

# Annexe 1

## **Rapport technique** **Concernant la rénovation et le renouvellement du système** **d'adduction d'eau de la ville de La Chaux-de-Fonds**

### **1. Préambule**

#### 1.1 Les données du problème

L'alimentation en eau potable de la Ville de La Chaux-de-Fonds est assurée depuis 1887 par des sources et des captages situés sur la rive gauche de l'Areuse en amont de Champ-du-Moulin. Après traitement sommaire par chloration au bioxyde de chlore à l'usine des Moyats, l'eau est élevée de 488 m par pompage jusqu'à Jogne, puis acheminée gravitairement jusqu'à La Chaux-de-Fonds par une vingtaine de kilomètres de conduites et 2 galeries taillées dans la pierre naturelle dans lesquelles l'eau circule à surface libre.

Une analyse des risques liés à la production, à l'adduction et à la distribution de l'eau a été effectuée dans le cadre de la mise en place de l'autocontrôle en matière de qualité de l'eau (1998). Cette analyse a mis en évidence différents points critiques; il s'agit notamment :

- Du traitement actuel insuffisant pour garantir en tout temps une qualité conforme aux dispositions légales;
- Des galeries faisant l'objet d'infiltrations d'eau pouvant contaminer l'eau traitée qui y transite;
- De la vétusté des conduites ascensionnelles et l'instabilité du terrain traversé.

De manière générale, le système d'adduction de La Chaux-de-Fonds, dont le concept date de 1887, est en fin de vie et doit être profondément renouvelé. Il ne s'agit pas simplement de l'assainir au coup par coup, mais il est indispensable de complètement renouveler les installations afin d'être aux normes en vigueur en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle.

#### 1.2 Historique et description de la situation actuelle

##### 1.2.1 La ressource

En 1883, l'ingénieur Guillaume Ritter présente un projet grandiose d'alimentation en eau potable de La Chaux-de-Fonds depuis le bassin de l'Areuse.

Un ensemble de sources totalisant 3500 l/min est capté par un aqueduc souterrain de 600 m sur la rive gauche de l'Areuse qui aboutit à l'usine des Moyats à 627 m d'altitude.

En 1886–1887 l'usine des Moyats se construit avec 3 turbines hydrauliques de 60 m<sup>3</sup>/h chacune, qui élèvent l'eau potable de 488 m par une conduite DN 250, soit à une altitude de 1115 m, point culminant de l'installation à Jogne. Une 2<sup>ème</sup> conduite ascensionnelle est posée en 1898, puis une 3<sup>ème</sup> en DN 350 suivra en 1957.

De nouveaux puits sont ensuite forés le long du tracé de l'Areuse, actuellement 9 sont en service.

En 1905 des galeries totalisant 500 m sont forées jusqu'à la source de La Baleine puis jusqu'à La Bossy, au total ce sont 50 captages qui sont ainsi collectés.

Un autre ouvrage d'envergure ouvrira un accès aux vastes réserves d'eau enfermées dans les profondeurs du Solmont : la galerie de La Dalle Nacrée d'une longueur de 365 m, date de 1919–1921. Une porte blindée a été installée à 277 m de l'entrée et peut retenir une colonne d'eau d'environ 100 m de hauteur. Ce système est régulé par une vanne motorisée. (Un crédit a été accepté dernièrement afin de remplacer cette porte et la tuyauterie de la galerie en 2008).

### 1.2.2 La désinfection

L'eau a la particularité de se charger en éléments minéraux, en particules et en microorganismes lors de son ruissellement et de son infiltration dans le sous-sol. Mais l'eau peut également véhiculer des germes, par exemple des bactéries du genre *Salmonella* qui peuvent induire la typhoïde; dès 1894 de l'eau de Javel a été utilisée comme désinfectant pendant les périodes pluvieuses.

En 1957, une désinfection à l'acide chlorhydrique régulée par le débit d'eau a été installée aux Moyats. Cette installation a été modifiée et l'acide chlorhydrique a laissé la place au bioxyde de chlore en 1986.

### 1.2.3 L'adduction

Les 3 conduites ascensionnelles déversent l'eau dans un bassin à l'entrée de la galerie de Jogne après une montée escarpée d'environ 2 km dans la forêt. Cette galerie creusée à la main traverse la montagne de Solmont sur une longueur de 768 m. A la sortie, l'eau entre dans La Vallée de La Sagne. Par le passé, elle s'écoulait gravitairement jusqu'à La Chaux-de-Fonds *via* un aqueduc enterré qui reliait Jogne à La Corbatière par le côté sud de La Vallée de La Sagne, à flanc de coteau. Cet aqueduc, qui ne pouvait pas être mis en pression, a été doublé en 1959 par une conduite en fonte de diamètre 550 mm sur une distance de 17 km. L'aqueduc a été définitivement abandonné en 2000.

La conduite en fonte a été posée au fond de la vallée; elle alimente ainsi 49 bâtiments privés et délivre un complément d'eau aux villages de Joratel, Brot-Dessus, Les Ponts de Martel, Brot-Plamboz, et La Sagne. Cette conduite se met en pression sur le parcours et atteint La Corbatière

où l'eau se déverse dans le même type de galerie qu'à Jogne, mais dont la longueur est de 1088 m.

Les 2 galeries (Jogne et Corbatière) ont été améliorées en 1958 par le rehaussement du bétonnage dans la partie inférieure. Lors de ces travaux il a été fait appel à des chiens St-Bernard pour tirer des chariots dans ces galeries. Et depuis, il n'y a jamais eu de travaux d'entretien d'envergure ou de rénovation.

A la sortie de la galerie de La Corbatière (site de La Combe-des-Eaux), l'eau se déverse dans une chambre de mise en charge de laquelle partent 3 conduites qui traversent le Vallon des Grandes Crosettes. 2 conduites de DN 350 datant de 1887 rejoignent le réservoir des Foulets construit la même année, constitué de 2 cuves en parallèle d'une contenance totale de 4'600 m<sup>3</sup>. Une conduite de DN 550 datant de 1958 dessert le réservoir du Vuillème construit la même année, constitué d'une seule cuve circulaire de 5'000 m<sup>3</sup>.

Le pompage journalier moyen est actuellement d'environ 11'000 m<sup>3</sup>, avec un maximum supérieur à 13'000 m<sup>3</sup> et un minimum supérieur à 8'000 m<sup>3</sup>. Le débit maximum s'y écoulant est de 16'500 l/min (débit limité par la capacité de la conduite DN 550 le long de La Vallée de La Sagne). L'eau met un minimum de 8 heures pour parvenir à La Chaux-de-Fonds (distance d'environ 26,5 km) mais cette durée dépend bien entendu du débit pompé.

### 1.3 Introduction à la problématique

Depuis 1887, le soutirage croissant dans les puits de la nappe alluviale a conduit à la saturation de la capacité de filtration de l'aquifère. Désormais, le passage de l'eau depuis l'Areuse vers les puits alluviaux se fait à une vitesse élevée, mais qui varie selon les puits. Le temps de transit est de l'ordre d'une demi-heure pour certains puits amont et de quelques heures (de 6 à 13 heures) pour les puits les plus importants : le phénomène naturel de filtration dans le sol n'a plus lieu. Les conséquences de cette disparition de la filtration sont aggravées par la dégradation progressive de la qualité des eaux superficielles liée à l'activité anthropique sous quelques formes qu'elle soit. Parallèlement, les normes de potabilité deviennent de plus en plus draconiennes. Ce contexte explique l'état de la situation actuelle qui deviendra de plus en plus critique.

Ainsi, l'approvisionnement en eau de La Chaux-de-Fonds pose des problèmes qui nécessitent l'élaboration de nombreux projets ayant notamment trait à l'amélioration de la qualité de l'eau (fait évoqué ci-dessus), mais aussi et surtout à la sécurisation de l'adduction. Les problèmes majeurs recensés à ce jour pour l'adduction sont des infiltrations d'eau dans les galeries, principalement celle de La Corbatière.

Au vu de la complexité des problèmes et des importants investissements à faire dans un futur proche, une approche globale est indispensable. C'est pourquoi l'élaboration d'un plan directeur à l'échelle de la ville proposant

un concept global cohérent est en cours d'élaboration. Les importantes réflexions menées ont conduit à un concept global comprenant les travaux prioritaires suivants :

- Sécurisation de l'adduction par :
  - L'assainissement des galeries de La Corbatière et de Jogne;
  - Le remplacement des conduites ascensionnelles entre Les Moyats et Jogne sud;
- Modification du système de désinfection et implantation d'une station de traitement aux Moyats;
- Optimisation du stockage de l'eau dans les réservoirs de la ville;
- Amélioration des conditions de distribution.

Dans ce rapport technique, nous vous soumettons une planification financière (décomposée en 3 étapes) permettant d'agir d'abord sur les composantes principales du système d'approvisionnement en eau, celles qui nécessitent une intervention prioritaire, à savoir :

**L'adduction :**

- **l'assainissement des galeries**
- **le renouvellement des conduites ascensionnelles**

**La production :**

- **la modification de l'étape de désinfection**
- **la construction d'une station de traitement sur le site des Moyats**

#### 1.4 Mesures préventives déjà réalisées

Dans l'attente de la réalisation de ces travaux, le Service des Eaux de la société Viteos SA a déjà mis en place différentes mesures préventives :

- Mise en place d'un système de surveillance de la turbidité à l'entrée et à la sortie de la galerie de La Corbatière avec envoi d'alarme et prise d'échantillons; ce système est en fonction depuis juillet 2005.
- Mise en place d'une campagne d'analyses hebdomadaires de paramètres physico-chimiques et bactériologiques à La Corbatière, à La Combe-des-Eaux, aux réservoirs du Vuillème, des Foulets et de Plaisance depuis le 1<sup>er</sup> octobre 2007; depuis janvier 2008, des prélèvements ont également lieu aux Moyats et à Jogne nord. Cette campagne hebdomadaire inclue désormais aussi un prélèvement à la sortie du réservoir du Mont-Cornu.
- Mise en place d'un système de surveillance de la turbidité à l'entrée et à la sortie de la galerie de Jogne avec envoi d'alarme et prise d'échantillons (même système que celui déjà installé dans la galerie de La Corbatière); ce système est en fonction depuis octobre 2007.
- Installation d'une chloration de secours à La Combe-des-Eaux avec injection automatique de chlore dès que la turbidité dépasse 2 unités de sa mesure (en anglais : Formazin Nephelometric Unit [FNU]); appareillage installé et en fonction depuis le 9 novembre 2007.

- Protection de la zone la plus vulnérable de la galerie de Jogne (tronçon situé dans les 200 derniers mètres avant Jogne nord, sous pâturage) en délimitant un périmètre où la pâture du bétail est interdite. Une convention a été signée avec l'agriculteur afin d'installer une barrière sur une bande de terrain de 20 m de large en-dessus de la galerie afin d'empêcher le purinage et la pâture du bétail.

### 1.5 Bases légales

Le puisage de l'eau, son traitement et sa distribution sont régis par plusieurs lois cantonales et fédérales.

La loi cantonale sur les eaux du 24 mars 1953 (RSN 731.101) relève que les eaux souterraines sont propriété de l'Etat qui concède aux communes l'exploitation des captages et la distribution de l'eau. Le propriétaire des captages doit délimiter les zones de protection de ses captages selon la loi fédérale sur la protection des eaux du 24 janvier 1991 (RS 814.20; art. 19 à 21). Dans le cas des Gorges de l'Areuse, le dossier des zones de protection des captages a été sanctionné en 2006.

La législation fédérale sur les denrées alimentaires a institué dès 1995 l'obligation de l'autocontrôle pour la préparation, la transformation et la remise de denrées alimentaires, y compris de l'eau potable. Les ordonnances sur l'hygiène (OHyg; RS 817.024.1) du 23 novembre 2005, sur les substances étrangères et les composants (OSEC; RS 817.021.23) du 26 juin 1995 et sur l'eau potable du 23 novembre 2005 (RS 817.022.102) spécifient les exigences et les valeurs paramétriques à respecter pour les substances et micro-organismes présents dans l'eau de boisson.

## **2. Synthèse des problèmes majeurs (tirée du plan directeur en cours d'élaboration)**

Dans le cadre de l'élaboration du plan directeur général d'approvisionnement en eau, une synthèse est réalisée à l'échelle de l'ensemble du système d'approvisionnement en eau de La Chaux-de-Fonds, de la ressource à la distribution aux consommateurs.

Comme le présent rapport technique concerne une planification financière pour la production et l'adduction, les problèmes liés au stockage et à la distribution ne sont ici que sommairement discutés.

### 2.1 Ressource

#### 2.1.1 Qualité de l'eau

L'eau provenant des sources et captages situés sur la rive gauche de l'Areuse en amont de Champ-du-Moulin est moyennement dure,

---

bicarbonatée calcique. Elle ne présente pas de problèmes de qualité sur le plan chimique mais par contre, plusieurs captages montrent des dépassements réguliers des tolérances pour les paramètres bactériologiques. En périodes de fortes précipitations, les valeurs de la turbidité, et parfois du carbone organique total, peuvent augmenter rapidement et dépasser les tolérances respectives.

Ainsi, plusieurs dispositions ont été adoptées depuis le début des années 1990 pour améliorer la qualité de l'eau brute. On peut citer les mesures prises dans le cadre de la définition des zones de protection des captages et de l'autocontrôle, notamment la mesure en continu de la turbidité des eaux brutes suivie de l'arrêt du pompage (puits aval, année 2000) et/ou du renvoi à l'Areuse des eaux du canal amont par l'intermédiaire d'un déversoir (année 1998) lorsque la valeur de la turbidité de ces eaux est trop élevée, le curage régulier du canal amont, etc.

#### 2.1.2 Évacuation des eaux usées de la commune de Brot-Dessous

Le rejet des eaux usées sans traitement en provenance des hameaux de la commune constitue un risque microbien pour la ressource des Moyats. Le Plan Général d'Évacuation des Eaux (PGEE) de Brot-Dessous a été approuvé par le Conseil général de la commune en décembre 2007 et les travaux ont commencé en 2009. De ce fait, le risque reste bien présent à court terme, du moins jusqu'à la finalisation des travaux.

#### 2.1.3 Routes dans le bassin-versant

La présence de routes (notamment de la H10) dans le bassin versant constitue également un danger potentiel non négligeable; on observe la présence dans les eaux brutes d'hydrocarbures aromatiques volatiles par lessivage des routes et le risque potentiel d'un accident routier avec rejet de produits dangereux est bien présent.

#### 2.1.4 Dépôt de limons dans le système de distribution

Une accumulation de fines particules est observée dans la conduite d'adduction le long de La Vallée de La Sagne, dans les réservoirs de La Chaux-de-Fonds ainsi que dans le réseau de distribution. D'après certains industriels, il en est de même dans leurs installations. La présence de ce dépôt est d'autant plus flagrante lors de modifications du régime d'écoulement qui entraînent une remise en suspension des limons décantés et une augmentation de la turbidité. C'est le phénomène observé lors de la purge des hydrants, ce qui fait l'objet de plaintes de consommateurs.

De récentes études ont révélé que les limons déposés dans les conduites d'eau potable représentent un milieu favorable au maintien voire au développement de bactéries, notamment de coliformes fécaux. Afin de vérifier si tel est le cas pour les limons déposés dans l'adduction d'eau de La Chaux-de-Fonds, des échantillons ont été prélevés à différents moments lors d'une purge effectuée en juillet 2008. Les résultats des analyses ont révélé des valeurs élevées de turbidité ainsi qu'un nombre

---

important de bactéries, dont des coliformes fécaux. Les limons déposés dans l'adduction constituent une source non négligeable de contamination du réseau par des bactéries.

#### 2.1.5 Mélange d'eaux de provenances différentes aux captages

Les puits et les sources représentent en moyenne 55% de l'eau. L'eau de la galerie des Moyats provient des calcaires du Callovien, ou Dalle Nacrée, d'où le nom donné à cette galerie captante. Cette eau, qui est d'excellente qualité tant sur le plan physico-chimique qu'au niveau bactériologique, ne nécessite pas de traitement de filtration. Elle représente actuellement environ 20% de l'approvisionnement en eau de la ville.

La source Bossy fournit environ 25% de l'eau de la ville. L'aquifère principal est constitué par des calcaires du Callovien et du Bajocien. La qualité de cette eau est généralement bonne sur le plan physico-chimique bien que l'on observe des variations de la turbidité, dont les valeurs fluctuent entre 0.27 et 0.8 FNU en fonction de la pluviométrie. L'eau de la galerie Bossy devrait être aussi bonne sur le plan bactériologique que celle de la galerie des Moyats; en fait, elle ne contient que peu ou pas de bactéries, mais on a constaté qu'environ 20% des échantillons analysés depuis 1999 sont contaminés par des bactéries indicatrices de contamination fécale, qui proviennent d'infiltrations intermittentes d'eaux de mauvaise qualité dans la galerie. Ces contaminations résultent probablement de fuites d'eaux usées du hameau de Brot-Dessous qui sont évacuées dans l'Areuse par une canalisation, dont le tracé traverse la zone de protection de la galerie Bossy.

Actuellement, toutes les eaux provenant des divers captages sont mélangées. Dans le projet, l'eau de la Dalle Nacrée devra pouvoir être séparée des autres ressources afin de contourner l'étape de filtration. Elle sera traitée uniquement à futur si elle le nécessite, c'est la raison pour laquelle la nouvelle installation de traitement doit avoir la capacité hydraulique de traiter la totalité des eaux.

## 2.2 Adduction

Il y a actuellement une absence de réservoir à l'interface refoulement – distribution dans La Vallée de La Sagne. Actuellement, seule la conduite joignant la sortie de la galerie de Jogne à l'entrée de la galerie de La Corbatière joue le rôle de réserve pour la livraison aux communes disposées le long de La Vallée de La Sagne. Les arrêts de pompage sont alors problématiques : les prélèvements font chuter la pression dans la conduite jusqu'à ce que celle-ci ne permette plus d'assurer les livraisons. Il faut alors régulièrement enclencher le pompage afin de remonter le niveau d'eau dans la conduite jusqu'à l'altitude de l'ouvrage actuel de Jogne Nord. Les opérations de maintenance et d'entretien à l'amont de l'ouvrage de Jogne Nord sont donc difficiles.

---

## 2.3 Traitement

### 2.3.1 Traitement actuel non satisfaisant

L'eau brute est traitée à l'usine des Moyats avec du bioxyde de chlore préparé sur place à partir de chlorite de sodium et de chlore gazeux. Ce traitement chimique est insuffisant : dès lors qu'une eau destinée à la production d'eau de consommation contient des germes témoins de contamination fécale, un traitement multi-barrières doit être mis en place. Celui-ci doit allier traitement physique et chimique.

De plus, le bioxyde de chlore utilisé aux Moyats est à l'origine des chlorites et chlorates (additifs et sous-produits de la chloration au bioxyde de chlore) détectés dans le réseau de distribution dans des proportions dépassant régulièrement la valeur de tolérance.

### 2.3.2 Utilisation des réactifs problématiques

Pour des raisons de sécurité, l'acheminement des bouteilles de chlore à travers les tunnels autoroutiers n'est plus autorisé depuis quelques années. Les distances et donc les durées de transport sont allongées, ce qui génère une augmentation conséquente du coût de fourniture. La route d'accès aux Moyats sur le versant Nord de l'Areuse est également impropre au transport des bouteilles de chlore gazeux. Si ce transport devait se maintenir, la route devrait être adaptée, générant des frais conséquents. Par ailleurs, il devient de plus en plus difficile de se procurer de la chlorite de sodium venant de l'étranger.

Le chlore gazeux est très dangereux et requiert la présence sur site d'installations de sécurité et de neutralisation. Si l'utilisation du chlore gazeux devait se maintenir aux Moyats, les installations de sécurité devraient être mises en conformité au regard des normes de l'Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPam). Les travaux d'assainissement atteindraient une somme comprise entre CHF 400'000.- et CHF 500'000.-.

En juillet 2009, une fuite de chlore gazeux a eu lieu à l'usine des Moyats. Cet accident montre une fois de plus les risques et les difficultés inhérentes à l'utilisation de chlore gazeux : une modification à très court terme du dispositif actuel de désinfection s'impose. Le bioxyde de chlore doit être abandonné et remplacé par une désinfection à l'hypochlorite de sodium produit sur place par électrolyse de sel de cuisine.

### 2.3.3 Faible volume de stockage d'eau brute

Une réserve d'eau brute permettrait de continuer à produire de l'eau en cas de problème sur la ressource. Par ailleurs, certaines caractéristiques de l'eau sont souvent améliorées pendant le stockage : réduction des matières en suspension, diminution des germes pathogènes, etc.

## 2.4 Conduites de refoulement

La durée d'interruption du transit est directement fonction de l'ampleur des dégâts. La zone sensible concerne essentiellement la partie haute des conduites de refoulement, aux abords de l'actuel ouvrage d'accès à la galerie de Jogne. Un glissement de terrain pourrait emporter les 3 conduites (cet événement s'est déjà produit en 1981).

