



**HAL**  
open science

# Étude de faisabilité de ressources alternatives pour l'irrigation sur le territoire Centre-Nord du SDEA

Béatrice Lanzi

► **To cite this version:**

Béatrice Lanzi. Étude de faisabilité de ressources alternatives pour l'irrigation sur le territoire Centre-Nord du SDEA. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03603222

**HAL Id: dumas-03603222**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03603222>**

Submitted on 9 Mar 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Mémoire de TFE présenté pour l'obtention du  
Diplôme d'ingénieur de l'ENGEES**

**Etude de faisabilité sur la  
mise en place de  
ressources alternatives  
d'irrigation sur le  
territoire Centre-Nord du  
SDEA**

Stage réalisé du 04/01/2021 au 02/07/2021

**Béatrice LANZI**

**Promotion Liège**

**2018-2021**

Tuteur de stage : Franck PERRU



## Résumé

L'étude fait suite à des demandes de la Chambre d'Agriculture d'Alsace, et de l'Agence de l'eau.

Les périodes d'irrigation coïncident avec les périodes d'étiage des cours d'eau, mettant ainsi en difficulté leur fonctionnement biologique, et le bon développement des cultures. L'objectif est donc ici d'explorer des pistes de ressources alternatives potentielles.

Parallèlement, de nombreuses ressources, souterraines et superficielles, se retrouvent contaminées par l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais, ceci mettant en danger la biodiversité et rendant les ressources impropres à la consommation. Le SDEA (organisme d'accueil) cherche à proposer des projets permettant de proposer des ressources alternatives pour remédier aux déficits hydriques, afin de mettre en place des partenariats avec la profession agricole, dont les deux projets envisagés sont deux exemples distincts.

Dans un premier temps, il est étudié la possibilité de remettre en fonctionnement deux forages d'eau potable inexploitable à Mommenheim. Bien que le site ne soit pas idéalement placé géographiquement, du fait des nombreuses traversées nécessaires pour atteindre les terrains agricoles, il est possible d'envisager des propositions cohérentes techniquement et financièrement. Les capacités des puits sont cependant bien plus faibles que les besoins. En échange, la profession pourrait, sur une partie du territoire, substituer les cultures nécessitant le plus d'intrants ou bien passer en agriculture biologique, par exemple.

Dans un second temps, on envisage la réutilisation des eaux usées traitées, une pratique qui prend de plus en plus d'ampleur notamment du fait de la parution du règlement européen en 2020, pour substituer un forage dans la nappe d'Alsace dans un réseau d'irrigation à grande échelle en cours de conception. Si la station à l'étude se montre adéquate, la situation de fragilité toute particulière du milieu naturel (la Souffel) fait qu'il est très difficile d'envisager un projet combinant économie et bénéfice environnemental. Cependant, quelques propositions à vocation s'apparentant plus à de la GEMAPI peuvent être étudiées et s'avérer économiquement cohérentes, à défaut d'être avantageuses.

## Abstract

The study follows suit to requests by the the Chambre d'Agriculture d'Alsace, and the french Agence de l'eau. During summers, increase in irrigation needs combined with low water levels are found to endanger both biodiversity and crops. The following study is part of a bigger movement by the community aiming at the discovery of alternative water resources.

Meanwhile, many water resources, whether underground or ground level, are found to have been contaminated with residues of both pesticides and fertilizers. Due to these findings, the lifestyle of many species has been modified and endangered, whereas these water resources are rendered unfit for human consumption. The syndicate which offers the internship is looking for ways to incorporate a cooperative agreement into future projects, in order to both find new sustainable and steady water resources, of which the following two projects are examples.

On the one hand, in Mommenheim, two wells that have been unfit to use for human consumption came up when thinking of new resources for irrigation. Although without an optimal placement due to the numerous obstacles separating the wells and the land, it is possible to think of somewhat coherent ways to make this vision come to life. However, the wells can only produce a fairly limited amount of water, and will not be able to properly comply with all of the agricultural need. In exchange for these additional resources, some crops could be replaced with other species that are known to be less damaging to the environment.

On the other hand, the perspective of reusing the treated wastewater coming out of the Griesheim-sur-Souffel treatment plant, a practice which has been brought up increasingly in France and Europe (namely due to the European regulation coming out in 2020), is being investigated in a local irrigation project with the hope of replacing one of the wells planned in the project. Although the plant is deemed fit to do so, the local river appears to be so damaged and fragile that any project cannot combine both economic and ecological gain. However, some proposals which are mainly meant to help the river can be brought up and find themselves to be, at least, economically coherent.

## Remerciements

Ce document représentant l'aboutissement de mes trois années d'enseignement à l'ENGEES, il n'est que justice de remercier dans un premier temps tout le corps enseignant, toute l'équipe pédagogique et la direction des études. J'ai eu envie de travailler dans le domaine de l'eau depuis des années, et ce cursus a été mieux que je n'aurai pu l'imaginer sur tous les niveaux, et une expérience très enrichissante, notamment grâce à leurs efforts et ceux de leurs prédécesseurs. Donc merci beaucoup !

Je me dois également de remercier mon tuteur de stage Franck Perru, plein de bons conseils et de bienveillance, merci de m'avoir fait confiance pour ces projets, et merci à toutes les personnes qui ont pu me guider pendant ce stage : Magali Kraemer et Laurent Mergnac notamment, ainsi que toutes les personnes qui m'ont accueillie au SDEA et qui ont fait de ce stage une très bonne expérience (merci Rindra de m'avoir aidé à trouver mes repères).

Merci à mes interlocuteurs et interlocutrices, qu'ils viennent du SDEA, de l'Agence de l'eau, de la Chambre d'Agriculture ou bien d'autres acteurs divers, qui se sont montrés patients, de bon conseil et coopératifs. Je leur doit également le bon déroulement de mon stage, et même l'opportunité d'avoir pu faire ce stage tout simplement.

Un grand merci à mes amis d'école, Bérénice, Ayo, Claire, Thomas, Alexis et tellement d'autres personnes de ma promotion remplies de personnes géniales que je ne pourrai pas toutes énumérer.

Et surtout, merci à ma famille, mes sœurs Elvire et Morgane et ma maman de croire en moi et mon papa sans qui je n'aurais jamais pu choisir ce qui me plaisait vraiment.

Sur ce, merci à vous si vous êtes arrivé(e) jusqu'à la fin de cette longue liste de remerciements. J'espère que ce mémoire vous sera utile ou pour le moins intéressant, et bonne lecture !

# Sommaire

<b>RESUME.....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>3</b>
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>4</b>
<b>INDEX DES TABLEAUX.....</b>	<b>7</b>
<b>INDEX DES FIGURES.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>9</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>10</b>
LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	10
SUJET.....	10
MISSIONS DU STAGE.....	12
<b>PARTIE 1 : ETUDE DE FAISABILITE DE LA REMISE EN FONCTIONNEMENT DES PUIXS DE MOMMENHEIM POUR L'IRRIGATION.....</b>	<b>13</b>
PRESENTATION.....	13
Zone d'étude.....	13
Problématique.....	14
<i>Enjeux.....</i>	<i>14</i>
<i>Objectifs et démarche de l'étude.....</i>	<i>14</i>
ETUDE.....	15
La ressource.....	15
Hypothèses de calculs pour la détermination des besoins des territoires demandeurs.....	16
RESULTATS.....	16
Paramètres de priorisation.....	16
<i>Priorisation des cultures.....</i>	<i>17</i>
<i>Priorisation des parcelles.....</i>	<i>18</i>
Suggestions de scénarios d'aménagement.....	19
<i>Facteurs de décision retenus.....</i>	<i>19</i>
<i>Proposition d'aménagement 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Proposition d'aménagement 2.....</i>	<i>20</i>
<i>Proposition d'aménagement 3.....</i>	<i>22</i>
<i>Substitution de cultures.....</i>	<i>23</i>
Comparaison des propositions et bilan sur la faisabilité globale du projet.....	24
<b>PARTIE 2 : ETUDE DE LA MISE EN PLACE D'U SYSTEME DE REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES DE LA GRIESHEIM-SUR-SOUFFEL POUR LE PROJET IRRIKOCHERSBERG.....</b>	<b>25</b>
PRESENTATION.....	25
Site d'étude.....	25
<i>Le milieu naturel.....</i>	<i>25</i>
<i>La station à l'étude.....</i>	<i>26</i>
Projet.....	27
<i>Le projet Souffel 2027.....</i>	<i>27</i>
<i>Le projet Irrikochersberg.....</i>	<i>27</i>
Problématique.....	28
<i>Enjeux et acteurs.....</i>	<i>28</i>
<i>Objectifs et démarche.....</i>	<i>28</i>
LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITEES.....	29
Principe.....	29
Intérêt et exemples.....	29
<i>La REUT dans le monde.....</i>	<i>29</i>

<i>Différentes méthodes pour différents objectifs</i> .....	29
<i>La ferti-irrigation et recyclage de nutriments</i> .....	30
Réglementation.....	30
<i>Historique</i> .....	30
<i>Synthèse réglementaire</i> .....	31
Préoccupations.....	31
<i>Acceptabilité sociale</i> .....	31
<i>Enjeux sanitaires</i> .....	32
<i>Enjeux agronomiques et environnementaux</i> .....	32
ÉTUDE.....	34
Identification des besoins agricoles.....	34
Etude de la ressource : détermination des capacités et limites de la STEP.....	34
<i>Qualité et traitements envisageables</i> .....	34
<i>Débits de sortie (temps de pluie et temps sec)</i> .....	35
Étude sur le milieu naturel.....	36
<i>Débits naturels</i> .....	36
<i>Impact de la station</i> .....	38
<i>Estimation d'un débit minimum recommandé</i> .....	40
Bilan et regard critique sur les incertitudes.....	43
RESULTATS.....	44
Conditions de faisabilité techniques et réglementaires mises en évidence.....	44
<i>Conditions liées au projet dans sa globalité</i> .....	44
<i>Conditions spécifiques au milieu naturel</i> .....	45
<i>Effets du stockage sur la qualité de l'eau</i> .....	47
Scénarios envisagés.....	48
<i>Proposition d'aménagement 1</i> .....	48
<i>Proposition d'aménagement 2</i> .....	49
<i>Proposition d'aménagement 3</i> .....	50
<i>Proposition d'aménagement 4</i> .....	52
Mesures complémentaires communes aux différents projets.....	53
<i>Modalités de dimensionnement du stockage</i> .....	53
<i>Mesures de suivi et d'entretien</i> .....	53
<i>Prévention des risques et gestion des dysfonctionnements</i> .....	53
<i>Impact environnemental et mesures compensatoires</i> .....	53
Comparaison des propositions.....	54
Seconde phase du projet.....	56
<b><u>CONCLUSION GENERALE.....</u></b>	<b><u>57</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAPHIE.....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b><u>ANNEXES.....</u></b>	<b><u>61</u></b>
Annexe 1 : Besoins estimés des cultures et signification des abréviations.....	61
Annexe 2 : Registre parcellaire graphique de l'AAC du champ captant de Mommenheim.....	62
Annexe 3 : Analyse multicritère pour la hiérarchisation des cultures.....	63
Annexe 4 : Format agrandi de la représentation graphique de la répartition des cultures de différents niveaux de priorité.....	64
Annexe 5 : Evolution du volume minimal de stockage nécessaire en fonction du volume disponible à l'irrigation souhaité.....	65
Annexe 6 : Format agrandi des plans des équipements suggérés.....	66
Annexe 7 : Coûts des propositions (Projet de Mommenheim).....	68
Annexe 8 : Teneurs en nitrate et en pesticides mesurées dans la Souffel au cours de l'année 2015/2016.....	71
Annexe 9 : Note juridique.....	72
Annexe 10 : Approbation de la population sur l'utilisation d'eaux usées traitées pour différentes utilisations.....	76
Annexe 11 : Recommandations de l'OMS sur les concentrations maximales dans le sol de divers produits chimiques.....	77
Annexe 12 : Mesures de suivi de qualité de la Souffel en amont et en aval de la STEP de Griesheim.....	78
Annexe 13 : Différences de flux en amont et en aval de la STEP.....	79
Annexe 14 : Jaugeage effectué par la DREAL pour quantifier les effets de l'infiltration sur les débits de la Souffel et ses affluents.....	80

Annexe 15 : Format agrandi des cartes d'aménagements .....	81
Annexe 16 : Coûts des propositions (Projet de Griesheim-sur-Souffel).....	85

## Index des tableaux

Tableau 1 : Missions du stage.....	12
Tableau 2 : Volumes caractéristiques des puits de Mommenheim à l'étude.....	15
Tableau 3 : Hiérarchisation des secteurs d'après leur densité en culture prioritaires.....	18
Tableau 4 : Surfaces des cultures dans le secteur du scénario 1.....	20
Tableau 5 : Surfaces des cultures dans les secteurs du scénario 2.....	21
Tableau 6 : Surfaces des cultures dans les secteurs du scénario 3.....	22
Tableau 7 : Niveaux de qualité minimaux pour différentes catégories de cultures, d'après le règlement européen du 25 mai 2020.....	31
Tableau 8 : Valeurs mesurées des paramètres réglementés en sortie de station et leurs rendements sur l'année 2020.....	34
Tableau 9 : Valeurs générales de rejets de la station de Griesheim-sur-Souffel sur les années 2019-2021.....	35
Tableau 10 : Débits caractéristiques de référence de la Souffel à Griesheim-sur-Souffel et à Mundolsheim.....	36
Tableau 11 : Statistiques sur les débits, hauteurs et vitesses dans la Souffel, les jours d'observation de l'ONDE entre 2019 et 2020.....	41
Tableau 12 : Tirant d'eau minimum adapté à la taille des différents taxons répertoriés dans la Souffel.....	41
Tableaux 13 et 14 : Principe de la méthode de Tennant et méthode appliquée à la Souffel.....	42
Tableau 14 : Paramètres du scénario 1.....	48
Tableau 15 : Paramètres du scénario 2.....	49
Tableau 16 : Paramètres du scénario 3.....	50
Tableau 17 : Paramètres du scénario 4.....	52
Tableau 18 : Rappel des solutions.....	54

## Index des figures

Figure 1 : Territoires du SDEA à travers le Bas-Rhin.....	10
Figure 2 : Champ captant de Mommenheim (Source : Géoportail).....	13
Figure 3 : Hiérarchisation de la priorité des cultures déduite de l'analyse multicritère.....	17
Figure 4 : Représentation graphique des parcelles prioritaires (Source : OpenStreetMap sur QGIS).....	17
Figure 5 : Secteurs délimités dans le cadre de l'étude.....	18
Figure 6 : Répartition des cultures en besoin et en superficie sur le territoire du scénario 1.....	20
Figure 7 : Carte des aménagements du scénario 1.....	20
Figure 8 : Répartition des cultures en besoin et en superficie sur les territoires du scénario 2.....	21
Figure 9 : Carte des aménagements du scénario 2.....	21
Figure 10 : Répartition des cultures en besoin et en superficie des territoires du scénario 3.....	22
Figure 11 : Bassin versant de la Souffel (Source : Mission Eau Alsace).....	25
Figure 12 : Stations d'épurations présentes sur le bassin versant de la Souffel (Source : Géoportail).....	26
Figure 13 : Communes touchées par le projet Irrikochersberg.....	27
Figure 14 : Moyennes interannuelles des rejets en temps de pluie, en temps sec et combinés comparée aux rejets moyen et médian (Source : données d'autosurveillance du SDEA).....	36
Figure 15 : Taux de dépassement des débits caractéristiques de référence sur la période d'étude (mars 2019 - août 2020).....	37
Figure 16 : Courbe hauteur-débit dans la Souffel et intervalle d'incertitude.....	37
Figure 17 : Part moyenne de l'apport en débit de la station à la Souffel.....	38
Figure 18 : Bilan de l'impact des rejets de la station sur la qualité de la Souffel sur la période d'étude.....	39

Figure 19 : Parcelles des points de livraison 25 et 26 sur le périmètre de protection rapprochée du captage de Griesheim-sur-Souffel .....	44
Figure 20 : Volume actif de stockage minimal nécessaire pour le maintien de différents débits dans la Souffel. 46	46
Figure 21 : Marnage du réservoir sur l'année pour un soutien d'étéage permettant de conserver un débit de 60L/s dans la Souffel.....	47
Figure 22 : Carte des aménagements pour le scénario 1 .....	49
Figure 23 : Carte des aménagements pour le scénario 2 .....	50
Figure 24 : Modifications sur le réseau initial envisageables sur le réseau pour le scénario 3.....	51
Figure 25 : Carte des aménagements pour le scénario 3 .....	51
Figure 26 : Carte des aménagements pour le scénario 4 .....	52
Figure 27 : SWOT du scénario 0 .....	54
Figure 28 : SWOT du scénario 1 .....	55
Figure 29 : SWOT du scénario 2 .....	55
Figure 30 : SWOT du scénario 3 .....	55
Figure 31 : SWOT du scénario 4 .....	56

## Liste des abréviations

AAC : Aire d'alimentation de captage

AERM : Agence de l'eau Rhin-Meuse

DDT : Direction départementale des Territoires

DREAL : Direction régionale de

EMS : Eurométropole de Strasbourg

EUT : Eaux usées traitées

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Protection des Inondations

OFB : Office Français de la Biodiversité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PTGE : Projet Territoire pour la Gestion de l'Eau

REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées

SDEA : Syndicat Départemental des Eaux et de l'Assainissement d'Alsace-Moselle

STEP : Station d'épuration

## Glossaire

Cultures BNI : Cultures à bas niveau d'intrants, cultures demandant des apports en produits phytosanitaires et/ou nutritifs plus faibles

CIPAN : Cultures intermédiaires pièges à nitrates

DBO5 : Demande biologique en oxygène sur 5 jours, utilisée pour mesurer la matière organique

DCO : Demande chimique en oxygène, la quantité d'oxygène utilisée par les oxydants chimiques pour oxyder les substances organiques. Autrement dit, la quantité d'oxygène nécessaire pour dépolluer l'eau

H2S : Hydrogène sulfuré, un gaz formé souvent par les eaux usées, notamment dans les canalisations d'assainissement. A petite dose, il sent mauvais (odeur de soufre), mais à haute dose, il est inodore et mortel

Irrigation localisée : Systèmes d'irrigation à petite portée, notamment le goutte à goutte, ou bien la micro-aspersion

MES : Matières en suspension

Orthophosphates : Forme oxydée du Phosphore

QMNA5 : Débit interannuel mensuel minimal d'étiage ayant chaque année une probabilité de 1/5 de ne pas être dépassé

## Introduction

### La structure d'accueil

Le Syndicat Départemental de l'Eau et de l'Assainissement d'Alsace-Moselle (SDEA) est une structure publique, d'un effectif de 700 personnes. Il a la charge du traitement et de la distribution d'eau potable, de l'assainissement et de l'exploitation des stations d'épuration, et, plus récemment, de la gestion et du soin des eaux superficielles et hydrosystèmes. Le SDEA couvre près de 740 communes, à savoir la totalité du Bas-Rhin (à l'exception des territoires couverts par l'Eurométropole de Strasbourg) et une partie du Haut-Rhin. La gestion est répartie sur 8 territoires.



Figure 1 : Territoires du SDEA à travers le Bas-Rhin

### Sujet

Durant la période estivale, les ressources en eau sont affaiblies, du fait de l'élévation des températures et de la baisse des précipitations. Or pour ces mêmes raisons, le besoin agricole est le plus élevé. Pendant cette période de fragilité, il est donc difficile de trouver comment irriguer : étiage des cours d'eau, sol drainant non propice à la rétention d'eau, accès à la nappe impossible... Pour préserver au mieux la ressource des pressions de gestion quantitative, et garantir un accès à l'eau pour les cultures, des pratiques émergentes, comme la réutilisation des eaux usées traitées, se propagent dans le monde, et ont trouvé leur place en France au cours des dernières décennies.

Parallèlement, si les ressources pour l'irrigation se font de plus en plus rares en quantité, celles-ci sont également victimes des pollutions diffuses, trouvant souvent leur origine dans les pratiques agricoles. Entre autres : les nitrates, et les pesticides. Les nitrates dans les cours d'eaux engendrent des phénomènes d'eutrophisation. En effet, des espèces peuvent voir leur croissance stimulée par cet excès de nutriment, brisant ainsi l'équilibre de l'écosystème : l'oxygène consommé par la dégradation biologique de ces espèces n'est plus disponible pour la biodiversité habituelle et les espèces voient leur population diminuer. L'eutrophisation participe également à l'augmentation de matière organique dans le milieu, provoquant ainsi l'obscurcissement de la colonne d'eau et maximisant la consommation d'oxygène. [15] Les pesticides, quant à eux, font des ravages au sein de la faune et de la flore, et remontent dans la chaîne alimentaire jusqu'à atteindre les aliments destinés à la consommation humaine. Ces deux pollutions se retrouvent également dans les eaux souterraines où prennent leur source les captages d'eau potable, du fait de l'infiltration via les rivières ou les sols.

Ces connaissances sont d'actualité depuis quelques décennies, et pourtant la pollution persiste et continue à augmenter. En effet, face à un marché compétitif et imprévisible, la profession agricole doit se résoudre à l'exploitation de cultures nécessitant des apports nutritifs élevés. Parmi les produits phytosanitaires, beaucoup se montrent également efficaces au point de paraître (ou d'être réellement) essentiels pour sécuriser un rendement suffisant pour la viabilité financière. Ainsi, il convient de trouver des moyens de coopération : en

mettant à profit des ressources alternatives, on préserve tant les ressources que les exploitations des pressions du stress hydrique, et facilite ainsi la focalisation sur les pratiques agricoles moins polluantes.

Depuis 2002, les Missions Eau Alsace du SDEA s'engagent pour cet objectif, sur la base du volontariat et du partenariat. Au-delà du traitement avant sa consommation, il s'agit aussi de préserver la ressource en interceptant les pollutions à leur origine. Les deux projets envisagés entrent dans la continuité des initiatives déjà lancées : semaines de sensibilisation, études de faisabilité de diverses reconversions agricoles, etc. [23]

Un premier projet, à Mommenheim, propose de remettre en fonctionnement deux forages du champ captant, actuellement à l'arrêt du fait de leur teneur en nitrates et en pesticides, qui les rend impropres à la consommation humaine, afin de les utiliser pour l'irrigation. En contrepartie, les exploitations en profitant pourront adapter leurs pratiques.

Le second projet, à Griesheim-sur-Souffel, propose de traiter les eaux de la station d'épuration locale (STEP), de manière à pouvoir les réutiliser dans un projet d'irrigation à grande échelle, actuellement en étude préliminaire.

L'étude suivante vise à mettre en évidence les conditions nécessaires à la réalisation de ces deux projets : réglementaires, techniques, économiques et environnementales.

Les ressources en eau étant souvent source de conflits, et davantage en période de pression, ces deux projets seront anticipés suivant une démarche de PTGE (Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau), une approche reposant sur la compréhension des enjeux communs et individuels de ses acteurs, et une gestion des ressources globale et respectueuse des besoins tant du milieu naturel que des usagers.

## Missions du stage

Les différentes missions du stages sont présentées dans le tableau 1 suivant :

<b>Mission</b>	<b>Projet de Mommenheim</b>	<b>Projet de Griesheim-sur-Souffel</b>
<i>Synthèse bibliographique</i>	/	Réaliser une étude bibliographique sur la réutilisation des eaux usées traitées  Analyser les contraintes réglementaires régissant le projet
<i>Méthodologie</i>	Dénombrer les cultures présentes sur l'AAC et leurs besoins	Mettre en avant les possibilités de stockage et de traitement
	Hiérarchiser les cultures, en fonction de leurs besoins et de leurs compatibilité avec les objectifs du projet	Quantifier les besoins de la Souffel, ses débits et la temporalité du besoin
	Etudier les besoins de la profession agricole et leur compatibilité avec les limites de la ressource	
	Dimensionner des éléments de distribution répondant aux besoins hydrauliques en tenant compte des particularités du terrain	
	Dimensionner de manière sommaire les ouvrages et équipements, puis porter un regard critique sur leur cohérence vis-à-vis du contexte	
	Concevoir des scénarios concrets et cohérents et les chiffrer, prévoir un regard critique quant à leur faisabilité économique	
<i>Communication</i>	Impliquer les différents acteurs, comprendre leurs attentes quant au projet et les concilier  Relayer et transmettre les différents enjeux du projet	

Tableau 1 : Missions du stage

# Partie 1 : étude de faisabilité de la remise en fonctionnement des puits de Mommenheim pour l'irrigation

## Présentation

### Zone d'étude

Le champ captant de Mommenheim est constitué d'un ensemble de 7 forages, datant de 1948 à 1997. [3] Celui-ci s'est agrandi au fil du temps, reflétant la croissance de la demande du territoire. La distribution dessert l'eau potable de 33 000 personnes, dans 48 communes environnantes. Il s'agit d'une des plus grandes productions et distributions d'eau potable du Bas-Rhin, mis à part le champ captant de l'Eurométropole.[23] Sa gestion est assurée par le SDEA.

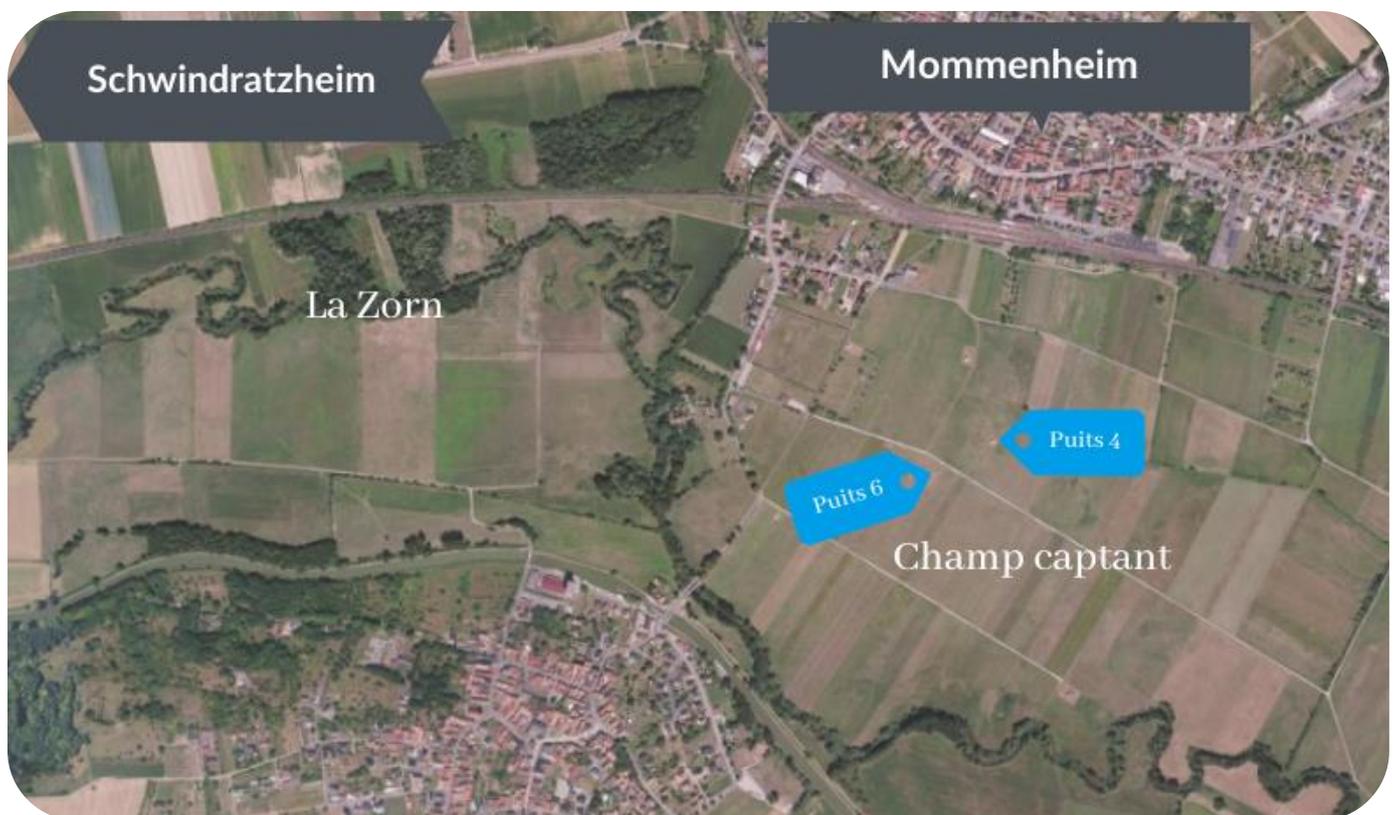


Figure 2 : Champ captant de Mommenheim (Source : Géoportail)

Les puits, de profondeurs variables, trouvent leur source dans deux nappes : le Pliocène, nappe profonde, et les alluvions de la Zorn, nappe superficielle alimentée par la rivière située à proximité. [3]

La majeure partie de l'Alsace est considérée comme Zone vulnérable à la pollution des nitrates, et le champ captant n'y fait pas exception : les sept captages sont classés Grenelle depuis 2009, [23] du fait de leur haute teneur en nitrates et en pesticides (atrazine et métabolites notamment), des pollutions d'origine agricoles. De nombreux efforts ont été déployés ces deux dernières décennies pour tenter de remédier à cette problématique.

La distribution a fait l'objet de deux dérogations (en 2004 et 2007) autorisant l'utilisation des puits qui dépassaient les normes juridiques, mais pas les seuils de toxicologie. Malgré de nombreux efforts pour améliorer leur qualité (nouvelle délimitation des périmètres de protection rapprochée et éloignée, communication avec la profession agricole, opérations de sensibilisation...) afin de maintenir la production aux normes, l'utilisation des puits 4 et 6 a été arrêtée en 2006 : c'est sur ces deux puits que porte l'étude.

# Problématique

## *Enjeux*

Du point de vue de la profession agricole, l'utilisation de ces deux puits pourrait permettre un accès à la ressource fiable et sûr pour les exploitations, dont les rendements sont très dépendants des aléas météorologiques. Il s'agirait donc là de sécuriser un accès en cas de déficit. D'après les intermédiaires de la Chambre d'Agriculture, plusieurs ont tenté de mettre en place leur propre pompage, dans cet objectif, mais leur emplacement ne leur permettait pas d'accéder à la nappe.

Un aspect sanitaire motive également la demande, car des analyses sur les eaux de la Zorn, actuellement source de certains pompages, ont révélé la présence de la bactérie *Ralstonia Solanacearum*. Cette bactérie, responsable de la pourriture brune, attaque les plants en accédant via des blessures naturelles des racines (dues aux chocs physiques lors du repiquage par exemple, ou bien aux attaques de microorganismes comme les nématodes) [17] et se propage rapidement au sein de la plante. Elle touche notamment les pommes de terre, qui sont ici la préoccupation principale en ce que, la pomme de terre, étant actuellement faiblement présente sur le marché européen, peut représenter une source de revenus importante. La maladie peut également toucher d'autres cultures maraîchères, chez les Solanacées notamment (tomates, poivrons, aubergines, tabac, etc.)

## *Objectifs et démarche de l'étude*

L'objectif du projet serait de mettre en place un partenariat entre le monde agricole et le SDEA, en permettant l'accès à des ressources qui sont inexploitable pour le syndicat, à la profession agricole, qui elle, en a besoin. Puisqu'il y a un besoin important, il sera ainsi possible pour la convention de proposer en contrepartie la mise en place de mesures bénéfiques au milieu naturel par la profession agricole. Par exemple, il pourrait s'agir de la semence de CIPAN (Cultures Intermédiaires Piège A Nitrates), afin d'observer sur le long terme des améliorations sur l'état des ressources : les ressources superficielles en fonction des zones de ruissellement, ou les ressources souterraines selon leurs zones d'infiltration et le placement des parcelles, par le biais de la phytoremédiation. Ce procédé désigne un ensemble de méthodes rentabilisant l'assimilation des nitrates par les plantes pour encourager la dépollution des sols. [6] La présence de couverts végétaux permet également de limiter au maximum le lessivage des nutriments et autres polluants agricoles, et de freiner les coulées de boue qui sont assez fréquentes sur le territoire.

