

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE DES RUINETTES



Sion, le 27.06.2018
VD6934.200 - VD06934.300

CSD INGENIEURS SA

Rue de l'Industrie 54

CH-1950 Sion

t +41 27 324 80 00

f +41 27 324 80 01

e sion@csd.ch

www.csd.ch

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU FONCTIONNEMENT	2
2.1 Présentation des réseaux d'adduction et de distribution de Verbier	2
2.2 Présentation de la station de traitement des Ruinettes	3
2.2.1 Provenance de l'eau brute – Lac de Louvie et aqueduc	3
2.2.2 Station de traitement des Ruinettes	5
3. BILAN RESSOURCES-BESOINS	9
3.1 Bilan actuel	9
3.1.1 Besoins en eau potable	9
3.1.1.1 Population résidente et touristique	9
3.1.1.2 Consommation en eau potable	9
3.1.2 Ressources en eau	11
3.1.3 Bilan ressources-besoins	12
3.2 Besoins à l'horizon 2050	13
3.2.1 Projection démographique	13
3.2.2 Consommation projetée	14
3.2.3 Contrôle de la validité du débit instantané au regard de la capacité des réservoirs	14
4. RÉSULTATS DES ANALYSES SUR L'ANNÉE 2017-2018	15
4.1 Introduction	15
4.2 Variation de la composition de l'eau brute	16
4.4 Paramètres hydrologiques et physico-chimiques	18
4.4.1 Données météorologiques les jours de prélèvements	18
4.4.2 Turbidité	18
4.4.3 pH	18
4.4.4 Température	19
4.4.5 Alcalinité, Hydrogénocarbonates et dureté totale	20
4.4.6 Sulfates	23
4.4.7 Nitrates	24
4.4.8 Ammonium	25
4.4.9 Iodures	26
4.4.10 Phosphates et phosphore	26
4.4.11 Aluminium	27
4.4.12 Carbone organique dissous (COD ou DOC) et Oxydabilité au KMnO ₄ et Absorbance UV 254 nm	27
4.4.13 Composition du carbone organique dissous	30
4.5 Conclusion des analyses physico-chimiques	31
4.6 Paramètres concernant les substances biologiques : Cyanobactéries	32
4.6.1 Introduction	32
4.6.2 Normes	32

4.6.3	Résultats des analyses	32
4.6.4	Conclusion et évaluation du risque lié au Cyanobactéries	32
5.	ÉTUDE COMPARATIVE DES SOLUTIONS DE RÉHABILITATION	33
5.1	Objectif de traitement de l'usine d'eau potable des Ruinettes réhabilitée	33
5.2	Filières envisagées et retenues	33
5.2.1	Solutions envisagées	33
5.2.2	Solutions retenues	34
5.2.3	Solution A	36
5.2.4	Solution A bis	37
5.2.5	Solution B	38
5.2.6	Solution C	39
5.2.7	Conclusion	40
5.3	SOLUTION A : Filière existante réhabilitée	40
5.3.1	Historique	40
5.3.2	Filière de traitement	40
5.3.3	Étape de coagulation	41
5.3.3.1	Caractéristiques de l'étape	41
5.3.3.2	Essais Jar Test	42
5.3.3.3	Travaux et optimisations à envisager	43
5.3.4	Étape de préfiltration	43
5.3.4.1	Caractéristiques de l'étape	43
5.3.4.2	Travaux et optimisations à envisager	44
5.3.5	Étape de désacidification ou de reminéralisation	46
5.3.5.1	Caractéristiques de l'étape	46
5.3.5.2	Vérification de l'équilibre Calco-Carbonique	47
5.3.5.3	Solutions et optimisations pour la reminéralisation	49
5.3.6	Étape de désinfection	52
5.3.6.1	Caractéristiques de l'étape	52
5.3.6.2	Travaux et optimisations à envisager	53
5.3.7	Résumé de la solution réhabilitation	53
5.4	Nouvelles filière SOLUTION C : Traitement membranaire	54
5.4.1	Filière de traitement	54
5.4.2	Étape de préfiltration mécanique	54
5.4.3	Étape de coagulation	55
5.4.3.1	Principe	55
5.4.3.2	Caractéristiques de l'étape (identique à la solution actuelle)	55
5.4.3.3	Taux de traitement en coagulant	55
5.4.4	Étape de préfiltration (filtre à sables)	56
5.4.5	Étape de filtration membranaire	56
5.4.5.1	Principe	56
5.4.5.2	Technologie mise en œuvre	57
5.4.5.3	Caractéristiques de l'étape d'ultrafiltration	58
5.4.6	Étape de désacidification ou reminéralisation	59
5.4.7	Étape de désinfection	59
5.4.8	Résumé de la solution membranaire	60
6.	GESTION DU RISQUE	61

7.	CHIFFRAGE DES SOLUTIONS	62
7.1	Coût d'investissement	62
7.2	Coût d'exploitation	63
8.	ÉTUDE MULTICRITÈRE DES DEUX SOLUTIONS	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Données de dimensionnement de la station	8
Tableau 3.1	Jour et mois de demande journalière maximale par année	9
Tableau 3.2	Statistiques des données de distribution journalière	10
Tableau 3.3	Population et consommation moyenne par période pour 2013-2016	11
Tableau 3.4	Bilan ressources-besoin 2013-2016	12
Tableau 3.5	Taux de croissance observés et projetés du canton et de la commune de Verbier.	13
Tableau 3.6	Population et consommation journalière projetée par période pour l'année 2050	14
Tableau 4.1	Tableau des valeurs mensuelles de température.	19
Tableau 4.2	Tableau des valeurs mensuelles d'alcalinité.	20
Tableau 4.3	Tableau des valeurs mensuelles de dureté totale.	21
Tableau 4.4	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en hydrogénocarbonates.	22
Tableau 4.5	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en sulfates.	23
Tableau 4.6	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en nitrates.	24
Tableau 4.7	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en ammonium.	25
Tableau 4.8	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en iode.	26
Tableau 4.9	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en phosphate.	26
Tableau 4.10	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en phosphore total.	26
Tableau 4.11	Tableau des valeurs mensuelles de concentration en aluminium dissous.	27
Tableau 4.12	Tableau des valeurs mensuelles de concentration COD	27
Tableau 4.13	Tableau des valeurs mensuelles de concentration d'oxydabilité au KMnO ₄	28
Tableau 4.14	Tableau des valeurs mensuelles d'absorption UV 254 nm.	29
Tableau 4.15	Tableau des résultats du LC-OCD.	30
Tableau 5.1	Présentation des étapes de traitement – solution A	36
Tableau 5.2	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de coagulation.	42
Tableau 5.3	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de filtration.	44
Tableau 5.4	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de reminéralisation	46
Tableau 5.5	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de désinfection	52
Tableau 5.6	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de pré-filtration	54
Tableau 5.7	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de coagulation	55

Tableau 5.8	Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de filtration membranaire	59
Tableau 7.1	Chiffrage des solutions	62
Tableau 8.1	Notation des solutions – pondération A	64
Tableau 8.2	Notation des solutions – pondération B	65

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Réseau d'adduction et débit moyen des sources ¹	2
Figure 2.2	Réseau d'adduction et débit moyen des sources	3
Figure 2.3	Photos du lac et de l'aqueduc	4
Figure 2.4	Vue d'ensemble schématique du lac de Louvie, de la galerie et de l'aqueduc	5
Figure 2.5	Photo de la station (Sulzer-1983) et schéma de fonctionnement	5
Figure 3.1	Consommation par période et par année	10
Figure 3.2	Variations journalières de la consommation d'eau potable, 2013-2016	10
Figure 3.3	Variation des débits de production et de consommation journaliers entre 2013 et 2016	11
Figure 3.4	Bilan ressources-besoin 2013-2016	12
Figure 3.5	Population résidente effective et projetée, taux de croissance annuelle	13
Figure 3.6	Consommation journalière actuelle et future	14
Figure 4.1	Schéma des points de prélèvements des analyses	16
Figure 4.2	Évolution de la composition de l'eau brute en fonction des saisons	17
Figure 4.3	Évolution de la composition de l'eau traitée en fonction des saisons	17
Figure 4.4	Précipitations et prélèvements	18
Figure 4.5	Mesure de température (°C) au cours de l'année	19
Figure 4.6	Évolution annuelle de la mesure de l'alcalinité	20
Figure 4.7	Évolution annuelle de la mesure de dureté totale	21
Figure 4.8	Évolution annuelle de la mesure de concentration en hydrogénocarbonates	22
Figure 4.9	Évolution annuelle de la mesure de concentration en sulfates	23
Figure 4.10	Évolution annuelle de la mesure de concentration en nitrates	24
Figure 4.11	Évolution annuelle de la mesure de concentration en ammonium	25
Figure 4.12	Évolution annuelle de la mesure de concentration en DOC ou COD	28
Figure 4.13	Évolution annuelle de la mesure d'oxydabilité au KMnO ₄	29
Figure 4.14	Évolution annuelle de la mesure de l'absorption UV 254 nm	30
Figure 5.1	Schéma de principe solution A	34
Figure 5.2	Schéma de principe solution A bis	34
Figure 5.3	Schéma de principe solution B	34

Figure 5.4	Schéma de principe solution C	35
Figure 5.5	Schéma de principe de l'usine d'eau potable des Ruinettes	40
Figure 5.6	Schéma bloc la solution réhabilitation (usine existante)	41
Figure 5.7	Localisation de l'étape de coagulation dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes	41
Figure 5.8	Photo jar-tests	42
Figure 5.9	Localisation de l'étape de préfiltration dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes	43
Figure 5.10	Localisation de l'étape de reminéralisation dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes	46
Figure 5.11	Résultats modélisation dureté eau brute	47
Figure 5.12	Résultats modélisation dureté eau coagulée	48
Figure 5.13	Résultats modélisation dureté eau reminéralisée	48
Figure 5.14	Résultats modélisation eau de source	49
Figure 5.15	Localisation de l'étape de désinfection UV dans le schéma de l'usine d'eau potable des Ruinettes	52
Figure 5.16	Schéma bloc de la solution membranaire	54
Figure 5.17	Photo d'un exemple de préfiltre	55
Figure 5.18	Seuil de coupure de l'ultrafiltration	56
Figure 5.19	Principe de l'ultrafiltration	56
Figure 5.20	Exemple de Skid d'ultrafiltration	57
Figure 5.21	Principe des membranes immergées d'eau potable	58
Figure 6.1	Carte cumulée des zones de protection et du domaine skiable (origine : geoportail VS)	61

ANNEXES

Annexe A	Données de consommation et de population de verbier de 2013 à 2016	67
Annexe B	Données de production et de consommation a verbier de 2013 à 2016	68
Annexe C	Mesures en ligne aux Ruinettes	69
Annexe D	Rapports d'analyses physico-chimiques	82
Annexe E	Rapports d'analyse LC-OCD	83
Annexe F	Rapport final de l'étude sur les cyanobactéries - UNIGE	84
Annexe G	Plans des variantes	85

PRÉAMBULE

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas remplies, CSD déclinera toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

1. Introduction

Sous la marque ALTIS, le service des Eaux et des Énergies de Bagnes, SOGESA, SEDRE SA et GECAL SA propose de nombreuses prestations dans le domaine de l'eau, de l'électricité, de la mobilité, de la chaleur et de l'habitat. L'une de ses missions consiste plus particulièrement à gérer la production, le traitement et la distribution des eaux potables et de la défense incendie des 2 réseaux d'eau potable principaux de la commune de Bagnes à savoir le réseau de la vallée (4'563 résidents) et le réseau de Verbier (3'537 résidents).

La présente étude concerne uniquement le réseau de Verbier, dont les ressources en eau potable se composent de plusieurs sources souterraines (qui alimentent des réservoirs par gravité) ainsi que d'une station de potabilisation située aux Ruinettes (mise en service en 1968 et agrandie en 1983) qui traite des eaux de surface avant de les distribuer dans le réseau. Le concept de distribution de l'eau est couplé à de nombreuses unités de production d'électricité par turbinages successifs. Dans le cadre de l'amélioration de ses équipements et de leur fonctionnement, le maître d'ouvrage a souhaité réfléchir à l'avenir de la station de traitement des Ruinettes sous plusieurs angles :

- La rénovation de la station dont les derniers travaux importants ont 45 ans,
- La remise à jour du dimensionnement afin de tenir compte des évolutions du bassin de distribution,
- Le maintien de l'excellente qualité sanitaire de l'eau distribuée,
- L'amélioration de la qualité gustative et de l'origine naturelle de l'eau en limitant autant que possible (voire en supprimant complètement) la chloration en sortie.

La première étude réalisée par CSD (Mode de gestion et de traitement des eaux potables – Rapport technique – 08.11.2016 – CSD Ingénieurs) a permis :

- D'établir un **premier bilan ressources-besoins** du site à la situation actuelle montrant que la station permet de compenser efficacement la baisse de productivité des sources à l'étiage et pendant les pointes de consommation hivernale. Le débit de pointe annuel de la station est également très sécuritaire puisqu'il ne correspond qu'à la moitié de sa capacité théorique de 150 l/s.
- De réaliser un **diagnostic sommaire** des installations montrant un dimensionnement sécuritaire, une bonne conception générale, un bon fonctionnement et un bon état général des installations grâce à leur excellent entretien. Les principaux équipements arrivant néanmoins en fin de vie, un remplacement général doit être prévu à moyen terme.
- De proposer des **perspectives d'évolution de la station** en dessinant plusieurs solutions techniques.

Afin de pouvoir comparer ces différentes solutions techniques et afin de s'assurer de la faisabilité de la suppression du chlore, une campagne de suivi analytique de la qualité de l'eau brute et de l'eau traitée à différents points de la station a été réalisée pendant un an.

Le présent rapport détaille les résultats de l'étude réalisée en 2017 et 2018 et plus particulièrement :

- La mise à jour du **bilan ressources-besoins** intégrant l'évolution future du bassin de distribution et précisant donc le nouveau débit de dimensionnement de la station.
- Les **résultats des analyses** physico-chimiques et biologiques réalisées sur l'eau brute et sur l'eau traitée.
- **L'étude comparative technico-économique** des différentes filières envisageables pour la réhabilitation de la station et tenant compte du nouveau dimensionnement et des résultats d'analyses.

2. Description générale du fonctionnement

2.1 Présentation des réseaux d'adduction et de distribution de Verbier¹

Le réseau d'adduction de la commune de Bagnes est composé d'une partie haute (Verbier) qui comprend les villages de Verbier, Médières, Fontenelle et Le Cotterg et d'une partie basse (vallée). Seule la partie haute est décrite ci-après.

De nombreuses sources sont captées sur la commune et alimentent la vingtaine de réservoirs dispersés sur le réseau et d'une capacité totale pour la réserve d'alimentation (hors réserve incendie) d'environ 5'000 m³ tel que représenté sur la figure 2.1. Environ 9 sources sont listées dans le PDDE¹ pour un débit moyen total d'environ 51 l/s et un débit d'étiage d'environ 11 l/s. Les variations saisonnières des sources sont bien entendu très importantes avec un pic de production au printemps et en été et un étiage important en hiver.

La station de traitement des Ruinettes, dont le fonctionnement est décrit au chapitre 3.2 agit quant à elle en complément des sources. On notera également que des sources alimentent directement le bassin d'eau traitée de la station et sont mesurées à l'aide d'un comptage séparé.

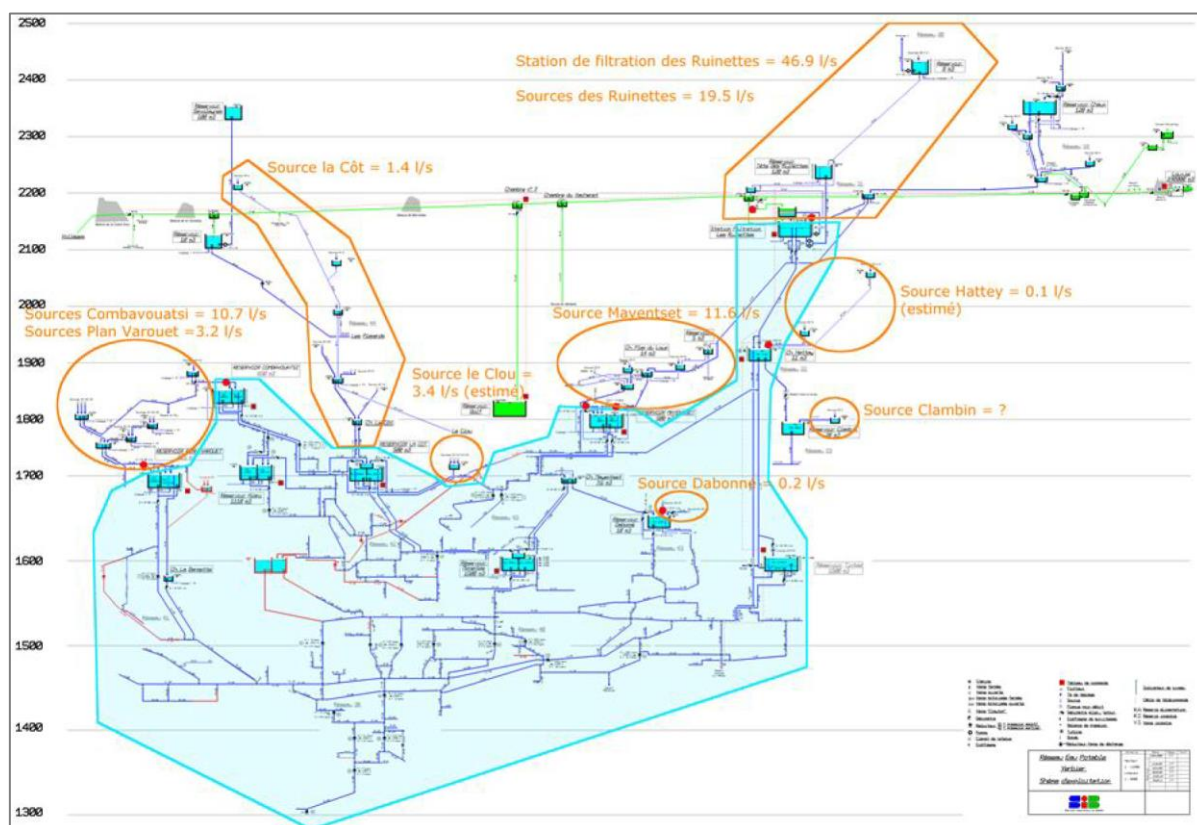


Figure 2.1 Réseau d'adduction et débit moyen des sources¹

En ce qui concerne le réseau de distribution, une distinction est également faite entre Verbier (dans lequel nous avons également intégré les villages de Médières, Fontenelle et Le Cotterg dans notre étude) et la vallée comme représenté sur la figure 2.2.

¹ Référence : Plan directeur du réseau d'eau potable – Hydrocosmos SA – version provisoire pour consultation – Aout 2016

De fortes variations de consommation sont bien entendu observées entre la basse saison et la haute saison touristique avec des facteurs de pointe entre le débit moyen annuel et le débit maximal journalier compris entre 2 et 4 selon les zones².

Il est également important de préciser que plusieurs postes de turbinage permettent de valoriser l'énergie hydraulique disponible et tout particulièrement au Châble où l'ensemble de l'eau excédentaire non consommée est turbinée et rejetée à la rivière.

Les valeurs de débits sont précisées au chapitre 3.

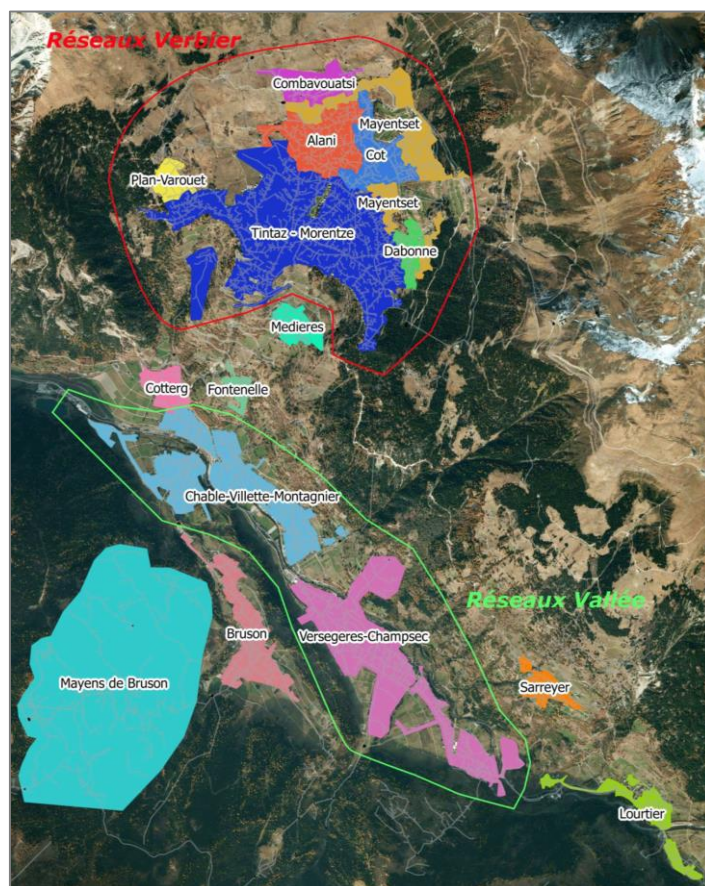


Figure 2.2 Réseau d'adduction et débit moyen des sources²

2.2 Présentation de la station de traitement des Ruinettes

2.2.1 Provenance de l'eau brute – Lac de Louvie et aqueduc

Le lac de Louvie, situé à 2'214 m d'altitude sur la commune de Bagnes au-dessus de Fionnay, a un volume total d'environ 440'000 m³. Tout le site ainsi que les abords du lac ont historiquement été utilisés comme pâturage pendant de nombreuses années ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. Il est également utilisé pour la pêche. Le niveau du lac est variable au cours de l'année, mais le relevé bathymétrique réalisé par Hydro-exploitation à l'été 2016 donne les mesures suivantes :

- Une profondeur maximale ponctuelle de 9 m,

² Référence : Plan directeur du réseau d'eau potable – Hydrocosmos SA – version provisoire pour consultation – Aout 2016

- Une profondeur moyenne de 4 à 6 m,
- Une zone de haut-fond de 30cm de profondeur sur une bande de 15 à 20m à l'arrière du lac (nord-est).

La prise d'eau, placée au fond du lac sur la rive droite est munie d'une grille de protection. Un débitmètre positionné dans la chambre de captage permet de mesurer en continu le débit d'adduction.

Le lac présente un développement de biomasse assez important en été comme représenté sur la figure 2.3 (présence de Rumex en grande quantité dans la zone de haut-fond signe de présence de phosphore).



Figure 2.3 Photos du lac et de l'aqueduc

En sortie du lac, l'eau brute est acheminée à l'amont de la station des Ruinettes (située à 7 km) par l'aqueduc Bagnes-Vollèges, construit en 1961. L'aqueduc se compose de la galerie souterraine Louvie- La Chaux d'une longueur de 3'700 m, puis de l'aqueduc La Chaux – Pierre Avoi.

L'aqueduc La Chaux – Pierre Avoi capte également une partie des eaux des torrents qui le traversent entre la Chaux et les Ruinettes.



Figure 2.4 Vue d'ensemble schématique du lac de Louvie, de la galerie et de l'aqueduc

L'eau brute traitée sur la station est donc composée de différentes sources dont les proportions respectives varient au fil des saisons à savoir :

- L'eau du lac de Louvie,
- Les infiltrations dans la galerie,
- Les torrents captés dans l'aqueduc.

2.2.2 Station de traitement des Ruinettes

La première station de filtration et de traitement est mise en service aux Ruinettes à une altitude de 2'180 m en 1968 par la société Sulzer Frères SA avec un débit de 70 l/s. La station est agrandie en 1983 pour permettre d'augmenter la capacité de traitement à 150 l/s.

La station est située aux Ruinettes à l'arrivée des cabines de Médran sur le bien-fonds n°6062 d'une surface totale de 9'569 m² (parcelle représentée en bleu sur la figure 3.5). La zone est affectée au domaine skiable et en zone agricole 2. La station est accessible depuis la route hors saison de ski et par les cabines en hiver.

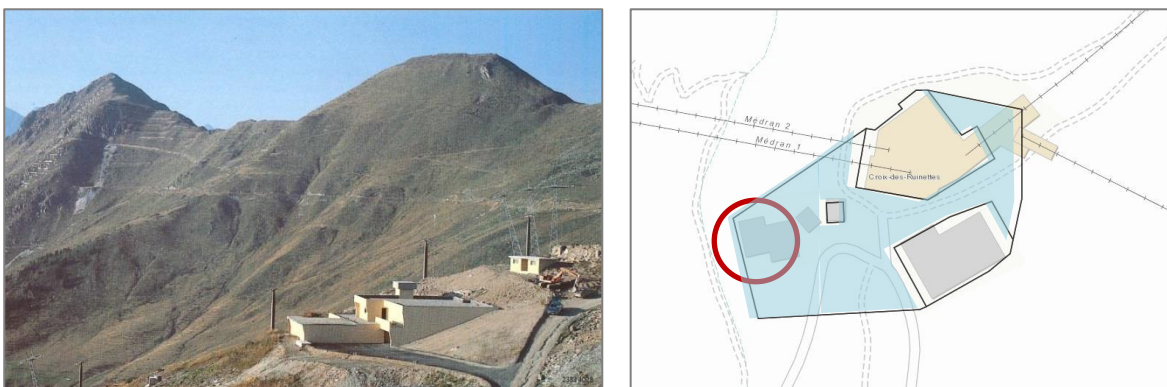


Figure 2.5 Photo de la station (Sulzer-1983) et schéma de fonctionnement

La filière actuelle de traitement est la suivante :

- **Piquage sur l'aqueduc**

Les eaux brutes sont prélevées de l'aqueduc par une chambre de prise (crépine placée au fond d'un bassin avec surverse donc toujours en eau) et dirigées vers le bassin de contact.

- **Régulation et mesure de débit sur la conduite d'entrée**

La régulation du débit entrant se fait à l'aide d'une vanne motorisée commandée selon une consigne fixe depuis le poste de supervision.

- **Bassin de contact**

Le bassin de contact était initialement destiné, à la mise en service de l'agrandissement de 1983, au traitement par oxydation à l'ozone (O_3) avec une capacité de 1.1 kg O_3 /h. Ce traitement était destiné à oxyder le fer Fe^{2+} soluble en Fe^{3+} insoluble. Cette présence de fer ferreux pouvait être provoquée par une eutrophisation des eaux du lac de Louvie, ce qui entraîne un manque d'oxygène et une dissolution du fer. Ce traitement a été supprimé au début des années 1990 mais les eaux brutes circulent encore par la cuve d'ozonation en chicane qui fait aujourd'hui office de bassin de coagulation et doit donc être vidé et nettoyé chaque année.

- **Coagulation-Floculation**

L'injection de floculant (WAC HB – polychlorosulfate basique d'alumine) est réalisée en ligne à l'amont de la cuve de contact. Les doses actuellement injectées sont très faibles à savoir entre 50 et 100 l de produit commercial par mois soit un dosage moyen mensuel compris entre 0.5 et 1.5 ppm. L'injection est effectuée par deux pompes de dosage (dont une en secours installé) qui prélève dans une cuve de stockage horizontale de 15 m³. Le remplissage de la cuve est réalisé en été uniquement.

- **Filtres à sable (x3)**

L'installation de filtration préliminaire comprend 3 bassins de filtration bicouche (pierre ponce et sable) d'une surface unitaire de 31 m² et fonctionnant à encrassement c'est-à-dire sans un système de régulation maintenant un niveau liquide constant mais avec une montée du niveau liquide au fur et à mesure de l'encrassement. Les lavages sont enclenchés soit sur un seuil de différence de pression amont-aval correspondant au colmatage du filtre soit sur une temporisation actuellement réglée à 600h (soit 25 jours). Compte-tenu du très faible encrassement des filtres, les lavages sont systématiquement déclenchés sur temporisation, l'encrassement des filtres dans le temps étant très faible. Les cycles de lavage sont constitués d'une première phase d'abaissement du plan d'eau, d'un détassage à l'air puis d'une succession de rinçage à l'eau filtrée à petite et grande vitesse.

- **Filtres de reminéralisation (x3)**

L'installation de reminéralisation comprend 3 bassins de filtration sur Akdolit (Hydrolithe-Ca) d'une surface unitaire de 19.5 m² et fonctionnant à encrassement c'est-à-dire sans un système de régulation maintenant un niveau liquide constant mais avec une montée du niveau liquide au fur et à mesure de l'encrassement. Les filtres sont composés de deux anciens filtres à sable de la filière historique de 1968 transformé en 1983 et d'un 3^e filtre ajouté en 1983. Les lavages sont enclenchés soit sur un seuil de différence de pression amont-aval correspondant au colmatage du filtre soit sur une temporisation actuellement réglée à 720h (soit 30 jours). Compte-tenu du très faible encrassement des filtres, les lavages sont systématiquement déclenchés sur temporisation, l'encrassement des filtres dans le temps étant très faible. Les cycles de lavage sont constitués d'une première phase d'abaissement du plan d'eau, d'un détassage à l'air puis d'une succession de rinçage à l'eau filtrée à petite vitesse.

- **Chloration**

La désinfection de l'eau en fin de traitement se fait par injection de chlore dissous (hypochlorite de sodium, soit de l'eau de Javel). La javel est produite sur place par électrolyse d'une solution de sel

par une installation Grundfos Alldos Selcoperm 125. Le dosage du chlore se fait de façon à obtenir une concentration en chlore résiduel comprise en 0.02 et 0.04 mg/l. Cette valeur de concentration est très faible et n'entraîne que peu ou pas d'effet de rémanence dans le réseau d'eau potable. À l'origine, l'installation fonctionnait avec du chlore gazeux Cl₂.

■ Bâche d'eau traitée et injection dans le réseau

Les eaux traitées sont stockées dans deux bâches connectées entre elles (filière 1968 et filière 1983) et formant un volume commun de 280 m³. L'eau en provenance de source arrive également directement dans cette bâche en faisant l'objet d'un comptage spécifique. Sans compter l'utilisation de l'eau pour le lavage des filtres, trois réseaux sortent de cette bâche. Un pompage spécifique (1+1 pompe) alimente le réservoir de « Tête des Ruinettes » situé à 2'253 m et permet l'alimentation de l'ensemble du site des Ruinettes. Les deux autres départs, comptés indépendamment, alimentent le réseau de Verbier côté Hattay et côté Plan du Loup.

Les caractéristiques de ces différentes étapes de traitement sont détaillées ci-dessous :

Poste	Unité	Valeur
Débits de fonctionnement		
Débit journalier moyen traité (2013-2016)	[m ³ /j]	4'315
	[l/s]	50
Débit journalier maximal traité (2013-2016)	[m ³ /j]	5'922
	[l/s]	70
Débit théorique maximal de dimensionnement	[l/s]	150
Alimentation et coagulation - floculation		
Coagulant utilisé	[-]	WAC-HB
Volume de la cuve de stockage	[m ³]	15
Dosage moyen	[ppm]	0.5 à 1.5
Consommation moyenne annuelle	[m ³ /an]	1.2
Filtres à sable		
Nombre de filtres	[-]	3
Matériau de filtration	[-]	Pierre ponce + sable
Hauteur de matériau	[m]	1.5
Surface d'un filtre	[m ²]	31
Surface totale de filtration	[m ²]	93
Vitesse de filtration à Q _{moy} (50 l/s)	[m/h]	1.9
Vitesse de filtration à Q _{max} (70 l/s)	[m/h]	2.7
Vitesse de filtration à Q _{dim} (150 l/s)	[m/h]	5.7
Temps de fonctionnement entre chaque lavage	[j]	25
Capacité des pompes de lavage	[m ³ /h]	550 et 1'400
Vitesses de lavage à l'eau	[m/h]	17.7 et 45

Capacité de la soufflante d'air de lavage	[m³/h]	1'500
Filtres de reminéralisation		
Nombre de filtres	[-]	3
Matériau de filtration	[-]	Akdolit
Hauteur de matériau	[m]	1.5
Surface d'un filtre	[m²]	19.5
Surface totale de filtration	[m²]	58.5
Consommation annuelle d'Akdolit	[t/an]	20
Vitesse de filtration à Q _{moy} (50 l/s)	[m/h]	3.1
Temps de contact à Q _{moy} (50 l/s)	[min]	29
Vitesse de filtration à Q _{max} (70 l/s)	[m/h]	4.3
Temps de contact à Q _{moy} (70 l/s)	[min]	21
Vitesse de filtration à Q _{dim} (150 l/s)	[m/h]	9.3
Temps de contact à Q _{moy} (150 l/s)	[min]	10
Temps de fonctionnement entre chaque lavage	[j]	30
Vitesses de lavage à l'eau (550 m³/h uniquement)	[m/h]	28.2
Chloration, stockage de l'eau traitée et divers		
Consommation annuelle de sel	[t/an]	2
Dosage en chlore résiduel	[mg/l]	0.02 à 0.04
Volume de la bâche d'eau traitée	[m³]	280
Volume de la bâche d'eau sale	[m³]	150

Tableau 2.1 Données de dimensionnement de la station

3. Bilan ressources-besoins

Les données de population résidente et de tourisme ont été fournies par le service de la population et l'office du tourisme de la commune de Bagnes. Les données de consommation et de ressources en eau potable ont été transmises par Altis. L'estimation des besoins et des ressources en eau potable actuels se basent sur des données de 2013 à 2016 inclus.

3.1 Bilan actuel

3.1.1 Besoins en eau potable

Les besoins en eau sont évalués avec les données de distribution des quatre dernières années pour trois périodes de consommation :

- Consommation annuelle
- Consommation lors du jour de pointe : jour de l'année en cours où la consommation est maximale.
- Consommation lors du mois de pointe : mois de l'année en cours où la consommation est maximale.

Le tableau 4.1 indique les jours et mois de pointe pour chaque année étudiée.

Année	Jour de pointe de consommation	Mois de pointe de consommation
2013	31 décembre	Février
2014	18 novembre	Février
2015	1 ^{er} janvier	Juillet
2016	31 décembre	Juillet

Tableau 3.1 Jour et mois de demande journalière maximale par année

La demande en eau maximale étant fournie par les sources et la station des Ruinettes, le jour de pointe annuel de consommation peut être différent du jour de pointe annuel de production des sources et de celui de la station des Ruinettes.

3.1.1.1 Population résidente et touristique

La population résidente étudiée correspond à celle des villages de Médières et de Verbier. Les nuitées touristiques incluent l'hôtellerie, la parahôtellerie (location d'appartement), et les forfaits, par mois. Les forfaits sont une taxe d'habitation touristique, correspondant à 40 nuitées. Les propriétaires de résidences secondaires ont la possibilité de payer ce forfait annuel ou bien de payer une taxe à la nuitée en déclarant le nombre effectif de nuitées par personne. Le nombre de nuitées réelles n'est donc pas exactement connu, et est probablement plus élevé que les nuitées déclarées.

Le pic journalier d'affluence touristique est estimé en doublant les nuitées journalières moyennes du mois de février.

3.1.1.2 Consommation en eau potable

La consommation est calculée sur la base des volumes journaliers distribués par les réservoirs. Celle-ci englobe la consommation des ménages, de l'industrie et de l'agriculture ainsi que les pertes sur le réseau et la consommation liée à l'exploitation du réseau. Les volumes turbinés et rejetés en milieu superficiel (place

de la Curala) ne sont pas comptés dans ces chiffres. Les graphiques et le tableau suivants montrent les variations de consommation journalière par année.

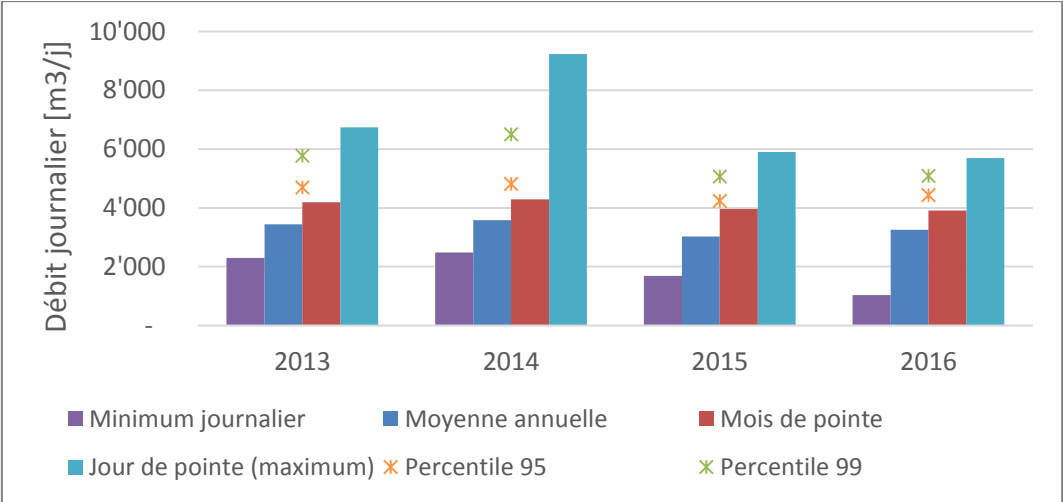


Figure 3.1 Consommation par période et par année

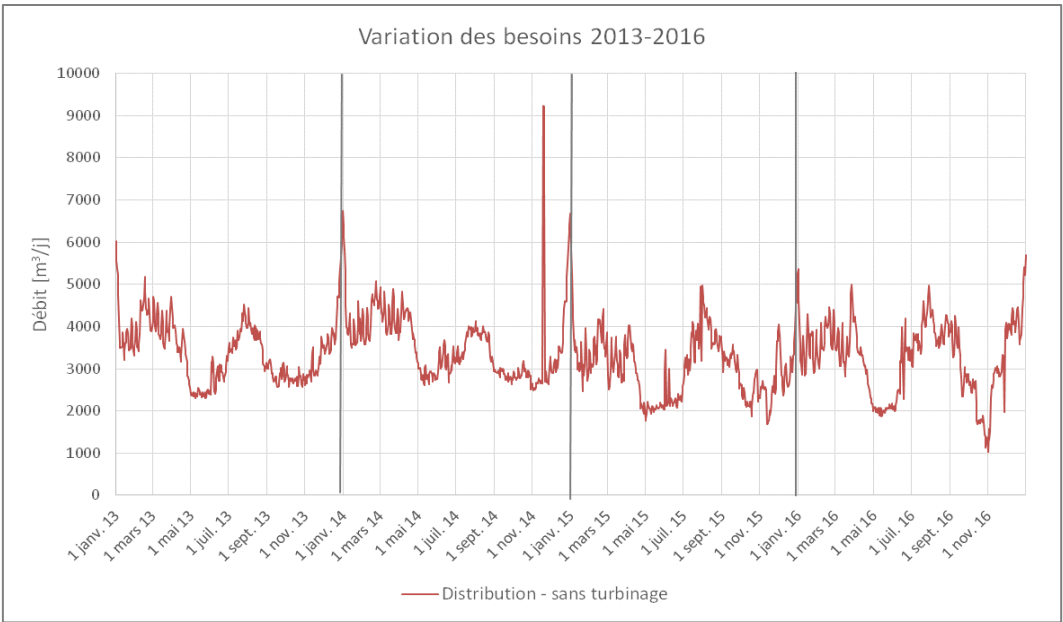


Figure 3.2 Variations journalières de la consommation d'eau potable, 2013-2016

Débits consommés [m3/j]	2013	2014	2015	2016	2013-2016
Minimum	2'300	2'480	1'688	1'032	1'032
Médiane	3'437	3'429	3'029	3'393	3'307
Moyenne	3'443	3'583	3'029	3'258	3'328
Percentile 95	4'694	4'816	4'234	4'430	4'605
Percentile 99	5'771	6'499	5'070	5'091	5'798
Maximum	6'740	9'232	5'900	5'693	9'232

Tableau 3.2 Statistiques des données de distribution journalière

La consommation journalière de pointe correspond approximativement au double de la consommation journalière moyenne et au triple de la consommation journalière minimale. Le tableau ci-dessous synthétise les données de population, de distribution et indique la consommation par habitant pour les trois périodes considérées.

Besoins 2013-2016	Population résidente	Nuitées par année	Moyenne nuitées par jour	Population totale	Volume distribué (m3)	Consommation journalière moyenne (m3/j)	Consommation par habitant (l/hab/j)	Consommation journalière moyenne (l/s)
Moyenne annuelle	4'486	844'413	2'312	6'798	1'215'592	3'328	489	39
Mois de pointe	4'486	-	7'118	11'604	-	4'091	353	47
Jours de pointe	4'486	-	14'235	18'722	-	6'891	367	80

Tableau 3.3 Population et consommation moyenne par période pour 2013-2016

Sur le secteur de Verbier entre 2013 et 2016, la consommation journalière moyenne était de 3'328 m³/j et la consommation par habitant moyenne de 489 l/hab/j. La consommation journalière moyenne des jours de pointe est de 6'096 m³/j soit 71 l/s.

3.1.2 Ressources en eau

La commune de Verbier est alimentée par différentes sources, dont le débit varie fortement selon la saison. La station de traitement des Ruinettes fournit le débit d'eau complémentaire afin d'assurer l'alimentation en eau potable tous les jours de l'année. La figure ci-dessous illustre les variations annuelles des sources et des besoins en eau pour la période 2013-2016.

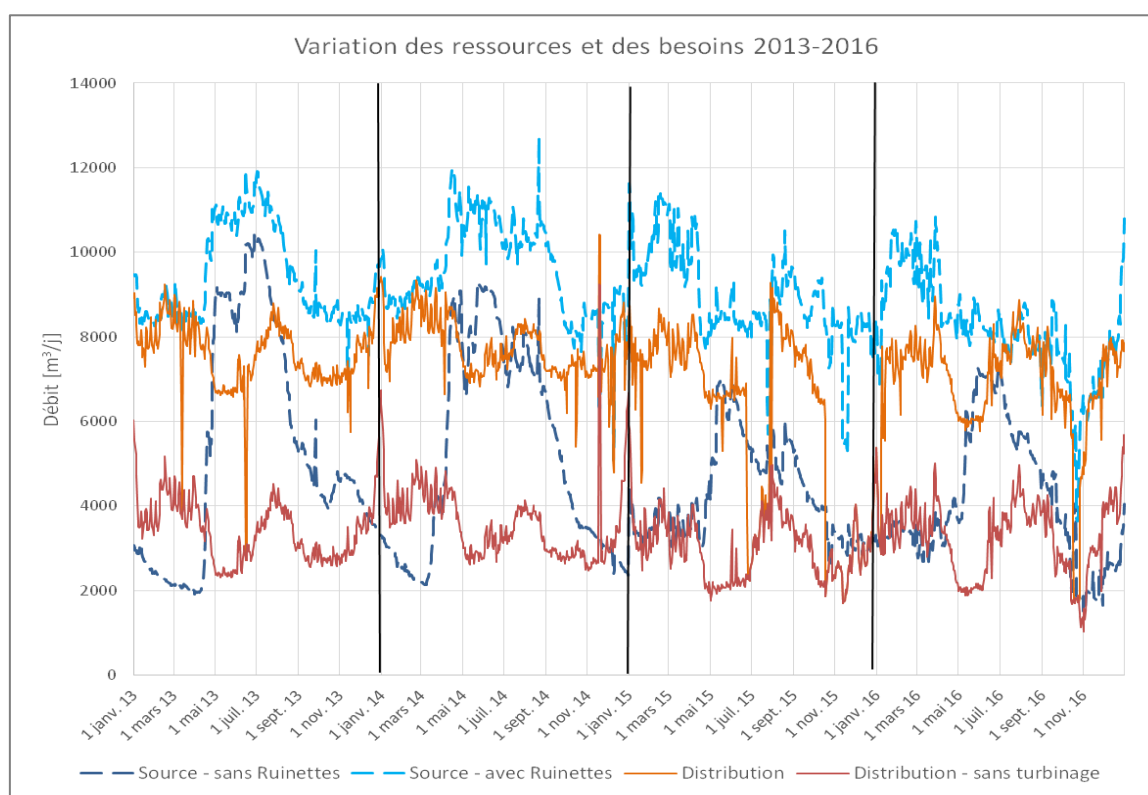


Figure 3.3 Variation des débits de production et de consommation journaliers entre 2013 et 2016

3.1.3 Bilan ressources-besoins

Du fait de leur importance, les débits turbinés sont ajoutés à l'ensemble de la consommation du réseau. Le tableau et le graphique ci-dessous présentent le bilan ressources-besoins pour la période 2013-2016 considérée.

	Ressources		Besoins		
Bilan Ressources-Besoins (m ³ /j)	Production des sources	Production Ruinettes	Réseau de distribution	Turbinage La Curala	Non consommé
Moyenne annuelle	4'720	4'315	3'328	3'758	1'949
Mois de février	4'032	5'244	4'091	4'118	1'067
Jours de pointe	3'740	5'922	6'891	2'150	621

Tableau 3.4 Bilan ressources-besoin 2013-2016

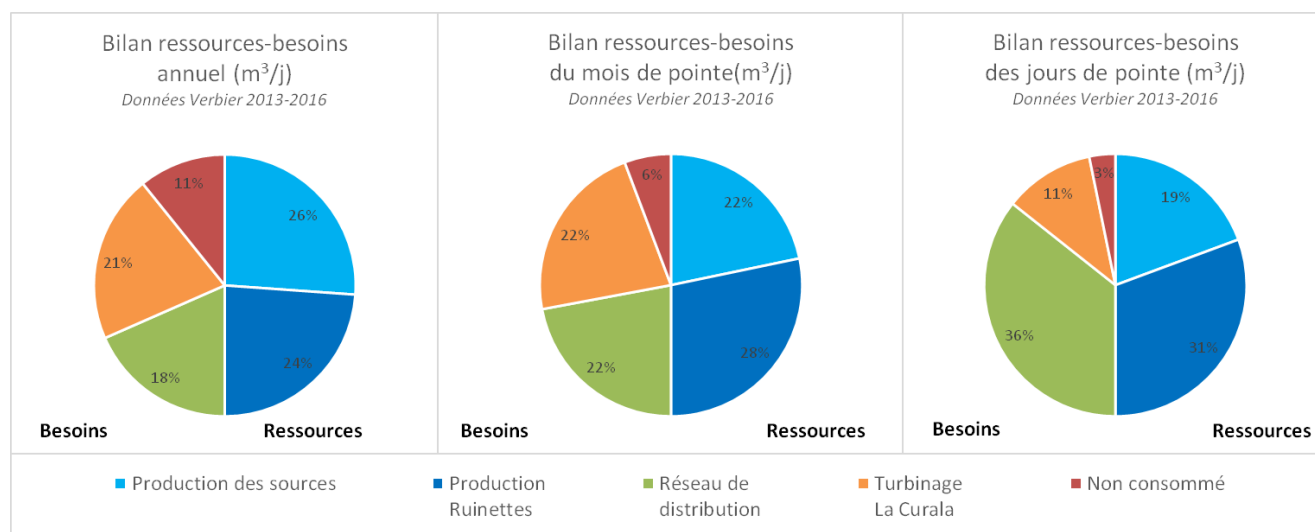


Figure 3.4 Bilan ressources-besoin 2013-2016

Analyse :

- En moyenne sur l'année, la quantité d'eau provenant des sources est supérieure à la quantité consommée.
- Le mois de février correspond à la période d'étiage des sources qui ne permettent pas de couvrir les besoins du réseau de distribution. Ce déficit est complété par la station des Ruinettes, dont l'augmentation de la production permet de maintenir les débits turbinés moyens.
- Les jours de pointe, soit le jour de l'année où la demande en eau est la plus élevée, la station des Ruinettes couvre les besoins en eau non fournis par les sources mais le débit turbiné doit être pour cela fortement diminué. **La demande de pointe équivaut à environ le double de la demande moyenne annuelle.**

3.2 Besoins à l'horizon 2050

3.2.1 Projection démographique

Afin d'estimer la croissance de la population résidente de Verbier, le scénario moyen des perspectives de croissance démographique jusqu'en 2040 du canton du Valais a été utilisé. La différence de croissance actuelle entre le canton (1.30 % par an entre 2010 et 2020) et la commune (1.90 % par an entre 2011 et 2016) est extrapolée pour estimer l'évolution de la croissance démographique de Verbier sur la base des taux projetés du canton (Tableau 3.5). Le taux de croissance en 2050 a été considéré identique au taux de croissance projeté en 2040 (aplatissement de la courbe d'évolution démographique).

Pour les nuitées de tourisme, on estime que l'évolution suivra la même tendance que la population résidente. Les mêmes taux de croissance sont par conséquent appliqués pour les nuitées touristiques.

Année	Croissance Verbier	Année	Croissance canton
2011		2010	
2016	1.90%		1.30%
2020	1.90%	2020	
	0.73%		0.50%
2030	0.29%	2030	
	0.29%		0.20%
2040	0.29%	2040	
			NA
2050		2050	

Tableau 3.5 Taux de croissance observés et projetés du canton et de Verbier. En vert le taux de croissance effectif, en rouge les taux de croissance extrapolés des taux projetés du canton.

La figure ci-dessous montre l'évolution de la population résidente passée et future, ainsi que les taux de croissance annuelle respectifs. D'une population résidente moyenne de 4'486 habitants entre 2013 et 2016, la population résidente projetée en 2050 est de 5'428 habitants, soit une augmentation de 21% sur 35 ans.

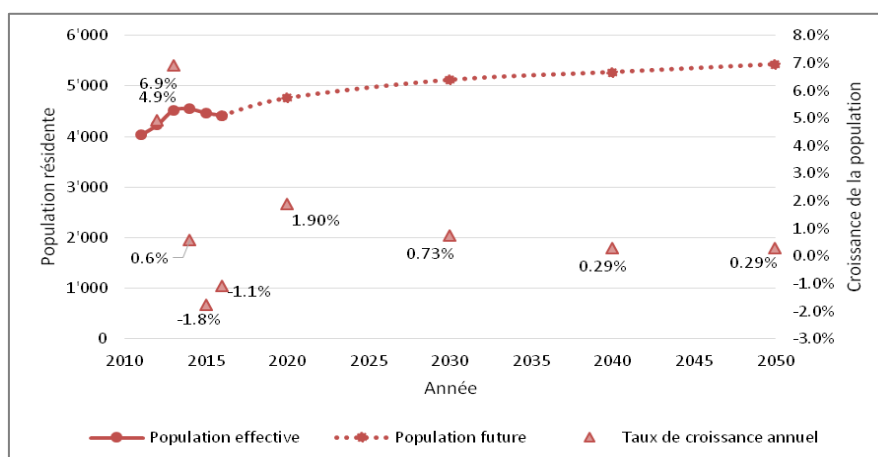


Figure 3.5 Population résidente effective et projetée, taux de croissance annuelle

L'estimation du plan énergie de la commune est une augmentation de la population d'environ 15% entre 2012 et 2035 ce qui est cohérent avec les calculs statistiques ci-dessus.

3.2.2 Consommation projetée

Pour le calcul des besoins en eau potable à l'horizon 2050, on estime que la consommation moyenne par habitant (489 l/hab/j) ne change pas. Sur la base des calculs de population future, la consommation journalière moyenne est déterminée. Le tableau ci-dessous détaille les besoins projetés par période pour l'année 2050.

Besoins horizon 2050	Population résidente	Nuitées par année	Moyenne nuitées par jour	Population totale	Volume distribué (m3)	Consommation par habitant (l/hab/j)	Consommation journalière moyenne (m3/j)	Consommation journalière moyenne (l/s)
Moyenne annuelle	5'428	1'021'742	2'797	8'226	1'470'870	489	4'027	47
Mois de pointe	5'428	-	8'612	14'041	-	353	4'951	57
Jour de pointe	5'428	-	17'225	22'653	-	367	8'338	97

Tableau 3.6 Population et consommation journalière projetée par période pour l'année 2050

La figure suivante montre en outre l'augmentation des besoins entre l'état actuel (2013-2016) et futur (2050).

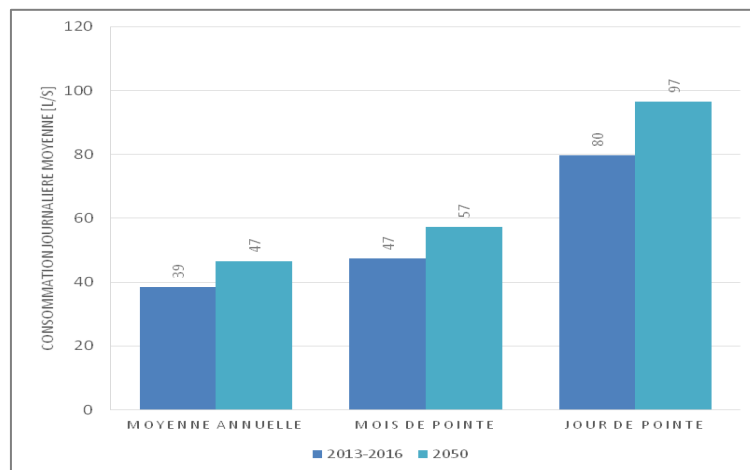


Figure 3.6 Consommation journalière actuelle et future

Actuellement, la demande de pointe est de 80 l/s (la distinction est faite entre la demande correspondant à la consommation du réseau et la pointe de production des Ruinettes donnée à 70 l/s au chapitre 2.2.2).

Le débit journalier moyen à l'horizon 2050 est estimé à 100 l/s (8'640 m3/j), soit une augmentation de 21%.

3.2.3 Contrôle de la validité du débit instantané au regard de la capacité des réservoirs

Le volume utile total (volume total – réserve incendie) des réservoirs du réseau est d'environ 4'800 m³. La directive W6 de la SSIGE pour l'étude la construction et l'exploitation des réservoirs d'eau recommande que la capacité de la réserve d'alimentation soit d'environ 0.5 fois la consommation moyenne journalière. La capacité de la réserve de secours et d'incendie doit également être d'environ 0.5 fois la consommation moyenne journalière.

Les volumes totaux de stockage disponibles semblent donc suffisants pour amortir les variations horaires de consommation dans la journée.

4. Résultats des analyses sur l'année 2017-2018

4.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter les résultats des analyses collectées sur l'usine d'eau potable des Ruinettes entre mai 2017 et mai 2018 en complément des analyses réalisées en exploitation régulière. Le suivi analytique a été réalisé afin de servir de base aux réflexions détaillées au chapitre 5 et comparant les différentes solutions de réhabilitation. Les différents paramètres ainsi contrôlés permettent :

- De mieux comprendre la qualité de l'eau brute et en particulier ses variations annuelles (variation saisonnière standard et variation dans les proportions entre eau du lac, infiltrations dans la galerie et torrents récupérés dans l'aqueduc).
- De mieux comprendre le fonctionnement biologique du lac de Louvie afin de pouvoir anticiper les risques de pic de pollution organique ou biologique dans l'eau brute et tout particulièrement dans l'optique d'une éventuelle suppression de la chloration.
- D'analyser le fonctionnement de la station actuelle aux différentes étapes du traitement afin de confirmer ou non l'efficacité du système actuel.

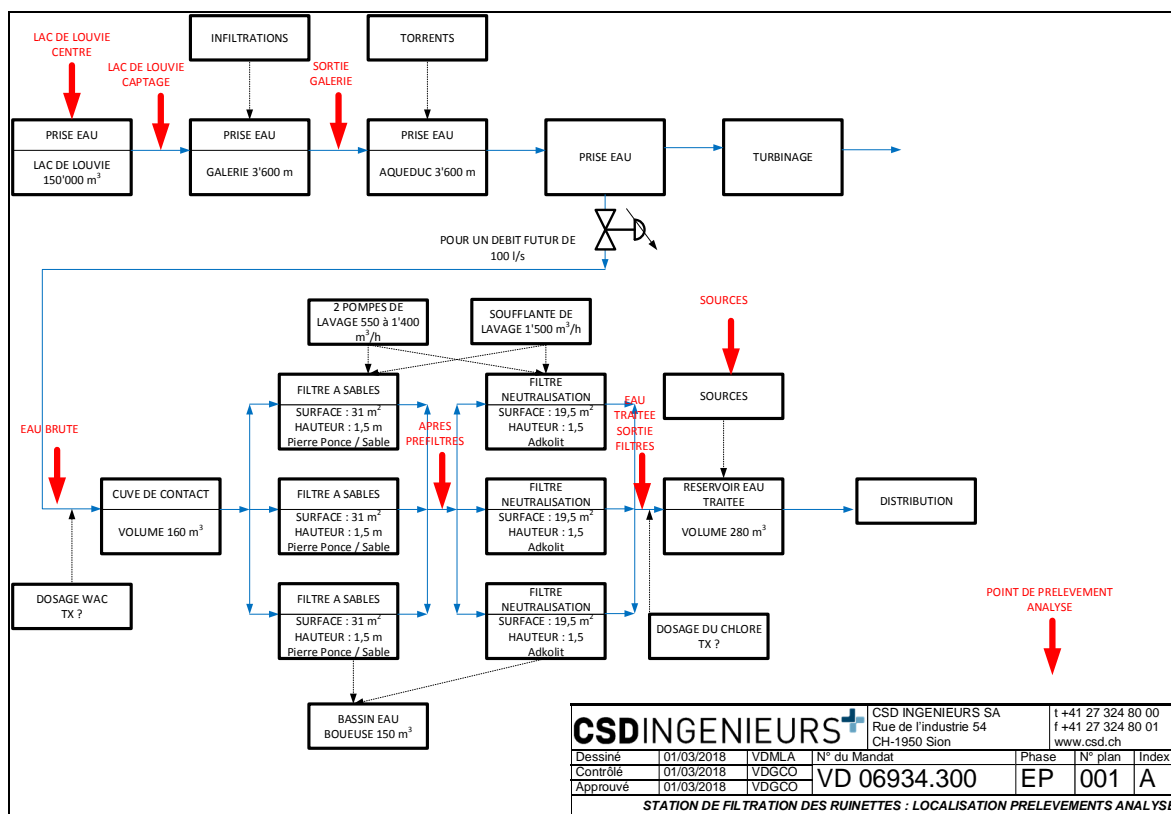
Pour ce faire les analyses suivantes ont été menées pendant un an :

- Étude des débits pour comprendre les variations de composition de l'eau brute.
- Analyses en laboratoire sur les différents paramètres caractéristiques d'échantillons pris une fois par mois à différents points de l'eau brute et de la station (cf. figure 4.1). Les analyses ont été réalisées par le laboratoire Ruferlab basé à Courchavon. Les rapports d'analyse sont donnés en annexe D.
- Analyse en laboratoire de la composition précise de la matière organique de l'eau brute afin de contrôler la nature potentiellement colmatante de l'eau sur un traitement membranaire. L'analyse a été effectuée par le laboratoire Doc-Labor situé à Karlsruhe. Le rapport d'analyse est donné en annexe E.
- Analyse des différents paramètres constituant de la dureté de l'eau et simulation sur le logiciel LPLWin vers 5.25 afin de vérifier la bonne remise à l'équilibre de l'eau traitée.
- Compilation des différentes mesures on-line existantes à la station.
- Analyse biologique sur le lac de Louvie pour définir le risque actuel et futur liés à la présence de cyanobactéries et à leurs toxines. L'étude a été réalisée par l'Institut Forel, département des sciences de l'environnement de l'université de Genève. Le rapport final est donné en annexe F.

Afin de pouvoir étudier l'eau brute et contrôler le fonctionnement de la station, différents points de prélèvements ont été utilisés et sont représentés sur la figure 5.1 à savoir :

- Le centre du lac de Louvie lorsque le lac est accessible. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une barque et d'un dispositif spécialement conçu à cet effet et permettant de récupérer un échantillon représentatif de toutes les strates de profondeur du lac.
- Le captage au départ de Louvie, accessible depuis la chambre de captage lorsque le lac est accessible.
- La sortie de la galerie accessible depuis la Chaux en été. L'eau brute à ce stade est donc constituée de l'eau du lac et de l'eau d'infiltration dans la galerie.

- L'eau brute entrée station, pris aux Ruinettes. L'eau brute est ici composée de l'eau du lac, des infiltrations et des torrents captés dans l'aqueduc.
- L'eau en sortie des filtres à sable c'est-à-dire coagulé et traité mais avant reminéralisation.
- L'eau en sortie des filtres de reminéralisation, c'est-à-dire l'eau traitée avant mélange avec l'eau des sources qui arrivent directement dans la bache d'eau traitée.
- L'eau des sources, prélevée indépendamment avant mélange dans la bache d'eau traitée.



4.2 Variation de la composition de l'eau brute

L'eau brute traitée aux Ruinettes est composée de l'eau captée au lac de Louvie, des infiltrations naturelles dans la galerie creusée dans la montagne et débouchant à La Chaux et des différents torrents captés dans l'aqueduc entre La Chaux et la station des Ruinettes. Ces trois sources, dont les proportions respectives sont variables dans le temps, constituent donc l'eau de l'aqueduc dont une portion est prélevée et traitée aux Ruinettes.

L'analyse statistique réalisée sur les débits relevés de 2010 à 2017 aux différents points du réseau permet de dégager les tendances de répartition en fonction des saisons. Ces valeurs doivent cependant être prises avec prudence en raison des problèmes réguliers rencontrés avec les différents débitmètres considérés.

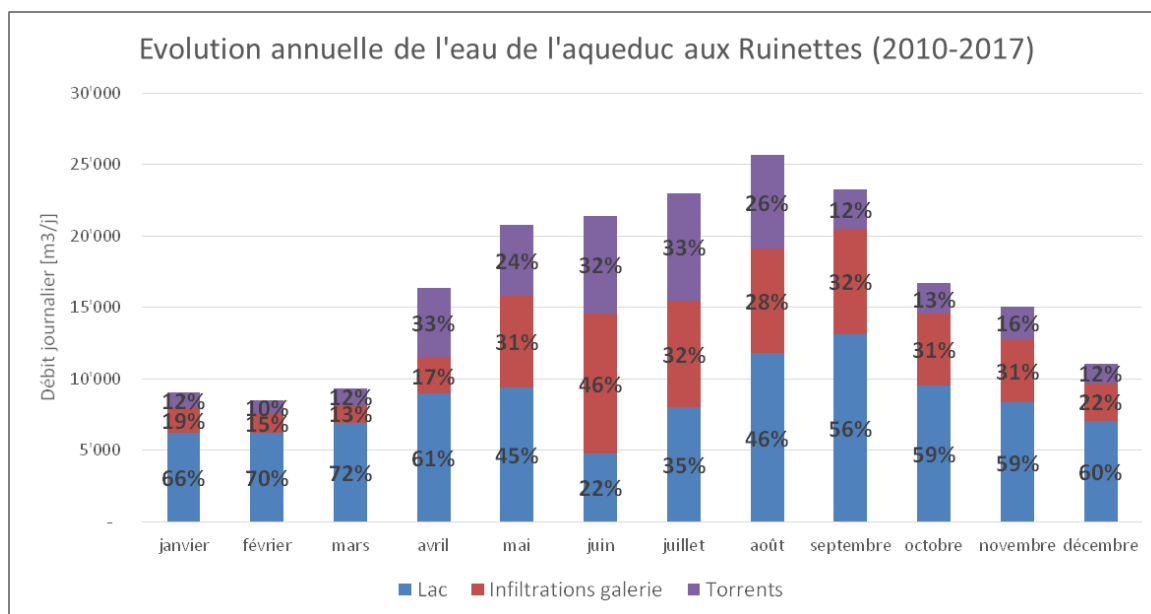


Figure 4.2 Évolution de la composition de l'eau brute en fonction des saisons

Les débits transitant par l'aqueduc sont significativement plus faibles en hiver, le lac de Louvie représentant alors la source principale d'apport. Au printemps et en été, le débit transitant dans l'aqueduc augmente significativement en parallèle à la proportion des infiltrations et des torrents. En été, l'eau du lac de Louvie représente ainsi moins de 50% du débit de l'aqueduc.

En parallèle, la composition de l'eau traitée en sortie de l'usine évolue également en raison de l'introduction des sources dans la bêche d'eau traitée qui représentent en moyenne plus de 50% du débit au printemps et en hiver.

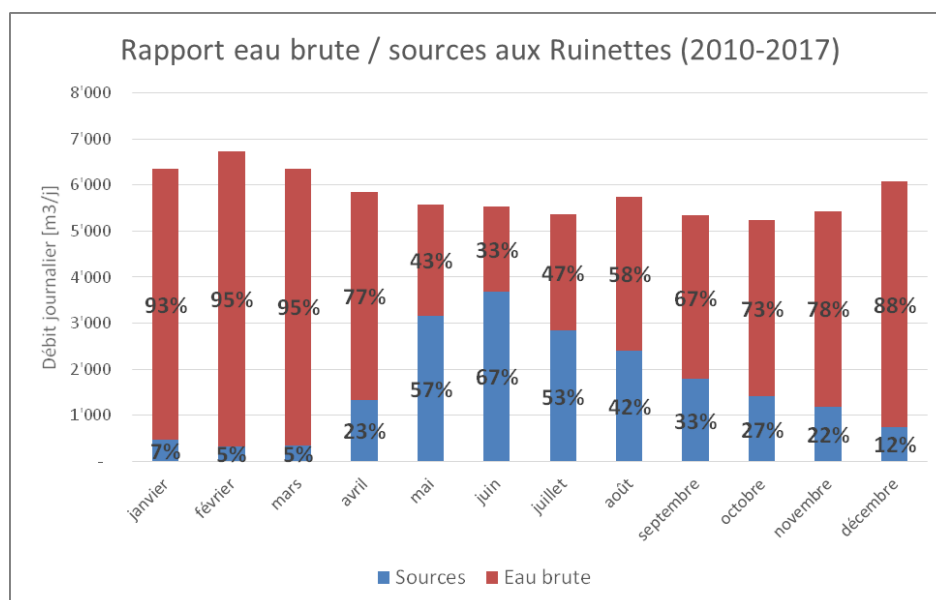


Figure 4.3 Évolution de la composition de l'eau traitée en fonction des saisons

4.4 Paramètres hydrologiques et physico-chimiques

4.4.1 Données météorologiques les jours de prélèvements

Les données météorologiques sont tirées de la station de La Chaux.

Les prélèvements n'ont jamais été réalisés en période de pluie (ou très faibles en mars). Les précipitations peuvent principalement avoir un impact sur la qualité de l'eau brute lorsque les torrents alimentent l'aqueduc. Une campagne supplémentaire lors d'un orage en été serait intéressante afin de contrôler le pic de turbidité causé par les torrents dans cette situation.

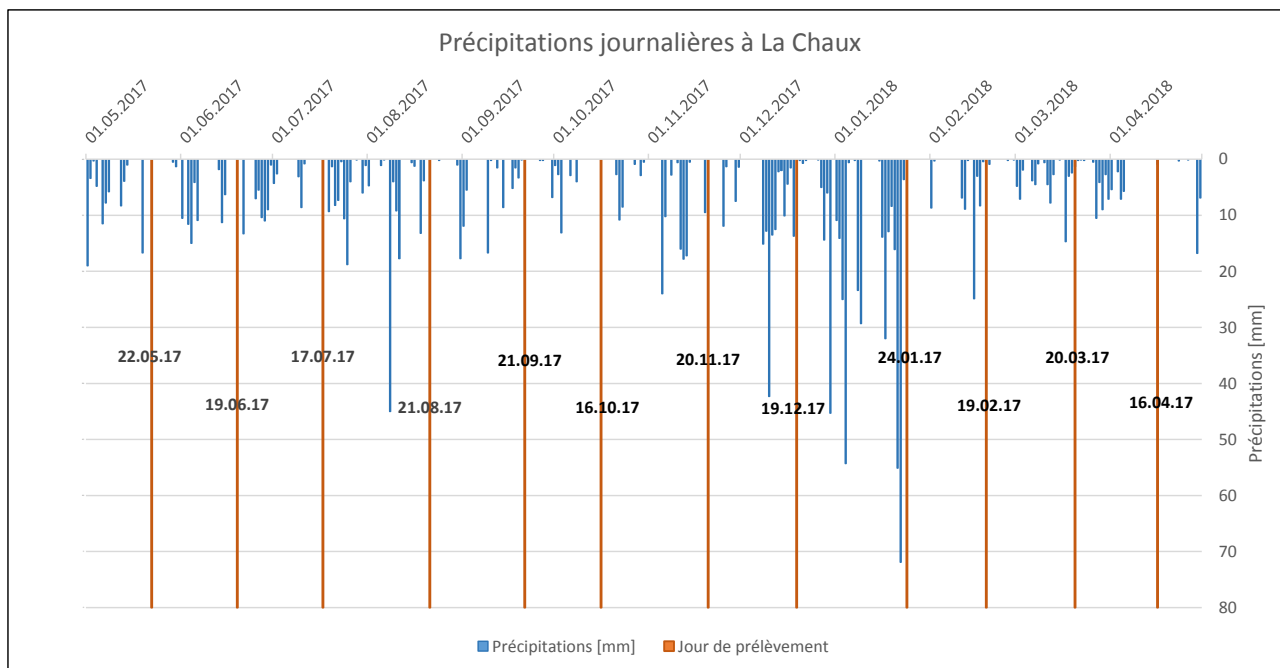


Figure 4.4 Précipitations et prélèvements

4.4.2 Turbidité

La mesure de la turbidité en eau brute est mesurée en ligne. Les courbes issues de la supervision sur une période de 1 mois sont présentées en annexe C.

NOTA IMPORTANT : les pics verticaux ne sont pas à considérer, ils correspondent à la maintenance sur la sonde.

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : La turbidité en entrée est faible et elle varie majoritairement entre 2 et 8 FTU avec des pics ponctuels supérieurs à 20.

4.4.3 pH

Les courbes issues de la supervision pour la mesure de pH **en sortie d'usine** actuelle (= eau traitée + sources) sont présentées en annexe D. La chute soudaine du pH au mois d'avril s'explique par l'importance prise par les sources.

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : le pH en sortie de l'usine d'eau potable est stable et se situe en moyenne entre 8,2 et 8,4.

4.4.4 Température

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures de température relevées lors de la prise des échantillons. La température en entrée de station d'eau potable à considérer est en rouge.

Température - °C	mai.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Sortie Galerie (La Chaux)	5.0	10.4	10.0	6.8	6.2						
Eau brute	4.0	9.1	9.5	6.5	5.7	3.7	3.5	3.0	2.3	1.7	2.6
Après préfiltres	5.0	9.2	10.5	6.7	5.6	4.1	3.6	3.0	2.4	2.5	1.9
Eau traitée sortie filtres	4.0	9.4	10.0	6.7	5.8	7.0	3.4	2.9	2.7	1.7	1.7
Sources	4.0	5.2	6.0	5.6	5.2	3.8	3.4	3.1	2.8	1.8	1.7

Tableau 4.1 Tableau des valeurs mensuelles de température.

La courbe ci-dessous présente les différentes mesures de température relevées lors de la prise des échantillons. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

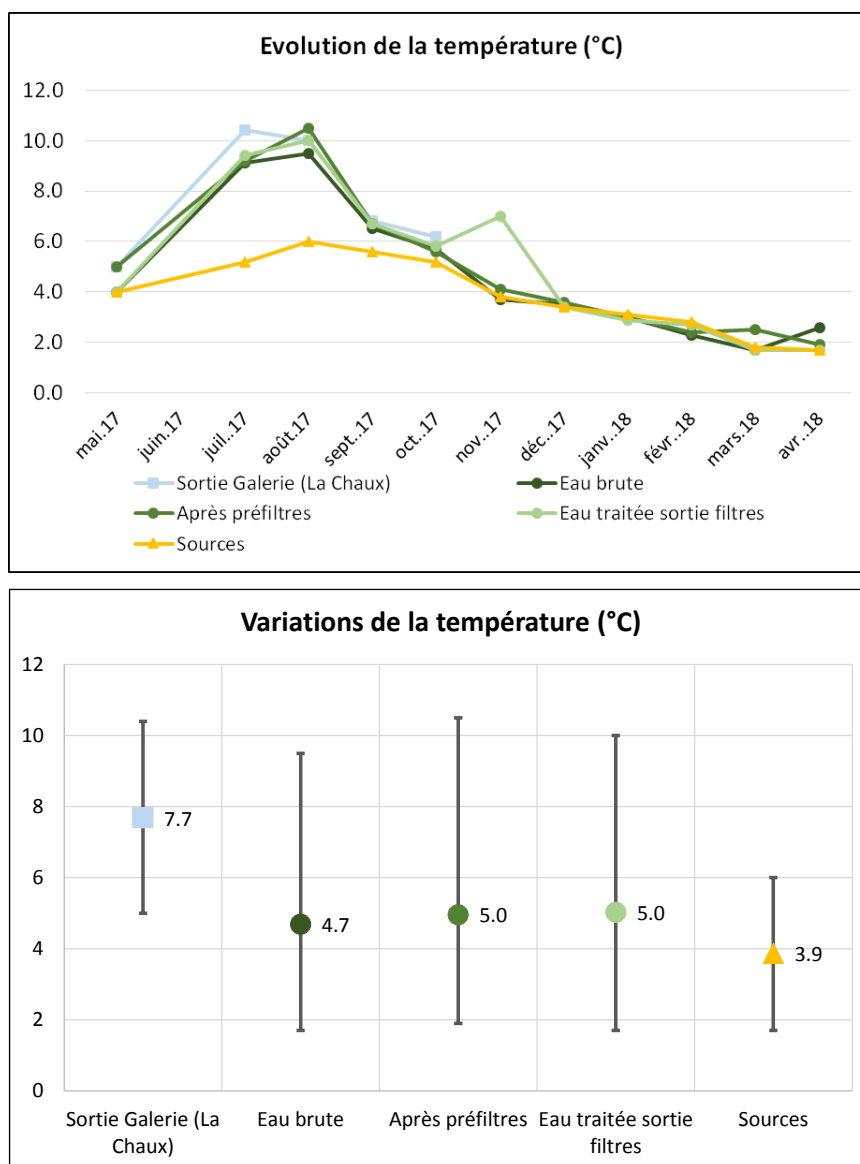


Figure 4.5 Mesure de température (°C) au cours de l'année

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les températures en entrée de station sont basses et suivent l'évolution saisonnière. Elles sont comprises entre 1.5°C et 10°C.