## 2.5 Les galeries de la Corbatière et de Jogne

Ces galeries sont des ouvrages de l'adduction reliant Les Moyats aux réservoirs des Foulets et du Vuillème à La Chaux-de-Fonds. La galerie de Jogne, qui fait suite aux conduites ascensionnelles en provenance des Moyats, franchit l'anticlinal de Solmont pour aboutir à Jogne. Deux tiers de la région traversée est constituée de forêts et un tiers, côté Nord de la galerie, de pâturages.

La galerie de La Corbatière franchit le Communal de La Sagne, de La Corbatière au lieu-dit La Combe-des-Eaux dans Le Vallon des Grandes Crosettes. La région traversée est essentiellement une région de pâturages.

Ces galeries ont été creusées entre 1886 et 1887 dans des massifs karstiques. La longueur des galeries est de 768 m pour celle de Jogne, respectivement de 1088 m pour celle de La Corbatière et l'eau s'y écoule par gravité avec une pente moyenne de 2‰.

La voûte de ces galeries est en pierre naturelle; elle est renforcée à plusieurs endroits par des rails. Le toit des galeries présente des fissures karstiques, des fractures bien visibles, des cavités et même des conduits ou des cheminées karstiques. En surface, on observe des dolines à proximité des galeries. Un risque d'effondrement existe donc, notamment pour la galerie de La Corbatière, dont le tracé est suivi par un alignement de dolines quasiment à son aplomb. L'effondrement d'une galerie pourrait priver la ville de sa ressource principale et le risque d'éboulement s'intensifie au fil du temps avec la karstification naturelle.

Le radier des galeries a été rénové en 1965 et le canal a été rehaussé afin d'augmenter sa capacité de transit.

Malgré les dispositions prises aux captages afin de tenter d'améliorer la qualité de l'eau distribuée, on constate toujours des problèmes de turbidité plusieurs fois par an. Ces événements qui se produisent lors de périodes de fortes précipitations, se caractérisent par une augmentation de la turbidité de l'eau à l'entrée des réservoirs des Foulets et du Vuillème, alors que la turbidité mesurée au départ des Moyats reste stable et/ou ne varie pas de manière aussi importante. Cette observation atteste de l'existence d'infiltrations le long de l'adduction, au niveau des galeries dans lesquelles l'eau s'écoule à surface libre.

### 2.5.1 Cas de la galerie de la Corbatière

Les inspections annuelles de la galerie ont révélé des infiltrations d'eau se mélangeant à l'eau potable donc susceptibles de causer un risque sanitaire pour les consommateurs.

Par ailleurs, le bâtiment d'accès à la galerie, non étanche, est situé au Sud et en contrebas d'un parking bordant la route cantonale. Un accident sur la route pourrait provoquer un déversement de produits toxiques à l'entrée de la galerie (contenu de camions-citernes, transport de lisiers, hydrocarbures, ...). En outre, une menace permanente existe : un dépôt d'ordures a été construit à l'aplomb de l'aqueduc et un égout non étanche passe par-dessus. De plus, les eaux de ruissellement de la route et du parking sont infiltrées à moins de 10 m de l'aqueduc. Le caractère karstique du terrain amplifie encore ce risque de contamination.

Concernant les infiltrations d'eau, un mandat a été confié à l'Institut Suisse de Spéléologie et de Karstologie à La Chaux-de-Fonds (ISSKA) afin d'évaluer l'importance et la qualité de ces arrivées d'eau. L'ISSKA a effectué 2 visites de la galerie pendant une période de fortes précipitations. La première visite a eu lieu le 26.10.2004 lors d'une crue importante; celle-ci a permis de relever 17 arrivées d'eau dont le débit total a été estimé à 120 l/min, ce qui représente 1 à 2% du débit de l'eau en provenance des Moyats. Le lendemain, après arrêt des précipitations, 35 arrivées d'eau ont été dénombrées, mais le débit total était plus de 10 fois inférieur à celui du jour précédent. 5 prélèvements d'eau ont été effectués et les analyses ont révélé que les eaux d'infiltrations arrivant à l'une et à l'autre extrémité de la galerie, étaient contaminées par des bactéries indicatrices d'une contamination fécale, des entérocoques et des *Escherichia coli*; la présence de ces bactéries permet de supposer que des microorganismes pathogènes sont susceptibles de contaminer ces eaux, qui représentent donc un risque pour les consommateurs. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 1.

Ech.	Point d'observation	Débit	Entérocoques	<i>Escherichia Coli</i>	Germes totaux
			[Nb/100ml]	[Nb/100ml]	[Nb/ml]
1	39 m	0.25 l/min (5 l/min la veille)	370	32	292
2	420 m	0.1 l/min	1	0	6
3	695 m	0.1 l/min (15 l/min la veille)	0	0	26
4	920 m	env 0.8 l/min (45 l/min la veille)	7	2	81
5	970 m	0.58 l/min (5 l/min la veille)	850	1	1120

**Tableau 1.** Contamination des eaux d'infiltration, 27 octobre 2004. Les distances sont données en mètres par rapport à la sortie nord de la galerie, c'est-à-dire en amont du lieu-dit la Combe-des-Eaux. En raison de l'intensité du débit de crue au point 4, il a été estimé que les infiltrations aux points 4 et 5 présentent le même pouvoir contaminant (rapport ISSKA).

Afin d'évaluer l'influence de ces infiltrations sur la qualité de l'eau, un système de surveillance a été installé durant l'été 2005. Celui-ci mesure la turbidité à l'entrée de la galerie (La Corbatière) et à la sortie (Combe-des-Eaux). Une alarme est transmise au Centre de conduite en cas de dépassement d'une valeur limite de turbidité et des échantillons d'eau sont prélevés par un appareil automatique pour analyse en laboratoire. Plusieurs événements d'augmentation rapide de la turbidité attribuable à la galerie ont été enregistrés depuis l'été 2005. L'analyse temporelle de la pluviométrie à La Chaux-de-Fonds et de l'apparition des pics de turbidité à La Combe-des-Eaux montre que les eaux d'infiltration parviennent dans l'adduction en moins d'une heure après le début des précipitations, lorsque celles-ci dépassent 5 mm/heure. La qualité de l'eau dans l'adduction est détériorée et les valeurs de tolérance de la turbidité et du carbone organique total sont régulièrement dépassées. Des bactéries indicatrices de contamination fécale, notamment des entérocoques, sont aussi parfois détectés. La teneur en bioxyde de chlore peut descendre en-dessous du seuil d'alarme « chlore bas » à l'entrée des réservoirs des Foulets et du Vuillème. Le tableau 2 présente les paramètres analysés dans les échantillons prélevés à la sortie de la galerie, leur signification et les valeurs de tolérance.

Paramètre	Unité	Signification	Tolérance
pH		Degré d'acidité : il dépend de différents aspects associés à la qualité de l'eau	9.2
Conductivité	[ $\mu$ S/cm]	Degré de minéralisation de l'eau : c'est une indication de la constance d'une eau	
Turbidité	[FNU]	Mesure des particules en suspension dans l'eau : la présence de particules favorise la recrudescence bactérienne	1
Carbone organique total	[mg C/l]	Mesure du contenu en carbone organique de l'eau quelle qu'en soit sa nature. La fraction assimilable du carbone organique dans l'eau d'un réseau représente un problème dans la mesure où elle favorise la prolifération des microorganismes qui peuvent induire la détérioration de sa qualité organoleptique.	2
Absorbance à 254nm	[A <sub>254</sub> /100cm]	Mesure des particules en suspension, des molécules organiques indicatrices de la présence de microorganismes et des solvants aromatiques dans l'eau	
bioxyde de chlore	[mg ClO <sub>2</sub> /l]	Agent de désinfection; la valeur du bioxyde de chlore ne doit pas dépasser la tolérance dans le réseau de distribution	0.05

Paramètre	Unité	Signification	Tolérance
Germes aérobies mésophiles	[nb/ml]	Indication sur l'efficacité du traitement de l'eau ainsi que sur l'hygiène et la stabilité d'une eau de réseau	300
<i>Escherichia coli</i>	[nb/100 ml]	Bactérie indicatrice d'une contamination fécale; sa présence dans une eau indique un risque d'atteinte à la santé du consommateur	0
Entérocoque	[nb/100 ml]	Bactérie indicatrice d'une contamination fécale; sa présence dans une eau indique un risque d'atteinte à la santé du consommateur	0

**Tableau 2.** Paramètres analysés, leur signification et les valeurs de tolérance.

Les résultats des analyses bactériologiques indiquent encore que les infiltrations induites par la galerie lors d'orages importants contaminent l'eau consommée à La Chaux-de-Fonds malgré la présence de chlore (Tableau 3). Cette conclusion est basée sur les relations temporelles entre l'apparition de pics de turbidité et/ou de bactéries indicatrices de contamination fécale (entérocoques) dans l'eau à la sortie de la galerie et respectivement, dans le réseau de la ville de La Chaux-de-Fonds. Les orages du 24 septembre 2006 et du 29 juillet 2007 illustrent bien cette conclusion.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent donc que l'eau du réseau ne respecte pas les normes de potabilité probablement plusieurs fois par an, d'où un risque sanitaire non négligeable. Les analyses bactériologiques effectuées immédiatement après la découverte d'entérocoques dans l'eau du réseau, soit 2 jours après le prélèvement, ont toujours donné des résultats conformes, ce qui signifie que les contaminations dans le réseau sont passagères et de très courtes durées. Une chloration de secours a alors été installée à la sortie de la galerie. Cette installation, qui fonctionne de manière automatique, introduit du chlore dans l'eau lorsque la turbidité dépasse le seuil fixé. Cette chloration est toutefois provisoire, en attente de l'assainissement de la galerie. La surveillance a également été complétée par des campagnes de prélèvements et d'analyses bactériologiques hebdomadaires.

Enfin, les pluies torrentielles de la mi-juillet 2008 ont provoqué des arrivées d'eaux troubles à partir de l'usine des Moyats et des infiltrations importantes dans la galerie de la Corbatière. Des bactéries indicatrices de contamination fécale ont été détectées dans les échantillons d'eau prélevés le long de l'adduction le 14 juillet 2008 et les contrôles de qualité effectués par la suite ont révélé que la contamination était passée dans le réseau puisque des entérocoques et des coliformes fécaux ont été détectés dans les réservoirs de Pouillerel et de Plaisance (17 juillet 2008) puis dans celui du Mt-Cornu (22 juillet 2008; tableau 3). La chloration à l'aide de granulés de chlore et la purge du réseau ont permis de retrouver une situation normale dans tout le réseau dès le 25 juillet 2008. Cette contamination du réseau d'eau potable est la plus grave qui a été détectée depuis de nombreuses années.

Date	Entérocoques [nombre/100ml]						Remarques*
	Vuillème E.	Vuillème S.	Plaisance E.	Plaisance C.	Pouillerel	Mt Cornu	
26.09.2006	-	-	73	39	-	-	Pluies importantes le 24 septembre; enregistrement à la sortie de la galerie de La Corbatière de 2 pics de turbidité imputables à la galerie en l'espace d'une heure : 14.6 et 16.5 FNU
03.07.2007	-	-	2	60	-	-	Pluies les 1, 2 et 3 juillet
31.07.2007	-	-	-	-	30	-	Orage le 29 juillet dans la soirée et enregistrement à la sortie de la galerie de La Corbatière d'un pic de turbidité imputable à la galerie (3 FNU) et présence d'entérocoques dans l'eau prélevée à la sortie de la galerie
08.08.2007	-	-	-	2	-	-	Pluies abondantes le 7 août et enregistrement à la sortie de la galerie de La Corbatière d'un pic de turbidité imputable à la galerie (3.6 FNU); Mise en évidence de la bactérie <i>E. coli</i> dans l'eau prélevée à la sortie de la galerie le 9 août
<u>11 au 25.07.2008</u> 11 au 14.07.07							Pluies importantes; eaux troubles en provenance des Moyats et de la galerie de La Corbatière. Mise en évidence de bactéries indicatrices de contaminations fécales le 14.07.08 dans l'adduction puis dans le réseau dès le 17.07.2008. Situation redevenue normale dès le 25.07.2008
17.07.2008	-	-	6	-	-	-	
22.07.2008	-	-	-	-	-	10	
25.07.2008	-	-	-	-	-	-	

**Tableau 3.** Mise en évidence d'entérocoques dans le réseau d'eau potable de La Chaux-de-Fonds. \*Réseau d'amenée de la ville de La Chaux-de-Fonds- Turbidité induite dans la galerie de La Corbatière, interprétations des mesures juillet 2005–juin 2006, ISSKA.

En conclusion, les risques encourus avec cet ouvrage sont de trois types :

- Une contamination chimique de l'adduction suite à un accident sur le site de La Corbatière;
- Une contamination biologique par infiltrations d'eaux aux extrémités de la galerie lors de fortes précipitations;
- Un effondrement de la galerie.

### 2.5.2 Cas de la galerie de Jogne

L'ISSKA a également été mandaté pour évaluer les infiltrations d'eaux dans la galerie de Jogne. L'inspection a eu lieu pendant une période de hautes eaux (30 mars 2006), pendant laquelle 11 points d'infiltration ont été échantillonnés (Tableau 4).

Ech.	Point d'observation	Débit	Turbidité	Entérocoques	<i>E Coli</i>	Germes totaux
			[FNU]	[Nb/100ml]	[Nb/100 ml]	[Nb/ml]
1	55 m	3-4 gouttes/s	-	0	0	4
2	90 m	2-3 gouttes, 1 l en 20 min	1.7	0	0	2
3	530 m	0.5 l/min	1.5	0	0	3
4	530 m	1 l/min à 11h45, 3 l/min à 13h00	2.2	0	0	3
5	615 m	0.2 l/min	7.0	0	0	28
6	625 m	10 gouttes/s	15.9	4	29	59
7	640 m	0.1 l/min	6.9	0	0	24
8	660 m	0.2 l/min	5.4	0	0	216
9	675 m	0.05 l/min	3.5	0	0	18
10	680 m	0.1 l/min	2.0	0	0	125
11	690 m	0.15 l/min	8.9	0	0	21

**Tableau 4.** Contamination des eaux d'infiltration dans la galerie de Jogne, 30 mars 2006. Les distances sont données en mètre par rapport à l'entrée sud de la galerie, c'est-à-dire en aval de Jogne sud.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent la présence d'entérocoques et de bactéries *E. coli* dans une venue d'eau située à environ 135 m de l'extrémité nord de la galerie (échantillon 6), c'est-à-dire dans la partie de la galerie située sous la zone exploitée comme pâturage. L'ensemble de ces infiltrations d'eau a été estimé de 5 à 10 l/min, un débit inférieur à celui mesuré dans la galerie de La Corbatière, qui était d'environ 120 l/min.

Une convention pour la protection de la parcelle exploitée en tant que pâturage et située au-dessus de l'extrémité nord de la galerie a été conclue entre l'agriculteur et la Ville de La Chaux-de-Fonds en 2007. Par cette convention, une bande de terrain de 10 m de part et d'autre de l'axe

de la galerie recouvrant le dernier tiers du tracé avant la sortie nord a été clôturée et donc interdite de pâture. Cette disposition n'a pourtant pas eu l'effet escompté car l'introduction de bactéries d'origine fécale persiste. Enfin, un système de surveillance de la turbidité comparable à celui mis en place dans la galerie de La Corbatière a été installé au début de l'automne 2007 afin de mieux documenter les infiltrations d'eau. Il se trouve qu'une turbidité excessive semble apparaître lors d'épisodes pluvieux, au même titre que dans la galerie de La Corbatière. (voir annexe 2)

### **Résumé concernant la production et l'adduction :**

Hormis la conduite de 550 mm datant de 1958 posée le long de La Vallée de La Sagne pour remplacer l'ancien aqueduc, l'adduction d'eau de la Ville de La Chaux-de-Fonds a plus de 120 ans. Aujourd'hui, au vu des problèmes survenants, le système est en fin de vie et doit être renouvelé en profondeur. Les travaux concernent principalement :

- **La création de galeries sécurisées pour remplacer les galeries de Jogne et de La Corbatière;**
- **La modification de l'étape de désinfection qui, dans l'état actuel, pose des problèmes de sécurité et d'exploitation;**
- **Le renouvellement des conduites ascensionnelles entre Les Moyats et Jogne Sud;**
- **L'ajout d'une étape de filtration à l'étape de désinfection, car celle-ci est actuellement insuffisante pour garantir en tout temps une qualité conforme aux dispositions légales.**

Les problèmes liés au stockage et à la distribution ne sont ici que sommairement discutés, afin d'avoir une vue d'ensemble globale. Ces problèmes ne seront pas résolus par la présente demande de crédit.

## 2.6 Réservoirs, stockage

### 2.6.1 Renouvellement de l'eau

Le renouvellement de l'eau dans les réservoirs de la ville est insuffisant. En comparant la consommation totale de la ville au volume total de stockage sur l'ensemble des réservoirs, il s'avère que chaque jour, près de 40 % du contenu de l'ensemble des réservoirs n'est théoriquement pas renouvelé. Cette insuffisance du renouvellement concerne les réservoirs suivants :

- Réservoir du Vuillème : un peu plus d'un quart de l'eau stockée n'est théoriquement pas renouvelée quotidiennement (la gestion de ce réservoir reste acceptable).
- Réservoir du Mont-Cornu : plus de la moitié de l'eau stockée n'est théoriquement pas renouvelée quotidiennement.
- Réservoir de Plaisance et de Pouillerel : le système de comptage a été défectueux pendant plusieurs années : il n'a donc pas été

---

possible de mener de telles analyses sur ces réservoirs. Une estimation du volume pompé en direction du réservoir de Pouillerel peut être réalisée à partir du temps de fonctionnement des pompes. D'après ce dernier, 225 m<sup>3</sup>/j rejoignent le réservoir de Pouillerel ce qui induit un temps de séjour dans la cuve centrale du réservoir de Plaisance de près de 9 jours, et de plus de 3 jours dans le réservoir de Pouillerel. Il y avait inéluctablement un problème de temps de séjour sur la « composante Plaisance-Pouillerel » et la qualité de l'eau dans le secteur le confirmait. Une amélioration sensible de la qualité de l'eau dans ce secteur a été observée après la mise en parallèle des 2 cuves du réservoir de Plaisance.

#### 2.6.2 Non maîtrise des flux hydrauliques

Ceci s'observe entre d'une part les réservoirs des Foulets et du Vuillème et d'autre part le réservoir de Plaisance. En tant que réservoir d'équilibre, le réservoir de Plaisance constitue un mystère en termes de flux hydrauliques. Ceci est dû au fait qu'une seule conduite assure les flux entrants et sortants en fonction des niveaux dans les 3 réservoirs.

### 2.7 Distribution

#### 2.7.1 Défense incendie insuffisante

Des mesures de débits-pressions ont été effectuées sur l'ensemble des hydrantes de La Chaux-de-Fonds. Globalement, les conditions hydrauliques à l'ouest de la ville sont insuffisantes.

#### 2.7.2 Pression de service insuffisante aux abords des réservoirs des Foulets et du Vuillème

Un mini-réseau avec surpresseur a dû être mis en place aux Foyards pour permettre une distribution convenable dans le secteur et plusieurs bâtiments ont même recours à un surpresseur d'appoint.

#### 2.7.3 Risque de reviviscence bactérienne dans le réseau de distribution de Pouillerel

La recrudescence de bactéries est un problème récurrent dans ce réseau. Ces observations sont en parfaite adéquation avec les temps de séjour excessifs relevés dans le secteur de Plaisance - Pouillerel.

### 2.8 Sécurité d'approvisionnement

#### 2.8.1 L'eau du SIVAMO est mélangée avec celle des Moyats dans le réservoir des Foulets

L'eau de secours provenant du Sivamo rejoint le réseau de La Chaux-de-Fonds *via* le réservoir des Foulets où elle est mélangée à l'eau qui provient des Moyats.

Or, l'analyse des risques a montré que l'adduction à partir des Moyats présente des faiblesses, notamment au niveau de La Corbatière. En cas de contamination suite à un accident chimique à La Corbatière, par exemple, le Service des eaux dispose de moins d'une heure pour intervenir sur les vannes de remplissage des réservoirs de tête et éviter ainsi une contamination du réseau. Par conséquent, il faut prévoir une arrivée de l'eau de secours dans un réservoir différent des réservoirs de tête.

## 2.9 Exploitation

### 2.9.1 Comptage

Un doute sérieux porte sur la fiabilité des compteurs. Par exemple, le compteur à l'entrée du réservoir des Foulets est adapté pour un débit variant de 0 à 300 m<sup>3</sup>/h. Or, les Moyats sont à même de refouler 16'000 l/min soit 960 m<sup>3</sup>/h pour une livraison simultanée dans les deux réservoirs de tête de la ville.

