Montmartre, un patrimoine au service de l'eau et de la ville

Mutualisation des services.

Amira Mesbahi
Timothée Dupuis
Sarah Julie Pons

D7 : Paris, ville hydraulique : Redessiner la ville avec l'eau

L'EAU DANS LA VILLE

Encadrants: Jean François Coulais, Ayda Alehashemi

2020/2021

SOMMAIRE

Introduction

1.Un regard territorial: le réseau hydraulique de Paris 3-15

1.1. Mutualisation

1.2. Analyse du territoire

1.3. Recherches sur le circuit existant

1.4. Problématique générale

2. Un regard local : le réseau hydraulique de Montmartre 16-30

2.1. Idées de projet

2.2. Enjeux du projet

2.3. Choix des espaces d'interventions : le cas de Montmartre

2.4. Analyse des infrastructures existantes

2.5. Spécification de la problématique

3. Un nouveau schéma pour le circuit de l'eau à Montmartre 31-50

3.1. Hypothèse de projet

3.2. Création d'un nouveau circuit

3.3. De nouveaux usages pour revaloriser les carrières historiques

3.4. Renforcement de la structure

3.5. Localisation et caractéristiques des nouveaux réservoirs

3.6. Mise en cohérence du projet avec de nouveaux besoins

Conclusion 55

INTRODUCTION

En France et dans le Monde, l’eau est la ressource la plus importante sur Terre. Elle permet à l’être humain de vivre. L’histoire a prouvé grâce aux progrès techniques que l’eau est au cœur des préoccupations. Au début pour boire, ensuite pour se laver, puis pour nettoyer. Les usages de l’eau ont évolué, se sont développés de plus en plus. Des nouveaux usages, sont nés de nouvelles techniques de gestion des eaux. Dans les grandes villes dans un premier temps, puis ces techniques se sont encore développées pour toucher l’ensemble des territoires. La démocratisation de ces techniques à permis à l’homme de s’adapter et d’adapter le progrès en fonction de son lieu d’implantation. Voilà pourquoi aujourd’hui, la distribution de l’eau est différente sur des grandes villes comme Paris ou sur des villes un peu moins grandes comme Orléans par exemple. Paris est l’exemple le plus efficace pour donner une preuve de ce changement. Du porteur d’eau à la politique de grands travaux menée par Haussmann qui a conduit au remaniement total des canalisations dans la Capitale. Paris est une ville en croissance constante même dans les espaces cachés au public comme les souterrains.

	GLOBAL	INTERMEDIAIRE	PARTICULIER
QUESTIONS	Comment faire évoluer le circuit de l'eau pour rentrer en cohérence avec les besoins actuels ?	Comment modifier le circuit de l'eau afin de proposer une alternative plus efficiente en énergie qui répond à un besoin de mutualisation ?	Quels liens peuvent être établies entre un existant et le circuit de l'eau afin de percevoir des solutions d'avenir ?
ECHELLES	PARIS	MONTMARTRE	LES CARRIERES
	EAU POTABLE / EAU NON-POTABLE	EAU POTABLE / EAU NON-POTABLE	EAU NON-POTABLE
ETAPES	- S'appuyer sur les idées du Grand Paris - Interroger le circuit de l'eau actuel pour en faire ressortir les principales problématiques - Faire ressortir les idées les plus viables pour s'en inspirer pour le projet - Etudier les deux circuits d'approvisonnement (Eau potable et Eau non-potable)	- Etudier le système mis en place actuellement dans le cas de figure - analyser l'existant de facon précise: - usages - infrastructures - morphologie - Hierarchiser les espaces en fonction de leur position topographique - Faire le lien avec des cas de figures similaire -Mettre en place des hypothèses de projet	- Créer de nouvelles infrastructures en se réappropriant des espaces existant - Revitaliser un patrimoine oublié (carrières) - Proposer de nouveaux usages pour accompagner et justifier le nouveau circuit - Associer des techniques inovantes pour participer à la réduction énergétiques - Faire le lien avec le métabolisme urbain

1. UN REGARD TERRITORIAL : LE RESEAU HYDRAULIQUE DE PARIS

1.1. Mutualisation

La mutualisation est le partage par des individus ou groupe d'individus, de biens, de logements, d'équipements ou de moyens de manière à optimiser l'accès à ces ressources et leur rentabilité (par le partage des coûts, frais d'entretien, assurance, réparation, etc.). Elle est parfois appliquée sous forme de services mutualisés par certaines collectivités. Dans le cas de l'eau, cette mutualisation passe par la recherche et l'amélioration du service des eaux pour favoriser un meilleur rendement en accord avec les priorités environnementales.

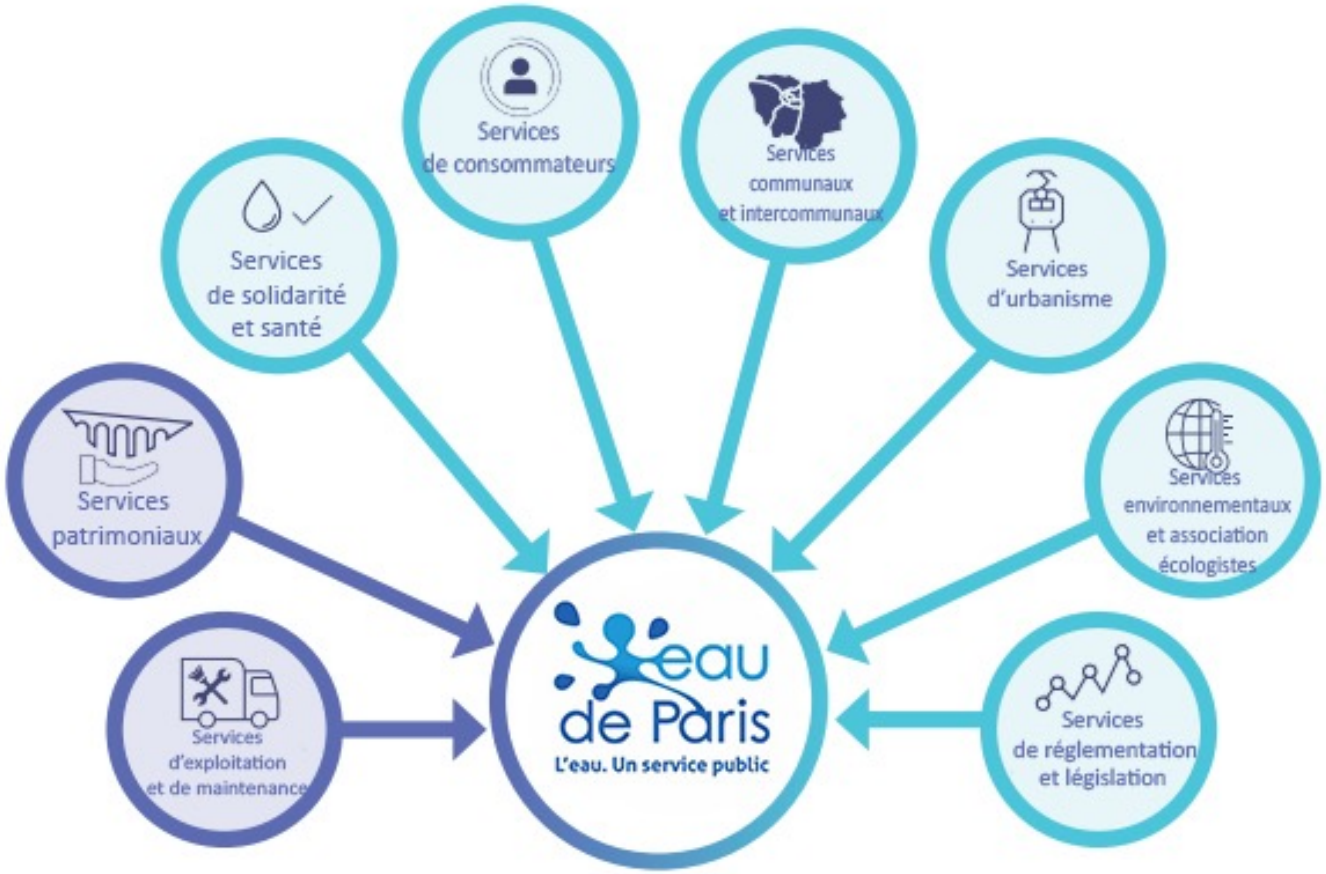


Figure 1: Organigramme de mutualisation des services pour les Eaux de Paris

Source: http://www.eaudeparis.fr/uploads/tx_edpevents/2018_EDP_SDI_pap.pdf, modifié

L’amélioration de ce système est au cœur de notre projet. Un projet qui vise à trouver des solutions qui répondent aux nouveaux besoins en eau des activités humaines et de la mutualisation de nombreux services de la ville afin de maximiser l'efficience des réseaux hydrauliques. L’architecte doit savoir s’intéresser au milieu urbain pour comprendre son fonctionnement et ainsi arriver à élaborer des projets qui sont en adéquations avec ce questionnement. Une mise en lien entre l’architecture et l’urbanisme est donc nécessaire. La différence qui en ressort est une question d’échelle. La façon d’aborder le projet n’est pas la même en fonction de l’échelle dans laquelle le projet s’inscrit. L’étude de la distribution de l’eau dans Paris passe par le mélange des perceptions. Ce mélange ouvre le champ des possibilités et permet au projet de rentrer dans une nouvelle dimension qui ne se limite pas à l’élaboration d’un nouveau circuit de l’eau. Un nouvel angle d’attaque qui amène à un remaniement du circuit dans la forme mais également dans le font. Quand on décide de repenser un système aussi complexe que celui de la distribution de l’eau, on pense également aux conséquences que ce changement va occasionner. C’est à ce moment-là que les questions comme le « Pourquoi ? Comment ? Où ? Pour qui ? » apparaissent. Des questions qui une fois répondu permettent de justifier le projet. Il faut également penser le « Quand ? ». En effet, une étude visant à améliorer la distribution de l’eau dans Paris doit-être pensée sur le long terme. Une fois la pensée orientée dans ce sens, des solutions autres apparaisse et le projet change encore de dimension pour entrer dans une notion de temporalité. L’étude de tous ces aspects amène à formuler une réponse innovante qui répond à tous les questionnements engendrés par le projet et fournir une réponse claire et efficace.

Un nouvel angle d’attaque qui amène à un remaniement du circuit dans la forme mais également dans le font. Quand on décide de repenser un système aussi complexe que celui de la distribution de l’eau, on pense également aux conséquences que ce changement va occasionner. C’est à ce moment-là que les questions comme le « Pourquoi ? Comment ? Où ? Pour qui ? » apparaissent. Des questions qui une fois répondu permettent de justifier le projet. Il faut également penser le « Quand ? ». En effet, une étude visant à améliorer la distribution de l’eau dans Paris doit-être pensée sur le long terme. Une fois la pensée orientée dans ce sens, des solutions autres apparaisse et le projet change encore de dimension pour entrer dans une notion de temporalité. L’étude de tous ces aspects amène à formuler une réponse innovante qui répond à tous les questionnements engendrés par le projet et fournir une réponse claire et efficace.

1.2. Analyse du territoire

Pour comprendre notre projet, il est important de rappeler les étapes par lesquelles nous sommes passé pour arriver à ce résultat. L'analyse du cheminement de notre pensée permet de justifier chaque partie de la démarche. En effet, notre idée principale se décompose en de multiples sous-idées qui forment un ensemble cohérent. En partant d'une analyse détaillée du sujet, nous avons pu déterminer une problématique générale. Cette problématique nous a ensuite dirigée vers la phase de recherche pour structurer notre idée. Pour finir, la phase de développement et de mise en place du projet. Pour suivre un raisonnement cohérent, nous avons pris le parti de travailler sur les différentes échelles. Commencer par le macrocosme avec l'étude du circuit de l'eau en Ile-de-France, l'analyser, le comprendre, repérer les points positifs et les points négatifs. Ensuite nous avons réduit l'échelle pour étudier ce cheminement pour la ville de Paris. La dernière échelle n'a pas été précisé directement. Nous voulions analyser les points d'intérêts dans le projet avant de choisir un lieu précis où l'installer.

En Ile-de-France, le circuit de l'eau est réparti en plusieurs points qui ont chacun leurs utilités. Paris est divisée en quatre zones d'approvisionnement composées toutes les quatre d'étapes nécessaire à la bonne distribution de l'eau (voir figure 1). L'approvisionnement, le traitement et la distribution. Après avoir effectué de nombreuses recherches sur le fonctionnement de ce circuit, nous avons établie plusieurs problématiques susceptibles d'être modifiées pour optimiser la distribution de l'eau dans la Capitale. Une ville comme Paris, densément peuplée, a des besoins importants en eau potable et en eau non potable, mais elle ne dispose pas des ressources nécessaires sur son territoire et doit prélever l'eau qu'elle consomme sur des territoires voisins. Les eaux qui servent à l'alimentation des Parisiens sont captées dans un rayon de 150 kilomètres. Pour les acheminer jusqu'aux portes de Paris, Eau de Paris exploite 470 kilomètres de linéaires d'aqueducs souterrains répondant majoritairement à une circulation dites gravitaire.

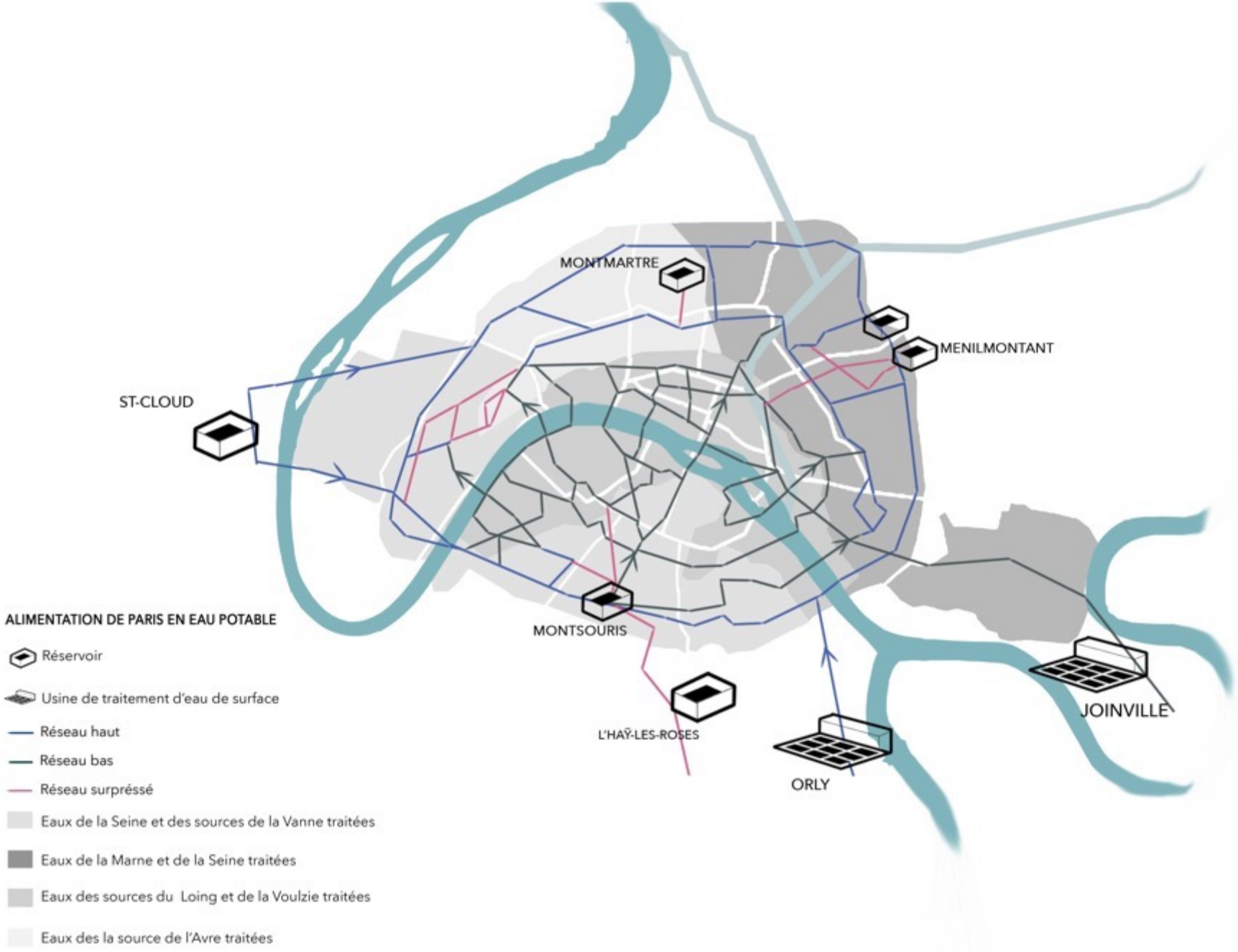


Figure 2 : Carte de la distribution de l'eau potable à Paris

Source: Auteur, 2021

La première étape de la recherche menée par notre groupe fut d'analyser l'évolution du circuit de l'eau à l'échelle de la région. Sur un plan historique dans un premier temps, pour comprendre la pensée architecturale jointe à celle du chemin de l'eau. Arriver à comprendre une pensée créative permet de rester en cohérence avec celle-ci et proposer un projet qui est dans la continuité de cette évolution. Le but étant d'émettre des hypothèses et trouver des solutions pour améliorer cette distribution. Le circuit de l'eau potable et celui de l'eau non potable sont légèrement différents. L'approvisionnement est réalisé aux mêmes endroits mais leur traitement et leur chemin connaissent des variations en fonction des usages. La politique a également joué un rôle dans l'évolution de ces techniques. Les changements du domaine public au domaine privée, l'échange de responsabilité, la répartition des acteurs etc.

De l'antiquité au XVIIIème siècle

L'eau est pour l'essentiel puisée directement dans la seine.

Figure 3 : les porteurs d'eau à Paris

Source: https://www.ebay.fr/itm/CPA-75-PARIS-XVIIIe-VIEUX-MONTMARTRE-LE-DERNIER-PUITS-DE-LA-BUTTE-PORTEUR-DEAU/202850197703?_trkparms=aid%3D1110009%26algo%3DSPLICE.COMPLISTINGS%26ao%3D1%26asc%3D20200220094952%26meid%3Dffe1f02e190e428ebd66b6679cb1d634%26pid%3D100008%26rk%3D3%26rkt%3D12%26sd%3D152296840677%26itm%3D202850197703%26pmt%3D1%26noa%3D0%26pg%3D2047675%26algv%3Ddefault&_trksid=p2047675.c100008.m2219

Figure 4 : carte du réseau hydraulique de Paris au XVIIIe siècle

Première moitié du XIXème siècle

- L'approvisionnement en eau du domaine privé
- Création du canal de l'Ourcq
- L'eau de l'Ourcq est destinée au domaine public et celle de la Seine au domaine privé

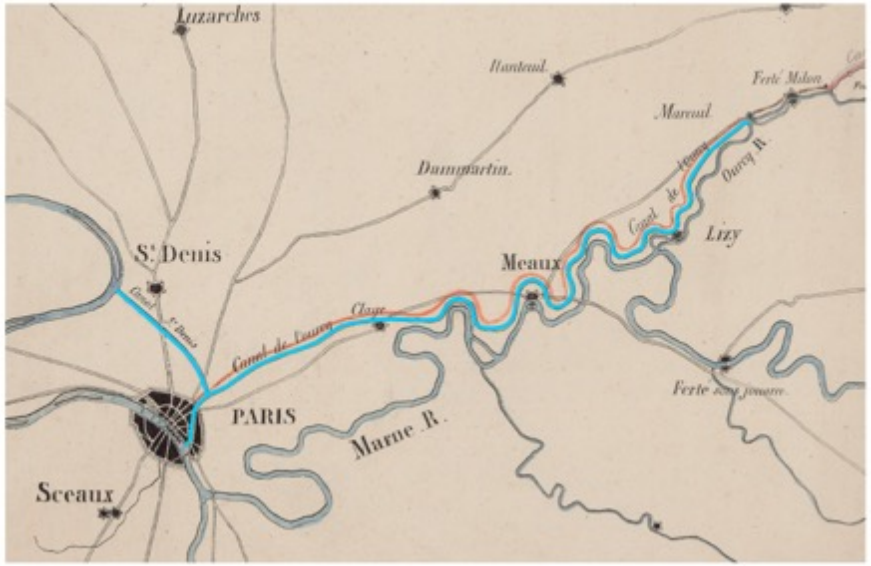


Figure 5 : carte du réseau hydraulique de Paris au XIXe siècle

Figure 6 : Canal de l'Ourcq à son ouverture

Deuxième moitié du XIXème siècle

- Les communes prennent en charge l'organisation de la distribution de l'eau
  « Mutualisation des services »
- Les grands travaux d'Haussmann, le réseau hydraulique s'étend sur Paris

Figure 7 et 8 : Travaux d'Haussmann sur le réseau hydraulique

Source: http://www.eaudeparis.fr/lespace-culture/patrimoine/

Première moitié du XXème siècle

- Les services des eaux échappent à la vague de nationalisation
- Construction d'un double réseau de canalisation
- L'état diversifie les structures intercommunales et les modes de gestions
- Le rallongement du réseau

Deuxième moitié du XXème siècle

- 1984: la mairie confie les réseaux hydrauliques à deux entreprises privées

La compagnie des Eaux de Paris pour la rive droite et la Société Eau et Force Parisienne des eaux « SUEZ » pour la rive gauche

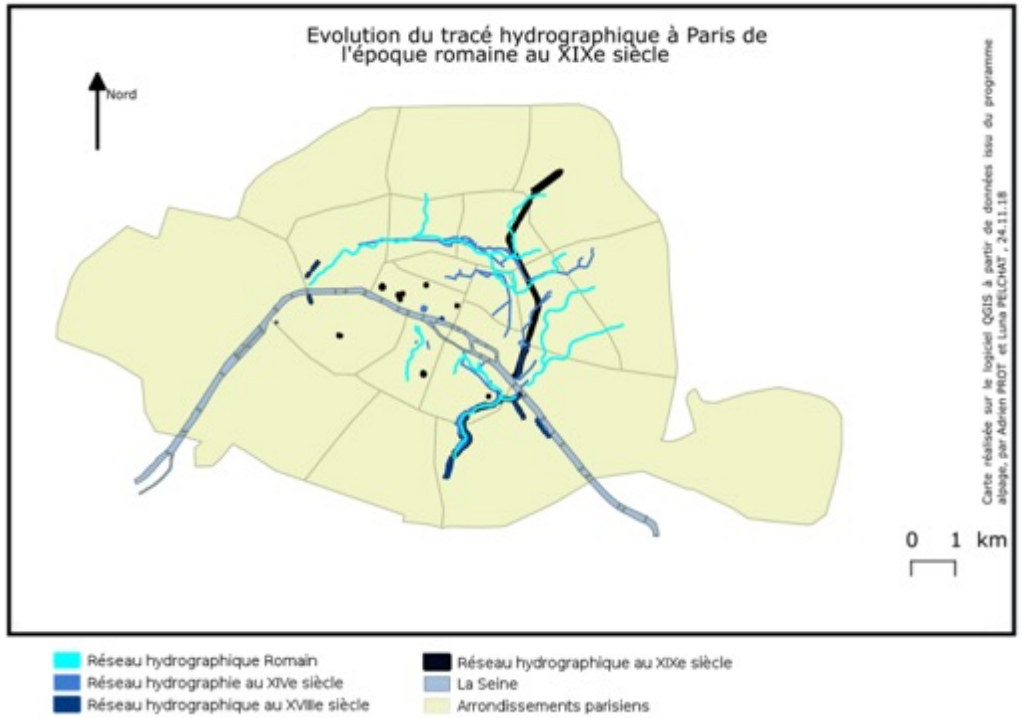


Figure 9 : carte de l'évolution du tracé hydrographique de Paris
Source: https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_de_l%27eau_%C3%A0_Paris

