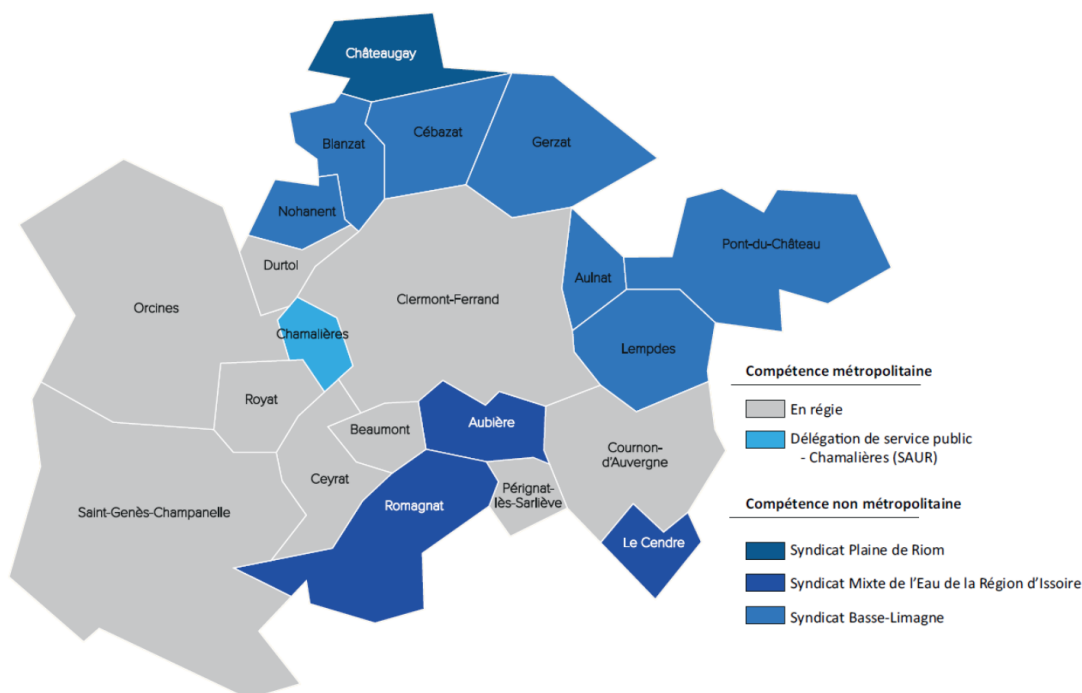
(pour l'Est de la métropole). Les captages dans la nappe alluviale de l'Allier se font sur les communes de Cournon d'Auvergne et Pont-du-Château, et l'eau des nappes de la Chaîne des Puys provient principalement des communes d'Orcines, Saint-Genès-Champagnelle ou Royat.

L'eau captée dans la nappe alluviale de l'Allier est traitée dans l'usine de production du Val d'Allier qui a été mise en service en 2016. Cette usine à la pointe de la technologie produit 8 millions de mètres cubes d'eau chaque année et permet un contrôle qualité tout au long du circuit. En plus de Cournon d'Auvergne et Aubière, elle fournit en eau potable plus des deux tiers de la ville de Clermont - Ferrand et une grande partie des autres communes situées à l'Est de la métropole.



origines de l'eau potable consommée sur Clermont Auvergne Métropole

La distribution de l'eau potable, ainsi que la collecte et le traitement des eaux usées, sont répartis selon les communes entre la régie autonome d'eau potable de Clermont Auvergne Métropole et les syndicats mixtes des régions d'Issoire, de Riom et de Basse-Limagne. Sur la commune de Chamalière, les compétences de la distribution de l'eau potable de la métropole sont déléguées à l'entreprise SAUR.



Répartition de la distribution de l'eau entre la régie autonome d'eau potable de la métropole et les différents syndicats d'alimentation en eau

La distribution de l'eau potable est soumise à de nombreux critères de qualité, qui visent principalement à la protection de la santé des consommateurs. Le laboratoire de contrôle des eaux de Clermont Auvergne Métropole réalise de nombreuses analyses sur l'eau potable ainsi que de l'eau usée, en complément du programme officiel réalisé par l'Agence Régionale de Santé. Les tests concernent à la fois la composition de l'eau et l'état des installations matérielles. Comme dans 98% des communes de France, l'eau de toutes les communes de la métropole est jugée conforme à la réglementation.

La consommation moyenne d'eau potable en France est estimée entre 100 et 150 litres par personne et par jour.. Ces chiffres varient toutefois selon de très nombreux paramètres, entre autres :

- Les revenus : un ménage modeste a une consommation moyenne d'eau inférieure à celle d'un ménage ayant un niveau de revenu plus élevé.
- L'âge : En général la consommation moyenne d'eau d'un adulte est supérieure à celle d'un enfant ou même d'une personne âgée.
- La zone géographique : les conditions climatiques d'une région influencent la consommation d'eau d'une personne. Plus le climat est chaud, plus la consommation est élevée en raison d'hydratation, la présence de piscines, de jardins...