### 2.9.2 Manque de continuité dans le suivi des livraisons aux communes de La Vallée de La Sagne

Le relevé des compteurs aura bientôt lieu 2 fois l'an (4 fois l'an actuellement), ce qui ne permet pas de mettre rapidement en évidence l'existence d'une fuite qui surviendrait le long de la conduite de Ø550 mm, sur un piquage alimentant une commune ou une installation privée. Un système de comptage avec télétransmission est en cours d'installation pour permettre un suivi quotidien.

## **3. Solutions envisagées**

### 3.1 Tunnel de la Corbatière

#### 3.1.1 Constat

- Infiltrations avérées d'eau contaminée dans la galerie lors d'évènements pluvieux;
- Risque élevé et avéré de contamination (virus, germes fécaux, parasites) le long du Communal de La Sagne;
- Risque de pollution accidentelle (trafic routier et oléoduc);
- Risque d'effondrement (succession de dolines en surplomb);
- Corrosion des soutènements métalliques => situation incompatible avec une exploitation sanitaire moderne d'un réseau d'adduction;
- Travaux d'entretien difficiles et pénibles.

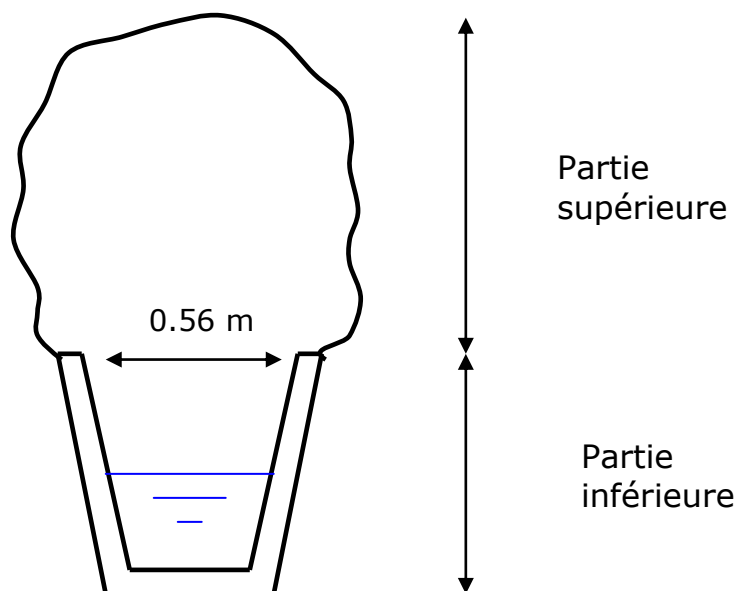
### 3.1.2 Concept

Le temps de transit entre La Corbatière et les réservoirs de tête de la ville est d'environ une heure. Il est alors fort probable qu'en cas de pollution accidentelle sur le site de La Corbatière, l'eau polluée atteigne les réservoirs avant même qu'une intervention puisse avoir lieu.

Par ailleurs, il faut rappeler que le terrain est de type karstique : ce type de sol est caractérisé par ses fissures et l'évolution permanente de sa macroporosité par la karstification naturelle. De ce fait, il est illusoire de prévoir le cheminement des infiltrations dans le sol et il n'est absolument pas évident que les infiltrations observées rejoignant l'aqueduc le long de son tracé soient uniquement celles ayant lieu à son aplomb. Et outre le risque résiduel permanent de contamination, celui de l'effondrement de la galerie subsiste. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de prévoir la mise sous tuyau de l'adduction entre La Corbatière et La Combe-des-Eaux. En effet, **seule une conduite fermée et sous pression écarte les risques susmentionnés**. Les calculs hydrauliques montrent qu'un diamètre de 600 mm suffit pour le tronçon étudié.

### 3.1.3 Variante 1 : Agrandissements ponctuels de la galerie existante pour permettre la pose d'une conduite de DN 600

L'ISSKA a réalisé un relevé complet du tunnel en 3 dimensions : il s'avère qu'il n'est pas du tout rectiligne et présente une coupe transversale de la forme suivante :



La dimension inférieure ne permet pas la pose d'une conduite de DN 600. Il s'agirait donc d'agrandir la partie supérieure de la galerie à plusieurs endroits et sur plusieurs centaines de mètres de longueur pour permettre le passage d'une conduite rigide. Une entreprise spécialisée dans le tirage

---

de conduites a fait un essai en grandeur nature en atelier et arrive à la conclusion que, dans les conditions décrites, il n'est pas possible de tirer cette conduite. Le risque de blocage pendant la mise en place, aucune solution pour intervenir après la pose des tubes, plus d'accès dans la galerie pour son entretien en cas d'éboulement et les conditions de travail des ouvriers conduisent à abandonner cette variante.

#### 3.1.4 Variante 2 : Pose d'une conduite DN 600 en fouille traditionnelle

Cette variante consiste à joindre le site de La Corbatière au site de La Combe-des-Eaux par une conduite posée en tranchée par-dessus le massif de La Corbatière. Le passage de ce point haut implique la construction d'une station de pompage. Techniquement, cette variante est la plus facilement réalisable mais en raison de la nécessité de pomper la totalité de l'adduction d'eau de la ville, son coût dépasse largement celui des autres variantes après 20 à 25 ans de fonctionnement.

#### 3.1.5 Variante 3 : Exécution d'une nouvelle galerie de dimension suffisante pour la pose et l'entretien d'une conduite DN 600

Cette variante consiste à réaliser une nouvelle galerie technique visitable en tout temps, éclairée et accessible par les deux extrémités. Malgré son coût élevé, cette variante a le mérite d'être sûr techniquement, tout en conservant un écoulement gravitaire.

#### 3.1.6 Variante 4 : Exécution d'un «micro-tunnel» de diamètre 1'000 mm pour le passage d'une conduite

Le seul avantage par rapport à la variante 1 est le maintien en service de la galerie actuelle pendant toute la durée des travaux, ce qui permet de substantielles économies financières en évitant de se faire livrer l'eau provisoire par le Sivamo. Mais ce procédé de forage dans une roche karstique présente d'autres difficultés techniques :

- Le tunnelier peut facilement être dévié à la rencontre d'une cavité;
- une faille pourrait causer la perte de la tête de forage (comme c'est déjà arrivé pour des forages dans la région) ou engendrerait une perte incontrôlée de bentonite coinçant le tunnelier et on ne peut pas exclure que la bentonite ne se mélange pas à l'eau s'écoulant dans la galerie existante.

Ces inconnues techniques rendent difficile l'élaboration d'un devis fiable.

#### 3.1.7 Choix d'une variante

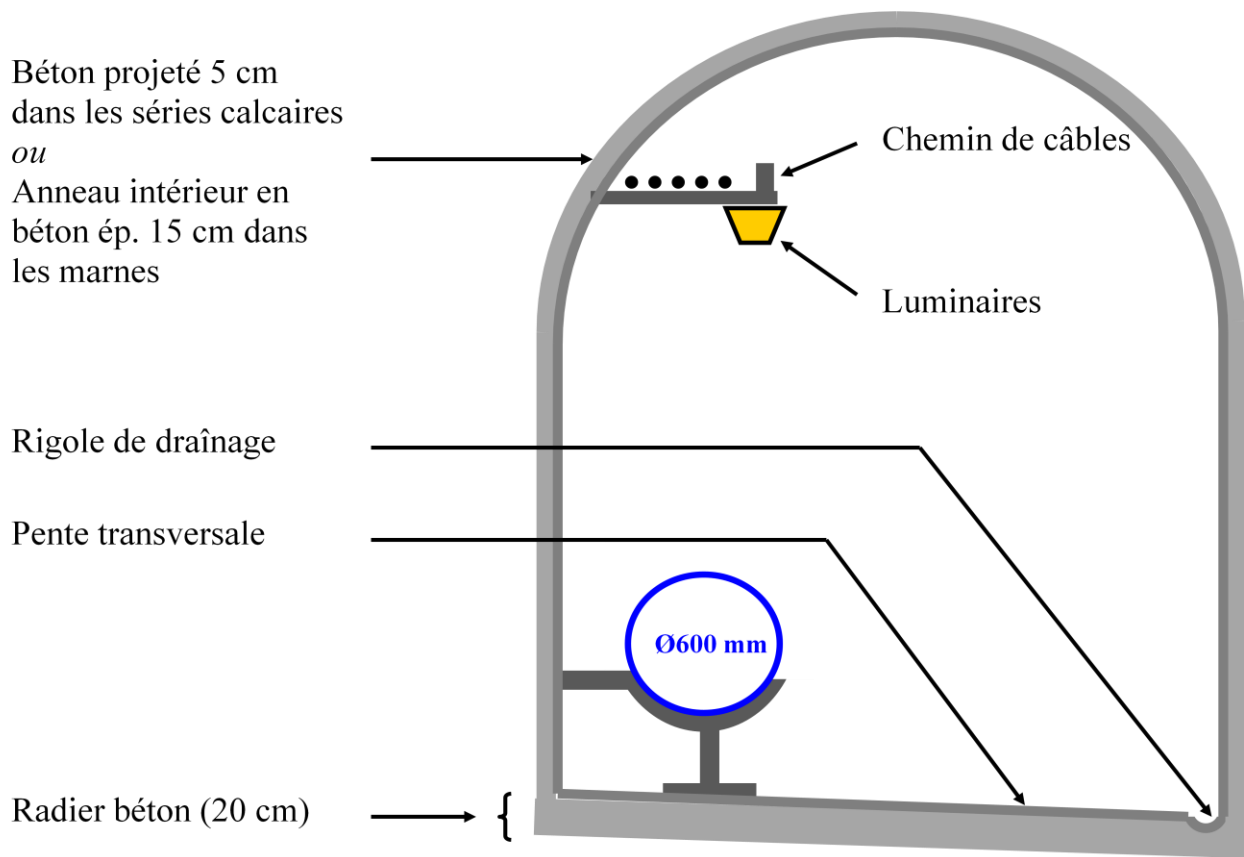
En regard des différentes solutions envisagées, il s'avère au final que seulement 2 des variantes restent techniquement réalisables : les variantes 2 et 3. Or la variante 2 devient beaucoup plus coûteuse à long terme. De plus, elle ne va pas dans le sens d'un développement durable puisqu'elle nécessite une consommation importante d'énergie électrique alors qu'il est possible de faire s'écouler l'eau gravitairement. En cas de panne générale de courant électrique, la ville de La Chaux-de-Fonds ne pourrait plus être alimentée en eau potable contrairement à la situation

actuelle. En effet, l'eau est actuellement élevée de l'usine des Moyats à Jogne Sud par pompage avec des pompes hydrauliques et des pompes électriques qui utilisent l'énergie électrique produite sur place.

**On retiendra donc la variante 3** : une nouvelle galerie aménagée et visitable pour permettre la pose d'une conduite en acier inoxydable du fait de sa longévité, sa légèreté et sa maniabilité lors de sa mise en œuvre.

### 3.1.8 Description du projet de sécurisation retenu

D'après la configuration du terrain et l'emplacement des constructions à La Corbatière, il est plus approprié de prévoir la nouvelle galerie à l'ouest de l'aqueduc existant, côté La Sagne-Eglise. La nouvelle galerie sera alors réalisée à l'explosif quasiment parallèlement à l'existante. Pour éviter toute influence du creusage de cette galerie sur l'aqueduc existant et éviter tout écoulement, il conviendra de respecter une distance d'une dizaine de mètres par rapport à ce dernier. Un gunitage recouvrira les parois et le plafond de la nouvelle galerie sur environ 90% du linéaire. Ce revêtement empêchera le décrochement et la chute de blocs. Les 10% restants du linéaire de la galerie correspondent à des tronçons bétonnés. Ces tronçons seront les zones où la tenue de la roche naturelle n'est pas assurée. Les proportions tronçons gunités – tronçons bétonnés restent estimatives et peuvent varier plus ou moins significativement (ceci sera découvert au fur et à mesure du percement de la galerie). Le radier sera quant à lui bétonné sur tout le linéaire et aura une légère pente transversale pour recueillir les eaux d'infiltration dans une rigole de drainage latérale. La galerie aura une légère pente longitudinale dans le sens Corbatière - Combe-des-Eaux afin de permettre l'écoulement des eaux de la rigole de drainage en direction de l'extrémité aval de la galerie. A cette sortie, les eaux seront conduites vers une tranchée d'infiltration dans le sous-sol. Cette dernière servira également d'exutoire dans le cas où il serait nécessaire de vidanger la conduite d'eau. Dans la galerie, la conduite sera maintenue par des supports métalliques fixés au sol et sur la paroi. La galerie sera munie de luminaires permettant de se déplacer sans encombre et tous les 50 m une prise électrique permettra de brancher un appareil pour l'entretien de l'ouvrage (conduite ou galerie). L'alimentation en électricité se fera *via* le réseau électrique de La Sagne (Groupe E) et un chemin de câbles sera installé au plafond tout du long de la galerie, jusqu'au portail aval côté Combe-des-Eaux. Un portail d'accès sera construit à chaque extrémité de la galerie. Ces portails de conception simple feront le lien entre la partie en galerie et les sections enterrées de la conduite.

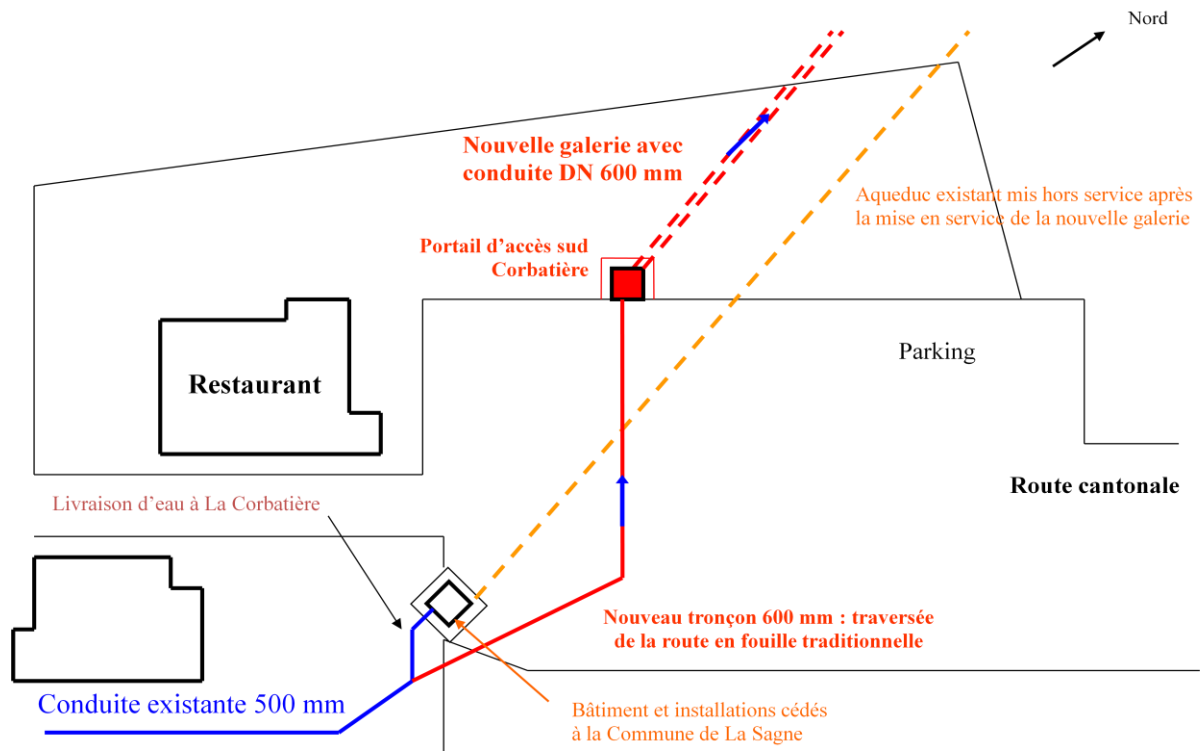
Croquis : coupe transversale de la galerie :

**Remarque :** Ce type de galerie a l'énorme avantage d'ouvrir toute possibilité d'accueillir à futur d'autres types de réseau (égout, gaz, communication, etc.)

**Implantation du portail d'accès à La Corbatière :**

Le parking de La Corbatière est surtout utilisé l'hiver par les adeptes du ski de fond. Il semble alors plus pertinent et de meilleure intégration d'encastrer le portail dans le terrain appartenant au restaurant (parcelle 2762) plutôt que de l'implanter sur le parking. De plus, situé de la sorte, 3 faces du portail seront en tout ou partie recouvertes par le talus : seule la façade donnant sur le parking et comportant la porte d'accès sera complètement visible.

*Croquis : conception générale de l'ouvrage (vue en plan) :*



Le projet consiste à prolonger la conduite sous la route et le parking et de réaliser le nouvel accès à la galerie au nord du parking.

L'abri à ordures serait également déplacé pour faciliter l'installation du chantier.

L'ouvrage existant abritant déjà la station de surpression pour le réseau de La Corbatière serait cédé en l'état à La Sagne.

### **Déroulement des travaux**

La conduite actuelle s'interrompt au sud du bâtiment d'accès à l'aqueduc souterrain. Elle sera « reprise » et prolongée jusqu'au nord du parking où elle entrera dans le futur bâtiment d'accès à la nouvelle galerie.

La traversée de la route cantonale se fera en fouille traditionnelle c'est-à-dire en tranchée ouverte. La présence du parking permettra de maintenir la circulation routière pendant les travaux.

L'excavation pour le creusage de la nouvelle galerie sera conduite depuis le site de La Corbatière et aura lieu 24h/24. Il existe 2 moyens de percement :

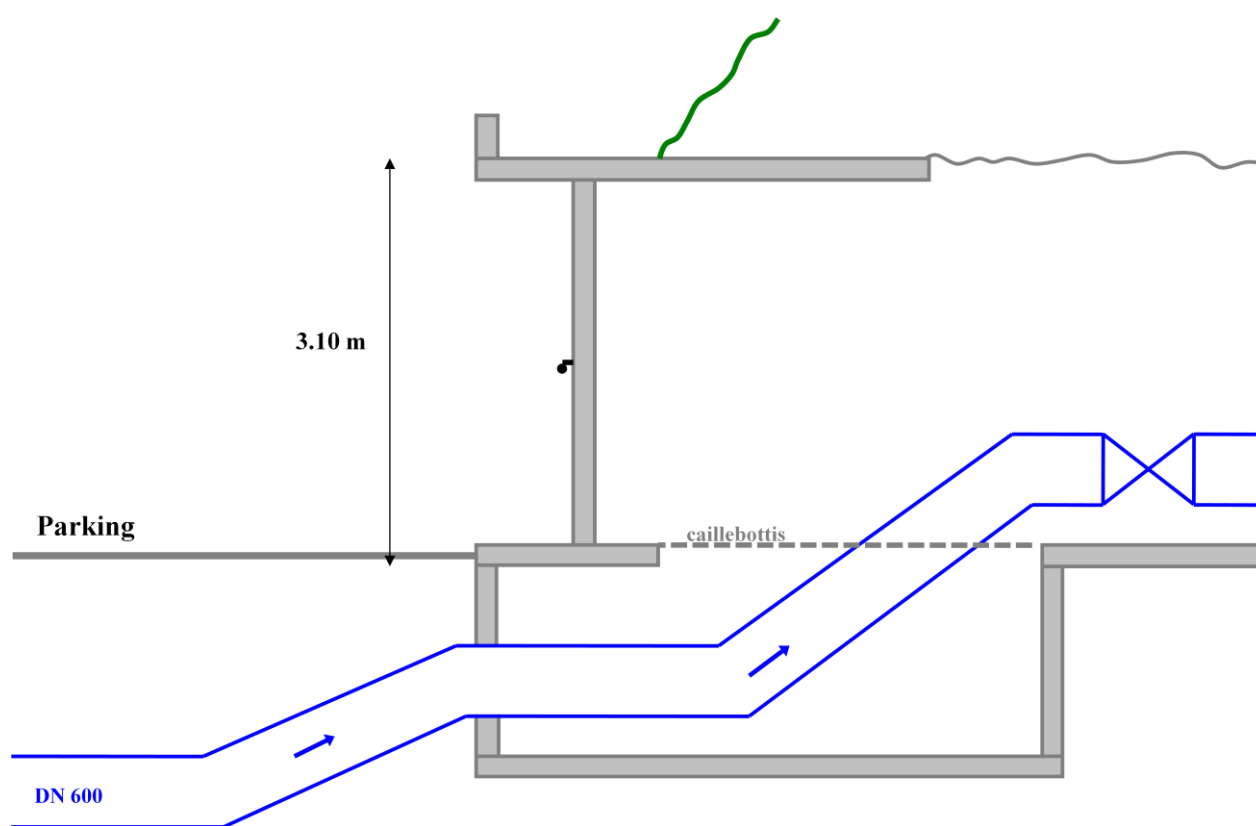
- L'emploi de charges explosives placées de manière à extraire les déblais par étapes (abattage progressif);
- L'emploi d'un tunnelier.