La démarche de l'étude, en ce qu'elle cible des ouvrages et équipements déjà présents, diffère de la démarche classique du point de vue méthodologique. Celle-ci, qui est notamment appliquée au second projet, consisterait à : quantifier les besoins, estimer les limites de la ressource, puis dimensionner les équipements nécessaires à l'apport de cette ressource. Ici, en l'occurrence, l'étude des limites de la ressource a déjà été effectuée lors de l'établissement de la DUP. La démarche de ce projet sera donc de partir de cette limite imposée par la ressource, et, de là, d'établir à quel besoin il est possible de répondre, c'est-à-dire quantifier les surfaces pouvant être irriguées.

La base de l'étude sera donc le registre parcellaire graphique des environs, grâce auquel il sera possible d'estimer le besoin des parcelles environnantes. S'il s'avère que ce besoin est trop important pour la ressource, les parcelles seront hiérarchisées selon différents critères. Les différents scénarios illustreront les choix qui auront été faits.

## La ressource

Les puits 4 et 6 ont une autorisation de débit respective de 60 et 45 m<sup>3</sup>/h. Sur la base d'un pompage de 20h par jour, le volume journalier autorisé par puits est de 1 200 et 900m<sup>3</sup>. [20] En réalité, du fait d'aléas de terrain, notamment le colmatage des crépines, le débit de pompage du puits 6 est de 17m<sup>3</sup>/h.

Le tableau suivant récapitule ces volumes ainsi que les volumes théoriques pouvant être fournis par les puits selon diverses modalités :

- Volume journalier avec un stockage tampon : 60m<sup>3</sup>/h pendant 20h + 17m<sup>3</sup>/h pendant 24h
- Volume total sur la période d'irrigation (de mai à septembre) en respectant les limites de la DUP
- Volume total sur l'année : pompage maximal constant avec un stockage intersaisonnier

*Note : étant donné que les hauteurs manométriques (HMT) des pompes présentes sur les puits (21mCE pour le puits 4, et 17mCE pour le puits 6) sont insuffisantes pour compenser les cotes des parcelles à irriguer, une station de pompage et un stockage tampon seront envisagés dans tous les scénarii.*

	<b>Puits 4</b>	<b>Puits 6</b>	<b>Total</b>
<b>Débit maximal autorisé (m<sup>3</sup>/h)</b>	60	45	105
<b>Débit maximal réel</b>	60	17	77
<b>Volume journalier autorisé</b>	1 200	900	2 100
<b>Volume journalier réel (sans stockage)</b>	1 200	340	1 540
<b>Volume maximal sur la période d'irrigation (avec stockage)*</b>	183 600	62 424	246 024
<b>Volume maximal sur l'année (stockage intersaisonnier)</b>	438 000	148 920	586 920

Tableau 2 : Volumes caractéristiques des puits de Mommenheim à l'étude

Ces volumes ne représentent pas nécessairement les scénarios envisagés mais sont donnés à titre indicatif, afin de comparer les capacités théoriques aux besoins des cultures présentes sur l'aire d'étude.

*\*Note : ce volume représente un pompage aux débits maximaux constant, ne pouvant être augmenté. Il ne prend ainsi pas en considération les problématiques de besoin de pointe, et le volume maximal réel sera nécessairement inférieur. Dans la suite des calculs, il a été considéré un besoin de pointe à hauteur de 30% du besoin global (les valeurs les plus récurrentes étant comprises entre 25 et 30%).*

D'un point de vue qualitatif, les teneurs excédentaires en nitrates ne posent pas de problème pour le type d'utilisation envisagée. Pour la pollution en pesticides, il n'existe a priori pas de réglementation régissant la qualité des eaux d'irrigation ou bien leur teneur en produits phytosanitaires, même pour l'agriculture biologique. De plus, les autres ressources peuvent être victime de contaminations résiduelles, qu'il s'agisse d'un pompage en rivière ou d'un pompage privé.

# Hypothèses de calculs pour la détermination des besoins des territoires demandeurs

L'aire d'alimentation de captage s'étend sur environ 2115 ha, regroupe a priori 174 exploitations et répertorie, parmi les terrains agricoles, 39 utilisations différentes. Parmi elles, l'hypothèse choisie a été de supposer l'absence de besoin ou de demande de 13 types de surfaces :

- Les bordures (BOR)
- Les bandes tampon (BTA)
- Les jachères de 5 ans ou moins (J5M)
- Les jachères de 6 ans ou plus (J6P)
- Les jachères de plus de 6 ans déclarées comme SIE (J6S)
- Les prairies en rotation longue de plus de 6ans (PRL)
- Les prairies permanentes (PPH)
- Les autres types de prairies temporaires (PTR)
- Les surfaces temporairement non exploitées (SNE)
- Les surfaces boisées sur ancienne terre agricole (SBO)
- Les petits fruits rouges (PFR), culture pour laquelle la surface d'exploitation était nulle
- Les vignes ou raisins de cuve (VRC) ne s'irriguent pas, car interdit par le cahier des charges de l'appellation.

L'équipement dépendant des exploitations et n'étant pas spécifié ici, la totalité des cultures restantes a été supposée comme requérant l'aspersion (à l'exception des vergers) pour les considérations de dimensionnement et de durée d'irrigation. Le besoin d'un enrouleur d'aspersion a été fixé à 70m<sup>3</sup>/h, celui du goutte-à-goutte à 5m<sup>3</sup>/h. Les besoins annuels à l'hectare ayant servi de base pour les calculs sont détaillés dans l'annexe 1. Le RPG de l'AAC ainsi que les abréviations sont données en annexe 2.

## Résultats

### Paramètres de priorisation

Les scénarios ont été conçus sur l'hypothèse que l'ensemble du territoire de l'AAC (à l'exception des surfaces mentionnées précédemment) était demandeur, pour couvrir la totalité de leur besoin. La pertinence des scénarios variera avec la demande réelle des exploitations présentes sur le territoire et leur attentes quant au projet : par exemple, l'objectif pour certaines cultures étant un sécurisation de la ressource en eau plutôt que sa substitution, il est envisageable que la demande ne représente en réalité qu'une couverture partielle des besoins en eau des cultures. Cette hypothèse permet de « surestimer » les besoins.

Les besoins totaux de l'AAC (environ 1.5 millions de m<sup>3</sup>) étant grandement supérieurs aux volumes autorisés par la DUP des puits étudiés, les propositions devront passer par une sélection des parcelles, basée sur l'urgence de leur demande et leur compatibilité avec les objectifs du projet.

Par souci d'équité, les parcelles sont anonymisées et la sélection n'ira pas dans le détail des parcelles, mais croisera la priorisation des zones de l'AAC semblant les plus compatibles avec la hiérarchisation des cultures qui y sont présentes. Ces priorisations sont basées sur deux analyses multicritères, présentées ci-après.

## Priorisation des cultures

Une note a été attribuée à chaque culture sur la base des critères ci-dessous :

- Cible de la bactérie *Ralstonia Solanacearum*
- Nécessité ou non d'irriguer
- Marché important
- Culture BNI
- Culture spéciale
- Faible besoin (à l'hectare ou petite surface)

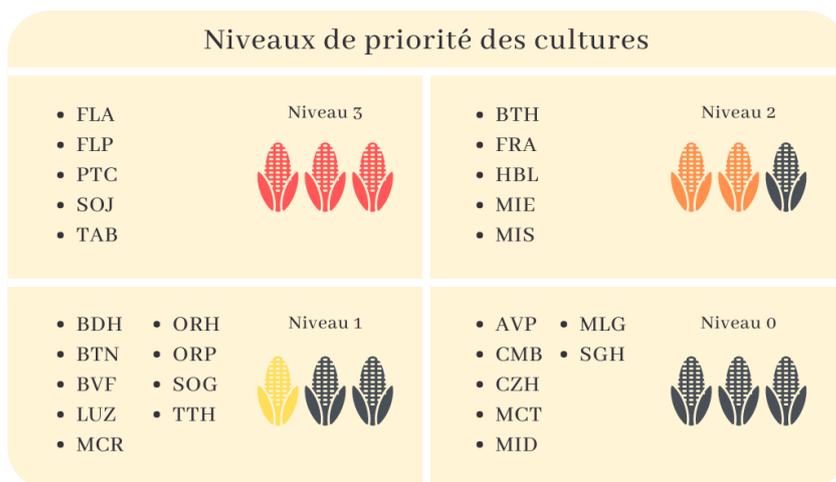


Figure 3 : Hiérarchisation de la priorité des cultures déduite de l'analyse multicritère

Les différents facteurs ont un poids équivalent, à l'exception de la vulnérabilité à la bactérie qui a un poids double de celui des autres, en ce qu'elle engendre un besoin auquel il faut impérativement pouvoir répondre.

L'analyse a donné les résultats suivants, le niveau de priorité le plus haut étant le numéro 3, et le niveau le plus faible 0. Le détail des notes des deux analyses multicritère est donné en annexe 3. La carte présentée ci-après est disponible en plus grand format dans l'annexe 4.

*Note : La plupart des cultures de niveau 0 ont en fait une surface nulle ou quasi-nulle sur l'aire considérée, qui est la raison principale pour laquelle leur niveau de priorité est bas*

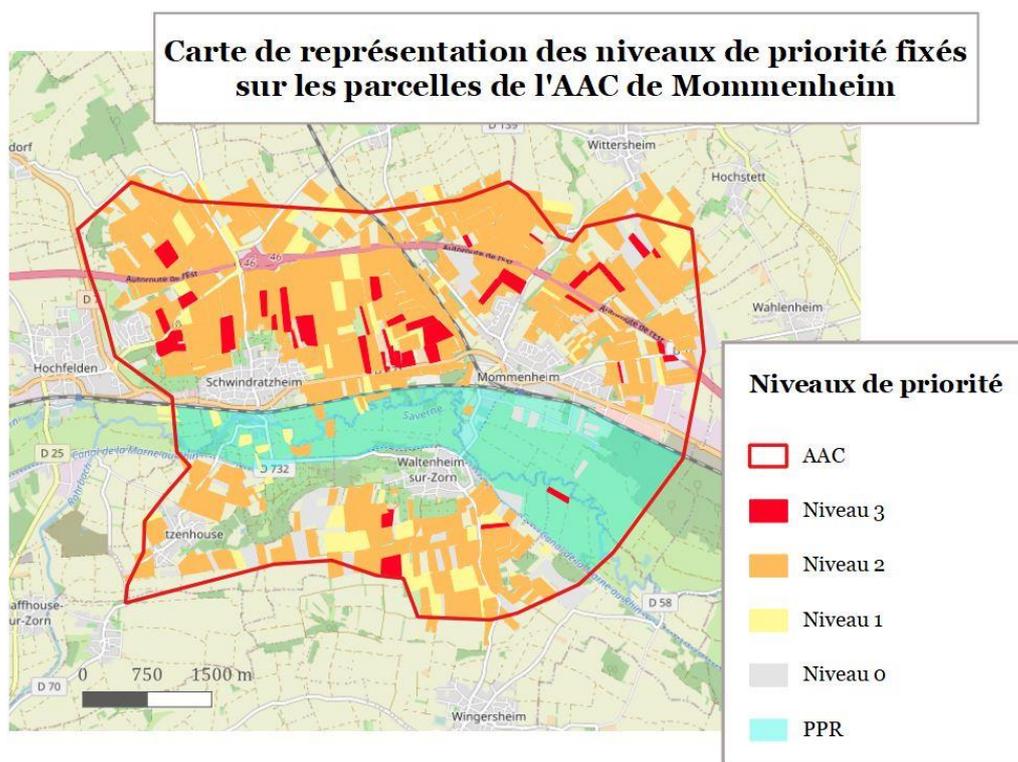


Figure 4 : Représentation graphique des parcelles prioritaires (Source : OpenStreetMap sur QGIS)

Ces niveaux de priorité ont pris en compte également les attentes du SDEA vis-à-vis du projet. La suite des propositions veillera à fournir les outils nécessaires au jugement du projet, afin de laisser une marge de manœuvre à la profession agricole si d'autres choix potentiels émergent de la consultation des parties prenantes.

## Priorisation des parcelles

Parallèlement, les territoires ont d'abord été découpés en sous-secteurs, basés sur le nombre de « grandes » traversées (voie ferrée, canal de la Marne), et de « petites » traversées (rivières, routes départementales). Ces sous-secteurs, au nombre de 19, sont représentés ci-après.

Par la suite, ces sous-secteurs ont également fait l'objet d'une hiérarchisation, basée sur les paramètres suivants :

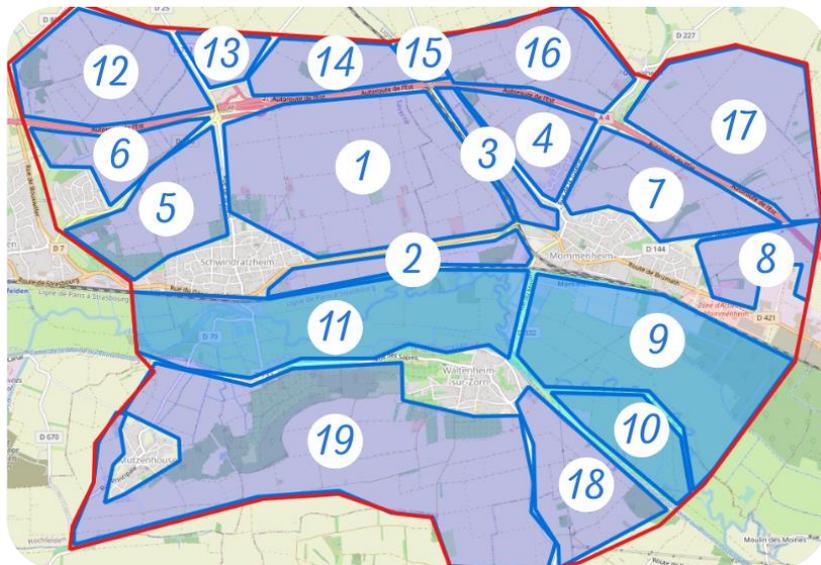


Figure 5 : Secteurs délimités dans le cadre de l'étude

- Part de cultures prioritaires sur le sous-secteur
- Facilité d'irrigation sur le sol
- Proximité à d'autres secteurs prioritaires

Le premier facteur a donné la hiérarchisation suivante, le niveau de priorité décroissant de gauche à droite :

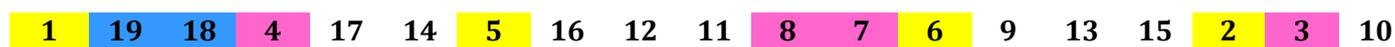


Tableau 3 : Hiérarchisation des secteurs d'après leur densité en culture prioritaires

La combinaison avec les autres facteurs donne les regroupements illustrés par les différentes couleurs. Les secteurs prioritaires mis en évidence correspondent au 4 premiers dans le tableau (1, 19, 18, 4), les sols<sup>1</sup> confortant le premier paramètre. Ainsi, trois scénarios sont délimités, sur la base suivante : 1, 18 et 19, et 4. A ces secteurs prioritaires, il a été choisi d'ajouter les secteurs environnants, l'ajout de ceux-ci ne générant que de faibles coûts. De ce fait, le scénario 1 regroupera les secteurs en jaune, le 2 y ajoutera les secteurs en bleu, et le 3 les secteurs en rose. Les trois secteurs placés sur le périmètre de protection rapprochée n'ont pas été retenus car ils sont sur un sol hydromorphe, et ont une densité en culture très faible, la majorité de la surface étant enherbée. Les secteurs de l'autre côté de l'autoroute n'ont pas été retenus du fait de leur distance de l'autoroute posant un obstacle difficilement franchissable.

Il a été choisi de caractériser les scénarios par les territoires irrigués plutôt que par les cultures irriguées pour deux raisons. La première est que les cultures prioritaires sont présentes sur toute l'AAC, et proposer un réseau pour n'irriguer que ces cultures engendrerait des coûts très importants et partagés entre un petit nombre d'exploitations. La seconde est que la demande étant encore incertaine, il conviendra de choisir le réseau y étant le plus fidèle.

Si une volonté de modification des scénarios proposés venait à être exprimée par la suite, l'annexe 5, présentant l'évolution du volume de stockage en fonction du volume disponible à l'irrigation souhaité, pourra donner un ordre de grandeur du stockage nécessaire à la couverture du besoin.

<sup>1</sup> Il a été fait mention durant une interaction avec la profession de difficultés éprouvées sur certains sols. Les sols présents sur le territoire sont, à l'exception du périmètre de protection rapprochée, sensiblement équivalents (sols limono-argileux et calcaires). Les sols des secteurs 18 et 19 sont cependant plus sableux, ce qui les rend plus difficile à irriguer puisqu'ils sont très drainants et peu stables.

# Suggestions de scénarios d'aménagement

Les trois propositions sont en fait trois groupes de proposition, l'objectif étant d'illustrer au mieux ce qui est réellement possible avec la ressource disponible. Chaque proposition inclura ainsi deux modalités de stockage : un de taille moyenne, et un de grande taille. Ces deux volumes ont été choisis sur la base de plusieurs facteurs, détaillés ci-après.

Les cartes représentant les aménagements suggérés sont disponibles en plus grand format en annexe 6. Un récapitulatif plus détaillé des coûts estimés pour ces trois propositions est donné en annexe 7. Pour l'ensemble des propositions, il a été choisi de franchir les obstacles (canal de la Marne, voie ferrée) en passant sous des ponts, ce qui, bien qu'allongeant le réseau, améliore les chances d'autorisation du projet.

*Note : les représentations schématiques sont celles de la première modalité de stockage, qu'il est possible de placer sur le périmètre de protection rapprochée car il ne nécessite pas forcément de creuser (on peut par exemple envisager une citerne) et ne contiendrait pas d'éléments polluants. Il n'en est pas nécessairement de même pour la deuxième modalité de stockage : le réseau et l'emplacement de la station de pompage devront s'y adapter*

## *Facteurs de décision retenus*

L'annexe 5 mentionnée précédemment, prend en compte trois modalités de pompage : 70 m<sup>3</sup>/h maximum, c'est-à-dire qu'un seul enrouleur d'aspersion est admis à la fois, 140 m<sup>3</sup>/h, donc deux enrouleurs simultanément, et 210 m<sup>3</sup>/h, à savoir trois enrouleurs simultanément. Cette analyse a visé à prendre en compte l'impact du débit de vidange du réservoir. En effet, dans un premier temps, la croissance du débit fait augmenter le volume de stockage nécessaire, car celui-ci se vide plus rapidement et nécessite plus de réserve. Passé un certain volume, l'impact du débit sur la durée d'irrigation prend le dessus : celle-ci étant plus courte, elle laisse plus de temps pour les puits de remplir à nouveau le réservoir. L'augmentation du débit augmentant les coûts nécessaires à la station de pompage, et celle du volume de stockage augmentant les frais liés au bassin, les deux modalités de stockage ont été définies sur la base de deux paramètres :

- Le stockage de petite taille, de 600 m<sup>3</sup>, couplé avec un débit maximal de pompage de 70 m<sup>3</sup>/h, représente la proposition avec les frais d'investissement les plus bas (plus petit volume de stockage et plus petite station de pompage)
- Le stockage de grande taille, de 50 000 m<sup>3</sup>, couplé avec un débit maximal de pompage de 210 m<sup>3</sup>/h, représente le plus faible coût au m<sup>3</sup> rapporté sur 20 ans, mais un investissement initial plus conséquent.

## *Proposition d'aménagement 1*

*Note : pour l'ensemble des propositions, le réseau doit forcément passer par le périmètre de protection rapprochée et franchir d'autres canalisations d'eau potable, qui sont présentes peu importe le chemin emprunté. Tout comme les autres franchissement d'obstacles, les démarches d'autorisation conditionneront la faisabilité du projet.*

Les cultures présentes sur le territoire délimité pour ce scénario sont les suivantes :

FLA	PTC	SOJ	TAB	BTH	MIS	HBL	BDH	BTN	ORH	TTH	AVP	MLG	SGH	VRG	Total
9.1	8.2	22.9	10.1	89.8	228.9	5.1	0.3	19.1	3.3	0.8	0.2	1.4	0.7	1.1	401

Tableau 4 : Surfaces des cultures dans le secteur du scénario 1

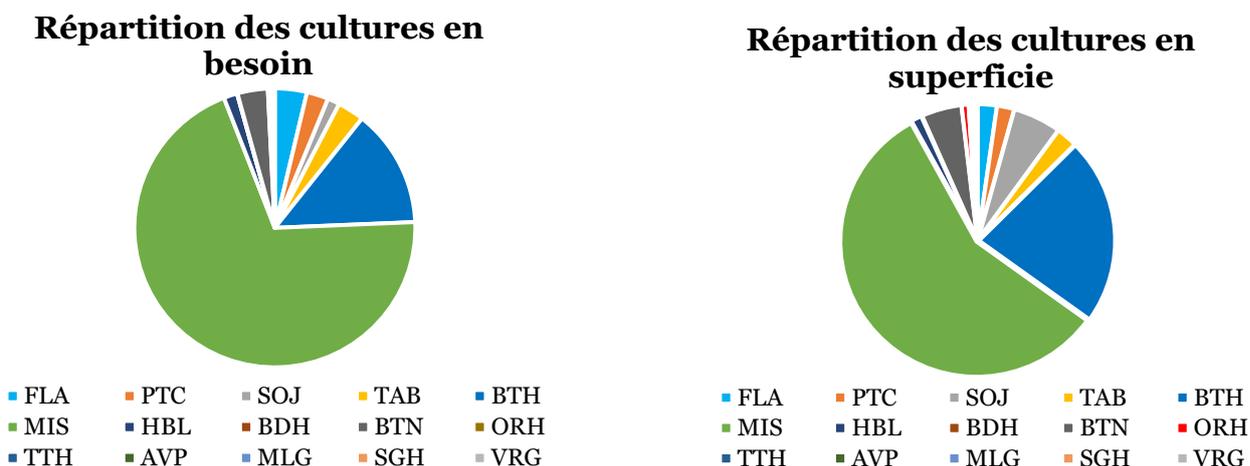


Figure 6 : Répartition des cultures en besoin et en superficie sur le territoire du scénario 1

Le réseau serait constitué d'un linéaire de 4.8 km de canalisation de DN150, avec deux points de livraison, et trois traversées.

➤ **Première modalité : petit stockage**

Un stockage de 600 m<sup>3</sup> permettrait la mise à disposition d'un volume de 150 000 m<sup>3</sup> sur la période d'irrigation, ce qui couvrirait les besoins de :

- Toutes les cultures autres que le maïs (**159 ha**)
- Toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal à celui du maïs et 6% du maïs (**172 ha**)

Cette proposition reviendrait à un coût d'investissement de 1 170 000€ (coût de 0.39€ au m<sup>3</sup> ramené sur 20 ans).

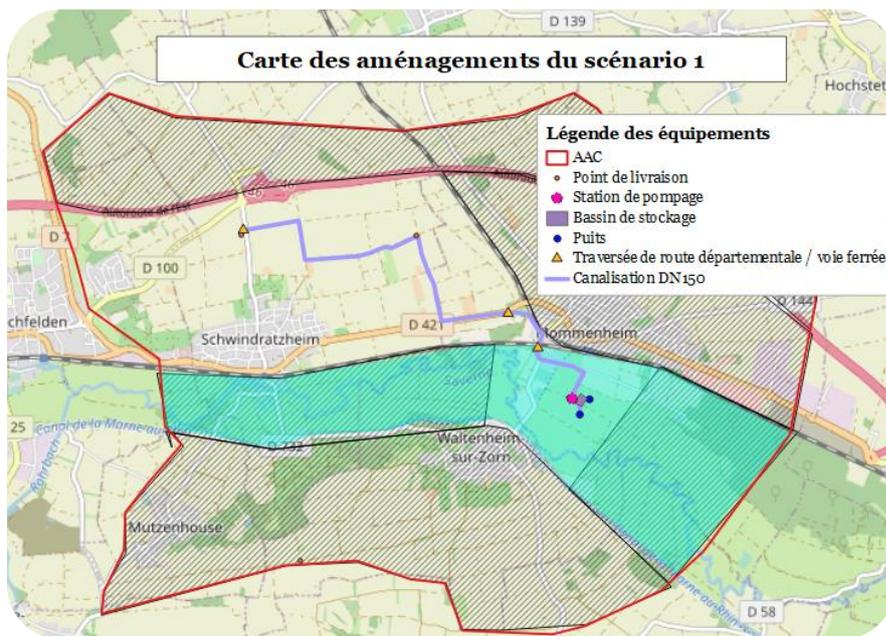


Figure 7 : Carte des aménagements du scénario 1

➤ **Deuxième modalité : grand stockage (50 000m<sup>3</sup>)**

Un stockage d'un volume actif de 50 000m<sup>3</sup> permettrait la mise à disposition d'un volume de 250 000m<sup>3</sup> qui couvrirait les besoins de :

- Toutes les cultures autres que le maïs et 29% du maïs (**238 ha**)
- Toutes les cultures de niveau supérieur ou égal au maïs et 36% du maïs (**227 ha**)

Dans ces conditions, le projet aurait un coût d'investissement global d'environ 1 740 000€ ce qui revient à un coût au m<sup>3</sup> de 0.35€ sur 20ans, assez faible comparé au prix de l'eau à Mommenheim qui est de 1.1€.

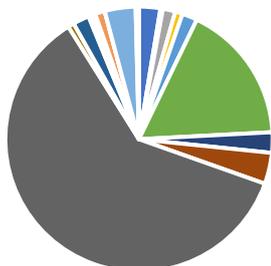
*Proposition d'aménagement 2*

Les cultures présentes sur le territoire délimité pour ce scénario sont les suivantes :

FLA	FLP	PTC	SOJ	TAB	BTH	HBL	MIE	MIS	BDH	BTN	LUZ	ORH	ORP	CZH	MLG	SGH	VRG	Total
11.3	1.3	8.8	26.0	10.7	197.9	14.5	22.1	352.7	8.6	19.1	2.3	10.1	25.6	36.2	1.4	0.7	2.1	753.8

Tableau 5 : Surfaces des cultures dans les secteurs du scénario 2

### Répartition des cultures en besoin



### Répartition des cultures en superficie

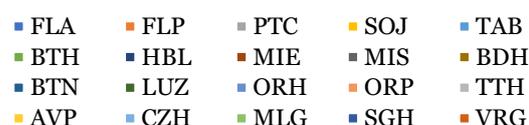
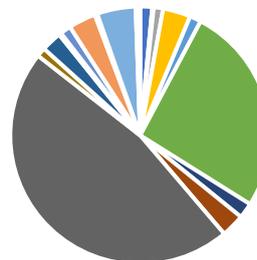


Figure 8 : Répartition des cultures en besoin et en superficie sur les territoires du scénario 2

Le linéaire de réseau est de 9 km. On compte 6 traversées.

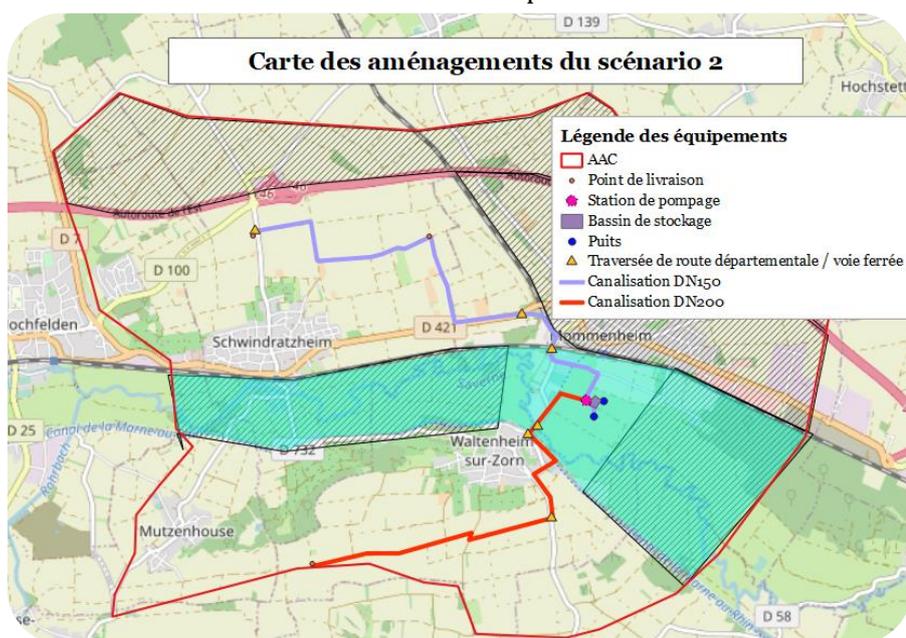


Figure 9 : Carte des aménagements du scénario 2

#### ➤ Première modalité :

Un stockage de 600 m<sup>3</sup> permettrait d'irriguer :

- Toutes les cultures sauf le blé tendre d'hiver, le blé dur d'hiver et le maïs (**172 ha**)
- 13% du maïs et toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (**118 ha**)
- 45% du blé et toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (**162 ha**)

Le projet dans ces conditions coûterait 2 090 000€ et 0.70€ par m<sup>3</sup> sur 20 ans.

#### ➤ Deuxième modalité :

Un stockage d'une réserve utile de 50 000m<sup>3</sup> permettrait d'irriguer :

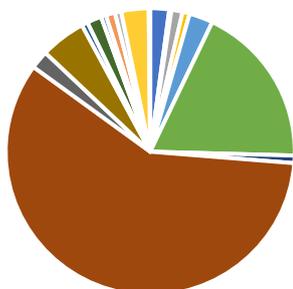
- Toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal à celui du maïs (y compris le blé tendre d'hiver) et 3% du maïs (**281 ha**)
- Toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (sauf le blé) et 31% du maïs (**182 ha**)
- 17% du maïs et toutes les cultures sauf le blé tendre d'hiver (**241 ha**)
- 60% du blé et toutes les cultures sauf le maïs (**300 ha**)

Dans ces conditions, le projet coûterait 2 650 000 € et 0.53€ par m<sup>3</sup> sur 20 ans.

### Proposition d'aménagement 3

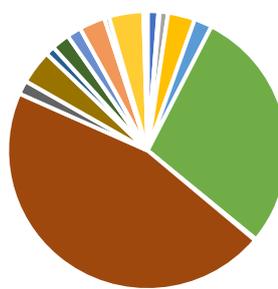
Les cultures présentes sur les territoires concernés par cette proposition sont les suivantes :

#### Répartition des cultures en besoin



■ FLA ■ FLP ■ PTC ■ SOJ ■ TAB ■ BTH  
 ■ FRA ■ MIS ■ HBL ■ MIE ■ BDH ■ BTN  
 ■ ORH ■ ORP ■ LUZ ■ CZH ■ MLG

#### Répartition des cultures en superficie



■ FLA ■ FLP ■ PTC ■ SOJ ■ TAB ■ BTH  
 ■ FRA ■ MIS ■ HBL ■ MIE ■ BDH ■ BTN  
 ■ ORH ■ ORP ■ LUZ ■ CZH ■ MLG ■ VRG

Figure 10 : Répartition des cultures en besoin et en superficie des territoires du scénario 3

FLA	FLP	PTC	SOJ	TAB	BTH	FRA	MIS	HBL	MIE	BDH	BTN	ORH	ORP	LUZ	CZH	MLG	SGH	VRG	Total
11.3	1.3	8.8	28.5	18.9	260.2	1.5	416.4	14.5	35.9	9.7	19.1	15.1	2.3	5.0	36.2	1.4	0.7	3.1	889.7

Tableau 6 : Surfaces des cultures dans les secteurs du scénario 3

Le linéaire de réseau est de 13 km. On lui compte 8 traversées.

