

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Pièce F – Éléments utiles à la compréhension



Février 2019

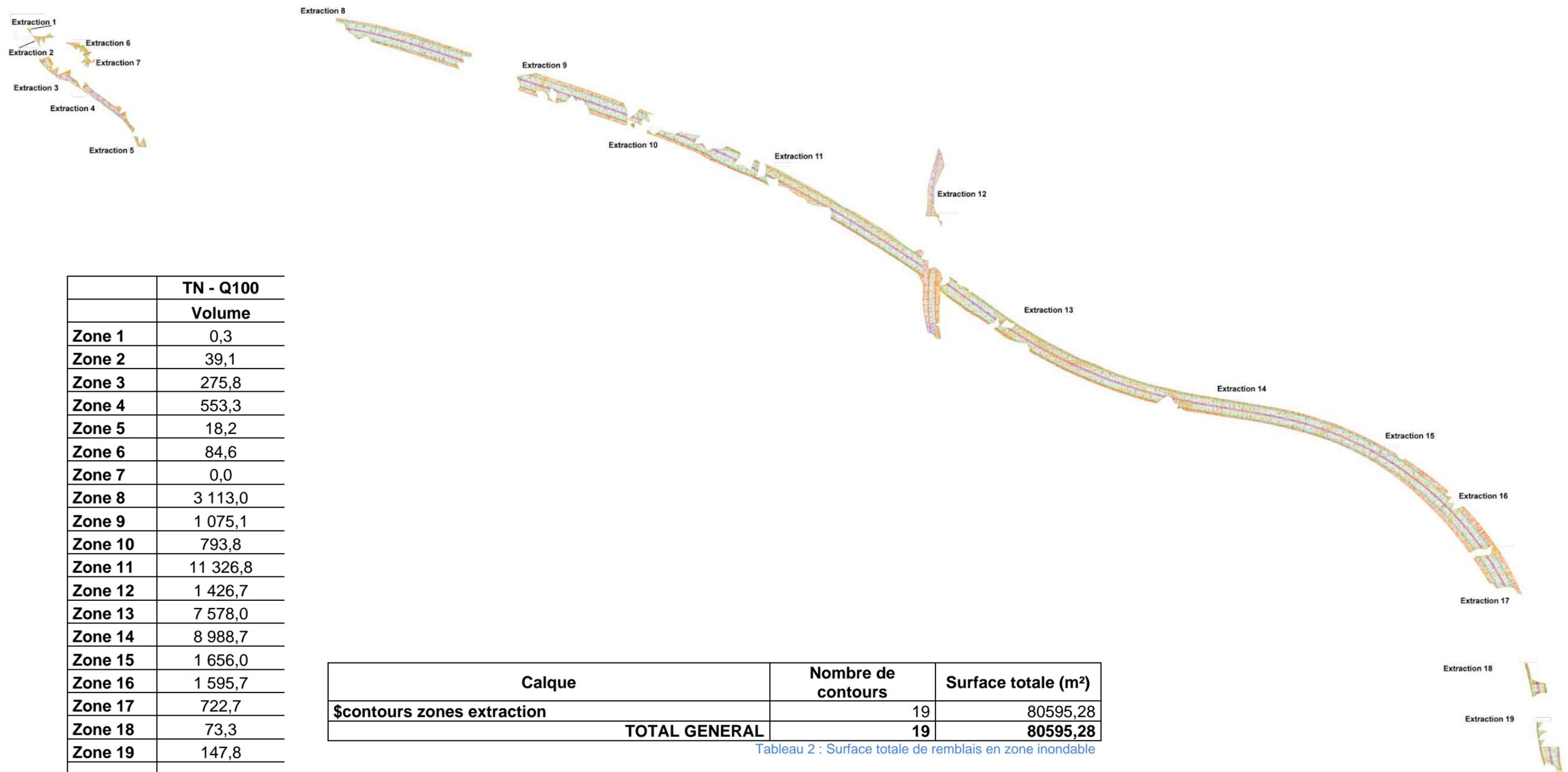
SOMMAIRE

1	VOLUME DE REMBLAIS EN ZONE INONDABLE	313
2	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES	314
2.1	BASSINS VERSANTS	314
2.1.1	Bassins versants naturels.....	314
2.1.2	Bassins versants routiers	314
2.1.3	Hypothèses de dimensionnement	316
2.1.4	Ouvrages de stockage.....	316
2.1.4.1	Bassin n°0– évolution depuis DAV août 2018	320
2.1.4.2	Bassin n°1	323
2.1.4.3	Bassin n°2	326
2.1.4.4	Bassin n°3	327
2.1.4.5	Bassin n°4 – évolution depuis DAV août 2018	328
2.1.5	Ouvrages de transfert.....	331
2.1.6	Dimensionnement des ouvrages pour la gestion des pollutions – nouveau paragraphe.....	335
2.1.6.1	Principe	335
2.1.6.2	Vérification du dimensionnement des ouvrages pour la gestion de la pollution chronique	336
3	DELIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'AIRE D'ETUDE	341
3.1	RAPPEL DE L'HISTORIQUE DU DOSSIER	341
3.1.1	Rappel méthodologique.....	341
3.1.2	Délimitation des zones humides selon l'arrêté de 2008, modifié en 2009.....	342
3.1.2.1	Délimitation des zones humides selon l'étude réalisée par ESOPE	342
3.1.2.2	Délimitation des zones humides selon l'étude réalisée par ESOPE complétée par BIOTOPE	343
3.1.2.3	Délimitation des zones humides suite à l'évolution de la réglementation	348
3.1.3	Synthèse des résultats	363
3.2	DIAGNOSTIC FONCTIONNEL DES ZONES HUMIDES IMPACTEES	365