Après échange avec des entreprises spécialisées, il s'avère que la longueur et la section de l'ouvrage sont trop faibles pour que l'emploi d'un tunnelier soit compétitif face au percement par explosifs.

Le percement de la galerie aura lieu par enchaînement de phases d'installation des charges explosives et de phases d'extraction des matériaux à l'aide d'un véhicule motorisé.

Durant les travaux, une ventilation insufflera de l'air frais dans la galerie en formation, et l'air extrait subira une filtration afin de retenir les fines poussières de roche avant rejet de l'air dans l'environnement. Ce dispositif de traitement de l'air nécessite une très forte puissance électrique (environ 300 A). Si aucun branchement électrique provisoire n'est en mesure de fournir la puissance requise, une génératrice assurera l'alimentation électrique des équipements durant le chantier.

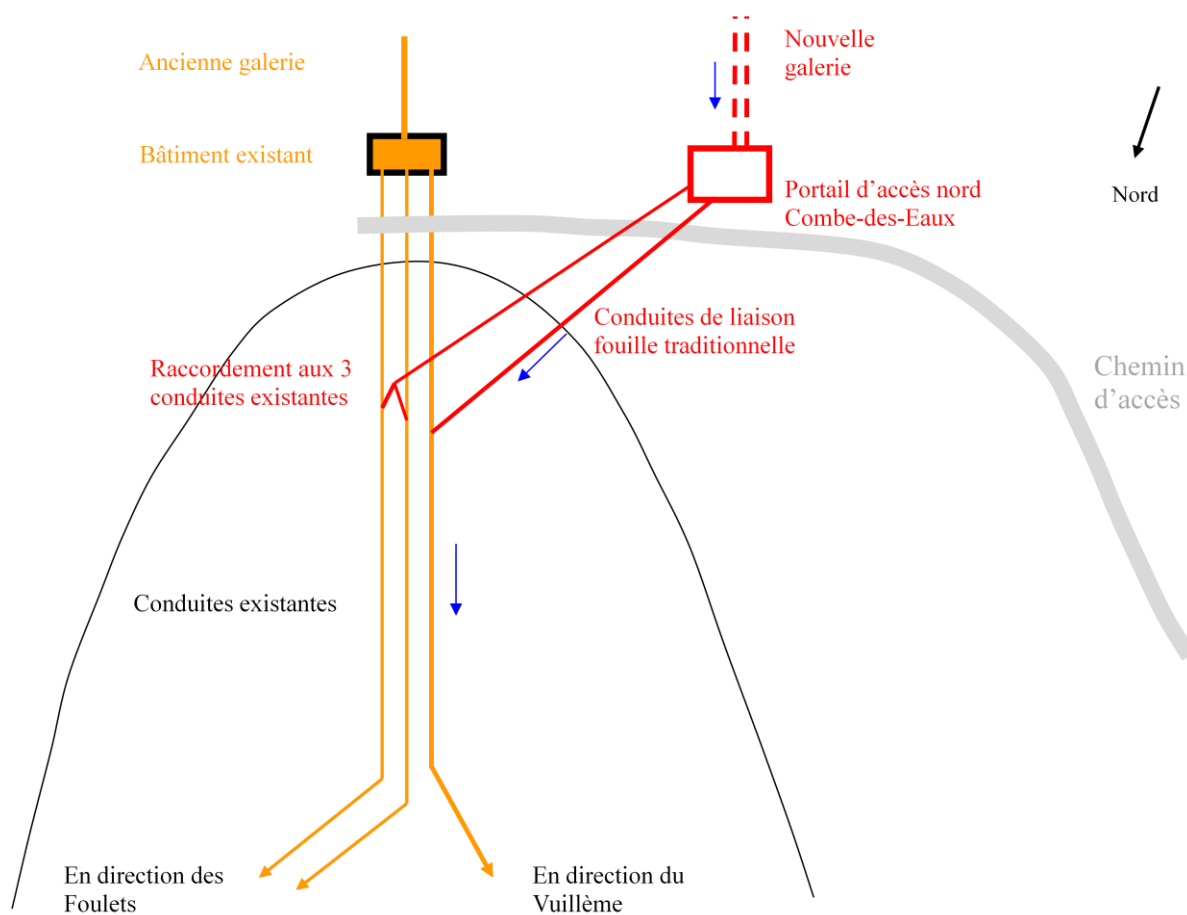
*Croquis : portail d'accès côté Corbatière (vue intérieure de côté) :*



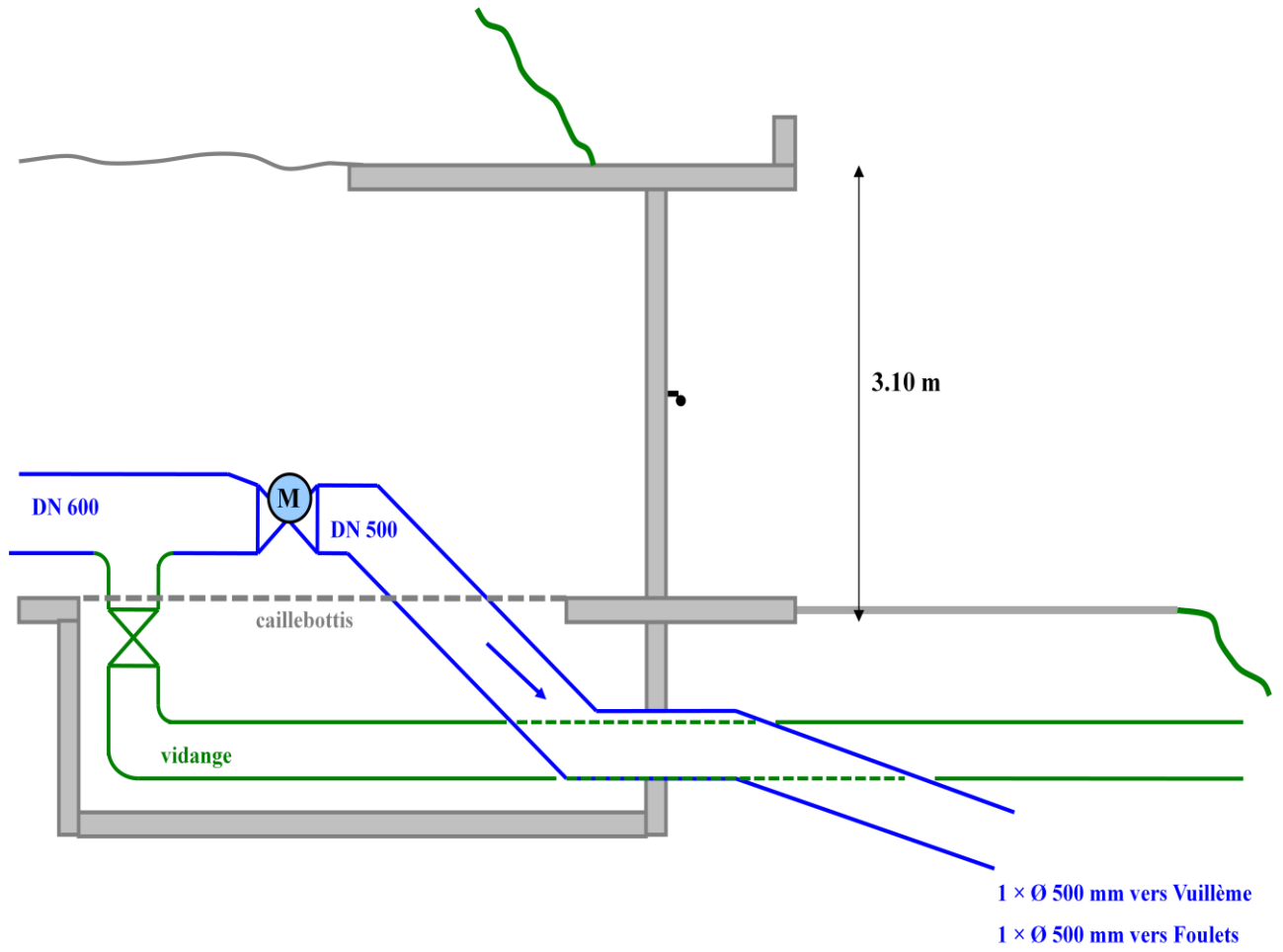
**Implantation du portail d'accès à La Combe-des-Eaux :**

A l'intérieur du portail, la conduite DN600 se divisera en 2 branches DN500 qui se raccorderont aux 3 conduites existantes traversant Le Vallon des Grandes Crosettes. Le portail abritera les 2 vannes d'arrêt motorisées disposées sur chacune des branches.

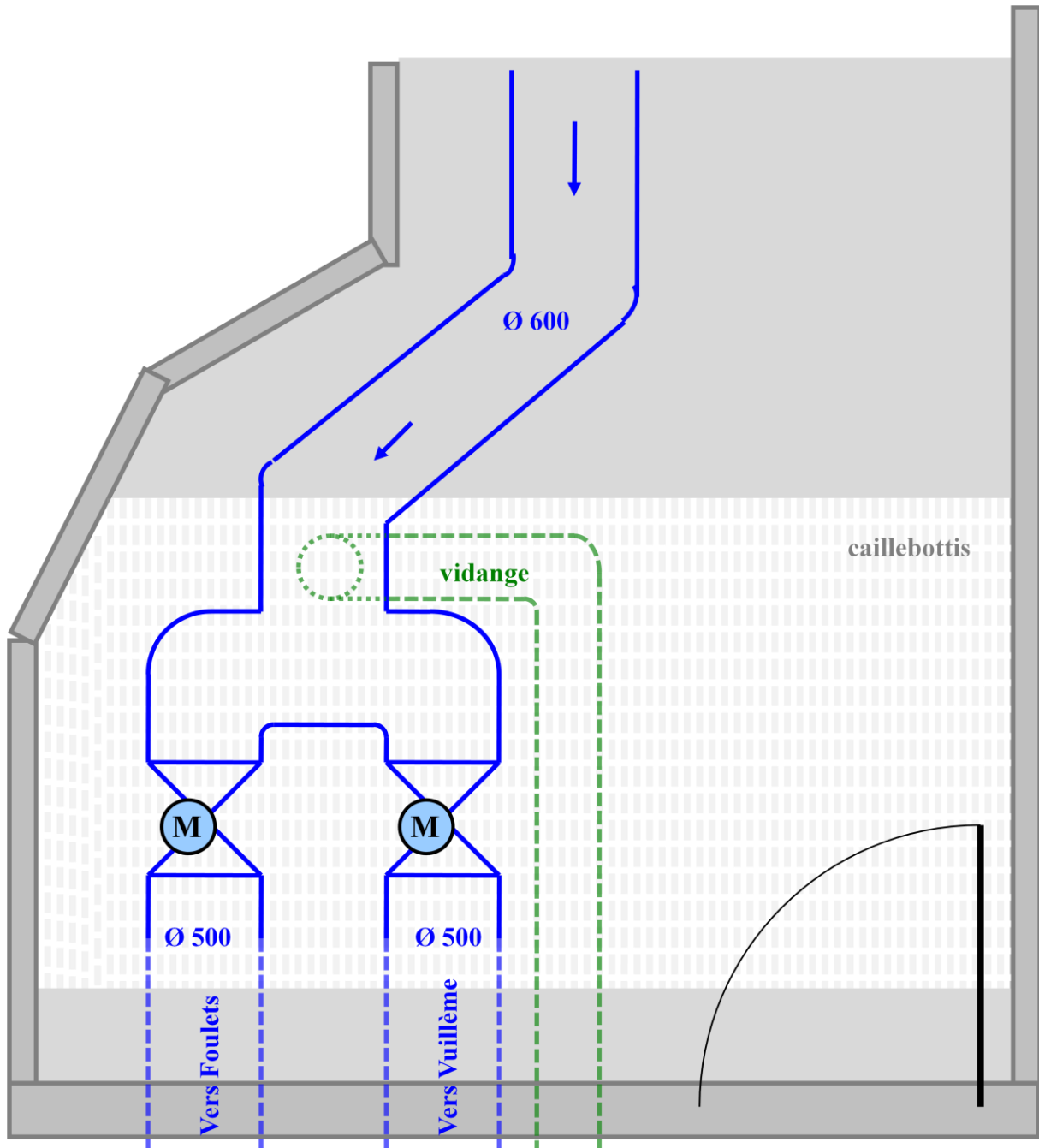
Croquis : situation future; site de La Combe-des-Eaux (vue en plan) :



Croquis : portail d'accès côté Combe-des-Eaux (vue intérieure de côté) :



Croquis : portail d'accès côté Combe-des-Eaux (vue intérieure de dessus) :



## 3.2 Tunnel de Jogne

### 3.2.1 Constat

- Infiltrations d'eau dans la galerie (faibles par rapport à celles observées dans la galerie de La Corbatière);
- Risque élevé et avéré de contamination (virus, germes fécaux, parasites) sur les 250 m pâturés;
- Risque d'effondrement (danger d'effondrement plus faible qu'à La Corbatière, mais risque sismique non nul);
- Corrosion des soutènements métalliques => situation incompatible avec une exploitation sanitaire moderne d'un réseau d'adduction;
- Travaux d'entretien difficiles et pénibles.

### 3.2.2 Concept

La galerie de Jogne constitue le même cas de figure que la galerie de La Corbatière, sans le risque de pollution accidentelle dû à la présence d'une route. On y observe des infiltrations d'eau faisant l'objet d'une pollution d'origine diffuse et le risque d'effondrement atteint le même degré. On retiendra alors le même concept de sécurisation que pour la galerie de La Corbatière, à savoir le creusement d'une nouvelle galerie qui accueillera la conduite d'adduction de La Chaux-de-Fonds. Néanmoins, l'étude pour cette alternative de remplacement de la galerie de Jogne montre que la nouvelle galerie aura un profil ascendant (pente de 15,5%).

Le futur portail Sud sera construit à l'altitude de 995 m (altitude du portail sud actuel : 1'114 m). Cette conception permet :

- De raccourcir la portion du refoulement en fouille traditionnelle située entre l'usine des Moyats et l'entrée en galerie (200 m de moins par rapport à la situation actuelle). Ceci évite de traverser la principale zone de terrain instable et donc de s'assurer de la pérennité des installations nouvellement construites. En outre, une bonne stabilité de terrain est nécessaire pour l'amorce de la nouvelle galerie et la construction du portail sud.
- De bénéficier d'un accès plus aisé sur le versant sud du Solmont : le futur portail Sud se trouvera à l'abord immédiat d'un accès existant. Cet accès est beaucoup plus commode que l'accès actuel, ce qui facilitera la circulation et l'amenée du matériel pendant les travaux.

Le futur portail nord sera construit à l'altitude de 1'125 m (altitude du portail nord actuel : 1'112 m). Cette conception permet :

- D'augmenter la mise en charge de la conduite traversant La Vallée de La Sagne, donc d'améliorer la capacité de transit en direction de La Chaux-de-Fonds.

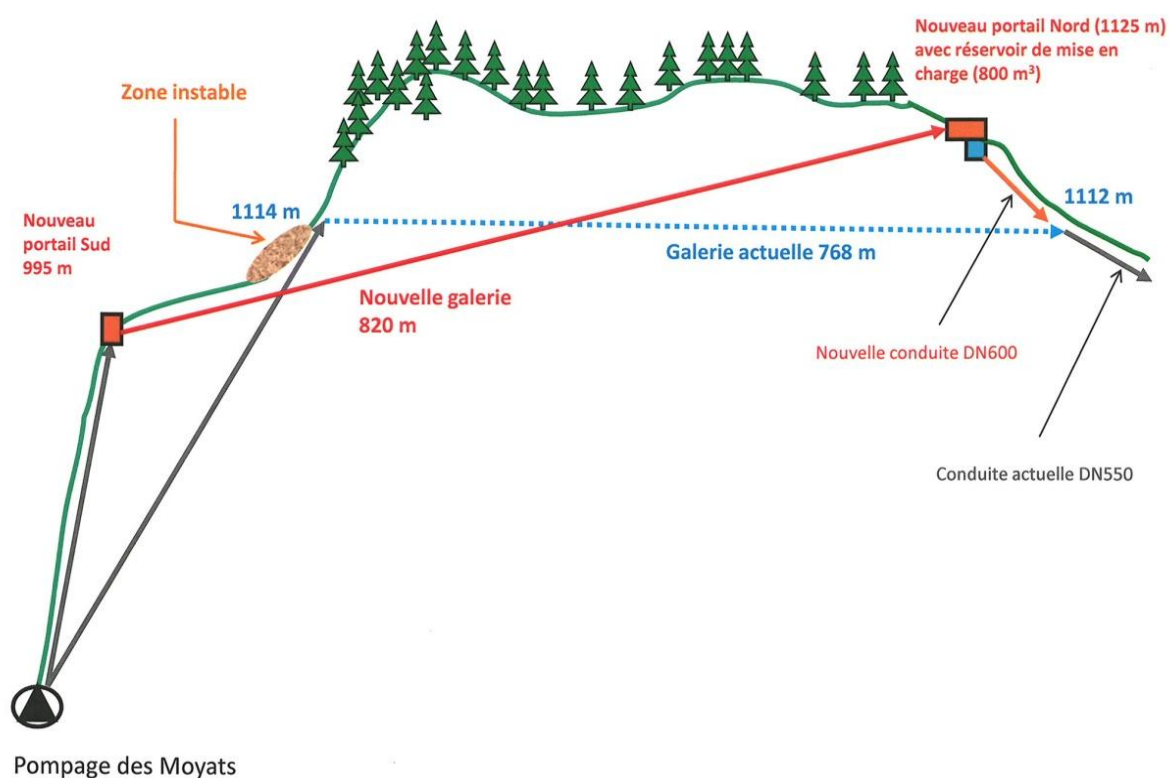
L'augmentation de 13 m de la hauteur de refoulement n'a pas d'incidence significative sur les pompes des Moyats développant 50 bars.

Le futur portail nord accueillera un réservoir tampon d'une contenance totale de 800 m<sup>3</sup>, divisé en deux cuves de même capacité. Ce réservoir a été dimensionné sur la base du volume livré quotidiennement le long de la

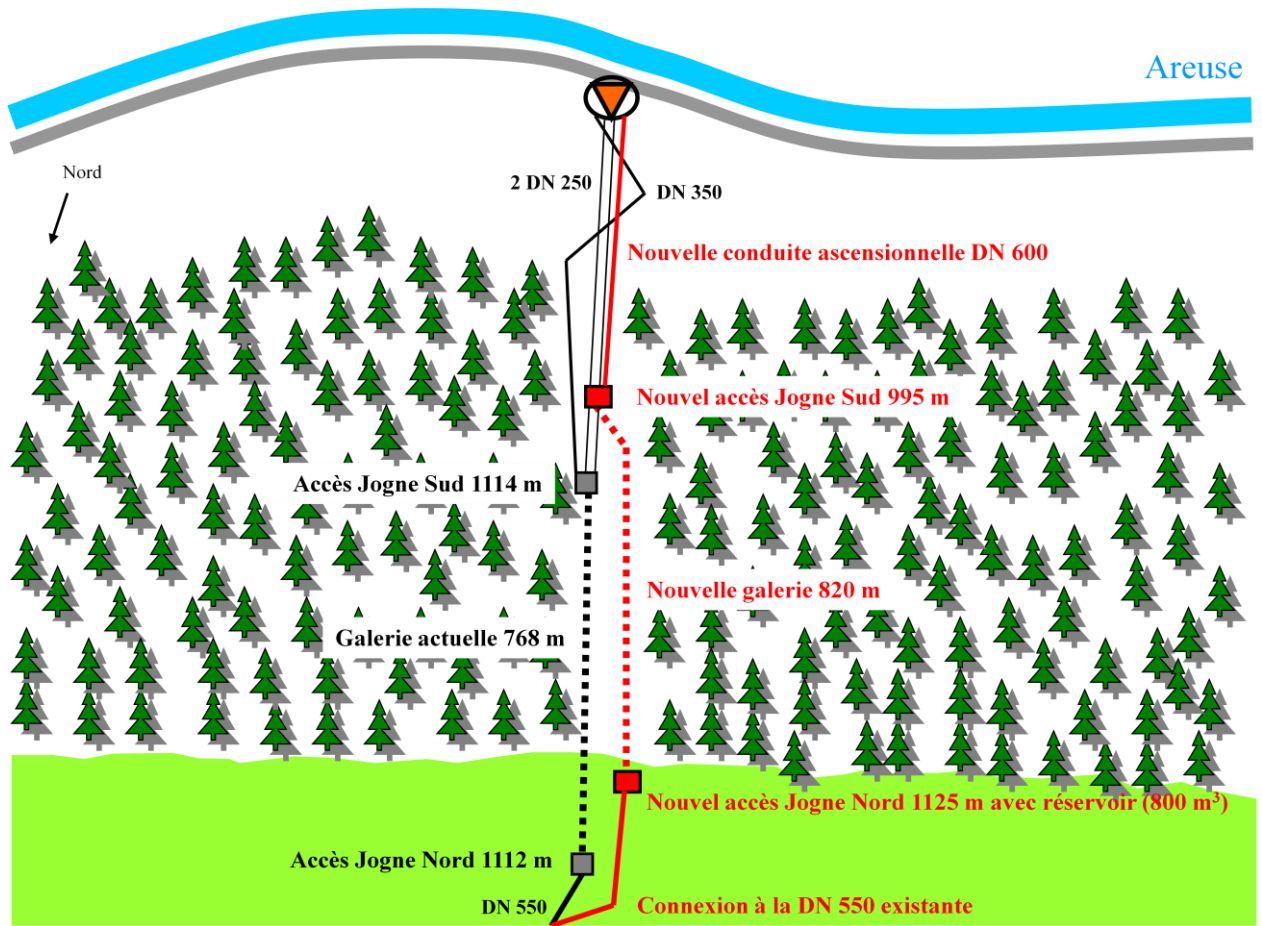
Vallée : il permet d'arrêter le pompage des Moyats durant une journée. Ce réservoir assure donc la sécurité d'approvisionnement de l'ensemble des localités raccordées le long de La Vallée de La Sagne lors de tout problème nécessitant l'arrêt provisoire du pompage à l'usine des Moyats.