Un stockage de 600 m<sup>3</sup> permettrait d'irriguer :

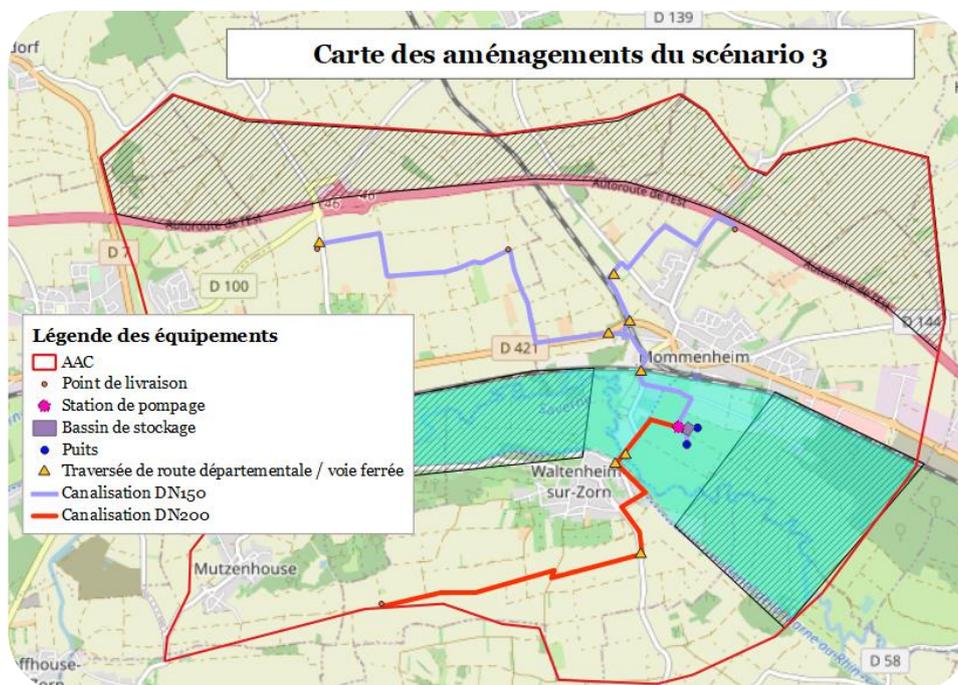
- Toutes les cultures sauf le blé tendre d'hiver, le blé dur d'hiver, le colza, et le maïs
- 10% du maïs ou 33% du blé et toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (**112 ha et 156 ha respectivement**)
- La totalité du colza et toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal à 2, excepté le blé et le maïs

Dans ces conditions, le projet coûterait 2 810 000€ ou 0.94€ par m<sup>3</sup> ramené sur 20 ans

Un stockage d'une réserve utile de 50 000 m<sup>3</sup> permettrait d'irriguer :

- Toutes les cultures (colza et blé dur compris) et 4% du blé (**248 ha**) ou 1% du maïs (**241 ha**)
- Toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (sauf le blé) et 23% du maïs (**184 ha**)
- Toutes les cultures d'un niveau de priorité supérieur ou égal (sauf le maïs) et 74% du blé (**280 ha**)

Dans ces conditions, le projet coûterait 3 070 000€, à savoir 0.61€ par m<sup>3</sup> ramené sur 20 ans.



### *Substitution de cultures*

Les cultures majoritaires sur l'aire sont le maïs (700 ha) et le blé tendre d'hiver (400 ha). Ces besoins sont trop importants en comparaison aux capacités de la ressource, c'est pourquoi elles ont été les premières cultures à être retirées dans tous les scénarios envisagés. Le besoin du maïs étant le plus conséquent (1500 m<sup>3</sup>/ha, un besoin total de l'ordre d'1 million de m<sup>3</sup>), et celui-ci étant le plus polluant, en ce qu'il requiert des engrais mais ne fournit pas de couvert végétal jusque tard dans la saison d'irrigation ; il peut être envisagé de remplacer une partie des parcelles par des cultures BNI. [29]

Une étude proposée par les Missions Eau Alsace du SDEA en 2016 a étudié les potentiels de reconversion des cultures suivantes :

- Le soja, ayant un prix de vente d'environ 1 120€ par ha (sur la base de 350€/t et d'un rendement de 32 q/ha). Cette culture a l'avantage d'être à la fois une grande culture et à bas niveau d'intrants, ne nécessitant pas d'engrais (incorporer du soja dans une rotation : soja – maïs – maïs, permettrait par exemple de réduire de 30% les apports en nitrates. Un problème majeur est cependant la nécessité d'utilisation d'herbicides.
- La luzerne, qui fixe l'azote minéral plutôt que l'azote atmosphérique, ce qui en fait un bon dépolluant du sol. Elle est cependant assez gourmande en eau et ne serait pas nécessairement adaptée au projet.
- Le lin améliore les rendements, notamment du blé, mais est très sensible au stress hydrique
- Le quinoa ne nécessite quasiment pas d'eau ni de produits phytosanitaires, mais un apport en nitrate est nécessaire
- Le chanvre n'a pas de besoins trop importants en azote ni en traitements, et est sensible aux rémanences d'herbicides
- L'ortie capte très bien les nitrates du sol et ne nécessite pas de traitement, mais a une implantation assez critique

Mis à part le soja qui est une grande culture, les données économiques sur les cultures BNI sont peu nombreuses mais reflètent souvent un marché incertain. Parmi les grandes cultures, aucune ne se compare au maïs en termes de rentabilité à l'hectare : 2 400€ pour le maïs, contre 1 600€ pour le blé tendre, 1 300€ pour l'orge et 1 500€ pour le colza, ce qui explique la grande quantité de maïs sur le territoire.

Les cultures les plus rentables au m<sup>3</sup>, quant à elles sont l'orge (3.23€) et moyennement le blé tendre d'hiver (2.13€). Ces cultures, bien que sans intérêt de phytoremédiation, pourraient être suggérées comme solution de remplacement de certaines parcelles de maïs, permettant de mieux rentabiliser un coût de l'eau potentiellement important, et pourraient apporter un bénéfice dans la mesure où la diminution de parcelles de maïs diminuerait potentiellement la quantité de lessivage d'azote.

## Comparaison des propositions et bilan sur la faisabilité globale du projet

L'étude a veillé à laisser une marge de manœuvre pour la prise de décision : la pertinence de chaque scénario dépendra de la demande réelle des exploitations. En effet, ici, l'hypothèse a été de constituer une demande considérée comme maximale : on considère qu'aucun territoire n'a accès à la nappe, que les rivières sont toutes propices au développement de la bactérie *Ralstonia Solanacearum*, etc. Dans la réalité, certaines exploitations possèdent peut-être déjà des pompes privés, ou bien peuvent avoir des sols différents de ceux considérés (les cartes ayant servi de source ne montrant que le type de sol dominant), par exemple.

Les propositions, ici, ne se distinguent pas par le volume pouvant être destiné à l'irrigation, celui-ci étant déjà majoré. De ce fait, le coût de l'eau au m<sup>3</sup> croît avec le linéaire de réseau, et ne peut être compensé par une augmentation de volume, et de couverture du territoire. Ce qui distinguera cependant ces propositions sera le coût par exploitation, qui ici n'a pas été évalué du fait de l'anonymisation des parcelles. Cette distinction pourra se faire après consultation des personnes impliquées et l'expression de leur perspectives d'avenir vis-à-vis du projet.

De plus, un facteur de priorisation additionnel des parcelles aurait été d'utiliser l'étude hydrogéologique en cours pour isoler les parcelles ayant le plus d'impact sur la qualité de la nappe. Les résultats de l'étude n'ayant pas été reçus à temps, ces données n'ont pas été prises en compte.

Concernant la faisabilité, le placement des puits par rapport aux terrains ciblés n'est pas idéal :

- La ressource est située à une cote altimétrique de 150 m, tandis que les terrains se situent à une cote entre 200 et 240 m, et demandant des linéaires de réseau de l'ordre de 4 km pour l'accès à chaque secteur délimité dans un scénario. L'addition d'un dispositif de pompage additionnel sera donc impérative pour non seulement assurer la distribution mais également fournir une pression suffisante. Néanmoins, braver cet obstacle est complètement envisageable d'un point de vue technique.
- L'accès aux territoires implique des franchissements conséquents : les voies ferrées de Mommenheim et Paris-Strasbourg ; ainsi que le canal de la Marne. Eviter leur franchissement direct améliore les chances de faisabilité du projet, mais bien entendu rallonge le réseau. Le futur du projet dépend entièrement des autorisations pour ces franchissements, qui vont au-delà de l'objectif de cette étude.

A cela s'ajoutent les contraintes liées aux travaux en zone de périmètre de protection rapprochée.

L'atypie de la démarche, mentionnée en introduction, qui part de la capacité de la ressource pour estimer quelle part du besoin peut trouver réponse, rend le projet moyennement optimisé, comparativement à d'autres projets. En effet, l'augmentation de la couverture du réseau allonge les coûts d'investissement, mais pas la capacité de production : le coût au m<sup>3</sup> et à l'hectare augmente donc.

Globalement, l'étude mène à des propositions techniquement et économiquement cohérentes et réalistes.

## Partie 2 : étude de la mise en place d'un système de réutilisation des eaux usées traitées de la Griesheim-sur-Souffel pour le projet Irrikochersberg

### Présentation

#### Site d'étude

##### *Le milieu naturel*

La Souffel est une rivière alsacienne qui prend sa source à Kuttolsheim, dans le Bas-Rhin. La rivière, d'une longueur d'environ 28 km, traverse les collines du Kochersberg avant de passer par plusieurs communes de l'Eurométropole de Strasbourg (EMS) pour arriver à la Wantzenau et s'y jeter dans l'Ill. [10]



Figure 11 : Bassin versant de la Souffel (Source : Mission Eau Alsace)

Sur le chemin, elle rencontrera trois affluents de premier ordre, d'amont en aval : le Plætzerbach, le Musaubach et le Leisbach (aussi connu sous le nom d'Avenheimerbach ou Avenheim), ce dernier étant le plus gros affluent.

Sur le territoire, la Souffel est notoirement fragilisée et la cible d'une préoccupation sévère et urgente. Elle est sujette à des étiages très marqués, du fait qu'elle n'ait pas de partie vosgienne, et donc ne possède qu'une faible réserve en amont. A cela s'ajoute le fait que la plupart de ses territoires d'écoulements soient constitués de Loess, ne permettant pas une grande rétention d'eau au cours de sa trajectoire. Par ailleurs, la Souffel, lors de sa traversée de la plaine rhénane, se trouve en zone d'infiltration, et est donc drainée au profit de la nappe d'Alsace. L'intensité du phénomène croît en période de basses-eaux, du fait de la baisse des niveaux de la nappe, ce qui accentue la sévérité de ses étiages. C'est notamment ce qui donne au projet les caractéristiques d'un PTGE : les actes de chacun(e) se reflètent sur l'état des ressources, qu'il s'agisse de la nappe ou des eaux superficielles, et qu'on en observe la qualité ou bien la quantité.

La rivière globalement est de mauvaise qualité [30], avec une qualité assez bonne, bien que nitratée, à sa source, puis mauvaise à très mauvaise en aval. Le Leisbach quant à lui est d'une qualité passable. Parmi les polluants, on

retrouve en grande partie la pollution agricole, à savoir les nutriments et leurs dérivés, comme les nitrates et orthophosphates ; et les produits phytosanitaires.<sup>2</sup>

Quatre STEP sont présentes sur le bassin versant, ou l'étaient durant la période d'étude :

- À Truchtersheim (boues activées, « 7500 »EH), qui rejette dans le Leisbach
- À Kienheim (lagunes, 600EH), qui rejette dans le Kolbsenbach
- À Griesheim-sur-Souffel (boues activées, 21650EH), la station à l'étude
- Et jusqu'à mai 2020, Stutzheim-Offenheim (boues activées, 4500EH)



Figure 12 : Stations d'épurations présentes sur le bassin versant de la Souffel (Source : Géoportail)

### *La station à l'étude*

La station de Griesheim-sur-Souffel a fait l'objet de travaux très récemment. Inaugurée mi-2018, la STEP a pu voir s'agrandir sa capacité nominale, passant ainsi de 9500 EH à 21650 EH. Elle recueille dorénavant les effluents de la STEP de Stutzheim-Offenheim, qui n'était plus conforme. Une deuxième file eau (constituée d'un bassin d'aération) y a été rajoutée, et la sortie a été complétée par une filtration à sable, compte tenu de l'état de dégradation assez marqué du milieu récepteur. La totalité des effluents recueillis sont d'origine domestique ou assimilée.

Cette rénovation est la motivation principale derrière le choix de cette station. Plusieurs STEP rejettent directement ou indirectement dans la Souffel, mais celle-ci étant récente, elle fait preuve d'un potentiel de durabilité plus important que ses consœurs sur le territoire.

---

<sup>2</sup> Voir annexe 10

# Projet

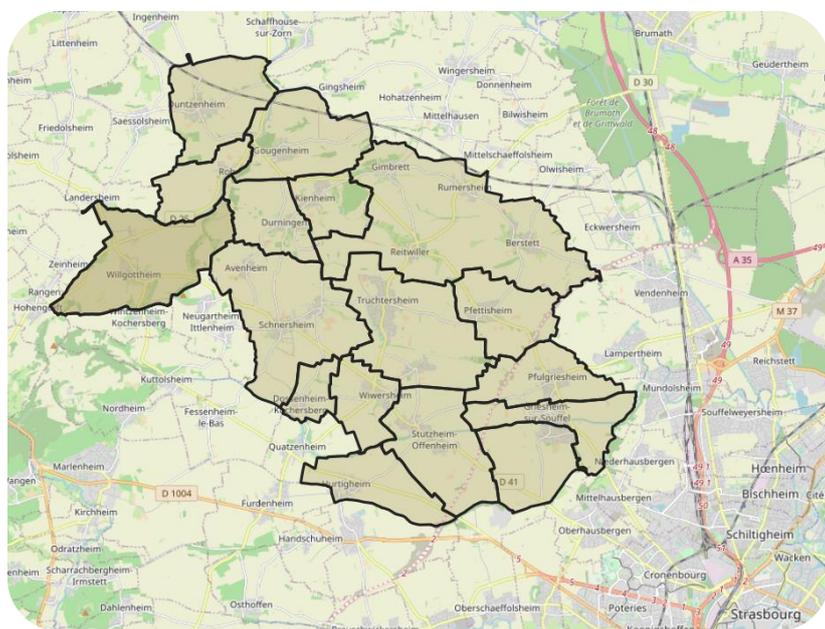
L'étude résulte de l'intersection de deux projets, l'objectif étant de les concilier leurs enjeux le mieux possible.

## *Le projet Souffel 2027*

Le projet Souffel 2027 est un partenariat, ayant vu le jour à l'occasion de l'établissement du Contrat Territorial Eau et Climat (2020-2023) entre le SDEA, l'AERM et la Communauté de Communes du Kochersberg et de l'Ackerland. Celui-ci vise à engager les parties nommées à prendre les mesures nécessaires au bon état écologique et chimique de la masse d'eau de la Souffel. Parmi ces initiatives, on peut citer les programmes de renaturation des cours d'eau pour l'état physique, le programme Agrimieux Souffel [1] visant à améliorer et diminuer l'impact des pratiques agricoles, ainsi que diverses opérations d'études ayant pour objectif de cibler les sources de pollution et d'y apporter quelques propositions de solution. Entre autres, l'exploration de la perspective de réutilisation des eaux usées traitées sur la station de Griesheim-sur-Souffel fait partie des orientations prioritaires.

## *Le projet Irrikochersberg*

Le projet Irrikochersberg quant à lui est un projet global d'irrigation sur les communes du Kochersberg d'envergure assez importante. Rassemblant une cinquantaine d'exploitations, il prévoit d'irriguer près de 1200



ha à travers 21 communes. L'objectif de ce projet est, comme pour le projet de Mommenheim, de protéger les exploitations des aléas météorologiques. A priori, le réseau se substituerait aux pompages dans les eaux superficielles

L'irrigation de ces exploitations serait donc faite grâce à sept pompages dans la nappe d'Alsace. Du fait de l'intersection réduite de la zone de besoin et la nappe, leur localisation est concentrée sur la partie Est du réseau. La distribution serait effectuée par un réseau d'un linéaire de l'ordre de 60 km, comptant 3 bâches, d'après le retour de l'étude de faisabilité effectuée par Artelia. [4]

Figure 13 : Communes touchées par le projet Irrikochersberg

# Problématique

## *Enjeux et acteurs*

Un des enjeux majeurs de ce projet est notamment la multiplicité des acteurs présents sur le territoire et impliqués dans la résultante des projets. Parmi eux, on compte bien entendu les parties engagées dans le CTEC [1] : le SDEA, la Communauté de Communes, et l'AERM. A cela, on peut y ajouter la Chambre d'Agriculture et ses exploitant.e.s, mais aussi toutes les parties que lient les intérêts de la rivière : si la Souffel relève de la responsabilité du SDEA dans sa partie amont au titre de la compétence GEMAPI ; elle traverse, à partir de Mundolsheim, les territoires de l'EMS. Ces derniers ont d'ailleurs été à l'origine d'une opération de reméandrage autour de Reischtett [15], à l'aval de la zone d'étude. Sont également parties prenantes du projet, l'Office Français de la Biodiversité, dans la mesure où le débit et la qualité de la rivière affectent les écosystèmes présents, et la Fédération de Pêche du Bas-Rhin, puisque la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement ont un impact sur les habitats piscicoles.

Le bon état de la Souffel et de sa biodiversité est bien entendu l'enjeu le plus crucial du projet. Celle-ci est réputée pour être de mauvaise qualité (du fait des activités agricoles, mais aussi des territoires loessiens constituant son bassin versant : ce type de sol est assez meuble et limoneux, et est donc facilement entraîné par la pluie et reste en suspension dans la rivière, rendant son eau assez défavorable pour la vie aquatique). Par ailleurs, les débits de la Souffel sont de plus en plus faibles (un assec a notamment été déclaré en amont de la STEP, à Dingsheim, durant l'été 2020). Ceci limite son potentiel de dilution et lui confère une température élevée, deux facteurs de risque pour la population piscicole.

Enfin, l'autre intérêt de ce projet serait également de soulager la nappe d'Alsace, dont les niveaux s'abaissent aussi lors des périodes de besoin.

## *Objectifs et démarche*

L'étude doit permettre mettre en évidence sous quelles conditions le projet peut voir le jour, tout en respectant le cahier des charges associé au PTGE : il s'agit de confronter le potentiel de la ressource à la demande, en termes de qualité et de quantité. Il est également nécessaire de cerner de quelle manière répondre aux besoins agricoles affecterait le milieu naturel, à qui la station fait actuellement du soutien d'étiage. Parallèlement, l'Agence de l'Eau cherche à déterminer si la diminution des rejets de la station lorsque le potentiel de dilution est le plus faible, à savoir en période d'étiage, permettrait de soulager le cours d'eau d'un point de vue qualitatif.

La méthodologie adoptée sera la suivante :

- Étude de la ressource : qualité des rejets, leur quantité et répartition sur l'année
- Étude des besoins du milieu naturel : débits sur l'année 2019-début 2020, débit réservé, possibilité de soutien d'étiage additionnel et influence sur le projet
- Bilan des besoins agricoles d'après l'étude de faisabilité effectuée et de leur compatibilité à la ressource
- Propositions d'aménagements conciliant différemment les conditions de faisabilité mises en évidence

# La réutilisation des eaux usées traitées

## Principe

La réutilisation des eaux usées traitées, abrégée par le terme de REUT (ou REUSE dans sa version anglophone) est une pratique développée en réponse aux déficits hydriques, dans l'objectif de répondre aux besoins divers en eau, notamment dans les espaces publics ou l'agriculture, et de privilégier l'utilisation des ressources pour l'eau potable. Il s'agit, comme son nom l'indique, d'un processus de réutilisation des rejets de STEP.

En fonction des effluents qu'elle reçoit, et de ses performances de traitement, les traitements auxquels les rejets seront soumis à une combinaison qui peut être classique (prétraitement : dégrillage, dégraissage, dessablage ; suivi d'un traitement secondaire : lagunage, aération...); ou bien être complétée par un traitement tertiaire (lagunage de finition, filtration sur sable/disque, ultrafiltration, filtration membranaire...). Dans tous les cas, la distribution sera très certainement précédée d'un procédé de désinfection, qui peut être : par rayons UV, si la turbidité de l'eau le permet, ou bien par chloration ou ozonation. Les traitements sont adaptés à la qualité réelle des rejets et aux objectifs de qualité fixés, aux moyens financiers disponibles et aux possibilités d'exploitation.

## Intérêt et exemples

### *La REUT dans le monde*

A l'échelle mondiale, près de 70 pays réutilisent leurs eaux usées [34]. Celle-ci naissant principalement de la préoccupation sur la disponibilité des ressources en eau, la REUT s'est en grande partie développée dans des pays à climats arides ou semi-arides : en Jordanie, à Malte, dans le sud des Etats-Unis (Californie, Floride, Arizona...), à Chypre, en Israël... En termes de novation technologique, Singapour, le Japon et la Californie sont placés au titre de référence. D'un point de vue quantitatif, avec le volume par habitant, c'est Israël, le Koweït et le Qatar qui ont les volumes les plus conséquents : Israël réutilise en effet 91% de ses eaux usées, dont 71% pour l'irrigation [26]. En Europe, c'est en Espagne que la pratique est le plus développée.

En l'absence de réglementation mondiale, les standards de qualité sont très hétérogènes et la REUT se développe donc très différemment, car l'investissement au traitement est à l'image des exigences de qualité. C'est ainsi que les plus grands volumes se trouvent en Chine et au Mexique, mais avec un traitement peu poussé, tandis que l'Italie et la Grèce font l'objet de réglementations très contraignantes [34], freinant ainsi le développement de la pratique.

### *Différentes méthodes pour différents objectifs*

Selon les intentions vis-à-vis du milieu naturel, la gestion de la ressource fournie par les eaux usées peut se faire de manière différente :

- Si par exemple, la préoccupation majeure est la préservation qualitative du milieu naturel, à savoir que les rejets le polluent de manière conséquente, et que les débits sont assez importants (ou bien, que le déclassement est beaucoup plus marqué que le soutien d'étiage), l'objectif va donc être de limiter au maximum les rejets. Ainsi, les eaux peuvent être réutilisées en continu, si la demande y est adaptée, ou bien rejetées hors période de besoin et faire l'objet de réutilisation directe lors de la période d'irrigation.

- Si cependant, la station ne pollue que peu ou plutôt que le soutien d'étiage est fondamental au bon fonctionnement du cours d'eau, un stockage saisonnier peut y être associé : les eaux seront stockées lors de la période hivernale et ce sont ces volumes qui serviront pour la réutilisation. Dans ce cas, le stockage peut permettre l'affinage du traitement des eaux. [33]

### *La ferti-irrigation et recyclage de nutriments*

Un autre intérêt de la REUT est le recyclage de nutriments. En effet, les eaux usées contiennent en général une concentration assez élevée en nutriments (Azote et Phosphore), qui, si leur rejet est à éviter dans les milieux naturels, peuvent trouver leur utilité dans des thématiques d'irrigation. Ces nutriments peuvent être issus des eaux grises, auquel cas il s'agit des résidus non traités par la STEP ; ou bien ils peuvent être apportés par les eaux de pluie par le biais du lessivage : du fait de la lixiviation des engrais qui sont ensuite emportés par le ruissellement et collectés par la station. La REUT permet dans ce contexte d'empêcher ces eaux d'atteindre le milieu naturel et de les restituer aux sols.

De ce fait, la REUT est parfois associée à la ferti-irrigation ou fertigation, une pratique qui consiste à injecter directement les engrais dans l'eau d'irrigation. Cette méthode, nécessitant l'irrigation au goutte-à-goutte, permet notamment de limiter le lessivage, puisque les nutriments sont apportés en continu et directement à la racine. Enfin, l'avantage majeur de cette pratique est la possibilité d'apporter de l'engrais à tout stade de vie de la plante, puisque les tuyaux passent à proximité de chaque pied. [33]

## Réglementation

### *Historique*

La Californie s'est montrée pionnière de la REUT en instaurant en 1918 la première réglementation régissant l'utilisation des eaux de récupération pour l'irrigation. Israël a ensuite suivi en 1952 [13].

En 1973, l'Organisation Mondiale de la Santé a publié ses premières recommandations concernant la REUT, avant de les actualiser en 1989 à la suite de la sortie d'une étude épidémiologique sur le sujet, ce qui sera la base des premières recommandations françaises. En 2006, [25] un troisième et dernier (à ce jour) ensemble lignes directrices a été émis, prenant cette fois en compte les risques liés aux agents pathogènes (notamment le rotavirus) et produits chimiques de manière plus approfondie. Ces documents donnent des valeurs seuil indicatives pour les objectifs concernant les taux d'abattement.

En 1991, la directive L135/40 [12] du conseil européen autorise officiellement la réutilisation des eaux usées traitées ainsi que l'épandage des boues issues de stations d'épuration, sans pour autant y affecter de normes sur les objectifs de traitement préférables. Par la suite, un certain nombre de pays se sont lancés dans le mouvement, en se basant sur les mises à jour de l'OMS pour leurs recommandations. Lors de la Directive Cadre sur l'Eau en 2000, [11] des mesures préconisées ont pu servir de base pour régir les premières utilisations en Europe. Les décisions différant d'un pays à l'autre, le développement de la REUT s'est fait de manière hétérogène comme mentionné précédemment, et c'est en 2018 que la Commission Européenne propose son premier règlement sur la pratique. Celui-ci a été adopté le 25 mai 2020, [27] et entrera en vigueur dès 2023, en faisant une base réglementaire applicable au projet, au même titre que la réglementation française déjà en place. Il s'agit également d'une stratégie envisagée par la Commission Européenne dans le cadre de son plan d'action en faveur de l'économie circulaire, adopté notamment en décembre 2015.

## Synthèse réglementaire

En France, le premier cadre juridique sera apporté par l'arrêté interministériel du 2 août 2010, ensuite modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 [18] et complété par la circulaire du 26 avril 2016, [21] dont les mesures applicables au projet sont récapitulées dans l'annexe 9.

La réglementation française, comme la réglementation européenne, fixe des niveaux de qualité, ainsi que les utilisations qui leurs sont autorisées. La réglementation européenne étant la plus contraignante sur ce point, c'est sur ces niveaux que devra se baser le projet :

Classe minimale	Cultures autorisées	Mode d'irrigation
A	Cultures consommées crues dont la partie comestible est en contact direct avec de l'eau de récupération et plantes sarclées consommées crues	Toutes méthodes
B	Cultures vivrières consommées crues dont la partie comestible est cultivée en surface et n'est pas en contact direct avec l'eau de récupération, cultures vivrières transformées et cultures non vivrières, y compris cultures servant à l'alimentation des animaux producteurs de lait ou de viande	Toutes méthodes
C		Irrigation localisée ou permettant d'éviter le contact avec la partie comestible
D	Cultures industrielles, énergétiques et semencières	Toutes méthodes

Tableau 7 : Niveaux de qualité minimaux pour différentes catégories de cultures, d'après le règlement européen du 25 mai 2020

Certains paramètres cependant, comme la DBO<sub>5</sub>, sont présents dans la réglementation française mais pas à l'échelle européenne, et donc seront pris en compte également dans la faisabilité technique du projet. La réglementation française possède également des contraintes de terrain additionnelles.

Concernant les responsabilités juridiques, celles-ci devront être régies par une convention entre le SDEA et la profession agricole, certaines n'étant pas fixées par les réglementations. La réglementation française en pose néanmoins quelques-unes, mentionnées également en annexe 9.

## Préoccupations

### Acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale étant bien entendu impossible à généraliser, ce facteur sera propre à chaque projet. Dans certains cas, l'acceptabilité sociale peut être lourdement impactée par des aspects socioculturels ou religieux ; dans d'autres, la nécessité seule suffit à justifier l'utilisation d'eaux usées. [25] Globalement, les recommandations de l'OMS mentionnent cependant une étude<sup>3</sup> qui montre que la probabilité que la population

<sup>3</sup> Voir annexe 12

y soit favorable pour ce type d'utilisation est parmi les plus élevées. Additionnellement, certains gouvernements proposent certaines mesures pour encourager l'économie circulaire : l'état d'Israël a par exemple mis en place, depuis les années 1990 des politiques de soutien à base de tarifs progressifs, d'allocations en volume et de subventions. [26]

Ici, bien que le projet ne se situe pas dans une zone aride, des discussions avec les locaux suffisent à comprendre que le besoin est présent : certains exploitants des stations du périmètre ont fait état de pompages non déclarés, ou ont parfois même reçu des demandes pour la récupération directe de rejets des stations, des pratiques illégales, mais désespérées. En effet, si l'irrigation présente un très grand intérêt pour atteindre les objectifs de rendement pour les grandes cultures, elle est également vitale par exemple dans le maraîchage : un déficit en eau peut entraîner des produits hors calibre et donc exclut l'accès au marché. A première vue, le facteur économique risque donc d'influencer lourdement l'acceptabilité du projet.

### *Enjeux sanitaires*

D'un point de vue sanitaire, l'OMS s'est donc penchée sur la question de la REUT à l'échelle mondiale depuis quelques décennies. En France, un rapport publié en 2012 y a également été dédié par l'ANSES, basé sur une saisine de 2009, [2] qui a motivé le premier arrêté interministériel en 2010. Cette étude a estimé des concentrations théoriques en composés chimiques pouvant poser un problème pour la santé humaine, pour chaque substance retrouvée dans les eaux usées : ces valeurs seuils étaient  $10^2$  à  $10^7$  fois plus élevées que les concentrations retrouvées habituellement dans les EUT.

La préoccupation majeure repose sur les éléments microbiens comme les bactéries, les virus et autres agents pathogènes, dont l'impact n'est pas mesuré dans cette étude. Les retours d'expérience sont ainsi les seules bases de données disponibles. Si des cas d'intoxications après consommation d'aliments irrigués par des eaux de récupération ont bien été répertoriés, les eaux concernées faisaient généralement l'objet d'un traitement beaucoup moins intensif que celui requis pour la réglementation européenne (certaines ne faisaient même pas l'objet de traitement). Les niveaux de classes de qualité sont liés au niveau de contact des eaux avec les aliments, amoindrissant ainsi le risque pour la consommation. De plus, des mesures de protection peuvent être préconisées, notamment en imposant une durée minimale entre la dernière irrigation et la consommation du produit, permettant ainsi le dépérissement de ces agents.

Pour les personnes fréquentant les lieux d'irrigation ou y travaillant, des mesures de précautions sont cependant nécessaires : proximité entre les parcelles et les zones sensibles (lieux de passage, habitations, abreuvement du bétail, parcs etc..) notamment pour l'aspersion<sup>4</sup> ; information claire du public sur les zones concernées (canalisations, dispositifs de stockage) ; formation du personnel...

### *Enjeux agronomiques et environnementaux*

Une question est revenue assez fréquemment, à la fois dans les webinaires sur la REUT que dans les interactions avec la profession agricole, interrogeant la compatibilité de la pratique avec l'Agriculture Biologique. A l'échelle du label européen, à l'heure actuelle, il n'existe pas d'incompatibilité entre les deux, puisque le cahier des charges du label bio repose grandement sur les produits chimiques de synthèses et intrants. En l'occurrence, ceux-ci ne sont donc pas ajoutés ou concentrés lors de la REUT (en tout cas pas plus que lors du ruissellement d'une parcelle à l'autre).

---

<sup>4</sup> Ces mesures sont notamment mentionnées dans la circulaire du 26 avril 2016

Néanmoins, les eaux usées peuvent en effet contenir des métaux ou sels, ceux-ci provenant majoritairement des ruissellements sur les surfaces imperméabilisées : sur les routes notamment, où l'on trouve du sel ou des hydrocarbures et autres résidus de pollution automobile, et les gouttières de maison, par exemple, peuvent être une autre source de métaux tels que le zinc. Les sels ainsi que certains micropolluants minéraux peuvent également provenir des eaux domestiques, en ce qu'on les trouve parfois dans les détergents. Ces composés peuvent en effet affecter la compatibilité des eaux d'irrigation aux exigences agronomiques, et donc l'utilisation d'eaux usées traitées (EUT) n'est pas recommandée sur des sols pollués. Une analyse d'impact sur le sol doit être réalisée tous les dix ans<sup>5</sup>.