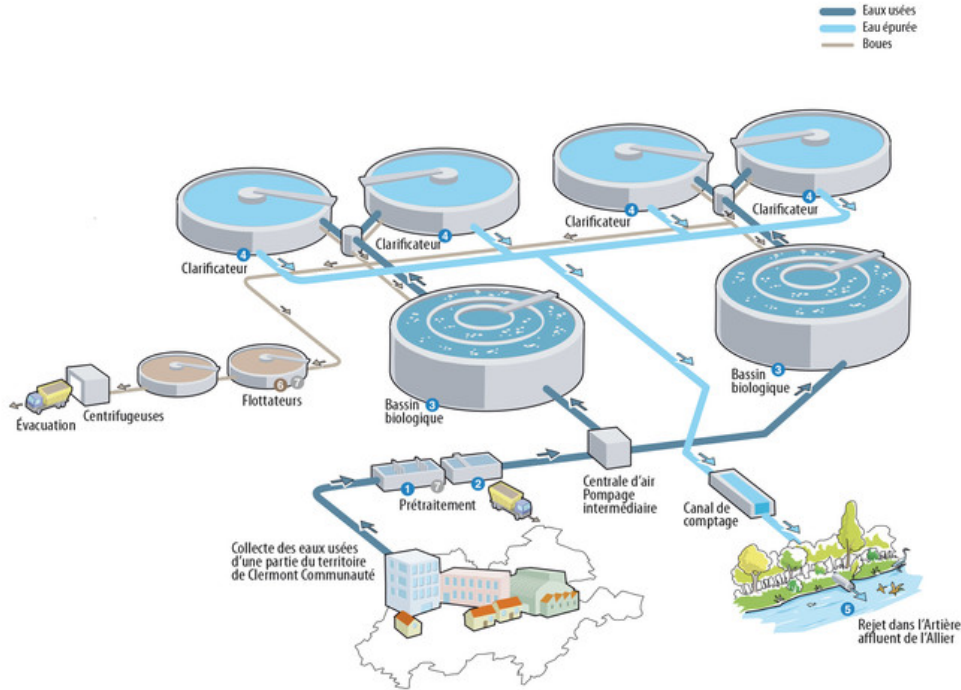
Le tableau ci-dessous présente une estimation de la consommation d'eau par usage :

| Usage | Répartition |
|-------------------------|-------------|
| Boisson | 1% |
| Cuisine et alimentation | 6% |
| Voiture et jardin | 6% |
| Vaisselle | 10% |
| Linge | 12% |
| Sanitaires | 20% |
| Bains / douches | 39% |
| Divers | 6% |

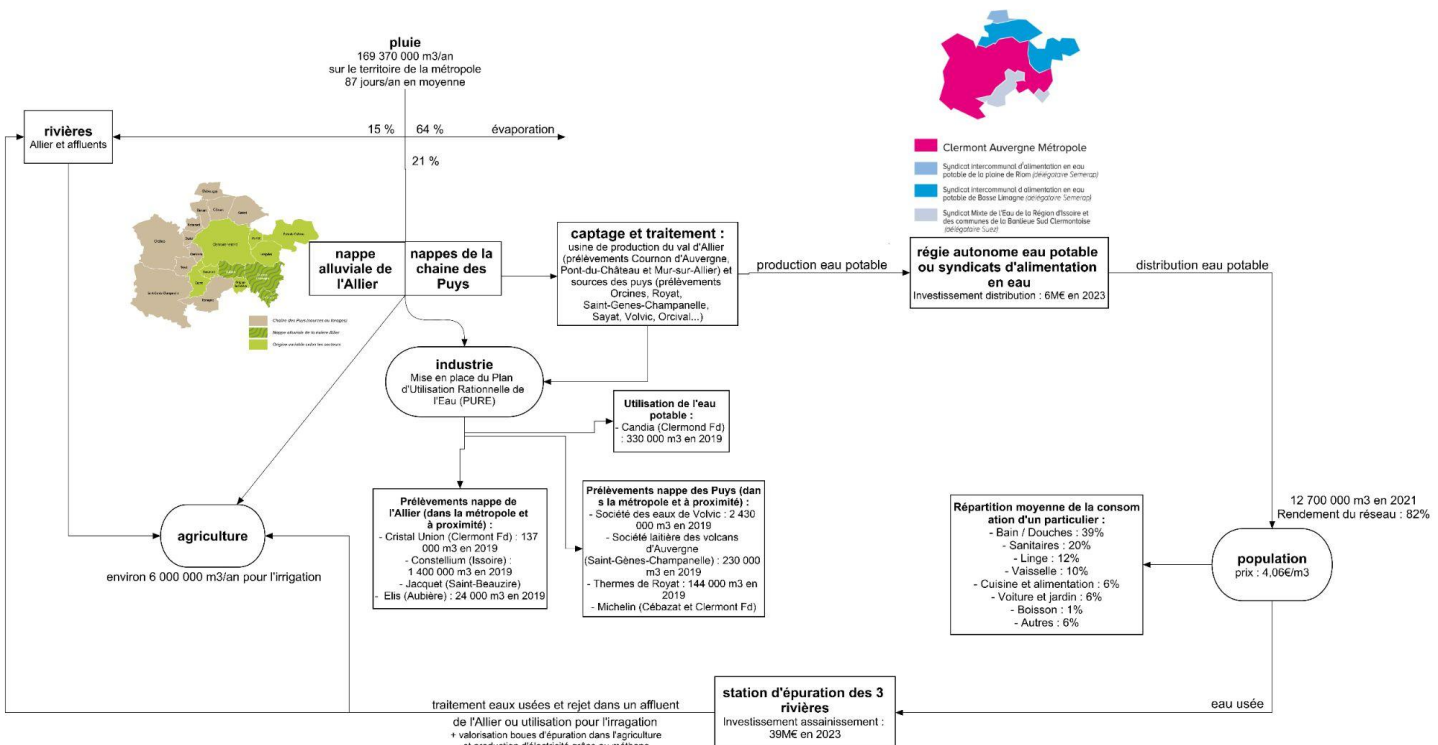
Tableau de répartition moyenne de la consommation d'eau d'un particulier