4.4.5 Alcalinité, Hydrogénocarbonates et dureté totale

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'alcalinité (°f) relevées lors de la campagne de mesures.

Alcalinité - °f	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			4.0	4.2	4.5				
Lac de Louvie - Captage				4.2	4.5				
Sortie Galerie (La Chaux)	6.0	6.3	5.4	5.1	5.2				
Eau brute	5.7	5.4	5.2	5.1	5.4	6.1	5.9	5.8	6.6
Après préfiltres	5.7	5.4	5.1	5.1	5.5	6.2	5.8	6.9	5.9
Eau traitée sortie filtres	6.0	5.8	5.6	5.6	5.8	6.8	6.5	6.5	6.0
Sources	4.9	4.7	4.5	4.5	4.7	6.0	6.4	5.6	6.7

Tableau 4.2 Tableau des valeurs mensuelles d'alcalinité.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure d'alcalinité. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

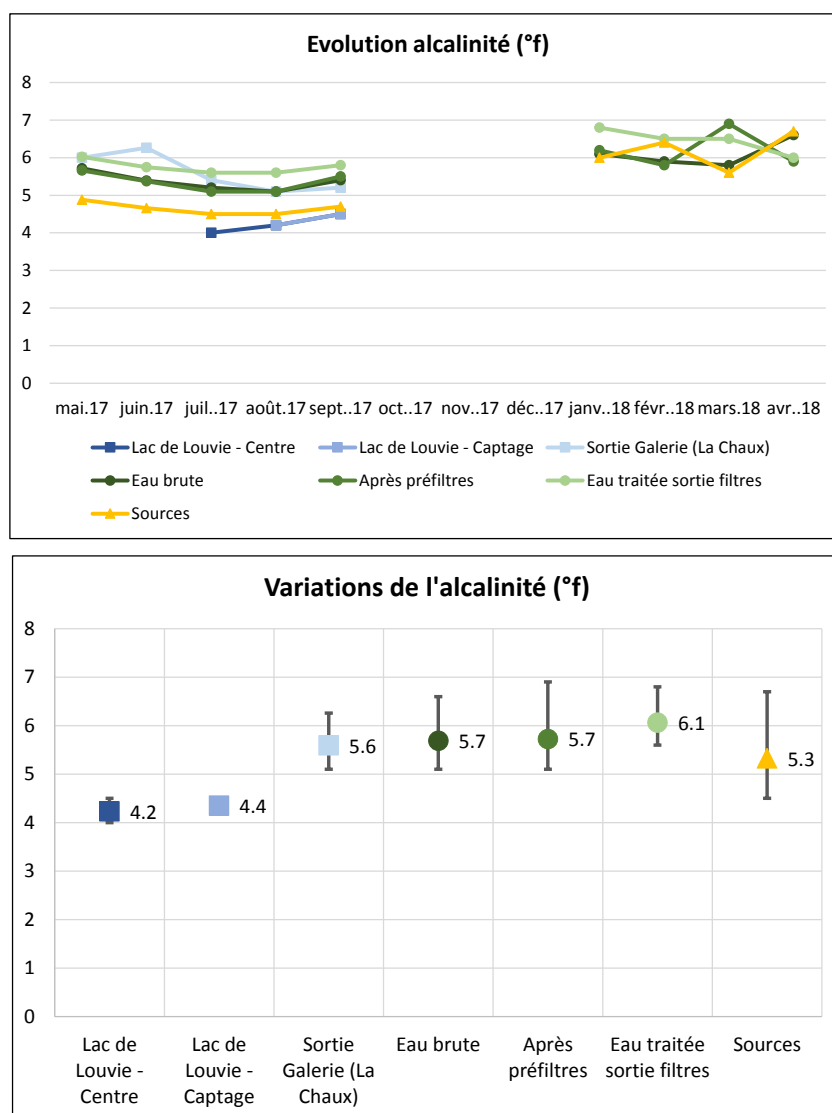


Figure 4.6 Évolution annuelle de la mesure de l'alcalinité

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures de dureté totale (°f) relevées lors de la prise des échantillons.

Dureté totale - °f	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17
Lac de Louvie - Centre			4.5	5.26	5.01
Lac de Louvie - Captage				4.56	5.06
Sortie Galerie (La Chaux)	6.08	6.59	5.7	5.54	5.79
Eau brute	6.10	5.79	5.54	5.65	5.9
Après préfiltres	6.04	5.77	5.46	5.68	6.17
Eau traitée sortie filtres	6.44	6.12	5.63	6.11	6.36
Sources	5.03	4.9	5.00	4.81	4.89

Tableau 4.3 Tableau des valeurs mensuelles de dureté totale.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de dureté totale. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

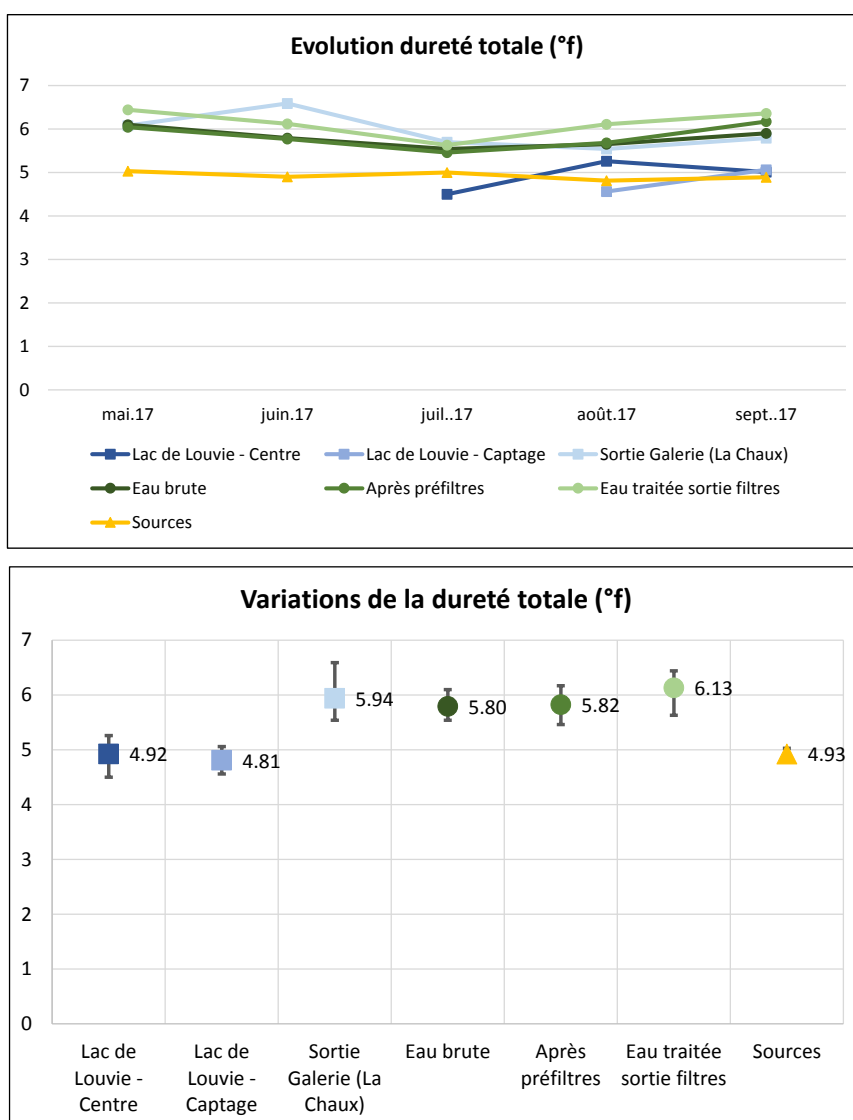


Figure 4.7 Évolution annuelle de la mesure de dureté totale

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures de concentrations en Hydrogénocarbonates (mgHCO₃/l) relevées lors de la prise des échantillons.

Hydrogénocarbonates -	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			48.8	51.3	54.9				
Lac de Louvie - Captage				51.3	54.9				
Sortie Galerie (La Chaux)	73.2	76.4	65.9	62.2	63.5				
Eau brute	69.8	65.8	63.5	62.2	65.9	74.4	72	69.6	80.9
Après préfiltres	69.1	65.5	62.2	62.2	67.1	75.7	70.8	83.0	71.5
Eau traitée sortie filtres	73.5	70.2	63.5	68.3	70.8	83	79.3	79.3	73.0
Sources	59.5	56.9	58.6	54.9	57.4	73.2	78.1	68.3	82.2

Tableau 4.4 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en hydrogénocarbonates.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de concentration en hydrogénocarbonates. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

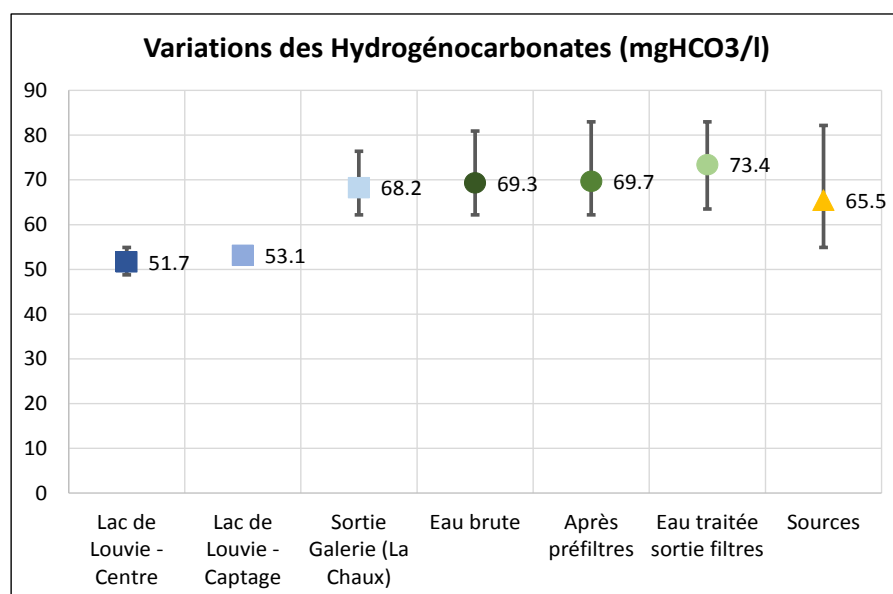
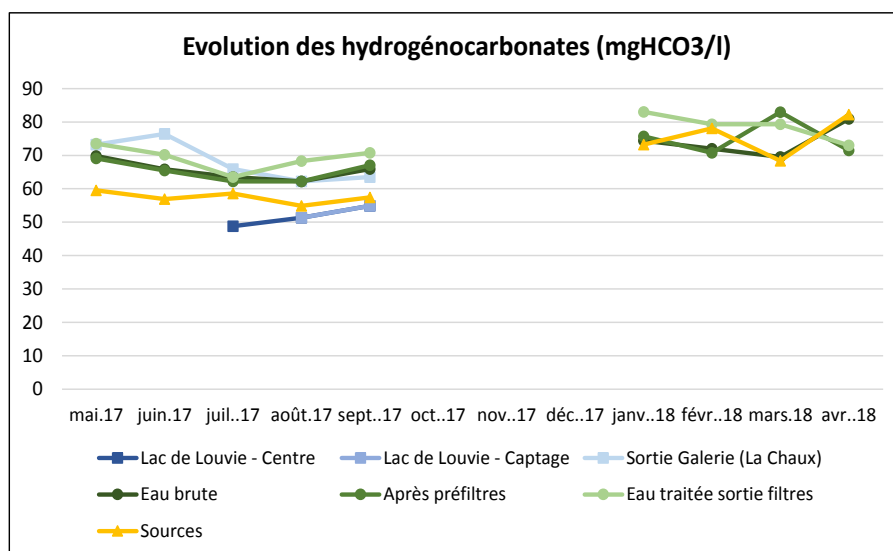


Figure 4.8 Évolution annuelle de la mesure de concentration en hydrogénocarbonates

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : L'eau du lac est très douce mais est significativement reminéralisée par les infiltrations dans la galerie. L'eau brute reste néanmoins agressive, il est donc conseillé de la mettre à l'équilibre calco-carbonique avant distribution. L'eau des sources est également agressive.

4.4.6 Sulfates

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures de concentrations en Sulfates ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{l}$) mesurée lors de la prise des échantillons.

Sulfate - $\text{mgSO}_4^{2-}/\text{l}$	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			4.86	11.40	5.66	5.96	5.26					
Lac de Louvie - Captage				5.45	5.59	5.90						
Sortie Galerie (La Chaux)	2.00	4.20	5.14	5.73	5.85	5.91						
Eau brute	3.41	3.39	4.54	5.56	6.01	5.63	5.57	4.83	6.07	6.41	6.32	1.96
Après préfiltres		3.37	4.41	5.62	6.01	5.63	5.61	4.89	5.96	6.39	1.57	6.09
Eau traitée sortie filtres		3.4	4.49	5.55	6.06	5.7	5.64	4.87	6.18	7.31	6.55	5.98
Sources	1.28	1.43	2.03	2.07	2.01	2.09	2.28	1.16	1.57	1.35	6.47	6.04

Tableau 4.5 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en sulfates.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de concentration en sulfates. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

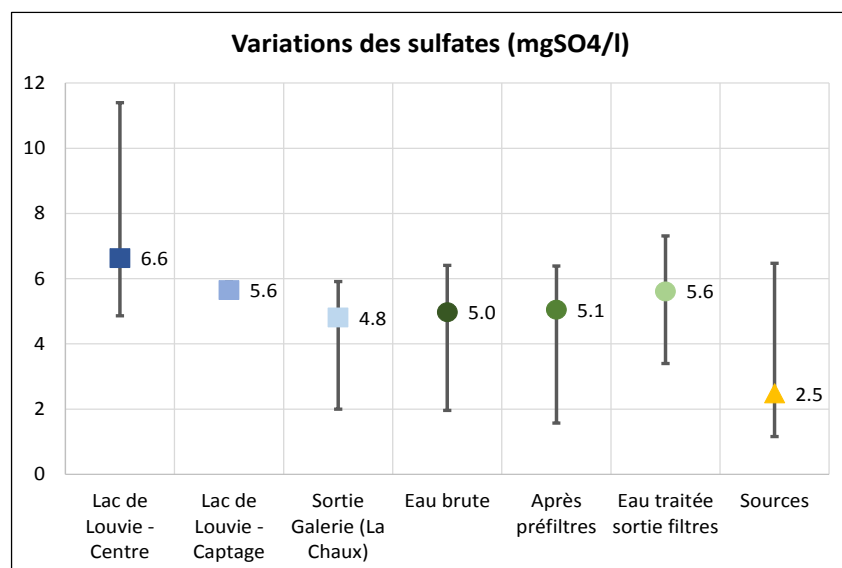
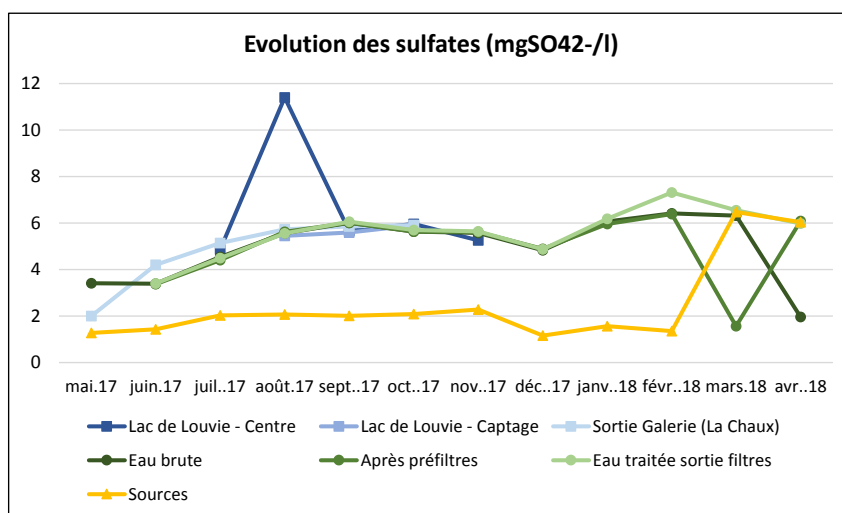


Figure 4.9 Évolution annuelle de la mesure de concentration en sulfates

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les concentrations en sulfates sont basses et ne posent pas de problème pour la potabilité. Les valeurs sont relativement stables au cours de l'année hormis le pic d'août 2017, très atypique

4.4.7 Nitrates

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures de nitrates.

Nitrates - mgNO ₃ /l	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			0.274	0.308	0.061	0.106	0.181					
Lac de Louvie - Captage				0.308	0.005	0.108						
Sortie Galerie (La Chaux)	0.426	0.716	0.467	0.430	0.194	0.404						
Eau brute	0.836	0.703	0.528	0.498	0.31	0.567	0.589	0.645	0.080	0.870	0.875	1.080
Après préfiltres	0.903	0.754	0.582	0.589	0.399	0.609	0.549	0.691	0.085	0.907	1.005	0.993
Eau traitée sortie filtres	0.892	0.766	0.618	0.599	0.421	0.613	0.535	0.682	0.842	0.918	0.958	1.030
Sources	1.160	1.040	1.110	1.130	1.070	1.110	0.794	1.110	1.090	0.976	0.962	1.110

Tableau 4.6 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en nitrates.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de concentration en nitrates. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

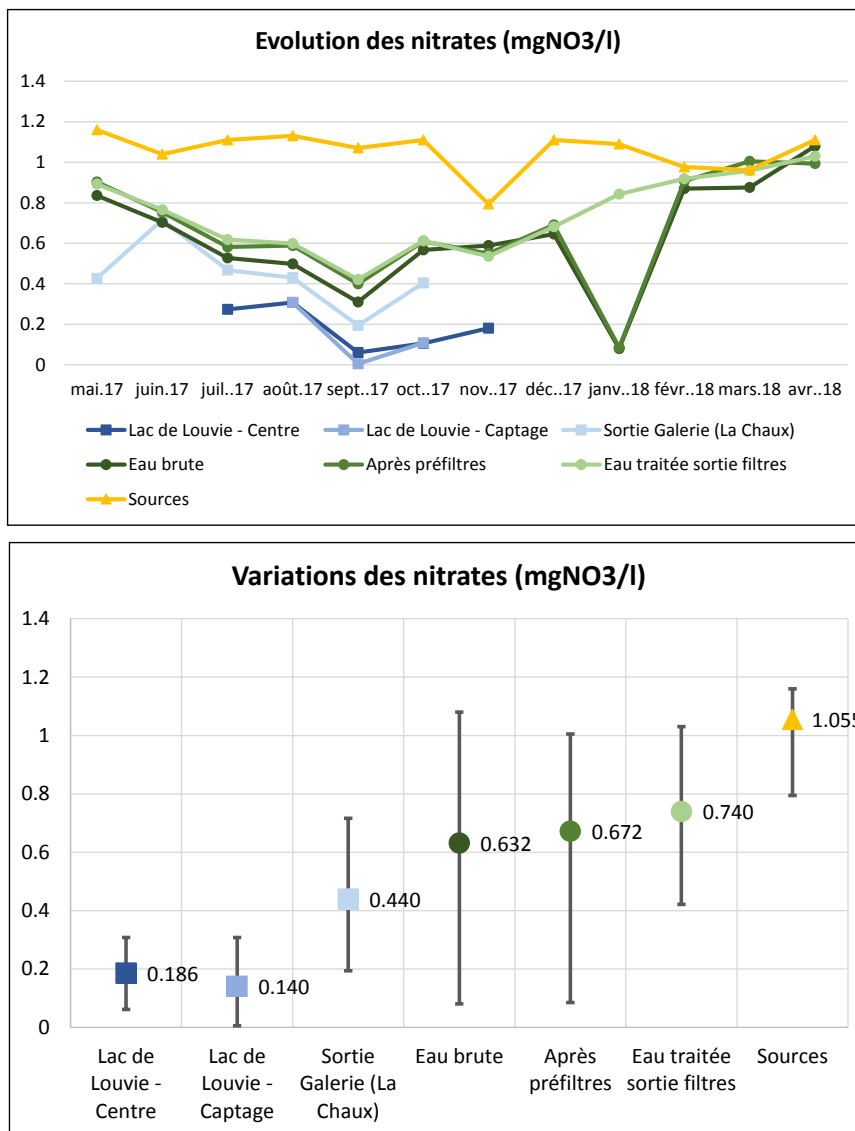


Figure 4.10 Évolution annuelle de la mesure de concentration en nitrates

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les concentrations en nitrates sont basses et ne posent pas de problème pour la potabilité. Les valeurs sont relativement stables au cours de l'année.

4.4.8 Ammonium

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'ammonium.

Ammonium - mgNH ₄ ⁺ /l	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			0.018	0.024	0.012	0.007	0.018					
Lac de Louvie - Captage				0.122	0.014	0.009						
Sortie Galerie (La Chaux)	0.016	0.009	0.020	0.034	0.014	0.007						
Eau brute	0.014	0.008	0.016	0.023	0.009	0.009	0.013	0.008	0.003	0.019	0.041	0.003
Après préfiltres	0.014	0.007	0.011	0.006	0.005	0.004	0.012	0.008	0.001	0.011	0.003	0.004
Eau traitée sortie filtres	0.013	0.007	0.013	0.007	0.004	0.004	0.049	0.004	0.001	0.013	0.006	0.021
Sources	0.021	0.008	0.022	0.006	0.004	0.004	0.010	0.005	0.001	0.001	0.007	0.007

Tableau 4.7 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en ammonium.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de concentration en ammonium. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).

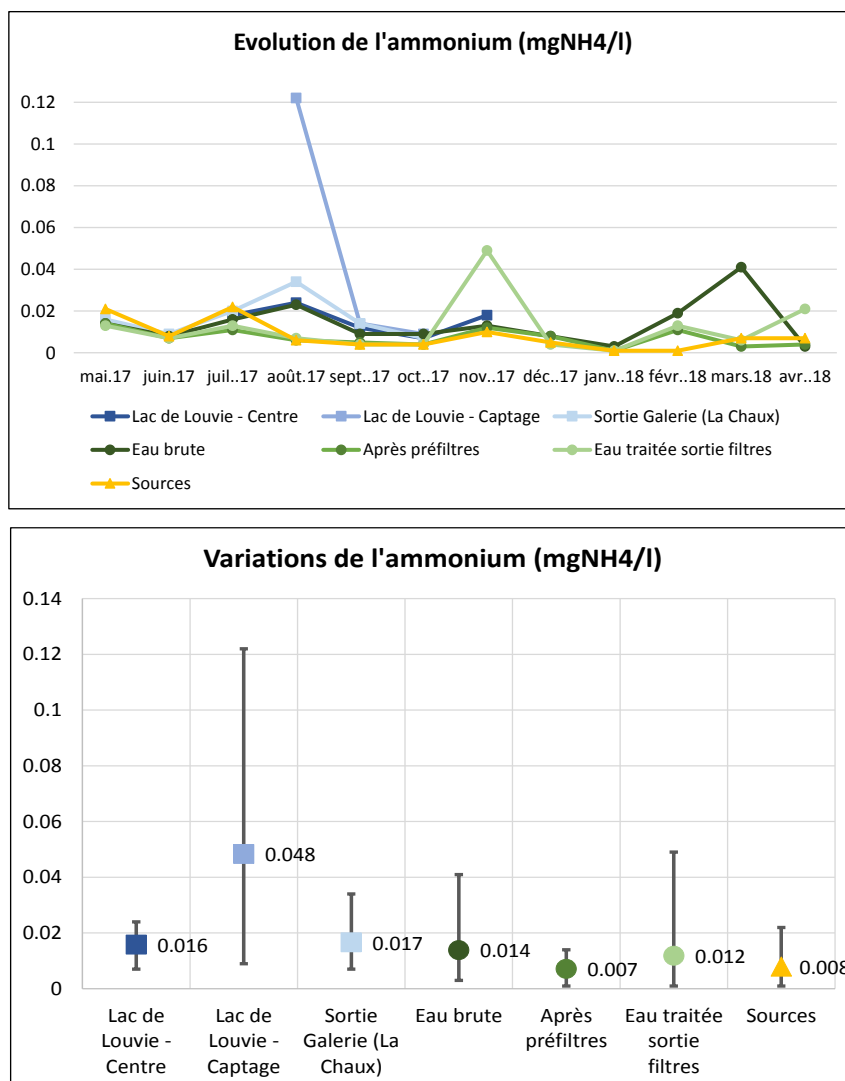


Figure 4.11 Évolution annuelle de la mesure de concentration en ammonium

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les concentrations en ammonium sont basses et ne posent pas de problème pour la potabilité néanmoins sa quantification est importante car l'ammonium réagit en priorité avec le chlore et par conséquent entraine un surdosage en chlore (x10) lors de la post-chloration.

4.4.9 Iodures

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'Iodure.

Iodure - mgI-/l	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Lac de Louvie - Captage	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sortie Galerie (La Chaux)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Eau brute	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Après préfiltres	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Eau traitée sortie filtres	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sources	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Tableau 4.8 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en iode.

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Aucune valeur n'a été mesurée au-dessus du seuil de détection analytique. Aucun problème de réaction avec la matière organique et le chlore n'est donc à attendre

4.4.10 Phosphates et phosphore

Les tableaux ci-dessous présentent les différentes mesures de phosphates et de phosphore total au cours de l'année de mesures.

Phosphate - mgPO ₄ ³⁻ /l	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.005					
Lac de Louvie - Captage	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001						
Sortie Galerie (La Chaux)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001						
Eau brute	< 0.001	0.089	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.005	<0.005	0.052	<0.005	<0.005	<0.005
Après préfiltres	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.097	<0.005	<0.005	<0.005	0.018	<0.005	<0.005
Eau traitée sortie filtres	< 0.001	0.09	< 0.001	< 0.001	0.098	<0.005	<0.005	<0.005	0.02	<0.005	<0.005
Sources	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Tableau 4.9 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en phosphate.

Phosphore total - mgP/l	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.02	<0.02					
Lac de Louvie - Captage	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.077						
Sortie Galerie (La Chaux)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.035						
Eau brute	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.031	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Après préfiltres	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Eau traitée sortie filtres	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Sources	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02

Tableau 4.10 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en phosphore total.

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les phosphates n'ont pas pratiquement pas été détectés hormis des valeurs de 100 µg/l en juillet et en octobre. Pour le phosphore total aucune concentration n'a été mesurée au-dessus du seuil de détection analytique. Les nutriments restent donc faibles malgré le développement biologique du lac.

4.4.11 Aluminium

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'aluminium.

Aluminium dissous- µgAl/l	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Eau brute	79.30	39.20	17.60	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Après préfiltres	n/a	n/a	12.70	<0.01	52.10	0.89	<0.01
Eau traitée sortie filtres	22.10	2.19	8.27	1.70	<0.01	<0.01	<0.01
Sources	n/a	n/a	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Tableau 4.11 Tableau des valeurs mensuelles de concentration en aluminium dissous.

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les valeurs en aluminium dissous sont faibles et l'élimination de l'aluminium dans la filière de traitement fonctionne bien. Les valeurs en sortie sont inférieures aux objectifs MSDA.

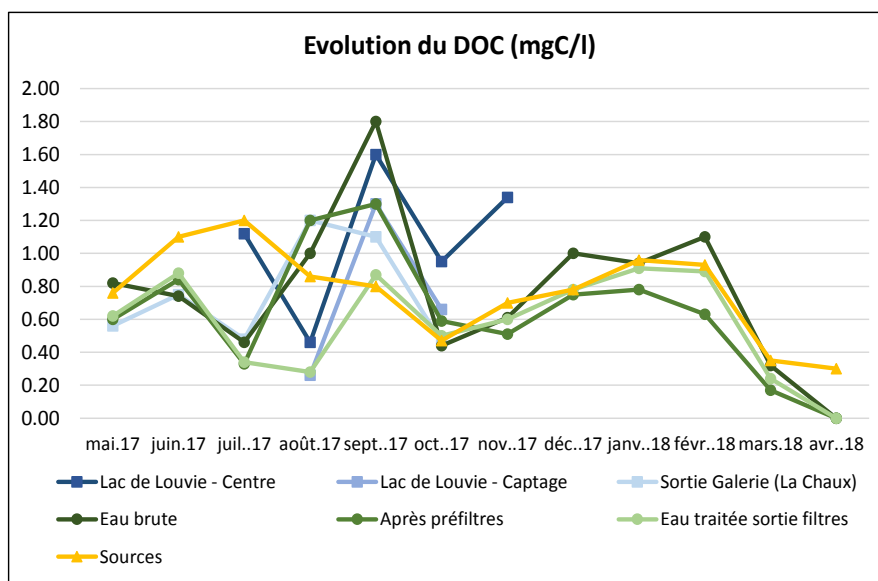
4.4.12 Carbone organique dissous (COD ou DOC) et Oxydabilité au KMnO₄ et Absorbance UV 254 nm

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures COD ou DOC. Ce paramètre regroupe toute la matière organique dissoute dans l'eau ainsi que les particules inférieure à 0,45 µm.

DOC - mgC/l	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			1.12	0.46	1.60	0.95	1.34					
Lac de Louvie - Captage				0.26	1.30	0.66						
Sortie Galerie (La Chaux)	0.56	0.75	0.48	1.20	1.10	0.46						
Eau brute	0.82	0.74	0.46	1.00	1.80	0.44	0.61	1.00	0.94	1.10	0.32	< 0.1
Après préfiltres	0.60	0.84	0.33	1.20	1.30	0.59	0.51	0.75	0.78	0.63	0.17	< 0.1
Eau traitée sortie filtres	0.62	0.88	0.34	0.28	0.87	0.50	0.60	0.78	0.91	0.89	0.24	< 0.1
Sources	0.76	1.10	1.20	0.86	0.80	0.47	0.70	0.78	0.96	0.93	0.35	0.30

Tableau 4.12 Tableau des valeurs mensuelles de concentration COD

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de concentration en COD ou DOC. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).



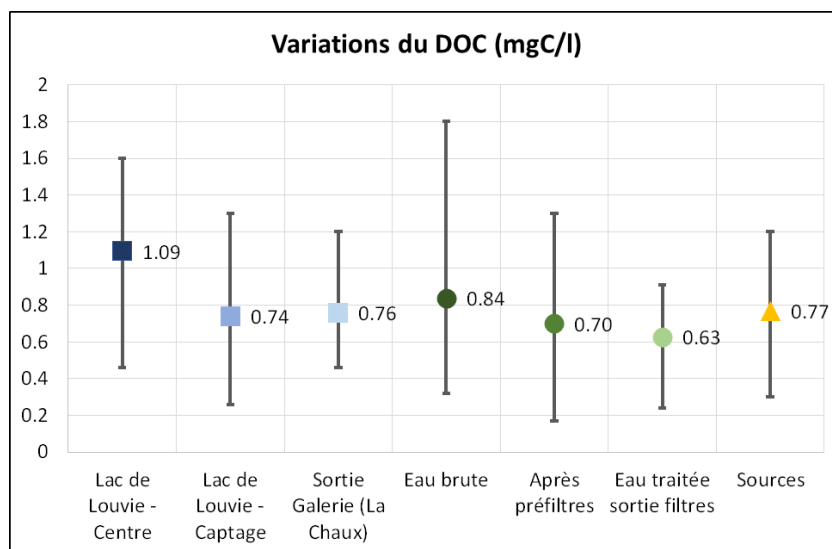


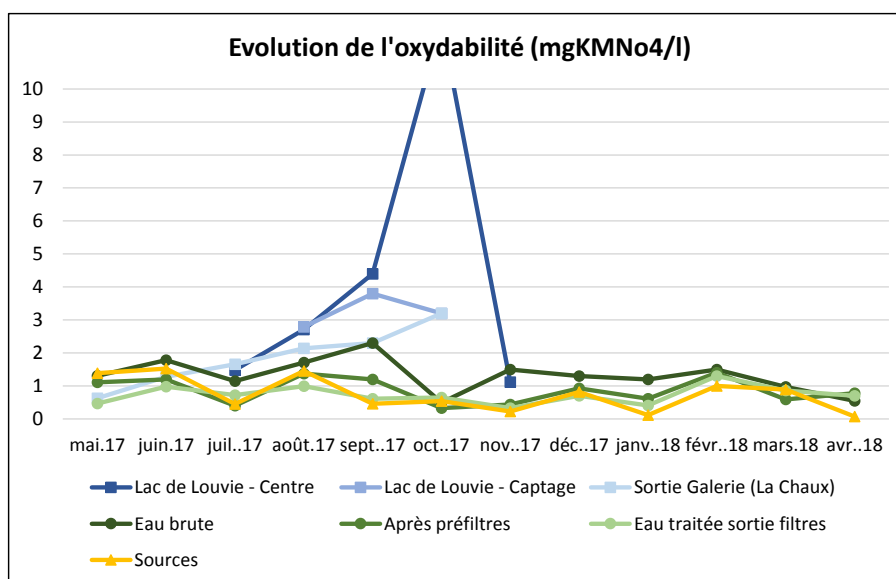
Figure 4.12 Évolution annuelle de la mesure de concentration en DOC ou COD

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4). Ce paramètre correspond à la part du carbone organique facilement oxydable et donc plus facilement biodégradable.

Oxydabilité - mgKMnO_4/l	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			1.48	2.71	4.40	12.00	1.12					
Lac de Louvie - Captage				2.79	3.80	3.20						
Sortie Galerie (La Chaux)	0.63	1.28	1.66	2.14	2.30	3.20						
Eau brute	1.31	1.78	1.15	1.71	2.30	0.50	1.50	1.30	1.20	1.50	0.97	0.55
Après préfiltres	1.11	1.20	0.40	1.37	1.20	0.33	0.44	0.93	0.61	1.40	0.59	0.78
Eau traitée sortie filtres	0.47	0.98	0.72	0.99	0.61	0.65	0.33	0.70	0.41	1.30	0.86	0.70
Sources	1.39	1.53	0.45	1.45	0.46	0.54	0.23	0.82	0.12	1.00	0.89	0.07

Tableau 4.13 Tableau des valeurs mensuelles de concentration d'oxydabilité au KMnO_4

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de d'oxydabilité au KMnO_4 . Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).



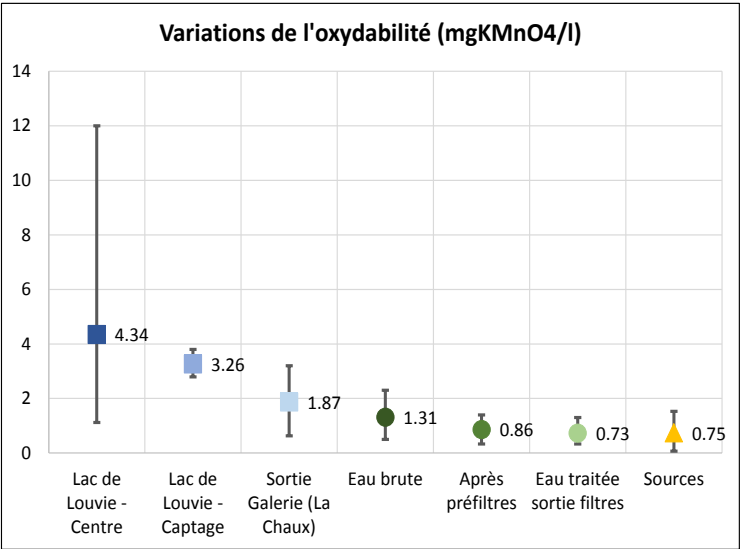


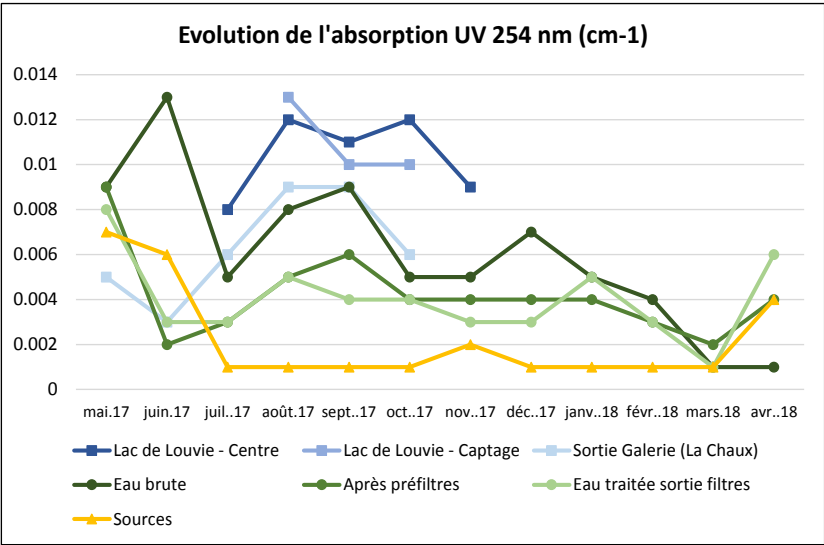
Figure 4.13 Évolution annuelle de la mesure d'oxydabilité au KMnO4

Le tableau ci-dessous présente les différentes mesures d'absorbance UV 254 nm. Ce paramètre mesure les doubles liaisons C=C facilement oxydables ce qui inclue les molécules aromatiques.

UV 254nm - cm ⁻¹	mai.17	juin.17	juil.17	août.17	sept.17	oct.17	nov.17	déc.17	janv.18	févr.18	mars.18	avr.18
Lac de Louvie - Centre			0.008	0.012	0.011	0.012	0.009					
Lac de Louvie - Captage				0.013	0.010	0.010						
Sortie Galerie (La Chaux)	0.005	0.003	0.006	0.009	0.009	0.006						
Eau brute	0.009	0.013	0.005	0.008	0.009	0.005	0.005	0.007	0.005	0.004	0.001	0.001
Après préfiltres	0.009	0.002	0.003	0.005	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004
Eau traitée sortie filtres	0.008	0.003	0.003	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.005	0.003	0.001	0.006
Sources	0.007	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004

Tableau 4.14 Tableau des valeurs mensuelles d'absorption UV 254 nm.

La courbe ci-dessous présente l'évolution au cours de l'année de la mesure de l'absorption UV 254 nm. Le diagramme présente quant à lui, par site de prélèvement, la valeur moyenne et les perc. 90 et perc. 10 (barres d'erreur inférieures et supérieures).



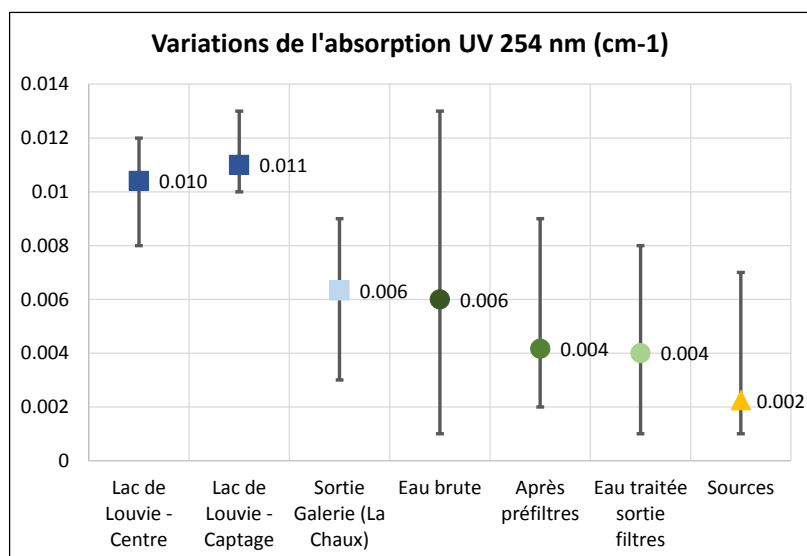


Figure 4.14 Évolution annuelle de la mesure de l'absorption UV 254 nm

La mesure d'absorbance UV 254 nm est également mesurée en ligne en entrée (cf. annexe C).

VALEURS RESUMEES ET ANALYSE DES VALEURS : Les valeurs en matière organique sont faibles dans l'eau brute et la qualité de l'eau traitée répond à l'objectif MSDA (1 mg/l pour le COD). On constate l'impact de la coagulation et l'abattement semble plus important sur le deuxième étage de filtration. L'étape de coagulation/floculation semble donc utile mais le rendement du filtre à sable pourrait sans doute être amélioré.

4.4.13 Composition du carbone organique dissous

En complément des analyses physico-chimiques, des mesures du type LC-OCD ont été réalisées afin de contrôler la composition du carbone organique dissous et quantifier sa part hydrophile, composée de substances humiques, de bio-polymères, de produits d'oxydation, d'acides organiques, etc. Certains composés peuvent représenter un risque de colmatage pour les membranes il est donc intéressant de pouvoir les quantifier.

Un prélèvement sur l'eau brute a été réalisé le 16 avril 2018. Deux analyses avaient également été réalisées par les SIB (et la société Membratec) sur la même eau brute de l'aqueduc le 08 septembre 2016 et le 26 octobre 2016. Les résultats sont présentés ci-dessous :

Date échantillon		08.09.2016	26.10.2016	16.04.2018
COD	[ppb-C]	227	517	146
COD hydrophobe	[ppb-C]	-	-	16
COD hydrophile	[ppb-C]	227	517	131
Bio-polymère	[ppb-C]	43	50	1
Substances humiques	[ppb-C]	96	339	88
Building blocks	[ppb-C]	34	74	19
LMW neutrals	[ppb-C]	54	55	21
LMW acides	[ppb-C]	-	-	< 1
Colloïdes inorganiques	[ppb-C]	-	0.06	< 0.1

Tableau 4.15 Tableau des résultats du LC-OCD.

4.5 Conclusion des analyses physico-chimiques

Point n°1 : La turbidité en entrée est faible entre 2 et 5 FTU mais des pics jusqu'à 20 FTU ont été observés

Point n°2 : La température de l'eau brute varie entre 1,5 et 10°C.

Point n°3 : Les eaux brutes sont douces.

Point n°4 : Les teneurs en nutriments ne posent pas de problème pour la potabilité, leur variation importante dans l'année montre bien néanmoins l'activité biologique du lac.

Point n°5 : Les Iodures et les phosphates n'ont pratiquement pas été détectées.

Point n°6 : Les valeurs en matière organique sont globalement assez faibles dans l'eau brute malgré des variations dues à l'activité du lac.

4.6 Paramètres concernant les substances biologiques : Cyanobactéries

4.6.1 Introduction

Les cyanobactéries peuvent se trouver dans les eaux de lac soit dans le phytoplancton soit dans la flore benthique. Les cyanobactéries représentent un danger pour les ressources d'eau potable car elles produisent des cyanotoxines qui peuvent être toxiques (par exemple les microcystines qui sont toxiques pour le foie). Le réchauffement climatique pourrait également favoriser le développement futur de ces bactéries.

Compte tenu de la présence de nutriments, de nombreuses algues et de Rumex dans le lac de Louvie **une suspicion de présence de cyanobactéries est envisagée**. Une campagne de mesure a par conséquent été réalisée par le département Forel de l'Université de Genève. Une analyse du risque que les cyanotoxines se retrouvent dans la distribution d'eau potable après traitement sur l'usine des Ruinettes a également été faite. Les mesures de cyanobactéries ont été réalisées à la fois sur le phytoplancton (en eau libre) et dans la flore benthique (mousse fixée sur les cailloux sur les rives).

4.6.2 Normes

Il n'existe pas à ce jour de limites en Suisse pour ces composés dans les normes pour la production d'eau potable. L'organisation Mondiale de la Santé a fixé un seuil de 1 µg/l pour la concentration en microcystine-LR dans l'eau potable mais il n'y a pas encore de limite pour les autres toxines (un complément sera prochainement apporté par l'OMS). Pour pouvoir correctement évaluer le risque, il est donc préférable de se concentrer sur la présence cyanobactéries et d'en déduire un niveau de risque en fonction de leurs concentrations.

4.6.3 Résultats des analyses

Une recherche des genres de cyanobactéries présentes a tout d'abord été menée. Plusieurs genres pouvant produire certaines toxines ont été trouvés dans le phytoplancton (neurotoxines comme anatoxine ou saxitoxine et hépatotoxines comme microcystine). Les dynamiques et les genres prédominants sont différents entre le lac et les Ruinettes, les concentrations rencontrées restent néanmoins faibles (< 2'000 cellules/mL sauf un pic à 3'000 cellules/mL). Au niveau des cyanobactéries benthiques, on voit là encore de grandes variétés dans le temps et dans les genres rencontrés. On peut relever la présence de Phormidium qui est connu pour être producteur potentiel d'anatoxine.

4.6.4 Conclusion et évaluation du risque lié au Cyanobactéries

Le tableau ci-dessous résume les principales conclusions de l'étude de l'institut Forel concernant les mesures sur les cyanobactéries

Point n°1 : Plusieurs genres de cyanobactéries ont été identifiés dans le Lac et sur les Rochers.

Point n°2 : La concentration des toxines n'a pas été mesurée mais les mesures ont portées sur la concentration en bactéries.

Point n°3 : En l'absence de norme exhaustive disponible pour l'eau potable sur le sujet, une incertitude sur les niveaux de risque demeure (extrapolation des normes sur les eaux de baignade).

Point n°4 : Les assez faibles concentrations en bactéries mesurées ne semblent pas indiquer un risque élevé pour la production d'eau potable.

Point n°5 : Pour garantir la qualité de l'eau il conviendra de prévoir des traitements spécifiques des bactéries PAR CONTRE compte tenu des concentrations rencontrées les traitements peuvent être simples.

5. Étude comparative des solutions de réhabilitation

5.1 Objectif de traitement de l'usine d'eau potable des Ruinettes réhabilitée

Dans le tableau ci-dessous sont résumés les principaux objectifs à mettre en place pour la réhabilitation de l'usine d'eau potable des Ruinettes.

Point n°1 : La nouvelle usine des Ruinettes sera dimensionnée pour un débit plus faible que le débit actuel à 100 l/s.

Point n°2 : La turbidité doit être traitée. Elle fluctue entre 2 et 4 FTU mais des pics jusqu'à 20 FTU ont été observés en été et à l'automne.

Point n°3 : La matière organique même faible doit être traitée.

Point n°4 : L'eau étant douce, elle devrait être mise à l'équilibre.

Point n°5 : La volonté du maître d'ouvrage est d'éviter la post-chloration avant la distribution dans le réseau, ce qui implique une eau biologiquement stable.

Point n°6 : Un traitement préventif des cyanobactéries et des cyanotoxines doit être intégré.

Point n°7 : La conception de la nouvelle usine devra prendre en compte les températures d'eau brute basses qui sont comprises entre 2 et 10°C.

Point n°8 : L'usine devra être adaptée aux technologies actuelles.

Point n°9 : Compte-tenu de l'accès difficile, l'exploitation de la station devra être simple et robuste.

Pont n°10 : Les procédés doivent être intégrés dans l'existant afin d'éviter la construction d'un nouveau bâtiment.

5.2 Filières envisagées et retenues

5.2.1 Solutions envisagées

Dans un premier temps nous avons envisagé de nombreuses filières mettant en œuvre les procédés de traitement d'eau potable suivants :

- Charbon Actif en Poudre,
- Charbon Actif en Grain,
- Filtres à sables monocouche ou bicouche,
- Microfiltration, Ultrafiltration,
- Ozonation.

5.2.2 Solutions retenues

Pour la réhabilitation de la station d'eau potable des Ruinettes nous avons envisagé trois solutions :

- **SOLUTION A** : Station existante réhabilitée et optimisée dans son fonctionnement. La filière reste la même à savoir coagulation, filtration et reminéralisation. L'étape de désinfection peut être modifiée pour supprimer la chloration.

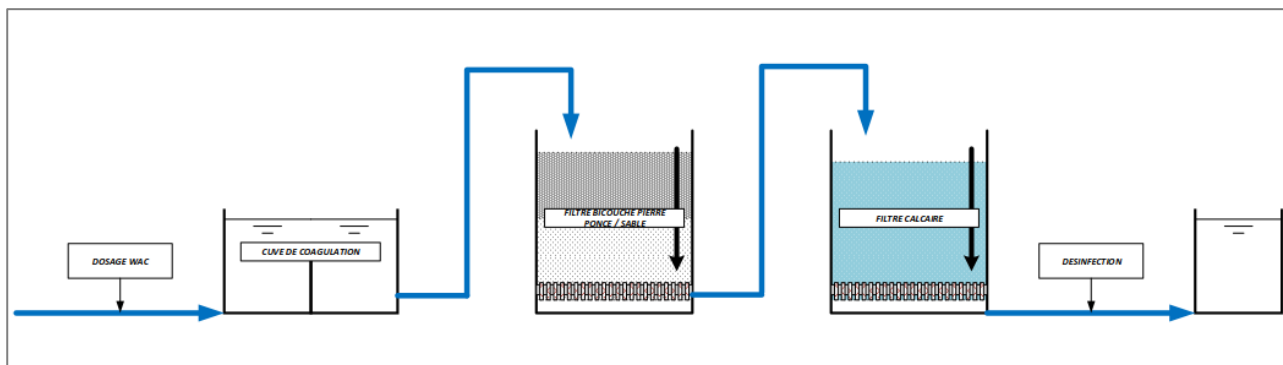


Figure 5.1 Schéma de principe solution A

- **SOLUTION A bis** : Station existante réhabilitée et évoluée. La filière existante est transformée dans la partie filtres à sables pour intégrer une pré-ozonation pour traiter les cyanobactéries. L'étape de désinfection peut être modifiée pour supprimer la chloration.

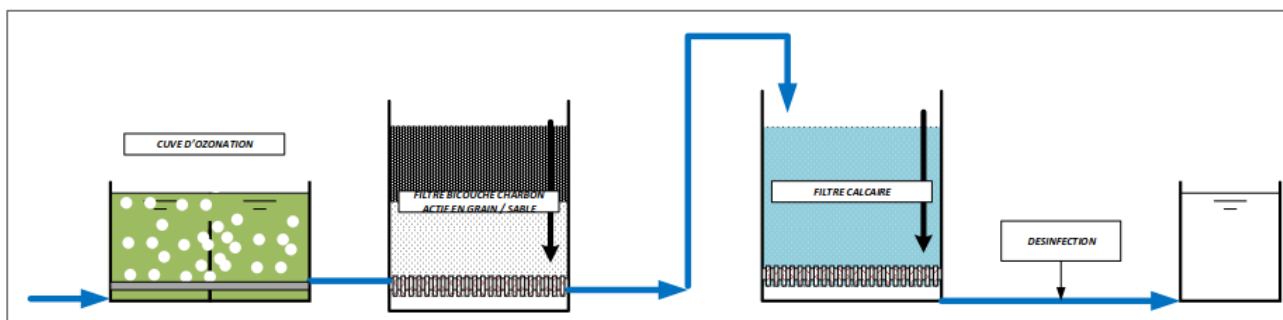


Figure 5.2 Schéma de principe solution A bis

- **SOLUTION B** : Station neuve avec une filière classique pour un traitement adapté aux eaux de lac³.

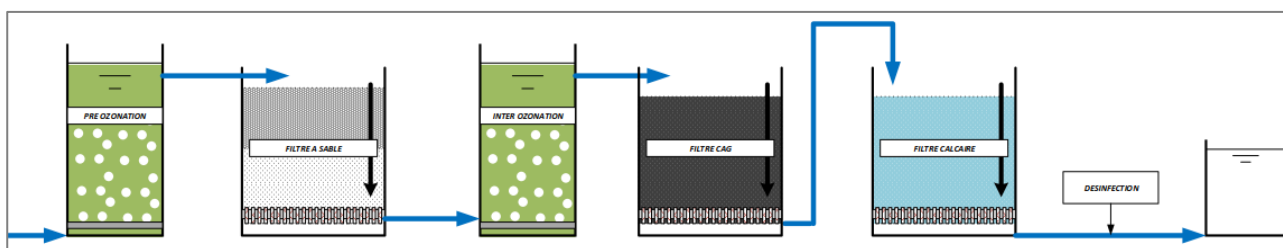


Figure 5.3 Schéma de principe solution B

³ OFSP : Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable

- **SOLUTION C** : Station neuve avec un traitement membranaire (membranes en pression ou immergées) adapté aux eaux de lac

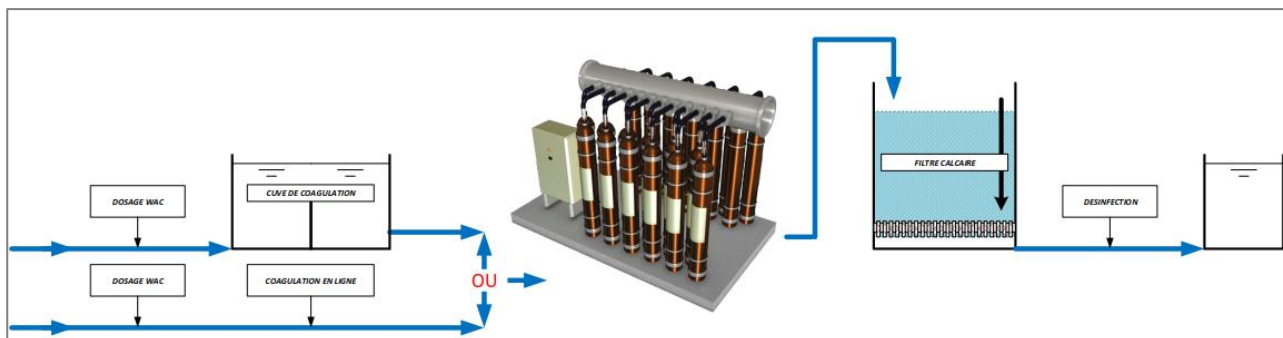


Figure 5.4

Schéma de principe solution C

Pour chaque filière nous avons évalué chaque étape de traitement à réaliser en fonction des paramètres à traiter et des étapes de traitement déjà existantes.

5.2.3 Solution A

Étape de Traitement	Rôle de l'étape	Mise en place de cette étape dans la filière de traitement de l'usine EP des Ruinettes	Étape existante dans l'usine des Ruinettes ou prévoir
1 –Coagulation	Améliorer la décantation de la turbidité et de la pollution COD	Nécessaire surtout lors des pointes de turbidité	Cette étape peut être conservée
2 – Pré-ozonation (cuve de coagulation actuelle qui était auparavant une pré-ozonation)	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation des eaux qui ont des fortes concentrations en COD - Oxydation du Fer ou du Manganèse - Facilite la coagulation et floculation - Oxydation des cyanobactéries et des cyanotoxines 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas nécessaire car pas de Fer II en Eau Brute. - Les concentrations en COD sont faibles. - Pas de problème de gout ou de couleur. - Pas de souci actuel de coagulation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les cuves d'ozonation sont existantes mais à réhabiliter.
3- Filtration rapide	Le rôle de l'étape est de traiter la turbidité et la Matière Organique	Nécessaire	Cette étape est existante avec un filtre bicouche pierre ponce/ filtre à sables. Un changement de média peut être envisagé.
4- Reminéralisation	- Remise à l'équilibre calco-carbonique de l'eau traitée	Nécessaire car l'eau est douce et n'est pas à l'équilibre calco-carbonique	Des filtres de désacidification ou reminéralisation sont existants. Ils sont à maintenir en service.
5- Désinfection	- Désinfection avant distribution dans le réseau	Nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> - Actuellement ajout de chlore fabriqué par électrochlorateur - Désinfection UV envisagée

Tableau 5.1 Présentation des étapes de traitement – solution A

5.2.4 Solution A bis

Cette solution A bis est une évolution future de la filière existante avec l'intégration d'une ozonation en tête de traitement pour permettre un traitement plus poussé des cyanobactéries et des cyanotoxines.

Étape de Traitement	Rôle de l'étape	Mise en place de cette étape dans la filière de traitement de l'usine EP des Ruinettes	Étape existante dans l'usine des Ruinettes ou prévoir
1 –Coagulation	Améliorer la décantation de la turbidité et de la pollution COD	Nécessaire surtout lors des pointes de turbidité	Cette étape peut être conservée
2 – Pré-ozonation (cuve de coagulation actuelle qui était auparavant une pré-ozonation)	- Oxydation des cyanobactéries et des cyanotoxines		- Les cuves d'ozonation sont existantes mais à réhabiliter. - Prévoir la possibilité d'équiper les cuves d'ozonation et la mise en place d'un petit ozoneur pour un traitement avec des doses faibles.
3- Filtration rapide	Le rôle de l'étape est de traiter la turbidité et la Matière Organique et de dégrader biologiquement les produits oxydés par la préozonation	Nécessaire	Cette étape est existante mais il faut transformer les filtres bicouche en filtre CAG/Sables
4- Reminéralisation	- Remise à l'équilibre calco-carbonique de l'eau traitée	Nécessaire car l'eau est douce et n'est pas à l'équilibre calco-carbonique	Des filtres de désacidification ou reminéralisation sont existants. Ils sont à maintenir en service.
5- Désinfection	- Désinfection avant distribution dans le réseau	Nécessaire	- Actuellement ajout de chlore fabriqué par électrochlorateur - Désinfection UV envisagée

Tableau 5.2 Présentation des étapes de traitement – solution A bis

5.2.5 Solution B

Étape de traitement	Rôle de l'étape	Mise en place de cette étape dans la filière de traitement de l'usine EP des Ruinettes	Étape existante dans l'usine des Ruinettes ou prévoir
1 -Décantation	Décanner la pollution particulaire importante	Pas nécessaire étant donné que la turbidité de l'eau brute est faible	Cette étape n'est pas à prévoir
2 – Pré-ozonation	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation des eaux qui ont des fortes concentrations en COD - Oxydation Fer ou Manganèse - Facilite la coagulation et floculation 	Pas nécessaire car pas de Fer II Les concentrations en COD sont faibles. Pas de problème de goût ou de couleur. Pas de souci actuel de coagulation. Pourrais être envisagé pour le traitement des cyanobactéries.	Les cuves d'ozonation sont existantes mais à réhabiliter. En option prévoir la possibilité d'équiper les cuves d'ozonation et la mise en place d'un petit ozoneur pour un traitement avec des doses faibles.
3- Filtration rapide	Le rôle de l'étape est de traiter la turbidité et la matière organique	Nécessaire	Cette étape est existante avec un filtre bicouche pierre ponce/ filtre à sables.
4-Ozonation Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation des micropolluants - Désodorisation, décoloration et amélioration du goût Désinfection 	Pas nécessaire car pas de problématique de goût ou de micropolluants	Cette étape n'est pas à prévoir. Par ailleurs elle nécessite la mise en place d'une cuve de contact et des filtres à sables ou CAG en aval pour dégrader biologiquement les sous-produits issus de l'ozonation. (ce qui est très délicat dans la configuration hydraulique existante)
5- Filtration finale Sables ou Charbon Actif	Le rôle de l'étape est de traiter les sous-produits issus de l'ozonation	Pas nécessaire	Cette étape n'est pas à prévoir
6- Reminéralisation	- Remise à l'équilibre calco-carbonique	Nécessaire car l'eau est douce et n'est pas à l'équilibre	Des filtres de désacidification ou reminéralisation sont existants. Ils sont à maintenir en service.
7-Désinfection	- Désinfection avant distribution dans le réseau	Nécessaire	Actuellement ajout de chlore fabriqué par électrochlorateur Désinfection UV envisagée

Tableau 5.3 Présentation des étapes de traitement – solution B

5.2.6 Solution C

Étape de traitement	Rôle de l'étape	Mise en place de cette étape dans la filière de traitement de l'usine EP des Ruinettes	Étape existante dans l'usine des Ruinettes ou prévoir
1 –Coagulation	Améliorer la décantation de la turbidité et de la pollution COD	Nécessaire surtout lors des pointes de turbidité	Cette étape peut être conservée. Elle dépend du fournisseur et du type de membrane
2 – Pré-ozonation	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation des eaux qui ont des fortes concentrations en COD - Oxydation du Fer ou du Manganèse - Facilite la coagulation et floculation 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas nécessaire car pas de Fer II en eau brute. - Les concentrations en COD sont faibles. Pas de problème de gout ou de couleur. - Pas de souci actuel de coagulation. - Pourrais être envisagé pour le traitement des cyanobactéries. 	Il n'est pas recommandé de prévoir cette étape en amont de l'étape membranaire
3- Filtration membranaire (Ultrafiltration)	<ul style="list-style-type: none"> - Le rôle de l'étape est de traiter totalement la turbidité - Élimination des virus et des bactéries. - Élimination partielle de la COD 	Nécessaire	Cette étape sera soit par ultrafiltration en pression soit par ultrafiltration immergée en dépression
4-Ozonation Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation des micropolluants - Désodorisation, décoloration et amélioration du goût Désinfection 	<p>Pas nécessaire</p> <p>Car pas de problématique de gout ou de micropolluants</p>	Cette étape n'est pas à prévoir Par ailleurs elle nécessite la mise en place d'une cuve de contact et des filtres à sables ou CAG en aval pour dégrader biologiquement les sous-produits issus de l'ozonation (ce qui est très délicat dans la configuration hydraulique existante)
5- Filtration finale Sables ou Charbon Actif	Le rôle de l'étape est de traiter les sous-produits issus de l'ozonation	Pas nécessaire	Cette étape n'est pas à prévoir
6- Reminéralisation	- Remise à l'équilibre calco-carbonique	Nécessaire car l'eau est douce et n'est pas à l'équilibre	Des filtres de désacidification ou reminéralisation sont existants. Ils sont à maintenir en service.
7-Désinfection	- Désinfection avant distribution dans le réseau	Nécessaire	Actuellement ajout de chlore fabriqué par électrochlorateur Désinfection UV envisagée

Tableau 5.4 Présentation des étapes de traitement – solution C

5.2.7 Conclusion

Nous constatons qu'après analyse de chaque poste de traitement pour la SOLUTION A (filière actuelle réhabilitée) et la SOLUTION B (filière classique), **la filière actuelle reste la plus adaptée si on considère une filière classique. Deux filières sont par conséquent considérées pour la suite :**

- SOLUTION A : FILIERE EXISTANTE REHABILITEE
- SOLUTION C : FILIERE MEMBRANAIRE

5.3 SOLUTION A : Filière existante réhabilitée

5.3.1 Historique

La première station de filtration et de traitement est mise en service aux Ruinettes en 1968 par la société Sulzer Frères SA avec un débit de 70 l/s. Elle comprenait deux filtres à sables à encrassement. Cette première station a été agrandie et modifiée de façon très importante en 1983 pour permettre d'augmenter **la capacité de traitement à 150 l/s**. Les deux premiers filtres à sables ont été transformés en filtre de désacidification auxquels un filtre neuf a été ajouté. En tête de traitement, une filtration bicouche (pierre ponce/sable) est réalisée par 3 filtres.

5.3.2 Filière de traitement

Le schéma de la filière de traitement est présenté ci-dessous.

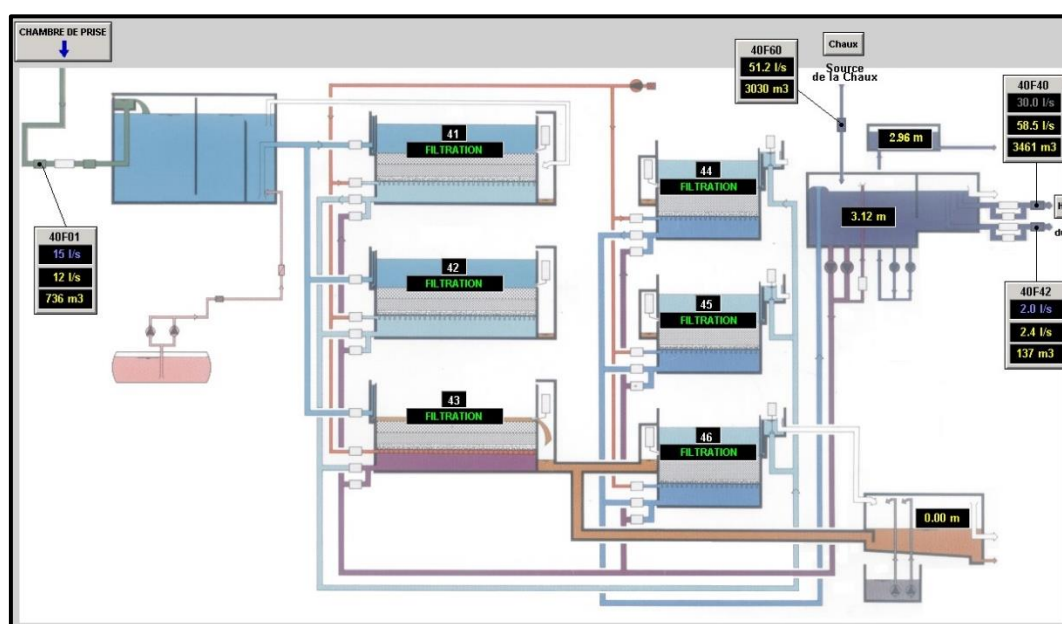


Figure 5.5 Schéma de principe de l'usine d'eau potable des Ruinettes

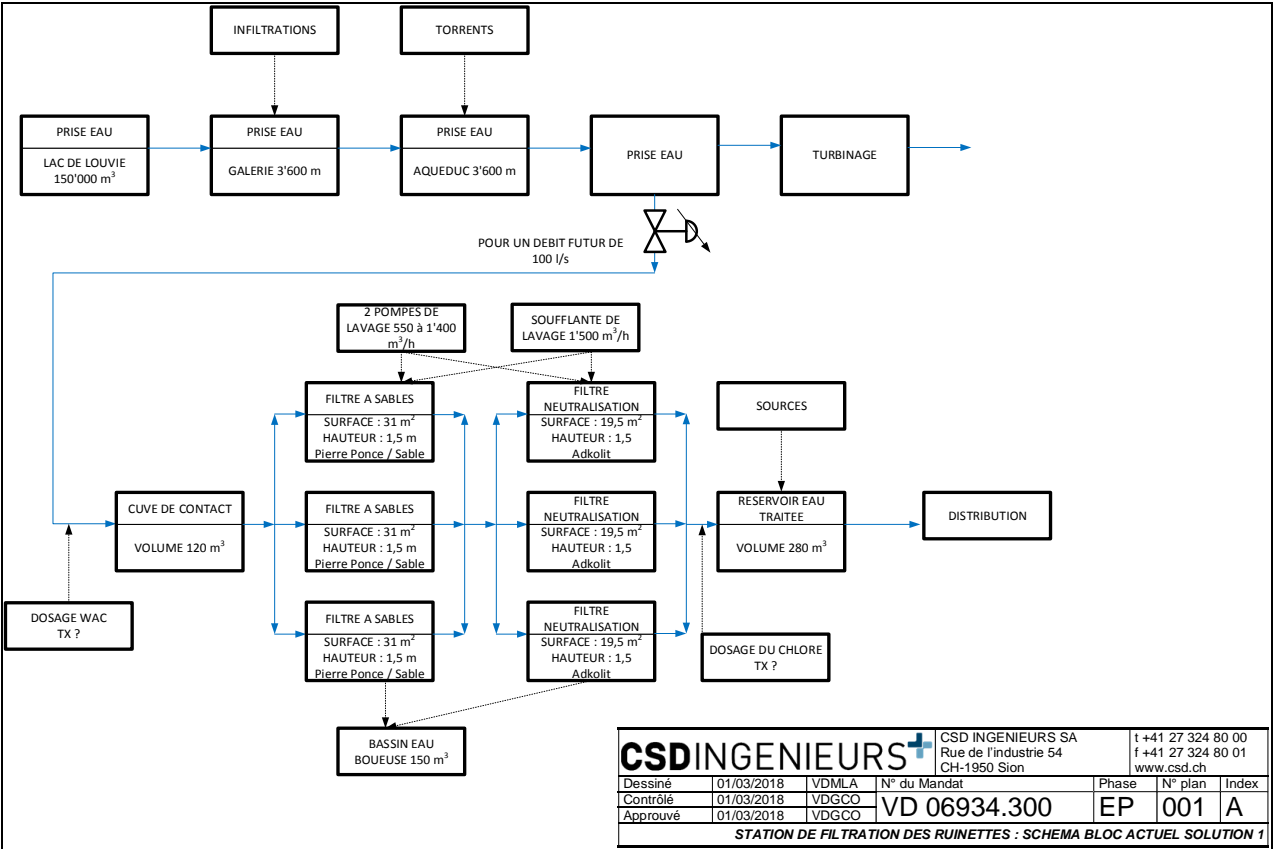


Figure 5.6 Schéma bloc la solution réhabilitation (usine existante)

5.3.3 Étape de coagulation

5.3.3.1 Caractéristiques de l'étape

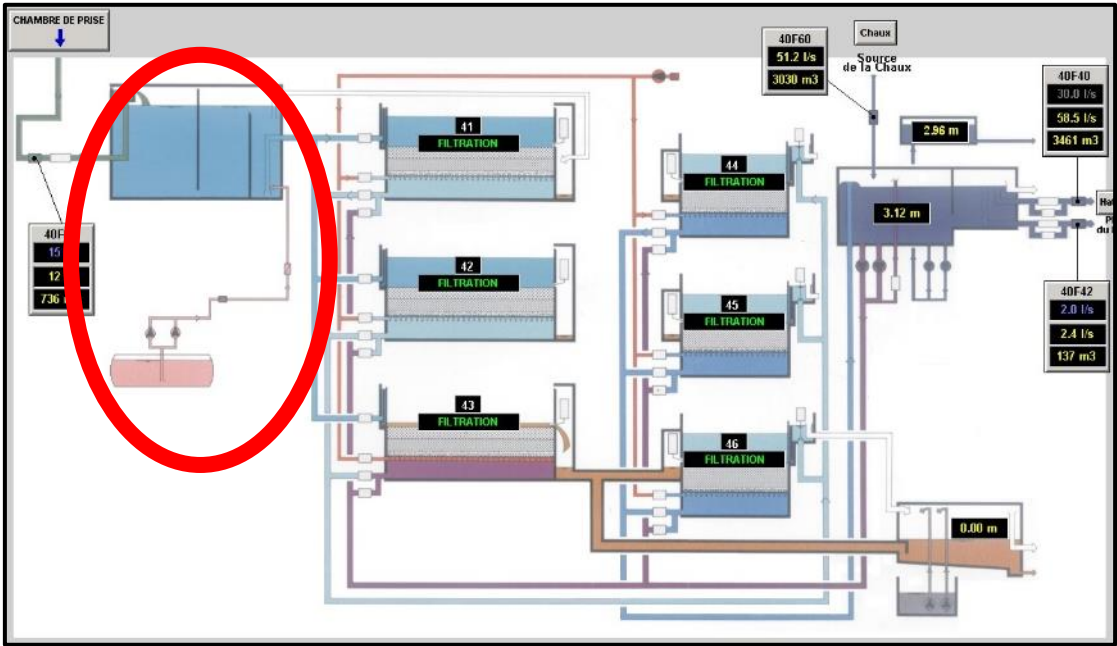


Figure 5.7 Localisation de l'étape de coagulation dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes

Les caractéristiques de l'étape sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Paramètre	Unités	Valeur
Volume	m ³	120
Temps de contact	min	20
Débit considéré	m ³ /j	4'320
Débit considéré	l/s	100
Type de coagulant utilisé	-	WAC-HB
Taux de traitement en volume et en produit commercial	ml/m ³ d'eau brute	1
Volume journalier consommé	l/j	4,32
Volume annuel consommé	m ³ /an	1,57

Tableau 5.2 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de coagulation.

Le taux de traitement actuellement mis en œuvre est très faible et de l'ordre de 100 l / mois soit environ 0.1 g_{Al2O3} / l. Le suivi du taux de traitement a également mis en évidence un problème sur une des deux pompes de dosage qui ne fonctionnait pas correctement (fonctionnement des pompes alterné un mois sur deux). Néanmoins, malgré l'absence de dosage de coagulant, l'impact sur la qualité de l'eau traitée en sortie n'est pas visible dans les résultats d'analyses.

5.3.3.2 Essais Jar Test

Nous avons réalisé des essais Jar test à l'usine des Ruinettes le 20 mars 2018 afin de déterminer la dose la plus appropriée et de déterminer l'impact du temps de coagulation et de décantation. L'objectif du jar-test était également de vérifier si cette étape était réellement indispensable au bon traitement de la matière organique.