*Note : si la pollution des sols par ces composés est une préoccupation légitime, l'intérêt écologique et sanitaire de la REUT n'en est pas totalement compromis pour autant, en ce qu'elle empêche ces eaux d'atteindre les eaux superficielles et potentiellement de s'infiltrer dans les eaux souterraines, et ainsi en préserve les ressources d'eau potable.*

Les micropolluants organiques issus des eaux domestiques quant à eux (résidus médicamenteux, perturbateurs endocriniens et extraits de cosmétiques) ne sont que peu mentionnés dans ces études, car peu connus. Leur très grande diversité couplée avec l'imprévisibilité de leur présence et la grande multiplicité des cultures font qu'il est quasi-impossible de tester l'impact de chacune de ces substance sur chaque culture pouvant être irriguée, bien que certaines études puissent se focaliser sur une association en particulier. Néanmoins, l'OMS a affirmé que la grande majorité de ces composés étaient en fait éliminés par adsorption dans les sols, volatilisation ou bien parfois, par dégradation biologique. [25]

*Note : les micropolluants sont une préoccupation émergente du point de vue du public, en ce que le terme est vague et évocateur de mystère et ainsi d'autant plus interpellant. Ici, la préoccupation est également exacerbée par le fait d'introduire une nouvelle pratique. Cependant, ces substances donc malheureusement déjà présentes dans les eaux superficielles (notamment à l'aval de zones de rejets), et voire parfois dans les ressources souterraines, du fait de l'infiltration. Si des méthodes de traitement (au moins partielles) sont possibles ou en cours de mise au point, cette pollution est d'origine anthropique et le meilleur moyen de minimiser leur présence dans le milieu naturel reste de limiter leur utilisation. De ce point de vue, il ne semble pas incohérent d'espérer que la REUT, même à titre de projet, pourrait permettre d'effectuer un travail de sensibilisation en donnant une illustration directe de l'impact des pratiques des foyers sur les ressources en eau.*

---

<sup>5</sup> Les valeurs seuils recommandées sont précisées en annexe 13.

Pour donner suite à ces précisions sur la REUT en général, la partie suivante se focalisera sur le contenu de cette étude spécifiquement, conformément à la méthodologie évoquée précédemment.

### Identification des besoins agricoles

Le réseau proposé étant assez conséquent, les besoins sont assez variés, car reposant sur un certain nombre de cultures. Il convient, pour respecter le règlement européen, de baser la qualité l'apport en eau de REUT le niveau de qualité le plus restrictif. En l'occurrence, des exploitations du réseau envisagent l'irrigation de cultures maraîchères : celles-ci nécessitent une irrigation avec une eau de qualité A.

De plus, une grande partie des équipements sont des dispositifs d'aspersion, risquant ainsi la formation d'aérosols. Une surveillance de la *Legionnella* s'impose donc. Enfin, certaines parcelles contiennent des cultures fourragères, ce qui implique qu'une surveillance des œufs d'helminthe (ou nématodes intestinaux) est nécessaire.

Le besoin global annuel du réseau est d'environ 1 500 000 m<sup>3</sup>, besoin trop élevé pour que la station puisse y suffire seule. La Chambre d'Agriculture propose que le montant minimal pour un projet intéressant serait de 200 000 m<sup>3</sup>, ou correspondrait à la substitution d'un forage de 50 m<sup>3</sup>/h.

### Etude de la ressource : détermination des capacités et limites de la STEP

#### Qualité et traitements envisageables

Le tableau suivant récapitule les valeurs moyennes de rendement et de concentration des paramètres en sortie de station, ainsi que les valeurs maximales des concentrations de sortie. Une cinquantaine de mesures sont effectuées chaque année.

	MES	DBO5	DCO	NGL	NTK	NH4-	NO2-	NO3-	Pt
Moyenne	2.13	2.14	19.88	3.46	1.50	0.28	0.05	1.91	0.29
Max	3.90	3.40	35.70	10.31	3.00	0.60	0.15	8.30	1.70
Rendement	99%	99%	96%	95%	98%	100%	*	*	95%

Tableau 8 : Valeurs mesurées des paramètres réglementés en sortie de station et leurs rendements sur l'année 2020

La station faisant l'objet d'une filtration en sortie, ses paramètres physico-chimiques habituels sont conformes aux valeurs seuils de la réglementation pour la classe de qualité A. Les paramètres restants pour garantir la conformité réglementaire sont d'ordre bactériologique (*E. Coli*, *Legionnella*, Œufs d'helminthes), ainsi que la turbidité.

*Note : bien que la turbidité ne soit une grandeur mesurée en sortie de STEP, et qu'ainsi ses valeurs habituelles ne soient pas connues, il est possible de faire une estimation basée sur la concentration en MES, dont le rapport avec la turbidité est estimé entre 0.5 et 1.4.[22] En se basant sur ces rapports de la littérature, les concentrations, inférieures à 5mg/L dans 89% des mesures sur l'ensemble des années (en incluant les dysfonctionnements liés par exemple aux coulées de boues), laissent penser que la turbidité serait bien inférieure à 10NTU. De plus, les eaux feront*

probablement l'objet d'un stockage longue durée, permettant une décantation supplémentaire des matières en suspension.

Le seul traitement complémentaire dont les eaux devront faire objet est une désinfection, en sortie de stockage le cas échéant. Les méthodes habituellement utilisées sont l'ozonation, la chloration, et la désinfection UV.

- L'ozonation : il s'agit de la méthode la moins préconisée par souci d'exploitation, l'ozone étant assez dangereux. Cette méthode possède néanmoins l'avantage de ne pas former de sous-produits néfastes (celui-ci étant le dioxygène)
- La chloration est une méthode dont l'efficacité est attestée, et serait appréciée du point de vue des objectifs de qualité, mais est également compliquée d'exploitation le dichlore utilisé est explosif et toxique.

Les taux de chlore sont surveillés lors de la culture de tabac, qui concerne certaines parcelles irriguées et rend le projet moins favorable au processus. Cependant, au vu des besoins et des capacités de la station, l'apport en eau ferait l'objet d'une grande dilution.

- Les valeurs de MES laissent penser que la désinfection UV serait envisageable, les valeurs maximales pour une désinfection standard étant fixées à 30 mg/L et à 5 mg/L pour une désinfection poussée.

### *Débits de sortie (temps de pluie et temps sec)*

Le tableau suivant récapitule les valeurs caractéristiques des débits de la station :

Rejet (m3)	Moyen	Médian	Min	Max	Total
2019	2059	1755	349	5166	751 672
2020	2090	1585	739	9470	764 902
2021 (janv-avril)	3416	2295	1581	10 515	409 974
Résultat interannuel	2264	1777	349	10 515	

Tableau 9 : Valeurs générales de rejets de la station de Griesheim-sur-Souffel sur les années 2019-2021

Les années 2019 et 2020 sont comparables, mais les volumes journaliers de l'année 2021 sont beaucoup plus importants que ceux des autres années. Les volumes annuels, bien que conséquents, ne représentent que la moitié du besoin en eau du projet d'irrigation.

Globalement, il est raisonnable de compter sur un apport quotidien de 1500 à 2000m<sup>3</sup> en sortie de station, ce qui correspond aux débits habituels en temps sec. Comme le montre le graphique ci-après, ces débits subissent une légère baisse en période estivale, mais restent globalement assez stables pour espérer un apport constant de la station. Les débits de temps de pluie sont bien entendu très élevés, mais ne peuvent constituer une ressource sûre du fait de leur imprévisibilité.

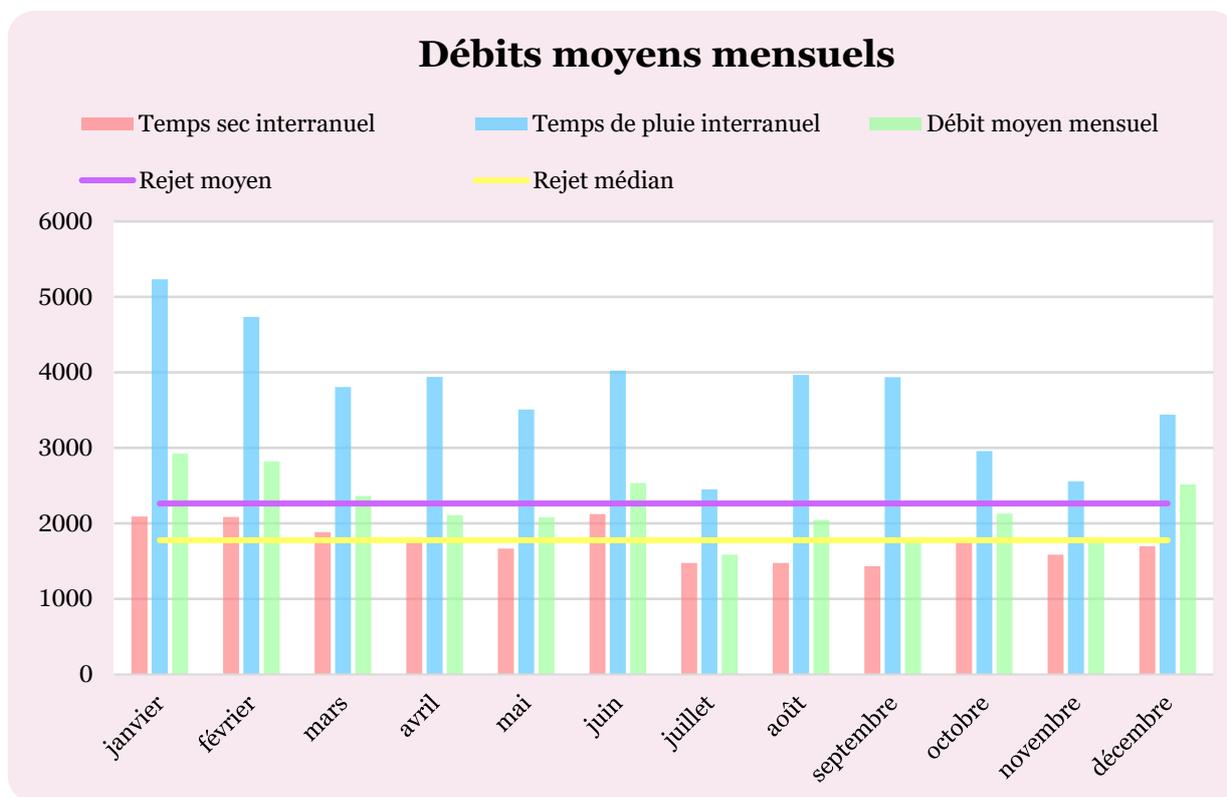


Figure 14 : Moyennes interannuelles des rejets en temps de pluie, en temps sec et combinés comparée aux rejets moyen et médian (Source : données d'autosurveillance du SDEA)

Le volume journalier médian de 1777 m<sup>3</sup> est assez proche des valeurs de volume en temps sec. La requête de substitution d'un forage de 50 à 100 m<sup>3</sup>/h pendant 20h chaque jour (entre 1000 et 2000 m<sup>3</sup>/j), du point de vue de la station seule, semble complètement envisageable.

## Étude sur le milieu naturel

### Débits naturels

Le tableau suivant récapitule les débits caractéristiques de référence (en L/s) du tronçon sur lequel se trouve la station, et le tronçon en aval de la confluence avec le Leisbach, à Mundolsheim.

(en L/s)	Module	Débit réservé <sup>6</sup>	QMNA5	QMNA2	QMNA10
Tronçon amont	146	15	35	79	19
Tronçon aval	297	30	49	110	27

Tableau 10 : Débits caractéristiques de référence de la Souffel à Griesheim-sur-Souffel et à Mundolsheim

<sup>6</sup> L'article L.214-18 du Code de l'Environnement précise : « I.-Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivantes dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite. Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage ».

## Taux de dépassement des débits caractéristiques de référence



Figure 15 : Taux de dépassement des débits caractéristiques de référence sur la période d'étude (mars 2019 - août 2020)

Les calculs d'impacts ont été effectués sur la base de hauteurs mesurées entre mars 2019 et août 2020, à un pas de temps de 15 minutes. Les seules données de débits sont des débits moyens quotidiens. Ces données ont ainsi été réutilisées pour recalculer la relation hauteur débit dans le tronçon, celle-ci permettant d'estimer les variations de débits sur une journée ou sur une heure. Dans cet objectif, les valeurs de débits moyens ont été couplées aux valeurs de hauteur moyenne sur une journée, donnant la courbe suivante.

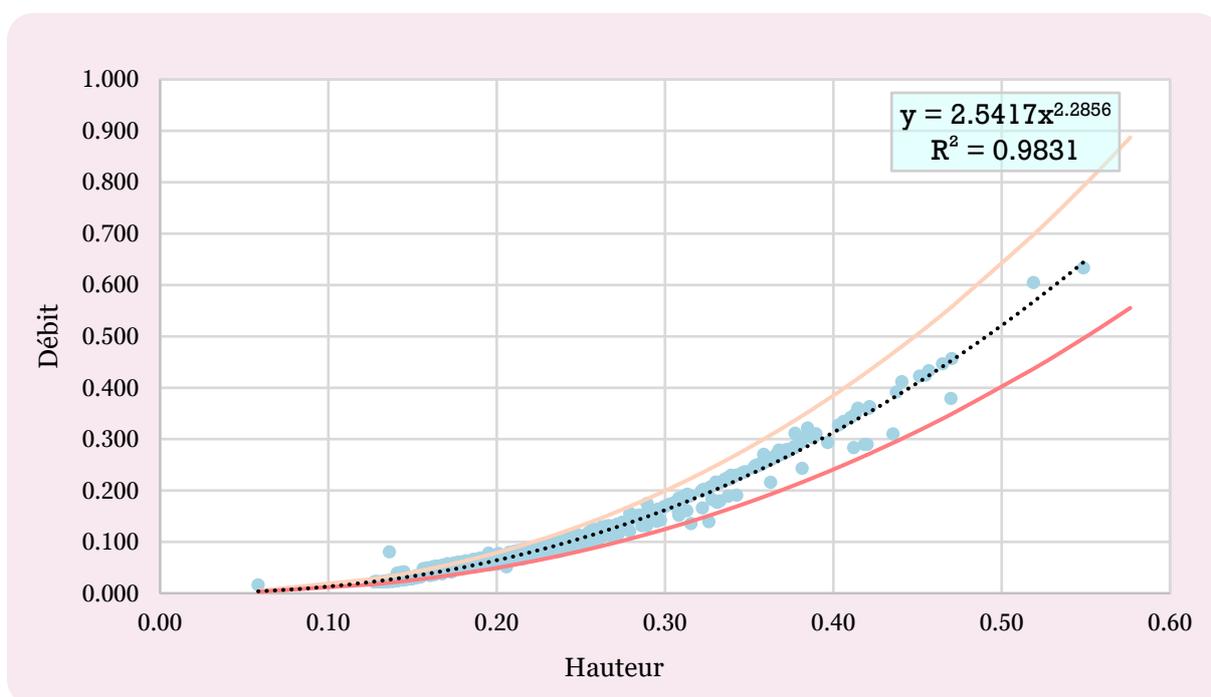


Figure 16 : Courbe hauteur-débit dans la Souffel et intervalle d'incertitude

La marge d'incertitude est assez élevée (96% des valeurs sont comprises dans un intervalle de plus ou moins 22%, qui est représenté par les courbes inférieures et supérieures.)

L'incertitude moyenne relative en valeur absolue est de 10% (62% des valeurs sont comprises dans un intervalle de plus ou moins 10%).

Bien que ces valeurs soient non négligeables (quelques litres, ce qui pour les débits de la Souffel est déjà important), il s'agit d'une incertitude relative. Elle est donc plus faible sur les petits débits, et en l'occurrence, c'est dans cette situation que la précision est de rigueur. En effet, d'un point de vue qualitatif, c'est là où il y a le moins de potentiel de dilution ; et d'un point de vue quantitatif, c'est là où le soutien d'étiage de la station est le plus important. Il a donc été convenu que cet intervalle, bien que discutable, suffirait à l'étude.

### Impact de la station

#### ➤ Impact quantitatif :

Le graphique suivant illustre les parts que représentent les débits de la station vis-à-vis des débits de la Souffel. Il s'agit des valeurs moyennes sur un mois, basées sur les mesures de la période d'étude.

Les débits de la Souffel étant souvent très faibles, les rejets de la stations peuvent en représenter une très grande part. En période de hautes eaux, ils en représentent un quart à un tiers. En période d'étiage maximal (de juillet à septembre), le débit apporté par la station en représente la totalité, ou est même plus grand que le débit mesuré en aval du fait de l'infiltration et de l'évaporation.

Ceci indique que, conformément aux suppositions émises par les acteurs en début de projet la réutilisation directe des volumes ne sera pas possible en période de besoin, même si la station dégrade la qualité de la rivière. Le projet devrait donc comporter un certain dispositif de stockage.

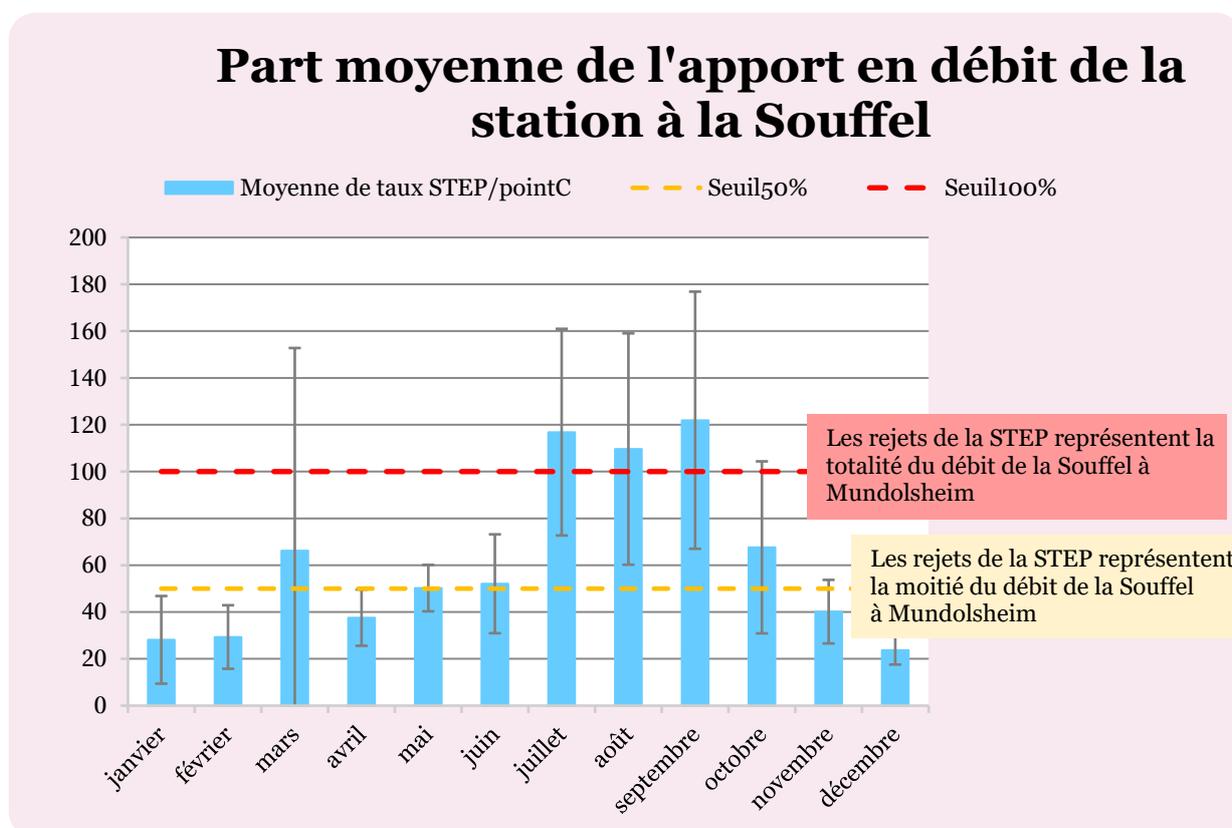


Figure 17 : Part moyenne de l'apport en débit de la station à la Souffel

➤ **Impact qualitatif :**

Conformément aux demandes de l'Agence de l'eau, l'étude doit prendre en compte l'impact de la station sur la qualité de l'eau de la rivière, dont l'état actuel ne permet pas de marge de manœuvre en termes de pollution. Un des objectifs espérés du projet est de limiter les rejets en période sensible (à savoir période d'étiage).

La méthode adoptée ici est un bilan de charge (produit de la concentration et du débit) entre les mesures à l'amont, et à l'aval du rejet de la station. Ces différences sont ensuite confrontées aux charges apportées par la station. Les résultats obtenus sont les suivants :



Figure 18 : Bilan de l'impact des rejets de la station sur la qualité de la Souffel sur la période d'étude

Ce tableau résulte des mesures effectuées par le SDEA à 50 m en amont et 50 m en aval de la station<sup>7</sup>, ainsi que des calculs de charge issus des mesures d'autosurveillance.

Quatre modalités ont été considérées :

- On observe une dilution : la charge à l'aval est plus faible que la charge à l'amont, malgré l'apport de la station
- On observe une pollution, mais bien plus grande que la charge journalière apportée par la STEP
- On observe une pollution supérieure à l'apport de la STEP, mais la charge de la STEP représente plus de 50% de cette pollution
- On observe une pollution clairement causée par la STEP<sup>8</sup>

En définitive, il est difficile de mettre en évidence une certaine tendance de pollution ou non. La logique veut que les rejets de la station polluent la rivière, mais celle-ci est dans une situation si particulière que parfois, il est difficile de l'affirmer. En effet, la rivière montre souvent des concentrations plus élevées en paramètres comme les MES. Les paramètres étant le plus souvent déclassants sont la DCO, et le NO<sup>3-</sup>. Ce résultat joue également en la faveur d'un stockage longue durée, ces paramètres pouvant faire l'objet d'un affinage de leur traitement.

<sup>7</sup> Ces données sont précisées en annexe 12

<sup>8</sup> Les précisions de ces calculs sont données en annexe 13

Néanmoins, ces valeurs sont à prendre avec précautions. En effet, plusieurs facteurs d'incertitudes se glissent et affectent la crédibilité des conclusions. Déjà, les comparaisons ont été effectuées sur un écart de flux en kg/s (déduit d'une mesure à un instant T), et ramené à un écart de flux en kg/j pour la comparaison avec la charge de la station. Or, il n'est pas dit que ces valeurs sont constantes sur 24h. Le débit de la Souffel est lui aussi soumis à une incertitude, d'une part à sa mesure mais aussi du fait de ses variations à l'échelle d'une journée. Pour pouvoir prendre ce facteur en compte, les calculs ont été effectués sur les débits moyens quotidiens, ainsi que sur les valeurs extrêmes minimales et maximales. (voir annexe 13).

### ➤ **Études complémentaires :**

Une étude de qualité de la Souffel du SDEA en 2016 [28] a établi un suivi des concentrations en nitrates et en pesticides. Celle-ci a mis en évidence une rémanence de certains pesticides interdits (l'atrazine entre autres), et la pollution par des composés en particulier, avec des concentrations maximales très élevées : 14 µg/L pour l'AMPA, 33 pour le Glyphosate, 130 pour le 2,4D. Globalement, les pics de pollutions coïncidaient avec les hausses d'usages durant la période d'irrigation, néanmoins l'étude des rejets des stations du bassin a mis en évidence des pics beaucoup plus élevés, suggérant un non-respect des bonnes pratiques agricoles.

### *Estimation d'un débit minimum recommandé*

Actuellement, la Souffel ne requiert pas de débit minimum biologique, en ce qu'elle n'abrite pas d'espèces nécessitant une protection particulière : la population piscicole est constituée exclusivement de cyprinidés (poissons de classe 2), qui sont des espèces assez communes et résilientes. Les acteurs préoccupés par la biodiversité, notamment l'OFB et la fédération de pêche, n'avaient pas de recommandations ou de demandes particulières vis-à-vis du débit. Les acteurs en aval, notamment l'EMS, n'avaient, eux non plus, pas de requêtes sur cet aspect.

Ainsi, la seule estimation de débit réservé est celle donnée par la réglementation, à savoir le dixième du module<sup>9</sup> interannuel de la rivière, qui, globalement, est toujours dépassé même sans le soutien d'étiage de la station. D'un point de vue strictement réglementaire, la réutilisation directe serait « possible ».

Néanmoins, ce débit est extrêmement faible (15 L/s, correspondant à une lame d'eau d'une dizaine de centimètres), car la Souffel n'étant pas sujette à de très fortes crues, son module est lui-même peu élevé. Se baser sur cette valeur reviendrait à condamner quelque peu la biodiversité. De plus, le module (et donc le débit réservé) est plus important en aval (300 contre 150L/s). Par conséquent, bien que les rejets de la station de Truchtersheim dans le Leisbach puissent dans certains cas combler cet écart, l'infiltration est trop grande et trop incertaine (d'autant plus qu'elle sera couplée à l'évaporation) pour que ce débit soit recommandable.

De ce fait, quelques méthodes ont été utilisées pour évaluer quel débit pourrait suffire à présenter un intérêt pour la population piscicole et la biodiversité :

### ➤ **Première approche : hauteur minimale extraite des observations visuelles**

L'Observatoire National des Etiages (ONDE) possède une station d'observation sur la Souffel en amont de la station, à Dingsheim. Plusieurs modalités sont utilisées :

- Assec : l'eau est totalement évaporée ou infiltrée sur plus de 50% de la station
- Ecoulement non visible : de l'eau est présente dans le lit mineur mais le débit est nul

---

<sup>9</sup> Le module d'un tronçon est la valeur moyenne du débit qui y est mesuré. Il est tiré d'analyses statistiques basées sur un certain nombre d'années.

- Ecoulement visible faible : un courant est observable, mais trop faible pour garantir un bon fonctionnement biologique
- Ecoulement visible (acceptable) : un écoulement permanent est visible

La méthodologie de l'estimation proposée ici est de relever les observations répertoriées durant la période de mesure, et d'en déduire quelles valeurs ont été jugées acceptables ou trop faibles.

Le tableau suivant présente les valeurs minimales, maximales et moyennes des vitesses, hauteurs, débits moyens, minimaux et maximaux pour les jours où le débit aura été jugé acceptable (en vert) et faible (en orange) :

Cette méthode est bien sûr très approximative, et de nombreuses incertitudes peuvent être relevées :

- L'heure de l'observation est inconnue. On prendra donc en compte le débit moyen, minimal et maximal mesuré pour chaque date.
- Il s'agit d'une observation visuelle et donc d'une observation qualitative
- La station se trouve bien en amont de la STEP, le débit n'y est donc pas nécessairement le même qu'à l'aval
- Les débits minimaux et maximaux sont calculés à partir des hauteurs, utilisant la courbe hauteur-débit : ces valeurs sont donc impactées par les incertitudes de la courbe

	Min	Max	Moyenne
Vitesse (m/s)	0.32	1.32	0.57
	0.18	0.34	0.23
Hauteur (m)	0.20	0.60	0.30
	0.13	0.21	0.16
Débit moy (m <sup>3</sup> /s)	0.063	0.792	0.211
	0.024	0.070	0.038
Débit min (m <sup>3</sup> /s)	0.039	0.453	0.147
	0.020	0.064	0.031
Débit max (m <sup>3</sup> /s)	0.080	1.018	0.275
	0.028	0.313	0.086

Tableau 11 : Statistiques sur les débits, hauteurs et vitesses dans la Souffel, les jours d'observation de l'ONDE entre 2019 et 2020

Etant données les grandes variations de débit mises en évidence, et les autres sources d'incertitudes, cette méthode ne peut pas servir de base comme débit minimal. Néanmoins, on peut émettre la supposition qu'un débit entre 63 (le débit moyen minimal parmi les jours considérés comme acceptables) et 70 L/s (le débit moyen maximal parmi les jours considérés comme faibles) semble cohérent.

### ➤ Deuxième approche : hauteurs d'eau minimales liées aux tailles des poissons répertoriés dans le tronçon

Les taxons observés durant les dernières années [5] sont les suivants :

Taxon	Tirant d'eau minimal pour le maintien des capacités de nage(cm)
Goujon	5
Vandoise	5
Epinoche	5
Chevaine	10
Loche franche	5
Hotu	10
Gardon	5
Rotengle	5
Aspe	15
Tanche	10

Tableau 12 : Tirant d'eau minimum adapté à la taille des différents taxons répertoriés dans la Souffel

En se basant sur les données de la littérature, le tirant d'eau minimal devrait être de 15 cm, ce qui correspondrait environ à 34 L/s.

*Note : cette méthode est critiquable car le principe utilisé est celui de la détermination des hauteurs minimales de franchissement de seuil : il donne le tirant d'eau permettant au poisson d'utiliser ses capacités maximales de nage, et donc ne propose aucune surface utile pour la construction d'habitat.*

### ➤ Troisième approche : méthode de Tennant

La méthode de Tennant [35] se base sur le module d'un cours d'eau, et assigne à des proportions du module la qualité d'habitat qu'elle pourrait apporter, en période d'étiage (d'avril à octobre) et en période de crue.

Appliquée aux deux tronçons étudiés, de modules 150 et 300 L/s, la méthode donne les résultats suivants :

Tableaux 13 et 14 : Principe de la méthode de Tennant et méthode appliquée à la Souffel

		Tronçon aval (0.3 m <sup>3</sup> /s)		Tronçon amont (0.15 m <sup>3</sup> /s)	
		Etiage	Crue	Etiage	Crue
Crue	200%	200%			
Optimale	60%	60%			
Supérieure	40%	60%			
Excellente	30%	50%			
Bonne	20%	40%			
Acceptable	10%	30%			
Minimale	10%	10%			
Dégradée	<10%	<10%			

Débit (m <sup>3</sup> /s)		Tronçon aval (0.3 m <sup>3</sup> /s)		Tronçon amont (0.15 m <sup>3</sup> /s)	
		Etiage	Crue	Etiage	Crue
Débit (m <sup>3</sup> /s)	Crue	0.6	0.6	0.3	0.3
	Optimale	0.18	0.18	0.09	0.09
	Supérieure	0.12	0.18	0.06	0.09
	Excellente	0.09	0.15	0.045	0.075
	Bonne	0.06	0.12	0.03	0.06
	Acceptable	0.03	0.09	0.015	0.045
	Minimale	0.03	0.03	0.015	0.015
	Dégradée	<0.03	<0.03	<0.015	<0.015

Cette méthode est intéressante car facile à appliquer et assez connue, mais il s'agit d'une méthode universelle et qui donc ne prend pas en compte les particularités des cours d'eau. Elle vérifie cependant les deux dernières méthodes en validant les débits entre 30 et 60L/s comme pouvant fournir des conditions de vie acceptables pour la biodiversité.

Globalement, ces méthodes permettent de donner une idée de quel débit pourrait être conservé dans le cadre de l'étude, en l'absence d'indications sur le sujet. Néanmoins, la détermination d'un débit minimum biologique ou débit objectif d'étiage requiert une étude à part entière, à laquelle ces estimations ne peuvent se substituer. L'étude essaiera donc d'évaluer également l'impact de ce débit minimal sur la faisabilité du projet, et n'utilisera ces données qu'à titre indicatif pour l'établissement des scénarios.

## Bilan et regard critique sur les incertitudes

Au-delà des incertitudes mentionnées précédemment, d'autres facteurs peuvent affecter les résultats présentés ci-après. Notamment, l'ensemble des calculs a été basé sur les débits mesurés à Mundolsheim, à l'aval de la confluence avec le Leisbach. L'hypothèse est donc que l'infiltration dans la nappe d'Alsace compense en fait l'apport en eau du Leisbach et de la station de Truchtersheim qui s'y jette.

Un jaugeage de la DREAL joint en annexe 14 tend à conforter la cohérence de cette hypothèse, bien qu'elle ne soit valide que sur les plus faibles débits, comme en témoigne la différence de module entre les deux tronçons : en période de pluie, l'apport du Leisbach et de Truchtersheim sont plus conséquents, et la nappe est saturée et donc n'est plus infiltrée et peut même être drainée par la rivière. Cependant, comme pour les autres incertitudes évoquées, il a été convenu que cette hypothèse conviendrait, en ce que l'enjeu est plus important pour les petits débits.

Le deuxième facteur est celui de la taille de l'échantillon d'étude, d'un an et demi. L'année 2019, bien que 5% plus pluvieuse que la moyenne, a fait état d'une hydraulicité globale comprise entre 0.6 et 0.8 dans le Bas-Rhin, du fait de la canicule durant l'été. Cet échantillon tend donc à potentiellement surestimer les volumes nécessaires au soutien d'étiage en se basant sur des débits très faibles dans la Souffel. Néanmoins, en l'absence d'autres données et dans un contexte de réchauffement climatique, il a également été admis que ces données suffiraient comme base de l'étude.

Dans tous ses aspects, l'étude met en évidence la grande difficulté du projet qui est celle due à la fragilité du milieu naturel. En effet, bien que la station en elle-même semble apte à répondre aux exigences du besoin agricole, autant en quantité qu'en qualité, la rivière ne saura se passer des apports en eau de la station.