3.2.1	Aspects méthodologiques	365
3.2.2	Contexte et évaluation des enjeux	366
3.2.3	Diagnostic fonctionnel du complexe de zones humides impacté.....	367
3.2.3.1	Contexte et synthèse des résultats	367
3.2.3.2	Fonctions hydrologiques	368
3.2.3.3	Fonctions biogéochimiques	368
3.2.3.4	Fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces	368
3.2.3.5	Présentation de la valeur des indicateurs pour le complexe de zones humides impactées	370
3.3	PRESENTATION DE LA STRATEGIE COMPENSATOIRE POUR LES ZONES HUMIDES ET DIAGNOSTIC FONCTIONNEL	372
3.3.1	Présentation générale	372
3.3.2	Diagnostic fonctionnel du site compensatoire	374
3.3.2.1	Contexte et synthèse des résultats	374
3.3.2.2	Diagnostic fonctionnel du complexe de zones humides de compensation et évolution des fonctions au regard de la mise en œuvre des mesures compensatoires	376
3.3.2.3	Fonctions hydrologiques	376
3.3.2.4	Fonctions biogéochimiques	376
3.3.2.5	Fonctions biologiques	376
3.3.2.6	Présentation de la valeur des indicateurs pour le complexe des sites de compensation	378
3.3.3	Vérification des principes de proximité géographique, d'équivalence et d'additionnalité	380
3.3.3.1	Respect du principe de proximité géographique	380
3.3.3.2	Respect du principe d'équivalence fonctionnelle et d'additionnalité	381
4	MODELISATION HYDRAULIQUE DU PROJET ET DES AMENAGEMENTS A METTRE EN ŒUVRE	383
4.1	METHODOLOGIE	383
4.2	DONNEES COLLECTEES	383
4.3	INVESTIGATIONS DE TERRAIN	384
4.3.1	Matériel.....	384
4.3.2	Nature des relevés	384