Pour réduire leur consommation d'eau, il existe de nombreux gestes que peuvent adopter les particuliers. Clermont Auvergne Métropole travaille pour sensibiliser ses habitants sur ce sujet. Parmi les gestes simples qui permettent d'économiser de l'eau au quotidien, on peut citer : privilégier les douches de moins de 5 minutes, ne pas laisser le robinet couler quand ce n'est pas nécessaire, utiliser un bac pour faire la vaisselle, récupérer l'eau de pluie pour arroser ses plantes quand c'est possible, équiper ses robinets d'éco-mousseurs qui permettent de réduire la consommation sans perdre en confort, remplir complètement le lave-linge avant de le faire tourner, installer un économiseur d'eau sur le pommeau de douche, limiter la consommation de certains produits qui ont une empreinte-eau très élevée (par exemple, 1 kg de blé, c'est plus de 1300 litres d'eau, 1 kg de bœuf, 15 497 litres d'eau, un T-shirt en coton 4100 litres ou une feuille de papier A4 : 10 litres d'eau)... Il est aussi important de vérifier régulièrement l'état de ses tuyauteries, robinets et de sa chasse d'eau, car les fuites entraînent des sur-consommations très importantes. La métropole investit également pour lutter contre les fuites sur son réseau dont le rendement est de 82%, ce qui correspond à 18% de fuites entre la production de l'eau potable et son arrivée chez le consommateur . A l'échelle nationale en 2019, le taux de fuite était de près de 20%, selon une étude de la Fédération des entreprises de l'eau.

Clermont Auvergne Métropole assure la compétence assainissement collectif et non collectif, c'est-à-dire le traitement des eaux usées de tous les particuliers. Pour l'assainissement collectif, il est principalement assuré par la Station des Trois Rivières, située à l'Est de la commune de Clermont - Ferrand, ainsi que par 8 autres petites stations d'épuration. Après le traitement, l'eau qui répond aux normes européennes est rejetée dans la rivière Artière, affluent de l'Allier, ou directement utilisée pour l'irrigation ; quant à la boue, elle est utilisée comme engrais pour l'agriculture. Pour l'assainissement non collectif, il existe des installations individuelles. L'objectif du traitement des eaux usées est de rejeter une eau propre pour protéger la santé de l'être humain et de l'environnement.



Fonctionnement de la station d'épuration des 3 rivières



Notre ClickCharts synthétise la situation des usages de l'eau à Clermont Auvergne Métropole

5. La problématique

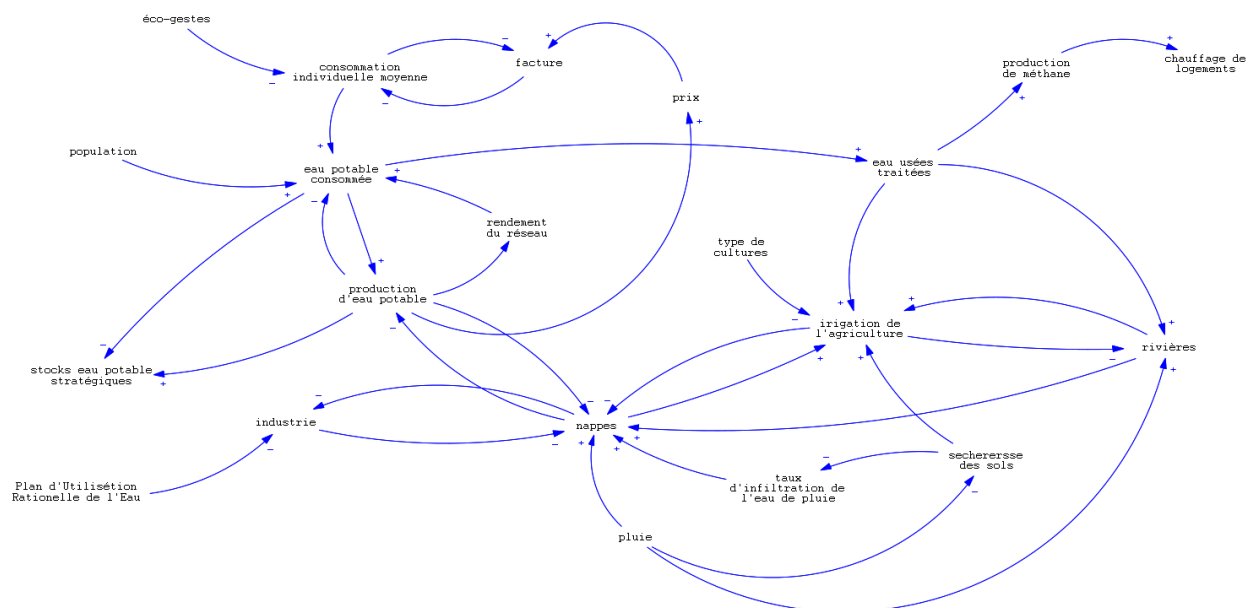
Pour la protection à long terme des ressources en eau sur notre territoire, chacun des trois secteurs présentés (agriculture, industrie, population) devra réduire sa consommation d'eau, afin de conserver un modèle durable. Nous avons choisi de travailler spécifiquement sur l'eau consommée par la population, car c'est le secteur consommant le plus d'eau potable dans la métropole.

Notre problématique est donc: **Comment et pourquoi réduire la consommation d'eau potable de la population ?**

Partie 2 : diagrammes des boucles causales

1. CLD d'observation

Afin de pouvoir identifier les points leviers qui pourraient nous permettre de répondre à notre problématique, nous avons créé un diagramme des boucles causales (Causal Loop Diagram, CLD) permettant de voir les variables qui agissent, directement ou indirectement, sur la consommation d'eau potable sur le territoire, ainsi que sur le niveau des nappes.



