

## **PIÈCE C.10 :**

### **ANNEXES**

#### **Sommaire des annexes**

Annexe 1 : Rapport d'analyses macroinvertébrés

Annexe 2 : Etude hydraulique

Annexe 3 : Fiche de terrains des prélèvements piscicoles

Annexe 4 : Résultats bruts des prélèvements piscicoles sur les linéaires du Janon et du Ricolin

Annexe 5 : Diagnostic zones humides

Annexe 6 : Étude d'assainissement

Annexe 7 : Simulation acoustique d'écrans provisoires

Annexe 8 : Bilan GES

Annexe 9 : Avis de l'Autorité environnementale de novembre 2020 et mémoire en réponse de la première étude d'impact

# ANNEXE 1 : RAPPORT D'ANALYSES MACROINVERTEBRES



## Rapport d'analyse Macro-invertébrés en petit cours d'eau (MPCE)

Numéro de rapport : MPCE.07-2021	<b>DREAL AuRA</b>
Date d'édition : 2/11/21	A l'attention de M. Pierre VACHER
Objet soumis à l'analyse : macro-invertébrés benthiques	5 place Jules Ferry
Dossier : RN88 - Complément du demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond (42)	69453 LYON Cedex 06

### Points de prélèvement

JANON - code JAN  
RICOLIN - code RIC

### Prélèvements

Méthode : NF T 90-333 (sept. 2016)

Effectués par ARALEP (Anne Morgillo et Paul Gauthier)

Date (s) : 14/09/2021

Type de conservation : Alcool 95° (prioritairement) et formol 4%

Type d'échantillons réalisés : 3 échantillons de phase A, B et C.

### Analyses laboratoire

Méthode : NF T 90-388 (déc. 2020) (correspond à l'évolution de la norme expérimentale XP T 90-388)

Effectuées par ARALEP (Anne Morgillo) à l'adresse ci-dessous.

Dates de réalisation des analyses : du 4 au 11 octobre 2021

Grossissement utilisé pour le tri des petites fractions (< 5 mm) : X 2 minimum.

Grossissement maximum utilisé pour la détermination : X 90.

Individus non déterminés au niveau requis par la norme (genre) : jeune stade, nymphe ou individu abimé.

### Résultats

Pour chaque point de prélèvement, le présent rapport comporte les éléments suivants :

- fiche station avec localisation du point de prélèvement (extrait IGN) et conditions environnementales,
- fiche terrain avec éléments descriptifs et tableau d'échantillonnage,
- listes faunistiques.

### Indices

- note IBGN recalculée (Norme NF T90-350) et note EQR (arrêté du 27/07/15) - hors champ d'accréditation.
- note I2M2 calculée sur le site SEEE eau France (si demandée) - hors champ d'accréditation.

◊ Élément couvert par l'accréditation - Le rapport établi ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. La reproduction de ce rapport d'analyse n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Les analyses ci-dessus ont été réalisées par l'ARALEP, laboratoire agréé pour le paramètre MPCE par le Ministère en charge de l'Environnement dans les conditions de l'arrêté du 27 octobre 2011.

Signataire des rapports d'analyse MPCE

Anne Morgillo



Comptex LyonTech-La Doua - Bât. CEI 2 - 56, Bd Nels Behr - CS 52132 - 69603 Villeurbanne Cedex  
Tél : + 33 (0)4 78 93 96 33 - email : frager@aralep.com - http://www.aralep.com  
945 au capital de 12 144 euros - RCS Lyon 438 377 947 00017 - Code NAF : 7219 Z

ENR 45 - version 6 - Date d'application : 23/04/2021 - Page 2/2

Tableau de synthèse Macro-invertébrés Petits Cours d'Eau RN88 - Demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond (42) - DREAL AuRA

Code Agence	Code Station	Code Point	Date de prélèvement	Préleveur 1	Préleveur 2	Date d'analyse laboratoire	Qualité laboratoire	Vitesse transverse (cm/s)	GFI	Taux indicateur	Note eau (BSO) (A, B)	Note	Classe de qualité	
													Arrêté 27/07/2015	Arrêté 27/07/2015
-	JANON	RIC	14/09/2021	ANMO	ANMO	14/09/2021	ANMO	30	5	Hydrophilés Hydrophobes	13	0,67	43	Médium
														Moyenne
-	RICOLIN	RIC	14/09/2021	ANMO	ANMO	14/09/2021	ANMO	35	5	Hydrophilés Hydrophobes	14	0,72	43	Moyenne
														Moyenne

Opérateurs : ANMO - Anne Morgillo - PCA, Paul Gauthier

Rapport d'analyses MPCE.07-2021

Code station : JAN Commune : Saint-Chamond dépt : 42  
 Cours d'eau : Janon Date de prélèvement : 14/09/2021 Réseau : sans objet  
 Type : TP3 Heure : 09:55 Code agence : NC

LOCALISATION DU SITE DE PRELEVEMENT

Coordonnées Lambert 93 (m) :

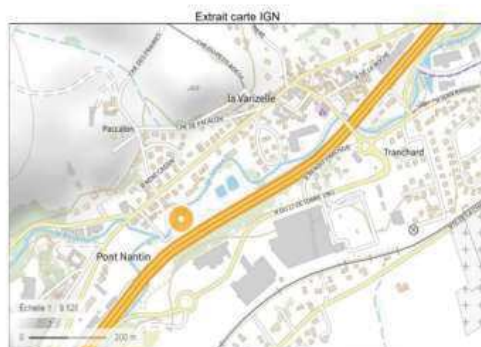
Amont Aval  
 X : 816303 X : 816355  
 Y : 6485766 Y : 6485823  
 Alt (m) : 383

Localisation / Description

Amont : Tête de radier environ 50 m aval seuil  
 Aval : Environ 127 m aval seuil

Point représentatif du secteur: oui

Site déplacé : non  
 Si oui, justifier :



CONDITIONS DE PRELEVEMENT

Météo : 3 - Temps humide Limpidité : 1 - Limpide  
 Situation hydrologique apparente : 3 - Basses eaux Visibilité du fond : 1 - Bonne visibilité  
 Situation hydrologique antérieure : 2 - Stable Environnement RD : Urbain  
 Environnement RG : Urbain

PHOTOS



Limite amont



Limite aval

CODE STATION : JAN Date de prélèvement : 14/09/2021  
 COURS D'EAU : Janon

		Code Sandre	A	B	C
<b>TRICHOPTERA</b>		181			
Hydropsychidae	Hydropsyche	212	1	1	2
Hydroptilidae	Hydroptila	200	14	3	2
Leptoceridae	Mystacides	312	2		1
Rhyacophilidae	Rhyacophila	183	4	12	7
<b>EPHEMEROPTERA</b>		348			
Baetidae	Baetis	364	88	244	392
EphemereIIDae	Seratella	5152			1
<b>COLEOPTERA</b>		511			
Elmidae	Elmis	618	8	13	1
Elmidae	Limnius	623		2	2
Elmidae	Oulimnius	622	8	1	3
<b>DIPTERA</b>		746			
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	819	2	1	2
Chironomidae	Chironomidae	807	1184	392	84
Empididae	Empididae	831			2
Muscidae (Coenosininae)	Muscidae (Coenosininae)	32534	1		
Psychodidae	Psychodidae	783		2	1
Simuliidae	Simuliidae	801	208	1408	800
Stratiomyidae	Stratiomyidae	824	2		
Tipulidae	Tipulidae	753	10	6	
<b>ODONATA</b>		648			
Calopterygidae	Calopteryx	650	37	1	1
<b>CRUSTACEA</b>		859			
Asellidae	Asellidae	880	140		3
Gammaridae	Gammaridae sp	887	112	132	124
Gammaridae	Gammarus	892	68	64	96
<b>AUTRES CRUSTACES</b>					
Copépoda	Copépoda	3206	1		
Ostracoda	Ostracoda	3170	1		
<b>HYDRACARINA</b>		906	1	1	1
<b>BIVALVIA</b>		5125			
Sphaeriidae	Sphaeriidae sp	1042	96		5
Sphaeriidae	Pisidium	1043	76		
<b>GASTROPODA</b>		5123			
Hydrobiidae	Potamopyrgus	978	720	57	142
Physidae	Physidae sp	995	2		
Planorbidae	Ancylus	1028	2	3	1
<b>HIRUDINEA</b>		907			
Erpobdellidae	Erpobdellidae	928	41	1	1
<b>OLIGOCHAETA</b>		933	880	33	12
<b>TURBELLARIA</b>		3326			
Dendrocoelidae	Dendrocoelidae	1071	21	2	1
Dugesidae	Dugesidae	1055	12		4
Planariidae	Planariidae	1061	16		
<b>NEMATHELMINTHA</b>		3111		1	
<b>HYDROZOA</b>		3168	1	1	1

CODE STATION : JAN

COURS D'EAU : Janon

Date de prélèvement : 14/09/2021

Largeur débit plein bord (m) : 6,7  
 Largeur au miroir Lm (m) : 3,7  
 Longueur totale Lt (m) : 77

Surface mouillée (m<sup>2</sup>) : 284,9  
 Surface mouillée 5 % (m<sup>2</sup>) : 14,245  
 (limite sup. substrat marginal)

Prospectable à pied (%) : 100  
 Faciès d'écoulement\* : Radier/plat courant  
 Successions (si oui, nb) : 3  
 (attention, Lt = au moins 1/2 Lth)

Profondeur moy (m) : 0,125

faciès lotique : 0,05  
 faciès lentique : 0,2

Description du point de prélèvement			Classes de vitesse			
			N1	N3	N5	N6
Nature du Substrat	Superficie % estimé	D/M/P	Recouvrement estimé***			
S1 - Bryophytes						
S2 - Spermaphytes immergés (hydrophytes)						
S3 - Débris organiques grossiers (litières)	1	M	1			
S28 - Chevelus racinaires /branchages	1	M	1			
S24 - Pierres, galets (2,5 cm à 25 cm)	80	D	1	3	2	
S30 - Bloc facilement déplaçables (> 25 cm)	1	M		1		
S9 - Granulats grossiers (2,5 mm à 25 mm)	13	D	1	2		
S10 - Spermaphytes émergents (hélrophytes)						
S11 - Vases : Sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins						
S25 - Sables (< 2 mm) et limons	3	M	1			
S18 - Algues, bactéries, champignons	P	P	1	2		
S29 - Roches, dalles, blocs non déplaçables, marnes et argiles compactes, surfaces artif.	1	M	1			
Totaux	100					

Répartition** des écoulements (cm/s) sur le point de prélév.	
N1 <5	2
N3 5-25	5
N5 25-75	4
N6 >75	

Remarques :

Plan d'échantillonnage - Description des prélèvements élémentaires									
Substrat : code obligatoire	Substrats associés (code)	Classe Vitesse	Profondeur (cm)	Colmatage****	Nature du colmatage	Surber ou Haveneau	N° de Phase	Conservation	
								Al. 95°	For.4%
1 S3		N1	25	++	limons	S	A	X	X
2 S28		N1	20	+++	limons	S			
3 S30		N3	10	0		S	nb boîtes 2		
4 S25		N1	15	++	limons	S			
5 S24		N3	8	0		S	B	X	
6 S9		N3	8	0		S			
7 S24		N5	4	0		S	nb boîtes 1		
8 S24		N1	5	0		S			
9 S24		N3	8	0		S	C	X	
10 S24		N5	4	0		S			
11 S24		N1	3	0		S			
12 S24		N3	12	0		S	nb boîtes 1		

\* Faciès d'écoulement : mouille, plat courant, plat lentique, radier, rapide, escalier, chenal lentique, chenal courant

\*\* 1: 1-5% ; 2: 5-10% ; 3: 10-25% ; 4: 25-50% ; 5: 50-75% ; 6: >75%

\*\*\* à renseigner comme suit : 4, 3, 2, 1 (commencer avec 3 si seulement 3 classes de vitesses, etc...)

\*\*\*\* 0 : pas de colmatage ; + : colmatage léger ; ++ : colmatage moyen ; +++ : colmatage important

Code station : RIC      Commune : Saint-Chamond      dépt : 42  
 Cours d'eau : Ricolin      Date de prélèvement : 14/09/2021      Réseau : sans objet  
 Type : TP3      Heure : 11.05      Code agence : NC

LOCALISATION DU SITE DE PRELEVEMENT

Coordonnées Lambert 93 (m) :

Amont      Aval  
 X : 816165      X : 816234  
 Y : 6485748      Y : 6485725  
 Alt (m) : 388

Localisation / Description

Amont : Aval immédiat pont de la route de la Varizelle  
 Aval : Environ 10 m confluence avec le Janon

Point représentatif du secteur : oui

Site déplacé : non  
 Si oui, justifier :



CONDITIONS DE PRELEVEMENT

Météo : 3-Temps humide      Limpidité : 1-Limpide  
 Situation hydrologique apparente : 3-Basses eaux      Visibilité du fond : 1 - Bonne visibilité  
 Situation hydrologique antérieure : 2 - Stable      Environnement RD : Urbain  
 Environnement RG : Urbain

PHOTOS



Limite amont



Limite aval

CODE STATION : RIC      Date de prélèvement : 14/09/2021  
 COURS D'EAU : Ricolin

		Code Sandre	A	B	C
<b>PLECOPTERA</b>					
Leuctridae	Leuctra	69			1
Nemouridae	Nemoura	26		1	
<b>TRICHOPTERA</b>					
Hydropsychidae	Hydropsyche	181			
Hydroptilidae	Hydroptila	212	1	6	5
Leptoceridae	Leptocera	200	75	123	66
	Mystacides	312	6		4
Rhyacophilidae	Rhyacophila	183	4	17	14
<b>EPHEMEROPTERA</b>					
Baetidae	Baetis	348			
	Centroptilum	364	256	800	448
	Procladius	383	12	16	8
	Caenis	390		16	
	Seratella	457	1	1	1
	Habroleptoides	5152	2	3	1
		485	1		
<b>COLEOPTERA</b>					
Elmidae	Dipogophilus	511			
	Elmis	620		8	
	Limnius	618	148	272	164
	Oulimnius	623		8	4
	Halplus	622	24	32	20
	Hydraena	518	1		
		608		1	
<b>DIPTERA</b>					
Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	746			
		819	4	4	5
Chironomidae	Chironomidae	807	1632	368	244
Dixidae	Dixidae	793		1	
Empididae	Empididae	831	1		
Muscidae (Coenosimae)	Muscidae (Coenosimae)	32534	2	9	3
Psychodidae	Psychodidae	783	15	6	4
Simuliidae	Simuliidae	801	10	784	184
Stratiomyidae	Stratiomyidae	824	9		
Tipulidae	Tipulidae	753	5	16	8
<b>ODONATA</b>					
Calopterygidae	Calopteryx	648			
		650	2		7
Cordulegasteridae	Cordulegaster	687	2		1
<b>CRUSTACEA</b>					
Asellidae	Asellidae	859			
		880	13	23	15
Gammaridae	Gammaridae sp	887	256	172	52
	Gammarus	892	208	72	30
<b>AUTRES CRUSTACES</b>					
Copépoda	Copépoda	3206	1	1	1
Ostracoda	Ostracoda	3170			1
<b>HYDRACARINA</b>					
		906	1	1	1
<b>BIVALVIA</b>					
Sphaeriidae	Sphaeriidae sp	5125			
		1042	5	4	
	Pisidium	1043	3	1	4
<b>GASTROPODA</b>					
		5123			
Hydrobiidae	Bythinella	992	2		2
	Potamopyrgus	978	328	448	352
	Physidae sp	995	15	5	9
	Physella	19280	6	1	5
	Ancylus	1028	29	62	66
<b>OLIGOCHAETA</b>					
		933	61	31	12
<b>TURBELLARIA</b>					
		3326			
	Dugesidae	1055	3	2	
<b>NEMERTEA</b>					
		1052			
	Prostomatidae = Tetras Prostoma	3110		1	
<b>NEMATHELMINTHA</b>					
		3111		1	1

CODE STATION : RIC

COURS D'EAU : Ricolin

Date de prélèvement :

14/09/2021

Largeur débit plein bord (m) : 4,1  
 Largeur au miroir Lm (m) : 1,8  
 Longueur totale Lt (m) : 74

Surface mouillée ( m² ) : 133,2  
 Surface mouillée 5 % ( m² ) : 6,66  
 (limite sup. substrat marginal)

Prospectable à pied (%) : 100  
 Faciès d'écoulement\* : 2 - plat lentique  
 Successions (si oui, nb) : 0  
 (attention, Lt = au moins 1/2 Lth)

Profondeur moy (m) : 0,065

faciès lotique : 0,03  
 faciès lentique : 0,1

Description du point de prélèvement			Classes de vitesse			
			N1	N3	N5	N6
Nature du Substrat	Superficie % estimé	D/M/P	Recouvrement estimé****			
S1 - Bryophytes	P	P				
S2 - Spermaphytes immergés (hydrophytes)						
S3 - Débris organiques grossiers (litières)	1	M	1			
S28 - Chevelus racinaires /branchages						
S24 - Pierres, galets (2,5 cm à 25 cm)	83	D	1	2		
S30 - Bloc facilement déplaçables (> 25 cm)	2	M	1	2		
S9 - Granulats grossiers (2,5 mm à 25 mm)	10	D	1	2		
S10 - Spermaphytes émergents (hélophytes)						
S11 - Vases : Sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins						
S25 - Sables (< 2 mm) et limons	1	M	1			
S18 - Algues, bactéries, champignons						
S29 - Roches, dalles, blocs non déplaçables, marnes et argiles compactes, surfaces artif.	3	M	1	2		
Totaux	100					

Répartition** des écoulements (cm/s) sur le point de prélév.		
N1	<5	3
N3	5-25	6
N5	25-75	
N6	>75	

Remarques :  
 Etiage marqué.

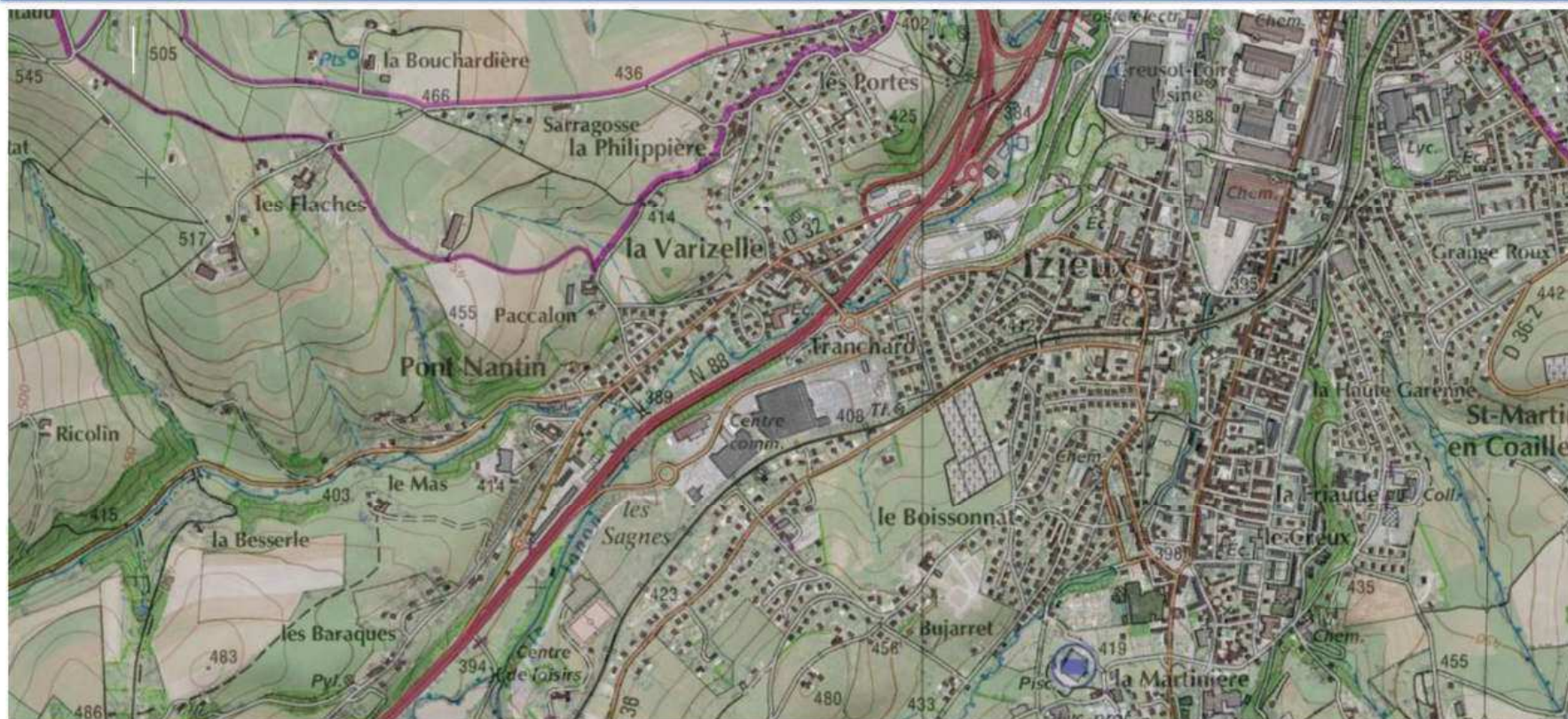
Plan d'échantillonnage - Description des prélèvements élémentaires									
Substrat : code obligatoire	Substrats associés (code)	Classe Vitesse	Profondeur (cm)	Colmatage*****	Nature du colmatage	Surber ou Haveneau	N° de Phase	Conservation	
								Al. 95°	For.4%
1	S3	N1	3	0		S	A	X	X
2	S30	N3	10	0		S			
3	S25	N1	7	0		S			
4	S29	N3	5	0		S	B	X	X
5	S24	N3	5	0		S			
6	S9	N3	5	0		S	C	X	
7	S24	N1	3	0		S			
8	S24	N3	3	0		S			
9	S24	N1	8	0		S	C	X	
10	S24	N3	5	0		S			
11	S24	N1	8	0		S			
12	S24	N3	3	0		S	1		

\* Faciès d'écoulement : mouille, plat courant, plat lentique, radier, rapide, escalier, chenal lentique, chenal courant

\*\* 1: 1-5%; 2: 5-10%; 3: 10-25%; 4: 25-50%; 5: 50-75%; 6: >75%

\*\*\* à renseigner comme suit : 4, 3, 2, 1 (commencer avec 3 si seulement 3 classes de vitesses, etc...)

\*\*\*\* 0 : pas de colmatage ; + : colmatage léger ; ++ : colmatage moyen ; +++ : colmatage important



## RN88 - ECHANGEUR DE LA VARIZELLE

### Dossier PROJET

#### II.6 ASSAINISSEMENT ET HYDRAULIQUE

##### II.6.2 Rapport hydraulique et renaturation



## Suivi des révisions du document

C	18/01/2023	Modifications suite aux remarques de la DDT	A. KOHN	G. PIVOT	D. ROUVEURE
B	14/10/2022	Modifications suite aux remarques du CEREMA, de la DDT et du SEM	A. KOHN	G. PIVOT	D. ROUVEURE
A	13/05/2022	1ère émission	A. KOHN	G. PIVOT	D. ROUVEURE
<b>Indice</b>	<b>Date</b>	<b>Modifications</b>	<b>Établi</b>	<b>Vérfié</b>	<b>Approuvé</b>

## Codification du document

PRO\_PRD\_NOT\_00534\_C



# SOMMAIRE

<b>1. HYDRAULIQUE ET RENATURATION.....</b>	<b>5</b>
1.1. PREAMBULE.....	5
<b>1.2. SYNTHÈSE DES ETUDES PRECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
1.2.1. Synthèse de l'étude SOGREAH (2010).....	5
1.2.2. Synthèse de l'étude ARTELIA (2012).....	5
1.2.3. Synthèse de l'étude HTV (2014).....	6
<b>1.3. APPROCHE REGLEMENTAIRE DE LA COMPENSATION HYDRAULIQUE.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. DEFINITION DE L'ETAT DE REFERENCE.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. DESCRIPTION DE LA MODELISATION DE L'ETAT EXISTANT.....</b>	<b>10</b>
1.5.1. Calage du modèle.....	10
1.5.2. Modélisation de l'état existant du Janon.....	13
1.5.3. Modélisation de l'état existant du Ricolin.....	13
1.5.4. Nappes d'inondation à l'état existant.....	14
<b>1.6. DESCRIPTION GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS PROJETES.....</b>	<b>15</b>
1.6.1. Analyse des profils en long existants des cours d'eau.....	15
1.6.2. Analyse des profils en long projetés.....	16
1.6.3. Derasement du seuil existant, en aval du pont de l'impasse de la Magie.....	18
1.6.4. Principe d'aménagement du lit mineur et lit vif.....	19
1.6.5. Principes d'aménagements des berges.....	21
1.6.6. Traitement de la Renouée du Japon.....	24
1.6.7. Description des aménagements projetés.....	26
1.6.8. Description de la compensation hydraulique.....	28
1.6.10. Tracé en plan des aménagements.....	29
1.6.11. Analyse d'achronique et comparative des tronçons témoins du Janon et du Ricolin.....	30
<b>1.7. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS EN PHASE CHANTIER.....</b>	<b>34</b>
1.7.1. Phase 1 : Dérivation provisoire du Janon.....	34
1.7.2. Phase 2 : Reprise du tracé définitif sur le Janon et le Ricolin.....	35
1.7.3. Bilan des mouvements des matériaux.....	37
<b>1.8. DESCRIPTION DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE PROJETEE.....</b>	<b>38</b>
1.8.1. Modélisation de l'état projeté sur le Janon.....	39
1.8.2. Modélisation de l'état projeté sur le Ricolin.....	40
1.8.3. Nappes d'inondations à l'état projeté.....	40
1.8.4. Analyse de l'impact des aménagements sur les ouvrages hydrauliques (OHT).....	41
1.8.5. Etude de la franchissabilité piscicole.....	46
<b>DOSSIER DE PLANS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>49</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Débits de crues aux principaux points de calcul.....	5
Figure 2 : Synthèse des singularités identifiées sur le Janon.....	5
Figure 3 : Evolution des cotes altimétriques du lit mineur entre l'état existant et projeté sur le Janon.....	6
Figure 4 : Evolution des cotes altimétriques du lit mineur entre l'état existant et projeté sur le Ricolin.....	6
Figure 5 : Secteurs en zones inondables sur le tronçon A.....	7
Figure 6 : Secteurs en zones inondables sur le tronçon B.....	7
Figure 7 : Schéma de la compensation hydraulique débits/remblais.....	7
Figure 8 : Vue en plan des profils en travers réalisés pour la modélisation hydraulique de l'état existant.....	11
Figure 9 : Calage du modèle hydraulique sur le Janon.....	12
Figure 10 : Calage du modèle hydraulique sur le Ricolin.....	12
Figure 11 : Résultats de la modélisation actuelle sur le Janon pour une crue centennale.....	13
Figure 12 : Profil en long de l'état existant du Janon pour une crue centennale.....	13
Figure 13 : Résultats de la modélisation actuelle sur le Ricolin pour une crue centennale.....	13
Figure 14 : Profil en long de l'état existant du Ricolin pour une crue centennale.....	13
Figure 15 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état existant.....	14
Figure 16 : Profil en long de l'état existant du Janon.....	15
Figure 17 : Profil en long de l'état existant du Ricolin.....	15
Figure 18 : Profil en long projeté du Janon.....	16
Figure 19 : Profil en long projeté sur le Ricolin.....	17
Figure 20 : Illustration du lit du Janon en aval de la zone d'étude.....	18
Figure 21 : Exemple de calage Q2 pour les banquettes faunes.....	19
Figure 22 : Schéma de principe des aménagements projetés sur le lit des cours d'eau.....	19
Figure 23 : Schéma illustrant l'alternance radiers/mouilles.....	20
Figure 24 : Photos et suivi de travaux de deux dérasements de seuils réalisés par l'équipe INGEROP.....	20
Figure 25 : Synthèse des forces d'arrachement pour une crue décennale, cinquantennale et centennale sur le Janon.....	21
Figure 26 : Synthèse des forces d'arrachement pour une crue décennale, cinquantennale et centennale sur le Ricolin.....	22
Figure 27 : Evolution des vitesses d'écoulement en fonction des profils modélisés sur le Ricolin.....	22
Figure 28 : Evolution des vitesses d'écoulement en fonction des profils modélisés sur le Janon.....	22
Figure 29 : Diagramme de Hjulström.....	22
Figure 30 : Synthèse des forces d'arrachement sur le Janon et le Ricolin.....	23
Figure 31 : Récapitulatif des techniques de renforcement de berges.....	23
Figure 32 : Vue en plan de la colonisation de la Renouée du Japon sur le site.....	24
Figure 33 : Colonisation de la Renouée du Japon sur le site.....	25
Figure 34 : Procédure de criblage - concassage.....	25
Figure 35 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4621 et l'OH 4636.....	26
Figure 36 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4636 et l'OH 4781.....	26
Figure 37 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4781 et la zone de compensation.....	27
Figure 38 : Coupes des aménagements projetés sur le Janon au droit du bassin DIRCE.....	27
Figure 39 : Coupe des aménagements projetés sur le Janon à l'aval du bassin DIRCE.....	28
Figure 40 : Synthèse des volumes pour la compensation hydraulique par secteur.....	28
Figure 41 : Présentation des différentes zones inondables pour la compensation hydraulique.....	28
Figure 42 : Vue en plan détaillée des aménagements projetés.....	29
Figure 43 : Analyse diachronique entre la Carte d'Etat-Major et le plan IGN actuel.....	30
Figure 44 : Analyse diachronique entre les orthophotos de 1953 et 2019.....	31
Figure 45 : Localisation des différents tronçons analysés.....	32
Figure 46 : Vue en plan du canal provisoire en phase d'entretien.....	34
Figure 47 : Illustrations de barrage souple autobloquant et filtre.....	34
Figure 48 : Vue en plan du déroulement de la deuxième phase chantier.....	35
Figure 49 : Vue en plan de la nappe d'inondation cinquantennale et de l'implantation de la base vie.....	36
Figure 50 : Schéma bilan des mouvements de matériaux lors de la phase 1.....	37
Figure 51 : Schéma bilan des mouvements de terre lors de la phase 2.....	37
Figure 52 : Vue en plan des profils en travers utilisés pour la modélisation projetée.....	38

Figure 53 : Résultats de la modélisation projetée sur le Janon.....	39
Figure 54 : Profil en long projeté pour une crue centennale sur le Janon.....	39
Figure 55 : Résultats de la modélisation projetée sur le Ricolin.....	40
Figure 56 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état projeté.....	40
Figure 57 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état projeté.....	41
Figure 58 : Tableau bilan du calcul de l'interdistance entre les barrettes sous l'OH 4621.....	41
Figure 59 : Profil en long de principe d'une rampe en blocs.....	41
Figure 60 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages existants sur le Janon.....	42
Figure 61 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages existants sur le Janon.....	42
Figure 62 : Photo terrain de la chute en amont de l'OH 4621 (RN88).....	42
Figure 63 : Synthèse des caractéristiques de l'ouvrage existant sur le Ricolin.....	43
Figure 64 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages projetés sur le Ricolin.....	43
Figure 65 : Illustration de barrettes béton à l'intérieur d'un ouvrage.....	43
Figure 66 : Profil en travers de l'OH 4500 pour une crue centennale à l'état existant et projeté.....	44
Figure 67 : Profil en travers de l'OH 4621 (RN88) pour une crue centennale à l'état existant et projeté.....	44
Figure 68 : Profil en travers de l'OH 4636 pour une crue centennale à l'état projeté.....	44
Figure 69 : Profil en travers de l'OH 4781 pour une crue centennale à l'état existant et projeté.....	44
Figure 70 : Profil en travers de l'OH RD 32 pour une crue centennale à l'état existant et projeté.....	44
Figure 71 : Profil en travers de l'OH 100 pour une crue centennale à l'état existant et projeté.....	45
Figure 72 : Profil en travers de l'OH 165 pour une crue centennale à l'état projeté.....	45
Figure 73 : Altitude de la ligne d'eau en amont des ouvrages à l'état projeté.....	45
Figure 74 : Débits de basses eaux, calculés par la formule de Meyer.....	46
Figure 75 : Débits de basses eaux, issus de la cartographie de la DDT 42.....	46
Figure 76 : Débits de basses eaux retenus dans la modélisation hydraulique.....	46
Figure 77 : Caractéristiques des espèces piscicoles.....	47
Figure 78 : Synthèse des hauteurs d'eau et des vitesses au droit des ouvrages sur le Janon.....	48
Figure 79 : Synthèse des hauteurs d'eau et des vitesses au droit des ouvrages sur le Ricolin.....	48
Figure 80 : Vue amont de l'OH 100 sur le Ricolin.....	48
Figure 81 : Vue aval de l'OH 100 sur le Ricolin.....	48
Figure 82 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q100 sur le Janon.....	50
Figure 83 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q50 sur le Janon.....	50
Figure 84 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q10 sur le Janon.....	50
Figure 85 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q10 sur le Ricolin.....	51
Figure 86 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q10 sur le Ricolin.....	51
Figure 87 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q100 sur le Ricolin.....	51

## 1. HYDRAULIQUE ET RENATURATION

### 1.1. PREAMBULE

Le travail confié au groupement à INGEROP se situe à un niveau Avant-Projet et vise à concevoir le projet du demi-échangeur de la Varizelle ainsi que les mesures qui doivent l'accompagner pour garantir son acceptabilité par toutes les parties concernées :

- Confirmation des gains écologiques attendus (restauration de la franchissabilité de l'ouvrage, diversification des écoulements dans le lit vif).
- Confirmation de l'impact positif sur l'aléa d'inondation et sur l'abaissement de la ligne d'eau pour des périodes de retours comprises entre 10 et 100 ans.

### 1.2. SYNTHÈSE DES ÉTUDES PRÉCÉDENTES

#### 1.2.1. Synthèse de l'étude SOGREAH (2010)

L'étude hydraulique effectuée en 2010 par SOGREAH a permis l'estimation des débits du Janon et du Ricolin ainsi que la délimitation des zones inondables.

#### 1.2.1.1. Estimation des débits de crues de la zone d'études

Le tableau suivant synthétise les débits de crues estimés aux différents points de calculs.

Cours d'eau	Point de calcul	S km <sup>2</sup>	Q2 m <sup>3</sup> /s	Q5 m <sup>3</sup> /s	Q10 m <sup>3</sup> /s	Q20 m <sup>3</sup> /s	Q30 m <sup>3</sup> /s	Q50 m <sup>3</sup> /s	Q100 m <sup>3</sup> /s
Janon	Amont Ricolin	23.7	7	14	24	34	39	46	55
	Aval Ricolin	30.6	9	17	29	41	48	56	67
	Amont Langonand	31.5	9	17	30	42	49	57	69
	Aval Langonand	49	12	24	42	58	68	80	96
Ricolin	Amont confluence Janon	6.9	2.8	5.6	9.6	13	16	18	22
Langonand	Amont confluence Janon	16.5	5.5	10.7	18.4	25	30	35	42

Figure 1 : Débits de crues aux principaux points de calculs

Nota : L'hydrologie présentée dans le tableau ci-dessous a servi de référence pour l'élaboration du PPRi du Gier, et ont été repris dans les modélisations de la présente étude.

#### 1.2.1.2. Ecoulements et débordements sur le Janon

Les singularités identifiées sur le Janon, sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Point kilométrique	Description de la singularité
PK -4750	Inondation en rive gauche de deux habitations à la confluence Janon-Ricolin (à partir d'une crue décennale).
PK -5225	Inondations fréquentes du loissement de la rue des Glycines en rive gauche à partir de la crue décennale. Inondations de neuf habitations au cours de la crue centennale
PK -5403	Identification d'une surverse sur l'autoroute en rive droite à environ 30 mètres en amont de ce point pour la crue centennale.
PK -5425	En rive gauche, inondation du lit majeur. Ecoulements identifiés vers l'aval pour une crue centennale au niveau de l'intersection entre les rues Jean Rivaud et la Roche (point bas). Une école située rue Jean Rivaud est concernée par ces débordements.
PK -5621	À partir d'une crue décennale, identification de débordements en rive gauche dus au sous-dimensionnement de l'ouvrage sous l'autoroute. L'autoroute est inondée à partir de crues trentennales.
PK -6162	Réhausse de la lame d'eau en amont du pont à proximité, submergé à partir d'une crue trentennale. Aussi, trois habitations sont inondées en rive gauche. Débordements en rive droite pour une crue centennale
PK -6169 et -6245	Débordements sur la voirie en amont de la couverture de Saint-Chamond à partir d'une crue trentennale.
PK -6162	L'entrée de la couverture de Saint-Chamond est identifiée comme un point noir hydraulique.

Figure 2 : Synthèse des singularités identifiées sur le Janon

#### 1.2.1.3. Écoulement et débordements sur le Ricolin

Sur environ 300 m à l'amont de sa confluence avec le Janon, des débordements ont été identifiés sur la route de la Varizelle en rive gauche à partir d'une crue trentennale (à proximité du garage Opel). Ces derniers s'expliquent par un sous-dimensionnement du lit du Ricolin.

#### 1.2.2. Synthèse de l'étude ARTELIA (2012)

Il s'agit d'un complément d'études réalisé par ARTELIA (ex SOGREAH) afin d'identifier et caractériser les débordements sur le Gier et le Janon au sein du secteur d'études.

Une modélisation hydraulique a été effectuée sous le logiciel CARIMA a permis de faire ressortir les résultats suivants :

- Sur les 96 m<sup>3</sup>/s du débit de pointe du Janon en amont de la couverture sous Saint Chamond, 21 m<sup>3</sup>/s s'écoulent dans la rue en aval et 14 m<sup>3</sup>/s débordent vers la rue du président Wilson. Au total, 35 m<sup>3</sup>/s se retrouvent en dehors du Janon.
- Un débit de crue de 45 m<sup>3</sup>/s constitue le seuil critique pour lequel sont visibles les premiers débordements.

Cette étude a mis en évidence les débits centennaux du Janon à des points spécifiques :

- En amont de la couverture : 96 m<sup>3</sup>/s.
- A l'intérieur de la couverture : 61 m<sup>3</sup>/s.
- Débit débordant : 35 m<sup>3</sup>/s.

### 1.2.3. Synthèse de l'étude HTV (2014)

#### 1.2.3.1. Aménagements sur le tronçon A sur le Janon

Les aménagements projetés dans ce secteur devaient permettre de supprimer le risque inondation en rive gauche du lit majeur du Janon ainsi qu'en lit majeur du Ricolin au lieu-dit Pont Nantini.

Plusieurs aménagements sont alors proposés :

- Arasement du seuil.
- Création d'un passage submersible au niveau de la rue de la Magie de dimensions :
  - o Longueur : 6 m.
  - o Section hydraulique :  $L = 8 \text{ m}$ ,  $H = 1 \text{ m}$ .
  - o Côte sous poutre : 383,74 m.
- Reprofilage de la voirie sur 60 mètres.
- Reprofilage du lit et élargissement de la section d'écoulement du Janon sur 170 mètres.

Un abaissement du lit mineur du Janon sera par conséquent réalisé. Le tableau ci-dessous synthétise l'évolution des côtes altimétriques du lit mineur du Janon entre l'état existant et projeté :

Numéro de profil	Évolution de l'altimétrie du lit mineur
Pont de la Magie	- 1,52 m
Profil 4750	- 0,75 m
Profil 4640	- 0,91 m
Profil 4635	- 0,55 m
Profil 4630	- 0,47 m

Figure 3 : Évolution des côtes altimétriques du lit mineur entre l'état existant et projeté sur le Janon

#### 1.2.3.2. Aménagements sur le tronçon A sur le Ricolin

L'objectif des aménagements projetés dans ce secteur consistait à supprimer le risque inondation sur les habitations en rive gauche du lieu-dit la Varizelle. Un reprofilage du lit du Ricolin est alors prévu sur 90 m.

Un abaissement du lit mineur du Ricolin sera également effectué. De la même façon que précédemment, le tableau ci-dessous présente l'évolution des côtes altimétriques du lit mineur du Ricolin entre l'état existant et projeté :

Numéro de profil	Évolution de l'altimétrie du lit mineur
Pont de la Magie	- 1,52 m
Profil 4750	- 0,75 m
Profil 4640	- 0,91 m
Profil 4635	- 0,55 m
Profil 4630	- 0,47 m

Figure 4 : Évolution des côtes altimétriques du lit mineur entre l'état existant et projeté sur le Ricolin

La figure ci-dessous extraite du PPRI du Gier et de ses affluents illustre les secteurs présentant un risque d'inondation pour une crue centennale.

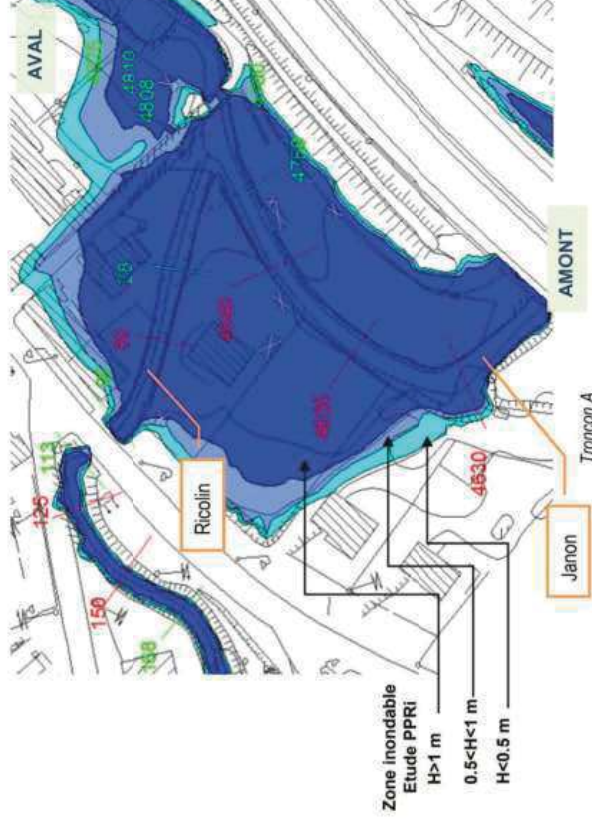


Figure 5 : Secteurs en zones inondables sur le tronçon A

#### 1.2.3.3. Aménagements sur le tronçon B sur le Janon

Dans ce secteur, l'objectif consistait à supprimer le risque inondation sur les habitations en rive gauche au lieu-dit la Varizelle.

Un élargissement de la section d'écoulement était alors prévu sur un linéaire de 30 mètres environ. De plus, le merlon de protection en rive gauche à l'amont de la RD 32 ( $H = 0,5 \text{ m}$ ,  $L = 70 \text{ m}$ ) devait être prolongé.

La figure ci-dessous extraite du PPRI du Gier et de ses affluents synthétise le risque d'inondation pour une crue centennale dans ce secteur.

En résumé, dans le cadre de l'opération, il avait été prévu dans l'Avant-Projet Initial (API), réalisé par le bureau d'études INGEROP :

- La création de deux ouvrages hydrauliques (un sur le Janon et un sur le Ricolin),
- L'élargissement d'un ouvrage hydraulique existant sur le Ricolin,
- Le rescindement du Ricolin au droit du nouveau giratoire,
- Le rescindement du Janon en amont de l'ouvrage hydraulique existant sous la RN88 et au droit de la future bretelle de sortie (en venant de Lyon),
- La réalisation d'un passage à quai submersible au droit de celui existant,
- La suppression du seuil existant, et rééquilibrage du profil en long des deux cours d'eau (éventuellement réalisation de seuils de stabilisation, si la pente d'équilibre n'est pas atteinte),
- Assurer la franchissabilité piscicole et faunes des ouvrages hydrauliques futurs,
- Assurer la transparence hydraulique des ouvrages (OH) projetés (période de dimensionnements préconisés dans le PPRNI, 30 ans mini et viser 100 ans dès que possible),
- Compensation des volumes de remblais en zone inondable (volume pour volume et si possible cote pour cote).

Dans le cadre de notre étude nous avons retenu le dimensionnement centennal pour les ouvrages hydrauliques.

### 1.3. APPROCHE REGLEMENTAIRE DE LA COMPENSATION HYDRAULIQUE

D'après la rubrique 3.2.0 du Code de l'Environnement, l'arrêté du 27/10/2006 rappelle les différents objectifs liés à la prise en compte des liens entre le cours d'eau et les milieux terrestres adjacents concernant l'installation d'un ouvrage ou d'un remblai :

- Tenir compte des chemins préférentiels d'écoulement des eaux et les préserver,
- Réduire la perte de capacité de stockage des eaux de crue ainsi que l'élévation de la ligne d'eau,
- La conception doit également être réalisée dans la plus grande transparence hydraulique.

La réglementation impose au minima une compensation volume pour volume. La figure ci-dessous schématise la compensation entre les remblais et déblais.

## Remblais compensés par des déblais

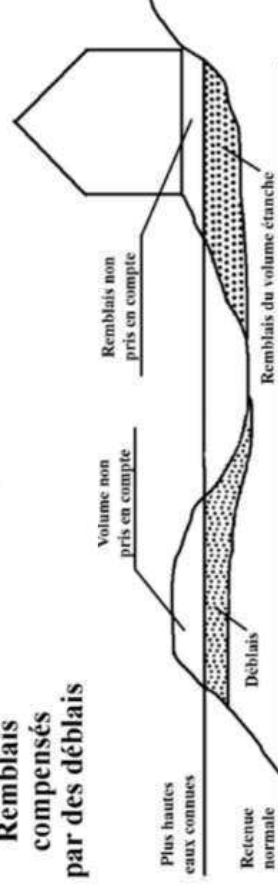


Figure 7 : Schéma de la compensation hydraulique déblais/remblais



Figure 6 : Secteurs en zones inondables sur le tronçon B

Sur ce tronçon, Saint Etienne Métropole a effectué une étude de faisabilité d'aménagement au cours des années 2014-2015. Les prestataires de cette étude ont travaillé en étroite collaboration avec le prestataire en charge de l'étude de faisabilité de création des ouvrages de ralentissement dynamique (ORD).

Ainsi, plusieurs scénarios d'aménagements ont été déterminés sur ce tronçon avec les conclusions suivantes :

- Scénario 1 : création de deux ouvrages de ralentissement dynamique à l'amont seul pour une protection jusqu'à la Q30.
- Scénario 2 : aménagement du lit et des berges seul pour une protection jusqu'à la Q100.
- Scénario 3 : combinaison d'aménagement de deux ouvrages de ralentissement dynamique avec l'aménagement du lit et des berges pour une protection jusqu'à la Q100.

A noter dans ce scénario 3, que la création des deux ORD permet d'effectuer une réduction des débits qui a pour conséquence de minimiser l'aménagement du lit et des berges d'où l'économie effectuée par rapport au scénario 2.

Au regard des conclusions ci-dessus, le scénario 3 avait été retenu :

- A l'amont : création de deux ouvrages de ralentissement dynamique des crues (hauteurs de 14 et 11m, pour des stockages respectifs de 260 000 et 100 000 m3, ouvrages de classe C),
- Sous-tronçon A : élargissement du Janon et reprofilage du lit, reprofilage du lit du Ricolin aval, reprofilage de la voirie et création d'un passage submersible, arasement d'un seuil,
- Sous-tronçon B : élargissement du Janon et création d'un merron de protection.




Conformément à ce qui nous a été demandé suite à nos échanges avec la DDT et le SEM, notre modélisation hydraulique ne tient pas compte des futurs aménagements (notamment la création des ouvrages de ralentissement dynamique).

#### 1.4. DEFINITION DE L'ETAT DE REFERENCE







Les objectifs du projet de restauration consistent à déraser le seuil existant en aval du pont de l'impassé de la magie, de reprendre les profils en long des deux cours d'eau (le Janon et le Ricolin), et de compenser les volumes du projet routier implanté en partie dans le lit majeur des cours d'eau.

Le chapitre suivant dresse un état des lieux du secteur d'études.

Trois ouvrages ont été identifiés sur le Janon et le Ricolin. Il est important de noter que les ouvrages sous la RN88 et sous la bretelle constituent des ouvrages limitants.



OH 4500 bretelle amont		OH sous la RN 88 sur le Janon		OH impassé de la magie sur le Janon	
OH sous la RD 32 sur le Ricolin		Ouvrage sous la RD 32 à l'aval			

Les figures ci-contre, illustrent les principaux problèmes identifiés sur le linéaire d'étude. Ainsi, la franchissabilité piscicole se trouve fortement impactée au niveau du seuil existant et dans l'ouvrage sous la RN88 (OH 4621).

Colonisation de plantes invasives (Renouée du Japon)		Présence de plusieurs réseaux d'assainissement EP		Présence du réseau d'assainissement d'EU dans le lit	
Présence d'un seuil infranchissable		Protection de berges en enrochements étonnés		Franchissabilité piscicole limitée dans l'ouvrage de la RN 88	

Deux bassins de rétention appartenant à la DIRCE ont également été identifiés sur le site.

Dans le cadre de cet avant-projet, et conformément aux échanges précédents, nous avons étudié la possibilité de regrouper ces 2 bassins, afin d'optimiser la gestion des eaux pluviales dans le secteur, et notamment pour ne pas créer un bassin supplémentaire implanté en zone inondable.

Bassin de rétention 1 de la DIRCE		Bassin de rétention 2 de la DIRCE	
-----------------------------------	---	-----------------------------------	---



Le Ricolin est également fortement encaissé en amont et en aval de l'ouvrage sous la RD 32.



## 1.5. DESCRIPTION DE LA MODELISATION DE L'ETAT EXISTANT

### 1.5.1. Calage du modèle

Les modélisations de l'état existant effectuées sur le Ricolin et le Janon ont été structurées sur la base de celles réalisées par HTV avec 37 profils en travers répartis sur 2163 mètres environ (une partie du modèle HTV) pour le Janon et 13 profils en travers répartis sur 3848 mètres (linéaire global initial) pour le Ricolin.

Les modélisations réalisées repartent donc d'un modèle 1D réalisé par HTV en 2014. La zone de confluence a été gérée en intégrant la contrainte aval des cours d'eau au niveau de la jonction, afin de rester cohérent avec les niveaux d'eau du modèle HTV et les informations recueillies auprès des riverains lors de la phase terrain.

Pour la réalisation des nappes d'inondation, et l'estimation des volumes de compensation hydraulique, une modélisation 2D Mensura, sur la base d'un modèle numérique de terrain (MNT), a été réalisée.

**Nota :** le modèle d'HTV sur le Janon a été coupé au niveau du profil aval n°5600, qui se trouve suffisamment à l'aval de notre zone d'études pour se trouver hors influence au niveau de l'impasse des lias.





Les modélisations réalisées par HTV se basent quant à elles sur celles effectuées pour la réalisation du PPRI. Ces dernières ont alors été enrichies par un complément topographique afin d'améliorer la description hydraulique du secteur d'étude par la modélisation numérique.

De la même façon, les débits de crues utilisées se basent sur la modélisation réalisée par HTV. Pour rappels, le tableau en partie 1.2.1.1 synthétise ces informations.

Le paramètre de calage a été le coefficient de rugosité qui en pratique est assez difficile à estimer. En rivière, il peut varier assez facilement en fonction du type de substrats et de la granulométrie moyenne. Habituellement, des valeurs limitées sont cependant considérées : K peut varier de 5 à 40 en lit mineur et de 7 à 35 en lit majeur.

Dans la présente étude, le paramètre de calage a varié selon 4 types de surfaces : 50 dans les ouvrages, 30 en lit majeur, 25 en lit mineur et 10 en zones urbanisées.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de ce calage sur le Janon. Les résultats de niveaux d'eau et d'altitude du niveau de fond pour une crue centennale sont comparés entre les modélisations INGEROP et HTV. L'écart de l'altitude de la ligne d'eau est également comparé entre les modélisations INGEROP et PPRI.

Modèle HTV	Modèle ING				Modèle HTV				Ecart Q100 ING/PPRI	Ecart Q100 HTV/PPRI
	Niveau INGEROP	Alt fond INGEROP	Niveau HTV 2017	Alt fond HTV	Niveau HTV	Alt fond HTV	Ecart Q100 ING/HTV	PPRI 2017		
-3100	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3110	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3120	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3130	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3140	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3150	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3160	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3170	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3180	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3190	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3200	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3210	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3220	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3230	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3240	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3250	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3260	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3270	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3280	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3290	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3300	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3310	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3320	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3330	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3340	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3350	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3360	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3370	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3380	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3390	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3400	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3410	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3420	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3430	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3440	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3450	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3460	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3470	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3480	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3490	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3500	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3510	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3520	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3530	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3540	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3550	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3560	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3570	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3580	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3590	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3600	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3610	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3620	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3630	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3640	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3650	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3660	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3670	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3680	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3690	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3700	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3710	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3720	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3730	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3740	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3750	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3760	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3770	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3780	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3790	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3800	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3810	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3820	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3830	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3840	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3850	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3860	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3870	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3880	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3890	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3900	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3910	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3920	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3930	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3940	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3950	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3960	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3970	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3980	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-3990	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4000	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4010	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4020	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4030	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4040	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4050	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4060	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4070	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4080	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4090	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4100	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4110	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4120	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4130	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4140	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4150	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4160	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4170	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4180	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4190	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4200	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4210	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4220	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4230	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4240	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4250	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4260	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4270	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4280	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4290	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4300	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4310	408.40	408.40	408.40	408.40	408.40	0.00	0.00			
-4320	408.40	408.40	408.40							

### 1.5.2. Modélisation de l'état existant du Janon

La modélisation de l'état existant amène les résultats. Sur ce tableau sont indiquées les altitudes des niveaux de fond ainsi que des niveaux d'eau pour une crue centennale pour chaque profil.

PROFIL	Niveau du fond		Niveau d'eau Q100	
	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)
-4361	389.15		393.09	
-4458	388.67		395.05	
-4500	388.03		392.92	
-4501	OH4500 - Sous Brette de sortie RN88			
-4525	388.03		391.50	
-4532	387.95		391.55	
-4568	387.30		391.59	
-4585	386.66		391.63	
-4588	386.39		391.58	
-4588.2	386.17		391.60	
-4588.5	OH4621 - Sous RN88			
-4621	386.00		389.47	
-4622	386.06		388.01	
-4626	386.06		388.84	
-4630	385.95		388.33	
-4631	385.87		388.42	
-4636	OH4636 - Sous Barreau			
-4640	385.52		388.18	
-4750	385.75		388.18	
-4780	385.07		388.31	
-4782	384.79		388.30	
-4795	OH4781 - Sous Impasse de la Magie			
-4796	384.80		386.75	
-4800	384.64		386.35	
-4808	384.54		385.95	
-4810	382.35		385.81	
-4825	382.55		386.18	
-4835	382.39		385.12	
-4875	382.27		384.37	
-4925	381.77		384.30	
-4928	381.84		384.67	
-4975	381.52		384.42	

Figure 11 : Résultats de la modélisation actuelle sur le Janon pour une crue centennale

La figure suivante présente le profil en long existant de la modélisation existante pour une crue centennale. Les cinq ouvrages existants y sont également représentés.

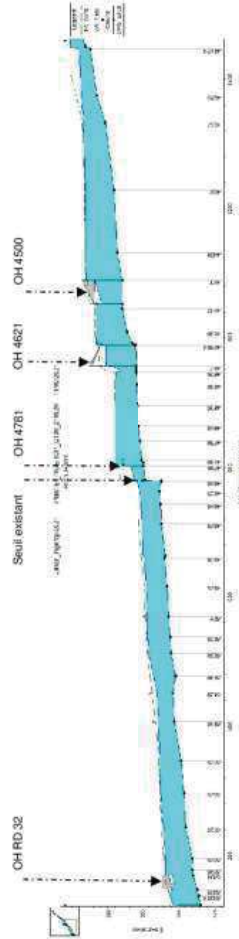


Figure 12 : Profil en long de l'état existant du Janon pour une crue centennale

Aussi, les losanges blancs notés « OWS Q100 » symbolisent les niveaux de lignes d'eau obtenues lors de la modélisation utilisée pour l'élaboration du PPR. L'altitude de la ligne d'eau d'une crue centennale pour la modélisation INGEROP est représentée par la surface bleue. Il est possible de voir apparaître en amont de chaque ouvrage une augmentation de la ligne d'eau due à la réduction de la section d'écoulement à l'intérieur de l'ouvrage. Par conséquent, en amont de l'OH 4781, la mise en charge de l'ouvrage est actuellement très importante. La ligne verte en pointillés symbolise la ligne d'énergie du cours d'eau, c'est-à-dire le potentiel d'élevation de son niveau d'eau.

### 1.5.3. Modélisation de l'état existant du Ricolin

Les résultats de la modélisation de l'état existant du Ricolin sont reportés dans le tableau ci-dessous. De la même façon que précédemment, les niveaux de fond et de la ligne d'eau pour une crue centennale sont indiqués pour chaque profil modélisé.

PROFIL	Niveau du fond		Niveau d'eau Q100	
	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)	Initial (m NGF)
3512	481.18		482.64	
3502	480.28		482.65	
3470	Ouvrage hydraulique Amont			
3430	477.32		478.10	
2460	444.85		446.10	
2360	439.21		439.99	
257	389.27		391.07	
165	Ouvrage sous Givatoire			
125.0	386.68		389.49	
113	386.29		389.48	
100	Ouvrage sous RD32			
98	386.44		388.91	
95	386.43		388.89	
50	385.85		388.96	
28	385.75		388.91	
18	385.24		388.88	
0	385.13		388.89	
-4780	385.07		388.91	

Figure 13 : Résultats de la modélisation actuelle sur le Ricolin pour une crue centennale

La figure suivante présente le profil en long existant de la modélisation existante. Les altitudes des lignes d'eau de la modélisation INGEROP pour une crue centennale, celles du PPR, ainsi que la ligne d'énergie sont également représentées. De la même façon que sur le Janon, une mise en charge est visible en amont de l'ouvrage due à la réduction de la section d'écoulement en entrée d'ouvrage. A noter que comme dans la modélisation HTV, le niveau d'eau dans l'ouvrage est fortement influencé par le niveau d'eau dans le Janon (contrainte aval au niveau de la confluence - Seuil et ouvrage de la Magie).

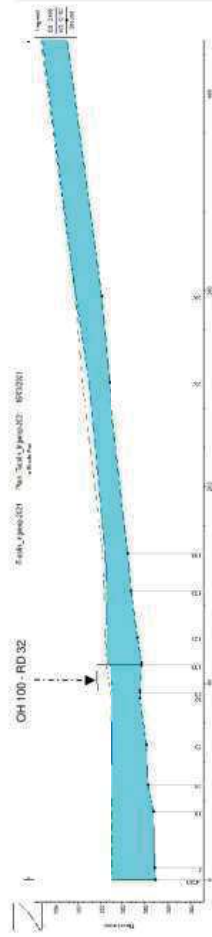


Figure 14 : Profil en long de l'état existant du Ricolin pour une crue centennale

#### 1.5.4. Nappes d'inondation à l'état existant

La nappe d'inondation centennale, pour l'état existant est symbolisée sur les figures suivantes (voir plan II.6.8).

Secteur amont de l'impasse de la Magie :

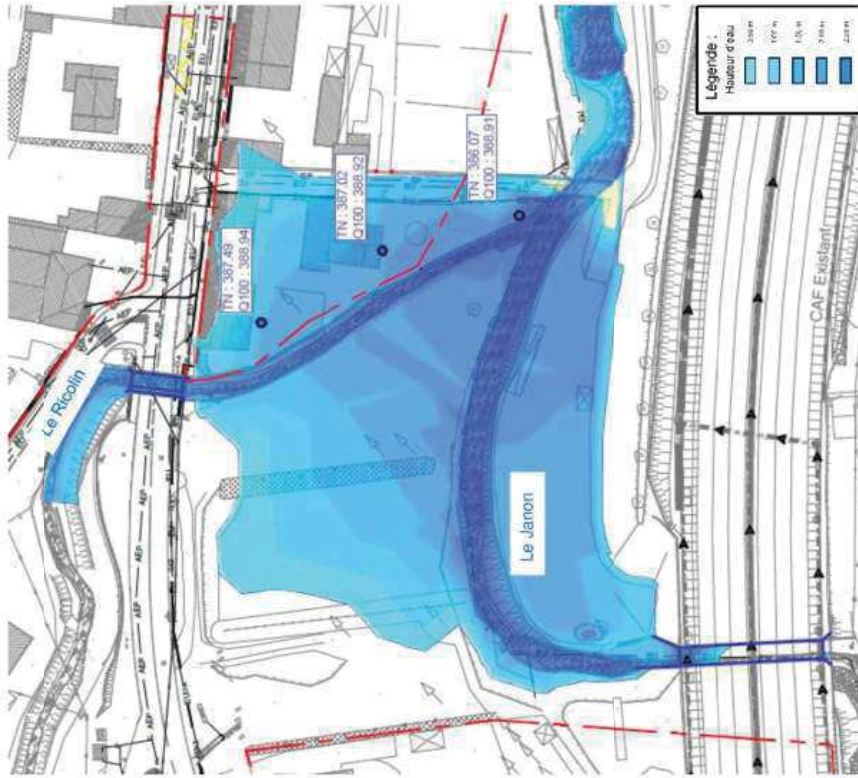
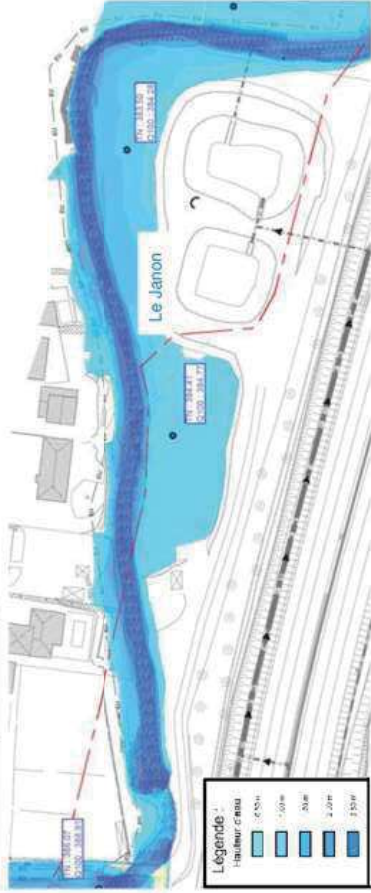


Figure 15 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état existant

Ainsi, le secteur du Pont Nantin présenté ici, se trouve fortement inondé pour une période de crue d'occurrence 100 ans (en cohérence avec les modélisations HTV), allant jusqu'à des hauteurs de 2,5 mètres à 3 mètres. Les propriétés en rive gauche du Ricollin sont par exemple inondées avec des hauteurs d'eau allant de 1,45 mètre à 2,84 mètres.

On constate tout de même une légère différence de la zone inondable par rapport à HTV, en rive gauche après l'impasse de la magie, qui reste plus ou moins préservé par la présence d'un mur de clôture.

Secteur aval de l'impasse de la Magie :



La crue centennale est contenue en aval de l'OH 4781 impasse de la magie à l'état existant. De plus, d'importantes zones inondables sont identifiées en rive droite du Janon avec actuellement une lame d'eau relativement faible de 36 cm environ. La zone inondable plus en aval au nord des bassins DIRCE présente quant à elle une lame d'eau de d'environ 78 cm.

### 1.6. DESCRIPTION GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS PROJETES

Les aménagements projetés doivent permettre de rétablir la franchissabilité piscicole sur l'entièreté du linéaire restauré, ainsi que compenser les remblais du projet routier en lit majeur, afin de ne pas aggraver l'aléa d'inondation dans le secteur (crue centennale).

#### 1.6.1. Analyse des profils en long existants des cours d'eau

Le profil en long suivant permet d'apprécier l'évolution des pentes sur le Janon. En amont de l'OH 4500, la pente varie de 1,1 % à l'amont direct de l'ouvrage à 2 % plus en amont. En aval l'OH 4781, la pente varie dans ce secteur entre 0,7 % à 1 %. La pente d'équilibre au droit de notre tronçon d'études est estimée à 1 % environ.

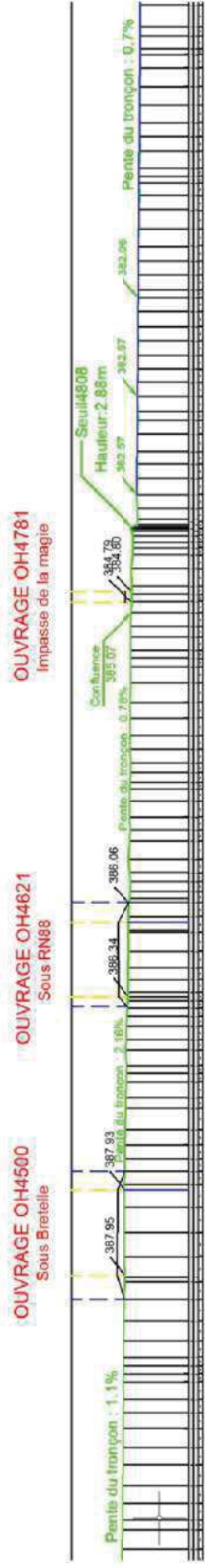


Figure 16 : Profil en long de l'état existant du Janon

La figure ci-dessous quant à elle, représente le profil en long du Ricolin.

En amont de l'OH 100 sous la RD 32, la pente varie de 1,9 % à l'amont direct de l'ouvrage à 1,3 % plus en amont.

A l'aval de cet ouvrage, la pente est proche de 1,6 %. La pente d'équilibre est estimée aux alentours de 1,6 %.

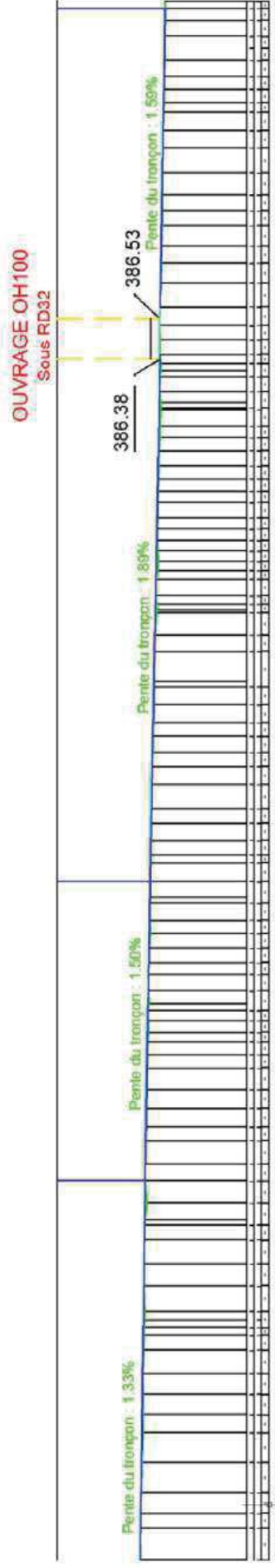


Figure 17 : Profil en long de l'état existant du Ricolin

**Nota :** Cette pente d'équilibre est essentielle, pour le calage des futurs aménagements. En effet, une pente supérieure à cette pente d'équilibre, imposera une stabilisation du profil en long, à l'aide des seuils de fond.

### 1.6.2 Analyse des profils en long projetés

Les profils en long suivants présentent les différents ouvrages identifiés sur le linéaire étudié (existants en noir, projetés en rouge). De la même façon, les profils modelisés sont présentés en vert pour les profils conservés de l'état existant et en rouge pour les profils ajoutés en projet. En aval de l'OH 4621, Les seuils de fond projetés sont également symbolisés sur ces profils, avec quatre seuils sur le Jamon, dont trois en sortie d'ouvrage en raison des contraintes hydrauliques fortes qui pourraient s'accompagner d'une érosion régressive et/ou d'une incision du lit, qui risquerait la déséquilibrage des ouvrages, et rendre impossible la franchissabilité piscicole dans le secteur. La pente moyenne projetée du fond de lit est d'environ 1,8%, pour une pente d'équilibre comprise entre 1 et 2%.

La conservation du pont de l'Impasse de la Magie est justifiée par le fait que cet ouvrage sera utilisé pour l'accès aux bassins de rétention projetés, ainsi qu'à la rive droite du Jamon, il aura donc, après les travaux, encore une utilité.

Suite aux discussions avec le SEM, il nous disait que dans le cadre du PAPI du Gier, il avait fait l'étude d'un Barrage Ralentissement Dynamique sur le Jamon amont, cette étude prévoyait dans notre secteur le reprofilage du cours d'eau et le remplacement de l'ouvrage de la Magie par un passage à gûte, composé de plusieurs buses Ø 600 mm, ainsi que la suppression du seuil existant, projet jugé non acceptable en raison des problématiques hydrauliques, de franchissabilité piscicole et de l'entretien. C'est pourquoi l'adaptation du pont de l'Impasse de la Magie constitue la solution la moins impactante pour le Jamon. Notre choix, c'est donc porté sur cette solution, permettant le maintien du franchissement par les équipes d'entretien (bassin de traitement) et assurer la transparence hydraulique et faune.

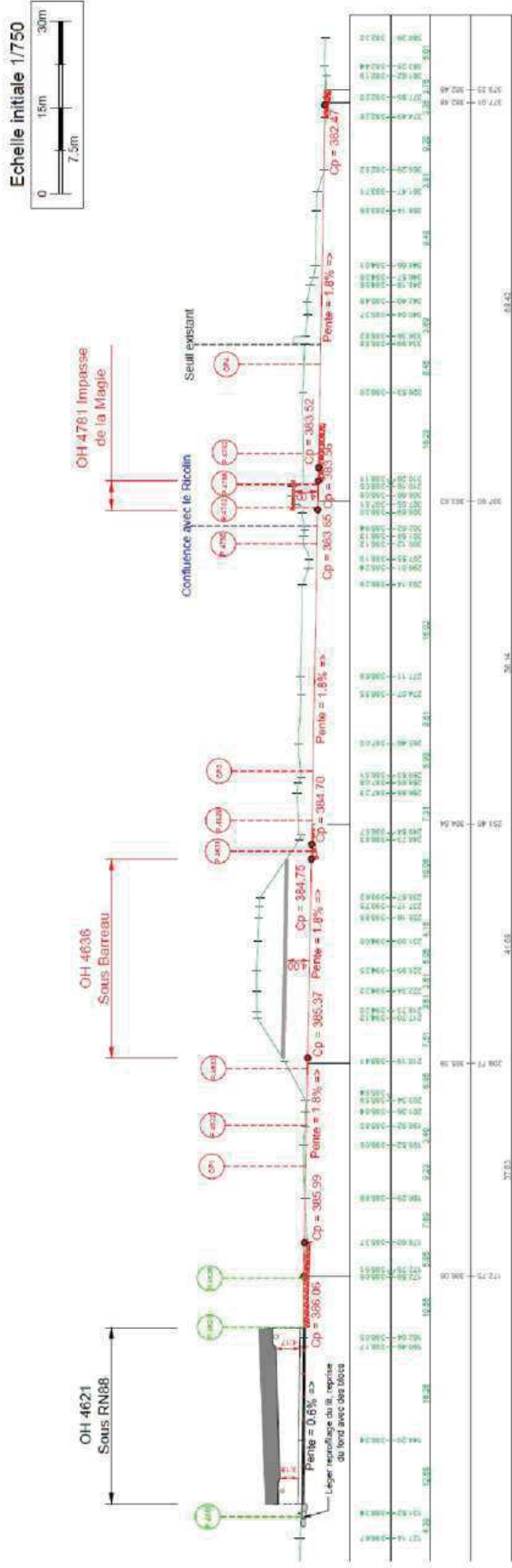
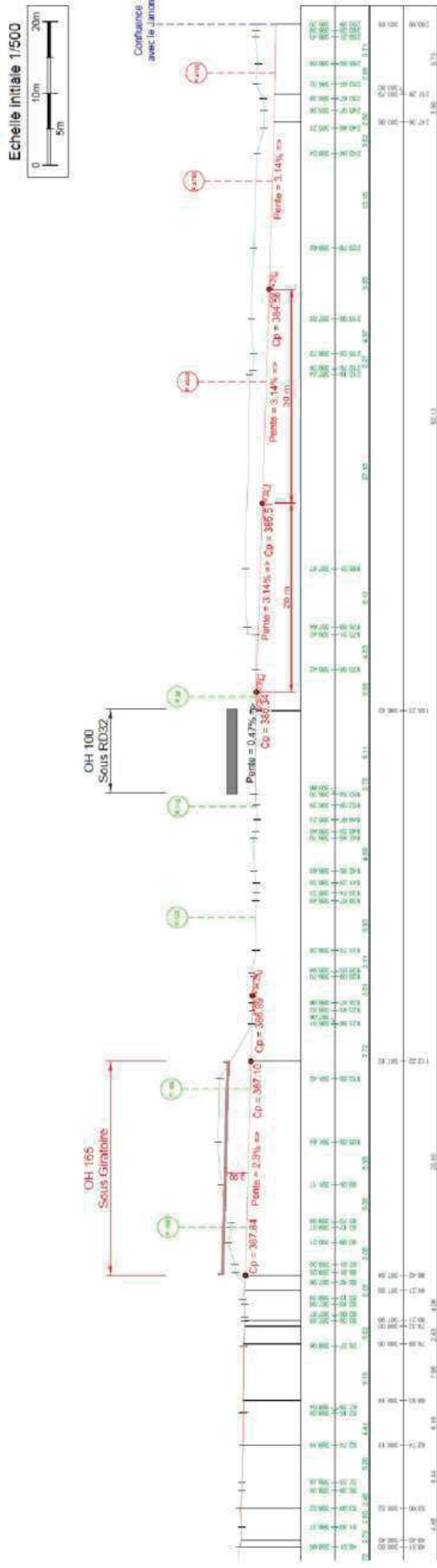


Figure 18 : Profil en long projeté du Jamon



Sur le Ricolin, la pente moyenne est d'environ 2,3 % dans l'OH 165 projeté, avec une pente d'équilibre comprise entre 1,3 et 1,9 % comme présenté sur la figure ci-dessous. Quatre seuils de fond, dont deux en sortie d'ouvrage, seront réalisés sur le Ricolin.