L'ouvrage sera de conception habituelle avec la spécificité de fournir un accès à la galerie. Cet accès aura lieu de plain-pied. Les cuves seront enterrées et situées de part et d'autre du couloir menant à la galerie. Le local technique contiendra la tuyauterie ainsi que l'appareillage électrique et les organes de télégestion. Chaque cuve pourra être gérée indépendamment *via* quatre vannes motorisées télégerées (2 vannes d'entrée et 2 vannes de sortie de cuves). Les cuves seront munies de conduites de vidange et de trop-plein permettant l'évacuation dans le terrain d'eau potable qui pourrait accidentellement parvenir en excès au réservoir de Jogne. Ce système d'évacuation d'eau excédentaire occasionnelle existe déjà dans l'actuel ouvrage de Jogne nord.

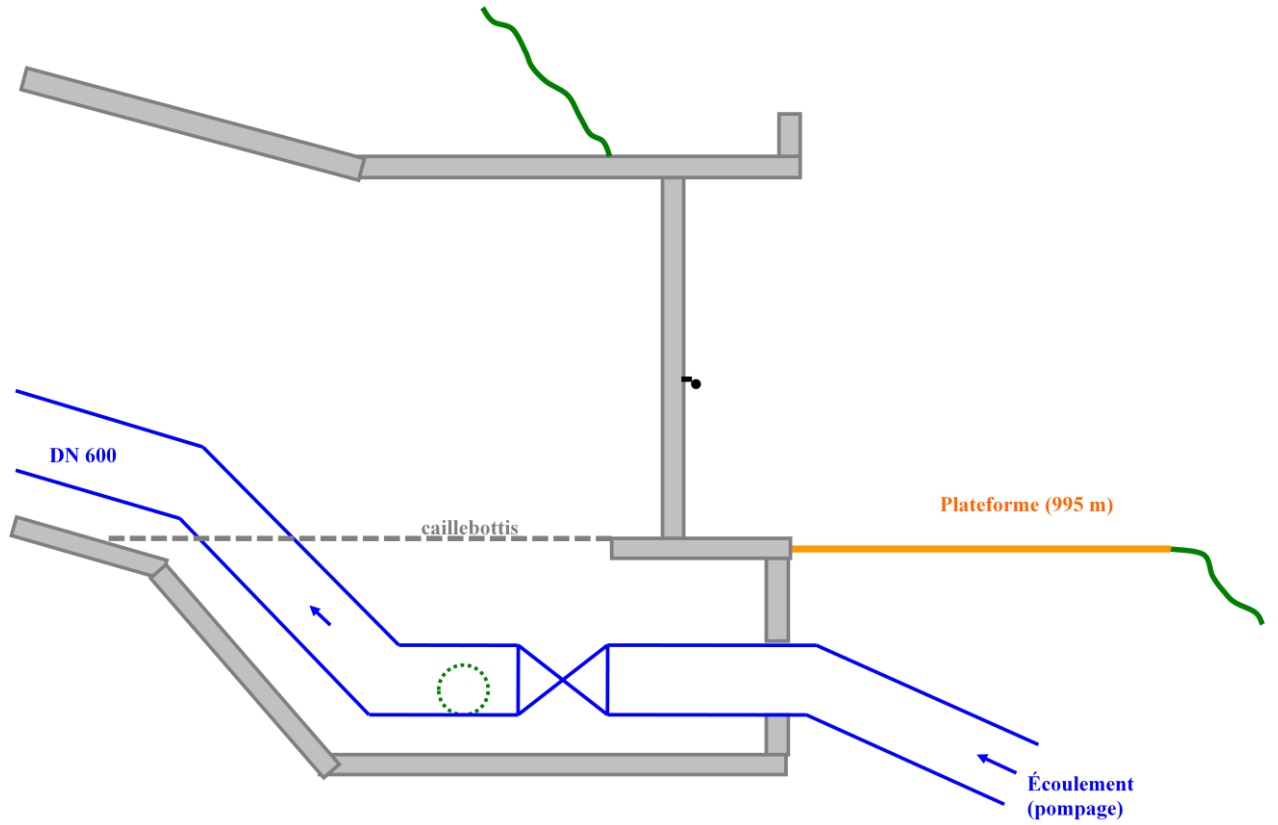
Croquis : situation future sous le massif du Solmont (vue de côté) :



*Croquis : situation future sous le massif du Solmont (vue en plan) :*

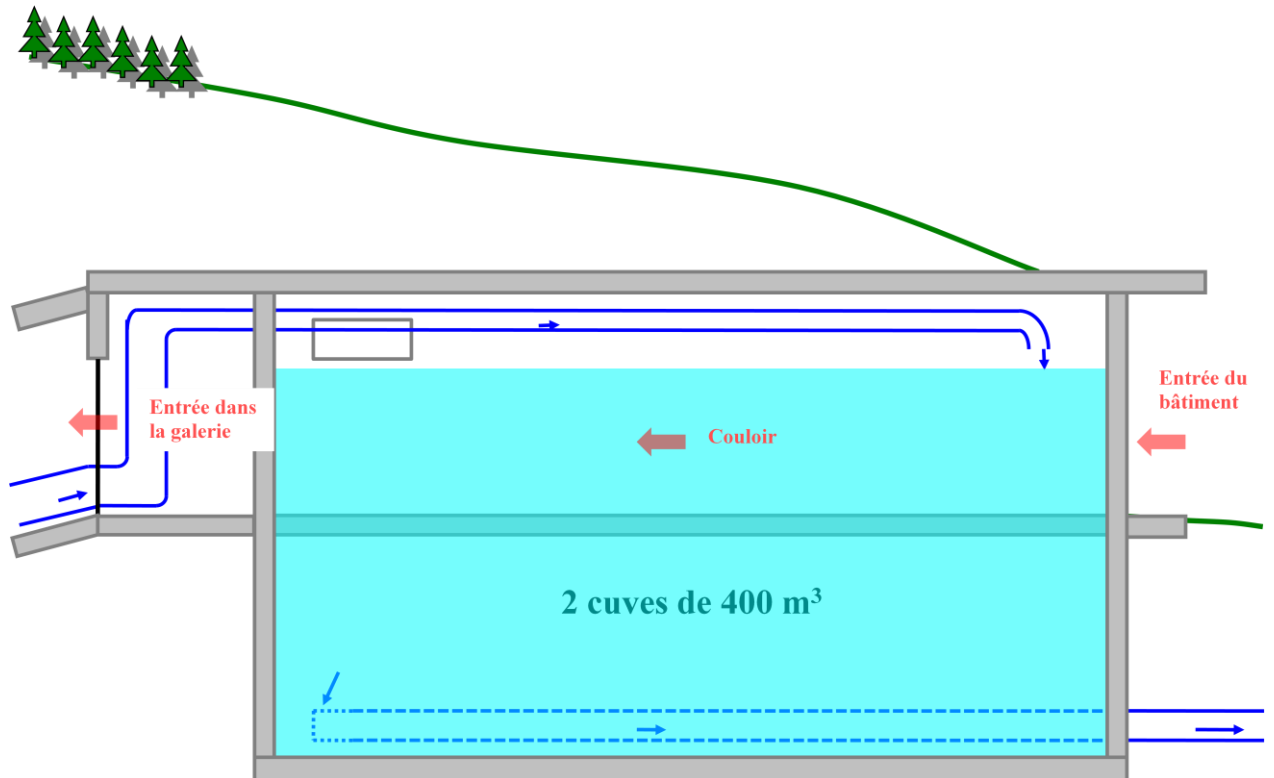


*Croquis : portail d'accès à Jogne sud (vue intérieure de côté) :*

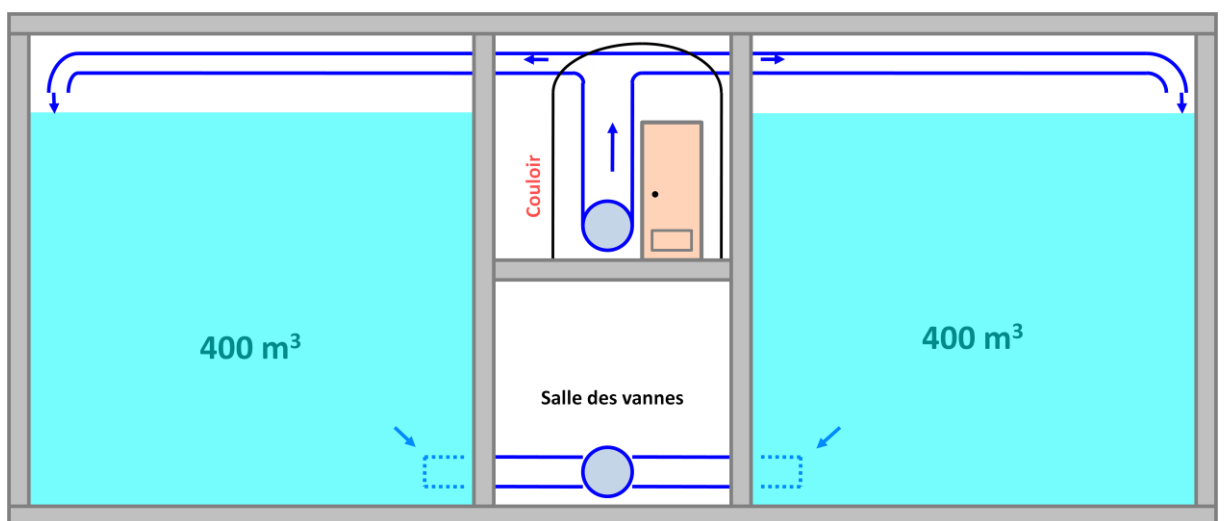




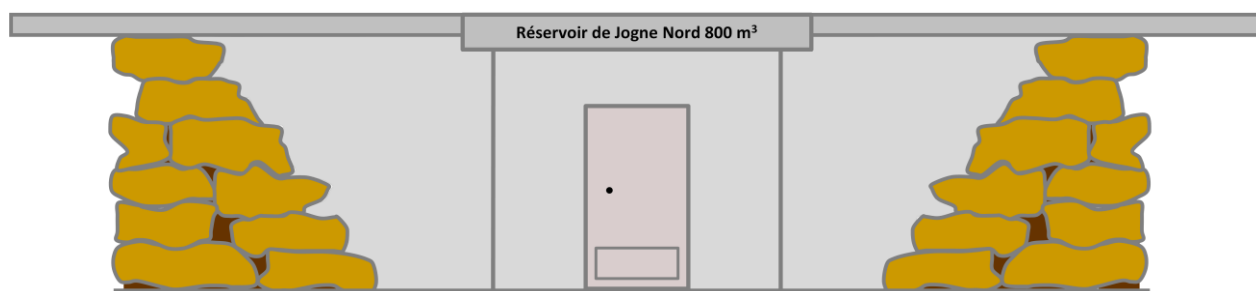
*Croquis : réservoir à Jogne nord (vue intérieure de côté) :*



*Croquis : réservoir à Jogne nord (vue intérieure de face) :*



Croquis : réservoir à Jogne nord (vue extérieure de face) :



### 3.2.3 Description du projet de sécurisation retenu

Récapitulatif :

- Réalisation d'une nouvelle galerie sous le Solmont (820 m) pour accueillir une conduite DN 600,
- Construction d'un réservoir tampon de 800 m<sup>3</sup> à la sortie de la galerie (site de Jogne nord),
- Alimentation électrique de la galerie et des équipements du réservoir de Jogne nord par l'usine des Moyats.

## 3.3 Station de traitement d'eau aux Moyats

### 3.3.1 Constat

- Depuis 1887, soutirage croissant dans les puits de la nappe alluviale entraînant une saturation de la capacité de filtration de l'aquifère;
- Dégradation progressive de la qualité des eaux superficielles;
- Normes de potabilité devenant de plus en plus draconiennes;
- Plusieurs captages montrent des dépassements réguliers des tolérances pour les paramètres bactériologiques;
- Turbidité et carbone organique en teneur supérieure aux normes en période de fortes précipitations;
- Dépassement des normes de concentration en sous-produits de la chloration.

### 3.3.2 Objectifs du traitement

L'eau des Moyats doit être traitée avant distribution. Le traitement doit avoir pour objectifs :

- D'éliminer les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites);
- De réduire la turbidité (légalement, à partir du moment où une eau est filtrée, sa turbidité doit être inférieure à 0.5 FNU);

- D'obtenir une eau biologiquement stable;
- D'éviter la formation de sous-produit de désinfection.

### 3.3.3 Traitements envisageables (étape de clarification)

#### **Filière conventionnelle :**

Elle consiste à abaisser la turbidité par filtration sur sable (précédée ou non des étapes de coagulation-floculation-décantation).

#### **Ultrafiltration (UF) et microfiltration (MF) :**

La turbidité est le plus souvent occasionnée par des minéraux argileux sur lesquels de la matière organique peut être adsorbée. Elle reste ici suffisamment faible pour être abaissée par filtration.

Technique	Pouvoir séparateur [µm]	Pression nécessaire [bar]	Configuration habituelle des membranes	Constituants éliminés
Ultrafiltration	0.005 à 0.1	0.5 à 5	Fibre creuse ou tube	100% colloïdes, algues, bactéries, virus, macromolécules organiques
Microfiltration	0.1 à 1	0.5 à 5	Fibre creuse ou tube	100% colloïdes, algues, bactéries si porosité ≤ 0.2 µm

### 3.3.4 Choix du procédé de clarification

**Le contexte :** pour la ressource de La Chaux-de-Fonds, le risque majeur est de type bactériologique, avec une contamination d'origine fécale.

Or, la filière conventionnelle n'offre aucune garantie quant à l'élimination des parasites et des virus qui ne sont pas retenus dans les filtres à sable, et qui pour certains sont chlororésistants. Cette filière est donc inadaptée.

La microfiltration quant à elle, laisse passer toutes les substances dissoutes, y compris les virus. Elle n'est donc pas adaptée dans notre cas et l'ultrafiltration reste la seule applicable ici.

De plus, dans les régions karstiques, l'ultrafiltration donne des résultats très supérieurs à ceux d'un traitement conventionnel, avec une qualité d'eau traitée pratiquement indépendante des variations de qualité de l'eau brute.

Types de membranes	Microfiltration	Ultrafiltration
Clarification	oui	oui
Décoloration	non	oui
Rétention des pesticides, goûts et odeurs, précurseurs de THM	non	possible

**Résultats des essais pilotes :** des essais pilotes d'ultrafiltration ont été effectués durant 4 mois, de décembre 2001 à avril 2002. Plusieurs constructeurs furent sollicités. Tous montrent que le traitement de type membranaire est bien adapté à la ressource. L'ultrafiltration offre des résultats épuratoires à la hauteur des attentes concernant la rétention des micro-organismes et l'abattement de la turbidité qui reste inférieure à 0.1 FNU.

	VA TECH WABAG	MEMBRATEC	ONDEO
Porosité des membranes	0.02 µm	0.01 µm	0.01 µm
Préfiltration	oui	130 µm	130 µm
Turbidité	0.08 FNU	0.08 FNU	< 0.1 FNU

### 3.3.5 La filière de traitement proposée

- Traitement physique par ultrafiltration (filtration membranaire),
- Dosage de chlore électrolytique pour assurer le maintien de la qualité bactériologique pendant le transport et la distribution.

### 3.3.6 Intérêts et limite de la filière de traitement proposée

#### **Intérêts :**

- La désinfection finale (chloration électrolytique) pourra se faire à un taux beaucoup plus faible qu'actuellement avec une quasi conservation de ce taux tout au long de la distribution. Il ne sera donc plus nécessaire de procéder à des « chlorations choc » dans les réservoirs et le goût de l'eau sera amélioré (forte diminution attendue de la formation des sous-produits de la chloration).
- L'ultrafiltration est une technologie très compacte qui permet généralement de diminuer d'un tiers le volume du bâtiment par rapport aux techniques conventionnelles.

**Limite :**

- Le rétrolavage des membranes de filtration pour éviter leur colmatage entraîne des pertes en eau : 5 à 10% de la production brute sert à ce nettoyage et correspondent à des pertes.

**3.3.7 Site d'implantation de la station de traitement**

3 variantes ont été envisagées.

**Variante 1 : aux Moyats (en rive gauche)****Avantages :**

- Terrain appartenant à la ville de La Chaux-de-Fonds.
- Présence d'un massif rocheux dans le sous-sol (d'après une étude de faisabilité menée en septembre 2008). Cette géologie devra être vérifiée ultérieurement par une étude géologique plus poussée.
- Existence des infrastructures et présence de personnel qualifié sur place.
- Indépendance énergétique : le turbinage sur place et la présence des turbo-pompes permet de continuer le traitement et l'approvisionnement en cas de coupure générale d'électricité.
- Possibilité de traiter uniquement les eaux qui le nécessitent (réduction du volume d'eau traitée et donc réduction des coûts de fonctionnement).
- Les eaux de rétro-lavage ne sont pas préalablement pompées avant rejet (économie d'énergie électrique).
- Possibilité d'évacuer les eaux de rejet vers l'Areuse (rejet des eaux de rétrolavages, de désinfection et de rinçage après dilution).
- L'eau distribuée à Brot-Dessous et dans La Vallée de La Sagne serait de même qualité et livrée au même tarif que celle distribuée à La Chaux-de-Fonds.

**Inconvénients :**

- Contraintes liées au site (travaux en zone de protection de captages, à proximité d'une rivière, dans un site naturel protégé) et à la place disponible réduite, donc augmentation des coûts d'investissement en raison des ouvrages de protection du bâtiment et des enceintes de fouille.
- Nécessité de curer la conduite Ø550 traversant La Vallée de La Sagne pour éliminer les dépôts de limons avant d'y faire transiter de l'eau traitée.
- Durée maximale entre la désinfection finale et la consommation, donc chloration plus forte par rapport à la variante 3.

---

**Variante 2 : à Jogne nord****Avantages :**

- Permet de réduire au maximum la quantité de chlore injectée aux Moyats (injection minimale afin de maintenir un résiduel jusqu'au premier point de livraison, c'est à dire au niveau de la H10).
- Moins de contraintes liées au site (pas de zone de protection, pas de site naturel, grande surface disponible, pas de nécessité de mettre en œuvre des ouvrages particuliers de protection du bâtiment et des enceintes de fouille) donc réduction des coûts d'investissement.
- L'eau distribuée dans La Vallée de La Sagne serait de même qualité et livrée au même tarif que celle distribuée à La Chaux-de-Fonds.
- Durée quasi maximale entre la désinfection finale et la consommation, donc chloration plus forte par rapport à la variante 3.

**Inconvénients :**

- Obligation de traiter la totalité de la ressource.
- Nécessité d'améliorer la desserte en électricité.
- Pas de possibilité d'évacuer les eaux résiduaires.
- Le terrain n'appartient pas à la ville de La Chaux-de-Fonds.
- Absence d'infrastructures et éloignement du site par rapport au lieu de travail du personnel.
- Les coûts d'exploitation seront plus élevés que la variante 1 car les eaux perdues des rétro-lavages ont préalablement été pompées.
- La qualité de l'eau vendue à Brot-Dessous ne sera pas améliorée par rapport à la situation actuelle.
- Nécessité de curer la conduite Ø550 traversant La Vallée de La Sagne pour éliminer les dépôts de limons avant d'y faire transiter de l'eau traitée.