Figure 5.8 Photo jar-tests

Les résultats obtenus au mois de mars montrent que l'injection de coagulant, même à faible dose, a un impact. Néanmoins, les faibles concentrations en entrée et l'eau très froide n'ont pas permis de valider le temps de coagulation et la concentration en produit optimal. De nouveaux essais au printemps avec des turbidités plus importantes en entrée et une eau plus chaude permettraient de compléter ces premiers éléments.

5.3.3.3 Travaux et optimisations à envisager

Les travaux et optimisations à envisager dans le cadre d'une réhabilitation au niveau de cette étape sont les suivants :

- Envisager une insufflation d'air pour mettre en suspension le dépôt de boue qui est curé chaque année dans la cuve de coagulation. Ce point pourra être traité avec la modification de la soufflante d'air de lavage des filtres.
- Modifier le coagulant pour une formulation WAC-HBA, plus adapté aux eaux froides et peu minéralisées que le WAC-HB.
- Refaire une série de jar-tests sur une eau plus chaude et plus chargée afin de valider le temps de coagulation et surtout le dosage optimal du coagulant. Ceci permettrait également de pouvoir comparer l'efficacité du WAC-HBA

5.3.4 Étape de préfiltration

5.3.4.1 Caractéristiques de l'étape

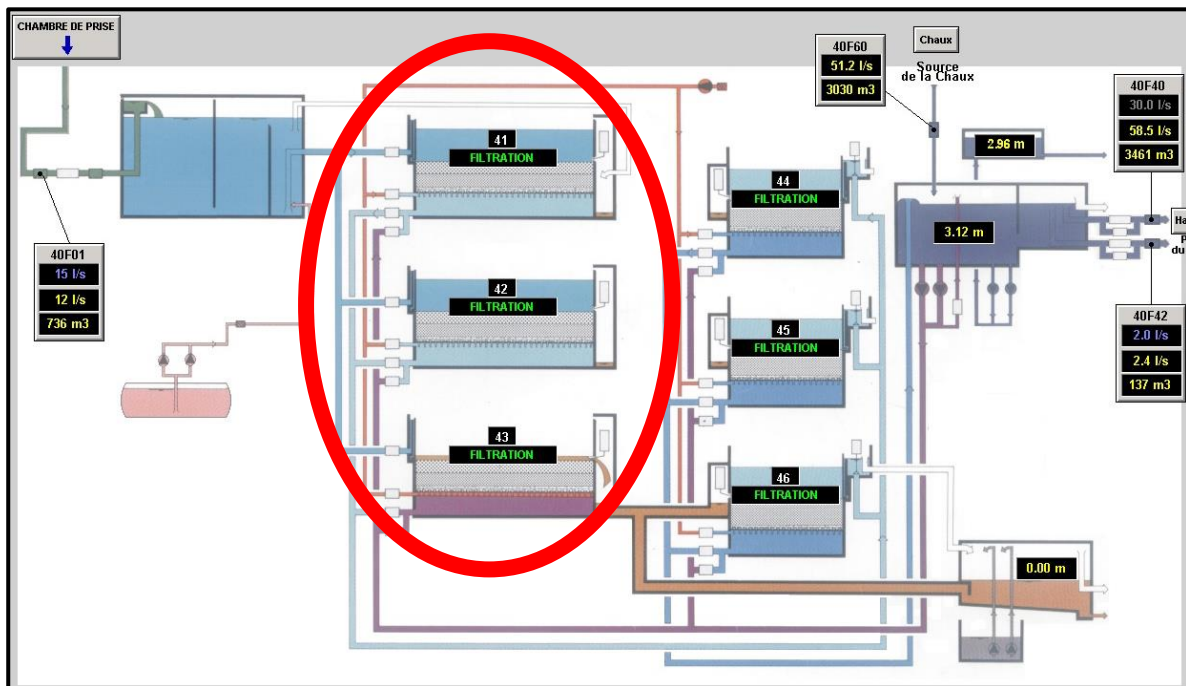


Figure 5.9 Localisation de l'étape de préfiltration dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes

La préfiltration est réalisée sur des filtres bicouches pierre ponce/sables ouverts.

Paramètre	unités	Valeur
Nombre de filtres	u	3
Surface d'un filtre	m ²	31
Surface totale	m ²	93
Hauteur de pierre ponce	m	0,75 m à confirmer
Hauteur de sable	m	0,75 m à confirmer

Paramètre	unités	Valeur
Hauteur de matériau totale	m	1,5 m
Volume de matériau total	m ³	139.5
Débit considéré	l/s	100
Vitesse de filtration	m/h	3,9
Temps de contact	min	23
Débit d'eau de lavage petit débit	m ³ /h	550
Petite vitesse eau de lavage	m/h	17,7
Débit d'eau de lavage grand débit	m ³ /h	1'440
Grande vitesse eau de lavage	m/h	46
Débit d'air	m ³ /h	1'500
Vitesse air de lavage	m/h	48

Tableau 5.3 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de filtration.

5.3.4.2 Travaux et optimisations à envisager

La solution actuellement en place est simple en termes d'exploitation et donne satisfaction. Il est donc proposé de la conserver et de la réhabiliter. Les optimisations proposées sont donc les suivantes :

- Réhabilitation des filtres existants.
- Essai d'un nouveau mélange pour les filtres bicouches (Média et Granulométrie)
- Remplacement des pompes de lavage et de la soufflante avec les mêmes caractéristiques.
- Remplacement des vannes et choix d'un nouveau système de commande à la place de l'ancienne commande hydraulique.
- Modification du programme de lavage afin d'enclencher un lavage hebdomadaire au minimum et ainsi limiter un trop fort développement bactérien dans les filtres.

Pour les travaux de réhabilitation des filtres, nous avons envisagé deux étapes :

Première étape : Audit d'un filtre préalablement vidangé

Audit du filtre	Audit du plancher et du clapet eaux sales
Média filtrant	Réalisation du profil de média filtrant et granulométrie de la couche de pierre ponce. Vérification de l'usure de la pierre ponce Vérification des hauteurs de matériau
Conduites	Mesures pour détecter la présence de PCB et plomb dans les peintures des conduites.

En fonction des résultats du premier filtre, les travaux doivent bien entendu être réalisés sur les trois files.

Deuxième étape : cas de figure si le plancher filtrant est en BON état

Plancher filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des crépines avec leur joint - Changement des vis de maintien des dalles de plancher ou mise en place d'un mortier de scellement quand les vis sont trop détériorées - Mise en place d'un mortier au niveau des joints dans les coins ou entre les dalles - mise en place d'une résine de protection
Média filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Changement du média filtrant à envisager.
Conduites d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des conduites d'alimentation en INOX V4A - Changement des conduites de sortie eau traitées en INOX V4A - Changement des conduites eau de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'air de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'évacuation des eaux sales en INOX V4A
Vannes d'isolement	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des vannes d'isolement de l'alimentation - Changement des vannes d'isolement de sortie eau traitées - Changement des vannes d'isolement d'eau de lavage - Changement des vannes d'isolement d'air de lavage
Clapets eaux sales	<ul style="list-style-type: none"> - Révision et changement des pièces défectueuses des clapets eaux sales

Deuxième étape : cas de figure si le plancher filtrant est en MAUVAIS état

Plancher filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Un plancher neuf est coulé en place avec coffrage perdu - Changement des crépines avec leur joint - mise en place d'une résine de protection
Média filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Changement du média filtrant à envisager.
Conduites d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des conduites d'alimentation en INOX V4A - Changement des conduites de sortie eau traitées en INOX V4A - Changement des conduites eau de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'air de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'évacuation des eaux sales en INOX V4A
Vannes d'isolement	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des vannes d'isolement de l'alimentation - Changement des vannes d'isolement de sortie eau traitées - Changement des vannes d'isolement d'eau de lavage - Changement des vannes d'isolement d'air de lavage
Clapets eaux sales	<ul style="list-style-type: none"> - Révision et changement des pièces défectueuses des clapets eaux sales

5.3.5 Étape de désadification ou de reminéralisation

5.3.5.1 Caractéristiques de l'étape

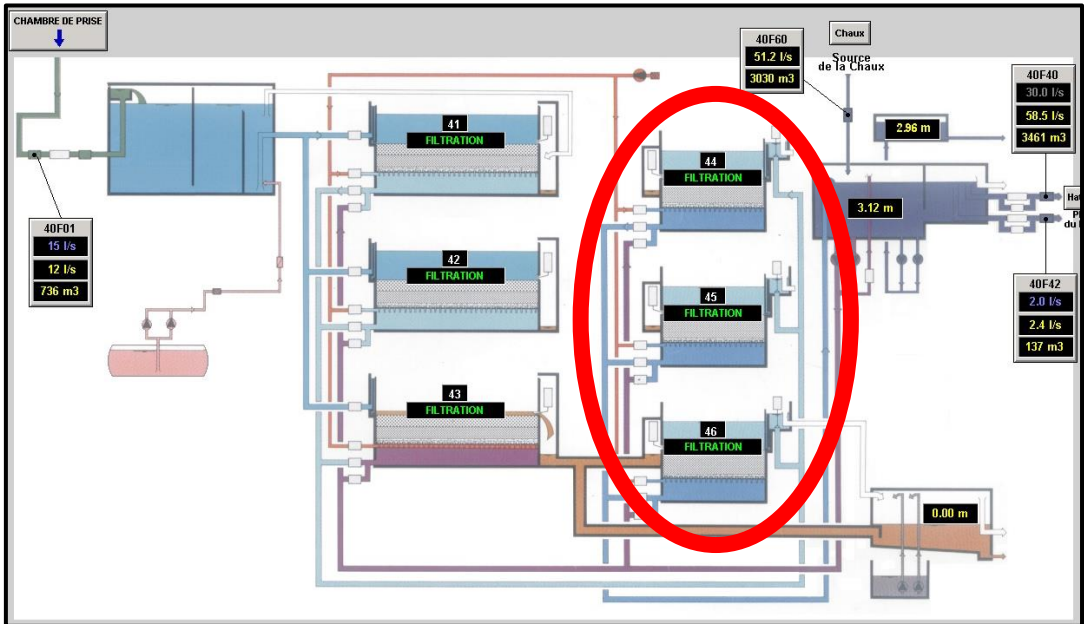


Figure 5.10 Localisation de l'étape de reminéralisation dans le schéma bloc de l'usine d'eau potable des Ruinettes

La désadification ou reminéralisation est réalisée sur des filtres ouverts contenant du matériau Akdolit Hydro Calcit C 1 G.

Paramètre	unités	Valeur
Nombre de filtres	u	3
Surface d'un filtre	m ²	19,5
Surface totale	m ²	58.5
Hauteur de matériau totale	m	1,5 m à confirmer
Volume de matériau total	m ³	87,75
Débit considéré	l/s	100
Vitesse de filtration	m/h	6,15
Temps de contact	min	14,6
Débit d'eau de lavage petit débit	m ³ /h	550
Petite vitesse eau de lavage	m/h	28,2
Débit d'eau de lavage grand débit	m ³ /h	1'440
Grande vitesse eau de lavage	m/h	73,8
Débit d'air	m ³ /h	1'500
Vitesse air de lavage	m/h	76.9

Tableau 5.4 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de reminéralisation

5.3.5.2 Vérification de l'équilibre Calco-Carbonique

Nous avons réalisé une série de mesures complètes sur tous les paramètres de l'équilibre calco-carbonique afin de le vérifier à chaque étape de traitement. Nous avons ensuite simulé l'équilibre calco-carbonique sous LPLWin version 5.25.

Résultats de simulation – station de traitement :

- Étape 0 : Eau brute entrée station

LPLWin version 5.25
Fichier Analyse Visualiser Rapport Options ?

Eau: 1 Etape: 0 LPWIN v5.25 s:36225994

	Valeur	Unité	en me/l
Température	1,7	°C	
Conductivité	c 127	µS/cm	70
pH	7,04		
TH	c 6,101	°f	1,220
TA		°f	
TAC	5,8	°f	1,160
CO ₂ libre	c 16,234	mg/l	0,369
Calcium	15,5	mg/l	0,775
Magnésium	5,41	mg/l	0,445
Sodium	0,516	mg/l	0,022
Potassium	0,454	mg/l	0,012
Ammonium	0	mg/l	
Fer divalent	0	mg/l	
Manganèse	0	mg/l	
Chlorure	0,084	mg/l	0,002
Sulfate	6,32	mg/l	0,132
Nitrate	0,875	mg/l	0,014
Nitrite	0	mg/l	
Fluorure	0	mg/l	
Oxygène diss.	c 13,96	mg/l	100,0

Résultats	Unité
Σ Cations	1,254 me/l
Σ Anions	1,308 me/l
Balance	4,2 %
H ₂ CO ₃ *	22,875 mg/l
HCO ₃ ⁻	70,719 mg/l
CO ₃ ²⁻	0,022 mg/l
CO ₂ Total	1,529 mM/l
λ	-0,193
SatuRatio	0,01
Type	Agressive
SatuCO ₂	17,2

Equilibres	Ca Cst.	Marbre	Unité
pH	9,04	8,54	
Delta pH	2,00	1,50	
ΔCaCO ₃		36,965	mg/l
TAC	5,800	9,496	°f
H ₂ CO ₃ *	0,217	1,155	mg/l
HCO ₃ ⁻	66,493	113,495	mg/l
CO ₃ ²⁻	2,052	1,147	mg/l
CO ₂ Total	1,128	1,898	mM/l
ΔCO ₂ t	-0,401	0,370	mM/l
Calcium	15,500	30,286	mg/l
SatuCO ₂	0,16	0,87	

Equilibre	Atmosphère	Unité
pH	8,27	
Delta pH	1,23	
Δ CO ₂	-15,290	mg/l
TAC	5,800	°f
H ₂ CO ₃ *	1,330	mg/l
HCO ₃ ⁻	69,986	mg/l
CO ₃ ²⁻	0,370	mg/l
CO ₂ Total	1,175	mM/l
ΔCO ₂ t	-0,354	mM/l
Saturatio	0,18	
Type	Agressive	

Nom:

Calculer

Classe d'eau selon la Réglementation:

Fichier:

Unités d'Entrée Unités de Sortie

Mode de dosage du T.A.C.

Calcul d'incertitudes

Indices et Constantes

Tracer... Imprimer... Traiter... Fermer

Figure 5.11 Résultats modélisation dureté eau brute

L'eau brute est naturellement douce et agressive.

- Étape 1 : Ajout de coagulant

Ajout d'une dose de 1 ml/m³ de WAC HB ce qui donne, avec une densité de 1,17, un taux de dosage de 1,17 mg/l de produit commercial.

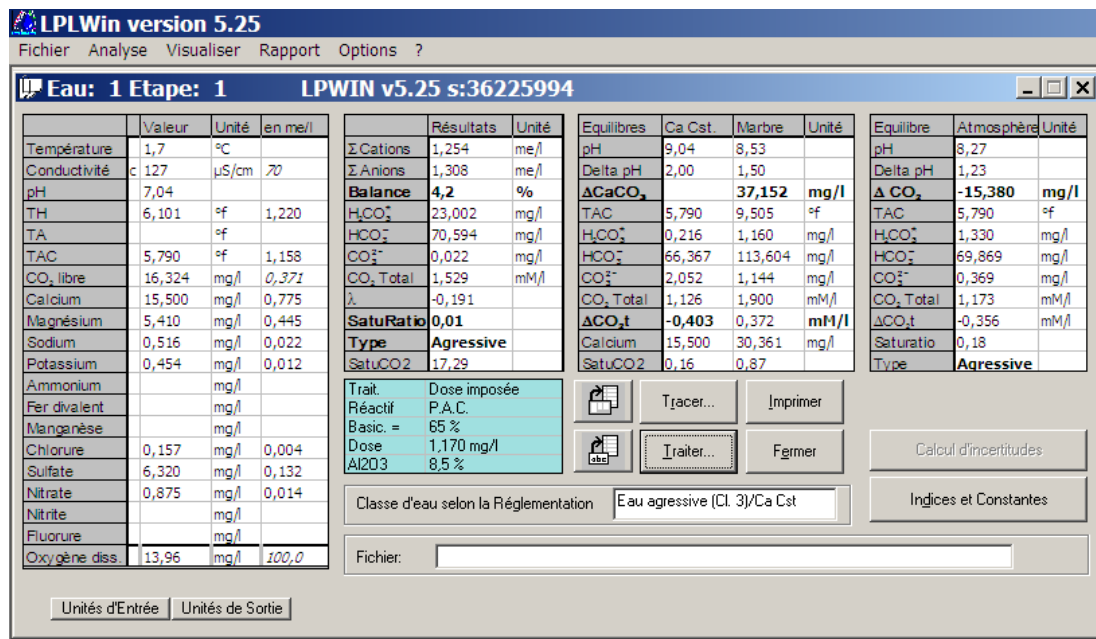


Figure 5.12 Résultats modélisation dureté eau coagulée

L'ajout de coagulant a peu d'impact sur la dureté de l'eau car d'une part la dose est très faible et d'autre part le WAC HB n'influence que très peu le TAC et le pH.

- Étape 2 : Mise à l'équilibre sur les filtres Akdolit Hydro Calcit

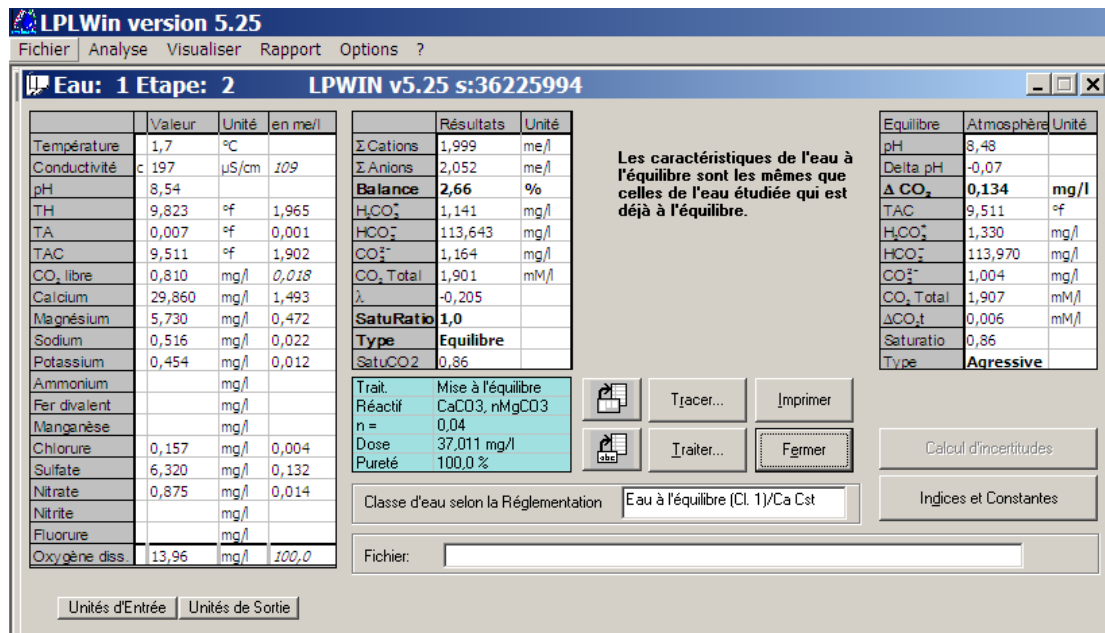


Figure 5.13 Résultats modélisation dureté eau reminéralisée

Le pH final pour l'eau traitée à l'équilibre est théoriquement de 8,54 ce qui est cohérent avec les valeurs relevées sur l'instrumentation en continu (le pH de l'eau filtrée varie entre 8,2 et 8,4). Une différence plus importante a été trouvée avec la mesure ponctuelle réalisée en laboratoire (7,29). Sur la base des deux remarques précédentes, nous soupçonnons une erreur de prélèvement sur les analyses sortie filtres de désacidification.

■ Résultats de simulation – Eau des sources

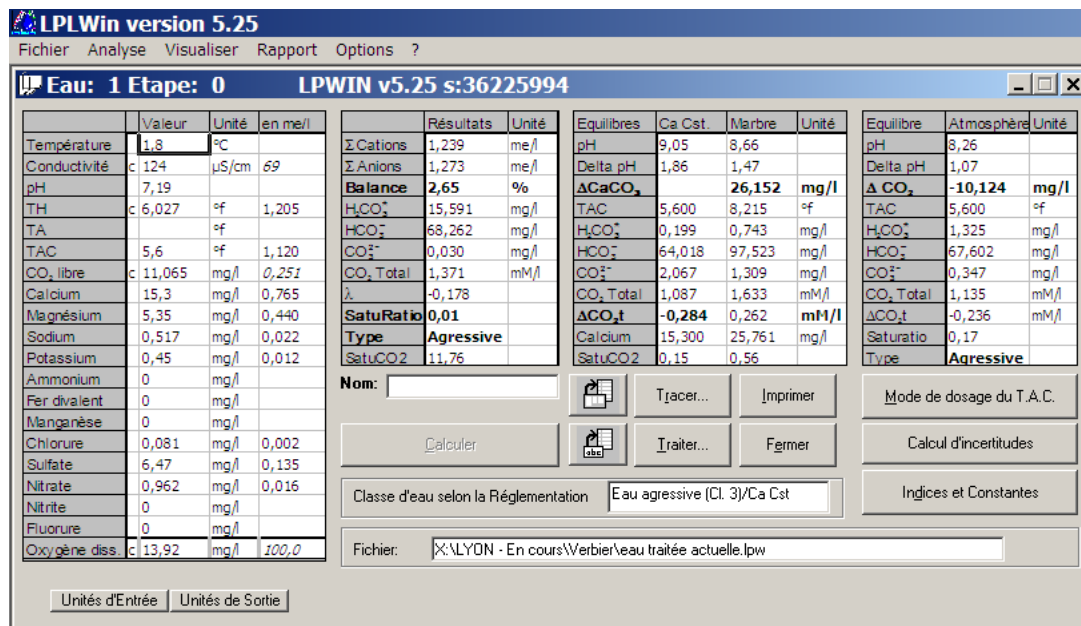


Figure 5.14 Résultats modélisation eau de source

L'eau des sources est naturellement douce et agressive.

5.3.5.3 Solutions et optimisations pour la reminéralisation

D'autres techniques sont possibles pour la reminéralisation, telles que l'ajout de soude, de chaux, de bicarbonate de sodium ou une filtration calcaire. Néanmoins, dans le contexte des Ruinettes, la solution actuellement en place est la plus simple en termes d'exploitation et la plus efficace. Il est donc proposé de la conserver et de la réhabiliter. Les optimisations proposées sont donc les suivantes :

- Introduction des eaux de source en amont du filtre de reminéralisation plutôt que dans la bache d'eau traitée afin de limiter l'agressivité de l'eau dans le réseau.
- Réhabilitation des filtres existants.
- Remplacement des pompes de lavage et de la soufflante avec les mêmes caractéristiques.
- Remplacement des vannes et choix d'un nouveau système de commande à la place de l'ancienne commande hydraulique.

Deux étapes peuvent ainsi être envisagées pour les travaux de réhabilitation à réalisés sur les filtres de reminéralisation :

Première étape : Audit d'un filtre préalablement vidangé au préalable

Audit du filtre	Audit du plancher et du clapet d'eaux sales
Média filtrant	Vérification des hauteurs de matériau
Conduites	Mesure pour détecter la présence de PCB et plomb dans les peintures des conduites.
Carrelage des filtres	Mesure pour détecter la présence d'amiantes dans les joints des carrelages.

En fonction des résultats du premier filtre, les travaux doivent bien entendu être réalisés sur les trois files. Il faut également relever que les trois filtres ne sont pas identiques puisque deux datent de la construction de la station en 1968 et le 3^e a été ajouté en 1983.

Deuxième étape : cas de figure si le plancher filtrant est en BON état

Plancher filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des crépines avec leur joint - Changement des vis de maintien des dalles de plancher ou mise en place d'un mortier de scellement quand les vis sont trop détériorées - Mise en place d'un mortier au niveau des joints dans les coins ou entre les dalles
Média filtrant	<ul style="list-style-type: none"> - Changement du média filtrant s'il n'est pas possible de le stocker pendant les travaux. Au moins pour un filtre
Conduites d'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des conduites d'alimentation en INOX V4A - Changement des conduites de sortie eau traitées en INOX V4A - Changement des conduites eau de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'air de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'évacuation des eaux sales en INOX V4A
Évacuation des premières eaux filtration après de lavage	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'une évacuation des premières eaux filtrées à la remise en filtration après un lavage
Vannes d'isolement	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des vannes d'isolement de l'alimentation - Changement des vannes d'isolement de sortie eau traitées - Changement des vannes d'isolement d'eau de lavage - Changement des vannes d'isolement d'air de lavage <p>GENERAL : trouver une solution pour les vannes 3 voies et la tracé des tuyauteries associées</p>

Clapets eaux sales	- Révision et changement des pièces défectueuses des clapets eaux sales
--------------------	---

Deuxième étape : cas de figure si le plancher filtrant est en MAUVAIS état

Plancher filtrant	- Un plancher neuf est coulé en place avec coffrage perdu - Changement des crépines avec leur joint
Média filtrant	- Changement du média filtrant s'il n'est pas possible de le stocker pendant les travaux. Au moins pour un filtre
Conduites d'alimentation	- Changement des conduites d'alimentation en INOX V4A - Changement des conduites de sortie eau traitées en INOX V4A - Changement des conduites eau de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'air de lavage en INOX V4A - Changement des conduites d'évacuation des eaux sales en INOX V4A
Évacuation des premières eaux filtration après de lavage	- Création d'une évacuation des premières eaux filtrées à la remise en filtration après un lavage
Vannes d'isolement	- Changement des vannes d'isolement de l'alimentation - Changement des vannes d'isolement de sortie eau traitées - Changement des vannes d'isolement d'eau de lavage - Changement des vannes d'isolement d'air de lavage GENERAL : trouver une solution pour les vannes 3 voies et la tracé des tuyauteries associées
Clapets eaux sales	- Révision et changement des pièces défectueuses des clapets eaux sales

5.3.6 Étape de désinfection

5.3.6.1 Caractéristiques de l'étape

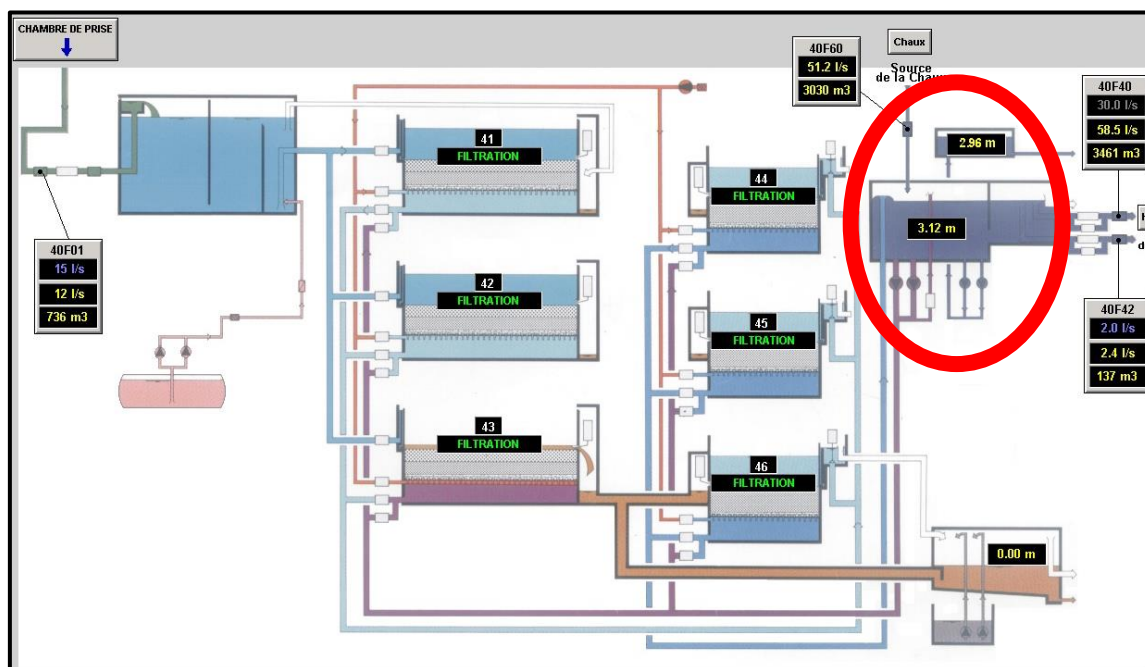


Figure 5.15 Localisation de l'étape de désinfection UV dans le schéma de l'usine d'eau potable des Ruinettes

La solution la plus simple et la plus courante pour assurer la désinfection de l'eau est la chloration. Le système actuellement utilisé est en bon état et fonctionne à satisfaction. Les doses de chlore utilisées sont très faibles et n'impacte pas le goût de l'eau.

Néanmoins, un des objectifs de base du service Eaux-Énergies étant la suppression de la chloration, une étape de désinfection doit dès lors impérativement être prévue en remplacement. Dans ce cas, un traitement UV peut être envisagé.

Paramètre	unités	Valeur
Nombre de réacteur UV	u	1
Rayonnement UVC	Joule/m ²	400
Perte de charge	bar	0,02
Nombre de lampes	U	6
Puissance d'une lampe	W	395
Débit considéré	l/s	100
Transmission UVC min	%	52

Tableau 5.5 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de désinfection

L'installation de traitement peut être positionnée sur la conduite des eaux traitées entre la sortie des filtres de reminéralisation et l'entrée de la bache à eau traitée.

5.3.6.2 Travaux et optimisations à envisager

ALTIS souhaitant stopper la chloration de l'eau, une étape de désinfection doit être maintenue. Les travaux envisagés sont donc les suivants :

- Maintien de l'installation de chloration pour d'éventuels chocs de chlore ponctuels sur le réseau ou en remplacement de l'UV en cas de panne.
- Mesure pour détecter la présence de PCB ou plomb dans les peintures des conduites.
- Vérification de la mise en place du réacteur en sortie de reminéralisation.

5.3.7 Résumé de la solution réhabilitation

La filière actuellement en place fonctionne bien, de manière stable et permet d'assurer une bonne qualité d'eau avec peu d'entretien. La capacité globale de l'installation étant suffisante, une extension n'est pas nécessaire. La solution réhabilitation consiste donc à conserver l'esprit de l'usine initiale tout en la réhabilitant et en la modernisant. Les principales optimisations envisagées sont les suivantes :

- **Coagulation** : Maintien en l'état. Optimisation du type de coagulant et du dosage avec des jar-tests supplémentaires.
- **Réhabilitation des filtres à sable** : Renouvellement des équipements et de la tuyauterie. Travaux dans les filtres à adapter après audit de l'intérieur.
- **Reminéralisation** : Renouvellement des équipements et de la tuyauterie. Travaux dans les filtres à adapter après audit de l'intérieur. Introduction de l'eau des sources en amont des filtres.
- **Désinfection** : Maintien de la chloration en secours. Remplacement par un système UV afin de répondre à l'objectif de suppression totale du chlore.
- **Instrumentation – MCC/MCR** : Récents, non modifiés.

Les schémas PID et les plans d'implantation sont présentés en annexe.

Cette solution reste adaptable dans le futur afin de mettre en œuvre un traitement plus complet des cyanotoxines par ozonation (solution A bis).

5.4 Nouvelles filière SOLUTION C : Traitement membranaire

5.4.1 Filière de traitement

La filière de traitement envisagée est la suivante :

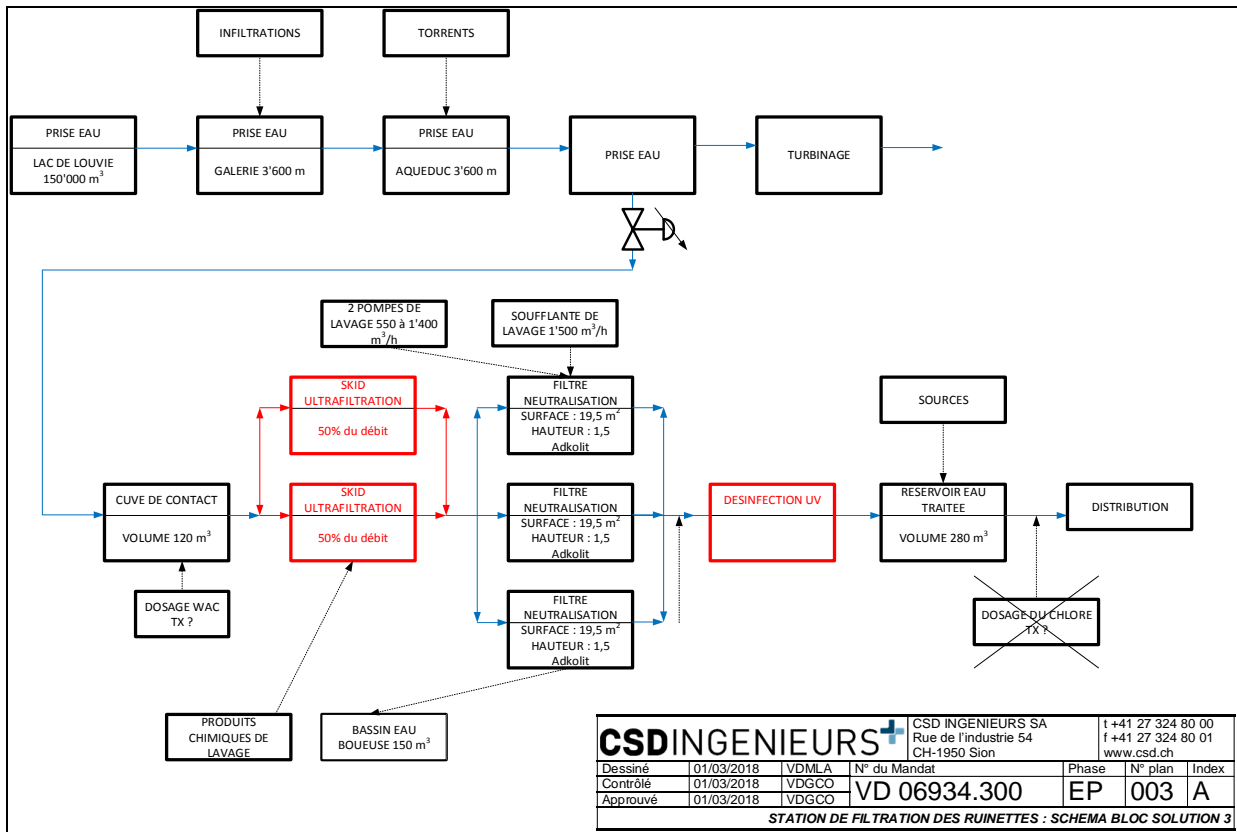


Figure 5.16 Schéma bloc de la solution membranaire

5.4.2 Étape de préfiltration mécanique

Une étape de préfiltration avec une maille de 100 à 300 µm est nécessaire pour protéger mécaniquement les membranes.

Paramètre	unités	Valeur
Nombre de préfiltres	u	2
Maille du préfiltre	µm	100 à 300
Perte de charge	mCE	0.5-1
Débit unitaire considéré	l/s	50

Tableau 5.6 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de pré-filtration



Figure 5.17 Photo d'un exemple de préfiltre

5.4.3 Étape de coagulation

5.4.3.1 Principe

L'étape de coagulation devra être conservée pour permettre de maintenir la perméabilité des membranes d'ultrafiltration au cours des épisodes dans lesquels la turbidité ou les matières organiques colmatantes seraient importantes (cf. chapitre 4.4.12).

Deux solutions pour la coagulation peuvent être envisagées :

- SOLUTION 1 : coagulation comme actuellement dans une cuve de coagulation spécifique.
- SOLUTION 2 : micro-coagulation en ligne sur la conduite d'arrivée des eaux brutes.

NOTA : La solution 2 présente l'avantage de conserver la charge hydraulique à l'arrivée des eaux brutes (env. 7 mCE) avant l'étape de filtration membranaire.

5.4.3.2 Caractéristiques de l'étape (identique à la solution actuelle)

Deux solutions pour la coagulation ont été envisagées :

- Soit une micro coagulation en ligne
- Soit une coagulation dans une cuve comme actuellement

Paramètre	unités	Valeur
Volume	m ³	120
Débit considéré	l/s	100
Temps de contact	min	20

Tableau 5.7 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de coagulation

Le choix de la solution mise en œuvre dépend du type et de la technologie de membrane choisie.

5.4.3.3 Taux de traitement en coagulant

Le taux de traitement à mettre en œuvre dans cette solution sera faible et proche des taux mis en œuvre aujourd'hui. De la même manière que pour la solution réhabilitation, quelques jar-tests complémentaires permettraient d'optimiser le type de coagulant le mieux adapté ainsi que le taux de traitement optimal.

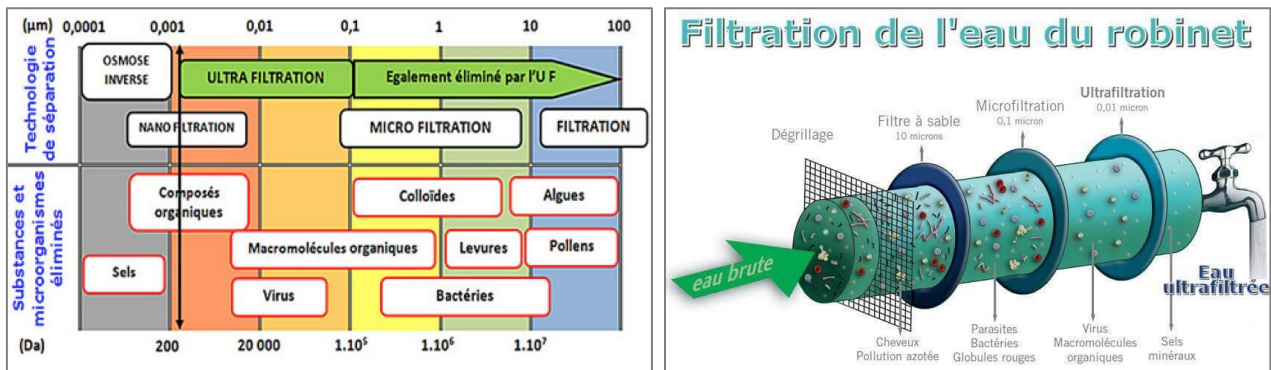
5.4.4 Étape de préfiltration (filtre à sables)

Au vu des teneurs en matières organique et de la turbidité de l'eau brute, il n'est pas nécessaire de maintenir en amont de l'étape de filtration membranaire les filtres bicouches actuels.

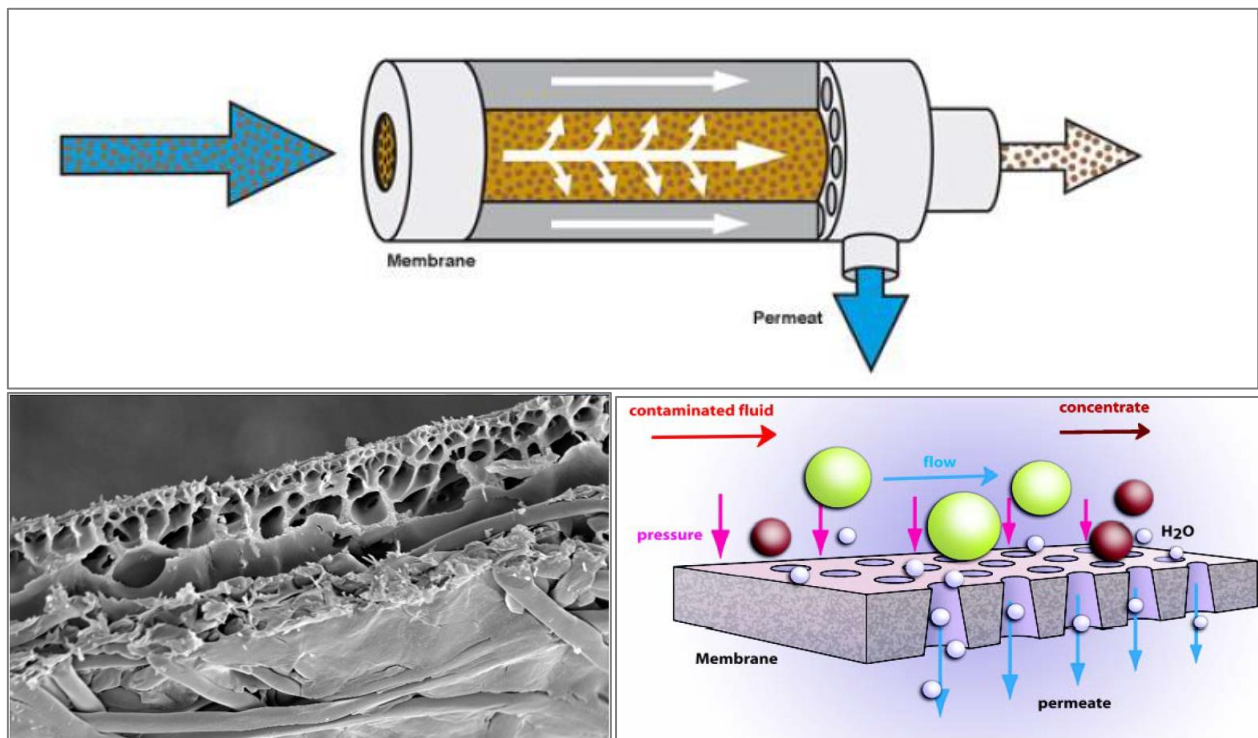
5.4.5 Étape de filtration membranaire

5.4.5.1 Principe

Nous proposons de mettre en œuvre une ultrafiltration pour l'étape de clarification soit un seuil de coupure de l'ordre de 0,01 μm .



Cette technique permet ainsi l'élimination totale des microorganismes (bactéries, virus et parasites) et la production d'eau exempte de particules. La turbidité obtenue est généralement inférieure à 0.1 FTU. Elle permet également l'élimination des macromolécules (composés à poids moléculaires élevés). La pression transmembranaire est comprise entre 1 et 8 bar.



5.4.5.2 Technologie mise en œuvre

Nous avons envisagé deux technologies pour la mise en œuvre des membranes d'Ultrafiltration à savoir les membranes sous pression ou les membranes immergées.

■ Membrane sous pression

Ces membranes sont assemblées sous forme de SKID. L'eau brute traitée par la membrane est pompée à travers une membrane sous pression

L'eau brute est acheminée par une pompe, après préfiltration. L'eau préfiltrée passe ensuite dans les fibres où la matière entrante est accumulée à la surface de la membrane et forme un "gâteau". Cette concentration peut réduire le débit de production et colmater la fibre de l'intérieur. Ce "gâteau" est périodiquement éliminé par injection, sous pression, d'eau ultrafiltrée à contre-courant (rétrolavage).



Figure 5.20 Exemple de Skid d'ultrafiltration

Les avantages de cette solution qui est la plus souvent mise en œuvre en Suisse et en Europe sont :

- La compacité
- Une conception standard avec concept modulaire,
- Facilité d'installation et d'exploitation,
- Test d'intégrité des membranes semi-automatique,
- Possibilité de réaliser un CIP (Cleaning in place / Nettoyage lessiviel).

■ Membrane immergée

Les modules des membranes immergées sont disposés dans un module, appelé aussi "cassette". La cassette est placée dans un bassin ou un réservoir rempli continuellement en eau, au cours de la filtration. L'eau est aspirée par une pompe de l'extérieur vers l'intérieur des fibres membranaires. La matière en suspension est retenue ainsi – au contraire à l'ultrafiltration à pression – à l'extérieur des fibres creuses. Les matières retenues sont ensuite rétro-lavées régulièrement et déchargées de la bêche de filtration. Afin d'assurer un fonctionnement stable, le rétro-lavage en eau est sporadiquement renforcé par le dosage d'un agent oxydatif, basique ou acide.

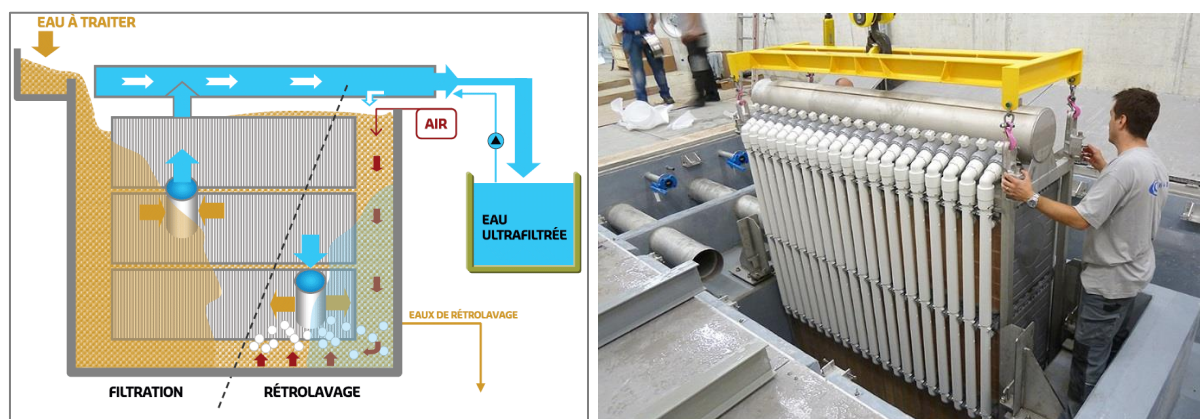


Figure 5.21 Principe des membranes immergées d'eau potable

Les avantages de cette solution (peu souvent mise en œuvre en Suisse et en Europe) sont :

- L'installation dans des ouvrages existants,
- Exploitation avec peu de produits chimiques.

5.4.5.3 Caractéristiques de l'étape d'ultrafiltration

Paramètre	unités	Valeur
Nombre de Skid	u	2
Débit traité par Skid	%	50
Débit NET à traiter en pointe	l/s	100
Débit NET à traiter en pointe	m ³ /h	360
Durée de la journée de pointe	h	24
Débit NET à traiter en pointe	m ³ /j	8'460
Débit NET moyen annuel j	l/s	50
Débit NET moyen annuel	m ³ /h	180
Débit NET annuel	m ³ /j	4'320
Débit NET moyen annuel	m ³ /an	1'576'800
Température minimum à considérer	°C	2
Flux transmembranaire	l/h par m ²	50
Surface membranaire TOTALE	m ²	7'200
Surface d'un module TOTALE	m ²	60
Nombre de module TOTAL	-	120
Nombre de module par SKID	-	60
Taille du Skid	L / l / h	Longueur : 4 m Largeur : 1,5 m Hauteur : 3,2 m

Paramètre	unités	Valeur
Pression transmembranaire minimale	mCE	1
Pression transmembranaire maximale	mCE	10
Pertes en eau	%	3 à 5
Débit d'eaux sales	m ³ /h	9
Lavage Chimique : Acide	l/an	500
Lavage Chimique : Base	l/an	500
Lavage Chimique : Javel	l/an	500

Tableau 5.8 Tableau caractéristique de dimensionnement de l'étape de filtration membranaire

Dans les deux cas (membranes immergées ou en pression), il est proposé d'installer les équipements en lieu et place des filtres à sable existants. Chaque file de 50 l/s serait ainsi positionnée dans un filtre à sable ce qui permet un phasage des travaux ne présentant pas de difficulté majeure.

Dans le cas des membranes sous pression, l'installation dans les filtres implique une découpe en façade pour permettre l'accès aux équipements ainsi que la création d'une dalle.

5.4.6 Étape de désacidification ou reminéralisation

Voir chapitre 4.6.5

5.4.7 Étape de désinfection

Dans la filière membranaire l'eau traitée étant d'une grande qualité et stable biologiquement il est envisageable de s'affranchir de la désinfection UV

5.4.8 Résumé de la solution membranaire

La filière membranaire permet une modernisation importante de l'usine des Ruinettes consistant à :

- **Coagulation** : Maintien en l'état. Optimisation du type de coagulant et du dosage avec des jar-tests supplémentaires.
- **Mise en place d'une solution de filtration membranaire sous forme de Skid neuve.**
- **Reminéralisation** : Renouvellement des équipements et de la tuyauterie. Travaux dans les filtres à adapter après audit de l'intérieur. Introduction de l'eau des sources en amont des filtres.
- **Désinfection** : Maintien de la chloration en secours.
- **Instrumentation – MCC/MCR** : Récents, non modifiés.

Les schémas PID et les plans d'implantation sont présentés en annexe.

La solution membranaire, plus complexe, présente néanmoins les avantages techniques suivants :

- Désinfection plus poussée.
- Traitement plus poussé des cyanobactéries et des cyanotoxines liées.
- Traitement complet de la turbidité.
- Abattement du COD plus poussé.
- Suppression possible de la chloration de l'eau traitée.

6. Gestion du risque

L'installation de traitement des Ruinettes a été bien conçue et permet d'assurer le traitement de l'eau brute de manière sécurisée (fonctionnement gravitaire, redondances des lignes et des équipements, alimentation des sources en secours, etc.).

En revanche, certaines sources difficilement accessibles sont directement introduites dans la bache d'eau traitée. C'est tout particulièrement le cas pour certaines sources qui sont situées sur le domaine skiable comme représenté sur la figure 6.1.

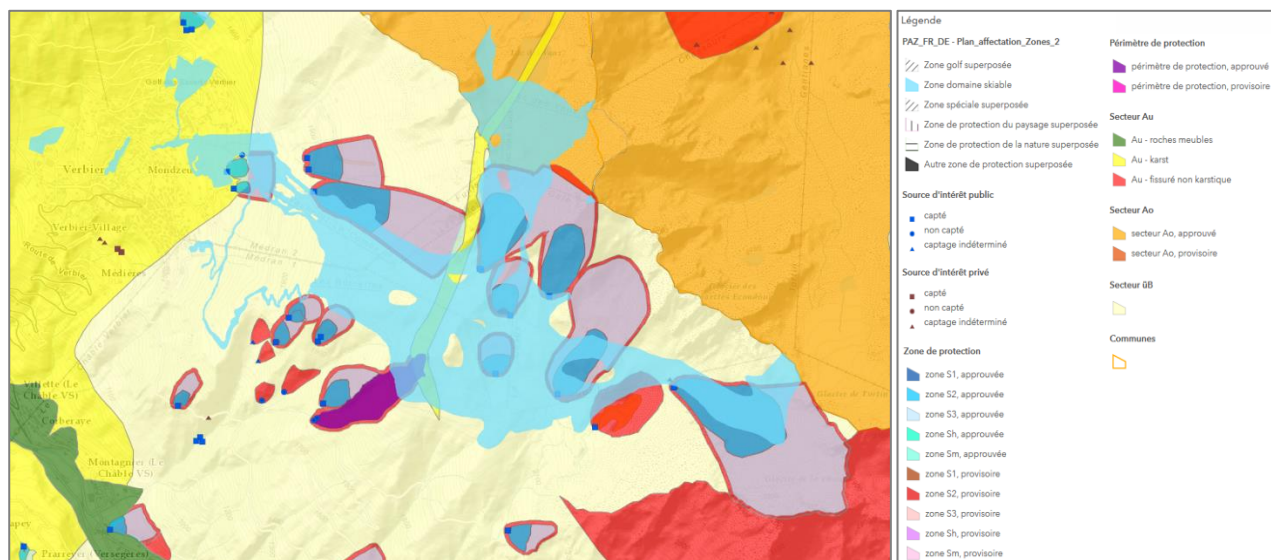


Figure 6.1 Carte cumulée des zones de protection et du domaine skiable (origine : geoportail VS)

Il est faisable techniquement d'introduire cette eau directement en tête de station plutôt qu'en sortie (ou à l'amont de la reminéralisation comme suggéré dans l'étude). Le traitement actuel, tout comme le traitement futur (et ce quelle que soit la solution choisie) sont en mesure de traiter des pollutions organiques pouvant par exemple être causée par du bétail. En revanche, une pollution aux hydrocarbures causée par un éventuel accident de dameuse ne peut pas être traitée sauf en installant une oxydation poussée de type ozonation. En cas de pollution aux hydrocarbures, les solutions préventives paraissent donc préférables : formation des chauffeurs, signalisation des zones, éventuellement isolement automatique, etc.

7. Chiffrage des solutions

7.1 Coût d'investissement

Le tableau ci-dessous présente le récapitulatif du chiffrage des trois variantes envisagées :

- Variante 1 : solution usine actuelle réhabilitée avec filtres bicouche + Filtres reminéralisation + UV
- Variante 2 : solution membranaire préfiltration + membranes immergées + Filtres reminéralisation
- Variante 3 : solution membranaire préfiltration + membranes en pression SKID + Filtres reminéralisation

Les coûts ont été estimés sur la base de métrés et de quelques consultations pour les principaux équipements. Les prix s'entendent hors taxe et sans subvention.

USINE DES RUINETTES				
Estimation des coûts pour l'usine des Ruinettes (à ± 20%)				
(CHF)				
POS.	DESIGNATION CFC	Variante 1 : Rénovation Préfiltres	Variante 2 : Membranes immergées	Variante 3 : Membranes en pression
0	TERRAIN	fr. 50'000	fr. 50'000	fr. 50'000
01	Acquisition du terrain, droit de superficie	fr. 50'000	fr. 50'000	fr. 50'000
1	TRAVAUX PREPARATOIRES	fr. 75'000	fr. 75'000	fr. 75'000
13	Installation de chantier en commun	fr. 75'000	fr. 75'000	fr. 75'000
2	BATIMENT	fr. 215'000	fr. 340'000	fr. 340'000
23	Installations électriques	fr. 125'000	fr. 250'000	fr. 250'000
24	Chauffage, ventilation, conditionnement d'air et réfrigération	fr. 70'000	fr. 70'000	fr. 70'000
25	Installations sanitaires	fr. 20'000	fr. 20'000	fr. 20'000
3	EQUIPEMENTS D'EXPLOITATION	fr. 1'762'000	fr. 3'166'000	fr. 2'731'000
31	Gros œuvre 1	fr. 465'000	fr. 215'000	fr. 247'500
33	Installations électroniques/Electromécanique	fr. 1'217'000	fr. 2'871'000	fr. 2'403'500
34	Chauffage, ventilation, conditionnement d'air, réfrigération	fr. 80'000	fr. 80'000	fr. 80'000
4	AMENAGEMENTS EXTERIEURS	fr. 0	fr. 0	fr. 0
5	FRAIS SECONDAIRES ET FRAIS D'ATTENTE	fr. 277'000	fr. 479'000	fr. 422'000
59	Compte d'attente pour honaires (12%)	fr. 277'000	fr. 479'000	fr. 422'000
6	RESERVE	fr. 0	fr. 0	fr. 0
7	RESERVE	fr. 0	fr. 0	fr. 0
8	RESERVE	fr. 238'000	fr. 411'000	fr. 362'000
81	Divers et imprévus (10%)	fr. 238'000	fr. 411'000	fr. 362'000
9	AMEUBLEMENT ET DECORATION	fr. 0	fr. 0	fr. 0
	TOTAL HT	fr. 2'617'000	fr. 4'521'000	fr. 3'980'000
	TVA (7.7%)	fr. 201'509	fr. 348'117	fr. 306'460
	TOTAL TTC	fr. 2'818'509	fr. 4'869'117	fr. 4'286'460

Tableau 7.1 Chiffrage des solutions

Le coût total pour la solution rénovation est d'environ 2,6 Mio Ht contre 4 Mio HT pour la solution de traitement membranaire sous pression.

7.2 Coût d'exploitation

Les coûts d'exploitation de l'usine actuelle sont les suivants :

- Frais de personnel : environ 450h / an soit 27'000 CHF /an
- Frais de matériel : env. 40'000 CHF / an décomposés comme suit :
 - Assurance : 15'000 CHF /an
 - Akdolit : 16'000 CHF /an
 - Électricité : 4'500 CHF /an
 - Divers : 4'500 CHF / an
- **Frais d'exploitation actuels totaux : environ 67'000 CHF /an**

A ces frais, il convient d'ajouter :

- Pour la variante A : réhabilitation :
 - Consommation électrique des lampes UV : env. 4'000 CHF / an
 - Remplacement des lampes : env. 5'000 CHF /an
 - Économies sur le fonctionnement de la chloration : 1'000 CHF /an
 - **Soit un total de : 75'000 CHF /an**
- Pour la variante B : membranes :
 - Remplacement des membranes : 12'000 CHF /an
 - Consommation électrique supplémentaire (variante pression) : env. 8'500 CHF / an
 - Consommation électrique supplémentaire (variante immergée) : env. 19'500 CHF / an
 - Main d'œuvre supplémentaire : env. 13'000 CHF /an
 - Réactifs, consommables : 13'500 CHF / an
 - **Soit un total de 114'000 CHF / an pour la variante pression et 133'000 CHF pour la variante immergée.**

8. Étude multicritère des deux solutions

Le tableau ci-dessous présente le récapitulatif du chiffrage des trois variantes envisagées :

- Variante 1 : solution usine actuelle réhabilitée avec filtres bicouche + Filtres reminéralisation + UV
- Variante 2 : solution membranaire préfiltration + membranes immergées + Filtres reminéralisation
- Variante 3 : solution membranaire préfiltration + membranes en pression SKID + Filtres reminéralisation

Deux pondérations différentes sont proposées afin de donner plus ou moins d'importance aux critères techniques par rapports aux critères financiers.

	N° du critère	Pondération du critère	Variante 1 : Rénovation Préfiltres	Variante 2 : Membranes immergées	Variante 3 : Membranes en pression
CRITERES TECHNIQUES	60%				
UTILISATION DE L'ESPACE	15.0%				
Intégration dans l'usine existante	C1	10.0%	5	4	3
Réserve de place pour le futur / extension possible	C2	5.0%	3	5	5
QUALITE DU PROCEDE	30.0%				
Qualité de l'eau traitée	C3	15.0%	3	5	5
Références du procédé	C4	2.5%	5	2	5
Utilisation de produits chimiques	C5	2.5%	4	3	3
Maintenance / exploitation	C6	10.0%	5	3	4
ADAPTABILITE PROCESS ET FUTUR	10.0%				
Adaptation aux températures basses de l'Eau Brute	C7	2.5%	5	3	3
Prise en compte du traitement futur des cyanobactéries	C8	7.5%	3	4	4
TRAVAUX	5.0%				
Durée des travaux	C9	2.5%	2	5	4
Phasage et interactions avec l'usine existante	C10	2.5%	5	4	3
NOTE TECHNIQUE		Note sur 3	2.35	2.43	2.45
CRITERES FINANCIERS	40%				
Coût d'investissement	20.0%	[kCHF HT]	2'617	4'521	3'980
	C15		5.00	1.68	2.16
Coût d'exploitation	20.0%	annuel (kCHF)	75	133	114
		20ans (kCHF)	1'500	2'660	2'280
	C16		5.00	1.59	2.16
NOTE FINANCIERE		Note sur 2	2.0	0.7	0.9
Coût d'investissement + Coût d'exploitation (20 ans)		[kCHF HT]	4'117	7'181	6'260
NOTE TOTALE		Note sur 5	4.35	3.08	3.32

Tableau 8.1 Notation des solutions – pondération A

	N° du critère	Pondération du critère	Variante 1 : Rénovation Préfiltres	Variante 2 : Membranes immergées	Variante 3 : Membranes en pression
CRITERES TECHNIQUES					
UTILISATION DE L'ESPACE					
	5.0%				
Intégration dans l'usine existante	C1	2.5%	5	4	3
Réserve de place pour le futur / extension possible	C2	2.5%	3	5	5
QUALITE DU PROCEDE					
	65.0%				
Qualité de l'eau traitée	C3	40.0%	3	5	5
Références du procédé	C4	2.5%	5	2	5
Utilisation de produits chimiques	C5	2.5%	4	3	3
Maintenance / exploitation	C6	20.0%	5	3	4
ADAPTABILITE PROCESS ET FUTUR					
	5.0%				
Adaptation aux températures basses de l'Eau Brute	C7	2.5%	5	3	3
Prise en compte du traitement futur des cyanobactéries	C8	2.5%	3	4	4
TRAVAUX					
	5.0%				
Durée des travaux	C9	2.5%	2	5	4
Phasage et interactions avec l'usine existante	C10	2.5%	5	4	3
NOTE TECHNIQUE			Note sur 4	3.00	3.35
CRITERES FINANCIERS					
20%					
Coût d'investissement					
	10.0%	[kCHF HT]	2'617	4'521	3'980
	C15		5.00	1.68	2.16
Coût d'exploitation					
	10.0%	annuel (kCHF)	75	133	114
		20ans (kCHF)	1'500	2'660	2'280
	C16		5.000	1.590	2.164
NOTE FINANCIERE			Note sur 1	1.0	0.3
Coût d'investissement + Coût d'exploitation (20 ans)			[kCHF HT]	4'117	7'181
					6'260
NOTE TOTALE			Note sur 5	4.00	3.68
					3.98

Tableau 8.2 Notation des solutions – pondération B

On constate en premier lieu que la variante avec les membranes immergées peut être écartée, le principal problème étant le coût d'investissement et d'exploitation supérieur dû à la perte de la charge hydraulique. Restent donc les solutions 1 (réhabilitation) et 3 (membranes pression).

Il apparaît qu'avec des critères de notation relativement standards donnant une importance significative au prix (tableau 7.1), la solution de réhabilitation ressort très nettement. Il convient néanmoins de relativiser cet écart entre les deux solutions qui correspond à un coût cumulé d'environ 2 Mio sur 20 ans soit une différence sur le prix de l'eau d'environ 0.08 CHF/m³ (1'200'000 m³/an). En considérant une consommation moyenne de 120 m³/an/ménage, le surcout pour la variante 3 est donc d'environ 10 CHF/an/ménage.

Un deuxième calcul a par conséquent été proposé en limitant fortement la notation du prix par rapport à la technique (tableau 7.2). Il en ressort que les deux solutions rénovation et membranes en pression ont une note équivalente.

La solution réhabilitation est simple, facile d'exploitation, économique et robuste.

La solution membrane est plus moderne, plus complexe et plus chère (en investissement et en exploitation) et permet d'atteindre une meilleure qualité d'eau traitée tout en supprimant la chloration.

Il conviendra donc au Maître d'Ouvrage de définir quelles sont ses principales priorités (qualité de l'eau traitée, simplicité d'exploitation, robustesse, coût) afin de pouvoir retenir la solution technique qui répondra le mieux à ses attentes.

CSD INGENIEURS SA



Marc Lambert
Expert traitement



Guillaume Colombier
Chef de projet

Sion, le 27.06.2018

COREFERENT

Vincent Rebstein (Directeur)

AUTRE(S) COLLABORATEUR(S) CHARGÉ(S) DE L'ÉTUDE

Perrine Ratouis (Ingénieure hydraulicienne)

Jean-Louis Walther (Expert)

<http://dialog/projets/VD06934.300/Lists/Documents/CSD/06>

Documents de travail/3 - Rapport/Rapport/VD6934.300 Rapport AVP REV D.docx

Pour préserver l'environnement, CSD imprime ses documents sur du papier 100 % recyclé (ISO 14001).