XXIème siècle

- 24 novembre 2008 : Remunicipalisation du service des eaux de Paris
- Création d'un établissement public industriel et commercial « EPIC » Janvier 2010: Eau de Paris devient l'opérateur municipal et principal du service public de l'eau dans la capitale et assume également la distribution
- Le tracé du réseau hydraulique de Paris s'étale loin sur les régions alentours

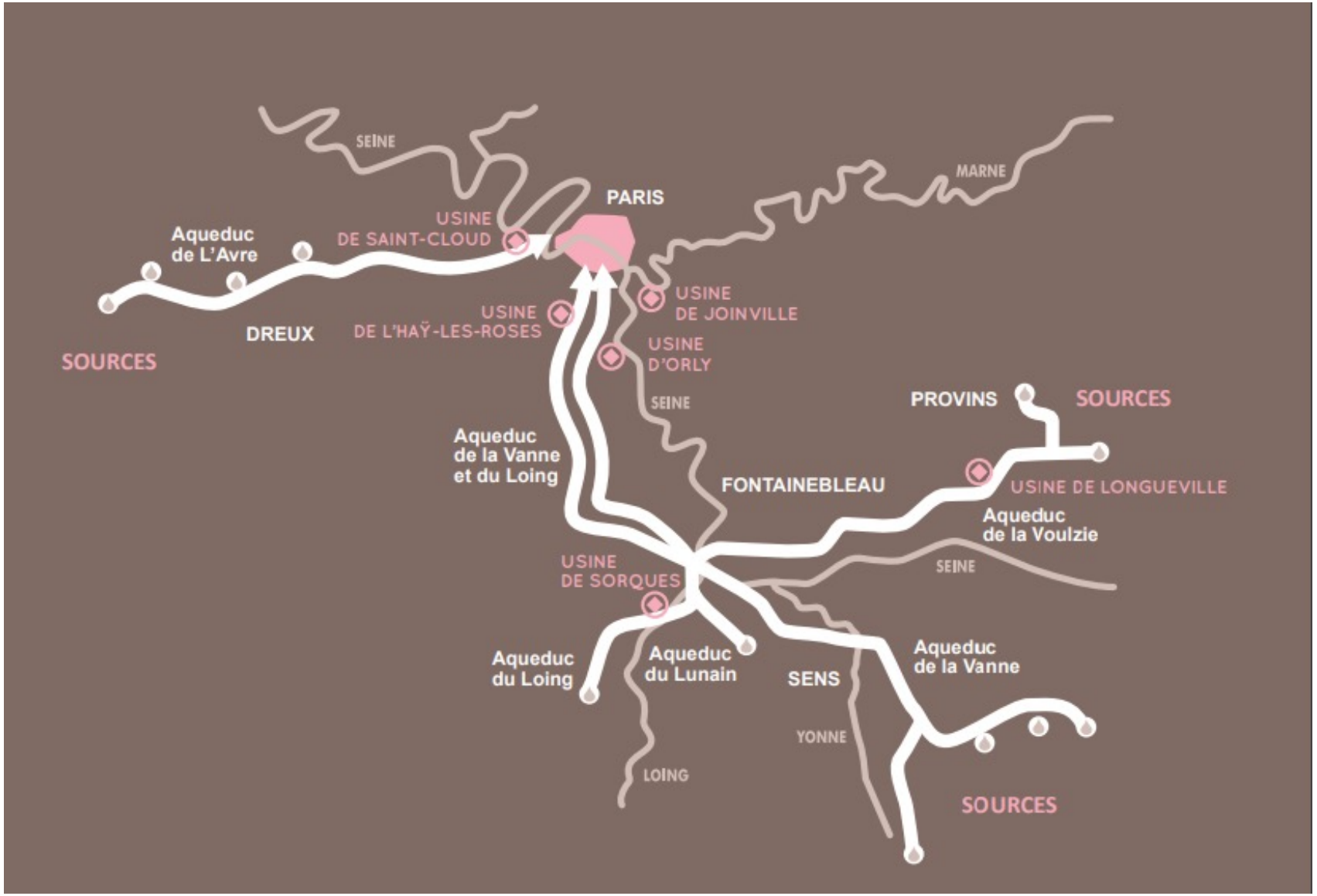


Figure 10 : Plan d'acheminement des eaux vers Paris

Source: http://www.eaudeparis.fr/uploads/tx_edpevents/brochureReservoirMontmartreBD.pdf

1.3. Recherches sur le circuit existant

Pour arriver à comprendre comment ce circuit fonctionne, il a fallu s'intéresser à son histoire, a son fonctionnement, aux objectifs auxquels il aspire. Cette distribution s'organise en plusieurs points qui forment un cercle vertueux. Un cercle pour l'eau potable. Dans un premier temps l'eau est captée dans des sources comme celles de la Vanne, de l'Avre, de la Seine ou du Loing (voir figure 9). Elle est ensuite acheminée vers une usine où l'eau est traitée pour la rendre potable. L'eau traité est ensuite stockée puis distribuée. Les eaux usées sont ensuite collectées, traitées et rejetées en milieu naturel avant d'être captées à nouveau. Le circuit de l'eau non potable est plus réduit. Il se réparti en quatre points géographiquement proche de Paris. Passy, Ménilmontant, Charonne et Villejuif.

La circulation de l'eau est un domaine extrêmement complexe. Nous avons effectué des recherches détaillant chaque élément de ce circuit. Comment fonctionne une usine de captage, par quels moyens techniques l'eau est-elle acheminée vers les différentes infrastructures pour être ensuite distribuée (Acheminement gravitaire, pompe de relevage) (Figure 10) . Comment fonctionne le traitement de l'eau. (Usines de traitement, machines et techniques de traitement). Comment les eaux de pluies sont récupérées pour être ensuite utilisées. Par quels moyens, l'eau est-elle distribuée en fonction de la typologie de l'habitat (Immeuble, ensemble de logements, maison, appartements dans et en dehors de Paris). Nous nous sommes également intéressés à la forme propre des canalisations existante sur la région, leur répartition et les limites de celles-ci.

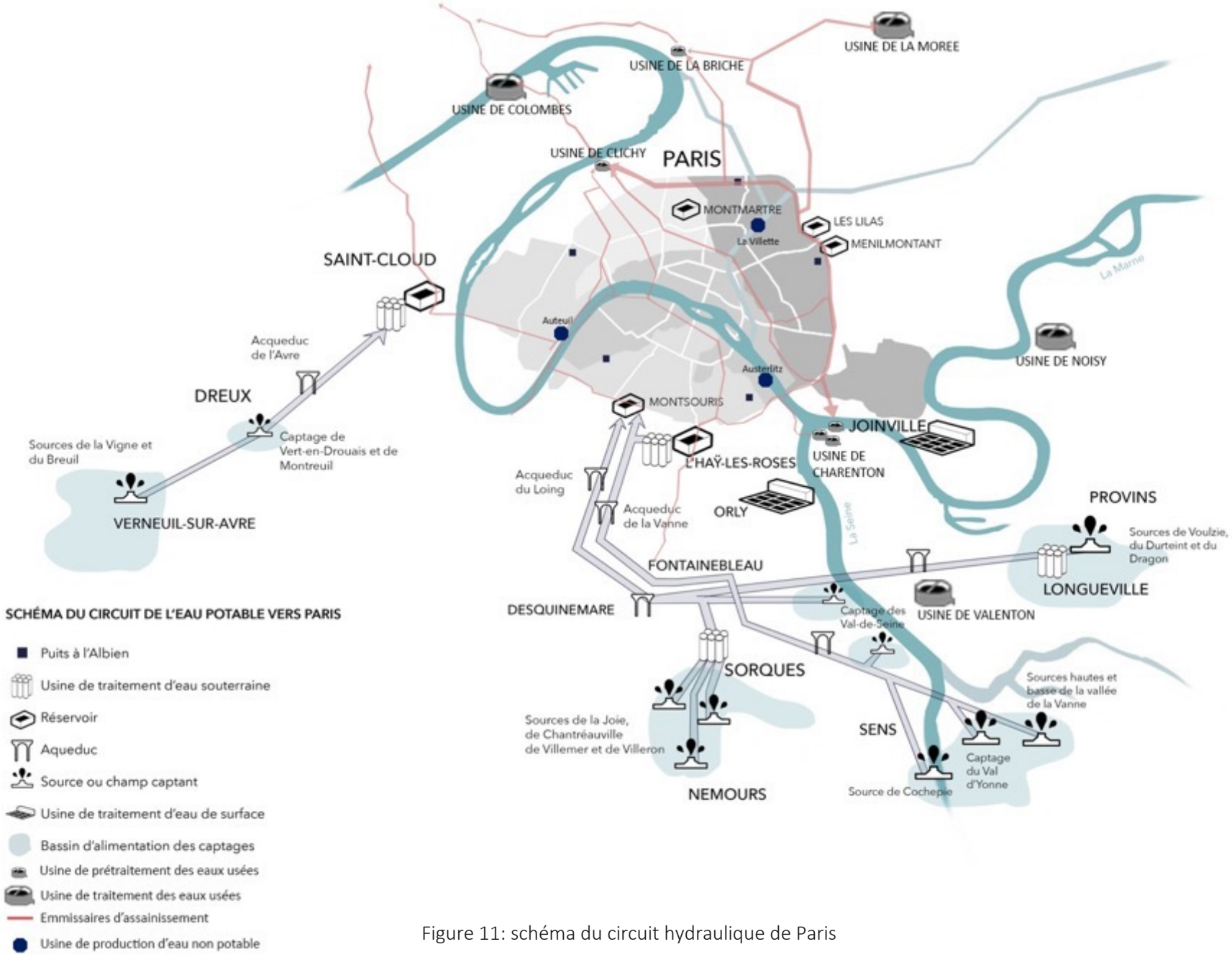


Figure 11: schéma du circuit hydraulique de Paris

Source : Auteur 2021

Après avoir effectué toutes ces recherches et assimilé l'ensemble des informations récoltées. L'idée première que nous avons eu, fut de réfléchir à des solutions qui pourrait permettre de réduire le circuit de l'eau en Ile-de-France. Réduire ce cheminement permettrait de gérer plusieurs problématiques comme par exemple celle de la dépense énergétique déployée pour acheminer l'eau vers les infrastructures de distribution. Cette idée est donc devenue notre problématique principale.

Nous avons mené d'autres recherches en les axant cette fois-ci sur des idées innovantes permettant de limiter la dépense en énergie pour toutes les étapes du circuit. Notre volonté : **limiter l'utilisation de machine pour créer un circuit propre**. Beaucoup de réflexions sont menées autour des principes bioclimatiques. De multiples découvertes techniques font leurs apparitions sur cette thématique du climat. Thématique qui met en lien des acteurs venu de tous horizons. Architectures, Urbanismes, techniciens, ingénieur etc... L'ensemble de ces corps de métier s'unissent pour réfléchir au monde de demain. Un monde qui mettrait au premier plan le respect de l'environnement en limitant de plus en plus l'artificialisation des espaces. Utiliser la nature comme un moyen innovant pour concevoir et construire.

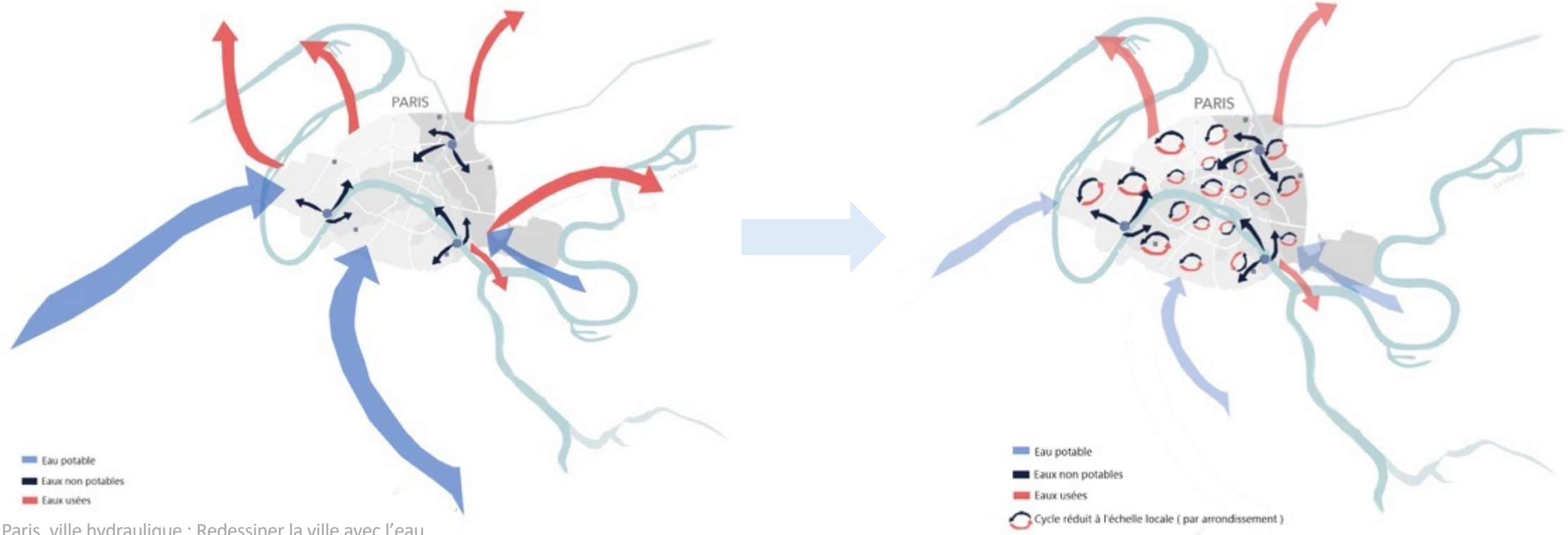


Figure 12 : Schéma d'idée de réduction du circuit d'eau à Paris

Source : Auteur 2021

La distribution en eau potable à Paris demande un apport en énergie assez conséquent en fonction des zones d'approvisionnement. Paris est réparti en 4 zones qui ceinture la ville pour favoriser une meilleure répartition. L'ensemble des énergies de distribution pour l'eau potable représente 100 Gwh. Pour l'eau non potable, la dépense d'énergie représente environ la moitié de la consommation en eau potable ce qui représente 50 Gwh. C'est sur cette dépense énergétique que le projet va essayer de jouer un rôle. On peut voir par exemple que la consommation énergétique pour approvisionner la zone nord-ouest (aqueduc de l'Avre et le réservoir St Clou) est équivalente à la globale de la zone.

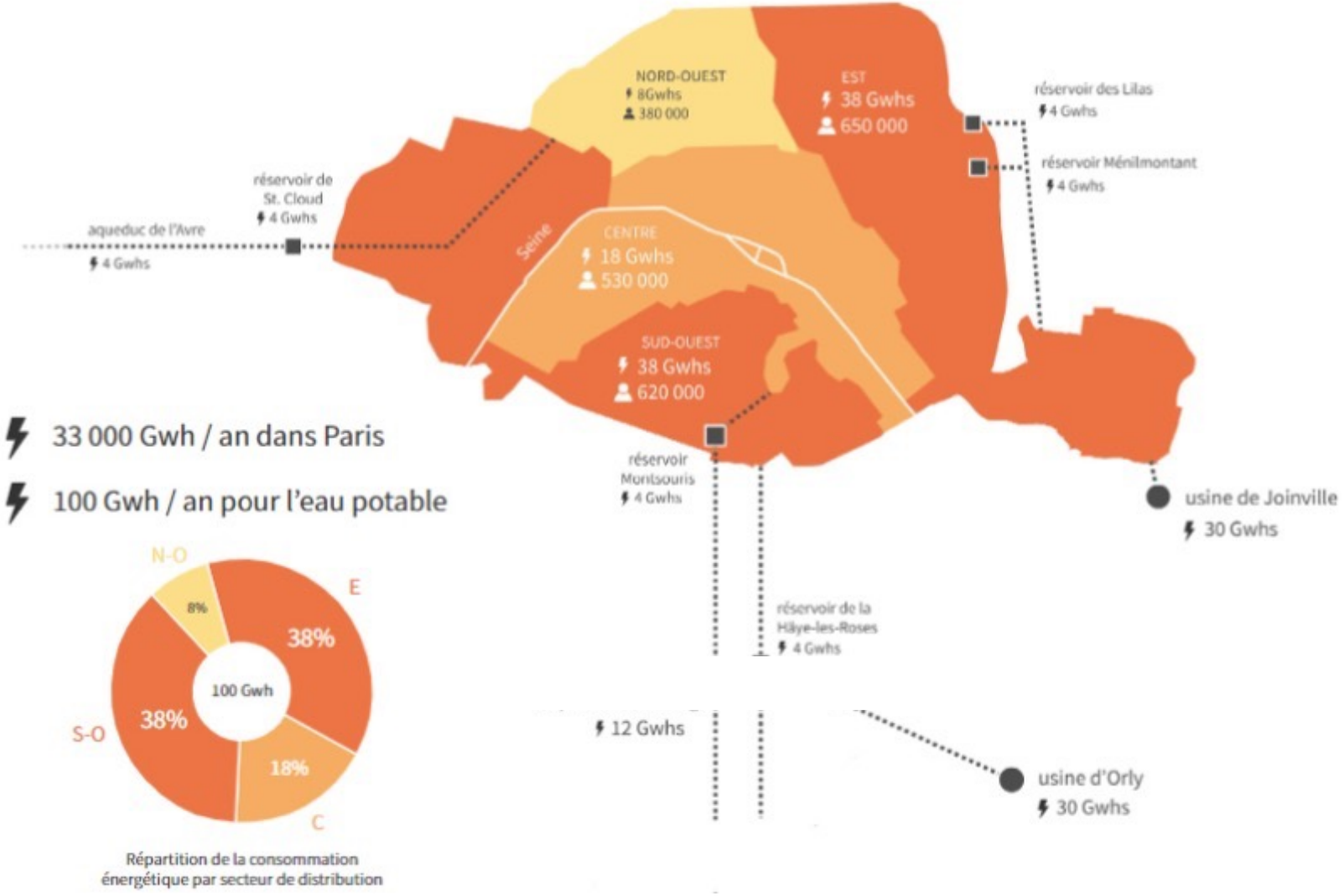


Figure 13 : répartition de la consommation d'énergie dans le réseau hydraulique
Source : Travail du groupe Eau et Energie de Johnny Lak et Jasmine Khalafi, page 10

1.4. Problématique générale

La mutualisation des services passe par ces nouveaux systèmes. Une prise de repère et d'information sur les moyens de mettre en œuvre et de créer. Cette mutualisation s'étend donc sur différentes échelles. Le bâti, la ville, la région. Actuellement, le circuit Parisien connait des modifications minimes, de remise en état et d'entretien fréquent. Des hypothèses sont proposées pour améliorer ce circuit mais très compliquées à mettre en place sans perturber le bon fonctionnement de la ville. Dans la réflexion de notre projet futur il a donc fallu penser à s'adapter à l'environnement existant, en limitant au maximum les nuisances dans la vie des parisiens.

Il s'agit donc de trouver la réponse à notre questionnement en prenant en compte les aspects cités précédemment :

Comment réduire le circuit d'eau de Paris en proposant des alternatives structurelles permettant de le rendre plus efficient ?

2. UN REGARD LOCAL : LE RESEAU HYDRAULIQUE DE MONTMARTRE

2.1. Idées de projet

Pour cette nouvelle étape de notre projet, nous avons changé d'échelle. Nous avons réduit notre surface de recherche à Paris uniquement. En reprenant les axes de recherches que nous avions utilisé pour la région et en gardant à l'idée notre problématique générale, nous avons précisé nos recherches, étoffé notre analyse pour découvrir de nouvelles problématiques propres à Paris. En plus du circuit d'eau potable et d'eau non potable, nous nous sommes intéressés aux eaux pluviales et eaux grises. Grâce à cette analyse, des zones dans Paris sont apparues comme posant des problèmes à différents niveau. Toujours dans une volonté de réduire la dépense énergétique liée à l'approvisionnement et la distribution en eau dans la Capitale, nous avons remarqué que les espaces qui consommaient le plus d'énergie, étaient les endroits où l'altimétrie était la plus élevée. La Butte Montmartre, les Buttes Chaumont, Chaillot, Montparnasse, La Butte aux Cailles, La porte de Chatillon, sont les places les plus hautes de Paris. C'est dans ces espaces que la complexité dans la distribution de l'eau est la plus importante. Pour certains d'entre eux par exemple, une ou plusieurs pompes de relevages sont nécessaire pour permettre aux habitants de disposer d'eau dans leurs logements. La distribution gravitaire qui est majoritaire en Ile-de-France ne peut donc plus s'appliquer et engendre des problèmes difficiles à résoudre.

Naturellement, nous nous sommes rapprochés d'un de ces points clefs afin d'y établir notre projet futur. En étudiant chacun de ces lieux, un intérêt s'est dégagé pour la Butte Montmartre. Point le plus haut de Paris. Cet intérêt a été justifié par le fait que la distribution de l'eau au niveau de la Butte est très particulière (distribution en deux parties). Le rapprochement forcé des notions d'architecture, d'urbanisme et d'histoire a également grandement motivé notre choix. En effet, la complexité de ce site réside en grande partie dans son importance historique majeure pour la ville de Paris. De nombreuses règles empêches les architectes, les urbanismes et toute autre personne de modifier l'endroit sans prendre en compte tous les impacts et les conséquences que cette modification va engendrer.