Le production d'eau potable est, avec l'industrie et l'irrigation de l'agriculture, l'un des 3 secteurs qui réduisent le niveau des nappes phréatiques, tandis que la quantité de pluie et son taux d'infiltration ainsi que le niveau des rivières remplissent ces nappes. Peu de pluie pendant une période prolongée peut entraîner une sécheresse des sols qui baisse le taux d'infiltration de l'eau de pluie et augmente les besoins en irrigation des cultures. Le quantité d'eau prélevée par l'industrie est réduite par le Plan d'Utilisation Rationnelle de l'Eau

(PURE) et les prélèvements pour l'irrigation peuvent réduire selon les choix de types de cultures et l'utilisation des eaux usées traitées de la station d'épuration. La quantité d'eau potable produite est principalement à destination de la population. Plus le rendement du réseau est grand, plus la proportion d'eau potable produite qui est réellement consommée est grande (en raison des pertes causées par les fuites du réseau). Les stocks stratégiques d'eau potable permettent à la métropole de toujours avoir une journée de stock d'eau potable. La quantité d'eau potable consommée dépend de la taille de la population et de la consommation individuelle moyenne. Si l'un de ces deux facteurs augmente, la quantité d'eau potable consommée, et donc la quantité d'eau potable produite augmentent aussi. La consommation individuelle moyenne peut être réduite par l'adoption d'éco gestes par la population, mais aussi par l'augmentation de la facture, et donc du prix du m³ d'eau potable, selon l'élasticité de la demande par rapport au prix.

2. Les points leviers

Pour réduire la consommation d'eau potable de la population sur Clermont Auvergne Métropole, nous avons identifié les quatre potentiels points leviers suivants :

- Sensibiliser aux éco-gestes : La métropole peut investir dans des campagnes de sensibilisation auprès de la population sur les éco-gestes permettant aux usagers de réduire leur consommation d'eau potable. Parmi ces éco-gestes, nous pouvons citer le fait de privilégier les douches de moins de 5 minutes (les bains et douches représentent en moyenne 40% de la consommation d'eau d'un particulier), de ne pas laisser le robinet couler quand ce n'est pas nécessaire, de récupérer l'eau de pluie pour arroser ses plantes quand c'est possible, d'utiliser un bac pour faire la vaisselle, d'équiper ses robinets d'éco-mousseurs qui permettent de réduire la consommation sans perdre en confort, de remplir complètement le lave-linge avant de le faire tourner, d'installer un économiseur d'eau sur le pommeau de douche, et de vérifier régulièrement l'état des tuyauteries, robinets et de la chasse d'eau pour éviter les fuites à domicile. Les politiques de sensibilisations ne sont pas très coûteuses et peuvent permettre d'obtenir de bons résultats puisque beaucoup d'usagers ne sont pas conscients de l'importance d'économiser l'eau, ni des gestes qu'ils pourraient adopter au quotidien pour y parvenir. La campagne de sensibilisation peut passer par l'affichage, la distribution de brochures, un site internet, la presse locale, les interventions dans les écoles et les entreprises... Il est aussi important que la métropole et les autres acteurs publics donnent le bon exemple avant de solliciter le grand public.
- Mise en place d'une tarification progressive : Pour inciter les usagers à réduire leur consommation d'eau potable, la métropole pourrait aussi mettre en place une tarification progressive de l'eau potable. Le principe de la tarification

progressive est que les premiers m³ d'eau consommés chaque année par foyer (par exemple les 70 premiers), que l'on considère correspondre à une consommation essentielle, sont à tarif réduit, et le prix du m³ d'eau consommé augmente au delà, avec un prix très élevé en cas de très forte consommation, par exemple au delà de 180m³ par an. La tarification progressive de l'eau potable est autorisée en France depuis 10 ans, plusieurs communautés de communes l'ont déjà mise en place, dont Dunkerque, Rouen ou plus récemment Montpellier. Lors de la présentation du "plan Eau" national en avril dernier, le président de la république avait dit sa volonté de voir la tarification progressive de l'eau potable se généraliser en France, mais la décision appartient aux communautés de communes qui gèrent les réseaux. La proposition de tarifs ci-dessous comprend à la fois le prix de la distribution de l'eau (sur lequel s'applique la tarification progressive) et le prix de l'assainissement (qui reste constant). Les limites de la tarification progressive sont liées au fait que les données de consommation d'eau sont prélevées par foyer, et la tarification progressive est harmonisée, ne pouvant pas dépendre du nombre d'habitants de chaque foyer. De plus, de nombreux immeubles en ville ne comportent qu'un seul compteur d'eau et il est donc impossible de mettre en place la tarification progressive pour chaque appartement. La tarification progressive n'est donc pas applicable partout et pénalise les foyers nombreux. Cependant, elle reste efficace pour inciter les très gros consommateurs à réduire leur consommation pour rester en dessous du deuxième seuil, et les autres en dessous du premier seuil. Pour contrer les problèmes créés pour les familles nombreuses, il est possible d'appliquer une politique sociale en même temps, en distribuant des aides aux foyers les plus nombreux qui ont donc des besoins plus grands et sont pénalisés par la tarification progressive.