4.3.3	Traitement des données	385
4.4	ANALYSE HYDROLOGIQUE	385
4.4.1	Etudes ISL.....	385
4.4.2	Etude hydratec.....	387
4.4.3	Hydrogrammes centennaux utilisés pour la modélisation	389
4.5	CONSTRUCTION ET CALAGE DU MODELE	390
4.5.1	Construction du modèle 2D.....	390
4.5.1.1	Construction du maillage	390
4.5.1.2	Intégration des ponts et des ouvrages hydrauliques	392
4.5.1.3	Coefficients de rugosité	396
4.5.1.4	Conditions aux limites	398
4.5.2	Calage du modèle	399
4.5.2.1	Données de calage	399
4.5.2.2	Résultats du calage du modèle 2D	400
4.5.2.3	Conclusion	407
4.5.3	Niveaux d'eau à prendre en compte pour le projet.....	407
4.6	MODELISATION DU PROJET	408
4.6.1	Méthodologie.....	408
4.6.2	Intégration du projet 1 dans le modèle 2D.....	409
5	ETUDE D'INCIDENCES HYDRAULIQUE DE LA CONTOURNANTE DE CHANTENOIS	414
5.1	METHODOLOGIE	414
5.2	PRESENTATION DU MODELE	414
5.3	DONNEES SOURCES	416
5.4	PRISE EN COMPTE DU PROJET ROUTIER ET DE SES OUVRAGES	416
6	ETUDE HYDRAULIQUE DES CONSEQUENCES DE L'ARASEMENT DU MERLON DE HURST	418
6.1	RECHERCHE D'UN NIVEAU DE PROTECTION INTERMEDIAIRE	419
6.1.1	Protection pour une période de retour de 5 ans	419
6.1.2	Protection pour une période de retour de 10 ans	420
6.1.3	Protection pour une période de retour de 20 ans	420
6.1.4	Protection pour une période de retour de 50 ans	421
6.2	PRISE EN COMPTE D'UNE HYDROLOGIE DIFFERENCIEE, DITE DE PRINTEMPS	421
6.2.1	Protection pour une période de retour de 20 ans de printemps	422
6.2.2	Protection pour une période de retour de 50 ans de printemps	422
6.3	COMPARAISON DE 3 SITUATIONS	423
6.4	CONCLUSION	426
7	CALCULS DES CHARGES ET CONCENTRATIONS EN POLLUANTS	427
7.1	CALCULS DE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS EN SITUATION MOYENNE ANNUELLE	427
7.1.1	Evaluation des masses polluantes.....	427
7.1.2	Calcul des charges polluantes annuelles véhiculées par les eaux de ruissellement	427
7.2	CALCULS DE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS EN PERIODE DE POINTE	429
8	GESTION DES MATIERES EN SUSPENSION EN PHASE CHANTIER	430
9	ELEMENTS GRAPHIQUES	476

1 VOLUME DE REMBLAIS EN ZONE INONDABLE

L'illustration ci-dessous localise les zones où le projet intercepte la zone inondable. Sur ces zones, il a été calculé le volume de la zone en bleu comme ci-contre.



	TN - Q100
	Volume
Zone 1	0,3
Zone 2	39,1
Zone 3	275,8
Zone 4	553,3
Zone 5	18,2
Zone 6	84,6
Zone 7	0,0
Zone 8	3 113,0
Zone 9	1 075,1
Zone 10	793,8
Zone 11	11 326,8
Zone 12	1 426,7
Zone 13	7 578,0
Zone 14	8 988,7
Zone 15	1 656,0
Zone 16	1 595,7
Zone 17	722,7
Zone 18	73,3
Zone 19	147,8
TOTAL	39 468,9

Tableau 1 : Volume total de remblais en zone inondable

Calque	Nombre de contours	Surface totale (m ²)
\$contours zones extraction	19	80595,28
TOTAL GENERAL	19	80595,28

Tableau 2 : Surface totale de remblais en zone inondable

Illustration 1 : Localisation des remblais en zone inondable

2 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

2.1 BASSINS VERSANTS

2.1.1 Bassins versants naturels

Le projet intercepte le bassin versant naturel sur la partie Ouest, zone où le projet est en déblai (au droit du bassin versant routier n°0).

Le principe est de créer un fossé en crête de talus permettant de récupérer les eaux du BVN pour les faire transiter jusqu'au fossé actuel le long de la RN59 et donc d'assurer une séparation totale entre les eaux du bassin versant routier et du bassin versant naturel.