**Variante 3 : côté Chaux-de-Fonds (à proximité des réservoirs de tête de la ville)****Avantages :**

- Moins de contraintes liées au site (pas de zone de protection, pas de site naturel, grande surface disponible, pas de nécessité de mettre en œuvre des ouvrages particuliers de protection du bâtiment et des enceintes de fouille), donc réduction des coûts d'investissement.
- Possibilité de curer la conduite Ø550 traversant La Vallée de La Sagne sans risque de turbidité pour La Chaux-de-Fonds.
- Le terrain appartient à la ville de La Chaux-de-Fonds.
- Energie électrique à disposition.
- Existence des infrastructures et présence de personnel qualifié sur place.
- Durée minimale entre la désinfection finale et la consommation donc chloration plus faible par rapport aux variantes 1 et 2.
- Présence du réseau d'évacuation des eaux à proximité.

Inconvénients :

- Obligation de traiter la totalité de la ressource.
- Une chloration primaire doit être maintenue pour la distribution dans la vallée de La Sagne, ce qui génère :
  - Une dégradation de la qualité de l'eau produite (aussi légère qu'elle soit, une préchloration sera toujours plus préjudiciable qu'une absence de préchloration);
  - Une exploitation plus lourde (maintenance des unités de préchloration, contrôle de son effet sur la qualité de l'eau);
  - Un coût d'investissement et des charges d'exploitation supplémentaires.
- Les coûts d'exploitation seront plus élevés que la variante 1 car les eaux perdues des rétrolavages ont préalablement été pompées.
- La qualité de l'eau vendue à Brot-Dessous et dans La Vallée de La Sagne ne sera pas améliorée par rapport à la situation actuelle et serait facturée à un tarif moindre que celle livrée à La Chaux-de-Fonds.

Comparatif :

		bon	moyen	mauvais		Variante 1 : Aux Moyats	Variante 2 : A Jogne nord	Variante 3 : Côté Chaux-de- Fonds
<u>Critère essentiel</u>						notes attribuées de 0 (moins bonne) à 5 (meilleure)		
Amélioration de la qualité de l'eau distribuée à La Chaux-de-Fonds	20					3	3	5
<u>Critères d'appréciation</u>								
Possibilité d'arrêt de la chloration primaire	15					5	3	0
Pertinence du traitement (possibilité de traiter uniquement les eaux qui le nécessitent soit environ 80% de l'eau consommée par la ville)	12					5	0	0
Coûts d'exploitation (pompage des eaux de nettoyage, évacuation des eaux de nettoyage chimique)	10					5	0	3
Evacuation des eaux usées	8					3	0	5
Amélioration de la qualité de l'eau livrée aux consommateurs branchés sur l'adduction	8					5	3	0
Contraintes liées au site (place disponible, zone protégée, éloignement...)	6					0	1	5
Existence des infrastructures, desserte en électricité	3					5	0	4
Autonomie énergétique sans groupe électrogène	3					5	0	0
Coûts d'investissement engendrés								
<b>Note finale</b> (plus la note est élevée, meilleure est la variante)						<b>339</b>	<b>135</b>	<b>212</b>

**Bilan : la variante 1** apparaît nettement plus appropriée.

### 3.3.8 Éléments relatifs au développement durable

Parmi tous les avantages cités en faveur de l'implantation de l'unité de traitement sur les 3 sites respectifs évoqués, c'est uniquement parmi ceux en faveur du site des Moyats qu'on relève des éléments allant dans le sens du développement durable. Ces éléments sont les suivants :

- Installer la station de traitement aux Moyats permet de traiter uniquement les eaux qui le nécessitent. En effet, près de 20% de l'eau consommée par la ville ne nécessite pas de traitement. Si la station de traitement n'est pas implantée aux Moyats, cette eau serait mélangée avec les autres ressources de moindre qualité lors du transport. Au final, la totalité des eaux nécessiterait un traitement, ce qui induit un accroissement conséquent de la consommation énergétique et des coûts d'exploitation.
- En outre, l'installation de filtration génère entre 5 et 10% de pertes. Si la station de traitement n'est pas implantée aux Moyats, ce volume serait préalablement pompé et élevé de près de 500 m de hauteur avant d'être rejeté. Là encore, on assisterait à un gaspillage énergétique avéré.

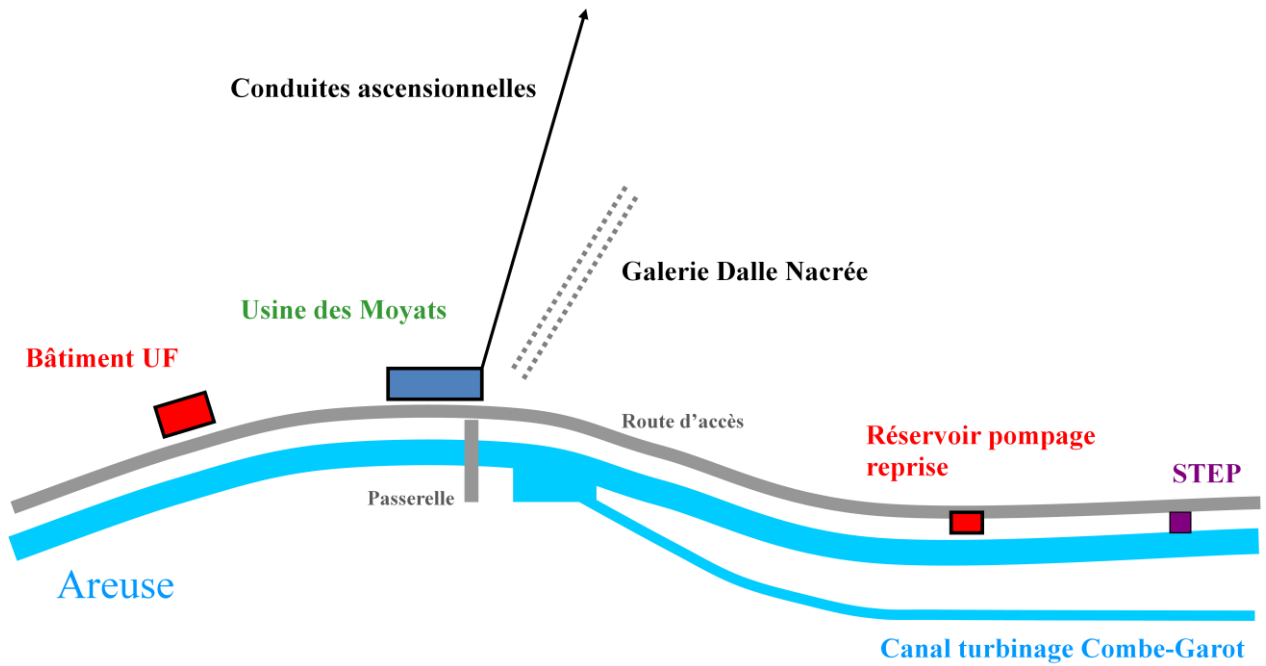
### 3.3.9 Description du projet

#### Implantation des structures

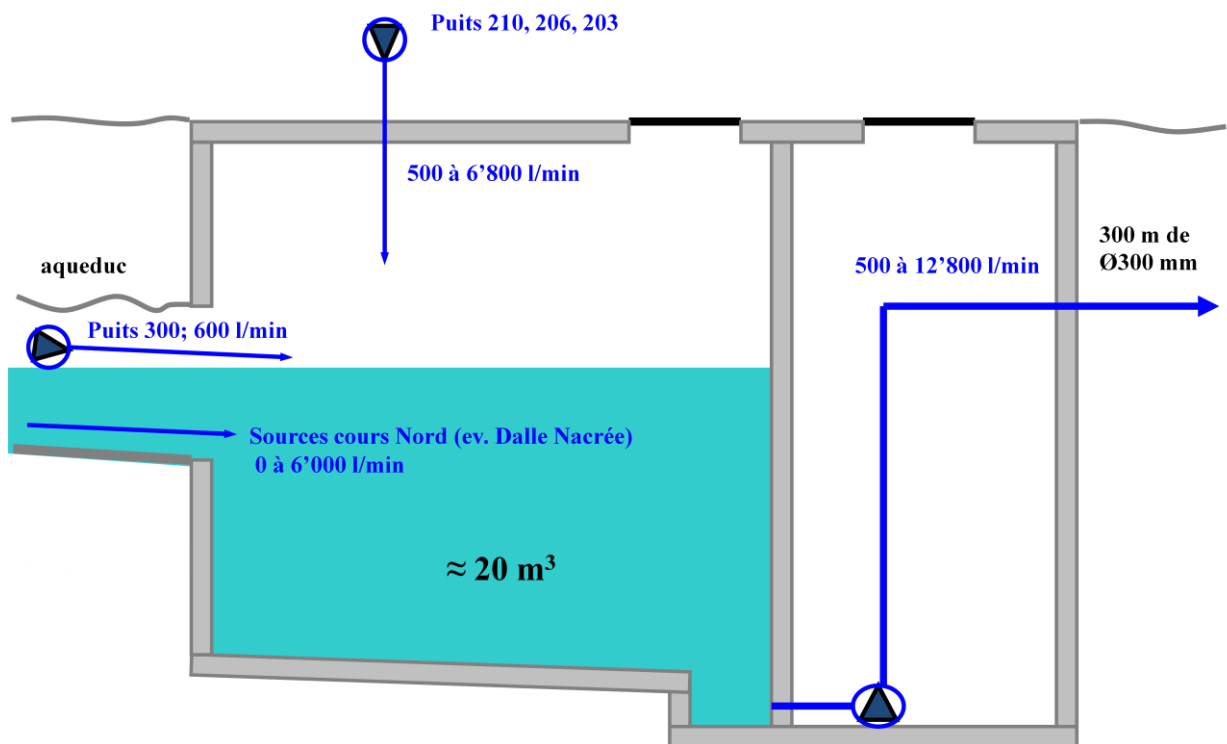
Le bâtiment UF sera implanté environ 70 m en amont de l'usine des Moyats, sur la rive gauche de l'Areuse. Cette implantation permet de recueillir l'eau de l'ensemble des captages amont sans pompage supplémentaire. En revanche, l'eau en provenance des captages aval doit être conduite jusqu'à la chaîne de traitement par pompage. Ce pompage, appelé pompage de reprise sera un ouvrage enterré comprenant un réservoir de 20 m<sup>3</sup> et des pompes munies de variateurs de fréquence permettant d'ajuster le débit refoulé au débit entrant qui dépend de l'hydrologie. Cet ouvrage sera situé 260 m en aval du futur bâtiment UF, sur la rive gauche de l'Areuse.

L'implantation du bâtiment UF permet une extension ultérieure qui pourra accueillir une étape de traitement sur charbon actif. A futur, cette extension (possible au nord du bâtiment), pourra ou non être réalisée en fonction de l'évolution de la qualité de la ressource et / ou des normes applicables sur l'eau potable.

Croquis de la situation future; site des Moyats :



Croquis du pompage de reprise :



### Capacité de filtration

Les équipements pourront assurer une production journalière nette d'eau filtrée de :

- 12'500 m<sup>3</sup> en production moyenne,
- 16'300 m<sup>3</sup> en production de pointe.

L'eau de la Dalle Nacrée rejoindra directement le réservoir de pompage des Moyats (situation actuelle) car cette ressource ne nécessite pas de traitement. L'eau des autres ressources convergera vers la filtration soit gravitairement soit *via* le pompage de reprise. Néanmoins, il sera possible d'acheminer l'eau de la Dalle Nacrée vers la filtration au cas où à futur, cette ressource vienne à nécessiter un traitement.

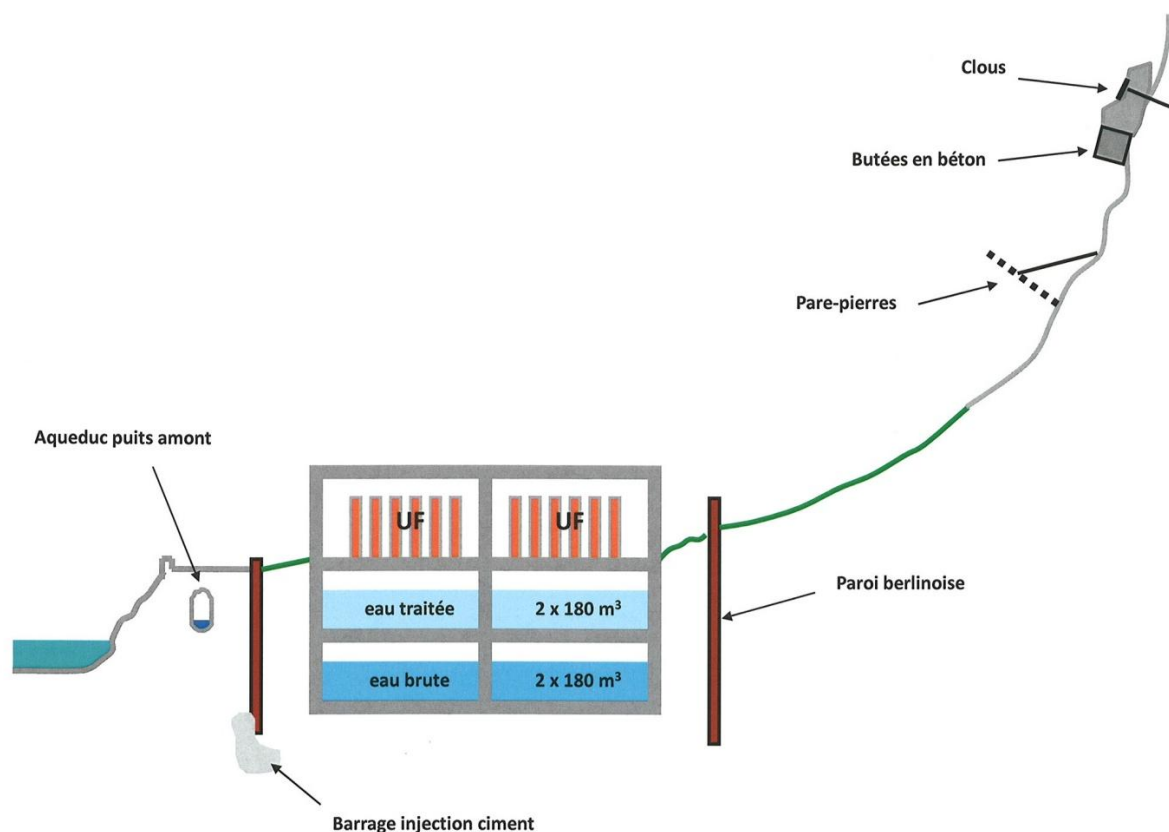
### Conception du bâtiment UF

Le bâtiment UF comportera 3 étages et sera conçu de la façon suivante :

	Dimensions (m)			Fonctions et équipements
	Longueur	Largeur	Hauteur	
Etage (-2) <i>enterré</i>			3.50	2 cuves d'eau brute de 180 m <sup>3</sup> chacune, 3 pompes qui envoient l'eau brute vers le traitement.
Etage (-1) <i>enterré</i>			3.20	2 cuves d'eau filtrée de 180 m <sup>3</sup> chacune évacuant leur contenu par gravité vers le réservoir de pompage des Moyats, 2 pompes permettant le nettoyage des équipements de filtration, 1 cuve de neutralisation (50 m <sup>3</sup> ) recueillant les eaux contenant les agents nettoyants des équipements de filtration. Ces eaux seront évacuées périodiquement par camion vers une station d'épuration, 2 cuves d'eau de rejet de 100 m <sup>3</sup> chacune. Ces eaux contiennent ce que les équipements de filtration ont retenu ainsi que de très faibles doses de chlore. Ces eaux seront évacuées dans le canal de turbinage de Combe-Garot (1)
Rez-de-chaussée <i>apparent</i>			3.80 m	Les équipements de filtration, Une soufflante, 2 locaux de stockage des agents nettoyants des équipements de filtration, Le centre de conduite de l'usine (armoires électriques et équipement informatique)

- (1) *Les dilutions sont tellement importantes que les concentrations en matières en suspension et en chlore sont loin d'avoir un impact sur l'écosystème de l'Areuse. Quoiqu'il en soit, ces rejets feront l'objet d'un contrôle et nécessiteront l'accord du Service Cantonal de la Protection de l'Environnement (SCPE).*

Une étude de faisabilité du bâtiment sur le site a fait l'objet d'un mandat confié à un bureau d'ingénieurs civils SIA. Afin de garantir la pérennité du bâtiment, les mesures de protection mécanique ci-dessous seront mises en œuvre.



### Alimentation électrique

Le bâtiment UF ainsi que le pompage de reprise seront alimentés par l'usine des Moyats.

Il s'avère que les câbles électriques alimentant les puits 206, 110, 111, 112 et 113 ainsi que les câbles de commande assurant la télégestion des puits 206, 203, 110, 111, 112 et 113 doivent être renouvelés. Le renouvellement de ces lignes aura lieu simultanément à la réalisation du projet qui nécessite l'ouverture de nombreuses fouilles. Il serait en effet bien regrettable de ne pas profiter de l'ouverture de ces fouilles pour effectuer le renouvellement des câbles qui le nécessitent.

### 3.4 Modification de l'étape de désinfection

L'étape de désinfection au chlore électrolytique prévue dans la future filière de traitement par ultrafiltration sera alors mise en œuvre de manière anticipée.

Mais les propriétés du chlore électrolytique sont bien différentes de celle du bioxyde de chlore :

- Le pouvoir désinfectant du chlore électrolytique est plus faible que celui du bioxyde de chlore;
- Au contact de la matière organique, le chlore électrolytique forme des trihalométhanes (THM) toxiques, c'est pourquoi le législateur a fixé une valeur de tolérance à 25 µg/L pour les THM.

Afin de limiter la formation de THM, il convient d'organiser la désinfection en 2 temps : 2 injections de doses réduites de chlore formeront moins de THM qu'une seule injection à un endroit déterminé.

En résumé, sans l'usine d'ultrafiltration, le bioxyde de chlore est plus approprié que le chlore électrolytique. Mais au regard des difficultés rencontrées et pour des raisons de sécurité, la modification de l'étape de désinfection est incontournable et ne peut pas attendre la construction de l'usine de filtration. Il faut donc recourir à une désinfection par chlore électrolytique qui doit impérativement se composer de 2 injections durant le transfert Moyats – Chaux-de-Fonds. Après la construction de l'usine de traitement, l'étape de désinfection se limitera à une seule injection de chlore sur le site des Moyats. Mais en attendant cette usine de traitement, un deuxième point d'injection doit être choisi pour la chloration secondaire. Plusieurs variantes ont été envisagées. Le site de La Combedes-Eaux serait le plus favorable, mais l'absence d'électricité génère des coûts prohibitifs. La mise en place d'une chloration électrolytique aux réservoirs de tête nécessiterait l'achat de 2 unités de production, d'où là aussi un coût trop élevé. Finalement, le choix pour l'implantation de la chloration secondaire s'est porté sur l'entrée de la galerie de La Corbatière (le site est desservi en électricité). Le temps que les travaux de percement de la nouvelle galerie de La Corbatière se terminent, une injection de chlore en amont des infiltrations permettrait d'assurer une certaine sécurité sur le plan sanitaire.

Le remplacement du bioxyde de chlore aux Moyats par du chlore électrolytique a lieu pour la sécurité des personnes, ce qui va augmenter les risques sanitaires quant à l'eau distribuée. L'ajout d'une chloration électrolytique à La Corbatière est nécessaire pour tenter de contrecarrer ce risque.

**Dès remplacement du bioxyde de chlore par le chlore électrolytique, le traitement de l'eau aux Moyats et la sécurisation de l'adduction doivent être entrepris rapidement car le chlore électrolytique offre une moins bonne protection que le bioxyde de chlore en raison de son pouvoir germicide plus faible. Une telle situation peut donc être tolérée, mais seulement de manière provisoire.**

---

Remarque : la chloration de secours installée à La Combe-des-Eaux en novembre 2007 fonctionne sur batteries et est sans commune mesure avec la chloration électrolytique secondaire mentionnée ci-avant.

### 3.5 Conduites ascensionnelles

#### 3.5.1 Constat

- Une seule conduite de DN 600 sera posée dans la galerie de Jogne. Les travaux d'adaptation des conduites ascensionnelles actuelles sur celle de la galerie de Jogne représentent des travaux complexes et très coûteux (environ CHF 180'000.- HT). Par ailleurs, on ne peut s'attendre à aucune garantie quant au résultat des travaux étant donné l'âge des conduites qui vont recevoir de nouvelles contraintes pour opérer les modifications nécessaires.
- Une fouille devra être exécutée entre l'usine des Moyats et l'entrée de la future galerie de Jogne pour alimenter cette dernière en électricité et pour y passer un câble de commande.

#### 3.5.2 Concept

Au vu de ce qui précède, il est alors beaucoup plus pertinent de prévoir le remplacement complet des conduites ascensionnelles : elles seront remplacées par une unique conduite de refoulement d'un diamètre de 600 mm. La même fouille accueillera :

- la nouvelle conduite de refoulement DN 600,
- l'alimentation électrique de la galerie de Jogne et du réservoir de Jogne nord,
- le câble de commande pour la télégestion des équipements du réservoir de Jogne nord.