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Les 70 premiers m ³ | Du 71ème au 180ème m ³ | A partir du 181ème m ³ |
| 2,75€/m ³ | 4,00€/m ³ | 5,50€/m ³ |

Proposition de tarification progressive possible sur une année
(tarifs comprenant distribution + assainissement)

- Équiper les bâtiments d'appareils de recyclage de l'eau : De nouveaux appareils permettent de récupérer l'eau de la douche et de la filtrer, afin de la réutiliser, par exemple pour les toilettes / le jardin. La métropole pourrait inciter ou aider financièrement à l'installation de ces dispositifs dans certains logements et bâtiments. La mise en place de ces dispositifs pourrait permettre de réduire avec effet immédiat et durablement la consommation d'eau potable des logements concernés. En effet, l'eau de la chasse d'eau représente par

exemple plus de 10% de la consommation moyenne d'eau potable d'un particulier, alors que cette eau n'aurait pas forcément besoin d'être de l'eau potable.

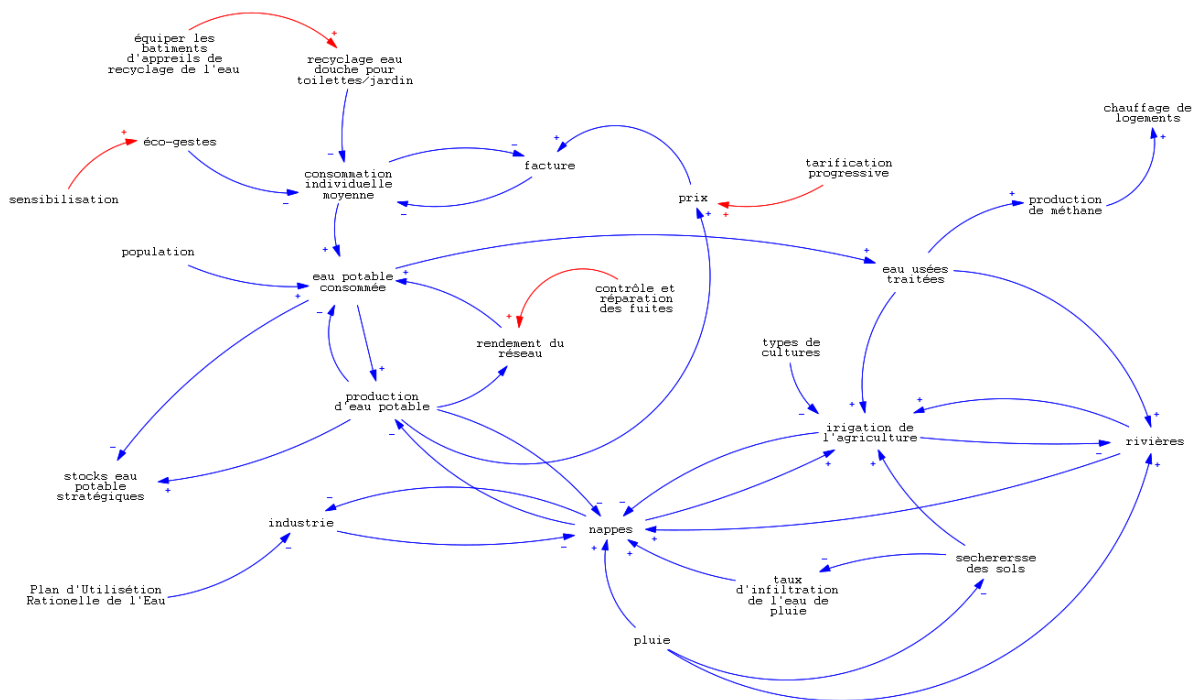


Par exemple, l'appareil Recover® récupère automatiquement les eaux usées issues des douches et des bains, les nettoie, les filtre et les recycle afin de les réutiliser dans les toilettes. Sa consommation électrique est très faible (30kWh/an).

- Investir pour contrôler et réparer les fuites : Le dernier levier que nous proposons pour réduire la consommation d'eau potable pour la métropole est d'investir pour le contrôle du réseau et la réparation des fuites, afin d'améliorer le rendement du réseau. Aujourd'hui, le rendement du réseau d'eau potable de Clermont Métropole est de 82% (un peu meilleur que la moyenne nationale), ce qui signifie que pour 100 litres d'eau potable produits, 18 sont perdus avant d'arriver chez le consommateur. Il est donc important de rechercher et réparer les fuites, mais c'est très compliqué du fait que les tuyaux sont tous enfouis sous terre. La métropole prévoit déjà une nouvelle campagne de recherche de fuites dans les prochaines années, à l'occasion des travaux liés au projet Inspire.

3. CLD points leviers

En ajoutant ces quatre points leviers à notre CLD, nous constatons que les trois premiers (la sensibilisation, la tarification progressive et la mise en place d'appareils de recyclage de l'eau) permettent, directement ou indirectement, de réduire la consommation individuelle moyenne d'eau potable. Le contrôle et la réparation des fuites permet d'améliorer le rendement du réseau d'eau potable. Finalement, les quatre points leviers contribuent à réduire la quantité totale d'eau potable produite, et peuvent donc permettre de répondre à notre problématique.