ANNEXE A
**DONNÉES DE CONSOMMATION ET DE POPULATION
DE VERBIER DE 2013 À 2016**

Moyenne annuelle							
Besoins	population résidente	Nuitées par année	Moyenne nuitées par jour	Habitants moyens	Volume distribué (m3)	Consommation journalière moyenne (m3/j)	consommation par habitant (l/hab/j)
2013	4'519	841'351	2'305	6'824	1'256'706	3'443	505
2014	4'545	877'888	2'405	6'950	1'307'654	3'583	515
2015	4'465	847'987	2'323	6'788	1'105'470	3'029	446
2016	4'416	810'426	2'214	6'630	1'192'537	3'258	491
Moyenne 2013-2016	4'486	844'413	2'312	6'798	1'215'592	3'328	489

Mois de pointe					
Besoins	population résidente	Nuitées journalières au mois de pointe	Habitants moyens	Consommation journalière moyenne (m3/j)	Consommation par habitant (l/hab/j)
2013	4'519	7'151	11'670	4'198	360
2014	4'545	7'462	12'007	4'290	357
2015	4'465	7'207	11'672	3'968	340
2016	4'416	6'651	11'067	3'910	353
Moyenne 2013-2016	4'486	7'118	11'604	4'091	353

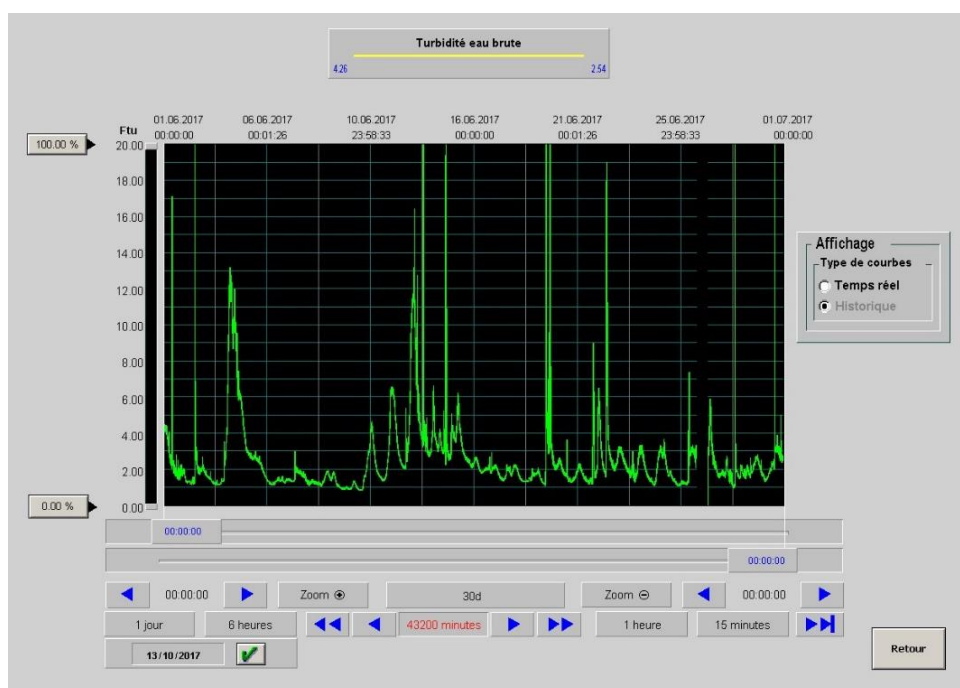
Jour de pointe					
Besoins	population résidente	Estimation pic de nuitées journalières annuelle	Estimation pic d'habitants annuel	Consommation du jour de pointe (m3/j)	consommation par habitant (l/hab/j)
31.12.2013	4'519	14'302	18'821	6'740	358
18.11.2014	4'545	14'923	19'468	9'232	474
01.01.2015	4'465	14'415	18'880	5'900	313
31.12.2016	4'416	13'301	17'717	5'693	321
Moyenne 2013-2016	4'486	14'235	18'722	6'891	367

ANNEXE B DONNÉES DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION A VERBIER DE 2013 À 2016

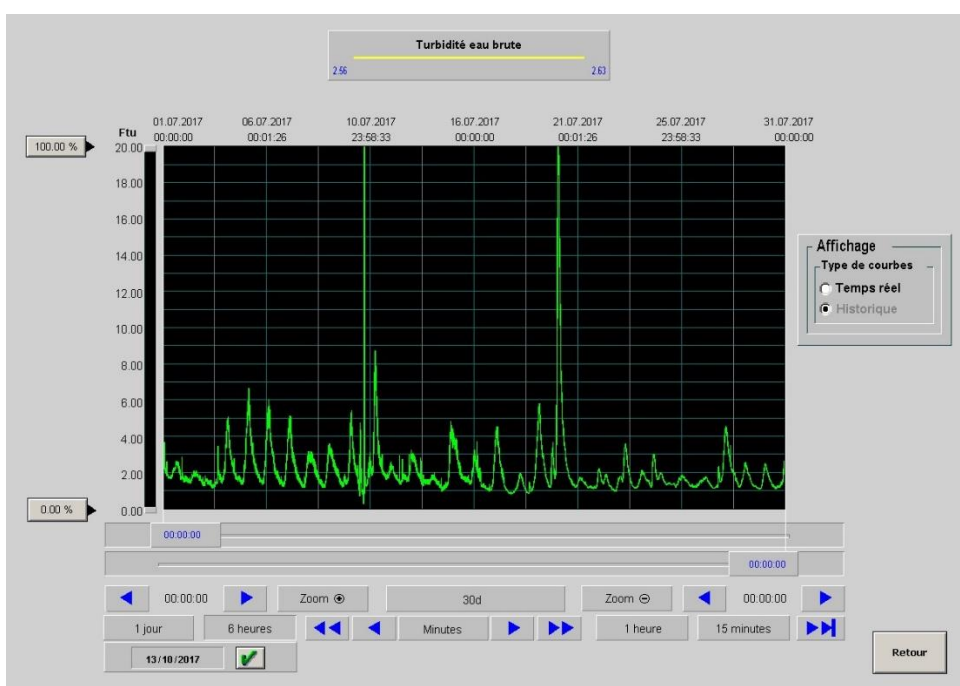
Bilan Ressources- Besoins (m3/j)		Ressources		Besoins		
		Production des sources	Production Ruinettes	Réseau de distribution	Turbinage La Curala	Non consommé
Moyenne annuelle	2013	5'287	4'123	3'443	4'162	1'805
	2014	5'227	4'369	3'583	4'167	1'846
	2015	4'277	4'642	3'029	3'053	2'837
	2016	4'090	4'128	3'258	3'650	1'309
	Moyenne 2013-2016	4'720	4'315	3'328	3'758	1'949
Mois de pointe	févr. 13	2'269	6'445	4'198	4'243	273
	févr. 14	2'361	6'705	4'290	4'255	522
	juil. 15	5'836	4'573	3'968	4'047	2'394
	juil. 16	5'663	3'252	3'910	3'926	1'079
	Moyenne 2013-2016	4'032	5'244	4'091	4'118	1'067
Jour de pointe	31.12.2013	3'305	6'537	6'740	2'687	415
	18.11.2014	3'185	3'176	9'232	1'188	-4'059
	01.01.2015	4'431	7'208	5'900	2'565	3'174
	31.12.2016	4'040	6'766	5'693	2'161	2'952
	Moyenne 2013-2016	3'740	5'922	6'891	2'150	621

ANNEXE C MESURES EN LIGNE AUX RUINETTES

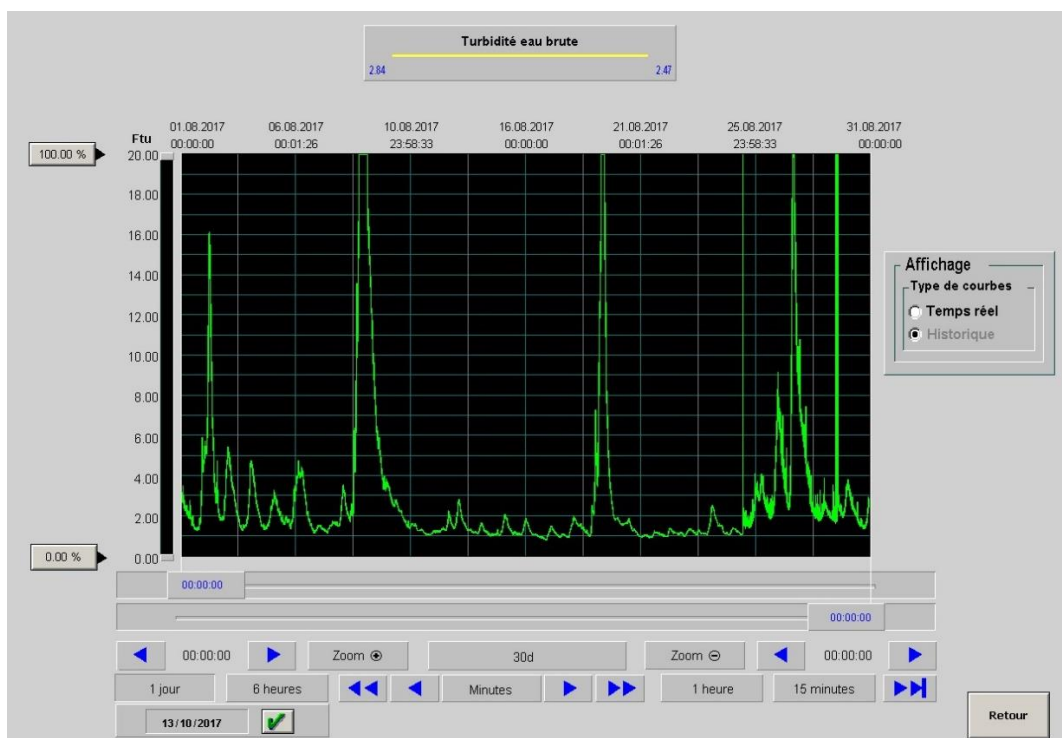
Turbidité eau brute – Juin 2017



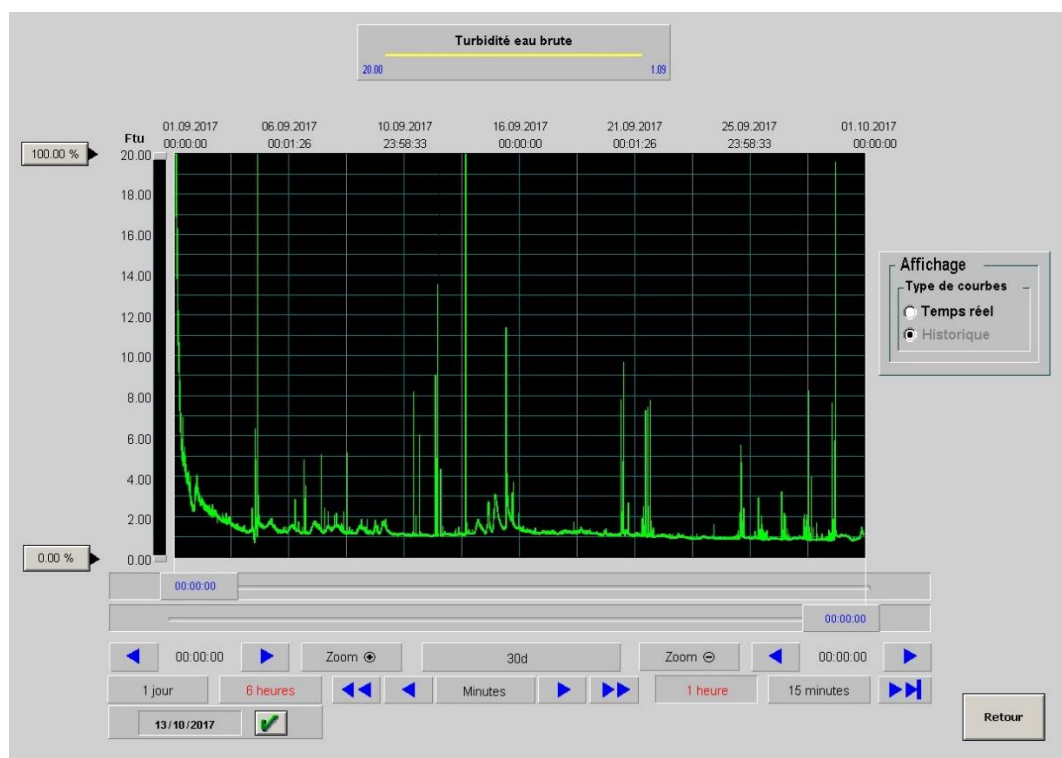
Turbidité eau brute – Juillet 2017



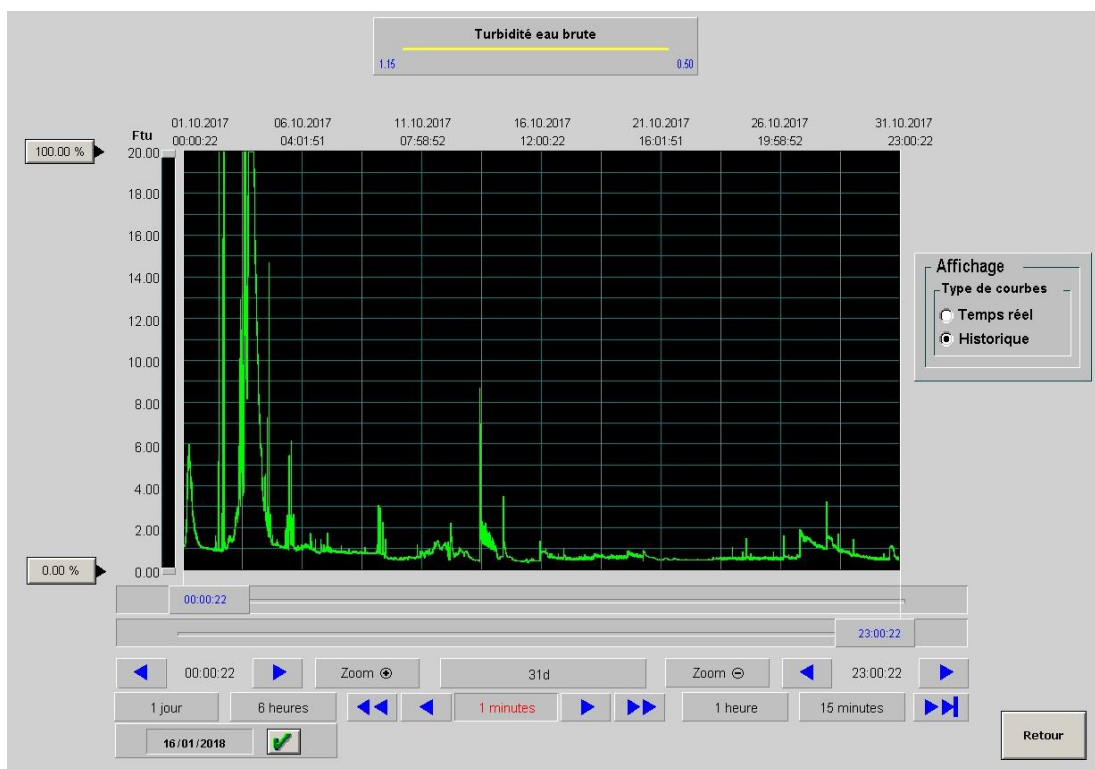
Turbidité eau brute – Août 2017



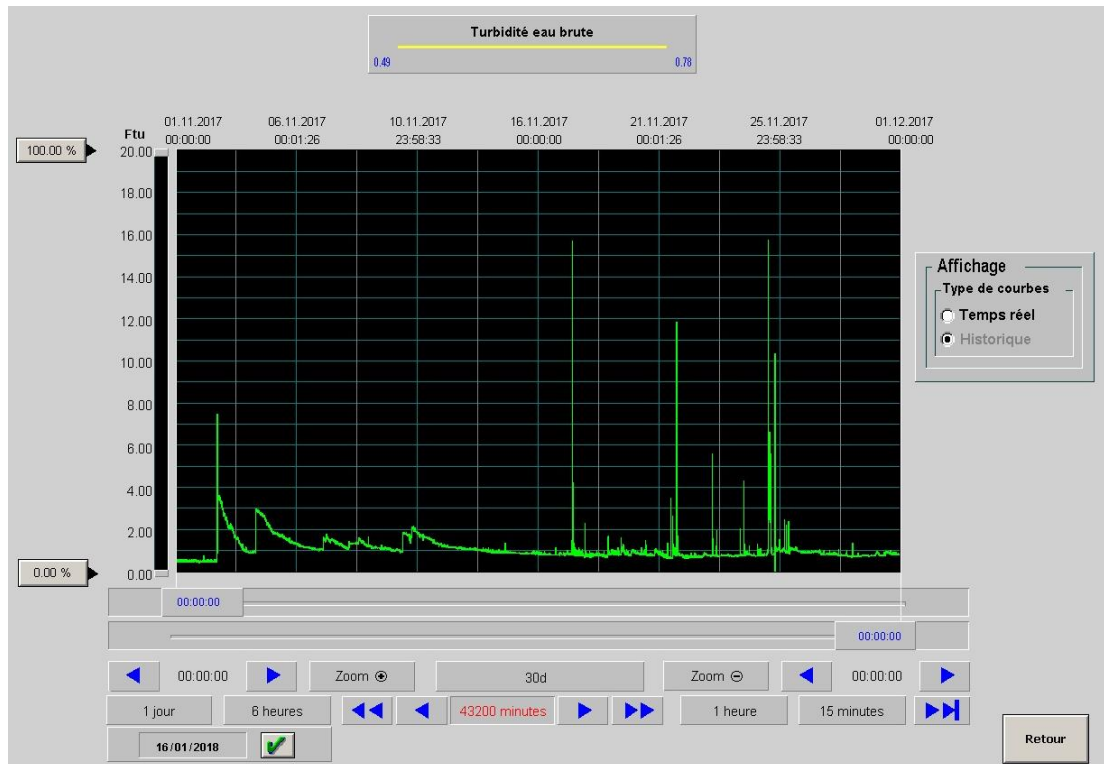
Turbidité eau brute – Septembre 2017



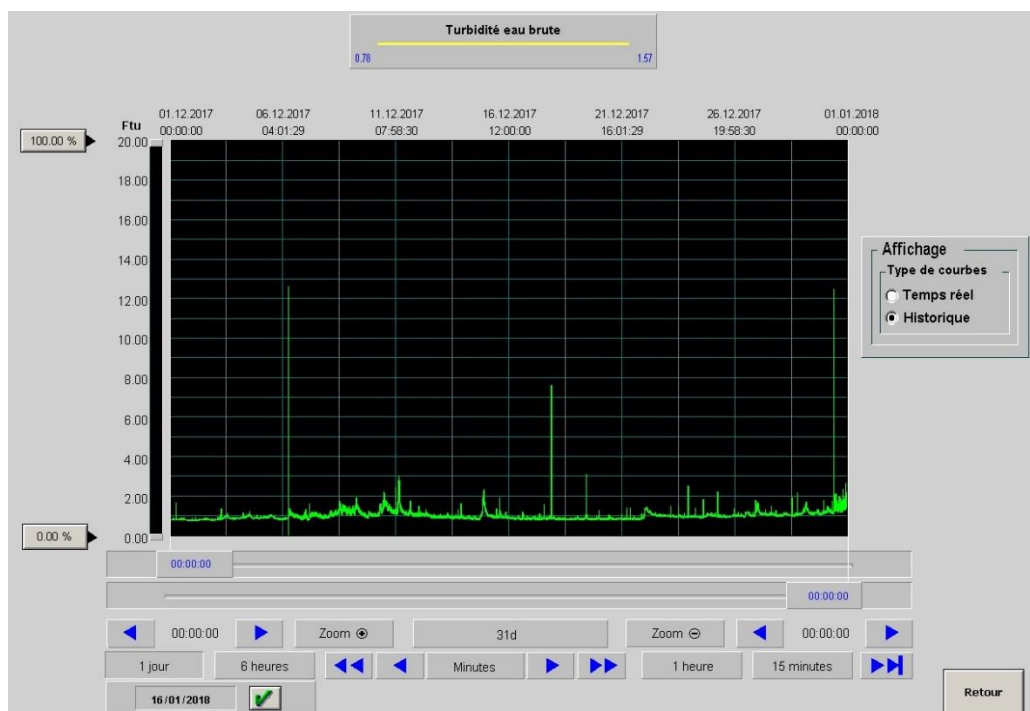
Turbidité eau brute – Octobre 2017



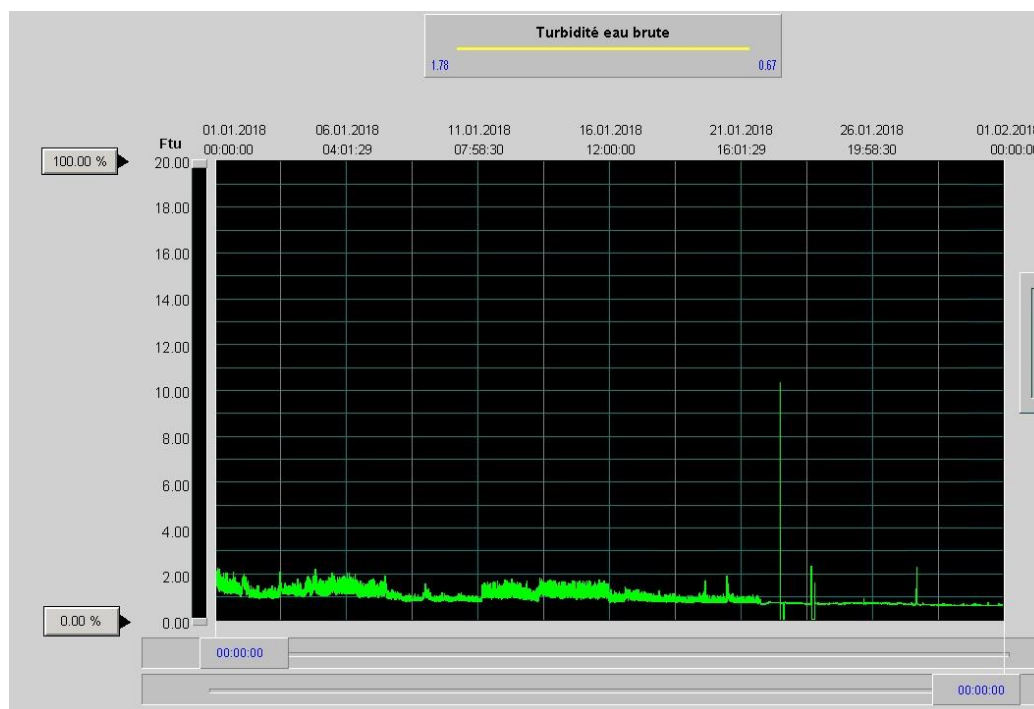
Turbidité eau brute – Novembre 2017



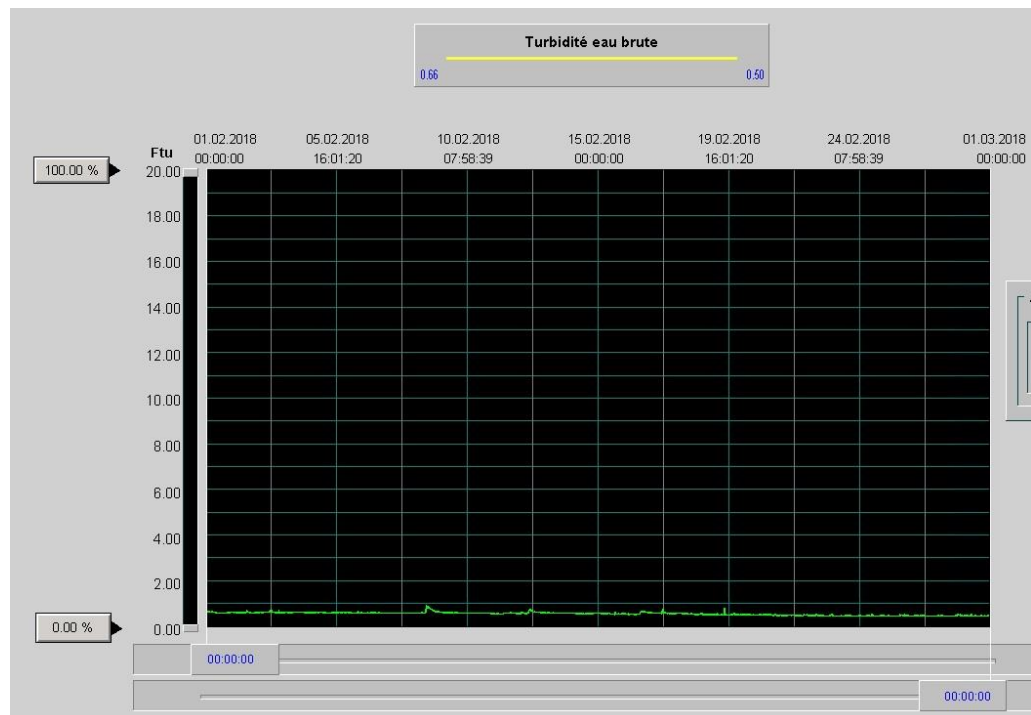
Turbidité eau brute – Décembre 2017



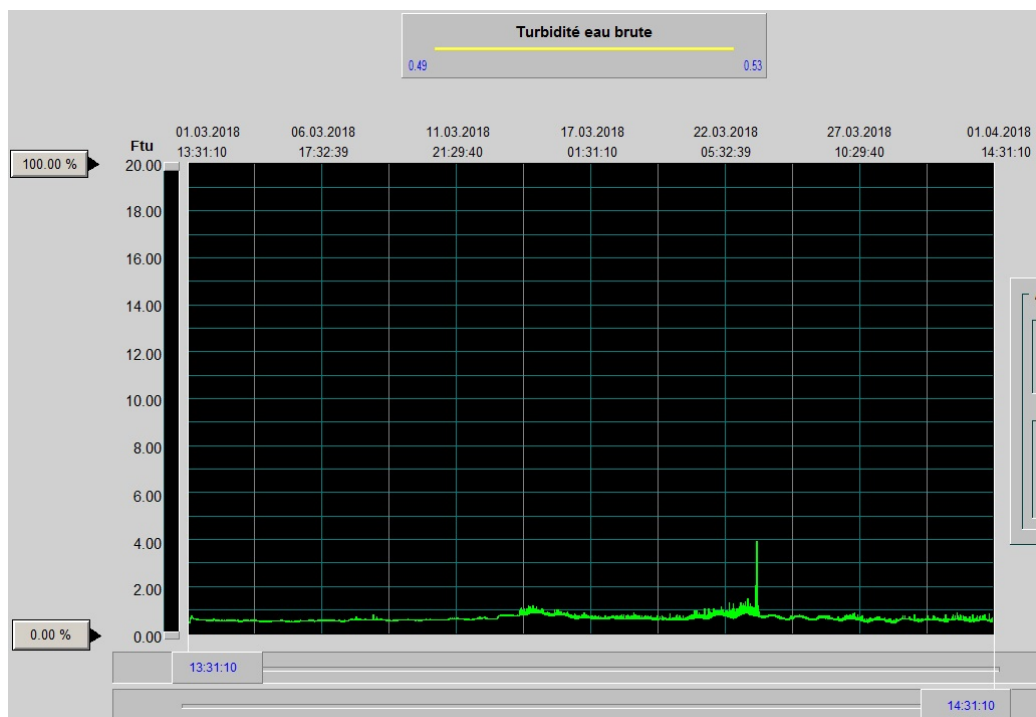
Turbidité eau brute – Janvier 2018



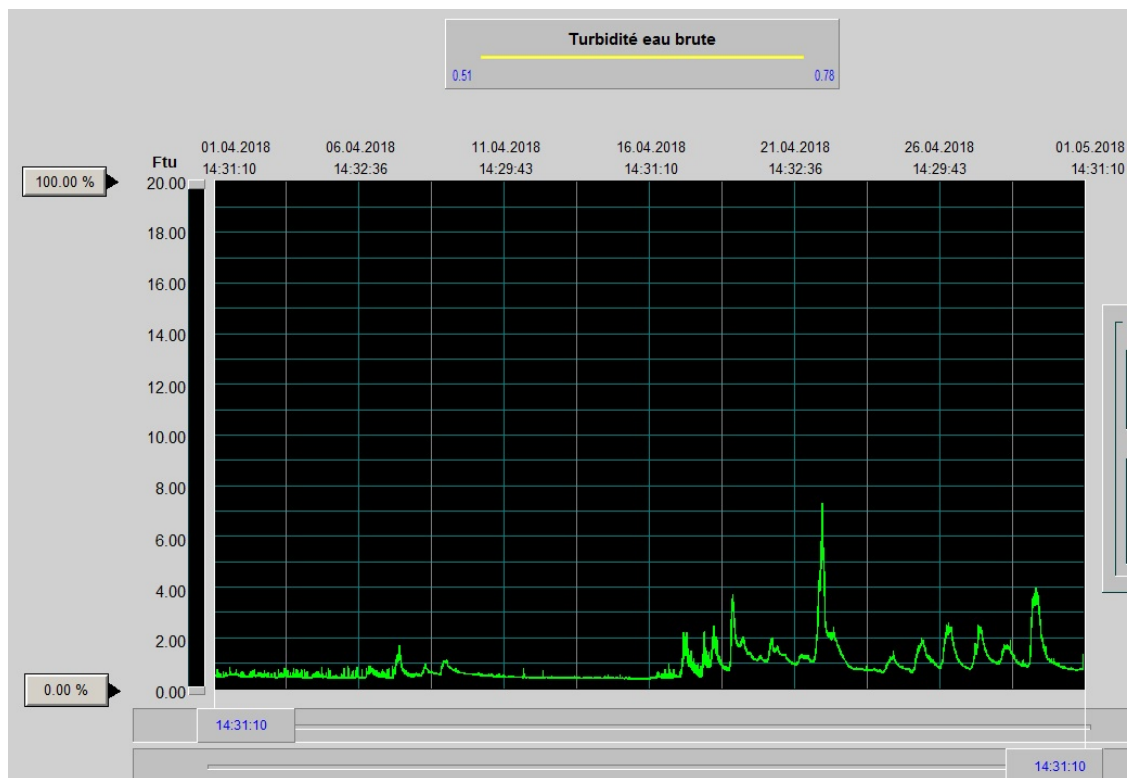
Turbidité eau brute – Février 2018



Turbidité eau brute – Mars 2018



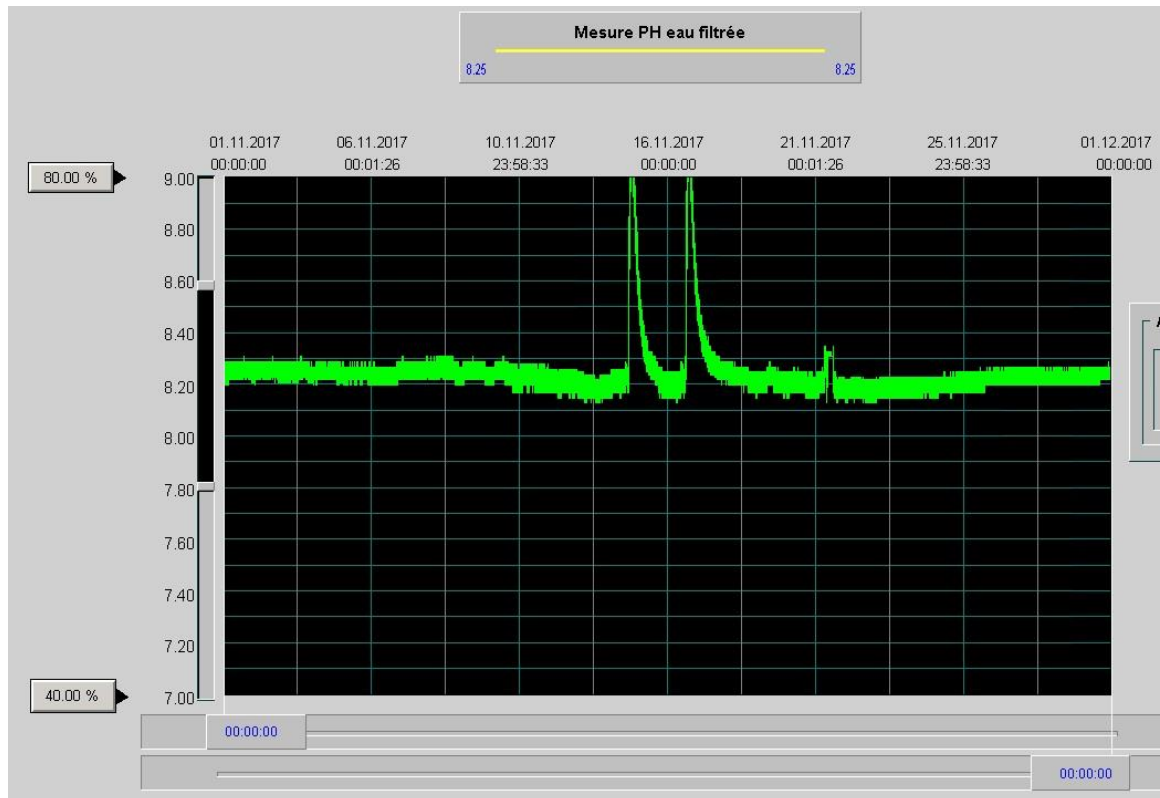
Turbidité eau brute – Avril 2018



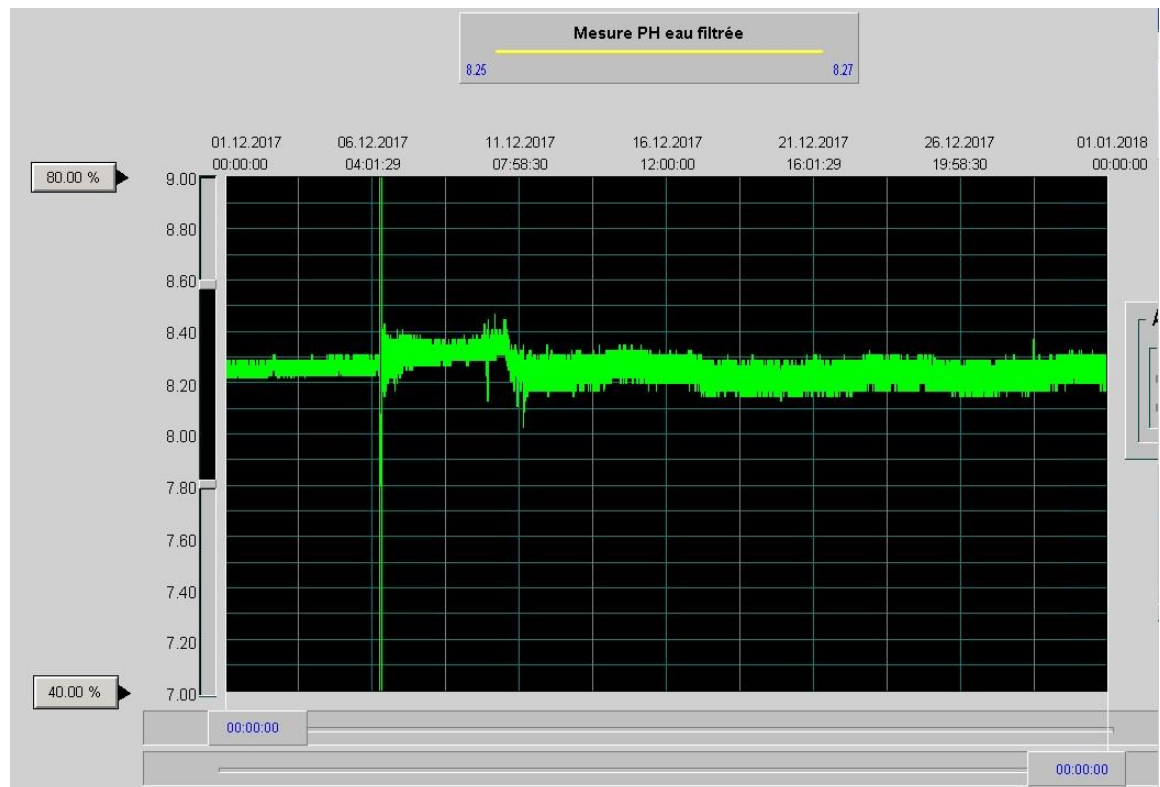
pH eau traitée – Octobre 2017



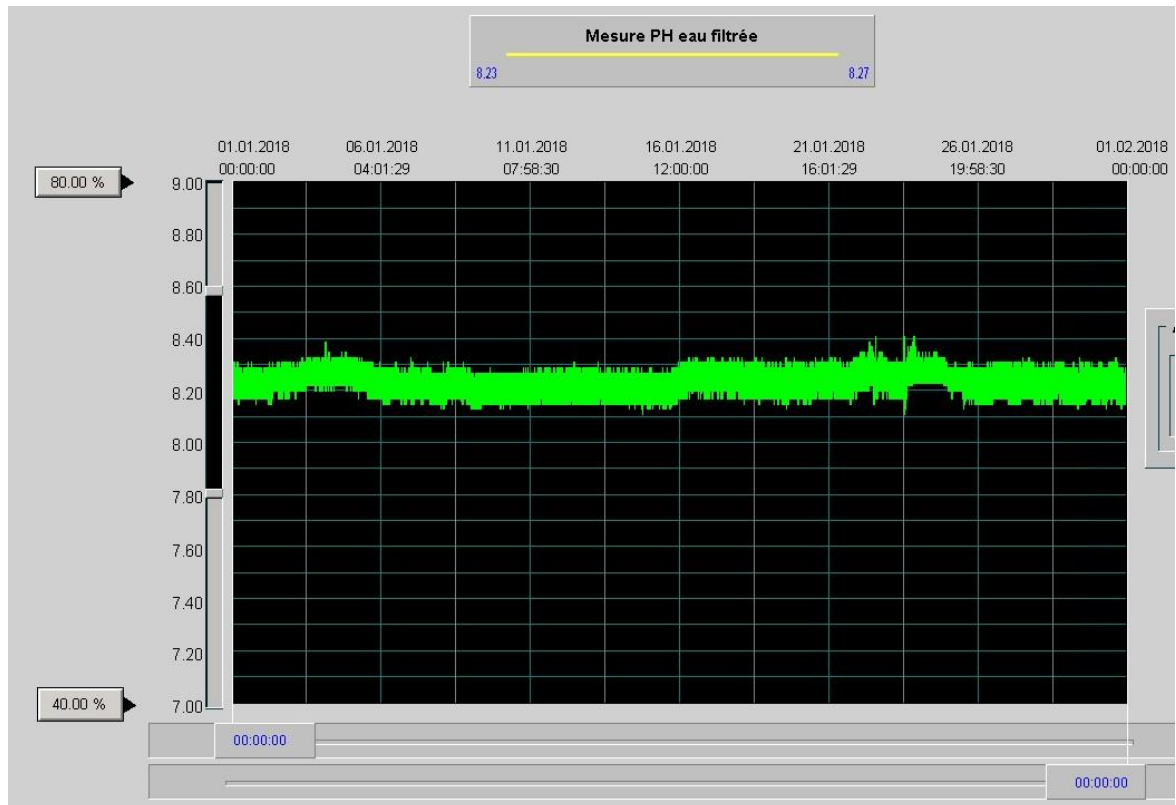
pH eau traitée – Novembre 2017



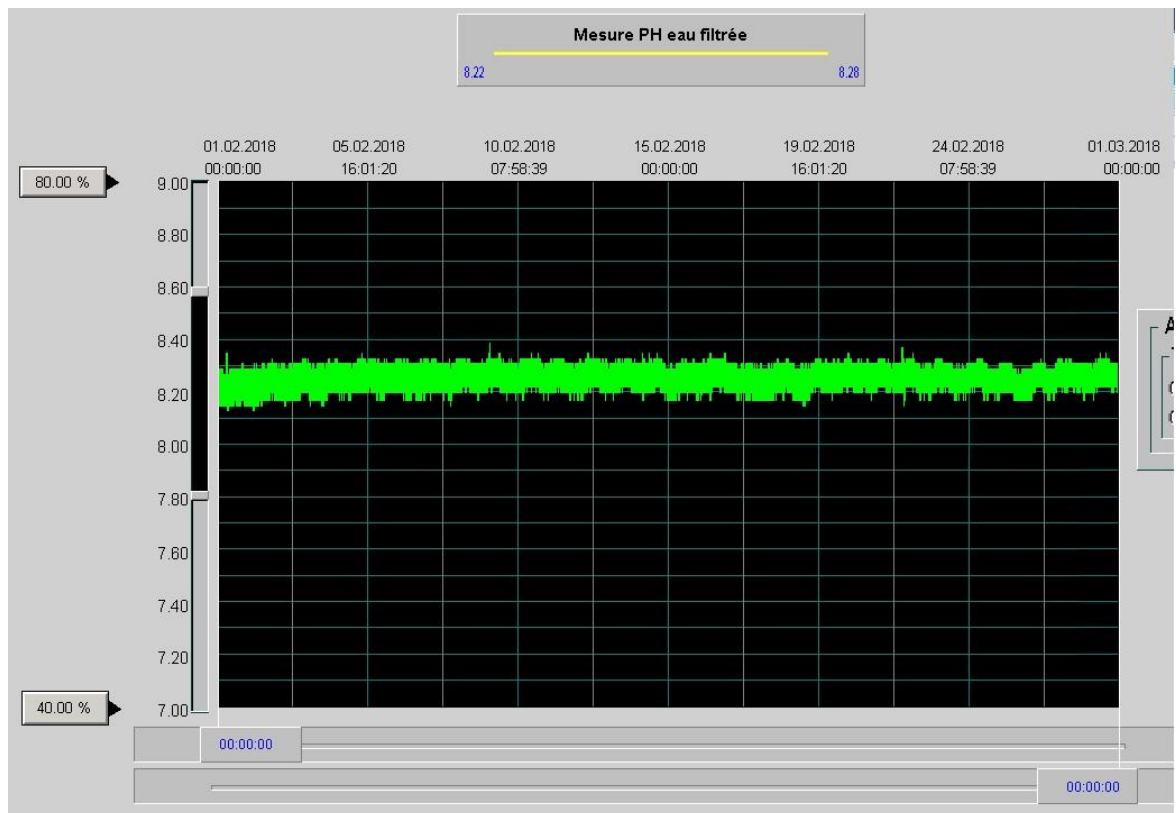
pH eau traitée – Décembre 2017



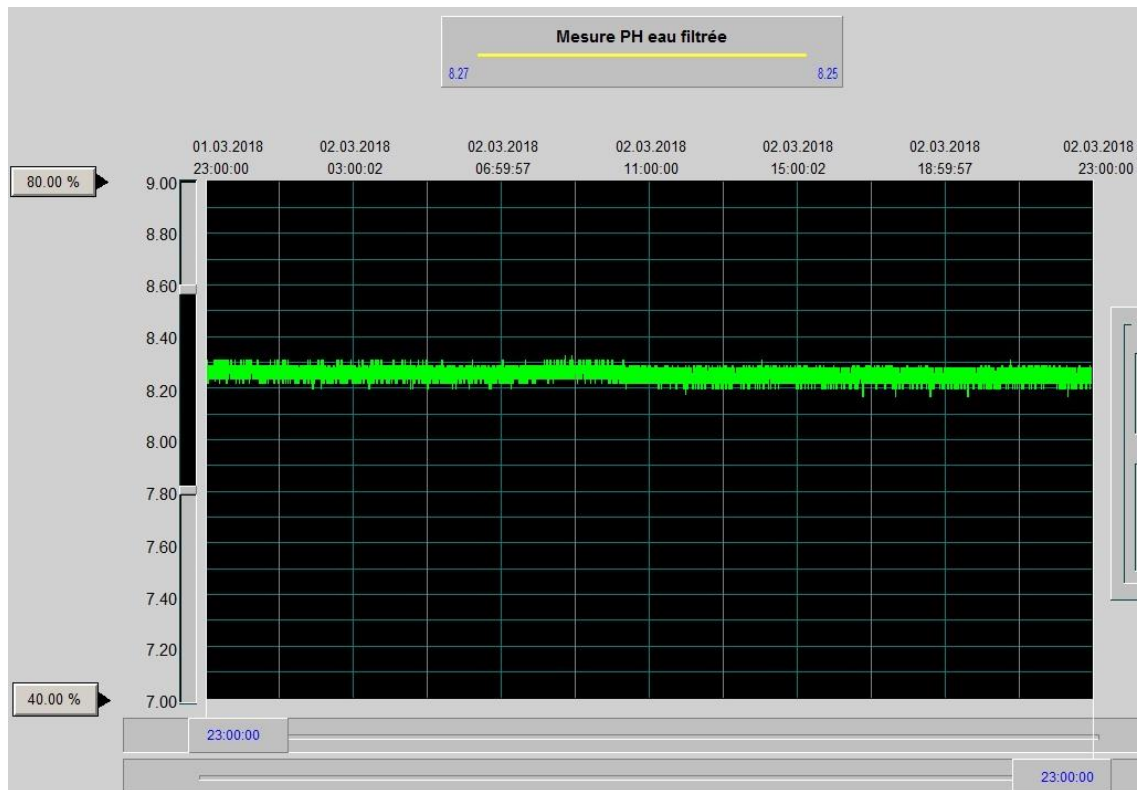
pH eau traitée – Janvier 2018



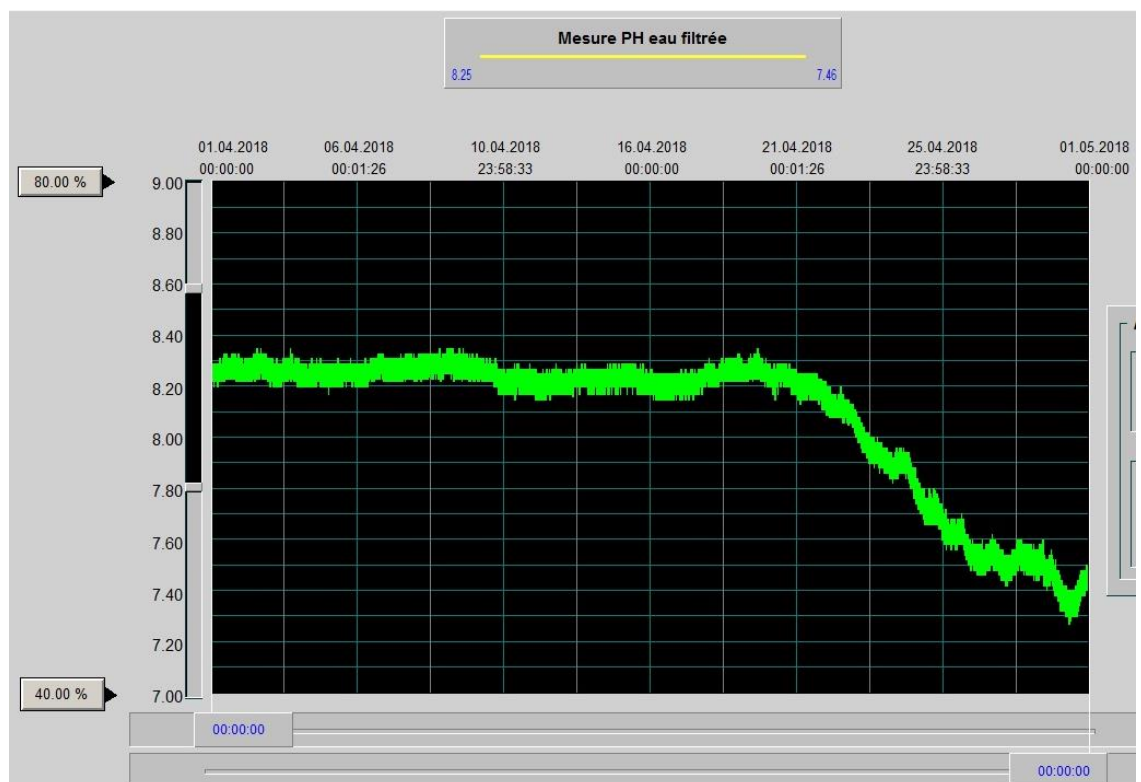
pH eau traitée – Février 2018



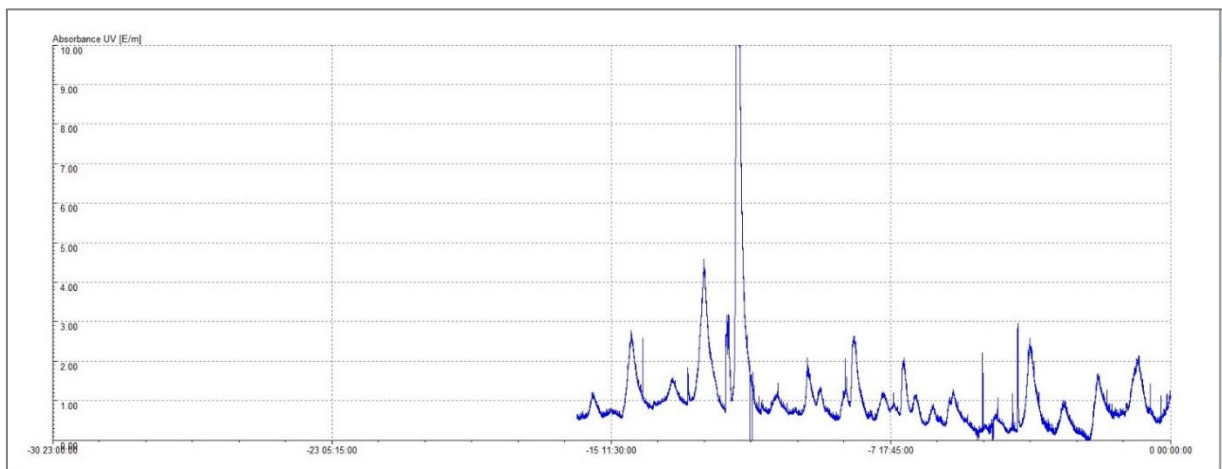
pH eau traitée – Mars 2018



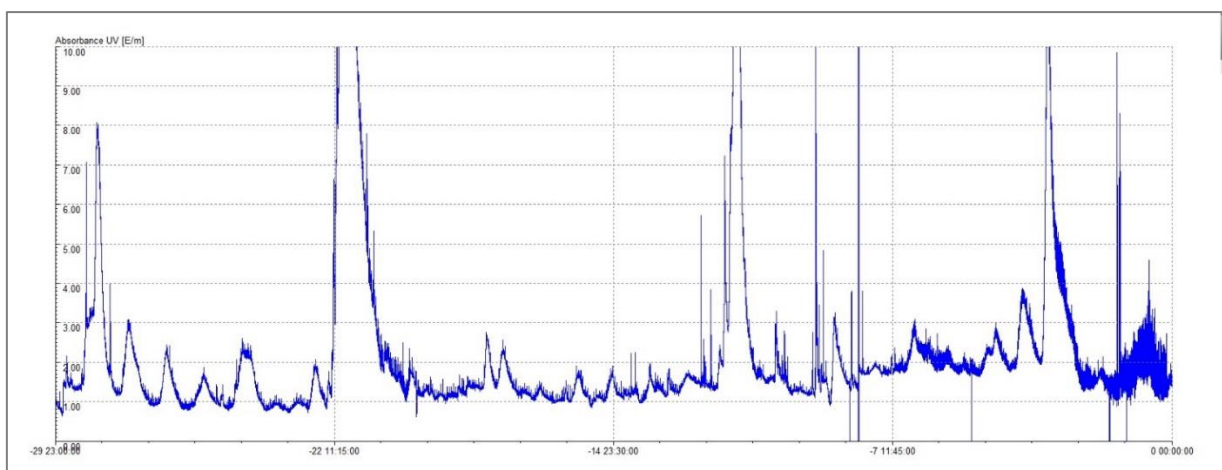
pH eau traitée – Avril 2018



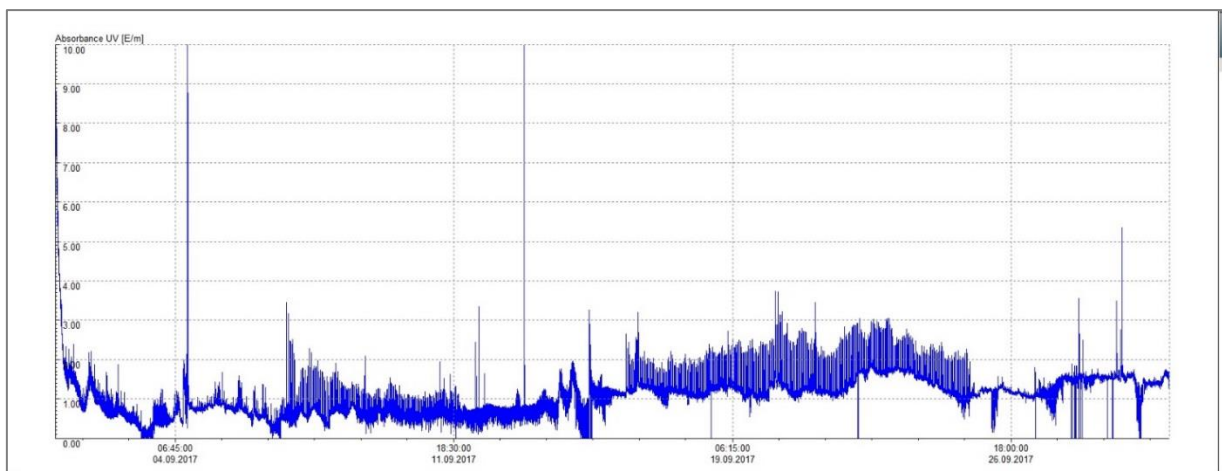
Absorbance UV 254 nm eau brute – Juillet 2017



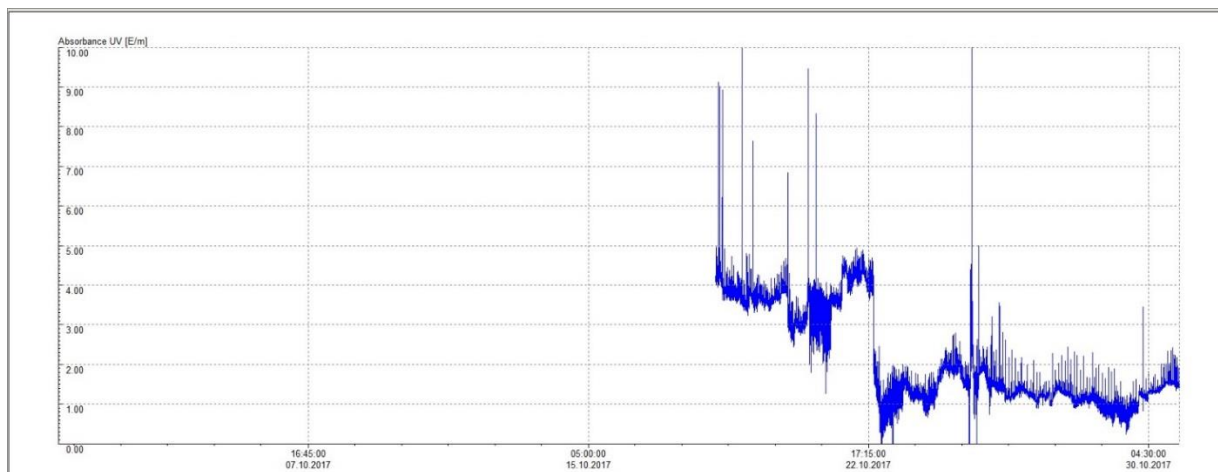
Absorbance UV 254 nm eau brute – Août 2017



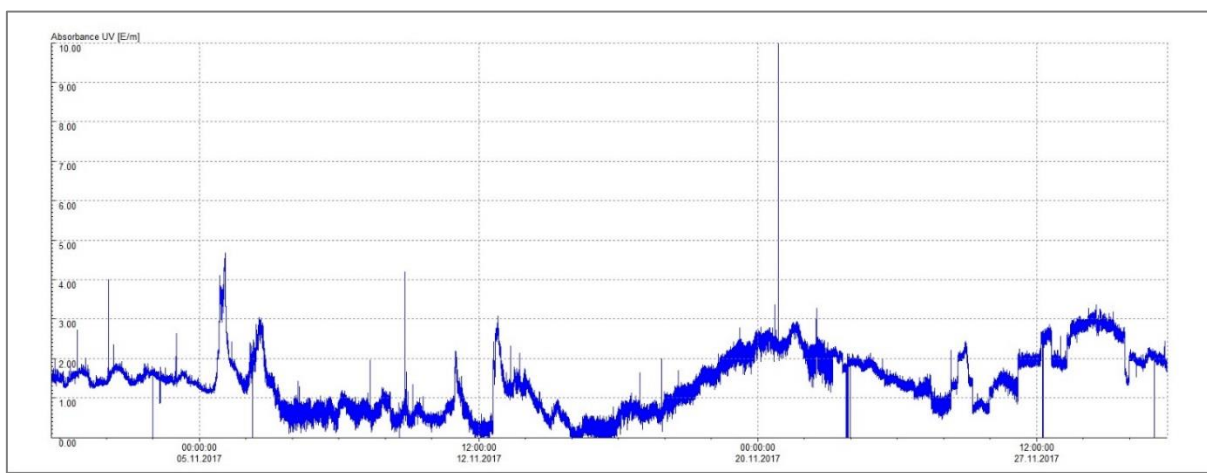
Absorbance UV 254 nm eau brute – Septembre 2017



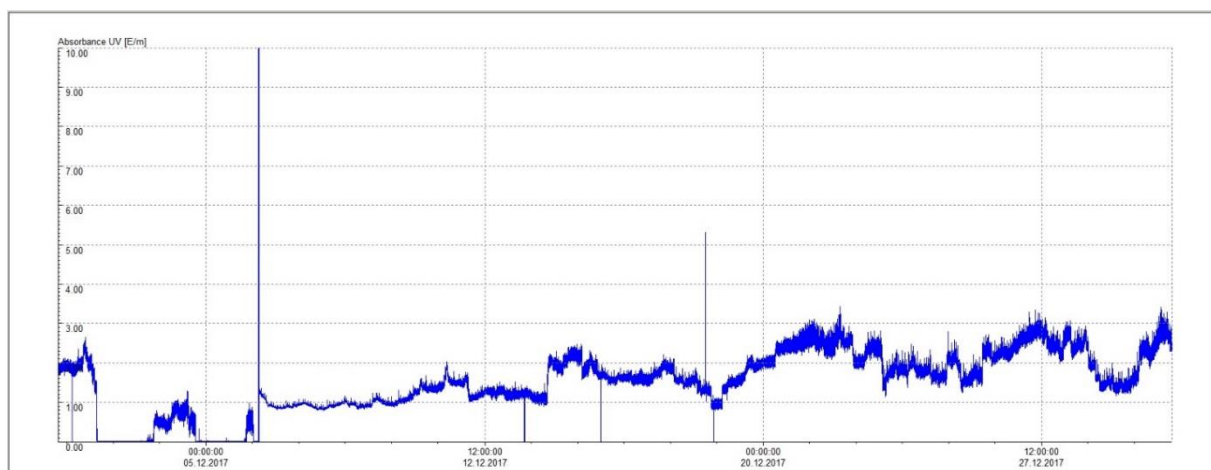
Absorbance UV 254 nm eau brute – Octobre 2017



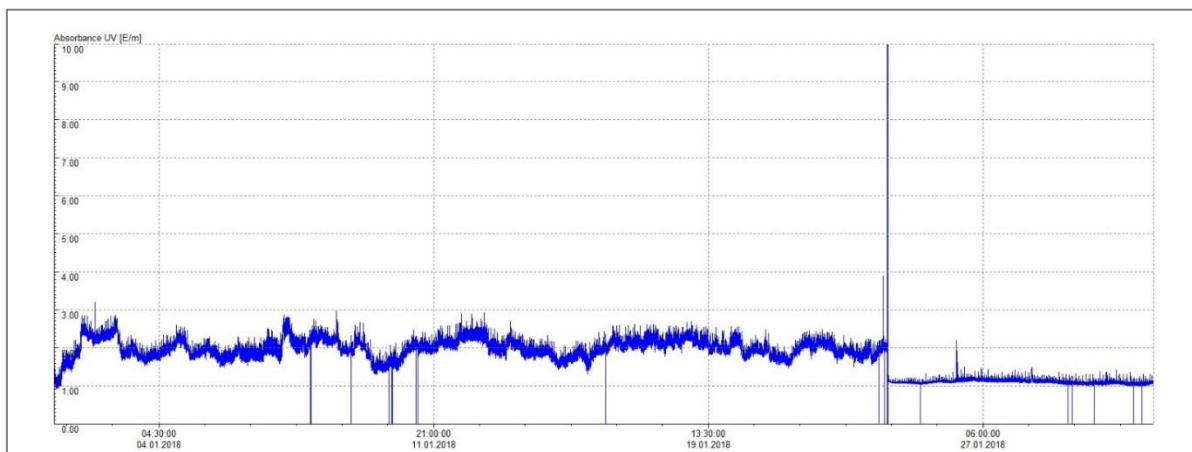
Absorbance UV 254 nm eau brute – Novembre 2017



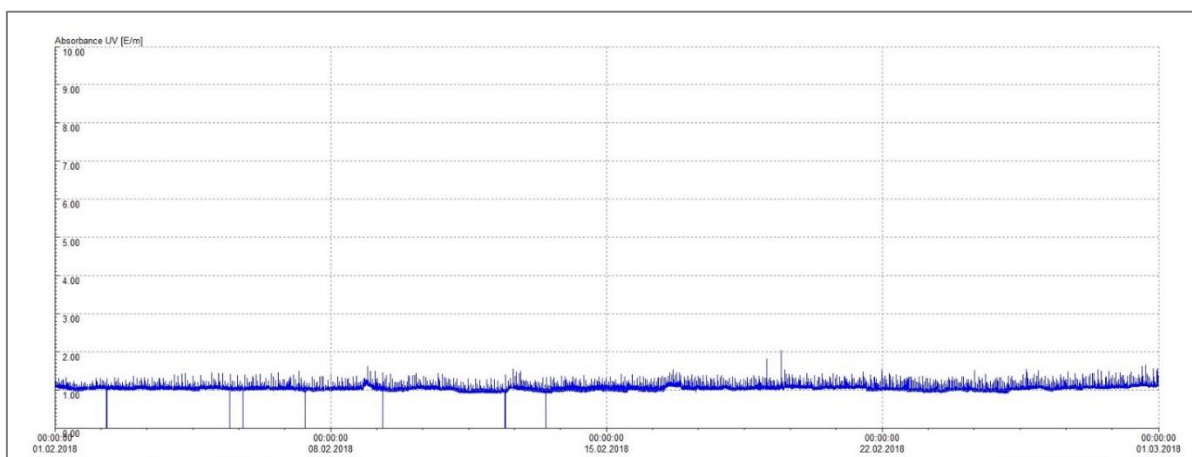
Absorbance UV 254 nm eau brute – Décembre 2017



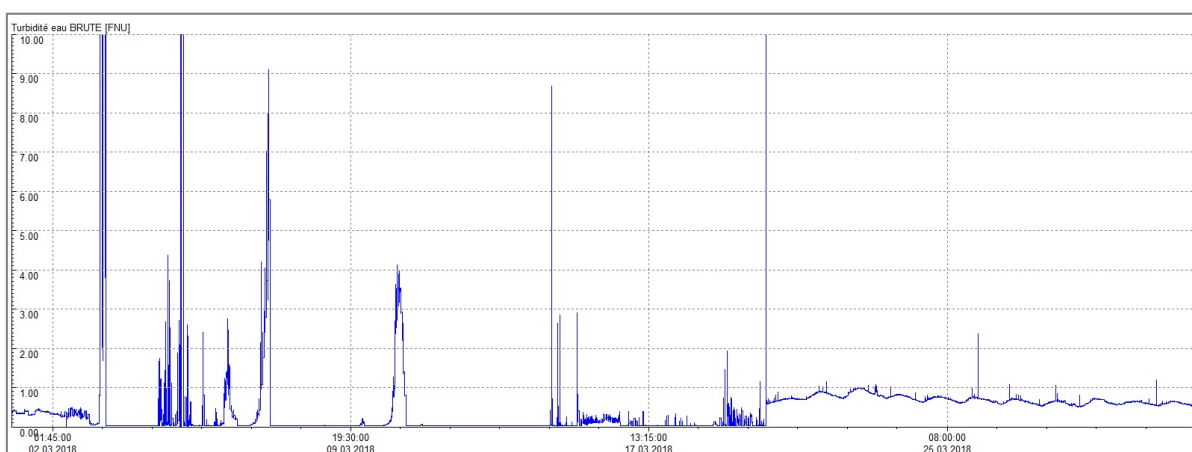
Absorbance UV 254 nm eau brute – Janvier 2018



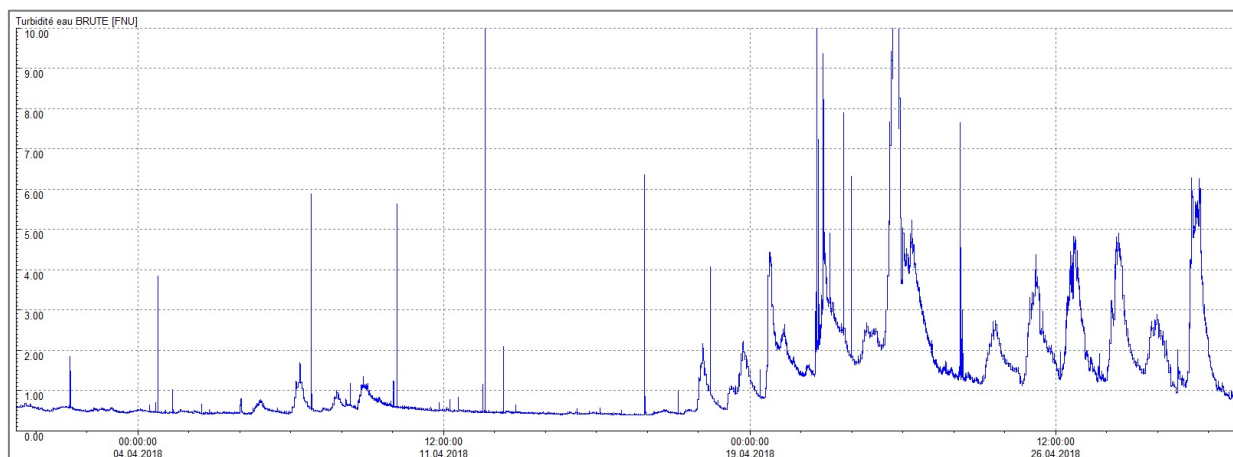
Absorbance UV 254 nm eau brute – Février 2018



Absorbance UV 254 nm eau brute – Mars 2018



Absorbance UV 254 nm eau brute – Avril 2018



ANNEXE D RAPPORTS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES



Services Industriels de Bagnes

Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 17900-3

Courchavon, le 10 juillet 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700383
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Jean-Louis Walther, Stéphane Rufer
Date de prélèvement	22.05.2017
Date de réception	22.05.2017
Conditions météo	Beau

Points de prélèvement	17900 : Les Sources
	17901 : Eau brute, Les Ruinetes
	17902 : Après pré-filtre
	17903 : Eau traitée, sortie filtres
	17904 : Sortie Galerie
	17905 : Lavage pré-filtre
	17906 : Lavage 2 ^{ème} filtre

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 17900 à 17906

N°	Point de prélèvement			17900	17901	17902	17903	17904	17905	17906
				Les Sources	Eau brute les Ruinetes	Après pré-filtre	Eau traitée, sortie filtres	Sortie galerie	Lavage pré-filtre	Lavage 2 ^{ème} filtre
	Heure			11h05	10h40	10h45	10h50	12h45	11h45	13h20
	Nombre de flacons			2	3	2	2	3	1	1
	Température		°C	4	4	5	4	5	6	5
MOD_504_004_24_00	DOC	23.05.2017	mg C/l	0.76	0.82	0.60	0.62	0.56	1.2	1.5
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	23.05.2017	cm ⁻¹	0.007	0.009	0.009	0.008	0.005	0.023	0.013
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	24.05.2017	mg KMnO ₄ /l	1.39	1.31	1.11	0.47	0.63	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Nitrate	30.05.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.16	0.836	0.903	0.892	0.426	n/a	n/a
MOD_504_004_16_02	Ammonium	23.05.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.021	0.014	0.014	0.013	0.016	0.019	0.017
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	23.05.2017	°f	4.88	5.72	5.66	6.02	6.00	n/a	n/a
MOD_504_004_00_09	Dureté totale	30.05.2017	°f	5.03	6.10	6.04	6.44	6.08	n/a	n/a
MOD_504_004_00_21	Hydrogénocarbonate	30.05.2017	mg HCO ₃ /l	59.5	69.8	69.1	73.5	73.23	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Sulfate	30.05.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	1.28	3.41	n/a	n/a	2.00	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Iodure	En-cours	mg I ⁻ /l	n/a	< 0.01	n/a	n/a	< 0.01	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Phosphate	30.05.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	n/a	< 0.001	n/a	n/a	< 0.001	n/a	n/a
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	30.05.2017	mg P/l	n/a	< 0.05	n/a	n/a	< 0.05	n/a	n/a





Services Industriels de Bagnes

Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 171060-2

Courchavon, le 10 juillet 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700470
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Jean-Louis Walther, Stéphane Rufer
Date de prélèvement	19.06.2017
Date de réception	19.06.2017
Conditions météo	Beau

Points de prélèvement	171060 : Les Sources
	171061 : Eau brute, Les Ruinetes
	171062 : Après pré-filtres
	171063 : Eau traitée, sortie filtres
	171064 : Sortie Galerie
	171065 : Lavage pré-filtre, filtre 2
	171066 : Lavage 2 ^{ème} filtre, filtre 4
	171067 : Lavage pré-filtre, filtre 3

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 171060 à 171067

N°	Point de prélèvement			171060	171061	171062	171063	171064	171065	171066	171067
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Après pré-filtre	Eau traitée, sortie filtres	Sortie galerie	Lavage pré-filtre	Lavage 2 ^{ème} filtre	Lavage pré-filtre
	Heure			10h18	10h30	10h27	10h25	11h25	10h08	11h50	12h10
	Nombre de flacons			2	2	2	2	2	1	1	1
	Température		°C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_24_00	DOC	21.06.2017	mg C/l	1.1	0.74	0.84	0.88	0.75	1.2	1.1	n/a
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	20.06.2017	cm ⁻¹	0.006	0.013	0.002	0.003	0.003	0.008	0.004	0.004
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	21.06.2017	mg KMnO ₄ /l	1.53	1.78	1.20	0.98	1.28	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Nitrate	21.06.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.04	0.703	0.754	0.766	0.716	n/a	0.426	n/a
MOD_504_004_16_02	Ammonium	20.06.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.008	0.008	0.007	0.007	0.009	0.017	0.007	0.009
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	20.06.2017	°f	4.66	5.39	5.37	5.75	6.26	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_00_09	Dureté totale	22.06.2017	°f	4.90	5.79	5.77	6.12	6.59	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_00_21	Hydrogénocarbonate	22.06.2017	mg HCO ₃ ⁻ /l	56.9	65.8	65.5	70.2	76.4	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Sulfate	21.06.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	1.43	3.39	3.37	3.40	4.20	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Iodure	En-cours	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_25_00	Phosphate	21.06.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	30.05.2017	mg P/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	n/a	< 0.05	n/a



Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 171274-2

Courchavon, le 21 juillet 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700560
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	17.07.2017
Date de réception	17.07.2017
Conditions météo	Beau
Points de prélèvement	171274 : Les Sources 171275 : Eau brute, Les Ruinettes 171276 : Après préfiltres 171277 : Eau traitée, sortie filtres 171278 : Sortie Galerie 171279 : Lavage préfiltre, N°1 -> 575 h 171280 : Lavage 2 ^{ème} filtre, 171281 : Lavage préfiltre, N°3 -> 52 h

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 171274 à 171282

N°	Point de prélèvement			171274	171275	171276	171277	171278	171279	171280	171281	171282
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Après pré-filtre	Eau traitée, sortie filtres	Sortie galerie	Lavage pré-filtre	Lavage 2 ^{ème} filtre	Lavage pré-filtre	Lac de Louvie
	Heure			09:15	09:05	09:10	09:00	09:55	09:30	11:10	10:50	n/a
	Nombre de flacons			1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Température		°C	5.2	9.1	9.2	9.4	10.4	8.8	9.0	8.4	n/a
MOD_504_004_24_00	DOC	18.07.2017	mg C/l	1.2	0.46	0.33	0.34	0.48	n/a	n/a	n/a	1.12
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	18.07.2017	cm ⁻¹	0.001	0.005	0.003	0.003	0.006	0.008	0.041	0.007	0.008
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	19.07.2017	mg KMnO ₄ /l	0.45	1.15	0.40	0.72	1.66	n/a	n/a	n/a	1.48
MOD_504_004_25_00	Nitrate	19.07.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.11	0.528	0.582	0.618	0.467	0.810	0.683	0.704	0.274
MOD_504_004_16_02	Ammonium	18.07.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.022	0.016	0.011	0.013	0.020	0.039	0.020	0.027	0.018
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	18.07.2017	°f	4.5	5.2	5.1	5.6	5.4	n/a	n/a	n/a	4.0
MOD_504_004_00_09	Dureté totale		°f	5.00	5.54	5.46	5.63	5.70	n/a	n/a	n/a	4.50
MOD_504_004_00_21	Hydrogénocarbonate		mg HCO ₃ ⁻ /l	58.6	63.5	62.2	63.5	65.9	n/a	n/a	n/a	48.8
MOD_504_004_25_00	Sulfate	19.07.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	2.03	4.54	4.41	4.49	5.14	n/a	n/a	n/a	4.86
MOD_504_004_25_00	Iodure	19.07.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	n/a	n/a	n/a	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	19.07.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.001	0.089	< 0.001	0.090	< 0.001	n/a	n/a	n/a	< 0.001
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	19.07.2017	mg P/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 171434-1

Courchavon, le 31 août 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700629
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	21.08.2017
Date de réception	21.08.2017
Conditions météo	Beau
Points de prélèvement	171434 : Les Sources 171435 : Eau brute, Les Ruinettes 171436 : Après préfiltres 171437 : Eau traitée, sortie filtres 171438 : Sortie Galerie (côté La Chaux) 171439 : Lac de Louvie : centre du lac 171440 : Lac de Louvie : entrée galerie 171441 : Lac de Louvie : cailloux

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 171434 à 171441

N°	Point de prélèvement			171434	171435	171436	171437	171438	171439	171440	171441
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Après pré-filtre	Eau traitée, sortie filtres	Sortie galerie (côté La Chaux)	Lac de Louvie : centre du lac	Lac de Louvie : entrée galerie	Lac de Louvie : cailloux
	Heure			10:38	10:30	10:42	10:25	11:40	n/a	n/a	n/a
	Nombre de flacons			1	2	1	1	2	2	1	1
	Température		°C	6.0	9.5	10.5	10.0	10.0	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_24_00	DOC	22.08.2017	mg C/l	0.86	1.0	1.2	0.28	1.2	0.46	0.26	n/a
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	22.08.2017	cm ⁻¹	0.001	0.008	0.005	0.005	0.009	0.012	0.013	n/a
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	22.08.2017	mg KMnO ₄ /l	1.45	1.71	1.37	0.99	2.14	2.71	2.79	n/a
MOD_504_004_25_00	Nitrate	25.08.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.13	0.498	0.589	0.599	0.430	0.274	0.308	n/a
MOD_504_004_16_02	Ammonium	22.08.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.006	0.023	0.006	0.007	0.034	0.024	0.122	n/a
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	22.08.2017	°f	4.5	5.1	5.1	5.6	5.1	4.2	4.2	n/a
MOD_504_004_00_09	Dureté totale	25.08.2017	°f	4.81	5.65	5.68	6.11	5.54	5.26	4.56	n/a
MOD_504_004_00_21	Hydrogénocarbonate	25.08.2017	mg HCO ₃ ⁻ /l	54.9	62.2	62.2	68.3	62.2	51.3	51.3	n/a
MOD_504_004_25_00	Sulfate	25.08.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	2.07	5.56	5.62	5.55	5.73	11.4	5.45	n/a
MOD_504_004_25_00	Iodure	25.08.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	n/a
MOD_504_004_25_00	Phosphate	25.08.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	n/a
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	22.08.2017	mg P/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 171722-1

Courchavon, le 21 septembre 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700721
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	18.09.2017
Date de réception	18.09.2017
Conditions météo	Beau
Points de prélèvement	171722 : Les Sources 171723 : Eau brute, Les Ruinettes 171724 : Sortie préfiltres 171725 : Sortie filtres 171726 : Sortie Galerie (côté La Chaux) 171727 : Lac de Louvie : centre du lac 171728 : Lac de Louvie : entrée côté lac 171729 : Lac de Louvie : cailloux

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 171722 à 171729

N°	Point de prélèvement			171722	171723	171724	171725	171726	171727	171728	171729
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres	Sortie galerie (côté La Chaux)	Lac de Louvie : centre du lac	Lac de Louvie : entrée côté lac	Lac de Louvie : cailloux
	Heure			09:55	09:50	10:00	09:45	11:30	n/a	n/a	n/a
	Nombre de flacons			1	2	1	1	2	2	1	1
	Température		°C	5.6	6.5	6.7	6.7	6.8	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_24_00	DOC	19.09.2017	mg C/l	0.80	1.8	1.3	0.87	1.1	1.6	1.3	n/a
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	20.09.2017	cm ⁻¹	0.001	0.009	0.006	0.004	0.009	0.011	0.010	n/a
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	19.09.2017	mg KMnO ₄ /l	0.46	2.3	1.2	0.61	2.3	4.4	3.8	n/a
MOD_504_004_25_00	Nitrate	19.09.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.07	0.310	0.399	0.421	0.194	0.061	< 0.005	n/a
MOD_504_004_16_02	Ammonium	19.09.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.004	0.009	0.005	0.004	0.014	0.012	0.014	n/a
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	19.09.2017	°f	4.7	5.4	5.5	5.8	5.2	4.5	4.5	n/a
MOD_504_004_00_09	Dureté totale	19.09.2017	°f	4.89	5.90	6.17	6.36	5.79	5.01	5.06	n/a
MOD_504_004_00_21	Hydrogénocarbonate	19.09.2017	mg HCO ₃ ⁻ /l	57.4	65.9	67.1	70.8	63.5	54.9	54.9	n/a
MOD_504_004_25_00	Sulfate	19.09.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	2.01	6.01	6.01	6.06	5.85	5.66	5.59	n/a
MOD_504_004_25_00	Iodure	19.09.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	n/a
MOD_504_004_25_00	Phosphate	19.09.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	n/a
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	19.09.2017	mg P/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	n/a





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 172014-1

Courchavon, le 24 octobre 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700825
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	16.10.2017
Date de réception	16.10.2017
Conditions météo	Beau
Points de prélèvement	172014 : Les Sources 172015 : Eau brute, Les Ruinettes 172016 : Sortie préfiltres 172017 : Sortie filtres 172018 : Sortie Galerie (côté La Chaux) 172019 : Lac de Louvie : centre du lac 172020 : Lac de Louvie : entrée côté lac 172021 : Lac de Louvie : cailloux

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 172014 à 172021

N°	Point de prélèvement			172014	172015	172016	172017	172018	172019	172020	172021
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres	Sortie galerie (côté La Chaux)	Lac de Louvie : centre du lac	Lac de Louvie : entrée côté lac	LLac de Louvie : Cailloux
	Heure			10:15	10:25	10:20	10:10	11:00	n/a	n/a	n/a
	Nombre de flacons			1	2	1	1	2	2	1	1
	Température		°C	5.2	5.7	5.6	5.8	6.2	n/a	n/a	n/a
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	24.10.2017	µg/l	n/a	79.3	n/a	22.1	n/a	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_24_00	DOC	17.10.2017	mg C/l	0.47	0.44	0.59	0.50	0.46	0.95	0.66	n/a
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	17.10.2017	cm ⁻¹	0.001	0.005	0.004	0.004	0.006	0.012	0.010	n/a
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	17.10.2017	mg KMnO ₄ /l	0.54	0.50	0.33	0.65	3.2	12	3.2	n/a
MOD_504_004_25_00	Nitrate	22.10.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.11	0.567	0.609	0.613	0.404	0.106	0.108	n/a
MOD_504_004_16_02	Ammonium	17.10.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.004	0.009	0.004	0.004	0.007	0.007	0.009	n/a
MOD_504_004_25_00	Sulfate	22.10.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	2.09	5.63	5.63	5.70	5.91	5.96	5.90	n/a
MOD_504_004_25_00	Iodure	22.10.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	n/a
MOD_504_004_25_00	Phosphate	22.10.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.001	< 0.001	0.097	0.098	< 0.001	0.095	0.096	n/a
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	17.10.2017	mg P/l	< 0.020	0.031	< 0.020	< 0.020	0.035	0.077	< 0.020	n/a





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 172279-2

Courchavon, le 27 décembre 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700920
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	20.11.2017 172318 : 23.11.2017
Date de réception	20.11.2017 172318 : 24.11.2017
Conditions météo	n/a
Points de prélèvement	172279 : Les Sources 172280 : Eau brute, Les Ruinettes 172281 : Sortie préfiltres 172282 : Sortie filtres 172318 : Centre du lac de Louvie

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 172279 à 172282 et 172318

N°	Point de prélèvement			172279	172280	172281	172282	172318
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres	Lac de Louvie : centre du lac
	Heure			10:45	10:40	10 :55	10 :50	n/a
	Nombre de flacons			1	2	1	1	1
	Température		°C	3.8	3.7	4.1	7.0	n/a
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	25.11.2017	µg/l	< 0.1	39.2	n/a	2.19	< 0.1
MOD_504_004_24_00	DOC	21.11.2017	mg C/l	0.70	0.61	0.51	0.60	1.34
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	21.11.2017	cm ⁻¹	0.002	0.005	0.004	0.003	0.009
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	21.11.2017	mg KMnO ₄ /l	0.23	1.5	0.44	0.33	1.12
MOD_504_004_25_00	Nitrate	24.11.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	0.794	0.589	0.549	0.535	0.181
MOD_504_004_16_02	Ammonium	21.11.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.010	0.013	0.012	0.049	0.018
MOD_504_004_25_00	Sulfate	24.11.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	2.28	5.57	5.61	5.64	5.26
MOD_504_004_25_00	Iodure	25.11.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	24.11.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	21.11.2017	mg P/l	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 172466-1

Courchavon, le 27 décembre 2017

N° de client	00147
N° de dossier	1700158
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	19.12.2017
Date de réception	19.12.2017
Conditions météo	n/a
Points de prélèvement	172466 : Les Sources 172467 : Eau brute, Les Ruinettes 172468 : Sortie préfiltres 172469 : Sortie filtres

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 172466 à 172469

N°	Point de prélèvement			172466	172467	172468	172469
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres
	Heure			10h40	10h50	10h45	10h35
	Nombre de flacons			1	2	1	1
	Température		°C	3.4	3.5	3.6	3.4
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	20.12.2017	µg/l	< 0.1	17.6	12.7	8.27
MOD_504_004_24_00	DOC	19.12.2017	mg C/l	0.78	1.0	0.75	0.78
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	19.12.2017	cm ⁻¹	0.001	0.007	0.004	0.003
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	19.12.2017	mg KMnO ₄ /l	0.82	1.3	0.93	0.70
MOD_504_004_25_00	Nitrate	21.12.2017	mg NO ₃ ⁻ /l	1.11	0.645	0.691	0.682
MOD_504_004_16_02	Ammonium	19.12.2017	mg NH ₄ ⁺ /l	0.005	0.008	0.008	0.004
MOD_504_004_25_00	Sulfate	21.12.2017	mg SO ₄ ²⁻ /l	1.16	4.83	4.89	4.87
MOD_504_004_25_00	Iodure	21.12.2017	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	21.12.2017	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	20.12.2017	mg P/l	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 180120-1

Courchavon, le 29 janvier 2018

N° de client	00147
N° de dossier	1800046
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	24.01.2018
Date de réception	24.01.2018
Conditions météo	Beau, chutes de neige importante
Points de prélèvement	180120 : Les Sources 180121 : Eau brute, Les Ruinettes 180122 : Sortie préfiltres 180123 : Sortie filtres

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 180120 à 180123

N°	Point de prélèvement			180120	180121	180122	180123
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres
	Heure			10h40	10h35	10h45	10h30
	Nombre de flacons			1	2	1	1
	Température		°C	3.1	3.0	3.0	2.9
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	27.01.2018	µg/l	< 0.01	< 0.01	1.70	< 0.01
MOD_504_004_24_00	DOC	25.01.2018	mg C/l	0.96	0.94	0.78	0.91
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	25.01.2018	cm ⁻¹	< 0.002	0.005	0.004	0.005
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	25.01.2018	mg KMnO ₄ /l	0.12	1.2	0.61	0.41
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	24.01.2018	°f	6.0	6.1	6.2	6.8
Calcul	Hydrogénocarbonate	26.01.2018	mg HCO ₃ ⁻ /l	73.2	74.4	75.7	83.0
MOD_504_004_16_02	Ammonium	25.01.2018	mg NH ₄ ⁺ /l	< 0.002	0.003	< 0.002	< 0.002
MOD_504_004_25_00	Nitrate	25.01.2018	mg NO ₃ ⁻ /l	1.09	0.080	0.085	0.842
MOD_504_004_25_00	Sulfate	25.01.2018	mg SO ₄ ²⁻ /l	1.57	6.07	5.96	6.18
MOD_504_004_25_00	Iodure	27.01.2018	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	25.01.2018	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	0.052	< 0.005	< 0.005
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	25.01.2017	mg P/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 180243-1

Courchavon, le 23 février 2018

N° de client	00147
N° de dossier	1800107
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	19.02.2018
Date de réception	19.02.2018
Conditions météo	n/a
Points de prélèvement	180243 : Les Sources 180244 : Eau brute, Les Ruinettes 180245 : Sortie préfiltres 180246 : Sortie filtres

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA



Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 180243 à 180246

N°	Point de prélèvement			180243	180244	180245	180246
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres
	Heure			10h10	10h15	10h30	10h00
	Nombre de flacons			1	2	1	1
	Température		°C	2.8	2.3	2.4	2.7
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	23.02.2018	µg/l	< 0.01	< 0.01	52.1	< 0.01
MOD_504_004_24_00	DOC	19.02.2018	mg C/l	0.93	1.1	0.63	0.89
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	20.02.2018	cm ⁻¹	< 0.002	0.004	0.003	0.003
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	20.02.2018	mg KMnO ₄ /l	1.0	1.5	1.4	1.3
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	19.02.2018	°f	6.4	5.9	5.8	6.5
Calcul	Hydrogénocarbonate	20.02.2018	mg HCO ₃ ⁻ /l	78.1	72.0	70.8	79.3
MOD_504_004_16_02	Ammonium	20.02.2018	mg NH ₄ ⁺ /l	< 0.002	0.019	0.011	0.013
MOD_504_004_25_00	Nitrate	21.02.2018	mg NO ₃ ⁻ /l	0.976	0.870	0.907	0.918
MOD_504_004_25_00	Sulfate	21.02.2018	mg SO ₄ ²⁻ /l	1.35	6.41	6.39	7.31
MOD_504_004_25_00	Iodure	20.02.2018	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	21.02.2018	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	< 0.005	0.018	0.020
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	19.02.2018	mg P/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02





Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 180460-2

Courchavon, le 28 mars 2018

N° de client	00147
N° de dossier	1800192
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	20.03.2018
Date de réception	20.03.2018
Conditions météo	n/a
Points de prélèvement	180460 : Les Sources 180461 : Eau brute, Les Ruinettes 180462 : Sortie préfiltres 180463 : Sortie filtres 180464 : JAR-TEST 1,2 ml/l 180465 : JAR-TEST 2, 10' 180466 : JAR-TEST 2, 20' 180467 : JAR-TEST 2, 40' 180468 : JAR-TEST 2, 60'

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 180460 à 180463

N°	Point de prélèvement			180460	180461	180462	180463
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres
	Heure			10h05	09h50	09h55	10h00
	Nombre de flacons			2	2	1	2
	Température		°C	1.8	1.7	2.5	1.7
MOD_504_004_12_00	pH	21.03.2018		7.19	7.04	7.24	7.29
MOD_504_004_20_01	Turbidité	21.03.2018	FNU	0.250	0.757	n/a	0.186
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	23.03.2018	µg/l	< 0.01	< 0.01	0.887	< 0.01
MOD_504_004_24_00	DOC	21.03.2018	mg C/l	0.35	0.32	0.17	0.24
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	21.03.2018	cm ⁻¹	0.001	0.001	0.002	0.001
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	20.03.2018	mg KMnO ₄ /l	0.89	0.97	0.59	0.86
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	20.03.2018	°f	5.6	5.8	6.9	6.5
Calcul	Hydrogénocarbonate	23.03.2018	mg HCO ₃ ⁻ /l	68.34	69.56	82.98	79.32
MOD_504_004_16_02	Ammonium	21.03.2018	mg NH ₄ ⁺ /l	0.007	0.041	0.003	0.006
MOD_504_004_25_00	Chlorure	23.03.2018	mg Cl ⁻ /l	0.081	0.084	0.162	0.090
MOD_504_004_25_00	Nitrate	23.03.2018	mg NO ₃ ⁻ /l	0.962	0.875	1.005	0.958
MOD_504_004_25_00	Sulfate	23.03.2018	mg SO ₄ ²⁻ /l	6.47	6.32	1.57	6.55
MOD_504_004_25_00	Iodure	23.03.2018	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	23.03.2018	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	21.03.2018	mg P/l	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
MOD_504_003_01_00	Calcium	23.03.2018	mg Ca ²⁺ /l	15.3	15.5	20.1	18.9
MOD_504_003_01_00	Magnésium	23.03.2018	mg Mg ²⁺ /l	5.35	5.41	4.30	5.46
MOD_504_003_01_00	Potassium	23.03.2018	mg K ⁺ /l	0.450	0.454	0.164	0.459
MOD_504_003_01_00	Sodium	23.03.2018	mg Na ⁺ /l	0.517	0.516	0.560	0.521



Services Industriels de Bagnes

Monsieur Pierre-André Gard
Place de la Curala 5
CH-1934 Le Châble

Rapport d'analyse d'échantillon : 180661-1

Courchavon, le 19 avril 2018

N° de client	00147
N° de dossier	1800249
Nature de l'échantillon	Eau
Nom du préleveur	Stéphane Rufer, Pierre-André Gard
Date de prélèvement	16.04.2018
Date de réception	16.04.2018
Conditions météo	Beau, couvert
Points de prélèvement	180661 : Les Sources 180662 : Eau brute, Les Ruinettes 180663 : Sortie préfiltres 180664 : Sortie filtres

Remarque :

Commentaire :

Des compléments d'information et les incertitudes de mesures sont disponibles sur demande du client. Les prélèvements effectués par le client n'entrent pas dans le champ de l'accréditation. Les résultats se limitent à l'échantillon tel que présenté à son arrivée au laboratoire. Pour plus d'information, se reporter à nos conditions générales de vente. (*) Analyses non-accréditées. Ce document est la propriété exclusive de RuferLab S.A. et ne peut être reproduit ou communiqué, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit, sans son autorisation écrite.