### 1.6.3. Dérasement du seuil existant, en aval du pont de l'Impasse de la Magie

L'opération envisagée consiste à déraser le seuil existant jusqu'à la cote 383,19 m NGF, ce qui implique un réajustement du profil en long. De plus, l'aménagement doit proposer un confortement des berges adaptés afin d'éviter la déstabilisation voire l'effondrement des ouvrages de soutènement existants (murs et enrochements). L'ajustement du profil en long a été envisagé selon une pente de 1,8 % (pente comprise dans la gamme de la « pente naturelle », à savoir entre 1 et 2 %) ce qui induit un reprofilage du cours d'eau sur l'intégralité de la zone d'étude.

Les matériaux graveleux (Ø0 – 400 mm) actuellement retenus dans la fosse en amont du seuil sont estimés à 800 m<sup>3</sup>. Un contrôle des sédiments sera cependant nécessaire en phase chantier, afin de vérifier la qualité des matériaux avant leur remise en œuvre sur l'ensemble du lit des deux cours d'eau reprofilés.

A terme, il était prévu que le Janon retrouve un profil altérant des faciès d'écoulement de type radier (pente et vitesse importante) et plats lodiques (pente et vitesse modérées) tels qu'observable sur les tronçons « naturels » en amont de la zone d'étude (Cf figure ci-dessous). C'est vers une succession de tels faciès qu'il est prévu d'orienter l'accompagnement du projet de dérasement du seuil.



Figure 20 : Illustration du lit du Janon en aval de la zone d'étude



#### 1.6.4. Principe d'aménagement du lit mineur et lit vif

Afin de permettre une bonne diversité des faciès d'écoulement au sein du lit vif, un certain nombre de petits aménagements seront réalisés.

La technique de lits emboîtés sera employée dans les secteurs contraints. Ainsi, la largeur minimale du lit majeur sera comprise entre 5 et 10 fois la largeur en plein bord. Cette largeur correspond globalement à l'amplitude moyenne observée sur les cours d'eau français (hors rivière en tresse) [Cf. MALAVOI et al. 1998].

Cette largeur de lit majeur est optimisée dans certains secteurs particuliers ou les emprises foncières permettent une inondation latérale, conformément au fonctionnement existant. Les pentes de talus seront adaptées afin de permettre le respect des largeurs de lits majeurs précédemment déterminées, en recherchant des pentes homogènes plutôt modérées et voisines de 2/1.

En profil en travers, le lit majeur présentera une pente nulle. Toutefois, aux abords du lit mineur (1 mètre de part et d'autre environ), le lit majeur présentera un léger dévers compris entre 1 et 3% pour concentrer les écoulements en période de montée des eaux.

Le profil en long du lit majeur suivra globalement la pente du cours d'eau, et la largeur du fond de lit sera d'environ 4 m pour le Janon, avec un lit d'étiage d'environ 2 m (largeur estimée sur la base du QMNA5), et 3 m pour le Ricolin, avec un lit d'étiage d'environ 1,5 m (largeur estimée sur la base du QMNA5).

Ce dispositif permettra de redonner au cours d'eau une certaine liberté « divagation latérale contrôlée » et facilitera la conservation (ou la réduction des impacts) sur les volumes d'inondation actuellement identifiés.

La largeur du lit de la rivière sera également diminuée grâce à la mise en place de banquettes graveleuses et de blocs de diversification. Cela permettra d'augmenter la ligne d'eau en période d'étiage et d'augmenter la sinuosité du cours d'eau en lit mineur. Le cintrage du lit (20 cm de profondeur) permettra de créer un lit d'étiage, qui sera repris naturellement, par la dynamique des cours d'eau.

Le renforcement des berges se fera par des enrochements ou des empiètements en pied de berge qui seront complétés par un lit de plants et piançons ou par la réalisation de fascines de saules ou d'hélophytes.

Les écoulements en lit mineur seront également diversifiés par l'installation de blocs à l'intérieur du lit mineur. Cela permettra également la création de caches piscicoles intéressantes pour l'ichtyofaune. Au total, environ 300 blocs de diversification seront répartis sur les 400 m de cours d'eau (Janon et Ricolin), avec un ratio de 76 blocs pour 100 mètres linéaires. Le seuil de remobilisation sera analysé tronçon par tronçon dans la partie « 1.6.5.2 Forces d'arrachement ».

Les fonds de lit des ouvrages hydrauliques existants (OH 4500 sur le Janon et OH 100 sur le Ricolin) non repris par le projet ne feront pas l'objet d'une recharge sédimentaire, du fait de la présence de matériaux alluvionnaires actuellement présents. La franchissabilité existantes de ces ouvrages sera étudiée dans la suite de cette présente note.

La figure suivante illustre une banquette faune dimensionnée pour une occurrence biennale.

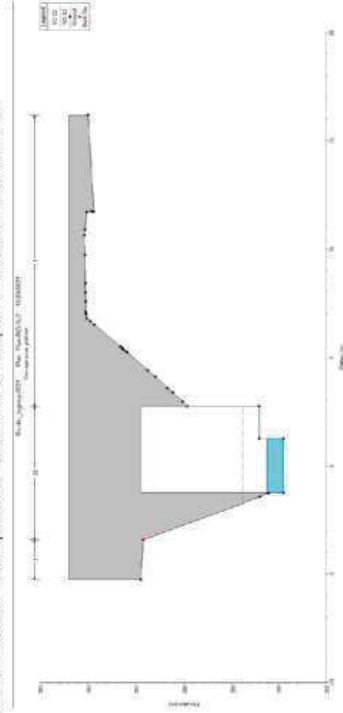


Figure 21 : Exemple de calage Q2 pour les banquettes faunes

La figure suivante présente un schéma de principe synthétique des aménagements projetés sur le Janon et le Ricolin.

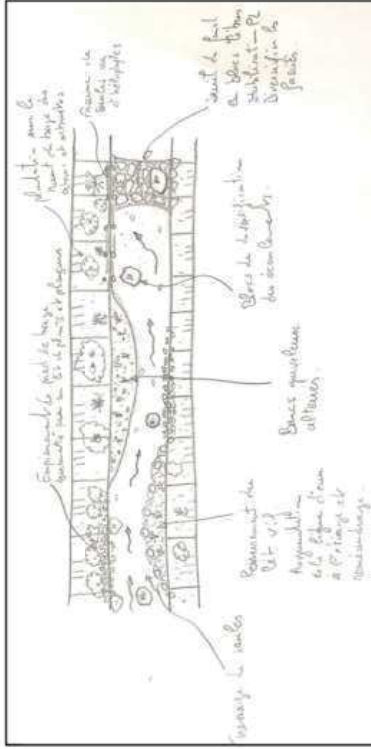
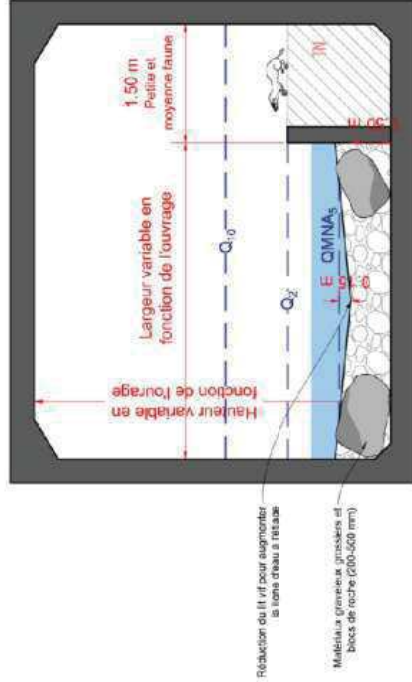
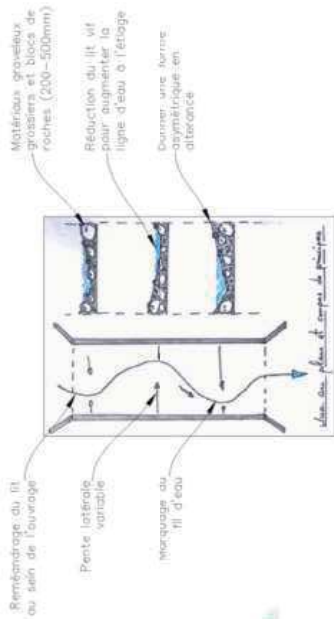


Figure 22 : Schéma de principe des aménagements projetés sur le lit des cours d'eau

Les lits des futurs cours d'eau rescindés seront reconstitués, sur le radier des ouvrages hydrauliques et présenteront une hauteur minimale, de recharge de 50 cm. Afin de maintenir la circulation des poissons et la capacité biogène du ruisseau, il convient d'être très vigilant sur la composition granulométrique du substrat utilisé. C'est pourquoi ce rechargement alluvionnaire sera essentiellement issu de matériaux prélevés sur site et réutilisés dans la réalisation des futurs lits). Ce substrat (naturel) doit d'une part, être suffisamment imperméable, afin d'éviter toute infiltration, qui conduirait à réduire le débit voire assécher le tronçon de cours d'eau ainsi reconstitué ; et d'autre part présenter des caractéristiques similaires au substrat naturel préexistant. Une étude préalable de la distribution en taille des matériaux naturellement présents dans le cours d'eau au droit du franchissement sera effectuée en phase travaux. Le substrat mis en place doit présenter une gamme de taille variée, composée à la fois de blocs de roche (prélevés sur site ou d'apport), de matériaux grossiers et fins, complétés le cas échéant, par des argiles ou des limons.

Les coupes et schémas ci-dessous présentent, les aménagements prévus dans les fonds d'ouvrages.





**Nota** : cette forme cintrée du lit sera réalisée sur l'ensemble du linéaire des cours d'eau.

Le **profil en long du fond de forme sera diversifié**, afin de permettre la création d'une **alternance "radier/mouille"**. Le terrassement du nouveau lit anticipera la recharge sédimentaire sur une épaisseur de 50 cm en moyenne.

En synthèse les caractéristiques des radiers sont les suivantes (Cl. Bramard et Boutet-Berry, 2017) :

Les **différences altimétriques entre radiers et mouilles ne seront pas modelées uniquement dans l'apport de matériaux** mais sera réglé au moment du terrassement du « fond de forme » du lit. Cela permettra le maintien de fosses en eau indispensables dans le fonctionnement de ce type de cours d'eau intermittent (AFB, 2017). La figure suivante schématise l'alternance radiers / mouilles le long d'une rivière.

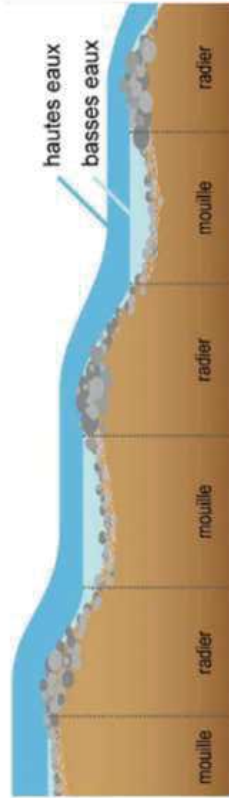


Figure 23 : Schéma illustrant l'alternance radiers/mouilles

Ci-dessous, quelques illustrations d'aménagement d'un lit d'un cours d'eau suite à un dérasement de seuil, effectué sur la Turdine, à l'Arbresle, qui présentait une largeur de lit similaire :







Création d'un seuil de stabilisation	Seuil une fois réalisé	Post travaux (1 an après)
		
Création de bancs graveleux	Achèvement travaux de la reprise du lit	Post travaux (1 an après)
		

Figure 24 : Photos et suivi de travaux de deux dérasements de seuils réalisés par l'équipe INGEROP

### 1.6.5. Principes d'aménagements des berges

#### 1.6.5.1. Principe de dimensionnement et calage des empièvements

L'arasement du seuil va faire l'objet d'un rééquilibrage, principalement en déblai, du profil en long des deux cours d'eau, s'accompagnant d'une augmentation de la pente sur le Janon et le Ricolin. Afin de pallier tout risque d'érosion et d'incision, dans les nouveaux lits, des seuils de fonds seront implantés, avec une reprise des protections de berges qui ne seront plus adaptées à l'approfondissement projeté.

Le secteur étudié se trouve en pleine zone urbaine, avec les contraintes qui en découlent (importance de proposer des techniques adaptées aux contraintes du site). Pour cela, dans les zones avec contraintes hydrauliques importantes, une technique mixte constituée par un empièvement de pied de berge, surmontée de lits de plants et plançons sera réalisée, dont le niveau d'implantation serait calé à Q2 pour la partie minerale et Q10 pour la partie végétale.

Cet empièvement sera constitué comme suit :

- Réalisation d'une bêche de stabilisation de l'ouvrage implantée à 50 cm en dessous du futur lit du cours d'eau (profil en long avec une pente de 0.8%).
- Constitution d'un empièvement de pied de berge avec sabot parabolique (+géotextile synthétique pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage), dont la hauteur a été fixée pour une crue d'occurrence proche de 2 ans. La solution optimale, gestion de l'érosion et biologie des milieux devrait situer la hauteur des blocs (diamètre 40-60 cm) de +50 à +100 cm au-dessus du niveau du futur fond.

#### 1.6.5.2. Forces d'arrachement

Le calcul porte sur la force tractrice exercée par l'écoulement du Janon et du Ricolin et de son potentiel érosif. Il est donc nécessaire d'estimer cette tension de frottement, appelée aussi force d'arrachement, afin de déterminer les techniques végétales capables de résister à cette force. Pour les cours d'eau de largeur importante, nous admettons que le rayon hydraulique est à peu près égal à la hauteur d'eau, donc :

$$\tau = \rho R J \sim \rho h l$$

$\tau$ : force tractrice ( $N/m^2$ ),  $\rho$ : poids unitaire de l'eau ( $9810 \text{ kg}/m^3$ ),  $h$ : hauteur d'eau (m),  $J$ : pente d'énergie

L'utilisation de la hauteur d'eau dans la formule donne des valeurs de contrainte légèrement supérieures, ce qui amène à la prise en compte d'un facteur de sécurité en surestimant les contraintes d'arrachement. L'effet de sinusité doit aussi être pris en compte, en effet, la force d'arrachement est plus élevée dans la courbe externe d'un méandre, un facteur multiplicatif de 1.1 permet de pallier à la sous-estimation de la contrainte dans les méandres pour un cours d'eau légèrement sinueux. De plus, un facteur multiplicatif de 0.77 permet d'obtenir les contraintes sur la berge à partir des contraintes exercées sur le fond.

Le tableau suivant présente les résultats pour le Janon. Pour chaque profil est attribué une force d'arrachement pour des berges concaves et droites pour 3 occurrences différentes (10 ans, 50 ans et 100 ans).

Forces d'arrachement (avec h eau)							PROFIL
Berge Q10 ( $N/m^2$ )	Berge concave Q10 ( $N/m^2$ )	Berge Q50 ( $N/m^2$ )	Berge concave Q50 ( $N/m^2$ )	Berge Q100 ( $N/m^2$ )	Berge concave Q100 ( $N/m^2$ )		
39	43	15	17	14	16	-4361	
37	40	15	17	11	12	-4458	
5	5	4	5	4	4	-4500	
359	395	14	15	9	10	-4532	
3	3	4	4	4	4	-4568	
2	3	1	1	1	1	-4585	
2	2	2	3	2	2	-4588	
2	2	2	2	2	2	-4588	
OH4500 - Sous Bretelle de sortie RN88							
OH4621 - Sous RN88							
220	242	307	337	335	369	-4622	
247	272	16	18	12	13	-4626	
29	31	25	27	24	26	-4628	
29	32	25	28	24	27	-4630	
19	21	17	19	16	18	-4631	
9	10	8	8	7	8	-4632	
12	13	9	10	8	8	-4633	
OH4636 - Sous Barreau							
11	12	12	13	10	11	-4640	
13	14	11	12	10	11	-4750	
56	61	59	65	50	55	-4780	
21	23	29	31	30	33	-4782	
OH4781 - Sous Impasse de la Magie							
133	146	169	186	179	197	-4800	
217	239	286	315	299	329	-4808	
194	213	258	284	272	300	-4810	
178	196	240	264	262	288	-4825	
151	166	254	279	298	328	-4845	
127	140	176	193	170	186	-4875	
48	53	77	85	80	88	-4900	
21	23	35	39	38	42	-4925	
28	30	43	47	45	49	-4928	
21	23	36	40	39	42	-4938	
89	98	362	398	457	503	-4964	
69	76	284	312	302	332	-4975	

Figure 25 : Synthèse des forces d'arrachement pour une crue décennale, cinquantennale et centennale sur le Janon

Le tableau suivant synthétise les résultats de force d'arrachement sur le Ricolin. De la même façon que précédemment, les forces d'arrachement ont été calculées en chaque point pour des trois occurrences : 10 ans, 50 ans et 100 ans.

PROFIL	Forces d'arrachement				
	Berge Q10 (N/m <sup>2</sup> )	Berge concave Q10 (N/m <sup>2</sup> )	Berge Q50 (N/m <sup>2</sup> )	Berge concave Q50 (N/m <sup>2</sup> )	Berge Q100 (N/m <sup>2</sup> )
3512	143	158	14	15	18
3502	9	10	1	2	2
3470	Ouvrage hydraulique amont				
3430	205	225	179	196	193
2460	208	229	307	338	337
2390	1096	1205	1130	1243	1215
257	246	271	315	346	344
175	153	168	28	31	29
165	Ouvrage sous giratoire				
125	283	311	318	350	284
113	15	16	19	21	21
100	Ouvrage sous RD32				
98	75	82	104	114	117
95	386	425	554	610	633
50	99	109	6	6	2
28	1	1	1	1	1
18	2	3	2	2	2
0	7	7	7	7	6
-4780	6	7	6	7	5

Figure 26 : Synthèse des forces d'arrachement pour une crue décennale, cinquantennale et centennale sur le Ricolin

La figure suivante présente l'évolution de la vitesse du courant pour une crue centennale, sur le linéaire étudié du Ricolin :

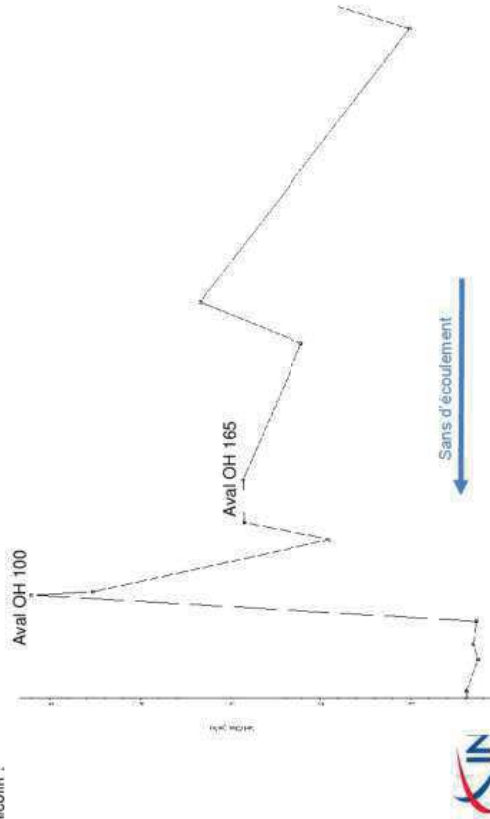


Figure 27 : Evolution des vitesses d'écoulement en fonction des profils modélisés sur le Ricolin.

La figure suivante présente l'évolution de la vitesse du courant pour une crue centennale, sur le linéaire étudié du Janon :

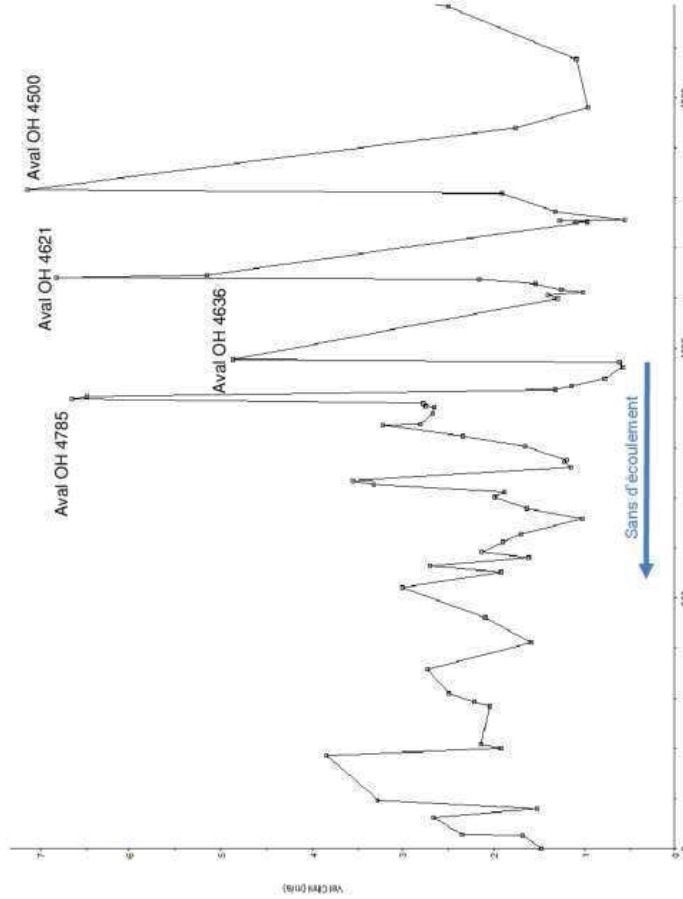


Figure 28 : Evolution des vitesses d'écoulement en fonction des profils modélisés sur le Janon

Les résultats de ces deux graphiques seront analysés secteur par secteur dans la partie ci-dessous. La figure suivante présente le diagramme de Hjulström, permettant de définir l'activité des sédiments présents dans le fond du lit en fonction de la vitesse d'écoulement.

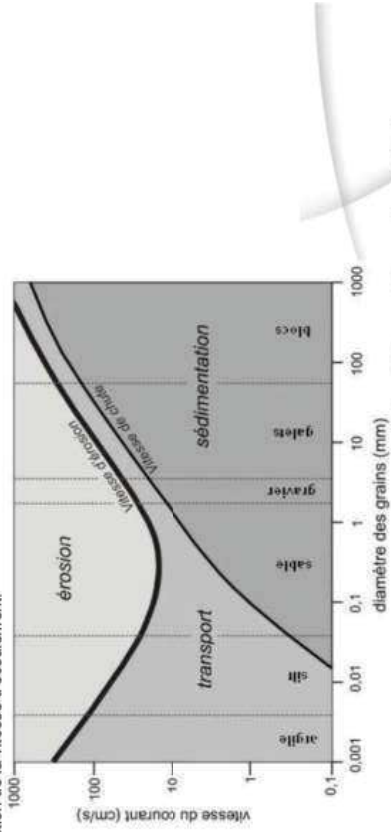


Figure 29 : Diagramme de Hjulström

La figure suivante présente l'évolution des forces d'arrachement sur le Janon et le Ricolin :

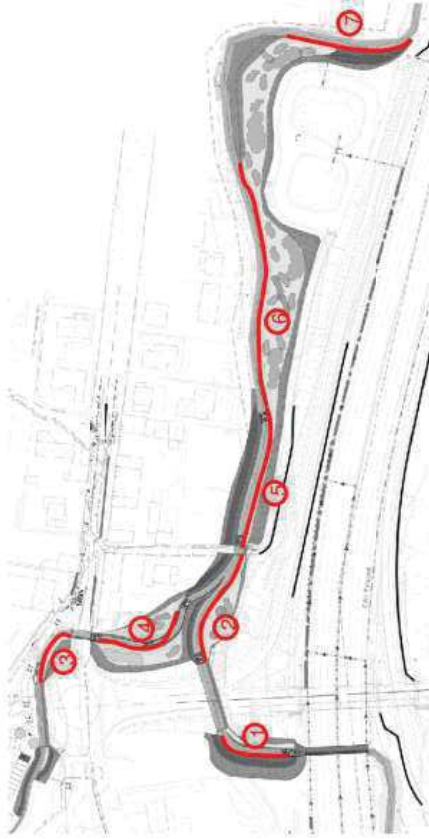


Figure 30 : Synthèse des forces d'arrachement sur le Janon et le Ricolin

**Le secteur 1**, entre l'ouvrage sous la RN88 et celui du barrage nouvellement créé, présente des forces d'arrachements théoriques centennales allant de 70 N/m<sup>2</sup> à 350 N/m<sup>2</sup>. Le renforcement en rive gauche sera assuré par un enrochement calé sur le niveau d'eau biennal, surmonté par quatre lits de plants et plançons, qui au total permet une protection jusqu'à une période de retour décennale. En rive droite, en pied de banquettes un empiérement complété par un lit de plançon sera réalisé. Pour une crue centennale, les blocs de diversification mis en œuvre dans ce secteur, de diamètre compris entre 400 et 600 mm (idem sur les autres tronçons), sont soumis à des vitesses de courant entre 5,15 et 6,82 m/s à la sortie de l'OH 4500 (bretelle). D'après le diagramme de Hjulström présenté précédemment, la valeur maximale de 6,82 m/s s'approche du seuil limite permettant la remobilisation des blocs, à savoir environ 7 m/s environ. Cette vitesse est cependant théorique et reste ponctuelle, limitant le risque de remobilisation de ces blocs.

Sur le **secteur 2**, le Janon en amont de la confluence avec le Ricolin, les forces d'arrachement sont comprises entre 11 et 55 N/m<sup>2</sup>. Un enrochement surmonté de deux étages de lits de plants et plançons assurera la protection de la berge rive gauche. En rive droite, le renforcement sera réalisé par la réalisation d'une fascine d'hélophytes ou de saules. La vitesse du courant maximale étant de 4,87 m/s sur ce tronçon, en sortie directe de l'OH 4621 (RN88), les blocs mis en œuvre ne seront pas remobilisés pour une crue centennale, comme illustré sur le diagramme de Hjulström.

Entre l'ouvrage sous le giratoire nouvellement créé et l'ouvrage sous la RD32, le **secteur 3** présente des forces d'arrachements théoriques allant de 23 à 312 N/m<sup>2</sup>. Le renforcement en rives gauche et droite sera assuré par la réalisation d'un enrochement jusqu'au niveau biennal surmonté de deux étages de lits de plants et plançons afin de garantir une protection des berges jusqu'à un niveau de crue décennale. Ce tronçon présente des vitesses de courant allant de 1,89 à 2,87 m/s en sortie de l'OH 165, pour une crue centennale, loin du seuil de remobilisation des blocs mis en œuvre.

**Le secteur 4**, sur le Ricolin entre l'ouvrage sous la RD32 et la confluence avec le Janon, les forces d'arrachement varient de 130 à 630 N/m<sup>2</sup> en aval direct de l'ouvrage, et sont inférieures à 10 N/m<sup>2</sup>. En aval de l'ouvrage, un seuil de stabilisation ainsi que des enrochements en rive gauche et droite seront réalisés, tandis qu'en aval des fascines de saules ou d'hélophytes assureront le renforcement de la berge. Pour une crue centennale, les vitesses de courant sont comprises entre 4,52 et 5,21 m/s en sortie de l'OH 100. Comme pour le tronçon précédent, ces vitesses sont inférieures au seuil de remobilisation.

Sur le **secteur 5**, en aval de la confluence, les forces d'arrachement théoriques varient de 90 à 330 N/m<sup>2</sup>. Le renforcement des berges en rive gauche et droite sera assuré par un enrochement, surmonté de deux étages de lits de plants et plançons en rive gauche. En sortie de l'OH 4785 (Impasse de la Magie), les vitesses de courant sont comprises entre 6,50 et 6,66 m/s, proche du seuil de remobilisation mais tout de même inférieures.

Les forces d'arrachement théoriques sur le **secteur 6**, en aval du seuil existant, varient de 40 à 50 N/m<sup>2</sup>. La mise en place d'une fascine de hélophytes ou de saules, surmontés par l'implantation de boutures, permettra le renforcement de la berge en rive droite. Les vitesses de courant pour une crue centennale sur ce tronçon sont, comme pour les tronçons précédents, également inférieures au seuil de remobilisation des blocs, avec des valeurs allant de 1,03 à 3,57 m/s.

**Le secteur 7**, sur le Janon aval, les forces d'arrachement théoriques sont comprises entre 300 et 450 N/m<sup>2</sup>. Aussi, un enrochement en rive droite sera réalisé jusqu'au niveau d'une crue biennale, surmonté par quatre étages de lits de plants et plançons jusqu'au niveau atteint par une crue d'occurrence décennale. Nous retiendrons pour la définition des aménagements de berges, la période de retour décennale. Avec une vitesse de courant maximale de 2,69 m/s sur ce tronçon, les blocs mis en œuvre ne seront pas remobilisés pour une crue centennale.

**Nota** : globalement, on remarque que les vitesses les plus fortes sont constatées en sortie d'ouvrage hydraulique, c'est pourquoi nous avons prévu des seuils de stabilisation en aval. Sur le reste du linéaire, l'ouverture du gabarit du secteur a permis la réduction des vitesses, en favorisant l'inondation du lit intermédiaire.

Les résultats de ces évolutions de forces d'arrachement peuvent ensuite être comparés à des valeurs limites ou « forces tractrices critiques » de résistance des végétaux. A ce titre, on mentionne fréquemment les résistances limites suivantes :

- Herbacées : 30-50 N/m<sup>2</sup>.
- Herbacées bien adaptées, graminées : 50-80 N/m<sup>2</sup>.
- Jeunes saules : 50-100 N/m<sup>2</sup>.
- Fascine de saules et couche de branches à rejets et lit de plants et plançons : 250-300 N/m<sup>2</sup>.

Le tableau suivant nous donne de manière plus précise la résistance des techniques envisagées sur la berge :

	Contraintes tractrice (N/m <sup>2</sup> )		
	A la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
Enherbement Saules	4 - 20	25 - 30	30 - 100
Plantation d'arbres	20	50 - 70	100 - 140
Enrochements	Végétalisés	20	120
	Nus	100 - 200	250
		140	300 - 350
		250	250

Figure 31 : Résistance des techniques de renforcement de berges

Le renforcement des berges entre les OH 4636 et 4781 ne nécessite pas forcément, au vu des résultats obtenus d'enrochements spécifiques. Un simple enherbement pourrait être pertinent dans ce secteur.

En revanche, en aval de l'ouvrage sous l'impasse de la magie, ainsi qu'en aval direct de celui sous la RN 88, les forces tractrices apparaissent comme très importantes. Dans ces secteurs, la mise en place d'enrochements sera obligatoire, avec un complément végétal sur les parties supérieures.

### 1.6.5.3. Végétalisation des berges

**Une ripisylve sera recrée de manière systématique** le long des cours d'eau afin de garantir un ombrage pour limiter l'évaporation de la température de l'eau (fortement sensible compte tenu des tables débits). Les essences implantées seront conformes à ce qui est observé sur le terrain : *Alnus glutinosa*, *Salix aurita*, *Salix atrocinerea*.

Un retrait de 1,5 m depuis la crête de berge sera appliqué pour l'implantation de la ripisylve afin de permettre les ajustements des cours d'eau et de limiter la concentration des écoulements qui pourraient favoriser l'inondation.

La végétalisation des talus s'inscrira en cohérence avec la végétation adjacente en place : dans les secteurs prairiaux, les talus seront ensémenés avec une végétation herbacée et dans les secteurs boisés les talus seront plantés avec une végétation arborescente ou arbustive. De plus, la densité de plantation sera de 1 plant /m<sup>2</sup>.

L'origine des semences et la composition du mélange grainier feront l'objet d'une validation par le Maître d'œuvre. Autant que possible les graines présenteront le label végétal local et seront obligatoirement originaires de France. Les variétés hybrides et cultivars seront prohibés. Le mélange grainier pourra être composé de la manière suivante :

- Graminées
    - Agrostide capillaire (*Agrostis capillaris*).
    - Vulpin des prés (*Allopecurus pratensis*).
    - Fleuve odorant (*Anthriscanthum odoratum*).
    - Fromental (*Arrhenatherum elatius*).
    - Crételle des prés (*Cynosurus cristatus*).
    - Dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*).
    - Fétuque faux-roseau (*Festuca arundinacea*).
    - Fétuque des prés (*Festuca pratensis*).
    - Fétuque rouge gazonnante (*Festuca rubra subsp. Cymmutata*).
    - Fétuque rouge traçante (*Festuca rubra subsp. Rubra*).
    - Houque laineuse (*Holcus lanatus*).
    - Ray-grass anglais (*Lolium perenne*).
    - Fiéole des prés (*Phleum pratense*).
    - Pâturin des prés (*Poa pratensis*).
    - Pâturin commun (*Poa trivialis*).
  - Légumineuses
    - Lotier comiculé (*Lotus comiculatus*).
    - Minette (*Medicago lupulina*).
    - Trelle des prés (*Trifolium pratense*).
    - Trelle blanc (*Trifolium repens*).
  - Autres
    - Achillée millefeuille (*Achillea millefolium*).
    - Pâquerette (*Bellis perennis*).
    - Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata*).
- Dans les secteurs boisés, les talus seront plantés avec des essences ligneuses autochtones. Les espèces à planter dans les secteurs boisés pourront être les suivantes :
- Chêne pédonculé (*Quercus robur*).
  - Hêtre (*Fagus sylvatica*).
  - Charme (*Carpinus betulus*).
  - Érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*).
  - Noisetier (*Corylus avellana*).

Les fils de plants et plançons seront caractérisés selon les espèces suivantes :

- Pour les plants
  - Cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*).
  - Noisetier (*Corylus avellana*).
  - Fusain (*Evonymus europaeus*).
  - Troène commun (*Ligustrum vulgare*).
  - Sureau noir (*Sambucus nigra*).
  - Viorne lantane (*Viburnum lantana*).
  - Viorne obier (*Viburnum opulus*).
- Pour les plançons
  - Saule cendré (*Salix cinerea*).
  - Saule pourpre (*Salix purpurea*).
  - Saule à trois étamines (*Salix triandra*).
  - Saule des vauclousiers (*Salix viminalis*).

### 1.6.6. Traitement de la Renouée du Japon

Le contrat de rivière du Gier et de ses affluents exige, de traiter la problématique des espèces invasives (Renouée du Japon).

Le traitement de la Renouée du Japon s'effectue par arrachage et évacuation, par dégrappage des rhizomes et évacuation des matériaux impropres sur une profondeur moyenne de 1 mètre.

Afin d'optimiser le chifrage pour le traitement de cette espèce invasive, nous avons fait faire un relevé des zones infectées par la plante. Pour information, la surface totale de Renouée à extraire est estimée à 1165 m<sup>2</sup>.

La vue en plan suivante présente le résultat de ces relevés.

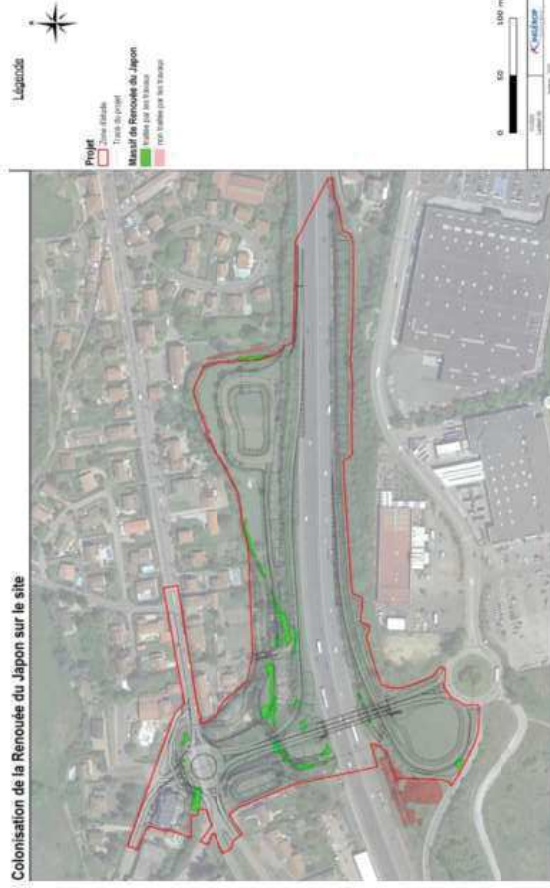


Figure 32 : Vue en plan de la colonisation de la Renouée du Japon sur le site

Le traitement de la renouée du Japon ne sera réalisé que dans l'emprise des travaux, entre l'aval de l'OH RN88 et l'aval du bassin DIRCE (symbolisé en vert sur la vue en plan ci-dessus). La Renouée non traitée est quant à elle représentée en rouge.

Le procédé suivant, pourrait être une solution intéressante, pour le traitement des déblais contaminés par la partie souterraine de la plante.

Les secteurs symbolisés en rouge ne seront pas traités dans les travaux.

Le traitement de la Renouée du Japon le long de la RN88, au sud, nécessiterait la dépose complète des enrochements et du mur de soutènement en rive gauche stabilisant actuellement l'infrastructure routière. Mise à part le coût important que cela occasionnerait, la dépose de ces éléments engendrerait un risque non négligeable sur la stabilité de la section. En rive droite, le traitement de la Renouée induirait des terrassements trop importants, et par conséquent des coûts conséquents, et la suppression de la ripisylve.

Le secteur à l'est de la zone d'étude, à proximité des bassins DIRCE, est situé quant à lui en dehors de limite DUP, sur des parcelles privées. Le traitement de la Renouée du Japon dans ce secteur ne sera donc réalisé qu'en rive droite, dans la zone concernée par les travaux.

Les photos suivantes illustrent cette problématique :



Figure 33 : Colonisation de la Renouée du Japon sur le site

Ci-dessous une procédure envisageable et ayant fait ses preuves sur d'autres projets envahis par cette espèce (bassin versant de l'Yseron, de la Brévenne et de la Turdine dans le Rhône) :

Il faut faire sécher la plante, la transporter dans un bac ou un camion ayant une bâche, et la brûler. Le devenir des déblais se décline sous deux modes d'évacuation en fonction de leurs natures :

- Les matériaux contaminés par la Renouée du Japon (après un criblage des terres) seront évacués vers une plateforme de retraitement de ce type de matériaux.



Figure 34 : Procédure de criblage - concassage

- Les matériaux de berge non-contaminés par des espèces invasives, seront évacués à la décharge de l'entreprise.

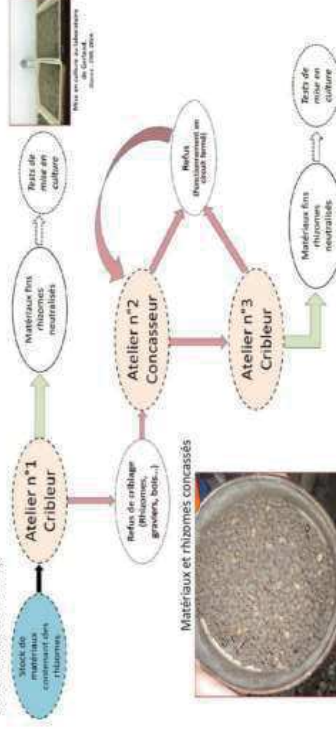
Le développement d'espèces végétales invasives est favorisé par les travaux via les engins qui véhiculent de nombreuses graines ou rhizomes dans leurs pneus ou chenilles. L'impact du développement de ces espèces peut être significatif sur la flore et les habitats locaux.

Sur la tronçon considéré, les berges des cours d'eau du secteur sont particulièrement concernées par la prolifération de ces espèces invasives et envahissantes (Renouée principalement). Dans le cadre des travaux, les berges seront l'objet de reniement.

Afin de limiter au maximum le risque de propagation de la renouée du Japon, les matériaux manipulés feront l'objet de criblage/concassage.

Cette méthode déjà éprouvée en Rhône-Alpes consiste à faire subir aux matériaux contaminés un protocole précis afin d'éradiquer le pouvoir de reprise des rhizomes.

- Les foyers de renouée sont précisément localisés lors du piquetage préalable aux interventions en prenant soin de délimiter une zone tampon autour de ces derniers.
- Les parties aériennes des renouées du Japon sont préalablement coupées, stockées sur bâche pendant 10 jours puis broyées.
- Les volumes terrassés sont criblés avec une maille de 0/20mm. La fraction criblée est alors, exemple de rhizomes et peut être utilement réemployée en nappage sur les talus terrassés, afin d'être ensémençée.
- Le refus de criblage (> à 20mm) est concassé à l'aide d'un concasseur à percussion en circuit fermé avec une maille de 20mm.



Illustrations des opérations de criblage : concassage des terres contaminées par la Renouée du Japon avant leur réemploi –SYRIBT 2017

L'ensemble des matériaux ainsi criblés/concassés et n'étant pas destinés à une réutilisation sur site seront évacués vers des centres de stockages de matériaux inertes.

Ces sites seront laissés à l'appréciation de l'entreprise titulaire du marché.

En tout état de cause, les déblais courants évacués seront soumis à l'agrément du Maître d'Œuvre.

L'entreprise doit impérativement chercher à optimiser les volumes d'évacuation des matériaux contaminés par la Renouée du Japon.

Une fois les terrassements terminés et le traitement des matériaux contaminés évacués, une remise en œuvre de terre végétale propre, exempt de toute trace de cette plante, sera renappée sur l'ensemble des surfaces traitées, et ensémençées, dans l'attente des plantations ligneuses qui seront plantées afin de concurrencer d'éventuelle repousse.

### 1.6.7. Description des aménagements projetés

Avant toute chose, il est important de rappeler que le dérèglement du seuil à l'aval de l'ouvrage existant sous l'impasse de la Magie, modifie de façon significative les pentes des deux profils en long, sur le Janon et le Ricolin. L'augmentation de cette pente permet un regain de capacité hydraulique des deux cours d'eau (en supprimant la contrainte aval).

La solution proposée par HTV en 2014 consistait à réaliser un gué submersible de buses  $\phi$  600. Cela permettrait de réduire significativement l'aléa d'inondation en amont de l'ouvrage mais présentait certaines limites :

- Franchissabilité piscicole non résolue (notamment en raison des vitesses d'écoulement).
- Modification significative de l'altimétrie de la voirie d'accès (notamment dans des emprises privées en dehors de la DUP).
- Ajout de contraintes hydrauliques : la surverse provoquerait d'importantes contraintes aval qui renforceraient le caractère infranchissable (création d'une fosse et difficulté à maintenir le profil en long).
- Ajout d'une grosse problématique d'obstruction par des embâcles (entretien très important).

Dans le scénario retenu en phase AVP, les deux ouvrages projetés sous l'infrastructure routière, présente les caractéristiques suivantes : 4 mètres de largeur pour le lit vif plus 1,5 mètres de banquette latérale, pour une hauteur de 4 m.

La modification de l'ouvrage sous l'impasse de la Magie permet un abaissement conséquent de la ligne d'eau obtenue, limitant ainsi le risque d'inondation.

#### 1.6.7.1. Secteur entre l'OH 4621 sous la RN88 et l'OH 4636 sous le barreau routier

##### Coupe des aménagements projetés sur le secteur

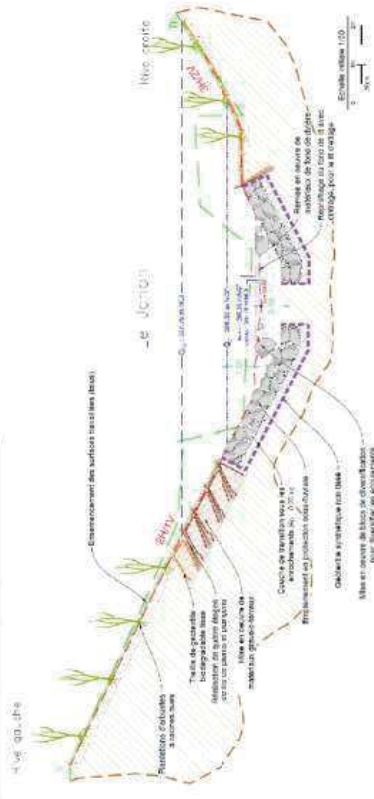


Figure 35 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4621 et l'OH 4636

##### L'aménagement de la berge rive gauche se compose de la façon suivante :

- Démontage des enrochements existants, tri et récupération des blocs de petit gabarit pour réutilisation dans le cadre du chantier.
- Constitution d'un empierrement de pied de berge avec sabot parafeuille (+géotextile synthétique non tissé pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage), dont la hauteur a été fixée pour une crue d'occurrence proche de 2 ans. La solution optimale, gestion de l'érosion et biologie des milieux, devrait situer la hauteur des blocs (diamètre 40 - 60 cm) à 100 cm au-dessus du niveau du futur fond.
- Mise en œuvre de terre végétale sur 20 cm.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V).
- Mise en œuvre de quatre étages de lits de plants et plançons entre Q<sub>2</sub> et Q<sub>10</sub>.

- Fourniture et mise en œuvre de matériaux gravo-terreux d'apport, et pose d'un géotextile biodégradable agraté.
- Replantation d'arbustes adaptés au milieu au-dessus des lits de plants et plançons.
- Ensemencement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

##### L'aménagement de la berge rive droite se compose de la façon suivante :

- Constitution d'un empierrement avec sabot parafeuille (+géotextile synthétique pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage).
- Mise en œuvre de terre végétale sur 20 cm.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V puis 3H/2V).
- Replantation d'arbustes adaptés au milieu au-dessus des lits de plants et plançons.
- Ensemencement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

#### 1.6.7.2. Secteur entre l'OH 4636 sous le barreau routier et l'OH 4781 impasse de la Magie

##### Coupe des aménagements projetés sur le secteur



Figure 36 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4636 et l'OH 4781

##### L'aménagement du Janon se compose de la façon suivante :

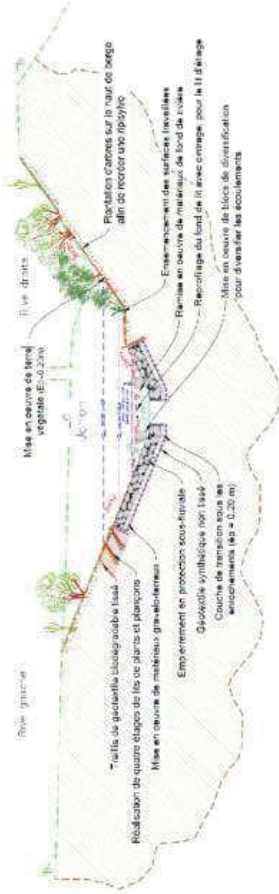
- Démontage des enrochements existants, tri et récupération des blocs de petit gabarit pour réutilisation dans le cadre du chantier.
- Constitution d'un empierrement de pied de berge avec sabot parafeuille (+géotextile synthétique non tissé pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage), dont la hauteur a été fixée pour une crue d'occurrence proche de 2 ans. La solution optimale, gestion de l'érosion et biologie des milieux, devrait situer la hauteur des blocs (diamètre 40 - 60 cm) à 100 cm au-dessus du niveau du futur fond.
- Création d'une fascine d'hélophyte ou de saules en rive droite.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V).
- Mise en œuvre de lits de plants et plançons aux environs entre Q<sub>2</sub> et Q<sub>10</sub>.
- Fourniture et mise en œuvre de matériaux gravo-terreux d'apport, et pose d'un géotextile biodégradable agraté.
- Replantation d'arbustes adaptés au milieu au-dessus des lits de plants et plançons.
- Ensemencement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

##### L'aménagement du Ricolin se compose de la façon suivante :

- Réalisation de fascines de saules ou d'hélophytes sur le pied des deux berges.
- Plantation d'arbres et d'arbustes à racine nue en rive droite ; rive commune avec la Janon, et en rive gauche.
- Création de deux banquettes à fleur d'eau, sur les deux rives du cours d'eau.
- Création de seuils de fond pour la stabilisation du profil en long, permettant aussi une diversification des faciès d'écoulement (sur le plan des vitesses, des profondeurs, de la granulométrie, de la pente du lit).
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V).
- Ensemencement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.



**1.6.7.3. Secteur entre l'OH 4781 Impasse de la magie et la zone de compensation**  
**Coupe des aménagements projetés sur le secteur**



**Figure 37 : Coupe des aménagements projetés entre l'OH 4781 et la zone de compensation**

**L'aménagement de la berge rive gauche se compose de la façon suivante :**

- Démontage des entrochements existants, tri et récupération des blocs de petit gabarit pour réutilisation dans le cadre du chantier.
- Constitution d'un empierrement de pied de berge avec sabot parafeuille (+géotextile synthétique non tissé pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage), dont la hauteur a été fixée pour une crue d'occurrence proche de 2 ans. La solution optimale, gestion de l'érosion et biologie des milieux, devrait situer la hauteur des blocs (diamètre 40 - 60 cm) à 100 cm au-dessus du niveau du futur fond.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V).
- Mise en œuvre de lits de plants et plançons aux environs entre Q2 et Q10.
- Fourniture et mise en œuvre de matériaux gravelo-terreux d'apport, et pose d'un géotextile biodégradable agraté.
- Replantation d'arbustes adaptés au milieu au-dessus des lits de plants et plançons.
- Entassement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

**L'aménagement de la berge rive droite se compose de la façon suivante :**

- Constitution d'un empierrement avec sabot parafeuille (+géotextile synthétique pour garantir l'étanchéité de l'ouvrage), dont la hauteur a été fixée au même niveau que précédemment.
- Mise en œuvre de terre végétale sur 20 cm.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V puis 3H/2V).
- Recréation d'une ripisylve en haut de berge avec la plantation d'arbustes adaptés.
- Entassement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

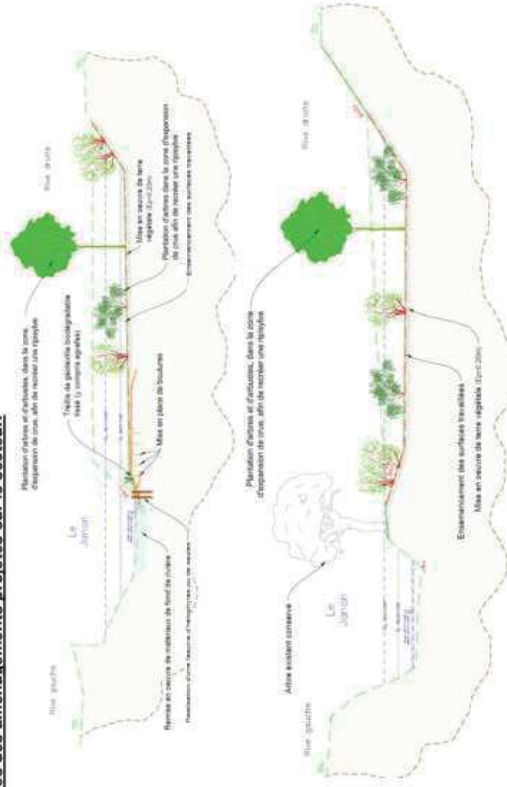
Dans ce secteur, le seuil identifié sur le Janon fera l'objet d'un dérasement total. Actuellement, ce dernier constitue une contrainte majeure au regard de la continuité écologique du fait notamment de sa hauteur de chute trop importante.

**1.6.7.4. Secteur en aval de la zone de compensation**

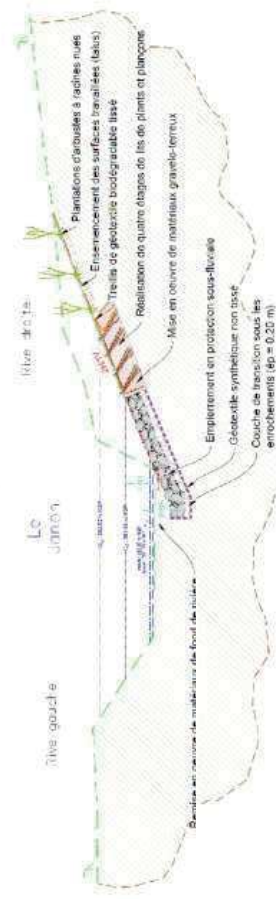
**L'aménagement de la berge rive droite se compose de la façon suivante :**

- Une banquette sera réalisée afin de favoriser les débordements en dehors du lit vif et ainsi stocker les eaux en période de crues dans la zone d'expansion.
- Terrassement des berges selon des pentes adoucies (de l'ordre de 2H/1V).
- Réalisation d'une fascine d'hélophytes ou de saules.
- Mise en œuvre de terre végétale sur 20 cm.
- Recréation d'une ripisylve dans la zone d'expansion avec la plantation d'arbustes adaptés.
- Entassement des surfaces travaillées au moyen d'un mélange grainier adapté.

**Coupe des aménagements projetés sur le secteur.**



**Figure 38 : Coupes des aménagements projetés sur le Janon au droit du bassin DIRCE**



**Figure 39 : Coupe des aménagements projetés sur le Janon à l'aval du bassin DIRCE**

### 1.6.8. Description de la compensation hydraulique

Comme expliqué précédemment, une compensation volume pour volume est indispensable. Ainsi, les aménagements projetés prévoient un volume compensé de 10 835 m<sup>3</sup>, pour un volume à compenser équivalent à 9004 m<sup>3</sup>. Le tableau ci-dessous synthétise les volumes de déblais et remblais pour chacun des secteurs :

Secteur	Volume à compenser	Volume compensé
Secteur 1	6012 m <sup>3</sup>	3800 m <sup>3</sup>
Secteur 2	2992 m <sup>3</sup>	4540 m <sup>3</sup>
Secteur 3	0 m <sup>3</sup>	2495 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>9004 m<sup>3</sup></b>	<b>10835 m<sup>3</sup></b>

Figure 40 : Synthèse des volumes pour la compensation hydraulique par secteur

La vue en plan ci-dessous présente les trois zones inondables créés, afin d'assurer la compensation hydraulique.

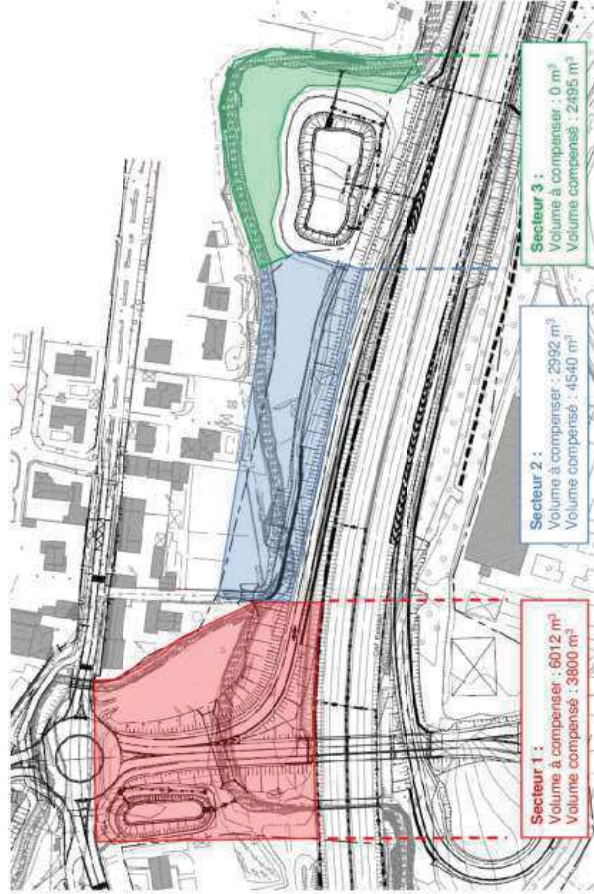


Figure 41 : Présentation des différentes zones inondables pour la compensation hydraulique

**1.6.10. Tracé en plan des aménagements**  
 La vue en plan suivante présente les aménagements projetés.

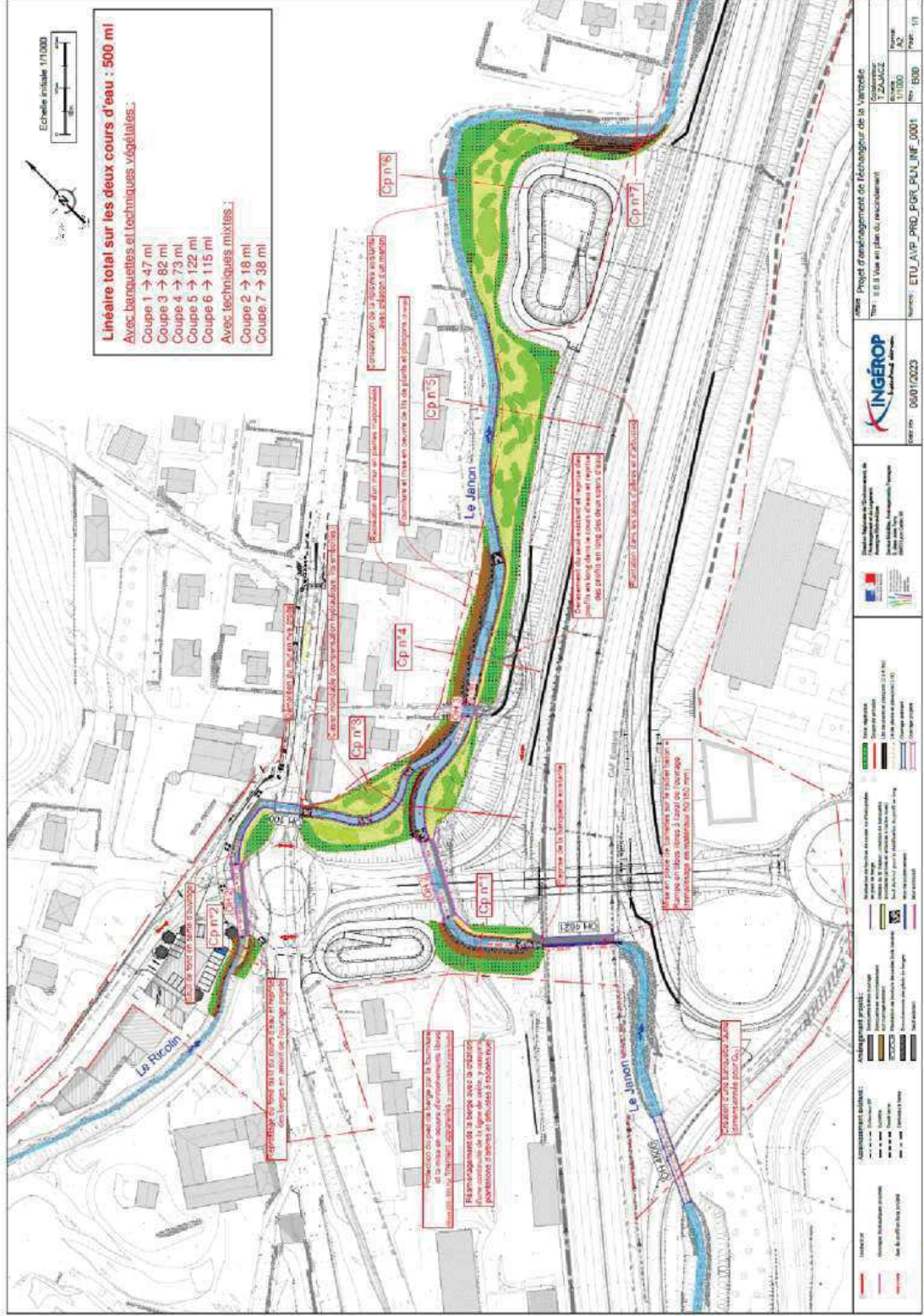


Figure 42 : Vue en plan détaillée des aménagements projetés

### 1.6.11. Analyse diachronique et comparative des tronçons témoins du Janon et du Ricolin

Les figures ci-dessous présentent l'analyse diachronique du Janon et du Ricolin entre la Carte d'Etat-Major (19<sup>e</sup> siècle) et le plan IGN actuel ou entre les orthophotos de 1953, avant la construction de la RN88 et 2019.

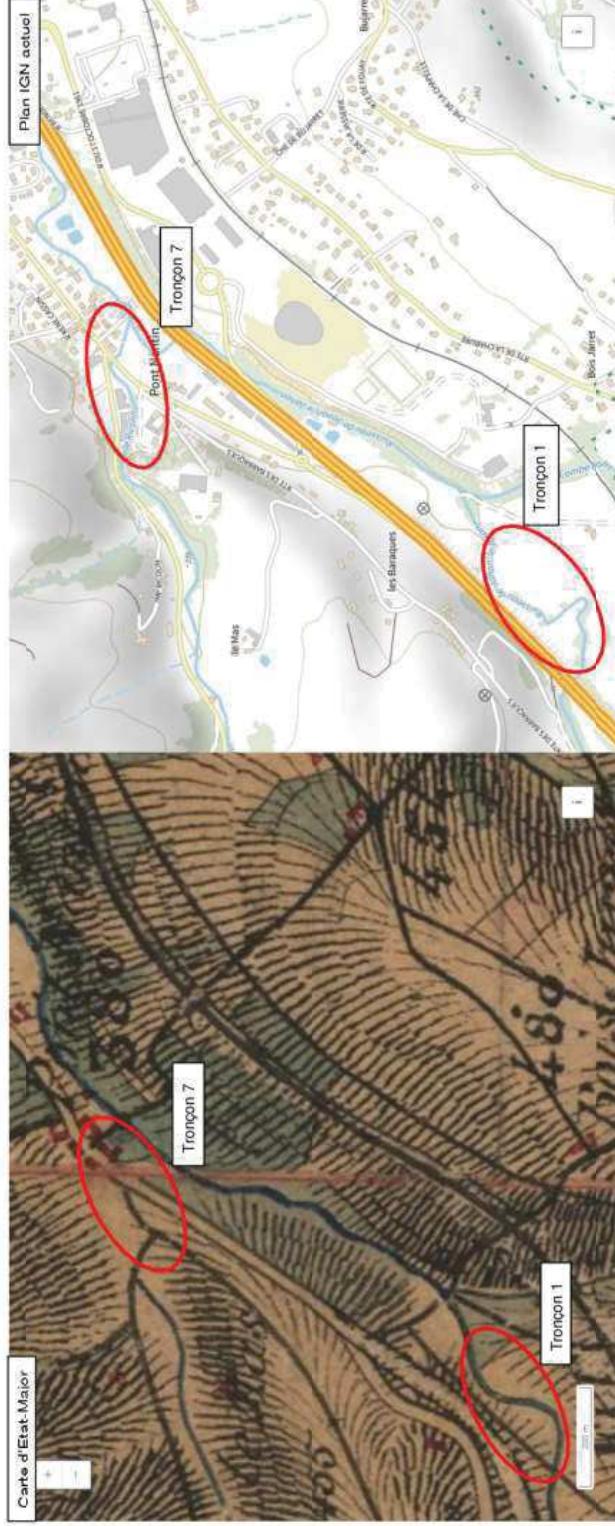


Figure 43 : Analyse diachronique entre la Carte d'Etat-Major et le plan IGN actuel

Sur la carte d'Etat-Major ci-dessous, deux secteurs sont similaires aux tracés du Janon et du Ricolin actuels (en bleu sur la figure ci-dessous). Ainsi, le Janon et le Ricolin en amont de la confluence présentent des tronçons témoins pouvant être utilisés pour valider la pertinence du projet proposé.



Plusieurs secteurs n'ont pas subi de modifications de tracé entre 1953 et 2019 (en bleu ci-dessous). Les deux tronçons identifiés précédemment se retrouvent également sur cette analyse, confirmant la présence de tronçons témoins. Trois autres secteurs, bien que plus impactés par l'anthropisation, présentent un tracé similaire entre 1953 et 2019 (secteur 2, 5 et 6). Le secteur 2 est impacté par la présence de remblais au droit de bassins de rétention, le secteur 5 par les bassins appartenant à la DIRCE, et le secteur 6 par le lotissement à proximité.

Les tronçons 3, 4 et 8 sont quant à eux repris par le projet présenté dans cette note.

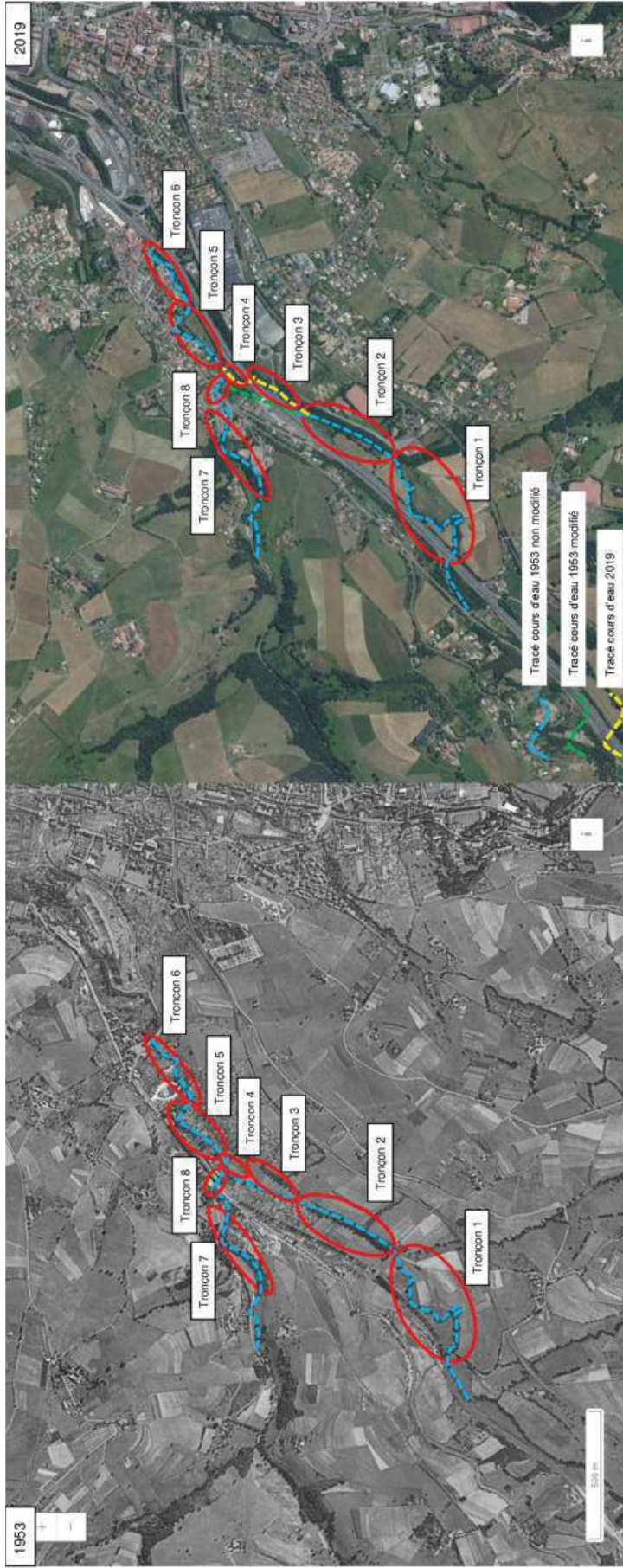


Figure 44 : Analyse diachronique entre les orthophotos de 1953 et 2019

La figure ci-dessous présente les différents secteurs analysés pour l'étude des tronçons témoins sur le Janon et le Ricolin. Les tracés projetés des cours d'eau sont représentés en bleu, et les différents secteurs analysés en rouge.

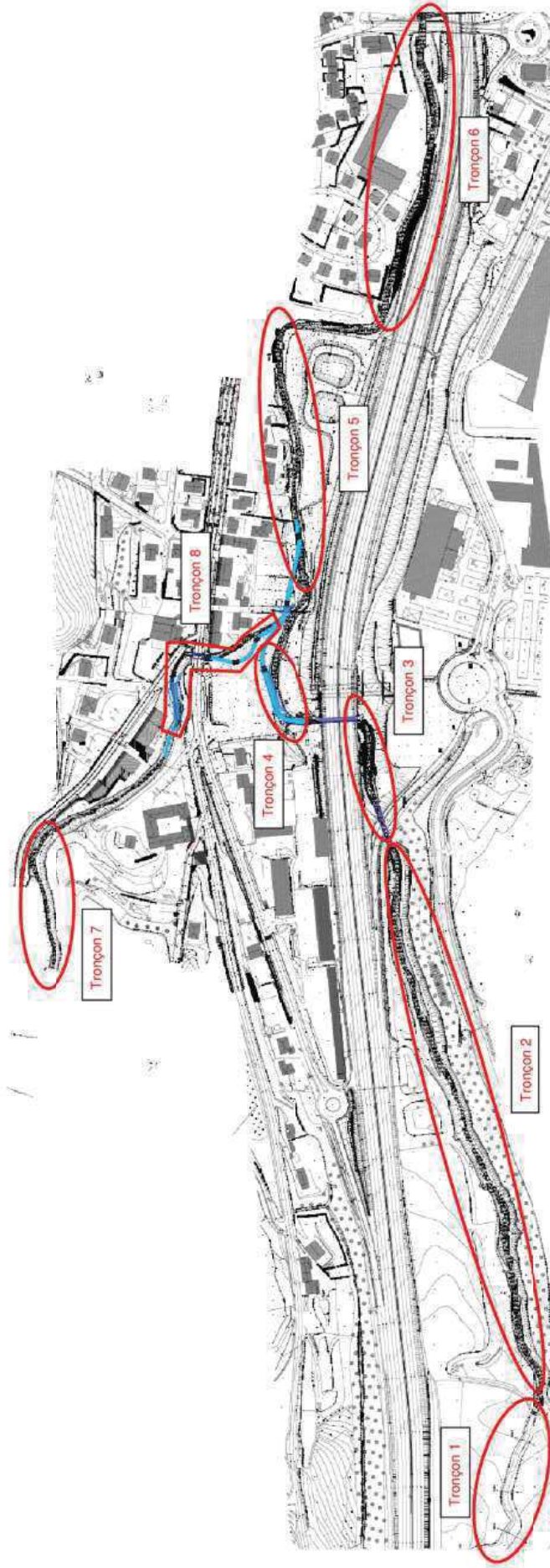
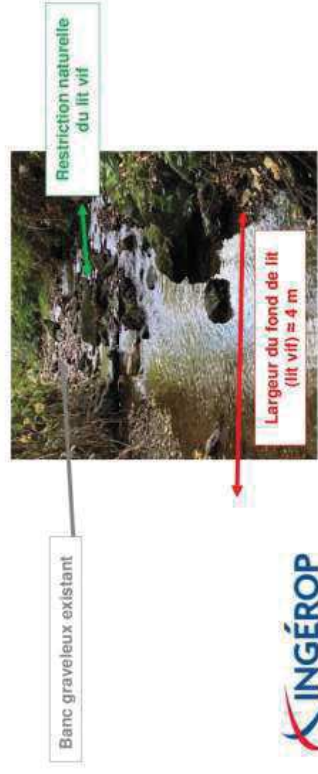


Figure 45 : Localisation des différents tronçons analysés

Le tronçon n°1 sur le Janon amont, d'une longueur de 170 m environ, est caractérisé par une largeur du lit mineur comprise entre 3 et 5 m, et une pente d'équilibre d'environ 1,4 %. En amont de ce tronçon est identifié un seuil infranchissable, provoquant une fosse de dissipation importante en aval direct. Le tronçon étudié reste cependant peu anthropisé par rapport aux tronçons aval, avec un lit d'étiage méandrant relativement bien.



Le tronçon n°2 sur le Janon, en amont de l'OH 4500 (bretelle), présente deux bassins en rive gauche impactant le cours d'eau. La largeur du lit mineur est comprise entre 4 et 5 m, pour un linéaire total de 550 m environ et une pente d'équilibre de 1,6 %.

La figure ci-dessous présente la largeur du lit à l'amont et à l'aval de l'OH 4500. A l'amont de l'ouvrage, la création naturelle d'un banc graveleux permet la restriction du lit vif, réduisant la ligne d'eau lors des périodes de basses eaux. Le resserrement du lit par la mobilisation de matériaux alluvionnaires est un phénomène naturel, assurant une lame d'eau suffisante au cours des périodes de basses eaux.



Le tronçon n°3 sur le Janon, en amont de l'OH 4621 (RN88), correspond au tronçon modifié par rapport au tracé de 1953, mais non modifié par le projet présenté dans cette note (cf analyse diachronique ci-dessus). La largeur du mineur dans ce secteur est comprise entre 3 et 4 m, en cohérence avec les tronçons témoins présentés précédemment. La pente d'équilibre du tronçon est de 1,8 % pour un linéaire de 80 m.



Le tronçon n°4 sur le Janon, repris par le projet présenté dans cette note, est délimité entre l'OH 4621 (RN88) et l'OH 4781 (Impasse de la Magie). La largeur du lit mineur dans ce secteur sera conforme aux tronçons témoins, à savoir 4 m, avec une pente d'équilibre d'environ 1,8 %, proche des valeurs présentées précédemment sur les tronçons témoins. Le lit mineur présentera également un cintrage (20 cm de profondeur) créant un lit d'étiage, repris naturellement par la dynamique du cours d'eau.

La largeur du lit mineur sur le tronçon n°5, sur le Janon aval, en amont des bassins DIRCE, est d'environ 4 m sur un linéaire de 200 m environ pour une pente d'équilibre de 0,7 %.



Conformément aux tronçons précédents, la largeur du lit mineur sur le tronçon n°6, sur le Janon en aval des bassins DIRCE, est comprise entre 4 et 5 m. Le linéaire total du cours d'eau est d'environ 250 m pour une pente d'équilibre à 0,9 %.