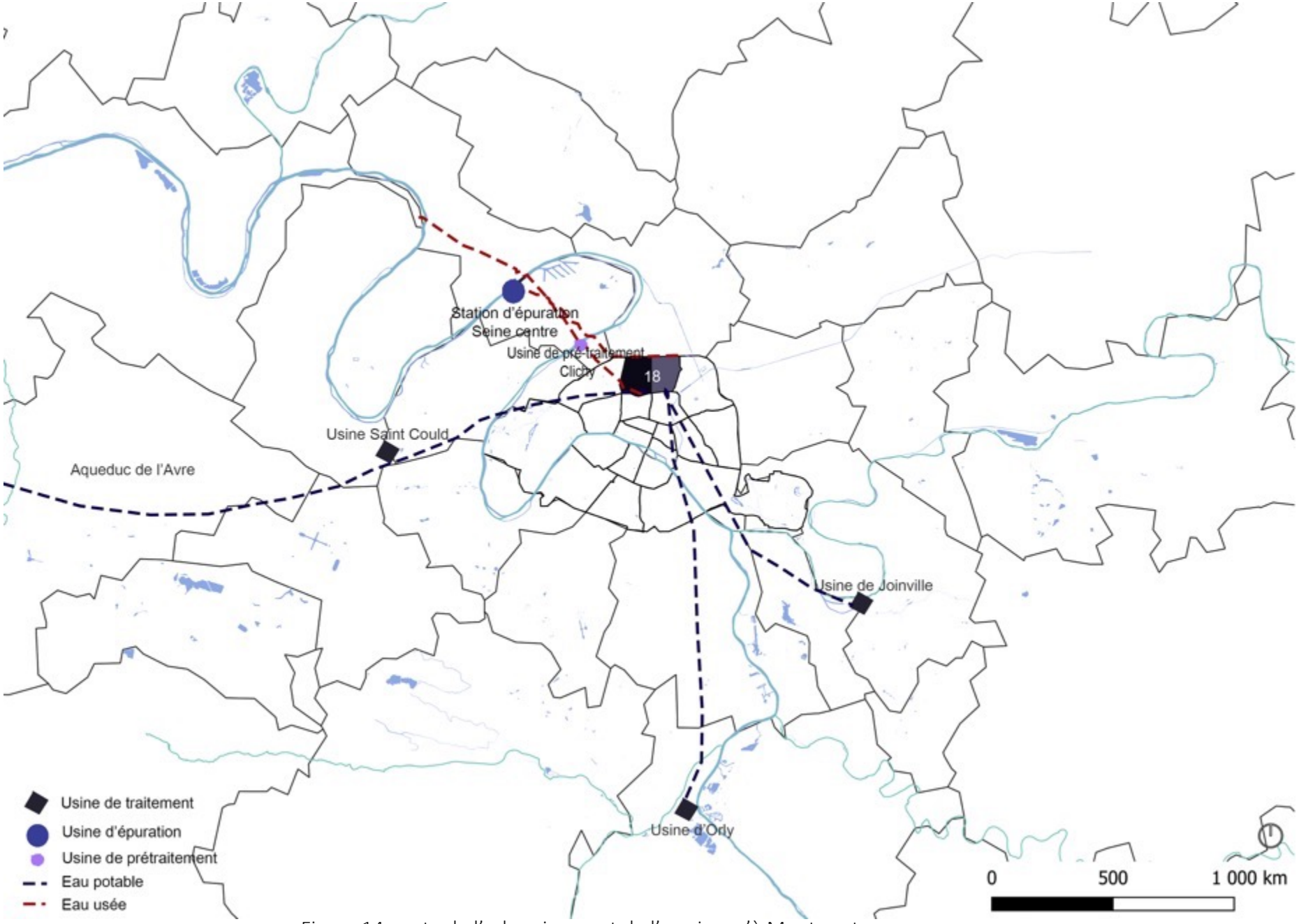


Figure 14: carte de l'acheminement de l'eau jusqu'à Montmartre

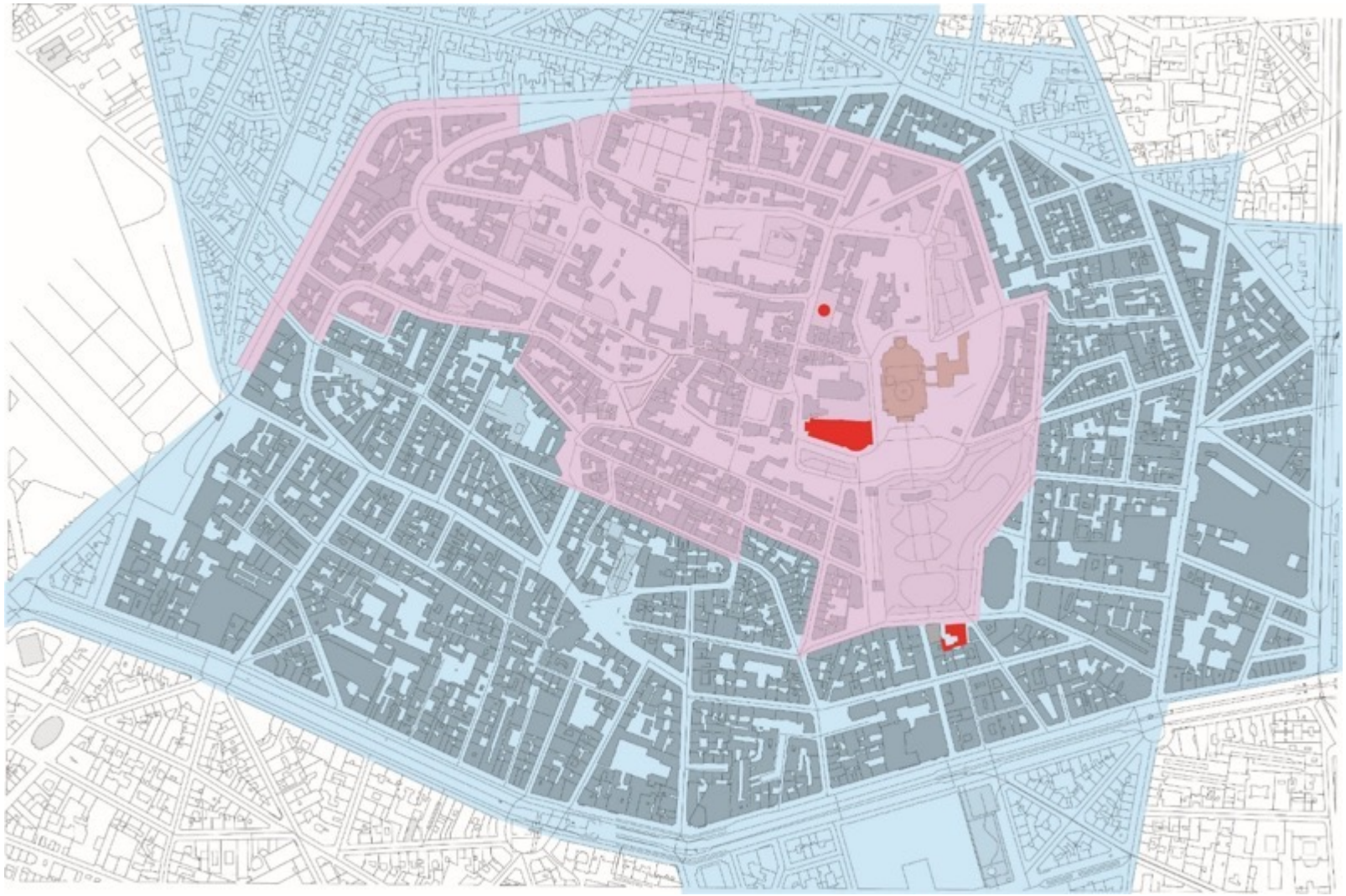
Source : Auteur 2021

2.2. Enjeux du projet

- Réduire le circuit du cycle de l’eau en emmagasinant l’eau sur le côté le plus haut possible de la butte, afin de diminuer l’utilisation des pompes de relevage et économiser donc de l’énergie.
- Augmenter les réserves d’eau afin de diminuer le besoin en énergie utile lors du réapprovisionnement des réservoirs.
- Apporter une solution pour le traitement de l’eau directement au niveau de la butte Montmartre.
- Créer de nouveaux usages afin de redynamiser l’existant.
- Favoriser l’économie circulaire en réemployant des espaces architecturaux pour le bénéfice de la ville
- Rentabiliser/ Revitaliser les sous-sols abandonnés de la ville
- Travail de rapprochement entre un nouveau circuit de l'eau dans l'existant et un apport patrimonial important
- Travail sur un bâti existant sans le perturber ou le détruire.

2.3. Choix des espaces d'interventions : le cas Montmartre

Les espaces de distribution de l'eau



Zones de distribution de la Butte Montmartre

Secteur de distribution du Château d'eau

Secteur de distribution du Réservoir

Infrastructures de distribution de la Butte Montmartre

Château d'eau de la Butte Montmartre

Réservoir principal de la Butte Montmartre

Usine Saint-Pierre

Figure 15: carte des zones de distribution de la Butte de Montmartre

Source : Auteur 2021, basé sur http://www.eaudeparis.fr/uploads/tx_edpevents/brochureReservoirMontmartreBD.pdf

Page 8

Afin de bien comprendre le site que nous avons choisie de développé, une analyse historique du lieu en question était nécessaire. Savoir comment un espace chargé d'histoire comme celui de Montmartre avait réussie à évoluer pour répondre aux besoins actuels de la ville, tout en préservant son patrimoine historique essentiel.

Comme dit précédemment, la Butte Montmartre découpe sa distribution de l'eau en plusieurs parties relatives à la forme du lieu. On parle alors de ville haute (au-delà de 100m) et de ville basse (en dessous de 100m). Cette terminologie hiérarchise les espaces et crée une base logique dans la poursuite de nos recherches. Le but n'étant pas de redynamiser la ville, de la modifier ou de repenser son architecture, nous nous sommes redirigés vers la thématique de l'eau mais cette fois-ci à l'échelle de la butte. Comment fonctionne le circuit actuel ? Quels sont les liens et les connections existantes avec les zones d'approvisionnement ? Quelles infrastructures sont présente sur la Butte pour contribuer à la distribution dans les différents espaces ? Nous avons entrepris un relevé complet et minutieux pour répondre à toutes ces interrogations.

La captation de l'eau sur la butte Montmartre se décompose en trois points.

- Une usine de relevage/pompage (Usine Saint-Pierre)
- Un réservoir
- Un château d'eau

Chacune de ces infrastructures est positionnée de façon stratégique sur la butte. Elles répondent toutes les trois à une logique qui permet de gérer la problématique topographique. A Montmartre, l'eau potable distribuée sur les hauteurs de la butte provient majoritairement de la région de Verneuil-Sur-Avre et de Dreux. Une fois traitée à l'usine de Saint-Cloud, l'eau désormais potable est envoyée dans le réseau de distribution parisien jusqu'à l'usine de relevage Saint-Pierre au pied de la butte. L'eau est alors envoyée soit dans le réservoir, soit dans le château d'eau où elle est stockée avant d'être distribuée.

Ces infrastructures ont connu de nombreuses évolutions et améliorations au fil des années. Auparavant, le circuit de l'eau potable était favorisé par rapport à celui de l'eau non-potable. Le but de ces améliorations a donc été de replacer le circuit d'eau non-potable au cœur du système.

Le circuit actuel de distribution de l'eau

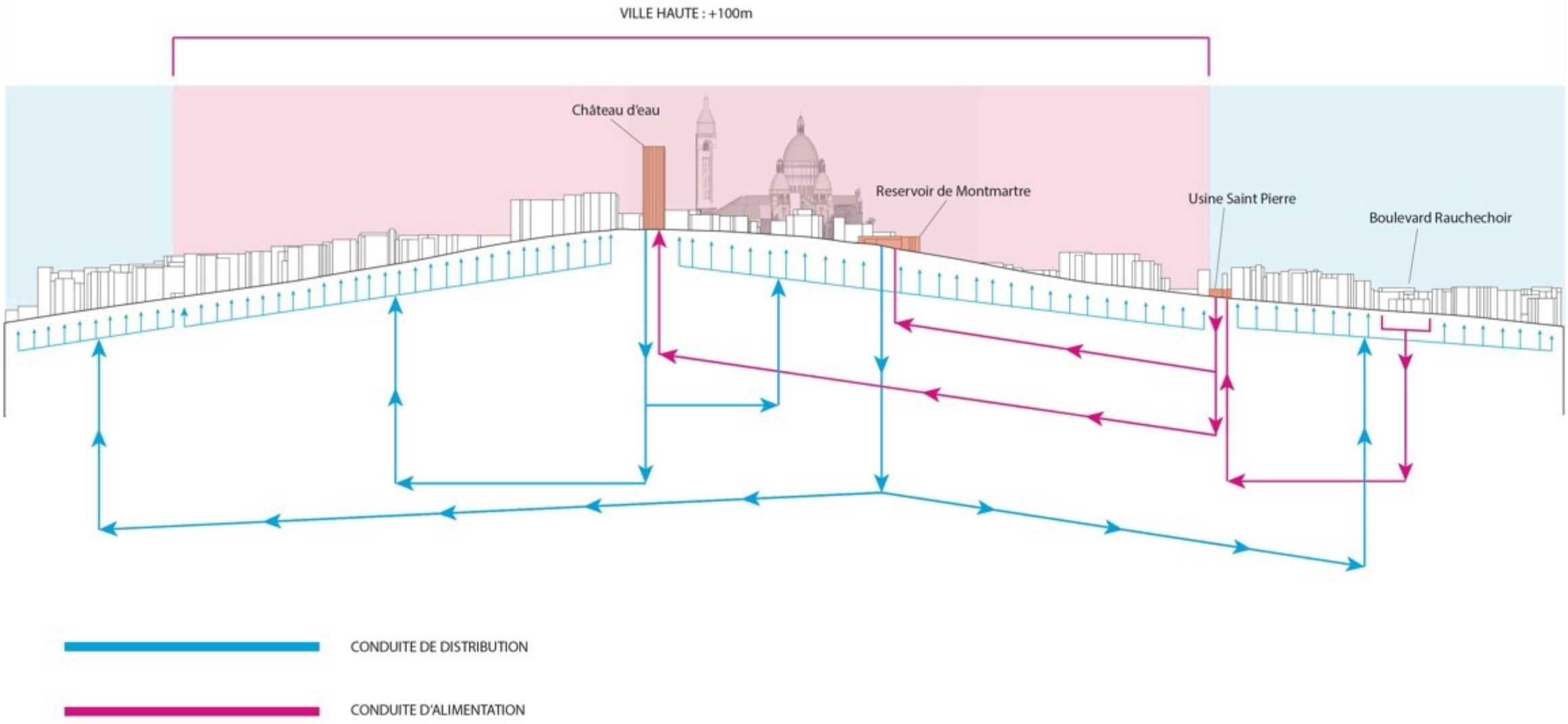


Figure 16: Coupe schématique du circuit de l'eau de Montmartre

Source : Auteur 2021

Figure 17: Plan topographique de Montmartre

Source : https://fr-fr.topographic-map.com/maps/dbxn/Quartier-du-Faubourg-Montmartre/

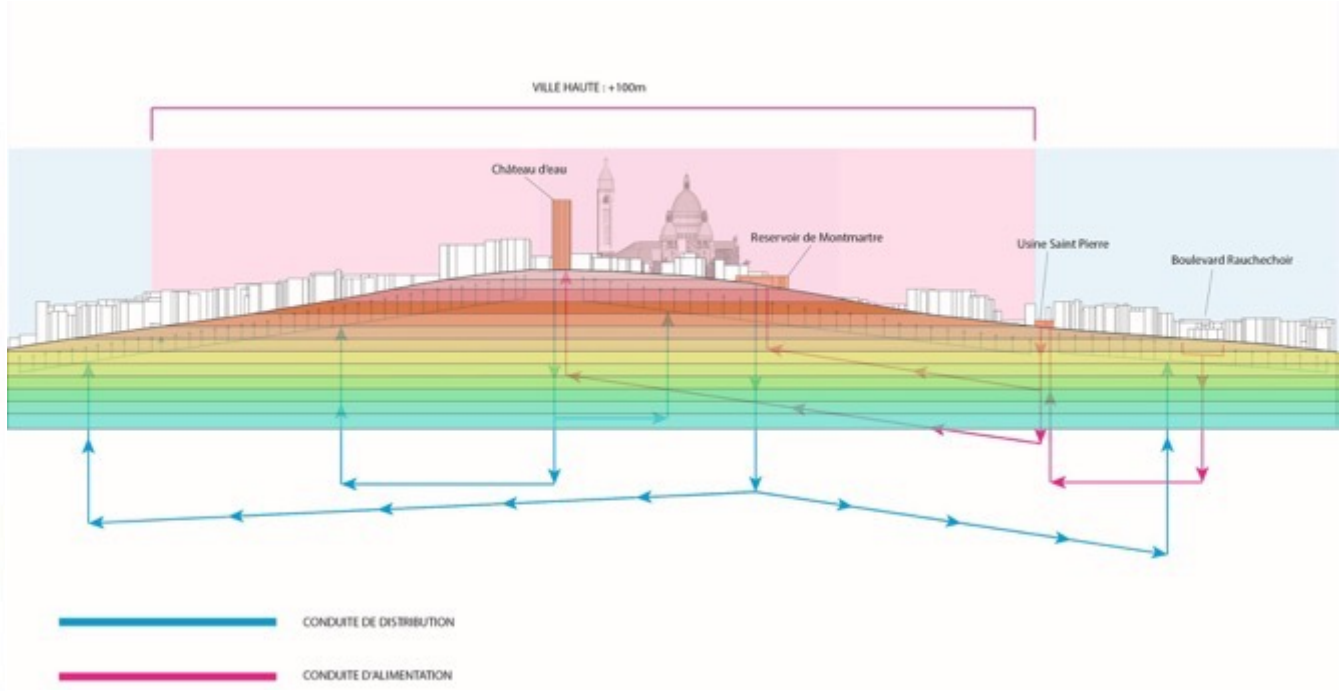


Figure 18: Coupe schématique du circuit d'alimentation selon la topographie

Source : Auteur 2021

Tableau de la consommation en eau sur la Butte Montmartre :

	CONSO / JOUR	CONSO / MOIS	HABITANTS	CONSO / JOUR / HAB	CONSO / MOIS / HAB
EAU POTABLE	20 000 m3	600 000 m3		160 L	4800 L
EAU NON-POTABLE	10 000 m3	300 000 m3		100 L	3000 L
TOTAL	30 000 m3	900 000 m3	32 160	260 L	7800 L

Tableau de la capacité de stockage en eau sur la Butte Montmartre :

	EAU POTABLE	EAU NON-POTABLE
CAPACITE DE STOCKAGE RESERVOIR	7500 m3	3 500 m3
CAPACITE DE STOCKAGE CHÂTEAU D'EAU	670 m3	200 m3
CAPACITE DE STOCKAGE USINE SAINT-PIERRE	4 900 m3	AUCUN
TOTAL	13 070 m3	3 700 m3

Au travers de ces tableaux, on remarque que la capcité de stockage de l'eau n'est pas suffisante pour répondre à un besoin et à une utilisation maximale.

Tableau de consommation énergétique :

	CONSOMMATION ENERGETIQUE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU POTABLE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU NON-POTABLE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR LA BUTTE MONTMARTRE	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU A MONTMARTRE
CONSOMMATION	241 kWh / m2 / an 5,1 kWh / hab / an	150 kWh / m3	75 kWh / m3	165 kWh / m3	80 kWh / m3
HABITANTS	PARIS 18: 167 937 hab	PARIS 18: 167 937 hab	PARIS 18: 167 937 hab	MONTMARTRE: 32 160 hab	MONTMARTRE: 32 160 hab

Les carrières de Paris font parties de l'histoire oubliée de la Capitale. Situées dans les profondeurs de la ville, elles ont été d'une aide majeure dans la construction du Grand-Paris. Ces cavités dont tout le monde ignore l'existence, parcours la ville dans son entièreté. Elles se décomposent en plusieurs couches qui symbolisent le métabolisme de Paris. Trois couches qui structurent la forme des carrières en trois parties bien distinctes.

- Une première couche de Pierre (Dure)
- Une seconde couche de plâtre (Fragile)
- Une dernière couche de Gypse (Fragile)

Les carrières de Montmartre était autrefois reconnue pour la qualité de son plâtre. Une importante réserve qui représentait 75% des besoins de toute la ville.

Vers la fin de leur exploitation massive pour remodeler la Capitale, les carrières étaient composées en cumulé, de environ 300 km de Galeries qui se superposaient et s'entrecroisaient. Une trop forte consommation qui fragilisa énormément les sols de la butte. Pour remédier à ce problème, la plupart d'entre elles furent rebouchée grâce à deux techniques:

- le remblayage
- L'éboulement

Ce choix condamna une grande partie des carrières ainsi que leurs entrées. Une grande perte sur le plan patrimonial. Comme un élément masqué dans la croissance de Paris.

Figure 19 : croquis des anciennes carrières de Montmartre

Source: https://www.histoires-de-paris.fr/carrieres-montmartre/

Les carrières sont encore présente sous la Butte Montmartre. Comme un vestige de l'ancien temps. Une partie de l'histoire oubliée qui pourtant a son importance et mérite de revenir sur le devant de la scène. Des idées de réemploie ont été données et même réalisées pour d'autres carrières de Paris. Des musées, des espaces de stockage, des lieux de fêtes, des espaces de maintenance, un oratoire, des marchés.

Toutes ces interventions ouvrent le champ des possibilités dans la volonté de revitaliser les carrières de Montmartre, leur donner une nouvelle vie au travers de nouveaux usages. Un projet de très grande ampleur et de très grande complexité mais qui à son intérêt à la fois patrimonial, mais également énergétique une fois associer à d'autres usages. Aujourd'hui, toute amélioration ou innovation doit pouvoir trouver une place physique pour être optimum dans son rôle. Problème ? Les villes sont saturées, elles ne disposent pas des ressources nécessaires en surface pour pouvoir accueillir de nouvelles infrastructures qui pourraient leurs être bénéfique. Il faut donc repenser les espaces et les lieux d'implantation ou en proposer de nouveaux.

Pour beaucoup, les sous-terrain sont une source pas assez exploitée d'espace. Des lieux pas très agréable, froids et coupé du reste du monde. Pourtant, de nouvelles techniques et pensées architecturale réfléchissent en ce sens pour trouver des solutions innovantes à la surpopulation et à la densité technique saturée.