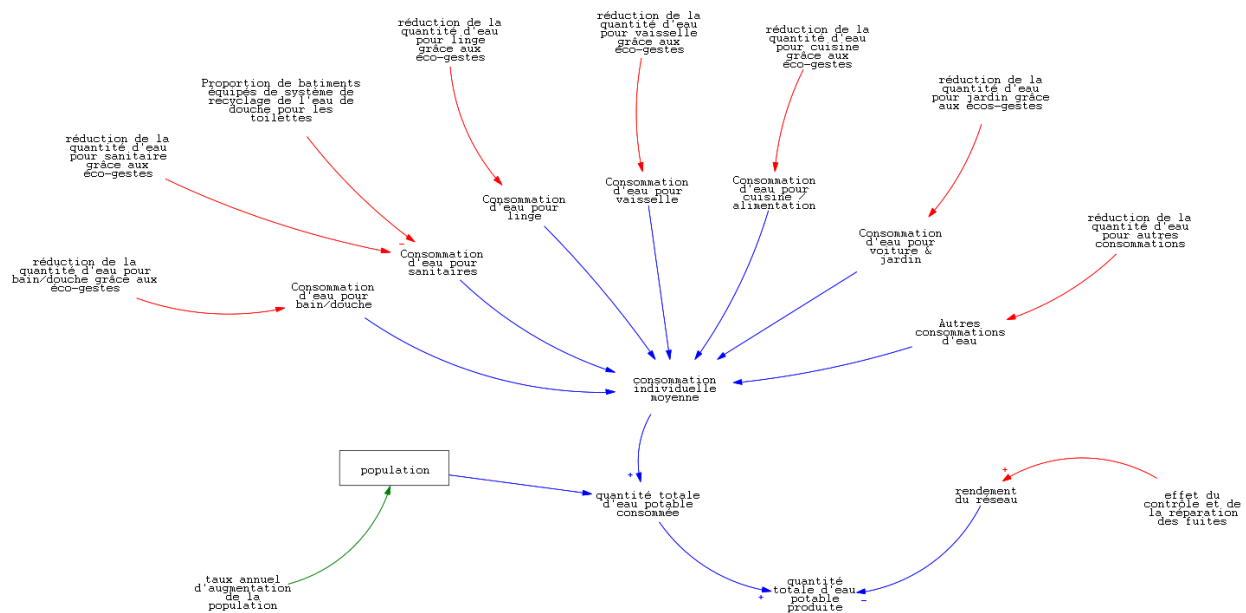
Partie 3 : scénarios à horizon 2030 et 2050

1. Modélisation avec un CLD quantifié

Afin de répondre à notre problématique qui concerne la réduction de la consommation d'eau potable, nous avons créé un CLD différent, permettant de quantifier la quantité totale d'eau potable produite pour Clermont Auvergne Métropole. La quantité totale d'eau produite est égale à la quantité d'eau potable consommée par la population, divisée par le rendement du réseau de distribution d'eau potable (valeur initiale 0.82). La quantité totale d'eau potable consommée est égale à la consommation individuelle moyenne annuelle multipliée par la taille de la population. La variable population est un stock, avec comme valeur initiale 300 000 habitants en 2021, augmentant chaque année selon un taux annuel d'augmentation de la population fixé dans les simulation suivantes à 0,7% (ce qui correspond à la moyenne entre 2013 et 2019). Afin de pouvoir appliquer plus précisément les effets de nos points leviers, nous avons défini la consommation individuelle moyenne d'eau potable comme la somme des consommations pour les différents usages (bain/douches, sanitaires, linge, vaisselle, etc.) avec pour chacun une valeur de base correspondant à la consommation individuelle moyenne d'eau potable actuelle à Clermont Auvergne Métropole multipliée par la part moyenne que représente cet usage pour un particulier.

Afin de modéliser les effets supposés des points leviers "sensibilisation aux éco-gestes" et "tarification progressive", nous avons rattaché pour chaque usage

une variable représentant la réduction (par exemple si la sensibilisation et la tarification progressive supposent une baisse de 50% de la consommation d'eau des particuliers pour la vaisselle en 2050 : 'réduction de la quantité d'eau pour vaisselle' = 0.50, et donc "consommation d'eau pour vaisselle" = "consommation pour cet usage en 2022 (10% x 42.3m³ = 4,23m³ / an)" x "réduction de la quantité d'eau pour vaisselle (0.50)" = 2,115 m³ / an). Pour modéliser les effets du contrôle du réseau et de la réparation des fuites, une variable permet de définir une variation du rendement du réseau par rapport à la valeur actuelle de 82%. Enfin, nous définissons la proportion de bâtiments équipés de systèmes de recyclage de l'eau de douche pour les toilettes. Ainsi, "Consommation d'eau pour sanitaires" = "consommation pour cet usage en 2022 (20% x 42.3m³ = 8,46m³ / an)" x (1 - "proportion de bâtiments équipés de systèmes de recyclage de l'eau de douche pour les toilettes") x (1 - "réduction de la quantité d'eau pour sanitaire grâce aux éco-gestes").



2. Présentation des scénarios

Nous avons choisi de modéliser 3 scénarios distincts.

Tout d'abord, un "scénario 0" dans lequel on suppose que la métropole ne met aucune action particulière en place et que la consommation individuelle moyenne d'eau potable et le rendement du réseau restent parfaitement stables. Dans ce "scénario 0", seule l'augmentation de la population au fil des ans a un impact sur la production totale d'eau potable en 2030 et en 2050.

Dans le "scénario 1", la métropole met en place une sensibilisation très importante aux éco-gestes auprès de la population, permettant à horizon 2030 ou 2050 de baisser nettement la consommation d'eau potable, grâce aux éco-gestes progressivement adoptés par la population pour tous ses usages de l'eau.

L'avantage est que le coût de la sensibilisation pour la métropole est relativement faible, comparés aux économies que cela peut apporter. De plus, dans ce scénario, la métropole investit également pour le contrôle et la réparation des fuites du réseau d'eau potable, et pour les aides à l'achat d'appareils de recyclage de l'eau de la douche pour les toilettes. La tarification actuelle de l'eau potable est maintenue.