Le tronçon n°7 sur le Ricolin amont se définit par une largeur de lit mineur comprise entre 2 et 3 m, sur un linéaire d'environ 200 m et une pente d'équilibre entre 1,5% et 1,9 %. De la même façon que pour le Janon sur le tronçon n°1, le Ricolin présente de nombreux méandres, avec des blocs de roche de tailles plus ou moins importants et des banquettes minérales réduisant ponctuellement la largeur du lit.



Banc graveleux existant

Le tronçon n°8, représente la partie du Ricolin reprise par le projet en amont de la confluence avec le Janon. La largeur du lit mineur sera comme pour le tronçon témoin d'environ 3 m, pour une pente d'équilibre avoisinant les 2,3 %, relativement proche de la pente d'équilibre décrite pour le tronçon n°2. De la même façon que pour les tronçons projetés, un lit d'étiage sera réalisé avec un cintrage du fond de lit.

En conclusion, les aménagements projetés sur le Janon et le Ricolin sont en cohérence avec les tronçons témoins identifiés grâce à l'analyse diachronique.

## 1.7. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS EN PHASE CHANTIER

### 1.7.1. Phase 1 : Dérivation provisoire du Janon

L'objectif de cette première phase est de permettre la réalisation des deux ouvrages hydrauliques OH2 et OH3 situé en partie dans le lit du cours d'eau actuel. C'est aussi pendant cette phase que sera traité (Janon et Ricollin) la Renouée du Japon dans le secteur amont, selon les préconisations imposées dans le cahier des charges.

La première phase chantier se déroulera comme suit :

- Création d'un canal de dérivation permettant de dériver les eaux provenant du lit du Janon existant (Cf plan ci-dessous), et mise en place d'un merlon de protection empêchant le transit des eaux dans le lit existant du Janon. Cette dérivation temporaire sera réalisée par la mise en place de tuyaux suffisamment dimensionnés pour tenir compte du débit dans le ruisseau, un batardeau souple autobloquant sera mis en place en amont et un filtre anti-MES (type casier pouzzolane) sera disposé dans le cours d'eau à l'aval des travaux (Cf photos ci-dessous).
- Réalisation d'une pêche de sauvegarde (pêche électrique) sur le tronçon allant de la confluence Janon – Ricollin jusqu'à la fosse en aval du seuil existant, puis sur le secteur amont au niveau de l'ouvrage sous la RN88. La pêche de sauvegarde se fera en concertation avec la fédération de pêche.
- Mise en œuvre d'un batardeau filtrant anti-MES en aval du seuil existant ainsi qu'un barrage en amont de la confluence Janon – Ricollin. Pour la mise en assèc du tronçon du Janon, pendant la déconstruction du seuil aval, et la reprise du profil en long du cours d'eau.
- Dérivation du Ricollin en amont du barrage nouvellement créé, avec pose d'une conduite provisoire pour la dérivation des eaux du Janon et du Ricollin (buse amarrée Ø800, avec un débit capable de 2,1 m<sup>3</sup>/s, correspondant à une occurrence à 2,5 fois le module).
- Dérasement du seuil existant jusqu'à la cote 383,19 m NGF, et comblement de la fosse à l'aval du seuil. Les matériaux graveleux (Ø0 – 400 mm) actuellement retenus en amont du seuil sont estimés à 800 m<sup>3</sup>. Un contrôle des sédiments sera cependant nécessaire en phase chantier, afin de vérifier la qualité des matériaux avant leur remise en œuvre sur l'ensemble des deux lits des cours d'eau reprofiliés.
- Traitement de la Renouée Japon, dans l'emprise des travaux : arrachage et évacuation de la partie aérienne de la plante, dégrappage des rhizomes et évacuation des matériaux impropres sur une profondeur moyenne de 1 m.

Réalisation des terrassements et autres aménagements, en remontant de l'aval vers l'amont jusqu'à l'ouvrage de la RN88 :

- Déblais et mise en stock des matériaux existants qui seront réutilisés pour les futurs aménagements projetés (Renouage de terre végétale, remise en œuvre de matériaux en fond de lit, comblement de la fosse en aval du seuil, réalisation de seuils de stabilisation, et empièvements de pied de berges). L'ensemble de ces matériaux, sera stocké dans un secteur hors d'eau (comme la zone du futur bassin de rétention).
- Dépose des blocs d'envrochements existants et mise en dépôt des matériaux en vue de leur réutilisation dans le cadre des aménagements projetés (terre végétale, blocs d'envrochement, matériaux graveleux en fond de lit). Les matériaux excédentaires, issus du terrassement des berges, seront évacués par l'entropise vers des sites agréés par le maître d'ouvrage.
- Renforcement des culées de l'ouvrage de la Magie, afin de prévenir d'éventuels affouillements, en cas de crue et suite à l'abaissement du fond de lit d'environ 1,3 m (pont conservé en phase provisoire).
- Terrassement du lit provisoire sur la rive gauche actuelle, et réalisation du raccordement à l'ouvrage RN88. Au droit de l'ancien lit, un merlon sera créé pour dériver les eaux vers le chenal provisoire.

**Nota :** Les aménagements prévus en phase chantier n'aggraveront pas la situation hydraulique actuelle. L'arasement du seuil existant à la cote 383,19 m NGF permettra l'abaissement du fond de lit actuel, et par conséquent de la ligne d'eau. C'est pourquoi l'arasement du seuil sera réalisé dès le début de la phase chantier, afin d'assurer pendant cette phase une protection décennale à minima.

La figure suivante présente la vue en plan du contournement du Janon en phase provisoire (dimensionnement décennal).

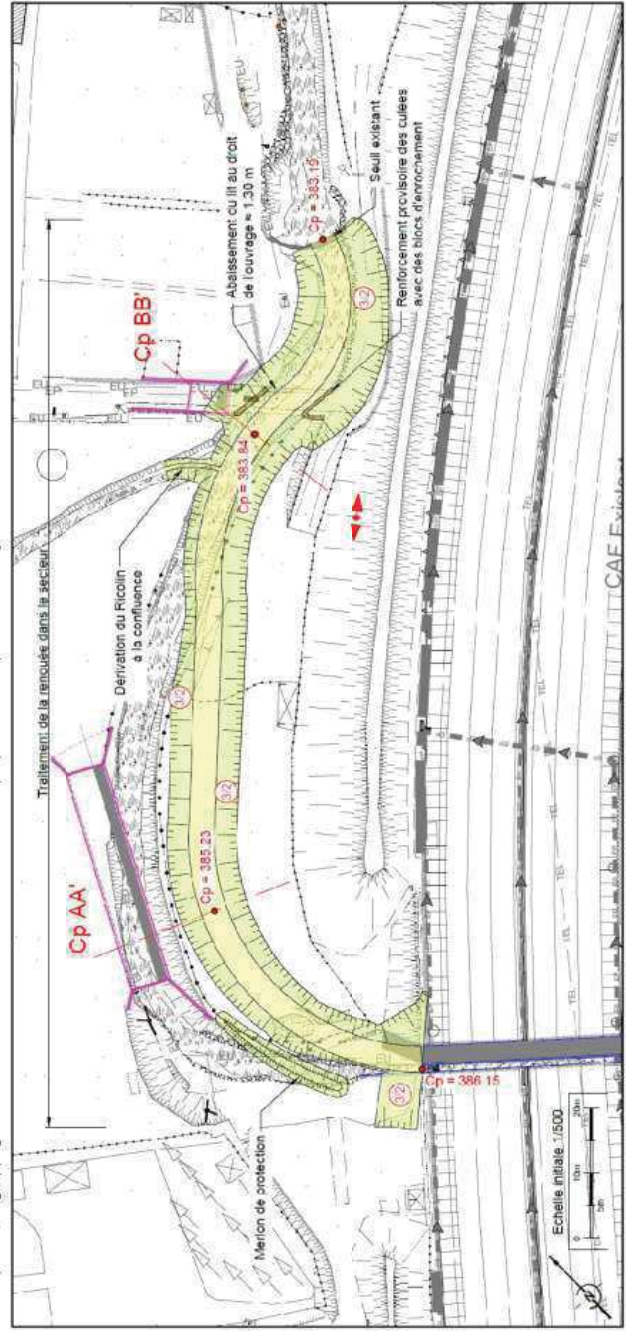


Figure 47 : Illustrations de barrage souple autobloquant et filtre







## 1.7.2. Phase 2 : Reprise du tracé définitif sur le Janon et le Ricolin

L'objectif de cette seconde phase est de réaliser l'ensemble des deux rescindements cours d'eau du Janon et du Ricolin. Pour des raisons de planning, cette phase a été sous-découpée entre deux secteurs d'intervention, qui seront décalés dans le temps.

### 1.7.2.1. Secteur 2a -Partie amont

Cette 2<sup>e</sup> phase comprendra la création des deux ouvrages sur le Janon (OH du barreau routier et de la Maglie) et un ouvrage sur le Ricolin (sous le Giratoire). Une fois, la création de ces différents ouvrages, les aménagements se décomposeront comme suit :

- Reprofilage du nouveau lit et des berges, de l'aval vers l'amont.
- Réalisation depuis la piste en fond de cours d'eau, de toutes les techniques de renforcement de berge, rampe en blocs, avec un appareillage fin des blocs pour la réalisation de l'ensemble des enrochements prévus dans les aménagements projetés (y compris la création de la bêche d'enrochements).
- Création des seuils de fond en blocs finement appareillés (Ø moyen variable 0,4 à 0,6 m), pour la stabilisation du profil en long, avec remplissage des interstices entre les blocs avec des matériaux graveleux.
- Fourniture et pose de banquettes béton à l'intérieur de l'ouvrage sous la RN88 sur le Janon.
- Réalisation de la banquette faune en encoffrement, à l'intérieur des OH existants, sous la bretelle de sortie de la RN88 et sous la RD32 route de la Vartzelle.
- Remise en eau progressive du nouveau lit, et comblement du lit provisoire.
- Déblais des zones de compensation (après le décapage de la terre végétale, sa mise en stock provisoire, et son renappage final).
- Réalisation des aménagements végétalisés (lits de plants et plançons, fascines de saules ou d'hélophytes, ensèmentement de l'ensemble de surfaces travaillées, plantations d'arbres et d'arbustes).

### 1.7.2.2. Secteur 2b – Partie aval

Cette dernière phase comprendra les aménagements suivants :

- Traitement de la Renouée du Japon sur le secteur.
- Décapage de la terre végétale de l'ensemble des surfaces travaillées.
- Déblais des zones de compensation, et reprise de la berge rive droite à l'aval du bassin de la DIRCE (réalisation d'un batardeau provisoire, pêche de sauvegarde avant la mise en assèc d'une partie du lit, enrochement de pied de berge avec sabot para-bouille).
- Réalisation des aménagements végétalisés (fascines d'hélophytes, plantation d'arbres, d'arbustes et des boutures de saules, ensèmentement).

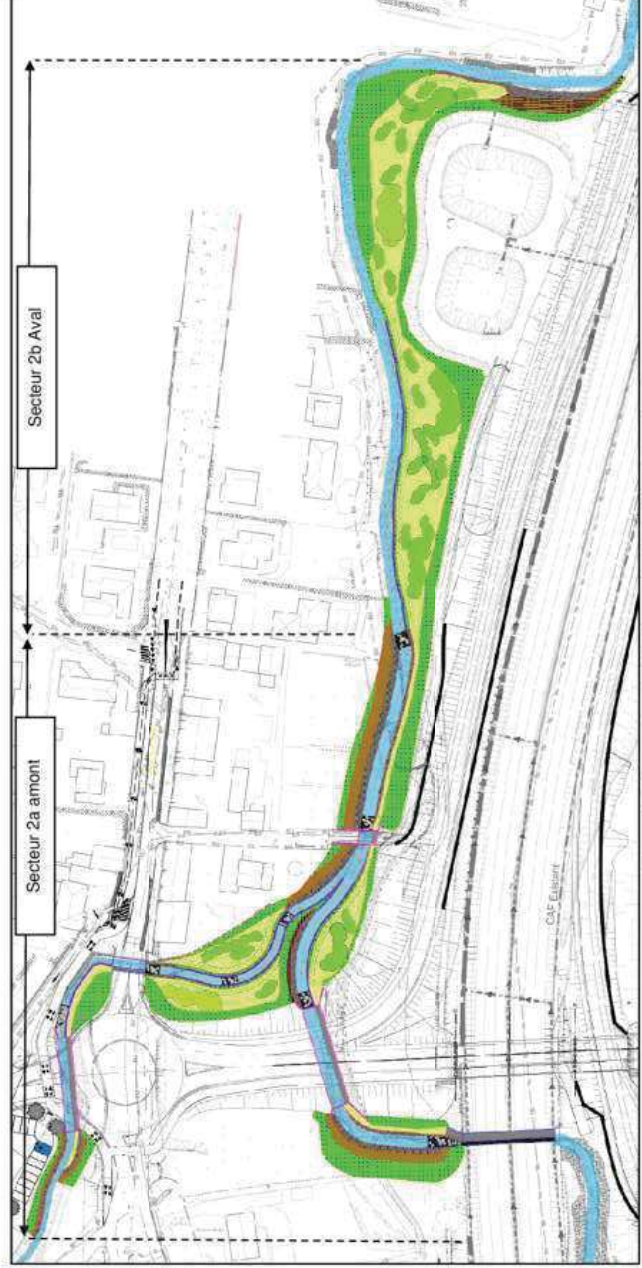


Figure 48 : Vue en plan du déroulement de la deuxième phase chantier

La figure ci-dessous présente la limite d'inondation cinquantennale en rive gauche, dans le secteur d'implantation possible de la base vie lors de la phase chantier. Une zone hors d'eau pour cette occurrence de crue est identifiée, à l'emplacement du futur bassin de rétention n°1, avec une possibilité d'implantation de la base vie lors de la phase chantier.

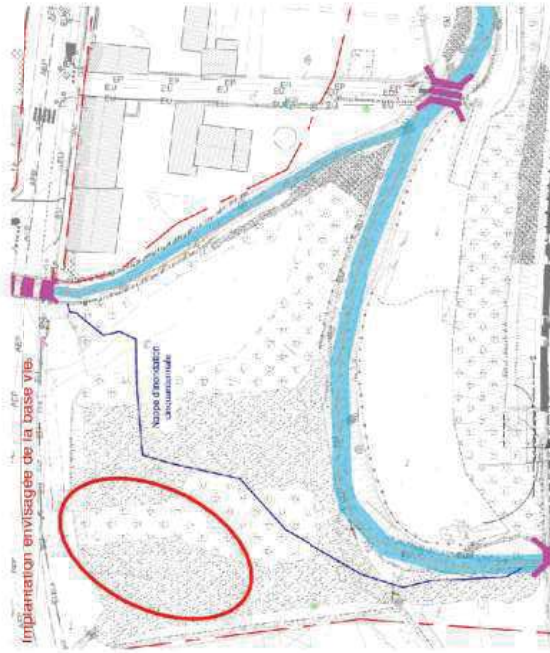


Figure 49 : Vue en plan de la nappe d'inondation cinquantennale et de l'implantation de la base vie



### 1.8. DESCRIPTION DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE PROJETEE

La modélisation projetée se base sur les mêmes profils en travers que ceux présentés pour la modélisation existante (en verts sur la figure suivante), auxquels s'en ajoutent d'autres (en rouge sur la figure suivante). Au total, 44 profils en travers ont été réalisés pour le Janon répartis sur 2170 mètres et 11 profils en travers pour le Ricolin répartis en 3850 mètres.

La figure suivante présente la vue en plan localisant ces différents profils en travers.

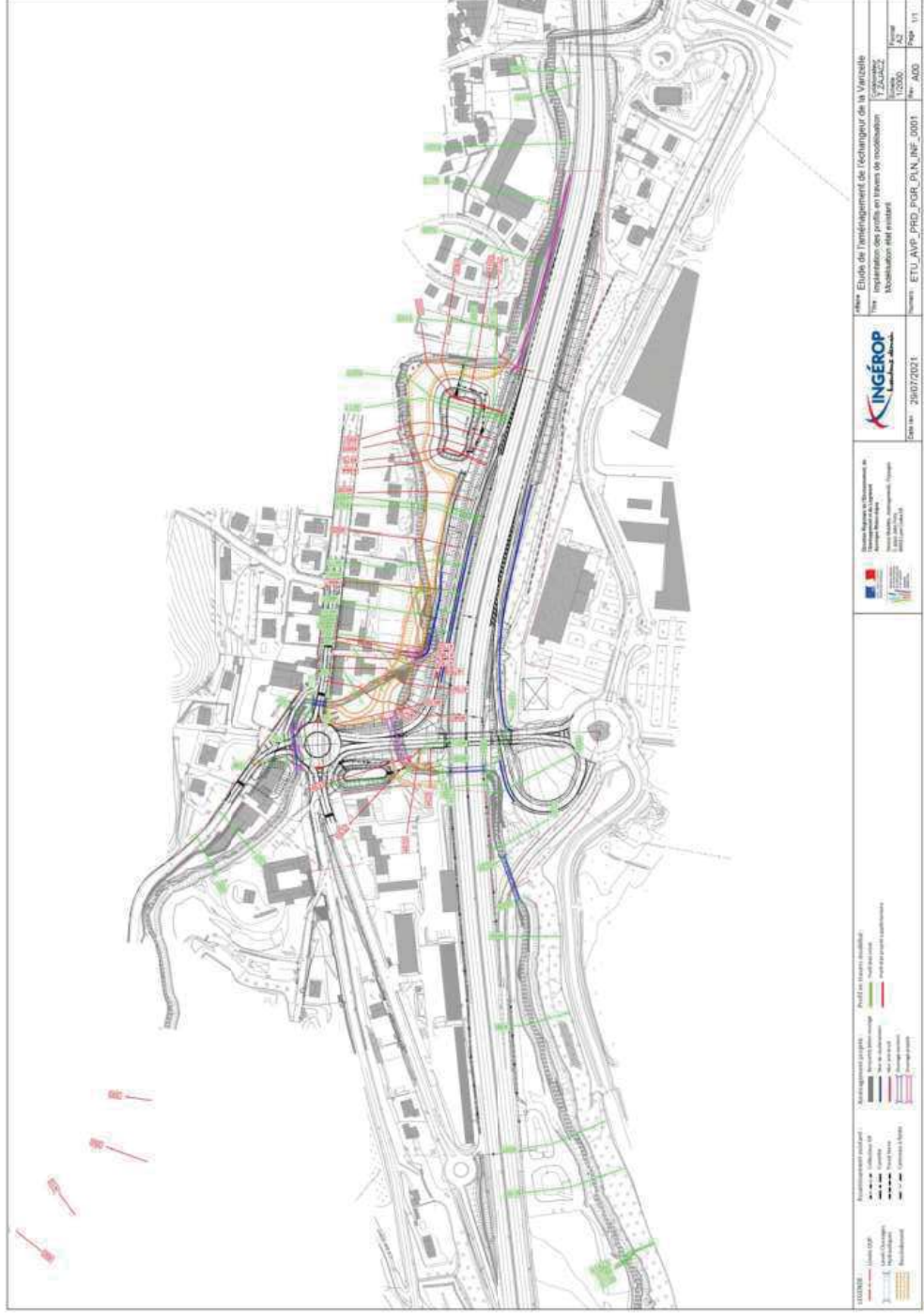


Figure 52 : Vue en plan des profils en travers utilisés pour la modélisation projetée

### 1.8.1. Modélisation de l'état projeté sur le Janon

Bien que les aménagements projetés améliorent la situation actuelle, concernant le risque inondation au niveau de l'OH 4621, une retenue se forme en amont de l'ouvrage pour la crue centennale. Cette dernière permet cependant d'augmenter l'écoulement de la crue, le volume d'eau en excédant est donc stocké sur une courte période et restitué à la rivière progressivement.

Le reprofilage des profils en long suite à l'abaissment du seuil induit un abaissement du niveau de fond, accompagné d'une diminution des lignes d'eau sur l'ensemble du linéaire. En effet, de l'OH 4500 sous la bretelle en aval du site au PK - 4975 la ligne d'eau a diminué pour la majorité des points modélisés (abaissment du fond compris entre 0 et 1,75 m). Cela conforte l'efficacité des aménagements projetés.

Le tableau suivant donne l'évolution du profil en long (fond de lit) et de niveau d'eau centennal pour le Janon. Les résultats bruts pour des occurrences de crues 10 ans, 50 ans et 100 ans se trouvent en annexe 1.

PROFIL	Niveau du fond			Niveau d'eau Q100		
	Initial (m NGF)	Projet (m NGF)	Delta Initial/Projet (m)	Initial (m NGF)	Projet (m NGF)	Delta Initial/Projet (m)
-4361	389.15	389.15	0.00	393.09	393.11	0.02
-4458	388.67	388.67	0.00	393.05	393.08	0.03
-4500	388.03	388.03	0.00	392.92	392.96	0.04
-4501						
-4525	388.03	388.03	0.00	391.50	389.55	-1.95
-4532	387.95	387.95	0.00	391.55	391.31	-0.24
-4568	387.30	387.30	0.00	391.59	391.36	-0.23
-4585	386.66	386.66	0.00	391.63	391.41	-0.22
-4588	386.39	386.39	0.00	391.58	391.35	-0.23
-4588.2	386.17	386.17	0.00	391.60	391.37	-0.23
-4588.5						
-4621	386.00	386.00	0.00	389.47	389.42	-0.05
-4622	386.06	386.06	0.00	388.01	388.05	0.04
-4626	386.06	386.06	0.00	388.84	389.43	0.59
-4630	385.95	385.69	-0.26	388.93	389.48	0.55
-4631	385.87	385.55	-0.32	388.92	389.49	0.57
-4636						
-4640	385.52	384.45	-1.07	388.93	387.94	-0.99
-4750	385.25	384.01	-1.24	388.93	387.92	-1.01
-4780	385.07	383.74	-1.33	388.90	387.87	-1.03
-4782	384.79	383.64	-1.15	388.90	387.83	-1.07
-4785						
-4786	384.80	383.57	-1.23	386.75	385.12	-1.63
-4800	384.64	383.30	-1.34	386.35	385.54	-0.81
-4808	384.94	383.19	-1.75	385.86	385.45	-0.41
-4810	382.36	383.15	0.79	385.60	385.45	-0.15
-4825	382.55	382.94	0.39	385.28	385.24	-0.04
-4845	382.39	382.54	0.15	385.12	384.88	-0.24
-4875	382.27	382.27	0.00	384.97	384.53	-0.44
-4925	381.77	381.88	0.11	384.90	384.46	-0.44
-4928	381.84	381.84	0.00	384.67	384.45	-0.22
-4975	381.52	381.52	0.00	384.42	383.59	-0.83

Figure 53 : Résultats de la modélisation projetée sur le Janon

Entre les deux ouvrages hydrauliques existants (OH 4500 Bretelle et OH 4621 RN88), les altitudes du niveau de fond sont strictement équivalentes du fait qu'il n'y a eu aucun aménagement du fond dans ce secteur. La ligne d'eau sera quant à elle légèrement rabaisée du fait de l'impact des aménagements sur l'ouvrage aval, à savoir l'OH 4621 (sous la RN88).

Entre l'OH 4621 (RN88) et l'OH 4636, la réhausse de la ligne d'eau constatée en amont de l'OH 4636 (barreau) peut être expliquée par la modification de plusieurs paramètres :

- Modification de la localisation de certains profils, comme -4631, limitant la pertinence de la comparaison entre l'état existant et projeté (suite à la modification de tracé projeté). En effet, les lignes d'eau comparées ne se suivent pas au même endroit.
- Réduction de la section hydraulique (resserrement ponctuel du lit entre les ouvrages RN88 et barreau), créant ainsi une remontée de la ligne d'eau sur environ 25 m, mais qui reste toutefois contenue dans le gabarit du cours d'eau projeté (donc sans incidence sur l'inondabilité du secteur) :
  - o Ajout de l'OH 4636 sous le barreau nouvellement créé dans le modèle hydraulique.
  - o Réduction de la section hydraulique des profils -4630 et -4631 (passage d'environ 25m).

**Nota :** Malgré la réhausse de la ligne d'eau constatée, le passage d'une crue centennale est assuré sous l'ouvrage avec un tirant d'air estimé à 1,36 m. Cette analyse sera détaillée dans la suite de la présente note.

Entre l'OH 4636 (barreau) et l'OH 4781 (la magie), l'abaissment du fond du lit, et les déblais en lit majeur (compensation hydraulique), induisent une diminution de la ligne d'eau d'environ 1 mètre.

En aval de l'OH 4781 (la magie), le dérasement du seuil au PK - 4800 et - 4808 induit l'abaissment du niveau de fond et le comblement de la fosse de dissipation existante en aval. La ligne d'eau sera quant à elle abaissée de 0.04 à 1,83 mètres (globalement l'ensemble du secteur sera abaissé).

En entrée et sortie d'ouvrage, le changement des conditions hydrauliques provoque localement le changement de régime hydraulique (torrentiel à fluvial), expliquant les exhaussements et l'abaissment localisés de la ligne d'eau (classiquement observés).

La figure suivante compare l'évolution des profils en long existant et projeté pour une crue centennale.

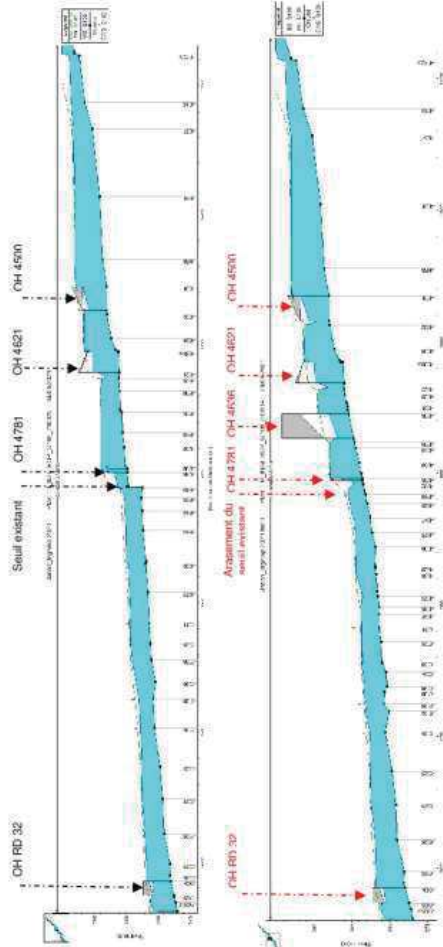


Figure 54 : Profil en long projeté pour une crue centennale sur le Janon

### Bilan

Le dérasement du seuil, et le reprofilage des deux cours d'eau, ont permis un abaissement significatif de la ligne d'eau dans ce secteur, mais surtout la disparition de la chute, que ce dernier provoquait, permettant ainsi, la réouverture des parties amont du Janon et du Ricoin à la vie piscicole.

Le gabarit du nouveau lit (mineur et majeur) du Janon permet de contenir la crue centennale à l'aval de l'ouvrage RN88, et globalement améliore l'ala d'inondation dans le secteur et ce jusqu'à l'aval du bassin de la DIRCE.

### 1.8.2. Modélisation de l'état projeté sur le Ricolin

Le tableau suivant présente l'évolution du profil en long (fond de lit) et de niveau d'eau centennal pour le Ricolin : Les résultats bruts pour des occurrences de crues 10 ans, 50 ans et 100 ans se trouvent en annexe 2.

PROFIL	Niveau du fond			Niveau d'eau Q100		
	Initial (m NGF)	Projet (m NGF)	Delta Initial/Projet (m)	Initial (m NGF)	Projet (m NGF)	Delta Initial/Projet (m)
3512	481.18	481.18	0.00	482.64	482.64	0.00
3502	480.28	480.28	0.00	482.65	482.65	0.00
3470	Ouvrage hydraulique Amont					
3430	477.32	477.32	0.00	478.10	478.10	0.00
2460	444.85	444.85	0.00	446.18	446.19	0.01
2390	439.21	439.21	0.00	439.99	439.92	-0.07
257	389.27	389.27	0.00	391.08	391.08	0.01
165	Ouvrage sous Giratoire					
125.0	386.68	386.68	0.00	389.49	388.69	-0.80
113	386.29	386.29	0.00	389.48	388.81	-0.67
100	Ouvrage sous RD32					
98	386.44	386.44	0.00	388.91	387.69	-1.22
95	386.43	386.36	-0.07	388.89	387.24	-1.65
50	385.85	385.39	-0.46	388.96	387.92	-1.04
28	385.75	384.52	-1.23	388.91	387.93	-0.98
18	385.24	384.00	-1.24	388.88	387.93	-0.95
0	385.13	383.72	-1.41	388.89	387.92	-0.97
-4780	385.07	383.74	-1.33	388.91	387.92	-0.99

Figure 55 : Résultats de la modélisation projetée sur le Ricolin

De la même façon que précédemment, une diminution des niveaux de fond ainsi que des lignes d'eau, est obtenue au regard des résultats de la modélisation. L'abaissement est compris entre 0 m au minimum et 1,41 m au maximum. Les lignes d'eau seront également abaissées de 0 m à 1,65 m.

### 1.8.3. Nappes inondations à l'état projeté

Les nappes d'inondation pour l'état projeté sont symbolisées sur la figure suivante (voir vue en plan II.6.8).

En comparaison avec l'état existant, les propriétés inondées en rive gauche ne présentent plus que des hauteurs d'eau comprises entre 33 cm et 90 cm (pour plus d'un mètre avant aménagements). Le fonctionnement en période de crues est donc nettement amélioré par rapport à l'état existant. Le propriétaire au point coté 387,82 m NGF pour le niveau Q100 a également été rencontré au cours des phases terrain. Sa propriété se trouve sur une zone en remblais, diminuant davantage le niveau d'eau pour une crue d'occurrence centennale.

Le point se trouvant dans le fond de lit au niveau de la confluence avec le Janon présente une ligne d'eau à 387,73 m NGF à l'état projeté pour une ligne d'eau de 388,91 m NGF à l'état existant (ce même point était alors en lit majeur).

Secteur amont de l'impasse de la Magie :



Figure 56 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état projeté

### Bilan

On constate sur la vue en plan ci-dessus, que les aménagements projetés permettent d'améliorer l'aléa d'inondation dans le secteur en rive gauche du Ricolin.

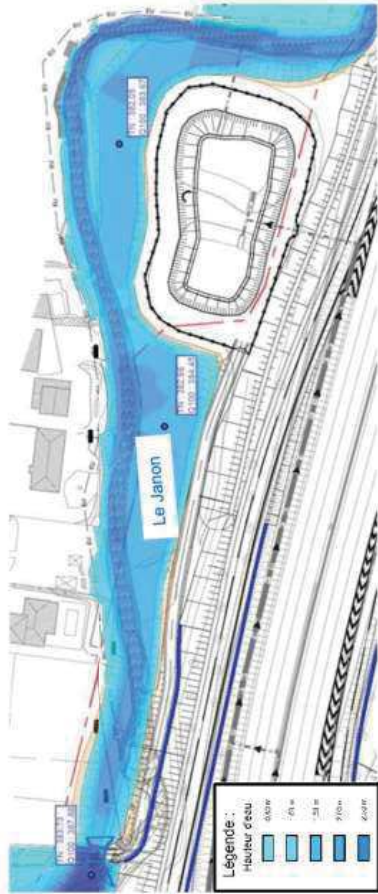


Figure 57 : Nappes d'inondation pour une crue centennale à l'état projeté

A l'état projeté, la zone inondable en rive droite du Janon présente une hauteur d'eau d'environ 1,8 m pour une crue d'occurrence centennale, comparé aux 36 cm à l'état existant.

La zone inondable au nord des bassins DIRCE quant à elle permet un stockage pour cette même crue de 1,6 m par rapport aux 80 cm actuellement. Cela témoigne de l'impact favorable des aménagements projetés, préservant le risque d'inondation dans ce secteur.

#### 1.8.4. Analyse de l'impact des aménagements sur les ouvrages hydrauliques (OH)

Il est important de garder à l'esprit que plusieurs contraintes hydrauliques nécessitent de contenir le risque d'inondation dans le secteur, afin de :

- Préserver l'infrastructure et les zones d'habitations.
- Ne pas aggraver le risque d'inondation au droit et à l'aval de la zone de travaux
- Respect des taux de remplissage et de fronts d'air « acceptables » au sein des ouvrages hydrauliques projetés, en visant un front d'air minimum de 50 cm pour les ouvrages projetés (conformément aux spécifications du guide SETRA).

Les ouvrages hydrauliques feront l'objet d'aménagements afin de restaurer la franchissabilité piscicole.

Les OH 4636 (Barreau) et 4781 (Magie) seront équipés d'une banquette en béton pleine, de 1,50 m de largeur et calée au-dessus du niveau de la crue 2 ans. Les ouvrages hydrauliques OH 4500 (brette) et l'OH RD32 seront équipés de banquettes faune, en encoiriellement (1,40cm x ép : 5cm), calée pour assurer sa non inondabilité pour une crue décennale. L'ouvrage hydraulique OH 4621 (RN88) gardera la banquette existante de 3 mètres, et sera équipé de barrettes asymétriques en V fixées au radier de l'ouvrage (h=10 cm à l'axe). Ces barrettes seront espacées de 4 m de distance, et des matériaux de fond de lit prélevés sur site (Ø50 - 150 mm) seront mis en œuvre entre ces dernières.

Le tableau ci-dessous précise les résultats obtenus, avec un espacement des barrettes devant être compris entre 3,3 m et 5 m, pour une pente du fond de lit à 0,6%.

Paramètres	Ouvrage RN88 (OH 4621)
Pente (%)	0.60%
Pente (m/m)	0.006
Espacement minimum (0.20 m)	3.3
Espacement maximum (0.30 m)	5.0
Espacement entre seuil (m)	4.0
Hauteur de seuil (m)	0.1
$0.20 \leq l \times l/P \leq 0.30$	0.24

Figure 58 : Tableau bilan du calcul de l'interdistance entre les barrettes sous l'OH 4621

Pour permettre la franchissabilité de cet ouvrage, et afin de garantir une bonne stabilité de l'OH 4621, l'aval de cet ouvrage sera accompagné par une rampe en blocs tapissant le fond du cours d'eau afin de bloquer le profil en long et éviter la création d'une nouvelle fosse plus difficilement franchissable. Les aménagements projetés prévoient la réalisation d'une rampe en blocs, d'une longueur totale de 10 mètres environ, se décomposant de la façon suivante :

- Constituée avec une densité de blocs importante (un géotextile synthétique sous-jacent sera implanté sous la couche de transition), les interstices seront remplis de matériaux graveleux grossiers.
- L'accès à la banquette se fera au moyen de rampes en enrochements (Ø 400-800 mm) raccordées au terrain naturel en pied de talus.
- En tête d'ouvrage une butée amont sera créée, avec un ancrage en fond de fosse existante.
- La rugosité de la rampe sera de l'ordre de  $K = 25$ .
- La pente longitudinale sera de 1,30%, avec des pentes latérales de 10 %, permettant le cintrage de la rampe pour concentrer les écoulements, une attention particulière sera portée pendant la phase de réalisation de l'ouvrage, pour créer une bonne rugosité, afin de limiter les vitesses et rehausser les hauteurs d'eau à l'étiage, favorable aux petites espèces.

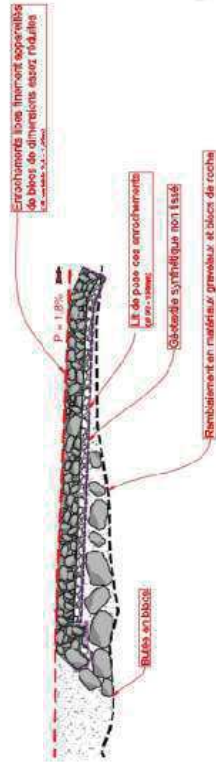


Figure 59 : Profil en long de principe d'une rampe en blocs

L'accès aux ouvrages sera compacté et recouvert de terre végétale pour faciliter les déplacements des petites espèces animales.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des ouvrages existants sur le Janon :

Paramètres	OH 4500 : Ouvrage sous la Bretelle	OH 4621 : Ouvrage sous la RN 88	OH 4781 : Ouvrage sous le Pont de la magie	OH RD 32
Pente en long	0,27 %	0,5 %	0 %	2,3 %
Longueur	37,30 m	32,44 m	4,62 m	22 m
Largeur	4 m	4 m	6,1 m	6 m
Hauteur	3,5 m	3,3 m sur banquettes 4,3 m sur cours d'eau	2,9 m	3,4 m
Section	14 m <sup>2</sup>	14,2 m <sup>2</sup>	17,5 m <sup>2</sup>	20,4 m <sup>2</sup>
Niveau Q100	391,74 m	390,22 m	388,89 m	380,77 m
Niveau haut de l'ouvrage	391,81 m	390,45 m	387,67 m	381,30 m
Tirant d'air	0,07 m	0,23 m	-1,22 m	0,53 m

Figure 60 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages existants sur le Janon

Pour une crue centennale, les ouvrages existants sont donc actuellement en charge (OH 4781 avec un dépassement du niveau d'eau de 1,22 mètre) ou présentant un tirant d'air relativement faible (7 cm pour l'OH 4500 et 23 cm pour l'OH 4621).

Les dimensions des ouvrages projetés doivent permettre d'améliorer la situation actuelle en période de crues. Chaque ouvrage a donc été dimensionné pour permettre le passage d'une crue centennale et améliorer la situation globale pour cet événement.

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques concernant les ouvrages identifiés sur le Janon :

Paramètres	OH 4500 : Ouvrage sous la Bretelle	OH 4621 : Ouvrage sous la RN 88	OH 4636 : Ouvrage sous le barreau routier	OH 4781 : Ouvrage sous l'impassé de la magie	OH RD 32
Pente en long	0,27 %	0,5 %	1,00 %	1,00 %	2,3 %
Longueur	37,30 m	32,44 m	36 m	4 m	22 m
Largeur	4 m	4 m	5,5 m	5,5 m	6 m
Hauteur	3,5 m	3,34 m sur banquettes 4,34 m sur cours d'eau	4 m	4 m	3,4 m
Section	14 m <sup>2</sup>	14,2 m <sup>2</sup>	20,8 m <sup>2</sup>	20,8 m <sup>2</sup>	20,4 m <sup>2</sup>
Niveau Q100	391,77 m	389,96 m	388,01 m	386,34 m	380,76 m
Niveau haut de l'ouvrage	391,81 m	390,45 m	389,40 m	387,64 m	381,30 m
Tirant d'air	0,04 m	0,49 m	1,40 m	1,30 m	0,54 m
Largeur de la banquette	0,40 m	3 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Hauteur de la banquette	-	1 m	0,60 m	0,60 m	-

Figure 61 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages projetés sur le Janon

Ainsi, l'OH 4636 (sous le litur barreau) permet le passage d'un débit centennal avec un tirant d'air de 1,39 m.

L'ouvrage OH 4781 (sous l'impassé de la magie) quant à lui influence le niveau d'eau en amont malgré un tirant d'air de 1,3 mètre. Cela permet néanmoins d'optimiser le volume écrié en zone 1 en période de crues. Les dimensions et les pentes des ouvrages projetés sont supérieures à celles des ouvrages existants plus en amont, améliorant ainsi la situation actuelle en période de crues, y compris au niveau des ouvrages existants comme l'OH 4621.

Ce dernier (sous la RN88) sera équipé de banquettes d'une hauteur d'environ 20 cm, afin de relever la hauteur d'eau, réduire les vitesses, reconstruire un fond de lit graveleux et ainsi améliorer la franchissabilité piscicole. Cela redonnera également une certaine sinuosité au lit de la rivière, ces banquettes étant asymétriques. Cet aménagement sera détaillé dans la suite de la présente note. La non-intervention sur la largeur de la banquette au profit du Janon et la non reprise de l'entonnement en amont s'explique par la choix de la DIRCE de conserver la banquette pour des raisons de stabilité d'ouvrage, celle-ci étant solidaire à ce dernier. Cette banquette permet également le passage de la grande faune à travers l'ouvrage hydraulique.

Le reprofilage du lit en amont de cet ouvrage est nécessaire à cause de la présence d'une chute conséquente, créant une discontinuité écologique (Cf figure ci-dessous). Des blocs seront redispés dans ce secteur afin d'adoucir au maximum la pente sur la partie amont (<3% permettant la restauration de la continuité écologique).



Figure 62 : Photo terrain de la chute en amont de l'OH 4621 (RN88)



L'OH 4500 (bretelle) présente actuellement une très légère mise en charge de l'ordre de 7 cm pour la crue centennale, contre une mise en charge réduite à 4 cm en état projeté.

En effet, malgré le fait qu'il n'y ait pas d'intervention prévue sur cet ouvrage et sur le fond du lit dans ce secteur, un léger abaissement de la ligne d'eau centennale est à noter, grâce aux aménagements proposés en aval, notamment la suppression du verrou hydraulique, constitué par le seuil existant et le pont de l'Impasse de la Magie.

Plusieurs raisons expliquent la non-intervention dans ce secteur et sur cet ouvrage :

- Les travaux ne comprennent pas la reprise de cet ouvrage car son dimensionnement ne crée qu'une légère mise en charge, pour une période de retour exceptionnelle, il n'est donc pas impactant vis-à-vis des inondations.
- Le coût occasionné par la reprise de cet ouvrage est trop important, pour les raisons précédemment évoquées.
- Éviter l'intervention dans le lit du cours d'eau d'engins mécaniques. Seule la mise en place d'une banquettes en encochement sera réalisée pour permettre le passage de la petite faune.

Enfin, l'OH sous la RD 32 sur le Janon présente la même altitude pour le niveau d'eau centennial, témoignant ainsi de la non-influence des aménagements projetés dans ce secteur.

Concernant le Ricolin, l'OH 100 sous la RD 32 constitue le seul ouvrage existant dont les caractéristiques sont synthétisées ci-dessous.

Paramètres	OH 100 : ouvrage sous la RD 32
Pente en long	0,4 %
Longueur	13 m
Largeur	4 m
Hauteur	3,5 m
Section	11,2 m <sup>2</sup>
Niveau Q100	388,86 m
Niveau haut de l'ouvrage	389,06 m
Tirant d'air	0,20 m

Figure 63 : Synthèse des caractéristiques de l'ouvrage existant sur le Ricolin

Cet ouvrage est aujourd'hui proche de la mise en charge lorsque survient une crue centennale, avec un tirant d'air de seulement 20 cm par rapport au niveau de l'ouvrage.

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques hydrauliques des ouvrages à l'état projeté sur le Ricolin.

Paramètres	OH 100 : ouvrage sous la RD 32	OH 165 : Giratoire
Pente en long	0,4 %	2,3 %
Longueur	13 m	30 m
Largeur	4 m	4 m
Hauteur	3,5 m	3 m
Section	11,2 m <sup>2</sup>	11,25 m <sup>2</sup>
Niveau Q100	388,18 m	389,54 m
Niveau haut de l'ouvrage	389,06 m	390,90 m
Tirant d'air	0,88 m	1,36 m
Largeur de la banquettes	1,50 m	-
Hauteur de la banquettes	0,50 m	-

Figure 64 : Synthèse des caractéristiques des ouvrages projetés sur le Ricolin

De la même façon que sur le Janon, la capacité de l'ouvrage projeté (sous le giratoire) sera supérieure à l'ouvrage existant, permettant également une nette amélioration du fonctionnement au cours d'importants événements de crues.

Les aménagements projetés à l'aval de l'OH 100 sous la RD 32 permettent une amélioration de la capacité hydraulique de l'ouvrage avec un gain de tirant d'air d'environ 68 cm.

Suite à notre retour de terrain, nous nous sommes aperçus que l'ouvrage hydraulique sous la RN 88, restait un ouvrage difficilement franchissable par la vie piscicole, du fait de sa forte restriction et de la nature du radier constitué en béton.

Le chapitre qui va suivre, sur la franchissabilité piscicole confirme cette problématique, ainsi il est proposé d'aménager le fond de cet ouvrage, en disposant des banquettes, présenté sur la photo ci-dessous :



Figure 65 : Illustration de banquettes béton à l'intérieur d'un ouvrage

L'OH 4621 sous la RN 88 présente une banquettes existante de 3 mètres de large, ne laissant alors plus qu'une emprise d'un mètre pour le Janon. Afin de répondre à cette contrainte, comme évoqué précédemment des banquettes seront installées sur le fond du radier, permettant ainsi le maintien d'une lame d'eau suffisante en période d'étiage.

*Les informations importantes*

- ❖ Les aménagements projetés améliorent la situation initiale en période de crues
- ❖ L'OH 4781 Impasse de la Magie : est actuellement en charge, d'environ 1,2 mètre, la reprise de son gabarit permet au nouvel ouvrage, de présenter un tirant d'air de 1,3 mètre en état projeté.
- ❖ OH 4621 RN88 : installation de banquettes rehaussant la hauteur d'eau (à l'étiage) à l'intérieur de l'ouvrage, pour améliorer la franchissabilité piscicole.

#### 1.8.4.1. Présentation des résultats des lignes d'eau centennales au droit des ouvrages du secteur

Les illustrations suivantes sont issues de la modélisation Hec-Ras des ouvrages modélisés. Celles-ci seront présentées de l'amont vers l'aval et mettront en évidence l'évolution du niveau d'eau pour une crue centennale entre l'état existant et l'état projeté.

##### Ouvrage hydraulique sur le Janon : OH 4500 Bretelle

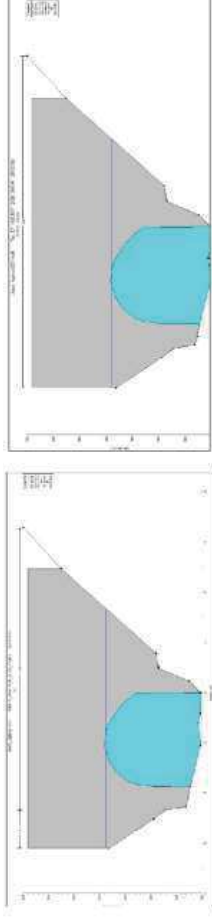


Figure 66 : Profil en travers de l'OH 4500 pour une crue centennale à l'état existant et projeté

L'OH 4500 se trouve être en charge pour une crue centennale en état initial et projeté.

##### Ouvrage hydraulique sur le Janon : OH 4621 RN 88

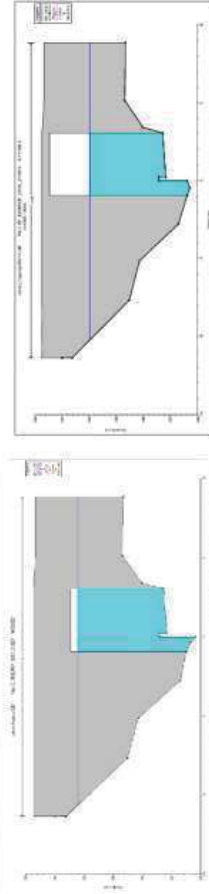


Figure 67 : Profil en travers de l'OH 4621 (RNS8) p pour une crue centennale à l'état existant et projeté

La comparaison entre l'état existant et projeté de l'OH 4621 montre un net abaissement de la ligne d'eau pour une crue centennale.

En effet, le niveau d'eau à l'état initial est de 390,22 m pour seulement 389,91 m à l'état projeté. Les aménagements projetés permettent donc une réelle amélioration dans ce secteur.

##### Ouvrage hydraulique sur le Janon : OH 4636 Barreau

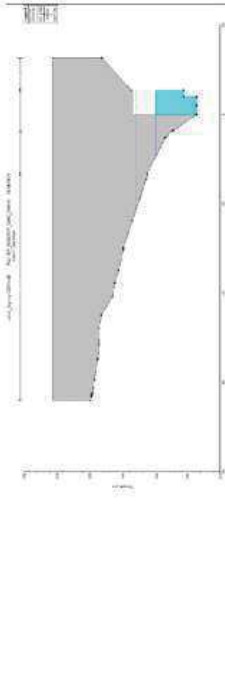


Figure 68 : Profil en travers de l'OH 4636 pour une crue centennale à l'état projeté

L'OH 4636 sous le barreau hydraulique projeté permet également le passage d'une crue centennale avec un niveau d'eau à l'intérieur de l'ouvrage de 388,01 m pour un tirant d'air de 1,39 mètres. Le dimensionnement de la capacité de cet ouvrage est donc pertinent au regard des résultats obtenus pour une modélisation centennale.

##### Ouvrage hydraulique sur le Janon : OH 4781 Pont de la magie

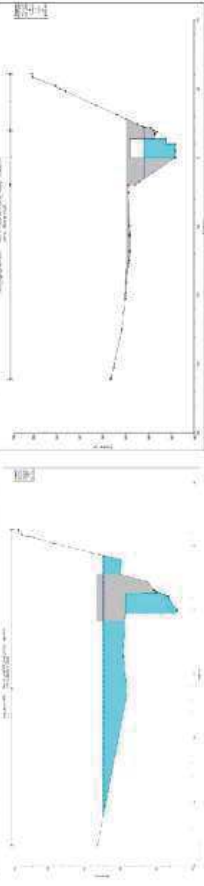


Figure 69 : Profil en travers de l'OH 4781 pour une crue centennale à l'état existant et projeté

La modification de l'OH 4781 permet à cet ouvrage de ne plus être en charge pour une crue d'occurrence centennale. En effet, en état existant le niveau d'eau centennal à l'intérieur de cet ouvrage est de 388,89 m, soit 1,22 mètres au-dessus du niveau haut de l'ouvrage.

En état projeté, cet ouvrage retrouve un tirant d'air de 1,3 mètres avec un niveau d'eau centennal de 386,34 m. Les aménagements projetés dans ce secteur permettent donc un abaissement significatif de la ligne d'eau et ainsi améliorer la situation en période de crues.

##### Ouvrage hydraulique sur le Janon : OH RD 32 Janon

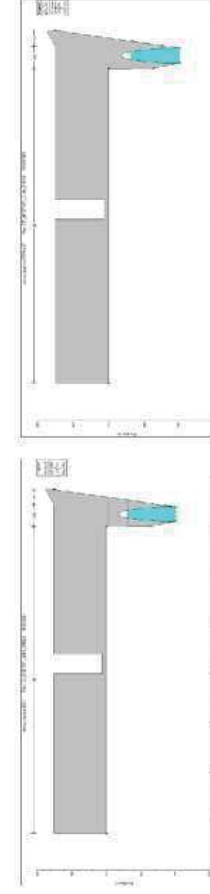


Figure 70 : Profil en travers de l'OH RD 32 pour une crue centennale à l'état existant et projeté

Les niveaux d'eau pour une crue centennale à l'état existant et projeté, à l'intérieur de cet ouvrage sont équivalents, témoignant ainsi que ce secteur se situe en dehors de la zone d'influence des aménagements projetés.

### Ouvrage hydraulique sur le Ricolin : OH 100 RD 32

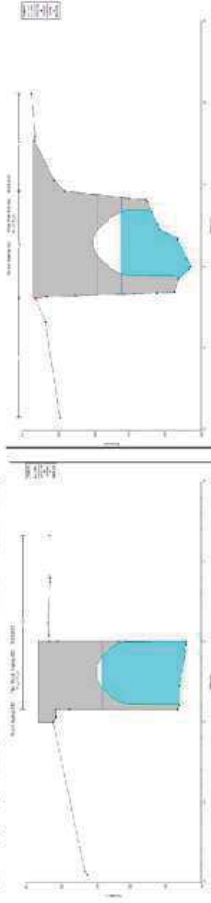


Figure 71 : Profil en travers de l'OH 100 pour une crue centennale à l'état existant et projeté

L'OH 100 sous la RD 32 sur le Ricolin présente également un abaissement de la ligne d'eau significatif entre l'état existant et projeté.

En effet, le niveau d'eau pour une crue centennale est de 388,86 m à l'état existant pour 388,18 m à l'état projeté, améliorant ainsi la situation en période de crues.

### Ouvrage hydraulique sur le Ricolin : OH 165 Giratoire

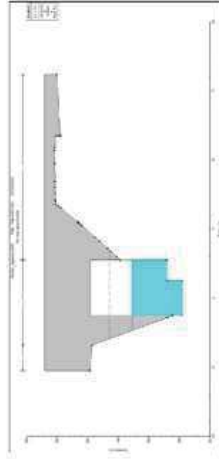


Figure 72 : Profil en travers de l'OH 165 pour une crue centennale à l'état projeté

L'OH 165 nouvellement créé permet largement le passage d'une crue centennale.

En effet, le niveau d'eau pour cette occurrence à l'intérieur de l'ouvrage est de 389,54 m pour un niveau haut de l'ouvrage à 390,90 m, soit un tirant d'air de 1,35 mètres.

À la suite à cette analyse du niveau de la crue centennale au passage des ouvrages, nous avons regardé le niveau d'eau en amont immédiat de chaque ouvrage.

Le tableau ci-dessous présente les altitudes de la ligne d'eau en amont immédiat des ouvrages à l'état projeté sur le Janon.

Ouvrages	Cote de mise en charge de l'ouvrage	Niveau Q20	Niveau Q30	Niveau Q50	Niveau Q100
OH 4500 Bretelle	391,81 m	391,25 m	391,61 m	392,22 m	392,96 m
OH 4621 RN 88	390,45 m	390,13 m	390,47 m	390,86 m	391,37 m
OH 4636 Barreau	389,40 m	388,31 m	388,62 m	388,98 m	389,45 m
OH 4781 Impasse de la magie	387,64 m	386,67 m	386,99 m	387,36 m	387,83 m
OH RD 32	381,30 m	380,88 m	381,15 m	381,57 m	381,73 m

Figure 73 : Altitude de la ligne d'eau en amont des ouvrages à l'état projeté

Ainsi, l'OH 4500 sous la bretelle permet le passage d'une crue trentennale sans mise en charge en amont de l'ouvrage. L'OH 4621 RN88 se trouve être l'ouvrage le plus limitant.

En effet, seule la crue vingtennale, ne pas mettre en charge l'ouvrage en amont. Les OH 4636 et 4781 permettent quant à eux le passage d'une crue centennale sans mise en charge à l'amont. Enfin, l'OH sous la RD 32 est quant à lui dimensionné pour une crue trentennale.

En conclusion, bien que les ouvrages projetés soient correctement dimensionnés pour une période de retour centennale, on constate que la restriction relativement brutale, provoque une hausse de la ligne d'eau sur les profils en amont des ouvrages.

Nous avons fait cette analyse afin de garantir que même en prenant ce niveau d'eau à l'amont, les ouvrages projetés ne se mettent quasiment pas en charge (analyse sécuritaire).

Enfin, il faut rappeler que cet événement reste très exceptionnel et que les ouvrages existants en amont (bretelle et RN88), ont une capacité inférieure aux ouvrages projetés.

### 1.8.5. Etude de la franchissabilité piscicole

#### 1.8.5.1. Maintien de la circulation piscicole

Dans de nombreux cas, le simple respect de la largeur moyenne du lit mineur, de la pente naturelle du cours d'eau et de la nature du substrat, lors du dimensionnement et du calage de l'ouvrage et des dérivations, suffit à maintenir la circulation des poissons. Un lit « naturel » doit toutefois être reconstitué dans l'ouvrage et les dérivations.

En revanche, lorsque les espèces de poissons présentes dans le cours d'eau ont de faibles capacités de saut et de nage, que la pente du cours d'eau ou sa dynamique sont élevées, que l'ouvrage et les dérivations associées ont des dimensions différentes de celles du cours d'eau, il est nécessaire d'ajouter des dispositifs de dissipation d'énergie et/ou de rehausse de la ligne d'eau.

Il conviendra d'autant plus de vérifier l'opportunité d'équiper l'ouvrage (et parfois les dérivations) dès lors qu'un des critères suivants est présent :

- Pente naturelle du cours d'eau supérieure à 0,5 % ;
- Vitesses du courant dans l'ouvrage supérieures à la capacité de nage des poissons et/ou hauteurs d'eau insuffisantes, pour des débits compris entre le OMNA (débit moyen mensuel d'étiage) et jusqu'à 2,5 fois le module (débit moyen interannuel).

Les valeurs seuils de vitesse du courant et de hauteurs d'eau « admissibles » dans les ouvrages fermés doivent être définies au cas par cas, ces dernières dépendant à la fois des caractéristiques hydrauliques du cours d'eau et des espèces de poissons présentes. A cet égard, un protocole de description des obstacles à l'écoulement et de diagnostic des risques d'entrave à la circulation des poissons a été élaboré par l'ONEMA et est disponible depuis juillet 2015.

Les paramètres déterminants du maintien de la continuité piscicole sont :

- La capacité de nage et de saut des espèces de poissons présentes ;
- La vitesse du courant au sein de l'ouvrage à différents débits ;
- L'épaisseur de la lame d'eau au sein de l'ouvrage à différents débits.

Un modèle hydraulique spécifique à la franchissabilité piscicole a été réalisée, afin de déterminer l'impact des aménagements. Les coefficients de rugosité du fond de lit, ainsi que la géométrie du lit d'étiage (mise en œuvre de banquettes gravilleuses) ont été adaptés, afin de modéliser au mieux les paramètres hydrauliques post-aménagements.

#### 1.8.5.2. Estimation des débits de basses-eaux et du module

Pour rappels, l'espèce cible identifiée dans ce secteur est la Truite Fario. Concernant l'hydrologie du secteur d'étude, une estimation des débits de basses-eaux (OMNA) et du module a été effectuée en utilisant la formule de Myer en se basant sur les données issues de la station hydrométrique du Gier à Rive-de-Gier. La formule se définit :

$$Q_T = Q_{TIV,Comu} \times \left( \frac{S_{IV}}{S_{IV,Comu}} \right)^\alpha$$

Avec :

$Q_T$  : débit de fréquence T en m<sup>3</sup>/s du bassin versant à étudier.

$Q_{TIV,Comu}$  : débit de fréquence T en m<sup>3</sup>/s du bassin versant connu.

$S_{IV}$  : surface en km<sup>2</sup> du bassin versant à étudier.

$S_{IV,Comu}$  : surface en km<sup>2</sup> du bassin versant connu.

$\alpha$  : Coefficient de Myer.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Cours d'eau	Point de calcul	S km <sup>2</sup>	OMNA5 (m <sup>3</sup> /s)	Module (m <sup>3</sup> /s)
Janon	Amont Ricolin	23,7	0,050	0,307
	Aval Ricolin	30,6	0,061	0,377
Ricolin	Amont Janon	6,9	0,019	0,115
Données station hydrométrique	319	0,400	2,460	

Figure 74 : Débits de basses eaux, calculés par la formule de Myer

L'analyse des débits de basses eaux s'est également appuyée sur la cartographie des cours d'eau de la DDT 42, avec les résultats suivants :

Cours d'eau	Point de calcul	OMNA5 (m <sup>3</sup> /s)	Module (m <sup>3</sup> /s)
Janon	Amont Ricolin	0,047	0,227
	Aval Ricolin	0,065	0,300
Ricolin	Amont Janon	0,012	0,058

Figure 75 : Débits de basses eaux, issus de la cartographie de la DDT 42

La différence entre les débits calculés par la formule de Myer et récupérés sur le site de la DDT 42 pour le module s'explique par la variation de pluviométrie entre la rive gauche et droite sur ce bassin versant.

Le tableau suivant synthétise les débits de basses eaux conservés pour l'étude de la franchissabilité piscicole sur le Janon et le Ricolin.

Cours d'eau	Point de calcul	OMNA5 (m <sup>3</sup> /s)		Module (m <sup>3</sup> /s)	
		1/10 <sup>e</sup> module	2,5 x module	1/10 <sup>e</sup> module	2,5 x module
Janon	Amont Ricolin	0,049	0,027	0,267	0,668
	Aval Ricolin	0,063	0,034	0,339	0,848
Ricolin	Amont Janon	0,016	0,009	0,087	0,218

Figure 76 : Débits de basses eaux retenus dans la modélisation hydraulique

Nota : Cette approche estimative a été validée en réunion par la DDT le 08/11/2022.

#### 1.8.5.3. Capacité de nage des poissons

La capacité de nage de chaque espèce de poissons dépend en particulier de la taille des individus et de la température de l'eau. Limitée, elle est définie par deux types de vitesses :

- La vitesse dite « de pointe » (ou de sprint) de l'espèce. Selon la taille des individus, les vitesses maximales de nage des espèces à l'âge adulte peuvent atteindre 2,5 à 5 m/s pour la truite de rivière ;
- La vitesse dite « de croisière » de l'espèce. Celle-ci correspond à la vitesse que peut maintenir un individu en continu pendant plus de 3 heures. Elle correspond en moyenne au 1/3 de la vitesse de pointe d'une espèce.

Pour le franchissement des ouvrages hydrauliques, c'est la vitesse de « croisière » des espèces qui doit être utilisée comme référence. En effet, même si les poissons sont capables d'adopter une vitesse de pointe importante, celle-ci ne sera effective que sur de courtes distances.

\*  $U_{cr} = 0,15 + 2,4 \cdot L$  (avec  $U_{cr}$  = vitesse de croisière de l'espèce en cm/s et L = taille moyenne des individus en cm)

#### 1.8.5.4. Epaisseur de la lame d'eau

Les poissons ont une capacité de nage variable en fonction de paramètres externes tels que la température, les caractéristiques de l'écoulement, la hauteur d'eau ; et internes tels que la longueur de l'individu, sa physiologie.

Cependant, cette capacité de nage ne peut s'exprimer que si l'épaisseur de la lame d'eau dans l'ouvrage et les dérivations associées leur permet de nager. Ainsi, la hauteur d'eau est également un facteur limitant de la libre circulation des poissons.

Pour les petites espèces telles que loches, vairons, chabots, goujons, etc. la hauteur d'eau minimale nécessaire à leur déplacement est faible, de l'ordre de 5 cm. Dès que la taille des individus augmente, l'épaisseur de la lame d'eau dans un ouvrage peut rapidement devenir un obstacle. Ainsi, pour assurer le déplacement des « grosses » espèces, les hauteurs d'eau minimales à respecter au point le moins profond des aménagements sont pour des individus adultes, de l'ordre 8 à 15 cm pour la truite (selon la taille à maturité). En présence de seuils, cette hauteur d'eau minimale doit être atteinte au point le moins profond de l'ouvrage.

Dans un ouvrage, et par extension au droit d'obstacles naturels ou non, les épaisseurs d'eau nécessaires à la montaison et à la dévalaison de la Truite de rivière adulte est de 10 cm.

La meilleure approche semble donc être celle qui permettra d'imposer une lame d'eau de 15 cm pendant les périodes prédéfinies. Avec une telle hauteur d'eau l'ensemble des espèces présentes sur le secteur pourront remonter l'obstacle.

Pour se déplacer, et notamment de l'aval vers l'amont, il est par ailleurs nécessaire que les espèces disposent régulièrement de zones de repos, ainsi pour les futurs aménagements (réalisation de rampe), des blocs plus importants seront disposés de façons alternées pour créer des zones de repos pour la faune piscicole.

Espèces	Vitesse maximale	Vitesse de croisière	Hauteur d'eau minimum
Truites	2,5 à 5 m/s	1,35	10 cm
Chevesnes	2,5 à 4 m/s	1,35	10 cm
Gardons	1,5 à 3 m/s	1 m/s	5 cm
Goujons	1,5 à 3 m/s	1 m/s	5 cm
Loches franche	1,5 à 3 m/s	1 m/s	5 cm
Vairons	1 à 2 m/s	0,7 m/s	5 cm

Figure 77 : Caractéristiques des espèces piscicoles

#### Les informations importantes

- ❖ Capacité de nage de la Truite Fario
  - o Vitesse maximale : **2,5 à 5 m/s**
  - o Vitesse de croisière : **1,35 m/s**
  - o Hauteur d'eau minimum : **10 cm**

### 1.8.5.5. Analyse de la franchissabilité de la Truite Fario

Afin d'assurer la franchissabilité de la Truite Fario, les conditions décrites précédemment (hauteur d'eau minimum et vitesse de croisière) doivent être remplies pour des débits allant de l'étiage (1/10<sup>e</sup> du module et OMNA5) et 2,5 fois le module.

Le tableau suivant synthétise les hauteurs d'eau et les vitesses pour chaque ouvrage sur le Janon :

	OH 4500 : Ouvrage sous la Bretelle		OH 4621 : Ouvrage sous la RN 88		OH 4636 : Ouvrage sous le barreau routier		OH 4781 : Ouvrage sous le Pont de la magie	
	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval
Hauteur d'eau	1/10 <sup>e</sup> module	9 cm	7 cm	14 cm	8 cm	8 cm	9 cm	9 cm
	OMNA <sub>5</sub>	11 cm	8 cm	18 cm	10 cm	10 cm	11 cm	11 cm
	Module	22 cm	14 cm	43 cm	31 cm	19 cm	19 cm	21 cm
Vitesse	2,5 x module	31 cm	16 cm	73 cm	27 cm	27 cm	30 cm	29 cm
	1/10 <sup>e</sup> module	0,31 m/s	0,28 m/s	2,25 m/s	0,42 m/s	0,44 m/s	0,41 m/s	0,42 m/s
	OMNA <sub>5</sub>	0,39 m/s	0,33 m/s	2,46 m/s	0,53 m/s	0,51 m/s	0,47 m/s	0,49 m/s
Vitesse	Module	0,74 m/s	0,67 m/s	0,36 m/s	1,08 m/s	0,77 m/s	0,72 m/s	0,78 m/s
	2,5 x module	1,05 m/s	1,44 m/s	0,38 m/s	1,67 m/s	1,00 m/s	0,99 m/s	1,04 m/s
								1,10 m/s

Figure 78 : Synthèse des hauteurs d'eau et des vitesses au droit des ouvrages sur le Janon

**Nota** : nous tenons à rappeler que les étiages sont sévères sur ces deux cours d'eau, ce qui explique les faibles hauteurs pour des débits tels que le 1/10<sup>e</sup> du module.

Les hauteurs d'eau en période d'étiage (OMNA<sub>5</sub>) pour les ouvrages faisant l'objet d'aménagements (OH 4621, OH 4636 et OH 4781) sont suffisantes pour permettre le rétablissement de la franchissabilité piscicole, avec pour hauteur minimum 10 cm, hauteur nécessaire pour le franchissement piscicole de la Truite Fario.

Concernant les vitesses d'écoulement, seul l'OH 4621 présente des valeurs au-dessus de la vitesse de croisière de la Truite Fario, pour des périodes de retour équivalentes au OMNA<sub>5</sub> et 1/10<sup>e</sup> du module. Toutefois, ces valeurs restent inférieures à sa vitesse de pointe. C'est donc pour cette raison que l'ouvrage sera équipé de barrettes (barrettes asymétriques et en forme de « V ») et d'un substrat plus rugueux créant des zones de repos et réduisant la section d'écoulement.

Il est toutefois important de garder en mémoire que ces vitesses sont théoriques et ne seront en rien uniformes sur toute la section de passage. Des ralentissements seront en effet observables, créant ainsi des zones de repos aux différentes espèces piscicoles.

La franchissabilité piscicole de l'OH 4500 existant ne sera pas modifiée par rapport à l'état actuel pour des périodes de retour inférieures au module. Pour rappel, il n'a pas été prévu de modifier cet ouvrage dont la capacité hydraulique ne limite que très peu le passage d'une crue centennale. Cependant, cet ouvrage présente un substrat naturel, favorable à la franchissabilité piscicole, malgré le fait qu'actuellement la géométrie et les faibles débits d'étiage ne permettent pas d'obtenir une franchissabilité complète pour le débit 1/10<sup>e</sup> du module.

Pour assurer la totale franchissabilité de cet ouvrage pour les faibles débits, des aménagements complémentaires devront être réalisés (barrettes, blocs...). L'intervention actuellement prévue dans cet ouvrage, consiste en la simple fixation d'une banquette faune en encoffrement, des aménagements plus importants impacteraient de façon plus conséquente le lit du Janon dans ce secteur.

Le tableau suivant synthétise les hauteurs d'eau et les vitesses pour chaque ouvrage sur le Ricolin :

	OH 165 : Giratoire		OH 100 : ouvrage sous la RD 32	
	Amont	Aval	Amont	Aval
Hauteur d'eau	1/10 <sup>e</sup> module	9 cm	21 cm	10 cm
	OMNA <sub>5</sub>	10 cm	23 cm	11 cm
	Module	19 cm	34 cm	20 cm
Vitesse	2,5 x module	26 cm	42 cm	28 cm
	1/10 <sup>e</sup> module	0,60 m/s	0,07 m/s	0,16 m/s
	OMNA <sub>5</sub>	0,65 m/s	0,10 m/s	0,52 m/s
Vitesse	Module	0,93 m/s	0,29 m/s	0,81 m/s
	2,5 x module	1,16 m/s	0,46 m/s	0,65 m/s

Figure 79 : Synthèse des hauteurs d'eau et des vitesses au droit des ouvrages sur le Ricolin

Sur le Ricolin, les hauteurs d'eau au droit de l'OH 165 projeté sont suffisantes en période d'étiage pour assurer la franchissabilité piscicole, avec une hauteur d'eau minimale de 10 cm en amont pour le OMNA<sub>5</sub>. Les vitesses sont également inférieures à la vitesse de la Truite Fario, à savoir 1,35 m/s.

Les hauteurs d'eau en aval de l'OH 100 existant, sous la RD 32, est suffisante en période d'étiage pour assurer la franchissabilité piscicole, suite au recalage de l'altimétrie de la crête de seuil de fond aval.

Les dépôts accumulés à l'intérieur de l'ouvrage réduisent ponctuellement la hauteur d'eau en période d'étiage à l'aval de cet ouvrage. La reprise du profil en long en aval, et l'augmentation de la pente qui en découle, permettra de remobiliser les sédiments de fond de lit et ainsi redonner une dynamique au Ricolin. Le fil d'eau du seuil de stabilisation à l'aval de l'ouvrage sera adapté pour rehausser la ligne d'eau à la sortie de l'ouvrage, et ainsi rendre franchissable cet OH pour les débits faibles.

Les hauteurs d'eau plus fortes en amont de l'ouvrage s'expliquent par la présence d'une fosse, accentuée par l'arrivée d'un collecteur d'eaux pluviales, comme illustré sur la figure ci-dessous.