RuferLab SA

Stéphane Rufer
Directeur



Analyses effectuées, échantillon n° 180661 à 180664

N°	Point de prélèvement			180661	180662	180663	180664
				Les Sources	Eau brute Les Ruinetes	Sortie préfiltres	Sortie filtres
	Heure			10h00	10h05	10h15	10h10
	Nombre de flacons			1	1	1	1
	Température		°C	1.7	2.6	1.9	1.7
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	17.04.2018	µg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_12_00	pH	16.04.2018		6.93	7.06	7.07	7.02
MOD_504_004_24_00	DOC	16.04.2018	mg C/l	0.30	< 0.1	< 0.1	< 0.1
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	16.04.2018	cm ⁻¹	0.004	0.001	0.004	0.006
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	17.04.2018	mg KMnO ₄ /l	0.07	0.55	0.78	0.70
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	16.04.2018	°f	6.7	6.6	5.9	6.0
Calcul	Hydrogénocarbonate	18.04.2018	mg HCO ₃ ⁻ /l	82.2	80.9	71.5	73.0
MOD_504_004_16_02	Ammonium	17.04.2018	mg NH ₄ ⁺ /l	0.007	0.003	0.004	0.021
MOD_504_004_25_00	Chlorure	19.04.2018	mg Cl ⁻ /l	0.211	0.204	0.184	0.110
MOD_504_004_25_00	Nitrate	19.04.2018	mg NO ₃ ⁻ /l	1.11	1.08	0.993	1.03
MOD_504_004_25_00	Sulfate	19.04.2018	mg SO ₄ ²⁻ /l	6.04	1.96	6.09	5.98
MOD_504_004_25_00	Iodure	17.04.2018	mg I ⁻ /l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MOD_504_004_25_00	Phosphate	19.04.2018	mg PO ₄ ³⁻ /l	< 0.005	0.031	< 0.005	< 0.005
MOD_504_004_16_05	Phosphore total	16.04.2018	mg P/l	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
MOD_504_003_01_00	Calcium	17.04.2018	mg Ca ²⁺ /l	18.7	19.7	15.4	15.5
MOD_504_003_01_00	Potassium	17.04.2018	mg K ⁺ /l	0.419	0.184	0.403	0.405
MOD_504_003_01_00	Magnésium	17.04.2018	mg Mg ²⁺ /l	6.12	4.38	6.11	6.15
MOD_504_003_01_00	Sodium	17.04.2018	mg Na ⁺ /l	0.526	0.524	0.501	0.492



Analyses effectuées, échantillon n° 180464 à 180468

N°	Point de prélèvement			180464	180465	180466	180467	180468
				JAR-TEST 1 2 ml/l	JAR-TEST 2 10'	JAR-TEST 2 20'	JAR-TEST 2 40'	JAR-TEST 2 60'
	Heure			11h00	13h00	13h10	13h30	13h50
	Nombre de flacons			2	2	2	2	2
	Température		°C	8.1	n/a	n/a	n/a	n/a
MOD_504_004_12_00	pH	20.03.2018		6.99	7.02	7.09	7.18	7.13
MOD_504_004_20_01	Turbidité	21.03.2018	FNU	0.182	0.388	0.196	0.280	0.277
MOD_504_003_01_00	Aluminium dissous	23.03.2018	µg/l	5.41	4.96	4.02	5.11	5.52
MOD_504_004_24_00	DOC	21.03.2018	mg C/l	1.5	1.6	0.42	1.3	1.1
MOD_504_004_16_01	Absorption UV à 254 nm	21.03.2018	cm ⁻¹	0.004	0.006	0.001	0.005	0.006
MOD_504_004_27_02	Oxydabilité	20.03.2018	mg KMnO ₄ /l	3.2	3.8	2.1	3.3	3.6
MOD_504_004_27_01	Alcalinité	20.03.2018	°f	5.6	5.6	5.6	5.7	5.6



ANNEXE E RAPPORTS D'ANALYSE LC-OCD

LC-OCD Analysis of one Water Sample

Project IDs: yours / ours: / ruferlab_1 (A6264)
 Contact: contact@ruferlab.ch
 # std.diff / # UPW: 1 /
 Measuring Conditions: System: 015, Column: 50720 , Mobile Phase: Std. x 1, Flow rate: 1,0 mL/min
 Sampling date:
 Incoming date: 18 APR 2018
 Measuring date: 18 APR 2018 data processing: Dr. S. Huber
 Date of Report: 18 APR 2018 report generation: Dr. S. Huber

Disclaimer: We guarantee the correctness of analytical data according to the actual state or standard of science and technology. All interpretations are based on the assumption that samples are representative for a situation under investigation. We do not take responsibility for any action that is taken on the basis of our reports, irrespective of whether such action has been recommended by us or not. Reports are treated confidentially and are exclusive property of customer. Anonymized data may be used for scientific purposes if no additional agreements are made.

Technical note: LC-OCD stands for "Liquid Chromatography - Organic Carbon Detection". Separation is based on size-exclusion chromatography (SEC) followed by multidetection with organic carbon (OCD), UV-absorbance at 254 nm (UVD) and organic bound nitrogen (OND). All concentration values refer to mass of organic bound carbon (OC). As a "rule-of-thumb" compound mass is about twice (for acids threefold) the value of OC. Chromatograms are processed on the basis of area integration using the program ChromCALC. In many samples the acid fraction contains low-molecular mass humic acids which are subtracted by ChromRES on the basis of SAC/OC ratio for HS. Thus, despite the visible presence of an acid peak there may no LMW acids be present.

SUMMARIC PARAMETERS:

DOC (Dissolved OC): Determined in the column bypass after in-line 0.45 µm filtration.

HOC (Hydrophobic OC): Difference DOC minus CDOC, thus all OC retained on the column is defined as „hydrophobic“. This could be natural hydrocarbons or sparingly soluble "humins" of the humic substances family.

INORGANIC COLLOIDS (respond only in UV-Chromatograms): Negatively charged **inorganic** polyelectrolytes, polyhydroxides and oxhydrates of Fe, Al, S or Si are detected by UV light-scattering (Raleigh-effect).

CDOC (Chromatographic DOC): This is the OC value obtained by area integration of the total chromatogram. Chromatographic subfractions of CDOC are:

ROM = Refractory Organic Matter:

A: Humics (HS): In LC-OCD measurements there is a tight definition for HS based on retention time, peak shape and SAC. Calibration on the basis of "Suwannee River" Standard IHSS-FA and IHSS-HA. In addition, statistical data are given, like number-averaged molecular mass (Mn) and aromaticity (SAC/OC).

B: Building Blocks (BB): The HS-fraction is accompanied by shoulders, shape, concentration and UV-activity varies. This are sub-units of HS with molecular weights of 300-450 g/mol. Building Blocks are considered to be natural breakdown products of humics. They cannot be removed in flocculation processes.

BOM = Biogenic Organic Matter:

C: Biopolymers (BP): This fraction is very high in molecular weight (20.000 - 2 Mio. g/mol), hydrophilic, not UV-absorbing. BP are typically polysaccharides but may also contain proteinic matter (this is quantified on basis of OND). BP exist only in surface waters.

D: LMW Organic Acids (OA): In this fraction all aliphatic, low-molecular weight (LMW) organic acids co-elute due to an ion chromatographic effect. A small amount of HS may fall into this fraction and is subtracted on the basis of SAC/OC ratios.

E: LMW Neutrals (NEU): Low-molecular weight (LMW) weakly or uncharged hydrophilic or slightly hydrophobic ("amphiphilic") compounds appear in this fraction. This includes alcohols, aldehydes, ketones and amino acids. The hydrophobic character increases with retention time, e. g. pentanol appears at 120 min, octanol at 240 min. NEU may be in part refractory.

SOM = Specific Organic Matter:

With LC-OCD all water-soluble synthetic organic compounds can be quantified and identified (after comparison with model compound) down to the low ppb-range. However, chromatographic resolution in SEC is moderate (about 15000 theoretical plates/metre). Typical examples for SOM are flocculant polymers, antiscalants, organic additives like amines, resin leaching products like polysulfonic acids (PSS) or trimethyl amine (TMA).

Inorganic Colloids (only visible in UV-detection): Inorganic colloidal or particulate matter eluting slightly before the biopolymer fraction becomes visible by Raleigh light scattering. This material could be iron oxid hydrates or colloidal sulfur.

SUVA (SAC/DOC): Additional parameter derived from the ratio of DOC and SAC.

Results

LMW = low-molecular weight

DON = Dissolved organic nitrogen

n.q. = not quantifiable (< 1ppb; signal-to-noise ratio)


n.m. = not measured

*: Grey colour in HOC: Significance unclear

**::under the presumption that all org. N in the BIOpolymer fraction originates from proteins

***: pale green: cross sensitivity inferred

Table 1

				NOM													inorg. Colloid SAC
DOC																	
HOC*																	
CDOC																	
Project:	Dissolved	Hydrophob.	Hydrophil.	BIO-polymers	DON (Norg)	N/C	% Proteins in BIOpol.**	Humic Subst. (HS)	DON (Norg)	N/C	Aromaticity (SUVA-HS)	Mol.Weight (Mn)	Position in HS-diagram	Building Blocks	LMW Neutrals	LMW Acids	
	ppb-C	ppb-C	ppb-C	ppb-C	ppb-N	µg/µg	% BIOpol.	ppb-C	ppb-N	µg/µg	L/(mg*m)	g/mol	--	ppb-C	ppb-C	ppb-C	m ⁻¹
	% DOC	% DOC	% DOC	% DOC	--	--	--	% DOC	--	--	--	--	--	% DOC	% DOC	% DOC	--
ruferlab_1	146	16	131	1	< 1	< 0,01	--	88	< 1	< 0,01	0,54	428	A	19	21	< 1	< 0,1
2.Eau Brute	100%	10,7%	89,3%	0,8%	--	--	--	60,5%	--	--	--	--	--	13,2%	14,7%	--	--
Les Ruinettes 180662																	

Discussion

Water is extremely low in DOC.

DOC is composed of humics and Building Blocks, both amounting to 63.7 % of DOC, followed by LMW-Neutrals (14.7 %).

Biopolymers are not found, which shows that this is either a ground water or a water devoid of microbial activity.

The organic composition reflects a microbially stable, natural water without any visible input of civilisatory input.

Water contains nitrate (311 ppb nitrate-N) and traces of ammonium (3 ppb ammonium-N).

End of report

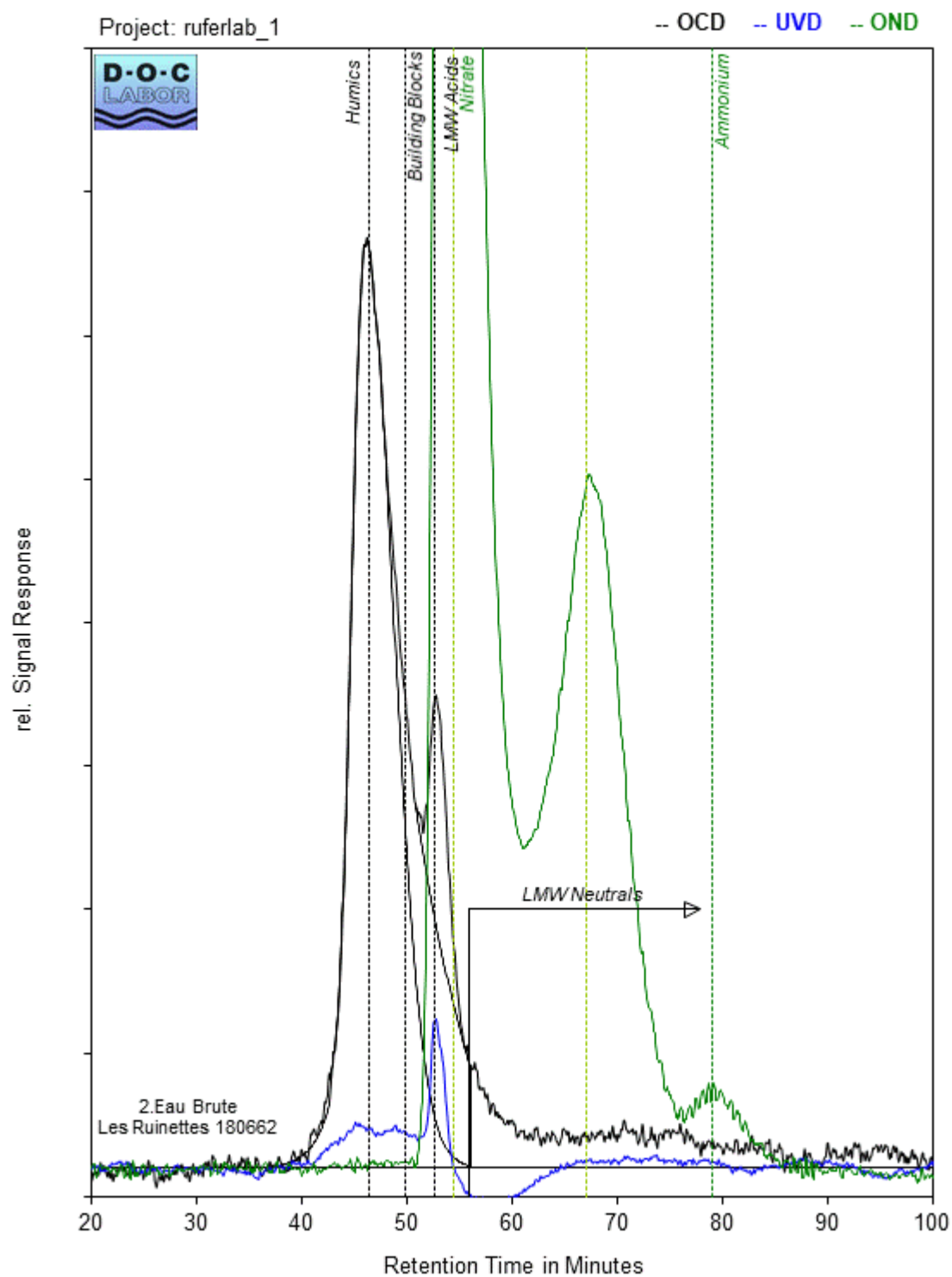


Fig. 1: LC-OCD Chromatograms

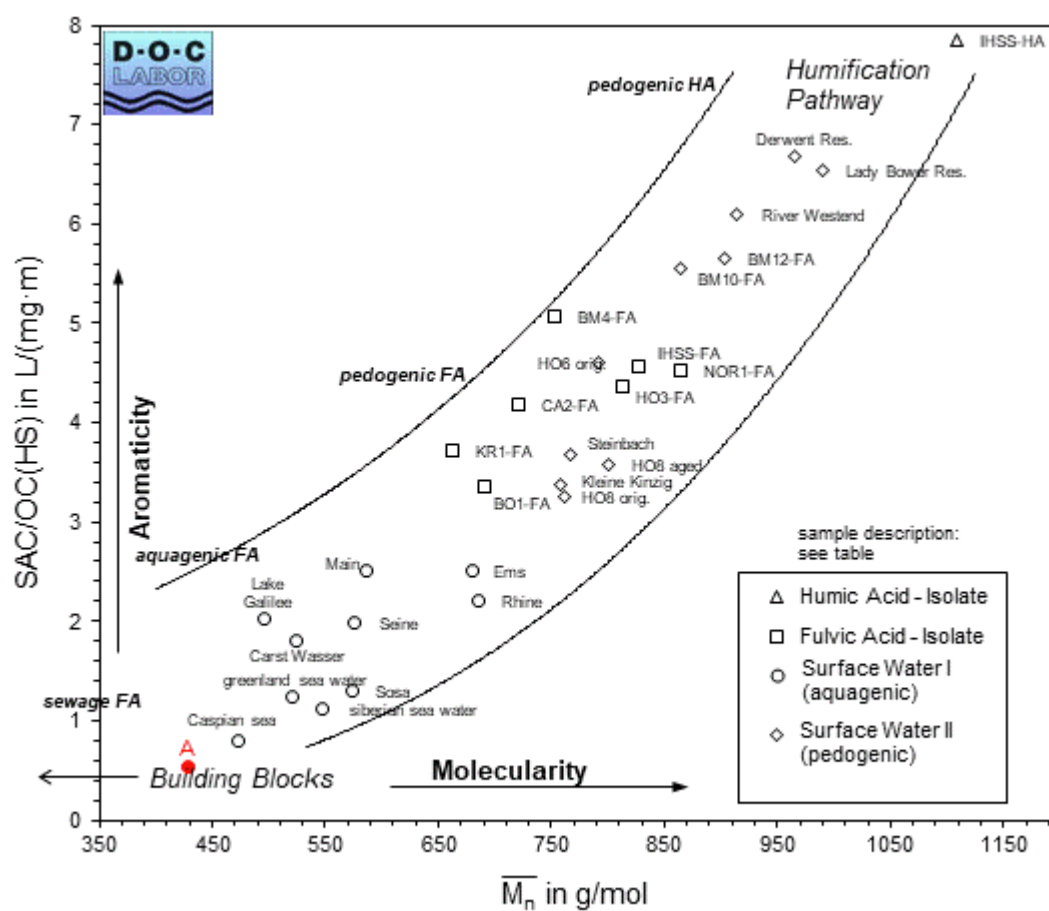


Fig. 2: HS-Diagram

ANNEXE F

**RAPPORT FINAL DE L'ETUDE SUR LES
CYANOBACTÉRIES - UNIGE**

Phytoplankton and cyanobacterial taxonomic identification and quantification from Lac Louvie (Valais)



Final report

January 2018

Dr Irene Gallego Nogales
& Prof dr Bastiaan W Ibelings
Microbial Ecology Group
Dept. F.-A. Forel for Environmental and Aquatic Sciences (DEFSE)
Université de Genève

Phytoplankton and cyanobacterial taxonomic identification and quantification from Lac Louvie (Valais)

1. Introduction

2. Methodology

3. Results

3.1. Planktonic Cyanobacteria

3.2. Benthic Cyanobacteria

3.3. Total phytoplankton analysis (August 2017)

4. Risk assessment and conclusions

5. References

6. Appendix

1. Introduction

Cyanobacteria are a problematic taxonomic group due to their potential toxicity and negative effects on ecosystems and ultimately, on human health (Huisman et al. 2005, Ibelings et al., 2015). Formerly known as blue-green algae these microorganisms are actually bacteria, hence the name cyanobacteria. Because of the production of toxins, many cyanobacteria species represent a major threat to the use of freshwater ecosystems and reservoirs for drinking water, irrigation, fishing and recreational purposes, since ingestion of cyanotoxins causes widespread and serious animal and human health problems, including liver, digestive and skin diseases, neurological impairment and death (Chorus and Bartram 1999, Azevedo et al. 2002). See Huisman et al. (2018) (to be published in Nature Reviews in Microbiology later this year for a full yet compact discussion of the types of cyanobacterial toxins, their mode of action and potential health effects). Information is also given in the Appendix.

Site visits including lake monitoring are the first step in protocols for uniform risk assessment. Sampling procedures, analyses and ultimately risk assessment on basis of the data will follow guidance which depends on the type of water use. For instance, the World Health Organization (WHO) in 1998, established a provisional Guideline Value of $1 \mu\text{g L}^{-1}$ for microcystins in drinking-water (Chorus and Bartram 1999), and many countries have implemented this provisional WHO Guideline Value to ensure the distribution of safe drinking-water with respect to microcystins (Ibelings et al. 2015). For recreational waters, the WHO concludes that a single guideline value for cyanobacteria or cyanotoxins is not appropriate. Due to the variety of possible exposures through recreational activities (contact, ingestion and inhalation) it is necessary to differentiate between the chiefly contact-irritation symptoms as caused by bacterial lipopolysaccharides (LPS) or other unknown cyanobacterial substances and the more severe health effects due to exposure to high concentrations of known cyanotoxins, particularly microcystins or neurotoxins like anatoxin-a(s) or saxitoxin and cylindrospermopsin (WHO 2003).

Cyanobacteria may be present in the water column (planktonic cyanobacteria) or growing on the surface of plants, rocks and other substrates, as well as on the sediment (methaphytic, epiphytic and benthic cyanobacteria, respectively). Sampling procedure and interpretation of results will depend on their habitat, with a more standardized methodology being available in the case of planktonic cyanobacteria, and a less well advanced methodology in the case of benthic communities.

In the present report, methodologies and results of cyanobacterial - both planktonic and benthic dynamics over the summer half year- of Lac Louvie (Valais) are described and discussed. In

addition for one sample the full phytoplankton composition was counted. This report is not an ecological investigation into the planktonic and benthic cyanobacterial communities, it is a report aimed at the assessment of potential risks of the presence of cyanobacteria and the toxins they may produce for the production of drinking water from Lac Louvie. It is important to emphasize that our study did not include the analysis of toxins, only the counting of the abundance of cyanobacteria. Hence even if we identify cyanobacteria that are known to have the capability to produce toxins, it does not mean that the cyanobacteria in Lac Louvie do produce toxins, or do so all the time, nor do we know the concentration of toxins. We are able to assess potential risks, not real risks. See conclusions at the end.

2. Methodology

A total number of 20 samples was analyzed, 11 of which corresponded to plankton samples taken in different locations of the lake (5 samples from “centre du lac” taken monthly from July to November 2017; 3 samples from “sortie de galerie” and 3 samples from “Les Ruinettes”, both in August, September and October 2017). Additionally, 8 samples were analyzed to identify and quantify epipelagic, epilithic and benthic cyanobacteria (2 rocks per sampling during 4 months from July to October 2017). Lastly, a full analysis of the total phytoplankton community was done in August 2017.

All the samples (phytoplankton, planktonic cyanobacteria, benthic cyanobacteria) were analyzed using the Utermöhl methodology based on sedimentation of cells (Picture 1). For this, a sedimentation cylinder with height (and volume) proportional to the sample algal biomass was set up, and cells settled on the bottom of the counting chamber after 24 hours. We used 50 mL and 25 mL cylinders to analyze our samples. A volume from 25 to 50 mL was settled, depending on the phytoplankton biomass. Identification was carried out to genus level where possible, with an inverted confocal microscope (LEICA DMI8 ex AF6000LX). Smaller taxa were counted at 1000× or 400× magnification, whereas larger ones were counted at 200× and 100× magnification. Cyanobacteria genera were identified according to Komárek (Komárek and Anagnostidis 2007, Komárek 2008, 2013). Other phytoplankton taxonomic groups were identified according to (John et al. 2002, Roy and Chattopadhyay 2006).



Photo 1. Uthermohl setup for quantification of phytoplankton

The protocol used to analyze the presence of cyanobacteria in planktonic samples is an adaptation of the Dutch “quick scan” method for rapid detection of potentially toxic cyanobacteria (Bijkerk and Ruiter 2009), in which a minimum of 100 microscopy fields were counted to ensure that, even at low concentrations of cyanobacteria (which is the case for Lac Louvie), reliable abundance estimates are obtained. Counting continued until species reached an asymptotic value, when no more new species were encountered for 10 units.

For benthos, a combination of the method New Zealand Guidelines for Cyanobacteria in Recreational Fresh Waters (NZ GOVERNMENT 2009) and the International Guidance Manual for management of toxic cyanobacteria (GLOBAL WATER RESEARCH COALITION. WATER QUALITY RESEARCH AUSTRALIA 2009) was used. The first part of the procedure was the visual estimation of cyanobacterial mats on the surface on the rocks (% coverage). Cyanobacterial mats are usually dark, black, brown or green in color and have an earthy, musty odor (NZ GOVERNMENT 2009). To make data comparable, the surface of each rock was later scraped and the content was diluted in 50 mL of distilled water and glutaraldehyde (2% final concentration). The rock surface was calculated according to geometric formulae and results were expressed in individuals or cells per rock surface unit (cm^2).

The total phytoplankton analysis of the sample taken in August followed the standard protocols used in EU within the Water Framework Directive (MMA, ESPAÑA 2005). Plankton samples were divided into two subsamples with two different fixatives: lugol solution (5% lugol final

concentration) which dyes cell walls and intracellular content but alters the original color of the cells, and glutaraldehyde, (2% final concentration to better visually detect the different planktonic pigments.

3. Results

3.1. Planktonic cyanobacteria

Fifteen different genera of cyanobacteria were identified in the plankton samples analyzed from “centre du lac”, “sortie de galerie” and “Ruinettes”. All of them produce *lipopolysaccharides* (LPS) that may cause inflammatory problems since they promote the excretion of cytokines (Meriluoto and Codd 2005). Most of genera are known to produce *microcystins* (which can cause hepatotoxicity, kidney damage, tumor promotion and oxidative stress) and a few are capable to produce *anatoxin-a* or saxitoxin (which can cause neurotoxicological effects like paralysis). See Appendix 1 for a more detailed description of the mechanisms of action of each cyanotoxin.

Planktonic genus	POTENTIAL TOXINS					
	Anatoxin-a	Cylindrosp.	Microcystin	Nodularin	Saxitoxin	LPS
<i>Aphanizomenon (cf)</i>	x	x			x	x
<i>Aphanocapsa</i>			x			x
<i>Aphanothece</i>			x			x
<i>Arthrospira</i>	x		x			x
<i>Chroococcus</i>						x
<i>Coelomoron (cf)</i>						x
<i>Coelosphaerium</i>			x			x
<i>Heteroleibleina</i>						x
<i>Geitlerinema</i>			x			x
<i>Limnothrix</i>			x			x
<i>Merismopedia</i>			x			x
<i>Nodularia (cf)</i>				x		x
<i>Planktothrix</i>	x		x			x
<i>Pseudanabaena</i>	x		x			x
<i>Synechocystis</i>			x			x

Table 1. List of planktonic cyanobacteria genera from Lac Louvie and their (potential) toxin production. NB cf means that the genus must be confirmed (not enough number of individuals with the distinctive features available).

Out of the 15 identified genera in plankton, 13 of them occurred in “centre du lac”, 8 genera were recorded in “sortie de galerie” and 9 were in “Ruinettes”.

So potentially toxic cyanobacteria are discovered in the plankton of Lac Louvie. What does this mean? What are the risks? We go into this in the Discussion, for now it may be sufficient to say that the cell numbers of cyanobacteria in Lac Louvie appear to be low, and would indicate limited risks, however we need to be cautious – see Discussion. A cell density exceeding $2,000 \text{ cells mL}^{-1}$ was only reached once, in the sample taken in “Ruinettes” in August 2017 (Figure 1). In the remaining 10 plankton samples cyanobacteria densities below this – somewhat arbitrary - threshold. However, the most abundant cyanobacteria correspond to genus *Heterolebleinia*, a genus that, despite its worldwide distribution, is not known to be toxic, and its main mode of action could be related to the lipopolysaccharide composition of the cell walls (see Table 1), i.e. irritation and inflammation. *Heterolebleinia* is not strictly a planktonic genus, since it normally grows attached to vegetation (epiphytic) or any other substrate, with one of their ends.

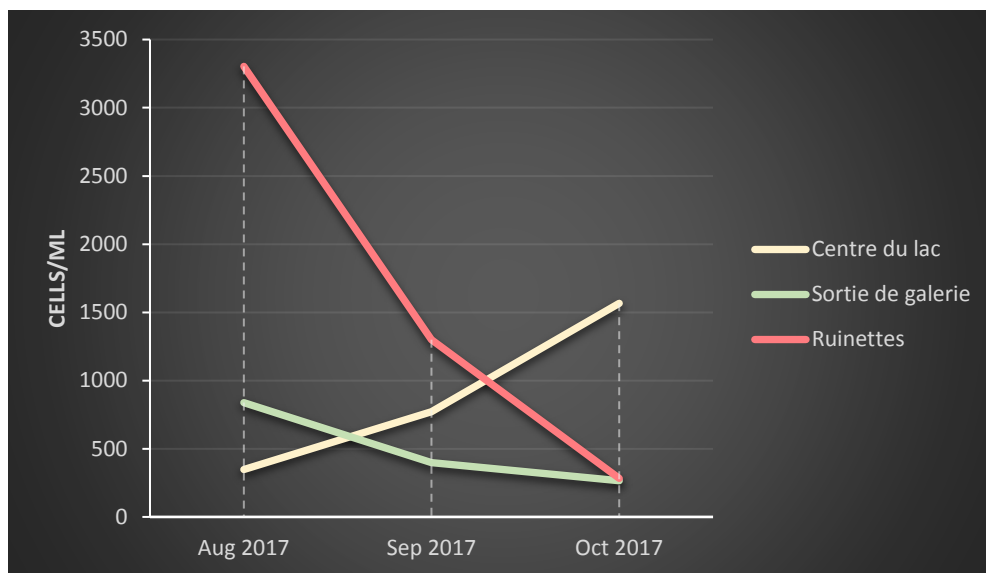


Figure 1. Average abundance of potentially toxic cyanobacteria in plankton samples (centre de lac, sortie de galerie, Ruinettes) during 3 months (August-October 2017).

Overall, the abundance of cyanobacteria with the potential to produce microcystins is larger than the abundance of genera with the potential to produce other toxins, such as anatoxin-a or saxitoxins (Figure 2). A common result in most toxin surveys done worldwide

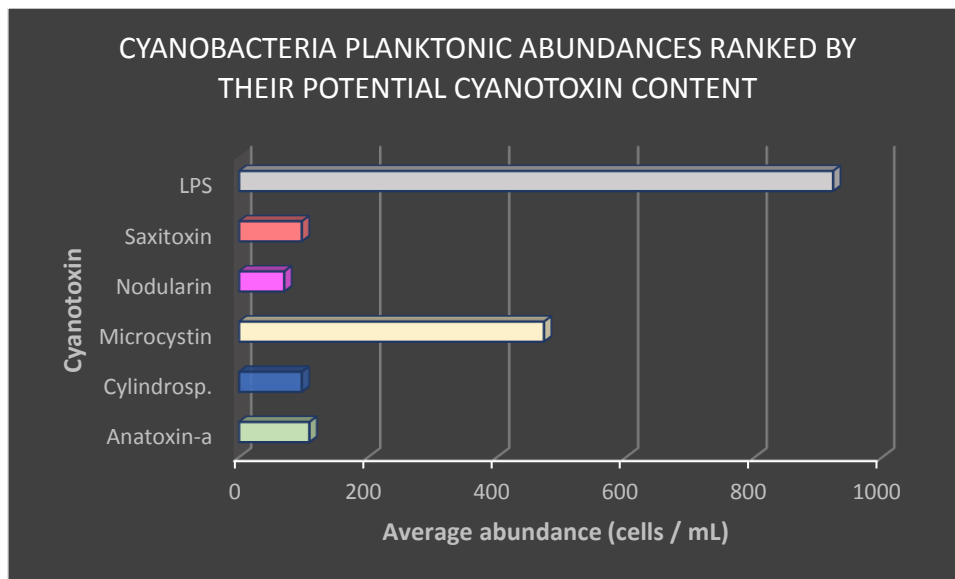


Figure 2. Cyanobacterial abundances (average values from plankton samples, n= 11), ordered on basis of the cyanotoxins they could potentially produce.

The most abundant genera in “centre du lac” were *Aphanizomenon cf.*, *Coelosphaerium* and *Synechocystis*. The first genus, which presence needs to be confirmed since no heterocysts nor other distinctive structures were found that would allow a more reliable identification, potentially produces anatoxin-a, saxitoxin and cylindrospermopsis. *Coelosphaerium* and *Synechocystis* have been reported to produce microcystins (Figure 3).

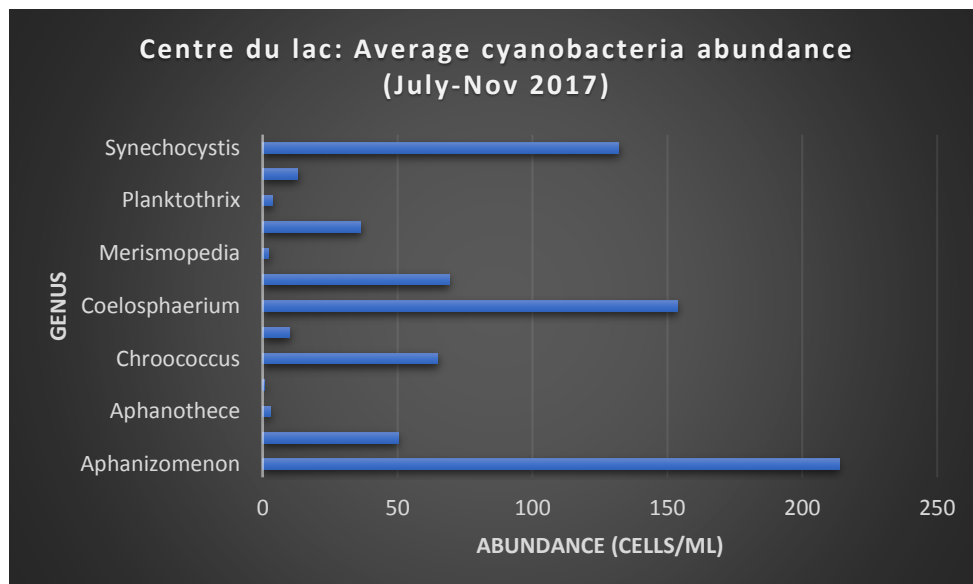


Figure 3. Genus average abundance from July-November 2017 in samples taken in “centre du lac”.

The temporal dynamics show that both *Aphanizomenon cf* and *Coelosphaerium* peak in October, whilst *Synechocystis* shows its maximum in September. Another peak of *Coelosphaerium* is shown in July (Figure 4).

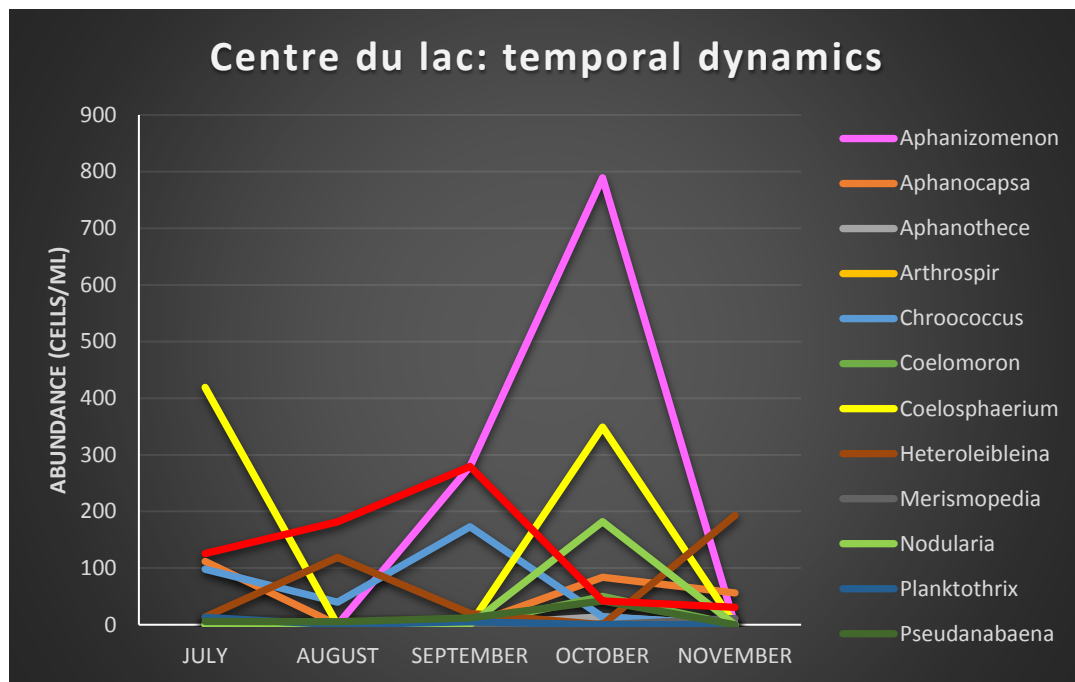


Figure 4. Temporal dynamics of planktonic cyanobacteria sampled in “centre du lac”.

The most abundant cyanobacteria at the sampling point “sortie de galerie” were *Aphanocapsa*, *Synechocystis* (both with small surface/volume ratio) and *Geitlerinema* (filamentous algae with no heterocysts). See Figure 5.

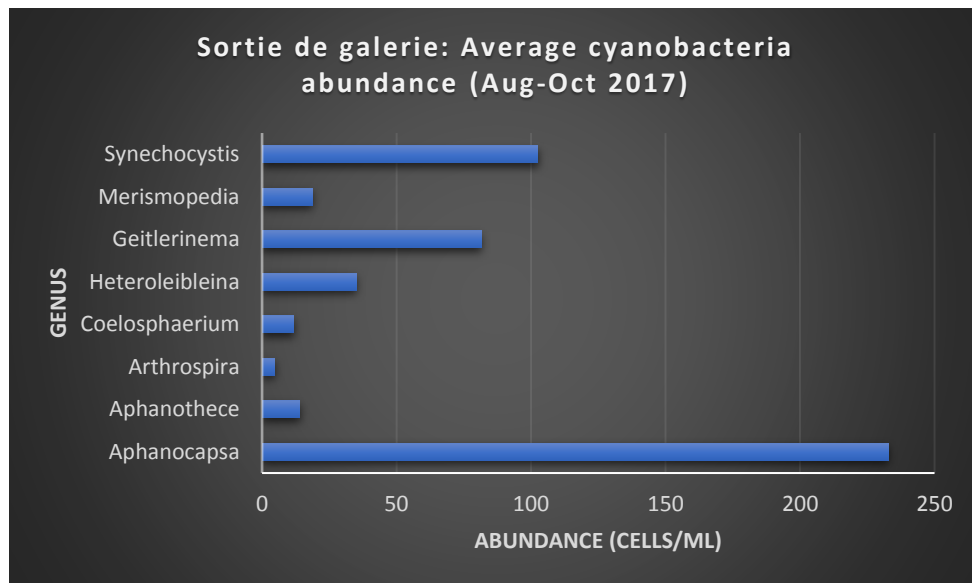


Figure 5. Genus average abundance from August-October 2017 in samples taken in “sortie de galerie”.

For sortie gallerie the three most abundant genera showed their maxima in August, and decreasing in September. However, *Aphanocapsa* densities increased again in October (see Figure 6).

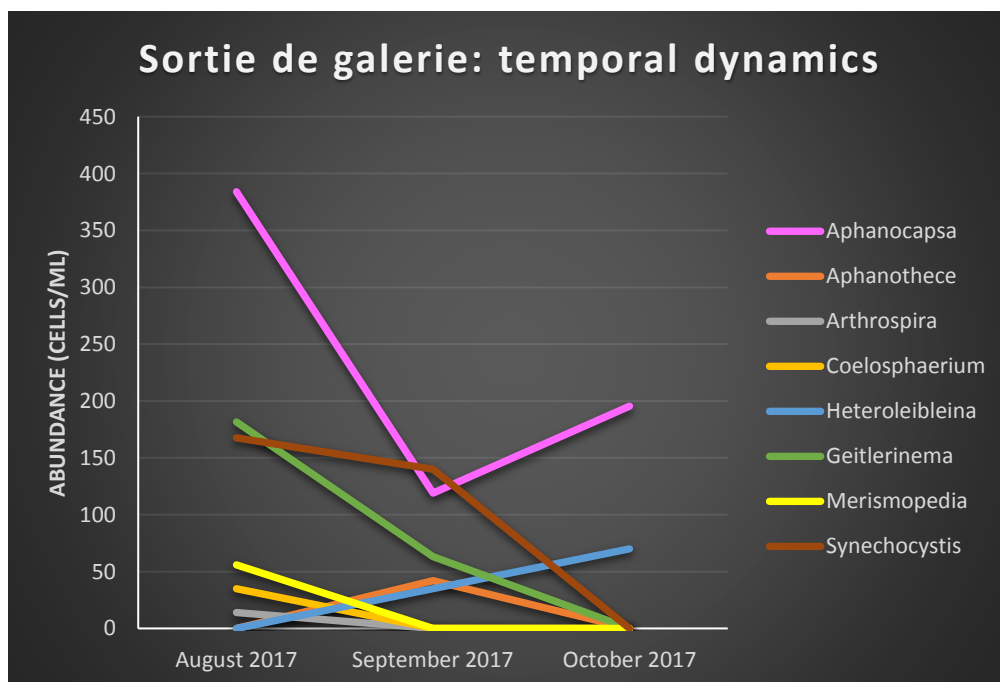


Figure 6. Temporal dynamics of planktonic cyanobacteria sampled at “sortie de galerie”.

The most abundant genera in the samples taken in “Ruinettes” were *Heteroleibleinia*, *Geitlerinema*, *Nodularia cf* and *Limnothrix*. All of them are filamentous algae but *Nodularia cf* is the only genus that can fix atmospheric Nitrogen (N_2). See Figure 7.

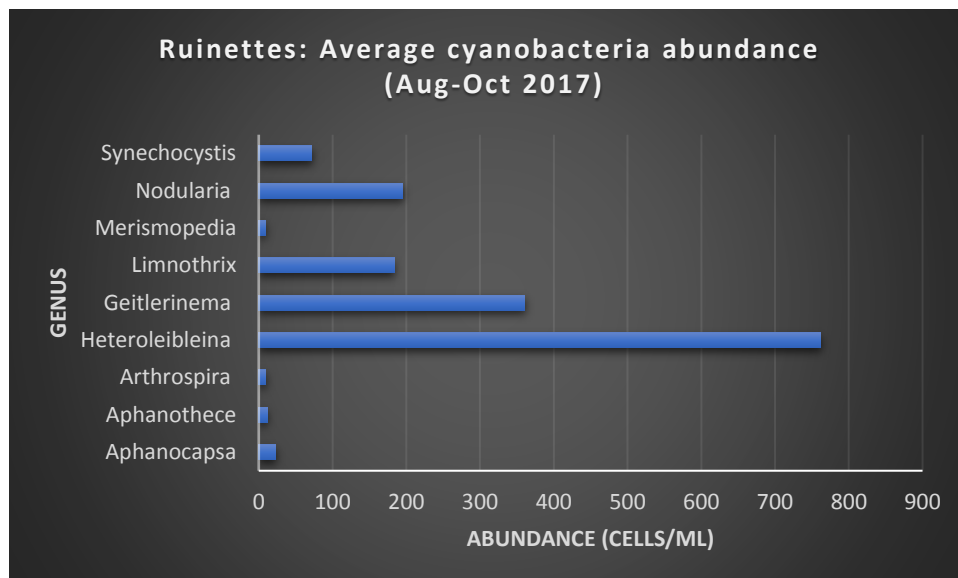


Figure 7. Genus average abundance from August-October 2017 in samples taken at “Ruinettes”.

In general, all the genera recorded in Ruinettes showed a decreasing trend from August to October, (Figure 8).

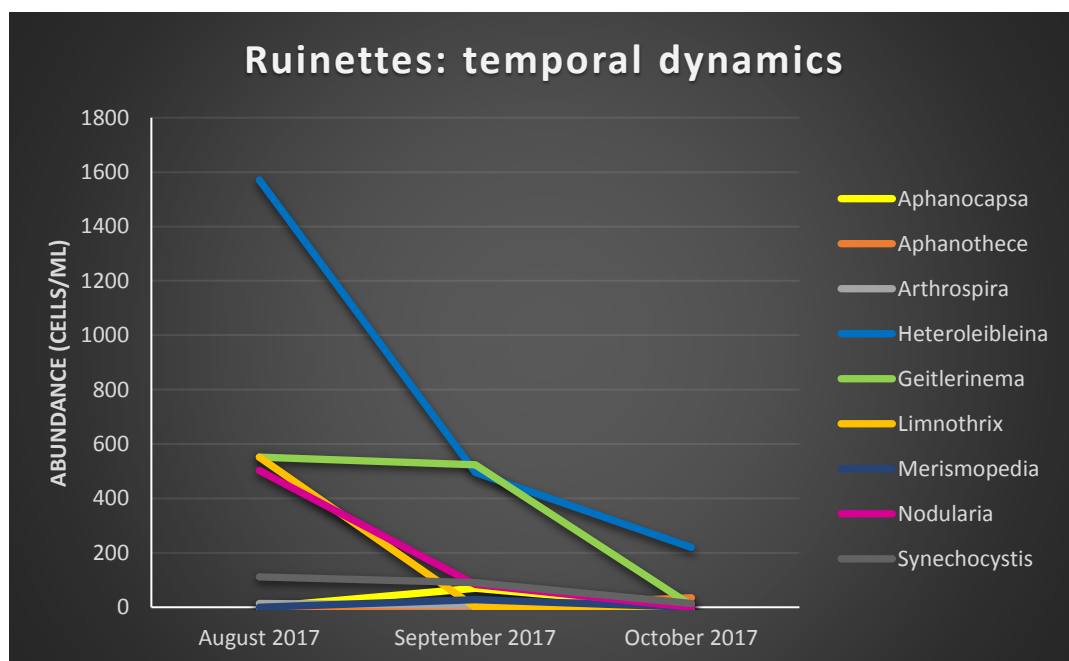


Figure 8. Temporal dynamics of planktonic cyanobacteria sampled in “Ruinettes”.

3.2. Benthic cyanobacteria

Seventeen different genera of cyanobacteria were identified in the benthos analyzed from July to October 2017. However, there are several genera that are typically planktonic, *Aphanocapsa*, *Aphanothece* and *Planktothrix* that were also included in our results from the rocks (see Table 2). All these genera produce *lipopolysaccharides (LPS)*. Most of these genera are known to produce *microcystins*. A few genera would be capable to produce other, more potent toxins too.

Metaphytic, periphytic and benthic genera	TOXINS				
	Anatoxin-a	Cylindrosp.	Microcystin	Saxitoxin	LPS
<i>Aphanocapsa</i>			x		x
<i>Aphanothece</i>			x		x
<i>Chroococcus</i>					x
<i>Gloeothece</i>					x
<i>Hapalosiphon</i>			x		x
<i>Heteroleibleinia</i>					x
<i>Jaaginema</i>			x		x
<i>Leptolyngbya</i>			x		x
<i>Lyngbya</i>		x		x	x
<i>Merismopedia</i>			x		x
<i>Phormidium</i>	x		x		x
<i>Planktothrix</i>			x		x
<i>Pseudanabaena</i>	x		x		x
<i>Rivularia</i>					x
<i>Schizothrix</i>					x
<i>Stigonema</i>					x
<i>Xenococcus</i>					x

Table 2. List of cyanobacteria benthic genera and their main toxin composition.

All the rocks were visually inspected to estimate the percentage of coverage of possible cyanobacterial mats. The estimated percentage of mats on the total rock surface was comparable and always remained below 20% coverage. However, once the samples were analyzed under the microscope, there was a high variability in both genus composition and abundance between rocks sampled at one time from the lake, probably due to the higher variability in the environmental conditions in benthos, compared to the water column. Temporal

dynamics on averaged rocks populations show important peaks of cyanobacteria (*Stigonema* and *Aphanothece*) in July 2017 (Figure 9). *Stigonema*, a branched filamentous cyanobacterium showed the highest abundance, with a concentration above 2000 cells cm⁻². However, this cyanobacterium does not produce any known cyanotoxins, apart from the lipopolysaccharide that are segregated by all the taxonomic groups. Also in Figure 10 showing a subselection of genera from Figure 9, slight increases in *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Rivularia* *Aphanocapsa*, *Jaaginema* and *Xenococcus* are observed in August, decreasing again towards the end of the summer and beginning of autumn.

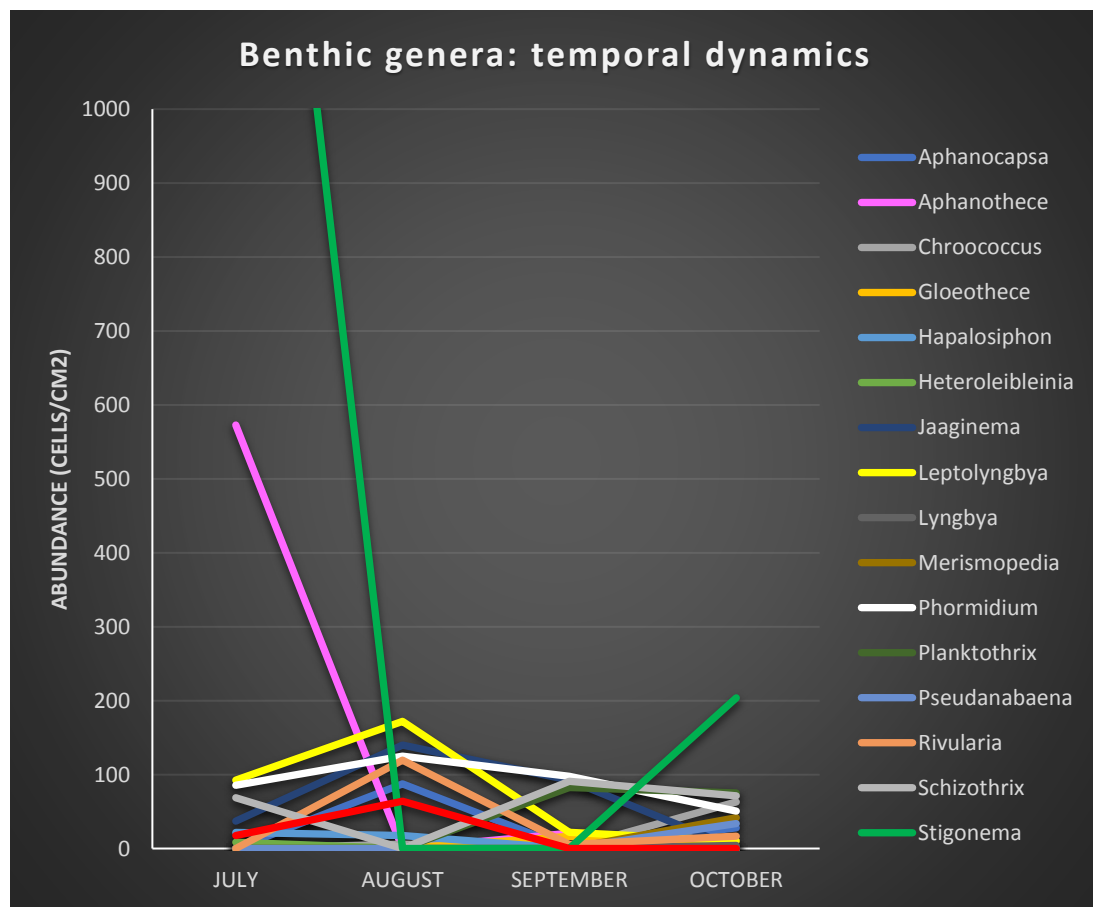


Figure 9. Temporal dynamics of benthic cyanobacteria. Abundances of the two rocks sampled at each time were averaged.

An important result is the presence of *Phormidium* and *Planktothrix* in our samples. Whilst *Phormidium* was present in the 10 rocks sampled, *Planktothrix* was only present in September (1 rock) and October (2 rocks). See Figure 10.

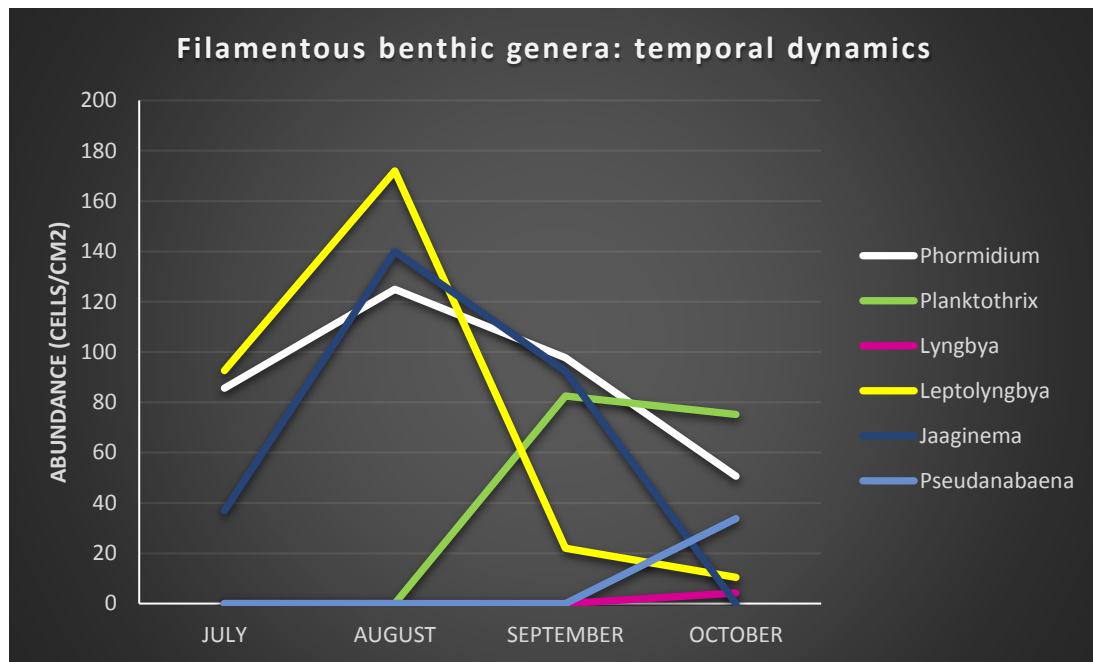


Figure 10. Temporal dynamics of benthic cyanobacteria. Abundances of the two rocks sampled at each time were averaged.

3.3. Total phytoplankton abundance (August 2017)

Results of the counting and identification of lac Louvie water column show that cyanobacteria are not the most abundant nor the richest taxonomic group in the phytoplankton.

The taxonomic group with the highest density cell was *Chlorophyceae* (green algae), followed by *Bacillariophyceae* (diatoms) and *Cryptophyceans*. *Cyanobacteria* was the 4th most abundant taxonomic group, with only 10% of the total cell density of the sample. See Figure 11.

In terms of genera richness, Cyanobacteria only contributed with 5 genera to the total pool of 28 genera. *Chlorophyceae* and *Bacillariophyceae* were the taxonomic groups with the highest genera richness, with 12 and 8 genera, respectively. See Figure 12.

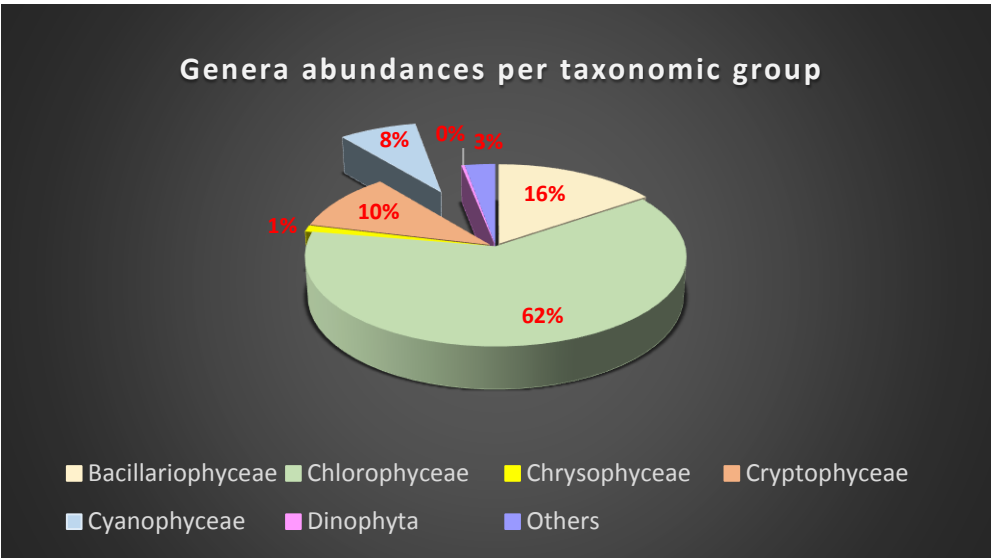


Figure 11. Genera abundances per taxonomic group in the phytoplankton sample taken in August 2017.

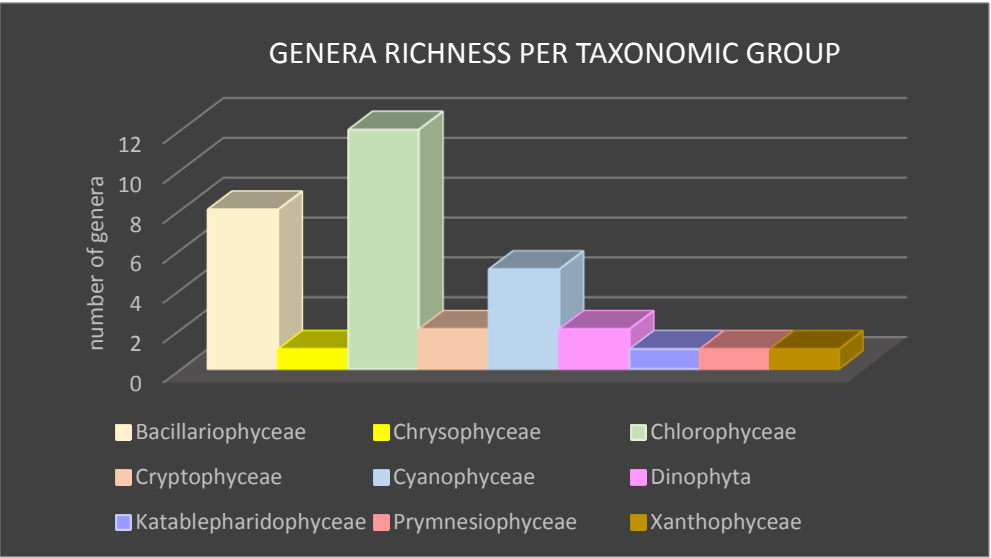


Figure 12. Genera richness per taxonomic group.

4. Risk assessment and conclusions

The risks we consider in this study are the risks of toxins ending up in the drinking water that is produced from Lac Louvie. To properly address this we would have to measure toxin concentrations in final product, the tap water. A concentration of microcystin exceeding $1 \mu\text{g L}^{-1}$ consumed over longer periods of time is considered to be a health risk, following the provisional guideline value of the WHO for microcystin LR – one of the hundreds of microcystin variants (Ibelings et al., 2015). Guideline values for toxins other than microcystin (LR) are not yet available from the WHO, but individual countries like Australia use values like $3 \mu\text{g L}^{-1}$ for saxitoxin or $1 \mu\text{g L}^{-1}$ for cylindrospermopsin. We do not have information on toxin concentrations for Lac Louvie. So an analysis of the risks for drinking water on basis of toxin concentrations directly is not possible with the available data. What we can do is to interpret the density of cyanobacteria in the water (cells mL^{-1}) as a basis for risk assessment. For this we “borrow” guidelines for the recreational use of lakes – since for the assessment of risks for swimming etc. cell numbers are often used in contrast to drinking water. See Figure 13 for a graphical presentation of cell densities where countries interpret there are risks for recreation that require some form of action (risk management).

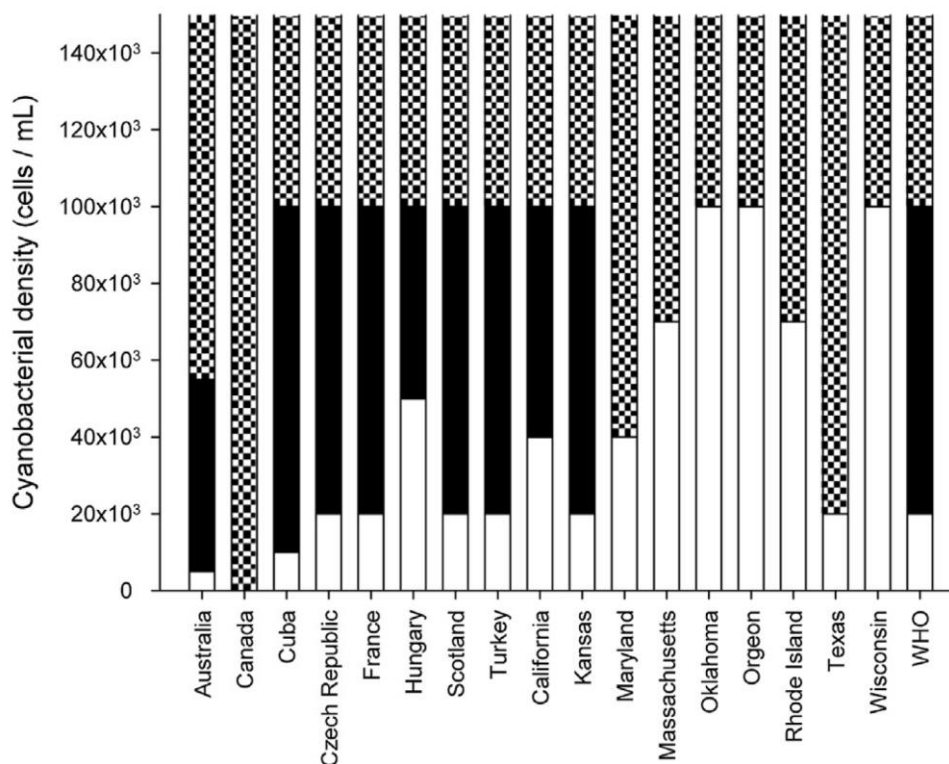


Figure 13. Cell densities of cyanobacteria used for risk assessment of recreational waters in countries around the world. What we see is a 3-tier approach to risk assessment, with level 1

(white bars) being Surveillance mode in which risks for swimmers are deemed to be minimal, the next level – Alert mode (black bars) and especially the third level – Action mode (checkered bars) would require some form of risk management. The last column indicates cell densities recommended by the WHO in 1999.

Referring to the cell densities in Figure 13 Lac Louvie plankton samples show relatively low densities of potentially toxic cyanobacteria, they typically do not exceed ca 2,000 cells mL⁻¹. But we do not consider the risks for recreation, but for production of drinking water, how to make this move? If we look at WHO guidance on the values of microcystins for recreational use these are ca. 10 times higher than the 1 µg L⁻¹ guideline value for drinking-water (see Figure 2 in Ibelings et al., 2015). It makes sense that thresholds for bathing are about one order of magnitude higher than for drinking-water, since exposure to cyanotoxins is occasional for swimmers, whilst exposure to cyanotoxins in drinking-water is daily and life-time. In contrast for drinking water. Following this line of reasoning we could roughly estimate that the cyanobacterial density that would only constitute a low risk on health if the cells occurred in drinking water might be around 10 times lower than the cyanobacterial density for recreational use. Again referring to Figure 13 we see that the cell density where countries scale up from the lowest to a mid-level alert is 20,000 cells mL⁻¹ as it is for the WHO (Chorus & Bartram, 1999). Even countries like Australia, which are much stricter than this (for instance because of remaining uncertainties surrounding carcinogenicity of microcystins they apply lower cell density thresholds) take a cell density of 6,500 cells mL⁻¹ as an equivalent for a “safe” level in drinking water. In contrast New Zealand goes as low as 500 cells mL⁻¹ to stay at the lowest alert level, Surveillance mode, even for recreation.

In Lac Louvie, plankton cyanobacterial concentrations did not exceed 2,000 cells/mL during the studied period, except for the sample taken in “Ruinettes” in August, with a density of 3,300 cells/mL. However, half of this density was caused by one genus, *i.e. Heteroleibleinia*, with absence of cyanotoxins *sensu stricto*, only LPS. This genus is mainly epiphytic or metaphytic, which could imply that for unknown reasons filaments might have been released into the water column, increasing their planktonic density. All in all cell densities as found in Lac Louvie would seem to pose no acute risk for production of drinking water. However, to further increase the complexity of the matter, so far we have focused our discussion on microcystins, being the most abundant and best studied group of toxins. Matters are less well developed and less clear for other toxins, including the neurotoxins. All this is evidence that guidelines for drinking-water are still incomplete, including insufficient toxicological data for many of the compounds produced by cyanobacteria. This does not make it straightforward to reach a clear-cut

conclusion on the risks of cyanobacteria and the toxins they may produce in Lac Louvie for the production of drinking water. However see conclusion below.

In the benthic samples, *Phormidium* was present in all the rocks sampled from July to October. Although densities were not high, the presence of this genus in all the samples draws attention, particularly because it has been shown in New Zealand studies that *Phormidium* mats can contain extreme levels of anatoxin. In addition these studies have shown that *Phormidium* has the capability to release cyanotoxins into the surrounding water (Wood and Puddick 2017). This potential risk should be born in mind since even though no free-floating filaments were detected in the plankton samples from Lac Louvie dissolved toxins may have been present in the water.