#### 3.5.3 Description du projet

Depuis le bâtiment des Moyats, la conduite DN 600 empruntera la portion de galerie qu'empruntent actuellement les 2 conduites DN 250. Elle sera ensuite posée en fouille traditionnelle jusqu'à l'entrée du nouvel ouvrage à Jogne sud. La nouvelle conduite empruntera le tracé des 2 conduites de DN 250 : c'est le tracé le plus direct pour joindre l'usine des Moyats au site de Jogne sud. La conduite de DN 350 quant à elle suit un tracé sensiblement différent. Durant les travaux, elle assurera la livraison d'eau à La Chaux-de-Fonds et dans La Vallée de La Sagne. Après les travaux, toute l'adduction transitera par la conduite ascensionnelle DN 600 suivie de la nouvelle galerie de Jogne.

---

## 4. Synthèse et justificatifs

### 4.1 Modification de l'étape de désinfection

**Le remplacement de l'installation de production de bioxyde de chlore par** une installation de chloration électrolytique se justifie par les arguments suivants :

- Se mettre en **conformité** avec les normes OPam;
- **Eviter des investissements d'importance déraisonnée** par rapport au but recherché;
- Améliorer la **sécurité** du site de travail;
- **S'affranchir des difficultés d'approvisionnement** des réactifs.

### 4.2 Nouvelles galeries de Jogne et de La Corbatière

La création d'une nouvelle galerie à La Corbatière et à Jogne se justifie par les arguments suivants :

- **Garantir la qualité de l'eau de la Ville de La Chaux-de-Fonds**  
La mise sous conduite isole l'eau de consommation de toutes les eaux exogènes contaminées ainsi que de tout produit toxique pouvant s'introduire accidentellement dans les galeries actuelles.
- **Garantir la livraison d'eau à la Ville de La Chaux-de-Fonds**  
La mise sous conduite écarte le risque d'arrêt de l'adduction pouvant survenir à la suite d'un effondrement d'une des galeries.
- **Maintien d'une adduction gravitaire**  
Actuellement, l'usine des Moyats est autonome sur le plan énergétique; le projet de sécurisation adopté permet de conserver une adduction gravitaire en aval du pompage des Moyats, donc l'adduction en eau de la ville reste indépendante des aléas du réseau électrique.

### 4.3 Conduites ascensionnelles

La pose d'une nouvelle conduite ascensionnelle DN 600 se justifie par :

- **L'âge des conduites DN 250 actuelles datant de 1887**
- **La difficulté et les coûts inhérents à l'adaptation** des trois conduites ascensionnelles sur la nouvelle conduite DN 600 qui sera installée dans la nouvelle galerie de Jogne
- **La diminution des pertes de charge au refoulement**, ce qui permet de rehausser le futur portail à Jogne nord sans influence significative sur la capacité de refoulement des pompes des Moyats.

#### 4.4 Station de traitement aux Moyats

La construction d'une station de traitement d'eau se justifie par la nécessité :

- **D'abattre la turbidité** (clarifier l'eau);
- **De retenir tous les éléments pathogènes** contenus dans l'eau.

Le choix du site des Moyats se justifie par :

- **L'économie d'énergie :**
  - En ne traitant que les apports d'eau qui le nécessitent (donc réduction des coûts d'exploitation);
  - En ne pompant pas l'eau utilisée pour le lavage des installations;
- **l'autonomie énergétique** (production d'électricité sur place).

### 5. COUTS

#### 5.1 Tunnel de La Corbatière

Le devis comprend :

- La traversée de la route cantonale et du parking sur le site de La Corbatière en fouille traditionnelle;
- La réalisation de la nouvelle galerie et la pose de la conduite sous le massif de La Corbatière;
- La construction des portails d'accès à chaque extrémité de la galerie;
- Le raccordement de ce nouveau tronçon aux conduites existantes;
- L'achat d'eau au Sivamo.

**et s'élève à CHF 7'865'000 .- HT**

Pour la plupart des domaines d'activités impliqués, le devis a été élaboré à partir d'estimations communiquées par des entreprises spécialisées. L'évaluation des coûts liés à l'excavation de la galerie ainsi que la réalisation du gros oeuvre de la galerie et des portails d'accès à chaque extrémité ont fait l'objet d'un mandat confié à un bureau d'ingénieurs. Ce devis figure à l'annexe 4A.

#### 5.2 Travaux site des Moyats avec construction d'une chaîne de traitement (CTE)

Le devis comprend :

- Le renouvellement des câbles électriques et de commande des puits captants;

- Le renouvellement des conduites d'adduction d'eau des puits captants aval (puits 210 et 206);
- La construction d'un réservoir de pompage enterré pour l'amenée des eaux des puits aval à la future CTE;
- Les conduites de liaison entre la future CTE et le bassin de pompage des Moyats;
- La construction d'une CTE.

L'évaluation des coûts liés à l'excavation et au gros oeuvre du bâtiment de la CTE ont fait l'objet du mandat confié à un bureau d'ingénieurs civils SIA.

Le devis s'élève à CHF 11'775'000 .- HT

et figure à l'annexe 4B.

Compte tenu de la proposition de planning (voir le chapitre 6), CHF 135'000.- sont utilisés pour la modification de l'étape de désinfection. Le coût total **s'élève donc à CHF 11'640'000.- HT.**

### 5.3 Modification de l'étape de désinfection

Le devis élaboré pour la modification urgente du système de désinfection en 2010 **s'élève à CHF 135'000.- HT.**

### 5.4 Tunnel de Jogne (y compris un réservoir)

Le devis comprend :

- La réalisation de la nouvelle galerie et la pose de la conduite sous le massif du Solmont;
- La construction des portails d'accès à chaque extrémité de la galerie;
- La pose d'une conduite de DN 600 à l'extrémité nord pour le raccordement à la conduite DN 550 existante;
- l'achat d'eau au Sivamo.

**et s'élève à CHF 7'410'000 .- HT**

Pour la plupart des domaines d'activités impliqués, le devis a été élaboré à partir d'estimations communiquées par des entreprises spécialisées.

L'évaluation des coûts liés à l'excavation de la galerie ainsi que la réalisation du gros oeuvre de la galerie, du portail d'accès à Jogne Sud et du réservoir à Jogne Nord ont fait l'objet d'un mandat confié à un bureau d'ingénieurs.

Ce devis figure à l'annexe 4C.

### 5.5 Conduite ascensionnelle

Le devis comprend :

- La pose d'une nouvelle conduite ascensionnelle DN 600;
- L'alimentation électrique et la commande à destination de la future galerie de Jogne.

**et s'élève à CHF 2'530'000.- HT**

Ce devis figure à l'annexe 4D.

### 5.6 Montant total hors taxe des travaux

<b>Projets :</b>	<b>Montants arrondis CHF HT</b>
Modification urgente de l'étape de désinfection	135'000.-
Galerie de La Corbatière	7'865'000.-
Subtotal :	<b>8'000'000.-</b>

Travaux aux Moyats avec construction d'une CTE	<b>11'640'000.-</b>
Galerie de Jogne (y compris un réservoir)	7'410'000.-
Conduite ascensionnelle	2'530'000.-
Subtotal :	<b>9'940'000.-</b>
Total Projets :	<b>29'580'000.-</b>

Tous ces montants ont été estimés avec les prix à disposition **en mai 2009**.

## **6. Proposition de planning**

Nous proposons de décomposer les travaux prévus pour la rénovation et le renouvellement du système d'adduction d'eau de La Chaux-de-Fonds en 3 étapes, chaque étape faisant l'objet d'une demande de crédit :

### **Première étape :**

- Construction de la galerie de La Corbatière;

- Modification de l'étape de désinfection à l'usine des Moyats et mise en œuvre d'une chloration électrolytique secondaire à La Corbatière.

### **Seconde étape :**

- Construction de l'usine de filtration aux Moyats.

### **Troisième étape :**

- Construction de la galerie de Jogne et d'un nouveau réservoir;
- Pose de la nouvelle conduite ascensionnelle entre l'usine des Moyats et la nouvelle galerie de Jogne.

Vous trouvez ci-dessous le planning prévisionnel :

Travaux	Crédit (HT)	Délai
---------	-------------	-------

### **Première étape :**

Modification de l'étape de désinfection à l'usine des Moyats et mise en œuvre d'une chloration électrolytique secondaire à La Corbatière	<b>CHF 8'000'000.-</b>	2010
Sécurisation totale du tunnel Corbatière – Combe-des-Eaux par forage d'une nouvelle galerie sous le massif de La Corbatière avec mise sous tuyau de l'adduction		2011

### **Seconde étape : crédit qui sera demandé en 2011**

Implantation d'une station de traitement aux Moyats (ultrafiltration)	<b>CHF 11'640'000.-</b>	2012
---	-------------------------	------

### **Troisième étape : crédit qui sera demandé en 2013-2014**

Sécurisation totale du tunnel de Jogne par forage d'une nouvelle galerie sous le massif du Solmont avec mise sous tuyau de l'adduction Et Remplacement des conduites ascensionnelles entre Les Moyats et Jogne sud : pose d'une nouvelle conduite ascensionnelle DN 600	<b>CHF 9'940'000.-</b>	2014-2015
---	------------------------	-----------

## 7. Financement

### 7.1 Subventions cantonales

Suite à notre demande préalable de subvention au fonds cantonal des eaux, le Service cantonal de la protection de l'environnement (SCPE) nous a répondu en date du 22 juillet 2009 que la promesse de subvention pourrait être structurée de la façon suivante :

	Montants HT CHF	Taux de subvention	Montant de la subvention CHF	Montants HT à charge CHF
Modification de l'étape de désinfection	135'000.-	20%	27'000.-	108'000.-
Galerie de La Corbatière	7'865'000.-	20%	1'573'000.-	6'292'000.-
Usine de traitement aux Moyats	11'640'000.-	20%	2'328'000.-	9'312'000.-
Galerie de Jogne	7'410'000.-	20%	1'482'000.-	5'928'000.-
Conduite ascensionnelle	2'530'000.-	0%	-	2'530'000.-
<b>Totaux :</b>	<b>29'580'000.-</b>	<b>18.29%</b>	<b>5'410'000.-</b>	<b>24'170'000.-</b>

## 7.2 Préfinancement par la réserve Presta-Jogne

	Montants HT à charge CHF	Déduction par la réserve Presta selon % sur total CHF	Montant HT à financer CHF
Modification de l'étape de désinfection	108'000.-	34'504.-	73'496.-
Galerie de La Corbatière	6'032'000.-	2'010'122.-	4'281'878.-
Usine de traitement aux Moyats	9'312'000.-	2'974'930.-	6'337'070.-
Galerie de Jogne	5'928'000.-	1'893'834.-	4'034'166.-
Conduite ascensionnelle	2'530'000.-	646'610.-	1'883'390.-
<b>Totaux :</b>	<b>23'910'000.-</b>	<b>7'560'000.-</b>	<b>16'610'000.-</b>

	Montant HT à financer CHF	Durée d'amortissement	Amortissement + intérêts sur la moitié du capital investi
Modification de l'étape de désinfection	73'496.-	40 ans	3'014.-
Galerie de La Corbatière	4'281'878.-	40 ans	175'557.-
Usine de traitement aux Moyats	6'337'070.-	40 ans	259'820.-
Galerie de Jogne	4'034'166.-	40 ans	165'401.-
Conduite ascensionnelle	1'883'390.-	40 ans	77'219.-
<b>Totaux :</b>	<b>16'610'000.-</b>		<b>681'011.-</b>

En application des directives établies par le Service des communes, la charge financière annuelle, au taux moyen des emprunts de la Ville de 3.2 %, et sur la totalité de l'investissement moins le préfinancement et les subventions espérées, sera de CHF 681'011.-.

### 7.3 Répercussion sur le prix de l'eau

#### Nombre de m<sup>3</sup> vendus annuellement

Année	m <sup>3</sup> vendus
2003	3'830'000
2004	3'577'000
2005	3'560'000
2006	3'484'000
2007	3'246'000
2008	3'240'000

Hypothèse :

Tendance consommation d'eau à partir de 2012 : **3'100'000 m<sup>3</sup>/an**

Avec l'investissement global de CHF 29'580'000.- HT, la charge totale représente une hausse du prix de l'eau de **21.97 ct/m<sup>3</sup>**.

## **8. Conclusions**

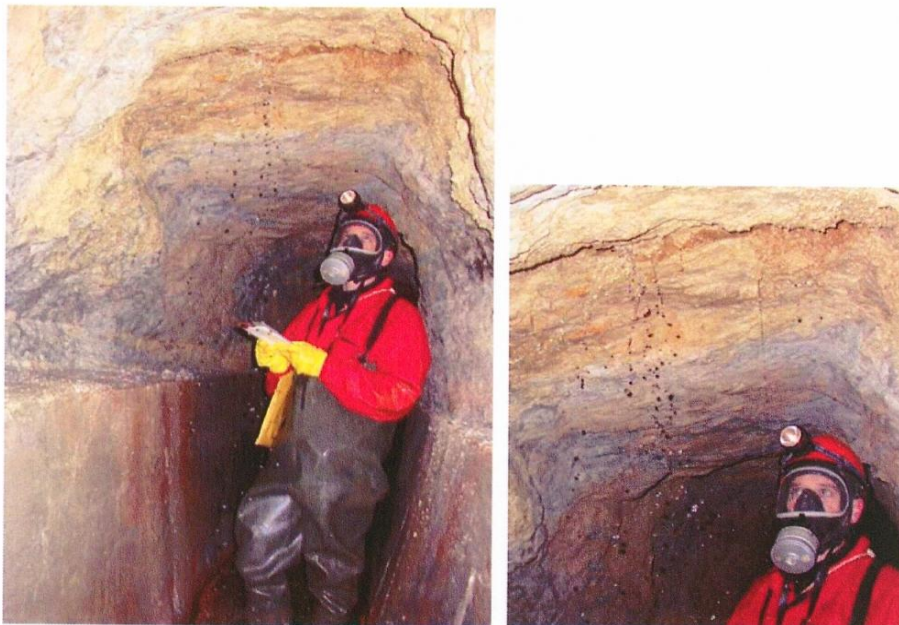
En fonction des connaissances acquises ces dernières années et exposées dans ce rapport, il s'avère nécessaire d'effectuer des travaux d'envergure pour la sécurité d'approvisionnement en eau potable de près de 40'000 consommateurs.

## **Annexe 2**

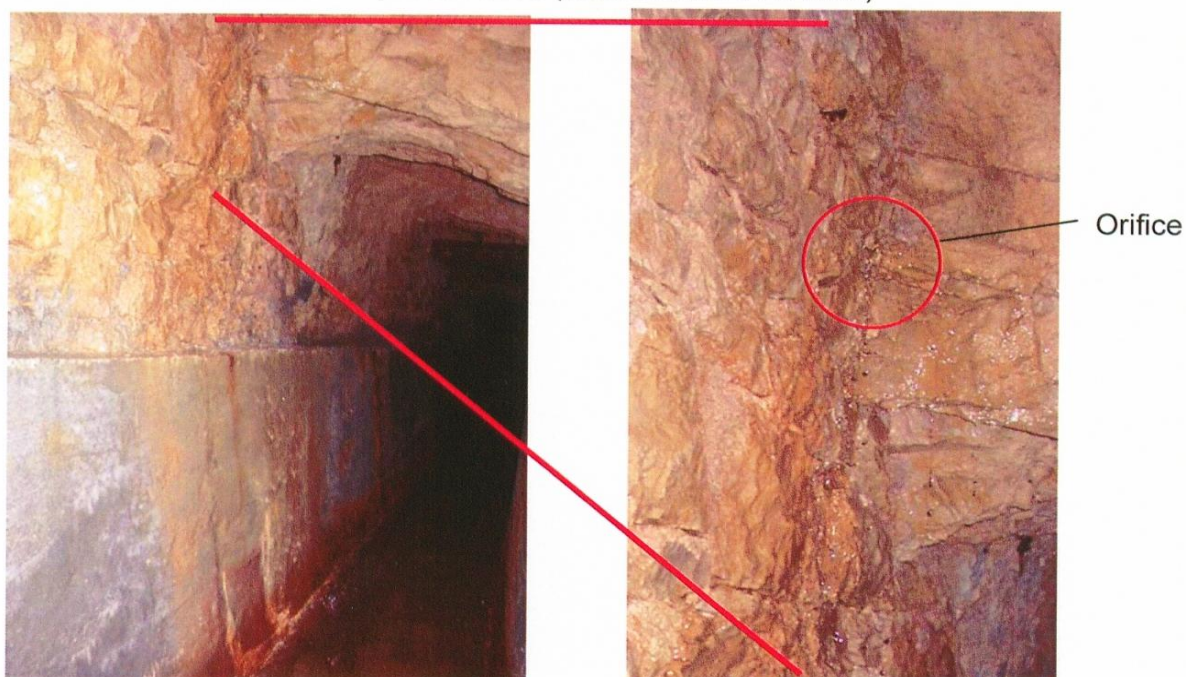
### **Galerie Corbatière : Photos**

**Photos des arrivées d'eau observées le 26 octobre 2004 (forte crue)**

Arrivée d'eau à 39 m du portail nord (débit estimé à 5 l/min)



Arrivée d'eau à 212 m du portail nord (débit estimé à 25 l/min)

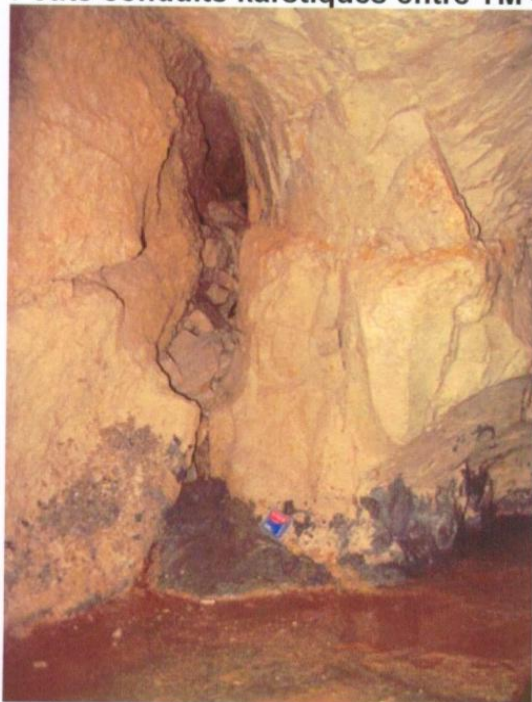


**Arrivée d'eau à 920 m du portail nord**  
(170 m de La Corbatière), débit estimé à 45 l/min

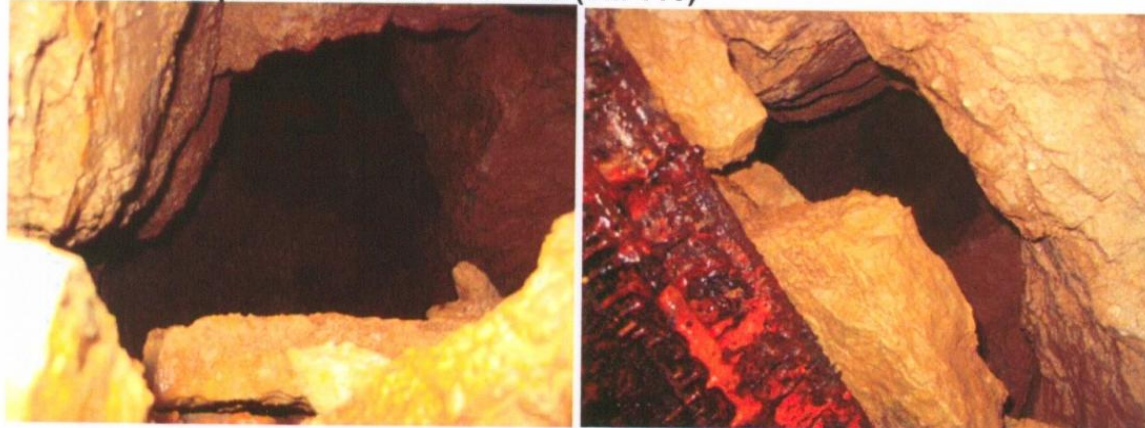


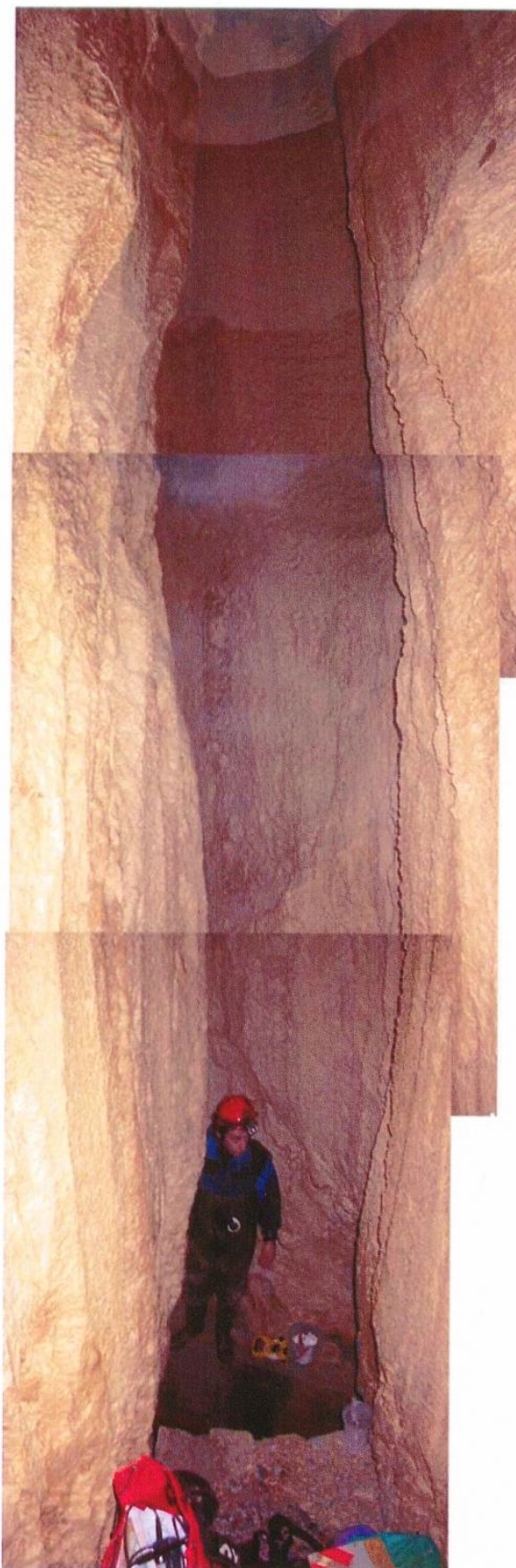
***Photos des points observés le 16 novembre 2004***