Figure 80 : Vue amont de l'OH 100 sur le Ricolin



Figure 81 : Vue aval de l'OH 100 sur le Ricolin

## DOSSIER DE PLANS

- II.6.8 Vue en plan du rescindement
- II.6.9 Vue en plan des nappes d'inondation (état existant et projet)

## ANNEXES

- **Annexe 1** : Résultats brutes de la modélisation projetée pour Q10, Q50 et Q100 sur le Janon
- **Annexe 2** : Résultats brutes de la modélisation projetée pour Q10, Q50 et Q100 sur le Ricollin

Annexe 1 : Résultats brutes de la modélisation projetée pour Q10, Q50 et Q100 sur le Janon

PHI (H)	Montée de la mer (m)	Surface de la zone inondée (ha)	Volume de l'eau (m³)	Section transversale (m²)	Profil
1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1001	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1002	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1003	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1004	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1005	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1006	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
1007	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
1008	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
1009	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
1010	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
1011	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
1012	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
1013	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
1014	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
1015	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
1016	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
1017	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
1018	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
1019	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
1020	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1021	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
1022	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
1023	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1024	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
1025	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
1026	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
1027	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
1028	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
1029	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
1030	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
1031	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1032	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
1033	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
1034	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1035	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
1036	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
1037	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
1038	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
1039	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
1040	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
1041	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
1042	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
1043	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
1044	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1045	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
1046	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
1047	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
1048	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
1049	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
1050	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
1051	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
1052	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
1053	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
1054	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
1055	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
1056	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
1057	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57
1058	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
1059	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
1060	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
1061	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
1062	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
1063	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
1064	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
1065	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
1066	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
1067	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
1068	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
1069	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
1070	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
1071	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
1072	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
1073	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
1074	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
1075	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
1076	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
1077	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
1078	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
1079	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
1080	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1081	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
1082	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
1083	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
1084	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
1085	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
1086	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
1087	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
1088	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
1089	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
1090	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
1091	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
1092	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
1093	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
1094	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
1095	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1096	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
1097	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
1098	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
1099	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
1100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Figure 84 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q10 sur le Janon

PHI (H)	Montée de la mer (m)	Surface de la zone inondée (ha)	Volume de l'eau (m³)	Section transversale (m²)	Profil
1101	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1102	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
1103	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
1104	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
1105	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
1106	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
1107	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
1108	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
1109	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1110	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
1111	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
1112	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
1113	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
1114	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
1115	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
1116	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
1117	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
1118	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
1119	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
1120	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
1121	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
1122	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
1123	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
1124	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
1125	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1126	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
1127	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
1128	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
1129	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
1130	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
1131	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
1132	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
1133	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
1134	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
1135	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
1136	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
1137	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
1138	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
1139	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
1140	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
1141	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
1142	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
1143	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
1144	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
1145	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
1146	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
1147	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
1148	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
1149	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
1150	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1151	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
1152	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
1153	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53
1154	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
1155	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
1156	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
1157	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
1158	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
1159	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
1160	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
1161	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
1162	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62
1163	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
1164	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
1165	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
1166	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
1167	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
1168	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
1169	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69
1170	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
1171	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71
1172	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
1173	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
1174	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
1175	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
1176	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
1177	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
1178	1.78	1.78	1.78	1.78	1.78
1179	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
1180	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
1181	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
1182	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
1183	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
1184	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
1185	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
1186	1.86	1.86	1.86	1.86	1.86
1187	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
1188	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
1189	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89
1190	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
1191	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
1192	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
1193	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
1194	1.94	1.94	1.94	1.94	1.94
1195	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
1196	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
1197	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
1198	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
1199	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
1200	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Figure 83 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q50 sur le Janon

PHI (H)	Montée de la mer (m)	Surface de
---------	----------------------	------------





**Annexe 2 : Résultats brutes de la modélisation projetée pour Q10, Q50 et Q100 sur le Ricolin**

PROFIL	Débit modélisé		Pente du lit (m/m)	Niveau d'eau Q10		Niveau d'eau Q50		Niveau d'eau Q100		Vitesse (m/s)	Section hydraulique (m²)	Froude
	(m³/s)	(m³/s)		(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)				
3512	1.33	481.18	0.090	481.72	481.7000	481.83	0.03	1.81	0.75	3.01		
3502	1.33	480.28	0.090	481.84	480.8200	481.85	0.00	0.46	2.93	0.39		
3450	Culvert											
3430	1.93	477.13	0.084	477.76	477.6600	478.11	0.46	1.38	6.63	1.98		
2460	5.67	444.85	0.075	445.77	445.7800	446.09	0.03	2.49	2.28	1.02		
2290	5.67	439.21	0.021	439.69	439.9800	440.80	0.30	4.88	1.16	3.08		
460	9.60	395.31	0.780	396.48	396.8000	398.82	0.08	2.57	1.73	1.01		
410	9.60	394.53	0.026	395.26	395.6900	396.66	0.35	3.34	1.83	2.35		
350	9.60	393.70	0.008	395.06	394.6100	395.20	0.02	1.65	5.82	0.5		
343	9.60	393.16	0.063	398.14	394.1600	394.66	0.03	2.49	1.85	1		
257	9.60	389.95	0.083	391.78	390.8000	391.83	0.06	1.02	9.79	0.28		
257	9.60	389.77	0.037	390.45	389.6000	390.85	0.03	2.79	1.44	1		
175	9.60	387.90	0.000	388.59	388.9000	389.68	0.03	4.63	2.07	2.14		
165	Bridg											
140	9.60	387.02	0.009	387.79	388.0000	388.95	0.02	4.34	2.32	1.77		
125	9.60	386.68	0.027	387.64	387.8000	388.24	0.02	2.82	3.41	1.01		
113	9.60	386.29	0.000	387.32	387.4700	388.03	0.00	1.52	6.3	0.47		
100	Bridg											
98	9.60	386.44	0.025	387.18	387.3500	387.83	0.01	3.55	3.7	1.42		
95	9.60	386.36	0.041	386.84	387.3000	387.73	0.00	3.89	2.44	1.98		
50	9.60	385.39	0.044	386.17	386.0500	386.23	0.02	1.07	8.96	0.57		
28	9.60	384.52	0.037	386.20		386.21	0.00	0.27	43.62	0.07		
18	9.60	384.00	0.010	386.20		386.21	0.00	0.25	38.8	0.06		
0	9.60	383.72	-0.003	386.19		386.20	0.00	0.37	24.79	0.09		
-4780	4.60	383.74		384.4300	384.20	0.00	0.37	26.07		0.08		

Figure 86 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q10 sur le Ricolin

PROFIL	Débit modélisé		Pente du lit (m/m)	Niveau d'eau Q50		Niveau d'eau Q100		Vitesse (m/s)	Section hydraulique (m²)	Froude
	(m³/s)	(m³/s)		(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)			
3512	2.54	481.18	0.090	482.60	481.9100	482.60	0.00	0.50	4.3	0.22
3502	2.54	480.28	0.090	482.60	481.0100	482.60	0.00	0.22	13.1	0.06
3450	Culvert									
3430	1.64	477.13	0.034	478.08	478.0300	478.34	0.03	2.11	1.98	1.01
2460	10.64	444.85	0.075	446.07	446.1200	446.54	0.03	3.05	3.48	1.11
2290	10.64	439.21	0.021	439.86	440.2400	441.30	0.23	5.17	2	2.78
460	18.00	395.31	0.780	396.86	396.8000	397.31	0.02	2.94	6.09	1
410	18.00	394.53	0.028	395.60	396.0800	397.15	0.13	5.52	3.26	2.18
350	18.00	393.70	0.008	395.32	396.0100	396.76	0.01	2.17	8.31	0.57
343	18.00	393.16	0.063	394.30	398.5000	394.59	0.03	2.86	6.28	1.01
257	18.00	389.95	0.083	392.16	392.2000	392.20	0.00	1.03	22.8	0.21
257	18.00	389.77	0.037	390.90	390.9000	391.43	0.03	1.10	5.42	0.99
175	18.00	387.90	0.000	388.87	388.3100	389.36	0.03	5.41	3.33	2.02
165	Bridg									
140	18.00	387.02	0.009	388.08	388.8000	389.37	0.02	5.02	3.98	1.77
125	18.00	386.68	0.027	388.17	388.9000	388.84	0.02	3.03	5.95	0.93
113	18.00	386.29	0.000	388.54	387.8100	388.70	0.00	3.80	9.97	0.45
100	Bridg									
98	18.00	386.44	0.025	387.54	387.7700	388.47	0.01	4.27	4.21	1.37
95	18.00	386.36	0.041	387.15	387.3200	388.30	0.00	4.87	3.7	2
50	18.00	385.39	0.044	387.46	386.1800	387.40	0.00	0.38	45.03	0.1
28	18.00	384.52	0.037	387.46		387.46	0.00	0.28	86.22	0.05
18	18.00	384.00	0.010	387.46		387.46	0.00	0.25	75.77	0.05
0	18.00	383.72	-0.003	387.45		387.45	0.00	0.38	48.3	0.08
-4780	18.00	383.74		387.45	384.6000	387.46	0.00	0.37	51.72	0.07

Figure 85 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q50 sur le Ricolin

PROFIL	Débit modélisé		Pente du lit (m/m)	Niveau d'eau Q100		Niveau d'eau Q100		Vitesse (m/s)	Section hydraulique (m²)	Froude
	(m³/s)	(m³/s)		(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)	(m NGF)			
3512	1.10	481.18	0.090	482.64	481.9800	482.64	0.00	0.68	4.55	0.25
3502	1.10	480.28	0.090	482.65	481.0800	482.65	0.00	0.26	13.32	0.07
3450	Culvert									
3430	3.10	477.13	0.034	478.10	478.0000	478.35	0.03	2.23	1.38	1.01
2460	13.00	444.85	0.075	446.19	446.2900	446.71	0.03	3.22	4.08	1.12
2290	13.00	439.21	0.021	439.93	440.3100	441.40	0.22	5.34	2.34	2.78
460	22.00	394.53	0.780	397.00	397.0000	397.40	0.02	3.10	7.11	1
410	22.00	394.53	0.028	395.72	396.2500	397.33	0.13	5.63	3.81	2.17
350	22.00	393.70	0.008	395.67	395.9800	396.88	0.01	2.39	13.65	0.56
343	22.00	393.16	0.063	394.62	394.6200	395.00	0.02	3.04	7.23	1
257	22.00	389.95	0.083	392.31	391.8900	392.35	0.00	1.02	27.98	0.24
257	22.00	389.77	0.037	391.08	391.0800	391.65	0.02	3.35	6.57	1
175	22.00	387.90	0.000	390.17	389.8000	390.42	0.00	2.21	10.01	0.53
165	Bridg									
140	22.00	387.02	0.009	388.95		389.37	0.00	2.87	7.66	0.75
125	22.00	386.68	0.027	388.69		389.10	0.02	2.86	7.69	0.8
113	22.00	386.29	0.000	388.81	387.9700	388.99	0.00	1.89	11.61	0.44
100	Bridg									
98	22.00	386.44	0.025	387.69	387.9400	388.74	0.01	4.02	8.86	1.25
95	22.00	386.36	0.041	387.24	387.6600	388.62	0.00	5.21	4.23	2.02
50	22.00	385.39	0.044	387.92	386.2400	387.94	0.00	0.27	65.55	0.06
28	22.00	384.52	0.037	387.93		387.93	0.00	0.29	109.8	0.05
18	22.00	384.00	0.010	387.93		387.93	0.00	0.25	89.01	0.05
0	22.00	383.72	-0.003	387.92		387.93	0.00	0.38	58.98	0.07
-4780	22.00	383.74		387.92	384.7500	387.93	0.00	0.37	71.93	0.07

Figure 87 : Résultats brutes pour la modélisation projetée pour Q100 sur le Ricolin

# ANNEXE 3 : FICHE DE TERRAIN DES PRELEVEMENTS PISCICOLES

Fiche de terrain des prélèvements piscicoles du Janon 1/2

<b>NOM DE L'INTERVENANT</b> ARALEP		<b>FICHE OPERATION</b> DATE : 14/09/2021	
<b>Renseignements généraux du point de prélèvement</b> Code WAMA : <input type="text"/> Code Sandre : <input type="text"/> Nom pt. prel. : Zone d'étude RN88 la Varizelle Nom du cours d'eau : Le Janon Nom de commune : Saint-Chamond Code département : 42		<b>Localisation (GPS)</b> Abscisse aval : 816632 Ordonnée aval : 6485930 * limite aval de la zone d'étude	
<b>Photos</b> Vue générale <input type="checkbox"/> Limite amont <input type="checkbox"/> Limite aval <input type="checkbox"/>		<b>Nb Feuilles "Poisson"</b> : 3	
<b>Qualité de l'habitat</b> Ombrage : 3 Trou, fosse : 3 Sous-berge : 2 TYPE D'ABRIS : Abris rocheux : 2 Embâcle, Souche : 2 Végétation aquatique : 1 Végétation de bordure : 1		OMBRAGE : 1 : Rivière dégagée 2 : Rivière assez dégagée 3 : Rivière assez couverte 4 : Rivière couverte  Observations abris : Fosse d'affoulement importante à l'aval du seuil.	
<b>Observations générales</b> De rares trous (mouilles...) entrecoupés de long radiers/plats courant. Pêcheurs à la ligne pêchant dans la fosse d'affoulement (captures de truites fario adultes). Indices de travaux / aménagements récents - berges : <input type="checkbox"/> Indices de travaux / aménagements récents - lit : <input type="checkbox"/> Déboisement / reboisement récent de la ripisylve : <input type="checkbox"/> Plantation récente : <input type="checkbox"/> Indice de crue / éclusées récentes : <input type="checkbox"/> Connaissance d'une pollution (accidentelle) récente : <input type="checkbox"/>			
<b>Renseignements concernant l'opération</b> Responsable opération : JY Brana Référent échantillonnage : JY Brana Référent biométrie : JY Brana		Opérateurs Echantillonnage : Anne Morgillo, Paul Gauthier, JY Brana  Opérateurs Biométrie : idem	
Biométrie : 1 1 : Simultanée 2 : Différée		Heures de début / fin d'opération : 12 H 45 - 15 H 30 Heures de début / fin d'échantillonnage : 13 H - 15 H 15 Heures de début / fin de biométrie : H - H	

Fiche de terrain des prélèvements piscicoles du Janon 2/2

<b>Hydrologie</b> Température de l'eau (°C) : 18,4 Conductivité (µS/cm à 25°C) : 1051 Conditions hydrologiques : 1 Tendence du débit : 2 Turbidité : 1		<b>Matériel</b> Modèle : 4 2 : Héron 3 : Martin-pêcheur 4 : Autre (préciser) : Smith-Root Tension (V) : 200 Intensité (A) : <input type="text"/> Puissance (Kw) : <input type="text"/> Nombre d'anodes : 1 Nombre d'épuisettes : 2 Maille de l'épuisette (mm) : 5	
<b>Description du point de prélèvement</b> Longueur prospectée (m) : 62 m (six linéaires : 10+10+17+7+12+6) sur 780 m. Largeur en eau (m) : 7 (largeur de plein bord)      Largeur du lit mineur (m) : 3,5 Présence d'annexes / bras secondaires : 2 1 : Oui 2 : Non			
Isolement du secteur pendant l'échantillonnage : à l'amont : 1 à l'aval : 1		1 : Pas d'isolement 2 : Seuil partiellement franchissable 3 : Obstacle infranchissable 4 : Filet	
<b>Prospection</b> Moyen de prospection : 1 1 : A pied 2 : En bateau 3 : Mixte Méthode de prospection : 2 1 : Complète 2 : Partielle par Points		<b>Temps de pêche</b> Unité : 1 1 : en minute 2 : en 1/100 heures Temps passage n°1 : <input type="text"/> Temps passage n°2 : <input type="text"/> Temps passage n°3 : <input type="text"/> Temps passage n°4 : <input type="text"/> Temps total* : 50	
* somme des n passages pour une pêche complète OU durée totale de l'échantillonnage pour une pêche partielle par points : 10+5+5+15+10+5			

Fiche de terrain des prélèvements piscicoles du Ricolin 1/2

NOM DE L'INTERVENANT		FICHE OPERATION	
ARALEP		DATE : 14/09/2021	
Renseignements généraux du point de prélèvement		Localisation (GPS) *	
Code WAMA		Abscisse aval	816247
Code Sandre		Ordonnée aval	6485722
Nom pt. prél.	Zone d'étude RN88 la Varizelle	* limite aval de la zone d'étude	
Nom du cours d'eau	Le Ricolin	Nb Feuilles "Poisson" 1	
Nom de commune	Saint-Chamond		
Code département	42		
Photos	<input type="checkbox"/> Vue générale <input type="checkbox"/> Limite amont <input type="checkbox"/> Limite aval		
Qualité de l'habitat		OMBRAGE	
Ombrage 2 Trou, fosse 1 Sous-berge 2 TYPE D'ABRIS Abris rocheux 2 Embâcle, Souche 1 Végétation aquatique 1 Végétation de bordure 1		1 : Rivière dégradée 2 : Rivière assez dégradée 3 : Rivière assez couverte 4 : Rivière couverte Observations abris : Présence de sous-berges au niveau de l'érosion du béton de bordure.	
Observations générales		1 : Nul 2 : Faible 3 : Moyen 4 : Important 5 : Indéterminable	
D'après riverains, niveau le plus bas en été depuis 3 ans. Très faibles profondeurs dans les radiers/plats courant (< 10 cm).			
<input type="checkbox"/> Indices de travaux / aménagements récents - berges <input type="checkbox"/> Indices de travaux / aménagements récents - lit <input type="checkbox"/> Déboisement / reboisement récent de la ripisylve <input type="checkbox"/> Plantation récente <input type="checkbox"/> Indice de crue / éclusées récentes <input type="checkbox"/> Connaissance d'une pollution (accidentelle) récente		Précisions :	
Renseignements concernant l'opération		Opérateurs Echantillonnage	
Responsable opération	JY Brana	Anne Morgillo Paul Gauthier JY Brana	
Référent échantillonnage	JY Brana		
Référent biométrie	JY Brana	Opérateurs Biométrie	
Biométrie	1	Idem	
		1 : Simultanée 2 : Différée	
Heure de début / fin d'opération		15 H 25 16 H 30	
Heure de début / fin d'échantillonnage		15 H 25 16 H 02	
Heure de début / fin de biométrie		H H	

Fiche de terrain des prélèvements piscicoles du Ricolin 2/2

Hydrologie	Matériel
Température de l'eau (°C) 19	Modèle 4
Conductivité (µS/cm à 25°C) 1109	2 : Héron 3 : Martin-pêcheur 4 : Autre (préciser) Smith-Root
Conditions hydrologiques 1	Tension (V) 200
1 : Basses eaux 2 : Eaux moyennes 3 : Hautes eaux	Intensité (A)
Tendance du débit 2	Puissance (Kw)
1 : Augmentation 2 : Diminution 3 : Stabilité	Nombre d'anodes 1
Turbidité 1	Nombre d'épuisettes 2
1 : Nulle 2 : Faible 3 : Appréciable	Maille de l'épuisette (mm) 5
Description du point de prélèvement	
Longueur prospectée (m) 93 m (deux linéaires : 80 + 13) sur 222 m.	
Largeur en eau (m) 4 (largeur de plein bord) Largeur du lit mineur (m) 1,5	
Présence d'annexes / bras secondaires 2	
1 : Oui 2 : Non	
Isolement du secteur pendant l'échantillonnage	
à l'amont 1	
à l'aval 1	
1 : Pas d'isolement 2 : Seuil partiellement franchissable 3 : Obstacle infranchissable 4 : Filet	
Prospection	Temps de pêche
Moyen de prospection 1	Unité 1
1 : A pied 2 : En bateau 3 : Mixte	1 : en minute 2 : en 1/100 heures
Méthode de prospection 2	Temps passage n°1
1 : Complète 2 : Partielle par Points	Temps passage n°2
Nombre de passages 1	Temps passage n°3
Nombre de points "représentatifs"	Temps passage n°4
Nombre de points "complémentaires"	Temps total* 29
* somme des n passages pour une pêche complète OU durée totale de l'échantillonnage pour une pêche partielle par points : 22 + 7	

# ANNEXE 4 : RÉSULTATS BRUTS DES PRÉLÈVEMENTS PISCICOLES SUR LES LINÉAIRES DU JANON ET DU

## RICOLIN

Janon n°1

Code espè	Taille (cm)
VAI	5,7
VAI	6,2
VAI	6,4
VAI	6,4
VAI	6,6
VAI	6,6
VAI	6,7
VAI	6,8
VAI	6,8
VAI	6,8
VAI	6,9
VAI	6,9
VAI	7
VAI	7
VAI	7,1
VAI	7,1
VAI	7,2
VAI	7,2
VAI	7,3
VAI	7,3
VAI	7,3
VAI	7,3
VAI	7,4
VAI	7,4
VAI	7,4
VAI	7,5
VAI	7,5
VAI	7,5
VAI	7,5
VAI	7,6
VAI	7,6
VAI	7,6
VAI	7,6
VAI	7,6
VAI	7,6
VAI	7,7
VAI	7,7
VAI	7,8
VAI	7,8
VAI	7,8
VAI	7,8
VAI	7,8
VAI	7,9
VAI	8,2
VAI	8,2
VAI	8,3
VAI	8,3
VAI	8,6
VAI	9,2
VAI	9,4
VAI	9,4
VAI	9,4
VAI	9,7
VAI	9,7
VAI	9,9
VAI	10,5
TRF	11,9
TRF	16,8
TRF	17,6
TRF	17,7
TRF	18,6
TRF	19,4
TRF	20,4
TRF	20,6
TRF	21,4
TRF	22,1
TRF	22,4
TRF	23
TRF	26,7
TRF	28,1

Janon n°2

Code espè	Taille (cm)
TRF	9,4
TRF	11,2
TRF	15,2
TRF	18,4
TRF	23,2

Janon n°3

Code espè	Taille (cm)
TRF	9,3
TRF	9,5

Janon n°4

Code espè	Taille (cm)
VAI	6,9
VAI	7,5
VAI	7,5
VAI	7,5
VAI	7,6
VAI	8,1
VAI	8,2
VAI	8,5
VAI	8,8
VAI	9
VAI	9,4
VAI	9,6
TRF	9,8
VAI	10,3
TRF	11,9
TRF	12
TRF	15,9
TRF	16,4
TRF	16,4
TRF	16,6
TRF	17
TRF	17,1
TRF	17,5
TRF	17,5
TRF	18,1
TRF	18,1
TRF	18,4
TRF	18,7
TRF	18,7
TRF	18,8
TRF	19
TRF	19,1
TRF	19,3
TRF	19,3
TRF	19,6
TRF	19,6
TRF	19,8
TRF	20
TRF	21
TRF	21,8
TRF	22,5
TRF	22,7
TRF	22,8
TRF	22,9
TRF	23
TRF	23,7
TRF	24
TRF	24,1
TRF	24,2
TRF	25
TRF	25,3
TRF	28,5

Janon n°5

Code espè	Taille (cm)
VAI	1,7
VAI	1,7
VAI	2,3
VAI	2,3
VAI	2,6
VAI	2,7
VAI	2,9
VAI	3
VAI	3,3
TRF	8,2
TRF	10,8
TRF	11,6
TRF	16,9
TRF	17,2
TRF	17,8
TRF	18,2
TRF	18,2
TRF	18,4
TRF	18,4
TRF	18,8
TRF	20
TRF	20,2
TRF	21,3
TRF	21,7
TRF	24,8

Janon n°6

Code espè	Taille (cm)
TRF	9,4
TRF	19,5
TRF	22,2
TRF	22,9
TRF	31,2

Ricolin n°1

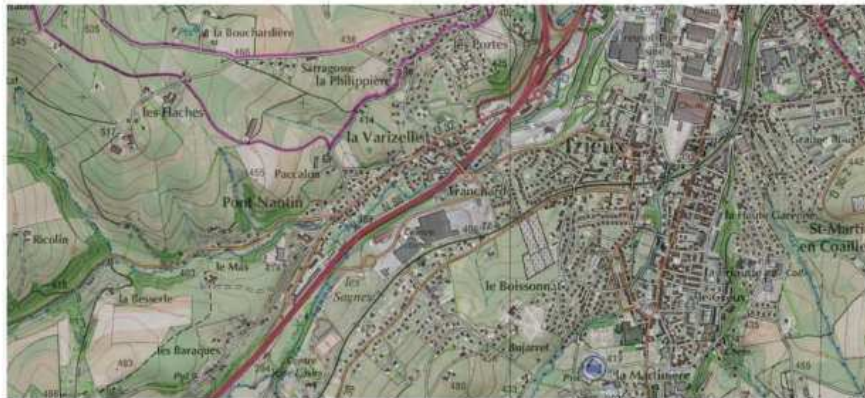
Code espè	Taille (cm)
VAI	6,9
VAI	6,9
TRF	6,9
TRF	7,3
TRF	7,8
TRF	8,4
TRF	8,5
TRF	8,7
TRF	8,7
TRF	9
TRF	9
TRF	9,2
TRF	9,3
TRF	9,7
TRF	9,7
TRF	9,8
TRF	9,8
TRF	10
TRF	10,3
TRF	10,8
TRF	10,8
TRF	11
TRF	11,1

Ricolin n°2

Code espè	Taille (cm)
VAI	5,1
VAI	5,3
VAI	5,3
VAI	5,5
VAI	5,6
VAI	5,7
VAI	5,8
VAI	6
VAI	6,1
VAI	6,4
VAI	6,4
VAI	6,4
VAI	6,7
VAI	6,7
VAI	7,2
VAI	7,7
VAI	8,1
TRF	8,5
TRF	8,6
TRF	9,2
TRF	9,7
TRF	10,3
TRF	11,4
TRF	16,1
TRF	17,6
TRF	20,7
TRF	21,9
TRF	22,7
TRF	25,2
TRF	30,8

# ANNEXE 5 : DIAGNOSTIC ZONES HUMIDES

Janvier 2023



## RN88 - ÉCHANGEUR DE LA VARIZELLE

Diagnostic des zones humides



## Suivi des révisions du document

Indice	Date	Modifications	Établi	Vérifié	Approuvé
A	02/12/2022	Version initiale.	A. DELBE	A. GENEVOIS	V. THIEL
B	18/01/2023	Compléments DDT	A. DELBE	A. GENEVOIS	V. THIEL

## Codification du document

## SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE .....	4
2. MÉTHODOLOGIE DES ZONES HUMIDES .....	5
2.1. DÉFINITION DES ZONES HUMIDES .....	5
2.2. DÉTERMINATION DES ZONES HUMIDES .....	5
3. ANALYSE DES ZONES HUMIDES SUR LE SITE D'ÉTUDE .....	7
3.1. SELON LE CRITÈRE DES HABITATS NATURELS .....	7
3.2. SELON LE CRITÈRE FLORISTIQUE .....	9
3.3. SELON LE CRITÈRE PÉDOLOGIQUE .....	13
3.4. FONCTIONNALITÉ DES ZONES HUMIDES .....	17
3.5. CONCLUSION .....	17
4. ANNEXES .....	19
Annexe 1 : Numérotation des sondages pédologiques .....	19
Annexe 2 : Photographies des résultats des sondages pédologiques .....	20

Figure 1 : Habitats naturels et anthropiques de la zone d'étude .....	7
Figure 2 : Localisation des habitats humides et pro parte .....	8
Figure 3 : Localisation des relevés floristiques .....	9
Figure 4 : Résultats des sondages pédologiques .....	13
Figure 5 : Traces rédoxiques et réductiques du sondage S16 .....	15
Figure 6 : Résultats des sondages et surfaces de zones humides détectées .....	16

Annexe 1 : Numérotation des sondages pédologiques .....	19
Annexe 2 : Photographies des résultats des sondages pédologiques .....	20

## 1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Le projet de complément du demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond a fait l'objet d'une étude d'impact et d'inventaires faune/flore en 2019 qui avait conclu à l'absence de zones humides.

Dans le cadre de l'instruction du dossier d'étude d'impact du dossier DUP en 2020, les services de l'État ont demandé que des sondages pédologiques soient menés sur la zone pour confirmer l'absence de zones humides.

INGEROP avait réalisé une journée de prospections pédologiques au printemps 2021. Lors de la demande de compléments méthodologiques de la DDT en septembre 2022, il s'est avéré que les données étaient incomplètes (absence d'éléments photographiques et de coupes). Il a donc été décidé d'organiser une nouvelle campagne de sondages en octobre 2022.

Cette étude présente donc la méthodologie mise en œuvre, le diagnostic zones humides et l'impact du projet au complément d'échangeur de la Varizelle et les mesures proposées. Ces éléments seront réintégrés dans le dossier d'Autorisation Environnementale.

## 2. MÉTHODOLOGIE DES ZONES HUMIDES

### 2.1. DÉFINITION DES ZONES HUMIDES

Selon la Loi sur l'Eau de 1992, les zones humides sont définies comme des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

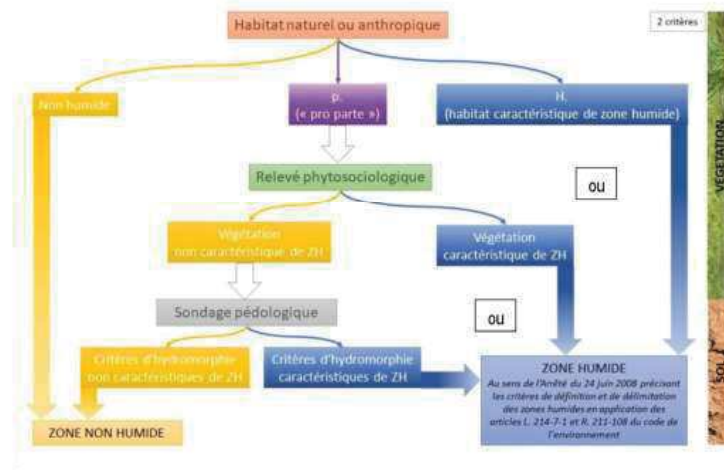
Cette définition juridique, codifiée à l'article L211-1 du Code de l'environnement, définit ce qu'est une zone humide du point de vue réglementaire. Elle diffère des définitions scientifiques utilisées pour qualifier les zones humides prioritaires, Zones Humides d'Intérêt Environnemental Particulier (ZHIEP) et les Zones Stratégiques pour la Gestion de l'Eau (ZSGE) qui ne sont pas directement en lien avec la Loi sur l'Eau.

Le concept de zones humides a été précisé par le décret du 30 janvier 2007 (articles L214-7-1 et R211-108 du Code de l'environnement), par l'arrêté ministériel du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009 et par la circulaire du 18 janvier 2010..

### 2.2. DÉTERMINATION DES ZONES HUMIDES

La détermination des zones humides se base sur deux critères alternatifs :

- Les caractéristiques pédologiques du sol.
- Le cortège floristique présent.



Source : Ingérop

La méthodologie d'identification des zones humides se base sur la détermination des critères suivants :

Les investigations visent dans un premier temps à caractériser les habitats naturels et les cortèges floristiques présents sur site. Ces sondages sont effectués en différents points du site et sont positionnés afin d'être les plus représentatifs de chaque milieu. Lorsqu'un changement est observé (ex : passage d'un point de sondage positif à un point négatif) des transects sont réalisés afin d'identifier la limite de la zone humide.

Les habitats occupés par une végétation spontanée font l'objet d'un inventaire floristique avec coefficients d'abondance/dominance des taxons afin de déterminer si au moins 50% des espèces ayant un taux de recouvrement supérieur ou égal à 20% sont caractéristiques des zones humides (liste inscrite à l'arrêté du 24 juin 2008) ou s'ils sont inclus dans la liste des habitats naturels caractéristiques des zones humides (liste inscrite à l'arrêté du 24 juin 2008). Dans les deux cas, le secteur est considéré comme zone humide.

En cas de présence de sol nu ou de végétation non spontanée (cultures, champs, prairies artificialisées...), le critère de végétation ne peut pas permettre de caractériser une zone humide. La détermination se base donc uniquement sur les sondages pédologiques pour confirmer / infirmer la présence de sol humide qui entraîne une classification du secteur en tant que zone humide.

Les sondages pédologiques permettront la recherche de sols correspondants à des zones humides conformément à la circulaire du 18 janvier 2010 relative à la délimitation des zones humides.

La Police de l'Eau s'appuie sur la définition des zones humides inscrite à l'article 1er de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par celui du 1er octobre 2009 :

« Un espace peut être considéré comme zone humide [...], dès qu'il présente l'un des critères suivants :

1. Ses sols correspondent à un ou plusieurs types pédologiques parmi ceux mentionnés dans la liste figurant à l'annexe 1.1 et identifiés selon la méthode figurant à l'annexe 2 ;
2. Sa végétation, si elle existe, est caractérisée :
  - soit par des espèces indicatrices de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste d'espèces figurant à l'annexe 2.1 [ . . ] ;
  - soit par des communautés d'espèces végétales, dénommées « habitats », caractéristiques de zones humides, identifiées selon la méthode et la liste correspondante figurant à l'annexe 2.2 ».

INGEROP a entrepris une campagne complémentaire de sondage le 20 octobre 2022 sur le site d'étude par des écologues qualifiés.

30 sondages pédologiques ont été réalisés.

De plus, INGEROP dans le cadre de sa mission d'inventaires faune/flore, a réalisé un inventaire habitat naturel et flore le 5 mai 2021 par un botaniste. 12 points de relevés floristiques avaient été réalisés.

### 3. ANALYSE DES ZONES HUMIDES SUR LE SITE D'ÉTUDE

#### 3.1. SELON LE CRITÈRE DES HABITATS NATURELS

INGEROP dans le cadre de sa mission d'inventaires faune/flore, a réalisé un inventaire habitat naturel et flore le 5 mai 2021 par un botaniste.

12 points de relevés floristiques ont été réalisés. Certains comprennent des espèces indicatrices de zones humides mais dans de faibles proportions (inférieur à 20% de recouvrement par taxon), ce qui ne permet pas de classer leur secteur en zone humide. Le reste du cortège est composé d'espèces communes non indicatrices de zones humides, fréquemment rencontrées dans les zones rudérales et suburbaines.



Figure 1 : Habitats naturels et anthropiques de la zone d'étude

Les zones humides présentes sur la zone d'étude ont été identifiées selon le critère floristique (habitats humides).

La caractérisation des habitats a permis d'identifier un habitat humide au sens de l'Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides : G1.2 Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes. Cela représente 1 274 m<sup>2</sup> de zones humides (critère habitats).

Sur les habitats potentiellement humides (habitats *pro parte*), les investigations ont été poursuivies par la réalisation de relevées phytosociologiques et de sondages pédologiques pour identifier d'éventuelles zones humides supplémentaires.



Figure 2 : Localisation des habitats humides et pro parte

Tableau 1 : Synthèse des habitats indicateurs de zones humides

Habitat naturel et anthropique (EUNIS)	Corine Biotops	Zone humide*	Surface (m <sup>2</sup> )	% de l'aire d'étude
C2.3 Cours d'eau permanents non soumis aux marées, à débit régulier	24.1	-	1181,7	1,88
E2.61 Prairies améliorées sèches ou humides	81.1	-	9209,3	14,65
FA.1 Haies d'espèces non indigènes	84.2	-	984,4	1,57
FB.32 Plantations d'arbustes ornementaux	85	-	8943,4	14,23
G5.1 Alignements d'arbres	84.1	-	804,0	1,28
I2.2 Petits jardins ornementaux et domestiques	85.2	-	611,2	0,97
J1.2 Bâtiments résidentiels des villages et des périphéries urbaines	86	-	2352,6	3,74
J1.4 Sites industriels et commerciaux en activité des zones urbaines et périphériques	86	-	1243,9	1,98
J4.2 Réseaux routiers	86	-	20179,7	32,10
J5.3 Eaux stagnantes très artificielles non salées	89.2	-	1315,7	2,09
F9.35 Formations riveraines d'arbustes invasifs	87.1	p	1069,4	1,70
G1.2 Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes	44.4	H	1274,4	2,03



E2.2 Prairies de fauche de basse et moyenne altitude	38,2	p	4310,5	6,86
F3.131 Rondiers	87	p	6397,9	10,18
I1.5 Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	87	p	2983,0	4,75

H. : habitat humide ; p. : habitat pro parte au sens de l'Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides.

### 3.2 SELON LE CRITÈRE FLORISTIQUE

En complément des inventaires des habitats naturels et des sondages pédologiques, des inventaires floristiques avec des indices d'abondance dominants (coefficient de Braun-Blanquet) ont été réalisés afin d'identifier ou non d'éventuelles zones humides selon le critère floristique.

Selon l'Arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement, une zone est considérée humide si la majorité des espèces ayant un taux de recouvrement de plus de 20% est représentée par des espèces indicatrices de zones humides (liste de l'annexe II Table A).

12 relevés phytosociologiques, réalisés lors de la période d'inventaire de 2021 et détaillés ci-dessous, ont révélé l'absence de végétation caractéristique de zones humides.



Figure 3 : Localisation des relevés floristiques

Relevé de la flore					
	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Espèce indicatrice ZH	Coefficient Braun-Blanquet
1	Fabacées	Luzerne d'Arabie	<i>Medicago arabica</i>		3
	Poacées	Fétuque ovine	<i>Festuca ovina</i>		2
	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		2
	Lamiacées	Lamier pourpre	<i>Lamium purpureum</i>		1
	Astéracées	Achillée mille feuilles	<i>Achillea millefolium</i>		1
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		1
	Plantaginacées	Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i>		1
	Renonculacées	Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i>		1
2	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		3
	Poacées	Fétuque ovine	<i>Festuca ovina</i>		3
	Renonculacées	Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i>		1
	Géraniacées	Géranium mou	<i>Geranium molle</i>		1
	Fabacées	Luzerne d'Arabie	<i>Medicago arabica</i>		1
	Fabacées	Trèfle des prés	<i>Trifolium pratense</i>		1
	Fabacées	Vesce des haies	<i>Vicia sepium</i>		1
	Plantaginacées	Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i>		1
	Fabacées	Vesce à épis	<i>Vicia cracca</i>		1
	Euphorbiacées	Euphorbe à feuilles d'amançandier	<i>Euphorbia amygdaloides</i>		1
Astéracées	Paquerette	<i>Bellis perennis</i>		1	
3	Salicacées	Tremble	<i>Populus tremula</i>		1
	Rosacées	Merisier	<i>Prunus avium</i>		2
	Rosacées	Prunier cultivé	<i>Prunus domestica</i>		1
	Corylacées	Charme	<i>Carpinus betulus</i>		1
	Oléacées	Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i>		1
	Cornacées	Cornouiller sanguin	<i>Cornus sanguinea</i>		2
	Acéracées	Erable champêtre	<i>Acer campestre</i>		1
	Salicacées	Saule marsault	<i>Salix caprea</i>		1
	Acéracées	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>		1
	Araliacées	Lierre grimpant	<i>Hedera helix</i>		1
Caprifoliacées	Sureau noir	<i>Sambucus nigra</i>		1	
4	Polygonacées	Rumex crépu	<i>Rumex crispus</i>		1
	Lamiacées	Menthe à feuille ronde	<i>Mentha suaveolens</i>	H	1
	Géraniacées	Géranium mou	<i>Geranium molle</i>		1
	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		2

	Poacées	Fétuque ovine	<i>Festuca ovina</i>		2
	Astéracées	Paquerette	<i>Bellis perennis</i>		1
	Astéracées	Achille mille feuilles	<i>Achillea millefolium</i>		1
	Caprifoliacées	Viorne lantane	<i>Viburnum lantana</i>		1
	Renonculacées	Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i>		1
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		1
5	Acéracées	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>		1
	Bétulacées	Bouleau verruqueux	<i>Betula pendula</i>		1
	Oléacées	Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i>		1
	Fabacées	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>		1
	Rosacées	Merisier	<i>Prunus avium</i>		1
	Caprifoliacées	Viorne lantane	<i>Viburnum lantana</i>		2
	Corylacées	Charme	<i>Carpinus betulus</i>		1
	Rosacées	Prunellier	<i>Prunus spinosa</i>		1
	Acéracées	Erable champêtre	<i>Acer campestre</i>		1
	Lamiacées	Lamier jaune	<i>Lamium galibordolobri</i>		1
	Araliacées	Lierre grim pant	<i>Hedera helix</i>		2
	Lamiacées	Lierre terrestre	<i>Glechoma hederacea</i>		1
Violacées	Violette des bois	<i>Viola reichenbachiana</i>		1	
6	Rosacées	Ronce	<i>Rubus fruticosus</i>		3
	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		2
	Caprifoliacées	Sureau noir	<i>Sambucus nigra</i>		1
	Rosacées	Prunier cultivé	<i>Prunus domestica</i>		1
	Poacées	Fétuque ovine	<i>Festuca ovina</i>		2
	Fabacées	Trèfle des prés	<i>Trifolium pratense</i>		1
	Renonculacées	Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i>		1
7	Bétulacées	Auline glutineux	<i>Alnus glutinosa</i>	H	3
	Salicacées	Saule blanc	<i>Salix alba</i>	H	1
	Corylacées	Noisetier	<i>Corylus avellana</i>		1
	Rosacées	Sorbier des oiseaux	<i>Sorbus aucuparia</i>		1
	Acéracées	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>		1
	Rubiacees	Gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>		2
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		2
8	Fabacées	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>		3
	Caprifoliacées	Sureau noir	<i>Sambucus nigra</i>		1
	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		2
	Rubiacees	Gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>		2
	Oléacées	Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i>		1
	Polygonacées	Renouée du Japon	<i>Reynoutria japonica</i>		1

9	Fabacées	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>		3
	Salicacées	Peuplier noir	<i>Populus nigra</i>	H	1
	Rosacées	Merisier	<i>Prunus avium</i>		1
	Araliacées	Lierre grim pant	<i>Hedera helix</i>		2
	Rubiacees	Gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>		2
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		1
10	Poacées	Fromental	<i>Arrhenatherum elatius</i>		3
	Rubiacees	Gaillet mollugine	<i>Galium mollugo</i>		3
	Poacées	Fétuque ovine	<i>Festuca ovina</i>		2
	Renonculacées	Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i>		1
	Polygonacées	Oseille	<i>Rumex acetosa</i>		1
	Poacées	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i>		1
	Rosacées	Potentille rampante	<i>Potentilla reptans</i>		1
	Fabacées	Trèfle des prés	<i>Trifolium pratense</i>		1
Lamiacées	Bugle rampante	<i>Ajuga reptans</i>		1	
11	Salicacées	Saule blanc	<i>Salix alba</i>	H	1
	Bétulacées	Auline à feuilles en cœur	<i>Alnus cordata</i>	H	2
	Salicacées	Peuplier noir	<i>Populus nigra</i>	H	1
	Fabacées	Robinier faux-acacia	<i>Robinia pseudoacacia</i>		1
	Polygonacées	Renouée du Japon	<i>Reynoutria japonica</i>		2
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		1
	Caryophyllacées	Stellaire holostée	<i>Stellarium holostea</i>		1
	Ranunculacées	Ficaire	<i>Ficaria verna</i>		2
	Rubiacees	Gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>		1
	Rosacées	Benoîte commune	<i>Geum urbanum</i>		1
	Acéracées	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>		1
12	Bétulacées	Auline glutineux	<i>Alnus glutinosa</i>	H	1
	Acéracées	Erable sycomore	<i>Acer pseudoplatanus</i>		2
	Oléacées	Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i>		1
	Corylacées	Noisetier	<i>Corylus avellana</i>		2
	Polygonacées	Renouée du Japon	<i>Reynoutria japonica</i>		2
	Urticacées	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i>		1
	Rosacées	Ronce	<i>Rubus fruticosus</i>		1
	Brassicacées	Alliaire officinale	<i>Alliaria petiolata</i>		1
	Ranunculacées	Ficaire	<i>Ficaria verna</i>		1
	Araliacées	Lierre grim pant	<i>Hedera helix</i>		1
Rubiacees	Gaillet gratteron	<i>Galium aparine</i>		1	

### 3.3. SELON LE CRITÈRE PÉDOLOGIQUE

INGEROP a entrepris une campagne de sondage le 10 octobre 2022 sur le site d'étude par des écologues qualifiés.

Sur les 30 sondages présentés ci-dessous, 6 d'entre eux sont positifs et attestent de la présence de zones humides. 7 sondages sont non interprétables en raison de refus de tarière et 17 sont négatifs.

Les sondages S1 à S5 (cf. annexe 1) effectués au nord de la RN88, jouxtant le Janon, démontrent que celle-ci est une zone humide. Cela correspond à 1278m<sup>2</sup>.

Le sondage S16 positif révèle également une zone humide. De plus, un micro-habitat de jonchaie (observé lors du sondage) est présent à proximité immédiate du sondage pédologique, ce qui confirme la présence d'une zone humide qui correspond à 748m<sup>2</sup>.

Certains sondages n'ont pas pu être réalisés pour cause d'accessibilité ou de dépôt de remblais sur le site, notamment près du giratoire existant, au sud RN88. La zone de remblais n'est pas liée à ce projet. En effet, au vu de sa topographie et de son caractère remarié (implantation du giratoire à proximité) des sondages au droit de cette demièrre ne seraient pas représentatifs.

De plus, vers le Ricolin, les sondages n'ont pas été menés au droit d'anciennes bâtisses (refus de tarière dès les premiers centimètres).

Et, au droit des berges du Ricolin, des zones humides sont déjà identifiées via le critère « habitat » et au vu des pentes des berges, les sondages dans ce secteur sont compliqués à réaliser.

Au total, les sondages pédologiques ont permis d'inventorier 2 026 m<sup>2</sup> de zones humides.

Figure 4 : Résultats des sondages pédologiques

Point	Résultat	Classe GEPPA	Classable en ZH	Commentaire
1	Positif	IV a - c	Oui	Sondage jusqu'à 30 cm. Présence de traces rédoxiques entre 0 et 25cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileuse.
2	Positif	VI c1 -c2 - d	Oui	Sondage jusqu'à 30 cm. Présence de traces rédoxiques et rédoxiques à 30cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileuse. Devient plutôt sableuse à 15cm.
3	Positif	IV a - c	Oui	Sondage jusqu'à 30 cm. Présence de traces rédoxiques à 20cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileuse.
4	Positif	V a - b - c - d	Oui	Sondage jusqu'à 30 cm. Présence de traces rédoxiques et rédoxiques à 10cm. Intensification des traces rédoxiques à 15-20cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileuse.
5	Positif	IV a - c	Oui	Sondage jusqu'à 30 cm. Présence de traces rédoxiques à 15cm et de traces rédoxiques à partir de 20cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileuse.
6	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 10 cm. Remblais. Absence de traces d'oxydoréduction.
7	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse. Remblais à partir de 25 cm.
8	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron clair, texture sèche et sableuse.

9	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de trace d'oxydoréduction. Remblais.
10	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse. Remblais à partir de 25 cm.
11	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron clair, texture sèche et sableuse.
12	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron clair, texture sèche et sableuse.
13	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron intermédiaire, texture sèche et sableuse.
14	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 25 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron clair, texture sèche et sableuse.
15	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 20 cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileux, présence de cailloux. Très faibles traces rédoxiques à 15 cm.
16	Positif	VI c1 -c2	Oui	Sondage jusqu'à 25 cm. Présence de traces rédoxiques à 15cm. Début de traces rédoxiques à 20 cm. Intensification des traces rédoxiques à 25 cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse. Micro-habitat de jonchaie.
17	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 15 cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et sablo-argileux. Traces rédoxiques très faibles.
18	Négatif		Non	Refus de tarière à 20 cm. Couleur marron intermédiaire, texture fraîche et sablo-argileux. Absence de traces d'oxydoréduction.
19	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 5 cm. Remblais
20	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 25 cm. Faibles traces rédoxiques. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse. Morceaux de terre cuite.
21	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche, sèche et sablo-argileuse.
22	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé puis ocre à 25 cm, texture fraîche, sèche et sablo-argileuse.
23	Négatif		Non	Refus de tarière à 20 cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse. Absence de traces d'oxydoréduction.
24	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse.
25	Négatif		Non	Sondage jusqu'à 30 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse.
26	Négatif		Non	Refus de tarière à 25 cm. Remblais. Absence de traces d'oxydoréduction.
27	Négatif		Non	Refus de tarière à 25 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron intermédiaire, sablo-argileux.
28	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 25 cm. Légères traces rédoxiques. Couleur marron foncé, sablo-argileuse.



29	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 20 cm. Légères traces rédoxiques à 20 cm. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse, devient plutôt sableuse à 20 cm.
30	Non interprétable		Non	Refus de tarière à 10 cm. Absence de traces d'oxydoréduction. Couleur marron foncé, texture fraîche et argilo-sableuse, devient plutôt sableuse à 20 cm.



Figure 5 : Traces rédoxiques et réductiques du sondage S16

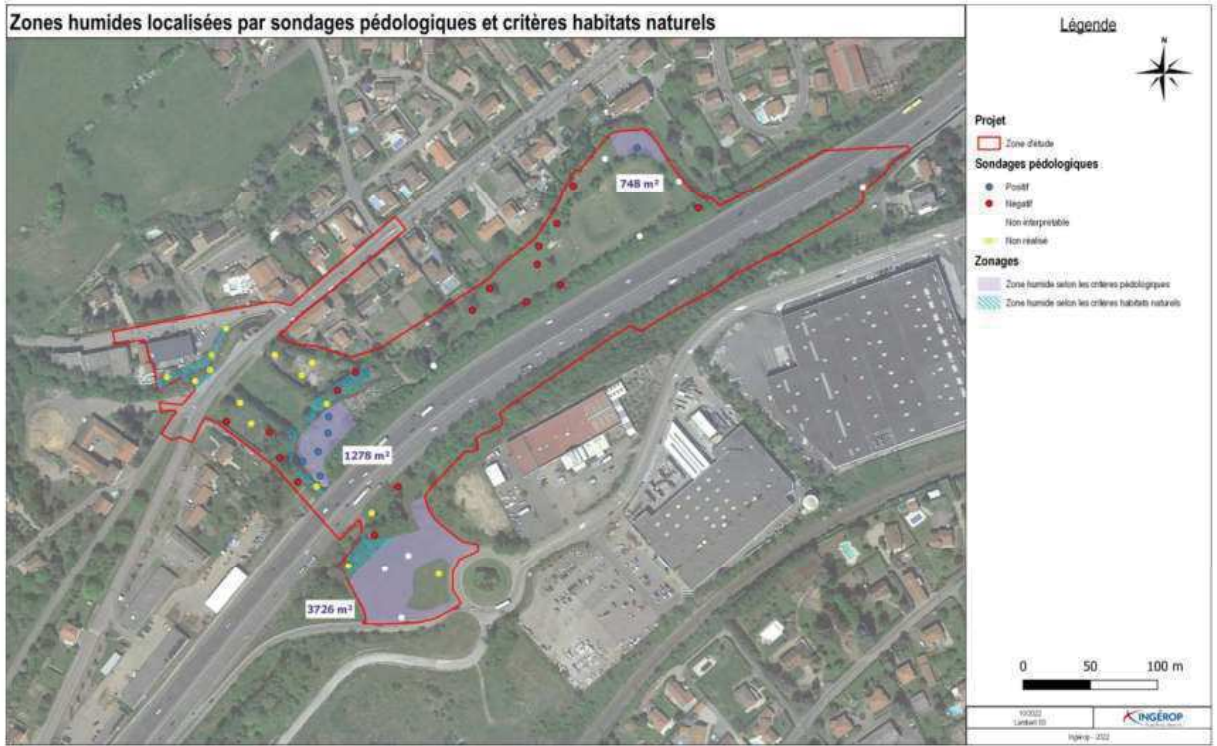


Figure 6 : Résultats des sondages et surfaces de zones humides détectées

### 3.4. FONCTIONNALITÉ DES ZONES HUMIDES

L'habitat « forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes » impacté par le projet, est un habitat pouvant être à structure complexe présentant plusieurs strates de végétation et riche en espèces. Ils sont localisés le long des cours d'eau des zones némorales, steppiques et subméditerranéennes.

Parmi les 3 300 m<sup>2</sup> des zones humides identifiées, cet habitat représente 1 274 m<sup>2</sup> (38,6% de la surface), réparti principalement le long du Janon au sud-ouest de la zone d'étude. Certaines parties se situent à l'interface du Janon et d'une prairie améliorée humide d'une surface de 1278 m<sup>2</sup>. L'autre prairie améliorée humide est localisée au nord-est de la zone d'étude couvrant une surface de 748m<sup>2</sup>. Toutes ces zones humides situées à proximité d'habitations ou de réseaux routiers sont alimentées par les deux cours d'eau : le Janon et le Ricolin. Ceux-ci permettent le maintien des conditions hydrologiques à l'origine de l'existence de ces zones humides dans la zone d'étude.

De nombreuses activités humaines sont présentes sur le secteur : réaménagement des berges pour les constructions, construction du seuil, dépôt de matériel, jardins...

En raison de la forte anthropisation du secteur (présence forte d'espèce exotiques envahissantes, notamment la Renouée du Japon, nombreuses constructions, notamment des infrastructures et habitations), les surfaces de zones humides sont fragmentées sur le secteur. Par conséquent, le site offre actuellement des habitats et des fonctions biologiques limitées pour la faune.

### 3.5. CONCLUSION

La caractérisation des habitats naturels et anthropiques de la zone d'étude a permis d'identifier un habitat humide : G1.2 Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes.

Suite à cette caractérisation, des relevés phytosociologiques et des sondages pédologiques ont été réalisés au droit des habitats non humides et pro parte (potentiellement humides), afin de compléter l'inventaire des zones humides. Les relevés phytosociologiques se sont révélés négatifs, en revanche 6 des 30 sondages pédologiques effectués sont positifs. Cela a permis d'identifier des zones humides en complément de la caractérisation d'habitats.

**Au total, les différents inventaires (habitats, relevés phytosociologiques et sondages pédologiques) mis en place nous ont permis d'identifier 3 300 m<sup>2</sup> de zones humides sur l'ensemble de l'aire d'étude.**

## 4. ANNEXES

---

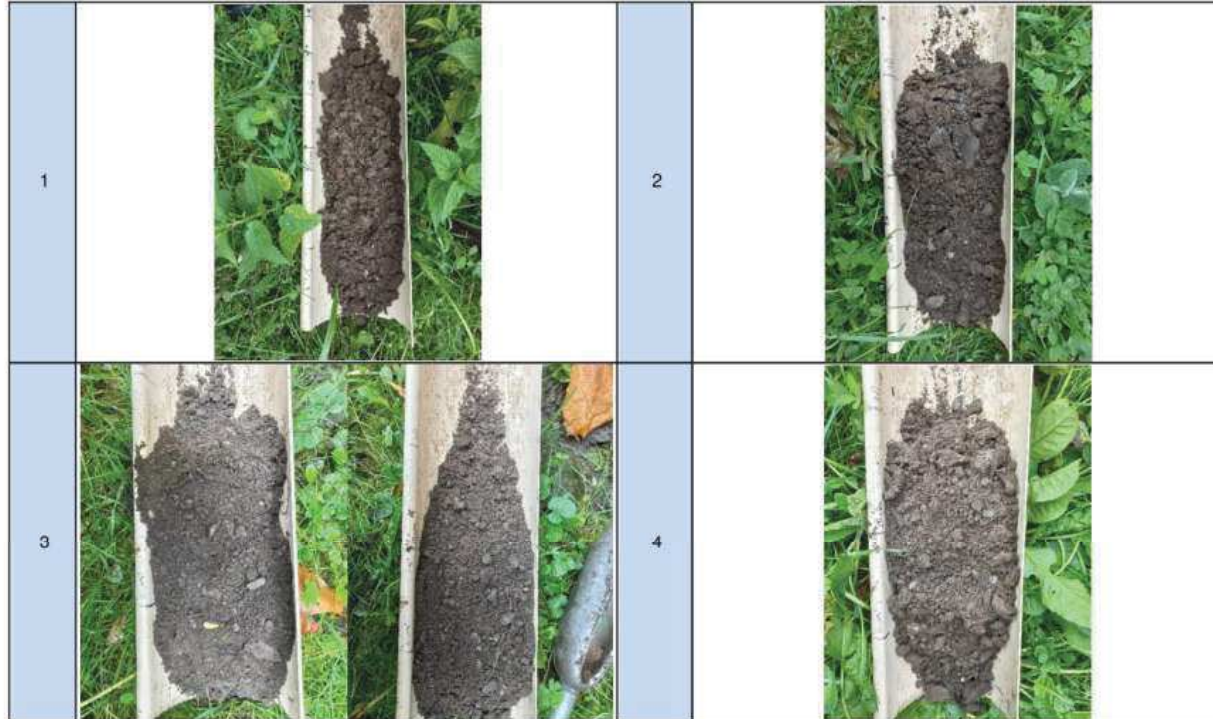


Annexe 1 : Numérotation des sondages pédologiques





Annexe 2 : Photographies des résultats des sondages pédologiques







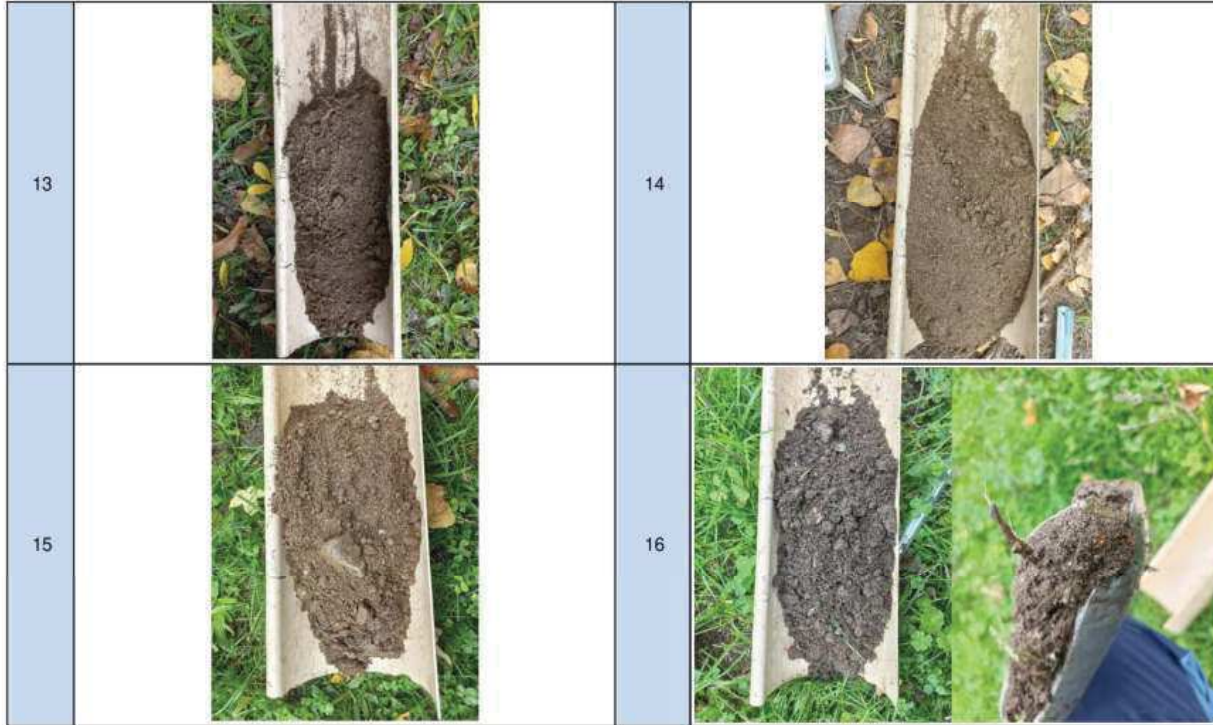








5		6	
7		8	







9				10	
11				12	









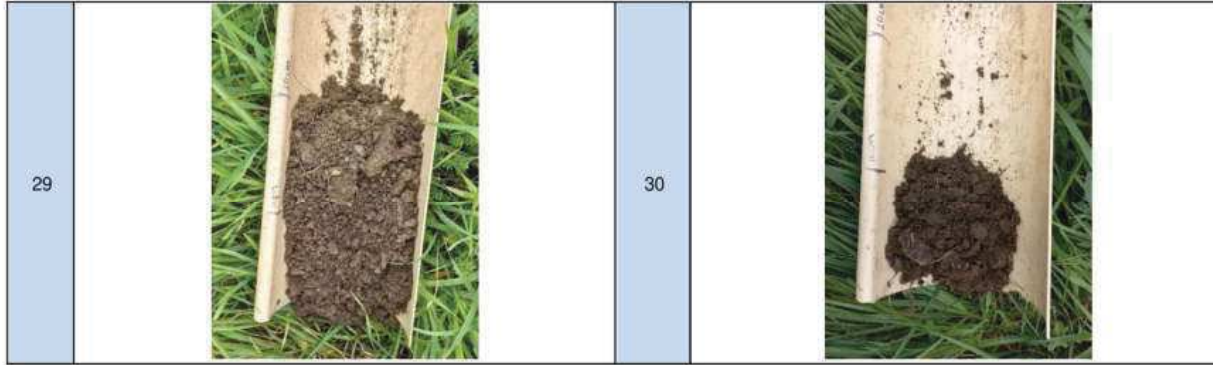
17				18	
19				20	



21	 A vertical wooden core containing a dark, moist soil sample, surrounded by dry twigs and some green vegetation.	22	 A vertical wooden core containing a dark, moist soil sample, surrounded by green leaves and a black bucket.
23	 A vertical wooden core containing a dark, moist soil sample, surrounded by green grass and yellow flowers.	24	 A vertical wooden core containing a dark, moist soil sample, surrounded by green grass and a blue bag.

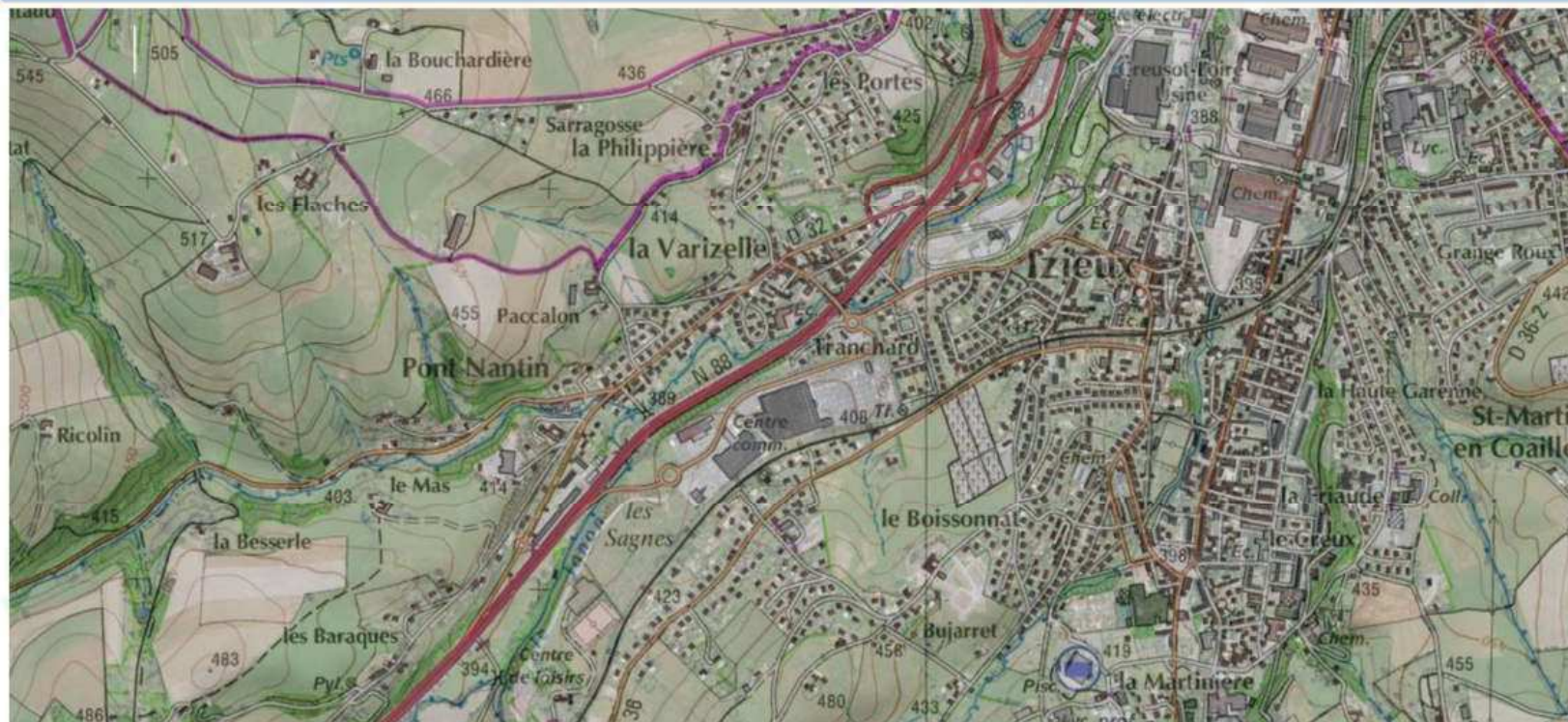


25				26			
27				28			



# ANNEXE 6 : ÉTUDE ASSAINISSEMENT

Mai 2022



RN88 - ECHANGEUR DE LA VARIZELLE

Dossier Projet

II.6 ASSAINISSEMENT ET HYDRAULIQUE

II.6.1 Rapport d'assainissement





## Suivi des révisions du document

---

Indice	Date	Modifications	Établi	Vérfié	Approuvé
A	20/05/2022	1ère émission	A. KOHN	G. PIVOT	D. ROUVEURE

## Codification du document

---

PRO\_PRD\_NOT\_00320\_A



## SOMMAIRE

---

<b>1. RAPPEL DE L'ETAT INITIAL ET DES ENJEUX</b> .....	5
<b>1.1. GENERALITES</b> .....	5
<b>1.2. HYDROGEOLOGIE ET GEOTECHNIE</b> .....	5
1.2.1. Bassin 1.....	6
1.2.2. Bassin 2.....	6
<b>2. ASSAINISSEMENT ROUTIER – GESTION DES EAUX PLUVIALES</b> .....	7
2.1. DEFINITION DES IMPLUVIUMS ROUTIERS.....	7
2.2. DEFINITION DES HYPOTHESES DE CALCUL DES DEBITS ET BASSINS.....	7
2.3. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS.....	8
2.3.1. Traitement.....	8
2.4. PRINCIPE D'ASSAINISSEMENT.....	9
<b>DOSSIER DE PLANS</b> .....	10
<b>ANNEXES</b> .....	10
FICHES DE DIMENSIONNEMENT – ECRETEMENT (METHODE DES PLUIES).....	11
FICHES DE DIMENSIONNEMENT – FICHES SETRA.....	12
FICHES DE DIMENSIONNEMENT – DIMENSIONNEMENT DE LA COLLECTE A Q10 – AVEC VERIFICATION A Q30	13





## Liste des figures

---

Figure 1 : Extrait du PPRNP « Inondations » du Gier et ses affluents .....	5
Figure 2 : Localisation du piézomètre PZ11 .....	6
Figure 3 : Résultats du forage PZ11 .....	6
Figure 4 : Synthèse des niveaux d'eau avant et après drainage des bassins .....	6
Figure 5 : Localisation du piézomètre PZ12 .....	6
Figure 6 : Résultats du forage PZ12 .....	6
Figure 7 : Définition des impluviums routiers du projet .....	7
Figure 8 : Extrait du PLU – Saint-Chamond .....	8
Figure 9 : Débit de fuite des deux bassins .....	8
Figure 10 : Coefficients de Montana de la station de St-Etienne – Bouthéon .....	8
Figure 11 : Volumes utiles retenus pour les deux bassins .....	8



## 1. RAPPEL DE L'ETAT INITIAL ET DES ENJEUX

### 1.1. GENERALITES

Le projet de complément de l'échangeur de la Varizelle se situe en zones rouge et bleue vis-à-vis du risque inondation. Le règlement autorise toutefois les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs ou à des services publics sous réserve de prendre en compte le risque inondation dans leur conception.

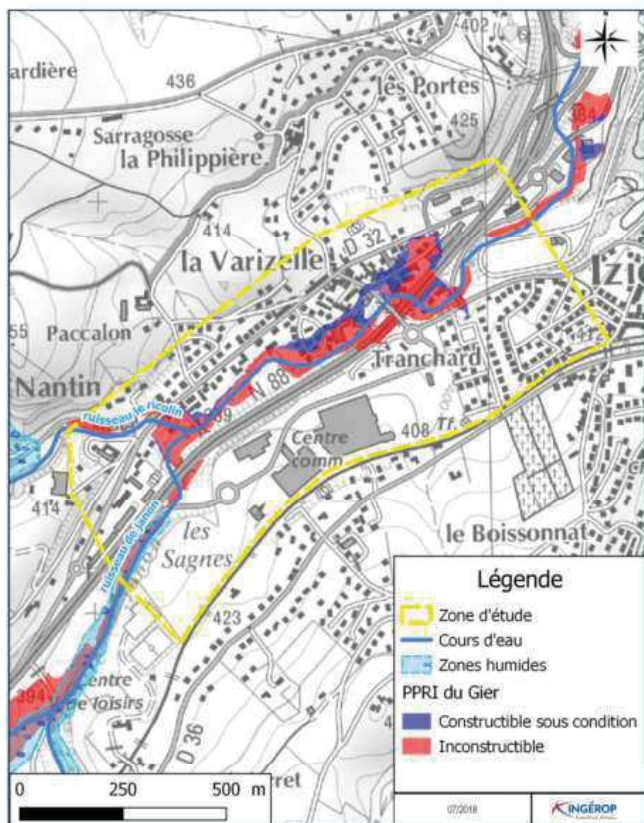


Figure 1 : Extrait du PPRNP « Inondations » du Gier et ses affluents

Deux cours d'eau superficiels, à faible débit et relativement contraints et anthropisés, traversent la zone d'étude :

- Le Janon, évalué au SDAGE avec un état chimique bon mais un état écologique médiocre,
- Le Ricolin, qui est un affluent du Janon, non référencé au SDAGE.

Ces deux cours d'eau sont concernés par le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'Inondation (PPRNP) du Gier approuvé le 8 novembre 2017.

Le projet sera conçu de façon à ne pas dégrader la situation actuelle. Un dossier au titre de la Loi sur l'eau sera élaboré dans le cadre de la procédure d'autorisation environnementale unique.

Des zones humides sont identifiées à proximité du projet, sans interférer sur les emprises de l'aménagement.

### 1.2. HYDROGEOLOGIE ET GEOTECHNIE

Le site d'étude repose sur la masse d'eau souterraine « Formations variées bassin houiller stéphanois BV Rhône ». Il s'agit d'une nappe imperméable localement aquifère qui ne présente pas de désordre du point de vue qualitatif et quantitatif.

Le site d'étude n'est localisé dans aucun périmètre de protection des captages en alimentation potable (AEP) d'après les données de l'Agence Régionale de la Santé (ARS) Rhône-Alpes.

1.2.1. Bassin 1

La figure suivante localise le piézomètre PZ11, dans le secteur de la future implantation du bassin de rétention n°1.

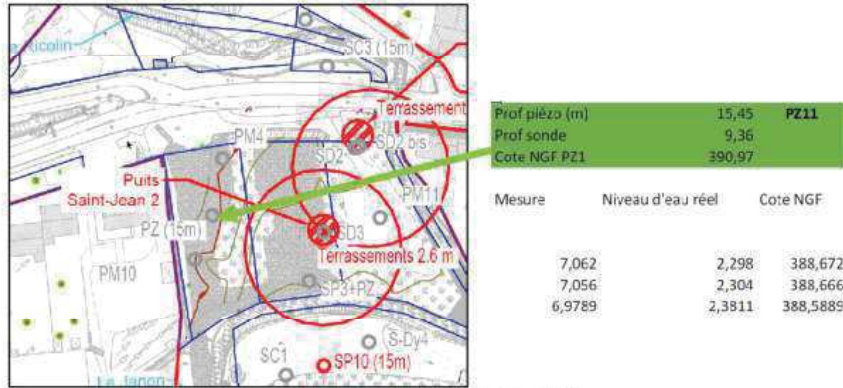


Figure 2 : Localisation du piézomètre PZ11

Bassin 2

La figure suivante précise l'implantation du piézomètre PZ12, réalisé à proximité des bassins existants de la DIR CE.

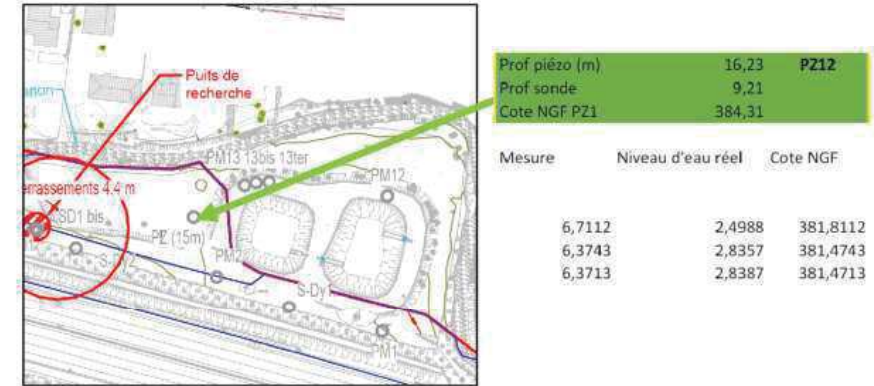


Figure 5 : Localisation du piézomètre PZ12

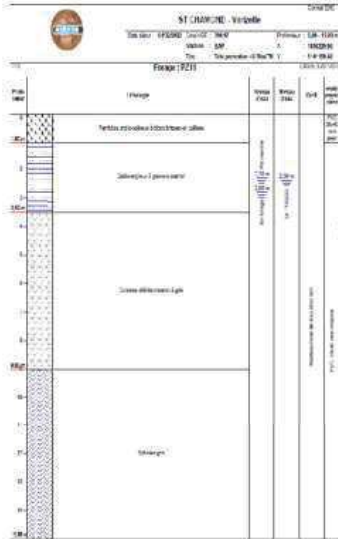


Figure 3 : Résultats du forage PZ11

Analyse du bassin n°1

Dans ce secteur est identifié une strate de schistes altérés marron à gris, caractérisée par une faible perméabilité, en-dessous d'un niveau d'eau à environ 2,5 mètres de profondeur dans une strate sablo-argileuse à graviers marron.

La présence d'eau sous le futur bassin pourrait provoquer pour exemple un soulèvement de la géomembrane et/ou du fond béton.

C'est pourquoi afin de prévenir tout désordre impactant l'intégrité de l'ouvrage projeté, un système de drainage sera réalisé avec l'implantation d'une tranchée drainante en périphérie du bassin.

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux éléments à retenir concernant le bassin n°1. La hauteur d'immersion théorique avant drainage est estimée à 1,52 m (prise en compte dans cette analyse du niveau du volume mort). Le niveau d'eau après rabattement est estimé à -0,40 m, par la mise en place d'un drainage toutes hauteurs périphériques ceinturant le bassin.

Analyse du bassin n°2

Dans ce secteur, malgré l'identification d'un niveau d'eau à environ 2,5 mètres sur le forage PZ 12 (Cf coupe ci-contre), aucune donnée ne remet en cause l'implantation et la réutilisation des bassins DIRCE pour la suite du projet.

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques du bassin n°2 et de la nappe à proximité. La nappe se situe 1 mètre en-dessous du bassin (selon niveau d'eau mesuré du 03 février 2022), il n'est par conséquent pas nécessaire de mettre en place un système de drainage en périphérie sur ce bassin.

**Nota :** Ce bilan se base sur un raisonnement hypothétique sur l'emprise. En effet, nous sommes partis de l'hypothèse que dans les conditions étudiées, les écoulements pourraient être gérés par un simple drainage périphérique, et éventuellement un lestage complémentaire au besoin sur le bassin n°1. Cette problématique donnera lieu à la réalisation, imposé dans le DCE, d'une étude hydrogéologique de niveau exécution à réaliser par l'entreprise en charge des travaux.