Au cour de l'histoire, l'homme a su développer des moyens de transports souterrains (Métro Parisien) et des réseaux. Il sait donc comment investir en profondeur. Le cas des carrières a été évoqué de nombreuses fois, notamment pour le Grand Paris afin d'y implanter une navette rapide pour traverser Paris. En effet, les carrières ne se concentrent pas toutes en dessous de la Butte Montmartre. Il en existe de nombreuses autres qui parcours Paris. Les différentes galeries se mêlent avec les réseaux de distributions pour former une vie sous-terraine très active et pourtant ignorée du grand public.

C'est en reliant toutes ces informations avec notre désir de retravailler le circuit d'approvisionnement en eau de la Butte Montmartre, que nous retrouvons la thématique de la mutualisation. Si certaines des hypothèses de projet mises en place fonctionnent pour le cas de figure le plus complexe, elles pourraient être proposées à l'ensemble de la ville et même du territoire.

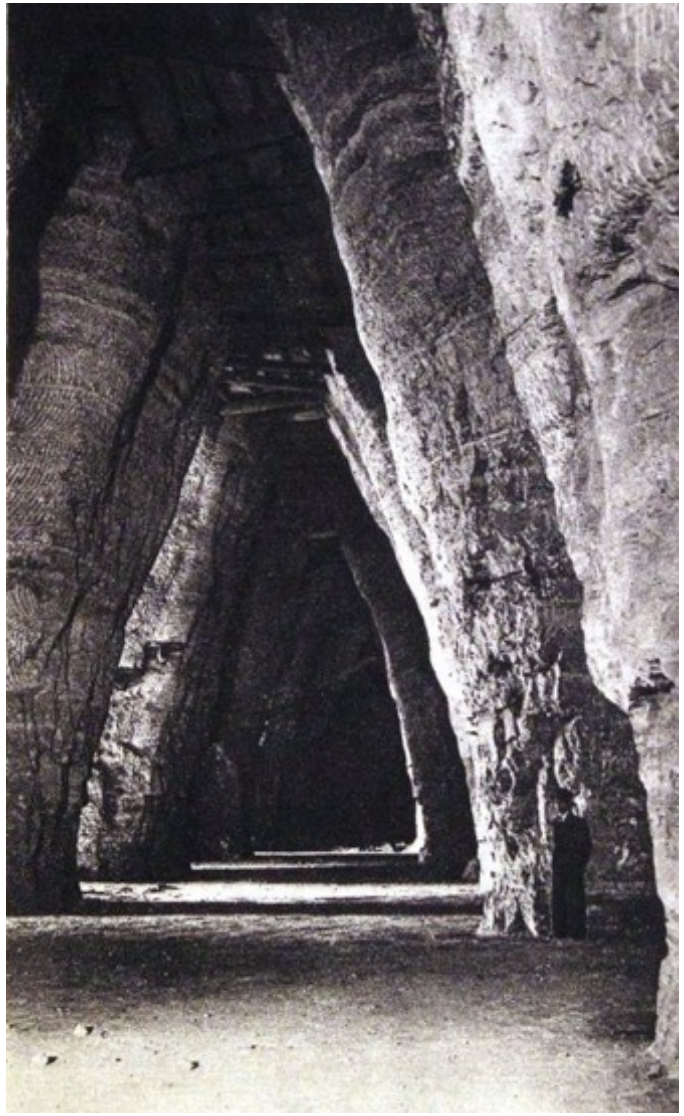


Figure 20 : Ancienne photo des carrières de Montmartre
Source: https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Carri%C3%A8res_de_gypse_de_Montmartre.jpg

2.4. Analyse des infrastructures existantes

Les carrières

Figure 21 : Carte de localisation des carrières de Montmartre

Source: Auteur 2021

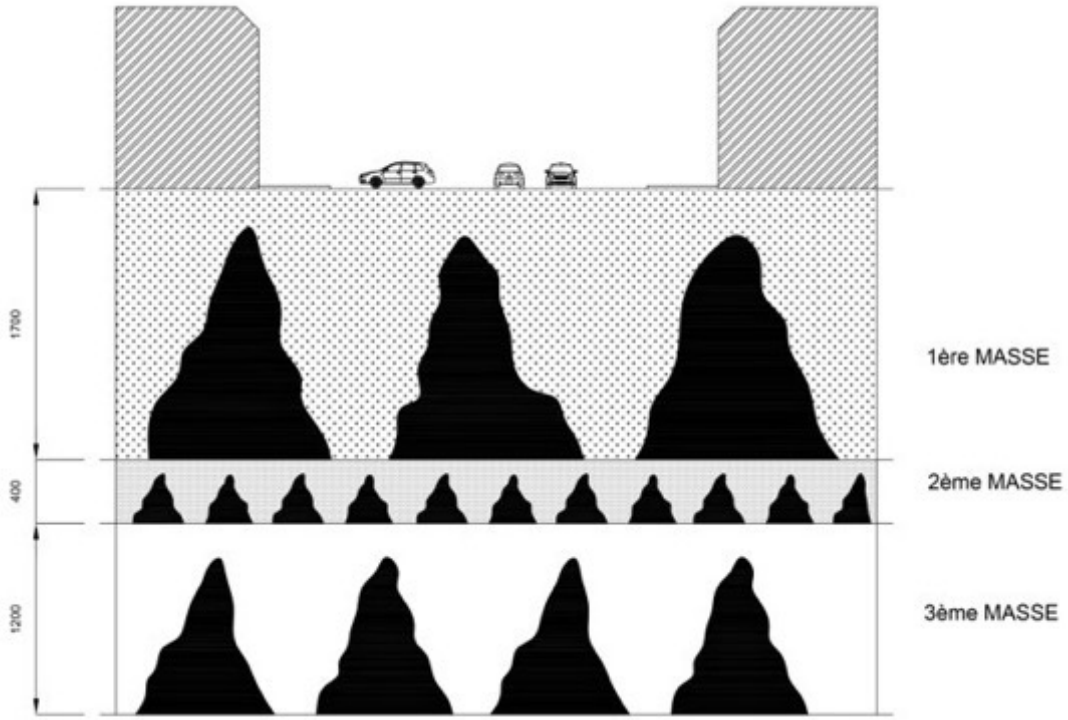


Figure 23 : Coupe schématique des trois niveaux de carrières de Montmartre

Source: Auteur 2021

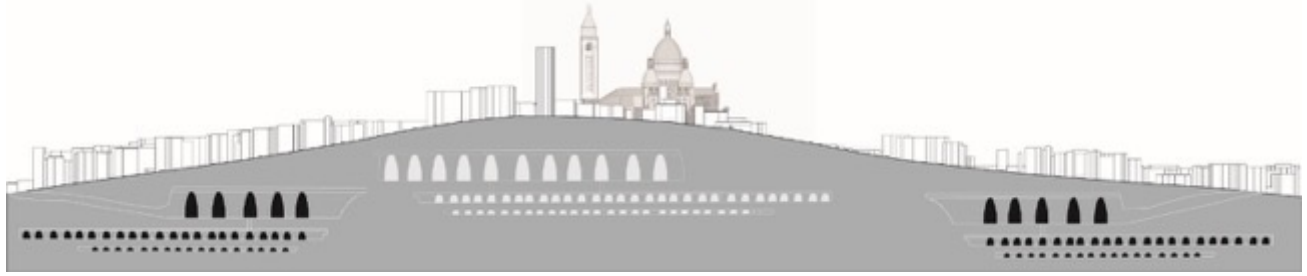


Figure 22 : Coupe schématique des carrières de Montmartre

Source: Auteur 2021

Couches composant les carrières de la butte :

→ 1ère masse: Pierre

→ 2ème masse: platre

→ 3ème masse: Gypse

Le réseau d'eau non potable de Montmartre est alimenté par l'usine de traitement de la Villette qui puise son eau du canal de l'Ourq, puis fait un chemin d'environ 5 km jusqu'à l'usine de Saint Pierre d'où elle est pompée pour atteindre le réservoir et chateaau d'eau en haut de la butte. Nous proposons une alternative complementaire à ce schéma pour réduire la quantité d'eau non potable importée de la Villette, par une source locale, basée sur la récuperation des eaux de pluies et leur traitement en haut de la butte afin de les redistribuer de façon gravitaire.

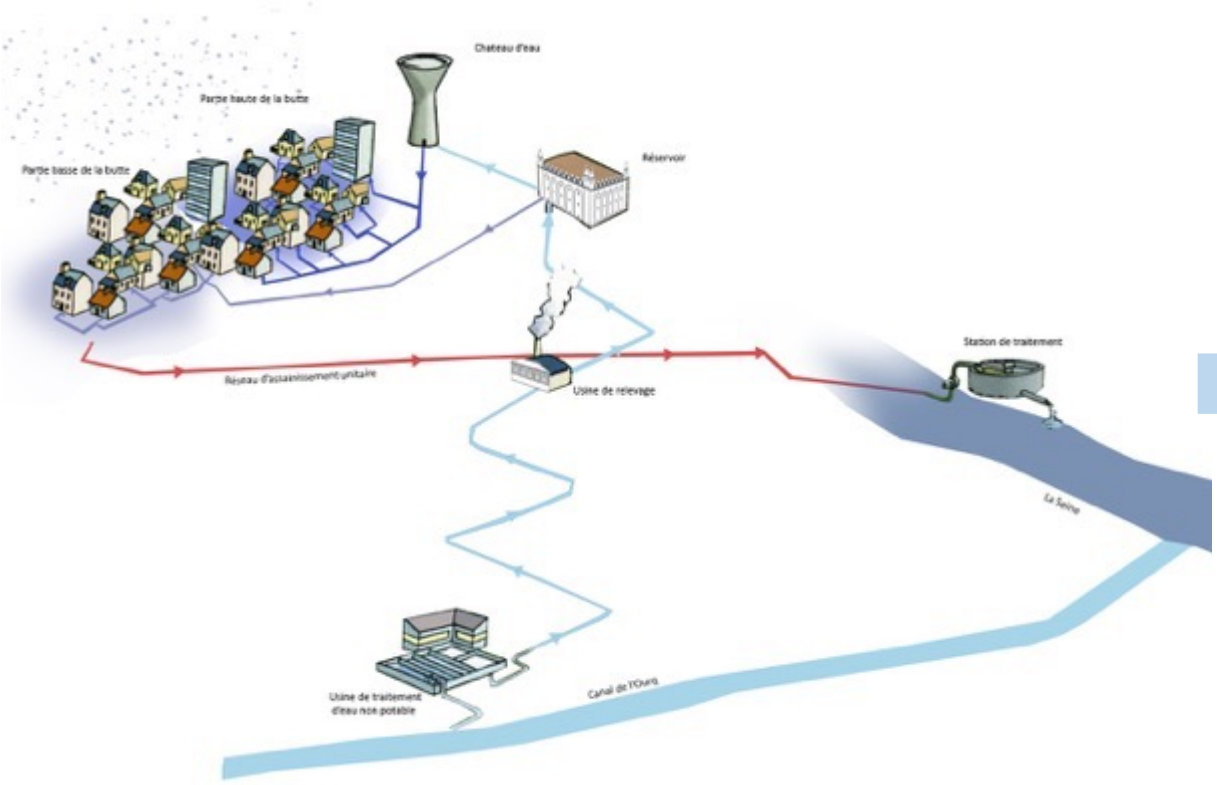


Figure 24 : Schéma du circuit de l'eau actuel de Montmartre

Source: Auteur 2021

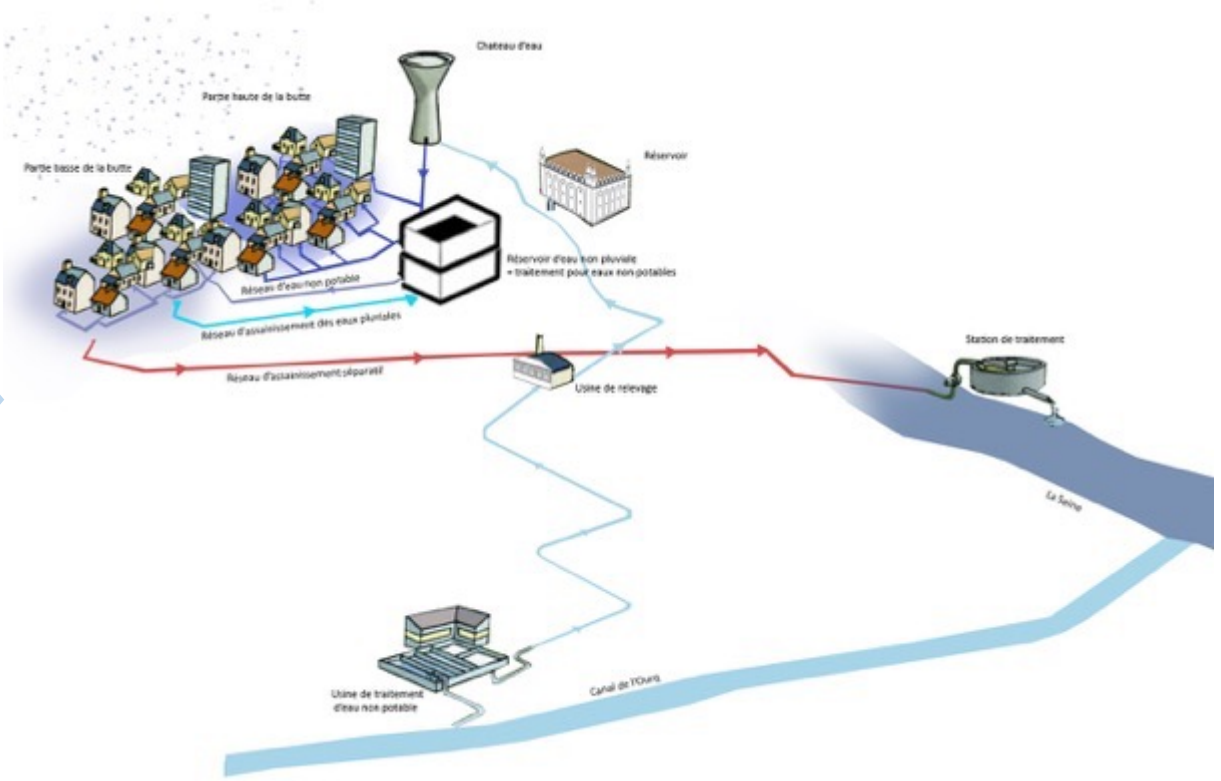


Figure 25 : Schéma proposé du nouveau circuit de l'eau actuel de Montmartre

Source: Auteur 2021

Les activités du site

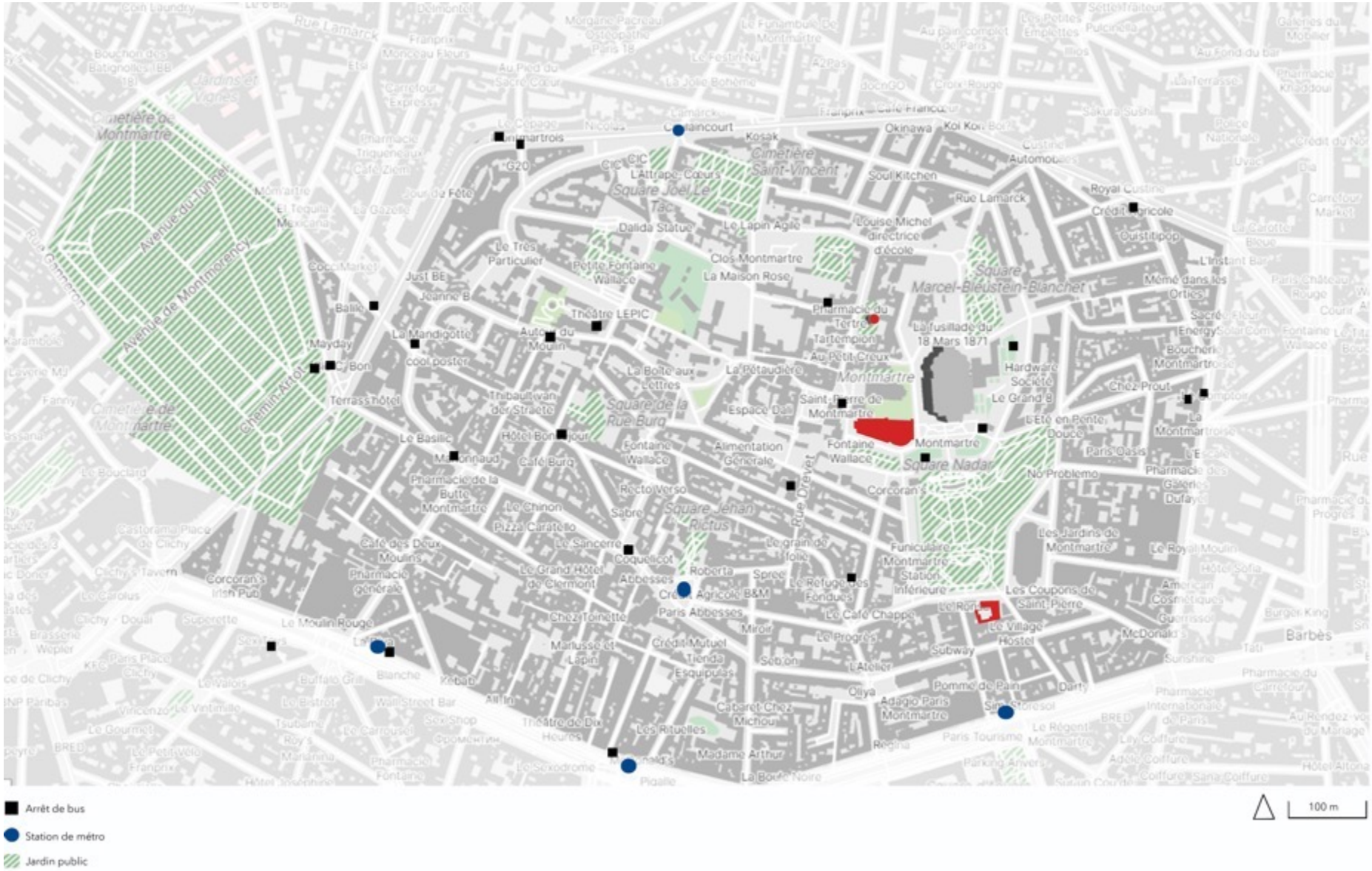


Figure 26 : Carte des activités du quartier Montmartre

Source: Auteur 2021

2.5. Spécification de la problématique

Nous avons porté un regard précis sur le cas de Montmartre afin de comprendre le fonctionnement de son réseau hydraulique. Nous avons vu que la topographie particulière du site joue un rôle dans l'organisation de ses infrastructures. D'une manière générale nous pouvons dire que la butte est un espace saturé par des activités diverses qui composent un urbanisme complexe. Cela nous a mené à questionner notre approche d'intervention, nous pensons que chaque projet doit prendre en considération les spécificités de son site, et doit savoir répondre aux contraintes qu'impose ce dernier tout en apportant du bénéfice à la ville. L'objectif premier du projet est d'apporté une amélioration au réseau hydraulique existant de Montmartre c'est à dire priviligier un approvisionnement en eau plus efficient sur toute la butte tout en respectant la morphologie du site.

Comment tirer profit des particularités du site de Montmartre pour réduire la consommation d'énergie de son circuit d'eau actuel ?

Quels nouveaux liens entre le bâti et le circuit de l'eau à l'avenir ?

3. Un nouveau schéma pour le cycle de l'eau à Montmartre

3.1. Hypothèses de projet

L'augmentation de la capacité de stockage de l'eau au sein de la Butte Montmartre s'envisage comme une solution pour réduire l'énergie dépensée lors de son approvisionnement en eau depuis la région parisienne. Effectivement, la présence de nouveaux réservoirs permettrait de faire face à l'accroissement des besoins pour l'activité humaine et de garantir l'alimentation en eau de toute la Butte. Utiliser les carrières de Montmartre comme de nouveaux espaces de réservoir s'envisage comme une solution. L'espace souterrain des carrières représente un véritable potentiel d'aménagement, ce choix d'échelle d'intervention participerait à répondre au problème de densification du quartier.

Objectifs :

- Apporter de nouvelles infrastructures : 3 réservoirs souterrains
- Réemploie un site existant historique : Les carrières de Montmartre
- Proposer de nouveaux usages pour redynamiser le site en le connectant à la surface
- Augmenter les capacités en eaux de la Butte
- Baisser la dépense énergétique lié au pompage des eaux
- Envisager une alternative adaptable à d'autres lieux

3.2. Création d’un nouveau circuit

Afin de mettre en place notre nouveau circuit, nous avons délimité trois zones de carrières que nous exploiterons.

Ce choix s'est basé principalement sur la localisation topographique de ces dernières (nous avons choisi les carrières situées dans la partie la plus haute de la butte afin de pouvoir bénéficier au maximum d'une distribution gravitaire de l'eau), et en second lieu par rapport au potentiel d'accessibilité des carrières.

Figure 27 : carte de localisation des carrières utilisées pour le nouveau circuit d'eau

Source: Auteur 2021, basé sur https://bibliotheques-specialisees.paris.fr/ark:/73873/pf0000855431

Notre vision de projet comprenait au départ l'alimentation en eau potable et non potable, mais après des recherches et une meilleure appréhension des processus de traitement des eaux pluviales pour les rendre potables, nous avons jugé que la faisabilité de ce processus sur place reste compliquée et dépasse notre champ de compétences. Nous avons donc décidé de nous concentrer sur l'eau non potable qui nécessite des processus de traitement plus simples pouvant prendre lieu dans les carrières.