Conclusions:

- (i) Toxic cyanobacteria from different genera were found in both the plankton and benthic communities in Lac Louvie. The variety of genera indicates that potentially different types of toxins can be produced in the lake, in particular microcystins or anatoxins.
- (ii) Since no information is available on toxin concentrations we have to rely on cell densities to get a handle on risk assessment.
- (iii) Judged by most international standards the densities of planktonic cyanobacteria, the percentage of rocks covered by cyanobacteria and the density of benthic taxa after resuspension in water do not indicate acute or elevated risks for the production of drinking water.
- (iv) However, there are a number of uncertainties, e.g. with respect to dissolved toxins in the water, with respect to toxicity of many unstudied potentially toxic substances, with respect to mixtures of toxins as compared to individual toxins, with respect to potential carcinogenicity of the toxins etc.
- (v) In particular there are uncertainties surrounding differences in exposure through drinking water – lifetime exposure – which is the aim of this study and occasional exposure during recreation – from which we borrowed the guidance for risk assessment on basis of cell density for drinking water since toxin concentrations for the lake are unknown.
- (vi) In the end to be absolutely certain about the safety of drinking water barriers to prevent cyanobacteria and their toxins being carried-over from the lake into the

finished product, drinking water should be installed. A range of options, from very simple to very advanced, are available to achieve this safety level.

- (vii) Given that the risk of planktonic and benthic cyanobacteria in Lac Louvie is deemed to be limited, arguably more simple methods to remove cyanobacteria and their toxins during the production would suffice.

5. References

- Azevedo, S. M. F. O., W. W. Carmichael, E. M. Jochimsen, K. L. Rinehart, S. Lau, G. R. Shaw, and G. K. Eaglesham. 2002. Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. *Toxicology* 181–182:441–6.
- Bijkerk, R., and H. Ruiter. 2009. Voorschrift quick scan telmethode. Bemonsteringsprotocol 2:1–6.
- Chorus, I., and J. Bartram. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water : A guide to their public health consequences , monitoring and management.
- ESPAÑA, M. D. M. A. 2005. Protocolo de muestreo y análisis para Fitobentos. Page Metodología para el establecimiento del Estado ecológico según la Directiva MARCO del Agua.
- GLOBAL WATER RESEARCH COALITION. WATER QUALITY RESEARCH AUSTRALIA. 2009. International Guidance Manual for the management of toxic cyanobacteria. Page (G. Newcombe, Ed.).
- GOVERNMENT, N. Z. 2009. New Zealand Guidelines for Cyanobacteria in Recreational Fresh Waters.
- Huisman, J., H. C. P. Matthijs, and P. M. (Eds). Visser. 2005. Harmful Cyanobacteria. Page (J. Huisman, H. C. P. Matthijs, and P. M. Visser, Eds.) Harmful Cyanobacteria. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Ibelings, B. W., L. C. Backer, I. Chorus, and G. F. Environment. 2015. HHS Public Access. Harmful Algae 49:63–74.
- John, D. M., B. A. Whitton, A. J. Brook, B. P. Society, and E. Natural History Museum (London. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press.
- Komárek, J. 2008. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Cyanoprokaryota. Teil 1 / Part 1:

Chroococcales. Springer Spektrum.

Komárek, J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/3: Cyanoprokaryota. 3. Teil / 3rd part: Heterocytous Genera. Springer Spektrum.

Komárek, J., and K. Anagnostidis. 2007. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2: Cyanoprokaryota. Bd. 2 / Part 2: Oscillatoriales. Springer Spektrum.

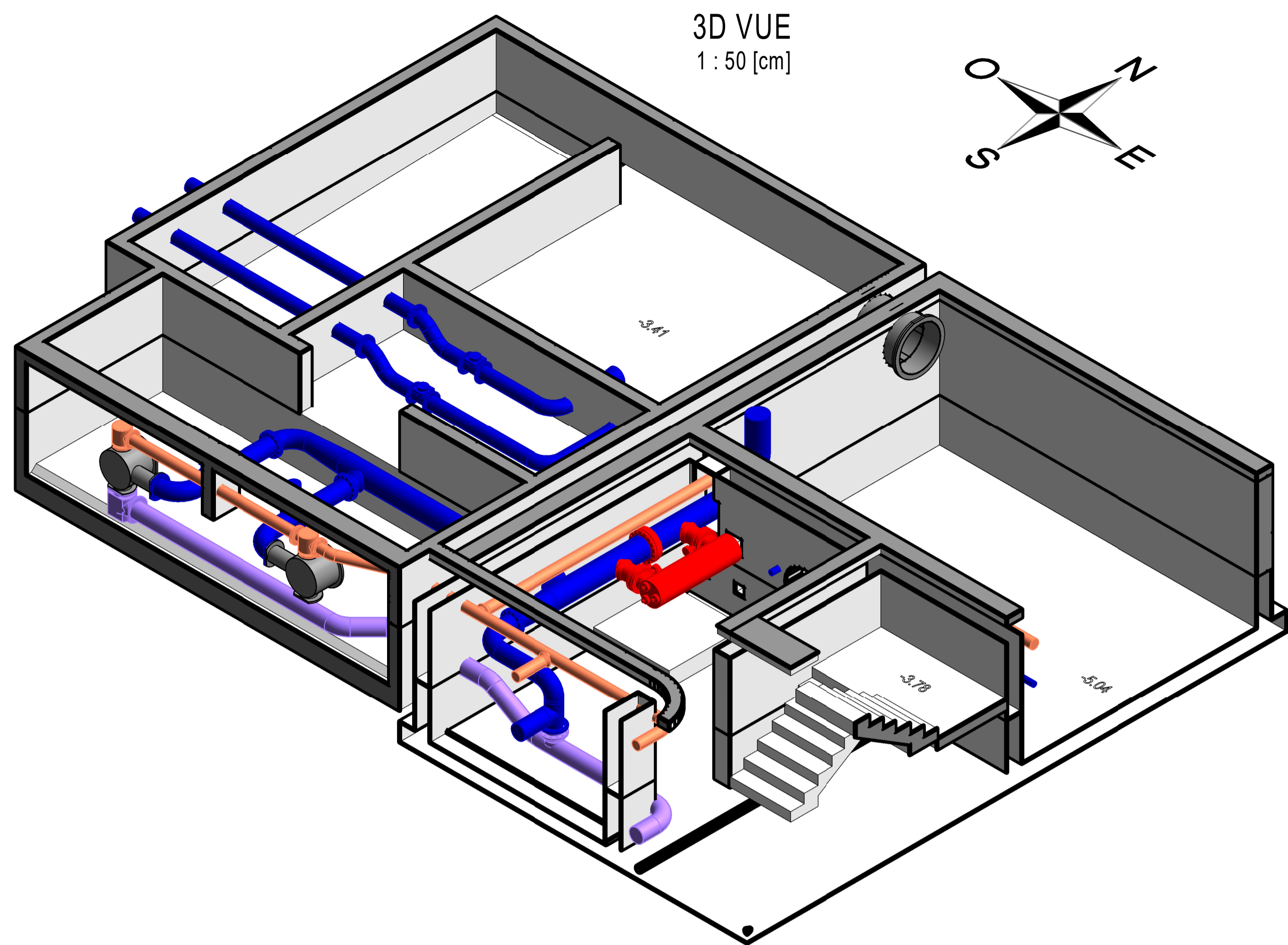
Meriluoto, J., and G. A. Codd. 2005. Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis. Åbo Akademi University Press.

Roy, S., and J. Chattopadhyay. 2006. Toxin-allelopathy among phytoplankton species prevents competitive exclusion:29.

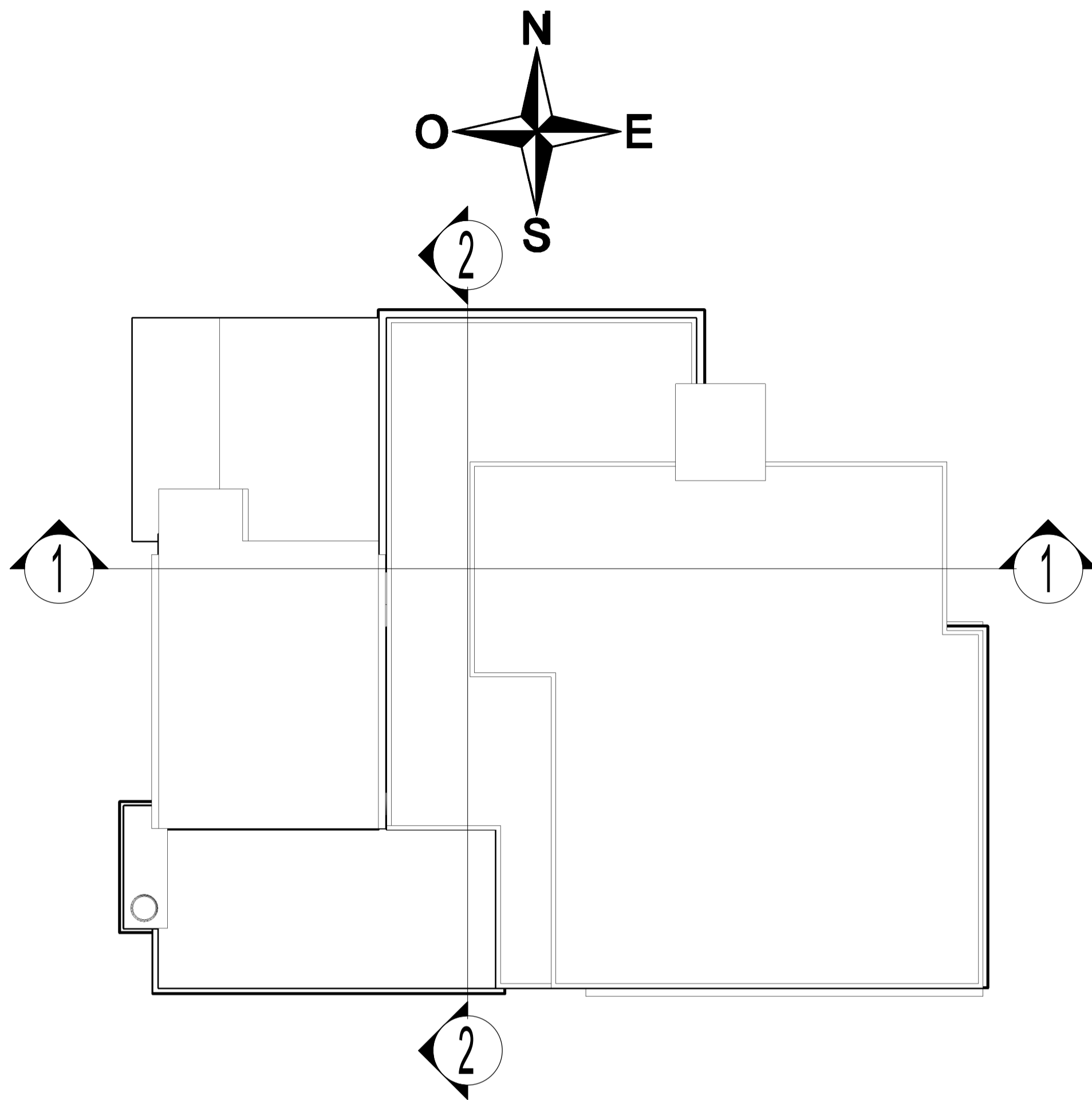
WHO. 2003. Guidelines for safe recreational water.

Wood, S. A., and J. Puddick. 2017. Assessment of anatoxin levels in the water of rivers affected by phormidium blooms : interim report.

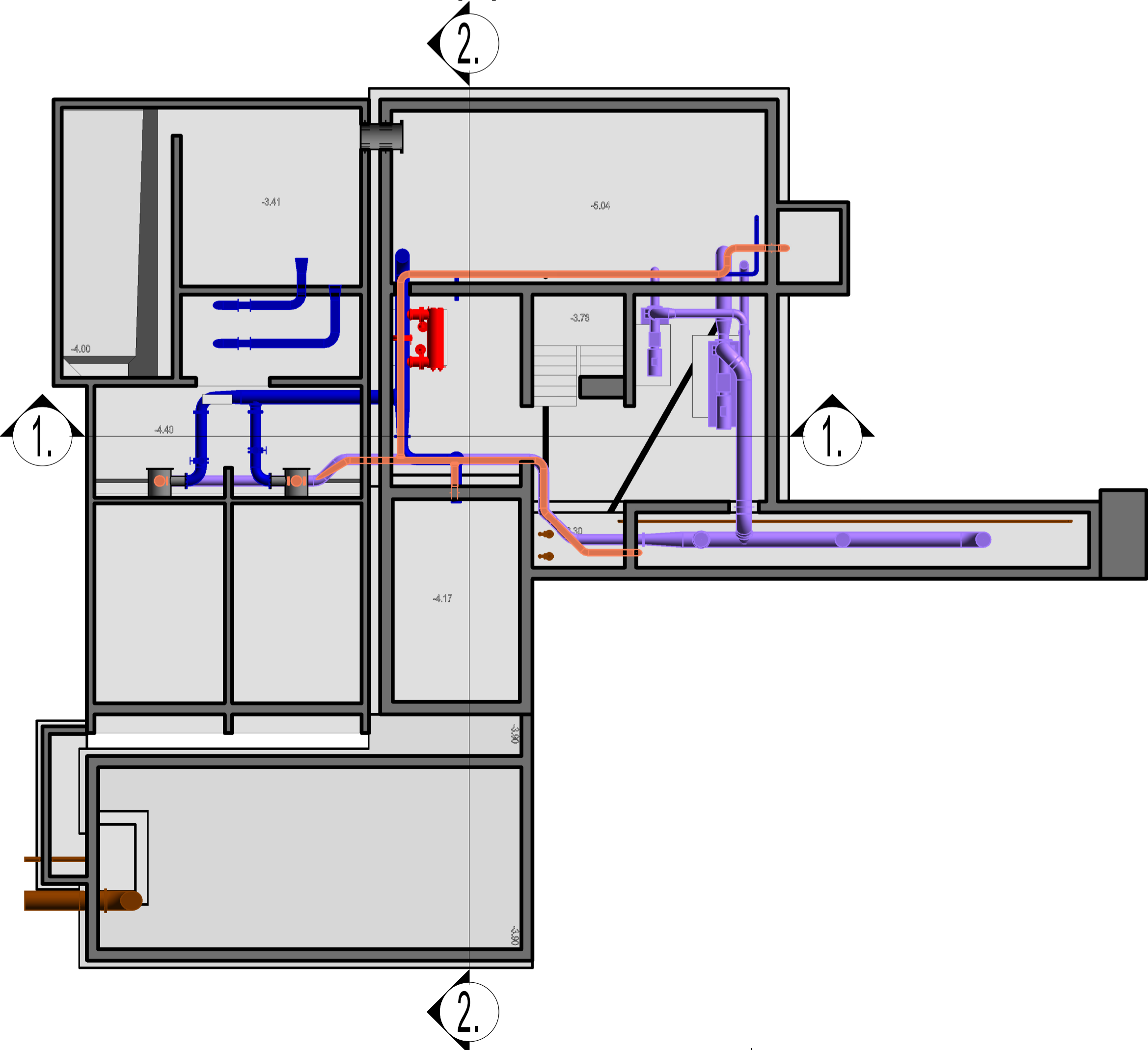
ANNEXE G PLANS DES VARIANTES



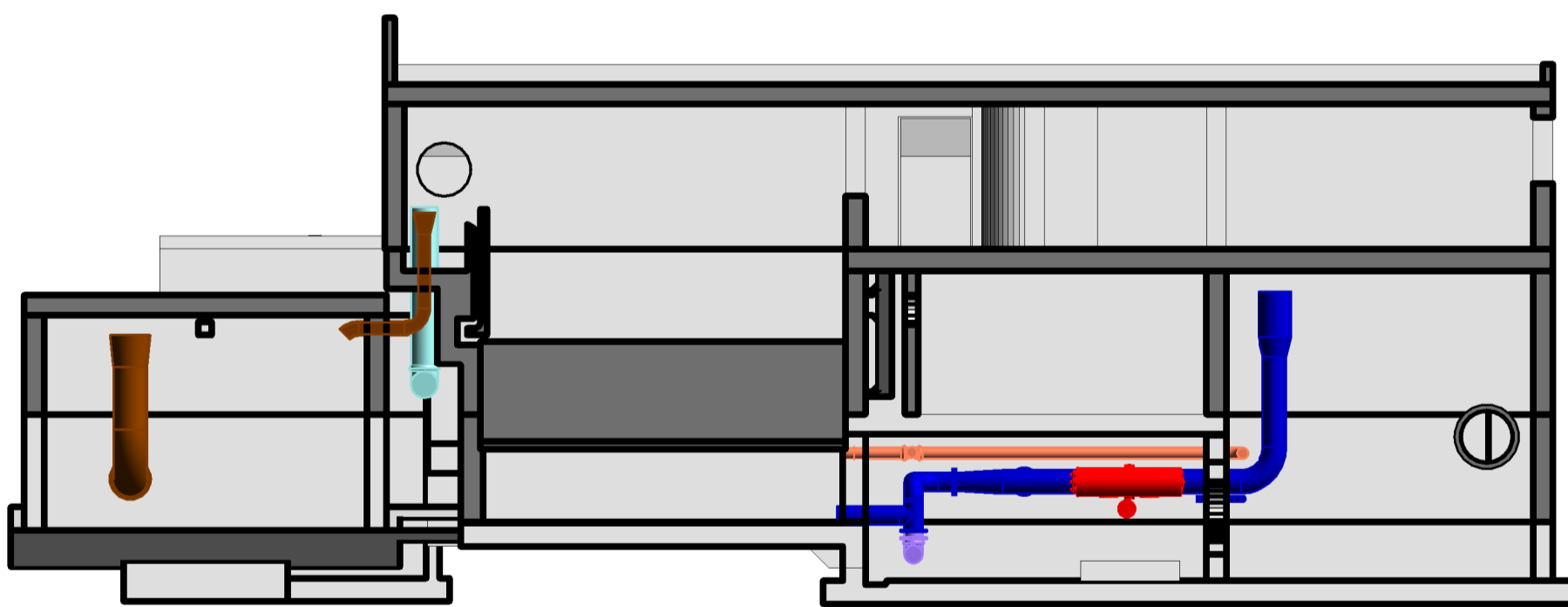
3D VUE
1 : 50 [cm]



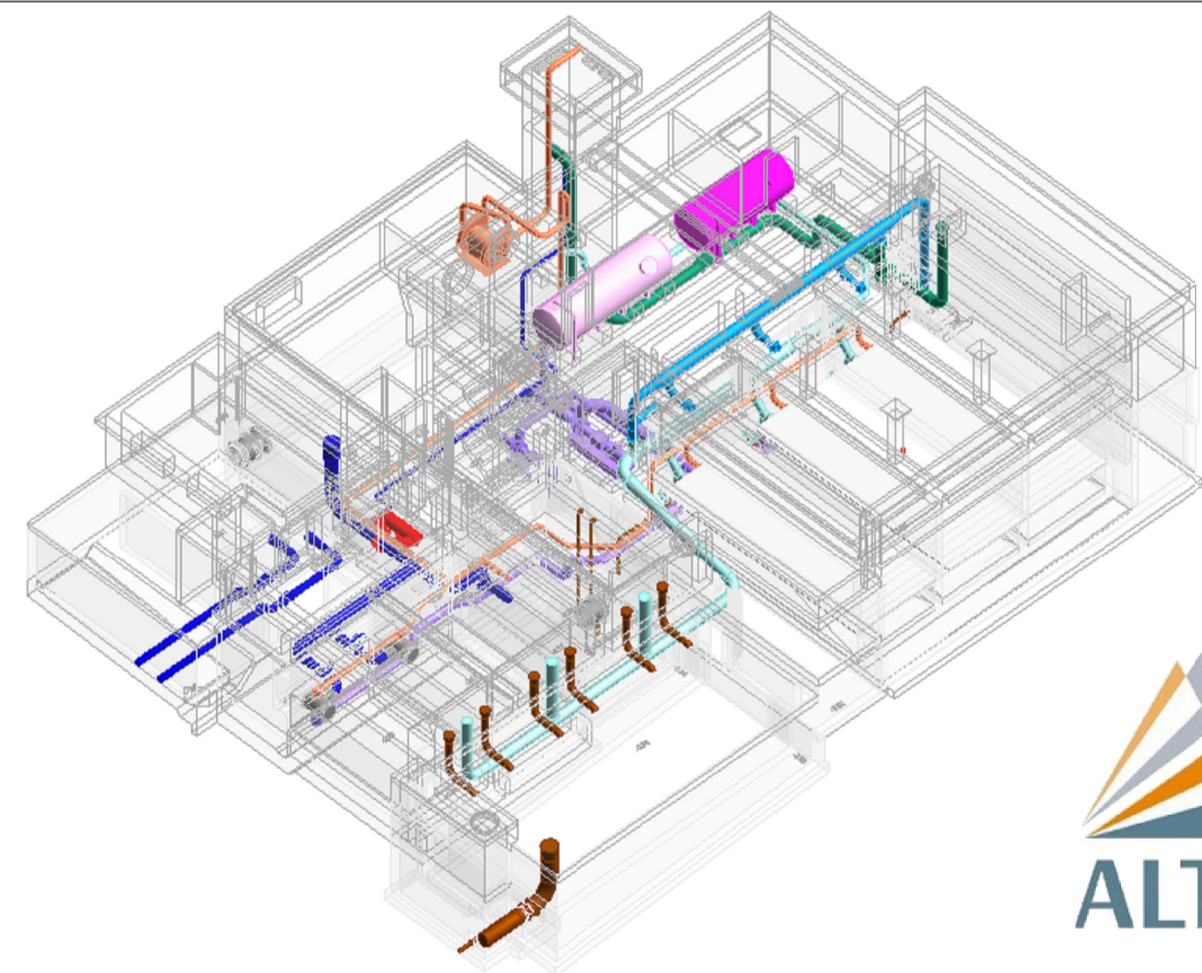
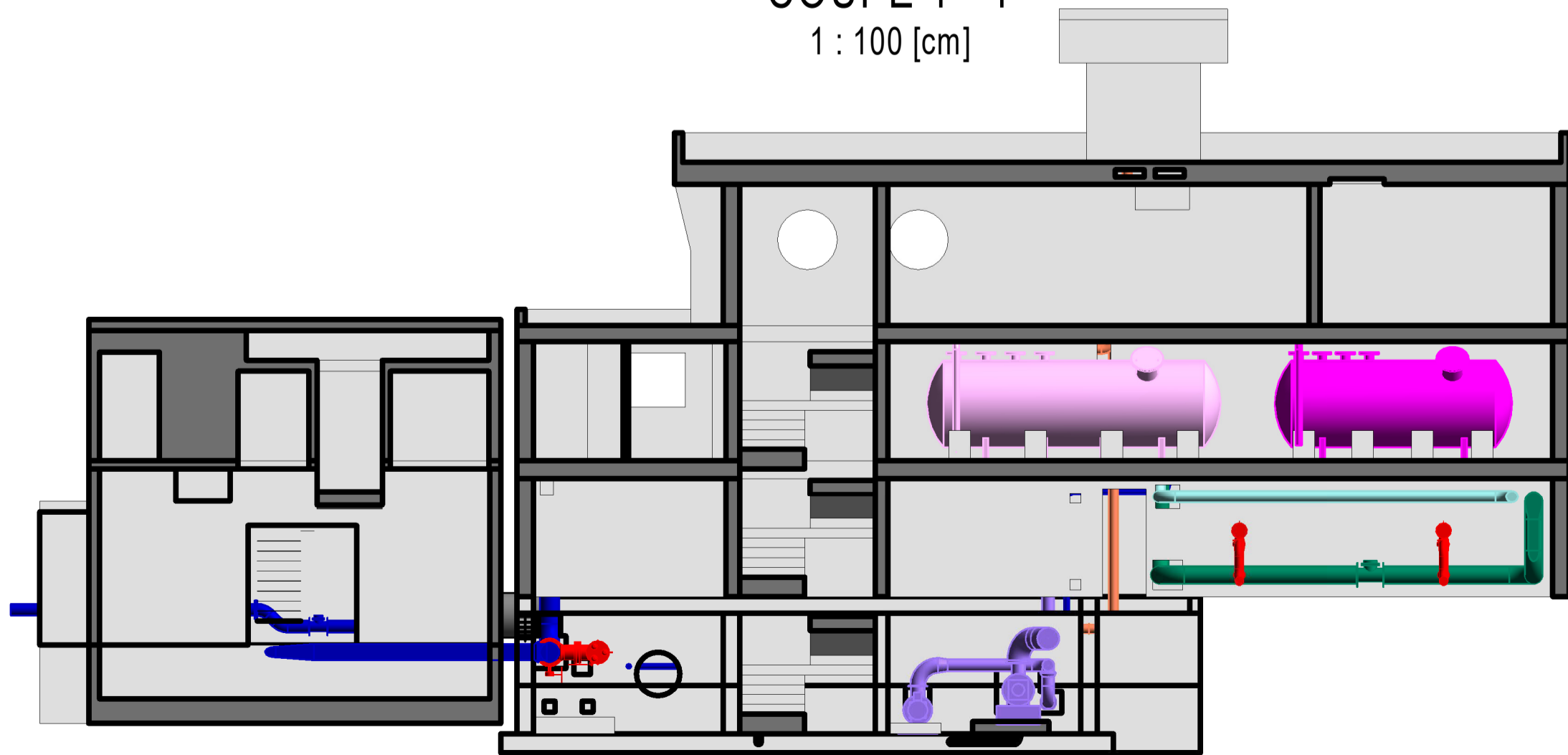
PLAN NIV.: -3.41; -3.78; -3.90; -4.00; -4.17; -4.40; -5.04; -6.30;
1 : 100 [cm]



COUPE 2 - 2
1 : 100 [cm]



COUPE 1 - 1
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 1 - RENOVATION

Vues: en plan, coupes et vues 3D

CSDINGENIEURS+
INGÉNIEURS PAR NATURE

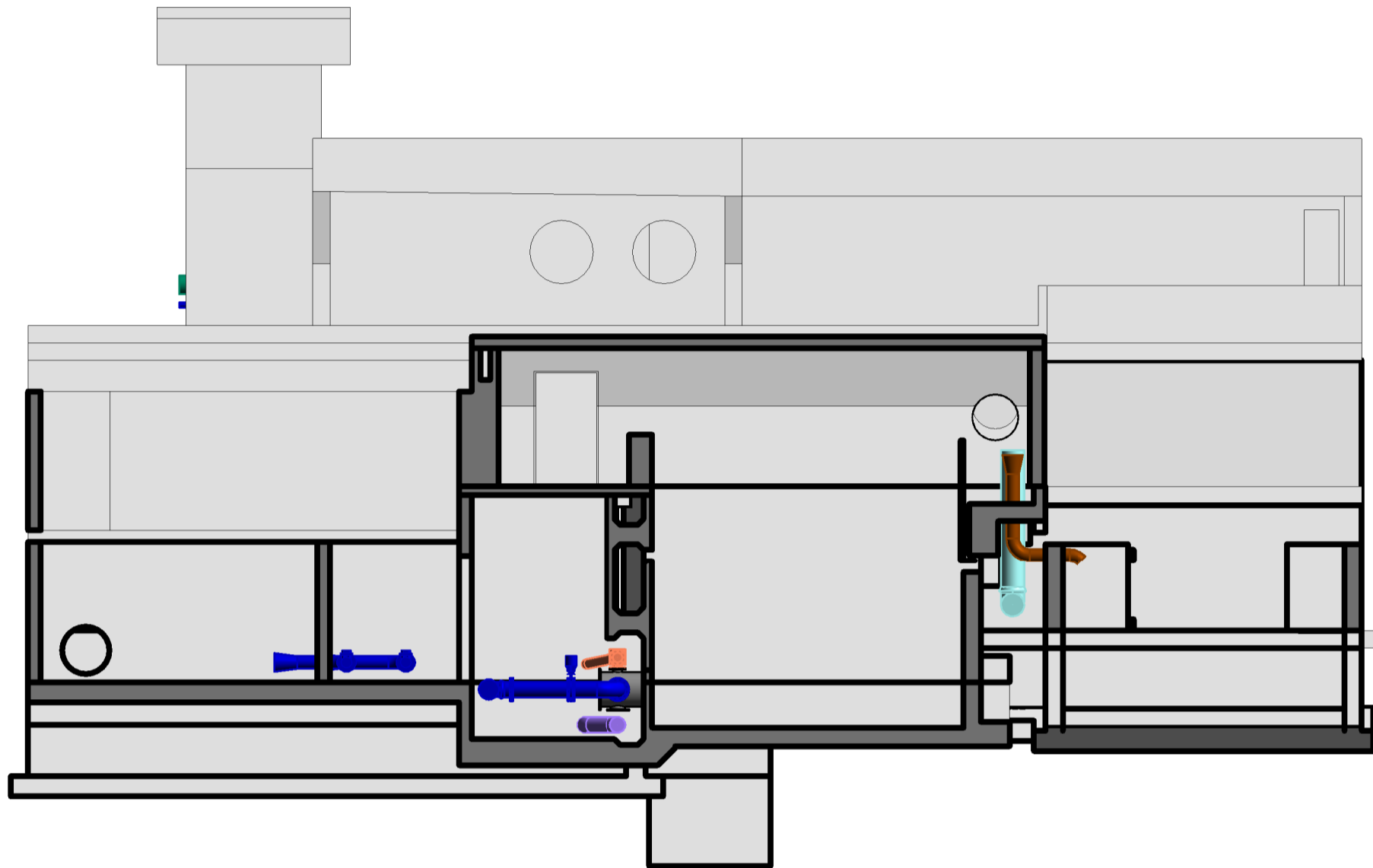
CSD INGÉNIEURS SA
Chemin de Montelly 78
CH-1000 Lausanne
www.csd.ch

t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
e lausanne@csd.ch

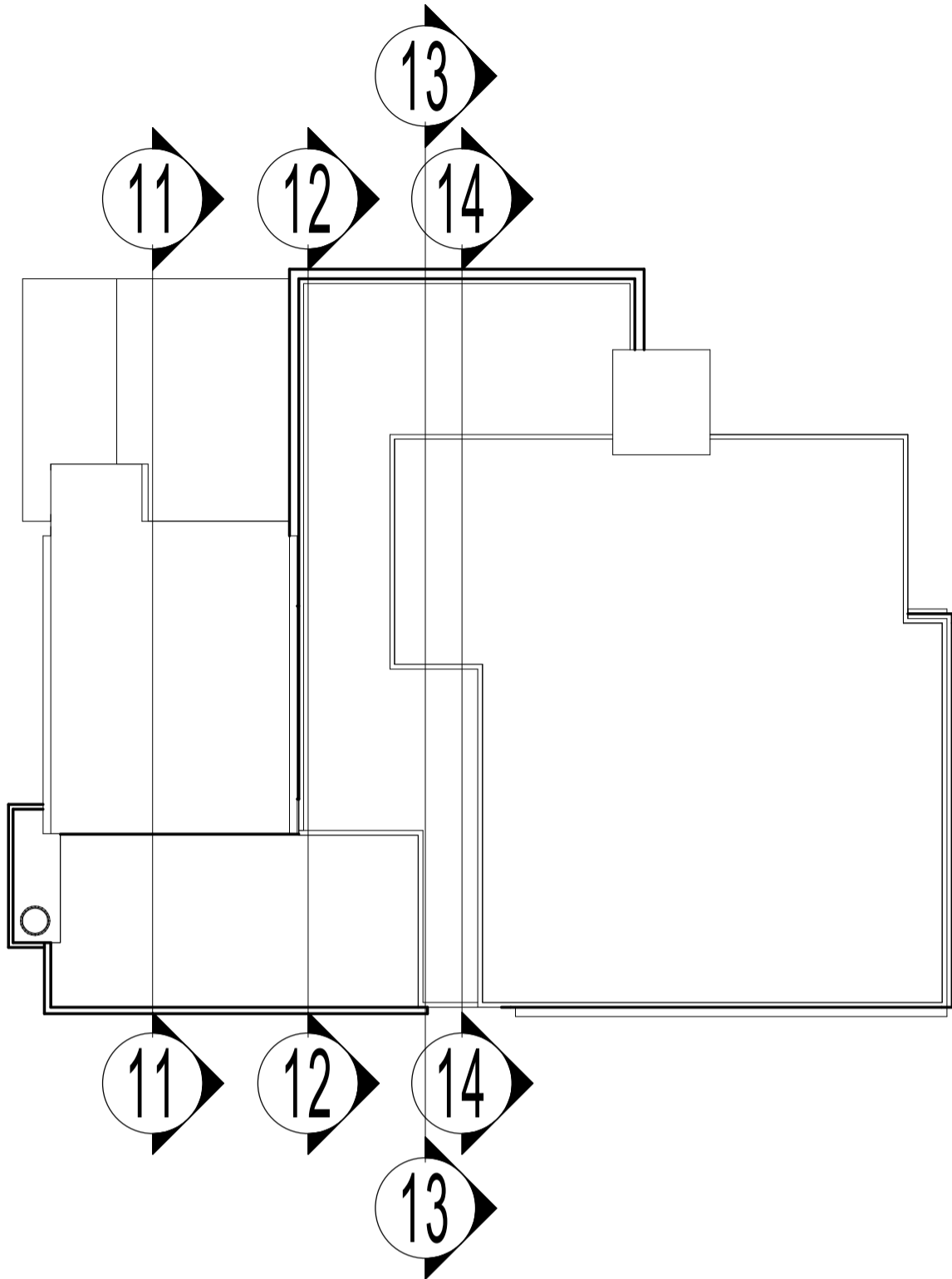
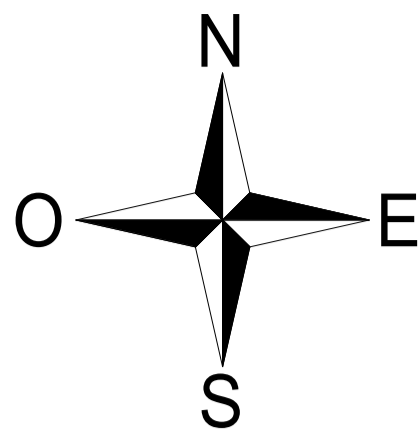
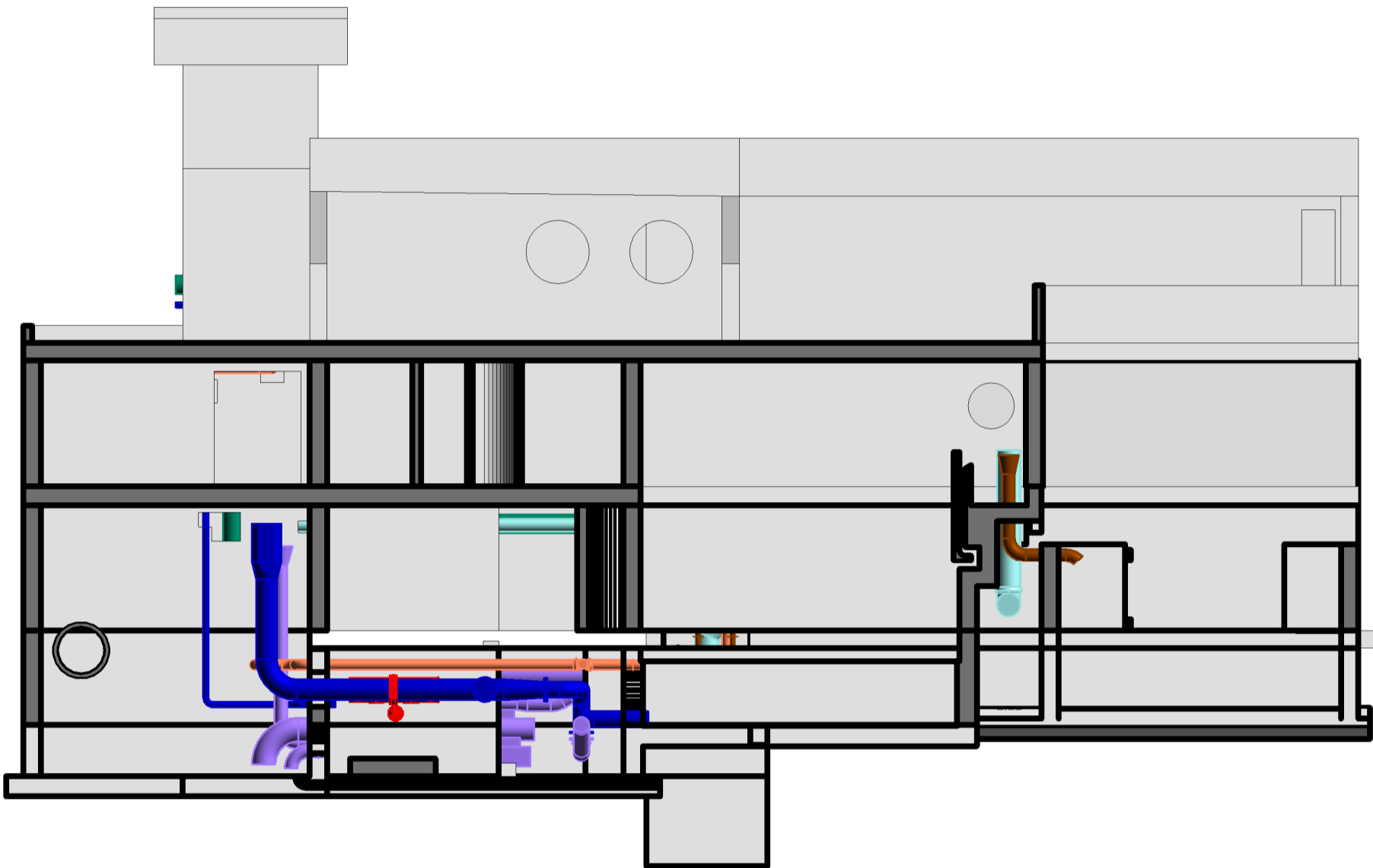
ETUDE DE VARIANTE		Dessiné	24.05.18/RAP
Echelle	1:50; 1:100	Contrôlé	24.05.18/MLA
N° du mandat		Approuvé	
		Format	
		Phase	Plan N°
		Index	

VD 06934.300 31 100

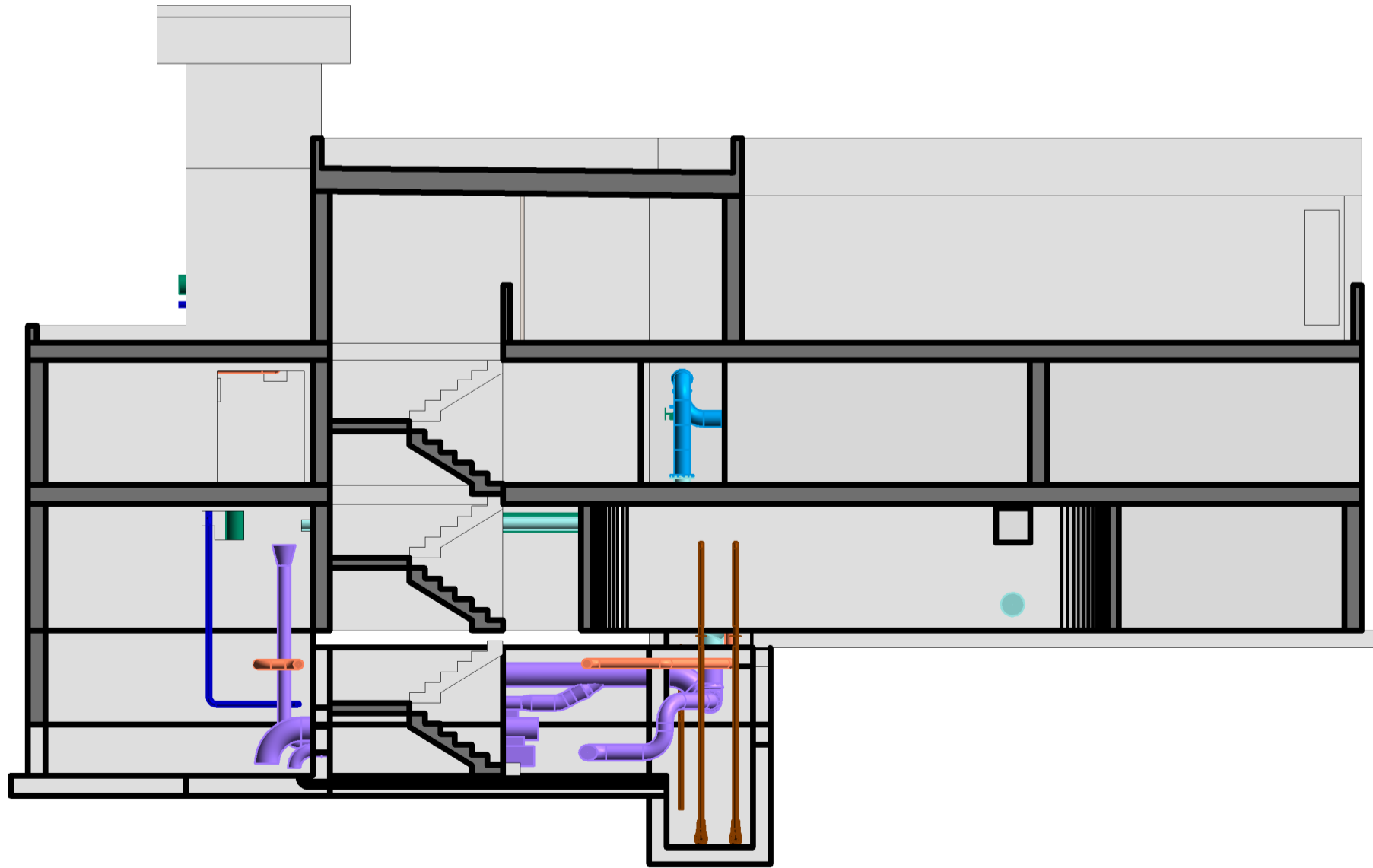
COUPE 11 - 11
1 : 100 [cm]



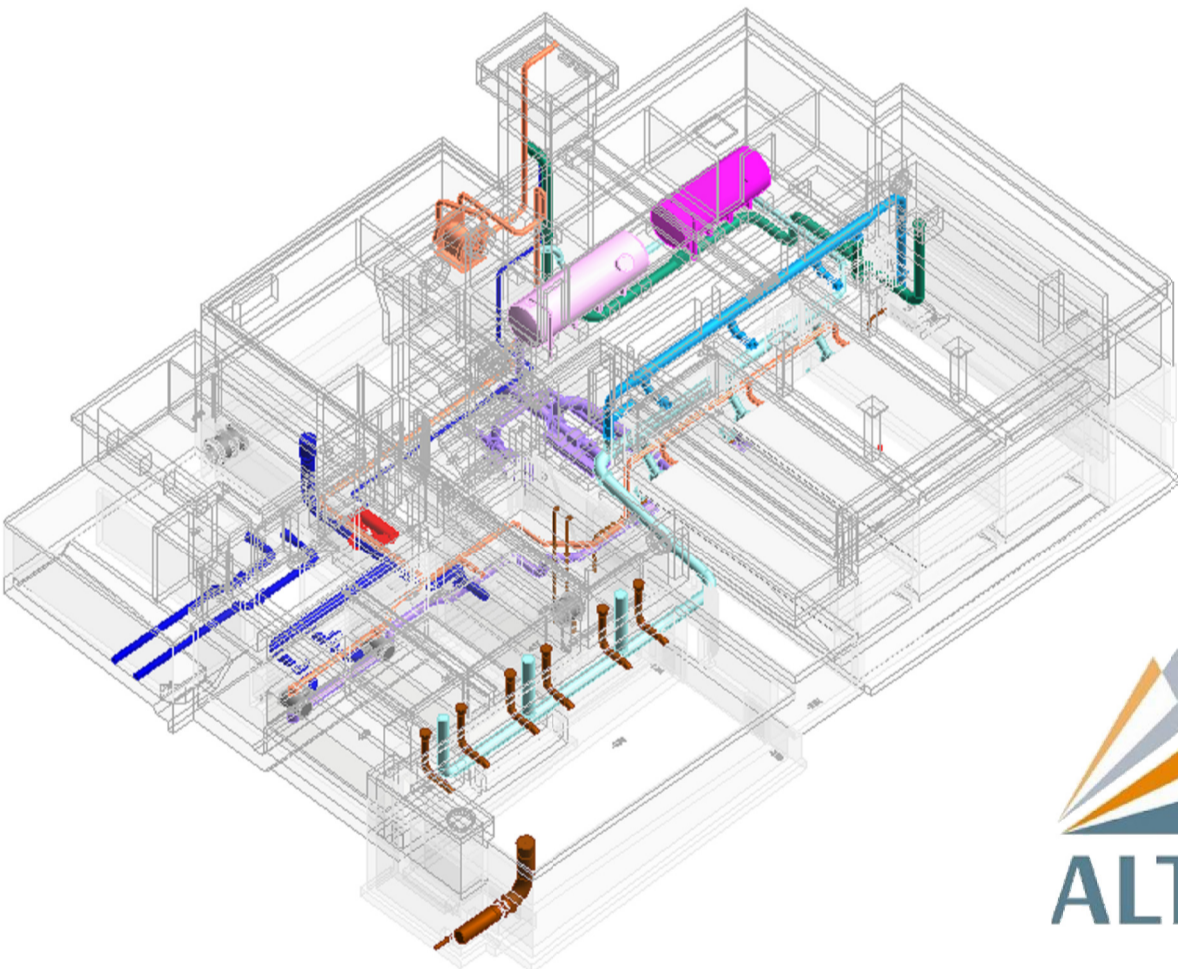
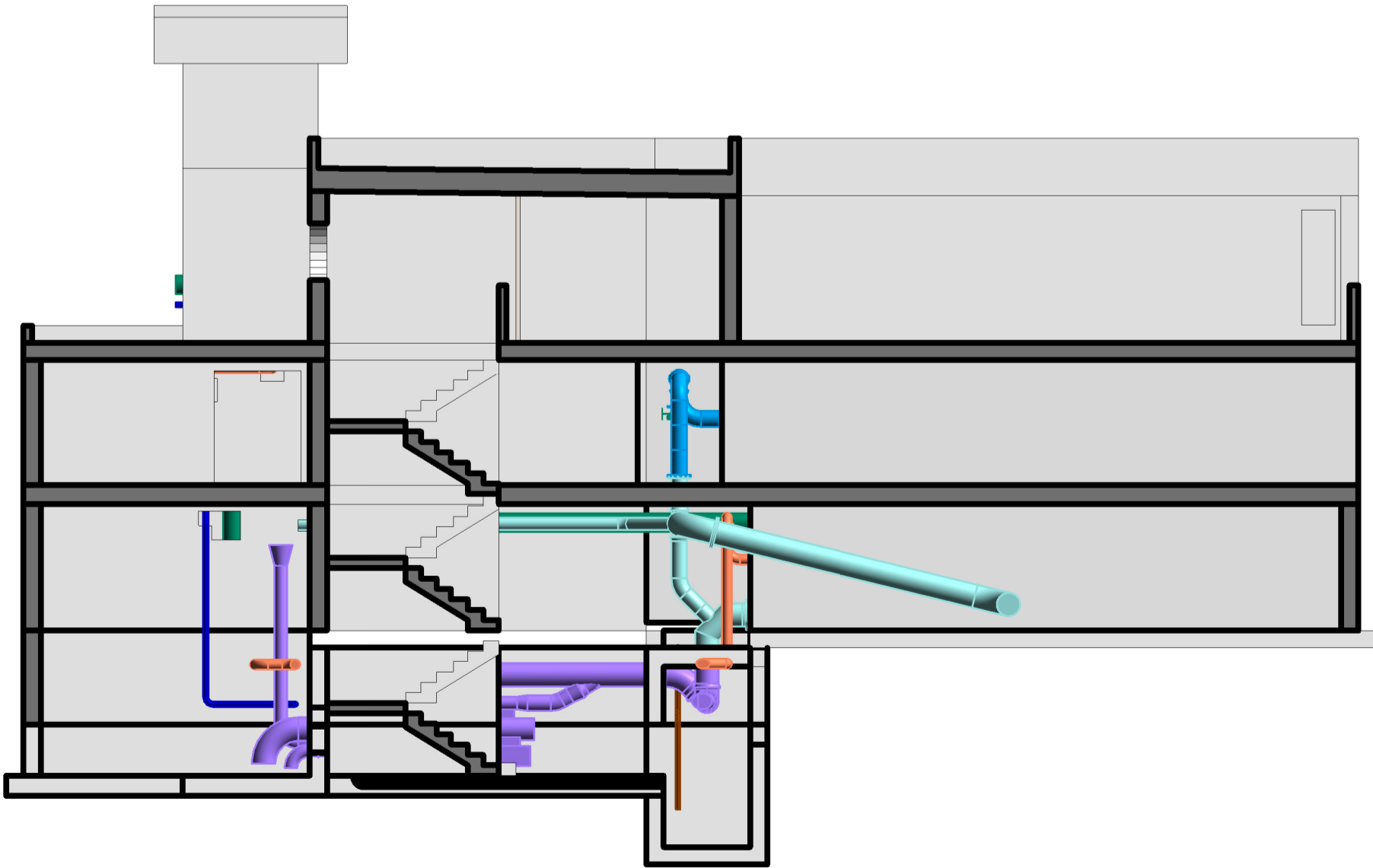
COUPE 12 - 12
1 : 100 [cm]



COUPE 13 - 13
1 : 100 [cm]



COUPE 14 - 14
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 1 - RENOVATION

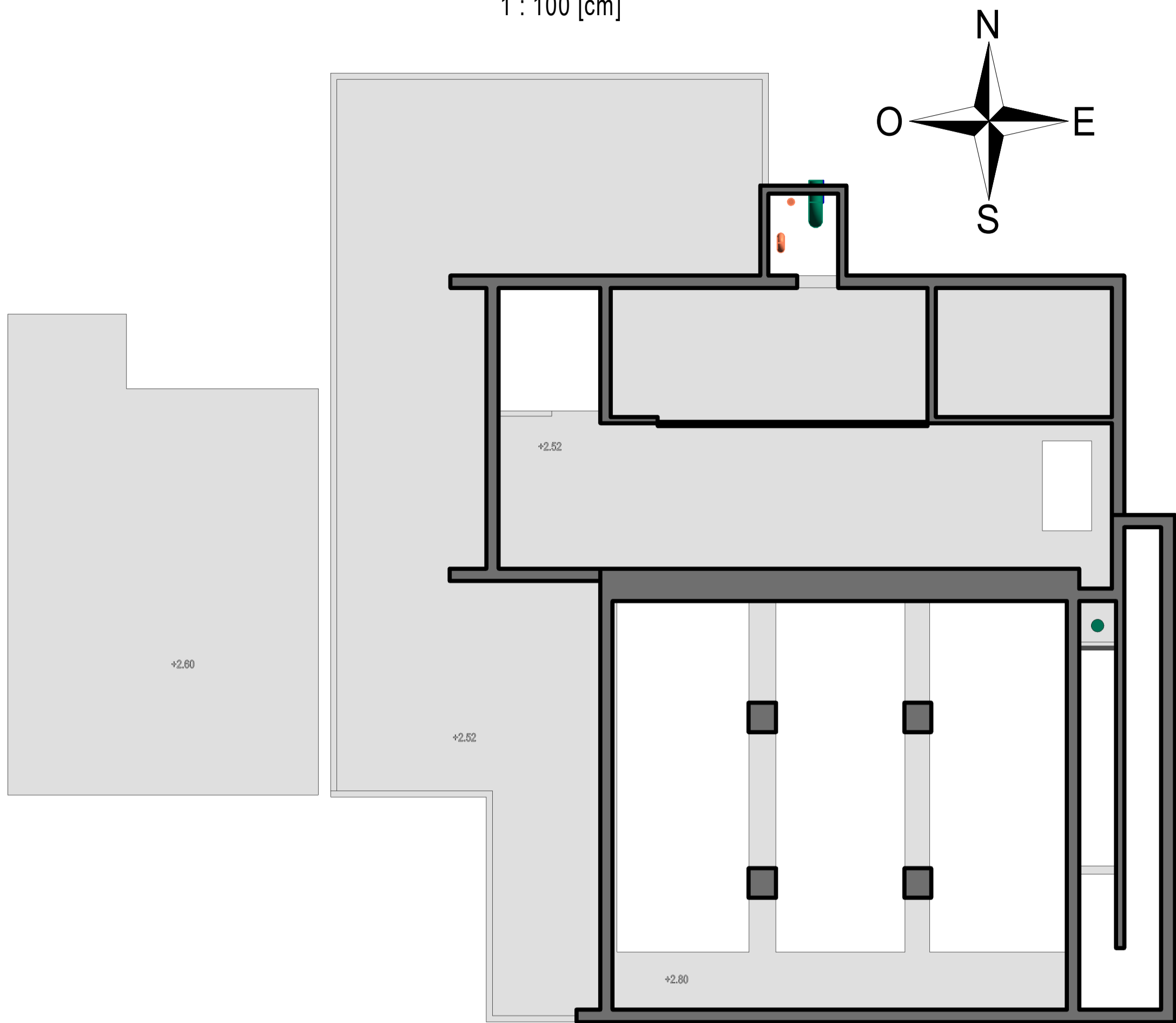
Vues: Coupes: 10; 14; 15; 16;

CSDINGENIEURS ⁺		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné		06.13.18/RAP	
INGÉNIEUX PAR NATURE				Contrôlé		06.13.18/MLA	
				Echelle		Approuvé	
				1:100		Format	
				N° du mandat		Phase	
						Plan N°	
						Index	
						VD 06934.300	
						31	
						110	

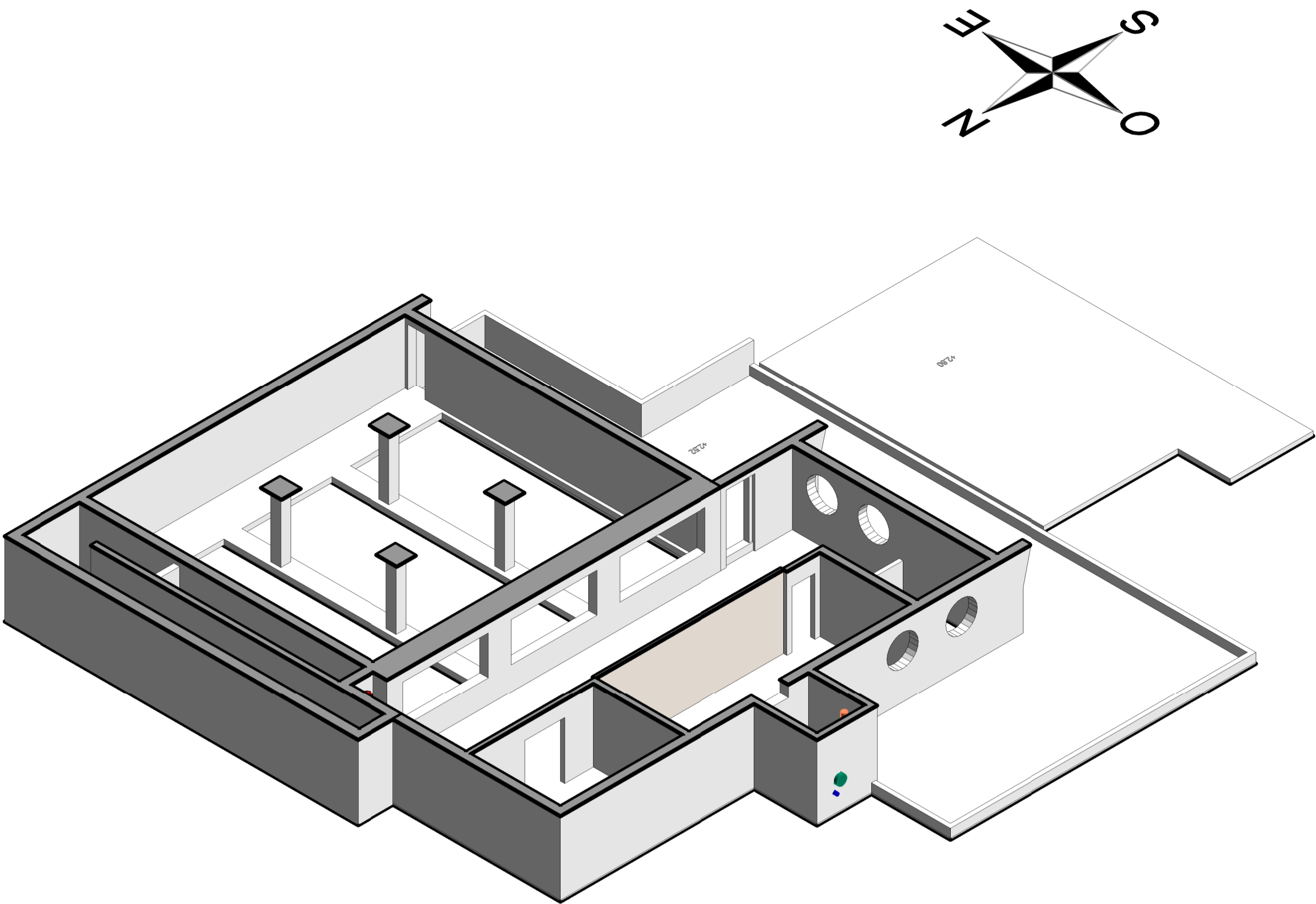
CSD INGÉNIEURS SA
Chemin de Montelly 78
CH-1000 Lausanne
www.csd.ch

t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
e lausanne@csd.ch

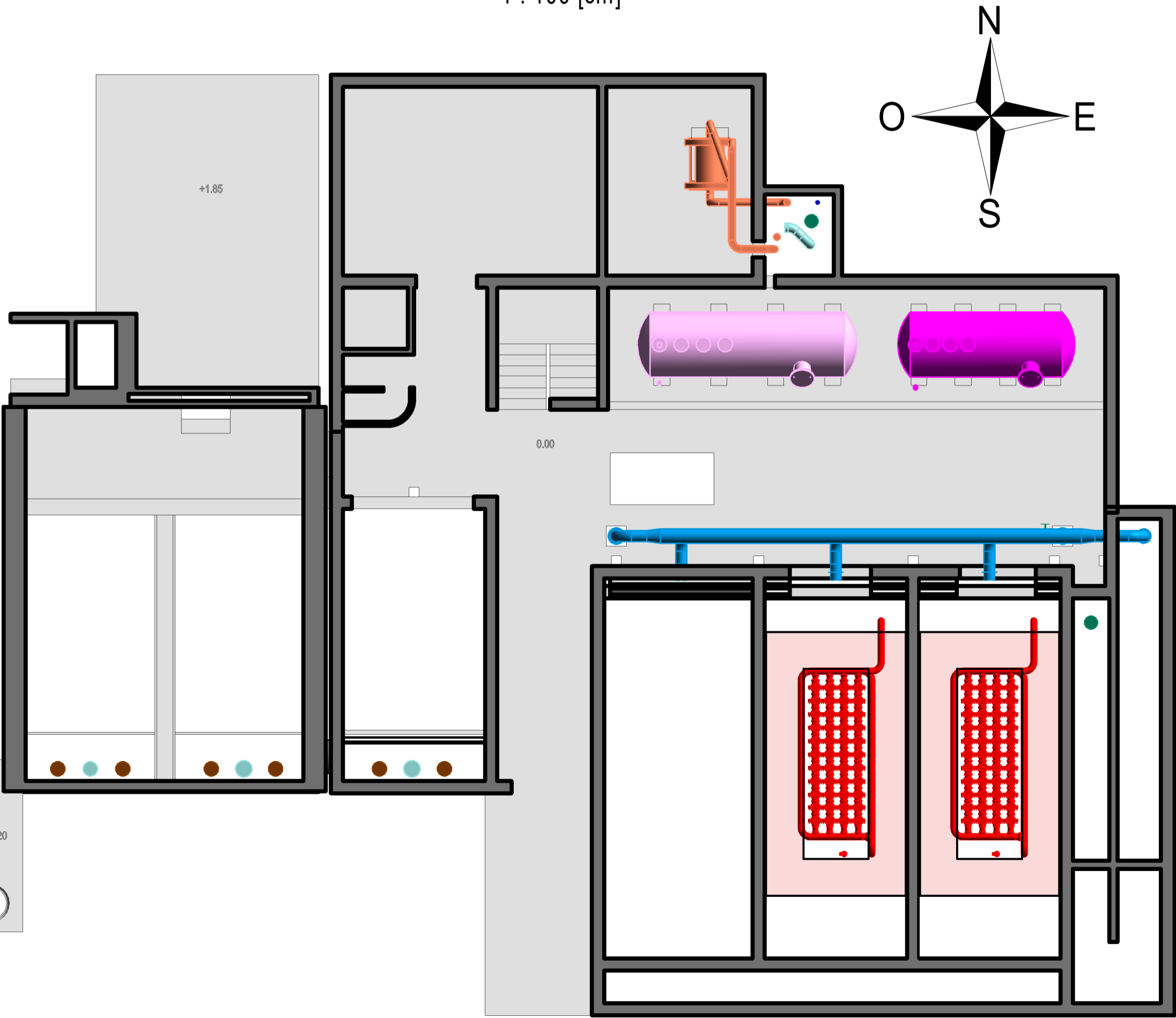
PLAN NIV.: +2.80; +2.60; +2.52;
1 : 100 [cm]



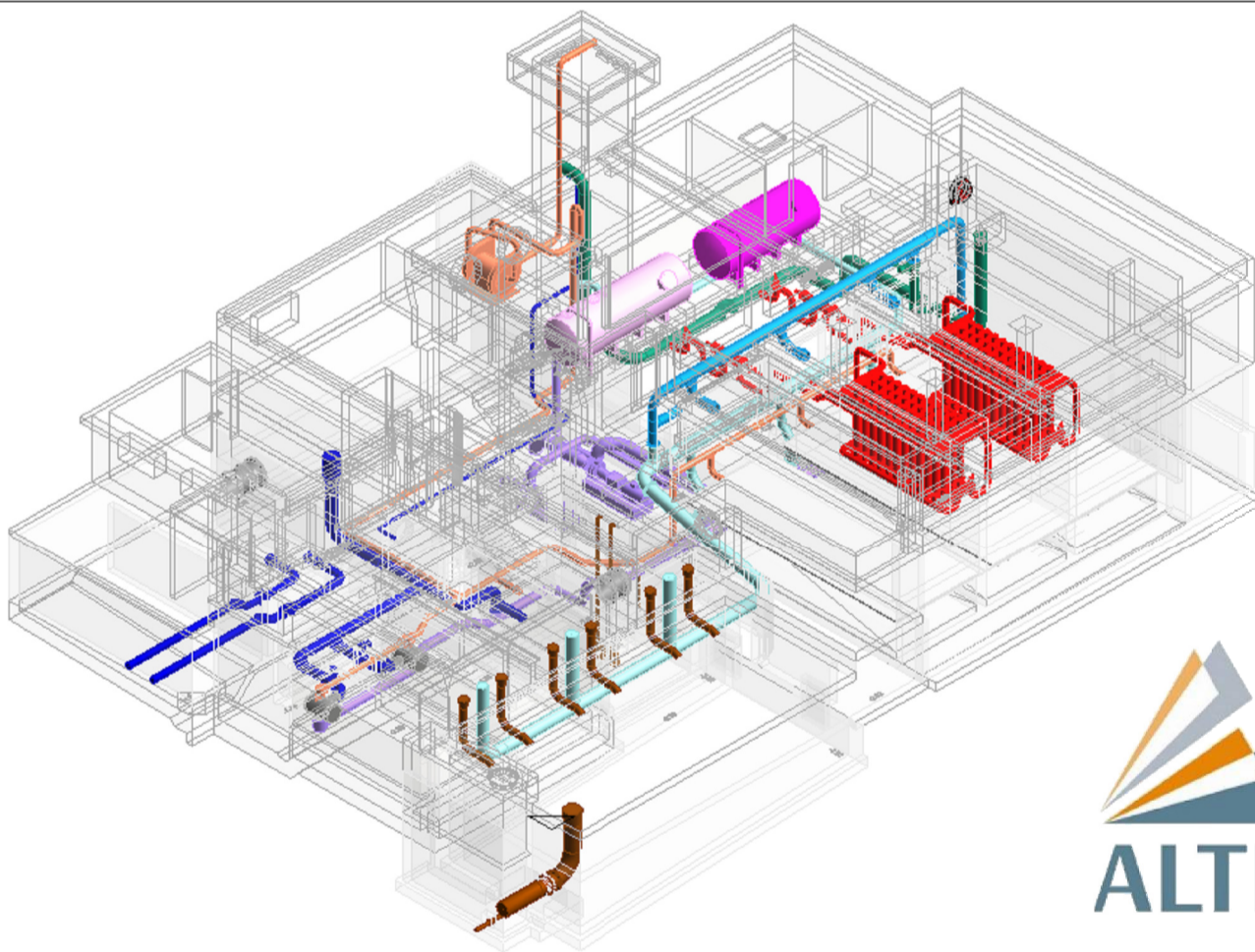
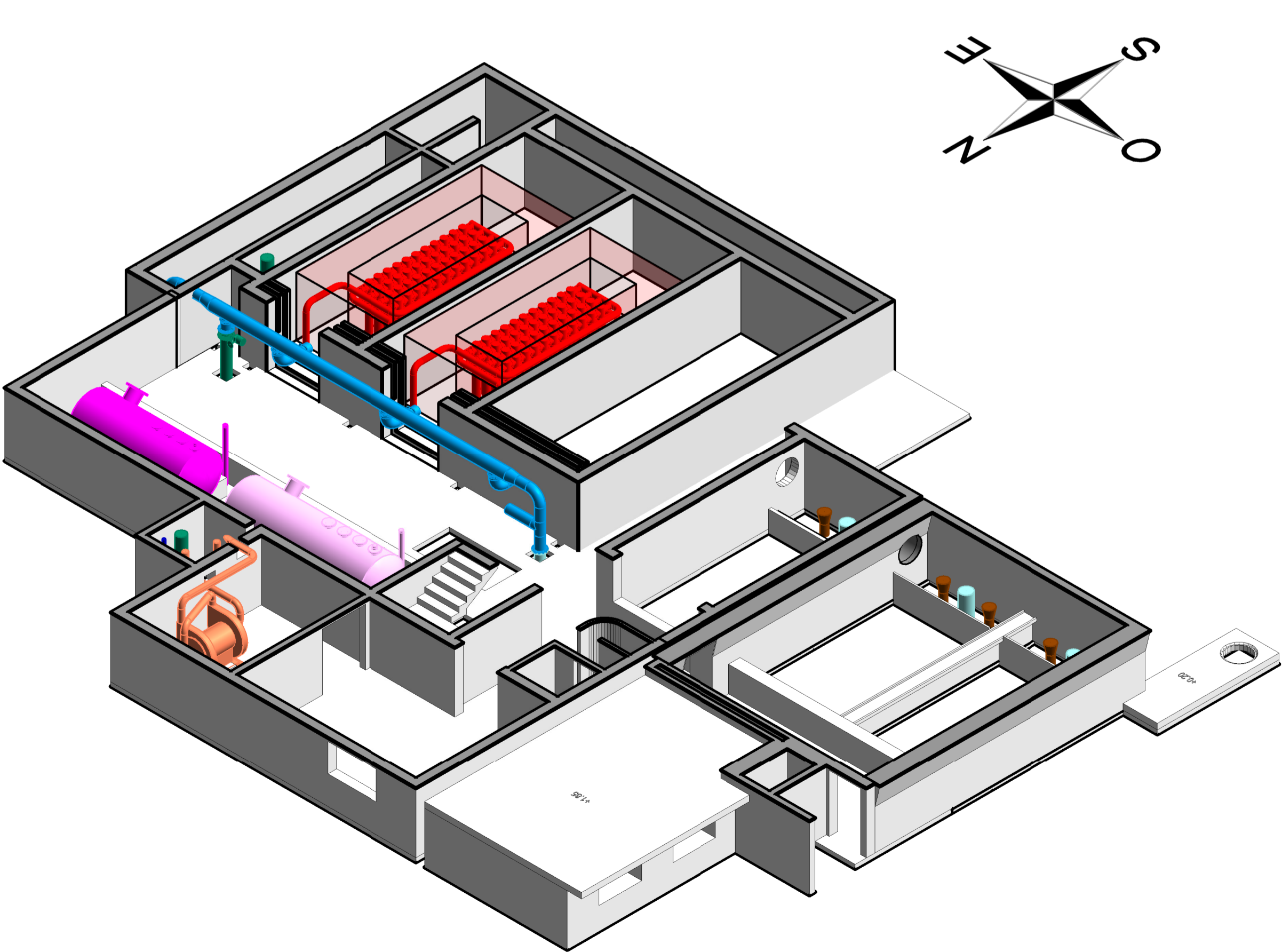
VUE 3D NIV.: +2.80; +2.60; +2.52;
1 : 100 [cm]



PLAN NIV.: +1.85; +0.20; +0.00;
1 : 100 [cm]



VUE 3D NIV.: +1.85; +0.20; +0.00;
1 : 100 [cm]



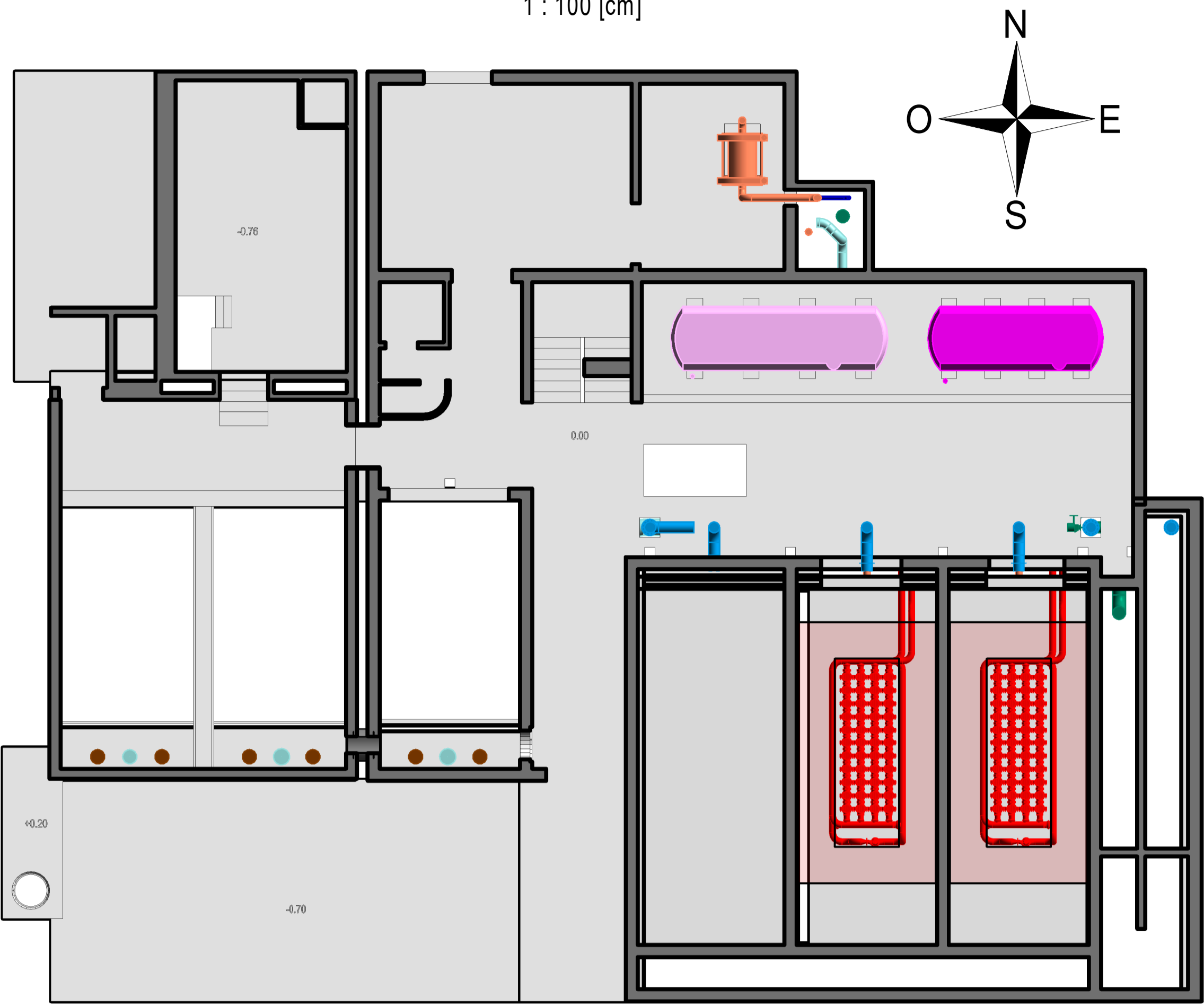
MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