Bassin	Niveau de nappe (m NGF)	Niveau du fond (m NGF)	Niveau du volume mort (m NGF)	Hauteur d'immersion théorique (delta H fond bassin - Niveau du bassin) (m)	Niveau le du drainage (m NGF)	Niveau d'eau après rabattement (m) (delta H Niveau de la nappe après drainage - fond bassin)
Bassin n°1	388,67	386,65	387,15	1,52	386,25	-0,40
bassin n°2	381,81	382,30	382,80	-0,99	-	-

Figure 4 : Synthèse des niveaux d'eau avant et après drainage des bassins

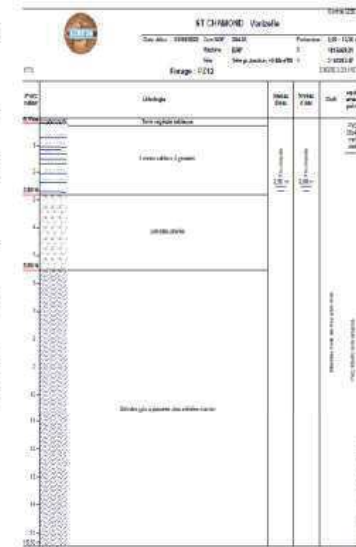


Figure 6 : Résultats du forage PZ12



## 2. ASSAINISSEMENT ROUTIER – GESTION DES EAUX PLUVIALES

Conformément à ce qui a été défini en phase AVP, les bassins projetés seront hors d'eau, et par conséquent préservés des crues. L'implantation des bassins en lit majeur dans des zones pouvant être utilisées pour la compensation hydraulique n'est aujourd'hui plus envisageable. De plus, les eaux ruisselées au niveau de la bretelle sens 2 seront également captées et gérées par un bassin de rétention contrairement à ce qui était initialement prévu.

### 2.1. DEFINITION DES IMPLUVIUMS ROUTIERS

La définition des impluviums est établie suivant les exploitants projetés des différentes sections, pour anticiper les conditions d'exploitation. Les bretelles de sortie et d'entrée nouvellement créées seront exploitées par la DIRCE à l'instar de la section courante de la RN88. L'exploitation du giratoire nouvellement créé et du barreau de franchissement de la RN88 sera à préciser ultérieurement.

Ainsi, 2 impluviums seront envisagés pour la collecte des eaux superficielles :

- Un premier composé de tout le barreau de franchissement excepté le giratoire existant, un tronçon de la Route de la Varizelle (RD 32) et de la Route des Barraques à proximité du giratoire nouvellement créé ainsi que la bretelle de sortie en sens 1 venant de Lyon.
- Un deuxième comprenant la section courante de la RN 88 ainsi que la bretelle de sortie sens 2 en direction de Lyon.

Les bassins versants 1 et 2 au sud de la RN88 seront quant à eux déconnectés des deux impluviums définis précédemment, via un caniveau en « U » au sommet du mur de soutènement. Les eaux seront dirigées vers la traversée existante située à l'aval de l'impluvium ayant pour exutoire le Janon.

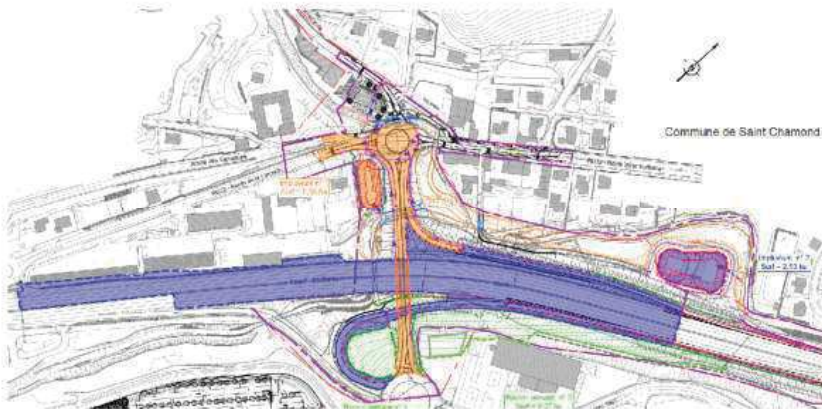


Figure 7 : Définition des impluviums routiers du projet

#### • Impluvium 1 :

Ce bassin a été déplacé à l'ouest du barreau de franchissement, permettant ainsi de garantir son implantation en dehors de la zone de compensation (inondable).

- Surface de ruissellement de l'impluvium : **5 470 m<sup>2</sup>**.
- Coefficient de ruissellement : **1,00**.
- Surface du bassin pondérée : 5 470 m<sup>2</sup> = **0,55 ha**.

#### • Impluvium 2 :

Les deux bassins appartenant à la DIRCE ont été mutualisés et remis aux normes concernant les pollutions accidentelles et chroniques. La gestion des pollutions par temps de pluie a été considérée afin de gérer au mieux chaque incident de pollution. Les bassins-versants au sud de la RN88 ont quant à eux été déconnectés de cet impluvium, les eaux ruisselant à l'intérieur ne sont donc plus prises en compte.

- Surface de ruissellement de l'impluvium : **25 882 m<sup>2</sup>**.
- Coefficient de ruissellement : **0,91** (coef 1 pour la surface de chaussée, et 0,3 pour la surface de talus).
- Surface du bassin pondérée : 23 573 m<sup>2</sup> = **2,36 ha**.

### 2.2. DEFINITION DES HYPOTHESES DE CALCUL DES DEBITS ET BASSINS

L'aménagement du demi-échangeur doit veiller à ne pas rehausser les lignes d'eau, ni agrandir le périmètre des zones exposées au risque.

La lecture du schéma directeur des eaux pluviales de Saint-Etienne Métropole permet de définir les hypothèses de conception des bassins suivantes :

- Débit spécifique de 5 l/s/ha pour les projets neuf.
- Occurrence de la période de retour : 30 ans.

La rectification du Janon induit d'après le SDAGE Rhône-Méditerranée, la réalisation d'opération de restauration écologique de la zone déviée.

Enfin, le PLU de la commune de Saint-Chamond indique les préconisations en termes de maîtrise des zones pluviales suivantes (figure 4) :

- **Surface grise** : L'imperméabilisation de surface doit être compensée par un assainissement des eaux de ruissellement afin que le débit généré par l'aménagement soit équivalent à celui sans aménagement.
- **Surface rose** : Des ouvrages de rétention des eaux pluviales doivent être mis en place de capacité équivalente aux débits générés. L'imperméabilisation de surface doit être compensée par un assainissement des eaux de ruissellement afin que le débit généré par l'aménagement soit équivalent à celui sans aménagement. Les eaux de ruissellement de la chaussée devront être traitées avant rejet (aménagement de bacs séparateurs d'hydrocarbures). Les bassins seront enherbés et plantés.

Les bassins sont dimensionnés conformément au Guide Technique Pollution d'Origine Routière du SETRA pour la gestion des pollutions accidentelles et chroniques et suivant la méthode des pluies pour les écoulements, méthode la plus couramment utilisée pour ce type de bassin.

Le niveau des données d'entrée n'étant pas suffisant pour estimer la vulnérabilité réelle de la zone d'études, les bassins seront dimensionnés de façon sécuritaire vis-à-vis de leur capacité et avec volume mort. Le point de rejet sera considéré comme **très fortement vulnérable**.

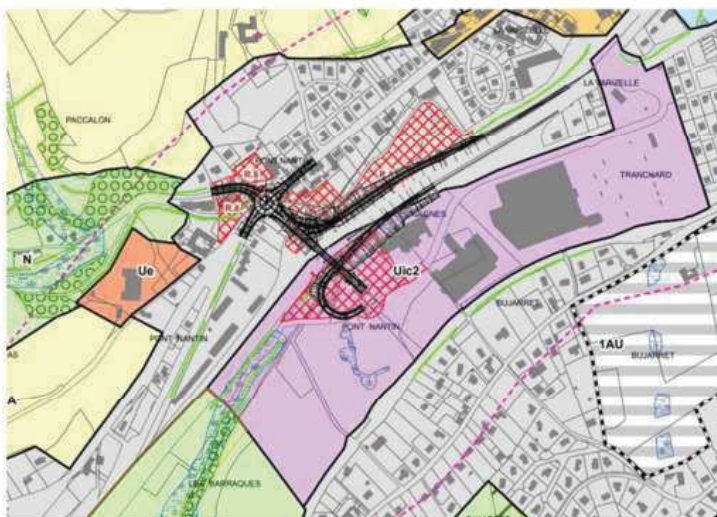


Figure 8 : Extrait du PLU – Saint-Chamond

### 2.3. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS

Les bassins sont dimensionnés conformément au guide technique *Pollution d'origine routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux* du SETRA (2007) pour contenir une pollution accidentelle lors d'une pluie de période de retour de 2 ans, avec l'ouvrage de sortie fermé pendant 2 heures. Le dimensionnement des bassins doit également être compatible avec un délai d'intervention de 1 heure.

Les calculs de rétention sont réalisés pour une période de retour de 30 ans avec un débit de fuite indiqué ci-dessous, respectant les 5 l/s/ha. Saint Etienne Métropole indique qu'à partir de 2l/s le débit de fuite est techniquement réalisable.

Bassin	Impluvium 1	Impluvium 2
Débit de fuite (ratio 5 l/s/ha)	2,7 l/s	12,9 l/s

Figure 9 : Débit de fuite des deux bassins

L'échange avec la DDT42 nous a confirmé la nécessité d'application stricte de ces débits de fuite.

Afin d'assurer la régulation d'un débit de fuite inférieur à 5 l/s (risque d'obstruction et donc entretien plus important), le BM1 sera équipé d'un régulateur (type à effet vortex «). Pour information seul le bassin collectant les eaux de l'impluvium n°1 sera équipé d'un tel dispositif. En revanche, le bassin de rétention existant modifié de la DIRCE, sera régulé par un simple grille de régulation de débit. De plus, afin de empêcher la remontée des eaux provenant du Janon en cas de crues, des clapets-anti-retours seront installés en sortie des deux ouvrages.

Nous attirons cependant l'attention sur les conséquences de ce choix technique :

Ces ouvrages nécessitent un entretien régulier afin de confirmer/fiabiliser le fonctionnement des dispositifs,

Les temps de remplissage / vidange des bassins compte tenu de ces faibles débits de fuite est très long augmentant significativement le risque d'un second événement pluvieux consécutif non pris en compte dans ces calculs.

Les coefficients de Montana utilisés sont issus des mesures de la station Météo-France de St-Etienne – Bouthéon. Ils sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les intensités de pluie pour des durées de retours données.

Période de retour	6 min < T < 2 h		2 h < T < 24 h	
	a	b	a	b
10 ans	7,628	0,612		
30 ans	8,836	0,596	10,967	0,676

Figure 10 : Coefficients de Montana de la station de St-Etienne – Bouthéon

Le calcul du volume utile des bassins a été réalisé, conformément aux préconisations du CEREMA, pour le traitement de la pollution accidentelle, pour le traitement de la pollution chronique et pour l'écrêtement des débits. Le volume utile le plus grand, le plus contraignant, sera retenu.

Les volumes utiles  $V_u$  calculés pour les différents cas sont les suivants (le volume utile calculé pour le traitement de la pollution chronique est déterminée par la surface utile de sédimentation, pour une hauteur de volume mort de 0,5 m) :

Bassin	Impluvium 1	Impluvium 2
$V_u$ pour pollution accidentelle	205 + 50 m <sup>3</sup>	725 + 50 m <sup>3</sup>
$V_u$ pour écrêtement des débits	400 m <sup>3</sup>	1 980 m <sup>3</sup>
$V_u$ retenu	400 m <sup>3</sup>	1 980 m <sup>3</sup>

Figure 11 : Volumes utiles retenus pour les deux bassins

Les feuilles de calcul en annexe une application stricte du Guide technique *Pollution d'origine routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux* du SETRA (2007), développé par les services internes de l'Etat.

#### 2.3.1. Traitement

Le traitement de la pollution chronique est réalisé par mise en place d'ouvrages simples de décantation et de déshuilage (type ouvrage en béton équipé de cloison siphonnée) sur chacun des bassins considérés.

Les déchets flottants (sous l'action d'un dégrillage) et les liquides non miscibles à l'eau et plus légers (comme les huiles et les hydrocarbures) seront donc piégés par les ouvrages de sortie, dans les bassins.

Ceux-ci se dégraderont sous l'effet du soleil de l'activité bactérienne.

De plus, la surface de fond des bassins, sera définie pour permettre la décantation des particules pendant le temps de séjour dans chacun des bassins.

Les vitesses de sédimentation seront déterminées en fonction des objectifs de traitement permettant de respecter le bon état écologique des milieux naturels récepteurs et selon les résultats de la vulnérabilité du site.

Le dimensionnement qualitatif, qui permet de déterminer les caractéristiques nécessaires pour un abattement de pollution en termes de surface de décantation :

$$Sb = \frac{Q_f \cdot \left( \frac{0,5 \cdot Q_f}{Q_f} - \frac{Q_f}{Q_f} \right)}{V_s \cdot \left( \frac{0,5 \cdot Q_f}{Q_f} \right)} \times 3600$$

Avec :

Sb : Surface (m<sup>2</sup>) au miroir

Qf = Débit (m<sup>3</sup>/s) de fuite du bassin à mi-hauteur

QR = Débit (m<sup>3</sup>/s) de pointe d'entrée de référence (2 ans)

Vs = Vitesse (m/h) de sédimentation du bassin ; fixée ici à 1 m/h



## 2.4. PRINCIPE D'ASSAINISSEMENT

L'assainissement de l'échangeur inclut :

- La création d'ouvrages récepteur de la pollution accidentelle et chronique des eaux de chaussée.
- La limitation de la concentration de la pollution par un réseau d'ouvrages hydrauliques dense acheminant les eaux polluées vers les bassins.

Au regard de la délimitation des impluviums, le principe d'assainissement se base sur la collecte des eaux dirigées vers deux bassins, l'un lié aux eaux de la bretelle de sortie depuis Lyon, du barreau de franchissement et d'un tronçon des routes de la Varizelle et des Barraques, l'autre pour la collecte des eaux de la section courante de la RN 88 et de la bretelle d'entrée en direction de Lyon. Le fonctionnement de ces bassins avec volume mort est issu du guide technique *Pollution d'origine routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux* du SETRA (2007).

Le choix du positionnement de ces bassins est cohérent avec les eaux à collecter ainsi que les zones de compensation à considérer. La mutualisation des 2 bassins appartenant à la DIRCE a permis d'optimiser au mieux les surfaces utilisables pour les zones de compensation présentées dans la note « 11.6.2 Note hydraulique : Janon-Ricolin ». De plus, la déconnexion des bassins versants au sud de la RN88 dans la prise en compte des eaux captées permettent la diminution des volumes des bassins.

Les eaux seront acheminées vers les bassins respectifs par des dispositifs étanches d'assainissement (cunettes, caniveau à fente, collecteurs, fossés...) dimensionnés pour une période de retour 10 ans avec une vérification de non-débordement à 30 ans comme illustré sur le plan 11.6.5. Vue en plan assainissement.







## DOSSIER DE PLANS

---

- II.6.3 Vue en plan de l'existant
- II.6.4 Plan des impluviums routiers et bassins-versants naturels
- II.6.5 Vue en plan assainissement
- II.6.6 Cahier de détails des bassins de rétention
- II.6.7 Cahier de détails des ouvrages
- II.6.8 Vue en plan du rescindement
- II.6.9 Cahier de détails des aménagements projetés

## ANNEXES

---

- Fiches de dimensionnement – Ecrêtement (Méthode des pluies).
- Fiches de dimensionnement – Fiches SETRA
- Fiches de dimensionnement – Dimensionnement de la Collecte Q10 – Q30

**CALCULS HYDRAULIQUES D'UN BASSIN DE RETENUE**

Méthode des pluies

Projet : **RN88 - Echangeur de la Varizelle**  
 Commune (s) : **Saint Chamond**  
 Secteur (s) : **Bassin n°1 - Impluvium PS + Giratoire**

**CARACTERISTIQUES ELEMENTAIRES**

Surface élémentaire **St = 0.55** ha  
 Coefficient d'apport **C = 1.00**  
 Surface active **Sa = 0.55** ha  
 Débit de fuite **Q.f. = 2.74** l/s

Ret 0  
5 l/s/ha

**PARAMETRES REGIONAUX : LOI DE MONTANA**

Station météo de référence : **St-Etienne - Baulhém (42)**

Période de retour retenue : **30 ans**  
(Durée de 2 à 24 h)

**a = 10.967**  
**b positif = 0.676**

**CALCULS INTERMEDIAIRES**

**q = 0.030** mm / mn (1-b) = **0.32**

Delta h = **73.03** mm

**RESULTATS**

Volume brut (régulé) : **399** m<sup>3</sup>  
 Volume majoré (non régulé) : **479** m<sup>3</sup>

Volume retenu : **400** m<sup>3</sup>

**CALCULS HYDRAULIQUES D'UN BASSIN DE RETENUE**

Méthode des pluies

Projet : **RN88 - Echangeur de la Varizelle**  
 Commune (s) : **Saint Chamond**  
 Secteur (s) : **Bassin n°2 - Impluvium Bretelle entrée + RN88**

**CARACTERISTIQUES ELEMENTAIRES**

Surface élémentaire **St = 2.69** ha  
 Coefficient d'apport **C = 0.91**  
 Surface active **Sa = 2.36** ha  
 Débit de fuite **Q.f. = 12.94** l/s

Ret 0  
5 l/s/ha

**PARAMETRES REGIONAUX : LOI DE MONTANA**

Station météo de référence : **St-Etienne - Bouthéon (42)**

Période de retour retenue : **30 ans**  
(Durée de 2 à 24 h)

**a = 10.967**  
**b positif = 0.676**

**CALCULS INTERMEDIAIRES**

**q = 0.033** mm / mn (1-b) = **0.32**

Delta h = **69.89** mm

**RESULTATS**

Volume brut (régulé) : **1647** m<sup>3</sup>  
 Volume majoré (non régulé) : **1977** m<sup>3</sup>

Volume retenu : **1980** m<sup>3</sup>

FICHES DE DIMENSIONNEMENT – FICHES SETRA

Bassin rétention n°1

Dimensionnement des bassins de traitement guide SETRA 2006

Bassin de rétention n°1 - Impluvium PS + Giratoire			
<b>Données</b>	Unité	Abréviation	
Surface active	m²	Sa	5470,2546
Volume de pollution accidentelle à stocker	m³	Vpa	50
débit de fuite	l/s	Qf	2,74
<b>Dimensionnement hydraulique</b>			
Période de retour		T	30
débit de fuite	l/s	Qf	2,74
volume	m³	V	400
<b>Dimensionnement pollution accidentelle vanne fermée</b>			
hauteur d'eau pour une période de retour T de durée t	m	h (T,t)	0,0284
volume utile à stocker	m³	Vu	205,36
<b>Caractéristiques géométriques du bassin routier à partir du volume utile</b>			
prédimensionnement cas d'un bassin rectangulaire pente de talus l/h			
pente de talus l/h			1,5
hauteur d'eau utile dans le bassin	m	hu	1,1
rapport longueur largeur		x = L/l	4
Largeur du bassin au miroir du volume mort	m	l	8,3
Longueur du bassin au miroir du volume mort	m	L	37,0
Surface du bassin au miroir du volume mort	m²		282,0
hauteur d'eau du volume mort	m	hm	0,5
volume mort	m³	Vm	423,0
<b>Débit de fuite pour assurer le temps d'intervention</b>			
Temps de propagation d'une pollution miscible (temps d'intervention)	h	Tp	1
$Qf = \sqrt{Vm/7,2Tp}$	l/s	Qf (1/2) =	17
<b>Dimensionnement de l'orifice de sortie</b>			
Débit à pleine hauteur			
orifice mu = 0,60 m	Ø		0,025
	l/s	Qf	2,74
Débit à mi-hauteur			
orifice mu = 0,60 m	Ø		0,02
	l/s	Qf (1/2) =	1,0
<b>Dimensionnement pollution chronique</b>			
Débit à mi-hauteur Qf (1/2)	m³/s	Qf (1/2)	0,00095019
Période de retour de traitement	an	T	2
Débit pour la période de retour de dimensionnement	m³/s	QT	0,1656
Vitesse de sédimentation du bassin	m/h	Vs	1
surface du miroir nécessaire	m²	Sbn	96,9
Sb surface du miroir existante	m²	Sb	282,0
Vitesse horizontale dans l'ouvrage	m/s	Vh	0,000

RN88-Varizelle-Calcul SETRA .xism

5/19/2022

Dossier Projet

RN88 – Échangeur de la Varizelle

Bassin rétention n°2

Dimensionnement des bassins de traitement guide SETRA 2006

Bassin de rétention n°2 - Impluvium Bretelle entrée + RN88			
<b>Données</b>	Unité	Abréviation	
Surface active	m²	Sa	23753,31
Volume de pollution accidentelle à stocker	m³	Vpa	50
débit de fuite	l/s	Qf	12,94
<b>Dimensionnement hydraulique</b>			
Période de retour		T	30
débit de fuite	l/s	Qf	12,941
volume	m³	V	2600
<b>Dimensionnement pollution accidentelle vanne fermée</b>			
hauteur d'eau pour une période de retour T de durée t	m	h (T,t)	0,0284
volume utile à stocker	m³	Vu	724,58
<b>Caractéristiques géométriques du bassin routier à partir du volume utile</b>			
prédimensionnement cas d'un bassin rectangulaire pente de talus l/h			
pente de talus l/h			2
hauteur d'eau utile dans le bassin	m	hu	1,77
rapport longueur largeur		x = L/l	3
Largeur du bassin au miroir du volume mort	m	l	18,7
Longueur du bassin au miroir du volume mort	m	L	49,0
Surface du bassin au miroir du volume mort	m²		896,6
hauteur d'eau du volume mort	m	hm	0,5
volume mort	m³	Vm	411,0
<b>Débit de fuite pour assurer le temps d'intervention</b>			
Temps de propagation d'une pollution miscible (temps d'intervention)	h	Tp	1
$Qf = \sqrt{Vm/7,2Tp}$	l/s	Qf (1/2) =	57
<b>Dimensionnement de l'orifice de sortie</b>			
Débit à pleine hauteur			
orifice mu = 0,60 m	Ø		0,062
	l/s	Qf	12,94
Débit à mi-hauteur			
orifice mu = 0,60 m	Ø		0,06
	l/s	Qf (1/2) =	7,4
<b>Dimensionnement pollution chronique</b>			
Débit à mi-hauteur Qf (1/2)	m³/s	Qf (1/2)	0,00742369
Période de retour de traitement	an	T	2
Débit pour la période de retour de dimensionnement	m³/s	QT	0,5292
Vitesse de sédimentation du bassin	m/h	Vs	1
surface du miroir nécessaire	m²	Sbn	370,3
Sb surface du miroir existante	m²	Sb	896,6
Vitesse horizontale dans l'ouvrage	m/s	Vh	0,001

RN88-Varizelle-Calcul SETRA .xism

5/19/2022

Mai 2022

A

12 / 16



**FICHES DE DIMENSIONNEMENT – DIMENSIONNEMENT DE LA COLLECTE A Q10 – AVEC VERIFICATION A Q30**

Impluvium n°1 – Q10 :

Calcul-Collecte\_Varizelle\_Bouthéon\_Calculs(Q10 et Q25)\_B-FGT.xlsx  
Imp-1-Q10-Bouthéon

Calcul d'assainissement sur la plateforme  
Impluvium n°2 : RN88 + Bretelles

Coefficient montana

Station Meteo  
Période de retour  
Pas de temps

Bouthéon (42)
10 ans
6 min - 2 h

a 7.628

b 0.612

coefficient EV

0.3

Pente: 3/2

Taille collecteur en mm, fossé caniveau en metre

Collecteur	Fosse			Caniveau		Cunette		Pm	Sm	K	pente	Qmax (l/s)	Vmax (m/s)	Tc (min)	Lineaire	S Voie	S cumulé	S EV	S cumulé EV	C	Q (l/s)	
	Ø	L largeur	L fond	H hauteur	L largeur	H hauteur	L largeur															L axe
<b>Impluvium théorique - BV routier type</b>																						
<b>Branche Nord-Ouest</b>																						
PT - S 04.5						1.50	0.75	0.19						3								
PT - S 04.6	500										70	1.70%	265	1.86	3.71	67	1485.614	1485.61	323.41	323.408	0.87	90
PT - S 04.7	600										70	1.70%	482	2.60	5.06	180	3991.203	5475.82	868.86	1192.27	0.87	275
PT - S 04.8	600										70	1.70%	784	2.94	5.88	122	2705.149	8181.97	688.89	1781.16	0.87	375
PT - S 04.6	600										70	1.70%	784	2.94	7.62	261	5787.244	13969.2	1259.8	3041	0.87	546
<b>Bretelle d'entrée</b>																						
E 02.5 - E 12	300										70	6.00%	232	3.48	4.02	180	1697	1697	258	258	0.91	96
E 12 - E 14.5	300										70	3.70%	182	2.73	4.41	55	395	2092	0	258	0.92	111
<b>Bretelle sortie</b>																						
S 15.5 - S 06	400										70	6.00%	499	4.21	3.88	190	1206	1206	0	0	1.00	67
S 06 - S 04.5	400										70	1.27%	230	1.94	4.17	28	434	1640	0	0	1.00	87
<b>Branche Sud-Ouest</b>																						
E 11 - E 14.5	300										70	1.70%	123	1.85	3.85	80	1437	1437	0	0	1.00	90
Demi-traversée de la bretelle	300										70	1.00%	95	1.42	3.96	8	0	1437	0	0	1.00	79
E 14.5 - Traversée	500										70	1.50%	453	2.44	5.71	162	3441	6970	0	258	0.98	308
Traversée Sud -> Nord	600										70	0.50%	425	1.59	6.08	30	0	6970	0	258	0.98	297
demi traversée de la bretelle	800										70	0.60%	1003	2.11	7.69	8	0	20939.2	0	3299	0.90	800
Entrée bassin	800										70	0.70%	1083	2.28	7.81	14	0	22579.2	0	3299	0.91	851



Impluvium n°1 – Q30 :

Calcul-Collecte\_Varizelle\_Boutheon\_Calculs(Q10 et Q25)\_B-FGT.xlsx  
Imp-1-Q30-Boutheon

Calcul d'assainissement sur la plateforme  
Impluvium n°2 : RN88 + Bretelles

Coefficient montana

Station Meteo  
Période de retour  
Pas de temps

Boutheon (42)
30 ans
6 min - 2 h

a = 0.836

b = -0.596

coefficient EV  
Pente 3/2

0.3

Taille collecteur en mm, fossé caniveau en metre.

Collecteur	Fosse			Caniveau		Cunette		Pm	Sm	K	pente	Qmax (ls)	Vmax (m/s)	Tc (min)	Linaire	S Voirie	S cumul V	S EV	S cumul EV	C	Q (ls)		
	Ø	L goule	L fond	H hauteur	L largeur	H hauteur	L goule															L axe	H hauteur
<b>Impluvium théorique - RV routier type</b>																							
<b>3</b>																							
<b>Branche Nord-Ouest</b>																							
PT - S 04.5																							
PT - S 04.6	500						1.50	0.75	0.19	1.55	0.14	70	1.70%	265	1.86	3.71	67	1485.614	1485.61	323.41	323.408	0.87	107
PT - S 04.7	600											70	1.70%	482	2.60	5.06	180	3991.203	5476.82	868.86	1192.27	0.87	327
PT - S 04.6	600											70	1.70%	784	2.94	5.88	122	2705.149	8181.97	588.89	1781.16	0.87	447
PT - S 04.6	600											70	1.70%	784	2.94	7.62	261	5787.244	13969.2	1259.8	3041	0.87	653
<b>Bretelle d'entrée</b>																							
<b>3</b>																							
E 02.5 - E 12	300											70	6.00%	232	3.48	4.02	180	1697	1697	258	258	0.91	114
E 12 - E 14.5	300											70	3.70%	182	2.73	4.41	55	395	2092	0	258	0.92	132
<b>Bretelle sortie</b>																							
<b>3</b>																							
S 15.5 - S 06	400											70	6.00%	499	4.21	3.68	190	1206	1206	0	0	1.00	73
S 06 - S 04.5	400											70	1.27%	230	1.54	4.17	28	434	1640	0	0	1.00	103
<b>Branche Sud-Ouest</b>																							
<b>3</b>																							
E 11 - E 14.5	300											70	1.70%	123	1.85	3.85	80	1437	1437	0	0	1.00	96
Demi-traversée de la bretelle	300											70	1.00%	95	1.42	3.96	8	0	1437	0	0	1.00	93
E 14.5 - Traversée	500											70	1.50%	453	2.44	5.71	162	3441	6970	0	258	0.98	367
Traversée Sud -> Nord	600											70	0.50%	425	1.59	6.08	30	0	6970	0	258	0.98	354
demi traversée de la bretelle	800											70	0.60%	1003	2.11	7.69	8	0	20939.2	0	3299	0.90	957
Entrée bassin	800											70	0.70%	1063	2.28	7.81	14	0	22579.2	0	3299	0.91	1018



Impluvium n°2 – Q10 :

Calcul-Collecte\_Varizelle\_Bouthéon\_Calculs(Q10 et Q25)\_B-FGT.xlsx  
Imp-2-Q10-Bouthéon

Calcul d'assainissement sur la plateforme  
Impluvium n°1 : Barreau + giratoire

Coefficient montana

Station Meteo  
Période de retour  
Pas de temps

Bouthéon (42)
10 ans
6 min - 2 h

a 7.628

b -0.612

coefficient EV  
Pente 3/2

0.3

Taille collecteur en mm, fossé caniveau en metre

Collecteur	Fossé			Caniveau		Cunette		Pm	Sm	K	perte	Qmax (l/s)	Vmax (m/s)	Tc (mn)	Lineaire	S'voies	S cumul V	S'EV	S cumul EV	C	Q (l/s)	
	Ø	Lgueur	L fond	H hauteur	L largeur	H hauteur	L gueule															L axe
<b>Impluvium théorique - BV routier type</b>																						
<b>Branche Nord-Ouest</b>																						
Giratoire P1Haut - P1Bas	300									70	0.60%	67	1.00	3.90	46	497	497	0	0	1.00	27	
Giratoire P1Bas - Bretelle	300									70	1.00%	95	1.42	4.13	17	774	1271	0	0	1.00	68	
Traversée bretelle	400									70	1.00%	204	1.72	4.45	28	0	2991	0	0	1.00	152	
Entrée bassin	500									70	1.00%	370	2.00	4.54	8.5	0	5470	0	0	1.00	276	
<b>Branche Varizelle-Ouest</b>																						
Bourellet	300									70	2.00%	134	2.01	3.47	48	501	501	0	0	1.00	30	
Traversée RN Existante	300									70	0.40%	60	0.90	3.73	12	365	866	0	0	1.00	49	
surface giratoire	300									70	0.40%	60	0.90	4.10	17	0	866	0	0	1.00	46	
<b>Branche Sud-Est</b>																						
B02.5 - OuvrageD	300									70	6.80%	247	3.70	3.28	52	297	297	0	0	1.00	18	
OuvrageD - OuvrageF	300									70	6.80%	247	3.70	3.57	55	250	547	0	0	1.00	32	
OuvrageF - B09.6	300									70	5.80%	228	3.42	3.77	36	135	682	0	0	1.00	38	
demi traversée de la bretelle	300									70	2.00%	134	2.01	3.87	10	0	682	0	0	1.00	38	
B09.5 - B12.5	300									70	5.10%	214	3.21	4.22	57	610	1720	0	0	1.00	91	
<b>Branche Sud-Ouest</b>																						
B02.5 - OuvrageD				0.20	0.20				0.60	0.04	70	6.80%	120	3.00	3.29	45	468	468	0	0	1.00	29
OuvrageD - OuvrageF	300									70	6.80%	247	3.70	3.59	55	396	864	0	0	1.00	50	
OuvrageF - B012.5	300									70	5.80%	228	3.42	4.11	92	749	1613	0	0	1.00	86	
<b>bretelle sortie</b>																						
B02.5 - B05	300									70	6.80%	247	3.70	3.29	54	428	428	0	0	1.00	26	



Impluvium n°2 – Q30 :

Calcul-Collecte\_Varizelle\_Bouthéon\_Calculs(Q10 et Q25)\_B-FGT.xlsx  
Imp-2-Q30-Bouthéon

Calcul d'assainissement sur la plateforme  
Impluvium n°1 : Barreau + giratoire

Coefficient montana

Station Météo	Bouthéon (42)
Période de retour	30 ans
Pas de temps	5 min - 2 h

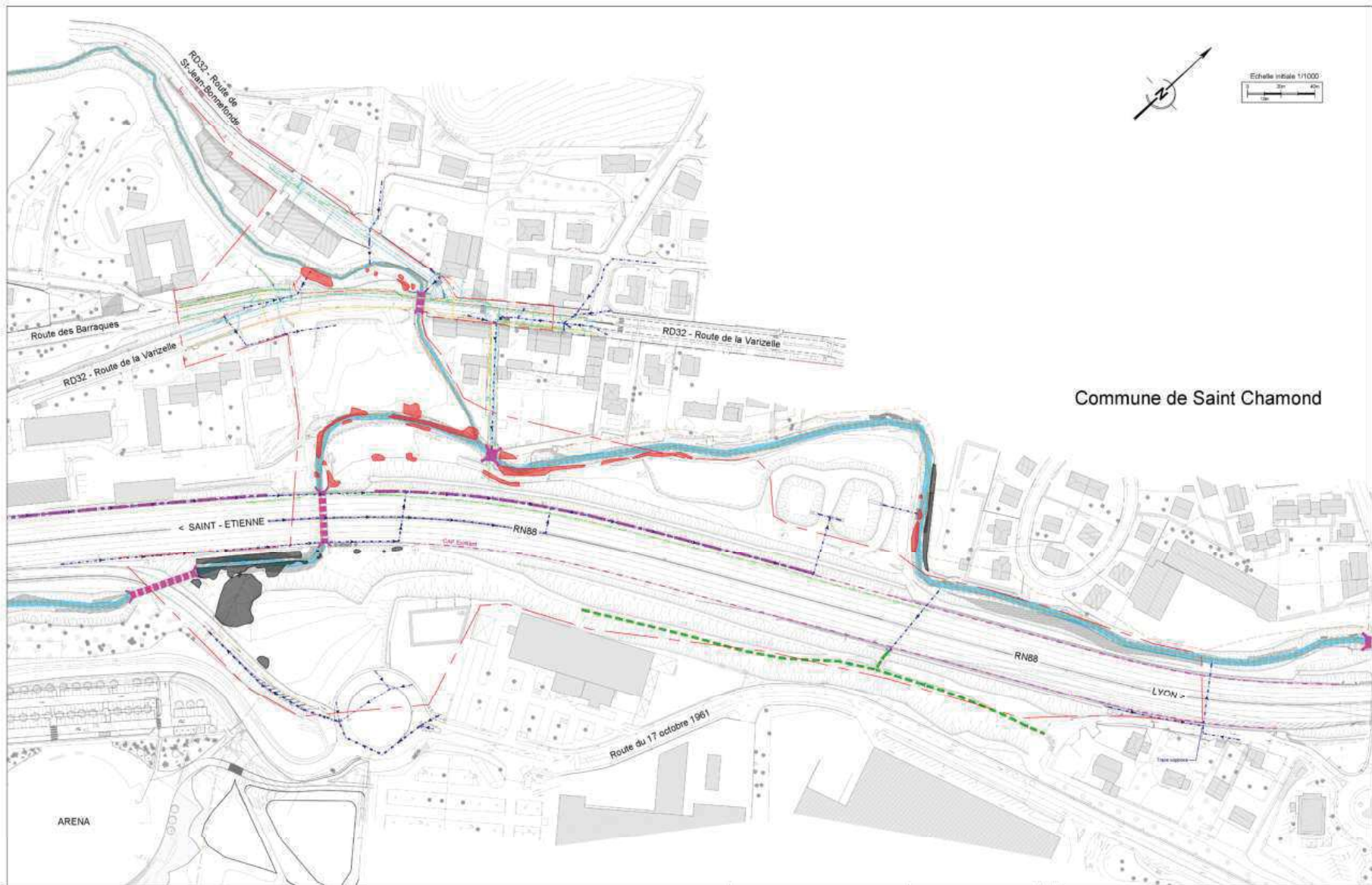
a 8.83%

b -0.59%

coefficient EV 0.3  
Pente: 3/2

Taille collecteur en mm, fossé caniveau en mètre

Collecteur	Fossé			Caniveau		Cunette		Pm	Sm	K	pente	Qmax (ls)	Vmax (m/s)	Tc (mn)	Linaire	S'vorne	S'cumul V	S'EV	S'cumul EV	C	Q (l/s)	
	Ø	L gueule	L fond	H hauteur	L largeur	H hauteur	L gueule															L axe
<b>Impluvium théorique - BV routier type</b>																						
<b>Branche Nord-Ouest</b>																						
Giratoire PIHaut - PIBas	300									70	0.50%	57	1.00	3.90	46	497	497	0	0	1.00	33	
Giratoire PIBas - Bretelle	300									70	1.00%	95	1.42	4.13	17	774	1271	0	0	1.00	80	
Traversée bretelle	400									70	1.00%	204	1.72	4.45	28	0	2991	0	0	1.00	181	
Entrée bassin	500									70	1.00%	370	2.00	4.54	8.5	0	5470	0	0	1.00	327	
<b>Branche Varizelle-Ouest</b>																						
Bourrellet	300									70	2.00%	134	2.01	3.47	48	501	501	0	0	1.00	35	
Traversée RN Existante	300									70	0.40%	60	0.90	3.73	12	365	866	0	0	1.00	58	
surface giratoire	300									70	0.40%	60	0.90	4.10	17	0	866	0	0	1.00	55	
<b>Branche Sud-Est</b>																						
B02.5 - OuvrageD	300									70	6.80%	247	3.70	3.28	52	297	297	0	0	1.00	22	
OuvrageD - OuvrageF	300									70	6.80%	247	3.70	3.57	55	250	547	0	0	1.00	38	
OuvrageF - B09.6	300									70	5.80%	228	3.42	3.77	36	135	682	0	0	1.00	46	
demi traversée de la bretelle	300									70	2.00%	134	2.01	3.87	10	0	682	0	0	1.00	45	
B09.5 - B12.5	300									70	5.10%	214	3.21	4.22	57	610	1720	0	0	1.00	107	
<b>Branche Sud-Ouest</b>																						
B02.5 - OuvrageD					0.20	0.20			0.60	0.04	70	6.80%	120	3.00	3.29	45	468	468	0	0	1.00	34
OuvrageD - OuvrageF	300									70	6.80%	247	3.70	3.59	55	396	864	0	0	1.00	59	
OuvrageF - B012.5	300									70	5.80%	228	3.42	4.11	92	749	1613		0	1.00	102	
<b>bretelle sortie</b>																						
B02.5 - B05	300									70	6.80%	247	3.70	3.29	54	428	428	0	0	1.00	31	



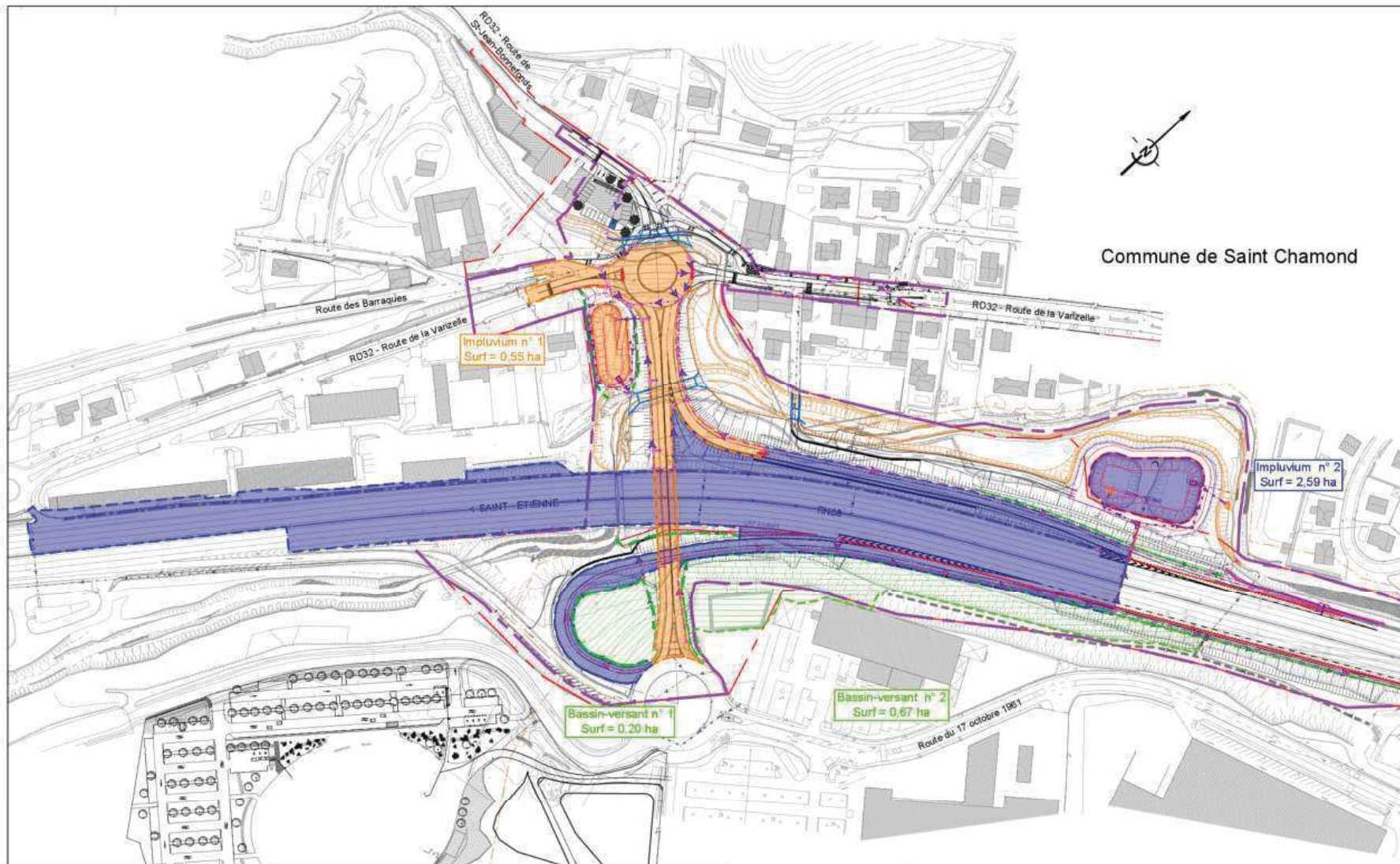
<p>— Limite DUP</p> <p>— Leveli Ouvrages Hydrauliques</p> <p>— Axe du profil en long</p> <p>— Travail du cours d'eau initial</p>	<p><b>Assainissement existant</b></p> <p>— Collecteur EP</p> <p>— Collecteur LU</p> <p>— Canette</p> <p>— Fossat terre</p> <p>— Caméssi à terre</p>	<p><b>Geodetection</b></p> <p>— Fibre Optique</p> <p>— Télécab</p> <p>— Elec</p> <p>— Gaz</p> <p>— ASP</p>	<p>— Implementation de la renouée à traiter</p> <p>— Implementation de la renouée non traitée dans le cadre du projet</p>
--	---	--	---


 Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement  
 Auvergne-Rhône-Alpes  
 Service Maitrise Aménagement, Paysage  
 5, place Jules Ferry  
 69633 Lyon Cedex 03


  
 Ingénierie & Services

Affaire : Etude de l'aménagement de l'échangeur de la Varizelle	
Date : 11.8.3 : Vue en plan de l'existant	Collaborateur : T.ZAJACZ
Scale : 1/1000	Format : A1
Date rev : 13/05/2022	Numero : ETU_PRO_PRD_PGR_PLN_INF_0019
Rev : A00	Page : 1/1



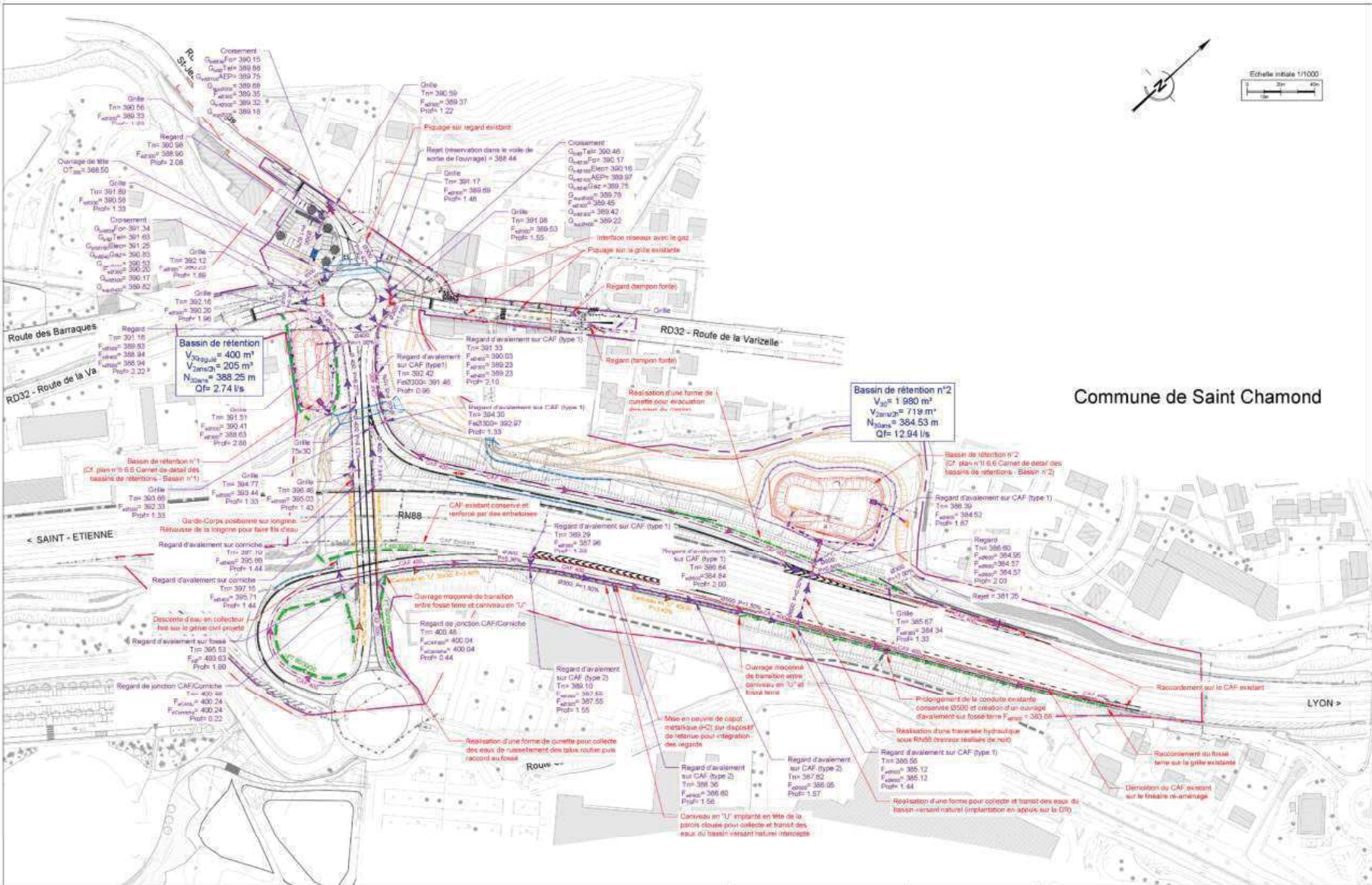


Commune de Saint Chamond

<b>LEGENDE :</b>	<b>Assainissement existant :</b>	<b>Impluviums et bassin versant :</b>
--- Limite DUP	--- Collecteur	■ Impluviums routiers
--- Ouvrages Hydrauliques projetés	■ Cunette béton	□ Bassin versant naturel
--- Rescindement	■ Fossé enherbé	
	■ Caniveau en "U"	
	■ Descente d'eau	

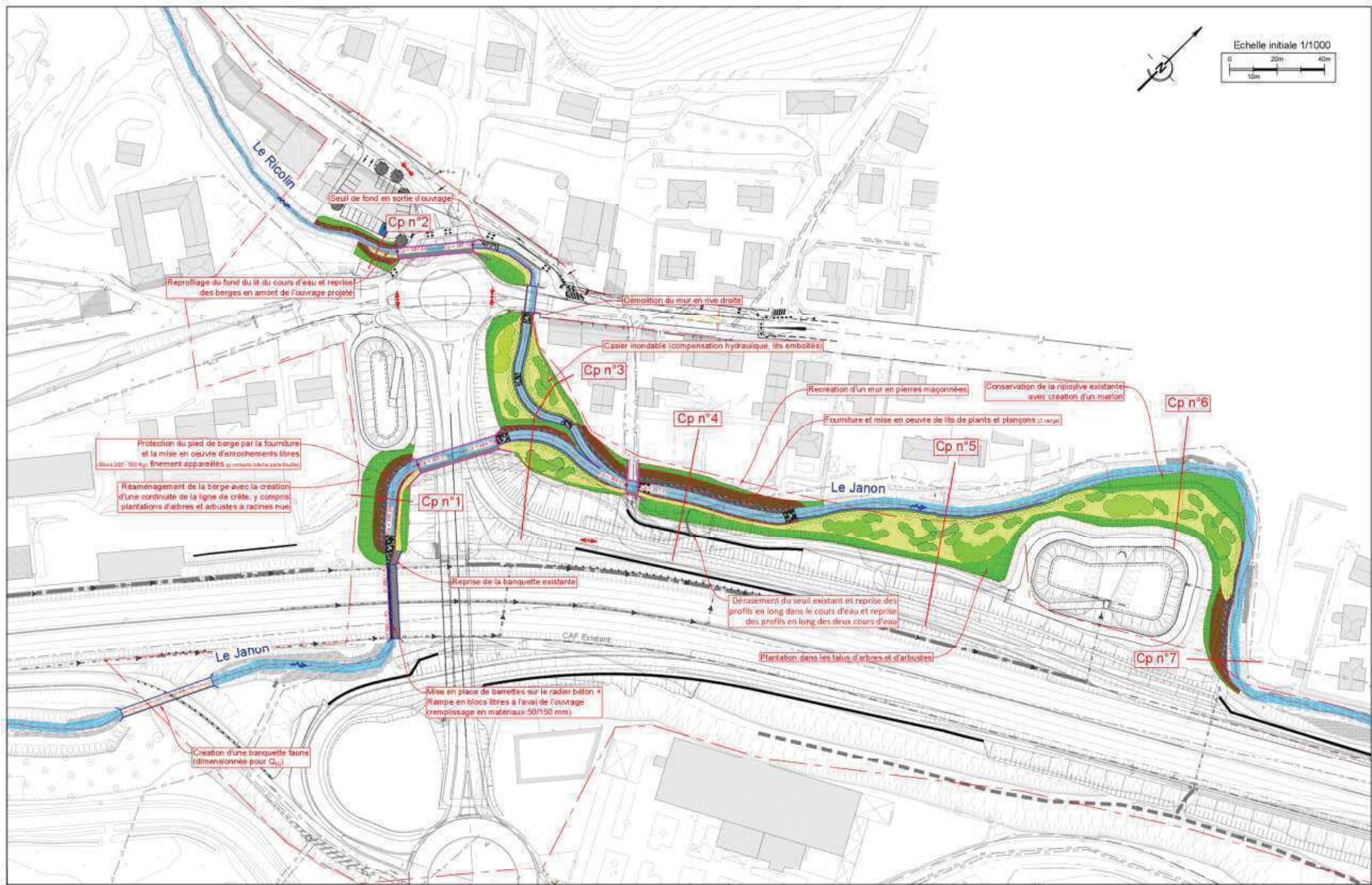
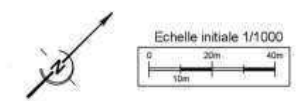
Ministère de la Transition Écologique et du Territoire

<b>RN88 - AVP AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR DE LA VARIZELLE</b>	
Titre : Dossier PRO - II.6.4 Plan des impluviums routiers et bassins versants naturels	
Collaborateur : Florent GESNOT	
Echelle : 1/2000	Format A3
Date rev : 20/05/2022	Page : 1/1
Numéro : ICC4109_ETU_PRO_PRD_PGR_PLN_INF_0020_A00	
Rev : A01	

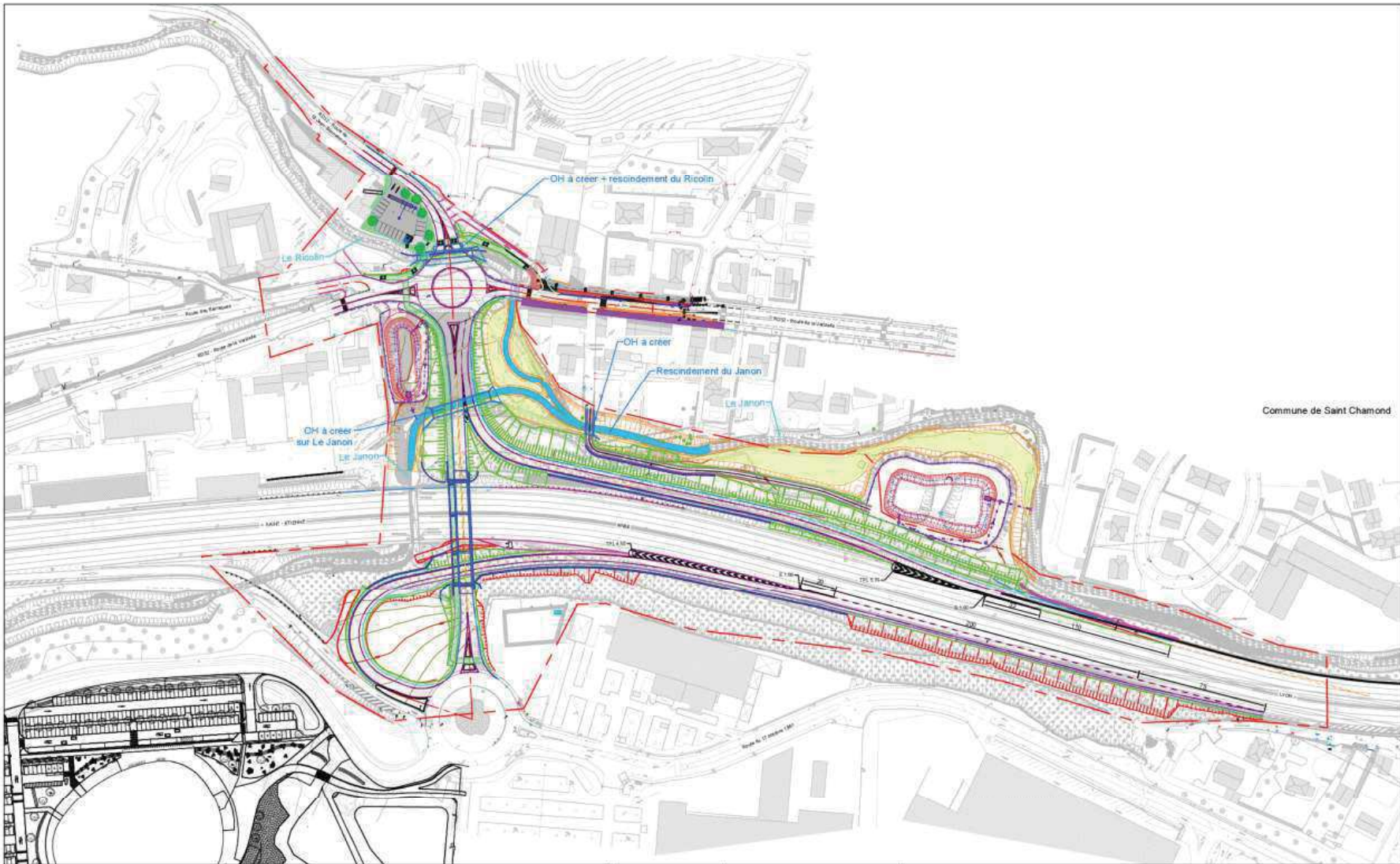


Commune de Saint Chamond

<p><b>Légende :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limite DAP</li> <li>Empreinte travaux PIG</li> <li>Couverture Hydraulique projetée</li> <li>Ascendement</li> <li>Mur de soutènement</li> </ul>	<p><b>Assainissement existant :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Collecteur EP</li> <li>Canalet</li> <li>Fossé terre</li> <li>Canalet à fente</li> </ul>	<p><b>Geodétection :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fibre Optique</li> <li>Télécom</li> <li>Elec</li> <li>Gas</li> <li>APF</li> </ul>	<p><b>Assainissement longitudinal projeté :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Collecteur</li> <li>Canalet à fente (CAF)</li> <li>Canalet en "U" (CAN U)</li> <li>Cuvette terre</li> <li>Fossé terre</li> <li>Descente d'eau</li> <li>Drainage de tête</li> <li>Regard / Grille / Avalement</li> <li>Bassin de rétention</li> </ul>		<p><b>Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Climat</b> Auvergne Rhône-Alpes</p> <p>Service Métrics Aménagement, Population &amp; Projets 1 place Jean Ferry 69610 L'AN-DU-ROU</p>	<p>Date rev : 13/05/2022</p>	<p><b>Affaire :</b> Etude de l'aménagement de l'échangeur de la Varizelle</p> <p><b>Titre :</b> II.8.5 : Vue en plan assainissement</p> <p><b>Collaborateur :</b> T. ZAJACZ</p> <p><b>Echelle :</b> 1/1000</p> <p><b>Format :</b> A1</p> <p><b>Numero :</b> ETU_PRO_PROD_PGR_PLN_INF_0019</p> <p><b>Rev :</b> A00</p> <p><b>Page :</b> 1/1</p>
---	--	---	---	--	--	------------------------------	--



<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ligne d'AP</li> <li>- - - Ouvrage hydraulique existant</li> <li>- - - Axe du profil en long projeté</li> </ul>	<b>Assainissement existant :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- - - Collecteur IP</li> <li>- - - Conduite</li> <li>- - - Fossé béton</li> <li>- - - Caniveau à fente</li> </ul>	<b>Amenagement projeté :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Banquette béton courbe</li> <li>■ Banquette en enrochement sur ouvrage existant</li> <li>■ Finitions de bords de section double berge</li> <li>■ Enrochement des points de berges</li> <li>■ Talus existant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stabilisation de bords de section de débouffées au pied de berge</li> <li>■ Dossiers de lit existant - reprise de banquettes existantes (arbres et arbustes à racines nues)</li> <li>■ Seuil de fond pour la stabilisation du profil en long</li> <li>■ Mur de soutènement</li> <li>■ Mur anti-bruit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Talus végétalisé</li> <li>■ Casier de remplissage</li> <li>■ Ilot de plants et plançons (2 à 4 m)</li> <li>■ Ilot de plants et plançons (1 à 1 m)</li> <li>■ Ouvrage constant</li> <li>■ Ouvrage provisoire</li> </ul>		<b>Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Alsace (DREAL Alsace)</b> Service Métrique, Equipements, Paysages & Plans Urbanistes 68000 Colmar Cedex 03	<b>Alfaro</b> Projet d'aménagement de l'échangeur de la Varizelle Titre : IL.8.8 Vue en plan du rescindement Date rev : 20/05/2022	Collaborateur : T.ZA.JACZ Echelle : 1/1000 Format : A2 Page : 1/1	Numero : ETU_AVP_PRD_PGR_PLN_INF_0001 Rev : A00
---	---	--	--	---	--	---	---	--	--



Commune de Saint Chamond

LEGENDE :

- Mur de soutènement
- Mur acoustique
- [ ] Ouvrage hydraulique
- Limite DUP
- Voie verte
- Piste cyclable



Date rev : 04/05/2022

RN88 - PRO AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR DE LA VARIZELLE

Titre : Dossier PRO - II.2.2 Vue en plan du projet

Numero : ICC4109\_ETU\_PRO\_PRD\_PGR\_PLN\_INF\_0010\_A01

Collaborateur : M.LARCHEZ-MOREL

Echelle : 1/2000

Rev : A00

Format : A3

Page : 1/1

**Maître d'ouvrage :**

La Direction Régionale de l'Environnement,  
de l'Aménagement et du Logement  
Auvergne-Rhône-Alpes



**ROUTE NATIONALE 88  
AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR  
DE LA VARIZELLE**

**PROJET**

**II.2.2 VUE EN PLAN DU PROJET**

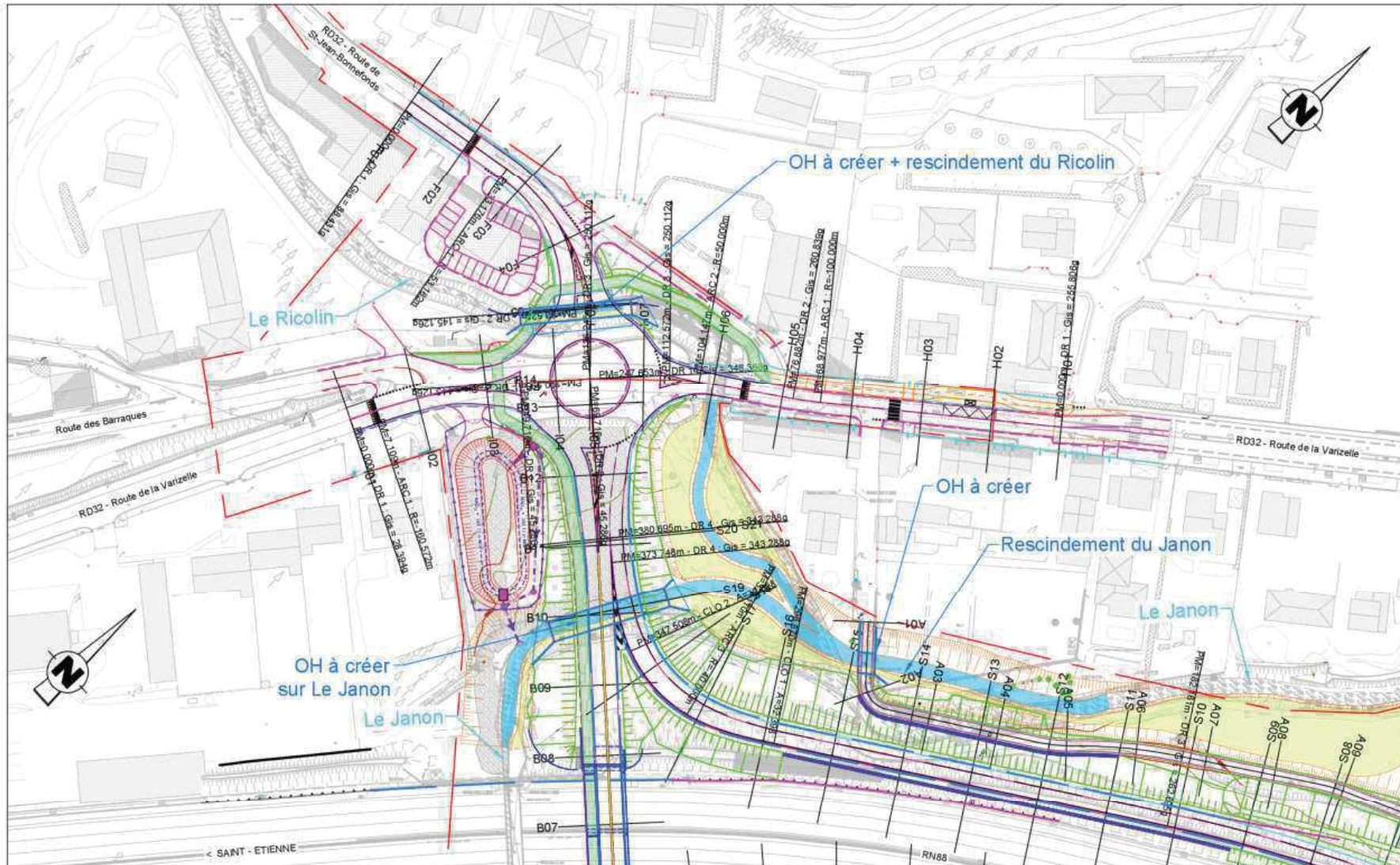
**Maître d'oeuvre :**



Indice	Date :	Modifications :	Etabli par :	Vérifié par :	Contrôlé par :
A	25/03/2022	Première édition	M.LARCHEZ-MOREL	F. CHANEL	R. SAUNIER

Référence AGORA : ICC4109\_ETU\_PRO\_PRD\_PGR\_PLN\_INF\_0010\_A01

Fichier : ICC4109\_ETU\_PRO\_PRD\_PGR\_PLN\_INF\_0010\_A01



LEGENDE :

- Mur de soutènement
- Mur acoustique
- ( ) Ouvrage hydraulique
- - - Limite DUP
- Voie verte
- - - Piste cyclable



Date rev: 25/03/2022

RN88 - PRO AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR DE LA VARIZELLE

Titre : Dossier PRO - II.2.2 Vue en plan du projet

Numero : ICC4109\_ETU\_PRO\_PRD\_PGR\_PLN\_INF\_0010\_A01

Collaborateur : M LARCHEZ-MOREL

Echelle : 1/1000

Rev : A00

Format : A3

Page : 1/3



LEGENDE :

	Mur de soutènement		Limite DUP
	Mur acoustique		Voie verte
	Ouvrage hydraulique		Piste cyclable



**INGÉROP**  
Inventons demain

Date rev : 25/03/2022

<b>RN88 - PRO AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR DE LA VARIZELLE</b>	
Titre : Dossier PRO - II.2.2 Vue en plan du projet	
Collaborateur : M. LARCHEZ-MOREL	
Echelle : 1/1000	Format : A3
Rev : A00	Page : 2/3



Commune de Saint Chamond

LEGENDE :

- Mur de soutènement
- Limite DUP
- Voie verte
- Mur acoustique
- Piste cyclable
- Ouvrage hydraulique



Date rev : 25/03/2022

RN88 - PRO AMENAGEMENT DE L'ECHANGEUR DE LA VARIZELLE

Titre : Dossier PRO - II.2.2 Vue en plan du projet

Numero : ICC4109\_ETU\_PRO\_PRD\_PGR\_PLN\_INF\_0010\_A01

Collaborateur : M. LARCHEZ-MOREL

Echelle : 1/1000

Rev : A00

Format : A3

Page : 3/3



# ANNEXE 7 : SIMULATION ACOUSTIQUE D'ÉCRANS PROVISOIRES



VENATHEC RHONE-ALPES EST  
4, avenue Doyen Louis Weil  
38000 GRENOBLE  
Tel. : +33 4 76 54 08 73

VENATHEC 22-20-60-01602-02-A-YTI Echangeur de St Chamond (42) - Phase chantier

Etude acoustique relative à l'implantation d'une protection temporaire en phase chantier dans le cadre du projet d'aménagement d'un échangeur à Saint-Chamond (42)

22-20-60-01602-02-A-YTI

Votre interlocuteur: VENATHEC  
Yann TISCHMACHER  
y.tischmacher@venathec.com  
04 76 54 08 73

INGEROP  
Mme Virginie THIEL  
virginie.thiel@ingerop.com  
04 74 53 61 89

## RAPPORT D'ÉTUDE ACOUSTIQUE

Acoustique Environnementale



### Client

Raison Sociale	INGEROP
Interlocuteur	Mme Virginie THIEL
Téléphone	04 74 53 61 89
Courriel	virginie.thiel@ingerop.com

### Diffusion

Version	A
Date	13 janvier 2023

Rédacteur  
Yann TISCHMACHER

Relecteur  
Baptiste DE LOS RIOS

La diffusion ou la reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé comprenant 16 pages. Rédigé par Yann TISCHMACHER, transmis le 13/01/2023.



VENATHEC SAS au capital de 750 000 €  
Société enregistrée au RCS Nancy B sous le numéro 423 893 296 - APE 7112B  
N° TVA intracommunautaire FR 05 423 893 296



## Table des matières

1	INTRODUCTION	4
2	CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF	5
2.1	Réglementation	5
2.2	Normes	6
2.3	Autres référentiels	6
3	MODELISATION DU SECTEUR D'ETUDE	7
3.1	Logiciel de simulation	7
3.2	Hypothèses de calcul	7
3.3	Scénarios étudiés	9
3.4	Niveaux sonores calculés aux points de l'étude	9
3.5	Cartographies sonores	12
4	CONCLUSION	16

## 1 INTRODUCTION

Le présent document s'inscrit dans le cadre des études d'impact du projet d'aménagement d'un échangeur à Saint-Chamond (42).

Dans le cadre de ces études, INGEROP a missionné le bureau d'études en acoustique VENATHEC pour la réalisation de l'étude acoustique de la suppression d'un merton et de la mise en place d'un écran de protection temporaire lors de la phase chantier du projet.

L'objectif de la présente étude n'est pas une analyse réglementaire, mais une estimation du niveau sonore en phase chantier suite à la suppression du merton, et suite à la mise en place d'un écran de protection temporaire en substitution. L'étude d'impact acoustique réglementaire du projet a fait l'objet d'un précédent rapport référencé 21-20-60-01602-01-B-YTI.



Localisation du secteur d'étude

## 2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

Aucune analyse réglementaire n'est effectuée dans le cadre de cette étude.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'ambiance sonore issue de la contribution des infrastructures routières pendant la phase projet. Or, les seuils réglementaires sont à analyser à l'horizon 20 ans après la mise en service du projet. Ces analyses ont fait l'objet d'un rapport référencé 21-20-60-01602-01-B-YTI et ont permis de conclure que le projet respecte les réglementations sur la construction et la modification d'infrastructures routières.

Une liste générale des réglementations et normes pouvant s'appliquer à ce type de projet est donnée ci-après.

### 2.1 Réglementation

Dans le cadre du projet, les textes réglementaires suivants peuvent s'appliquer :

- **Loi du 31 décembre 1992** relative à la lutte contre le bruit, article 15, complétée par le décret d'application du 9 janvier 1995 et l'arrêté du 5 mai 1995 (infrastructures routières)
- **Code de l'environnement (livre V, titre VI)**, reprenant tous les textes relatifs au bruit et notamment les articles L571-9 et R571-44 à R571-52 du Code de l'Environnement
- **Directive européenne 2002/49/CE**, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement
- **Directive européenne 2020/367**, du 4 mars 2020, modifiant l'annexe III de la directive 2002/49/CE du Parlement européen et du conseil relatif à l'établissement de méthodes d'évaluation des effets nuisibles du bruit dans l'environnement
- Articles L571-9 et R571-44 à R571-52 du Code de l'Environnement
- **Décret n°2006-1110 du 11 août 2016** relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes
- **Circulaire du 15 décembre 1992** relative à la conduite des grands projets nationaux d'infrastructures
- **Circulaire du 25 mai 2004** relative aux nouvelles instructions à suivre concernant le recensement des Points Noirs Bruit des transports terrestres et les opérations de résorptions de ces PNB
- **Circulaire du 12 juin 2001** relative à l'observatoire du bruit des transports terrestres et à la résorption des points noirs du bruit des transports terrestres
- **Décret n° 2002-867 du 3 mai 2002** (et l'arrêté de la même date), précisant les modalités de subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des Points Noirs Bruit des réseaux routiers et ferroviaires nationaux
- **Décret n°2006-1099** relatif à la lutte contre le bruit de voisinage du 31 août 2006
- **Arrêté du 5 décembre 2006** relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage, modifié par l'**arrêté du 1<sup>er</sup> août 2013**
- **Décret 95-22 du 9 janvier 1995** relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
- **Circulaire n° 97-110 du 12 décembre 1997** relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national
- **Arrêté du 5 mai 1995** relatif au bruit des infrastructures routières

### 2.2 Normes

#### 2.2.1 Matériel

- **Norme NF EN 61672-1 (2003)** : Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1 : spécifications
- **Norme NF EN 60942 (2003)** : Electroacoustique – Calibreurs acoustiques

#### 2.2.2 Mesurage

- **Norme NF S 31-010** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement
- **Norme NF S 31-110** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation
- **Norme NF S 31-120** : Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Influence du sol et des conditions météorologiques
- **Norme NF EN ISO 3741 (2012)** : Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique
- **Norme NF S 31-085** : Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier

#### 2.2.3 Calculs

- **Norme ISO 9613** : Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
- **Norme NF S 31-131** : Descriptif technique des logiciels
- **Norme NF S 31-132** : Méthodes de prévision du bruit des infrastructures de transports terrestres en milieu extérieur
- **Norme NF S 31-133** : Bruit dans l'environnement – Calcul de niveaux sonores
- **Norme NF S 31-130 de décembre 2008** : Cartographie du bruit en milieu extérieur – Elaboration des cartes et représentation graphique

### 2.3 Autres référentiels

- Note d'information du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (Sétra) - *Calcul prévisionnel de bruit routier* - Avril 2007
- Guide Sétra/Certu - Bruit et études routières - Manuel du chef de projet - Octobre 2001

### 3 MODELISATION DU SECTEUR D'ETUDE

#### 3.1 Logiciel de simulation

Toutes les simulations numériques ont été réalisées sur le logiciel CADNAA de chez DATAKUSTIC, logiciel d'acoustique environnementale.

Les logiciels de propagation environnementale sont des logiciels d'acoustique prévisionnelle basés sur des modélisations des sources et des sites de propagation, et sont destinés à décrire quantitativement des répartitions sonores pour des classes de situations données.

Ils permettent de modéliser la propagation acoustique en extérieur de tout type de sources de bruit en tenant compte des paramètres les plus influents, tels que la topographie, le bâti, les écrans, la nature du sol ou encore les conditions météorologiques.

La modélisation est effectuée à partir de la norme NF S 31-133 « Acoustique - Bruit des infrastructures de transports terrestres - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques », complétée par la méthode NMPB 2008 développée par le SETRA, en collaboration avec le CSTB.



#### 3.2 Hypothèses de calcul

Nous considérons que les infrastructures de transport constituent les sources principales de bruit sur le périmètre de l'étude.

Pour le calcul, notre logiciel prend en compte les paramètres suivants :

- Topographie du site,
- Bâtiments,
- Conditions météorologiques,
- Trafic routier,
- Vitesse de circulation sur les différents secteurs du projet,
- Type de revêtement de chaussée, la granulométrie et l'année de réalisation.