**Petits conduits karstiques entre TM 480 et 450**



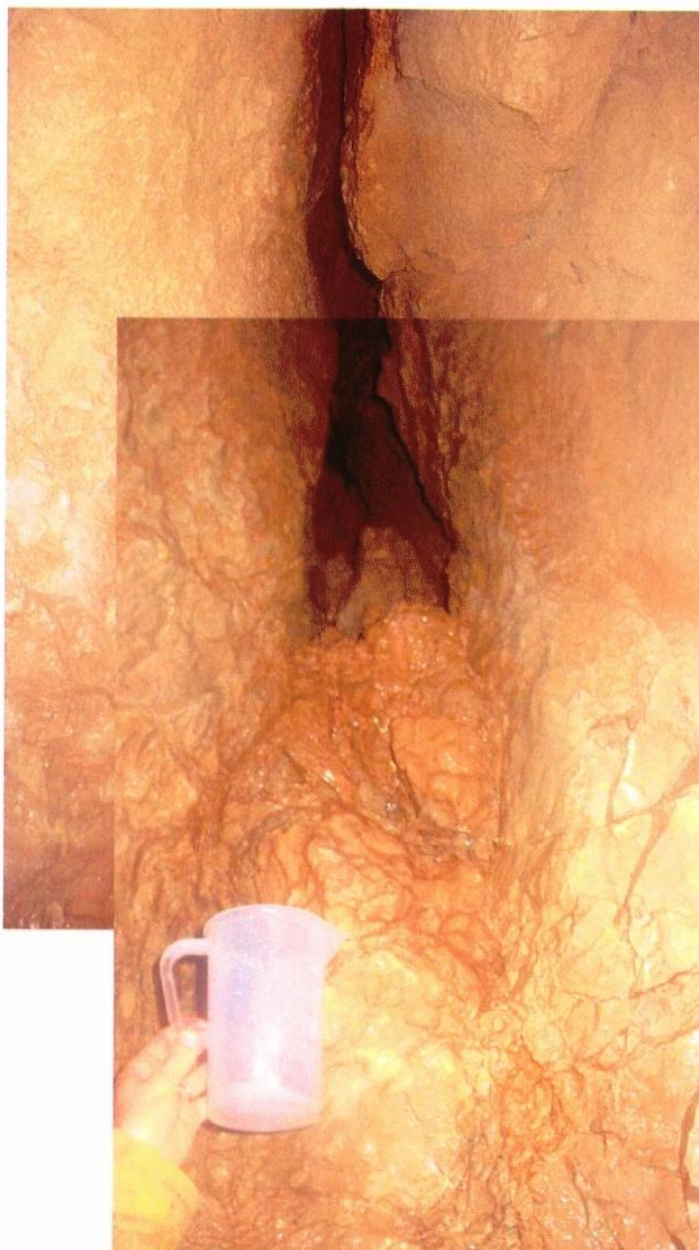
**Cavités karstiques au dessus des rails (TM 110)**



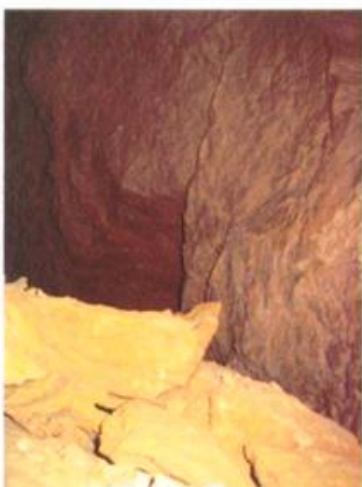
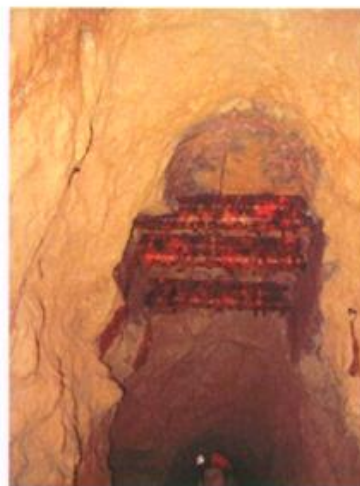


Vue d'ensemble du méandre karstique recoupant la galerie (hauteur totale environ 14 m).

**Arrivée d'eau à 920 m du portail nord (débit mesuré à 0.8 l/min)**

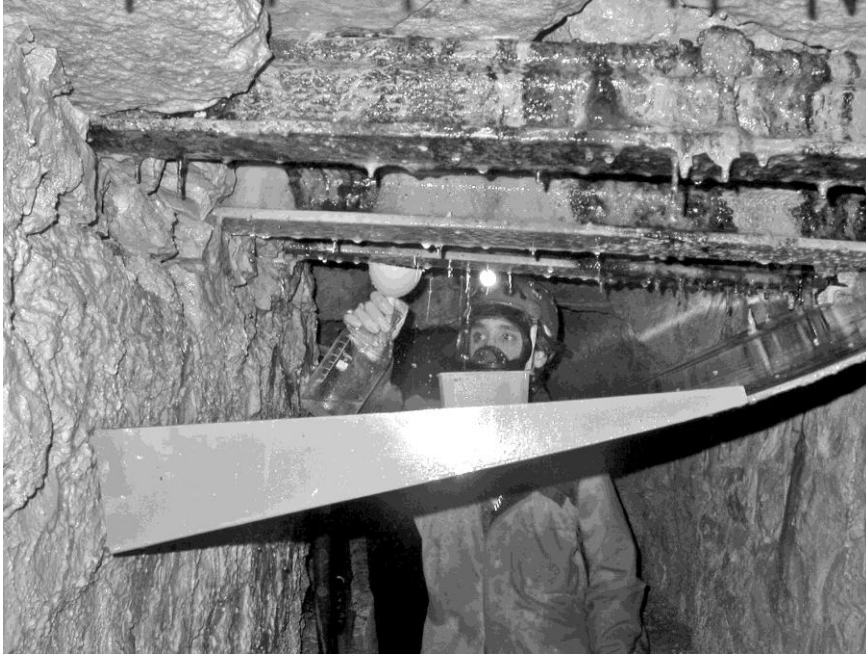


**Zone étayée par des rail au TM 520.  
La photo 5 montre le vide situé au dessus des rails.**

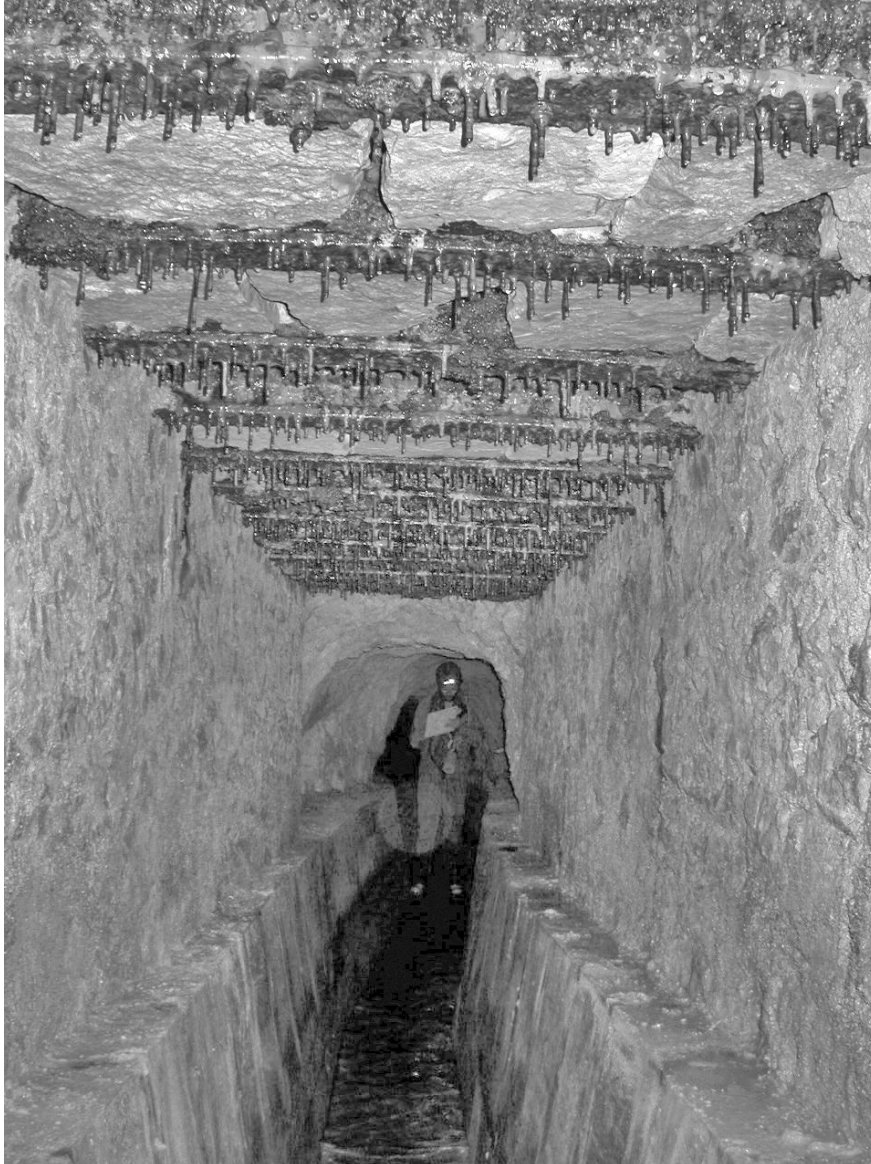


## **Annexe 3**

### **Galerie Jogne : Photos**



ISSKA  
30 mars  
2006



ISSKA  
31 août  
2005



ISSKA ; 7 septembre  
2005



## **Annexe 4**

## Annexe 4A : Tunnel de La Corbatière

<b>CORBATIERE</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TERRAIN</b>	<b>36'500</b>
<b>PORTAIL</b>	
Travaux préparatoires	14'000
Gros œuvre	58'850
Second oeuvre	44'683
<i>Sous-total Portail</i>	<b>117'533</b>
<b>CONDUITE DE LIAISON DN 600 sous route</b>	
Matériel et Main d'œuvre sanitaire	81'000
Génie civil	45'200
<i>Sous-total Conduite DN 600 sous route</i>	<b>126'200</b>
<b>TOTAL Portail Corbatière</b>	<b>280'233</b>

<b>NOUVELLE GALERIE</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TRAVAUX PREPARATOIRES</b>	<b>4'000</b>
<b>GROS ŒUVRE</b>	
Installation de chantier	40'000
Exécution d'une galerie	2'289'000
Gunitage de la paroi	1'200'000
Radier béton armé sur drain	555'900
Installations provisoires	10'000
Location génératrice 300 A	170'000
Fuel génératrice	240'000
<i>Sous-total Gros œuvre</i>	<b>4'504'900</b>
<b>TUYAUTERIE DN 600 en galerie</b>	<b>1'040'000</b>
<b>EQUIPEMENT ELECTRIQUE</b>	<b>197'782</b>
<b>TOTAL Nouvelle galerie</b>	<b>5'746'682</b>

<b>COMBE-DES-EAUX</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TERRAIN</b>	<b>4'200</b>
<b>PORTAIL</b>	
Travaux préparatoires	55'500
Gros œuvre	73'005
Second oeuvre	137'783
<i>Sous-total Portail</i>	<b>266'288</b>
<b>CONDUITES DE LIAISON</b>	
Matériel et Main d'œuvre sanitaire	107'000
Génie civil	43'600
<i>Sous-total Conduites de liaison</i>	<b>150'600</b>
<b>EVACUATION EAU CLAIRE</b>	<b>29'200</b>
<b>TOTAL Combe-des-Eaux</b>	<b>450'288</b>
<b>ACHAT D'EAU au Sivamo</b>	<b>150'000</b>
<b>HONORAIRES</b>	
Honoraires ingénieur GC	483'100
Honoraires bureau techn. eau	425'000
<i>Sous-total honoraires</i>	<b>908'100</b>
<b>TOTAL PROJET HORS TAXES</b>	<b>7'865'303</b>

**Arrondi à CHF 7'865'000 .- HT**

## Annexe 4B : Travaux site des Moyats avec construction d'une chaîne de traitement

	Coûts estimés en CHF hors taxes	
	Subtotaux et total	Détail
<b>RESERVOIR POMPAGE DE REPRISE (20 m<sup>3</sup>)</b>		
Génie civil		40'000
Gros œuvre		30'000
Second oeuvre		110'500
<i>Subtotal Pompage de reprise</i>	<b>180'500</b>	

<b>CONDUITES</b>		
Génie civil		1'441'295
Matériel et Main d'œuvre sanitaire		569'494
<i>Subtotal Conduites</i>	<b>2'010'789</b>	

<b>ALIMENTATION ELECTRIQUE + CABLES DE COMMANDE</b>		
Génie civil		146'402
Matériel et Main d'œuvre		300'605
<i>Subtotal Alim. Électrique et Commande</i>	<b>447'008</b>	

<b>CHAINE DE TRAITEMENT DES EAUX</b>		
Travaux préparatoires + Aménagements extérieurs		1'671'914
Gros œuvre		2'180'467
Second œuvre (y compris désinfection pour 135'000)		3'854'228
Honoraires et frais		1'070'000
Divers et imprévus		360'000
<i>Subtotal CTE</i>	<b>9'136'609</b>	
<b>TOTAL</b>		
		<b>11'774'906</b>

**Arrondi à CHF 11'775'000.- HT**

Le devis élaboré pour la modification urgente du système de désinfection en 2010 s'élève à CHF 135'000.- HT.

**Ainsi, les travaux aux Moyats avec construction d'une chaîne de traitement sont ramenés de CHF 11'775'000.- à CHF 11'640'000.- HT.**

## Annexe 4C : Tunnel de Jogne

<b>JOGNE NORD</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TERRAIN</b>	<b>91'200</b>
<b>RESERVOIR</b>	
Travaux préparatoires	34'000
Gros œuvre	355'530
Second oeuvre	512'288
<i>Sous-total Portail</i>	<b>901'818</b>
<b>CONDUITE DE LIAISON DN 600</b>	
Matériel et Main d'œuvre sanitaire	237'700
Génie civil	112'200
<i>Sous-total Conduite de liaison</i>	<b>349'900</b>
<b>EVACUATION EAU CLAIRE</b>	<b>30'000</b>
<b>HONORAIRES</b>	
Ingénieur génie civil	
Etude avant-projet (Prestations complètes)	26'000
Direction des travaux (y compris administratif final)	50'700
<i>Sous-total Honoraires</i>	<b>76'700</b>
<b>TOTAL Réservoir Jogne nord</b>	<b>1'449'618</b>

<b>NOUVELLE GALERIE</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TRAVAUX PREPARATOIRES</b>	<b>50'000</b>
<b>GROS ŒUVRE</b>	
Installation de chantier	40'000
Exécution d'une galerie	1'722'000
Gunitage de la paroi	930'000
Gunitage de la paroi section marneuse	360'000
Radier béton armé sur drain	418'200
Installations provisoires	10'000
Location génératrice 300 A	170'000
Fuel génératrice	160'000
<i>Sous-total Gros œuvre</i>	<b>3'810'200</b>
<b>TUYAUTERIE DN 600 en galerie</b>	<b>775'000</b>
<b>EQUIPEMENT ELECTRIQUE et CABLE COMMANDE</b>	

Equipement électrique	152'245
Câble commande	9'600
<b>Sous-total Equipement électrique et câble commande</b>	<b>161'845</b>
<b>HONORAIRES</b>	
<b>Ingénieur génie civil</b>	
Etude avant-projet (Prestations complètes)	60'000
Direction des travaux (y compris administratif final)	315'000
	<b>375'000</b>
<b>TOTAL Nouvelle galerie</b>	<b>5'172'045</b>

<b>JOGNE SUD</b>	<b>Montants Hors Taxes</b>
<b>TERRAIN</b>	<b>4'200</b>
<b>PORTAIL</b>	
Travaux préparatoires	2'500
Gros œuvre	177'980
Second oeuvre	56'833
<b>Sous-total Portail</b>	<b>237'313</b>
<b>EVACUATION EAU CLAIRE</b>	<b>25'100</b>
<b>HONORAIRES</b>	
<b>Ingénieur génie civil</b>	
Etude avant-projet (Prestations complètes)	11'050
Direction des travaux (y compris administratif final)	27'300
	<b>38'350</b>
<b>TOTAL Portail Jogne sud</b>	<b>304'963</b>

<b>ACHAT D'EAU au Sivamo</b>	<b>60'000</b>
------------------------------	---------------

<b>HONORAIRES Bureau technique eaux</b>	<b>425'000</b>
---	----------------

<b>TOTAL PROJET HORS TAXES</b>	<b>7'411'626</b>
--------------------------------	------------------

**Arrondi à CHF 7'410'000 .- HT**

## Annexe 4D : Conduite ascensionnelle

Travaux de connexion à la sortie de l'usine des Moyats	Source	Montants HT
Génie civil	DaV	80'000
Matériel et main d'œuvre sanitaire (vanne DN 600 et pièce spéciale)	Von Roll- DaV	100'000
<b>Conduite en acier DN 600</b>		
Installation de chantier	PLCO	83'250
Génie civil	Facchinetti	639'500
Fourniture des conduites DN 600 en ST52	PLCO	688'200
Montage et soudure	PLCO	365'400
<b>Conduite PVC évacuation EU Chalet des Moyats</b>		
	DaV	10'000
<b>Travaux de connexion à l'entrée de la future galerie de Jogne</b>		
		10'000
<b>Alimentation électrique et câble de commande (1130 m)</b>		
Fourniture et pose du câble électrique avec tube PE	SGo et DaV	150'114
Fourniture et pose de la fibre de commande avec tube PE	SGo et DaV	22'355
<b>Honoraires Bureau technique eau</b>		
	TBr	225'000
<b>TOTAL Conduites de refoulement</b>		<b>2'373'819</b>
<b>Achat d'eau au Sivamo</b>		
	DaV	150'000
<b>TOTAL PROJET HORS TAXES</b>		<b>2'523'819</b>

**Arrondi à CHF 2'530'000 .- HT**

---

## Annexe 5

### Prix de l'eau

Exemple d'une maison individuelle, consommation d'eau de 144 m<sup>3</sup>, pour un ménage de 4 personnes.

<b>Ville</b>	<b>Prix</b>	
La Chaux-de-Fonds :	CHF	440.-
Neuchâtel :	CHF	639.-
Le Locle :	CHF	1'430.-

Exemple d'un immeuble de 6 appartements, consommation d'eau de 144 m<sup>3</sup>, pour un ménage de 4 personnes.

<b>Ville</b>	<b>Prix</b>	
La Chaux-de-Fonds :	CHF	317.-
Neuchâtel :	CHF	363.-
Le Locle :	CHF	814.-