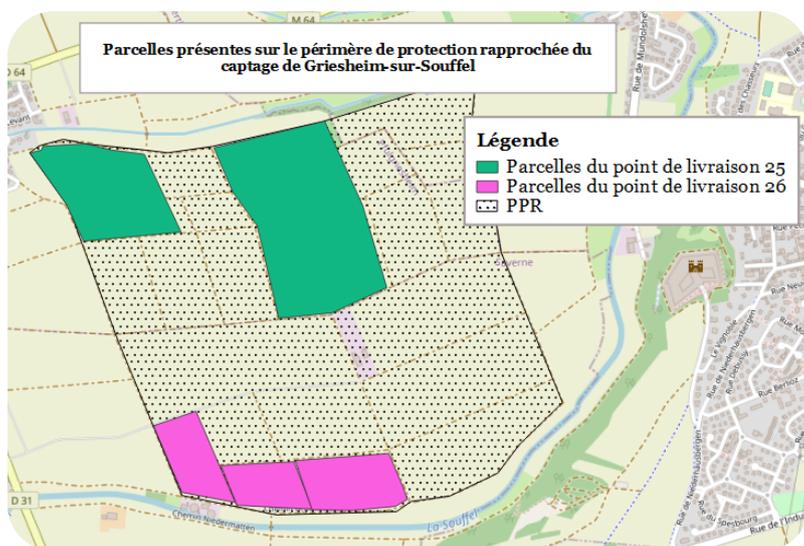
## Résultats

# Conditions de faisabilité techniques et réglementaires mises en évidence

### Conditions liées au projet dans sa globalité

L'étude précédente a mis en évidence la capacité de la station à répondre aux exigences de conformité technique, cependant le projet doit tout de même respecter certaines conditions, afin de faire preuve de conformité réglementaire.

Une partie des parcelles irriguées par le point de livraison n°26 se trouvent sur le périmètre de protection rapprochée du captage de Griesheim-sur-Souffel, interdisant ainsi l'utilisation d'eaux de récupération pour alimenter ce point de livraison, d'après les contraintes de terrain énoncées par la réglementation française.



Ce point de livraison étant le plus proche de la station, l'interdiction impactera fortement les scénarios : pour la prévision de l'irrigation de proximité, celle-ci sera envisagée sur le point de livraison 25. Pour les scénarios impliquant l'injection des eaux de REUT dans le réseau global, le choix du lieu d'injection se fera pour pallier le mieux cette interdiction.

Figure 19 : Parcelles des points de livraison 25 et 26 sur le périmètre de protection rapprochée du captage de Griesheim-sur-Souffel

*Note : étant donnée la nouveauté du règlement européen, et la grande différence entre les niveaux de qualité dans les deux réglementations (la nouvelle étant plus restrictive), il est possible que la réglementation française soit, à l'avenir, modifiée en réponse à ce règlement.*

*Si la réglementation française venait à y être adaptée, l'injection dans le réseau global serait facilitée, car le réseau de distribution serait plus court. L'irrigation de proximité quant à elle, pourrait être impactée de différentes manières : les deux plus gros forages se trouvant sur cette branche du réseau, sa déconnexion au réseau global demanderait une certaine réorganisation des forages.*

Une autre contrainte de terrain mérite une attention plus particulière : la réglementation française interdit l'irrigation par aspersion sur les parcelles d'une pente supérieure à 7% sans couverts végétaux, ce qui est le cas de 14 (et 17 incertaines) parcelles. Cette contrainte quant à elle pourrait être remédiée en modifiant le mode d'irrigation à de l'irrigation localisée (micro-aspersion ou goutte-à-goutte), ou en adaptant la temporalité à la pousse des cultures (à savoir irriguer avec des eaux classiques en début de culture).

Concernant les autres contraintes réglementaires, la plupart sont respectées : les terrains ne sont pas karstiques, ni soumis à excès d'eau. On ne trouve pas non plus de zone sensible.

Enfin, les boues de la station de Griesheim sont déjà destinées à l'épandage, et donc les contrôles additionnels commandés par la réglementation française ne sont pas obligatoires car la conformité des boues atteste de celle des eaux sur ces paramètres.

## *Conditions spécifiques au milieu naturel*

Le projet est sujet à de nombreuses particularités du fait de la vulnérabilité très marquée du milieu naturel : les débits naturels de la Souffel laissent difficilement envisager une réutilisation directe, en tout cas lors des périodes de besoin. Il faudrait donc, dans l'idéal, associer le projet à un stockage intersaisonnier, permettant de mettre à profit les eaux récupérées en période de hautes-eaux. Le volume voulant être mis à disposition pour l'irrigation est donc directement lié au volume du stockage, et ainsi à la faisabilité technique et économique du projet.

Néanmoins, un tel projet ne représenterait que peu d'intérêt : un coût plus élevé que le projet d'irrigation d'origine qui n'apporterait qu'une faible part des besoins agricoles, et un intérêt écologique assez faible, qui se limiterait à soulager quelque peu la nappe et éventuellement limiter une légère pollution dans la Souffel.

La solution qui a donc été retenue est que le bassin de rétention pourrait adopter un second rôle qui serait d'apporter un soutien d'étiage complémentaire à la Souffel lorsque les rejets de la station ne suffisent pas. Cette proposition permettrait trois bénéfices additionnels :

- Permettre un soutien d'étiage plus soutenu en période de besoin
- Profiter de l'affinement du traitement généré par le stockage longue durée sur la matière organique ou les matières en suspension, afin de maximiser au mieux la dilution en période de besoin
- Ces deux additions rendraient potentiellement le projet éligible à d'autres subventions de l'agence de l'eau, améliorant peut-être l'accessibilité économique du projet

Les débits minimaux souhaités dans la Souffel étant assez obscurs, il a été choisi d'observer l'impact du débit minimal souhaité dans la Souffel sur la volume utile du bassin de rétention, sur la base des débits et rejets de mars 2019 à février 2020. Trois types de scénarios ont été envisagés :

- Un soutien d'étiage combiné avec un apport de 200 000 m<sup>3</sup> à la profession agricole, sur la base de 50m<sup>3</sup>/h pendant 20h, sur toute la durée de la période d'irrigation (d'avril à octobre, qui est assimilée à avril-septembre, les besoins d'octobre étant très faibles).
- Un soutien d'étiage combiné avec une irrigation de proximité, sur la base des besoins du point de livraison 25, le deuxième plus proche. Les débits sont basés en juillet sur le calendrier d'irrigation fourni dans l'étude de faisabilité du projet Irrikochersberg, et le reste du temps sont basés sur des tours d'eaux arbitraires déduits des besoins en débit et en volume des exploitants. Il a été supposé que, étant donné le contraste entre les besoins et le volume du bassin, les différents tours d'eau envisageables auraient un impact moindre sur le fonctionnement hydraulique du bassin.
- Un soutien d'étiage seul, qui n'appartient à aucune proposition d'aménagement, mais qui a pour vocation de rendre compte de la part du besoin agricole face au besoin du milieu naturel dans le stockage.

Ces calculs ont été menés dans un premier temps sur un pas de temps journalier, puis sur un pas de temps horaire afin d'amoindrir les incertitudes liées aux variations de débits dans la Souffel sur une journée, celle-ci pouvant être très importante. Le débit de la Souffel utilisé est issu de la courbe hauteur débit calculée précédemment, appliquée aux mesures de hauteur d'eau (qui sont effectuées tous les ¼ d'heure). L'hypothèse pour le calcul du volume de rejet pouvant être stocké est que les rejets se font seulement lorsque le débit de la Souffel est inférieur au débit minimal fixé, et le soutien d'étiage est fait de manière à atteindre le débit exact.

*Note : l'hypothèse impliquant un suivi journalier des débits de la Souffel a été précédée de deux autres modalités de suivi : un suivi mensuel, c'est-à-dire le stockage des rejets dans les périodes dites de hautes eaux (novembre-mars), et soutien d'étiage le reste de l'année ; un suivi pluviométrique : stockage lors des jours de pluie, soutien d'étiage le reste de l'année. Il a été déduit de ces deux propositions qu'elles ne suffisaient pas à garantir un débit minimal dans la Souffel, celle-ci disposant de débits trop faibles et trop variables sur l'année.*

Le graphique suivant montre l'évolution du volume utile calculé pour un soutien d'étiage garantissant un débit minimal dans la Souffel allant de 15 à 150 L/s. Ce volume utile correspond à l'écart montré sur la figure 21.

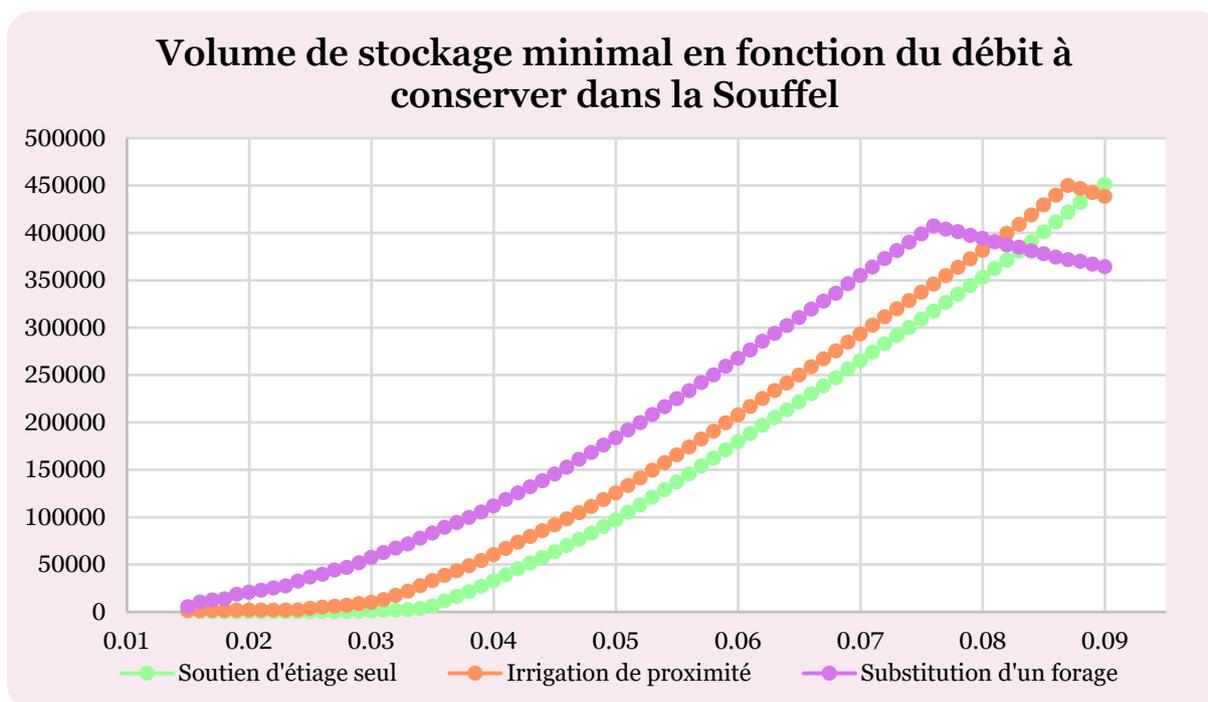


Figure 20 : Volume actif de stockage minimal nécessaire pour le maintien de différents débits dans la Souffel

Passé un débit de 30 à 33 L/s, l'écart entre le volume nécessaire pour les trois modalités envisagées reste plus ou moins constant. C'est-à-dire que passé ce débit, le besoin agricole ne conditionne plus le projet : le facteur le plus influent devient le débit que l'on souhaite conserver au minimum dans la Souffel. On observe cependant des ruptures de pente : il s'agit du débit maximal pouvant être conservé dans la Souffel dans les conditions proposées, au-delà, la station n'a pas les rejets nécessaires pour atteindre son but. Ce débit est de 87 L/s pour l'irrigation de proximité, et 76 L/s pour la substitution d'un forage (apport de 200 000 m<sup>3</sup>). Pour le soutien d'étiage seul, ce débit est de 89 L/s.

*Note : l'écart constant représente le volume de stockage si le projet venait à abandonner l'idée du soutien d'étiage, sans pour autant envisager la réutilisation directe pendant la période de besoin. Ce scénario n'a pas été approfondi comme mentionné précédemment mais la phase d'étude a montré que ce volume était en général de l'ordre de la moitié du volume destiné à l'irrigation, à savoir 25 000 m<sup>3</sup> de stockage pour un volume de 50 000 m<sup>3</sup> par exemple. Ceci s'explique notamment par la temporalité du besoin de la Souffel, abordé ci-après.*

Enfin, l'évolution du volume d'eau pouvant être stocké, modélisant le marnage du bassin sur la période d'étude (mars 2019 – août 2020) a également mis en évidence la temporalité du besoin de la Souffel. La figure suivante monte cette évolution du volume pour un débit minimum de 60 L/s dans la Souffel.

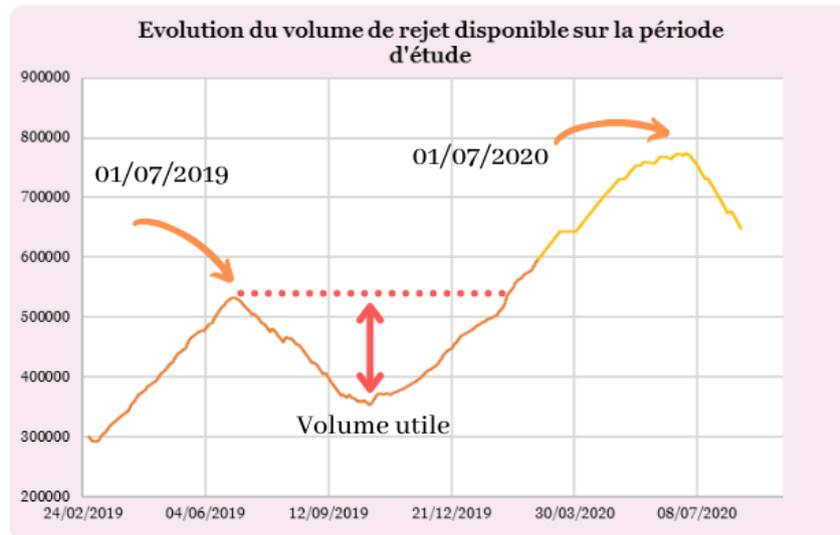


Figure 21 : Marnage du réservoir sur l'année pour un soutien d'étiage permettant de conserver un débit de 60L/s dans la Souffel

En 2019 comme en 2020, le volume d'eau dans le bassin modélisé augmente jusqu'au premier juillet, puis décroît jusque début octobre. Ceci indique que la période de besoin est la plus importante à partir de cette date, sans grande surprise, mais aussi que le besoin est quasi absent jusqu'à juin (avec quelques exceptions ponctuelles). Le volume nécessaire au soutien d'étiage et à l'irrigation augmente donc doublement, car le bassin dessert ses deux objectifs simultanément. Le dernier scénario présenté illustrera comment cette temporalité affecte la faisabilité du projet.

### *Effets du stockage sur la qualité de l'eau*

Tout dispositif de stockage longue durée est voué à voir évoluer les eaux qu'il contient :

- En été, l'eau de surface se réchauffe et la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide entraîne une stratification thermique. La couche supérieure, l'épilimnion, est propice au développement bactérien et au bloom algal, motivé par l'exposition lumineuse et les nutriments présents dans les eaux. Les deux organismes s'alimentent l'un-l'autre, les bactéries consommant l'oxygène rejeté par les algues et celles-ci profitant du gaz carbonique émis par les bactéries.
- Parallèlement, l'hypolimnion, la couche froide du dessous, ne contient que peu d'oxygène (contrairement à la couche superficielle), et peut potentiellement développer des conditions anaérobies qui favorisent la formation d'hydrogène sulfuré. Ce gaz, à petite dose, peut générer des nuisances olfactives, mais peut rapidement devenir dangereux si la quantité augmente.
- Si la profondeur du bassin le permet (qu'elle est inférieure à 2 ou 3m), le stockage peut également permettre une certaine désinfection grâce aux rayons UV du soleil.
- Le stockage peut permettre un abattement de la DCO, du fait de l'activité bactérienne, celui-ci pouvant atteindre 80%
- La biodiversité peut, dans le cas des stockages à air libre, contaminer les eaux en matière organique. L'ensemble de ces impacts risquent de devoir être pris en compte lors des considérations de traitement.

## Scénarios envisagés

Cette partie présente les aménagements qui ont été envisagés. L'emplacement des ouvrages a été fixé sans considération de propriété et donc les plans, ouvrages et frais financiers ne représentent pas nécessairement le projet abouti. Les projet réel dépendra des contraintes d'achat de terrain, de l'aboutissement des démarches et de l'accord des propriétaires des terrains impactés par ces travaux.

Les ouvrages et équipements ont été dimensionnés de manière à s'apparenter au mieux au réseau initial en termes de besoins hydrauliques, c'est-à-dire de fournir les mêmes débits et pressions.

Pour l'ensemble des propositions, le réseau envisagé est constitué de canalisations en fonte, plus facile d'entretien, de rugosité 1 pour le dimensionnement ; et le dispositif de stockage est un bassin de rétention comparable à ceux utilisés pour la gestion des eaux pluviales, ceux-ci étant moins chers à la construction que les ouvrages bétonnés. De plus, ceux-ci possèdent un potentiel d'intégration paysagère intéressant en ce qu'ils peuvent être végétalisés, bien que l'étude ne rentre pas dans ce niveau de détail.

*Note : en raison des responsabilités juridiques liées à la REUT, il convient de placer l'infrastructure de désinfection en aval du dispositif de stockage. Il est également recommandé d'envisager la possibilité d'employer un dispositif de filtration en aval du réservoir, afin de limiter les risques liés au développement algal. La nécessité de celui-ci étant notamment conditionnée par la période de stockage et le temps de séjour des eaux dans le bassin, celle-ci risque de varier d'année en année, et donc l'étude ne s'est pas penchée sur la question.*

### *Proposition d'aménagement 1*

Les paramètres du scénario envisagé peuvent être synthétisés dans le tableau suivant :

Période d'irrigation couverte	Modalités de pompage	Volume disponible à l'irrigation	Part / besoin	Injection dans réseau global	Débit min Souffel (L/s)
Avril - octobre	55 m <sup>3</sup> /h pdt 20h	201 300	13%		15

Tableau 14 : Paramètres du scénario 1

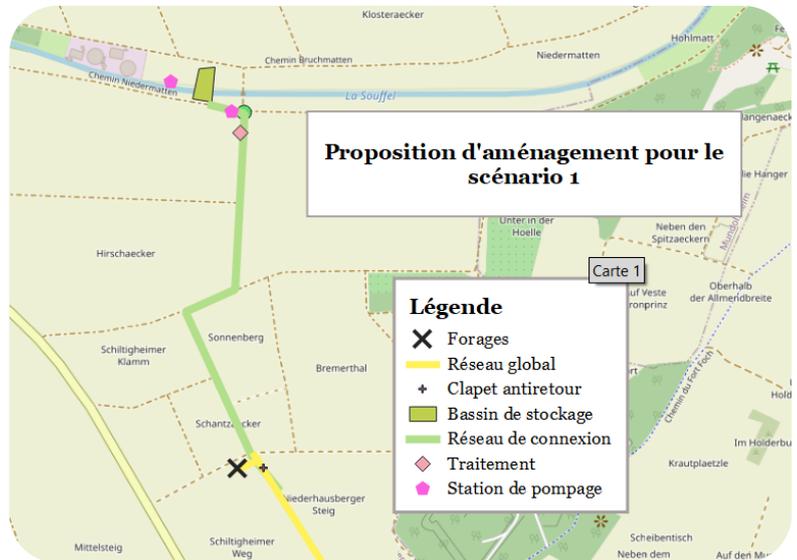
On envisage donc ici la réutilisation directe, sans considération pour le débit restant dans la Souffel. Comme mentionné précédemment, ce scénario propose une injection des eaux usées dans le réseau global, ainsi, quelques aménagements devront être mis en place afin de respecter la conformité réglementaire :

- Le point de connexion au réseau global se fera à l'aval des forages alimentant le point de livraison 26
- Si l'étude hydraulique révèle des changements de sens des écoulements entre les points de livraison 26, et les forages qui lui sont les plus proches, des clapets anti-retour peuvent être mis en place afin de s'assurer que leur alimentation se fera exclusivement grâce à ces forages
- Une parcelle du point de livraison 25 se trouve également sur le PPR du forage de Griesheim-sur-Souffel. Il conviendra de la raccorder au point de livraison 26, afin de s'assurer qu'aucune eau de récupération ne pourra atteindre cette parcelle.
- Une discussion avec les propriétaires des parcelles pentues évoquées précédemment, pour envisager la possibilité de choisir une culture alternative, ayant un couvert végétal plus tôt dans la saison (ou bien de changer d'équipement, mais cette proposition implique des frais additionnels qui risquent d'impacter l'acceptabilité du projet)

Figure 22 : Carte des aménagements pour le scénario 1

Les eaux usées seraient réutilisées tout au long de la période d'irrigation, et apporteraient un volume approximatif de 1 000 m<sup>3</sup>/j. Les installations consisteraient en :

- Un stockage tampon de 4500 m<sup>3</sup>, avec une emprise au sol de 120 ares, qui servirait également de réserve d'urgence en cas d'assec dans la rivière, auquel cas le débit de la station serait prioritairement destiné à la Souffel
- Un réseau de 800 m en DN200, liant le bassin au réseau d'irrigation, dont la longueur sera conditionnée par l'emplacement du bassin
- Un pompage alimentant le bassin
- Une station de pompage en sortie de bassin, dont les caractéristiques devront elle aussi s'adapter à l'emplacement du bassin.
- Un local de traitement en sortie de bassin



Aucune modification complémentaire du réseau initial ne devrait s'avérer nécessaire, si ce n'est que pour le clapet et le choix spécifique du lieu de connexion.

Cette proposition a l'avantage d'être la moins onéreuse et la moins contraignante en termes d'entretien, de considérations foncières et d'acceptabilité par les populations riveraines ; elle permet également de limiter les rejets polluants en période d'étiage, mais est la moins recommandable du fait du soutien d'étiage presque inexistant de la station à la Souffel.

Le projet dans ces conditions coûterait 580 000€, un coût additionnel d'environ 380 000€ au projet initial, amenant le coût du m<sup>3</sup> ramené sur 20 ans à 0.30€ (par rapport au 0.29€ initiaux du projet d'Artelia, et au prix de l'eau potable de 0.9€ à Griesheim-sur-Souffel)

### Proposition d'aménagement 2

Les paramètres du scénario envisagé peuvent être synthétisés dans le tableau suivant :

Période d'irrigation couverte	Modalités de pompage	Volume disponible irrigation (m <sup>3</sup> )	Part / besoin	Injection dans réseau global	Débit min Souffel (L/s)
Avril - octobre	55m <sup>3</sup> /h pdt 20h	201 300	13%		60

Tableau 15 : Paramètres du scénario 2

Du point de vue des adaptations visant la conformité réglementaire, cette proposition comprends les mêmes considérations que la précédente. Les infrastructures sont également identiques dans la théorie, mais :

- Le bassin de stockage nécessite un volume de 310 000 m<sup>3</sup>, dont l'emprise au sol devient ainsi de 5 ha, qui servirait et à l'irrigation, et au soutien d'étiage

- L'emprise au sol étant plus conséquente, l'emplacement a été modifié et donc le réseau serait de 200 m liant la station au bassin, 300 m liant le bassin au réseau et 200 m liant le bassin à la rivière. Le soutien d'étiage peut se faire de manière gravitaire

*Note : bien que l'emplacement proposé ne soit pas fixé, cette parcelle a été choisie non seulement parce qu'elle est assez grande mais aussi parce que sa topologie permettrait de recouper certains coûts à la construction du stockage, celle-ci ayant déjà la forme d'une cuvette de 5m de profondeur.*

Cette proposition est plus justifiable du point de vue de la Souffel. Cependant, il s'agit d'un investissement aberrant par rapport au projet initial, et d'une réserve d'eau monumentale. Ces infrastructures représenteraient un entretien considérable et nécessiteraient un bon nombre de mesures compensatoires et préventives pour la biodiversité des environs. Le bénéfice pour la Souffel semble moindre comparé aux potentiels dangers et contraintes que pourraient engendrer ce projet. De plus, compter sur l'acceptabilité sociale d'un tel projet semble risqué, en ce qu'il modifierait beaucoup le paysage et serait la cible d'un bon nombre de préoccupations sanitaires.

Le projet dans ces conditions coûterait 3 340 000€, un surcoût de 3 140 000€, amenant le coût du prix de l'eau à 0.39€ par m<sup>3</sup>.

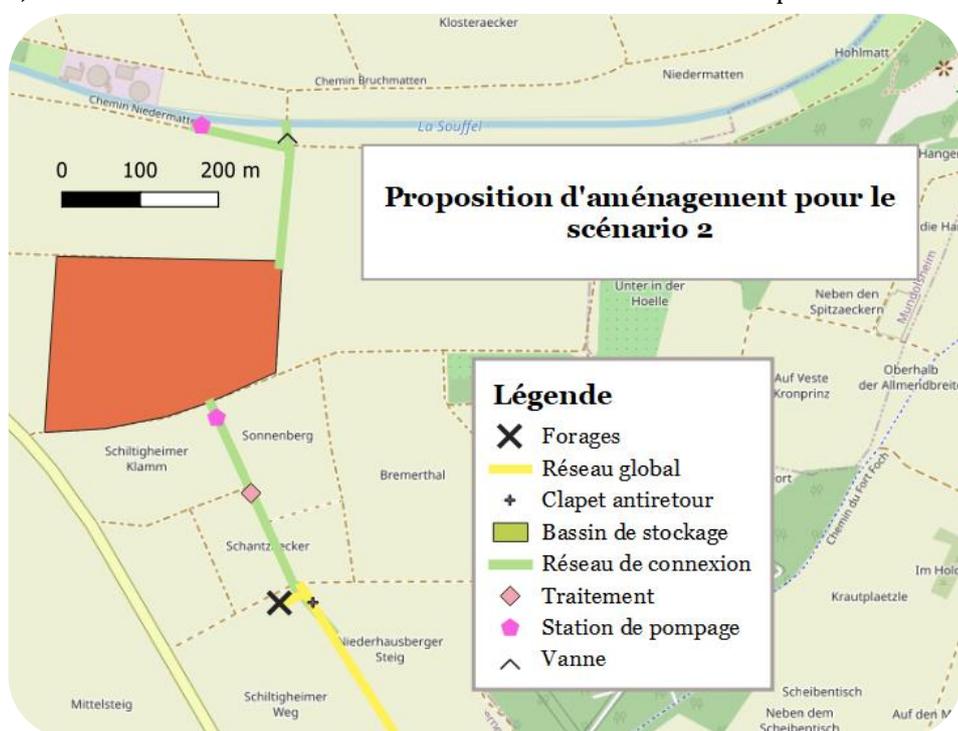


Figure 23 : Carte des aménagements pour le scénario 2

### Proposition d'aménagement 3

Période d'irrigation couverte	Modalités de pompage	Volume disponible irrigation (m <sup>3</sup> )	Part / besoin	Irrigation de proximité	Débit min Souffel (L/s)
Avril - octobre	Entre 20 et 70m <sup>3</sup> /h selon la demande	~50 000	100% (PDL25) 4% (global)		35

Tableau 16 : Paramètres du scénario 3

Cette proposition diffère des deux précédentes en ce qu'elle propose l'irrigation des parcelles connectées au point de livraison 25 uniquement.

Des différences concernant les mesures nécessaires à la conformité réglementaire émergent de cette modification, à savoir que la parcelle du point de livraison 25 se trouvant sur le PPR devrait être alimentée par le point de livraison 26. La différence de distance serait de 400 m pour les exploitations concernées. Ce scénario

nécessiterait un bassin de 45 000 m<sup>3</sup> (emprise d'1 ha), et un réseau d'environ 2.4 km de DN200. Cette proposition est celle qui permet la plus grande moins-value sur le réseau et donc a le plus de chance d'être équilibrée. Le pompage alimentant le point de livraison 25 apportant également de la ressource au reste du réseau, il semble qu'il ne serait pas possible de celui-ci puisse être enlevé (sans autre modification du réseau).

Si cependant sa suppression était possible, on pourrait envisager une économie d'environ 200 000€. Néanmoins, il pourrait être éloigné du point de livraison 25 et rapproché du réseau initial, ce qui permettrait de raccourcir le réseau de 2.5 km. Le projet serait ainsi conforté par une moins-value de 400 000€ environ, qui en fait compense la canalisation créée dans le cadre du projet. Une des deux traversées du Contournement Ouest de Strasbourg pourrait elle aussi être évitée.

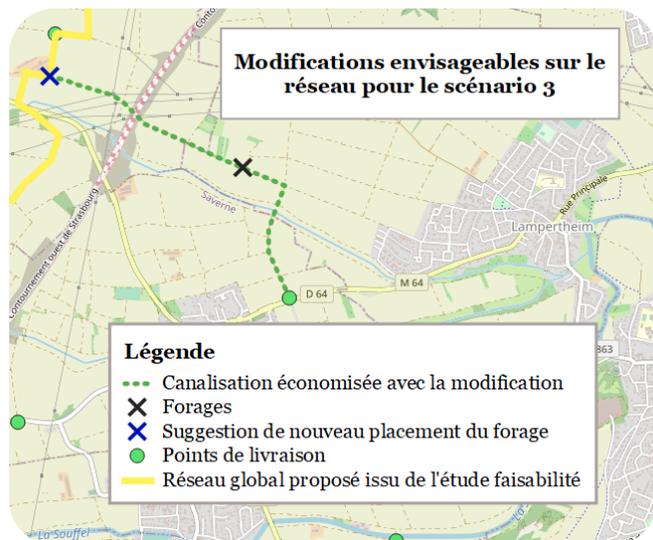


Figure 24 : Modifications sur le réseau initial envisageables sur le réseau pour le scénario 3

En termes de débit dans la Souffel, la conservation du QMNA5 dans la rivière semble être un juste milieu compte tenu des débits habituels et de l'estimation présentée précédemment.

Le dispositif de stockage proposé, bien que conséquent, semble plus réaliste que celui de la proposition précédente.

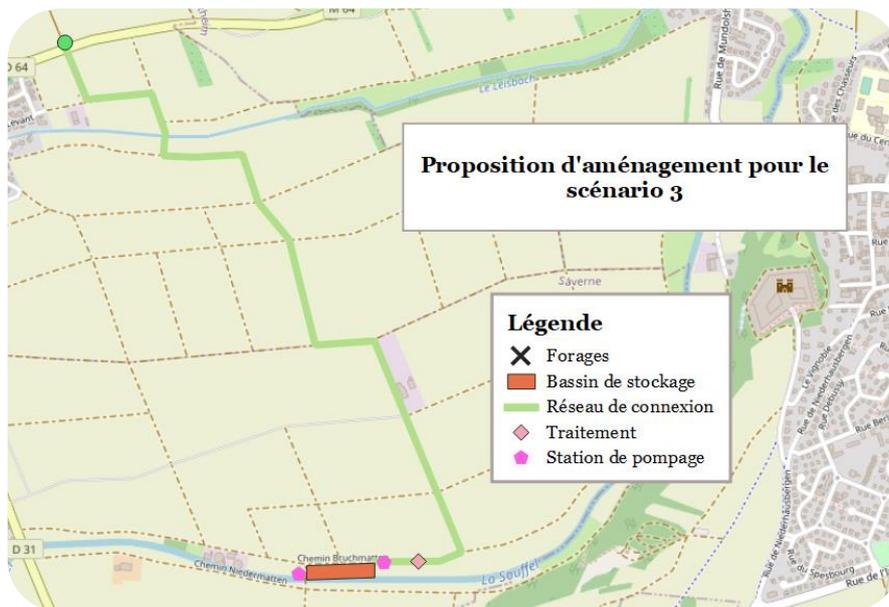


Figure 25 : Carte des aménagements pour le scénario 3

Le projet dans ces conditions coûterait 1 320 000€, un surcoût de 900 000€ (700 000 si suppression d'un forage) amenant le coût du m<sup>3</sup> à 0.32€.