Le modèle de calcul réalisé dans le cadre de l'étude d'impact du projet a été réutilisé pour cette étude.

##### 3.2.1 Paramètres généraux de calcul

Les paramètres généraux de calcul suivants ont été pris en compte dans le modèle :

- Paramètres météo correspondant aux données moyennes annuelles sur la région ;
- Absorption au sol : 0,6 ;
- Nombre de réflexions : 5 ;
- Absorption des bâtiments : 0,01 ;
- Hygrométrie de 70 % ;
- Cartographie acoustique : maillage de 10m x 10m, à une hauteur de 4m du sol.

#### 3.2.2 Topographies

Les données topographiques utilisées proviennent de la BDTOP de l'IGN.

Ces données ont été complétées par un fichier DWG transmis par INGEROP, représentant la topographie du site en l'absence de merlon lors de la phase chantier.

#### 3.2.3 Trafics routiers

Les trafics routiers utilisés sont identiques à ceux qui ont été utilisés lors de l'étude d'impact du projet. Il a été retenu l'horizon 2023 sans projet pour la réalisation de cette étude.

Ces trafics sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Axe routier	Trafic en véh/h		Vitesse (km/h)
	6h-22h	22h-6h	
RN88 - Entre échangeurs 16 et 17, à l'Ouest de Pont de Rivaud	4518	475	90
RN88 - Sud de l'échangeur 17	5035	530	110 / 90
Route de la Varzette	450	100	50
Route du 17 octobre 1961	878	195	50
Echangeur 17 - Sortie depuis St-Etienne	371	83	70
Route Saint-Jean Bonnefonds	219	49	50

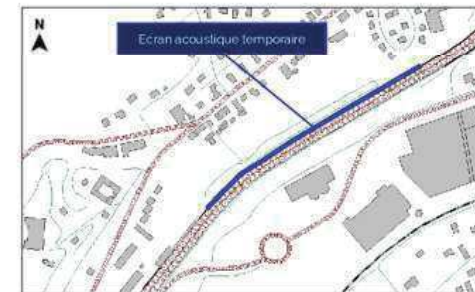
#### 3.2.4 Ecran acoustique

Lors de la phase chantier, en substitution du merlon existant, il est prévu la réalisation d'un écran acoustique temporaire.

A ce jour, les caractéristiques techniques de cet écran ne sont pas connues. Pour l'étude, les caractéristiques ci-dessous ont été prises en compte. Deux hauteurs d'écran différentes sont testées.

- Longueur : 420m ;
- Hauteurs : 1,70m (variante 1) et 2,30m (variante 2) ;
- Coefficient d'absorption acoustique  $\alpha_n = 0,01$  ;
- Affaiblissement acoustique RA  $\geq 25$  dB

Le linéaire de l'écran acoustique temporaire est représenté en bleu sur l'illustration ci-dessous :



**Remarque :** il a été pris en compte un écran réfléchissant, permettant l'utilisation de panneaux en PMMA transparent ou équivalent, ou d'une bâche acoustique avec un affaiblissement acoustique RA  $\geq 25$  dB. En l'absence de logements au sud de la RN88 sur la portion étudiée, l'absence de traitement absorbant n'est pas problématique.

### 3.3 Scénarios étudiés

Quatre scénarios seront étudiés :

- Situation avec la topographie actuelle ;
- Situation avec suppression du merlon existant, sans écran acoustique ;
- Situation avec suppression du merlon existant et mise en place d'un écran acoustique de 1,70m ;
- Situation avec suppression du merlon existant et mise en place d'un écran acoustique de 2,30m.

#### Remarques :

- La suppression du merlon existant s'accompagne de la suppression d'une partie des écrans existants de chaque côté du merlon.
- Dans la situation avec la topographie actuelle, la vitesse prise en compte sur la RN88 est de 110km/h contre 90km/h pour les situations en phase chantier (sans merlon, avec ou sans écran temporaire).

### 3.4 Niveaux sonores calculés aux points de l'étude

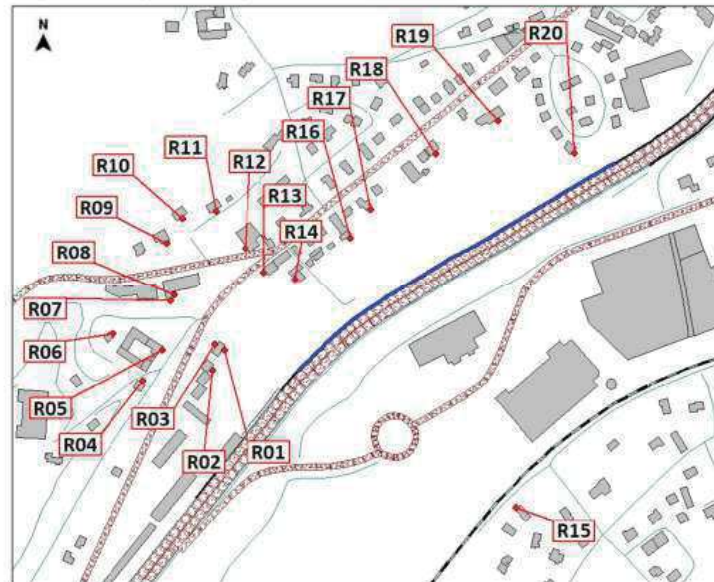
#### 3.4.1 Localisation des points de calcul

Une analyse spécifique est réalisée en façades des habitations existantes potentiellement impactées.

Les points se situent tous à 2 mètres en avant des façades, à une hauteur de 1,5m du sol pour les RdC, et à une hauteur de 4,5m du sol pour les R+1. Ils sont repérés en rouge sur l'illustration ci-dessous, numérotés de R01 à R19.

Ces points de calculs sont identiques à ceux utilisés dans le cadre de l'étude d'impact du projet.

L'écran de protection temporaire est représenté en bleu.



### 3.4.2 Résultats calculés aux points de calculs – Ecran de h=1,7m

Les résultats calculés aux points récepteurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les valeurs calculées en façade des bâtiments ne donnant pas directement sur la RN88 ont été grisées, et mises en italique.

	Niveaux (Aeq en dBA)									
	Topographie initiale (avec merlon)		Phase chantier Sans merlon - Sans écran		Phase chantier Sans merlon - Avec écran		Gain apporté par l'écran par rapport à la situation sans protection en phase chantier		Ecart entre les situations actuelle et phase chantier avec écran	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
R01 RdC	60,5	52,0	60,5	52,0	60,5	51,5	0,0	0,5	0,0	-0,5
R02 RdC	61,0	52,0	60,0	51,5	60,0	51,5	0,0	0,0	-1,0	-0,5
R03 RdC	60,0	53,0	60,0	53,0	60,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R04 RdC	59,0	51,0	59,0	51,0	59,0	51,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R04 R+1	60,5	53,0	60,5	53,0	60,5	52,5	0,0	0,5	0,0	-0,5
R05 RdC	60,5	53,0	60,5	52,5	60,0	52,5	0,5	0,0	-0,5	-0,5
R05 R+1	62,5	55,0	62,5	55,0	62,5	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R06 R+1	63,5	55,5	63,5	55,5	63,5	55,5	0,0	0,0	-0,5	0,0
R06 RdC	55,0	46,5	55,5	47,0	55,0	46,5	0,5	0,5	0,0	0,0
R06 R+1	56,5	48,0	57,0	48,5	56,5	48,0	0,5	0,5	0,0	0,0
R07 RdC	56,0	48,5	57,0	49,0	56,0	48,5	1,0	0,5	0,0	0,0
R07 R+1	59,0	51,5	59,5	51,5	58,5	51,0	1,0	0,5	-0,5	-0,5
R08 RdC	57,5	50,5	59,0	51,5	58,0	50,5	1,0	1,0	0,5	0,0
R08 R+1	61,0	53,5	62,0	54,0	61,0	53,5	1,0	0,5	0,0	0,0
R09 RdC	57,0	50,0	58,0	50,5	57,0	50,0	1,0	0,5	0,0	0,0
R09 R+1	60,0	52,5	60,5	53,0	60,0	52,5	0,5	0,5	0,0	0,0
R10 RdC	58,0	50,5	59,5	51,5	58,5	50,5	1,0	1,0	0,5	0,0
R10 R+1	58,5	51,0	60,5	52,5	59,0	51,5	1,5	1,0	0,5	0,5
R11 RdC	59,0	51,0	60,0	52,0	59,0	51,0	1,0	1,0	0,0	0,0
R11 R+1	60,0	52,0	61,0	53,0	60,0	52,5	1,0	0,5	0,0	0,5
R12 RdC	62,5	55,5	62,5	55,5	62,0	55,5	0,5	0,0	-0,5	0,0
R12 R+1	63,0	56,0	63,5	56,5	63,0	56,0	0,5	0,5	0,0	0,0
R13 RdC	62,5	55,5	62,5	55,5	62,0	55,0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
R13 R+1	63,5	56,5	64,0	56,5	63,5	56,0	0,5	0,5	0,0	-0,5
R14 RdC	59,5	51,5	60,0	51,5	58,5	50,5	1,5	1,0	-1,0	-1,0
R14 R+1	60,0	51,5	63,5	54,5	60,5	52,0	3,0	2,5	0,5	0,5
R15 RdC	58,5	50,5	57,5	49,5	57,0	49,5	0,5	0,0	-1,5	-1,0
R15 R+1	59,5	51,5	58,5	50,5	58,5	50,5	0,0	0,0	-1,0	-1,0
R16 RdC	59,5	51,0	61,5	52,5	59,5	50,5	2,0	2,0	0,0	-0,5
R16 R+1	59,5	51,0	66,0	56,5	61,0	52,0	4,0	3,5	1,5	1,0
R17 RdC	58,5	50,0	61,0	52,0	58,5	50,0	2,5	2,0	0,0	0,0
R17 R+1	59,0	51,0	63,0	54,0	60,0	51,5	3,0	2,5	1,0	0,5
R18 RdC	58,5	50,0	60,5	52,0	58,5	49,5	2,0	2,5	0,0	0,5
R18 R+1	58,0	49,5	63,0	54,0	60,5	51,5	2,5	2,5	2,5	2,0
R19 RdC	59,5	50,5	61,5	52,5	59,5	51,0	2,0	1,5	0,0	0,5
R19 R+1	60,0	51,5	63,5	54,0	61,0	52,0	2,5	2,0	1,0	0,5
R20 RdC	61,5	52,5	66,0	56,5	62,5	53,5	3,5	3,0	1,0	1,0
R20 R+1	62,0	53,0	68,0	58,0	63,0	54,0	5,0	4,0	1,0	1,0

En phase chantier, la vitesse circulée sur la RN88 est de 90km/h sur le tronçon étudié. Cette vitesse est actuellement de 110km/h, c'est cette vitesse qui est prise en compte dans la modélisation de la topographie initiale avec merlon.

Malgré cette baisse de vitesse, la suppression du merlon génère des hausses du niveau de bruit en façade des habitations les plus exposées pouvant atteindre 5 dBA (R18).

La mise en place d'un écran acoustique de 1,7m de hauteur sur tout le linéaire du merlon actuel permet un gain de l'ordre de 1 à 5 dBA en façade des logements les plus exposés.

### 3.4.3 Résultats calculés aux points de calculs – Ecran de h=2,3m

Les résultats calculés aux points récepteurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les valeurs calculées en façade des bâtiments ne donnant pas directement sur la RN88 ont été grisées, et mises en italique.

	Niveaux LAeq en dBA									
	Topographie initiale (avec merlon)		Phase chantier Sans merlon - Sans écran		Phase chantier Sans merlon - Avec écran		Gain apporté par l'écran par rapport à la situation sans protection en phase chantier		Ecart entre les situations actuelle et phase chantier avec écran	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
R01 RdC	60,5	52,0	60,5	52,0	60,0	51,0	0,5	1,0	-0,5	-1,0
R02 RdC	61,0	52,0	60,0	51,5	60,0	51,5	0,0	0,0	-1,0	-0,5
R03 RdC	60,0	53,0	60,0	53,0	59,5	52,5	0,5	0,5	-0,5	-0,5
R04 RdC	59,0	51,0	59,0	51,0	58,5	51,0	0,5	0,0	-0,5	0,0
R04 R+1	60,5	53,0	60,5	53,0	60,5	52,5	0,0	0,5	0,0	-0,5
R05 RdC	60,5	53,0	60,5	52,5	60,0	52,5	0,5	0,0	-0,5	-0,5
R05 R+1	62,5	55,0	62,5	55,0	62,0	54,5	0,5	0,5	-0,5	-0,5
R06 R+2	63,0	55,0	63,0	55,0	63,0	55,0	0,0	0,0	-0,0	-0,0
R06 RdC	55,0	46,5	55,5	47,0	55,0	46,5	0,5	0,5	0,0	0,0
R06 R+1	56,5	48,0	57,0	48,5	56,5	48,0	0,5	0,5	0,0	0,0
R07 RdC	56,0	48,5	57,0	49,0	55,5	48,0	1,5	1,0	-0,5	-0,5
R07 R+1	59,0	51,5	59,5	51,5	58,5	51,0	1,0	0,5	-0,5	-0,5
R08 RdC	57,5	50,5	59,0	51,5	57,5	50,0	1,5	1,5	0,0	-0,5
R08 R+1	61,0	53,5	62,0	54,0	60,5	53,0	1,5	1,0	-0,5	-0,5
R09 RdC	57,0	50,0	58,0	50,5	57,0	49,5	1,0	1,0	0,0	-0,5
R09 R+1	60,0	52,5	60,5	53,0	59,5	52,5	1,0	0,5	-0,5	0,0
R10 RdC	58,0	50,5	59,5	51,5	57,5	50,0	2,0	1,5	-0,5	-0,5
R10 R+1	58,5	51,0	60,5	52,5	58,5	51,0	2,0	1,5	0,0	0,0
R11 RdC	59,0	51,0	60,0	52,0	58,0	50,5	2,0	1,5	-1,0	-0,5
R11 R+1	60,0	52,0	61,0	53,0	59,5	52,0	1,5	1,0	-0,5	0,0
R12 RdC	62,5	55,5	62,5	55,5	62,0	55,0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
R12 R+1	63,0	56,0	63,5	56,5	63,0	56,0	0,5	0,5	0,0	0,0
R13 RdC	62,5	55,5	62,5	55,5	62,0	55,0	0,5	0,5	-0,5	-0,5
R13 R+1	63,5	56,5	64,0	56,5	63,0	56,0	1,0	0,5	-0,5	-0,5
R14 RdC	59,5	51,5	60,0	51,5	58,5	50,0	1,5	1,5	-1,0	-1,5
R14 R+1	60,0	51,5	63,5	54,5	60,0	51,5	3,5	3,0	0,0	0,0
R15 RdC	58,5	50,5	57,5	49,5	57,5	49,5	0,0	0,0	-1,0	-1,0
R15 R+1	59,5	51,5	58,5	50,5	58,5	50,5	0,0	0,0	-1,0	-1,0
R16 RdC	59,5	51,0	61,5	52,5	58,5	50,0	3,0	2,5	-1,0	-1,0
R16 R+1	60,5	61,0	66,0	66,5	69,5	60,5	6,5	5,0	0,0	0,5
R17 RdC	58,5	50,0	61,0	52,0	58,0	49,5	3,0	2,5	-0,5	-0,5
R17 R+1	59,0	51,0	63,0	54,0	59,0	50,5	4,0	3,5	0,0	-0,5
R18 RdC	58,5	50,0	60,5	52,0	58,0	49,5	2,5	2,5	-0,5	-0,5
R18 R+1	58,0	49,5	63,0	54,0	59,5	50,5	3,5	3,5	1,5	1,0
R19 RdC	59,5	50,5	61,5	52,5	59,0	50,5	2,5	2,0	-0,5	0,0
R19 R+1	60,0	51,5	63,5	54,0	60,0	51,0	3,5	3,0	0,0	-0,5
R20 RdC	61,5	52,5	66,0	56,5	62,0	52,5	4,0	4,0	0,5	0,0
R20 R+1	62,0	53,0	68,0	58,0	62,0	53,0	6,0	5,0	0,0	0,0

En phase chantier, la vitesse circulée sur la RN88 est de 90km/h sur le tronçon étudié. Cette vitesse est actuellement de 110km/h, c'est cette vitesse qui est prise en compte dans la modélisation de la topographie initiale avec merlon.

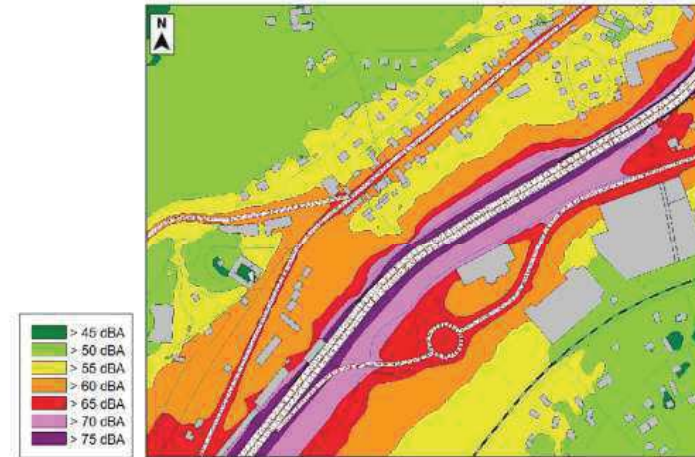
Malgré cette baisse de vitesse, la suppression du merlon génère des hausses du niveau de bruit en façade des habitations les plus exposées pouvant atteindre 5 dBA (R18).

La mise en place d'un écran acoustique de 2,3m de hauteur sur tout le linéaire du merlon actuel permet un gain de l'ordre de 2 à 6 dBA en façade des logements les plus exposés.

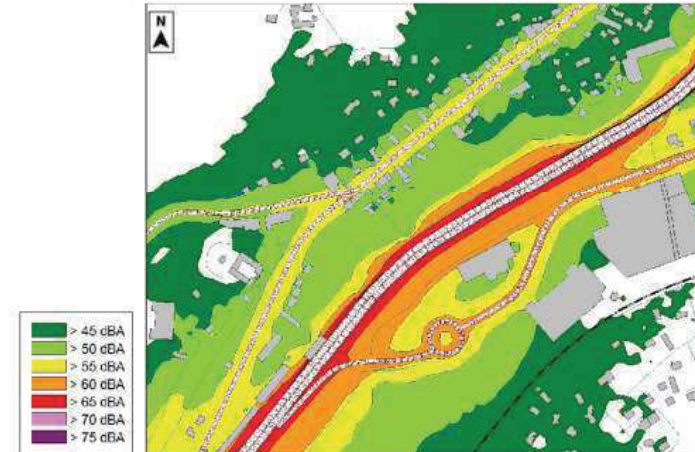
### 3.5 Cartographies sonores

Les cartographies de bruit sont présentées ci-après et permettent d'évaluer l'ambiance sonore pour chacune des périodes diurne (6-22h) et nocturne (22-6h) sur l'ensemble du périmètre de l'étude.

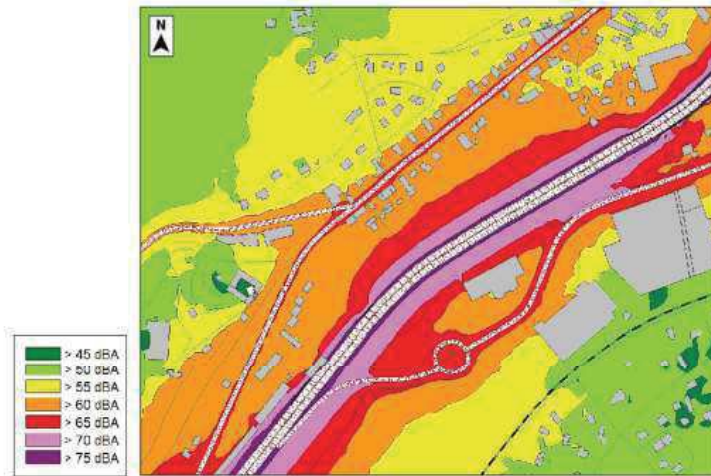
Les cartographies de bruit sont réalisées à une hauteur de 4m de haut.



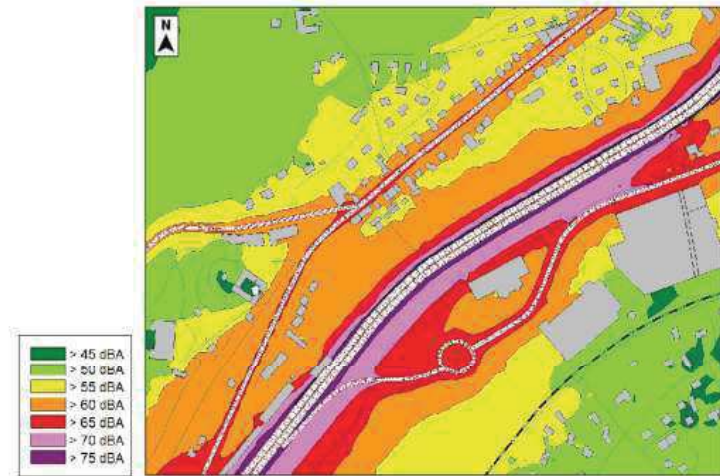
Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Topographie actuelle - Période 6h-22h



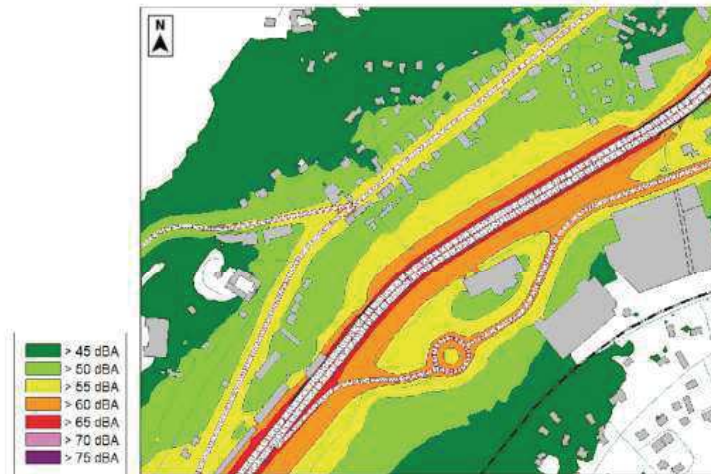
Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Topographie actuelle - Période 22h-6h



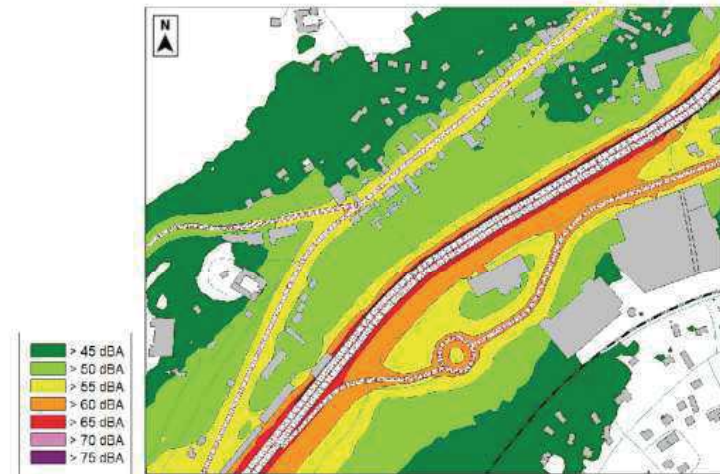
Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier sans écran - Période 6h-22h



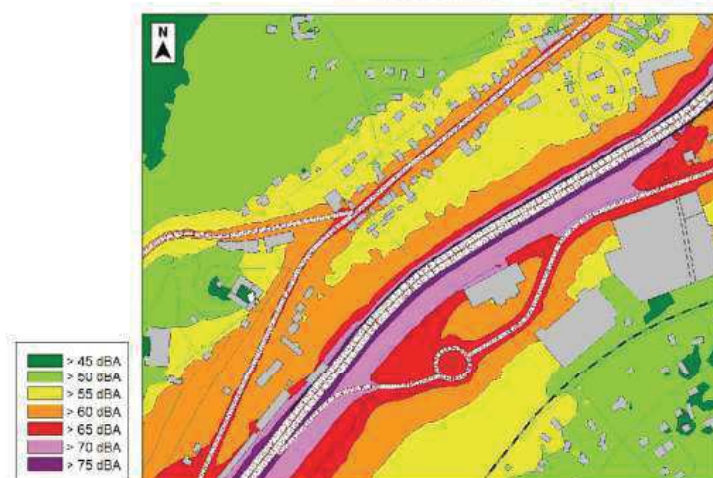
Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier avec écran de h=1,7m - Période 6h-22h



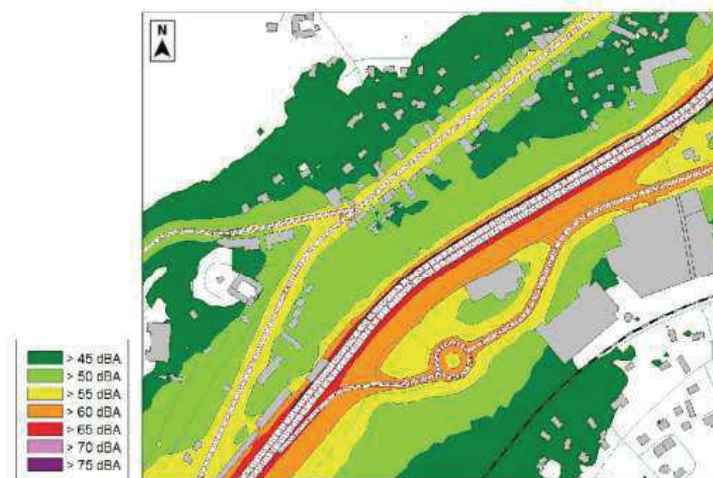
Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier sans écran - Période 22h-6h



Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier avec écran de h=1,7m - Période 22h-6h



Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier avec écran de h=2,3m - Période 6h-22h



Cartographie de bruit à 4m au-dessus du sol - Phase chantier avec écran de h=2,3m - Période 22h-6h

## 4 CONCLUSION

Dans le cadre du projet d'aménagement d'un échangeur à Saint-Chamond (42), INGEROP a missionné le bureau d'études VENATHEC afin de réaliser l'étude acoustique de la suppression d'un merlon et de la mise en place d'un écran de protection temporaire lors de la phase chantier du projet.

Notons que la suppression du merlon existant s'accompagne de la suppression d'une partie des écrans existants de chaque côté du merlon.

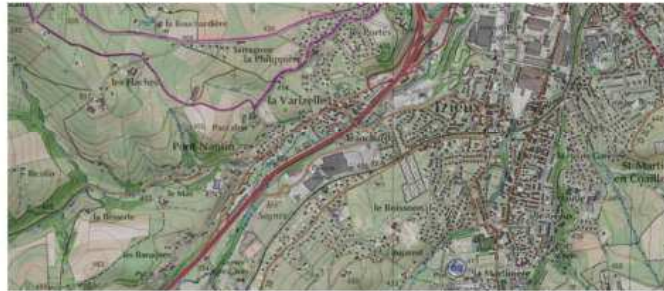
L'environnement sonore actuel est modifié en phase chantier par :

- Une différence de vitesse de circulation qui amène une diminution du bruit émis par l'infrastructure ;
- La suppression du merlon qui génère une augmentation du niveau sonore pouvant atteindre 5 dBA en façade des habitations les plus exposées ;
- La mise en œuvre d'un écran acoustique de 1,7m de haut sur l'ensemble du linéaire du merlon qui permet un gain de l'ordre de :
  - 1 à 5 dBA par rapport à la situation sans merlon pour un écran de 1,7m de hauteur ;
  - 2 à 6 dBA par rapport à la situation sans merlon pour un écran de 2,3m de hauteur ;

L'ensemble de ces modifications permettent de retrouver un niveau sonore en phase chantier similaire à celui actuellement présent, avec des différences de l'ordre de 1 à 2 dBA.



# ANNEXE 8 : BILAN GAZ A EFFET DE SERRE



RN88

Complément du demi-échangeur  
de la Varizelle à Saint-Chamond

## Bilan GES

PRO

28 mars 2022



### Table des matières

<b>1. Liste des abréviations</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Éléments de langage et définitions</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>8</b>
1.1. L'évaluation carbone.....	8
1.2. Les principes de l'évaluation.....	9
1.3. Objectifs de l'évaluation.....	9
1.4. Outil utilisé pour l'évaluation.....	10
<b>2. Méthodologie d'évaluation</b> .....	<b>11</b>
2.1. Principe de calcul.....	11
2.2. Les données d'activité.....	11
2.3. Les facteurs d'émissions.....	11
2.4. Les axes structurants de l'évaluation.....	12
2.4.1. Le cycle de vie de l'infrastructure.....	12
2.4.2. Les corps de métier.....	13
2.4.3. Les postes d'émissions.....	13
2.5. Les émissions véhiculaires.....	13
2.6. Période d'évaluation.....	14
2.7. Périmètre d'évaluation.....	15
2.8. Frontières de l'évaluation.....	15
<b>3. Données d'entrée</b> .....	<b>17</b>
3.1. Le détail quantitatif estimatif.....	17
3.2. Les plans du projet.....	20
3.3. L'état initial de l'environnement.....	20
3.4. L'étude de trafic.....	22
3.5. Les équipements techniques.....	22
3.6. Les ateliers de production.....	23
<b>4. Résultats de l'évaluation</b> .....	<b>24</b>
4.1. Bilan global.....	24
4.1.1. Phase construction (A1-A5).....	25
4.1.2. Phase utilisation (B1).....	26
4.1.3. Phase maintenance (B2-B5).....	27

4.1.4.	Phase exploitation.....	28
4.2.	Bilan par poste d'émission.....	30
4.2.1.	L'énergie.....	30
4.2.2.	Les intrants.....	30
4.2.3.	Les déchets.....	31
4.2.4.	Le fret.....	32
4.2.5.	Les déplacements.....	32
4.2.6.	Les immobilisations.....	33
4.2.7.	Le changement d'affectation du sol.....	34
<b>5.</b>	<b>Analyse et mesures de réduction.....</b>	<b>35</b>
5.1.	Analyse des émissions majoritaires.....	35
5.2.	Démarche et axes de réduction.....	35
5.2.1.	Matériaux à contenu carbone réduit.....	36
5.2.2.	Revalorisation en filière.....	38
5.2.3.	Revalorisation sur site.....	39
<b>6.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>7.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>43</b>
	Annexe 1 : Engins de chantier.....	43
	Annexe 2 : Ateliers de production.....	45
	Annexe 3 : Métrés des intrants.....	46
	Annexe 4 : Base de données FE.....	50

## Suivi des modifications

Indice	Date	Sommaire des modifications	Rédaction	Vérification	Approbation
A	28/03/2022	Première émission	MR	VT	

## 1. Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
ACV	Analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de la transition écologique (anciennement Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)
AE	Activité Environnementale
AME	Scénario "Avec mesures existantes"
CO <sub>2</sub> e	Dioxyde de carbone équivalent
DCE	Directive de consultation des entreprises
DQE	Détail quantitatif estimatif
ECA	European Environment Agency
FDES	Fiche de déclaration environnementale et sanitaire
FE	Facteur d'émission
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ICV	Inventaire du cycle de vie
INIES	Base de données de référence des déclarations environnementales et sanitaires des produits, équipements et services du bâtiment vendus en France
ISDI	Installation de stockage de déchets inertes
VL	Véhicule léger
PL	Poids lourds (PTAC > 3,5 tonne)
SNBC	Stratégie nationale bas carbone
UTCF	Utilisation des terres, leur changement et la forêt

## 2. Éléments de langage et définitions

Terminologie	Définition
<b>Acteurs du projet</b>	Ensemble des personnes physiques ou morales responsables de la conception, réalisation et exploitation d'un projet d'infrastructure. Parmi ces acteurs, on identifie : MCO, MOE, équipes de conception, équipes méthodes et études de prix, équipes d'études socio-économiques, entreprises d'exécution, fournisseurs et autres.
<b>Bas carbone</b>	Matériaux ou techniques permettant de diminuer l'empreinte carbone en comparaison des solutions dites conventionnelles.
<b>Climat</b>	Conditions météorologiques sur un temps long propres à une région déterminée. Mesurées en termes de précipitations moyennes et températures de saison.
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Équivalent CO <sub>2</sub> e, permettant de ramener le potentiel de réchauffement global (PRG) des GES à l'unité commune (PRG du dioxyde de carbone)
<b>Contenu carbone</b>	Emissions de GES associées à la consommation d'énergie et les processus chimiques nécessaires à l'extraction, le transport et la fabrication des matériaux de construction et autres produits.
<b>Cycle de vie</b>	Ensemble des phases du projet en commençant par la conception de l'infrastructure, sa construction, son fonctionnement et sa fin de vie.
<b>Élément fonctionnel</b>	Sous-ensembles ou composants qui constituent une infrastructure et qui assurent son fonctionnement (p.ex. une pile de pont, la signalisation verticale, la couche de surface)
<b>Émissions GES</b>	Raccourci pour désigner les émissions de la famille des gaz à effet de serre, définis par le protocole de Kyoto et qui contribuent au changement climatique.
<b>Émissions directes</b>	Émissions prenant place au lieu même où l'activité se réalise (combustion, réactions chimiques des processus industriels, etc.)
<b>Émissions indirectes</b>	Emissions induites par la consommation des ressources ou le traitement des déchets dont l'infrastructure a besoin pour fonctionner mais qui prennent place à l'extérieur du périmètre de l'activité : la production d'énergie ou le contenu carbone représentant des émissions très indirectes.
<b>Émissions réduites</b>	Lorsqu'il s'agit d'une diminution des émissions directement attribuées au projet d'infrastructure évaluée, la méthodologie d'évaluation permet de soustraire directement les émissions réduites du bilan GES initial.
<b>Émissions évitées</b>	Une diminution des émissions GES des usagers rendue possible grâce au projet. Ces émissions ne peuvent pas être retirées du bilan GES mais peuvent justifier l'intérêt d'un projet d'infrastructure de par sa capacité à éviter des nouvelles émissions GES.
<b>Émissions véhiculaires</b>	Émissions GES produites par l'utilisation des véhicules. Elles regroupent les émissions de combustion (directes) ainsi que celles liées à la production des carburants et à la fabrication des véhicules (indirectes).
<b>Facteur d'émission</b>	Ratio de émissions des GES par unité d'activité (consommation de ressource, services rendus, fonctionnement, etc.)
<b>Gaz-à-effet de serre</b>	Composant gazeux qui absorbe le rayonnement infrarouge (potentiel de réchauffement global)

<b>Incertitudes</b>	Représentées par un pourcentage de variabilité des émissions, issues de l'agrégation des incertitudes inhérentes aux facteurs d'émission et des estimations des quantités de ressources consommées et des déchets produits.
<b>Inventaire du cycle de vie</b>	Récapitulatif exhaustif des activités et des flux de matière et d'énergie les plus pertinents qui sont nécessaires sur l'ensemble du cycle de vie (de la construction jusqu'à la fin de vie).
<b>Jouvence</b>	Notion assimilée au taux de remplacement qui découle de la durée de vie des éléments fonctionnels et de la période de l'évaluation GES.
<b>Neutralité carbone</b>	Équilibre entre les émissions GES nationales et l'absorption du carbone de l'atmosphère. Désigné aussi comme "zéro émissions nettes".
<b>Période d'évaluation</b>	Période considérée pour l'inventaire des sources d'émission GES du projet suivant une approche de cycle de vie.
<b>Phase du projet</b>	Séquence d'étapes nécessaires pour assurer la réalisation d'un projet en partant de l'analyse de faisabilité, sa conception et sa construction. Les phases d'un projet d'infrastructure sont : Etudes préliminaires, Avant-projet (sommaire et définitif), Etudes de projet, Consultation des entreprises, Etudes d'exécution, Phase chantier.
<b>Poste d'émission</b>	Bien, service ou processus physique nécessaires au cycle de vie des infrastructures et qui sont source d'émissions GES directes ou indirectes.
<b>Situation fil d'eau</b>	Scénario désignant l'évolution la plus vraisemblable de la situation actuelle sans inclure le projet ni son impact.
<b>Scénario projet</b>	Scénario désignant l'évolution de la situation avec la mise en service du projet et qui inclut les changements induits par l'infrastructure.
<b>Scénario "avec mesures existantes"</b>	Un des scénarios de prospective de la SNBC pour l'évolution de la consommation énergétique et les gaz à effet de serre. Ce scénario prend en compte tous les mesures en matière de politique énergétique et GES mis en place jusqu'au 31 décembre 2022.
<b>Stratégie nationale bas-carbone</b>	Feuille de route sectorielle pour la réduction des émissions GES en France visant la neutralité carbone en 2050.
<b>Unité fonctionnel</b>	Caractérise les éléments fonctionnels suivant la fonction d'usage qu'ils accomplissent (p.ex. les m <sup>2</sup> de couche de surface caractérisant la capacité d'une route).

## 1. Introduction

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) due aux activités humaines est une des principales causes du changement climatique observé durant les deux derniers siècles. Selon le GIEC, l'industrie et le transport sont le deuxième et le troisième secteur d'activité les plus émetteurs de GES, comptabilisant le 19,5% et le 19% des émissions globales de GES respectivement.

Face au défi environnemental, les différents pays ont pris des engagements pour lutter contre le changement climatique. Cette volonté passe par des mesures visant la réduction des émissions GES dans les différents secteurs économiques. Ainsi, l'Accord de Paris signé après la COP 21 (2015), regroupe les engagements des pays pour réduire les émissions GES anthropogéniques afin de maintenir à 1,5 °C l'augmentation de la température globale par rapport aux niveaux d'avant la révolution industrielle.

Concernant la France, elle a fixé des objectifs plus ambitieux pour la réduction des GES. Approuvée en 2015, la loi de transition énergétique pour la croissance verte établit des objectifs de réduction de GES de 40% pour 2030 qui seront poursuivies pour atteindre 75% à l'horizon 2050 (« facteur 4 »). De plus, elle préconise aussi une diminution de 30% de la consommation des énergies fossiles tout en augmentant la part des énergies renouvelables jusqu'à 37% par rapport aux niveaux de 2012.

De plus, l'adoption de la stratégie nationale bas-carbone (SNBC) permet d'orienter les actions d'atténuation du changement climatique. Concernant le secteur du transport, elle établit une réduction des émissions de 28% (par rapport à 2015) à l'horizon 2030, visant la neutralité carbone pour 2050. Ces objectifs seront atteints entre autres, à travers la décarbonation de l'énergie consommée, l'amélioration des conditions de circulation et la réduction de l'empreinte carbone des infrastructures.

### 1.1. L'évaluation carbone

Dans un contexte de lutte contre le changement climatique, les exigences environnementales concernant l'empreinte carbone des infrastructures de transport rendent impératives les démarches de maîtrise et suivi des émissions GES. En ce sens, le bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) permet d'évaluer la pression que les projets d'infrastructure exercent sur le climat à travers l'estimation du potentiel de réchauffement global (mesuré en tCO<sub>2</sub>e).

En effet, les projets d'infrastructure émettent des GES dans l'atmosphère de façon directe (combustion) ou indirecte (à consommation d'électricité, traitement des déchets). De plus, ces projets mènent vers des réductions ou des augmentations des émissions GES en comparaison à une situation sans projet. Ainsi, la comptabilité carbone intègre les émissions GES directes et indirectes du projet mais aussi l'impact de ce dernier sur les émissions des usagers en comparaison au fil d'eau.

L'évaluation carbone suit plusieurs méthodes et standards internationaux. Parmi les plus importants, la méthode **Bilan Carbone®** développée par **ADENE** qui permet d'effectuer la comptabilité des émissions GES liées à la consommation des ressources et à la production des déchets engendrés par les activités des organisations. Ensuite, le standard **EN 15978** qui définit chacune des phases du cycle de vie des infrastructures ce qui permet d'inventorier les sources de GES tout le long de la vie utile du projet.

## 1.2. Les principes de l'évaluation

Pour assurer la crédibilité et la reproductibilité de l'évaluation carbone, plusieurs principes guident la réalisation du bilan GES, parmi eux :

- Exhaustivité : il inclut toutes les informations dimensionnantes concernant les activités entraînées par le projet sur l'ensemble de son cycle de vie.
- Relevance : l'évaluation carbone est approfondie et des mesures de réduction sont proposées pour les activités responsables des émissions GES majorantes.
- Consistance : les calculs des émissions sont réalisés en utilisant les mêmes critères et hypothèses ce qui assure la comparabilité des résultats.
- Transparence : les données d'entrée (données d'activité du projet, facteurs d'émission) et hypothèses sont introduites et annexées dans le bilan GES et ses sources citées.
- Prudence : le calcul des émissions GES est prudent quant aux hypothèses et valeurs prises en compte dans l'évaluation en se basant sur les situations le plus vraisemblables.
- Précision : toute évaluation carbone est approximative c'est pourquoi elle inclut les incertitudes associées aux calculs des GES.

## 1.3. Objectifs de l'évaluation

Le maître d'ouvrage a souhaité réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet en phase conception pour être intégré dans l'étude d'impact. L'objectif est d'évaluer l'empreinte carbone à travers un bilan GES afin de mieux appréhender les émissions engendrées par le projet. En effet, l'évaluation de l'empreinte carbone suivant une approche d'analyse de cycle de vie permet d'éclairer les réflexions sur l'équilibre et les conséquences du projet sur l'environnement.

De plus, cette évaluation contribue à rationaliser les décisions du projet en objectivant les émissions GES attribuables au projet. L'objectif étant de maîtriser son empreinte carbone, elle devra ensuite conduire à des actions concrètes en termes de programmation de réduction des gaz à effet de serre en phase de conception du projet.

L'objectif est aussi d'infléchir les comportements sur les bons ordres de grandeur en mettant en avant les postes d'émission les plus importants. La réalisation du bilan GES du projet a pour but de fournir aux acteurs et décideurs des éléments de sensibilisation et des pistes d'action afin de réduire la pression sur le climat.

De plus, l'évaluation GES permet de signifier l'impact du projet à l'ensemble des parties prenantes et de les engager dans la démarche de maîtrise et suivi de l'empreinte carbone. Lors des phases ultérieures, cette évaluation permettra de faire évoluer les éléments de conception pour contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction des GES sur lesquels les différentes parties prenantes se seront engagées.

Du point de vue réglementaire, le décret n°2017-725 du 3 mai 2017 stipule que les émissions de GES doivent être évaluées pour les projets publics car le niveau de soutien financier accordé à ces derniers « intègre, systématiquement et parmi d'autres critères, le critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ». Il définit également les principes et modalités de calcul des émissions GES : l'approche du cycle de vie de l'évaluation, le périmètre, les sources des données à exploiter, etc. Ainsi, le présent document apporte des éléments de réponse aux exigences de ce décret.

## 1.4. Outil utilisé pour l'évaluation

Le Bilan GES est réalisé avec l'outil *InfraCost* développé par Ingérop sur la base de la méthodologie de l'ADEME : Bilan Carbone® Version 8.5. Cet outil permet de décomposer les différentes sources d'émission d'un projet par catégorie suivant une logique de cycle de vie. L'outil s'appuie sur des facteurs d'émission issus des différentes bases de données qui renseignent le taux d'émission des GES lors de la fabrication des intrants, leur mise en œuvre, le fret, les déplacements, etc.

Afin d'assurer la crédibilité et la reproductibilité de l'évaluation carbone, *InfraCost* respecte les six principes qui guident la réalisation des bilans GES : exhaustivité, pertinence, consistance, transparence, prudence et précision.

Figure 1 : Logo certification de la conformité à la méthode Bilan Carbone®



## 2. Méthodologie d'évaluation

### 2.1. Principe de calcul

Le principe de calcul utilisé est basé sur une méthode d'estimation indirecte des GES engendrés par les activités évaluées (pas de mesure directe). En effet, les activités (quantifiées suivant l'unité choisie) combinées à leurs facteurs d'émission (kg CO<sub>2</sub>e/unité) permettent d'estimer les GES émis. Le principe de calcul de calcul est montré dans la **Figure 2**.

Figure 2 : Principe de calcul des émissions GES d'un projet d'infrastructure



### 2.2. Les données d'activité

Les données d'activité comprennent l'ensemble des consommations de ressources telles que les matériaux, l'énergie, mais aussi la production de déchets. Ces informations sont établies à partir des estimations, projections et relevés des activités menées dans le périmètre spatio-temporel défini pour l'évaluation environnementale de l'infrastructure.

Ces données sont issues des informations contenues dans les plans du projet, les détails quantitatifs estimatifs, la consommation énergétique des équipements ainsi que d'autres informations et hypothèses renseignées par les équipes de conception.

### 2.3. Les facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions, ils attribuent un ratio d'émissions GES par unité d'activité. Le calcul des facteurs d'émissions sont réalisés suivant deux approches :

- l'analyse du cycle de vie, consistant à retracer l'ensemble des émissions produites (kg CO<sub>2</sub>e/U) lors de l'extraction des matières premières, la fabrication et le transport des produits utilisés pour la réalisation et fonctionnement de l'infrastructure ;
- l'approche macroéconomique, où les émissions sont calculées sur la base des matrices économiques interconnectant les différents secteurs d'activité (kg CO<sub>2</sub>e/€<sub>VA</sub> issu du *Bilan Carbone®* organisation).

Ils sont majoritairement issus de la base ADEME mais peuvent également être complétés par des bases externes lorsque les informations manquent (Base *INIES*, *DIQGENE*, *Ecoinvent* ou directement les *FDES* des fournisseurs). Les FE employés dans cette évaluation sont présentés dans l'**Annexe 4**.

Dans le cas où une activité en particulier n'est pas répertoriée dans les bases de données, un FE est construit en utilisant les FE des constituants principaux (p. ex. pour la fourniture d'une armoire en acier,

il est considéré le poids de l'armoire et le FE de l'acier). La construction des FE peut aussi mener vers une analyse de cycle de vie lorsque l'activité associée est majorante.

### 2.4. Les axes structurants de l'évaluation

En plus de la méthode de calcul *Bilan Carbone®*, l'évaluation des GES suit une approche ascendante (*bottom-up*), inspirée de l'analyse du cycle de vie (ACV). En effet, il s'agit d'un exercice d'exhaustivité visant à modéliser de la façon la plus représentative possible l'ensemble de flux de matière et d'énergie induits par les activités qui prennent place dans le périmètre d'évaluation de l'infrastructure.

La modélisation des flux engendrés par une activité prend la forme d'un inventaire de cycle de vie qui récapitule l'ensemble des consommations et des sous-produits générés. Ces inventaires sont structurés suivant trois axes principaux : le cycle de vie de l'infrastructure, les éléments fonctionnels (résultats des travaux) et les postes d'émissions.

#### 2.4.1. Le cycle de vie de l'infrastructure

Les phases du cycle de vie considérés dans l'évaluation GES du projet sont :

- la production des intrants (A1-A3), ou « contenu carbone »
- la mise en œuvre des intrants (A4-A5), ce qui inclut l'énergie consommée lors des travaux, le fret des matériaux ainsi que les déchets engendrés.
- le fonctionnement comprenant :
  - o l'utilisation (B1), correspondant au différentiel des émissions des usagers de l'infrastructure par rapport au scénario de référence, en tenant compte de l'évolution de la demande induite et des conditions de service modifiées par l'infrastructure.
  - o la maintenance (B2-B5), comportant les opérations de maintenance régulière et les travaux de rénovation selon la durée de vie des éléments fonctionnels du projet.
  - o l'exploitation (B6), englobant l'énergie consommée par les équipements permettant l'exploitation des équipements de l'infrastructure.
- la fin de vie (C1-C4), comprenant les travaux de démolition totale ou partielle, le déchargement des emprises et la remise en état des emprises de l'infrastructure.

Tableau 1 : Phases du cycle de vie d'un projet d'infrastructure basées sur la FN 15978.

CYCLE DE VIE D'UN PROJET D'INFRASTRUCTURE													
Production			Construction		Fonctionnement					Fin de vie			
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4
Matières premières	Transport vers l'usine	Manufacture	Transport au chantier	Mise en œuvre	Utilisation	Maintenance	Réparations	Remplacement	Rénovation	Démolition	Transport vers l'aire	Traitement	Élimination
					B6	Consommation d'énergie							
					B7	Consommation d'eau							
					B8	Autres consommations							

## 2.4.2. Les corps de métier

Afin de faciliter l'évaluation de l'empreinte carbone, la préconisation des mesures de réduction et le suivi des émissions GES du projet étudié, l'évaluation carbone est aussi structurée autour de la nature des travaux réalisés par corps de métier.

En effet, chaque corps de métier assure la mise en œuvre des éléments constituant l'infrastructure. Par exemple, la signalisation routière est constituée de plusieurs éléments tels que le marquage au sol, les panneaux de signalisation statique et dynamique. Chacun de ces éléments requiert des travaux pour être mis en place et entretenus ainsi que de l'énergie pour être exploités (électricité dans le cas de la SLT et les PMV par exemple).

De plus, chaque élément a une durée de vie déterminée après laquelle il doit être renouvelé ou refait. Ainsi, à chaque élément fonctionnel lui est associée une jouvence, c'est-à-dire, un chiffre correspondant au nombre de fois que cet élément est remplacé dans la période étudiée (p. ex. le marquage au sol dont la durée de vie est de 10 ans, pour une période d'évaluation de 30 ans la jouvence attribuée est de 3).

Chaque élément est caractérisé par une **unité fonctionnelle** définie suivant la fonction d'usage accomplie par l'élément en question. Par exemple, dans le cas d'une glissière, l'unité fonctionnelle retenue est le ml.

## 2.4.3. Les postes d'émissions

Les postes d'émissions représentent les flux principaux engendrés par le projet évalué. Les postes d'émission retenus dans le cadre de cette évaluation sont :

- les intrants, matériaux, dispositifs et appareils intégrés aux éléments fonctionnels de l'infrastructure ;
- l'énergie, d'une part celle utilisée lors des travaux de construction et maintenance et d'autre part celle consommée par exploitation et utilisation de l'infrastructure ;
- les déchets, engendrés par les travaux préparatoires (démolition, dégagement des emprises et terrassement), les travaux de mise en œuvre (chutes et emballages) et les installations de chantier (base de vie) ;
- le fret, pour le transport dans les emprises du projet (interne), l'amené des intrants et des engins (entrant) et l'évacuation des déchets (sortant) ;
- les déplacements, correspondant aux trajets effectués par les employés lors des travaux et pour le fonctionnement de l'infrastructure ;
- les immobilisations, correspondant à l'amortissement du matériel utilisé pendant les travaux tels que les engins de chantier ou les installations provisoires (base de vie) ;
- le changement d'occupation du sol, qui induit une variation dans le stock carbone et la capacité de séquestration des sols.

## 2.5. Les émissions véhiculaires

À différence des autres phases, la phase d'utilisation (B1) est particulière vis-à-vis du périmètre d'évaluation. En effet, l'impact induit par l'infrastructure ne se limite pas aux voiries créées mais a aussi des répercussions sur la circulation dans d'autres axes routiers adjacents.

Puisque l'objectif est aussi d'évaluer les émissions GES induites par le projet d'infrastructure, son impact en phase d'utilisation est estimé à partir de la variation des déplacements projetés des usagers

par rapport à une situation de référence. Cette variation entre les deux scénarii résulte des modifications apportées par le projet sur le réseau de transport. Parmi ces modifications, on peut citer : la diminution des distances parcourues, la variation des vitesses de circulation et la réduction des phénomènes de congestion.

Ainsi, la méthode d'évaluation de l'empreinte carbone en phase d'utilisation consiste d'abord à estimer les émissions GES des véhicules au sein du périmètre impacté par le projet suivant les scénarii référence (fil de l'eau) et projet. Ces scénarii sont construits à partir des résultats obtenus lors de la modélisation du réseau de transport et qui permettent de quantifier les impacts dans la circulation.

Deux approches sont utilisées afin d'estimer les émissions GES des véhicules. La première est basée sur le scénario AME de la SNB. Elle permet le calcul des émissions GES directes à partir des facteurs de consommation (FC) de carburant (en g/véhicule.km) d'un parc véhiculaire (VI et PI) projeté jusqu'à 2050. Ainsi, ces FC prennent en compte l'évolution de la consommation kilométrique par type de motorisation (diesel, essence, H2, électrique et GNL).

La seconde approche consiste à utiliser la méthode développée par l'ADEME qui sert à calculer les émissions liées aux déplacements routiers. Cette méthode utilise des FE moyens qui prennent en compte les émissions liées à la fabrication des véhicules, l'approvisionnement de carburant et la combustion constatés en France. Puisque le parc moyen SNBC permet un calcul plus précis des émissions directes, seuls les FE de l'ADEME concernant la fabrication des véhicules sont utilisés pour compléter l'estimation de l'ensemble des émissions véhiculaires de GES.

Figure 3 : Représentation des émissions indirectes et directes produites par l'utilisation des véhicules



## 2.6. Période d'évaluation

La période d'évaluation correspond à la durée retenue pour la modélisation des flux d'énergie et matière engendrés par le cycle de vie de l'infrastructure. Elle concerne notamment, la durée de la phase de fonctionnement du projet ainsi que la quantité de travaux de maintenance.

Pour cette évaluation, il a été décidé de prendre en compte une durée conforme au volet air et santé du fait du lien entre de ces deux études, soit 20 ans après la mise en service. Pour cette période d'évaluation, les émissions abordées sont celles liées aux phases de construction, d'utilisation, d'exploitation et de maintenance. Quant à la fin de vie du projet, elle n'est pas prise en compte car le projet n'a pas pour vocation d'être démantelé dans le scénario prospectif de l'évaluation carbone.

Concernant les travaux de maintenance, leur fréquence dépend de la durée de vie moyenne des éléments fonctionnels (voir **Tableau 3**). L'attribution des travaux de maintenance implique qu'ils sont étalés proportionnellement sur toute la période d'évaluation afin de garder le même niveau de service. Ainsi, pour un élément fonctionnel dont la durée de vie est de 20 ans et sur une période d'évaluation de 50 ans, l'évaluation carbone considère les émissions GES engendrées par 2,5 travaux de renouvellement.

## 2.7. Périmètre d'évaluation

L'évaluation considère deux périmètres. Le premier concerne le périmètre des travaux, limité aux emprises de l'échangeur de la Varizelle et des aménagements routiers annexes (parking, aménagements paysagers, bassins de rétention). Ce périmètre est élargi pour intégrer les surfaces concernées par les mesures de compensation, dont les émissions sont aussi abordées par cette étude.

Le second est défini par l'aire d'influence du projet sur les usagers. Ce périmètre permet de quantifier l'impact du projet sur les émissions des usagers (émissions véhiculaires) par rapport à la situation fil d'eau. L'objectif est de prendre en compte l'impact du projet sur la circulation afin d'évaluer les effets sur la consommation énergétique et en matière d'émissions GES. Ce périmètre s'apparente à celui d'une évaluation socio-économique. La **Figure 4** montre le réseau routier concerné par l'étude de trafic modélisant l'impact du projet.

Figure 4 : Périmètre d'évaluation comprenant les emprises du projet. Source : Rapport de synthèse



## 2.8. Frontières de l'évaluation

Les frontières du système modélisé par les inventaires du cycle de vie des éléments fonctionnels de l'infrastructure concernent :

- Le contenu carbone : l'évaluation GES part des facteurs d'émissions des matériaux prêts à l'emploi issus des bases de données ou transmis par les fabricants. Ainsi, l'évaluation n'a pas pour vocation de modéliser les émissions des processus industriels de fabrication.

- Le traitement des déchets : de façon analogue au contenu carbone, le système ne modélise pas les émissions engendrées par le traitement des déchets mais utilise directement les facteurs d'émission associés.
- Le recyclage des matériaux : il intègre les facteurs d'émissions réduits des matériaux incorporant des taux de recyclage. Cependant, les facteurs d'émissions génériques n'intègrent pas des hypothèses de calcul particulières au projet.
- Les employés : seuls leurs déplacements (trajets domicile-travail) sont intégrés dans le système, d'autres consommations engendrées ne sont pas prises en compte.
- Le fret : les émissions induites par l'impact sur la circulation du fret engendré par les travaux de construction et maintenance ne sont pas pris en compte. Seules les émissions GES des carburants et l'amortissement des véhicules de transport sont comptabilisés.



### 3. Données d'entrée

#### 3.1. Le détail quantitatif estimatif

À partir du détail quantitatif estimatif (**Tableau 2**) du projet il a été possible de modéliser les activités qui prennent place tout le long du cycle de vie du projet. Ce quantitatif a été réalisé à partir des estimations disponibles au stade AVP. Il est donc vraisemblable que ces quantités évoluent au fur et à mesure de l'avancement des études de conception.

Chacun des travaux renseignés dans le DQE a fait l'objet d'une décomposition afin de constituer les inventaires de cycle de vie. Ceux-ci permettent d'établir les flux de matériaux et d'énergie et de les associer aux FE des bases de données exploitées, notamment lorsqu'il s'agit des travaux impliquant différentes activités (p.e. le bétonnage d'une pile : surface de coffrage en m<sup>2</sup>, quantité de béton mis en place en m<sup>3</sup> puis converti en tonnes pour le calcul du fret).

De la même manière, les travaux chiffrés au forfait sont aussi décomposés à partir des informations renseignées par les équipes techniques concernées. L'ensemble d'éléments fonctionnels qui constituent le projet est présenté dans le **Tableau 3** et les détails des mètres dans l'**Annexe 3**.

Tableau 2 : Extrait du détail estimatif des travaux du projet d'échangeur de Varizelle

Index	DÉFINITION DES PRDX
I	ÉTUDES ET DIRECTION TRAVAUX
I.1	MOA - Pilotage d'opération
I.2	Études techniques
II	ACQUISITIONS FONCIÈRES et FRAIS ANNEXES
II.1	Acquisitions de terrains
II.2	Acquisition de bâtiments dans les emprises
II.3	Remembrement et travaux connexes
III	TRAVAUX
III.1	Dégagement des emprises
III.2	Terrassements et couche de forme
III.3	Assainissement et hydraulique
III.3bis	Rescindements
III.4	Chaussée
III.5	Équipement d'exploitation et de sécurité
III.6	Amenagements liés à l'environnement
III.8	Frais de surveillance des travaux
III.9	Ouvrages d'art
III.11	VRD

Tableau 3 : Éléments abordés dans l'évaluation GES, unités fonctionnelles et hypothèses de durée de vie

Métier	E.F.	Intitulé	U.F.	Quantité	Durée de vie	
Amenagements paysagers	Espaces verts	Mise en œuvre TV	m2	16 214		
		Plantation arbres, arbustes et gazon	m2	16 214		
		Plantation espèces, compensation	m2	20 840		
	Merlon végétalisé	Déblais meubles en merlon	m3	3 873		
	Mesures de compensation	Terrassement, mesures compensatoires	m2	2 300		
Bâtiments et annexes	Zone d'infiltration	Amenagement piscicole	m2	300		
		Parking et annexes	Garage technique	m2	266	50
Chaussées et voiries	Couche de base	Parking de la Varizelle	m2	734	20	
		Couche d'assise	Couche d'assise GNT	m2	7 203	
		Couche de base	Couche de base GBS	m2	11 614	20
		Couche de surface	Couche de roulement BBSG	m2	12 028	10
Équipements	Trottoirs, voies douces	Bordures, bordurettes	ml	679	50	
		Vitrées douces en BBSG	m2	1 842	20	
Équipements	Clôture	Clôtures et portails	ml	1 010	50	
		Dispositifs anti-bruit	Écran acoustique, brise vue	ml	140	50
	Dispositifs de retenue	Garde-corps métalliques	ml	206	50	
		Glissière GBA	ml	1 490	20	
		Glissière métallique et atténuateur	ml	76	20	
	Éclairage	Éclairage public	ml	435	20	
	Équipement d'exploitation	Station de complage	u	1,00	5	
Mobilier urbain	Mobilier et équipement urbain	kt	15	10		
Études et contrôles	Études d'ingénierie	Montant des études	kt	1 266		
Génie civil	Assainissement	Caniveaux divers	ml	1 439		
		Collecteurs hors ouvrage	ml	674		
		Foyers linéaires divers	ml	120		
		Fossés entherbés	ml	458		
		Regards, grilles et têtes de buse	u	44	50	
	Ouvrage hydraulique	OH préfabriqué de la Magie	ml	6,10		
		OH préfabriqué du Janon	ml	35		
		OH préfabriqué du Ricolin	ml	30		
	Ouvrages de rétention et traitement	Bassin rétention 1	m2	290		
		Bassin rétention 2	m2	900		
Ouvrages de soulèvement	Parois clouée	m2	720	50		
	Soulèvement renforcé, bretelles	m2	1 130	50		
Ouvrages divers	Reconstruction mur de clôture	ml	1 500	50		
Installations temporaires	Installation de chantier et repli	Création et repli base de vie	u	3,00	1	
		Signalisation temporaire	Exploitation sous chantier	kt	267	10

Ouvrages d'art	Appuis, joints de chaussée	Appareils d'appui et amortisseurs	u	60	30	
	Dalles et poutres	Dalle de transition	m3	38	100	
	Fondations et soulèvement	Fondations filantes C0 et C3		m3	140	
		Fondations filantes P1 et P2		m3	54	
		Pieux D=1000mm		ml	150	
		Pieux D=1200mm		ml	70	
	Murs et culées	Culée C0		m3	49	100
		Culée C3		m3	45	100
	Superstructure	Étanchéité feuilles bitume		m2	679	30
		Tablier HEBS50		m2	679	100
	Voiles et piles	Chevêtres P1 et P2		m3	19	100
		Pile P1		m3	34	100
		Pile P2		m3	23	100
Signalisation	Signalisation horizontale	Marquage au sol	ml	3 551	5	
	Signalisation verticale	Éclairage divers	u	5,00	10	
		Panneaux de police	u	99	10	
Terrassements	Fouilles et remblais techniques	Déblais, remblais P1 et C0	m3	678		
		Purge et substitution	m3	1 000		
	Terrassement de surface	Déblayage à ciel ouvert	m3	23 672		
		Remblayage à ciel ouvert	m3	54 176		
Terrassement sous blindage	Déblayage sous blindage P2 et C3	m3	218			
Travaux préparatoires	Décapage d'emprises	Atelage haies	ml	55		
		Déboisement	ha	1,31		
		Débroussaillage	ha	0,77		
		Décapage terre végétale	m2	5 914		
		Diagnostic archéologiques	ke	8,48		
	Démolition	Décapage de chaussée et étanchéité	m2	1 949		
		Démolition bâtiment	m3	6 300		
		Démolition chaussée	m2	628		
		Démolition de trottoirs	m2	26,1		
		Démolition glissière béton	ml	434		
		Démolition mur de soutènement	ml	403		
		Démolition ouvrages divers	ke	38		
		Dépose bordures, cunettes, descentes	ml	362		
		Rabotage de chaussée	m2	1 625		
		Sciage chaussée et engravure	ml	772		
		Dépose d'éléments	Déplacement de réseaux	ml	100	
			Dépose de canalisations	ml	100	
			Dépose de clôtures	ml	72	
			Dépose panneaux existants	u	18	
UTCF	Changement d'affectation du sol	Changement d'occupation, emprise projet	ha	4,60		

### 3.2. Les plans du projet

En complément aux quantités renseignées dans le DQE, l'évaluation carbone s'appuie sur les plans des ouvrages, les élévations et les notices explicatives. Ces pièces permettent notamment, de décomposer les travaux forfaitaires. Un extrait du plan général de l'aménagement de l'échangeur et une vue longitudinale passage supérieur à réaliser sont montrés dans la Figure 5 et la Figure 6.

Figure 5 : Extrait des plans du passage supérieur de l'échangeur de la Varizelle

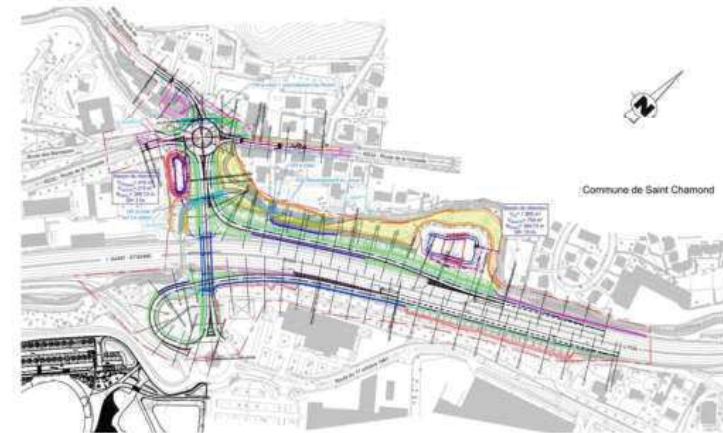
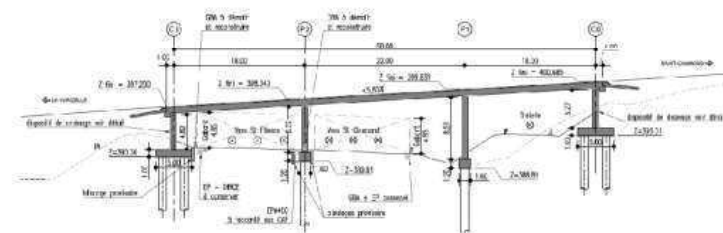


Figure 6 : Vue longitudinale du passage supérieur sur la RN88



### 3.3. L'état initial de l'environnement

L'inventaire des écologies et les emprises du projet (en distinguant les zones par type d'occupation du sol) ont été utilisés pour évaluer l'impact sur l'occupation du sol par le projet. Le croisement de ces informations géoréférencées a permis d'estimer les surfaces impactées. Les emprises concernées par les

changements d'affectation du sol sont montrés dans la Figure 7. Le calcul des surfaces en m<sup>2</sup> est récapitulé dans le Tableau 4.

Figure 7 : Cartographie du changement d'affectation des sols

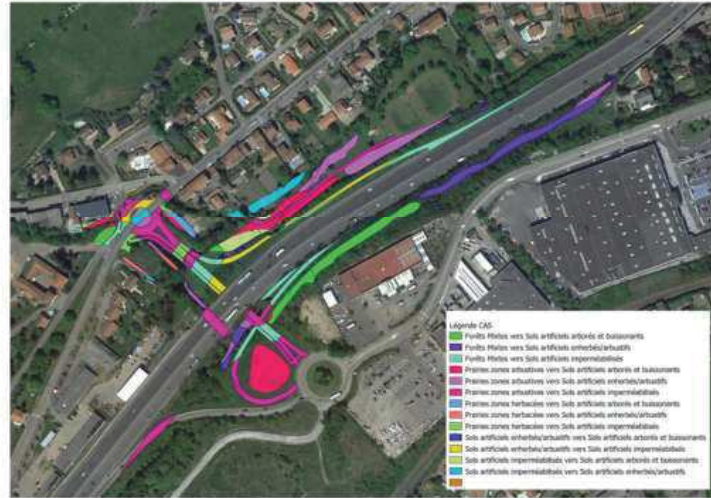


Tableau 4 : Surfaces impactées par le changement d'affectation des sols

Changement d'affectation des sols	Surface (m2)
Forêts Mixtes vers Sols artificiels arborés et buissonnants	1 866
Forêts Mixtes vers Sols artificiels enherbés/arbustifs	1 900
Forêts Mixtes vers Sols artificiels imperméabilisés	6 169
Prairies zones arbustives vers Sols artificiels arborés et buissonnants	3 460
Prairies zones arbustives vers Sols artificiels enherbés/arbustifs	3 112
Prairies zones arbustives vers Sols artificiels imperméabilisés	24 696
Prairies zones herbacées vers Sols artificiels arborés et buissonnants	261
Prairies zones herbacées vers Sols artificiels enherbés/arbustifs	193
Prairies zones herbacées vers Sols artificiels imperméabilisés	732
Sols artificiels enherbés/arbustifs vers Sols artificiels arborés et buissonnants	66
Sols artificiels enherbés/arbustifs vers Sols artificiels imperméabilisés	2 701
Sols artificiels imperméabilisés vers Sols artificiels enherbés/arbustifs	883

### 3.4. L'étude de trafic

L'évaluation des émissions produites par la circulation routière des usagers est faite sur la base de l'étude trafic exploitée par l'évaluation du volet air et santé. Ainsi, elle partage les mêmes hypothèses de calcul, la méthodologie de traitement de données et le périmètre d'évaluation.

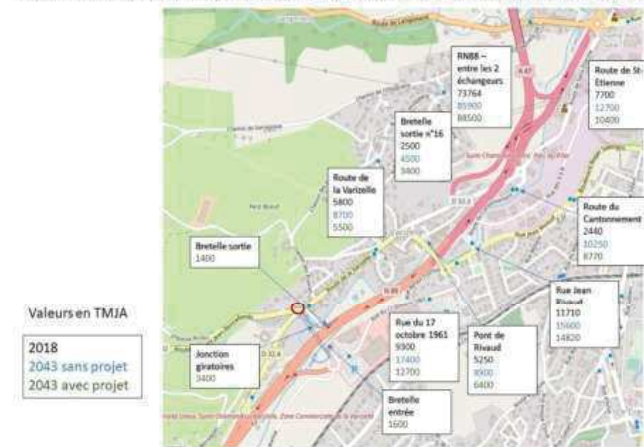
Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact du projet dans les conditions de trafic en termes de TMJA et du linéaire des brins modélisés. Elle a été menée pour le scénario de référence et projet pour la période 2025-2045 et recouvre aussi bien les emprises du projet que le réseau routier secondaire.

Les principaux résultats retenus pour cette évaluation concernent les TMJA par brin du réseau routier modélisé. Les TMJA permettent par la suite de calculer les distances parcourues (en véh.km) par année et par type de véhicule (VL et PL) pour les scénarii de référence et projet. Les résultats sont récapitulés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Distances parcourues en véh.km parcourus pour le scénario de référence et projet

véhicule	véh.km_réf	véh.km_pro	diff_abs	diff_rel
VL	1 298 120 300	1 265 519 097	-32 601 204	-2,5%
PL	105 076 897	106 722 848	1 645 952	1,6%

Figure 8 : Périmètre et principaux résultats de l'étude trafic effectué pour l'évaluation du volet air et santé



### 3.5. Les équipements techniques

Les consommations électriques des équipements techniques sont estimées à partir de leur puissance électrique et des hypothèses de fonctionnement. À la puissance électrique nécessaire, un temps d'utilisation annuel est attribué à chacun des équipements en fonction de leur usage. Le produit de ces données permet de calculer l'électricité consommée en kWh.

À ce stade de l'étude, les informations concernant le bilan puissance des équipements ne sont pas encore disponibles. Ainsi, les consommations sont basées sur les hypothèses de puissance électrique et de temps de fonctionnement présentées dans le **Tableau 6**.

Tableau 6 : Puissance des équipements électriques et leur consommation journalière

Dispositifs	Qté	P (W/ù)	P (W)	Fonctionnement (h/jour)	Consommation (kWh/jour)
Éclairage routier	63	54	3 402	10	34,02
Boucles de comptage	10	2,7	27	24	0,65
Station de recueil	1	250	250	24	6,00
Écrans d'affichage	2	147	294	24	7,06

### 3.6. Les ateliers de production

Des ateliers de travaux sont définis par type de métier. La composition des ateliers est définie à partir des informations issues de nos équipes techniques. Les engins de chantier utilisés et leur caractéristiques techniques sont listés dans l'Annexe 1.

En plus de la puissance des engins le pourcentage d'utilisation des engins permet de calculer la consommation horaire de carburant en appliquant la méthodologie FMFP - CORINAIR (FFA) « *air pollutant emission inventory guidebook 2016 - 1.A.4 - Non-road mobile sources and machinery* ». En plus de ces informations, chaque atelier a une cadence de production associée, ce qui permet d'estimer la durée d'utilisation et la consommation finale de carburant. L'Annexe 2 présente en détail la description des ateliers employés.

## 4. Résultats de l'évaluation

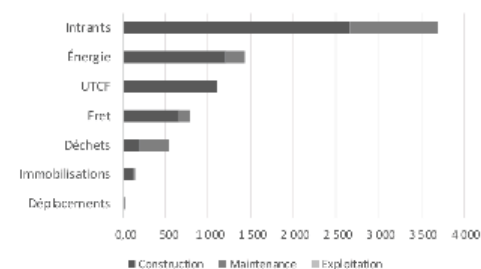
### 4.1. Bilan global

Le bilan global des émissions directes et indirectes est de **7 732 t CO<sub>2</sub>e** (hors émissions liées aux usagers). L'incertitude totale est estimée à 692 t CO<sub>2</sub>e, soit 9%. La décomposition des émissions par poste d'émission est montrée dans la **Figure 9**. Les émissions sont aussi découpées par phase du cycle de vie. Afin de faciliter l'affichage des résultats, les émissions liées aux usagers ne sont pas incluses dans ce graphique.

Figure 9 : Émissions GES globales du projet par poste émetteur (hors usagers)

#### RN88 Varizelle, BGES par poste

Émissions GES, phase A1-B6 (t CO<sub>2</sub>e)



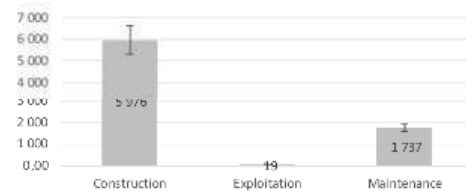
Inv. E1	Construction	Maintenance	Exploitation
Intrants	2 663	1 024	0,00
Énergie	1 203	214	19
UTCF	1 111	0,00	0,00
Fret	655	136	0,00
Déchets	191	350	0,00
Immobilisations	133	8,37	0,00
Déplacements	21	4,40	0,00

Il est à noter que les émissions liées aux déplacements des usagers sur la période d'évaluation sont égales à 236 954 t CO<sub>2</sub>e. Ces émissions ne sont pas directement attribuables à l'infrastructure. Cependant elles ont été estimées afin de pouvoir les comparer avec les émissions du scénario de référence afin de mesurer l'impact du projet.