Le nouveau circuit suivra l'existant, en gardant toujours deux zones, une haute alimentée principalement par le château d'eau et complémentée par les nouveaux réservoirs, la seconde qui est la plus basse sera alimentée exclusivement par les réservoirs des carrières, et potentiellement étendue au-delà de la butte de Montmartre. (Voir Figure)

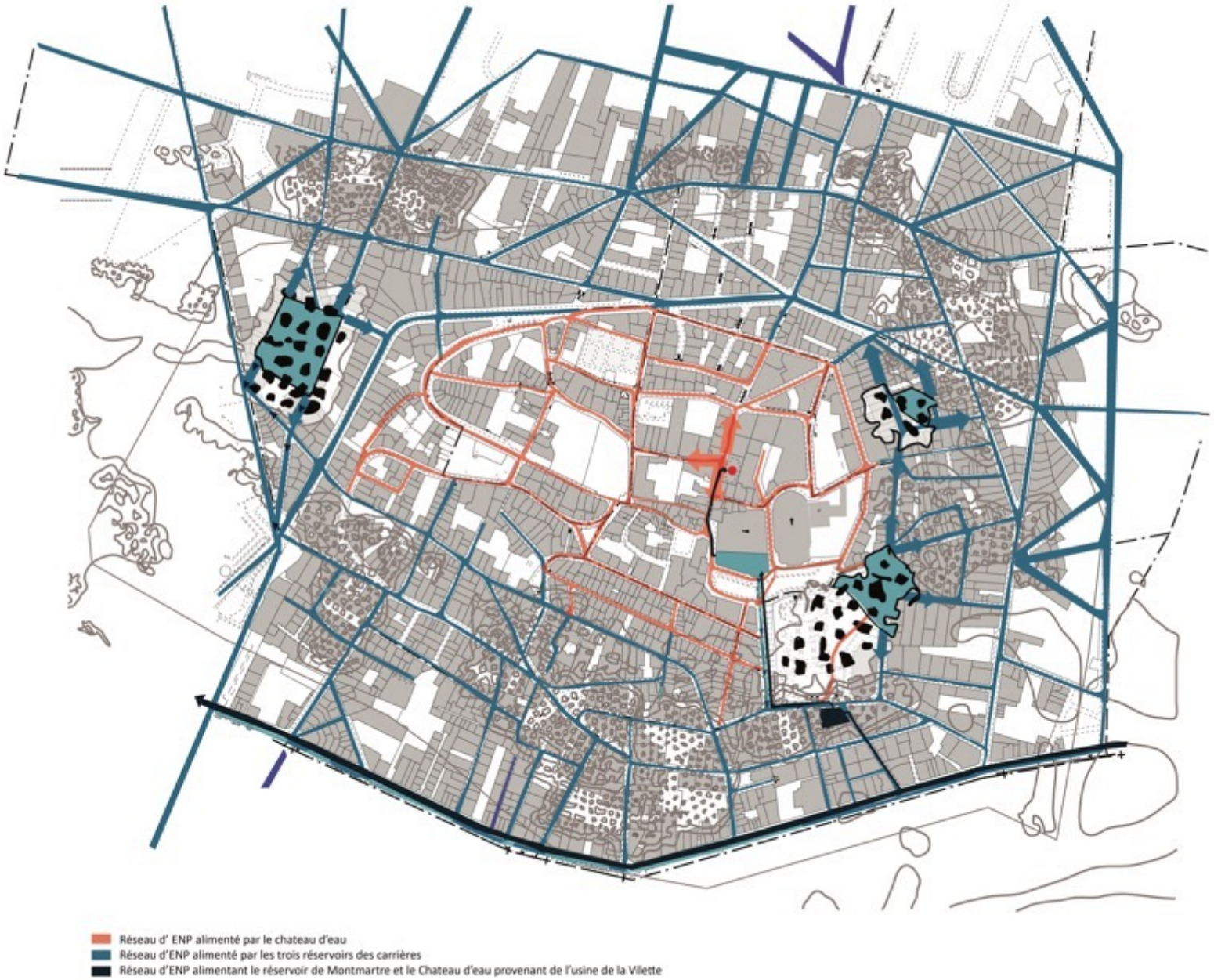


Figure 28 : carte du nouveau circuit d'eau non potable de Montmartre

Source: Auteur 2021

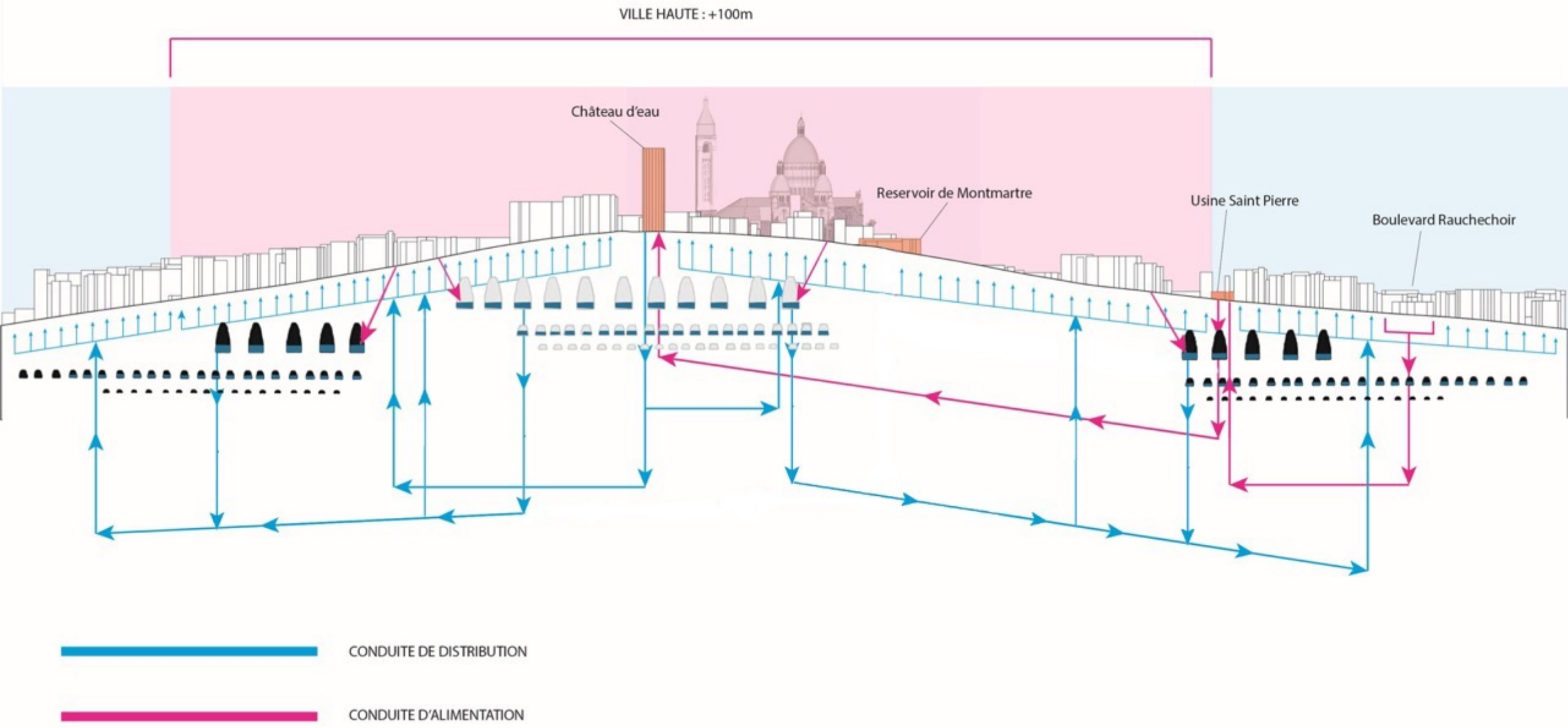


Figure 29 : coupe schématique du nouveau circuit d'eau non potable de Montmartre

Source: Auteur 2021

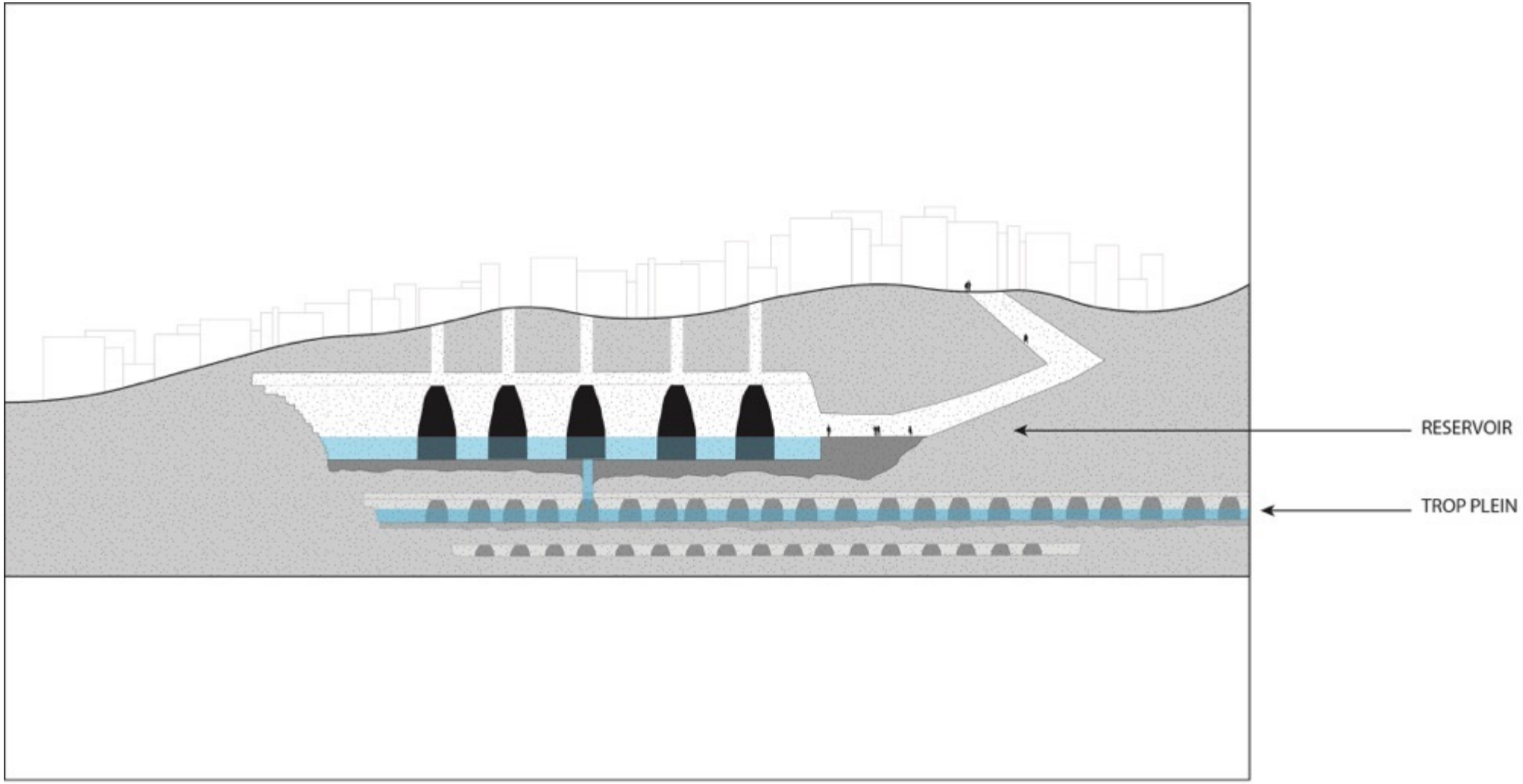
3.2. Création d’un nouveau circuit : Approche diagrammatique

Pour pouvoir utiliser les carrières comme réservoirs, il faut arriver à comprendre leur morphologie. Trouver des solutions et des techniques qui permettent de les utiliser comme objet central du projet. Le fait de leur donner une fonction dans le nouveau circuit de l'eau ouvre le champ des possibilités et donne envie de pousser le questionnement un peu plus loin. Ajouter de nouveaux usages à celui de réservoir permettrait de donner une importance supérieure aux différents espaces mais également de les hiérarchiser en fonction du besoin. Il n'est pas nécessaire d'occuper l'ensemble des carrières pour y implanter un réservoir. Une partie maitrisée est suffisante. Il a donc fallu penser aux moyens à notre disposition pour transformer le reste des espaces afin d'y accueillir des usages variés qui puisse évoluer dans un espace aussi spécifique. En effet, les carrières de Montmartre se décomposent en plusieurs points et plusieurs spécificités qui rendent complexe sont utilisation. (Diagramme 1 et 2) Une partie supérieure qui représente la partie principale des carrières, une seconde partie moins utilisée dans l'exploitation des carrières et donc plus petite, et une troisième partie encore plus petite. Cette hiérarchisation offerte par la forme des carrières nous a aidé dans notre volonté de séquencer l'espace sur l'ensemble des plans de notre projet :

- La partie technique : Circuit de l'eau (réservoir / traitement)
- La partie touristique : Visite et Loisirs (piscine)
- La partie production : Culture de Champignons

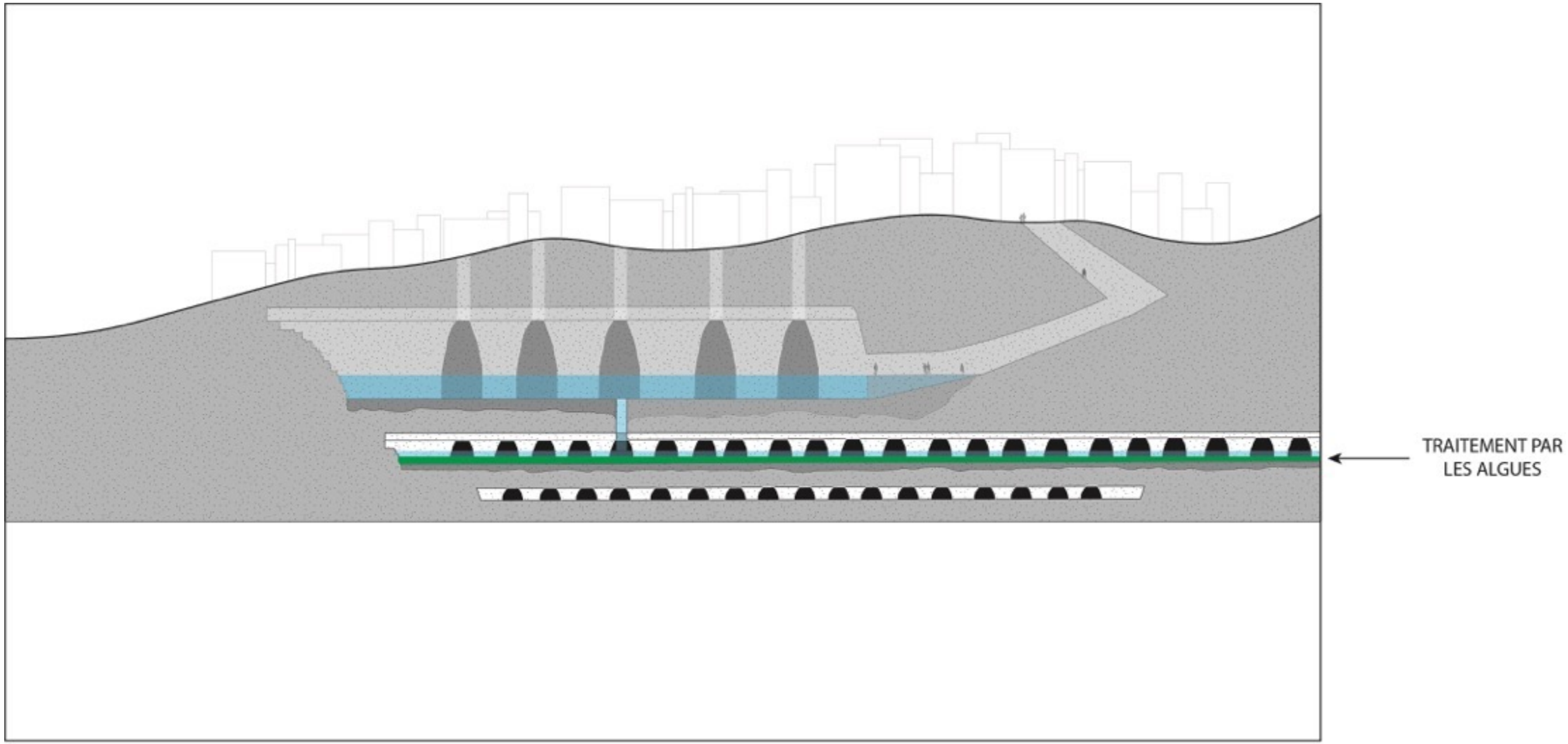
Chaque élément qui constitue le projet vient s'uploader dans les cavités existantes. La partie supérieure qui est la plus représentative de l'idée à véhiculée est donc utilisée comme réservoir et l'ensemble des pratiques ouvertes au public. La partie inférieure regroupe les aspects techniques du projet comme la culture des algues pour le traitement de l'eau mais également des salles qui répondent à un besoin de trop plein en cas de crue. Cette nouvelle disposition fonctionne comme un ensemble, un Circuit dans un circuit et permet de générer de nouveaux flux (humain et énergétique) Chaque carrière fonctionne sous la forme d'un circuit autonome et se rejoignent au travers des infrastructures existantes comme le château d'eau ou l'usine de la Villette.

3.3. De nouveaux usages pour revaloriser l'existant historique : nouveau circuit



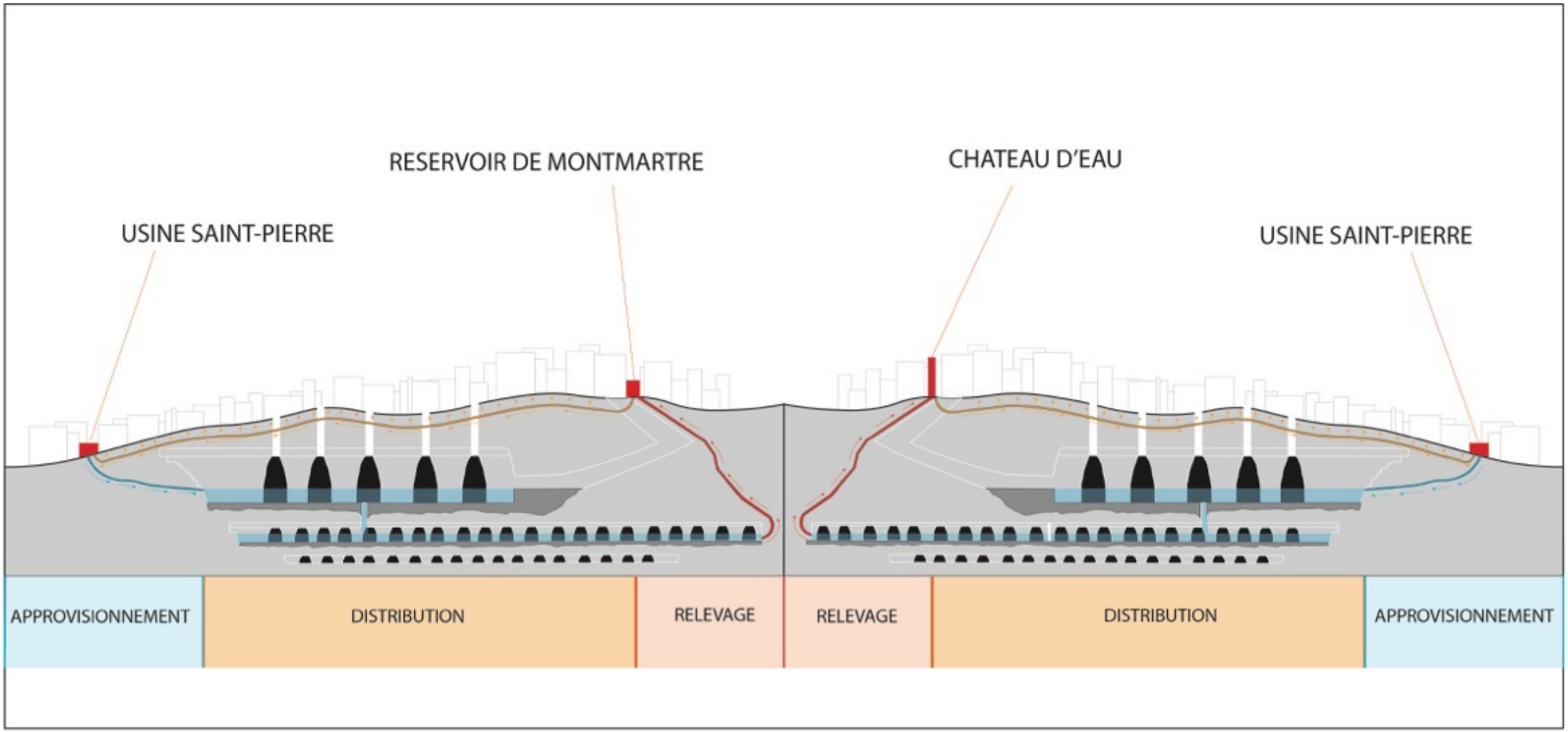
UTILISER LES CARRIERES COMME RESERVOIR POUR LA BUTTE DE MONTMARTRE

Source: Auteur 2021



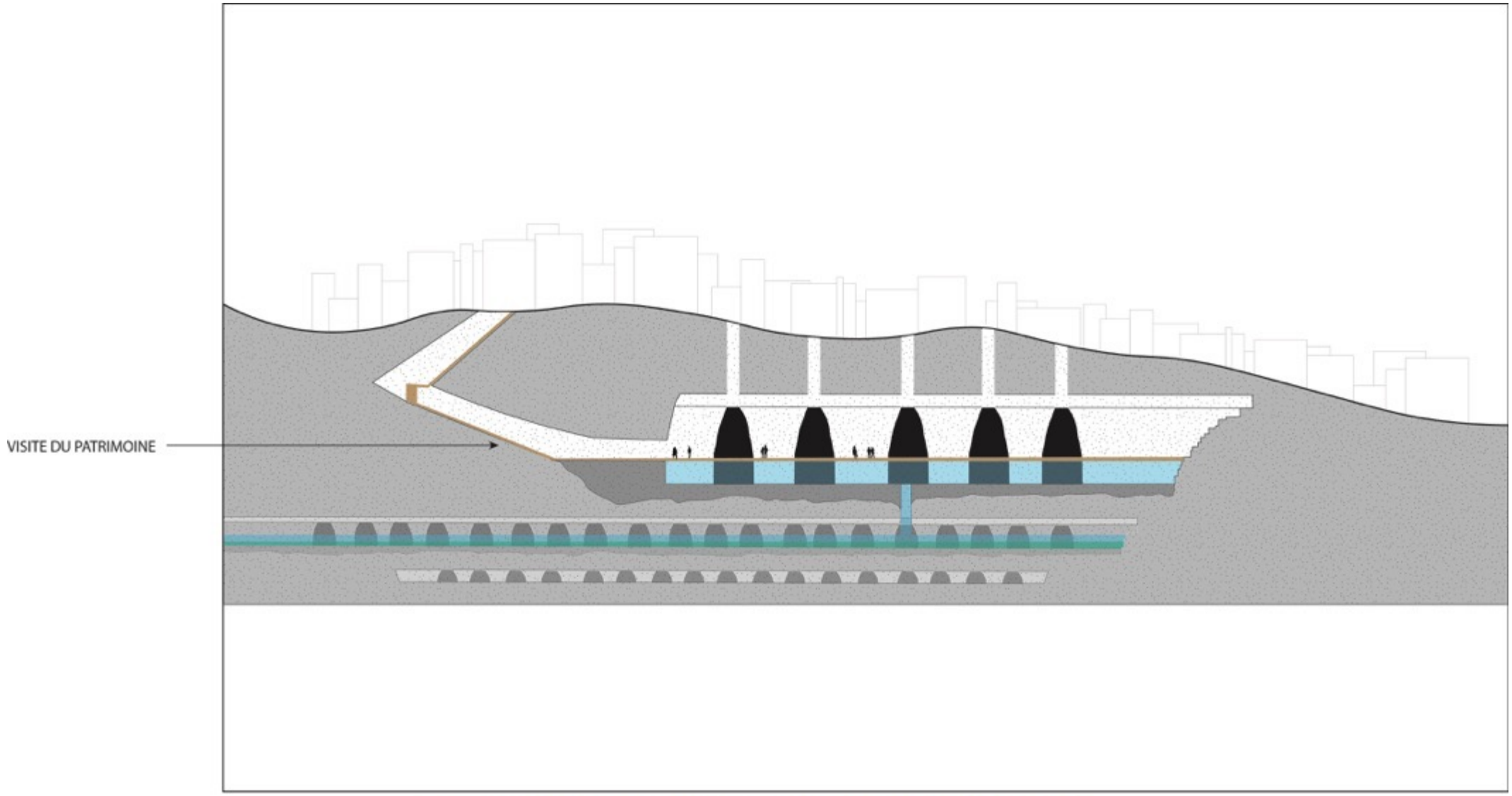
UTILISER LE SECOND NIVEAU DES CARRIERES COMME ESPACE DE TRAITEMENT DES EAUX AVEC DES ALGUES