## Proposition d'aménagement 4

Période d'irrigation couverte	Modalités de pompage	Volume disponible irrigation (m <sup>3</sup> )	Part / besoin	Injection dans réseau global	Débit min Souffel (L/s)
Avril - juin	100m <sup>3</sup> /h pdt 20h	200 000	13%		35

Tableau 17 : Paramètres du scénario 4

Cette proposition se base sur la temporalité du besoin, notamment de la Souffel, mis en évidence précédemment. En effet, en 2019 comme en 2020, les volumes dans le bassin sont en augmentation jusqu'à début juillet (date à partir de laquelle les volumes chutent jusqu'en octobre). Le principe de cette solution est donc d'utiliser le bassin pour l'irrigation en début de saison, et pour le soutien d'étiage à partir de juillet. Cette décision permet d'avoir un volume de bassin bien plus faible que lorsque ces deux objectifs tentent d'être atteints simultanément. Ici, le bassin de rétention nécessiterait un volume de 20 000 m<sup>3</sup>.

Bien que le besoin de pointe soit en juillet du côté des cultures également, la période d'avril à juin représente environ 40% du besoin global annuel. Pour ce qui relève de la substitution d'un forage, il n'est pas sûr que cette solution le permette. Néanmoins, cette solution peut être adaptée, par exemple en ajoutant 5 000 m<sup>3</sup> qui pourraient combler les manques en période de pointe (à la mi-juillet notamment) : le volume souhaité sera globalement celui à ajouter au volume de stockage.

Afin de pouvoir apporter le même volume que dans les scénarios précédemment évoqués, il s'agirait de fournir 100 m<sup>3</sup>/h pendant 20h.

Cette proposition a l'avantage de pouvoir pallier les potentielles préoccupations résiduelles concernant les risques sanitaires liés à la consommation de produits irrigués par des eaux de récupération, puisque les cultures ne seraient irriguées qu'à un stade assez précoce de leur vie, et une grande période s'écoulerait entre le contact, et la consommation. De plus, les fortes températures et les rayons UV de l'été ne sont pas propices à la survie des agents pathogènes. Cependant, ceci augmente le risque d'irrigation sans couvert végétal.



Figure 26 : Carte des aménagements pour le scénario 4

Dans ces conditions, le coût du projet s'élèverait à 780 000€, amenant le coût du m<sup>3</sup> à 0.31€.

# Mesures complémentaires communes aux différents projets

## *Modalités de dimensionnement du stockage*

Afin de maîtriser les effets du stockage longue durée sur les eaux usées, certaines modalités préconisées par l'ONEMA [14] ont été respectées :

- La profondeur de chaque bassin ne dépassera pas 6 à 8 m de profondeur, valeurs recommandées pour éviter la formation d'H<sub>2</sub>S en zone tempérée
- La profondeur de chaque bassin est augmentée d'1 m, pour prendre en compte les matières décantées qui empêcheront de pomper les eaux du fond
- La surface de chaque bassin est minorée par une valeur calculée à partir de la charge de DCO entrante dans le bassin, afin de minimiser le risque de la formation de gaz odorants.

## *Mesures de suivi et d'entretien*

### ➤ **Pour la rivière :**

Il conviendra d'installer un limnimètre mesurant le niveau d'eau en tout temps. La gestion ne sera pas nécessairement automatisée, en ce que les fluctuations risqueraient une activation et désactivation trop fréquentes. On peut par exemple envisager une alerte de détection de seuil sur une certaine durée (plus de 5h par exemple) pour signaler que la rivière aurait besoin de soutien d'étiage.

### ➤ **Pour le pompage :**

Comme précisé dans la partie commentant les effets du stockage longue durée sur la qualité de l'eau, des algues peuvent se développer à la surface du bassin. Afin d'éviter tout colmatage des réseaux d'irrigation du fait de ces organismes, il faudrait éviter de pomper l'eau de l'horizon superficiel. A cet effet, des flotteurs [15] pourraient être utilisés pour suivre le niveau de l'eau dans le réservoir. Potentiellement, une filtration pourra s'avérer nécessaire.

## *Prévention des risques et gestion des dysfonctionnements*

La présence de stockage permet également d'amortir le risque des dysfonctionnements de la STEP ou de terrain (notamment les coulées de boue). En effet, celui-ci pourra accueillir les eaux contaminées avant leur rejet dans le milieu naturel. Du point de vue de l'irrigation, le stockage, s'il est grand, permettra une dilution supplémentaire et peut freiner la contamination des autres ressources. Conformément aux réglementations, des mesures seront nécessaires pour s'assurer de l'information du public face aux équipements. Les analyses de suivi de conformité des eaux devront être faites à une fréquence conforme aux exigences des règlements français et européen. Les analyses de conformité des noues ne changent pas des analyses habituelles.

## *Impact environnemental et mesures compensatoires*

Il n'y a pas de zones présentant un intérêt écologique particulier dans la zone étudiée, à l'exception de zones humides. Si lors du choix de l'emplacement des infrastructures, une partie de ces zones venait à être affectée, des zones humides « artificielles » devraient être mises en place à titre de mesures compensatoires. De plus, les stockages étant exposés à l'air libre, il existe un risque que certaines espèces animales y trouvent foyer. Là aussi, des mesures compensatoires et préventives devront être employées.

# Comparaison des propositions

Scénario 0	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Projet Irrikochersberg	Conservation du dixième du module dans la Souffel	Conservation d'un débit de 60 L/s dans la Souffel	Irrigation de proximité du point de livraison 25	Conservation du QMNA5 et REUT en début de période d'irrigation

Tableau 18 : Rappel des solutions



Figure 27 : SWOT du scénario 0

Parmi les quatre propositions, seules les deux dernières pourraient faire l'objet d'une considération sérieuse.

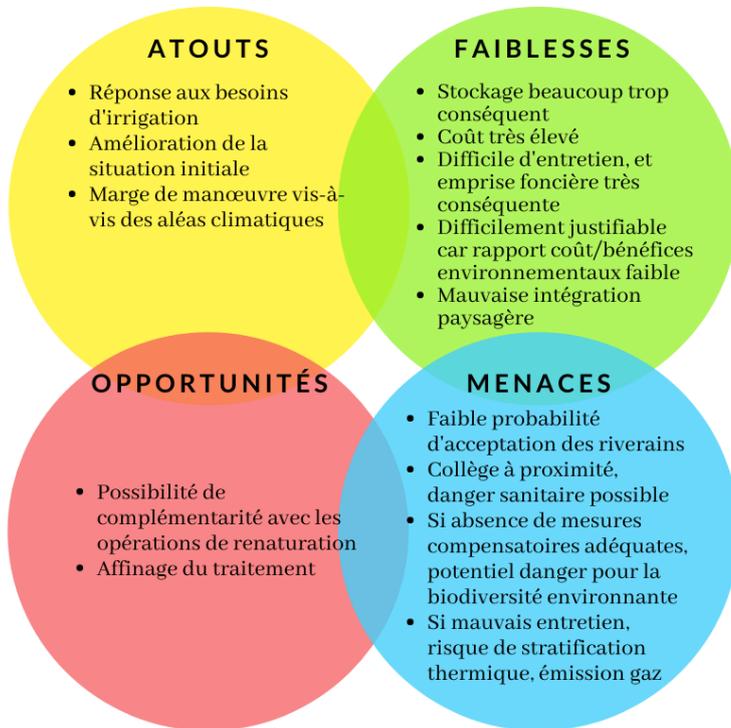
Le premier projet aurait un impact beaucoup trop négatif sur le milieu naturel, déjà en grande difficulté. Si les rejets retenus pourraient permettre d'éviter une source additionnelle de pollution, cette démarche ne saurait profiter à la biodiversité de la Souffel, s'il n'y a pas d'eau dans son lit. Le débit réservé de 15 L/s est beaucoup trop faible pour le rendre compatible avec un quelconque espoir de reconquête de la biodiversité. Il est néanmoins témoin que la difficulté majeure du projet, comme supposé en début de projet, est en très grande partie due au milieu naturel. Bien qu'il soit techniquement et économiquement

attrayant, du fait de sa faible emprise foncière, il n'apporte pas grand-chose au projet initial (scénario 0) d'un point de vue environnemental, si ce n'est un léger soulagement pour la nappe d'Alsace, mais ceci au détriment de la Souffel. De plus, le projet Irrikochersberg, en faisant baisser la nappe en période de besoin, court le risque d'augmenter l'infiltration de l'eau de la Souffel dans la nappe, faisant ainsi baisser son niveau d'eau davantage. A première vue, le soulagement proposé par le scénario 1 sur la nappe, risque potentiellement de ne pas compenser cet abaissement. On aurait ainsi la Souffel dépourvue de soutien d'étiage et soumise à une infiltration accrue.

Enfin, ce projet ne permet pas de solution pour les potentiels dysfonctionnements de la station. Le terrain étant sujet à des coulées de boues et inondations, ce type d'événement est possible, et avoir un très faible stockage implique qu'en cas de problème, non seulement l'apport à la profession agricole ne pourrait pas se faire, mais en plus de cela, les eaux dégradées seraient rejetées dans la Souffel.



Le second projet, quant à lui, est lui aussi difficilement imaginable, ou tout du moins difficile à mettre en œuvre. Un bassin de cette taille risque fortement le développement de microorganismes comme les cyanobactéries, qui ensuite peuvent poser un danger sanitaire. La difficulté est accrue du fait qu'il s'agisse d'un stockage d'eaux qui, bien que traitées, proviennent d'eaux résiduaires. En effet, celles-ci sont sujettes à des développements bactériens, mais surtout à la formation d'hydrogène sulfuré.

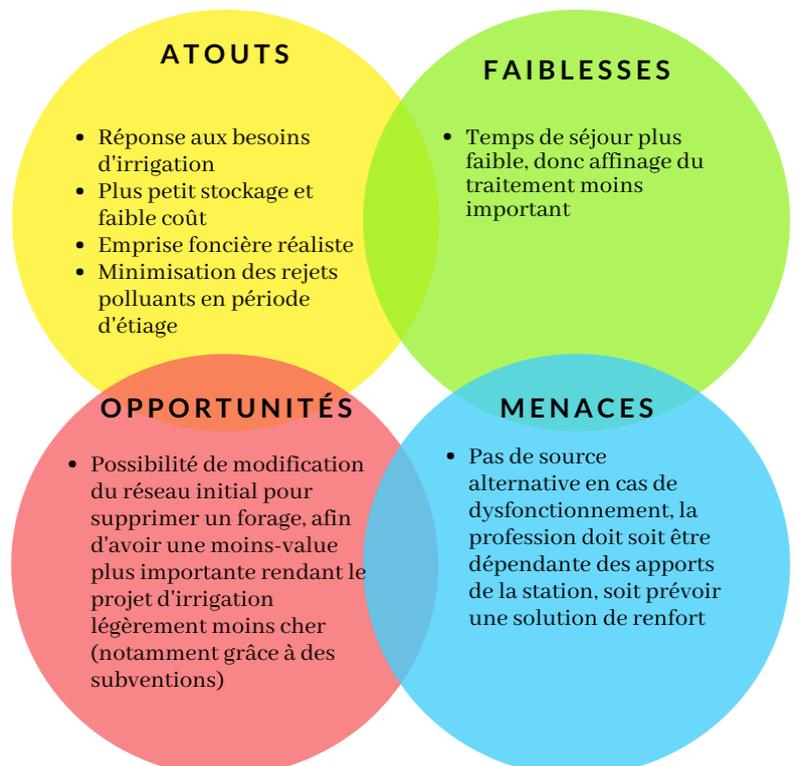


De plus, les coûts seraient très dissuasifs pour la profession agricole. Enfin, bien que le débit soit plus élevé que les débits habituellement observés dans la Souffel, il est important de préciser que cet apport est lui aussi limité par les capacités de la station, et qu'ainsi, il ne s'agit pas nécessairement d'un débit optimal : on passe d'une situation dégradée (lame de 10 cm d'eau) à une situation un peu moins dégradée (lame de 20 cm d'eau). L'amélioration fournie par l'augmentation des débits de la Souffel ne serait peut-être pas une compensation à la hauteur, comparée aux coûts économiques, sanitaires et environnementaux, en ce que ce stockage risquerait de poser des risques pour la biodiversité.

Figure 29 : SWOT du scénario 2

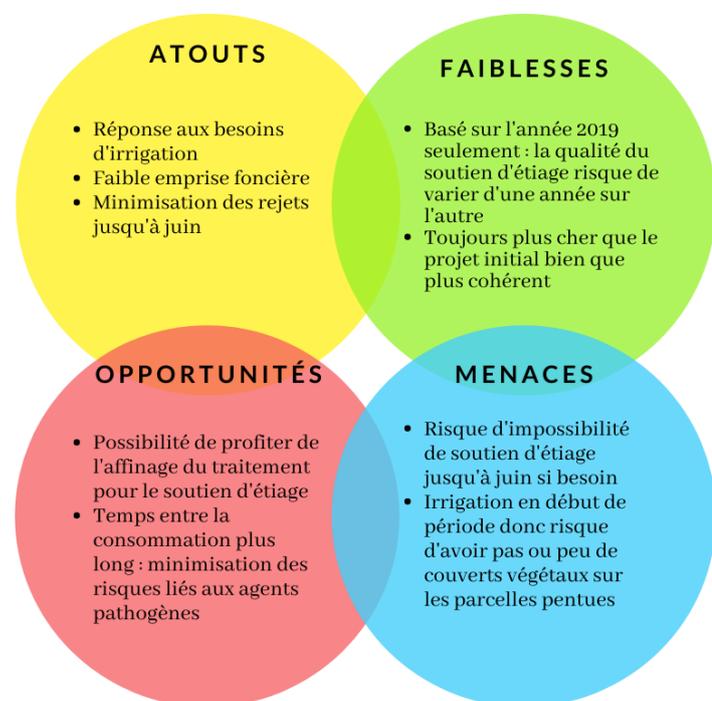
Figure 30 : SWOT du scénario 3

Le troisième projet semble, malgré tout, crédible, en tout cas financièrement parlant. Les performances épuratoires requises sont bien atteintes, les volumes sont à disposition, et le réseau de distribution pour le point de livraison est techniquement envisageable. De plus, il s'agit du projet ayant le plus de chance d'être équilibré, si ce n'est plus avantageux que le projet initial. Néanmoins, il ne s'agit pas d'un projet idéal en ce que le QMNA5, bien qu'une amélioration, est, lui aussi, une amélioration limitée. De plus, cette proposition implique que la réutilisation se ferait sans dilution. Ceci, bien qu'acceptable dans la mesure où les eaux utilisées respectent les normes requises de qualité pour l'usage choisi, peut potentiellement constituer un léger frein d'un point de vue acceptation sociale, en ce que les autres propositions impliquent une eau réutilisée et traitée, certes, mais également diluée (le volume représente 15% du volume global). Enfin, l'absence



de connexion aux forages du réseau global accentuent les risques liés aux dysfonctionnements de la station, à savoir que les exploitations concernées n'auraient pas de ressources de recharge et donc devraient en prévoir. Là aussi, cela peut poser un frein d'acceptabilité sociale, puisque deux équipements seraient nécessaires.

Figure 31 : SWOT du scénario 4



Enfin, le quatrième projet est lui aussi réaliste, bien que pas nécessairement beaucoup plus économique que le projet initial. Il permettrait néanmoins de proposer un projet assez fidèle à la proposition initiale, tout en apportant une légère plus-value environnementale, même si aucune plus-value n'est apportée du point de vue strict de la profession agricole. Le volume de stockage fait partie des plus petits, ce qui réduit légèrement les contraintes liées à la biodiversité et à l'entretien, sans pour autant les amoindrir. D'un point de vue sanitaire, c'est le projet le moins risqué : en complément avec les mesures des réglementations française et européennes, l'eau serait diluée et les produits ne seraient pas irrigués pendant toute la seconde partie de la période d'irrigation, et les agents pathogènes auraient ainsi de bonnes chances de ne pas survivre au soleil de juillet-août. Enfin, il est également possible de fournir

un soutien d'étiage, mais cette fois-ci en s'assurant que le stockage ait pu affiner le traitement de la matière organique, et des nitrates, lors du soutien d'étiage à la Souffel, tandis que cet abattement n'aurait pas lieu durant la période d'irrigation, à savoir que les nitrates ayant survécu au traitement de la STEP seraient réattribués aux terres agricoles.

## Seconde phase du projet

La seconde phase du projet visera à transposer l'étude sur deux autres stations présentes sur le territoire du projet Irrikochersberg : la station de Gougenheim, rejetant dans le Rohrbach ; et la station de Truchtersheim, rejetant dans le Leisbach.

Pour la station de **Truchtersheim**, les points motivant l'intérêt de l'étude sont :

- Elle est présente sur le bassin versant de la Souffel, ce qui en fait une part entière de l'étude ; et avec des performances de traitement légèrement moins bonnes que celles de Griesheim-sur-Souffel, ce qui en fait une candidate intéressante car l'utiliser pour l'irrigation permettrait de limiter les rejets déclassants dans un affluent de la Souffel.
- Son emplacement est idéal pour injecter dans le réseau, qui passe à près de 300 m de la station, avec a priori aucune parcelle impropre à la REUT en aval.

Les potentiels freins seraient :

- Le milieu récepteur est un très petit cours d'eau, dont le débit semble reposer fortement sur le rejet de la station. Il n'y a également pas de données de mesures sur ce cours d'eau, ce qui pourra compliquer la phase d'analyse d'impact de la station sur le milieu.
- La station est assez ancienne (24 ans) et fonctionne actuellement au-delà de sa capacité d'origine. S'il fallait implanter un projet sur ce site, celui-ci devrait s'accompagner d'une mise à niveau de la station pour rendre l'exploitation plus gérable.
- Des tensions ou conflits avec les riverains avoisinant la station ont été évoqués, ce qui pourrait impacter le déroulement des travaux

Pour la station de **Gougenheim**, les points encourageant l'intérêt de l'étude sont :

- Les performances épuratoires semblent très bonnes, ce qui laisse penser qu'il serait envisageable de passer par un traitement UV, qui est le plus facile d'exploitation.
- La station, datant de 2013, est assez récente
- La station se trouve à proximité du réseau et d'un certain nombre de points de livraison, et à l'aval du réseau, ce qui veut dire qu'un projet aurait de bonnes chances d'être économiquement intéressant, dans la mesure où il y aurait une certaine moins-value par rapport au réseau initial puisqu'il n'y a pas de forage dans cette partie du réseau (une assez grande longueur de canalisation, une bache, et des traversées de routes/rivières pourraient être décomptées du projet initial)
- Le milieu récepteur ne fait pas l'objet de préoccupations quant à son débit, qui est déjà plutôt important même sans le rejet de la station, donc il n'y aurait pas de problématique de soutien d'étiage et potentiellement, une réutilisation directe pourrait être envisagée.

Les potentiels freins seraient :

- Comme sur le Leisbach, le Rohrbach n'a pas de point de mesure, donc il faudrait pouvoir pallier le manque de données durant l'étude
- Le débit de sortie est plus faible que celui des deux autres stations, donc il faudrait potentiellement un stockage là aussi.
- La station n'est pas présente sur le bassin de la Souffel, ce qui en fait un sujet d'étude moins prioritaire par rapport au sujet de préoccupation initial.
- La station ne dispose pas d'un terrain aux alentours, ce qui potentiellement ajouterait des frais fonciers au projet dans le cas de la nécessité d'un stockage.

## Conclusion générale

Ces deux projets illustrent tous deux très bien les enjeux des PTGE et l'importance de ses valeurs principales, la co-construction et l'équilibre besoin ressource. L'un comme l'autre, les projets sont entièrement conditionnés par les limites du milieu naturel, et les dynamiques besoin-ressource mises en évidence sont assez complexes.

L'étude de ces deux projets s'est montrée très complète du point de vue de ma formation, combinant des aspects hydrauliques, de traitement, de gestion des milieux naturels, d'exploitation et bibliographiques sur la réutilisation des eaux usées traitées. L'aspect le plus enrichissant et le plus nouveau a notamment été l'interaction avec le monde agricole, pour une meilleure compréhension de l'enjeu réel du marché des cultures, de l'utilisation d'intrants, de gestion du stress hydrique, de choix des cultures et de leurs impacts environnementaux, une meilleure appréciation des contraintes et de l'ampleur de tels projets, etc.



## Bibliographie

- [1] Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Communauté de Communes du Kochersberg et de l'Acherland, SDEA Alsace-Moselle – Contrat de Territoire Eau et Climat 2020-2023 : Agissons aujourd'hui pour la Souffel de demain – 16/12/2020
- [2] ANSES – Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries : Rapport d'expertise collective – Mars 2012
- [3] ANTEA GROUP – Étude hydrogéologique des captages de Mommenheim-Wingersheim, Phase 1: synthèse des données et programme d'investigations complémentaires – Mars 2017
- [4] ARTELIA – Projet Irrikochersberg : Présentation de l'étude de faisabilité – Plénière – Présentation du 12/02/2021
- [5] BAUDOIN Jean-Marc, BURGUN Vincent, CHANSEAU Matthieu, LARINIER Michel, OVIDIO Michaël, SREMSKI William, STEINBACH Pierre, VOETGLE Bruno (ONEMA) – Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons, principes et méthodes – 2014
- [6] CEA – Infographie sur la phytoremédiation
- [7] CEREMA – Coût des protections contre les inondations fluviales – Juillet 2014
- [8] CEREMA – Réutilisation des eaux usées traitées : le panorama français - 2020
- [9] Chambre d'Agriculture d'Alsace – Barème indicatif de la valeur vénale moyenne dans le Bas-Rhin – Année 2020/2021
- [10] Conseil Général du Bas-Rhin – Le Bassin versant de la Souffel – 2011
- [11] Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
- [12] Directive 91/271/CEE du Conseil des Communautés européennes du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires
- [13] DURHAM B., MARECOS DO MONTE H. M., ANGELAKIS A. N. – Water recycling and Reuse in EUREAU Countries : Trends and Challenges – 2016
- [14] EME Claire, MOLLE Pascal (ONEMA) – Stockage des eaux usées traitées en vue de leur réutilisation, état de l'art – 2013
- [15] EMS – Déviation de la Souffel dans son ancien lit à Reischstett : un exemple de restauration de la fonctionnalité d'un cours d'eau
- [16] En Immersion Eau – Eutrophisation <https://enimmersion-eau.fr/eutrophisation/>
- [17] Ephytia (INRA) – Ralstonia Solanacearum <http://ephytia.inra.fr/fr/C/20905/Pomme-de-terre-Ralstonia-solanacearum-pourriture-brune>
- [18] FRANCE – Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues de traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts
- [19] FRANCE – Arrêté modifiant l'arrêté préfectoral du 16 septembre 2004 déterminant les périmètres de protection autour des forages du champ captant de Mommenheim
- [20] FRANCE – Arrêté préfectoral du 16 septembre 2004 déterminant les périmètres de protection autour des forages du champ captant de Mommenheim
- [21] FRANCE – Instruction interministérielle du 26 avril 2016 relative à l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts
- [22] HANNOUCHE Ali, CHEBBO Ghassan, RUBAN Gwenaël, TASSIN Bruno, JOANNIS Claude (ASTEE/EDP Sciences) – Relation entre la turbidité et les matières en suspension en réseau d'assainissement unitaire – 2011
- [23] MERCIER Magali (SDEA) – Lutte contre les pollutions diffuses : Captages de Mommenheim – Présentation du 21 juin 2016
- [24] MOLLE Bruno, HUARD Malo, GRANIER Jean Marc, et al (IRSTEA) – Proposition d'un cadre d'étude de la faisabilité technique et économique d'un projet de Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) en irrigation agricole – 2010
- [25] OMS – Directives oms pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères : Volume II, utilisation des eaux usées en agriculture – 2006
- [26] Pleinchamp – Israël irrigué à au moins 60% d'eaux usées traitées <https://www.pleinchamp.com/actualite/actuali>

tes-generales~israel-irrigue-a-60-au-moyen-d-eaux-usees-traitees

- [27] RÈGLEMENT (UE) 2020/741 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 25 mai 2020 relatif aux exigences minimales applicables à la réutilisation de l'eau
- [28] SDEA (Commission locale du Bassin de la Souffel) – Étude de qualité de l'eau : Suivi 2015/2016 des pollutions azotées et des pesticides dans les cours d'eau du bassin de la Souffel et des rejets de stations d'épuration – 2016
- [29] SDEA, Blezat Consulting – Etude de faisabilité du développement de filières de cultures végétales, dites « bas intrants », hors Agriculture biologique, pour la protection de la ressource en eau de captages dégradés – 2016
- [30] SINBIO – Étude de définition du programme pluriannuel des actions de restauration des cours d'eau du bassin de la Souffel, Phase 1 : état des lieux et diagnostic – Décembre 2012
- [31] SINBIO – Étude de définition du programme pluriannuel des actions de restauration et de mise en valeur des cours d'eau du bassin de la Souffel, Phase 1 : propositions d'actions – Mars 2013
- [32] SUEZ – Memento degremont : la réutilisation des eaux usées traitées  
<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/reutilisation-des-eaux-usees>
- [33] TALLON Ella – Etude de la pertinence de la Réutilisation des eaux usées traitées sur le bassin de l'Adour en amont d'Aire-sur-l'Adour – 2020
- [34] The Conversation – Réutilisation des eaux usées traitées : quels sont les pays les plus en pointe ?  
<https://theconversation.com/reutilisation-des-eaux-usees-quels-sont-les-pays-les-plus-en-pointe-112984>
- [35] Eau en montagne – Notice méthodologique : synthèse des méthodes existantes applicables aux situations de montagne – 2010

## Annexes

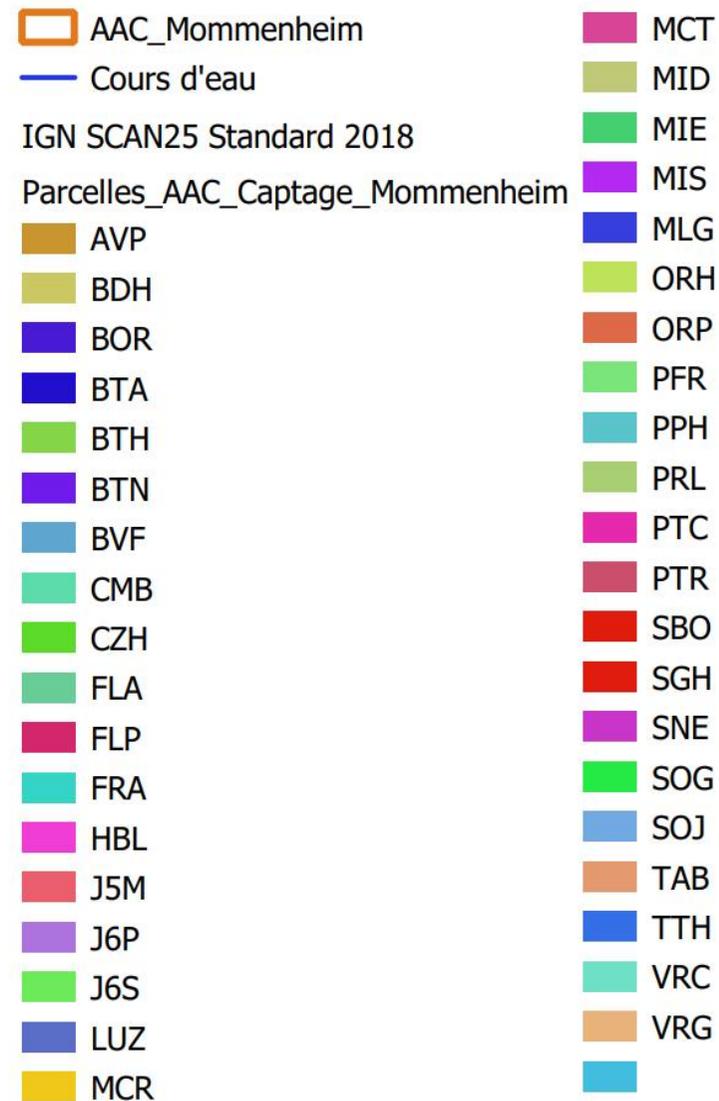
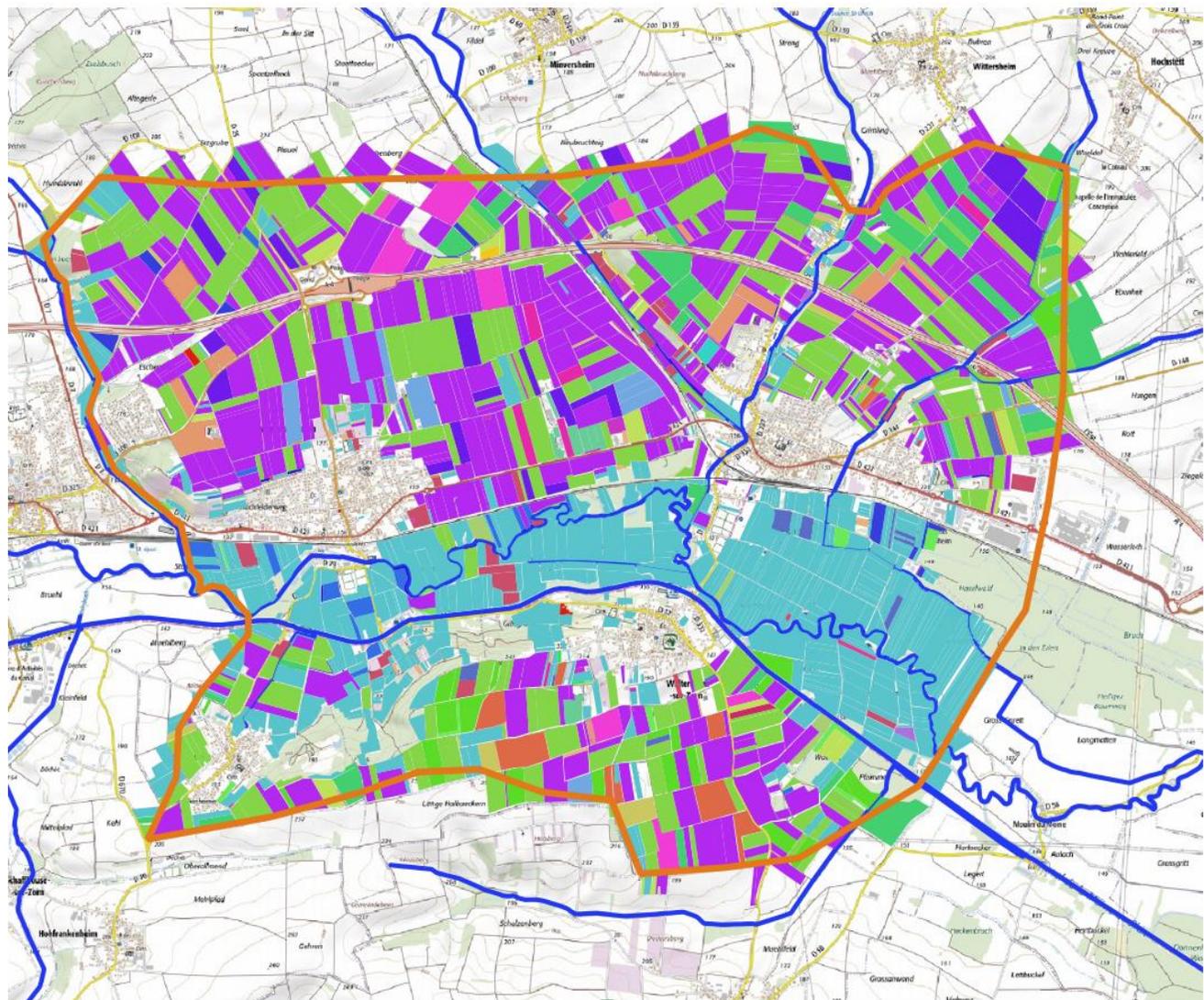
### Annexe 1 : Besoins estimés des cultures et signification des abréviations

<b>Code</b>	<b>Signification</b>	<b>Besoin</b>
<b>AVP</b>	Avoine de printemps	*
<b>BDH</b>	Blé dur d'hiver	750
<b>BTH</b>	Blé tendre d'hiver	750
<b>BTN</b>	Betterave non fourragère/Bette	900
<b>CZH</b>	Colza d'hiver	900
<b>FLA</b>	Fruit ou légume annuel	2000
<b>FLP</b>	Fruit ou légume pérennes	2000
<b>FRA</b>	Fraise	6000
<b>HBL</b>	Houblon	1500
<b>LUZ</b>	Luzerne	1500
<b>MCR</b>	Mélange de céréales	900
<b>MCT</b>	Miscanthus	*
<b>MIE</b>	Maïs ensilage	1500
<b>MIS</b>	Maïs	1500
<b>MLG</b>	Mélange légumineuse prépondérantes au semis et de graminées	1200
<b>ORH</b>	Orge d'hiver	400
<b>ORP</b>	Orge de printemps	400
<b>PTC</b>	Pomme de terre de consommation	1500
<b>SGH</b>	Seigle d'hiver	*
<b>SOG</b>	Sorgho	900
<b>SOJ</b>	Soja	1500
<b>TAB</b>	Tabac	1500
<b>TTH</b>	Triticale d'hiver	*
<b>VRG</b>	Verger	840