Une première observation des postes rend compte de l'importance de la part des émissions liées aux travaux de construction et maintenance. En effet, ces émissions représentent 99 % du total des émissions du projet (hors usagers). La répartition des émissions parmi les différentes phases du projet est montrée dans la Figure 10.

Figure 10 : Émissions GES totales par phase du cycle de vie

**RN88 Varizelle, BGES par phase**  
Émissions GES, phase A1-B6 (t CO<sub>2</sub>e)



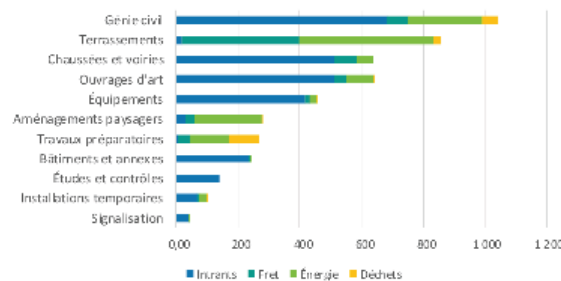
**4.1.1. Phase construction (A1-A5)**

Concernant la phase construction (A1-A5) les émissions ont été traitées par corps de métier, puis par poste d'émissions. Le total des émissions obtenues pour cette phase est de 5 976 t CO<sub>2</sub>e avec une incertitude de 11%. La décomposition de ces émissions parmi les 4 postes principaux est présentée dans la Figure 11.

Quelques remarques sont à prendre en compte dans cette évaluation. Tout d'abord, les travaux de dépose de l'existant et de dégagement des emprises sont comptabilisés dans les travaux préparatoires. Ces émissions sont prises en compte dans la phase de construction car elles sont nécessaires à la préparation des emprises du projet avant le début des travaux de construction.

Figure 11 : Décomposition des émissions GES en phase construction par corps de métier et par poste d'émission

**RN88 Varizelle, BGES phase Construction**  
Émissions GES par métier et par poste (t CO<sub>2</sub>e)



Métier	Intrants	Fret	Énergie	Déchets
Génie civil	684	67	240	49
Terrassements	18	381	433	28
Chaussées et voiries	511	75	53	
Ouvrages d'art	512	38	87	0,26
Équipements	418	15	22	4,27
Aménagements paysagers	29	30	217	5,74
Travaux préparatoires	8,03	38	125	99
Bâtiments et annexes	236	4,28	1,21	
Études et contrôles	140			
Installations temporaires	68	6,85	23	4,13
Signalisation	40	1,00	1,40	

En plus des travaux de préparation, l'installation du chantier ainsi que les opérations de repli sont comptabilisées dans les installations temporaires. Il est rappelé que les déchets générés par la base vie y sont intégrés car ils font l'objet d'un stockage provisoire dans les bennes déchets se trouvant à proximité de la base vie.

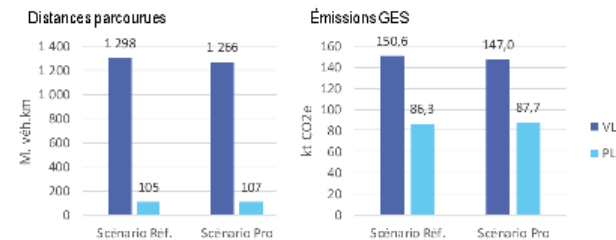
**4.1.2. Phase utilisation (B1)**

Comme mentionné précédemment (cf. les émissions véhiculaires) les émissions des usagers ne correspondent pas uniquement aux déplacements effectués dans les emprises du projet. Le périmètre choisi correspond à l'aire d'influence du projet afin d'estimer ses incidences sur la consommation énergétique, et par conséquent des émissions en GES pour l'ensemble des usagers.

La première étape de l'estimation a consisté à évaluer les déplacements (en M véh.km) et les véhiculaires (en kt CO<sub>2</sub>e) pour les scénarii de référence et projet à l'horizon 2043. Ces valeurs ont été estimées pour les véhicules légers (VL) ainsi que pour les poids (PL). La comparaison entre les résultats obtenus pour les deux scénarii est montrée dans la Figure 12.

Figure 12 : Comparaison des déplacements et des émissions entre le scénarii de référence et projet

**RN88 Varizelle, Bilan GES phase utilisation**  
Émissions GES B1, comparaison scénarii Réf et Projet

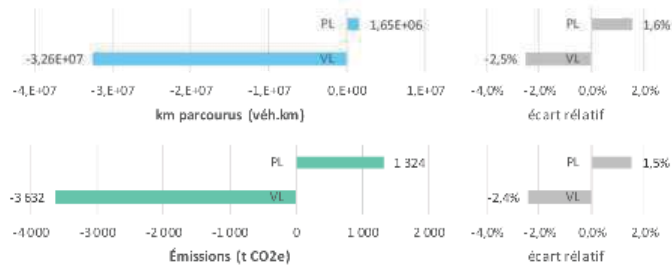


Puis que l'objectif de l'évaluation est de quantifier l'impact du projet en matière carbone, les émissions GES qui lui sont attribuées correspondent à la différence des émissions entre les scénarii de référence et projet. Ainsi, la différence des kilomètres parcourus et des émissions GES entre les deux scénarii est montrée dans la **Figure 13**. Ces valeurs sont décomposées par type de véhicule (VL, PL) et leurs variations (écart relatif) sont calculées par rapport au scénario de référence.

Figure 13 : Différence des déplacements et des émissions suivant les scénarii et écarts relatifs

### RN88 Varizelle, Bilan GES phase utilisation

Émissions GES B1, différence scénarii Projet-Réf



Concernant les résultats de l'évaluation pour le scénario projet, les déplacements des VL et des PL dans le périmètre d'évaluation sont de 1 266 et 107 M véh.km respectivement. Ces valeurs représentent une variation absolue d'environ -32,6 et +1,65 M véh.km, ce qui correspond à une variation relative de +1,6 et -2,5% par rapport au scénario de référence.

Quant aux émissions GES, les valeurs obtenues pour les VL et les PL suivant le scénario projet sont respectivement de 147 et 87,7 kT CO<sub>2e</sub>. Les émissions GES ainsi calculées représentent une variation absolue de -3 632 et +1 324 t CO<sub>2e</sub>, ce qui correspond à une variation relative de +1,5 et -2,4% par rapport au scénario de référence.

Dans le cas des émissions GES, l'écart relatif est plus important car l'étude trafic réalisée montre que ce projet permet non seulement de réduire les détours mais aussi de fluidifier la circulation routière. Cela permet d'augmenter les vitesses de circulation et de réduire les facteurs de consommation (en l/km). Ainsi, l'amélioration des conditions de circulation représente une réduction totale d'environ **2 308 t CO<sub>2e</sub>**, correspondant à 0,97% des émissions des usagers calculées pour le scénario de référence.

#### 4.1.3. Phase maintenance (B2-B5)

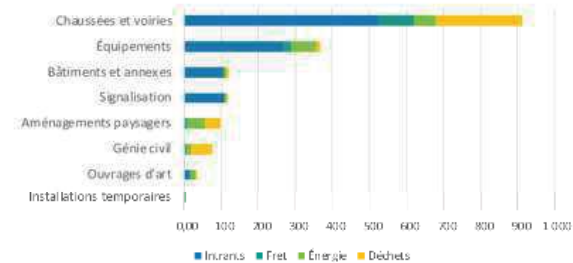
S'agissant des émissions GES concernant la phase de maintenance, l'estimation du total des émissions s'élève à **1 737 t CO<sub>2e</sub>**, avec une incertitude de 10%. La décomposition des émissions par corps de métier est présentée dans la **Figure 14**. L'évaluation des émissions liées aux travaux de maintenance respecte la même méthodologie que celle utilisée pour la phase construction. En effet, certains travaux se font de façon répétitive en fonction des jouvences définies pour ce projet.

Il est à noter que les émissions GES estimées dans cette phase ne prennent pas en compte la réduction des travaux de maintenance sur le réseau secondaire due à la diminution des kilomètres parcourus apportée par le projet sur ces axes.

Figure 14 - Décomposition des émissions GES correspondantes à la phase de maintenance

### RN88 Varizelle, BGES phase Maintenance

Émissions GES par métier et par poste (t CO<sub>2e</sub>)



Métier	Intrants	Fret	Énergie	Déchets
Chaussées et voiries	525	95	61	230
Équipements	269	17	70	12
Bâtiments et annexes	104	5,91	3,66	7,19
Signalisation	108	1,82	4,44	0,45
Aménagements paysagers	0,78	8,23	47	42
Génie civil	0,51	6,54	11	58
Ouvrages d'art	16	0,84	14	0,12
Installations temporaires	0,08		1,77	

Cependant, en plus des travaux de mise en œuvre, la réfection des structures et des équipements requiert des travaux de démolition et de dépose de l'existant. Ces travaux ont été définis et des ateliers de travaux leur sont associés. Le traitement des déchets est aussi intégré dans les calculs. À ce point de l'évaluation, aucune hypothèse de recyclage n'a pas été intégrée. Elles feront l'objet d'une analyse ultérieure dans la partie 5 de ce rapport.

#### 4.1.4. Phase exploitation

Les émissions en phase d'exploitation du projet ne concernent que celles issues des consommations énergétiques des équipements installés. En effet, il est considéré que les infrastructures du projet n'engendrent pas une variation significative des opérations de gestion des voies publiques à part les consommations énergétiques propres aux équipements du projet.

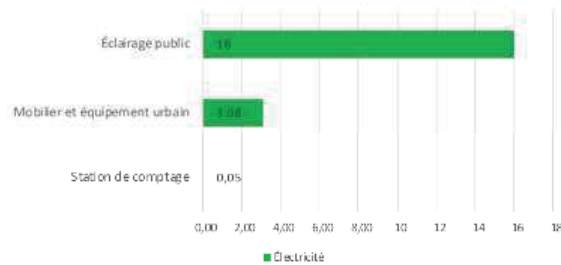
Pour rappel, les équipements d'exploitation pris en compte concernent les différents dispositifs d'éclairage public et d'affichage ainsi que de comptage véhiculaire. Les résultats de puissance électrique et de consommation annuelle ont été présentés dans le **Tableau 6**.

D'après les résultats obtenus, la consommation énergétique annuelle de l'ensemble d'équipements est d'environ 15 MWh. À la fin de la période d'évaluation de 20 ans, la consommation finale devrait

atteindre 301 MWh et les émissions engendrées 19,1 t CO<sub>2</sub>e. La Figure 15 montre la répartition des émissions pour les équipements.

Figure 15 : Répartition des émissions GES correspondant à la consommation des équipements techniques

**RN88 Varizelle, BGES phase Exploitation**  
Émissions GES par métier et par poste (t CO<sub>2</sub>e)



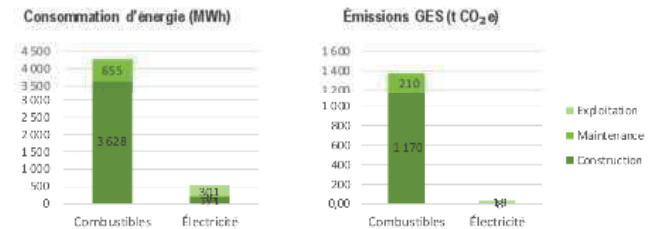
## 4.2. Bilan par poste d'émission

### 4.2.1. L'énergie

La consommation de carburant et d'électricité ainsi que les émissions GES par phase du cycle de vie sont présentées dans la Figure 16.

Figure 16 : Consommation de carburant et d'électricité des engins et des installations de chantier

**RN88 Varizelle, consommation et BGES Énergie**



### 4.2.2. Les intrants

Le bilan des intrants du projet concerne les matériaux de construction ainsi que les équipements. À partir des bases de données constituées pour l'évaluation du projet, la masse par unité fonctionnelle et le FE de production de chaque matériau/équipement permet de quantifier les flux de masse (tonnes) et le contenu carbone (t CO<sub>2</sub>e) par type de matériaux.

Les répartitions des masses et du contenu carbone par type de matériau et par phase du projet sont présentées dans la Figure 17 et Figure 18. Leur comparaison permet d'apprécier l'impact carbone de chaque matériau employé dans la phase de construction.

Figure 17 : Répartition des flux de masse et du contenu carbone par type de matériau en phase construction

**RN88 Varizelle, BGES Intrants (Construction)**

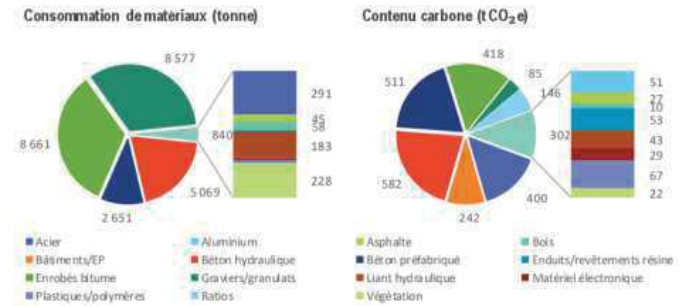
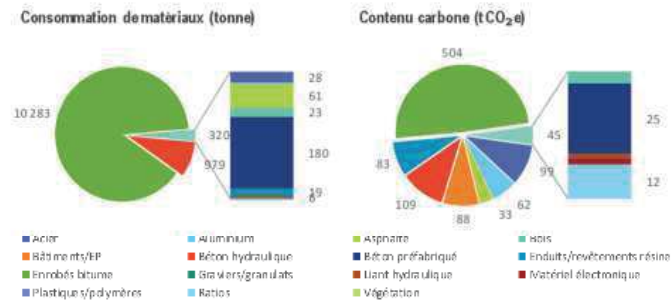


Figure 18 : Répartition des flux de masse et du contenu carbone par type de matériau en phase maintenance

**RN88 Varizelle, BGES Intrants (Maintenance)**



**4.2.3. Les déchets**

Le bilan des déchets issus des travaux préparatoires ainsi que des travaux de construction et de maintenance est structuré selon les désignations de l'ADFMF. Deux précisions sont à noter : les déchets végétaux correspondent à la catégorie de *Déchets fermentescibles combustibles* tandis que les déchets inertes correspondent aux déchets *Divers non combustible et non fermentescible*.

Les FF des traitements de déchets considérés sont l'incinération (déchets végétaux), la mise en CFI (les déblais, la décharge de démolition) et le mix moyen des filières de traitement en France métropolitaine pour les autres déchets. Tous les FF sont proposés par l'ADFMF. Suivant la même logique du bilan des intrants, les déchets sont présentés dans la Figure 19 et en termes de masse et des émissions liées au traitement de ces derniers.

Figure 19 : Répartition des flux de masse et des émissions de traitement par déchet pour la phase construction

**RN88 Varizelle, BGES Déchets (Construction)**

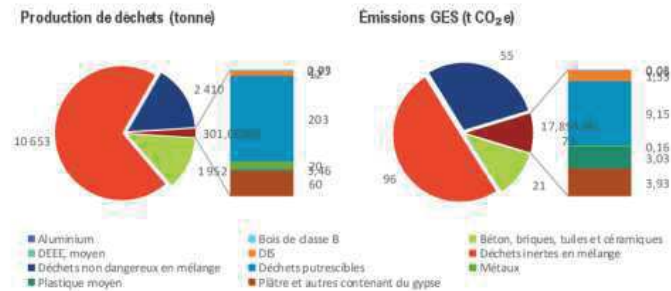
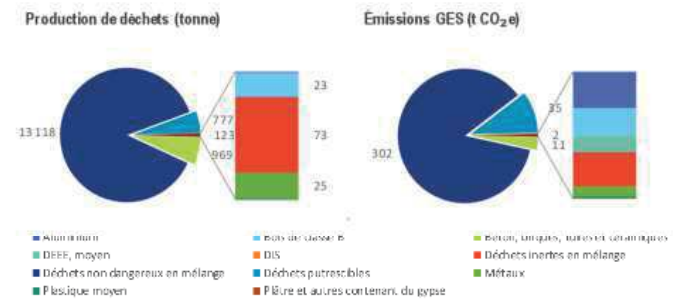


Figure 20 : Répartition des flux de masse et des émissions de traitement par déchet pour la phase maintenance

**RN88 Varizelle, BGES Déchets (Maintenance)**



**4.2.4. Le fret**

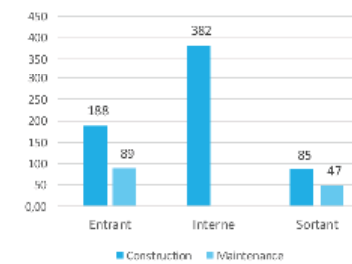
Le calcul des émissions du fret routier a été fait selon trois typologies de transport :

- le fret entrant : transport au chantier des intrants et des immobilisations ;
- le fret sortant : évacuation des déchets ;
- le fret interne : stockage provisoire à proximité des déchets et de la terre végétale ;

Figure 21 : Décomposition du fret routier en fret entrant, sortant et interne en phase construction

**RN88 Varizelle, BGES Fret**

Émissions GES par phase (t CO<sub>2</sub>e)



**4.2.5. Les déplacements**

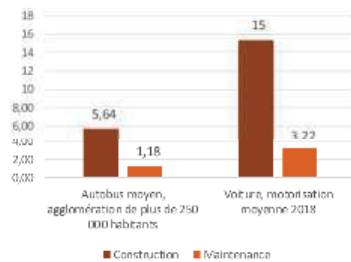
À partir des ateliers de production définis il a été calculé le nombre total d'heures de main d'œuvre nécessaire et ainsi le nombre de déplacements du personnel en phase construction et maintenance. Quant aux déplacements en phase exploitation ils ont été évalués sur la période d'évaluation soit 50 ans.



La répartition des émissions GES des déplacements du personnel par phase est montrée dans la **Figure 22**.

Figure 22 : Répartition des émissions liées aux déplacements du personnel par phase du projet

**RN88 Varizelle, BGES Déplacements**  
Émissions GES par phase (t CO<sub>2</sub>e)

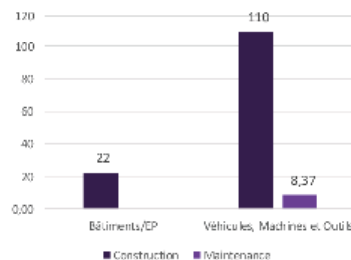


**4.2.6. Les immobilisations**

L'amortissement des émissions GES liées à la fabrication des engins de chantier est réalisé selon la méthodologie décrite dans la section 3.7.1. La décomposition des émissions est établie suivant la durée des immobilisations en phase construction et maintenance. La **Figure 23** présente la répartition des émissions GES liées à l'usage des engins de chantier et des cantonnements.

Figure 23 : Répartition des émissions de GES des immobilisations en phase construction

**RN88 Varizelle, BGES Immobilisations**  
Émissions GES par phase (t CO<sub>2</sub>e)



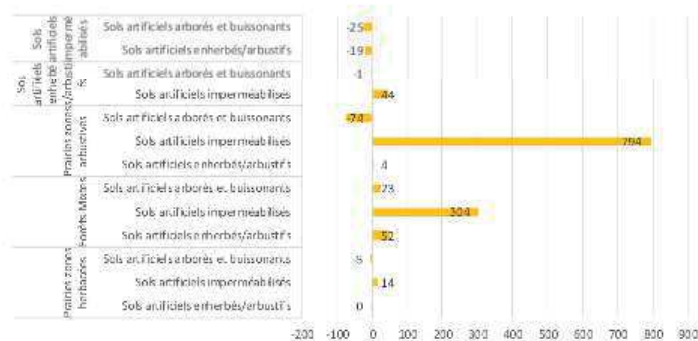
**4.2.7. Le changement d'affectation du sol**

À partir des surfaces présentées dans le **Tableau 4** de changement d'affectation du sol, les émissions liées à la réduction de la capacité de captation de carbone du sol ou à sa décarbonation sont montrées dans la **Figure 24**.

Figure 24 : Émissions GES liées au changement d'affectation du sol

**RN88 Varizelle, BGES UTCF**

Émissions GES par type de changement d'affectation de sol (t CO<sub>2</sub>e)



## 5. Analyse et mesures de réduction

### 5.1. Analyse des émissions majoritaires

À l'issue du bilan GES effectué pour les différentes phases du cycle de vie de l'infrastructure, les éléments les plus émetteurs du projet ont été identifiés. En prenant en compte les émissions de ces postes ainsi que leur potentiel de réduction de GES, six corps de métiers ont été retenus pour effectuer une analyse détaillée. Cette analyse vise à apporter les sous-détails des émissions calculées afin de proposer des mesures de réduction.

Les mesures de réduction sont accompagnées d'une estimation du potentiel de réduction calculée pour chacun de ces corps de métier. À ce stade de l'étude ces calculs incorporent des fortes incertitudes et les émissions réduites calculées correspondent au gisement d'économies carbone. Il est à noter que la notion de gisement prend en compte le total des économies possibles à faire.

Cependant, l'exploitation de tout ou partie de ce gisement nécessite la validation d'un certain nombre d'hypothèses qui peuvent évoluer suivant l'avancement des études dans la phase de conception. Ainsi, les résultats présentés ne sont pas définitifs et constituent une première estimation qui sera affinée, approfondie et complétée avec le reste de mesures comprises dans le dossier environnemental.

### 5.2. Démarche et axes de réduction

La maîtrise de l'empreinte carbone est une démarche d'amélioration continue qui doit être menée tout le long des étapes du projet. Ainsi, il est important que la démarche de réduction de l'empreinte carbone soit mise en place dès les premières phases de conception. L'intégration du critère carbone en amont des choix dimensionnants permet d'identifier et d'exploiter les alternatives à impact réduit.

Les mesures de réduction des émissions GES suivent deux axes principaux. Le premier consiste à privilégier les matériaux à contenu carbone bas. En effet, du fait de leur énergie grise, les intrants sont souvent le poste GES majoritaire des projets d'infrastructures. Ainsi, les matériaux constituent le principal levier de réduction des émissions GES. Le recours à des matériaux recyclés et alternatifs permettra de réduire de façon substantielle l'impact du projet. En plus, privilégier l'approvisionnement local des fournitures diminue la quantité de fret nécessaire et donc l'empreinte carbone globale.

Le second axe consiste à revaloriser et réutiliser les déchets produits par le projet. En effet, une partie importante des déchets des travaux de construction et maintenance des infrastructures peuvent être revalorisés sur site. Tel est le cas des gravats de démolition réutilisables dans les fondations mais aussi des matériaux recyclables triés et envoyés vers les filières correspondantes. En plus de la quantité des déchets à traiter, le fret d'évacuation est aussi réduit améliorant, ainsi le bilan GES de l'opération.

Ensuite, la démarche de maîtrise de l'empreinte carbone devra inclure un suivi des GES le long des étapes du projet assurant ainsi le respect des objectifs carbone qui font partie des engagements du MOA auprès des différentes parties prenantes. Enfin, le suivi assurera la compréhension et l'engagement des acteurs de la chaîne valeur dans la démarche de réduction des GES du projet.

### 5.2.1. Matériaux à contenu carbone réduit

Dans cette section sont abordées les mesures de réduction correspondant à l'utilisation des matériaux bas carbone dans les différents corps de métier. En plus de privilégier les matériaux bas-carbone, la démarche d'approvisionnement devra privilégier les fournitures auprès des entreprises locales afin de réduire les émissions du fret de livraison.

Concernant les corps de métier analysés, ils correspondent à des travaux dans lesquels le choix des matériaux alternatifs et recyclés est plausible vis-à-vis des contraintes techniques et des options bas-carbone existantes dans le marché.

D'autre part, les matériaux retenus pour l'analyse correspondent à ceux pour lesquels des alternatives connues existent et sont commercialisées. En ce sens, les fournitures telles que les équipements électroniques ou les enduits et revêtements ne sont pas pris en compte. Le **Tableau 7** récapitule l'ensemble des corps de métier et de matériaux faisant l'objet de mesures de réduction.

Tableau 7 : Récapitulatif des corps de métier, de la quantité et du contenu carbone des matériaux analysés

Inv. E2	Métier	Masse (tonne)	GES (t CO2e)
Acier	Équipements	77	269
	Génie civil	97	68
	Ouvrages d'art	136	121
	Signalisation	3,72	10
	Terrassements	5,84	9,81
Aluminium	Équipements	1,06	80
	Signalisation	2,18	32
Béton hydraulique	Chaussées et voiries	179	16
	Équipements	2 235	251
	Génie civil	1 052	112
	Ouvrages d'art	2 536	309
	Signalisation	46	3,68
Béton préfabriqué	Chaussées et voiries	78	16
	Équipements	304	38
	Génie civil	2 298	427
	Ouvrages d'art	109	49
	Signalisation	0,75	0,09
Enrobés bitume	Bâtiments et annexes	6,21	30
	Chaussées et voiries	18 269	888
Graviers/granulats	Chaussées et voiries	4 143	60
	Génie civil	1 841	5,36
	Terrassements	2 000	8,00
Plastiques/polymères	Chaussées et voiries	2,38	9,83
	Équipements	2,13	8,22
	Génie civil	4,13	9,27
	Ouvrages d'art	0,73	1,49
	Signalisation	0,06	0,12

Le premier des matériaux abordé par l'analyse est le béton. En effet, sur l'ensemble du cycle de vie, les métiers retenus consomment un total de 8 837 tonnes, ce qui représente environ 1 222 t CO<sub>2</sub>e. Dans ce cas, la mesure préconisée consiste à privilégier le béton bas-carbone en ciment à base de laitier de haut fourneau, ce qui réduit l'utilisation de clinker dont l'énergie grise est nettement plus élevée.

L'évaluation de cette mesure est faite en remplaçant le facteur d'émission ciment CEM II utilisés dans les bétons conventionnelles par celui du ciment incorporant du laitier (CEM III/A et H-UKR, voir **Tableau 8**). Un dosage moyen de 300 kg/m<sup>3</sup> de béton est utilisé. Le gisement de réduction attendu pour cette mesure devrait atteindre les **409 t CO<sub>2</sub>e**.

Concernant les travaux de chaussée, les enrobés bitume est le matériau le plus utilisé avec environ 18 890 tonnes sur l'ensemble du cycle de vie. Pour réduire son empreinte carbone, l'utilisation de béton bitumineux incorporant des taux de recyclage est préconisée. Sur la base des retours d'expérience, le taux de recyclage des enrobés commercialisés peut atteindre 30%. Suivant cette hypothèse, cette mesure permettrait d'économiser jusqu'à **66 t CO<sub>2</sub>e**.

Ensuite, les équipements et la signalisation du projet sont les postes les plus consommateurs de métaux, environ 319 tonnes d'acier et 3,2 tonnes et aluminium. Dans ce cas, la mesure de réduction consiste à privilégier les équipements (panneaux, poteaux, etc.) en métal recyclé. En effet, le choix des métaux recyclés représente un fort levier de réduction des GES sans pour autant nécessiter une réévaluation technique préalable. L'évaluation des réductions est faite à partir de la différence entre les FE pour les métaux neufs et les FE pour ceux issus du recyclage. D'après les estimations présentées dans le **Tableau 8**, la réduction de GES pourrait atteindre le **246 t CO<sub>2</sub>e**.

En plus des métaux, le projet nécessite de matières plastiques. Les postes les plus importants d'utilisation de plastique sont ceux des gaines en PVC et Membrane en PEHD qui comptent un total de 5,6 tonnes, ce qui représente 11 t CO<sub>2</sub>e. La démarche de réduction devra privilégier les fabricants incorporant des plastiques recyclés. Cela permettrait de réduire de **9 t CO<sub>2</sub>e** le bilan GES du projet

Tableau 8 : Détails de calcul des mesures de réduction préconisées concernant les matériaux

Inv. E3	Quantité	U. F.	F.E (kg CO2e)	GES (t CO2e)	Nature
Aluminium [neuf]	3,23	tonne	9 827	32	Réduites
Aluminium [recyclé]	3,23	tonne	562	1,82	Mesures
Acier ou fer blanc [neuf]	123	tonne	2 211	271	Réduites
Acier ou fer blanc [recyclé]	123	tonne	938	115	Mesures
Aciers HA, armatures passives	197	tonne	607	119	Réduites
Aciers HAXcarb [ArcelorMittal]	197	tonne	300	59	Mesures
Ciment CEM II	1 128	tonne	736	830	Réduites
Ciment CEM III/A	765	tonne	461	353	Mesures
Liant minéral à base de laitier H-UKR	363	tonne	188	68	Mesures
Enrobés bitumineux	2 371	m <sup>3</sup>	125	297	Réduites
Enrobés bitumineux avec 30% REC	2 371	m <sup>3</sup>	98	231	Mesures
Plastique, PVC [neuf]	2,13	tonne	1 870	3,98	Réduites
Plastique, PVC [recyclé]	2,13	tonne	403	0,86	Mesures
Plastique, PET [neuf]	0,00	tonne	3 270	0,00	Réduites
Plastique, PET [recyclé]	0,00	tonne	202	0,00	Mesures
Plastique, PEHD [neuf]	3,50	tonne	1 920	6,71	Réduites
Plastique, PEHD [recyclé]	3,50	tonne	202	0,71	Mesures

## 5.2.2. Revalorisation en filière

Cette section est dédiée à l'analyse des mesures de réduction concernant la réutilisation sur site des déchets et la revalorisation de ceux qui sont évacués. En plus, une variante technique concernant le traitement des sols est aussi évaluée. En plus de déchets, les mesures évaluées modifient les distances et les volumes transportés. Le **Tableau 9** montre la liste de corps de métier abordés, les quantités de déchets et de fret produit ainsi que les émissions GES associées.

Tableau 9 : Récapitulatif des corps de métier, des déchets, du fret d'évacuation et des émissions GES

Inv. E3	Métier	U.F.	Qté.	GES (t CO2e)
Aluminium [moyenne]	Équipements	tonne	0,53	0,30
	Signalisation	tonne	0,73	0,41
	Travaux préparatoires	tonne	0,05	0,03
Articulé, 40 à 44 T diesel routier, / % de biodiesel	Chaussées et voiries	tonne.km	406 241	0,61
	Équipements	tonne.km	320 176	0,09
	Génie civil	tonne.km	315 203	0,48
	Ouvrages d'art	tonne.km	1 249	0,00
	Signalisation	tonne.km	87	0,00
	Terrassements	tonne.km	97 910	0,15
	Travaux préparatoires	tonne.km	23 1349	0,35
	Béton, briques, tuiles et céramiques [hors recyclage]	Équipements	tonne	963
Génie civil	tonne	0,00	0,00	
Ouvrages d'art	tonne	29	0,32	
Travaux préparatoires	tonne	1 929	21	
Bois de classe B [hors recyclage]	Équipements	tonne	23	0,53
	Travaux préparatoires	tonne	2,77	0,06
Déchets inertes en mélange (Gravats) [hors recyclage]	Chaussées et voiries	tonne	73	0,66
	Équipements	tonne	475	4,27
	Génie civil	tonne	5 491	49
	Terrassements	tonne	2 000	18
Travaux préparatoires	tonne	1 591	14	
Déchets non dangereux en mélange (DIB) [hors recyclage]	Chaussées et voiries	tonne	9 972	229
	Génie civil	tonne	2 261	52
	Ouvrages d'art	tonne	2,44	0,06
	Terrassements	tonne	448	10
Travaux préparatoires	tonne	1 983	45	
Déchets putrescibles [incinération]	Génie civil	tonne	128	5,78
	Travaux préparatoires	tonne	203	9,15
DEEE, moyen (par défaut) [moyenne]	Équipements	tonne	0,16	0,32
DIS [stockage]	Travaux préparatoires	tonne	12	1,53
Métaux [hors recyclage]	Équipements	tonne	24	0,19
	Signalisation	tonne	0,99	0,01
	Travaux préparatoires	tonne	20	0,16
	Signalisation	tonne	0,04	0,04
Plastique [moyenne]	Travaux préparatoires	tonne	3,46	3,03
	Plâtre et autres contenant du gypse [hors recyclage]	tonne	60	3,93

Les corps de métier retenus correspondent à ceux dont les déchets produits peuvent être revalorisés lors des travaux de construction et de maintenance. Ainsi, la génération des déchets et sa réutilisation correspondent à la même période de travaux. Afin de montrer la totalité du gisement de réduction, les matériaux revalorisables sont comptabilisés dans sa totalité. Cependant, il est possible qu'une partie des déchets considérés ne puissent pas être revalorisés.

Le premier poste analysé est celui des déchets verts. Les travaux de dégagement d'emprises (déboisement, débroussaillage) produisent 203 tonnes. Les déchets verts ainsi engendrés peuvent faire l'objet d'une valorisation thermique en cogénération par exemple.

Pour les déchets verts, les émissions GES évitées sont calculées en prenant un PCI de 4 600 kWh/tonne de déchet et un rendement électrique et thermique de 35 et 53% respectivement. Du fait de sa proximité, le réseau de chaleur de la ville de Saint-Chamond est retenu. À défaut d'informations plus précises, la distance d'évacuation prise en compte lors de l'évaluation reste inchangée. Au total, les émissions évitées pour l'électricité et le réseau de vapeur et chaleur sont de 20 et 24 t CO<sub>2</sub>e respectivement.

Ensuite, les déchets produits par les travaux de réfection des chaussées et la dépose des équipements (y compris glissière existante) et signalisation sont aussi intégrés. Concernant les gravats d'enrobés bitumineux, l'évacuation vers des centrales à enrobé pour être incorporés dans la formulation d'enrobés recyclés est à privilégier. Bien qu'à ce stade de l'étude les distances d'évacuation exactes restent inconnues, il est possible de réduire les émissions GES du traitement des déchets.

De la même façon, l'évacuation vers des filières de recyclage des déchets métalliques (équipements et signalisation) diminue le bilan GES du projet. Ainsi, grâce au recyclage de ces déchets, il est possible de réduire les émissions GES de 240 t CO<sub>2</sub>e et d'en éviter 152 t CO<sub>2</sub>e (voir Tableau 10).

Tableau 10 : Détails de calcul des mesures concernant la revalorisation des déchets

Inv. E3	Quantité	U.F.	F.E (kg CO2e)	GES (t CO2e)	Nature
Aluminium (moyenne)	1,31	tonne	562	0,73	Réduites
Aluminium	1,31	tonne	7 803	10	Évitées
Métaux (hors recyclage)	44	tonne	8,110	0,16	Réduites
Métaux ferreux	44	tonne	2 211	98	Évitées
Déchets non dangereux en mélange (DIB) (hors recyclage)	9 972	tonne	23	229	Réduites
Déchets putrescibles (Incinération)	203	tonne	45	9,15	Réduites
69, Lyon, Réseau Lyon 2018	495 638	kWh	0,05	24	Évitées
2020 - mix moyen	327 308	kWh	0,06	20	Évitées

### 5.2.3. Revalorisation sur site

Concernant les travaux de terrassement, ils produisent un total de 7 477 tonnes de déblais en phase construction. Ces déblais pourraient être réutilisés en tant que remblais pour les couches de forme des nouvelles voiries et ainsi réduire le besoin de matériaux d'apport. La mesure préconisée pour revaloriser ces déchets consiste à les incorporer dans les couches de fondation après traitement de stabilisation.

L'application de cette mesure permettrait de réduire :

- Les émissions liées aux opérations de mise en dépôt et de fonctionnement des ISDI
- Les émissions issues de la production des granulats
- Le fret d'évacuation des déchets et d'apport des matériaux. Cependant, une part de ce fret est conservée car attribuée au transport interne pour le stockage provisoire sur place.

Afin de calculer les émissions produites par le traitement de stabilisation, l'évaluation GES prend en compte le phasage et hypothèses suivantes :

- un traitement des terres à une teneur de 2% en liant hydraulique,
- fret interne pour mise en dépôt provisoire sur 10 km,
- consommation en carburant pour malaxage de 42 litre/h avec un rendement de 400 tonne/h,
- consommation en carburant pour manutention des déblais de 0,6 litre/m<sup>3</sup>.

Ainsi, les émissions nécessaires à la stabilisation des déblais représentent 44 t CO<sub>2</sub>e pour une réduction de 116 t CO<sub>2</sub>e. Au total, cette mesure représenterait une économie nette de 72 t CO<sub>2</sub>e par rapport aux émissions du bilan initial.

Tableau 11 : Détails de calcul des mesures concernant la revalorisation des déblais sur site

Inv. E3	Quantité	U.F.	F.E (kg CO2e)	GES (t CO2e)	Nature
Déchets inertes en mélange (Gravats) (hors recyclage)	7 477	tonne	9,10	67	Réduites
Granulats (sortie carrière)	7 477	tonne	4,00	30	Réduites
Articulé, 40 à 44 T diesel routier, 7 % de biodiesel	299 071	tonne.km	0,06	18	Réduites
Articulé, 40 à 44 T diesel routier, 7 % de biodiesel	74 768	tonne.km	0,06	4,58	Mesures
Liant minéral à base de laitier H-UKR	150	tonne	188	28	Mesures
Gazole non routier	785	litre	3,17	2,48	Mesures
Gazole non routier	2 639	litre	3,17	8,35	Mesures

De façon similaire, les travaux de démolition ouvrages en béton existants produisent 1 962 tonnes de gravats qui pourraient aussi être valorisés et réduire les besoins en matériaux d'apport. Pour ce faire, la mesure préconisée consiste à effectuer un concassage des gravats de béton pour son incorporation dans les couches de fondation.

Ce concassage peut être soit réalisé sur site ou bien dans un centre spécialisé en appliquant le principe du double fret. Compte tenu des volumes estimés, la solution du double fret serait la mieux adaptée. Ainsi, le calcul du gisement d'économies prend en compte les hypothèses suivantes :

- distance de double fret de 40 km (dont l'aller est déjà comptabilisé dans le fret d'évacuation)
- consommation en carburant pour concassage de 83 litre/h avec un rendement de 300 tonne/h
- consommation en carburant pour manutention de 0,6 litre/m<sup>3</sup>

D'après les calculs présentés dans le Tableau 12, les émissions liées au double fret devraient représenter 8,7 t CO<sub>2</sub>e mais permettraient de réduire 50 t CO<sub>2</sub>e, soit une économie nette de 41 t CO<sub>2</sub>e.

Tableau 12 : Détails de calcul des mesures concernant la revalorisation des gravats de démolition sur site

Inv. E3	Quantité	U.F.	F.E (kg CO2e)	GES (t CO2e)	Nature
Béton, briques, tuiles et céramiques (hors recyclage)	1 952	tonne	11	21	Réduites
Gazole non routier	540	litre	3,17	1,71	Mesures
Gazole non routier	689	litre	3,17	2,18	Mesures
Articulé, 40 à 44 T diesel routier, 7 % de biodiesel	78 091	tonne.km	0,06	4,78	Mesures
Grave, non traitée	1 952	tonne	15	28	Réduites

## 6. Conclusion

Le bilan global initial des émissions de GES hors usagers est évalué à **7 732 t CO<sub>2</sub>e**, avec une incertitude de 692 t CO<sub>2</sub>e, soit 9% des émissions estimées. Une première démarche de réduction a permis d'identifier des gisements d'économie carbone et sont rappelés ci-dessous :

- Matériaux bas-carbone : 730 t CO<sub>2</sub>e
- Valorisation des déchets en filière : 240 t CO<sub>2</sub>e
- Valorisation des déchets sur site : 113 t CO<sub>2</sub>e

Soit au total **1 083 t CO<sub>2</sub>e** qui pourraient être réduites grâce à des mesures d'utilisation de matériaux bas-carbone et incluant des taux de recyclage et la valorisation des déchets en filière de traitement. En retranchant ces gisements aux émissions estimées, le coût carbone du projet pourrait être ramené aux **6 648 t CO<sub>2</sub>e** sur l'ensemble du cycle de vie.

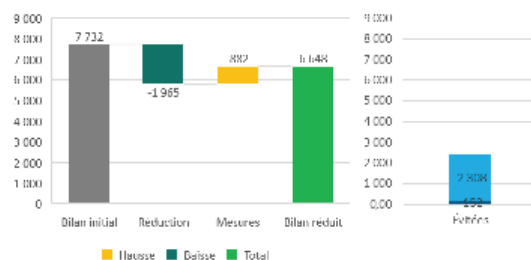
Concernant les usagers, le projet impliquerait une réduction de **2 308 t CO<sub>2</sub>e** sur 20 ans du fait de la diminution des distances parcourues et des modifications des vitesses de circulation. Selon l'étude de trafic utilisée pour l'élaboration de ce bilan GES, le projet induirait une augmentation de PL mais une réduction plus importante des VI. En plus des usagers, les mesures préconisées concernant le recyclage de l'acier et l'aluminium ainsi que la revalorisation des déchets verts permettraient d'éviter **152 t CO<sub>2</sub>e** supplémentaires.

Les émissions du bilan initial et les variations apportées par les mesures de réduction sont montrées dans la **Figure 25**. En plus des variations, cette figure permet de comparer le bilan réduit des émissions du projet avec les émissions évitées.

Figure 25 : Variation des émissions GES du bilan initial en appliquant les mesures de réduction (émissions directes et réduites).

### RN88 Varizelle, Récapitulatif du bilan GES

Émissions directes, réduites et évitées (t CO<sub>2</sub>e)



Afin d'assurer au projet une empreinte carbone réduite, il est primordial que les DCE et les études à venir soient rédigés en ce sens. Des objectifs carbone doivent être précisés avec la mise en place de pénalités s'ils ne sont pas atteints. La réponse des entreprises travaux au marché doit être assortie d'une première estimation des émissions de GES avec des pistes de réduction.

L'entreprise devra s'engager à fournir les facteurs d'émission par unité fonctionnel pour garantir la transparence de leur bilan. Dans le cas où les FE ne seraient pas disponibles, l'entreprise pourra les fournir en cours de travaux après avoir consulté ses sous-traitants.

En phase de travaux, les entreprises doivent réaliser un suivi de leurs émissions au cours du chantier et évaluer leurs propositions de travaux sous l'angle de la comptabilité carbone avant mise en œuvre. En plus de l'attention portée au contenu carbone des matériaux, ce suivi devra tenir compte des consommations d'énergie, du fret constaté dans les bords de livraison, des déchets produits et des déplacements du personnel.

Au même titre qu'un suivi environnementale ou budgétaire, un contrôle de la part de la MOA ou MOF doit être réalisé tout au long la vie du projet afin d'assurer le suivi des objectifs en termes des émissions de GES. En respectant une démarche d'amélioration continue, l'étude des pistes d'amélioration ainsi que l'approfondissement des mesures de réductions proposées dans ce rapport sera poursuivie au fur et à mesure de l'avancement des études de conception du projet.

## 7. Annexes

### Annexe 1 : Engins de chantier

Annexe 1 - Caractéristiques des engins de chantier employés.

Matériel	Carburant	Puissance (kW)	Charge moteur	Poids (t)	Distance (km)	Q (litre/h)	Huile (litre/h)
Bulldozer CAT D5	Gazole	103	55%	19	300	17	0,70
Camion benne 12T	Gazole	162	55%	32	100	26	0,70
Camion benne 40T	Gazole	300	55%	32	100	49	0,70
Camion bras EB GC	Gazole	235	55%	16	150	38	0,70
Camion citerne 5000L	Gazole	60	55%	35	50	10	0,35
Camion nacelle à bras articulé	Gazole	90	55%	3,00	150	15	0,70
Centrale de malaxage	Gazole	120	55%	10	300	20	0,70
Chargeuse sur pneus	Gazole	120	55%	35	100	20	0,70
Chariot de forage HCR 100EDS II	Gazole	168	55%	12	300	27	0,70
Compacteur	Gazole	120	55%	12	300	20	0,70
Compacteur à pneu	Gazole	75	55%	5,00	300	12	0,70
Compresseur 22000L	Gazole	220	55%	6,80	150	36	0,70
Compresseur 5 m <sup>3</sup> /min	Gazole	32	100%	1,00	100	8,95	0,35
DUMPER 600 L. FRONTA	Gazole	17	100%	1,40	100	5,45	0,35
Débroussaileuse	Essence	1,50	100%	0,01	100	1,20	0,00
Extrudeuse béton	Gazole	115	55%	15	150	10	0,70
Finisher	Gazole	150	55%	18	300	24	0,70
GRACO LINELAZER™ v 2500.c	Essence	8,80	100%	0,35	150	7,59	0,00
Galotrax/Tracteur forestier	Gazole	235	55%	11	300	36	0,70
Grenailleuse autoportée S320RD	Gazole	10	100%	0,80	150	5,93	0,35
Grue automotrice 25T	Gazole	156	55%	25	150	25	0,70
Hélicoptère	Essence	4,00	100%	0,07	50	3,45	0,00
Machine à projeter béton	Gazole	18	100%	42	500	5,65	0,70
Manuscopique	Gazole	75	55%	8,00	150	12	0,70
Marteau PAJOT 2800 kg	Pneumatique	0,00	100%	2,80	150	0,00	0,00
Marteau piqueur	Essence	1,86	100%	0,02	100	1,61	0,00
Mini-pelleteuse Komatsu PC55MR-5	Gazole	35	55%	5,50	100	5,99	0,35
Motoculteur	Essence	10	100%	0,15	150	8,63	0,00
Motoniveleuse	Gazole	141	55%	17	300	23	0,70

Pelle de forage LB 28-320	Gazole	390	55%	51	300	64	0,70
Pelle sur pneus (CAT M315F)	Gazole	112	55%	23	100	19	0,70
Pelle à chenilles (CAT 320 EL)	Gazole	121	55%	23	300	20	0,70
Pelle à chenilles (brise-roche)	Gazole	74	55%	16	300	13	0,35
Poste d'oxycoupage (oxyacétylénique)	Acétylène-Oxygène	0,00	100%	1,00	300	0,00	0,00
Raboteuse W100 ET CFI	Gazole	257	55%	18	300	42	0,70
Rouleau léger plantation	Essence	6,00	100%	0,10	150	5,18	0,00
Répandeuse	Gazole	240	55%	18	300	39	0,70
Rétrochargeuse sur pneus	Gazole	70	55%	16	100	12	0,70
Sde chaussée FS400LV	Essence	8,00	100%	0,10	100	6,90	0,00
Sonneite H 90 R 2000	Gazole	15	100%	1,50	250	4,81	0,35
Tondeuse	Essence	6,00	100%	0,10	100	5,18	0,00
Toupie à béton	Gazole	284	55%	25	0,00	48	0,70
Tronçonneuse	Essence	1,45	100%	0,01	100	0,96	0,00

## Annexe 2 : Ateliers de production

Annexe 2 - Cadences, consommations et facteurs d'émissions des ateliers de production utilisés

Activité	Ouvriers	TU (h)	U.F.	Q essence (L/h)	Q gazole (L/h)	Q huile (L/h)
Bétonnage en hauteur	4	0,12	m3	0,00	55	1,40
Atelier de levage base vie	5	7,00	jour	0,00	19	0,70
Bétonnage horizontal	4	0,08	m3	3,50	48	1,40
Déblayage (ciel ouvert)	3	0,07	m3	0,00	12	0,70
Bétonnage vertical	4	0,08	m3	0,00	48	1,40
Marquage au sol	2	0,00	l	7,60	0,00	0,00
Grenailage marquage au sol	2	0,01	m2	0,00	5,90	0,35
Coffrage surface (en hauteur)	4	0,03	m2	0,00	19	0,70
Pose blocs béton préra	4	0,10	u	0,00	19	0,70
Coffrage linéaire (en hauteur)	4	0,05	ml	0,00	19	0,70
Démolition manuelle	1	0,90	m3	1,60	0,00	0,00
Démolition chaussée	4	0,03	m2	0,00	31	1,05
Démolition éléments BA	3	2,84	m3	0,00	13	0,35
Démolition enrobés	4	0,01	m2	0,00	13	0,35
Dépose équipements linéaires	4	0,10	ml	0,00	19	0,70
Dépose manuelle équipements	2	0,25	u	0,00	12	0,70
Rabotage couche de roulement	4	0,00	m2	0,00	54	1,40
Atelier de levage équipements	4	1,00	h	0,00	37	1,40
Blindage palplanche	2	1,90	tonne	0,00	40	1,40
Forage fondations profondes	3	0,17	ml	0,00	64	0,70
Pose équipement léger en hauteur	2	0,22	u	0,00	7,50	0,70
Déblayage (fouille)	3	0,12	m3	0,00	12	0,70
Pose équipements linéaires	4	0,10	ml	0,00	24	1,05
Répanchage couche d'accrochage	2	0,00	m2	0,00	29	0,70
Pose manuelle de fournitures	1	1,00	moe	0,00	0,00	0,00
Mise en œuvre GB/enrobés au finisseur	8	0,00	m2	0,00	37	1,40
Levage éléments BA	5	1,00	cycle	0,00	19	0,70
Levage éléments d'armature	5	0,50	cycle	0,00	19	0,70
Pose de gabions	6	0,33	m3	0,00	32	1,40
Remblayage (fouilles)	2	0,06	m3	0,00	36	1,75
Remblayage et couches de forme	2	0,09	m3	0,00	45	3,15
Epanchage terre végétale	2	0,00	m2	0,00	28	1,05
Plantation arbres	3	0,66	u	0,00	11	0,70
Plantation arbustes	2	0,05	u	0,00	11	0,70
Tonte espaces verts	1	0,01	m2	5,20	0,00	0,00
Malaxage sols en centrale	5	0,00	tonne	0,00	39	1,40
Levage et pose d'équipements	2	1,00	h	0,00	19	0,70
Plantation gazon	5	0,06	m2	11	0,00	0,00
Projeté béton	4	6,47	m3	0,00	5,70	0,70

## Annexe 3 : Métrés des intrants

Annexe 3 - Quantités consommées par intrants en unité fonctionnelle et en masse

Inv. E1	Inv. E2	Inv. E3	U.F.	Somme de Qté.	
Déchets	Déchets bâtiment	Aluminium [moyenne]	tonne	1,31	
		Béton, briques, tuiles et céramiques [hors recyclage]	tonne	2 921	
		Bois de classe B [hors recyclage]	tonne	26	
		Déchets inertes en mélange (Gravats) [hors recyclage]	tonne	10 726	
		Déchets non dangereux en mélange (DIB) [hors recyclage]	tonne	15 529	
		Métaux [hors recyclage]	tonne	44	
		Matte et autres contenant du gypse [hors recyclage]	tonne	60	
		Déchets dangereux	DIS [stockage]	tonne	12
		Déchets plastiques	Plastique moyen [moyenne]	tonne	3,50
		Ordures ménagères	Déchets putrescibles [incinération]	tonne	980
Déplacements	Routiers	Autobus moyen, agglomération de plus de 250 000 habitants	passager.km	52 921	
		Voiture, motorisation moyenne 2018	km	96 220	
Énergie	Combustibles	butane, inclus maritime	kg	285	
		Essence, supercarburant sans Pb (95, 95-E10, 98)	litre	46 940	
		Gasole non routier	litre	395 075	
		Huile moteur lubrifiant	litre	17 339	
		Électricité	2008 - usage Autres (RTP, recherche, année, etc.)	kWh	207 306
		2018 - mix moyen	kWh	946	
		2018 - usage - éclairage public	kWh	248 346	
		2020 - mix moyen	kWh	51 448	
	Fret	Maritime & fluvial Routier	Bateau poussier, > 880 kW	tonne.km	1 088
			Articulé, 40 à 44 T diesel routier, 7 % de biodiesel	tonne.km	12 810 057
Rigide, 26 à 32 T diesel routier, 7 % de biodiesel			tonne.km	81 316	
Immobilités	Bâtiments/EP	Bâtiment industriel, structure en béton	m2	27	
	Véhicules	Outils et équipements divers acier	tonne	0,58	
	Machines et Outils	Véhicules fabrication	tonne	21	
Intrants	Acier	Acier ou fer blanc [neuf]	tonne	11	
		Acier, tôles fortes et profilés	tonne	31	
		Aciers HA, armatures passives	tonne	197	
		Atténuateurs de choc acier galvanisé	u	2,00	
		Cage gabion (2 m x 1 m x 1 m, 3 mm)	u	925	
		Clôture en acier [haut, 2,5 m]	mL	1 414	
		Éléments en acier galvanisé	tonne	2,57	
		Garde-corps acier remplissage tubes	mL	317	
		Glissière acier galvanisé N2	mL	167	
		Grille φ200mm	ml	70	

	Mât de lampadaire d'éclairage	u	126
	Portail en acier	u	4,00
	Poteau de fixation routier	u	489
	Poteau panneau de police acier galvanisé	u	297
	Potence de signalisation routière	u	1,00
Aluminium	Luminaires pour éclairage fonctionnel	u	126
	Panneaux de police/panneaux (tôle alu anodisée)	u	8,01
	Panneaux de signalisation [m2]	m2	283
Asphalte	Couche d'imprégnation (émulsion bitume)	tonne	99
	Étanchéité bicouche bitume-polymère	m2	1.244
Bâtiments/EP	Bâtiment industriel, structure en béton	m2	372
Béton hydraulique	Béton C20/25	m3	36
	Béton C25/30CEM II	m3	78
	Béton C30/37	m3	441
	Béton de propreté	m3	24
	Béton pour fondation XA3 C40/50	m3	401
	Béton pour poteaux et culées XF2 C35/45	m3	208
	Béton pour tablier XF1 C45/55 CFM II/A-1	m3	445
	Béton pour Voirie en béton C35/45 XF2 CFM II/A	m3	970
Béton préfabrique	Bloc en béton creux joints épais	m2	1.500
	Bordure T2	m	951
	Cadre béton préfabriqué (OH)	m3	526
	Caniveau béton en U	mL	179
	Caniveaux à fente φ300mm	mL	1.047
	Caniveaux à fente φ400mm	mL	213
	Collirage perdu pour béton	m2	783
	Collecteur béton φ300mm	mL	215
	Collecteur béton φ400mm	mL	226
	Collecteur béton φ500mm	mL	179
	Collecteur béton φ600mm	mL	32
	Collecteur béton φ800mm	mL	22
	Descente d'eau béton type lude	mL	7,00
	Équipements en béton préfabriqué	m3	48
	Massifs pour équipement	u	411
	Massifs pour mât	u	116
	Regard de visite en béton (Dint= 1000mm)	u	40
	Séparateur en béton type GBA	mL	67
	Tête de ponts DN300-500	u	4,00
	Bois	Brise soleil	m2
Écran acoustique		m2	196
Divers	Eau d'arrosage	m3	3.737
	Fau du robinet	litre	2.703.990
Enduits/revêtements résine	Enduit à froid projeté (ACV entreprise SIGNATURE)	litre	18.194
	Enduit bitumineux pour l'étanchéité et l'imperméabilisation pour murs enterrés	m2	1.466
	Résine polyuréthane pour sols industriels et piétonniers	kg	774
Enduits bitume	Enduits bitumineux	m3	406
		tonne	5.028
	Grave bitume 3	m3	176
	Grave, bitume 3	tonne	12.548

Graviers/granulats	Compost horticole (moyenne)	tonne	161	
	Granulats [sortie carrière]	tonne	2.000	
	Granulats issus de roche massive	m3	573	
	Granulats issus de roche meuble	m3	89	
	Granulats, roche meuble [sortie carrière]	tonne	688	
	Grave non traitée	m3	2.707	
	Liant hydraulique	Chapes en mortier à base de ciment	m3	60
		Mortier de montage maçonnerie	m2	1.500
		Mortiers de réparation du béton	litre	681
	Matériel électronique	Boucle à induction magnétique	u	50
Câble cuivre basse tension [section conductrice entre 95 mm² - 1G]		mL	600	
Câble moyenne tension 12/20 kV [Section conductrice de 150 mm² à 240 mm²]		mL	900	
Fibre optique (Réseaux) [D=4 à 8,5 mm]		mL	1.500	
DMV 1480 W (2,8x1,8 m)		u	0,60	
Plastiques/polymères	Appareil d'appui	cm3	317	
	Balises type I (PFHD) neuf	u	15	
	Balises type K3C (PEHD) neuf	u	53	
	Canalisation d'assainissement pluvial en PVC [D=315 mm]	m	105	
	Collecteur PEHD φ400mm	mL	105	
	Cône de signalisation lesté (PFHD) neuf	u	40	
	Gaines et lourdeaux en PVC [DN entre 100 et 200mm] ID MI ab	mL	200	
	Geomembrane PFHD	m2	2.234	
	Geotextile en polypropylène (300g/m²)	m2	10.301	
	Lestage temporaire PVC	u	53	
	Membrane synthétique pour l'étanchéité et l'imperméabilisation pour murs enterrés [ép. 2mm]	m2	118	
	Plastique, PFHD (neuf)	tonne	0,90	
	Réseaux d'adduction d'eau en PVC [D entre 110 et 200 mm]	mL	900	
	Système de drainage et d'infiltration Drenolube	mL	91	
	Ratios	Assurance, services bancaires, conseil et honoraires	k€	1.253
		Produits audiovisuels, électroniques et optiques	k€	45
Services (impression, publicité, architecture et ingénierie, maintenance multi-technique des bâtiments)		k€	13	
Végétation	Arbuste	u	9.590	
	Mélange de semences pelouse	kg	1.672	
	Paille céréale	tonne	111	
UTCf	Forêts Mixtes	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,19
		Sols artificiels enherbés/arbustifs	ha	0,19
		Sols artificiels imperméabilisés	ha	0,62
	Prairies zones arbustives	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,49
		Sols artificiels imperméabilisés	ha	0,51
	Prairies zones herbacées	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,03
		Sols artificiels enherbés/arbustifs	ha	0,02
		Sols artificiels imperméabilisés	ha	0,07
		Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,01
		Sols artificiels imperméabilisés	ha	0,01





	Sols artificiels enherbés/arbusifs	Sols artificiels imperméabilisés	ha	0,20
	Sols artificiels imperméabilisés	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,07
		Sols artificiels enherbés/arbusifs	ha	0,09
	Zones humides	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha	0,14
		Sols artificiels enherbés/arbusifs	ha	0,03
		Sols artificiels imperméabilisés	ha	1,96

## Annexe 4 : Base de données FE

### Annexe 4 - Facteur d'émission, caractéristiques et sources

Inv. E1	Inv. E2	Inv. E3	U.F.	M.U. (kg)	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Incertitude	Source
Énergie	Combustibles	Butane, inclus maritime	kg		2,95	0,49		5%	Base Carbone 20
Énergie	Combustibles	Essence, supercarburant sans Pb (95, 95-E10, 98)	litre		2,23	0,50		10%	Base Carbone 20
Énergie	Combustibles	Gazole non routier	litre		2,51	0,66		10%	Base Carbone 20
Énergie	Combustibles	Huile moteur lubrifiant	litre	0,00		1,56		20%	Ecoinvent
Énergie	Électricité	2008 - usage : Autres (BTP, recherche, armée, etc.)	kWh			0,05		30%	Base Carbone 20
Énergie	Électricité	2018 - mix moyen	kWh			0,06		10%	Base Carbone 20
Énergie	Électricité	2018 - usage : Eclairage public	kWh			0,06		30%	Base Carbone 20
Énergie	Électricité	2020 - mix moyen	kWh			0,06		10%	Base Carbone 20
UTCf	Forêts Mixtes	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				125 576	70%	Aldo
UTCf	Forêts Mixtes	Sols artificiels enherbés/arbusifs	ha				273 157	70%	Aldo
UTCf	Forêts Mixtes	Sols artificiels imperméabilisés	ha				492 140	70%	Aldo
UTCf	Prairies zones arbusives	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				- 147 582	70%	Aldo
UTCf	Prairies zones arbusives	Sols artificiels imperméabilisés	ha				218 982	70%	Aldo
UTCf	Prairies zones herbacées	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				- 173 248	70%	Aldo
UTCf	Prairies zones herbacées	Sols artificiels enherbés/arbusifs	ha				- 25 007	70%	Aldo
UTCf	Prairies zones herbacées	Sols artificiels imperméabilisés	ha				193 316	70%	Aldo
UTCf	Sols artificiels enherbés/arbusifs	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				- 147 582	70%	Aldo
UTCf	Sols artificiels enherbés/arbusifs	Sols artificiels imperméabilisés	ha				218 982	70%	Aldo
UTCf	Sols artificiels imperméabilisés	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				- 366 564	70%	Aldo

UTCF	Sols artificiels imperméabilisés	Sols artificiels enherbés/arbusitifs	ha				- 218 982	70%	Aldo
UTCF	Zones humides	Sols artificiels arborés et buissonnants	ha				- 18 231	70%	Aldo
UTCF	Zones humides	Sols artificiels enherbés/arbusitifs	ha				129 351	70%	Aldo
UTCF	Zones humides	Sols artificiels imperméabilisés	ha				348 333	70%	Aldo
Intrants	Acier	Acier ou fer blanc (neuf)	tonne	1 000			2 211	10%	Base Carbone 20
Intrants	Acier	Acier, tôles fortes et profilés	tonne	1 000			1 680	30%	DIOGEN
Intrants	Acier	Aciers HA, armatures passives	tonne	1 000			607	30%	DIOGEN
Intrants	Acier	Atténuateurs de choc acier galvanisé	u	1 300	0,00	0,00	2 674	10%	Base Carbone 20
Intrants	Acier	Cage gabion (2mx1mx1m; 3mm)	u	19	0,00	0,00	42	10%	Base Carbone 20
Intrants	Acier	Cloûture en acier [haut 2,5m]	mL	19			116	30%	INIES
Intrants	Acier	Garde-corps acier remplissage tubes	mL	14			61	30%	FFB
Intrants	Acier	Glissière acier galvanisé N2	ml	19	0,00	0,00	53	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Grille ø200mm	ml	8,00	0,00	0,00	25	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Mât de lampadaire d'éclairage	u	79	0,00	0,00	175	10%	Base Carbone 20
Intrants	Acier	Portail en acier	u	92	0,00	0,00	259	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Poteau de fixation routier	u	18	0,00	0,00	51	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Poteau panneau de police acier galvanisé	u	10	0,00	0,00	28	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Potence de signalisation routière	u	750	0,00	0,00	2 115	20%	Bilan produit
Intrants	Acier	Éléments en acier galvanisé	tonne	1 000			2 620	20%	Bilan produit
Intrants	Aluminium	Luminaire pour éclairage fonctionnel	u	8,38			635	30%	INIES
Intrants	Aluminium	Panneaux de police/panneaux (tôle alu anodisé)	u	3,00			45	30%	Bilan produit
Intrants	Aluminium	Panneaux de signalisation [m2]	m2	7,69	0,00	0,00	115	30%	Bilan produit
Intrants	Asphalte	Couche d'imprégnation (émulsion bitume)	tonne	1 000	0,00	0,00	485	28%	Base Carbone 20
Intrants	Asphalte	Étanchéité bicouche bitume-polymère	m2	4,80			8,75	30%	INIES
Intrants	Bois	Brise soleil	m2	35			50	30%	INIES
Intrants	Bois	Écran acoustique	m2	380			25	10%	Base Carbone
Intrants	Bâtiments/EP	Bâtiment industriel, structure en béton	m2	0,00			825	50%	Base Carbone 20
Intrants	Béton hydraulique	Béton C20/25	m3	2 300	0,00	0,00	186	30%	Base Carbone 20; INIES

Intrants	Béton hydraulique	Béton C25/30CEMII	m3	2 300	0,00	0,00	202	20%	Base Carbone 20
Intrants	Béton hydraulique	Béton C30/37	m3	2 300	0,00	0,00	244	23%	Base Carbone 20, INIES
Intrants	Béton hydraulique	Béton de propreté	m3	2 418			126	30%	INIES
Intrants	Béton hydraulique	Béton pour Voirie en béton C 35/45 XF2 CEM II/A	m3	2 305			260	30%	INIES
Intrants	Béton hydraulique	Béton pour fondation XA3 C40/50	m3	2 350			304	30%	DIOGEN
Intrants	Béton hydraulique	Béton pour poteaux et culées XF2 C35/45	m3	2 350			265	30%	DIOGEN
Intrants	Béton hydraulique	Béton pour tablier XF1 C45/55 CEM I/A-L	m3	2 350			290	10%	DIOGEN
Intrants	Béton préfabriqué	Bloc en béton creux, joints épais	m2	173			8,53	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Bordure T2	ml	82	0,00	0,00	17	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Cadre béton préfabriqué (OH)	m3	2 400	0,00	0,00	516	28%	CERIB;DIOGEN
Intrants	Béton préfabriqué	Canaux béton en U	ml	36	0,00	0,00	7,57	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Canaux à fente φ300mm	ml	379	0,00	0,00	80	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Canaux à fente φ400mm	ml	522	0,00	0,00	110	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Coffrage perdu pour béton	m2	139			62	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Collecteur béton φ300mm	ml	180	0,00	0,00	24	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Collecteur béton φ400mm	ml	230	0,00	0,00	30	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Collecteur béton φ500mm	ml	330	0,00	0,00	43	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Collecteur béton φ600mm	ml	440	0,00	0,00	57	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Collecteur béton φ800mm	ml	700	0,00	0,00	91	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Descente d'eau béton type tuile	ml	71	0,00	0,00	9,28	30%	CERIB
Intrants	Béton préfabriqué	Equipements en béton préfabriqué	m3	2 400	0,00	0,00	335	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Massifs pour mât	u	750	0,00	0,00	88	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Massifs pour équipement	u	250	0,00	0,00	29	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Regard de visite en béton [D int= 1000mm]	u	1 889			278	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Séparateur en béton type GBA	ml	625	0,00	0,00	74	30%	INIES
Intrants	Béton préfabriqué	Tête de ponts DN300-500	u	312	0,00	0,00	44	30%	INIES
Intrants	Divers	Eau d'arrosage	m3	1 000	0,30	0,08	0,00	5%	Base Carbone 20
Intrants	Divers	Eau du robinet	litre	1,00			0,00	30%	Base Carbone

Intrants	Enduits/revêtements résine	Enduit bitumineux pour l'étanchéité et l'imperméabilisation pour murs enterrés	m2	2,00			20	30%	INIES
Intrants	Enduits/revêtements résine	Enduit à froid projeté (ACV entreprise SIGNATURE)	litre	1,30			5,64	30%	Signature
Intrants	Enduits/revêtements résine	Résine polyuréthane pour sols industriels et piétonniers	kg	1,00			6,67	30%	INIES
Intrants	Enrobés bitume	Enrobés bitumineux	m3	2 350	0,00	0,00	125	20%	Base Carbone 20
Intrants	Enrobés bitume	Enrobés bitumineux	tonne	1 000			53	20%	Base Carbone 20
Intrants	Enrobés bitume	Grave bitume 3	m3	2 350	0,00	0,00	109	20%	Base Carbone 20
Intrants	Enrobés bitume	Grave, bitume 3	tonne	1 000			47	20%	Base Carbone 20
Intrants	Graviers/granulats	Compost horticole (moyenne)	tonne	1 000			34	30%	Ecoinvent
Intrants	Graviers/granulats	Granulats [sortie carrière]	tonne	1 000			4,00	50%	Base Carbone 20
Intrants	Graviers/granulats	Granulats issus de roche massive	m3	1 700	0,00	0,00	4,35	50%	Base Carbone 20
Intrants	Graviers/granulats	Granulats issus de roche meuble	m3	1 700	0,00	0,00	3,94	50%	Base Carbone 20
Intrants	Graviers/granulats	Granulats, roche meuble [sortie carrière]	tonne	1 000			2,32	50%	Base Carbone 20
Intrants	Graviers/granulats	Grave non traitée	m3	1 700	0,00	0,00	25	20%	Base Carbone 20
Intrants	Lianthdraulique	Chapes en mortier à base de ciment	m3	2 500			652	30%	INIES
Intrants	Lianthdraulique	Mortier de montage maçonnerie	m2	25			2,98	30%	INIES
Intrants	Lianthdraulique	Mortiers de réparation du béton	litre	1,67			0,63	30%	SNMI
Intrants	Matériel électronique	Boucle à induction magnétique	u	5,00	0,00	0,00	2,71	29%	Base Carbone 20;INIES;Base Carbone
Intrants	Matériel électronique	Câble cuivre basse tension [section conductrice entre 95 mm² / 175]	mL	3,40			8,73	30%	INIES
Intrants	Matériel électronique	Câble moyenne tension 12/20 kV [Section conductrice de 150 mm² à 240 mm²]	mL	6,41			25	30%	INIES
Intrants	Matériel électronique	Fibre optique (Réseaux) [D=4 à 8,5 mm]	mL	0,07			0,22	30%	INIES
Intrants	Matériel électronique	PMV 1480 W (2,8x1,8 m)	u	800	0,00	0,00	4 992	20%	Base Carbone 20;INIES
Intrants	Plastiques/polymères	Appareil d'appui	dm3	1,24			0,53	20%	Bilan produit
Intrants	Plastiques/polymères	Balises type J (PEHD neuf)	u	4,10	0,00	0,00	7,67	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Balises type K5C (PEHD neuf)	u	1,40	0,00	0,00	2,69	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Canalisation d'assainissement pluvial en PVC [D=315 mm]	ml						

Intrants	Plastiques/polymères	Collecteur PEHD $\phi$ 400mm	ml	16	0,00	0,00	30	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Cône de signalisation lesté (PEHD neuf)	u	5,40	0,00	0,00	10	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Gaines et fourreaux en PVC [DN entre 100 et 200mm] ID MLab	mL	11			41	30%	INIES
Intrants	Plastiques/polymères	Géomembrane PEHD	m2	1,92	0,00	0,00	3,69	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Géotextile en polypropylène (300g/m <sup>2</sup> )	m2	0,30			1,24	30%	INIES
Intrants	Plastiques/polymères	Lestage temporaire PVC	u	28	0,00	0,00	52	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Membrane synthétique pour étanchéité et l'imperméabilisation pour murs enterrés (ép. 2mm)	m2	1,96			8,15	30%	INIES
Intrants	Plastiques/polymères	Plastique, PEHD [neuf]	tonne	1 000			1 820	20%	Base Carbone 20
Intrants	Plastiques/polymères	Réseaux d'adduction d'eau en PVC [D entre 110 et 200 mm]	mL	3,50			31	30%	INIES
Intrants	Plastiques/polymères	Système de drainage et d'infiltration D renouveau	mL	2,48			6,96	20%	INIES
Intrants	Ratios	Assurance, services bancaires, conseil et honoraires	k€				110	80%	Base Carbone 20
Intrants	Ratios	Produits informatiques, électroniques et optiques	k€				400	80%	Base Carbone 20
Intrants	Ratios	Services (imprimerie, publicité, architecture et ingénierie, maintenance multi-technique des bâtiments)	k€				170	80%	Base Carbone 20
Intrants	Végétation	Arbuste	u	12			1,07	50%	Donnée métier
Intrants	Végétation	Mélange de semences pelouse	kg	1,00			1,20	30%	Ecoinvent
Intrants	Végétation	Paille céréale	tonne	1 000			85	30%	Ecoinvent
Immobilisations	Bâtiments/EP	Bâtiment industriel structure en béton	m2	0,00			825	50%	Base Carbone 20
Immobilisations	Véhicules, Machines et Outils	Outils et équipements divers acier	tonne	1 000			1 680	30%	DIOGEN
Immobilisations	Véhicules, Machines et Outils	Véhicules fabrication	tonne				5 500	50%	Base Carbone 20
Fret	Maritime & fluvial	Bateau pousseur, > 880 kW	tonne.km				0,01	70%	Base Carbone 20
Fret	Routier	Articulé, 40 à 44 T diesel routier, 7 % de biodiesel	tonne.km		0,05	0,01		70%	Base Carbone 20
Fret	Routier	Rigide, 26 à 32 T diesel routier, 7 % de biodiesel	tonne.km		0,07	0,02		70%	Base Carbone 20
Déplacements	Routiers	Autobus moyen, agglomération de plus de 250 000 habitants	passager.km				0,13	60%	Base Carbone 20
Déplacements	Routiers	Voiture, motorisation moyenne 2018	km				0,19	60%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Aluminium [moyenne]	tonne	1 000			562	20%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Bois de classe B [hors recyclage]	tonne	1 000			23	30%	Base Carbone 20



Déchets	Déchets bâtiment	Béton, briques, tuiles et céramiques [hors recyclage]	tonne	1 000			11	30%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Déchets inertes en mélange (Gravats) [hors recyclage]	tonne	1 000			9,00	30%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Déchets non dangereux en mélange (DIB) [hors recyclage]	tonne	1 000			23	30%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Métaux [hors recyclage]	tonne	1 000			8,00	20%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets bâtiment	Plâtre et autres contenant du gypse [hors recyclage]	tonne	1 000			65	30%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets dangereux	DIS [stockage]	tonne	1 000			128	50%	Base Carbone 20
Déchets	Déchets plastiques	Plastique moyen [moyenne]	tonne	1 000			877	50%	Base Carbone
Déchets	Ordures ménagères	DEEE, moyen (par défaut) [moyenne]	tonne	1 000			1 995	100%	Base Carbone 20
Déchets	Ordures ménagères	Déchets putrescibles [incinération]	tonne	1 000			45	50%	Base Carbone 20

***ANNEXE 9 : AVIS AE DE 2020 ET MÉMOIRE EN RÉPONSE DE LA PREMIERE ETUDE D'IMPACT***





**Autorité environnementale**

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/l-autorite-environnementale-r145.html>

## Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le complément du demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond (42)

n°Ae : 2020-37

### Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae<sup>1</sup> s'est réunie le 4 novembre 2020, en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le complément du demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond (42).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Barouin, Nathalie Bertrand, Marc Clément, Pascal Douard, Christian Dubost, Sophie Fonquernie, Louis Hubert, Christine Jean, Philippe Ledenic, François Letourneux, Serge Muller, Thérèse Perrin, Alby Schmitt, Luc Vandimian, Anne Viu, Véronique Wormser

En application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis.