Le "scénario 2" demande des investissements plus importants à la métropole. Il comprend une sensibilisation importante aux éco-gestes auprès de la population (un peu moindre par rapport au scénario précédent), mais aussi la mise en place d'une tarification progressive de l'eau potable, des aides plus importantes pour l'achat des appareils de recyclage de l'eau de douche pour les toilettes et des investissements massifs pour identifier et réparer les fuites afin de nettement améliorer le rendement du réseau d'eau potable de Clermont Auvergne Métropole.

| Scénario 0 | Scénario 1 | Scénario 2 |
|---|--|---|
| Pas de sensibilisation aux éco-gestes | Très forte sensibilisation aux éco-gestes | Forte sensibilisation aux éco-gestes |
| Pas de tarification progressive | Pas de mise en place de tarification progressive | Mise en place d'une tarification progressive |
| Pas d'équipage des bâtiments en appareils de recyclage de l'eau | Equipage de certains bâtiments en appareils de recyclage de l'eau | Equipage massif des bâtiments en appareils de recyclage de l'eau |
| Investissements limités pour le contrôle et la réparation des fuites dans le réseau | Gros investissements pour le contrôle et la réparation des fuites dans le réseau | Investissements massifs pour le contrôle et la réparation des fuites dans le réseau |

Dans le modèle, on a choisi pour le scénario 1 une amélioration du rendement du réseau de 0.06 d'ici à 2050 (passage de 0.82 à 0.88) et 9% des bâtiments équipés de systèmes de recyclage de l'eau de douche pour les sanitaires. Grâce à la très importante sensibilisation aux éco-gestes, on suppose que la réduction de quantité d'eau utilisée diminue entre 7% et 30% pour chaque usage, selon l'efficacité potentielle des éco-gestes pouvant être appliqués (présentés précédemment dans le rapport). Par exemple, l'usage "bain/douche" se voit attribuer une baisse de 30% grâce aux éco-gestes "privilégier les douches de moins de 5 minutes & installer un économiseur d'eau sur le pommeau de douche", et l'usage "linge" seulement 10% avec l'éco-geste "remplir complètement le lave-linge avant de le faire tourner".

Pour le scénario 2, le rendement du réseau est défini comme atteignant à terme 0,92 (amélioration de 0,10), et 22% des bâtiments sont équipés de système de recyclage de l'eau de douche. Du fait d'une sensibilisation moindre, les réductions de quantité d'eau consommée sont un peu plus basses qu'avec le scénario 1 pour la

majorité des usages. Mais la réduction de consommation est nettement plus grande pour l'usage jardin/voiture, car il est montré que ces consommations sont beaucoup plus élastiques par rapport au prix, et elles ne sont importantes que chez les plus gros consommateurs qui sont ceux affectés négativement par la tarification progressive.

| nom simulation | taux annuel d'augmentation de la population | variation rendement du réseau (effet du contrôle et de la réparation des fuites) | Proportion de bâtiments équipés de système de recyclage de l'eau de douche pour les toilettes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour bain/douche grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour sanitaires grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour linge grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour vaisselle grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour cuisine grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour voiture/jardin grâce aux éco-gestes | Proportion réduction de la quantité d'eau pour autres consommations grâce aux éco-gestes |
|----------------|---|--|---|---|--|---|---|---|--|--|
| Scénario 0 | 0,007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Scénario 1 | 0,007 | 0,06 | 0,09 | 0,30 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,07 | 0,20 | 0,20 |
| Scénario 2 | 0,007 | 0,10 | 0,22 | 0,23 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,35 | 0,15 |

3. Résultats et interprétations

En 2021, la quantité d'eau potable consommée sur la métropole était de 12 700 000 m³, et avec un rendement du réseau de 0,82, c'est plus de 15 500 000 m³ d'eau potable qui devaient être produits. Avec une population qui atteindrait 367 000 habitants en prenant 0,7% d'augmentation annuelle, le "scénario 0" donne une production d'eau potable annuelle de 18 954 300 m³ d'eau en 2050.

Le "scénario 1", qui met principalement l'accent sur les grandes campagnes de sensibilisation, permet de réduire de 20% la consommation individuelle moyenne d'eau potable, faisant passer la quantité totale d'eau consommée en 2050 en dessous du niveau de 2021, malgré l'augmentation supposée de la population de près de 67 000 habitants. L'amélioration du rendement du réseau permet d'obtenir un total de seulement 14 027 600 m³ d'eau potable produits.

Dans le "scénario 2", la mise en place de la tarification progressive permet quasiment de compenser la baisse des effets de la sensibilisation par rapport au "scénario 1", puisqu'on obtient une consommation individuelle moyenne de 33,9 m³ d'eau par personne et par an. Le rendement du réseau étant excellent dans ce scénario (0,92), la quantité d'eau potable à produire en 2050 n'est que de 13 537 900 m³.

| nom simulation | quantité totale d'eau produite en 2050 (m ³) | consommation individuelle moyenne d'eau potable (m ³) | quantité totale d'eau consommée en 2050 (m ³) | population estimée en 2050 |
|----------------|--|---|---|----------------------------|
| Scénario 0 | 18 945 300 | 42,3 | 15 535 200 | 367000 |
| Scénario 1 | 14 027 600 | 33,6 | 12 344 300 | 367000 |
| Scénario 2 | 13 537 900 | 33,9 | 12 454 900 | 367000 |

Nos deux scénarios à horizon 2050 sont assez ambitieux, et on constate qu'ils sont très efficaces, puisqu'ils permettent de nettement réduire la quantité d'eau potable produite, malgré l'augmentation de la population de la métropole. Avec les

paramètres choisis, le deuxième est le plus efficace, mais son coût serait très élevé pour la métropole avec de lourds investissements pour améliorer le rendement du réseau, mettre en place la tarification progressive et aider les ménages à acheter des dispositifs de recyclage de l'eau de la douche pour les sanitaires.