\*Données indisponibles (les cultures n'étant soit pas présentes sur les secteurs étudiés, soit sur une surface comparativement très faible, leur besoin a été négligé)

Note : ces données sont extraites des arrêtés d'autorisation d'irrigation du Syndicat des Irrigants du Ried Sud de 2019 et 2020 et/ou des données du Projet Irrikochersberg. Celles-ci peuvent varier en fonction des parcelles

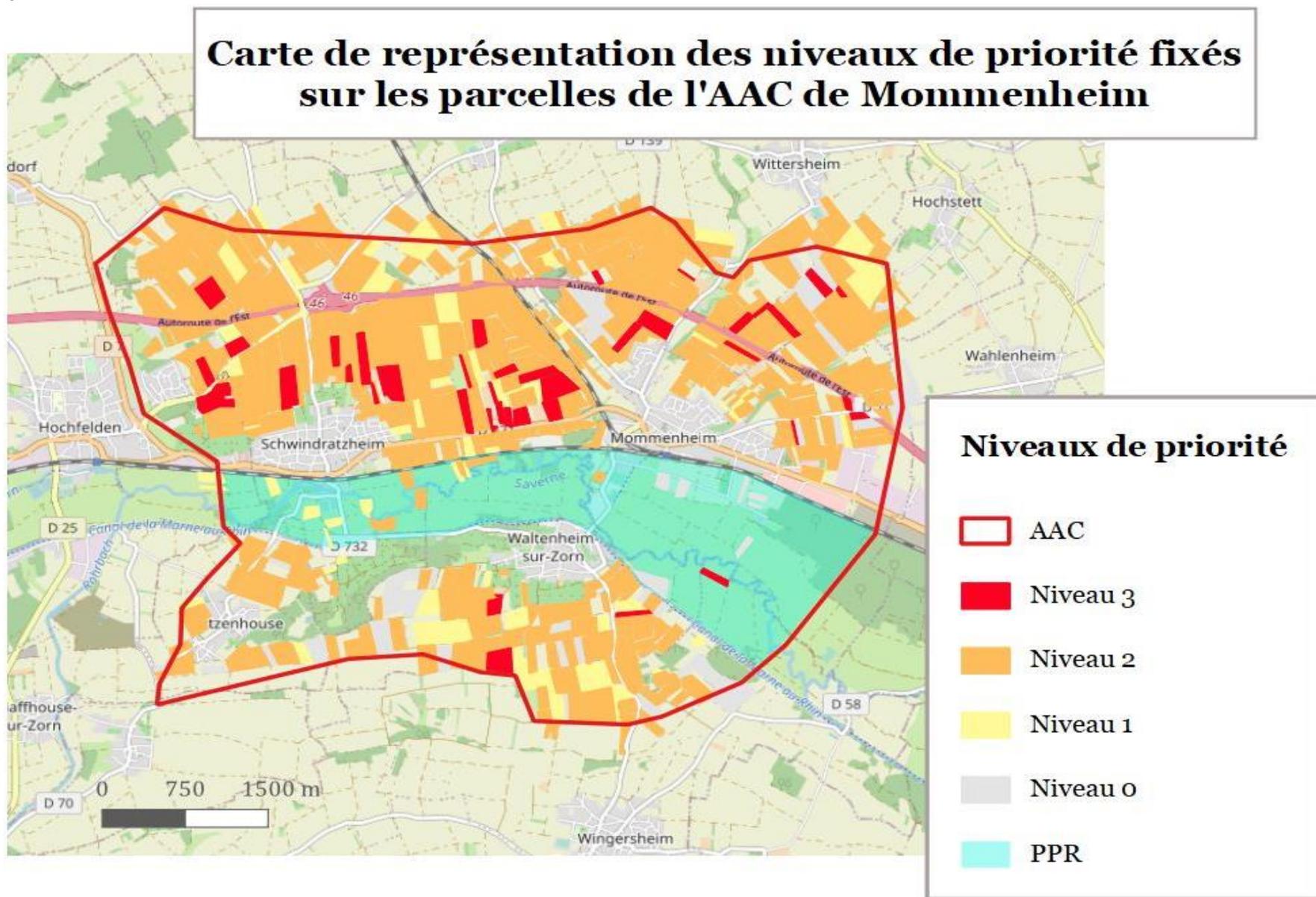
## Annexe 2 : Registre parcellaire graphique de l'AAC du champ captant de Mommenheim



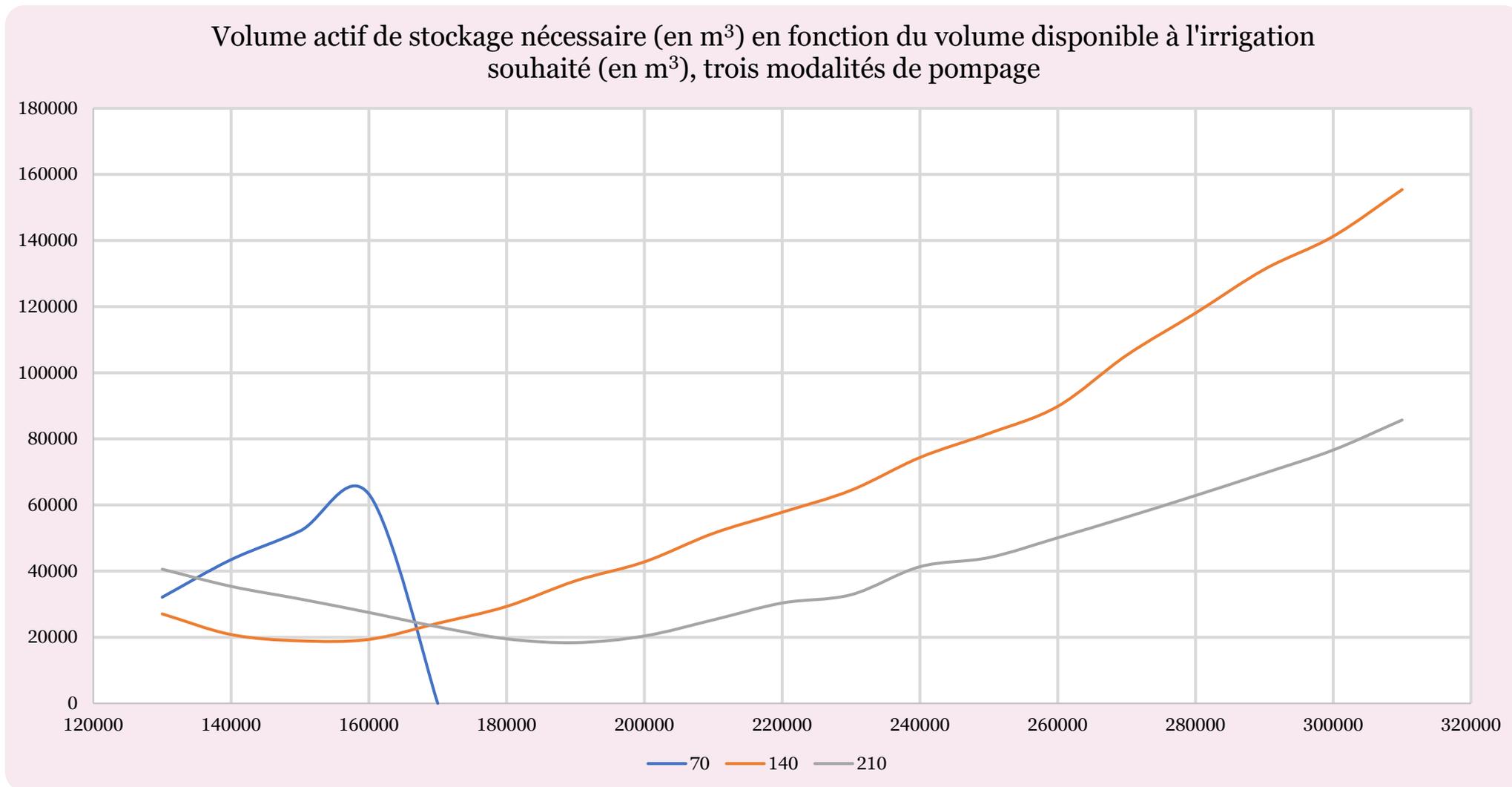
## Annexe 3 : Analyse multicritère pour la hiérarchisation des cultures

		Besoin irrigation	Culture spéciale	Marché important	BNI	Besoin faible	Concerné bactérie			
FLA	108	1		1			2	4	3	
FLP	109	1		1			2	4	3	
PTC	126	1		1			2	4	3	
SOJ	130	1		1	1	1		4	3	
TAB	131	1	1	1			2	5	3	
BTH	103	1		1		1		3	2	
FRA	110	1	1	1				3	2	
HBL	111	1	1	1				3	2	
MIE	119	1	1	1				3	2	
MIS	120	1	1	1				3	2	
BDH	102	1				1		2	1	
BTN	104	1				0		1	1	
BVF	105	1			1			2	1	
LUZ	115	1			1			2	1	
MCR	116	1				1		2	1	
ORH	122	1				1		2	1	
ORP	123	1				1		2	1	
SOG	129	0				1		1	1	
TTH	132				1			1	1	
AVP	101	1						1	0	
CMB	106	1						1	0	
CZH	107	1						1	0	
MCT	117	0			1			1	0	
MID	118	1						1	0	
MLG	121	1						1	0	
SGH	128	1						1	0	

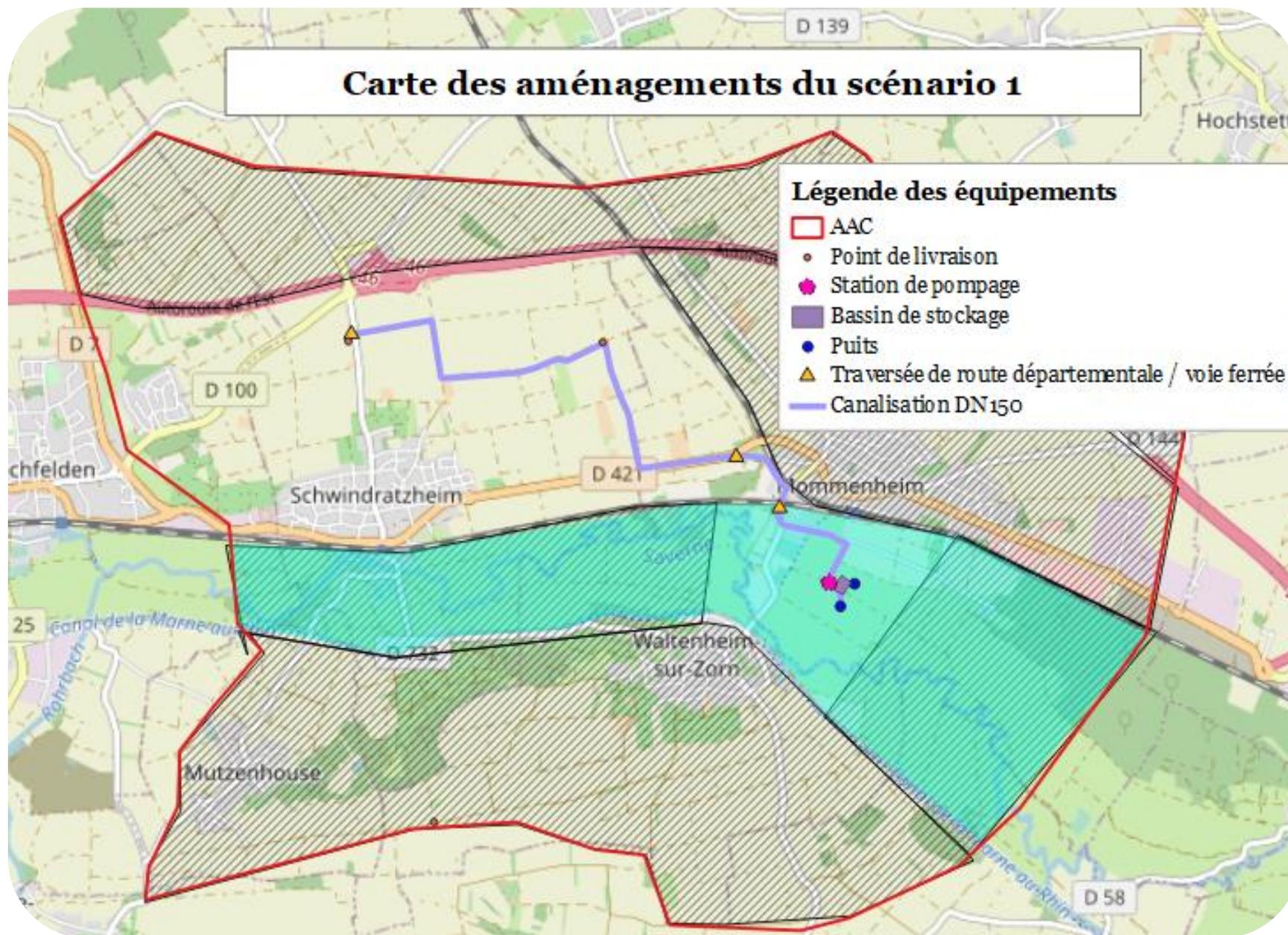
## Annexe 4 : Format agrandi de la représentation graphique de la répartition des cultures de différents niveaux de priorité



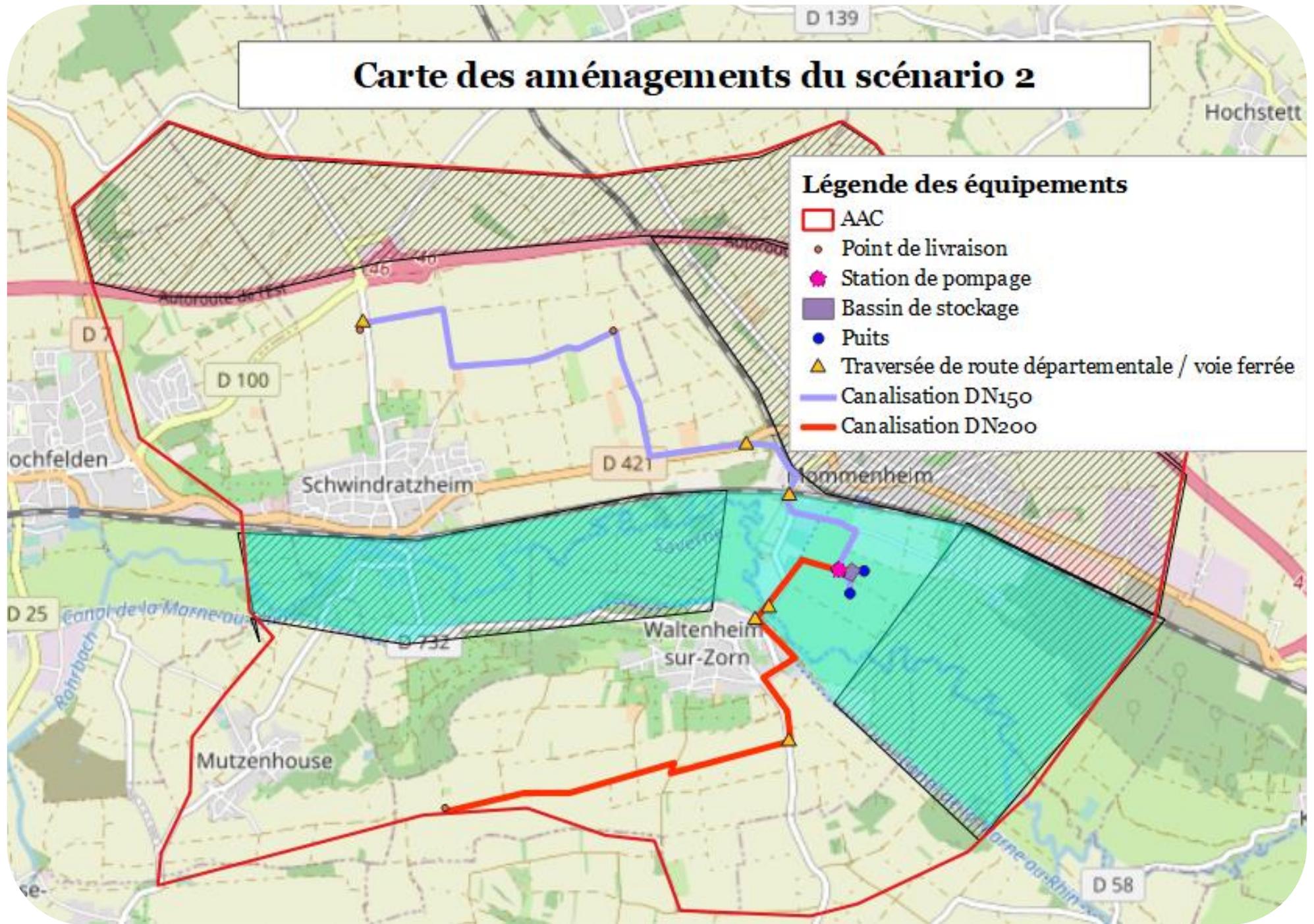
## Annexe 5 : Evolution du volume minimal de stockage nécessaire en fonction du volume disponible à l'irrigation souhaité



## Annexe 6 : Format agrandi des plans des équipements suggérés



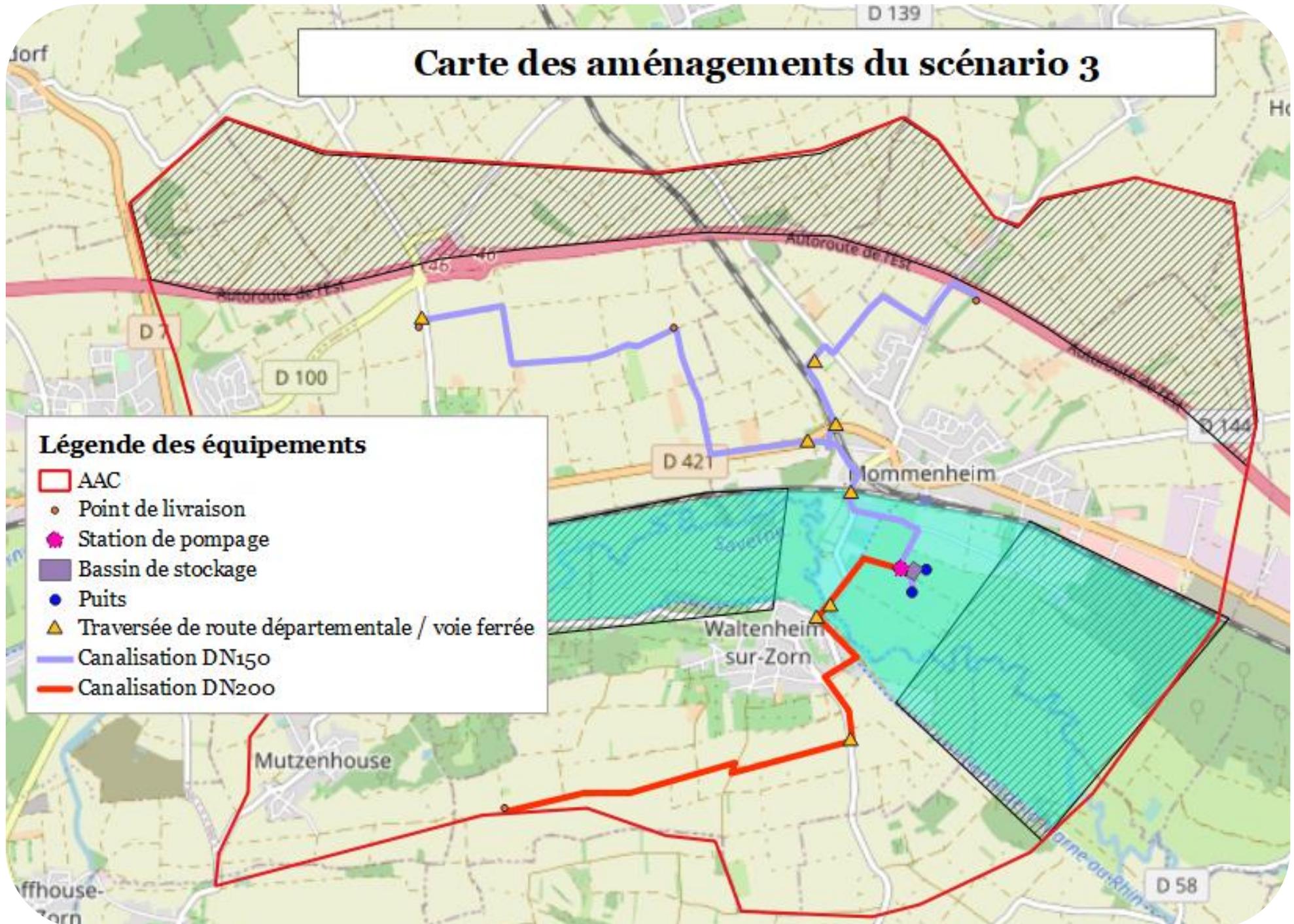
## Carte des aménagements du scénario 2



## Carte des aménagements du scénario 3

### Légende des équipements

-  AAC
-  Point de livraison
-  Station de pompage
-  Bassin de stockage
-  Puits
-  Traversée de route départementale / voie ferrée
-  Canalisation DN150
-  Canalisation DN200



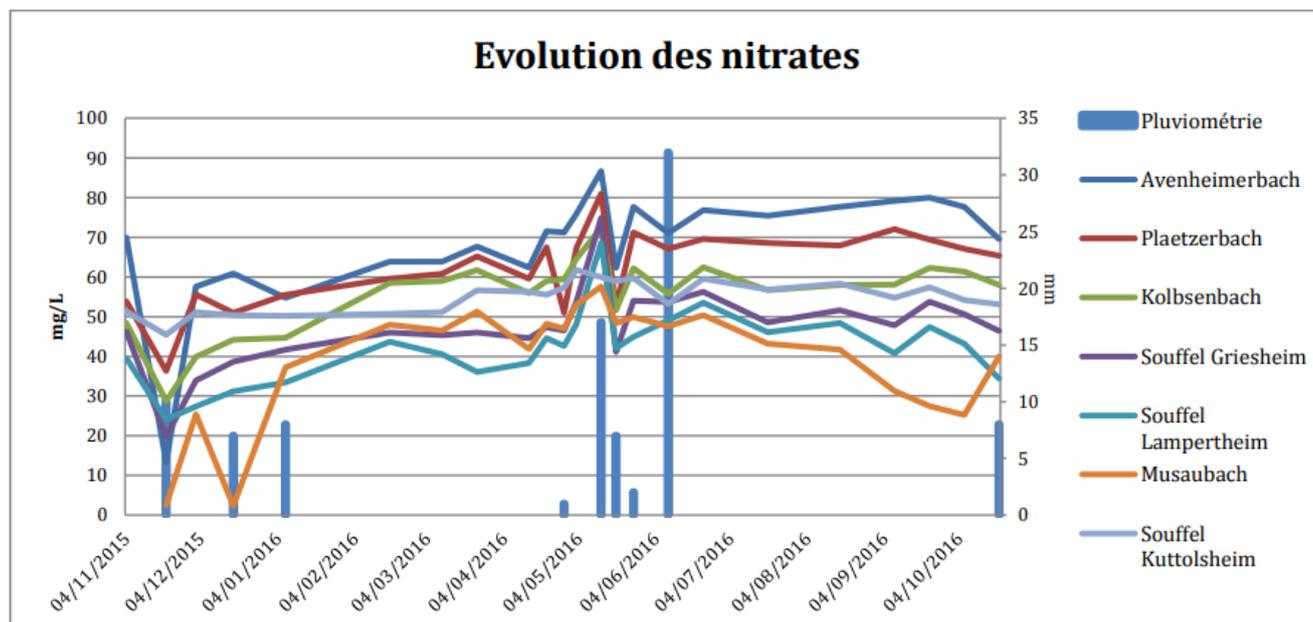
## Annexe 7 : Coûts des propositions (Projet de Mommenheim)

Coûts d'investissement					Modalité 1		Modalité 2	
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût	Quantité	Coût
Réseau	Puits 4 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160	ml	10	0 €	10	0 €
	Puits 6 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		160	30 000 €	160	30 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		5 000	800 000 €	5 000	800 000 €
	Ventouse et robinetterie			5 000	Unité	2	10 000 €	2
Stockage	Bassin	Bassin	10	m3	600	10 000 €	50 000	500 000 €
		Foncier	10 000	ha	0.5	10 000 €	1	10 000 €
Pompage	Station de pompage sortie bassin		160 000	Unité	1	160 000 €	1.25	200 000 €
Annexes	Traversées		10 000	Unité	3	30 000 €	3	30 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10% du coût global				120 000 €	
<b>Total</b>						1 170 000 €	1 740 000 €	
<b>Coût au m3 sur 20 ans</b>						0.39 €	0.35 €	

Coûts d'investissement					Modalité 1		Modalité 2	
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût	Quantité	Coût
Réseau	Puits 4 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160	ml	10	0 €	10	0 €
	Puits 6 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		160	30 000 €	160	30 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN200)	200		4 000	800 000 €	4 000	800 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		5 000	800 000 €	5 000	800 000 €
Ventouse et robinetterie			5 000	Unité	2	10 000 €	2	10 000 €
Stockage	Bassin	Bassin	10	m3	600	10 000 €	50 000	500 000 €
		Foncier	10 000	ha	0.5	10 000 €	1	10 000 €
Pompage	Station de pompage sortie bassin		160 000	Unité	1	160 000 €	1.25	200 000 €
Annexes	Traversées		10 000	Unité	6	60 000 €	6	60 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10% du coût global				210 000 €	
<b>Total</b>						2 090 000 €	2 650 000 €	
<b>Coût au m3 sur 20 ans</b>						0.70 €	0.53 €	

Coûts d'investissement					Modalité 1		Modalité 2	
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût	Quantité	Coût
Réseau	Puits 4 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160	ml	10	0 €	10	0 €
	Puits 6 -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		160	30 000 €	160	30 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN200)	200		4 000	800 000 €	4 000	800 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		5 000	800 000 €	5 000	800 000 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN150)	160		4 000	640 000 €	4 000	640 000 €
	Ventouse et robinetterie			5 000	Unité	2	10 000 €	2
Stockage	Bassin	Bassin	10	m3	600	10 000 €	50 000	500 000 €
		Foncier	10 000	ha	0.5	10 000 €	1	10 000 €
Pompage	Station de pompage sortie bassin		160 000	Unité	1	160 000 €	1.25	200 000 €
Annexes	Traversées		10 000	Unité	8	80 000 €	8	80 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10% du coût global			270 000 €	310 000 €	
	<b>Total</b>					2 810 000 €	3 070 000 €	
<b>Coût au m3 sur 20 ans</b>					0.94 €	0.61 €		

## Annexe 8 : Teneurs en nitrate et en pesticides mesurées dans la Souffel au cours de l'année 2015/2016



Matières actives	Nombre de détections	Valeurs maxi µg/l	Usages	Type
Atrazine Déséthyl	138	0,042	Interdit	H
AMPA	138	2,5	Métabolite glyphosate	H
Glyphosate	134	17	ZA et ZNA	H
Chloridazone	99	1,2	Betteraves	H
Bentazone	94	0,85	Maïs	H
Diméthénamide	88	1,4	Maïs	H
Diméthénamide P	86	1,4	Maïs	H
Lenacile	84	0,89	Maïs et betteraves	H
Ethofumesate	81	2,8	Betteraves	H
2,4 D	80	20	ZA et ZNA	H
Nicosulfuron	78	0,52	Maïs	H
S Métolachlore	71	3,2	Maïs et betteraves	H
Epoxyconazole	59	1,1	Blé	F
2,4 MCPP	58	1,1	ZA et ZNA	H
Métamitron	58	2,6	Betteraves	H
Cyproconazole	53	1,7	Blé et betteraves	F
Iprodione	50	1,2	ZA	F
2,4 MCPA	43	0,71	ZA et ZNA	H
Tébuconazole	43	0,1	Blé	F
Azoxystrobine	42	0,25	Betteraves	F
Fluroxypyr	40	0,16	ZA et ZNA	H
Atrazine	38	0,01	Interdit	H
Diuron	38	0,036	ZNA	B

2,4 DP	30	0,4	ZA et ZNA	H
Difénoconazole	21	0,057	Betteraves	F
Isoproturon	20	0,077	Blé	H
Dicamba	19	0,37	ZA et ZNA	H
Prosulfuron	15	0,027	Maïs	H
Mesotrione	13	0,22	Maïs	H
Benoxacor	12	0,064	Maïs	H
Diflufenicanil	6	0,06	Blé	H
Metalaxyl	5	0,022	Légumes	F
Fenpropidine	5	0,015	Betteraves	F
Pendiméthaline	4	0,074	Maïs	H
Oxadiazon	4	0,011	ZNA	H
Bromoxynil	3	0,3	Maïs et blé	H
Aminotriazole	2	0,3	ZA	H
Metsulfuron méthyl	2	0,011	Blé	H
Sulcotrione	2	0,011	Maïs	H
Clopyralide	1	0,1	Betterave	H
Mefenpyr-diéthyl	1	0,04	ZA	H
Myclobutanile	1	0,006	ZA et ZNA	F
Atrazine déisopropyl	1	0,006	Interdit	H
Fosétyl	1	0,2	ZA et ZNA	F

**Légende :** Valeurs maximales

- Inférieures à 0,1 µg/l
- Comprises entre 0,1 et 0,5 µg/l
- Comprises entre 0,5 et 2 µg/l
- Supérieures à 2 µg/l

H : Herbicides F : Fongicides B : Biocide

*Source : SDEA (Commission locale du Bassin de la Souffel) – Étude de qualité de l'eau : Suivi 2015/2016 des pollutions azotées et des pesticides dans les cours d'eau du bassin de la Souffel et des rejets de stations d'épuration – 2016*

## Annexe 9 : Note juridique

### Arrêté du 25 juin 2014

Concernant les contraintes de terrain :

- L'irrigation localisée (par goutte-à-goutte ou micro-aspersion) est obligatoire sur les terrains sans couvert végétal dont la pente est supérieure à 7%
- L'irrigation par des eaux usées traitées sur des terrains saturés en eau est interdite

### Circulaire du 26 avril 2016

Concernant l'irrigation par aspersion :

- Elle n'est possible que si la vitesse du vent est en moyenne inférieure à 15km/h (20 pour les asperseurs basse pression). L'anémomètre doit être situé : 2m au-dessus du sol, au sein d'une zone dégagée, à l'intérieur ou dans le proche périmètre de la parcelle irriguée.

- Une distance de deux fois la portée de l'asperseur doit être respectée entre la parcelle et les zones sensibles (habitations, jardins, voies de circulation piétonnes, équestres, cyclistes, de randonnée etc). Cette distance peut être réduite dans le cas de l'utilisation d'un asperseur basse pression ou si un écran est présent.

Concernant l'interdiction d'irrigation, elle est en vigueur lorsqu'elle est effectuée par :

- Des eaux usées brutes
- Une station comprenant un établissement d'équarrissage dans les rejets de son réseau
- Les eaux d'une station dont les boues sont non conformes
- Des eaux usées traitées lorsque l'épandage de boues sur le sol n'est pas autorisé
- Des eaux usées traitées à l'intérieur d'une zone à usage sensible : périmètre de captage destinée à la consommation humaine (sauf eaux superficielles ou eaux d'origine karstique, en respectant les contraintes de terrain : eaux de qualité A ou B, sur des sols d'une épaisseur d'1m minimum), site présentant un enjeu sanitaire (conchyliculture, baignade...)