Étaient absents : Barbara Bour-Desprez

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet de la Loire, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçu le 7 août 2020.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122 6 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 122-4 du même code, il en a été accusé réception. Conformément à l'article R. 122 7 du même code, l'avis doit être fourni dans un délai de trois mois.

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers en date du 10 août 2020 :

- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) Auvergne-Rhône-Alpes,
- le préfet de département de la Loire.

Sur le rapport de Christian Dubost et Caroll Gardet, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit.

Pour chaque projet soumis à évaluation environnementale, une autorité environnementale désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.

Cet avis porte sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent. L'avis ne lui est ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité.

La décision de l'autorité compétente qui autorise le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage à réaliser le projet prend en considération cet avis. Une synthèse des consultations opérées est rendue publique avec la décision d'octroi ou de refus d'autorisation du projet (article L. 122-1-1 du code de l'environnement). En cas d'octroi, l'autorité décisionnaire communique à l'autorité environnementale le ou les bilans des suivis, lui permettant de vérifier le degré d'efficacité et la pérennité des prescriptions, mesures et caractéristiques (article R. 122-13 du code de l'environnement).

Conformément à l'article L. 122-1 V du code de l'environnement, le présent avis de l'autorité environnementale devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L. 123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19.

Le présent avis est publié sur le site de l'Ae. Il est intégré dans le dossier soumis à la consultation du public.

Avis délibéré n° 2020\_37 adopté lors de la séance du 4 novembre 2020

<sup>1</sup> Formation d'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).



## Synthèse de l'avis

Le projet de demi-échangeur de la Varizelle, situé sur la commune de Saint-Chamond (42), consiste en la création de deux bretelles d'entrée et sortie de la RN 88 (depuis et vers Lyon) afin de désengorger le réseau viaire local, et d'améliorer la qualité de vie du quartier de la Varizelle et la desserte de l'est de la commune, notamment de la future halle des sports et des zones économiques en développement. Porté par la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Auvergne-Rhône-Alpes, le projet est inscrit au contrat de plan l'Etat-Région.

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux sont :

- la prévention des risques naturels (risques inondation et risques miniers),
- la qualité de l'eau et des milieux aquatiques et les continuités écologiques,
- la protection des marais ou à vis des marais sombres,
- la qualité de l'air et les émissions de gaz à effet de serre,
- l'amélioration de la sécurité routière.

Le dossier est relatif à la demande de déclaration d'utilité publique et à la mise en compatibilité du plan local d'urbanisme de la commune (modification de l'emplacement réservé, évolution des haies protégées).

L'étude d'impact est relativement claire et bien présentée, mais comporte des limites, avec notamment une liste de mesures d'évitement, de réduction et de compensation comportant des dispositions n'ayant pas de caractère environnemental.

Le secteur de projet étant en zone rouge du plan de prévention des risques d'inondation et en zone sensible du plan relatif aux risques miniers, l'Ae recommande de préciser les engagements du maître d'ouvrage pour assurer la protection des populations et ne pas aggraver la vulnérabilité du territoire et de mieux analyser la compatibilité du projet et de la modification du PLU avec ces deux plans.

L'Ae constate des erreurs méthodologiques du dossier en matière de prévisions de trafics et d'étude acoustique et recommande de reprendre largement ces deux volets, en prenant pour principe d'améliorer la situation des riverains vis-à-vis des nuisances sonores issues de la RN 88 et du réseau viaire local.

L'Ae fait par ailleurs d'autres recommandations sur le renforcement des continuités écologiques aquatiques et terrestres le long du cours d'eau Le Janon, sur la qualité de l'air et les émissions de gaz à effet de serre (avec notamment des mesures de réduction en phase chantier), et sur impacts cumulés avec le projet de halle des sports, contigu, dont le chantier devrait être quasi concomitant.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae est présenté dans l'avis détaillé.

## Avis détaillé

### 1 Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

#### 1.1 Contexte et contenu du projet

La commune de Saint-Chamond, située à une douzaine de kilomètres à l'est de Saint-Étienne, est desservie à l'ouest par l'échangeur n°17 de la route nationale n°88, dit de la Varizelle. Cette route relie Lyon à Toulouse en passant par Saint-Étienne, Saint-Chamond et Alba. La RN 88 supportait, en 2018, 74 000 véh./jour (dont 12 % de poids lourds) au niveau de Saint-Chamond.

Porté par la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) Auvergne-Rhône-Alpes, le projet de complément de l'échangeur, qui comprend actuellement une bretelle d'entrée sur la route nationale vers Saint-Étienne et une bretelle de sortie depuis Saint-Étienne, vise, selon le dossier, à améliorer la desserte du territoire, en particulier celle des zones d'activités économiques, ainsi que le cadre de vie des riverains.

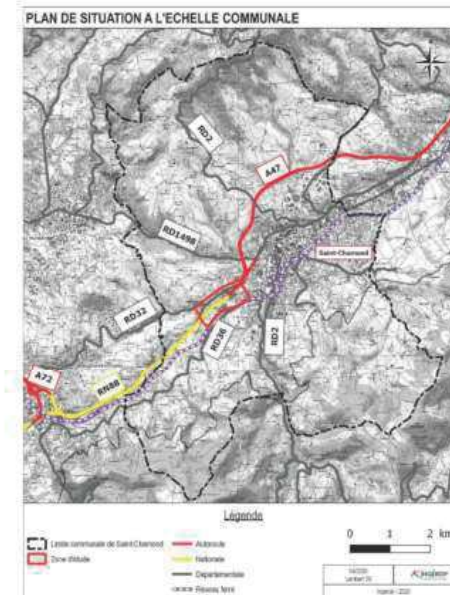


Figure 1 - Localisation du projet de complément d'échangeur de la Varizelle (source dossier).

Le projet a fait l'objet le 7 octobre 2016 d'une décision ministérielle relative à la phase d'études préalables à la déclaration d'utilité publique.

## 1.2 Présentation du projet

Le projet consiste à compléter l'échangeur en réalisant deux nouvelles bretelles (une sorte de la RN à 2x2 voies en venant de Lyon et une entrée sur la RN en direction de Lyon) pour disposer d'un point d'échange complet. Il comprend : la création des deux bretelles, un ouvrage d'art supérieur de franchissement de la RN, un nouveau giratoire au nord (un autre existe au sud) pour le raccordement des bretelles à la voirie locale, le recalibrage et les rétablissements sous chaussée des cours d'eau, deux bassins multifonctions de 550 et 338 m<sup>3</sup>, des cheminements pour les modes actifs et une aire de stationnement, ainsi que la démolition d'un bâtiment.

Le dossier indique un double objectif au projet :

- améliorer la desserte du territoire, et notamment des zones économiques en développement : halle des sports métropolitaine (4 000 places), reconversion et développement des zones de Novacières, de Métrotech et de la ZAC de la Varizelle ;
- améliorer le cadre de vie des riverains, en diminuant les trafics sur le réseau local et les nuisances qui y sont associées.

Le déroulement des travaux est prévu de 2022 à 2024.

Leur coût global est estimé à 17 millions d'euros<sup>2</sup>, dont près de 3 millions d'euros de « mesures »<sup>3</sup> en faveur de l'environnement.

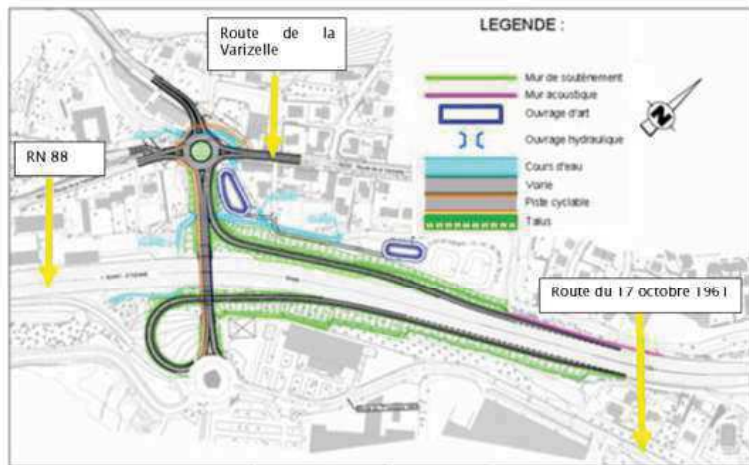


Figure 2 : Description du plan des travaux (Source : dossier).

<sup>2</sup> Le financement est prévu à l'actuel contrat de plan État-Région (CPER) : 8,5 millions d'euros par l'État, 6 millions d'euros par Saint-Etienne Métropole et 2,5 millions d'euros par le Département.

<sup>3</sup> Les mesures présentées dans le dossier à ce titre ne sont pas toutes des mesures environnementales (cf. suite de l'avis).

## 1.3 Procédures relatives au projet

L'opération présentée a été soumise à étude d'impact par une décision tacite de l'Ae après examen au cas par cas, conformément à l'article R. 122-3 du code de l'environnement. L'Ae est l'autorité environnementale compétente pour émettre l'avis du fait d'une maîtrise d'ouvrage assurée par un service de l'État (Dreal) dépendant du ministre en charge de l'environnement.

Un dossier d'enquête publique est présenté à l'Ae en vue de la déclaration d'utilité publique (DUP) du projet. Le dossier porte également sur la mise en compatibilité du plan local d'urbanisme (PLU) de Saint-Chamond et le classement des bretelles en route express<sup>4</sup>.

L'étude d'impact intègre une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 (articles L. 414-4 et R. 414-19 à 26 du code de l'environnement) situés dans l'environnement éloigné du projet. Le projet se situe à plus de 5 km du site Natura 2000 ZSC « Vallée de l'Ondrenon, contreforts Nord du Pilat » (FR8201762) à l'ouest. Selon le dossier, « ce site n'entretient pas de lien fonctionnel direct avec la zone d'étude immédiate » ; sa conclusion sur l'absence d'incidences significatives n'appelle pas d'observation de l'Ae.

Le maître d'ouvrage a fait le choix, sans en expliciter les raisons, de conduire les procédures réglementaires (déclaration d'utilité publique et autorisation environnementale) en deux temps. Dans le cadre de la demande d'autorisation environnementale ultérieure, qui motivera une nouvelle consultation du public, l'actualisation de l'étude d'impact apparaît nécessaire notamment pour les thématiques pointées dans l'avis, pour lesquelles le dossier actuel est peu précis. L'Ae souligne que la présentation du projet selon deux procédures successives alors que le périmètre à la possibilité de les regrouper n'est pas de nature à faciliter la bonne compréhension du dossier par le public.

## 1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux sont :

- la prévention des risques naturels d'inondation et miniers,
- la qualité de l'eau et des milieux aquatiques et les continuités écologiques,
- la protection des riverains vis-à-vis des nuisances sonores,
- la qualité de l'air et les émissions de gaz à effet de serre,
- l'amélioration de la sécurité des biens et des personnes.

## 2 Analyse de l'étude d'impact

L'étude d'impact est d'une lecture aisée et bien illustrée.

Elle définit deux périmètres d'études, l'un correspondant au secteur de travaux et l'autre à un cercle de dix kilomètres de diamètre.

<sup>4</sup> Conformément à l'article L. 131-2 du Code de la Voie Routière, le classement de deux nouvelles bretelles au statut de route express nécessite une enquête publique.

<sup>5</sup> Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), et ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

## 2.1 État initial, incidences et mesures prises pour les éviter, les réduire et les compenser

### 2.1.1 Éléments généraux et transversaux

L'étude d'impact a pris le parti de présenter, pour chacun des thèmes, les impacts bruts, puis dans le même sous-chapitre, les mesures ERC envisagées. Pour ce type de projet, de taille relativement modeste, cette approche pragmatique apparaît appropriée ; il convient toutefois de noter que pour certaines thématiques, l'analyse des impacts bruts est très succincte.

#### Synthèse de l'état initial

Le dossier effectue une synthèse des enjeux environnementaux avec une classification à quatre niveaux (faible, moyen, fort, très fort) pour une trentaine de thématiques. L'enjeu relatif à la qualité de l'air est considéré comme faible, un classement en enjeu moyen apparaîtrait plus approprié.

#### Démarche ERC

Le dossier présente de très nombreuses mesures d'évitement, de réduction et de compensation (et de suivi) qui peuvent témoigner d'une réelle volonté du maître d'ouvrage de limiter les incidences du projet.

Force est toutefois de constater que cette liste comporte de nombreuses inexactitudes. Plusieurs mesures proposées n'ont ainsi pas de dimension environnementale et un nombre significatif de mesures font l'objet d'une classification erronée. L'Ae a ainsi relevé au fil du document les points suivants<sup>2</sup>

- la mesure MR23c7 « gérer et coordonner la sécurité du chantier » ne constitue pas à proprement parler une mesure à caractère environnemental,
- les mesures ME12c « respecter les prescriptions géotechniques », ME3c « prise en compte des servitudes d'utilité publique » et MR12c « respecter les règles de construction parasismiques » ne sont pas des mesures environnementales mais des dispositions d'organisation qualité dans la conduite du chantier ou le simple respect de réglementations,
- la mesure MC7c « indemnisation des propriétaires expropriés » n'a pas de caractère environnemental,
- la mesure ME5c « prévention des pollutions accidentelles » traite en majeure partie de la gestion des pollutions et constitue donc une mesure de réduction et non d'évitement,
- la mesure ME13c « saisine archéologique voire diagnostic archéologique » est une disposition réglementaire, sans caractère environnemental,
- la mesure MC1c « suppression de la zone de déchets sauvages », par ailleurs pertinente, ne constitue pas une mesure de compensation des impacts du projet (le dépôt existe aujourd'hui) mais une mesure d'accompagnement.

Le parti pris de considérer la plupart des mesures constructives comme des mesures ERC paraît ainsi artificiel. C'est également le cas en matière de paysage pour lequel l'ensemble du parti d'aménagement est considéré comme une mesure de réduction d'impact.

<sup>2</sup> Cette liste n'est constituée que de quelques exemples et n'a donc pas vocation à l'exhaustivité.

<sup>3</sup> Classification : M pour mesure, E pour évitement, R pour réduction, C pour compensation ; pour la phase chantier et E pour la phase exploitation.

L'Ae recommande de reprendre le catalogue des mesures ERC, en ne conservant que les seules mesures ayant un caractère réellement environnemental.

### 2.1.2 Eau

Le projet s'inscrit dans le périmètre de la nappe d'eau souterraine « Formations variées du bassin houiller stéphanois, bassin versant du Rhône », qui n'est pas exploitée pour l'alimentation en eau potable du secteur. Elle est en bon état chimique et quantitatif en 2016, selon le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage).

Le projet intercepte deux cours d'eau : le Janon et le Ricolin, qui appartiennent à la masse d'eau « Le Janon de sa source au Gier » dont l'état écologique est moyen et l'état chimique bon selon le Sdage, l'objectif de bon état écologique étant fixé pour 2027. Selon le dossier, les eaux du Ricolin sont de mauvaise qualité en raison d'une installation de traitement des eaux déficientes. Le dossier précise qu'« une étude hydraulique sera réalisée ultérieurement dans le cadre du dossier d'autorisation environnementale, précisant les caractéristiques des deux cours d'eau ». L'Ae rappelle que le signalement d'une procédure ultérieure ne dispense pas d'une présentation dans la demande de déclaration d'utilité publique à un niveau de précision suffisant pour apprécier l'ensemble des effets du projet et des mesures à mettre en œuvre. Le Janon et ses affluents font partie des cours d'eau classés en liste 1<sup>3</sup> selon l'article L. 214-17 du Code de l'environnement. Sur le Janon, sont présents de très nombreux obstacles à la continuité.

L'étude d'impact présente les mesures, classiques, prises pour l'assainissement et la gestion des eaux pluviales avec, notamment la création de deux bassins de 550 et 338 m<sup>3</sup>, dimensionnés pour une pluie trentennale. L'Ae relève que le mode d'évacuation (infiltration, rejet aux cours d'eau...) n'est pas défini alors que ce questionnement devrait être présenté dans le dossier du fait de la possible présence d'argile.

### 2.1.3 Risques naturels

La commune de Saint-Chamond est située sur un territoire à risque important d'inondations (IRI). La zone d'étude est concernée par le plan de prévention des risques d'inondations du Gier et de ses affluents, approuvé le 8 novembre 2017.

Une partie significative du projet (17 800 m<sup>2</sup>) est située en zones rouge et bleu du plan de prévention des risques d'inondation du Gier et de ses affluents. Les constructions nécessaires à des services publics y sont autorisées, sous réserve de prendre en compte, dans leur conception, le risque d'inondation<sup>4</sup>. Le dossier indique que « le projet sera conçu de façon à ne pas dégrader la situation actuelle ». Or, aucune ébauche d'analyse n'est fournie à ce stade, alors que les infrastructures (bretelles, giratoires) peuvent avoir des incidences sur les écoulements et la ligne d'eau ; il en est de même pour les zones de compensation à la réalisation du remblai en zone inondable, dont la localisation ne semble pas non plus avoir fait l'objet d'études alors qu'elles constituent potentiellement un obstacle hydraulique.

<sup>3</sup> Le classement en liste 1 (1<sup>er</sup> du § 1 de l'article L. 214-17 du code de l'environnement) a pour vocation de protéger certains cours d'eau des dégradations (et notamment interdiction de tout nouvel obstacle à la continuité écologique) et permet d'afficher un objectif de préservation à long terme.

<sup>4</sup> Extrait du règlement du PPRI « Les infrastructures nouvelles et les équipements associés ne doivent pas rehausser les lignes d'eau ni modifier les périmètres des zones exposées au risque. Elles doivent être transparentes à l'écoulement des eaux et les éventuels remblais compensés en volume cote pour cote ».

**L'Ae recommande de démontrer, dès le stade de la demande de déclaration d'utilité publique, le respect des prescriptions du PPRi.**

Le secteur d'étude est concerné par le plan de prévention des risques miniers (PPRM) de la vallée du Gier, approuvé le 29 mars 2019. Plusieurs puits de mine sont présents dans le périmètre rapproché, correspondant à un zonage R3 où sont autorisés, sous conditions, « la réalisation et l'adaptation d'infrastructures linéaires ou non déclarées projet d'intérêt général (PIC) ou déclarées d'utilité publique (DUP), en démontrant que l'analyse d'autres alternatives n'a pas abouti ». Des prescriptions techniques particulières doivent être mises en œuvre, afin notamment de s'assurer de la stabilité d'ensemble de l'ouvrage (infrastructure) à la survenance d'un fontis<sup>9</sup> d'un diamètre maximum de 10 m. Le dossier précise que des études géotechniques ultérieures définiront plus précisément les incidences du projet, ce qui ne permet pas d'associer clairement la certitude de la faisabilité du projet proposé à déclaration d'utilité publique. Il n'est en conséquence pas possible à ce stade de considérer l'impact résiduel comme « très faible à nul », sans analyse.

Alors qu'une partie du projet est située en zone de risque faible de gonflement et de retrait des argiles, le dossier précise que « les polluants [des systèmes mis en place pour le traitement des eaux recueillies] sont retenus par engazonnement des noues et des fossés », bien qu'il ne soit pas démontré que l'infiltration des eaux y soit exempte de risque, notamment à proximité des habitations.

**L'Ae recommande de compléter dès le stade de la demande de déclaration d'utilité publique le dossier par une description des moyens mis en œuvre par le maître d'ouvrage permettant de garantir le respect des dispositions relatives aux risques miniers.**

## 2.1.4 Milieux naturels et continuités écologiques

Après une analyse bibliographique, le dossier dresse l'inventaire des milieux naturels et des corridors écologiques dans l'aire d'étude, sur la base notamment de cinq jours d'inventaire, effectués de mars à août 2019. La pression d'inventaire apparaît globalement proportionnée aux enjeux.

Aucun espace protégé ni aucun corridor mentionné au schéma régional de cohérence écologique n'est présent dans la zone de projet. Les impacts bruts sur les habitats naturels et espèces, et notamment les espèces patrimoniales, sont présentés sous forme de tableau. Les espèces exotiques envahissantes ont été correctement identifiées et font l'objet de mesures adaptées.

Le dossier propose la mise en place d'un ensemble de mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) : évitement des zones sensibles pour la base de travaux, adaptation de la période de coupe des boisements et de décapage des sols, végétalisation des talus, création d'un îlot de sénescence<sup>10</sup>, plantation de 150 mètres de haies, limitation de l'éclairage, réalisation de pêches de sauvegarde, opération de capture et déplacement de reptiles, d'amphibiens et de

mammifères par l'écologue dédié au chantier, mise en place de clôtures anti-amphibiens sur l'emprise du chantier, mise en place de grillages à bavolet<sup>11</sup> incitatif au passage des chiroptères, création et amélioration de passages mixtes hydrauliques et petite faune, création d'abris artificiels pour les reptiles et pour les chiroptères, renaturation des berges du Janon et du Ricolin favorable au Castor d'Europe, destruction et prévention du développement des espèces végétales exotiques envahissantes, qui rendent les impacts résiduels faibles ou nuls.

Le dossier propose en compensation l'effacement d'un seuil sur le Janon, légèrement en aval des ouvrages hydrauliques du projet. Cette disposition, certes intéressante, ne s'intègre pas dans une vision plus large de rétablissement des continuités écologiques du Janon, tant pour la faune aquatique que pour la faune terrestre. Les rapporteurs ont ainsi pu constater lors de leur visite que les deux ouvrages de franchissement de la bretelle de sortie actuelle et de la RN, de la responsabilité de l'Etat, constituaient déjà des obstacles partiels à ces continuités. Le dossier mentionne que le cours d'eau est référencé dans le contrat de rivière du Gier mais n'en tire pas partie pour la définition des actions, notamment en associant le syndicat gestionnaire du contrat de manière à inscrire le projet dans les actions prioritaires (article L. 214-17 du code de l'environnement).

L'Ae remarque par ailleurs que les aménagements intérieurs des ouvrages hydrauliques pour le passage de la petite faune ne sont réalisés que sur une rive, comme le montrent les photographes et les schémas du dossier, ce qui est contradictoire avec l'objectif d'éviter aux espèces de traverser les cours d'eau pour emprunter ces banquettes destinées à les éviter.

**L'Ae recommande de renforcer les mesures de rétablissement des continuités écologiques sur le Janon.**

Le dossier ne précise pas les secteurs envisagés pour l'installation de la base chantier. Des précisions sont à apporter en deux temps : dès le présent dossier avec des engagements sur les secteurs à éviter, notamment du fait d'enjeux liés au milieu naturel, puis dans le dossier de demande d'autorisation environnementale.

Deux zones humides ont été identifiées dans la zone d'étude (une zone humide naturelle associée au Janon et une zone humide au sud-ouest du giratoire sud, située sur le site du projet de halle des sports<sup>12</sup>). Le dossier mentionne qu'une zone humide a en partie été détruite par la réalisation d'un autre projet routier sans préciser laquelle ni son emplacement. Le dossier n'indique pas si des sondages pédologiques ont été réalisés dans le secteur nord où le projet affecte les cours d'eau du Janon et du Ricolin (cours d'eau recalibrés et couverts par des ouvrages). Une présentation plus fine des investigations effectuées dans ce secteur (selon les critères alternatifs de végétation ou de sol) est attendue, pour la demande d'autorisation environnementale, pour délimiter de manière exhaustive les zones humides et la mise en place de mesure d'évitement, de réduction et de compensation.

**L'Ae recommande de vérifier l'existence d'une zone humide dans le secteur nord où le projet affecte directement les cours d'eau à l'aide d'investigations sur la végétation et les sols en place, et de mettre en place les mesures d'évitement, de réduction et de compensation correspondantes.**

<sup>9</sup> Un fontis est un effondrement du sol visible en surface par une dépression, causée par la déliquescence souterraine progressive des terrains porteurs et l'aspiration des terrains de surface.

<sup>10</sup> En forêt, un « îlot de sénescence » est une zone volontairement abandonnée à une évolution spontanée de la nature jusqu'à l'effondrement complet des arbres (chablis) et reprise du cycle sylvo-génétique (source Wikipedia)

<sup>11</sup> Partie supérieure des grillages, inclinée vers l'arrière.

<sup>12</sup> Il a été précisé aux rapporteurs lors de leur visite que cette zone était évitée par ce projet.

### 2.1.5 Gestion des matériaux, sols pollués

Le projet sera déficitaire en matériaux, dans une fourchette comprise entre 20 000 m<sup>3</sup> et 50 000 m<sup>3</sup> suivant le taux de réutilisation des matériaux en remblai. Le dossier ne présente pas d'information relative à la provenance des matériaux et à la gestion des déblais impropres à leur réutilisation en remblai.

À partir des bases de données existantes, le dossier met en évidence la possible présence de sols pollués dans l'emprise du projet, qui seraient liés à un ancien dépôt d'hydrocarbures. Une mesure de réduction prévoit l'élimination de ces déchets, selon leur nature, dans une filière adaptée. Cependant le dossier n'indique pas, à ce stade, les modalités des tests de caractérisation des sols à réaliser.

**L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact avec des informations relatives à la provenance des matériaux et à la gestion des déblais aux caractéristiques insuffisantes pour leur réutilisation en remblais.**

### 2.1.6 Bruit

La route nationale 88 est classée en 1<sup>ère</sup> catégorie au sens de l'article L. 571-10 du code de l'environnement et de l'arrêté du 30 mai 1996<sup>14</sup>. Les mesures de bruit ont permis de classer le site du projet en ambiance sonore modérée, ce qui offre les meilleures garanties réglementaires aux riverains. Le calage du modèle acoustique, a été effectué sur quatre points seulement<sup>15</sup>. Au-delà des difficultés soulevées en matière de prévisions de trafic, le dossier fait état d'une répartition jour/nuit des circulations « habituelle sur ce type de secteur » (95 % / 5 % pour la RN 88 ; 90 % / 10 % sur les autres axes) sans que ceci ne soit conforté par des comptages routiers. L'hypothèse retenue dans le modèle acoustique est celle d'une vitesse de 110 km/h entre les échangeurs 16 et 17.

La méthode présentée dans l'étude d'impact consiste à effectuer successivement trois types de calculs : « la détermination de l'impact des nouvelles infrastructures seules sur les bâtiments existants », « la détermination de l'impact de la modification des voies sur les bâtiments existants » et « la comparaison des situations globales avec et sans projet ». Le dossier mentionne que cette comparaison n'a pas de critère réglementaire, « elle est donnée à titre informatif ». Le dossier conclut à l'absence d'obligations réglementaires en termes de protections acoustiques, tout en décidant ensuite de reconstituer le merlon acoustique situé au nord, en amont de la bretelle, en partie détruit par la réalisation de celle-ci.

Ce découpage d'un même projet, d'ampleur limitée et qui constitue de fait une modification de la RN 88, n'est pas approprié car il conduit à ne pas prendre en compte, pour l'interprétation de la réglementation, la globalité des impacts sonores subis par les riverains, alors même que, comme indiqué au 1.2, l'un des objectifs du projet est d'améliorer leur cadre de vie.

<sup>14</sup> Les infrastructures de transports terrestres sont classées en 5 catégories selon le niveau de bruit qu'elles génèrent : la catégorie 1 est la plus bruyante, avec des niveaux acoustiques diurnes et nocturnes supérieurs respectivement à 81 et 76 dB, et une largeur maximale des vertens affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure de 300 mètres.

<sup>15</sup> La note de l'Ae sur la prise en compte du bruit dans les projets d'infrastructures linéaires de transport du 8 juillet 2015 indique : « On s'assurera notamment que les conditions des mesures utilisées pour le calage du modèle sont représentatives de la situation modélisée, et que ces observations sont suffisamment nombreuses pour que le modèle après calage soit crédible sur l'ensemble de la zone étudiée ».

Le code de l'environnement prévoit la mise en place de protection lorsqu'une infrastructure de transport subit une modification significative, l'article R. 571-45 indiquant : « Est considérée comme significative [...] la modification ou la transformation d'une infrastructure existante, [...] telle que la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes représentatives de la gêne des riverains mentionnées à l'article R. 571-47, serait supérieure de plus de 2 dB(A) à la contribution sonore à terme de l'infrastructure avant cette modification ou cette transformation ».

Le tableau de l'étude d'impact fait état, avant (re)création d'un remblai, d'un écart maximal de 2 dB(A) sur un récepteur (R08) mais de nombreux récepteurs au droit du remblai ne sont pas pris en compte. Au vu de ces éléments, il apparaît à l'Ae que le projet doit être considéré comme une modification significative au sens des articles L. 571-9 et L. 571-45 du code de l'environnement.

Le maître d'ouvrage compare la situation future avec projet et la situation future sans projet dont l'écart est ensuite confronté au seuil de 2 dB(A). Si cet écart est inférieur à 2 dB(A) pour un récepteur, le maître d'ouvrage se considère exonéré de toute responsabilité en matière de bruit, quand bien même les niveaux acoustiques avec projet dépasseraient le seuil de gêne usuel de 60 dB(A) de jour retenu pour une infrastructure neuve. Or, comme l'Ae l'a expliqué dès 2015 dans sa note sur le bruit, cette interprétation du maître d'ouvrage, la moins favorable aux riverains, « pourrait entraîner un risque juridique, faute d'assurance que la référence à un état futur sans projet, lequel est largement fictif, constituerait un raisonnement juridiquement acceptable ». La comparaison de la situation future avec projet à la situation actuelle (sans projet) est à privilégier<sup>16</sup> car « elle correspond à la manière dont les riverains vivront le projet » et correspond à l'objectif affiché pour le projet.

La refonte de l'étude existante permettrait de prendre en compte les prévisions de trafic remaniées (cf. chapitre 2.5) et d'optimiser les protections à la source (merlon, voire réduction de vitesse à 90 km/h, choix de l'enrobé...) qui sont à privilégier.

L'Ae rappelle enfin que le maître d'ouvrage a une obligation de résultat à court et long terme concernant le bruit en application des articles R. 571-43 et suivants du code de l'environnement, et que son traitement à la source doit être privilégié (article R. 571-48 du même code).

**L'Ae recommande d'indiquer le niveau de précision du modèle acoustique utilisé. Elle recommande également de revoir l'analyse des impacts sonores du projet entendu comme une modification d'ensemble de la RN 88, en visant une amélioration de la situation actuelle en pleine cohérence avec l'objectif affiché d'amélioration du cadre de vie des riverains.**

### 2.1.7 Qualité de l'air

L'agglomération stéphanoise fait l'objet d'un plan de protection de l'atmosphère approuvé en février 2014, qui prévoit notamment de « réduire les émissions de PM<sub>10</sub><sup>17</sup> et de NO<sub>2</sub> dues à la circulation routière au droit de l'axe autoroutier A 47 ». La fiche action correspondante montre que la RN 88, en tant que prolongement de l'A 47, est également concernée par la mesure visant notamment à la « fluidification du trafic : Réduction de la vitesse autorisée sur l'axe A 47-RN 88 entre Givors et Saint-Étienne (limitation à 90 km/h) sur une partie de l'itinéraire ». L'analyse est sommaire, le

<sup>16</sup> Comme l'a souligné l'Ae dans sa note sur le bruit, il convient de noter que l'arrêté bruit du 5 mai 1995 est d'une rédaction différente de celle de l'article R. 571-47, indiquant : « si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux valeurs prévues à l'article 2 du présent arrêté, elle ne pourra dépasser ces valeurs après travaux » avec une valeur plafond de 60 dB(A) dans le cas d'une ambiance sonore modérée.

<sup>17</sup> Les PM10 sont des particules de taille inférieures à dix micromètres.

dossier se contentant de déclarer « dans le département de la Loire, la qualité de l'air est globalement bonne [...] » et de présenter des cartes, sans échelle, montrant que la pollution se concentre sur une bande étroite le long de la RN 88.

Le dossier indique qu'une étude air et santé de niveau III a été réalisée conformément à la note technique du 27 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impacts des infrastructures routières. Mais il ne présente pas les résultats de cette étude.

Le dossier compare la situation de projet en 2043 avec la situation sans projet au même horizon et avec la situation actuelle (2018). Il présente une forte diminution globale des émissions de polluants et une contribution légèrement positive du projet (baisse de 1 à 7% en fonction des types de polluants par rapport à la situation sans projet). L'étude d'impact ne fournit pas les résultats à la mise en service (2023) \* alors que ceux-ci devraient présenter des teneurs plus importantes en polluants que vingt ans plus tard, eu égard à l'amélioration attendue du parc, plus rapide que la croissance des trafics. Le dossier ne précise pas (y compris au chapitre relatif aux méthodes) les hypothèses prises en matière de motorisation (utilisation ou non de la version V du logiciel COPRI).

**L'Ae recommande de compléter le volet qualité de l'air en présentant les résultats correspondant à l'année de mise en service (2023), en explicitant les méthodes et en intégrant les résultats détaillés de l'étude « air et santé ».**

#### 2.1.8 Émissions de gaz à effet de serre

Le projet ne comporte pas de chapitre relatif aux émissions de gaz à effet de serre (GES) et n'effectue aucun calcul pour la phase chantier, l'analyse pour la phase d'exploitation étant extrêmement sommaire (un chiffre journalier faisant état d'un niveau d'émissions légèrement plus faible en projet par rapport à la situation de référence), sans explicitation des hypothèses. Pour la phase chantier, il conviendrait notamment de prendre en compte les émissions liées aux matériaux (production, transport...).

**L'Ae recommande de conduire, pour le dossier d'autorisation environnementale, une analyse approfondie des émissions de gaz à effet de serre en phase chantier, assortie de mesures d'évitement, de réduction et de compensation, ainsi qu'un bilan pour la phase exploitation.**

#### 2.1.9 Paysage

Le dossier explicite « l'insertion paysagère » du projet : plantations d'agrément, reverdissement des délaissés routiers, aménagement paysager (avec plantations) du remblai supportant la voie de sortie, plantations d'arbres et d'arbustes afin de créer un écran visuel, plantation/reconstitution de haies... En particulier, le maître d'ouvrage a pris le parti d'un aménagement paysager jouant le rôle de filtre visuel depuis le quartier de la Varizelle afin de masquer les voiries et la zone d'activités située au sud. Les rives du Ricolin et du Janon seront reprises pour créer « une ripisylve d'accompagnement ».

\* C'est une des évolutions justement apportées par la note technique du 27 février 2019 par rapport à la circulaire à laquelle elle s'est substituée.

## 2.2 Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu

Le dossier présente trois variantes : la variante A consistant à réaliser un barreau de franchissement de la RN 88 sans nouvelles bretelles d'accès, la variante B proche de celle *in fine* retenue et la variante C avec un décalage vers l'ouest de la bretelle nord (en provenance de Lyon).

Le maître d'ouvrage avait fait état de sa préférence pour la variante B, la variante A ne répondant pas à l'objectif et la variante C étant plus onéreuse et techniquement plus complexe. L'un des cinq critères d'analyse traitait des enjeux environnementaux liés à l'eau, la faune et la flore, et un autre critère concernait l'amélioration du cadre de vie. À la suite de la concertation menée au printemps 2019, en référence à l'article L. 103-2 du Code de l'urbanisme, la variante B a été optimisée fonctionnellement mais aussi en matière de consommation d'espace (diminution du diamètre du giratoire nord).

### 2.3 Effets cumulés

L'analyse des impacts cumulés avec le projet connexe de halle des sports<sup>19</sup> est sommaire, le dossier arguant de l'absence de plan du projet. À noter d'ailleurs qu'une dérogation relative aux espèces protégées au titre de l'article L. 411-1 du code de l'environnement a été récemment obtenue par le maître d'ouvrage de la halle des sports (Saint-Étienne Métropole), dont le projet devait être mis en service en 2022.

Cette analyse est d'autant plus importante que les deux projets sont contigus et que le dossier souligne que « la friche [accueillant la halle des sports] située au sud-ouest présente un enjeu fort pour sa qualité de zone refuge / chasse pour de nombreux groupes (oiseaux, reptiles, chiroptères, mammifères) ».

**L'Ae recommande de compléter le dossier par une analyse approfondie des impacts cumulés avec le projet connexe de halle des sports.**

Plus généralement, le dossier ne fait pas suffisamment état des synergies possibles des deux projets notamment en matière de mobilité : modes actifs (avec la continuité de l'itinéraire cyclable au-delà du rond-point sud), parking de covotage envisagé par le projet de halle des sports, desserte en transports collectifs.

## 2.4 Mise en compatibilité du plan local d'urbanisme de Saint-Chamond

Le PLU de Saint-Chamond doit être mis en compatibilité avec le projet afin :

- d'ajuster le périmètre de l'emplacement réservé (ER) n°8 avec une superficie passant de 3,3 à 4,8 hectares et de changer l'attributaire de l'ER (Dreal en lieu et place de la Métropole)
- de modifier les emplacements et linéaires de haies à protéger, identifiées au titre de l'article 130-1 du code de l'urbanisme (et non de l'article L. 151-23 comme indiqué dans le dossier).

Le projet est en effet incompatible avec le PLU actuel de la commune du fait de la présence de haies identifiées au titre de l'article L151-23 du code de l'urbanisme.

<sup>19</sup> La halle des sports a une jauge de 4 000 places permettant à cette salle métropolitaine d'accueillir des matches de basket de haut niveau.

**PLAN DE ZONAGE MIS EN COMPATIBILITE**

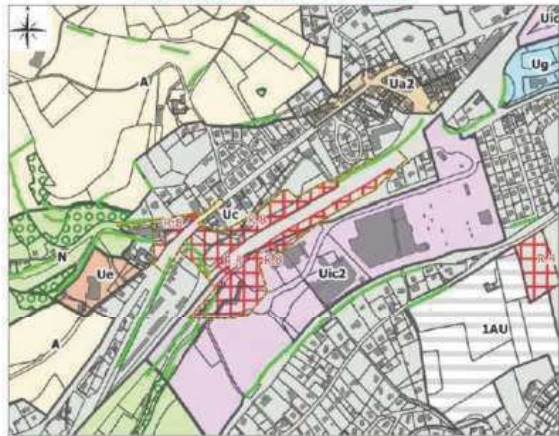


Figure 3 : Mise en compatibilité du PLU, au centre et en croisillons rouges l'emplacement réservé R8 et en traits verts le nouveau réseau de haies protégées

L'étude d'impact comprend un chapitre dédié à la mise en compatibilité du PLU avec notamment une analyse de compatibilité avec les principaux plans et programmes s'appliquant au territoire.

L'affirmation de la compatibilité du projet et de la modification du PLU avec le PPRi, sans étude hydraulique, n'est pas étayée par un argumentaire précis. Il en est de même pour ce qui est des risques miniers.

**L'Ae recommande de compléter le dossier afin de démontrer la compatibilité de la modification du PLU avec les plans de prévention des risques minier et d'inondation.**

Les prescriptions du PLU concernant les haies sont décrites, notamment en matière d'épaisseur (plusieurs strates herbacée, arbustive et arborescente). Le maître d'ouvrage s'engage à les respecter.

**2.5 Spécificités des dossiers d'infrastructures de transport**

L'article R. 122-5 du code de l'environnement fait état de compléments spécifiques pour les infrastructures de transport, et notamment des analyses des conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation, des coûts collectifs des pollutions et nuisances, et une description des hypothèses de trafic.

**2.5.1 Trafics et vitesses de circulation**

Le dossier présente, pour chacune des infrastructures, les trafics de 2018 et 2043 (avec et sans projet).

Le chapitre prend comme hypothèse un taux de croissance de 0,6 % pour le « trafic de fond » auquel s'ajoute le trafic généré par les centres commerciaux, si bien que le lecteur ne peut pas réellement comprendre quel accroissement global a été retenu. Un calcul effectué par les rapporteurs aboutit à des taux de croissance annuels très conséquents en situation de référence (sans projet) entre 2018 et 2043 : 1,65 % pour la route de la Varizelle en cas de non réalisation du projet, et supérieur à 2,5 % pour la rue du 17 octobre 1961. Ces taux, qui paraissent élevés au regard de la capacité d'accueil limitée des zones d'activité et de la stagnation démographique du territoire, permettent toutefois de majorer certains impacts découlant du trafic.

Les prévisions en situation de projet n'apparaissent pas cohérentes entre elles. S'agissant d'un report de trafic, l'augmentation de trafic sur la RN 88 (12 600 véhicules/jour) est bien inférieure aux diminutions constatées sur le réseau viarie local (3 200 véhicules/jour pour la route de la Varizelle et 4 700 véhicules/jour pour la rue du 17 octobre 1961). Des éléments complémentaires transmis aux rapporteurs par le maître d'ouvrage font apparaître une situation différente (en contradiction avec la cartographie présentée dans le dossier<sup>20</sup>) avec une augmentation significative en heures de pointe pour la rue du 17 octobre 1961 et non une diminution.

Cette question des prévisions de trafics est évidemment très importante au regard des impacts environnementaux du projet, notamment en matière de nuisances sonores<sup>21</sup>, la modélisation acoustique étant fondée sur ces prévisions tant dans la situation de référence qu'en situation de projet.

Globalement, les gains de temps de parcours sont limités, de l'ordre d'une minute, à l'exception de l'accès au centre commercial depuis Lyon.

La vitesse de circulation sur la RN 88 qui sera autorisée après la mise en service du projet est évoquée à plusieurs reprises dans le dossier sans qu'il soit possible de connaître l'objectif poursuivi en la matière, la zone de projet étant très proche du point de transition de vitesse entre 90 et 110 km/h. La vitesse de 90 km/h aurait des effets positifs en termes de la sécurité routière, eu égard à la distance limitée entre les deux échangeurs, mais aussi en termes de réduction du bruit et d'émissions de polluants et de gaz à effet de serre.

**L'Ae recommande de reprendre le chapitre relatif aux prévisions de trafics en explicitant de manière détaillée les hypothèses et les résultats, en moyenne journalière et en heures de pointe et d'en tirer les conséquences sur les incidences du projet, notamment en matière de bruit. L'Ae recommande également de clarifier les hypothèses de vitesses de circulation en situations de référence et de projet, et de quantifier les bénéfices environnementaux d'un abaissement local de la vitesse à 90 km/h.**

**2.5.2 Autres dispositions relatives aux infrastructures de transport**

Le dossier indique « le projet n'est pas de nature à générer un effet significatif sur le développement de l'urbanisation », cette conclusion paraît discutable, l'une des motivations principales du projet étant précisément de faciliter l'accès aux zones d'activité en développement (Novacières, Métrotech), ainsi qu'à la halle des sports dont l'accessibilité est largement renforcée avec la création des bretelles.

<sup>20</sup> Le dossier, fondé sur les premières prévisions de trafic, conclut à une diminution de la congestion.

<sup>21</sup> C'est également vrai pour la qualité de l'air et les émissions de gaz à effet de serre.



L'étude d'impact met en avant la notion de bien-être : « *bien que difficilement monétarisable, il est possible d'affirmer que, corollairement aux évolutions de trafic et à l'habitat, le projet présente globalement un gain important de bien-être pour la collectivité, avec une forte augmentation du bien-être au droit de la Varizelle* », affirmation qui ne repose sur aucun fondement.

## **2.6 Résumé non technique**

Le résumé non technique, présenté en début d'étude d'impact, traite de l'ensemble des thématiques environnementales à l'exception de la démarche ERC, le document se contentant de lister les différentes mesures sans les hiérarchiser, ni les positionner au regard des impacts bruts identifiés et sans expliciter les impacts résiduels.

*L'Ae recommande de présenter le résumé non technique sous forme d'un document séparé et d'y revoir le traitement de la démarche « éviter-réduire-compenser » et les mesures associées, suivant le principe de proportionnalité : elle recommande également de prendre en compte, dans le résumé non technique, les conséquences des recommandations du présent avis.*

# **DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT AUVERGNE – RHONE- ALPES**

## **RN88 – Complément du demi-échangeur de la Varizelle à Saint-Chamond**

DOSSIER D'ENQUETE PREALABLE :

- A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE DES TRAVAUX DE COMPLEMENT DU DEMI ECHANGEUR DE LA VARIZELLE
- A LA MISE EN COMPATIBILITE DU PLU DE SAINT-CHAMOND
- AU CLASSEMENT DES VOIES DANS LA CATEGORIE ROUTE EXPRESS

MEMOIRE EN REPONSE A L'AVIS DE L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE

Décembre 2020



Sont reprises ci-après, les recommandations formulées par l'Autorité Environnementale, suivies par les éléments de réponse. Si ces éléments ont entraîné une modification du dossier de DUP, leur positionnement dans le dossier est précisé (paragraphe et page).

## 1. ETAT INITIAL, INCIDENCES ET MESURES PRISES POUR LES EVITER, LES REDUIRE ET LES COMPENSER

### 1.1 ELEMENTS GENERAUX ET TRANSVERSAUX (PAGE 7/17)

#### Synthèse de l'état initial

L'enjeu relatif à la qualité de l'air est considéré comme faible, un classement en enjeu moyen apparaîtrait plus approprié.

L'enjeu de la qualité de l'air a été modifié dans la synthèse de l'état initial, pièce E02, chapitre 12. Synthèse des enjeux environnementaux (page 103) et celle du résumé non technique, pièce E00, chapitre 3.2 Synthèse des enjeux environnementaux (page 18). L'enjeu relatif à la qualité de l'air est passé de faible à moyen.

#### Démarche ERC

L'Ae recommande de reprendre le catalogue des mesures ERC, en ne conservant que les seules mesures ayant un caractère réellement environnemental.

Le tableau des mesures est repris afin d'identifier clairement les mesures environnementales et celles liées à l'aspect technique et de construction.

La mesure de suppression de la zone de déchets est modifiée en mesure d'accompagnement.

Ce point est modifié dans la synthèse des mesures, pièce E03, chapitre 11 Tableau de synthèse des mesures et coûts associés (page 173) et dans le résumé non technique, pièce E00, chapitre 4.3 Tableau de synthèse des mesures et coûts associés (page 24).

### 1.2 EAU (PAGE 8/17)

L'Ae relève que le mode d'évacuation (infiltration, rejet aux cours d'eau ...) n'est pas défini alors que ce questionnement devrait être présenté dans le dossier du fait de la possible présence d'argile.

Dans la pièce E01, présentation du projet, il est mentionné le mode d'évacuation des eaux.

- un bassin récupérant les eaux du barreau, du giratoire existant et du giratoire créé avec un rejet après traitement dans le Ricolin (l'exploitant sera celui du barreau et du giratoire non défini actuellement),
- un bassin récupérant les eaux de la bretelle de sortie de la RN88 avec un rejet après traitement dans le Janon. Ce bassin sera exploité par la DIR Centre Est.

Ce point est toutefois ajouté dans la partie analyse des impacts, pièce E03, chapitre 3.2.1 Ecoulements souterrains et superficiels (page 128).

### 1.3 RISQUES NATURELS (PAGE 8/17)

L'Ae recommande de démontrer, dès le stade de la demande de déclaration d'utilité publique, le respect des prescriptions du PPRi.

Le projet se situe en zone inondable au Plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation (PPRNPI) de la rivière le Gier. Il implique des remblais en zone inondable qui selon le règlement de ce plan, sont autorisés sous réserve de ne pas rehausser la ligne d'eau ni modifier les périmètres de zones exposées à l'inondation. Les remblais doivent être compensés. L'Ae se questionne sur les mesures mises en œuvre pour répondre à cet objectif.

Il est ainsi rappelé que le projet retenu est celui du moindre impact sur la zone inondable et qu'il est prévu de compenser le volume remblayé, volume par volume dans le même bassin versant afin de ne pas aggraver à l'aval le risque inondation, conformément aux dispositions du PPRNPI du Gier. La recherche de la mesure compensatoire se fera lors des études techniques menées ultérieurement et sera décrite dans le dossier d'autorisation environnementale justifié par une modélisation hydraulique.

Enfin, le dimensionnement des nouveaux ouvrages hydrauliques sur le Janon et le Ricolin ont pris en compte le critère de transparence hydraulique et de respect des zones d'inondation. L'étude hydraulique qui sera réalisée dans le cadre des études ultérieures, permettra de dimensionner l'ensemble du réseau hydrographique local avec les modifications liées au projet (remblais, zone de compensation, nouveau ouvrage hydraulique, arasement du seuil) pour s'assurer de l'absence d'impact sur la zone inondable. Et, les mesures seront ajustées, si nécessaire, pour assurer la transparence hydraulique du projet vis-à-vis des crues et afin de respecter les prescriptions du PPRi.

Ce chapitre est détaillé en pièce E03, analyse des impacts, chapitre 4.1 Respect du plan de prévention du risque inondation (page 131).

L'Ae recommande de compléter dès le stade de la demande de déclaration d'utilité publique le dossier par une description des moyens mis en œuvre par le maître d'ouvrage permettant de garantir le respect des dispositions relatives aux risques miniers.

Le risque minier a été établi à partir d'une étude historique définissant des zones avérées et des potentielles d'anciennes activités minières. Au droit de la zone d'étude, trois puits sont identifiés mais aucune précision n'existe à ce stade sur leur présence avérée, leur localisation, leur éventuel comblement.

Ainsi, il est prévu de réaliser une campagne de sondages géotechniques, dans le cadre des études de conception détaillées afin de caractériser ce secteur, et de définir les techniques à mettre en œuvre pour assurer la sécurité des nouveaux ouvrages à créer.

Le règlement du PPRM autorise les infrastructures sous réserve d'avoir fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique (article 1.3.1.2 du règlement du PPRM).

Le Maître d'ouvrage s'engage à respecter les prescriptions particulières et les objectifs de performances énoncés dans le règlement du PPRM (article 1.3.4).

Dans le cadre du chiffrage des travaux, un aléa a été estimé afin de prendre en compte les surcoûts pouvant être générés par les techniques à mettre en œuvre au droit de cet aléa minier.

La faisabilité du projet n'est donc pas remise en cause et le maître d'ouvrage s'engage à réaliser les études prescrites dans le plan de prévention des risques miniers pour intégrer les résultats au dossier d'autorisation environnementale.

De plus, dans le cadre des études d'opportunités, différents scénarios ont été étudiés.

Pour répondre aux enjeux de mobilité recherchés, les différents scénarios reposent sur une implantation assez localisée.

La solution retenue est celle qui a une emprise au sol la plus restreinte possible afin de limiter les différents impacts environnementaux et les impacts sur les riverains.

Dans la comparaison et le choix des scénarios, la problématique du risque minier a également été prise en compte. Dans l'absence des éléments géotechniques et d'une implantation plus précise des ouvrages liés à ce risque, le fait d'avoir une emprise la plus resserrée possible limite d'autant ce risque.

Ce chapitre est intégré au pièce E03, analyse des impacts, chapitre 4.5 Intégration du risque minier (page 132).

#### 1.4 MILIEUX NATURELS ET CONTINUITES ECOLOGIQUES (PAGE 9/17)

*L'Ae recommande de renforcer les mesures de rétablissement des continuités écologiques sur la Janon.*

Des nouveaux aménagements seront étudiés dans le cadre du dossier d'autorisation environnementale afin de renforcer les mesures en faveur de la continuité écologique au droit du Janon. En effet, il sera étudié la possibilité de remplacer l'ouvrage existant sous la bretelle de sortie pour permettre la mise en place d'une banquette et la suppression du seuil existant.

En effet l'ouvrage existant n'est pas accessible par la faune et un seuil existe entre le fond du lit et le fond de l'ouvrage faisant obstacle au passage de la faune piscicole. Il est ainsi proposé de remplacer la buse existante par un cadre avec mise en place d'une banquette et de positionner le fond du radier du nouvel ouvrage au même niveau que le fond du lit et de rétablir un lit dans l'ouvrage (mise en place de sédiments).

Cette modification est toutefois susceptible d'engendrer des modifications hydrauliques. Le dimensionnement de l'ouvrage sera établi en prenant en compte le fonctionnement hydraulique du cours d'eau et ses répercussions sur la zone inondable. Sa faisabilité dépendra des résultats des modélisations hydrauliques. L'objectif étant de ne pas modifier la zone d'inondation à l'aval.

De plus, en complément des mesures, afin d'assurer une continuité écologique de part et d'autre de la RN88 et du nouveau barreau. Il est proposé d'aménager un cheminement en pierres au droit de l'entrée de l'ouvrage sous le barreau et d'aménager la pente. Ainsi ce cheminement permettra aux espèces utilisant la banquette sous la RN88 de rejoindre les parcelles à l'ouest du barreau ou de traverser ce dernier.

Ce chapitre est intégré au pièce E03, analyse des impacts, chapitre 5.4 Corridors écologiques (page 142-144).

*L'Ae demande que soit précisés les secteurs à éviter pour l'implantation des bases vie.*

Le stockage des engins et les bases vies seront implantés en dehors de la zone inondable, afin de limiter le risque pour le personnel et les dégâts matériels.

La mesure ME1c délimite les secteurs à éviter pour le stockage des matériaux mais également pour les bases vie au vu des enjeux biodiversité.

Dans la mesure du possible, les bases vie seront implantées sur des zones déjà imperméabilisées.

Ce point est précisé dans la pièce E03, Analyse des impacts, chapitre 2.1 Emprises des travaux (page 120).

*L'Ae recommande de vérifier l'existence d'une zone humide dans le secteur nord où le projet affecte directement les cours d'eau à l'aide d'investigations sur la végétation et les sols en place, et de mettre en place les mesures d'évitement, de réduction et de compensation correspondantes.*

Il a été précisé que des sondages pédologiques seraient établies ultérieurement en pièce E03, chapitre 3.3 Préservation des zones humides (page 129). Les résultats seront intégrés au dossier d'autorisation environnementale.

#### 1.5 GESTION DES MATERIAUX, SOLS POLLUES (PAGE 11/17)

*L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact avec des informations relatives à la provenance des matériaux et à la gestion des déblais aux caractéristiques insuffisantes pour leur réutilisation en remblais.*

Des études géotechniques seront menées dans les phases ultérieures permettant de caractériser la nature des remblais et le taux de réutilisation de ces derniers. Il sera recherché une réutilisation au maximum sur site.

A ce stade la provenance des matériaux d'apport n'est pas connue. Afin de favoriser un apport local, le maître d'ouvrage propose de définir un critère environnemental pour retenir l'entreprise en charge des travaux. Dans le règlement de consultation des entreprises, des points seront accordés aux entreprises utilisant des matériaux locaux et proposant un réemploi des déblais impropres à leur utilisation sur le chantier.

Ce point est ajouté dans la pièce E03, chapitre 2.5 Gestion des matériaux (page 122).

#### 1.6 BRUIT (PAGE 11/17)

*L'Ae recommande d'indiquer le niveau de précision du modèle acoustique utilisé. Elle recommande également de revoir l'analyse des impacts sonores du projet entendu comme une modification d'ensemble de la RN 88, en visant une amélioration de la situation actuelle en pleine cohérence avec l'objectif affiché d'amélioration du cadre de vie des riverains.*

La pièce E03, Impacts et mesures, chapitre 7.1 Prévention des nuisances sonores (pages 151 -161) a été reprise afin d'explicitier plus clairement la réglementation, le projet et sa configuration avec les murs et bretelles. Cette explication est accompagnée d'une illustration montrant que la nouvelle bretelle a une altitude supérieure au merlon existant.

De plus, les modélisations ont été reprises en prenant une vitesse de 90 km/h sur RN88 en phase projet afin de recalculer l'impact pour les riverains. Un tableau d'analyse des niveaux sonores permettant la comparaison entre la situation 2043 future et la situation à l'horizon 2023 sans projet a été inséré afin d'identifier les gains et pertes pour les riverains.

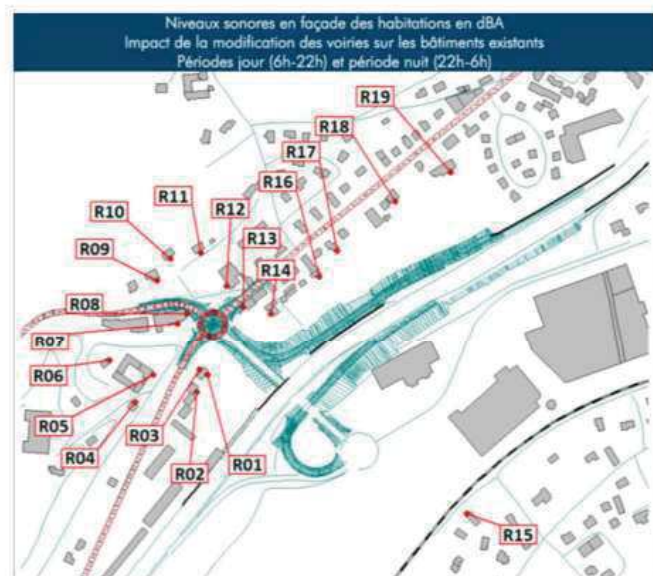
Les résultats de l'étude acoustique sont les suivants :

Le projet respecte la réglementation, que ce soit l'analyse de la contribution sonore des nouvelles infrastructures ou la modification des infrastructures existantes. Les seuils réglementaires ne sont pas dépassés.

De manière globale, le projet a un impact positif sur les nuisances sonores, en réduisant leurs niveaux pour la majorité des riverains. Ces comparaisons permettent d'analyser la situation avec et sans projet à deux horizons 2023 et 2043. Ainsi les niveaux de bruit vont diminuer pour pratiquement l'ensemble des récepteurs de façon plus ou moins importante en fonction de leur localisation. L'abaissement de la vitesse de 110km/h à 90 km/h sur la RN88 entre les deux échangeurs aura une incidence sur l'ensemble des récepteurs mais de façon plus importante pour les façades exposées directement à la RN88 et au vu de leur éloignement. De plus, la prolongation du merlon entre l'écran actuel et la future bretelle, a pour effet de réduire les niveaux de bruit surtout pour les récepteurs R16 à R19. Enfin, la nouvelle bretelle de sortie aura une hauteur plus importante que le merlon existant, entraînant une diminution des niveaux de bruit pour les riverains, surtout pour les récepteurs R09 à R19 excepté R15. Ces derniers bénéficieront également d'une diminution du trafic sur la route de la Varizelle.

Seul le bâtiment R08 voit son niveau augmenter, expliqué par la proximité du nouveau carrefour giratoire et de la route de Saint-Jean-Bonnefonds. Toutefois, ce bâtiment correspond au garage qui sera déconstruit, seule l'habitation située à l'opposé de la façade R08 sera conservée.

Dans le cadre du dossier d'autorisation environnementale, l'étude acoustique sera reprise et une nouvelle modélisation sera effectuée afin de prendre en compte le tracé définitif (stade d'études de conception détaillée) et la suppression du garage sera prise en compte (partie du bâtiment aux façades R08 et R07) pour estimer le niveau de bruit de l'habitation R08/R07 conservée permettant de mieux estimer les niveaux sonores attendus.



Les précisions sur le modèle acoustique ont été intégrées dans la pièce E07 Méthodes, chapitre 3.2.5 Etude acoustique (page 220).

### 1.7 AIR (PAGE 12/17)

*L'Ae recommande de compléter le volet qualité de l'air en présentant les résultats correspondant à l'année de mise en service (2023), en explicitant les méthodes et en intégrant les résultats détaillés de l'étude air et santé.*

L'étude air a été complétée pour prendre en compte les émissions à l'horizon 2023 (date de mise en service du complément de l'échangeur de la Varizelle). Ces éléments sont intégrés dans la pièce E03. Analyse des impacts du projet, chapitre 7.2.2 Préservation de la qualité de l'air après la mise en service (pages 162 et 163).

Concernant l'étude air et santé, elle a été réalisée conformément au guide, les différents éléments sont situés :

- Un rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé est présenté dans l'état initial, pièce E02, chapitre 8. Cadre de vie (page 93). Il est également présenté les documents de planification relatifs à la qualité de l'air, les données des émissions atmosphériques disponibles pour Saint-Chamond (page 92).
- Une estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude (pièce E03 Analyse des impacts du projet, chapitre 7.2. Lutte contre les émissions polluantes (page 162 et suivantes). L'estimation des émissions en 2023 avec et sans projet a été ajoutée. L'analyse des impacts comprend les estimations de polluants en 2018, en 2043 avec et sans projet.

L'évolution entre la configuration avec et sans projet en 2023 et 2043 est liée à la mise en service du complément du demi-échangeur et d'une modification des répartitions des trafics sur les différentes voies.

L'impact du projet en 2023 et en 2043 est similaire en termes de pourcentage par contre les valeurs sont supérieures en 2023 par rapport à 2043.

Les estimations ne prennent pas en compte le temps de congestion du trafic dans les différentes configurations, qui impliquerait des valeurs d'émissions plus importantes dans la configuration actuelle. Au vu des analyses, le projet permet une réduction des émissions de polluants atmosphériques.

Le projet aura un impact positif en limitant le trajet effectué et surtout les émissions atmosphériques émises au sein des zones urbaines.

La méthode a été précisée dans la pièce E07. Méthodes chapitre 3.2.7 Etude air et santé (page 222). Le logiciel utilisé pour les calculs d'estimations des concentrations de polluants est le logiciel TREFIC (version 5.1.2) utilisant la méthodologie COPERT V.

### 1.8 EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE (PAGE 13/17)

*L'Ae recommande de conduire, pour le dossier d'autorisation environnementale, une analyse approfondie des émissions de gaz à effet de serre en phase chantier, assortie de mesures d'évitement, de réduction et de compensation, ainsi qu'un bilan pour la phase exploitation.*

Toutefois, une première approche a été réalisée et intégrée au dossier de DUP. Cette estimation a été établie sur la base du guide du CEREMA de mai 2020 « Recommandations pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des projets routiers » pour la réalisation de ce projet (phase travaux, trafic et exploitation).

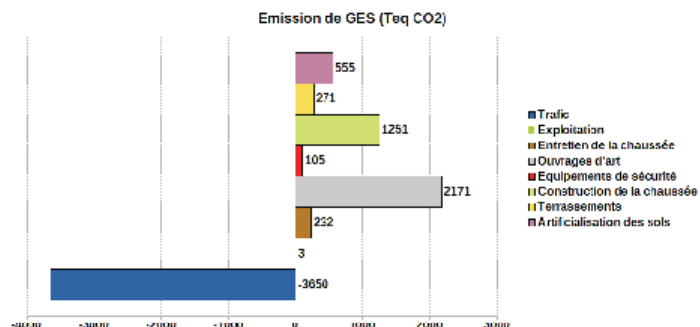
Cette évaluation comprend :

- Les émissions liées à la construction comprenant les terrassements, l'artificialisation des sols, la construction de la chaussée, des ouvrages d'art et la mise en place des équipements. L'estimation est de 2076 Teq CO2.
- Les émissions de la phase après la mise en service de l'infrastructure comprenant les postes suivants : l'entretien des chaussées, des ouvrages d'art, le trafic, l'entretien des équipements et l'exploitation et le changement d'affectation des sols. L'estimation pour la phase d'exploitation établie sur 50 ans est un gain de -1139 Teq CO2.

Cette estimation est établie au stade des études amont, la méthode permet de réaliser des calculs réalistes vis-à-vis du projet présenté, à partir d'hypothèses et de données disponibles à ce stade des études. Ils constituent une image du projet susceptible d'évoluer au cours des phases d'études ultérieures, et ne sont valables que pour la phase durant laquelle ils sont réalisés.

En raison du caractère partiel des données disponibles et utilisées pour les calculs, le bilan des émissions de GES du projet est susceptible d'évoluer fortement s'il est actualisé pendant les phases ultérieures.

Compte tenu de l'importance croissante des enjeux climatiques, le MOA s'attachera à réduire les émissions de CO2 liées à la réalisation de son projet, en particulier s'agissant des émissions en phase chantier... Des actions seront mises en exergue lors des phases ultérieures telles que l'optimisation des mouvements de terre afin de réduire les flux de poids lourds, la réutilisation des matériaux, le choix des carrières si besoin d'apport ou d'export de matériaux, en mentionnant dans les dossiers de consultation des entreprises (DCE) des entreprises en charge des travaux, des clauses pour favoriser le choix de carrière au plus proche du site, et également pour avoir des engins de chantiers respectant les normes les plus récentes/ engins électriques...



Cette estimation est ajoutée dans la pièce E09, chapitre 3.2.1 Evaluation du coût des nuisances liées à la pollution atmosphérique (page 230).

## 2 EFFETS CUMULES

L'Ae recommande de compléter le dossier par une analyse approfondie des impacts cumulés avec le projet connexe de halle des sports.

Un plan de présentation de la halle des sports est ajouté ainsi qu'une analyse plus détaillée des impacts cumulés du projet avec le projet de halle des sports dans le chapitre impacts cumulés. Ces éléments sont dans la pièce E03 de l'étude d'impact, chapitre 12.2 Impacts cumulés avec la halle des sports (page 175-178).

Les impacts cumulés sont présentés pour la phase chantier et la phase exploitation.

### Phase chantier

La réalisation de la salle omnisport est prévue pour 2021-2022, la phase de travaux devrait se dérouler en partie en même temps que la phase chantier du projet de complément du demi-échangeur. Les deux chantiers vont donc générer des impacts cumulés.

Les nuisances générées concernent les nuisances acoustiques liées au trafic poids lourds notamment sur la rue du 17 octobre 1961 et la bretelle de sortie de la RN88.

Les impacts cumulés concernent également l'impact sur les écoulements superficiels. Seuls les travaux au droit du complément de l'échangeur pourront avoir une incidence directe sur le cours d'eau (raidissement des berges), travaux réalisés à proximité de la traversée actuelle sous la RN88.

Des mesures sont mises en œuvre pour ne pas dégrader la qualité du Janon (assainissement provisoire des bases vie et des lieux de stockage des matériaux et des zones de travaux, mis en défens des abords du cours d'eau).

Seul le projet de complément du demi-échangeur aura une incidence sur les zones inondables. Le projet de halle des sports est situé en dehors. Des mesures de compensation seront réalisées dans le cadre du projet de diffuseur.

Concernant le milieu naturel, les impacts sont la consommation de l'espace naturel. La phase chantier peut entraîner la propagation de ces espèces invasives et favoriser le développement sur des secteurs où ces espèces ne sont pas présentes. Des mesures seront mises en place pour ces deux chantiers afin de ne pas propager ces espèces.

Une mise en défens de la zone humide localisée sur le site de la halle des sports sera effectuée afin de préserver ce milieu et son alimentation hydrique.

La phase chantier aura également une incidence sur le dérangement de la faune locale par les nuisances sonores et la fréquentation humaine. De plus, les travaux peuvent être à l'origine d'une destruction accidentelle d'individus par la circulation des engins de chantier et les phases de débroussaillage et d'abattage de la végétation. Des mesures seront mises en œuvre pour limiter ces impacts (adaptation du calendrier d'intervention, suivi du chantier par des écologues).

De plus, il est prévu des mesures de réduction et de compensation vis-à-vis de la destruction des habitats naturels favorables à la faune locale :

- Gestion écologique de la zone humide et extension au droit de la zone sur environ 850 m<sup>2</sup> pour la future halle de sport
- Création de milieux semi-ouverts pour la biodiversité sur 5,2 ha sur 2 parcelles situées à proximité immédiate de la future halle de sports
- Création d'un îlot de sénescence de 2,2 ha pour le projet de complément du demi-échangeur
- Plantation de 350 ml de haies suivant les prescriptions du PLU et pour placement dans le document d'urbanisme de Saint-Chamond pour le projet de complément du demi-échangeur
- Création de gîtes favorables aux espèces (reptiles, chauves-souris) pour les deux projets.

Plan projet de la halle des sports à Saint-Chamond



### Phase exploitation

Ces deux projets vont avoir pour incidence d'augmenter la surface imperméabilisée dans ce secteur. Pour les deux opérations, il est prévu de collecter les eaux pluviales ruisselant sur ces surfaces et de les rejeter dans des bassins de rétention avant rejet au milieu naturel (bassin versant du Janon).

Le projet de complément de demi-échangeur aura également une incidence sur les écoulements du Janon et du Ricolin, par la réalisation de nouveaux franchissements par des voiries: Des nouveaux ouvrages hydrauliques seront mis en œuvre et dimensionnés de façon à assurer la transparence hydraulique afin de ne pas aggraver la zone inondable.

Des mesures en faveur de la biodiversité sont mises en place : limitation de l'éclairage au droit du nouveau barreau routier et au niveau de la halle de sport et de ses parkings.

Des plantations adaptées au site et favorables au développement de la faune locale seront plantées au niveau des deux projets (plantation de haies) et la gestion des espaces verts sera menée afin de favoriser le développement de la végétation (interdiction de traitement phytosanitaire, gestion différenciée).

Afin de maintenir les corridors écologiques au droit des secteurs, des mesures en faveur de la biodiversité sont proposées :

- Mise en place d'un passage petite faune, crapauduc, sous la voirie existante (pour la future salle de sport),
- Rétablissements écologiques au niveau du Janon et du Ricolin (mesures pour le projet de complément d'échangeur) avec renaturation des berges.

La construction de la halle des sports va engendrer de nouveaux trafics sur le secteur et le complément du demi-échangeur va modifier les flux dans Saint-Chamond. Ce trafic cumulé a été pris en compte dans le dossier de complément de l'échangeur de la Varizelle.

La réalisation de ces projets va également permettre la création de cheminements cycles et piétons entre le nord de la RN88 et le sud (nouveau barreau aménagé d'un itinéraire mode doux en lien avec ceux existants au niveau de la route de la Varizelle et ceux projetés rue du 17 octobre 1961). Le projet de halle des sports prévoit également un cheminement mode deux entre l'entrée du bâtiment et le carrefour giratoire existant.

De plus, le tracé de la ligne M5 des transports en commun va évoluer afin de répondre au mieux à la desserte du secteur de la Varizelle et de ces nouveaux équipements.

Le parking au niveau de la future halle des sports qui sera moins utilisé en journée, pourra être utilisé comme parking relais, ayant tout son intérêt au vu de sa localisation à proximité de l'échangeur de la Varizelle et du nouveau barreau. Ces aménagements auront une incidence positive sur le développement du covoiturage.

Ces deux projets auront une incidence sur le paysage : réalisation d'un nouveau bâtiment et d'un nouvel ouvrage sur la RN88 modifiant les perceptions riveraines au niveau de l'entrée ouest de Saint-Chamond. Depuis la RN88, les perceptions seront limitées au vu des écrans acoustiques et des merlons.

Des aménagements paysagers sont prévus aux abords des deux ouvrages afin de faciliter leur intégration : plantation de haies et d'arbustes.

### 3 MISE EN COMPATIBILITE DU PLAN LOCAL D'URBANISME DE SAINT-CHAMOND

*L'Ae recommande de compléter le dossier afin de démontrer la compatibilité de la modification du PLU avec les plans de prévention des risques minier et d'inondation.*

Les éléments décrits au chapitre 1.3 Risques Naturels du présent mémoire, sont repris dans le dossier de l'analyse de la mise en compatibilité, chapitre E06. Chapitre 2. Plan de prévention des risques naturels prévisibles d'inondation (page 198) et chapitre 3. Plan de prévention des risques miniers (page 199).

## 4 SPECIFICITE DES DOSSIERS D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

### 4.1 TRAFICS ET VITESSES DE CIRCULATION (PAGE 15/17)

*L'Ae recommande de reprendre le chapitre relatif aux prévisions de trafics en explicitant de manière détaillée les hypothèses et les résultats, en moyenne journalière et en heures de pointe et d'en tirer les conséquences sur les incidences du projet, notamment en matière de bruit. L'Ae recommande également de clarifier les hypothèses de vitesses de circulation en situations de référence et de projet, et de quantifier les bénéfices environnementaux d'un abaissement local de la vitesse à 90 km/h.*

Le chapitre description des hypothèses de trafic a été complété afin d'explicitier davantage le fonctionnement des flux au droit de la zone étudiée.

Les compléments sont apportés dans la pièce E09, compléments spécifiques aux infrastructures, chapitre 4. Description des hypothèses de trafic, des conditions de circulation et des méthodes de calcul (page 231- 239).

### 4.2 AUTRES DISPOSITIONS RELATIVES AUX INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT (PAGE 16/17)

*L'avis d'Ae mentionne que le dossier indique « le projet n'est pas de nature à générer un effet significatif sur le développement de l'urbanisation », cette conclusion paraît discutable.*

Un complément est ajouté dans le chapitre impact du projet sur l'urbanisation de la pièce E09, chapitre 1 Conséquences prévisibles du projet sur le développement éventuel de l'urbanisation (page 227). En effet, le projet a un impact direct sur l'urbanisation au droit des emprises du projet, impact peu significatif au vu du classement des parcelles au zonage du PLU de Saint-Chamond.

Mais, à plus grande échelle, le projet a une incidence positive sur l'urbanisation en facilitant l'accès aux zones d'activités et donc leur développement.

## 5 RESUME NON TECHNIQUE

*L'Ae recommande de présenter le résumé non technique sous forme d'un document séparé et d'y revoir le traitement de la démarche « éviter-réduire-compenser » et les mesures associées, suivant le principe de proportionnalité ; elle recommande également de prendre en compte, dans le résumé non technique, les conséquences des recommandations du présent avis.*

Le résumé non technique est séparé de l'étude d'impact et fait l'objet d'une pièce spécifique dans le dossier de DUP (pièce E00).

Il a été repris afin de prendre en compte les modifications apportées dans l'ensemble du dossier et de faire apparaître la démarche Eviter, Réduire et Compenser.