Si les effets des scénarios 1 ou 2 étaient déjà atteints à notre étape en 2030, la population n'ayant atteint que 319 000 habitants, la quantité d'eau potable totale produite pour les habitants de Clermont Auvergne Métropole ne serait alors que de 12 200 000 m³ par an avec le scénario 1 et 11 775 000 m³ par an avec le scénario 2.

| nom simulation | consommation individuelle moyenne d'eau potable (m ³) | quantité totale d'eau consommée en 2030 (m ³) | quantité totale d'eau produite en 2030 (m ³) | population estimée en 2030 |
|-------------------|---|---|--|----------------------------|
| Scénario 0 | 42,3 | 13 512 200 | 16 478 300 | 319000 |
| Scénario 1 | 33,6 | 10 736 800 | 12 200 900 | 319000 |
| Scénario 2 | 33,9 | 10 833 000 | 11 775 000 | 319000 |

Conclusion

Les enjeux liés à l'eau vont continuer à devenir de plus en plus importants dans les années à venir. Il est donc important pour la métropole de limiter et contrôler sa consommation en eau, afin que les nappes phréatiques conservent un niveau suffisant. Notre problématique portait uniquement sur la réduction de la consommation en eau potable de la population, mais il est important que les 3 secteurs (industrie, agriculture et population) limitent ensemble leur consommation, comme c'est le cas aujourd'hui.

Bibliographie

- Cycle de l'eau - Clermont Auvergne Métropole : <https://www.clermontmetropole.eu/preserver-recycler/eau-et-assainissement/>
- Eau en France : <https://www.eaufrance.fr/>
- Données BNPE département Puy de Dôme 2021
- SAGE : <https://sage-allier-aval.fr/>

- Nouveaux tarifs eau - Clermont Auvergne Métropole :
<https://www.clermontmetropole.eu/no-cache/actualites-et-agendas/toute-lactualite/detail/actualites/eau-et-assainissement-des-tarifs-harmonises-pour-repondre-a-plusieurs-defis/>
- Rapport prix et qualité eau potable à Clermont Auvergne Métropole - 2021 :
https://www.clermontmetropole.eu/fileadmin/user_upload/preserver_recycler/traitement_de_leau/ARS_2022/RPQS_eau_assainissement_2021_pour_web_V2.pdf
- Ressources et utilisation de l'eau - ministère transition écologique :
[https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021#:~:text=L%27agriculture%20est%20la%20premi%C3%A8re,les%20usages%20industriels%20\(4%20%25\)](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/leau-en-france-ressource-et-utilisation-synthese-des-connaissances-en-2021#:~:text=L%27agriculture%20est%20la%20premi%C3%A8re,les%20usages%20industriels%20(4%20%25))
- Astuces pour économiser l'eau - ADEME :
<https://agirpoulatransition.ademe.fr/particuliers/conso/conso-responsable/astuces-economiser-leau-a-maison-alleger-factures#:~:text=installez%20des%20mousseurs%20sur%20les,consommera%20a%20minima%20150%20L>
- Consommation d'eau par personne et par usage - Selectra :
<https://selectra.info/energie/eau/consommation>
- Prélèvements eau - OFB :
<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/45#:~:text=Pour%20les%20autres%20principaux%20usages,et%20l%27irrigation%207%20%25>
- Fonctionnement nappes phréatiques - LaMontagne :
https://www.lamontagne.fr/clermont-ferrand-63000/actualites/comment-fonctionnent-les-nappes-phreatiques-l-exemple-dans-le-puy-de-dome_13684040/
- Bassins stockage eau - Clermont Auvergne Métropole :
<https://www.clermontmetropole.eu/fr/les-grands-projets/grands-projets-pour-la-transition-energetique/creation-de-6-bassins-de-stockage-restitution/>
- Guide sensibilisation économies d'eau - SAGE Mayenne :
https://www.gesteau.fr/sites/default/files/doc_SAGE04018-1242832721.pdf
- A Volvic, la raréfaction de l'eau est une source d'inquiétudes - Geo.fr :
<https://www.geo.fr/environnement/a-volvic-la-rarefaction-de-leau-est-une-source-dinquietudes-204859>
- Agriculture - Clermont Auvergne Métropole :
<https://www.clermontmetropole.eu/les-grands-projets/dossier-agriculteurs-a-tout-faire/>

- Surfaces agricoles - DRAAF Auvergne Rhone Alpes :
https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/html/fts_ra2020_clermont_auvergne_metropole.html
- Eau et agriculture - Planète Vie :
<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/l-eau-et-les-activites-agricoles>
- Eau en agriculture - FAO : <https://www.fao.org/3/y4683f/y4683f07.htm>
- Recover, système recyclage de l'eau :
<https://www.franceenvironnement.com/produit/recover>
- Climat Clermont-Ferrand - MeteoFrance :
<https://meteofrance.com/climat/normales/france/auvergne-rhone-alpes/CLERMONT-FD>
- Pluviométrie et recharge nappes :
<https://eau.seine-et-marne.fr/fr/pluviometrie-et-recharge-des-nappes-deau-souterraine#:~:text=36%25%20alimentent%20les%20masses%20d.la%20r%C3%A9alimentation%20des%20nappes%20souterraines>

Annexes

[La feuille de calcul contenant les entités et les flux.](#)

[Le CLD d'observation.](#)

[Le CLD points leviers.](#)

[Le CLD quantifié.](#)

Le ClickCharts :