Source: Auteur 2021



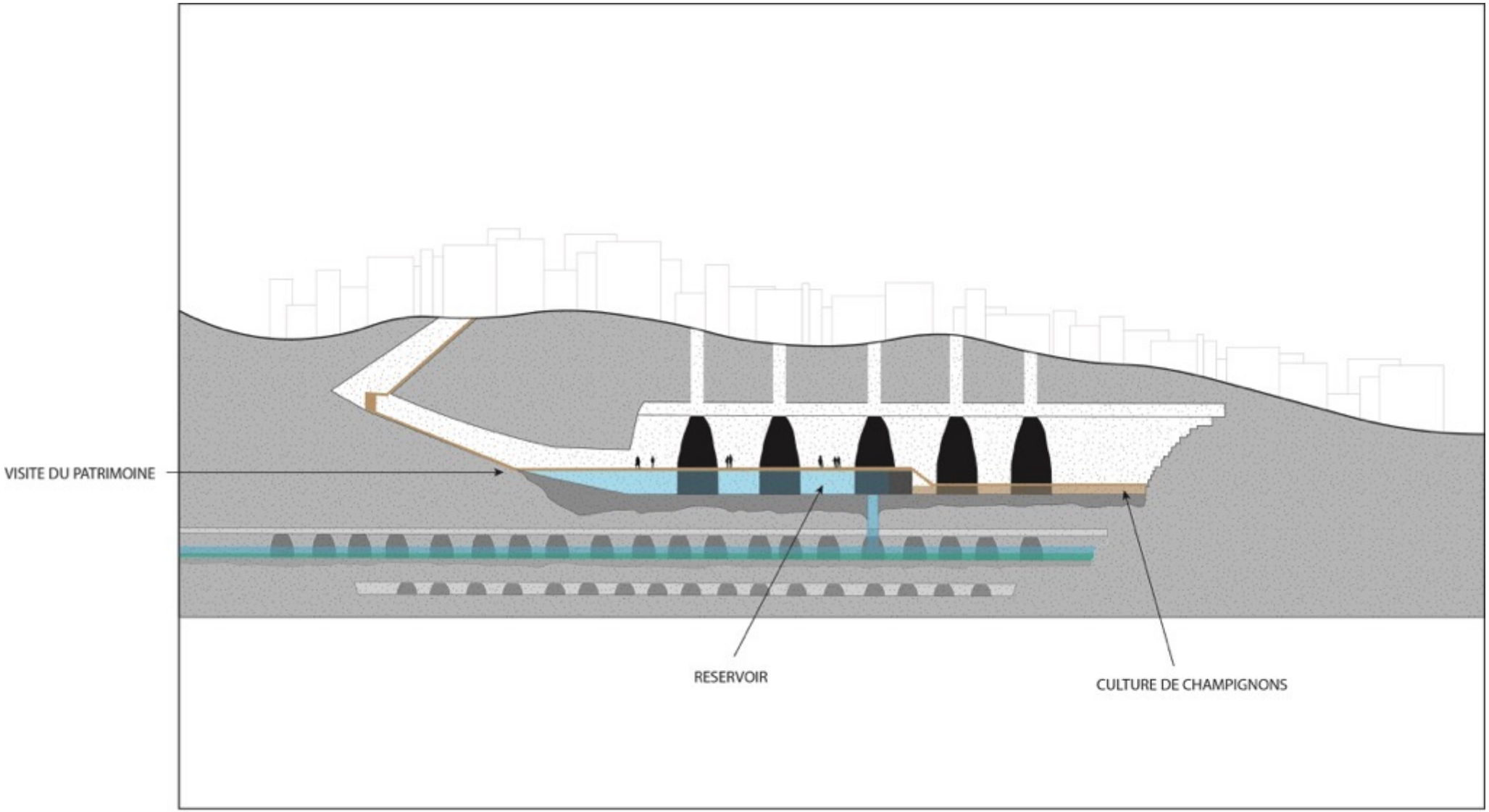
RECUPERATION DANS LES CANALISATIONS DES EAUX TRAITE DANS LES CARRIERES ET REDIS-TRIBUTION DANS LES HABITATIONS ET LES ESPACES PUBLICS

Source: Auteur 2021



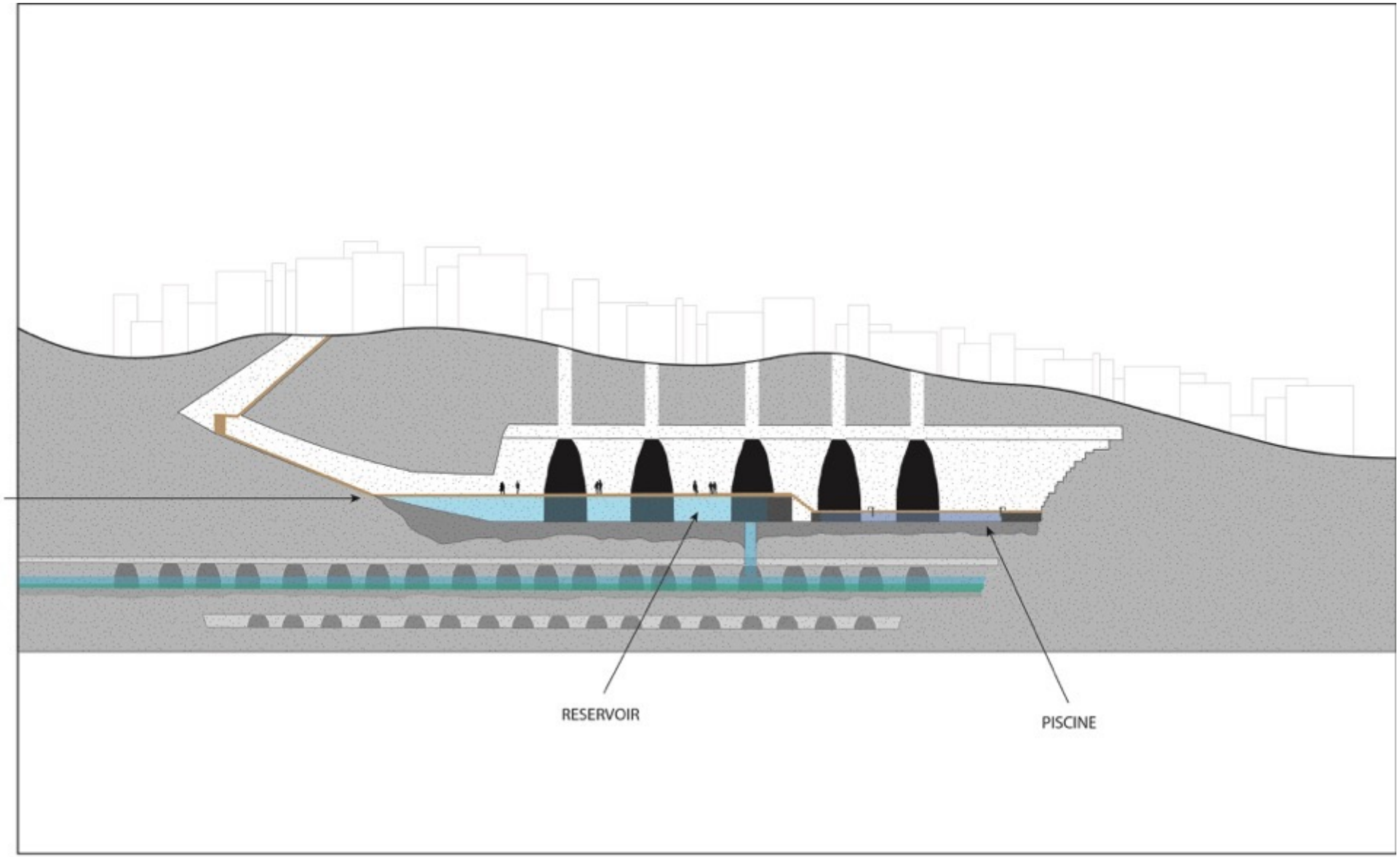
REDYNAMISER LES CARRIERES EN Y INCLUANT UN ASPECT TOURISTIQUES

Source: Auteur 2021



ASSOCIER LES USAGES AFINS DE RENDRE SPECIFIQUE LES ESPACES

Source: Auteur 2021



ASSOCIER LES USAGES AFINS DE RENDRE SPECIFIQUE LES ESPACES

Source: Auteur 2021

3.4. Renforcement de la structure

Au fur et à mesure que nous avons recherché les endroits optimums pour chacun des nouveaux usages, des problématiques au niveau architecturales et structurelles sont apparues. Les carrières sous-terraines ne sont pas très propices à une vie autre que mécanique et technique. Pourtant elles sont de plus en plus utilisées pour répondre à une nécessité de place et ainsi ne pas accélérer la densification urbaine. Des projets comme ceux du Grand Paris avec la volonté de recréer une voie de métro dans les anciennes carrières à amener à une interrogation globale pour savoir comment faire. Cela pousse les concepteurs à s'intéresser à de nouvelles techniques pour utiliser les espaces disponibles dans les souterrains. Pour le cas de la Butte Montmartre, la difficulté réside dans la composition des souterrains qui sont fragiles et friables.

Pour répondre à ce questionnement, nous avons imaginé des solutions qui permettrait de renforcer la structure existante et ainsi éviter des cas d'éboulement ou d'effondrements qui impacteraient la surface comme celui du 1er Juin 1961 sur les carrières de Clamart. Dans le cas de figure présent, ce qui pourrait fragiliser la structure des carrières se trouve dans son exposition à l'eau. Les matières qui constituent les carrières de Montmartre ne sont pas résistante à l'eau.

Des hypothèses de consolidations de l'existant on était mise en place. La première serait d'avoir recours à des injections de béton dans les carrières pour stabiliser la liaison sol / colonnes et par la même occasion créer un sol maitrisé dans la forme et permettant de créer une possibilité de déambulation dans les espaces. La problématique s'étend donc aux parois des colonnes qui souffre de l'humidité. Pour cela, nous avons pensé à une couverture en polymère transparente. Le fait d'utiliser du polymère permet de modeler la forme en fonction de la surface d'apposition. Cette couverture artificielle se placerait sur toute la hauteur et permettrait de conduire l'humidité vers un endroit précis en haut des cavités. Cette enveloppe serait complétée par des filets sur les plafonds pour résoudre le problème des chutes de pierre pouvant apparaitre au fait de la composition du site.

La combinaison de ces trois éléments est complétée par un renforcement technique de la structure. Un renforcement qui consiste à implanter des tiges métaliques dans les paroies afin de les stabiliser et de les rendre plus résistante aux forces. Les paroies se transforment donc à l'image du béton armé et empêche toute mobilité de la structure.

Une fois avoir mis en place ces hypothèses dans le site, nous nous sommes intéressés à un autre point important de notre projet. La luminosité. En effet, réaliser un projet dans les carrières de Paris nous pousse à nous intérroger sur les sources de lumière naturelles et artificielles. L'hypothèse de réponse serait d'utiliser les espaces nécessaires à l'injection du béton pour créer des puits de jour qui amèneraient de la lumière naturelle vers les espaces. Cette lumière naturelle serait complétée par des installations de lumière artificielle disposées de façon harmonieuses dans les espaces. Ces installations pourraient évoluer en fonction des usages présents dans les espaces.

L'ensemble de ces installations, qu'elles soient structurelles ou d'ambiance permet de générer des espaces cohérent et sécuritaire en pensant à sauvegarder l'existant et ainsi pouvoir le présenter sous une forme respecteuse.

3.4. Renforcement de la structure

- Sol après intervention

- Sol de base

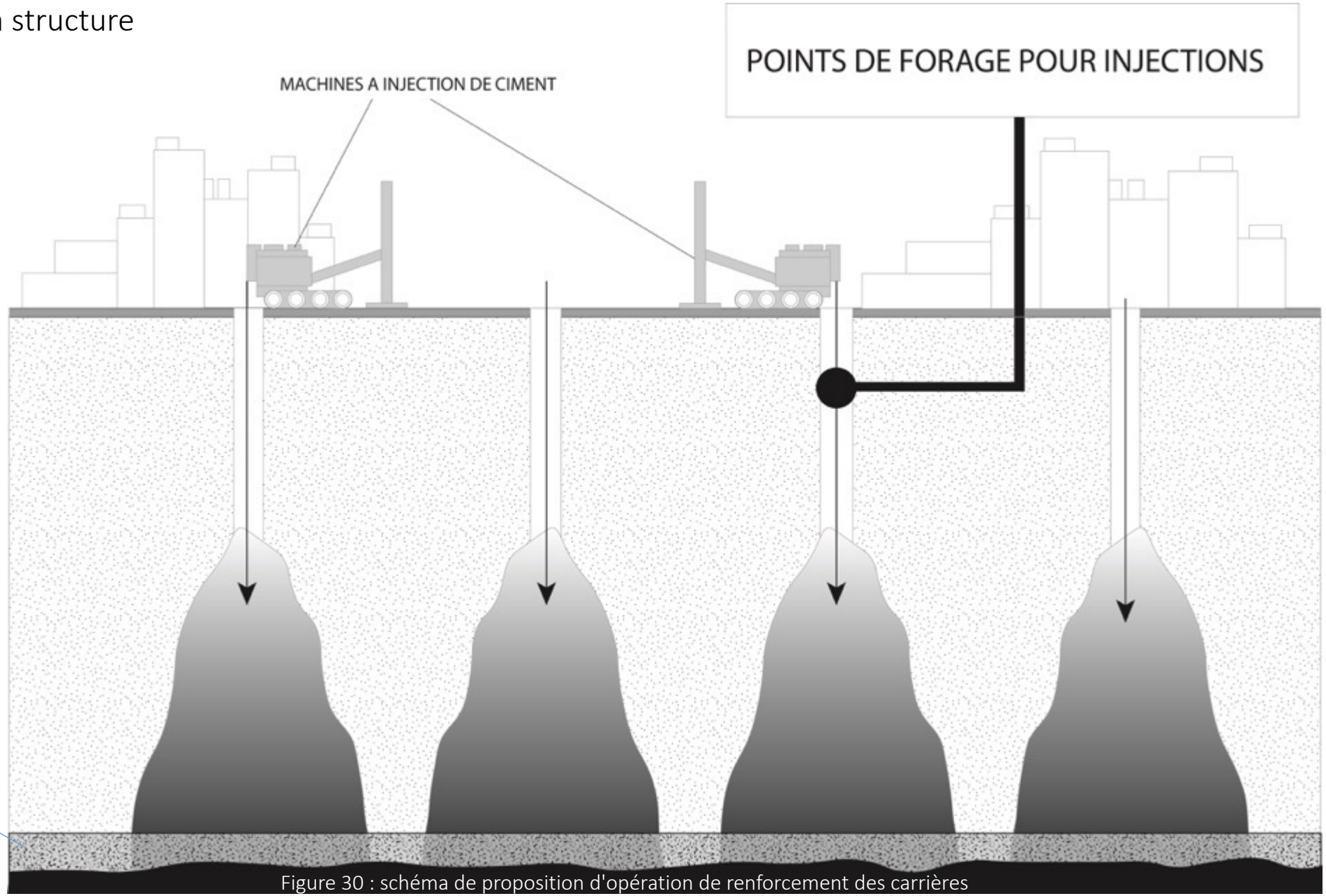


Figure 30 : schéma de proposition d'opération de renforcement des carrières

Source: Auteur 2021

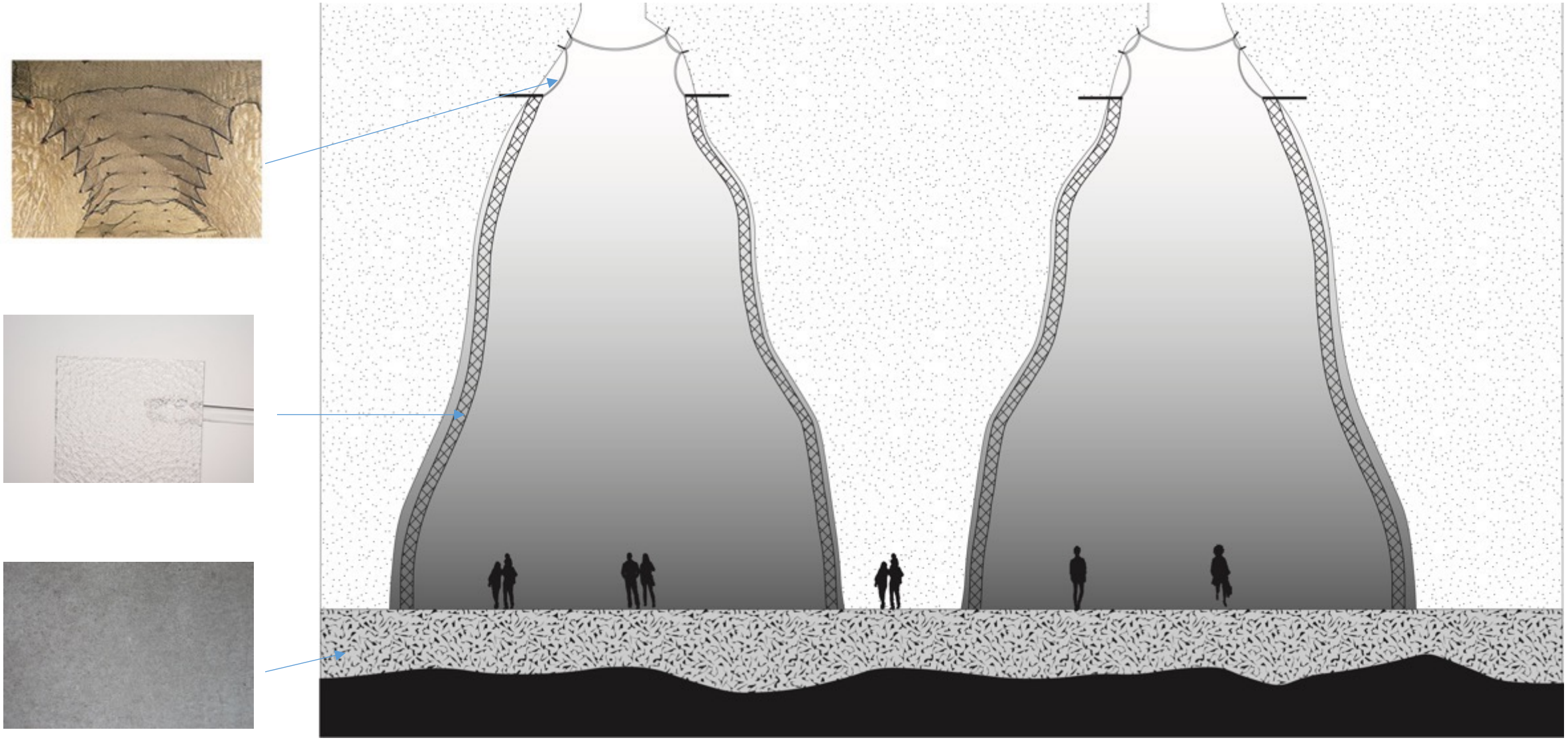
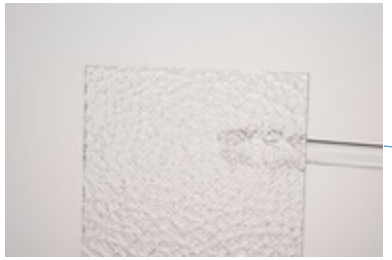