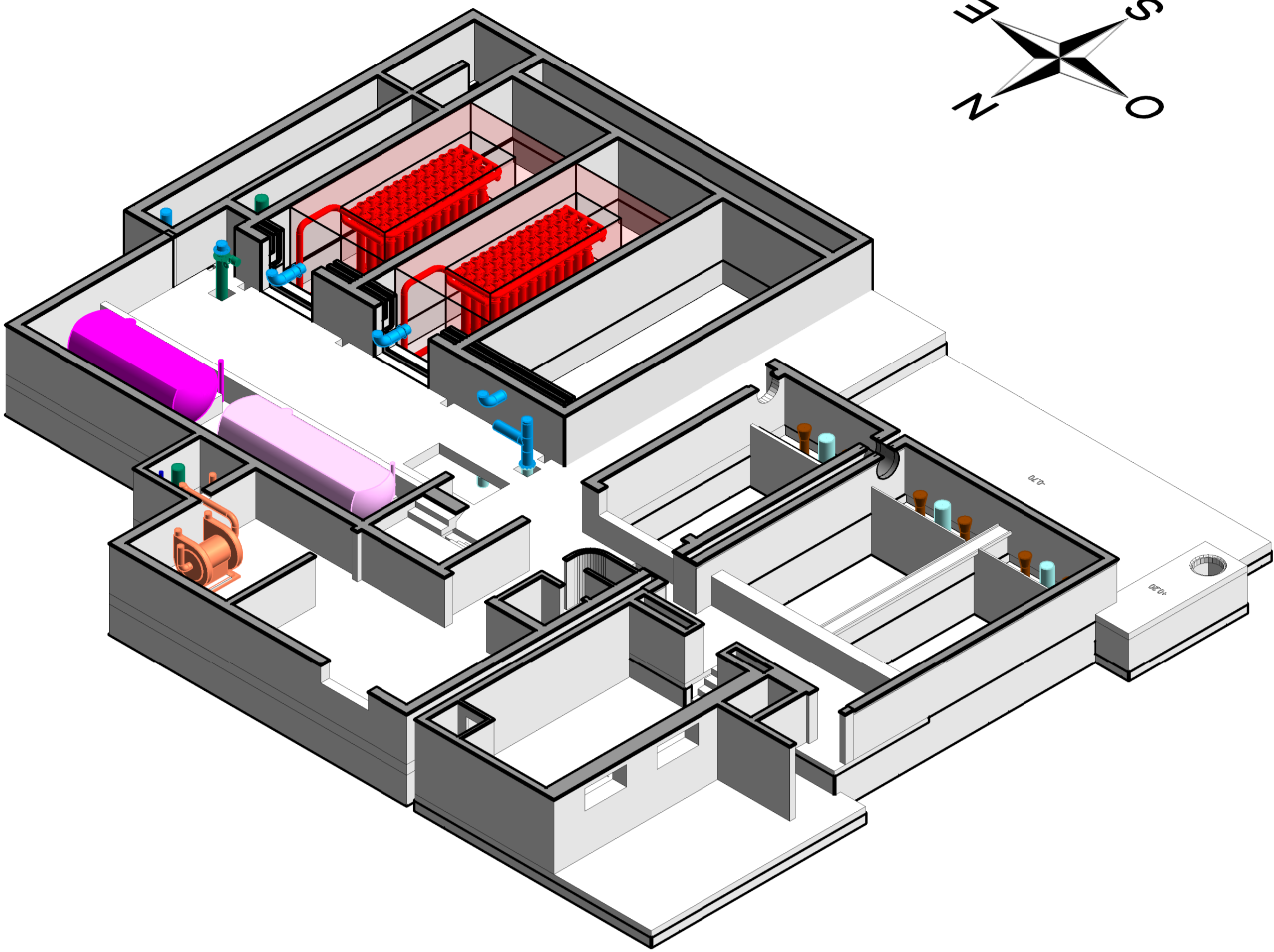
VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

Vues: Plans et Vues 3D NIV.: +2.80; +2.60; +2.52; +1.85; +0.20; +0.00;		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné	06.13.18/RAP
CSD INGENIEURS+ INGENIEUX PAR NATURE				Contrôlé	06.13.18/MLA
				Approuvé	
				Format	
				N° du mandat	Phase Plan N° Index
				VD 06934.300 31 120	

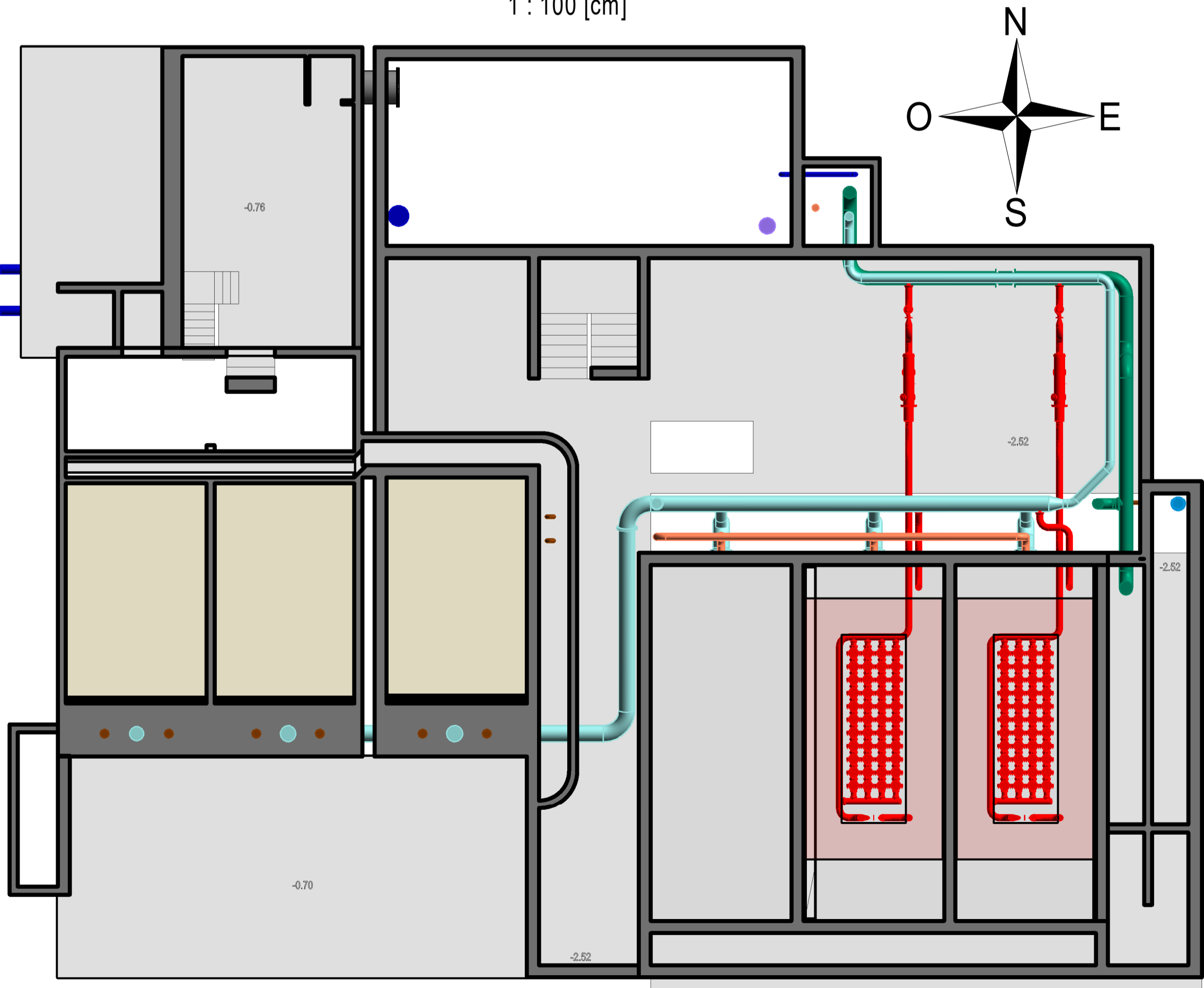
PLAN NIV.: -0.70; -0.76;
1 : 100 [cm]



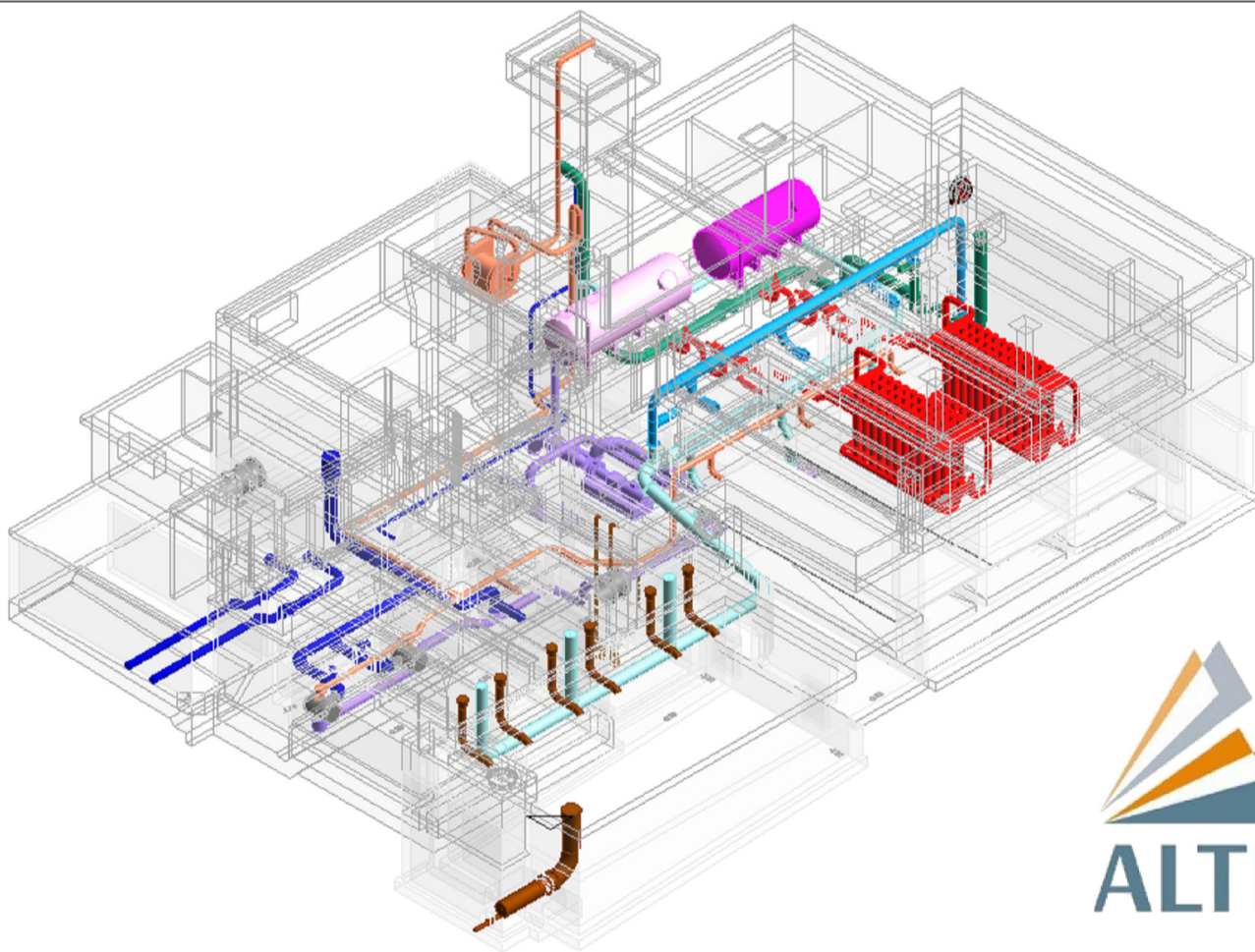
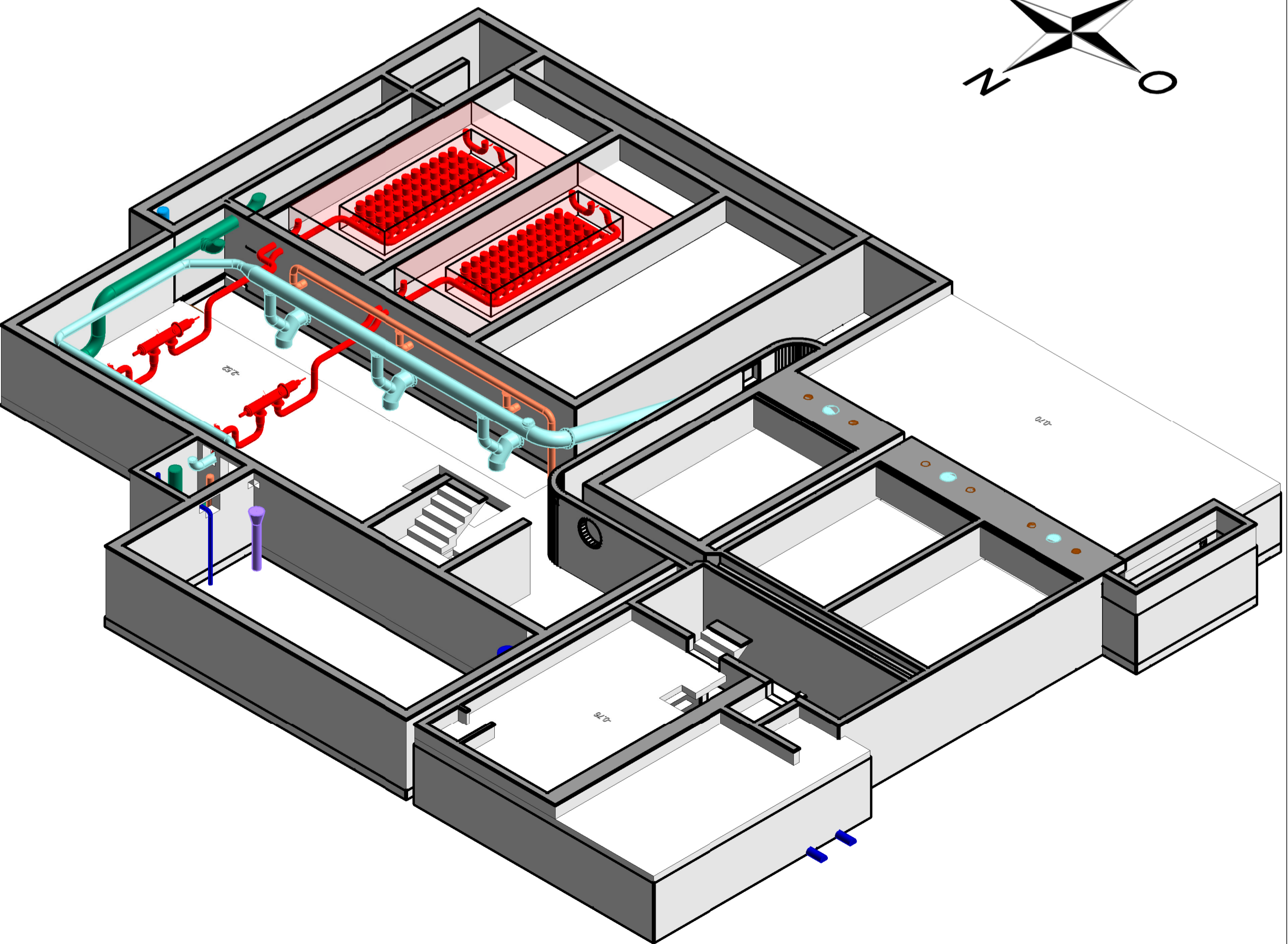
VUE 3D NIV.: -0.70; -0.76;
1 : 100 [cm]



PLAN NIV.: -2.52;
1 : 100 [cm]



VUE 3D NIV.: -2.52;
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

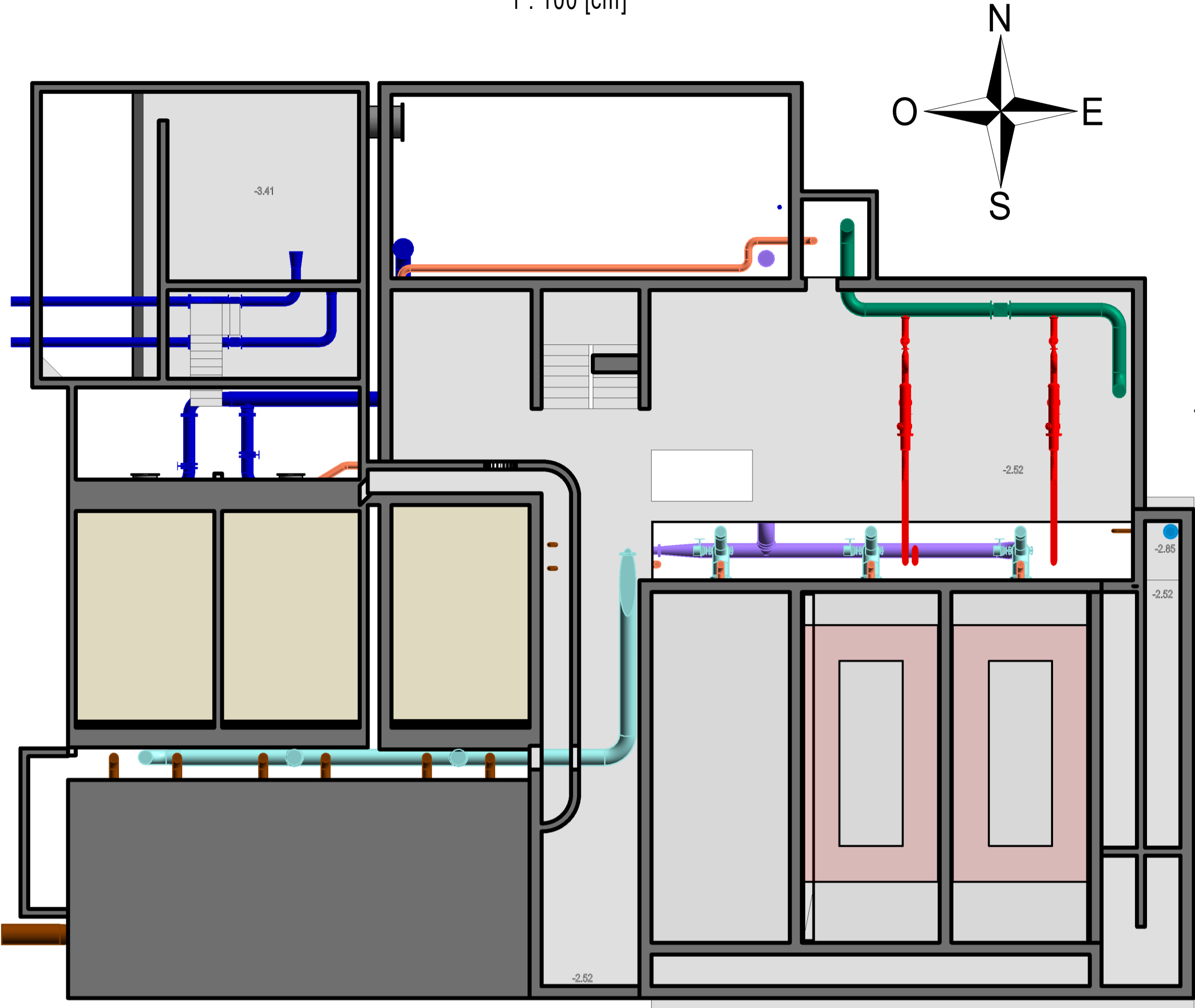
ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

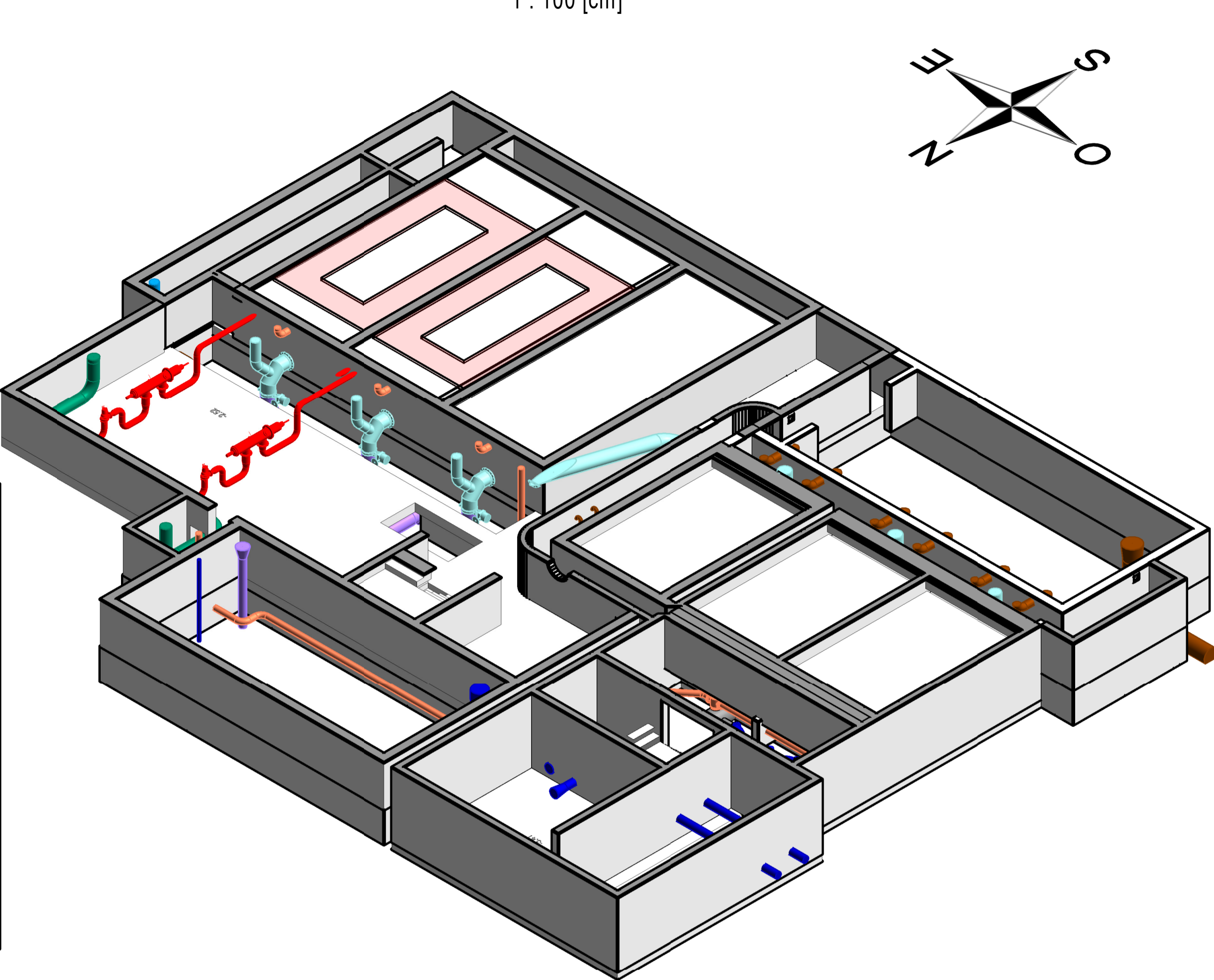
Vues: Plans et Vues 3D NIV.: -0.70; -0.76;

CSDINGENIEURS ⁺		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné		06.13.18/RAP	
INGÉNIEURS PAR NATURE				Contrôlé		06.13.18/MLA	
		Echelle		Approuvé			
		1:100		Format			
		N° du mandat		Phase		Plan N°	
						Index	
						VD 06934.300 31	
						130	

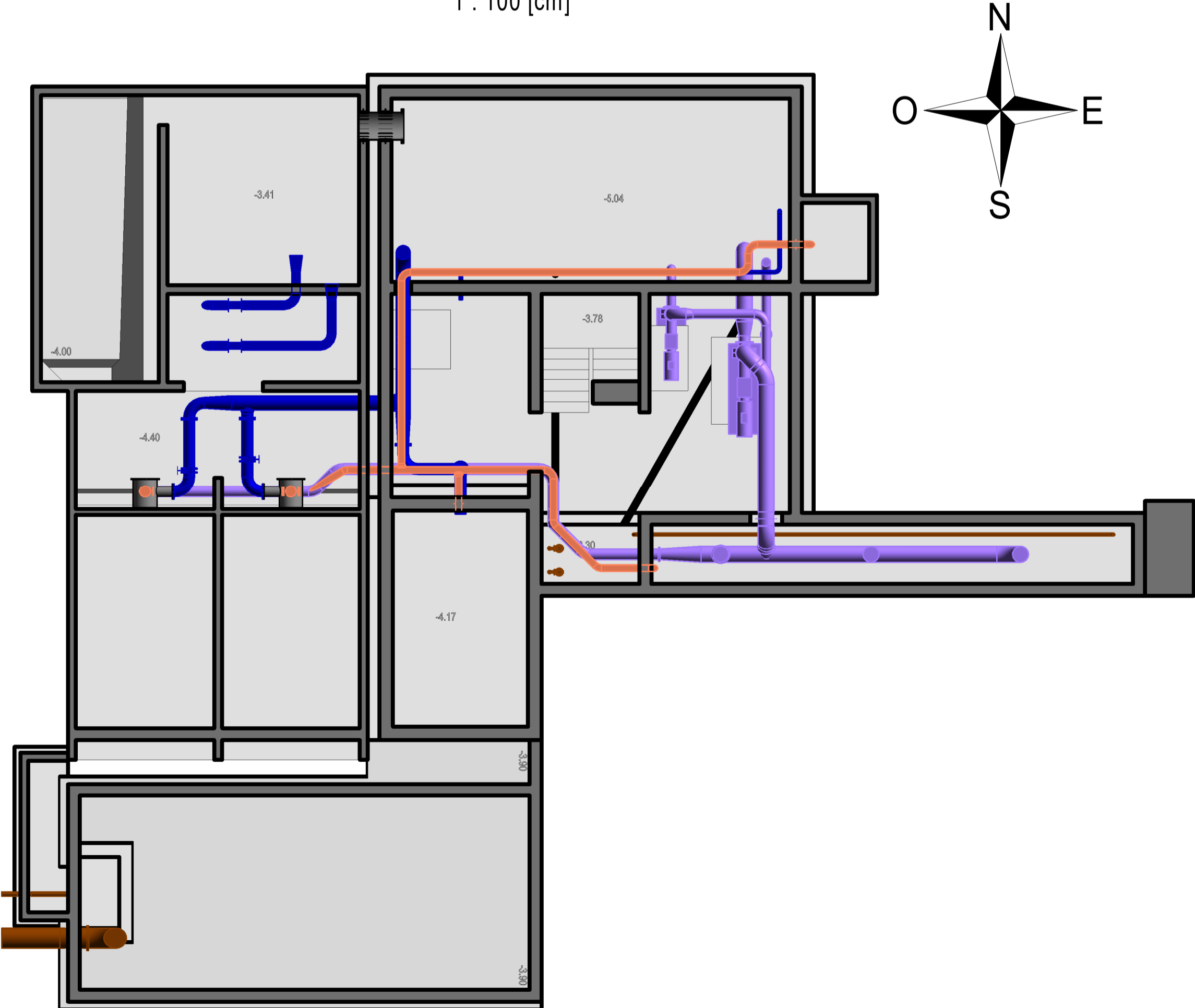
PLAN NIV.: -3.41;
1 : 100 [cm]



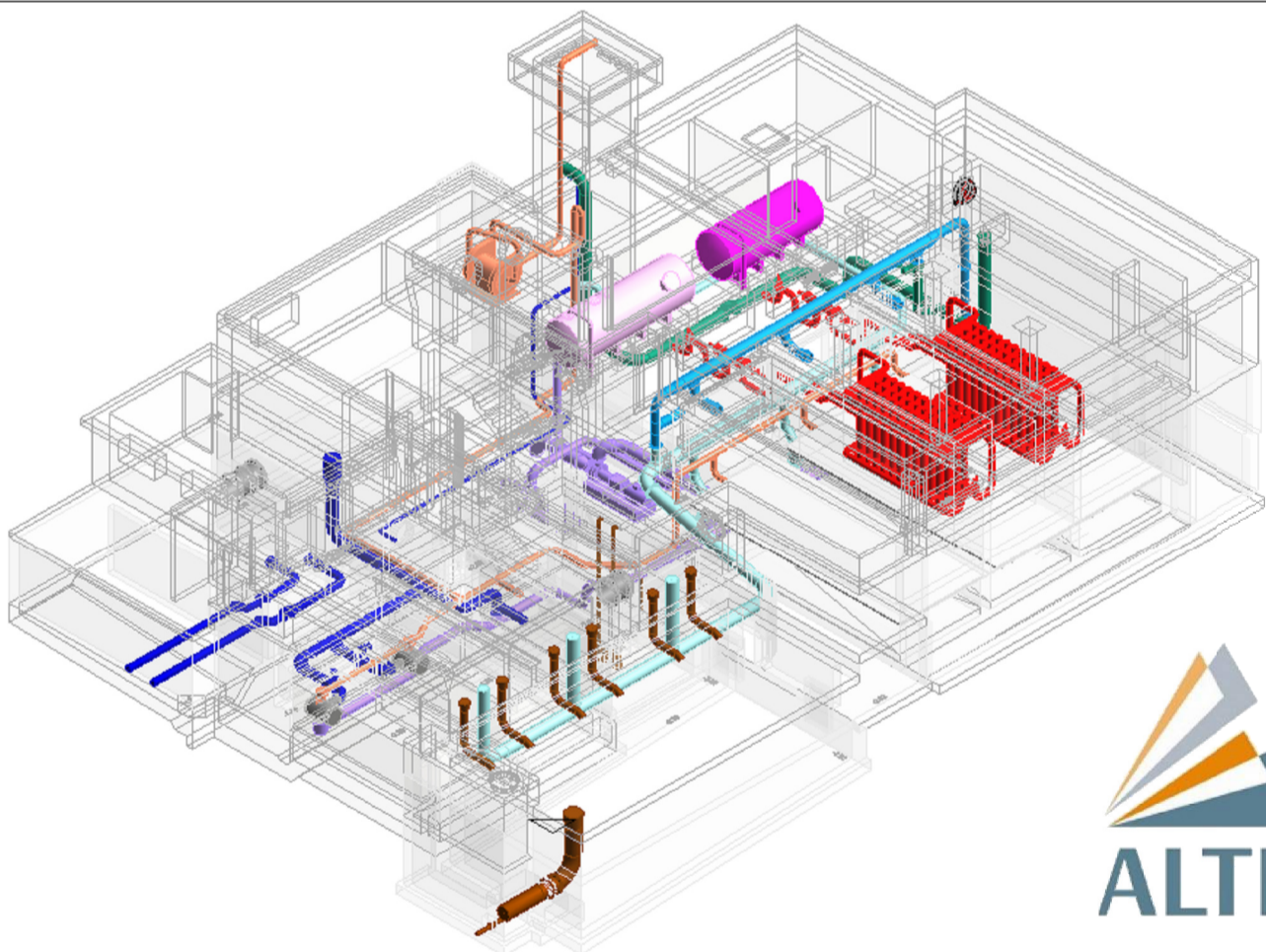
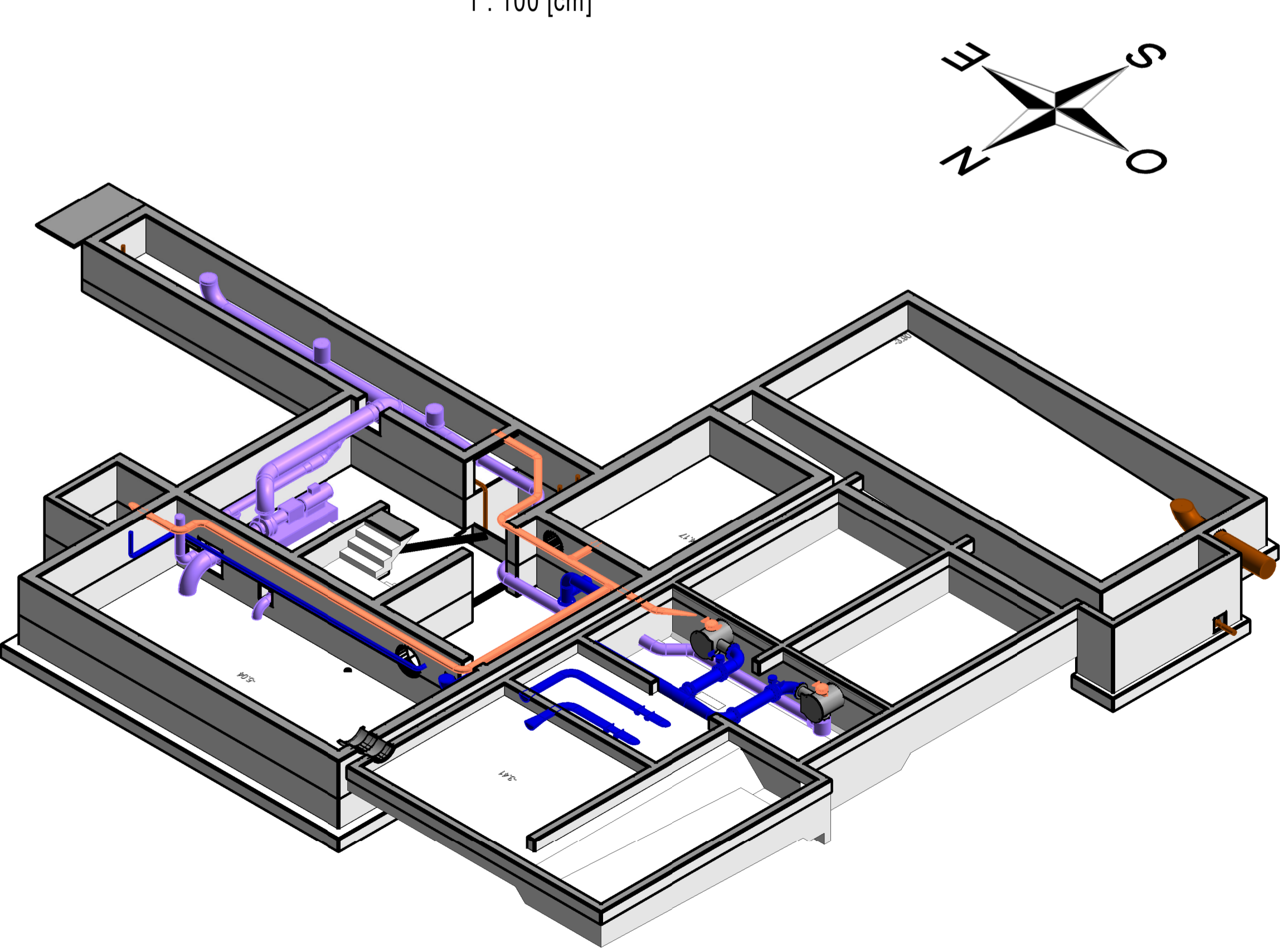
VUE 3D NIV.: -3.41;
1 : 100 [cm]



PLAN NIV.: -3.78; -3.90; -4.00; -4.17; -4.40; -5.04; -6.30;
1 : 100 [cm]



VUE 3 NIV.: -3.78; -3.90; -4.00; -4.17; -4.40; -5.04; -6.30;
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

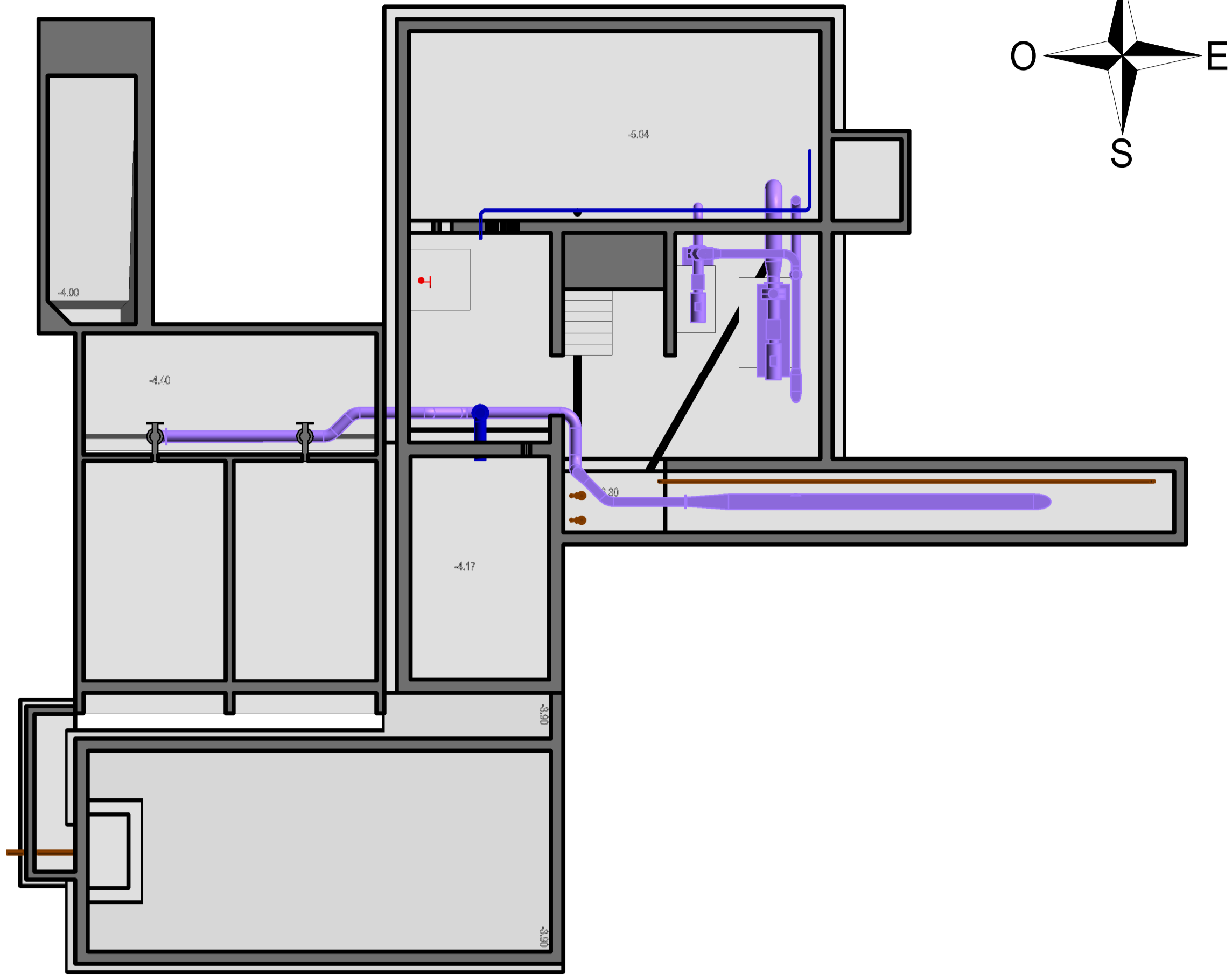
ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

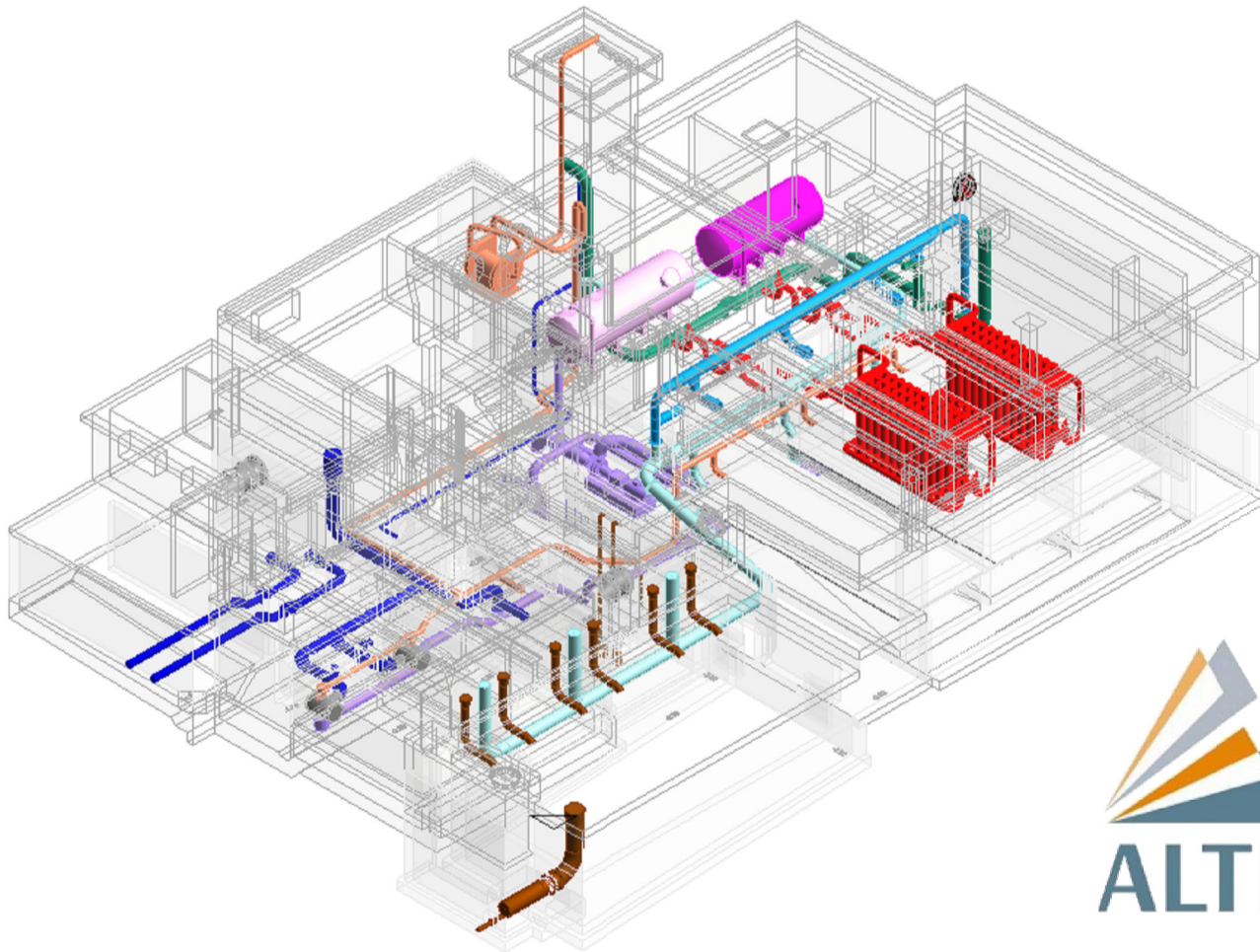
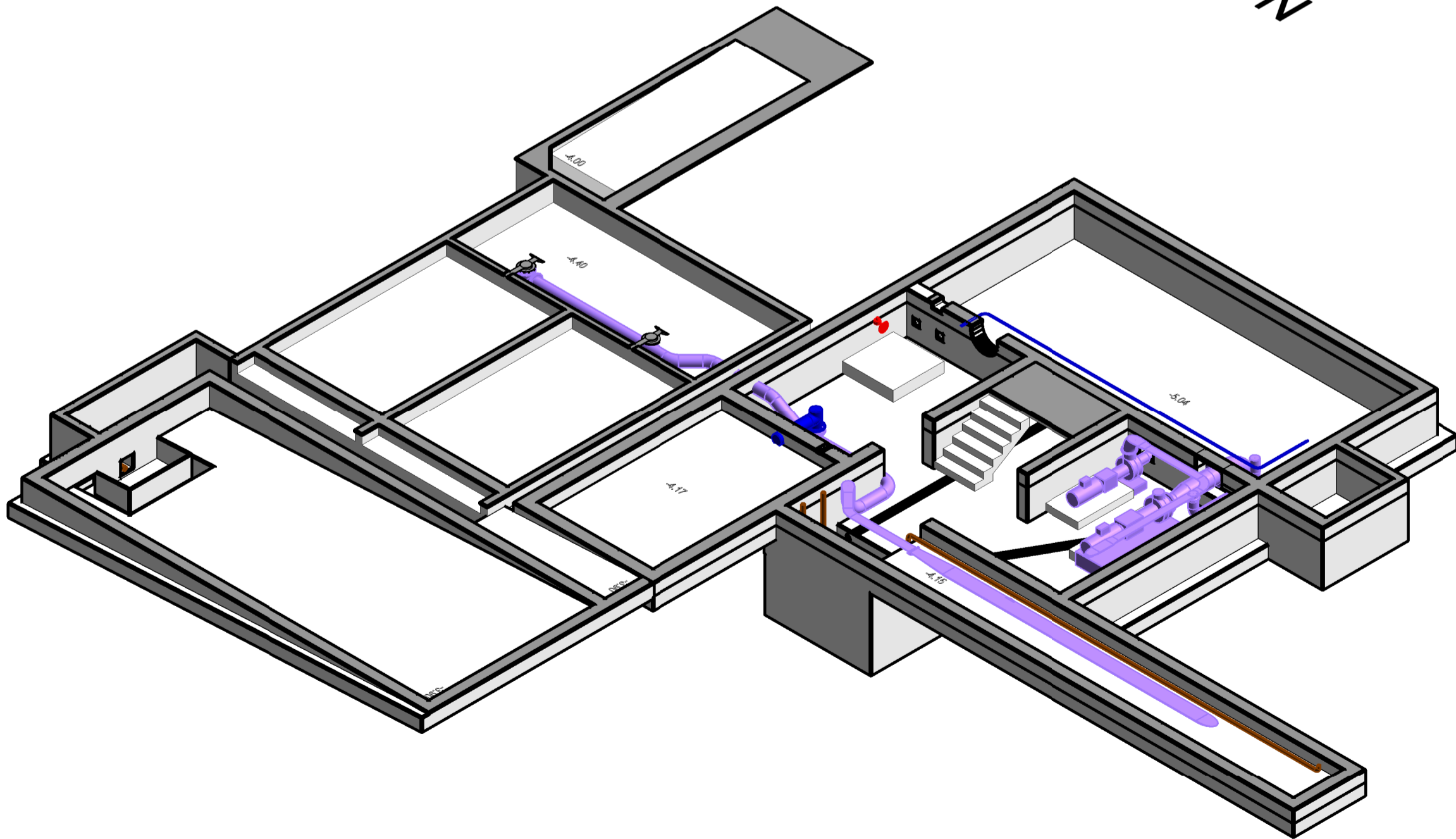
Vues: Plans et Vues 3D NIV.: -3.41+ -6.30;

<div>CSDINGENIEURS+ INGÉNIEUX PAR NATURE</div> <div>CSD INGÉNIEURS SA Chemin de Montelly 78 CH-1000 Lausanne www.csd.ch</div> <div>t +41 21 620 70 00 f +41 21 620 70 01 e lausanne@csd.ch</div>	ETUDE DE VARIANTE		Dessiné	06.13.18/RAP		
	Echelle		Contrôlé	06.13.18/MLA		
	1:100		Approuvé			
	N° du mandat		Format			
			VD 06934.300		31	140
			Phase	Plan N°	Index	

PLAN NIV.: -4,40; -5.04; -6.30;
1 : 100 [cm]



VUE 3D NIV.: -4,40; -5.04; -6.30;
1 : 100 [cm]



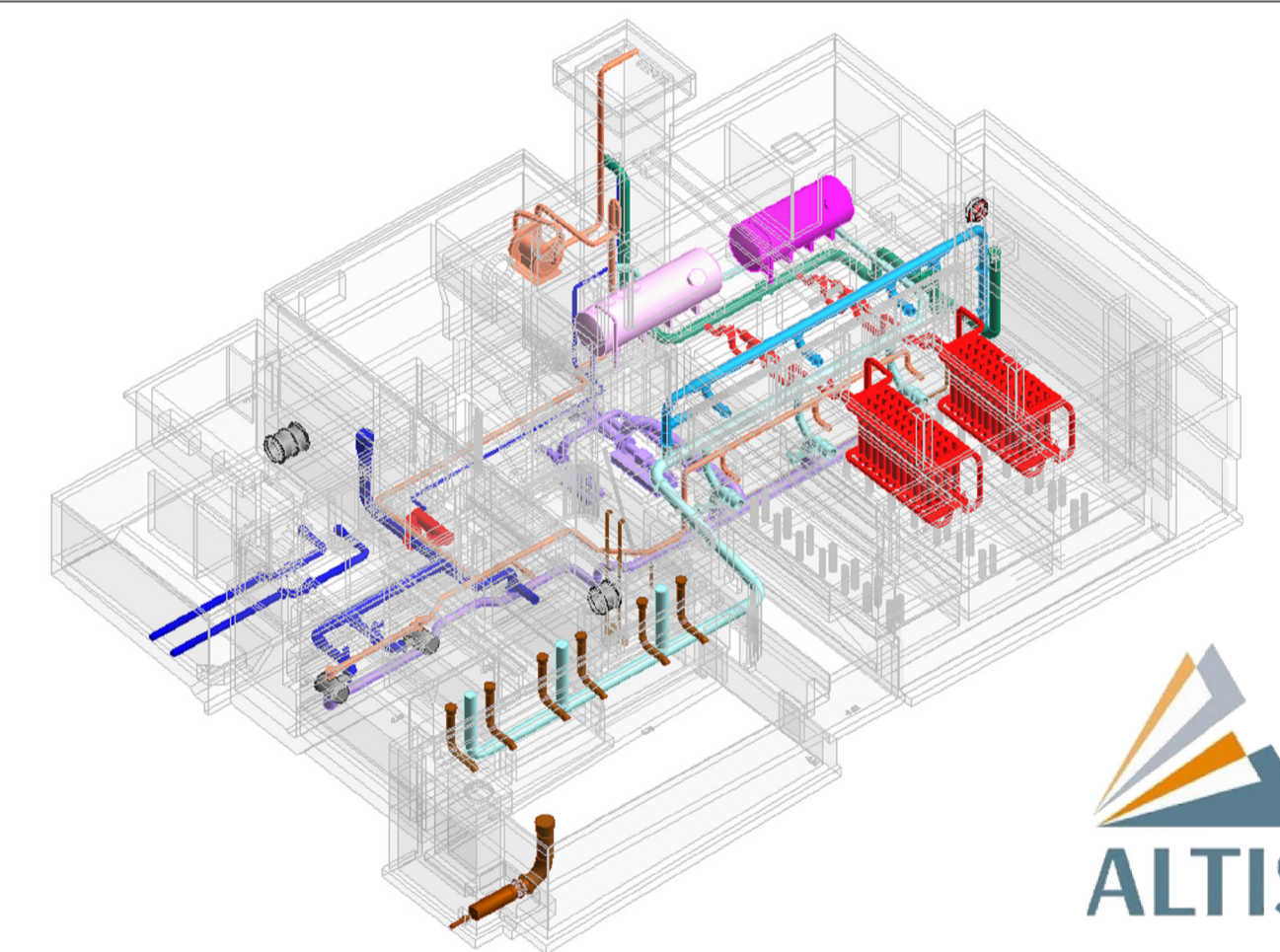
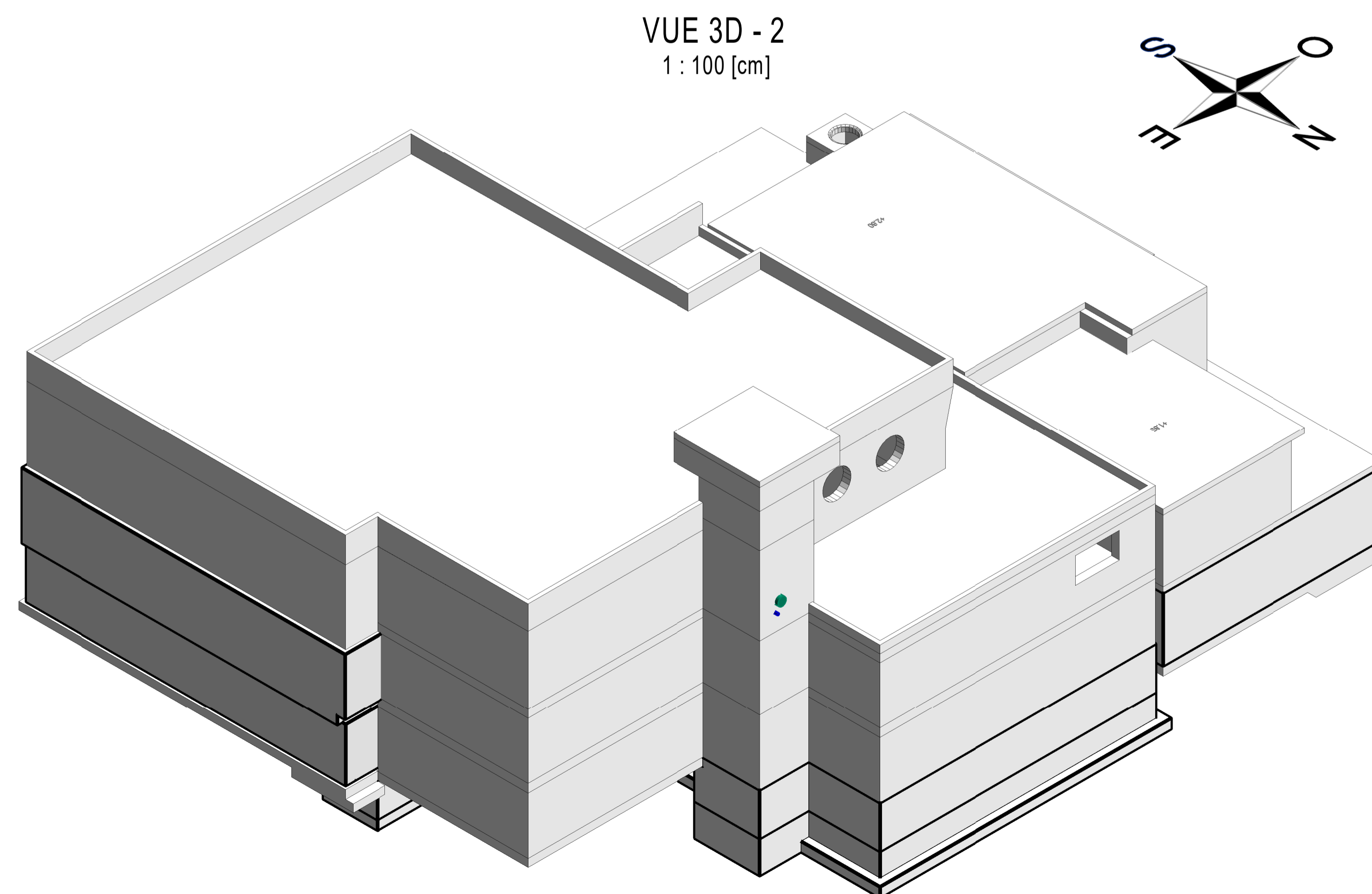
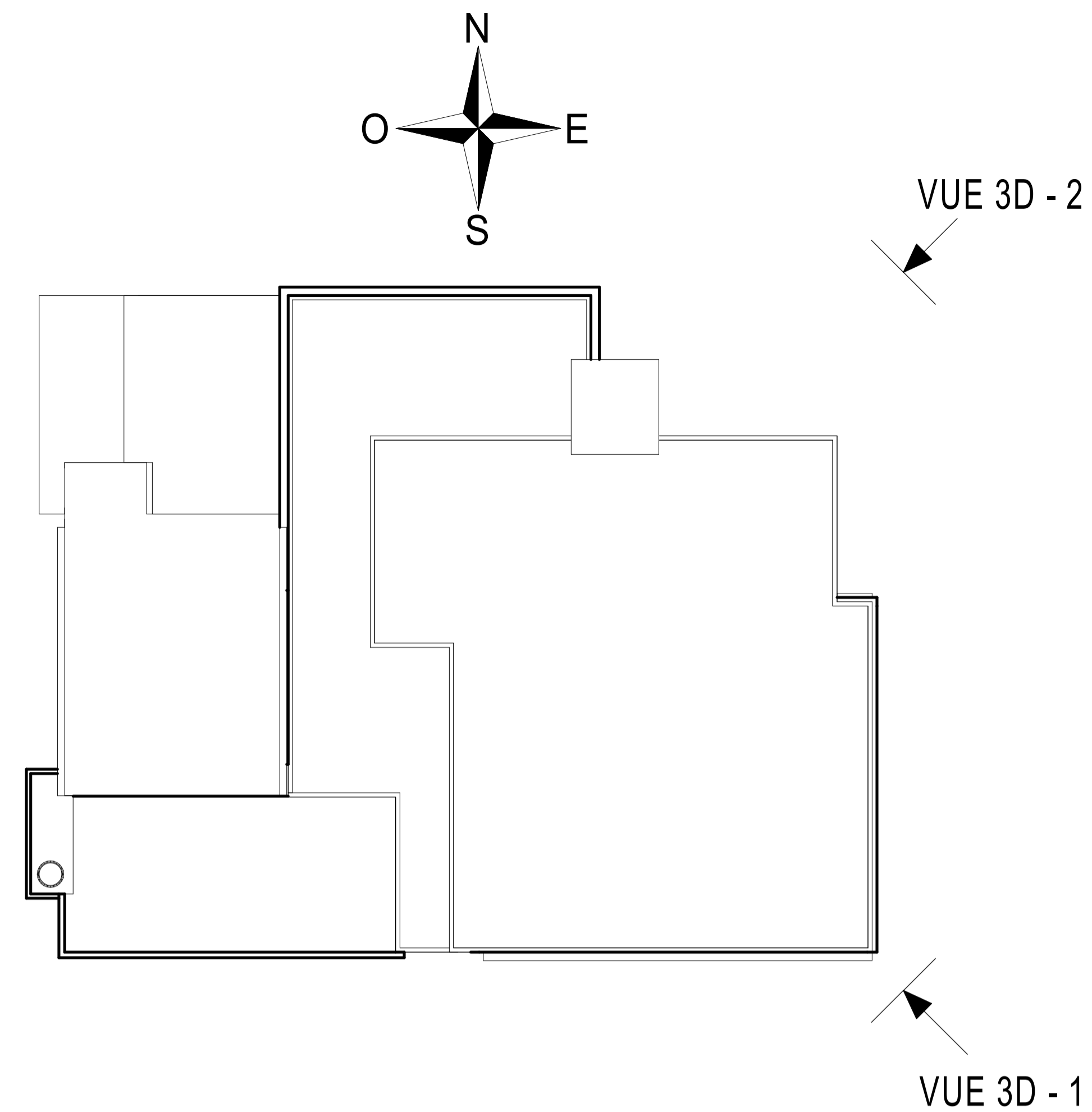
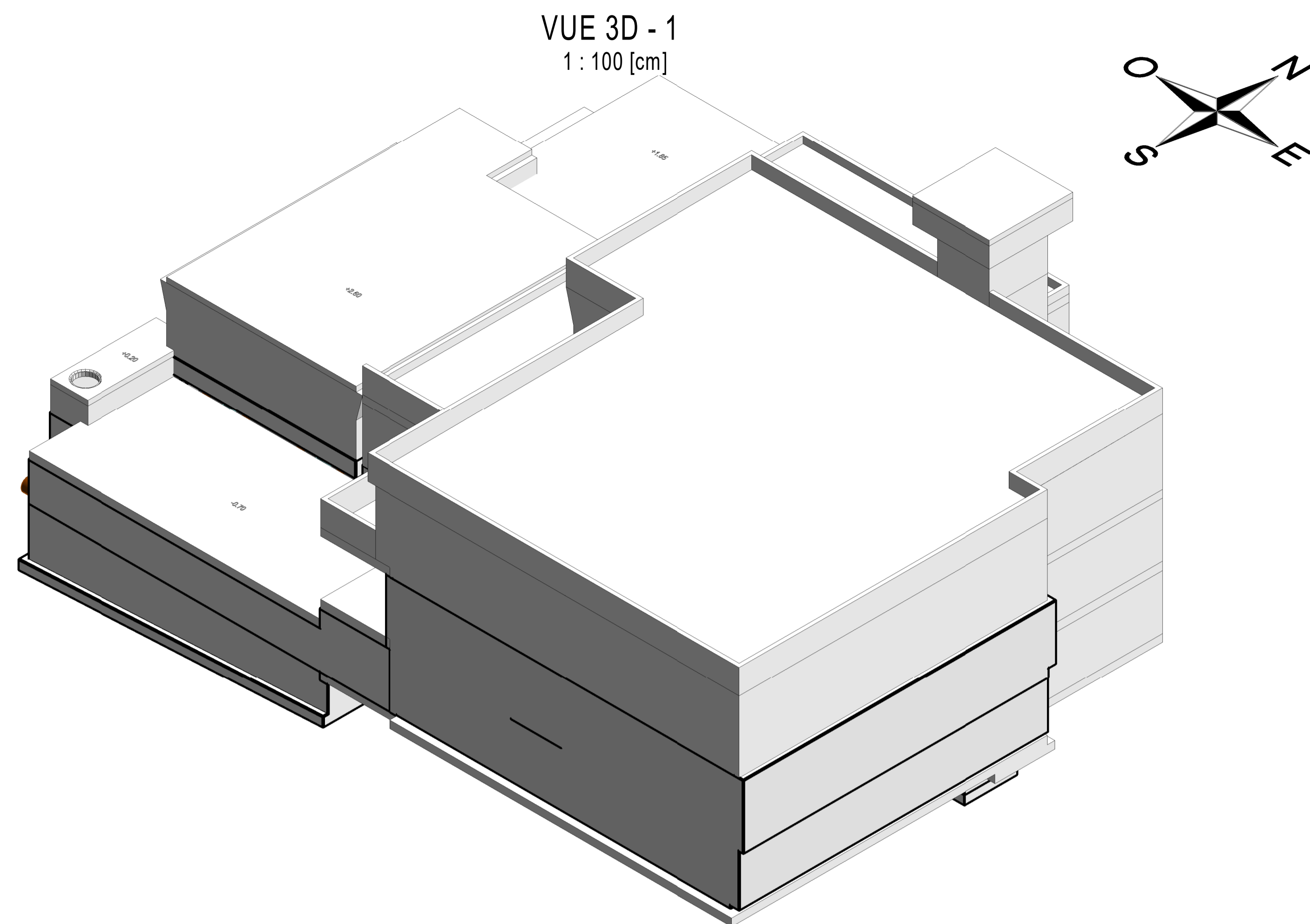
MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

Vues: Plan et Vue 3D NIV.: -4.40; -5.04; -6.30;

CSD INGÉNIEURS ⁺ INGÉNIEUX PAR NATURE		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné	06.13.18/RAP
CSD INGÉNIEURS SA Chemin de Montelly 78 CH-1000 Lausanne www.csd.ch		Echelle		Contrôle	06.13.18/MLA
		1:100		Approuvé	
		N° du mandat		Format	
		VD 06934.300		Phase	Plan N°
		31		150	
				Index	



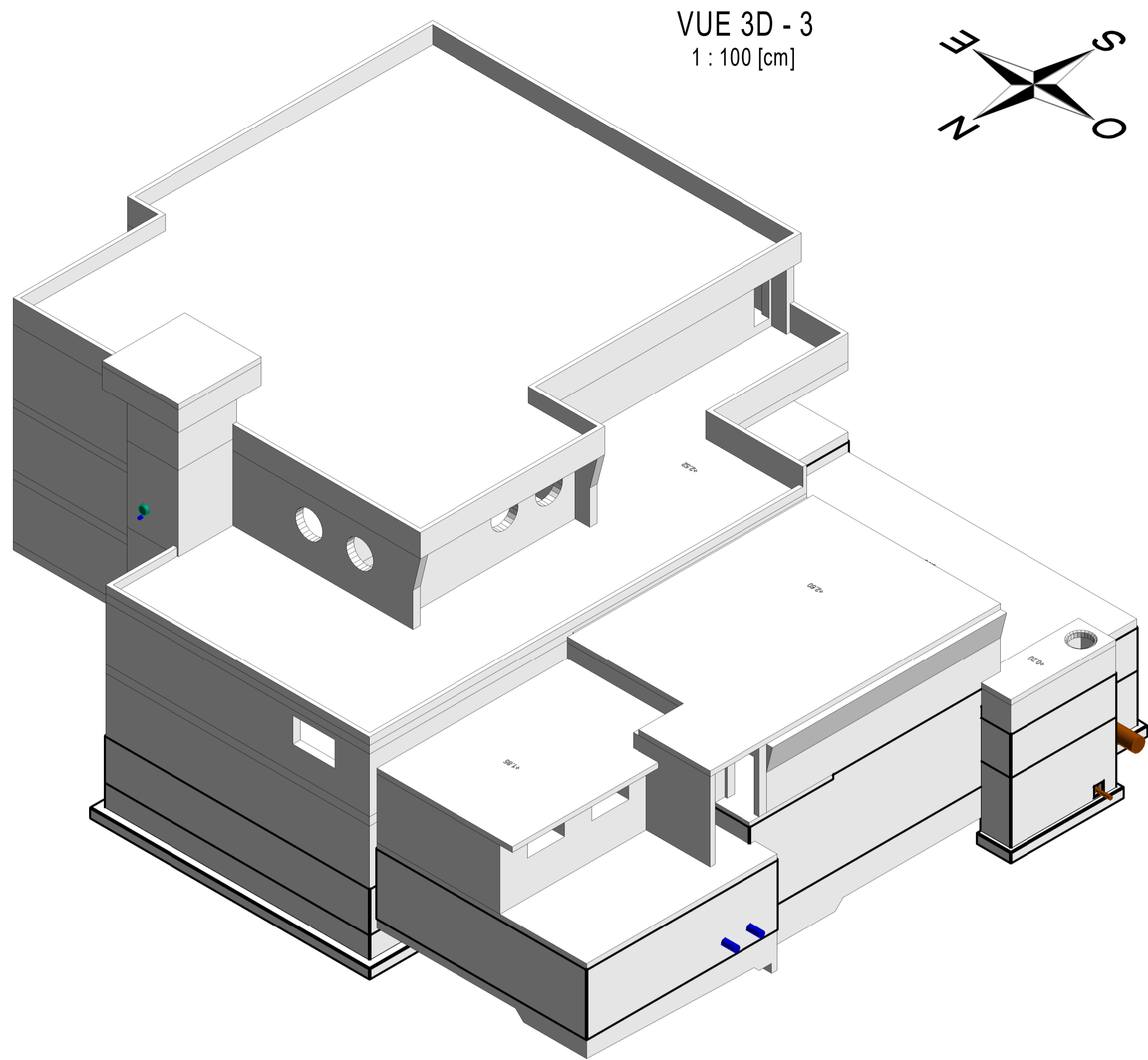
MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

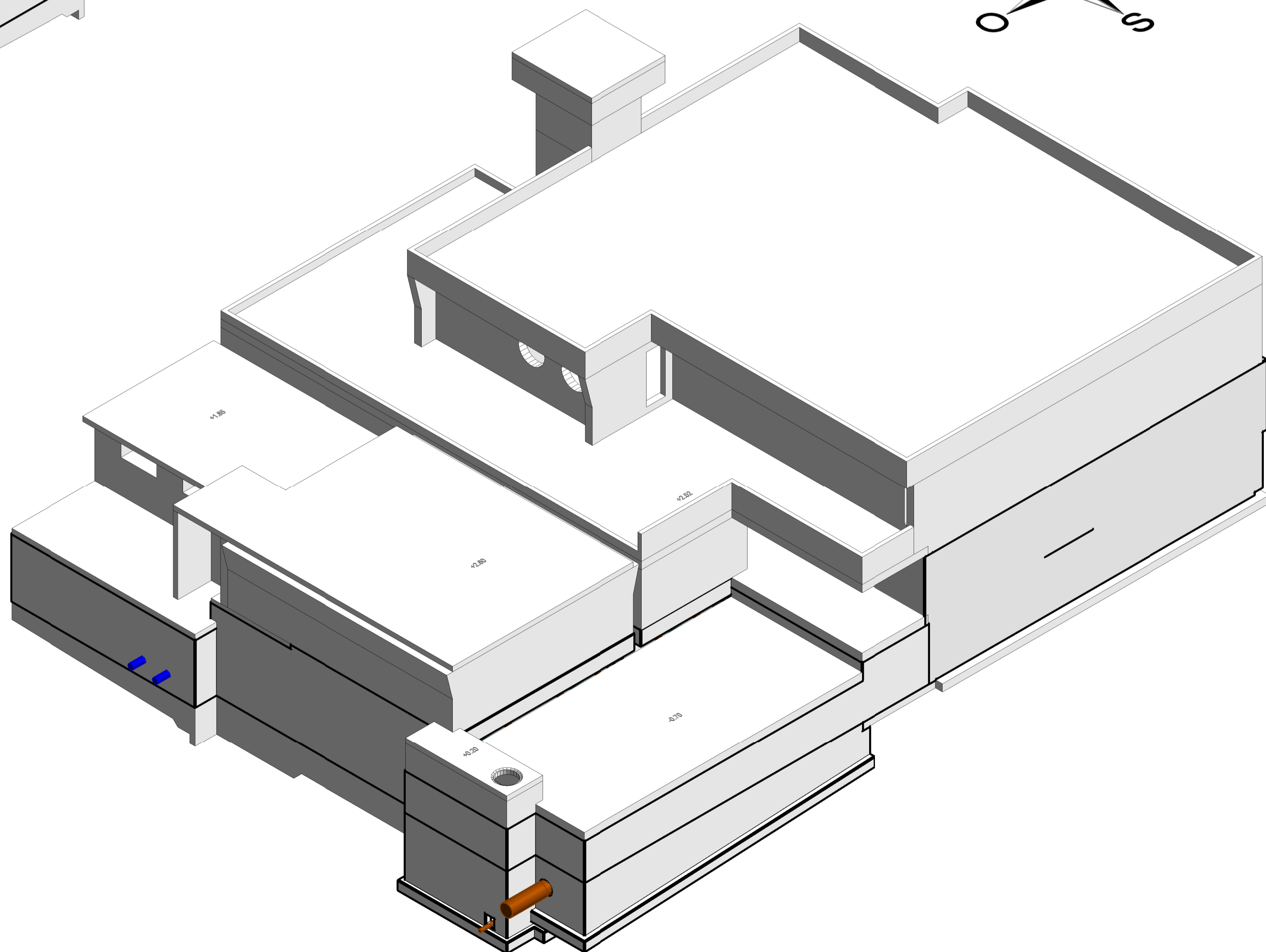
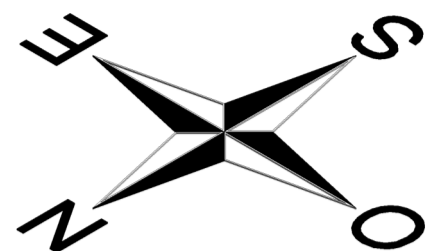
VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

Vues: Vues 3D des construire

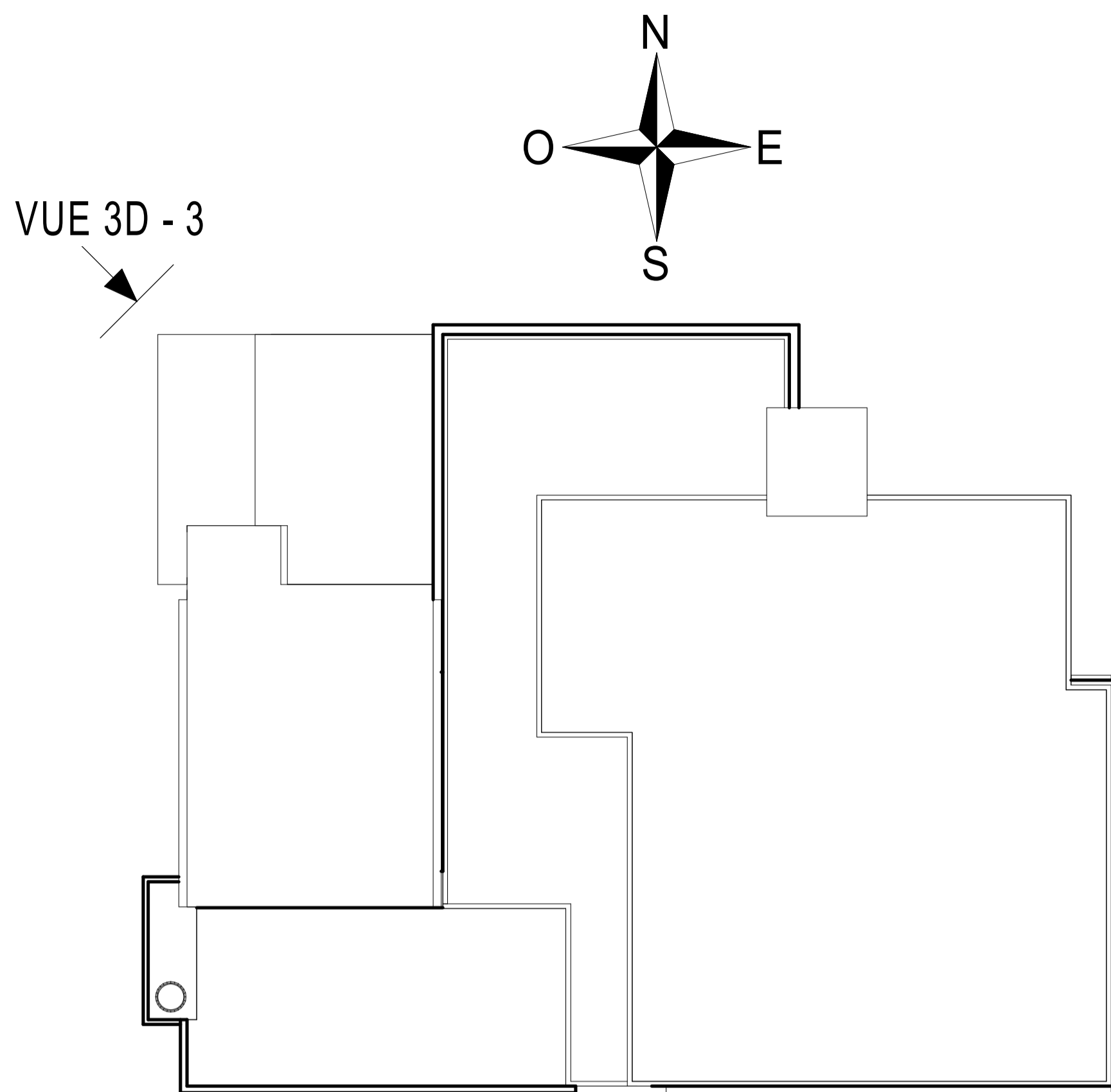
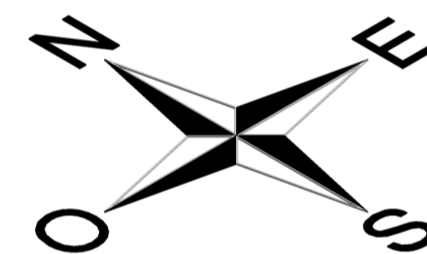
CSDINGENIEURS ⁺		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné		06.13.18/RAP	
INGÉNIEUX PAR NATURE				Contrôle		06.13.18/MLA	
Echelle				Approuvé			
1:100				Format			
N° du mandat				Phase		Plan N°	
Index							
VD 06934.300						31	
160							