Concernant les responsabilités juridiques :

Actions à réaliser	Réalisation > A quelle fréquence ? > Quand ?	Transmission > A qui ?	Responsable
<b>Avant établissement de l'arrêté préfectoral d'autorisation</b>			
Rédiger le programme d'irrigation	1. Lors de la demande initiale d'autorisation  2. Dans le cas de modification(s) entraînant un changement notable des éléments du dossier de demande d'autorisation	Service instructeur : DDT	Exploitant*
Rédiger le programme de surveillance des EUT : ▪ suivi périodique (tous les 2 ans) ▪ suivi en routine ▪ suivi des boues			Producteur**
Rédiger le programme de surveillance des sols			Exploitant*
Rassembler et synthétiser les résultats du suivi de la performance épuratoire (période d'au moins 6 mois comprenant l'ensemble de la saison d'irrigation) permettant de déterminer le niveau de qualité sanitaire des EUT			Producteur**
Préciser les caractéristiques techniques des asperseurs utilisés et des conditions de vents ( <i>uniquement si irrigation par aspersion</i> )			Exploitant*
Concevoir le réseau de distribution des EUT de manière à ne pas dégrader la qualité de l'eau, à pouvoir réaliser des purges et faciliter les opérations de nettoyage	Lors de l'élaboration et de la réalisation initiale du projet	-	Exploitant*

Après entrée en vigueur de l'arrêté préfectoral d'autorisation			
Rédiger le programme d'irrigation annuel (uniquement si conditions d'irrigation variables d'une année sur l'autre)	Tous les ans, un mois avant la campagne d'irrigation	Préfet et maire(s) concerné(s)	Exploitant*
Mettre en œuvre le programme de surveillance des EUT			
Suivi périodique des EUT <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effectuer les analyses</li> <li>▪ Transmettre les analyses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tous les deux ans</li> <li>▪ Avant le début de la période d'irrigation (premiers résultats)</li> </ul>	Préfet, maire(s) concerné(s), exploitants	Producteur**

Suivi en routine des EUT <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effectuer les analyses</li> <li>▪ Transmettre les analyses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pendant la totalité de chaque saison d'irrigation</li> <li>▪ Avant le 31 mars de l'année suivant la saison d'irrigation</li> </ul>		
Suivi des boues (uniquement si ces dernières ne font pas l'objet d'épandage agricole) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effectuer les analyses</li> <li>▪ Transmettre les analyses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 4 fois par an minimum</li> <li>▪ Avant le 31 mars de l'année suivant la saison d'irrigation</li> </ul>		
Mettre en œuvre le programme de surveillance de la qualité des sols		***	Exploitant*
Mettre en œuvre des conditions de stockage et de distribution des EUT ne favorisant pas le développement de vecteurs ou d'agents pathogènes, de biofilms ou de nuisances olfactives		***	Exploitant*
S'assurer que les canalisations d'EUT sont repérées de façon explicite (pictogramme)		***	Exploitant*
Mettre en œuvre les mesures d'information du public prévues (notamment si irrigation d'espaces verts)		***	Exploitant*

\* Le terme « exploitant » peut désigner les acteurs suivants :

- le/les propriétaire(s) des parcelles ou terrains irrigués (public(s) et/ou privé(s)) ;
- ou le/les exploitant(s) des parcelles ou terrains irrigués ;
- ou le/les éventuel(s) prestataire(s) de services en charge de l'irrigation des parcelles ou terrains irrigués, si différent(s) du/des propriétaire(s) ou du/des exploitant(s) (personne physique ou morale) ;
- ou le/les éventuelle(s) structure(s) en charge du stockage ;
- ou le/les éventuelle(s) structure(s) en charge de la distribution des EUT.

\*\* Le terme « producteur » peut désigner les acteurs suivants :

- le/les éventuelle(s) structure(s) en charge du traitement tertiaire
- le/les éventuelle(s) structure(s) en charge du stockage ;
- ou la collectivité propriétaire de la STEU (exploitante ou non) la collectivité propriétaire de la STEU (exploitante ou non) ;
- ou l'exploitant de la STEU (au sens de l'arrêté du 21 juillet 2015<sup>3</sup>), si différent de la collectivité.

\*\*\* Même en l'absence de transmission, ces éléments peuvent faire l'objet d'un contrôle de la part des autorités compétentes.

*Extrait de l'article 3 de l'annexe I de la circulaire du 26 avril 2016*

### Règlement européen

Il est requis un établissement d'un plan de gestion des risques liés à la réutilisation de l'eau par l'exploitant de l'installation de récupération, comprenant : les exigences nécessaires imposées à l'exploitant ; les dangers et les risques ainsi que les mesures préventives ou correctives ; fixe les exigences supplémentaires, notamment pour les étapes suivantes (distribution, stockage, utilisation)

La production et fourniture d'eau de REUT font l'objet d'un permis, qui fixe la classe de qualité et les usages autorisés, les exigences de qualité et de surveillance, les conditions de prévention des risques de tous types ainsi que la période de validité et le point de conformité.

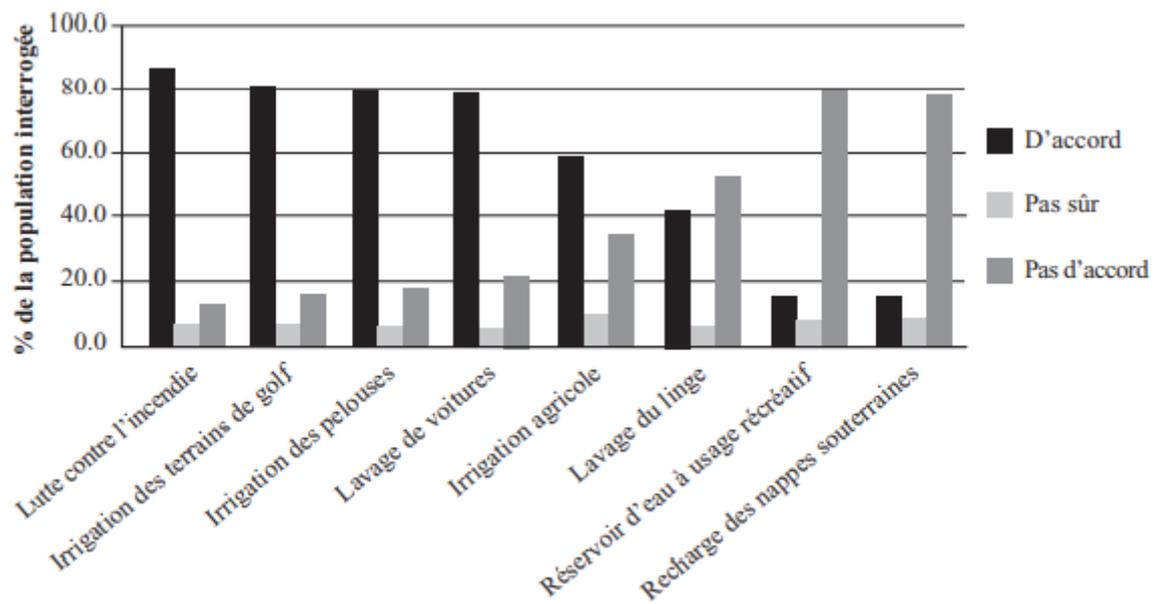
La quantité, qualité et le pourcentage d'eau de récupération, les permis, points de contact et résultats des contrôles doivent être accessibles au public.

Classe de qualité de l'eau de récupération	Objectif technologique indicatif	Exigences de qualité				
		E. coli (nombre/100 ml)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	MES (mg/l)	Turbidité (NUT)	Autre
A	Traitement secondaire, filtration et désinfection	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1 000 ufc/l lorsqu'il existe un risque de formation d'aérosols Nématodes intestinaux (œufs d'helminthes): ≤ 1 œuf/l pour l'irrigation des pâturages ou des fourrages
B	Traitement secondaire et désinfection	≤ 100	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	Conformément à la directive 91/271/CEE (Annexe I, tableau 1)	–	
C	Traitement secondaire et désinfection	≤ 1 000			–	
D	Traitement secondaire et désinfection	≤ 10 000			–	

Fréquences minimales de surveillance						
Classe de qualité de l'eau de récupération	E. coli	DBO <sub>5</sub>	MES	Turbidité	Legionella spp. (le cas échéant)	Nématodes intestinaux (le cas échéant)
A	Une fois par semaine	Une fois par semaine	Une fois par semaine	En continu	Deux fois par mois	Deux fois par mois ou tel que déterminé par l'exploitant d'installation de récupération en fonction du nombre d'œufs présents dans les eaux usées entrant dans l'installation de récupération
B	Une fois par semaine	Conformément à la directive 91/271/CEE (annexe I, section D)	Conformément à la directive 91/271/CEE (annexe I, section D)	–		
C	Deux fois par mois			–		
D	Deux fois par mois			–		

*Tableaux 2 & 3 de l'annexe I, section 2 du règlement européen*

## Annexe 10 : Approbation de la population sur l'utilisation d'eaux usées traitées pour différentes utilisations



Source : Robinson KG, Robinson CH, Hawkins SA – Assessment of public perception regarding wastewater reuse. Water Science and Technology – 2005

## Annexe 11: Recommandations de l'OMS sur les concentrations maximales dans le sol de divers produits chimiques

Produit chimique	Concentration dans le sol (mg/kg)
<b>Éléments</b>	
Antimoine	36
Argent	3
Arsenic	8
Baryum <sup>a</sup>	302
Béryllium <sup>a</sup>	0,2
Bore <sup>a</sup>	1,7
Cadmium	4
Fluor	635
Mercuré	7
Molybdène <sup>a</sup>	0,6
Nickel	107
Plomb	84
Sélénium	6
Thallium <sup>a</sup>	0,3
Vanadium <sup>a</sup>	47
<b>Composés organiques</b>	
Aldrine	0,48
Benzène	0,14
Chlordane	3
Chlorobenzène	211
Chloroforme	0,47
2,4-D	0,25
DDT	1,54
Dichlorobenzène	15
Dieldrine	0,17
Dioxines	0,00012
Heptachlore	0,18
Hexachlorobenzène	1,40
HPA (tels que le benzo[a]pyrène)	16
Lindane	12
Méthoxychlore	4,27
PCB	0,89
Pentachlorophénol	14
Phtalate	13 733
Pyrène	41
Styrène	0,68
2,4,5-T	3,82
Tétrachloroéthane	1,25
Tétrachloroéthylène	0,54
Toluène	12
Toxaphène	0,0013
Trichloroéthane	0,68

Source :

<sup>a</sup> Les limites numériques calculées pour ces éléments se situent à l'intérieur des plages typiques pour les sols.

extrait des

# Annexe 12 : Mesures de suivi de qualité de la Souffel en amont et en aval de la STEP de Griesheim

## Impact des rejets sur le milieu receteur

Ouvrage: Ackerland-Souffel

Année: 2019

Milieu récepteur: La Souffel

Point de mesure	Date	Débit en m3/s	PH	Temp - ération en C°	O2 en mg/l	Hydro - carbures en mg/l	MES en mg/l	DCO en mg/l	DBO5 en mg/l	NTK en mg/l N	NH4 en mg/l N	NO3 en mg/l N	PT en mg/l
Objectif de qualité 2			6,5-8,5	22-25	3-5		< 30	25-40	5-10		0,38-1,56	< 9,9	
50m amont	12/2/19						91,00	23,30	3,00	4,00	3,00	8,60	0,45
50m aval	12/2/19						77,00	22,40	3,00	4,00	2,70	7,70	0,41
50m amont	6/5/19		8,0	9	7,65		21,00	15,70	3,00	6,00	6,00	5,20	0,50
50m aval	6/5/19		8,0	9	8,02		27,00	14,90	3,00	8,00	7,00	6,20	0,59
50m amont	26/8/19		7,8	23	3,73		150,00	34,00	6,00	23,00	21,00	3,60	2,80
50m aval	26/8/19		7,8	24	5,16		160,00	34,90	16,00	16,00	14,00	4,20	2,10
50m amont	21/10/19		7,6	15	5,80		140,00	37,70	7,00	5,00	2,90	2,80	0,92
50m aval	21/10/19		7,7	15	5,94		120,00	35,60	6,00	5,00	2,90	2,80	0,79
50m amont	14/11/19		8,1	6	8,21		85,00	24,90	6,00	12,00	10,00	6,50	0,83
50m aval	14/11/19		8,1	6	8,07		81,00	26,10	5,00	10,00	8,00	6,80	0,87

Ouvrage: Ackerland-Souffel

Année: 2020

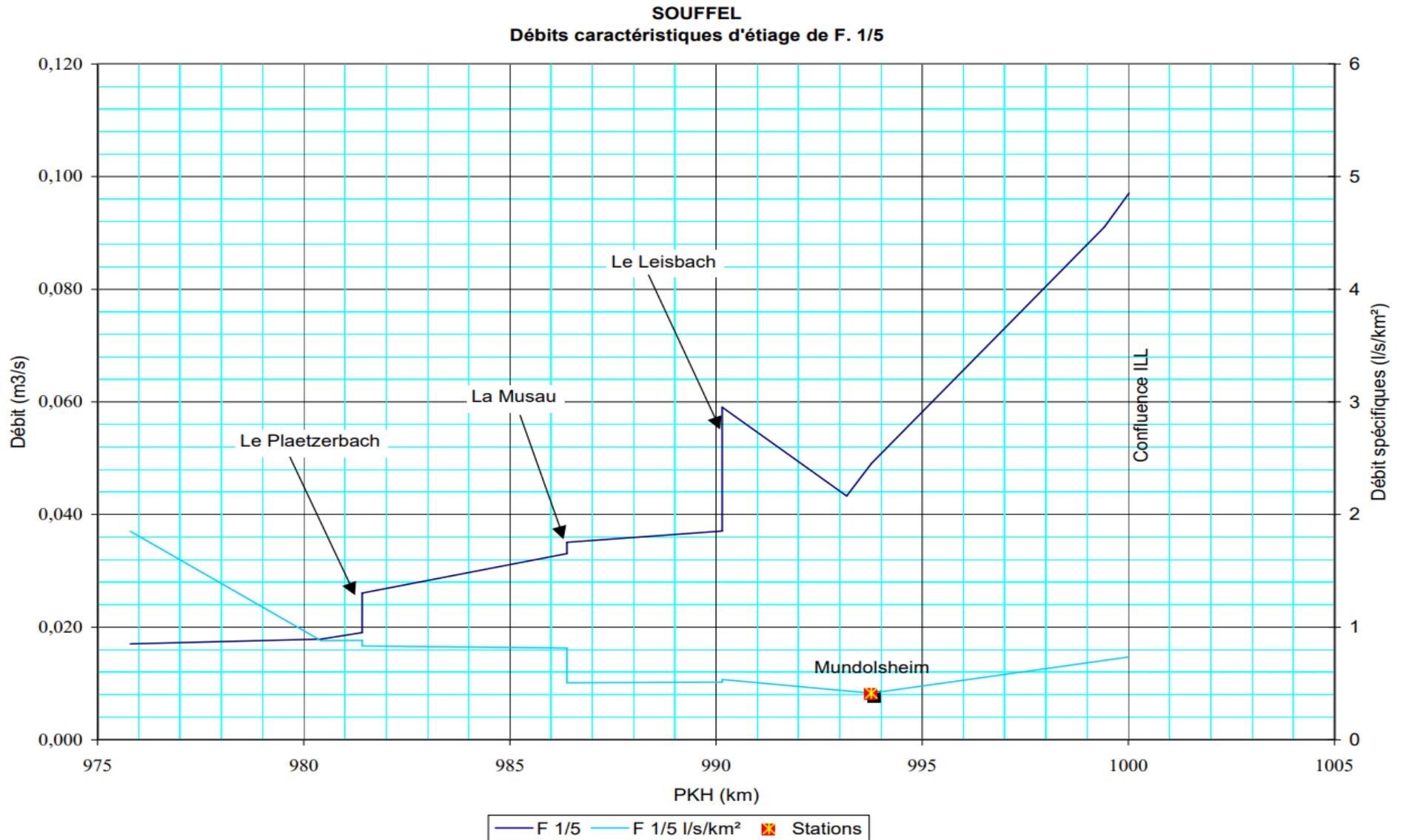
Milieu récepteur: La Souffel

Point de mesure	Date	Débit en m3/s	PH	Temp - ération en C°	O2 en mg/l	Hydro - carbures en mg/l	MES en mg/l	DCO en mg/l	DBO5 en mg/l	NTK en mg/l N	NH4 en mg/l N	NO3 en mg/l N	PT en mg/l
Objectif de qualité 2			6,5-8,5	22-25	3-5		< 30	25-40	5-10		0,38-1,56	< 9,9	
50m amont	18/2/20		8,3	10	9,85		65,00	20,00	0,90	3,00	2,60	4,80	0,88
50m aval	18/2/20		8,2	10	10,25		55,00	20,00	2,10	3,00	1,60	5,80	0,70
50m amont	6/5/20		8,2	16	6,11		110,00	35,00	4,00	15,00	12,00	2,30	1,40
50m aval	6/5/20		7,9	16	7,26		62,00	27,10	5,00	9,00	7,00	1,70	0,81
50m amont	24/8/20		7,7	20	5,56		130,00	24,10	4,00	4,00	1,80	3,10	0,36
50m aval	24/8/20		7,7	20	7,57		140,00	24,10	2,70	2,00	0,46	1,40	1,10
50m amont	3/11/20		7,6	13	4,45		66,00	27,90	6,00	2,00	0,30	1,30	0,31
50m aval	3/11/20		7,5	15	8,88		19,00	28,00	6,00	6,00	4,00	1,80	0,61
50m amont	26/11/20		8,1	12	9,72		110,00	17,20	3,50	1,00	0,20	6,70	0,13
50m aval	26/11/20		7,7	9	9,41		28,00	19,60	3,00	3,00	2,30	3,10	0,22

# Annexe 13 : Différences de flux en amont et en aval de la STEP

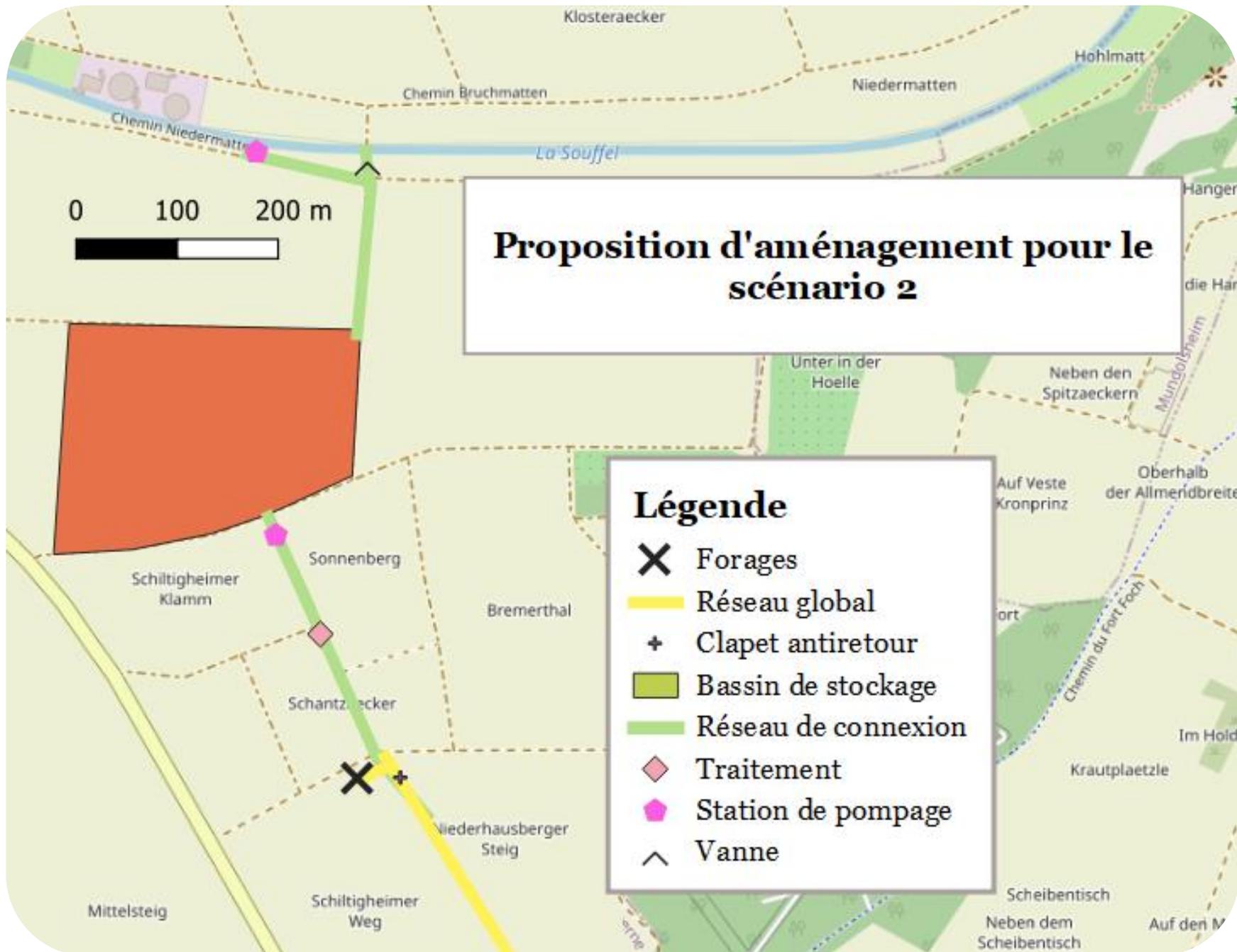
Date	MES			DCO			DBO5			NTK			NH4			NO3			PT		max	Valeur de débit
	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min		
06/05/2019	21.0	27.0		15.7	14.9		3.0	3.0		6.0	8.0		6.0	7.0		5.2	6.2		0.5	0.6		Concentration amont/aval
	0.8	1.0	1.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	Diff. de charge (g/s)
	65.9	86.9	114.2	23.3	20.5	16.8	5.2	5.2	5.2	20.2	27.2	36.3	15.3	18.8	23.4	13.9	17.4	22.0	1.3	1.6	2.0	Diff. de charge (kg/j)
	3%	2%	2%	123%	140%	170%	100%	100%	100%	9%	6%	5%	4%	3%	3%	21%	17%	13%	13%	10%	8%	Part charge station
	2			28.59			5.2			1.73			0.64			2.95			0.17		Charge station (kg/j)	
26/08/2019	150.0	160.0		34.0	34.9		5.0	16.0		23.0	16.0		21.0	14.0		3.6	4.2		2.8	2.1		
	2.2	2.2	2.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
	190.9	187.8	195.1	40.5	40.2	40.9	28.0	24.7	32.7	11.9	14.1	9.0	9.7	11.8	6.7	5.3	5.1	5.6	1.8	2.0	1.5	
	29%	29%	28%	142%	143%	141%	28%	32%	24%	29%	24%	38%	2%	2%	3%	88%	91%	84%	27%	24%	32%	
	54.58			57.53			7.96			3.41			0.23			4.66			0.47			
21/10/2019	140.0	120.0		37.7	35.6		7.0	0.6		5.0	5.0		2.9	2.9		2.8	2.8		0.9	0.8		
	0.8	1.2	-1.1	0.8	0.9	0.6	-0.9	-0.8	-1.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
	72.6	103.3	-97.5	70.6	73.9	52.8	-80.4	-70.5	-134.8	13.7	13.7	13.7	7.9	7.9	7.9	7.7	7.7	7.7	0.5	0.7	-0.6	
	15%	10%		73%	69%	97%				40%	40%	40%	16%	16%	16%	75%	75%	75%	66%	47%		
	10.69			51.24			9.32			5.48			1.26			5.75			0.33			
14/11/2019	85.0	81.0		24.9	26.1		6.0	5.0		12.0	10.0		10.0	8.0		6.5	6.8		0.8	0.9		
	0.9	0.9	0.8	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
	74.3	74.9	65.0	40.2	40.0	43.0	-0.3	-0.2	-2.7	-0.7	-0.4	-5.3	-3.2	-2.9	-7.8	10.4	10.4	11.1	1.3	1.3	1.4	
	3%	3%	4%	42%	42%	40%										87%	87%	82%	4%	4%	4%	
	2.48			16.99			2.6			1.24			0.25			9.05			0.06			
18/02/2020																						
	-2.0	-0.9	-3.8	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.2	-0.4	0.4	0.3	0.5	0.0	0.0	-0.1	
	-172.2	-81.7	-329.6	24.8	24.8	24.8	31.5	20.6	50.4	3.7	3.7	3.7	-22.1	-13.0	-37.8	31.3	22.2	47.0	-3.5	-1.8	-6.3	
				192%	192%	192%	15%	23%	9%	128%	128%	128%				7%	9%	4%				
	3.18			47.64			4.76			4.76			0.95			2.06			2.06			
06/05/2020	110.0	62.0		35.0	27.1		4.0	5.0		15.0	9.0		12.0	7.0		2.3	1.7		1.4	0.8		
	-2.4	-1.8	-3.4	-0.2	-0.1	-0.4	0.1	0.1	0.1	-0.3	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	-210.3	-157.3	-294.9	-17.9	-9.1	-31.8	10.6	9.5	12.4	-25.1	-18.4	-35.6	-21.4	-15.8	-30.2	-1.7	-1.0	-2.8	-2.5	-1.9	-3.6	
							28%	31%	24%													
				20.02			2.97			1.98			0.2			1.29			0.27			

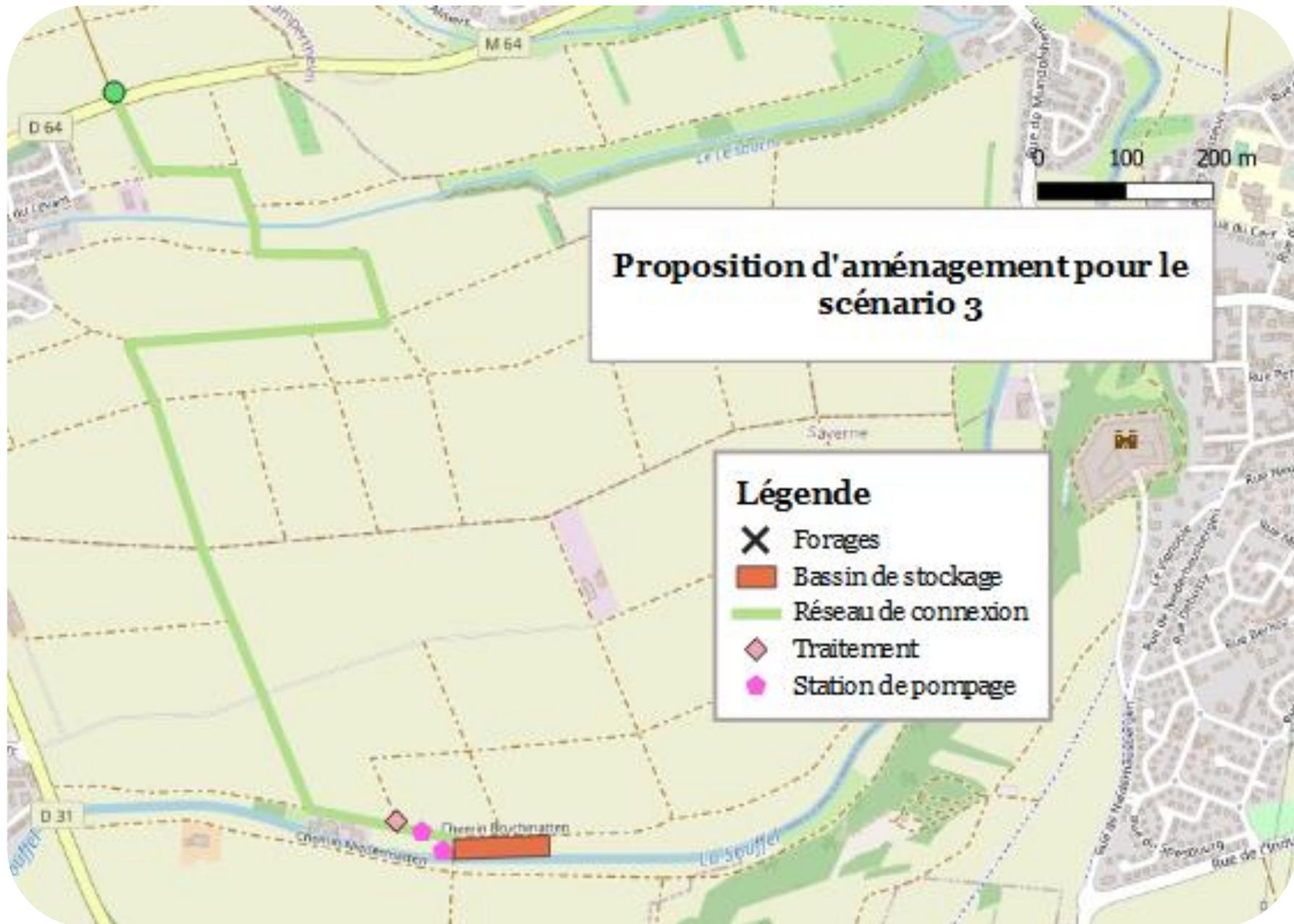
# Annexe 14 : Jaugeage effectué par la DREAL pour quantifier les effets de l'infiltration sur les débits de la Souffel et ses affluents



## Annexe 15 : Format agrandi des cartes d'aménagements









## Annexe 16 : Coûts des propositions (Projet de Griesheim-sur-Souffel)

Coûts d'investissement						
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût
Réseau	station -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN300)	230	ml	15	0 €
	Bassin -> PDL	Pose et fourniture de canalisation (DN125)	140	ml	800	110 000 €
		Ventouse et robinetterie	5 000	Unité	2	10 000 €
Stockage	Bassin	Bassin	10	m3	4 000	40 000 €
		Foncier	10 000	ha	0.12	0 €
Relevage	Poste de refoulement		100 000	Unité	1	100 000 €
	Station de pompage sortie bassin		140 000		1	140 000 €
Traitement	Local et équipement		100 000		1	100 000 €
Annexes	Traversées		10 000		1	10 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10%			50 000 €
	Sécurisation réut (formations, panneaux..), équipement de suivi					20 000 €
<b>TOTAL</b>						<b>580 000 €</b>

Coûts d'investissement						
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût
Réseau	Station -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN200)	200	ml	200	40 000 €
	Bassin -> pdl	Pose et fourniture de canalisation (DN125)	140	ml	260	40 000 €
	Bassin -> Souffel	Pose et fourniture de canalisation (DN300)	230	ml	200	50 000 €
		Ventouse et robinetterie	5 000	Unité	2	10 000 €
Stockage	Bassin	Bassin	8	m3	310 000	2 480 000 €
		Foncier	10 000	ha	5	50 000 €
Relevage	Poste de refoulement		100 000	Unité	1	100 000 €
	Station de pompage sortie bassin		140 000		1	140 000 €
Traitement	Local et équipement		100 000		1	100 000 €
Annexes	Traversées		10 000		1	10 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10%			300 000 €
	Sécurisation réut (formations, étiquettes..),		10 000	Unité	2	20 000 €
<b>Total</b>						<b>3 340 000 €</b>

Coûts d'investissement						
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût
Réseau	Station -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN300)	230	ml	15	0 €
	Bassin -> pdl	Pose et fourniture de canalisation (DN200)	200		2700	540 000 €
	Ventouse et robinetterie		5000	Unité	2	10 000 €
Stockage	Bassin	Bassin	8	m3	45000	360 000 €
		Foncier	10000	ha	1	10 000 €
Relevage	Poste de refoulement		100000	Unité	1	100 000 €
	Station de pompage sortie bassin		140000		1	140 000 €
Traitement	Local et équipement		100 000		1	100 000 €
Annexes	Traversées		10000		1	10 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10%			130 000 €
	Sécurisation réut (formations, étiquettes..),		10 000	Unité	2	20 000 €
<b>Total</b>						1 320 000 €

Coûts d'investissement						
Catégorie	Lieu	Objet	Prix unitaire	Unité	Quantité	Coût
Réseau	Station -> bassin	Pose et fourniture de canalisation (DN300)	230	ml	15	0 €
	Bassin -> pdl	Pose et fourniture de canalisation (DN200)	200	ml	800	160 000 €
	Ventouse et robinetterie		5 000	Unité	2	10 000 €
Stockage	Bassin	Bassin	8	m3	20 000	160 000 €
		Foncier	10 000	ha	0.5	10 000 €
Relevage	Poste de refoulement		100 000	Unité	1	100 000 €
	Station de pompage sortie bassin		140 000		1	140 000 €
Traitement	Local et équipement		100 000		1	100 000 €
Annexes	Traversées		10 000		1	10 000 €
	Maîtrise d'œuvre		10%			70 000 €
	Sécurisation réut (formations, étiquettes..), équipements de suivi		10 000	Unité	2	20 000 €
<b>Total</b>						780 000 €