Figure 31 : schema de proposition d'opération de reinforcement des carrières

Source: Auteur 2021



Couche de béton projeté

Matériau étanche

Sol en béton

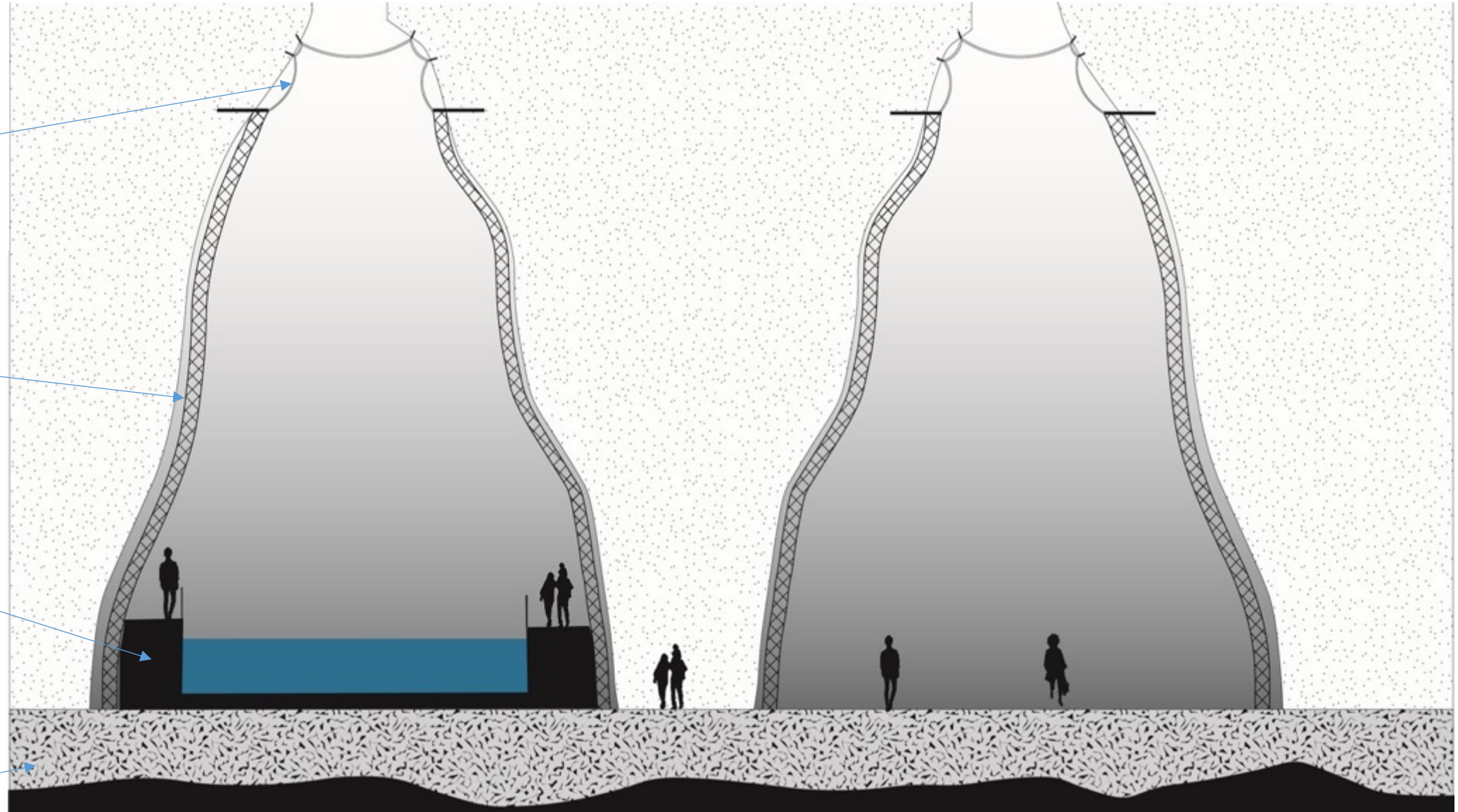


Figure : schéma de proposition d'opération de renforcement des carrières

Source: Auteur 2021

Hypothèse lumineuse

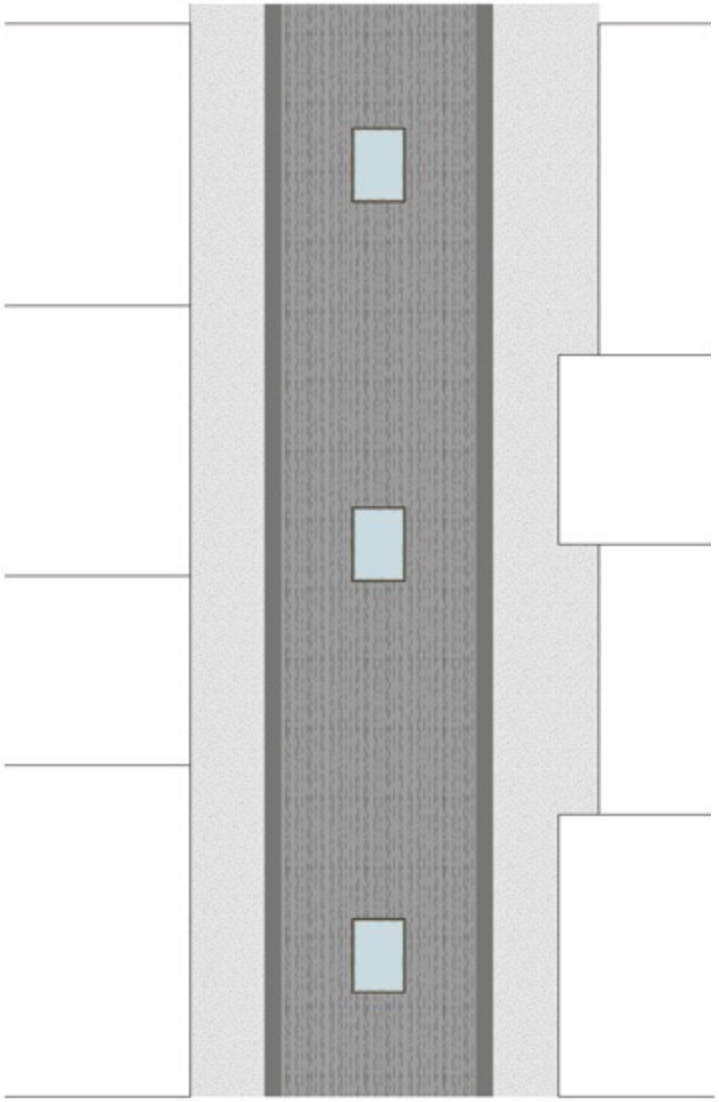


Figure 32 : Plan des puits de lumière naturelle sur la voie public

Source: Auteur 2021

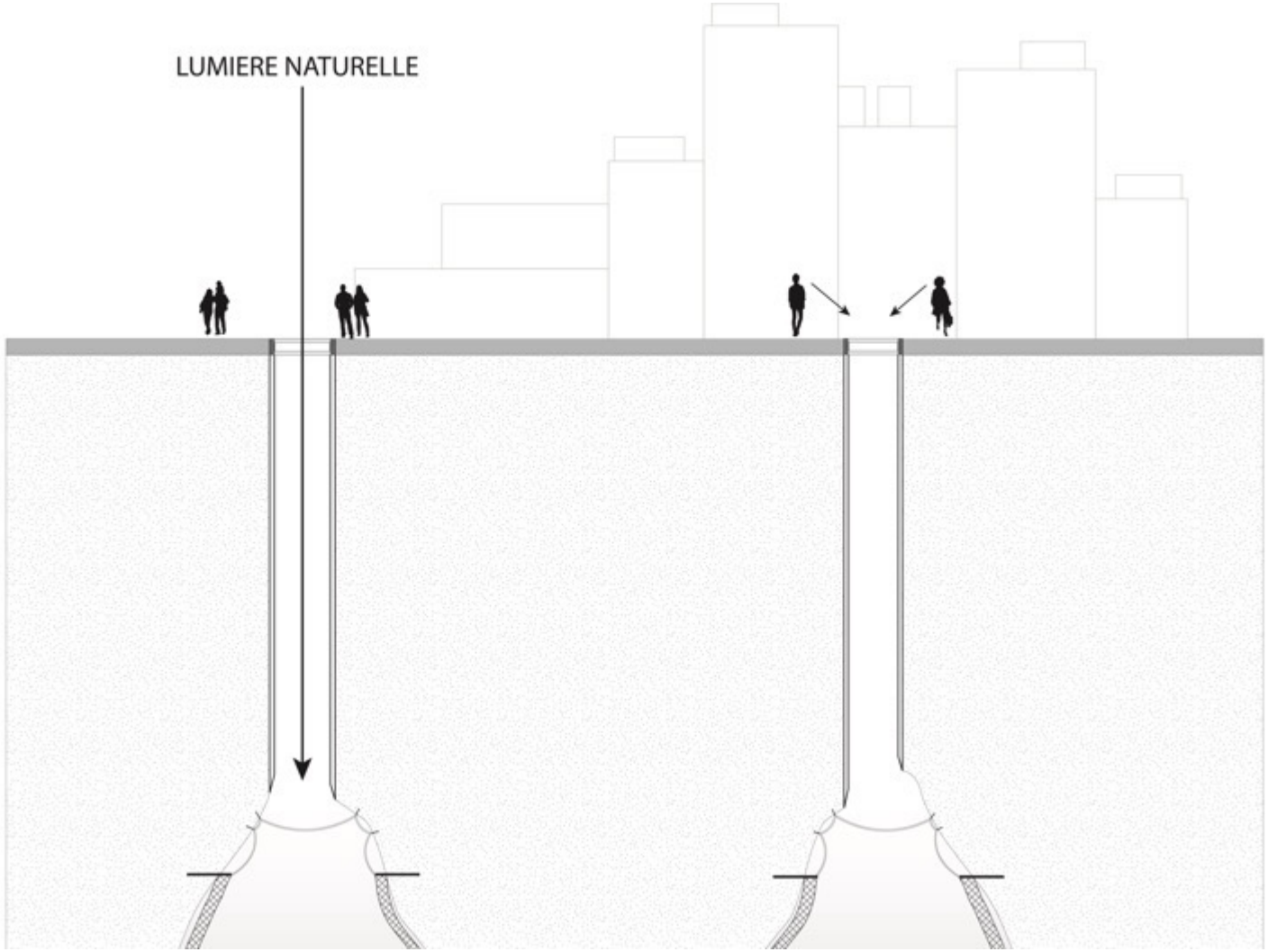


Figure 33 : coupe explicative du chemin lumineux

Source: Auteur 2021

3.4. Renforcement de la structure : Hypothèse lumineuse

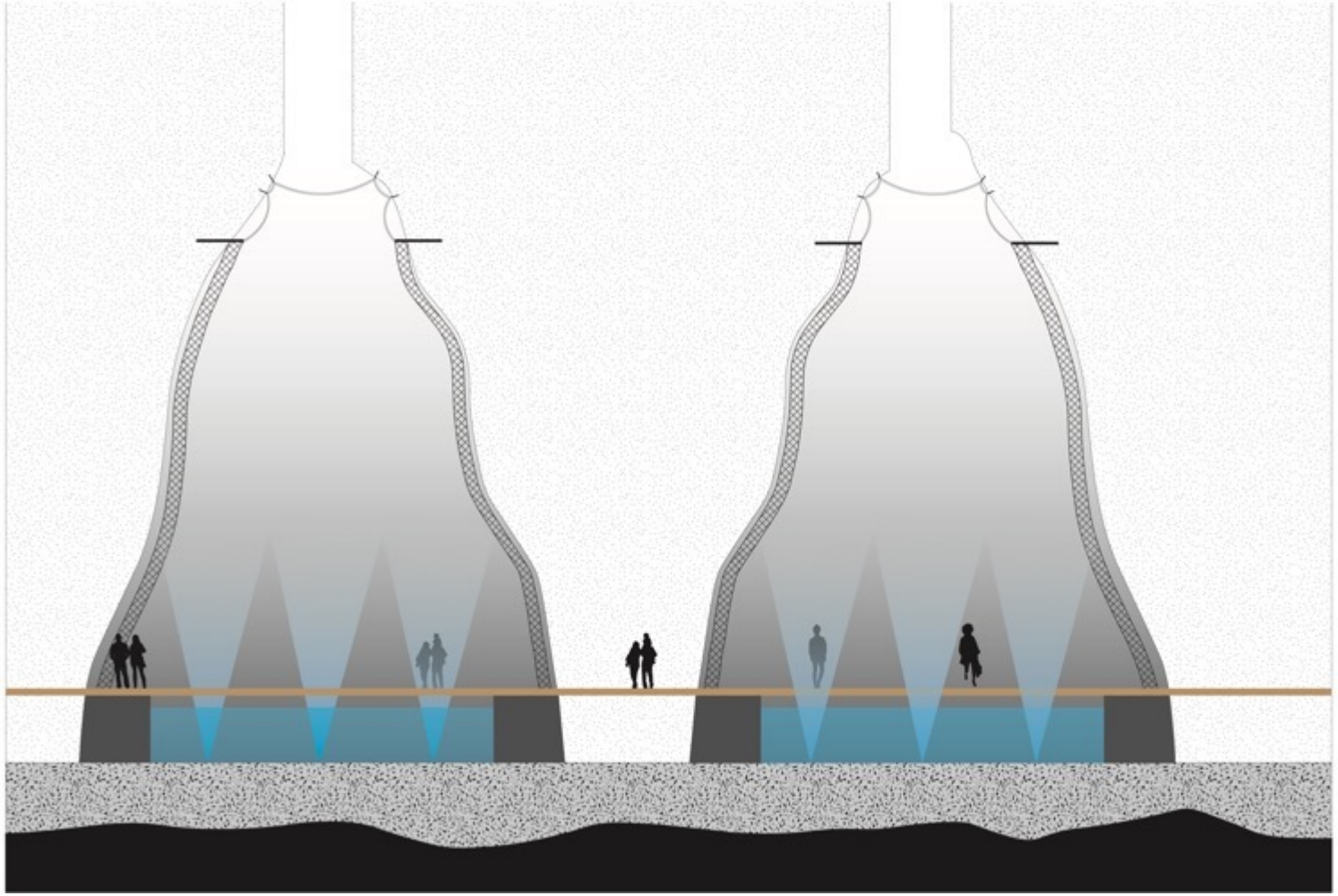


Figure 34 : Coupe des Carrières avec ambiances lumineuses

Source: Auteur 2021

Figure 35 : Photos des Carrières avec ambiances lumineuses

Source: Auteur 2021

3.5. Localisation et caractéristiques des nouveaux réservoirs

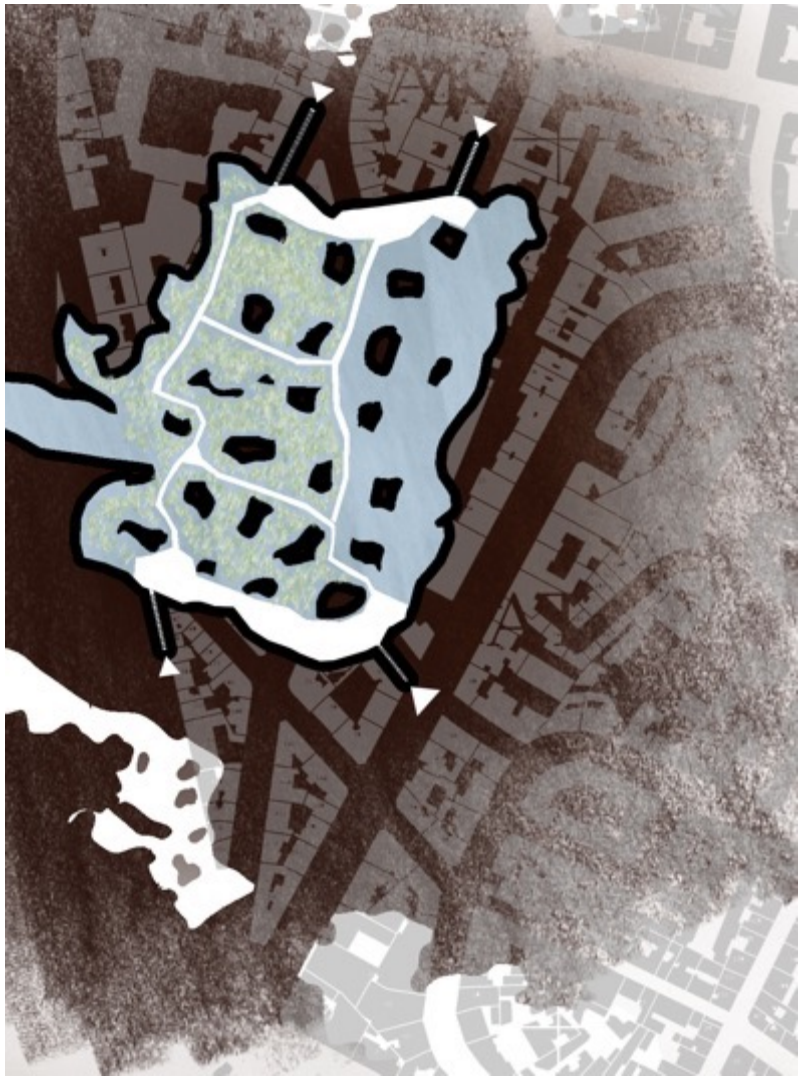


Figure 36 : Plan d'aménagement de la carrière du cimetière

Source: Auteur 2021

Carrière du cimetière : Réservoir et parcours historique

30 000 m²

58 000 m3

Cette partie des carrières comprend un réservoir de 29 000 m² sur deux niveaux, le premier est consacré en partie au traitement des eaux et à un parcours de visite historique et explorative des différents processus de traitements.

Services mutualisés: Services des carrières- eaux de Paris – Services patrimoniaux – tourisme – etc.

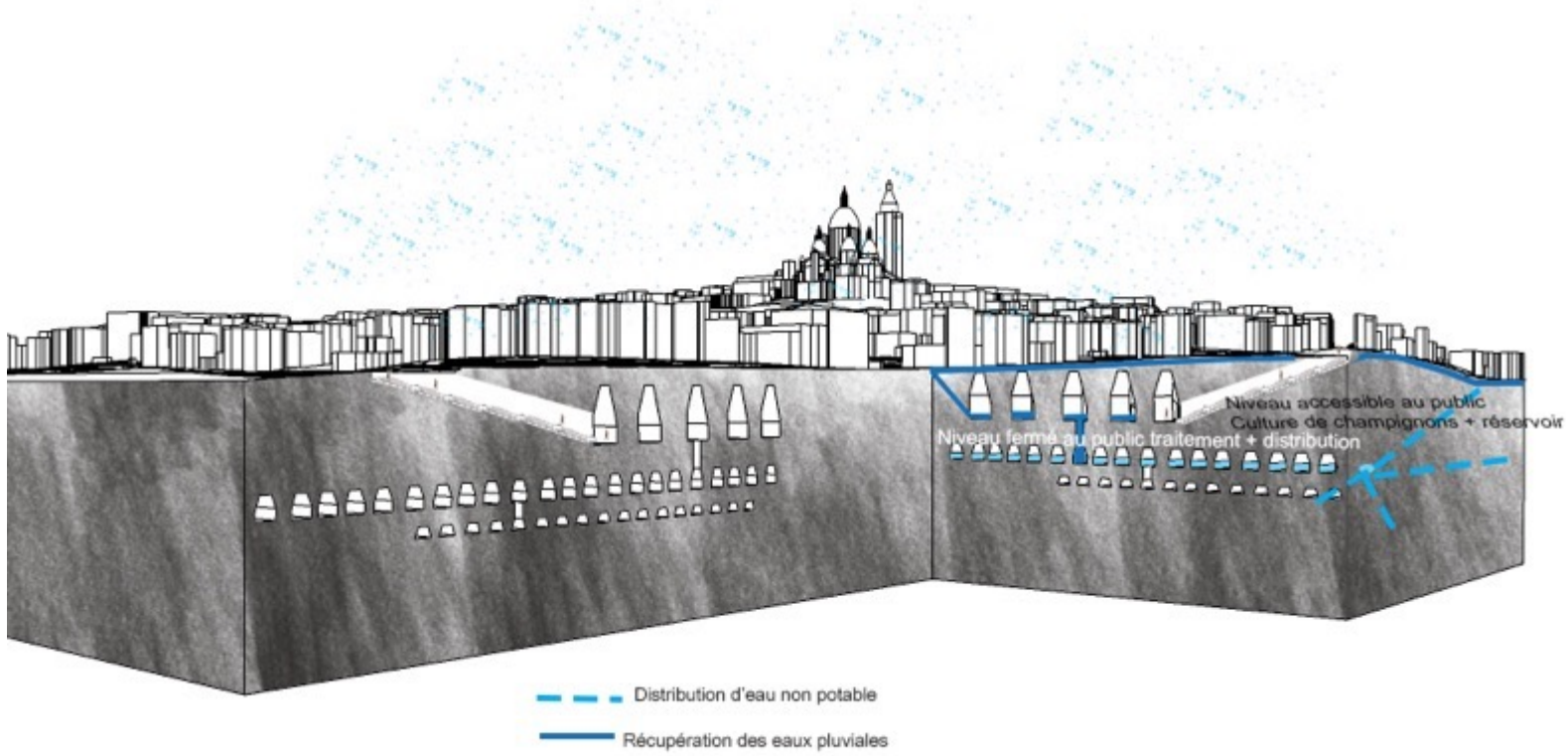


Figure 37 : coupe sur le fonctionnement hydraulique de la carrière

Source: Auteur 2021

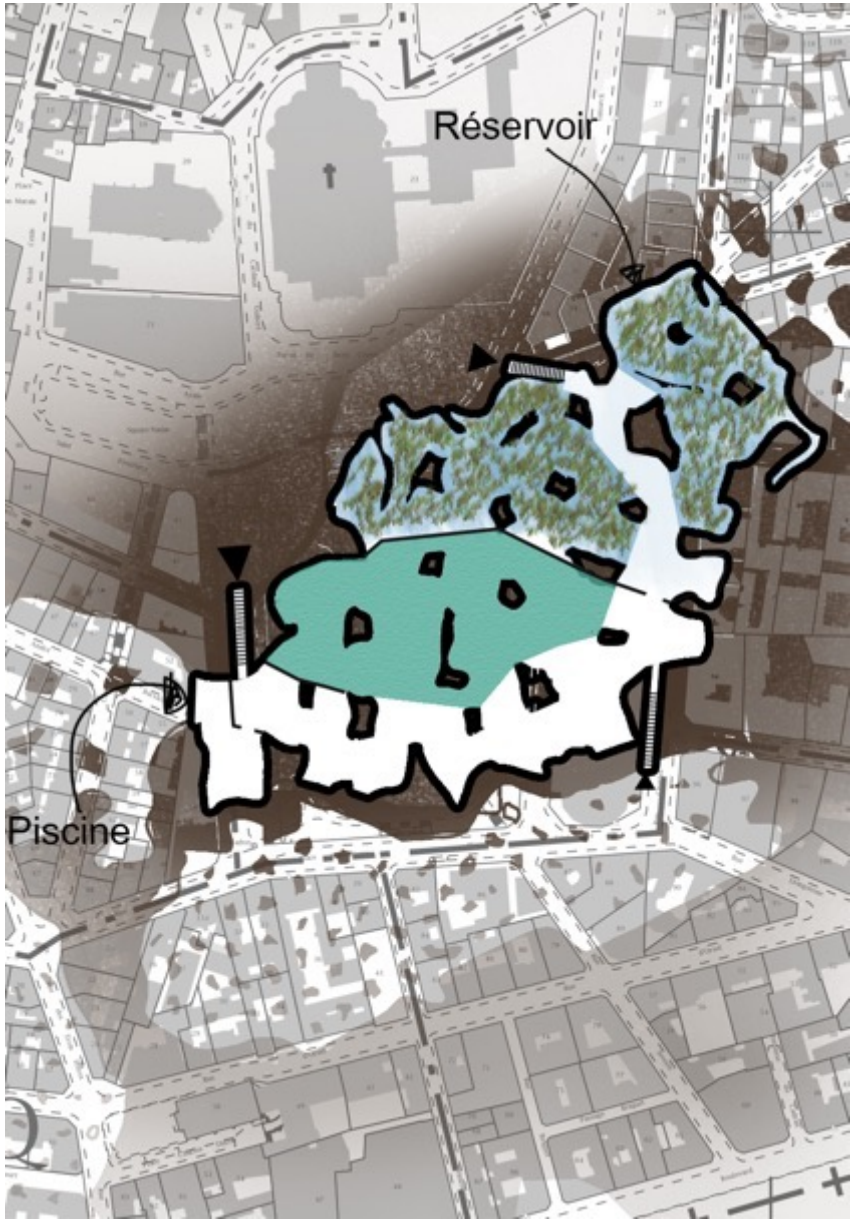


Figure 38 : Plan d'aménagement de la carrière du square Louise Michel
Source: Auteur 2021

Carrière du Square Louise Michel : Réservoir et piscine

22 000 m²

14 000 m3

Située sous le gymnase Saint Pierre et sous le Square Louise Michel cette partie des carrières comprend une piscine et un espace de traitement des eaux de 7 000 m² sur son premier niveau, ainsi qu'un réservoir de 7 000 m² sur son deuxième niveau inaccessible au public.