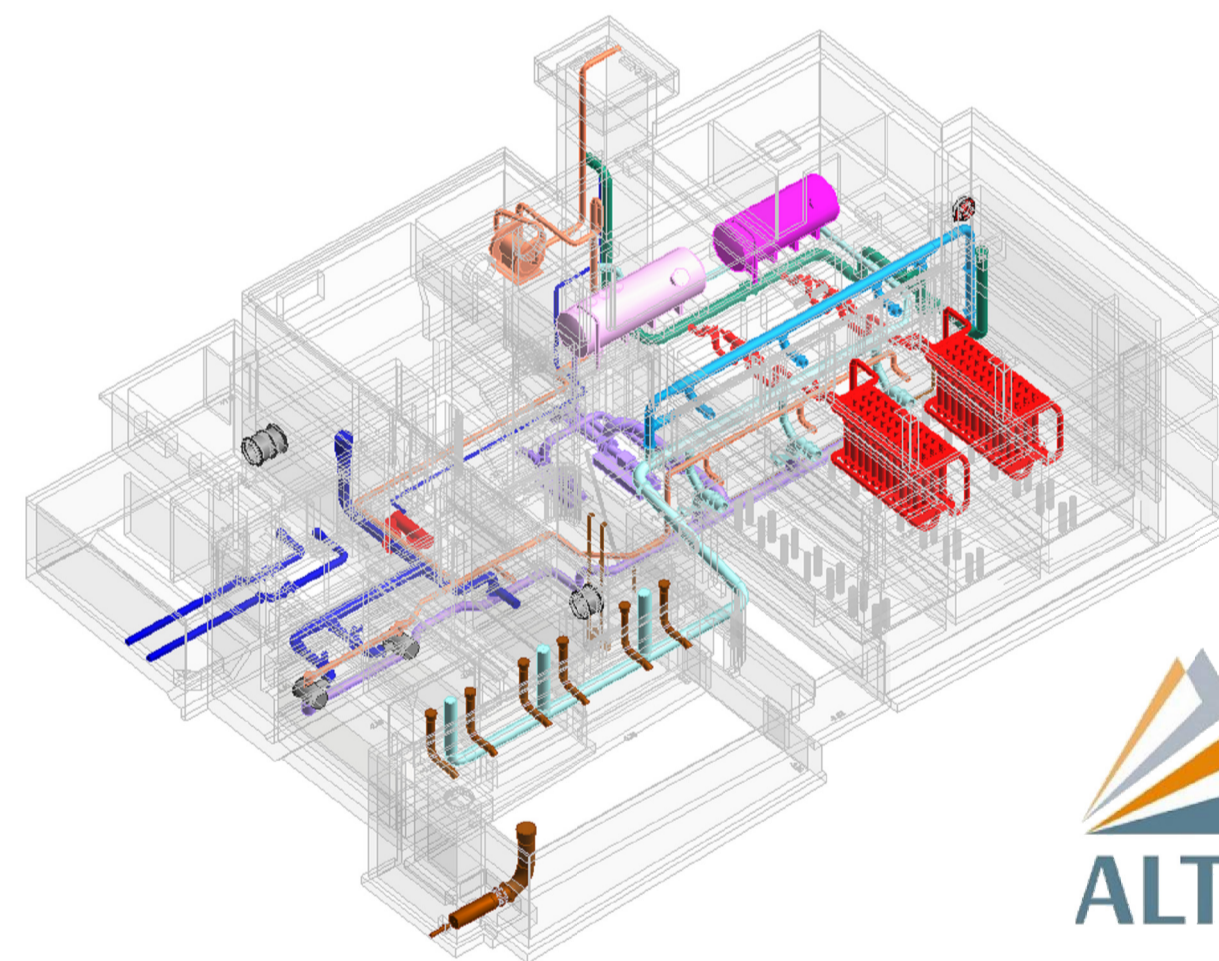
VUE 3D - 3
1 : 100 [cm]



VUE 3D - 4
1 : 100 [cm]



VUE 3D - 4



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

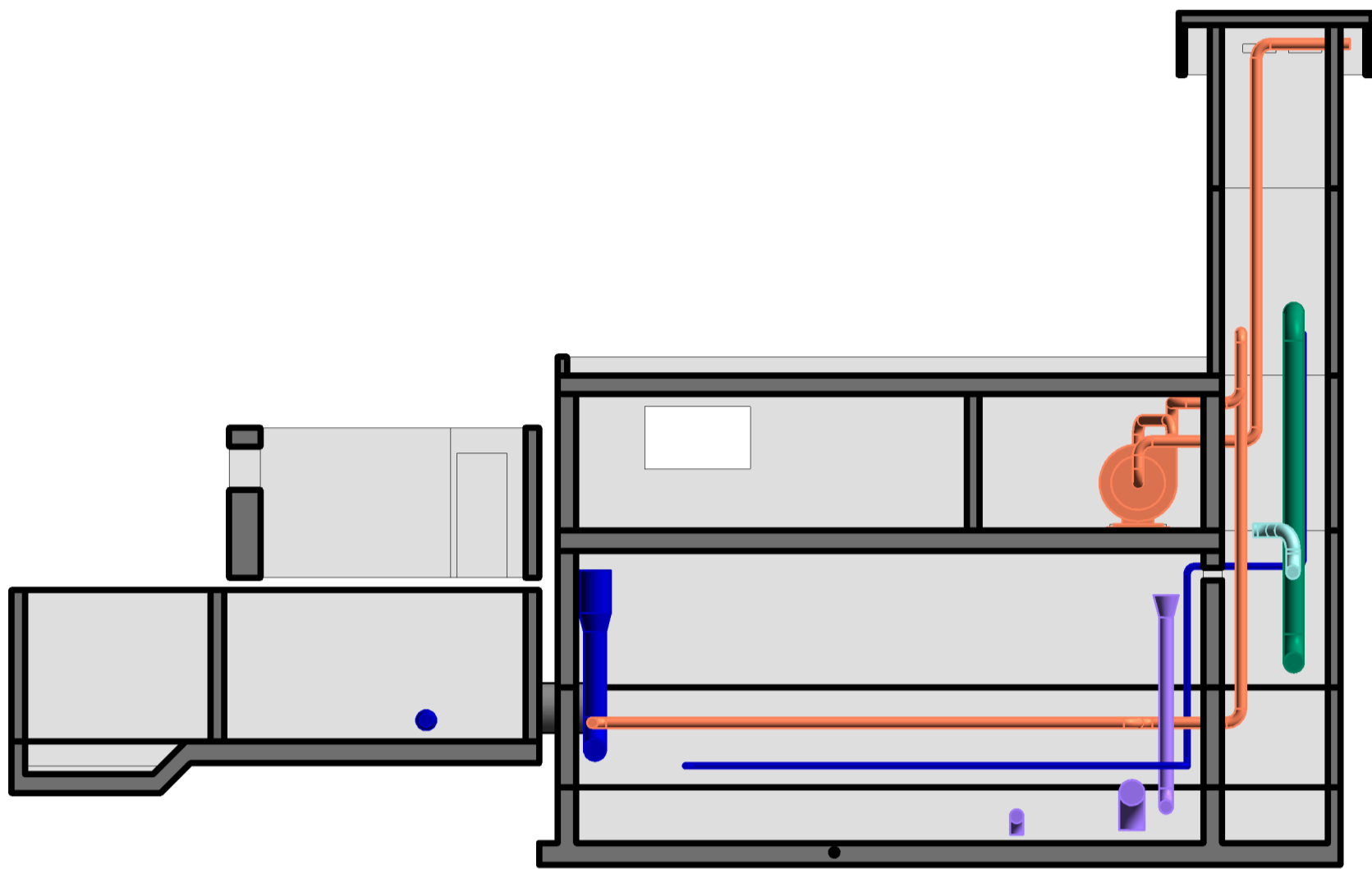
ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

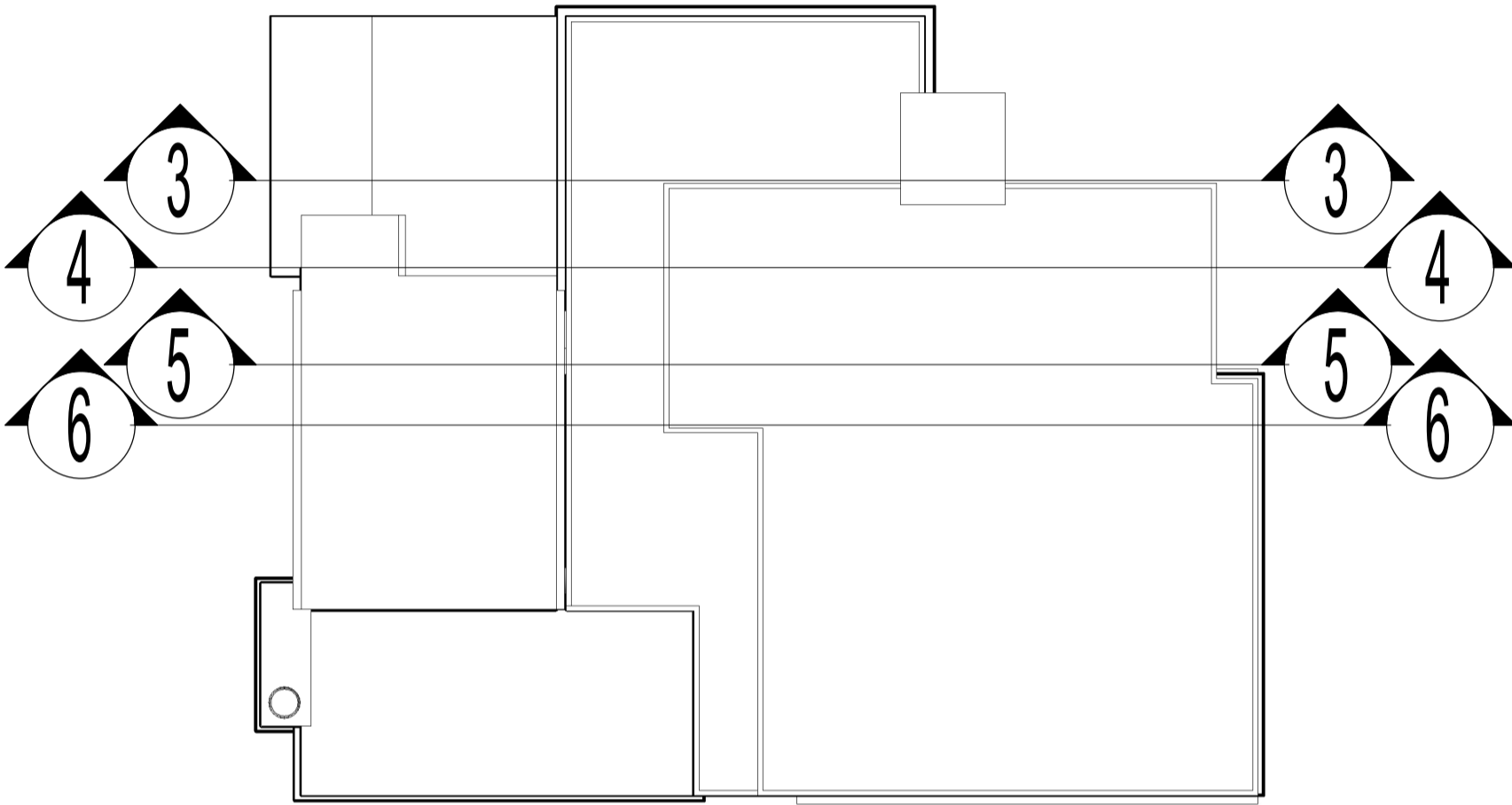
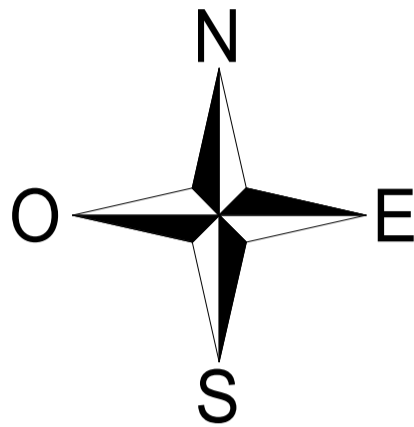
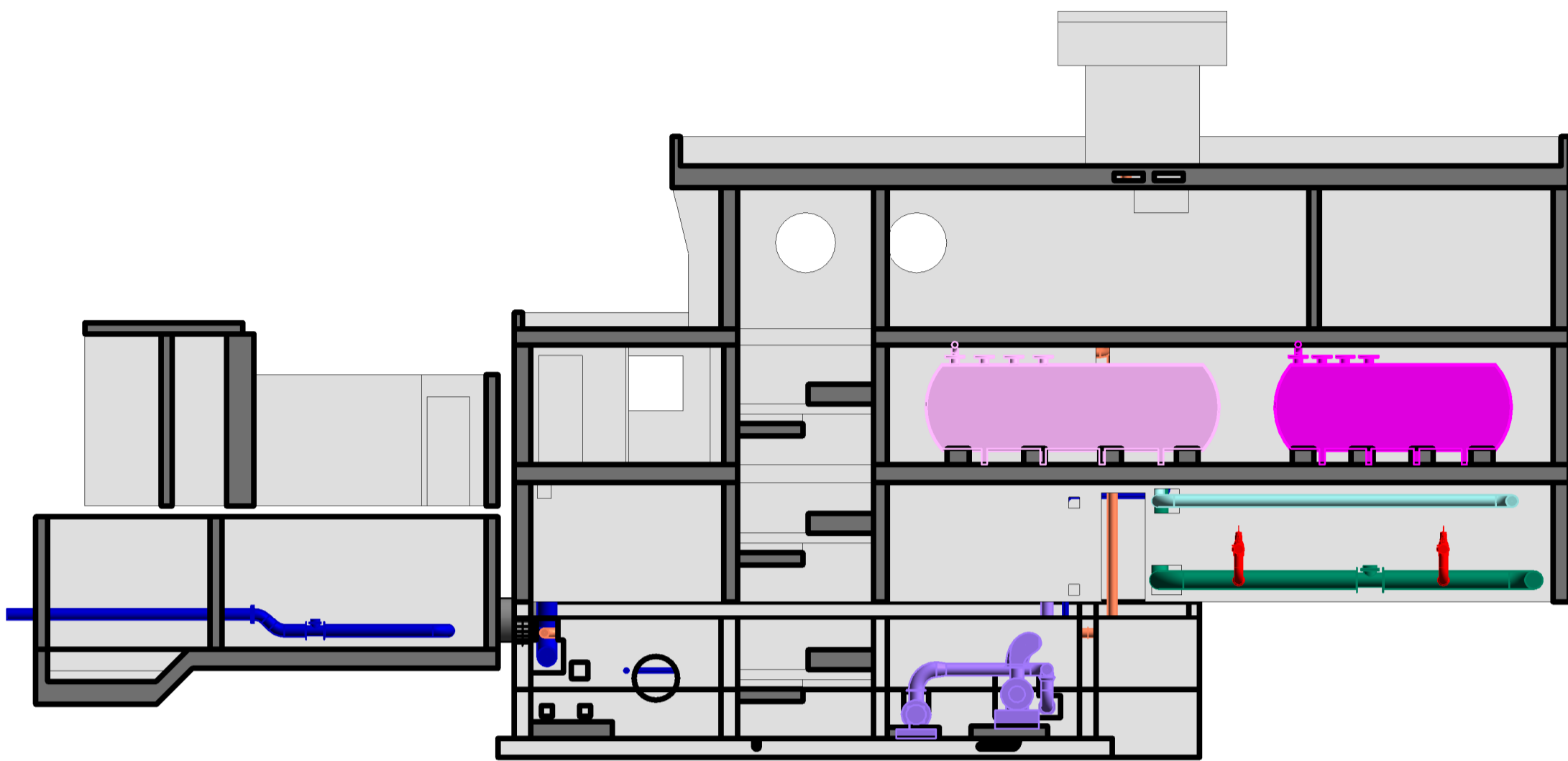
Vues: Vues 3D des construire

<div><div>CSDINGENIEURS+</div><div>INGÉNIEUX PAR NATURE</div></div> <div><div>CSD INGENIEURS SA</div><div>Chemin de Montelly 78</div><div>CH-1000 Lausanne</div><div>www.csd.ch</div></div> <div><div>t +41 21 620 70 00</div><div>f +41 21 620 70 01</div><div>e lausanne@csd.ch</div></div>	ETUDE DE VARIANTE			Dessiné		
	Echelle			Contrôle		
	N° du mandat			Approuvé		
	VD 06934.300			Format		
				Phase	Plan N°	Index
				31	170	

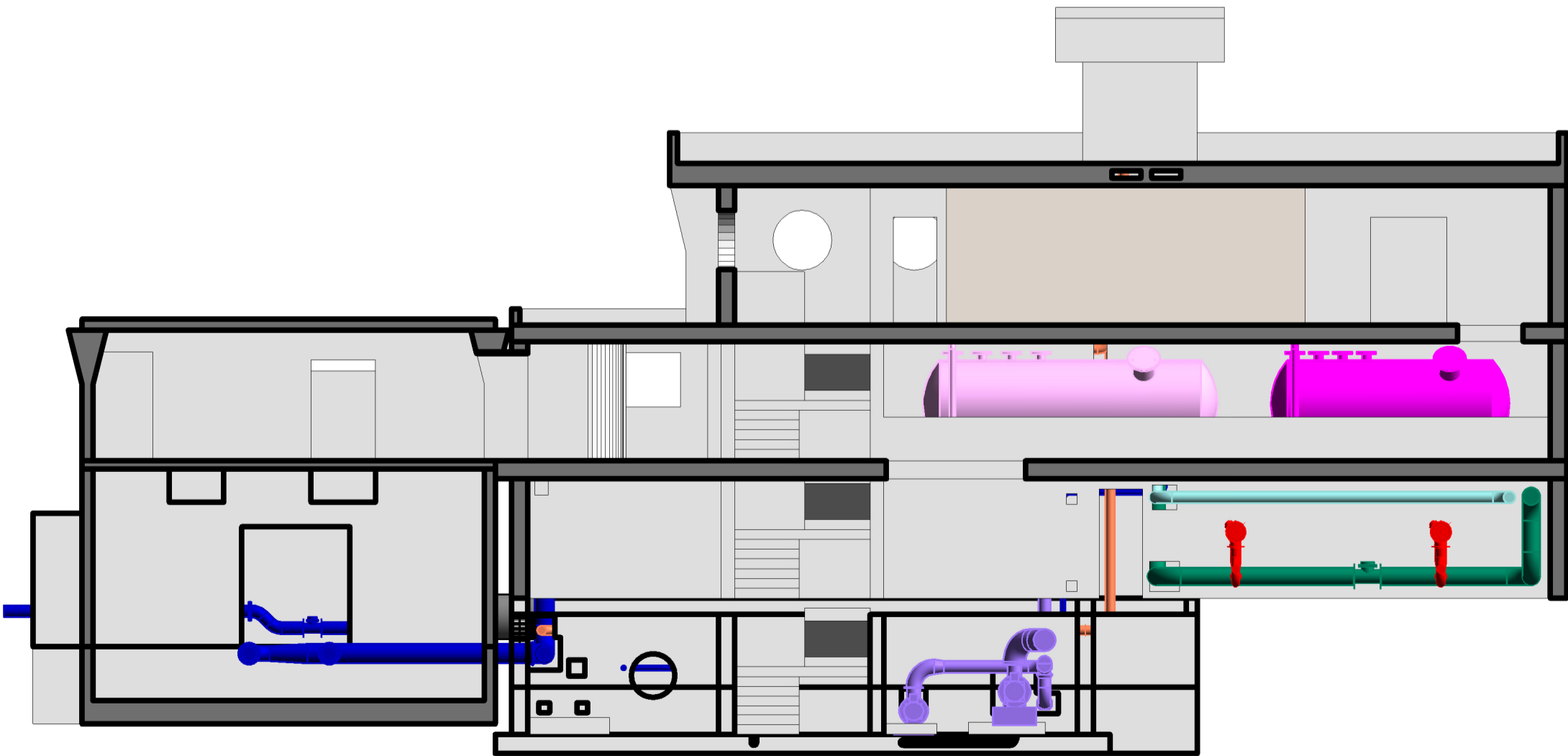
COUPE 3 - 3
1 : 100 [cm]



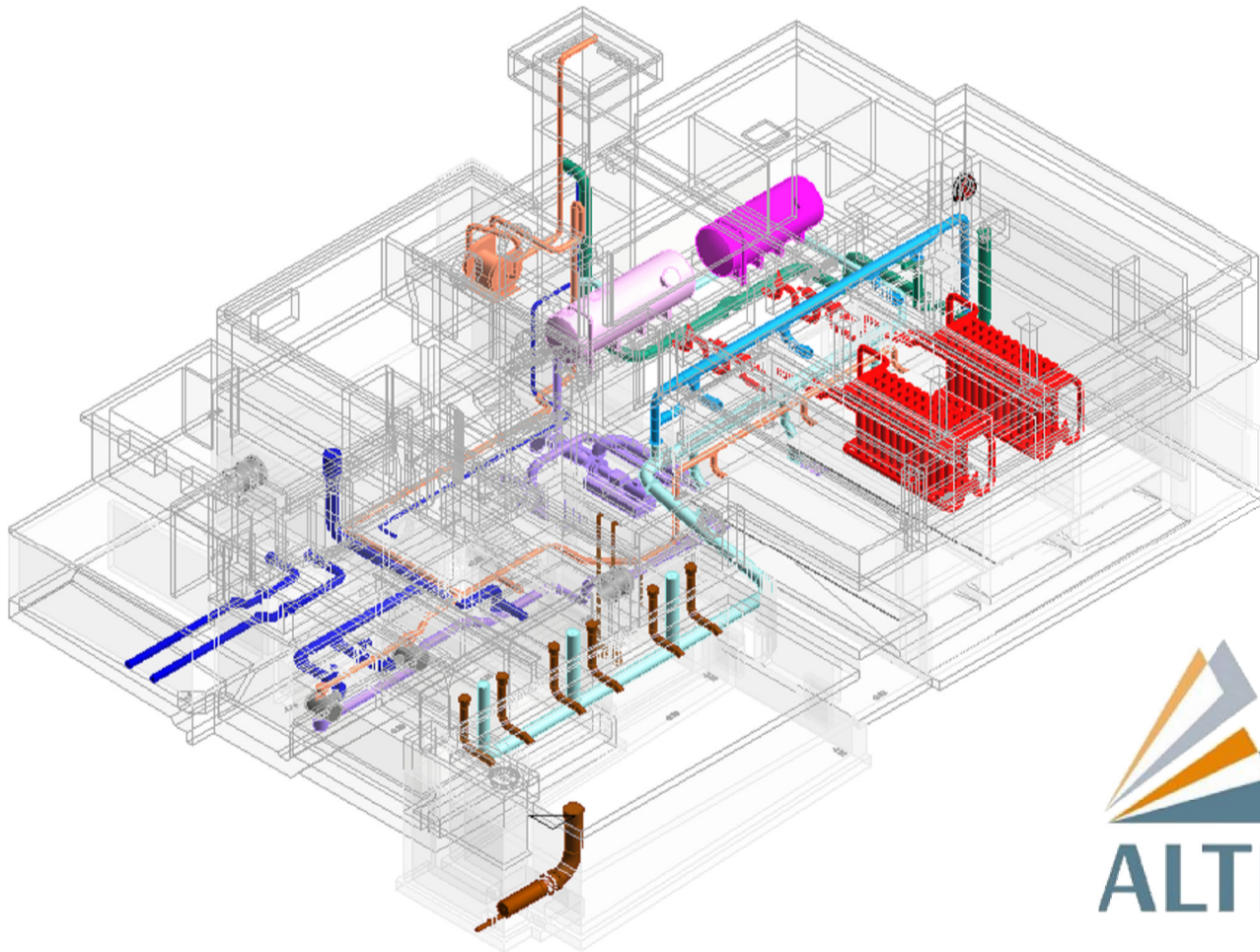
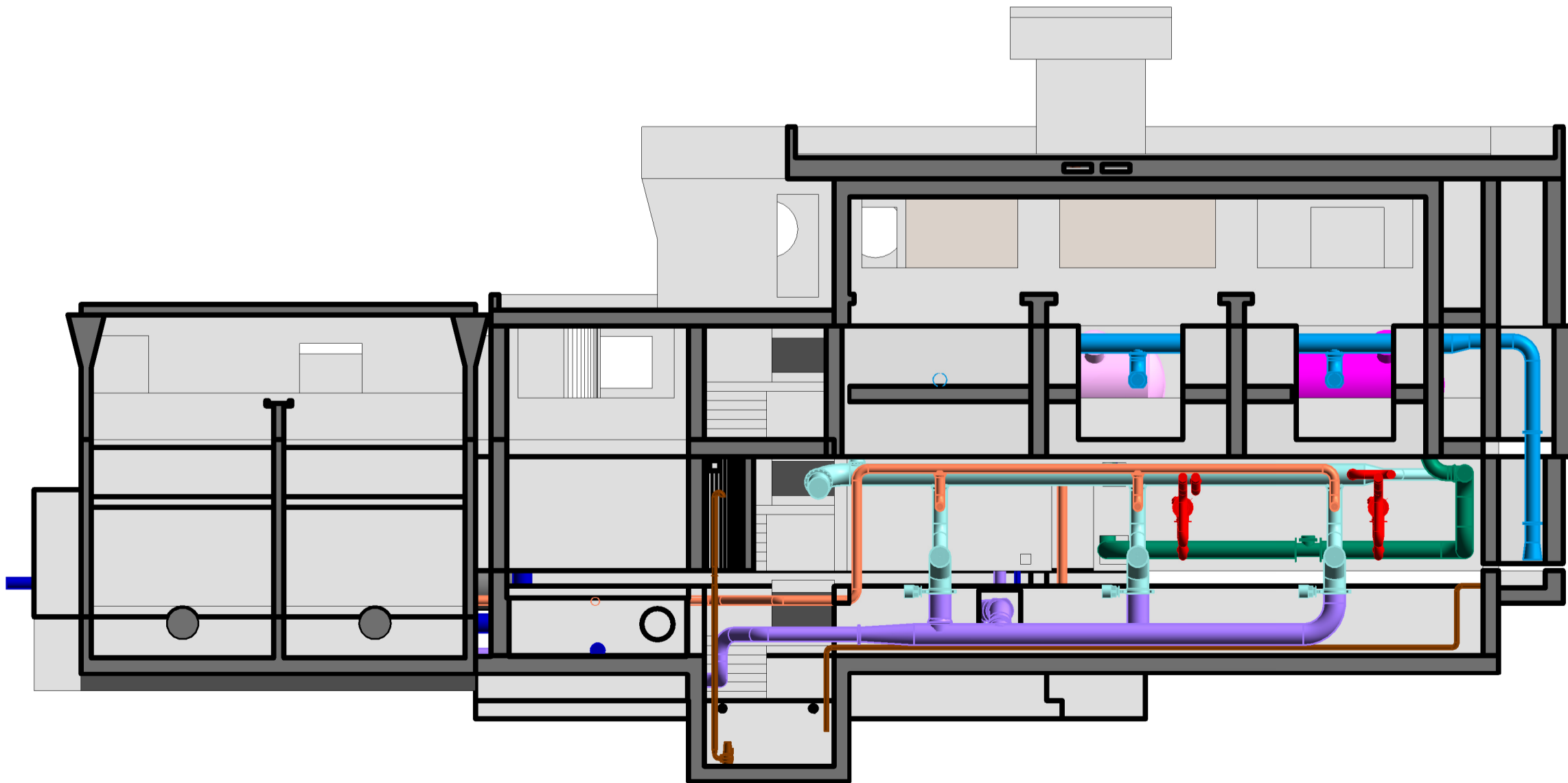
COUPE 4 - 4
1 : 100 [cm]



COUPE 5 - 5
1 : 100 [cm]



COUPE 6 - 6
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

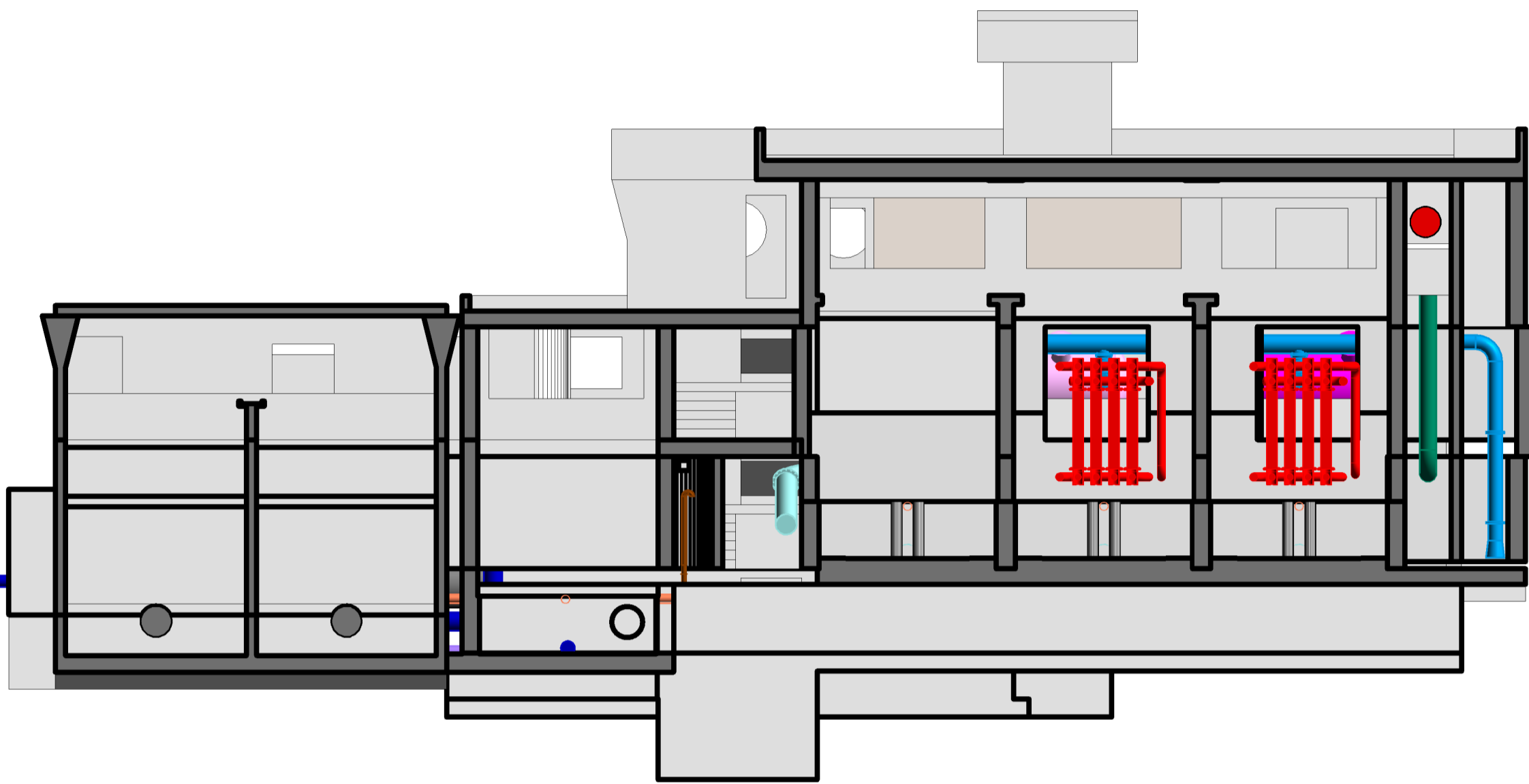
ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

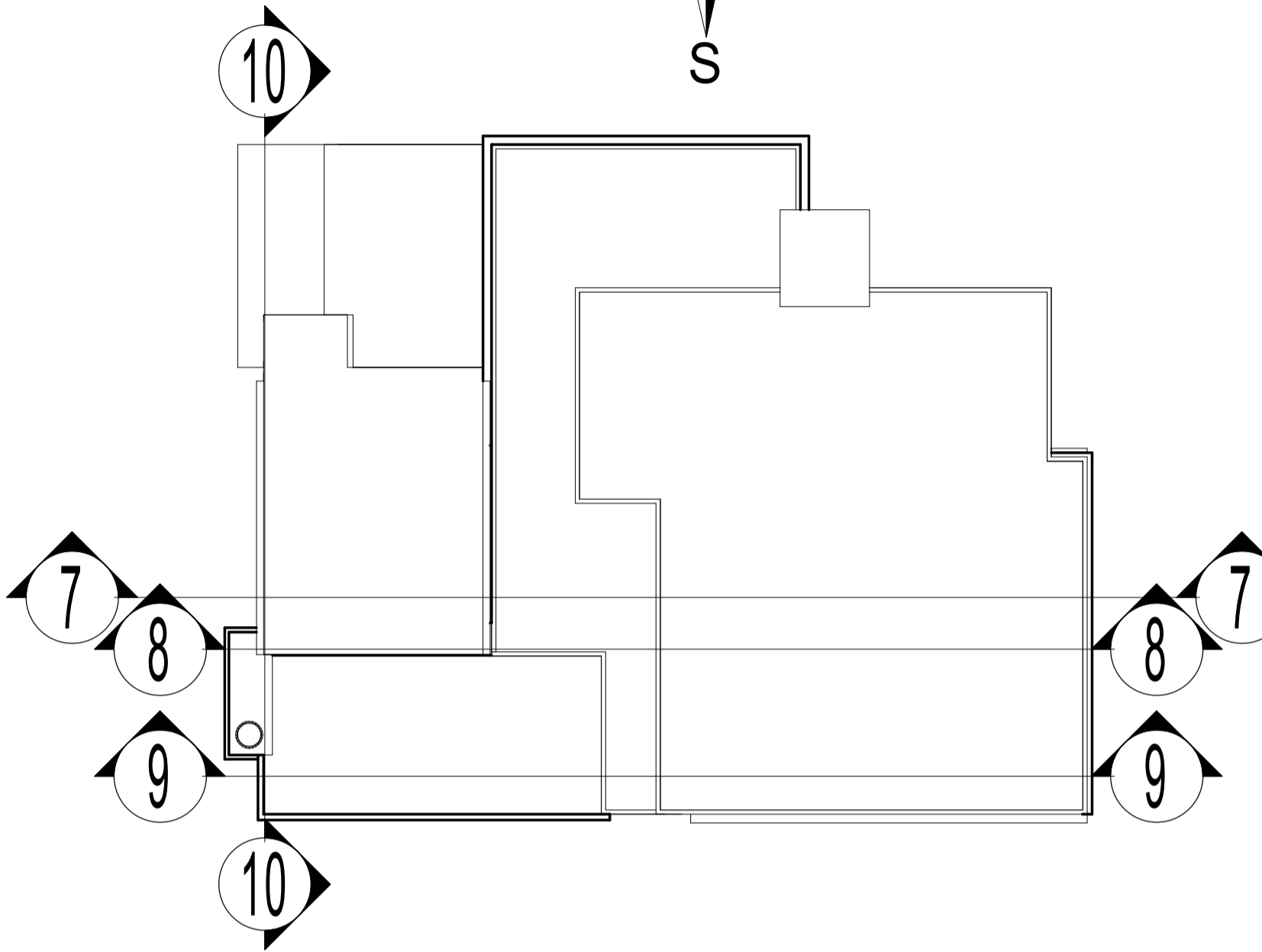
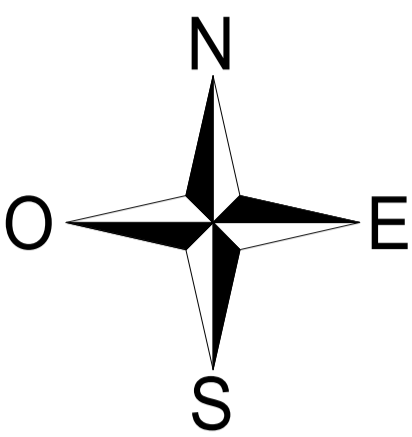
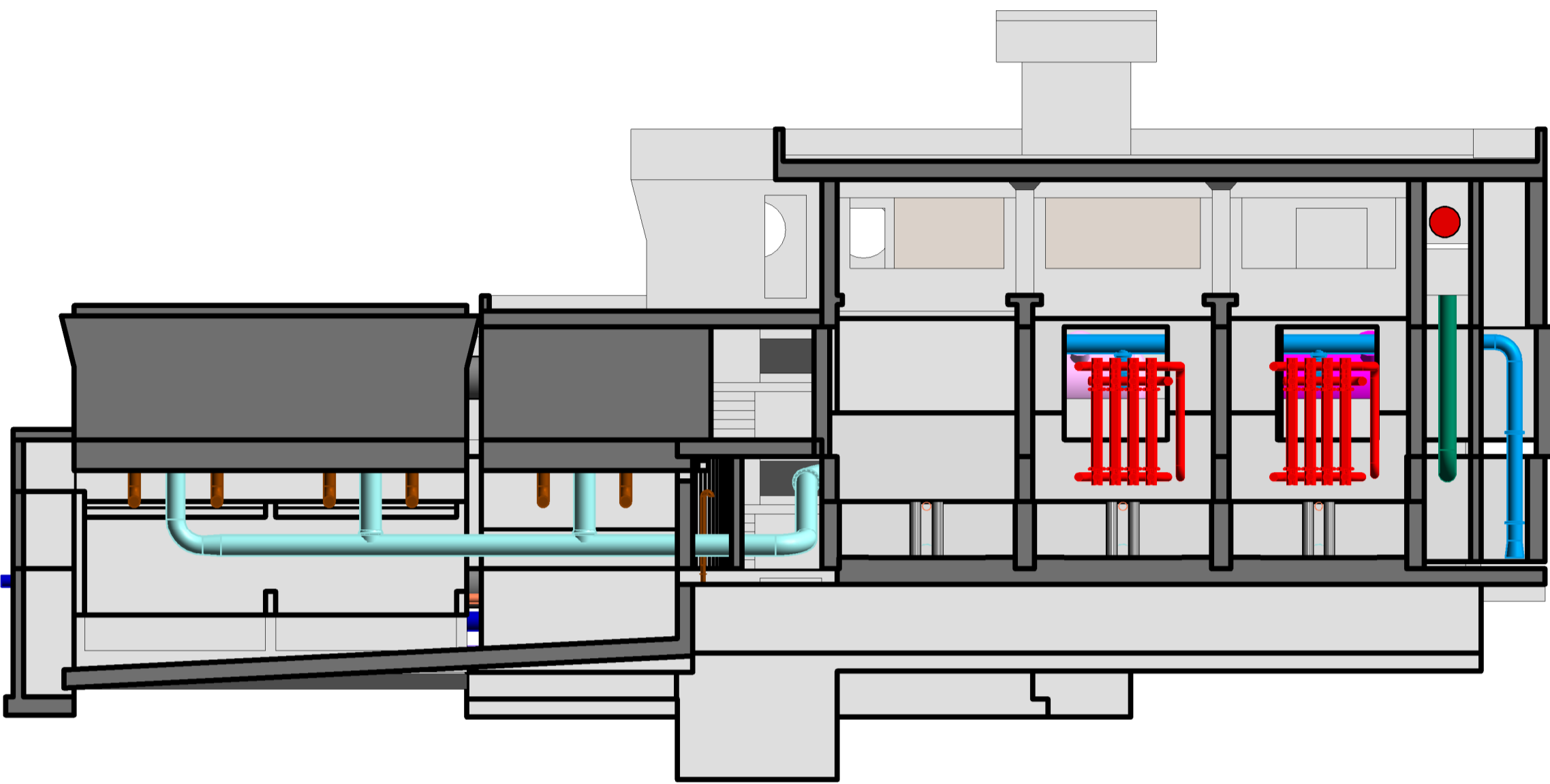
Vues: Coupes: 5; 6; 7; 8;

CSDINGENIEURS⁺		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné		06.13.18/RAP	
INGÉNIEURS PAR NATURE				Contrôlé		06.13.18/MLA	
				Approuvé			
				Format			
				N° du mandat		Phase	
						Plan N°	
						Index	

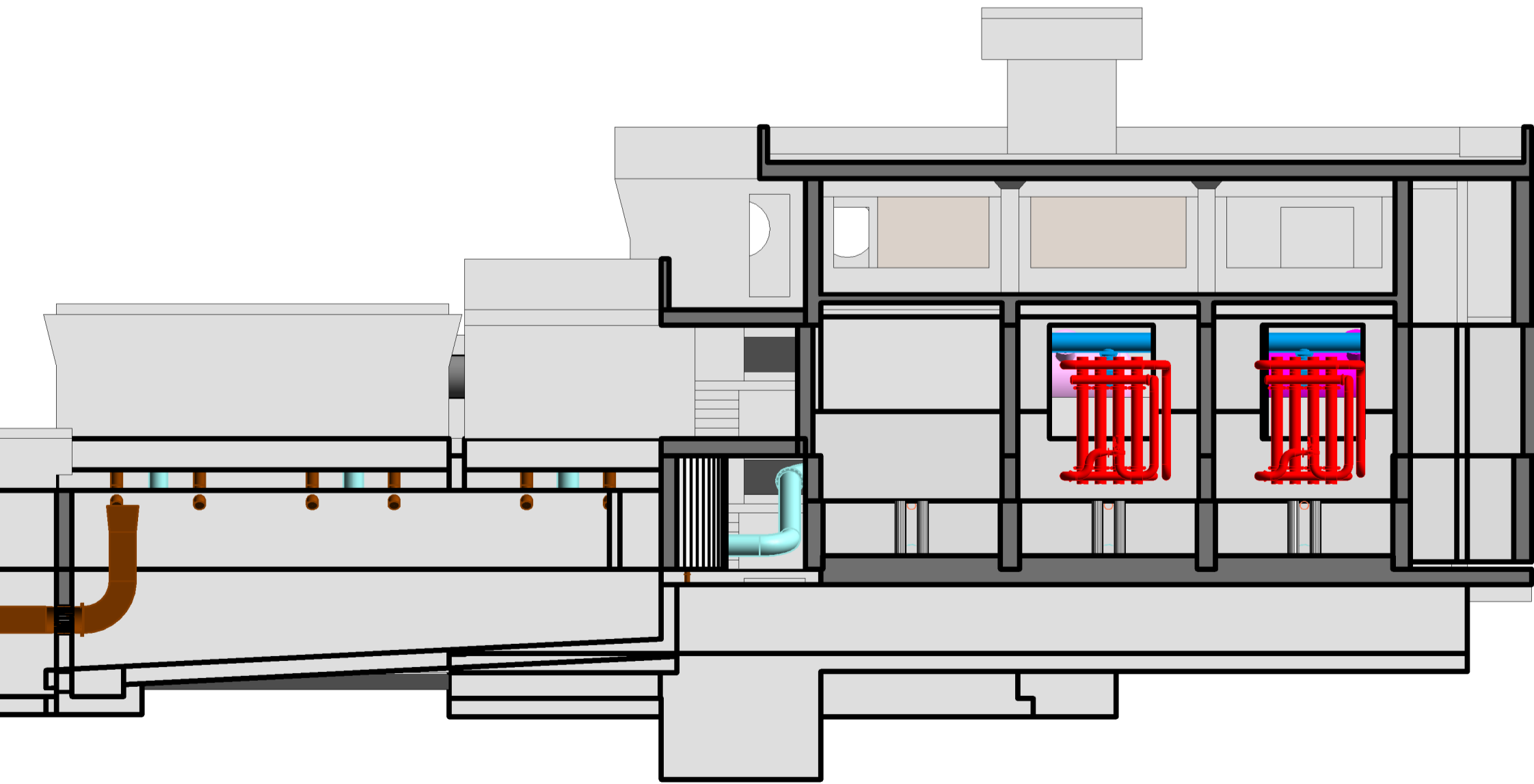
COUPE 7 - 7
1 : 100 [cm]



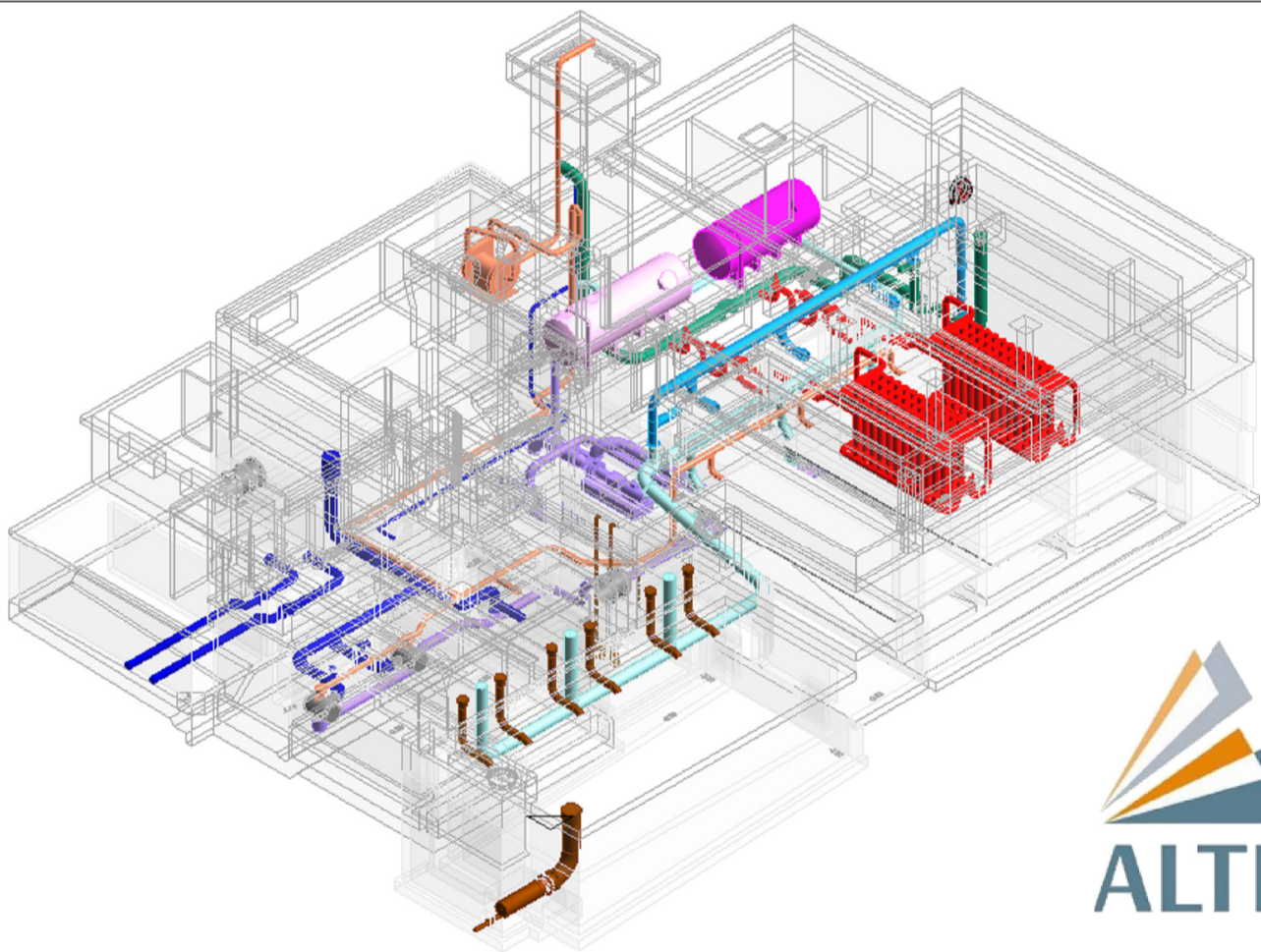
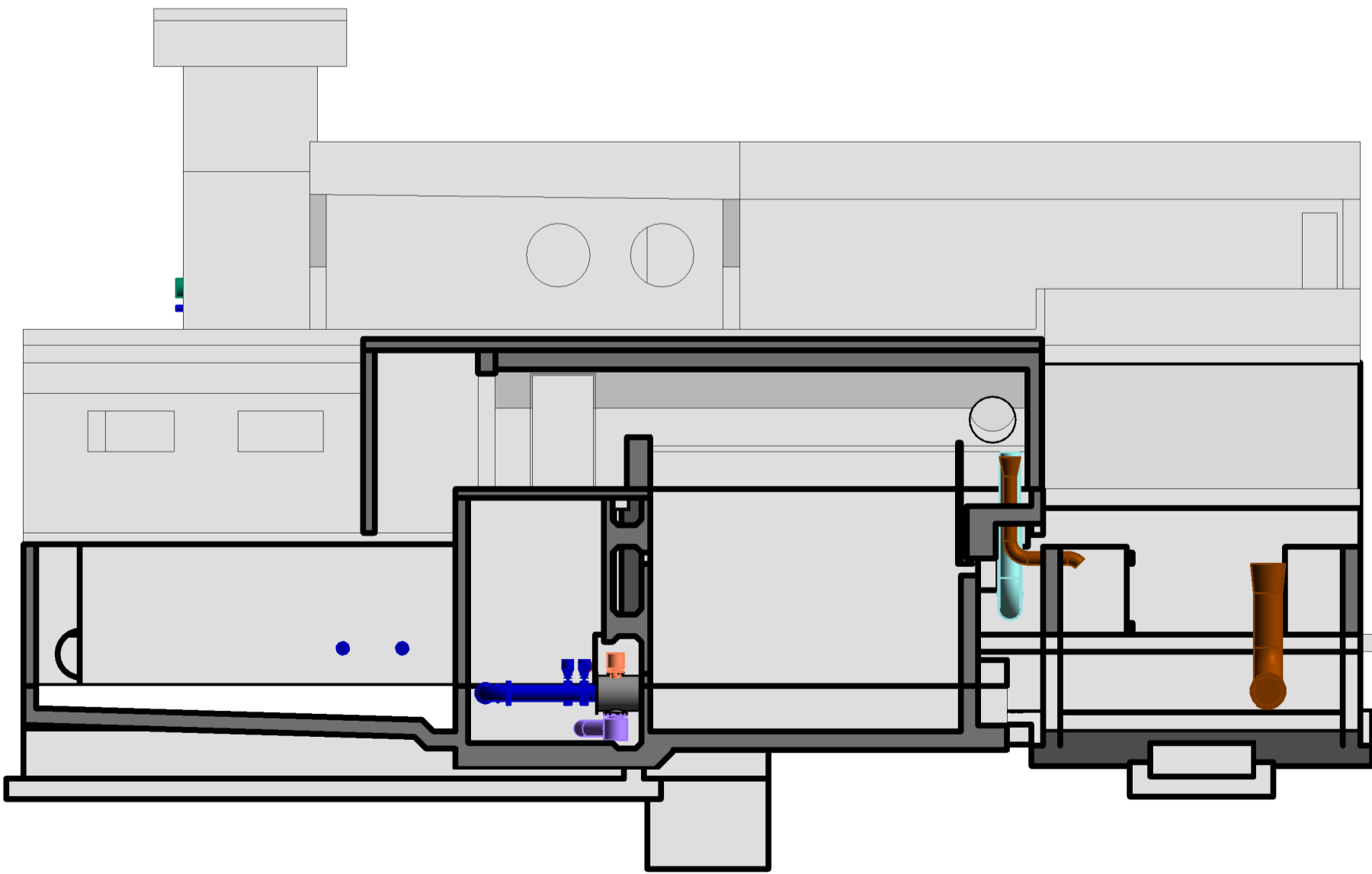
COUPE 8 - 8
1 : 100 [cm]



COUPE 9 - 9
1 : 100 [cm]



COUPE 10 - 10
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

Vues: Coupes: 9; 10; 11; 12;

CSDINGENIEURS⁺
INGÉNIEUX PAR NATURE

CSD INGÉNIEURS SA
Chemin de Montelly 78
CH-1000 Lausanne
www.csd.ch

t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
e lausanne@csd.ch

ETUDE DE VARIANTE

Echelle

1:100

N° du mandat

VD 06934.300

Dessiné 06.13.18/RAP

Contrôlé 06.13.18/MLA

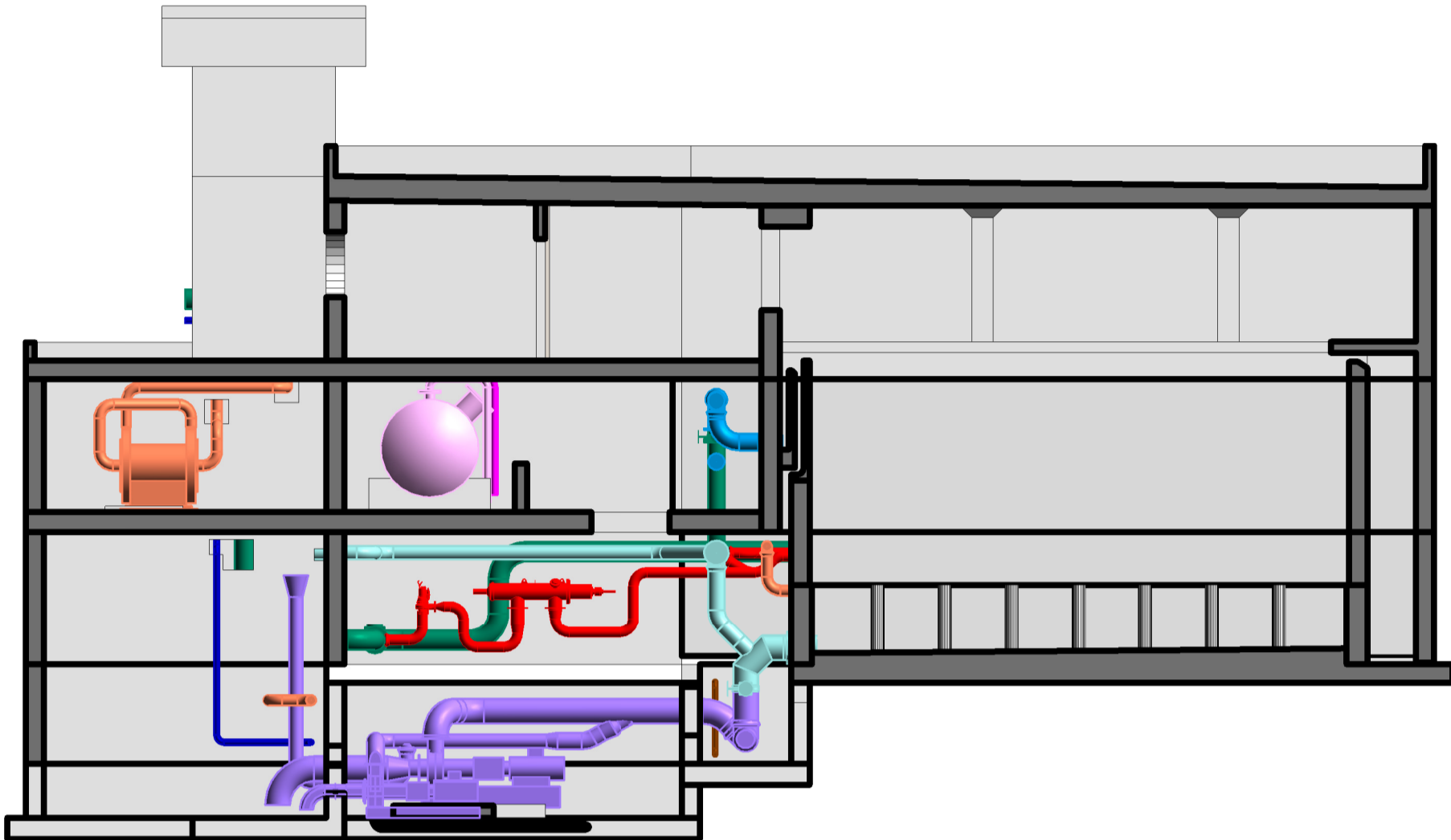
Approuvé

Format

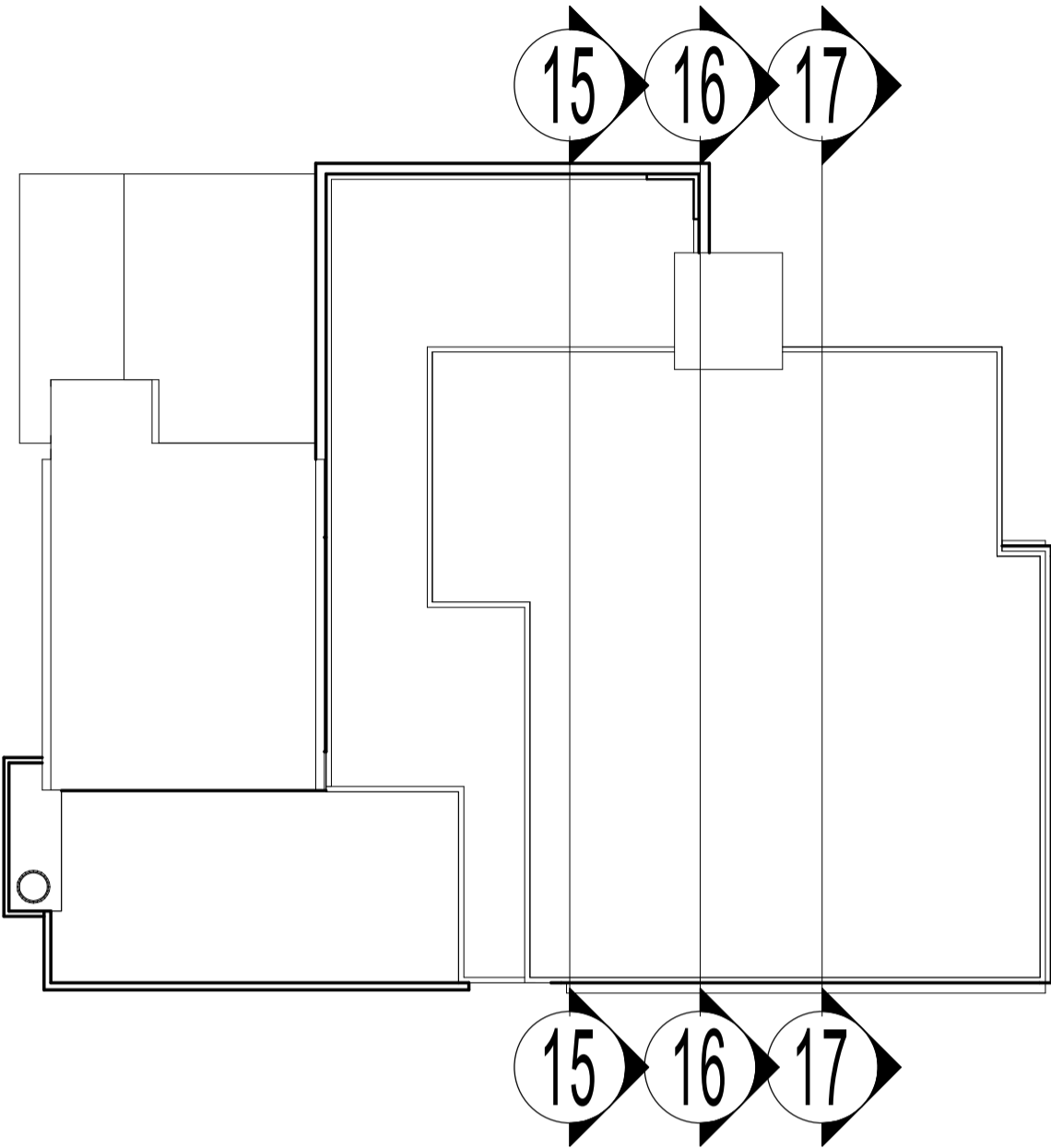
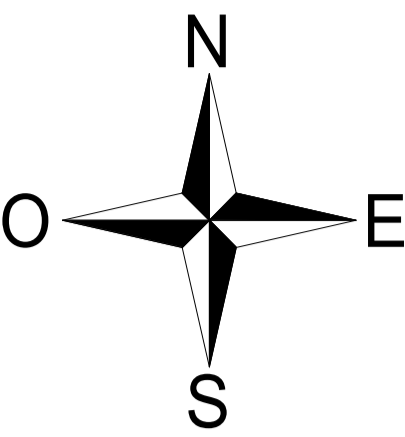
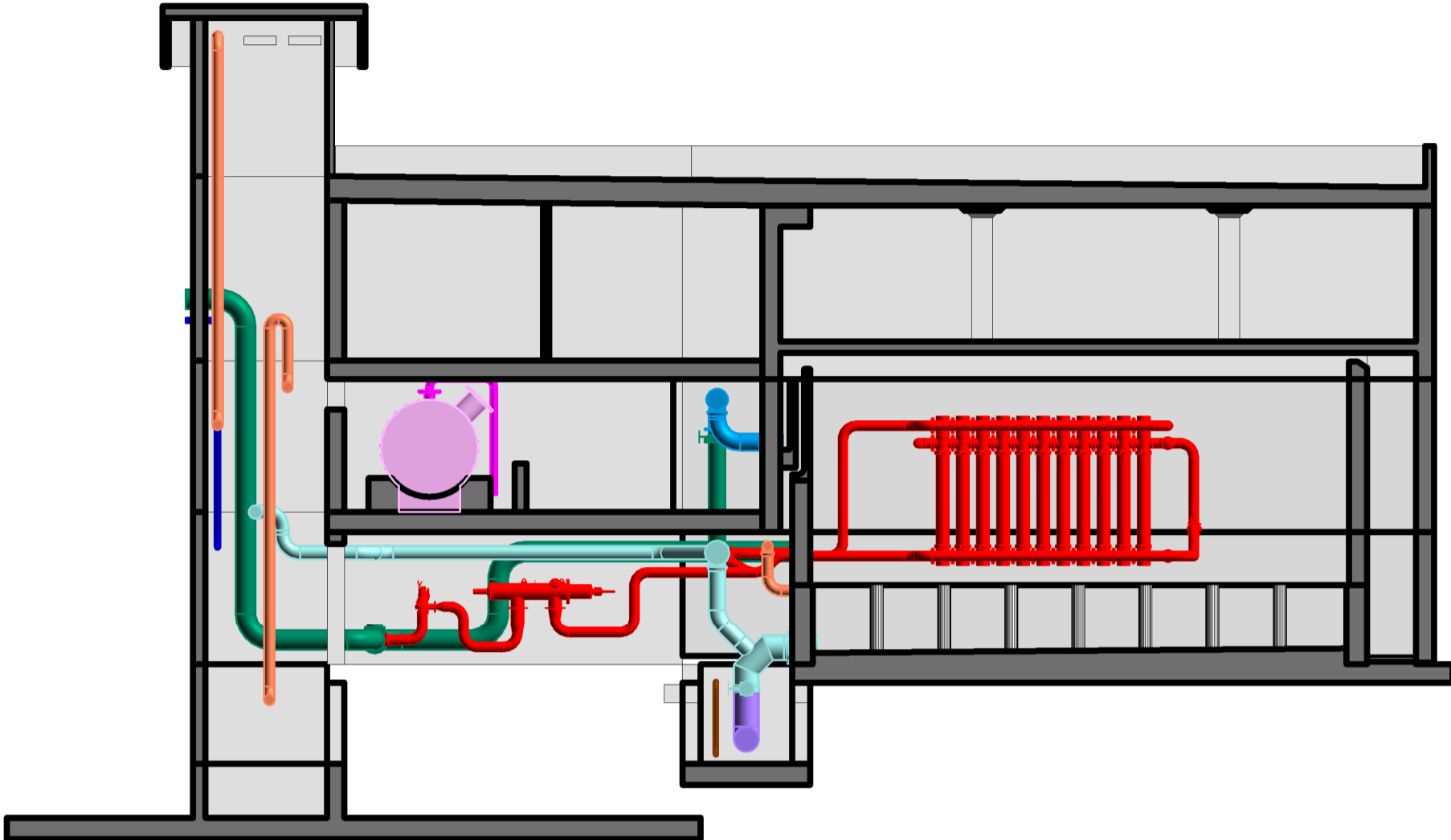
Phase Plan N° Index

31 190

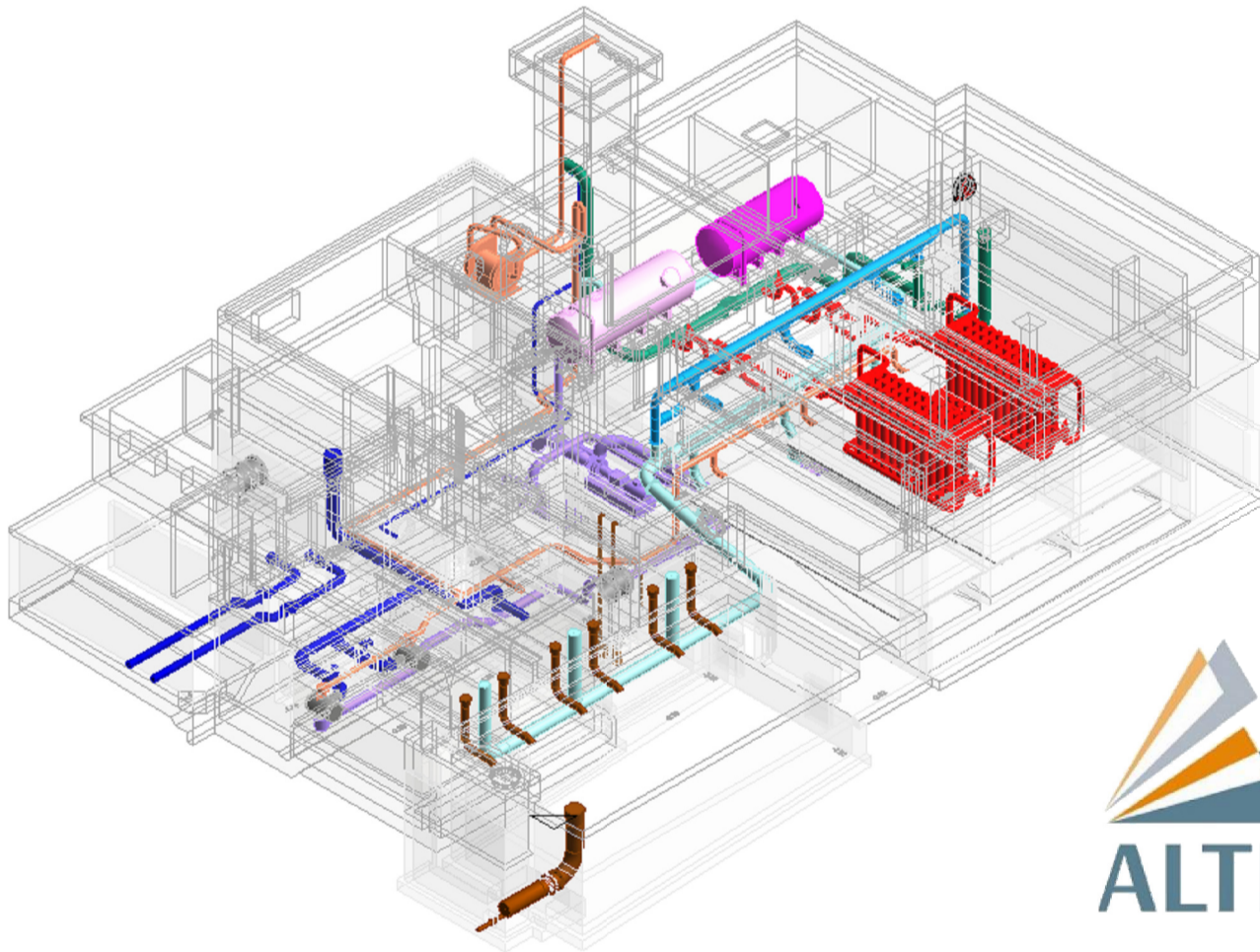
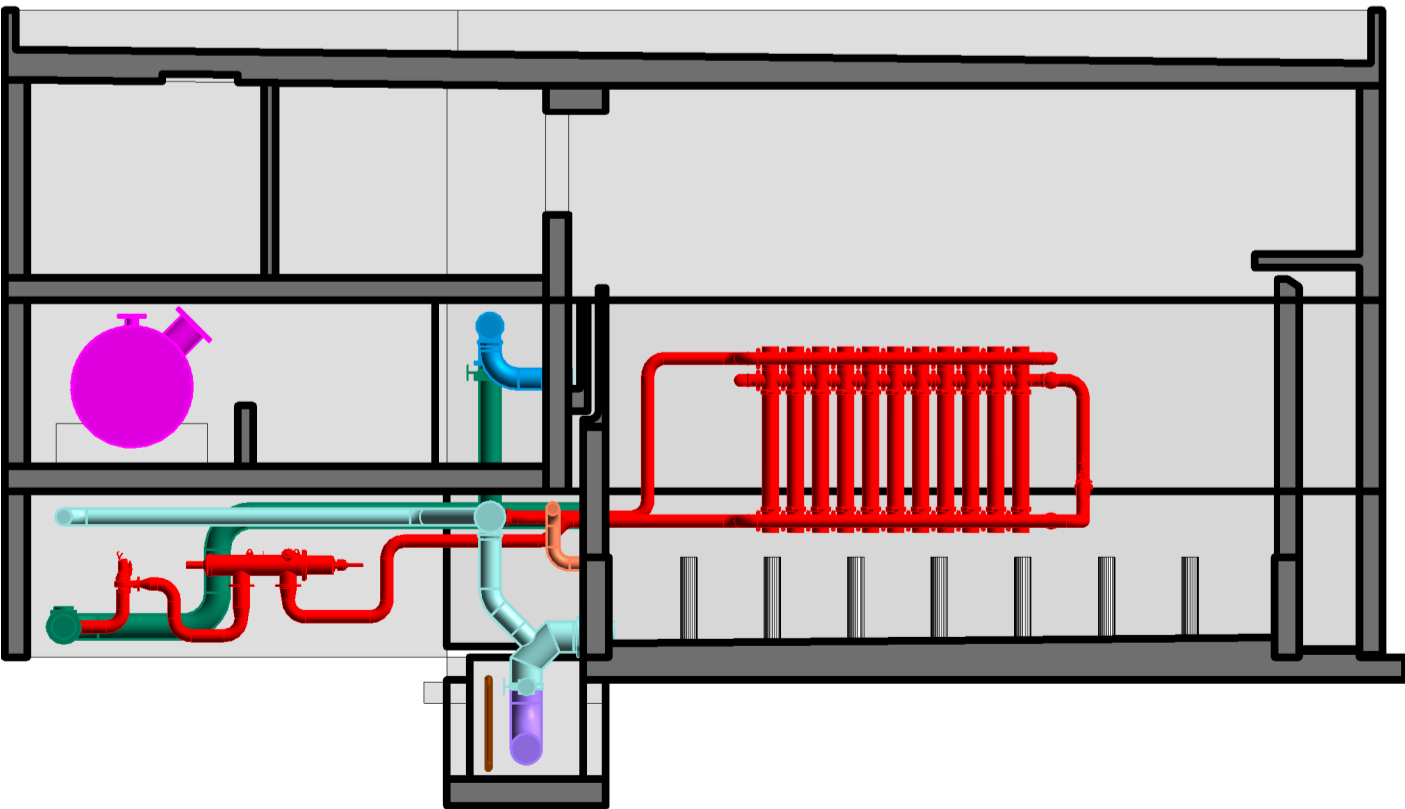
COUPE 15 - 15
1 : 100 [cm]



COUPE 16 - 16
1 : 100 [cm]



COUPE 17 - 17
1 : 100 [cm]



MODIFICATIONS				
Indice	Contrôle	Approuvé	Approuvé	Description des modifications
-				
A	VDMLA	VDGCO	VDGCO	PREMIERE VERSION
B				
C				
D				

ETUDE DE RÉHABILITATION DE L'USINE DE TRAITEMENT DES
RUINETTES SIB - ALTIS

VARIANTE 3 - SOLUTION MEMBRANES

Vues: Coupes: 17; 18; 19;

CSDINGENIEURS ⁺		ETUDE DE VARIANTE		Dessiné		06.13.18/RAP	
INGÉNIEURS PAR NATURE				Contrôle		06.13.18/MLA	
				Echelle		Approuvé	
				1:100		Format	
				N° du mandat		Phase	
						Plan N°	
						Index	
						VD 06934.300	
						31	
						200	