Services mutualisés: Services des carrières- eaux de Paris – Services patrimoniaux – services des sports et loisirs – etc.

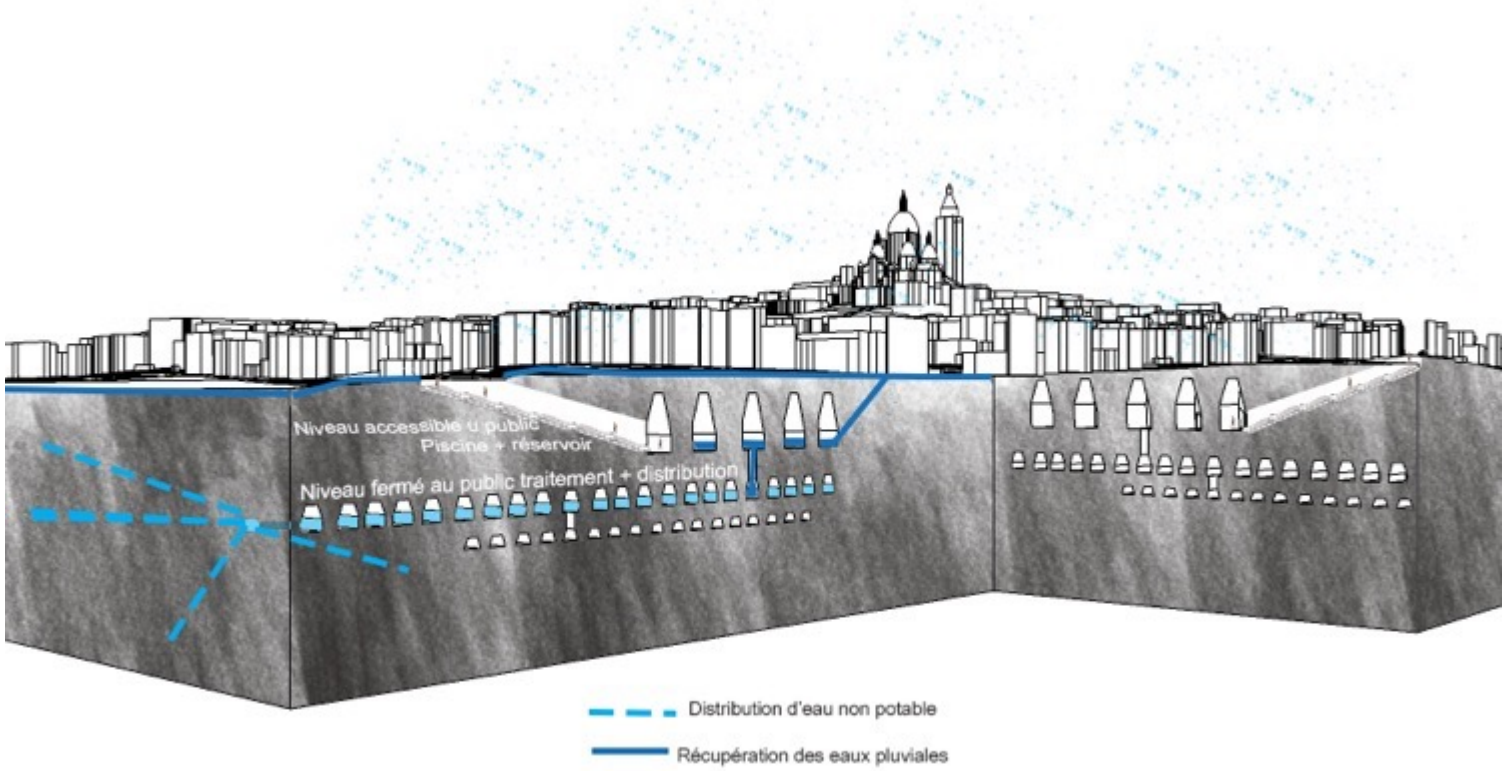


Figure 39: coupe sur le fonctionnement hydraulique de la carrière
Source: Auteur 2021

Carrière du Square Marcel Bleustein Blanchet : Réservoir et espace de culture de champignon

20 000 m²
27 000 m3

La troisième partie choisie est située sous le Square Marcel Bleustein Blanchet, toujours sur deux niveaux, elle comprend un réservoir de 13 500 m² sur les deux niveaux et une le reste du premier niveau est dédié à la culture de champignons. Cette dernière peut être exceptionnellement accessible au public pour des visites. La récolte bénéficiera aux restaurants et marchants locaux.

Services mutualisés: Services des carrières- eaux de Paris – Services patrimoniaux – services d'agriculture urbaine – etc.

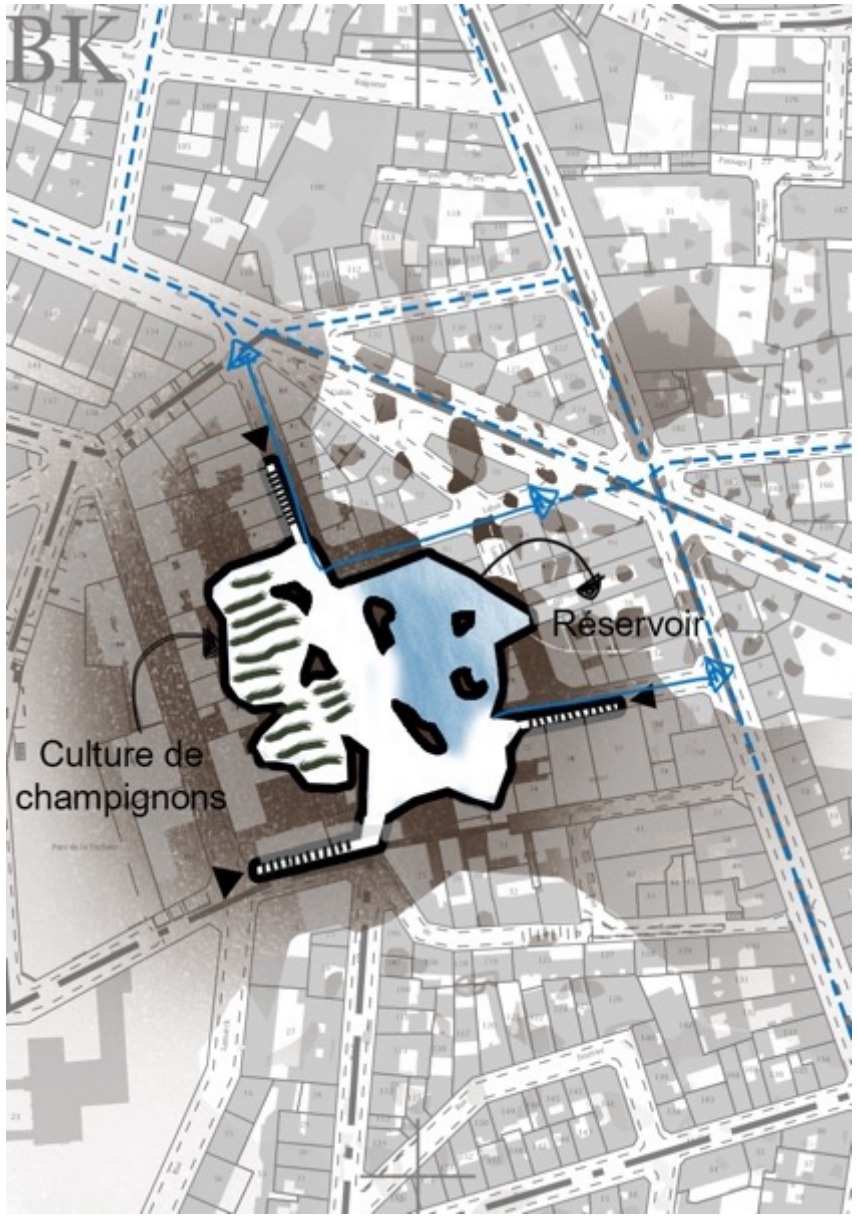


Figure 40 : Plan d'aménagement de la carrière du Square Marcel Bleustein Blanchet

Source: Auteur 2021

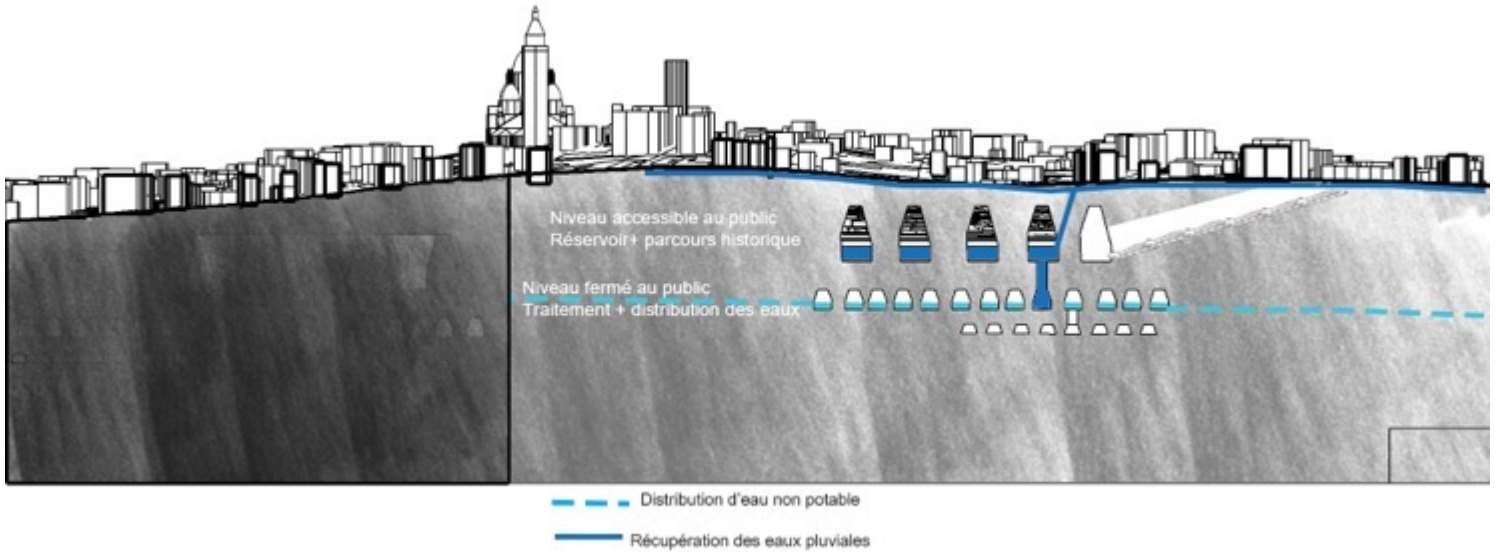


Figure 41 : coupe sur le fonctionnement hydraulique de la carrière

Source: Auteur 2021

3.6. Mise en cohérence du projet avec de nouveaux besoins

Tableau de la consommation en eau sur la Butte Montmartre :

	CONSO / JOUR	CONSO / MOIS	HABITANTS	CONSO / JOUR / HAB	CONSO / MOIS / HAB
EAU POTABLE	20 000 m^3	600 000 m^3		160 L	4800 L
EAU NON-POTABLE	10 000 m^3	300 000 m^3		100 L	3000 L
TOTAL	30 000 m^3	900 000 m^3	32 160	260 L	7800 L

Tableau de la capacité de stockage en eau sur la Butte Montmartre après Projet

	EAU POTABLE	EAU NON-POTABLE
CAPACITE DE STOCKAGE RESERVOIR	7500 m^3	3 500 m^3
CAPACITE DE STOCKAGE CHÂTEAU D'EAU	670 m^3	200 m^3
CAPACITE DE STOCKAGE USINE SAINT-PIERRE	4 900 m^3	AUCUN
CAPACITE DE STOCKAGE RESERVOIR CARRIERES	**AUCUN**	**101 000** m^3
TOTAL	13 070 m^3	3 700 m^3

Utiliser les carrières de Montmartre comme réservoir d'eau non-potable, offre la possibilité de répondre à la demande en quantité par jour et supprime les apports extérieurs qui augmente la consommation énergétique globale.

3.6. Mise en cohérence du projet avec de nouveaux besoins : Hypothèse de résultats

Tableau de la consommation en énergie sur les différents secteurs importants après Projet

	CONSOMMATION ENERGETIQUE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU POTABLE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU NON-POTABLE SECTEUR N/O	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR LA BUTTE MONTMARTRE	CONSOMMATION ENERGETIQUE POUR L'EAU A MONTMARTRE
CONSO SANS RESERVOIR	241 kWh / m2 / an 5,1 kWh / hab / an	150 kWh / m3	75 kWh / m3	165 kWh / m3	80 kWh / m3
CONSO AVEC RESERVOIR		75 kWh / m3	40 kWh / m3	90 kWh / m3	50 kWh / m3

L'usage de l'eau non potable est aujourd'hui très axé sur le secteur public, la consommation du secteur privé ne représente que 1 % du total de consommation d'eau non potable, nous proposons donc d'étendre son usage privé, pour entre autres le lavage de voiture, le nettoyage d'espaces communs et privés d'immeubles et de commerces, l'alimentation des chasses d'eau par l'eau non potable à travers le branchement directe au réseau.

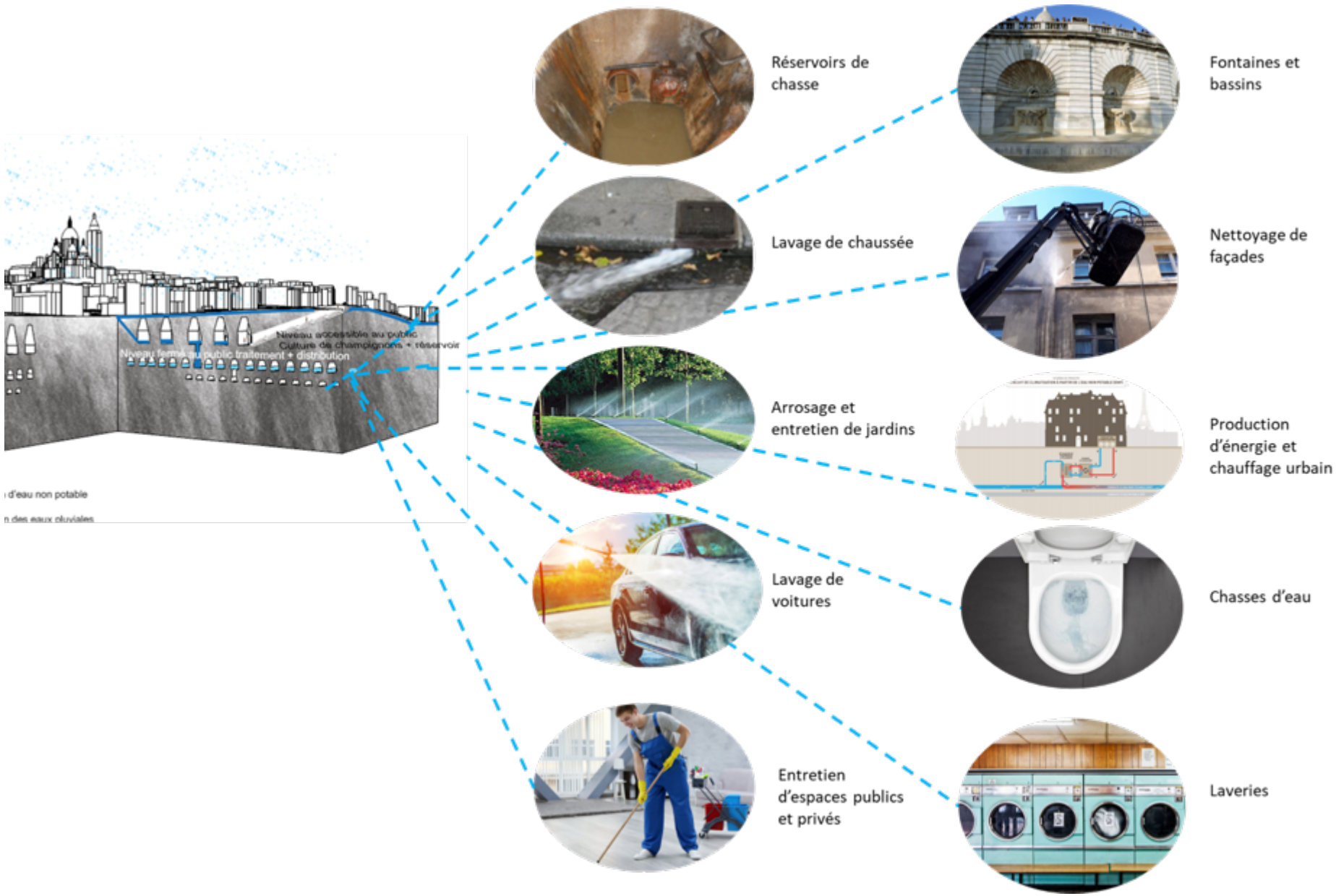


Figure 42 : Schéma des utilisations envisageables de l'eau non potable des nouveaux réservoirs de Montmartre

Source: Auteur 2021

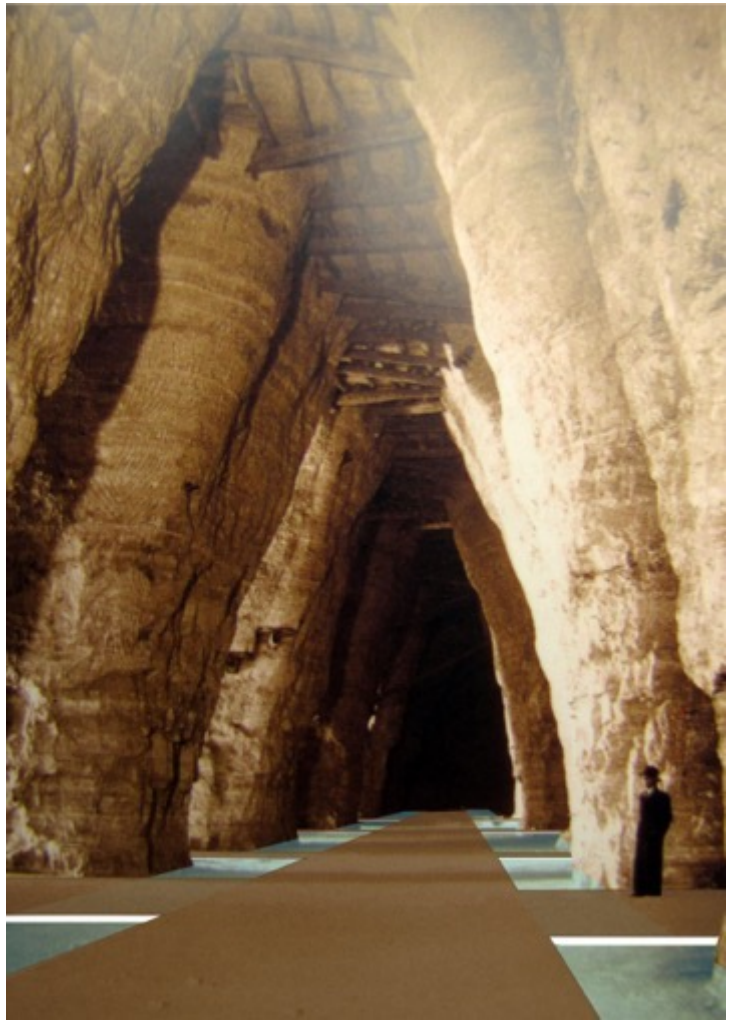


Figure 43 : Vue sur le réservoir et le parcours historique

Source: Auteur 2021

Figure 44 : Vue sur une partie de la piscine

Source: Auteur 2021

Conclusion

Ce projet nous a permis d'appréhender le réseau hydraulique de Paris et d'une manière plus précise d'analyser le cas de Montmartre. Le réseau complexe du site nous a demandé d'étudier la consommation des eaux liée à ses activités. Mais aussi de comprendre les dépenses d'énergies faites pour son approvisionnement. Nous nous sommes donnés pour but de réduire le circuit de l'eau non potable de la région parisienne vers Montmartre en ajoutant des réservoirs au sein du réseau hydraulique existant. Notre échelle d'intervention s'est orientée vers le site des anciennes carrières de Montmartre qui nous permettrait de profiter d'espaces inexploités. La complexité du site nous a demandé de réfléchir à des stratégies jusqu'alors inexplorées. Il a été compliqué de projeter un projet dans ce qui relève aujourd'hui de l'invisible. Cependant nous avons par-là ouvert un regard sur les carrières qui pourraient accueillir de nouveaux usages utiles dans le réseau hydraulique. Ce projet s'envisage comme une solution hypothétique dans laquelle il existe des possibilités d'évolution afin que ce système puisse être adaptable à d'autres réservoirs souterrains. Nous nous demandons si les anciennes carrières pourraient être à nouveau exploitées dans le futur, mais en servant de nouvelles fonctions urbaines et, dans notre cas, celles de son réseau hydraulique.

BIBLIOGRAPHIE

- https://urbanisation-paris.com/2019/10/29/la-premiere-urbanisation-des-carrieres-damerique/
- https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr/musee-carnavalet/oeuvres/carrieres-d-amerique-vue-prise-des-fortifications-vers-les-buttes-chaumont#infos-principales
- http://www.eaudeparis.fr/lespace-culture/patrimoine/
- https://www.water-quality-journal.org/articles/wqual/pdf/1996/02/wqual1996272p97.pdf
- http://www.chartes.psl.eu/fr/positions-these/hydraulique-paris-epoque-moderne
- https://www.valdemarne.fr/newsletters/plan-bleu-du-val-de-marne/le-reseau-parisien-deau-non-potable-une-alternative-a-leau-potable-pleine-de-ressource
- http://www.eaudeparis.fr/uploads/tx_edpevents/brochureReservoirMontmartreBD.pdf
- https://www.histoires-de-paris.fr/carrieres-montmartre/
- https://quefaire.paris.fr/71453/les-carrieres-de-paris-visite-avec-des-experts
- https://bibliotheques-specialisees.paris.fr/ark:/73873/pf0000855431