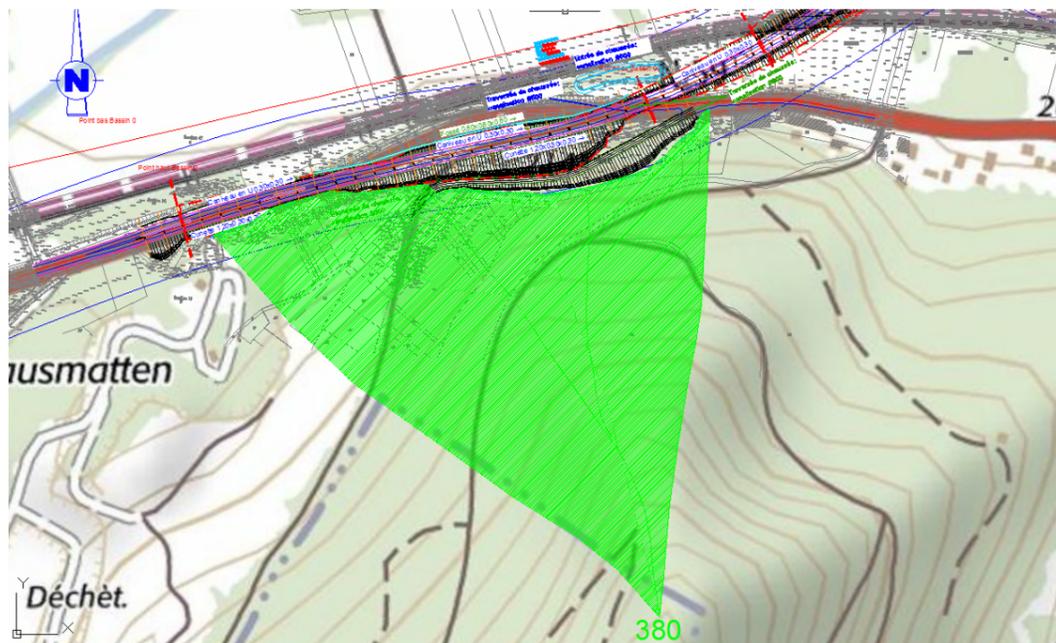


Illustration 2 : Bassin versant intercepté

Le coefficient de ruissellement est de 0,50. La surface du Bassin versant naturel (BVN) est de 122 140 m², soit 12,21 ha. Le reste du projet se situe en remblai, il est situé entre le Giessen et le Muelbach qui sont les exutoires des eaux de ruissellement du BVN.

2.1.2 Bassins versants routiers

Bassin versant n°0 :

Il commence au début de la déviation à l'ouest et se termine au niveau du point haut situé à environ 265 m au Sud-Ouest du giratoire avec la RD424.

- Coefficient de ruissellement : 0,72 ;
- Surface du bassin : 20 630 m² = 2,06 ha ;
- Exutoire fossé le long de la voie SNCF (dont l'exutoire est le Muelbach) via le bassin n°0.

Bassin versant n°1 :

Il commence à la fin du BV n°0 et se termine au niveau du point haut au droit de l'OA2.

- Coefficient de ruissellement : 1 ;
- Surface du bassin : 29 560 m² = 2,95 ha ;
- Exutoire Giessen via bassin n°1.

Bassin versant n°2 :

Il commence à la fin du BV n°1 (OA2) et se termine une soixantaine de mètres après l'OA4 (RD35).

- Coefficient de ruissellement : 1 ;
- Surface du bassin : 23 750 m² = 2,37 ha ;
- Exutoire Muelbach via bassin n°2.

Bassin versant n°3 :

Il démarre à la fin du bassin versant n°2 jusqu'à l'OA5.

- Coefficient de ruissellement : 1,00 ;
- Surface du bassin : 26 250 m² = 2,63 ha ;
- Exutoire Muelbach via bassin n°3.

Bassin versant n°4 :

Il est compris entre l'OA5 et le giratoire RN59.

- Coefficient de ruissellement : 1,00 ;
- Surface du bassin : 13 907 m² = 1,39 ha ;
- Exutoire fossé via bassin n°4.

Compte tenu de l'absence d'exutoire à proximité, les eaux seront transférées via une canalisation vers le bassin n°4.

Bassin versant n°5 :

- Coefficient de ruissellement : 1,00 ;
- Surface du bassin : 17 489 m² = 1,75 ha ;
- Exutoire fossé via bassin n°4.

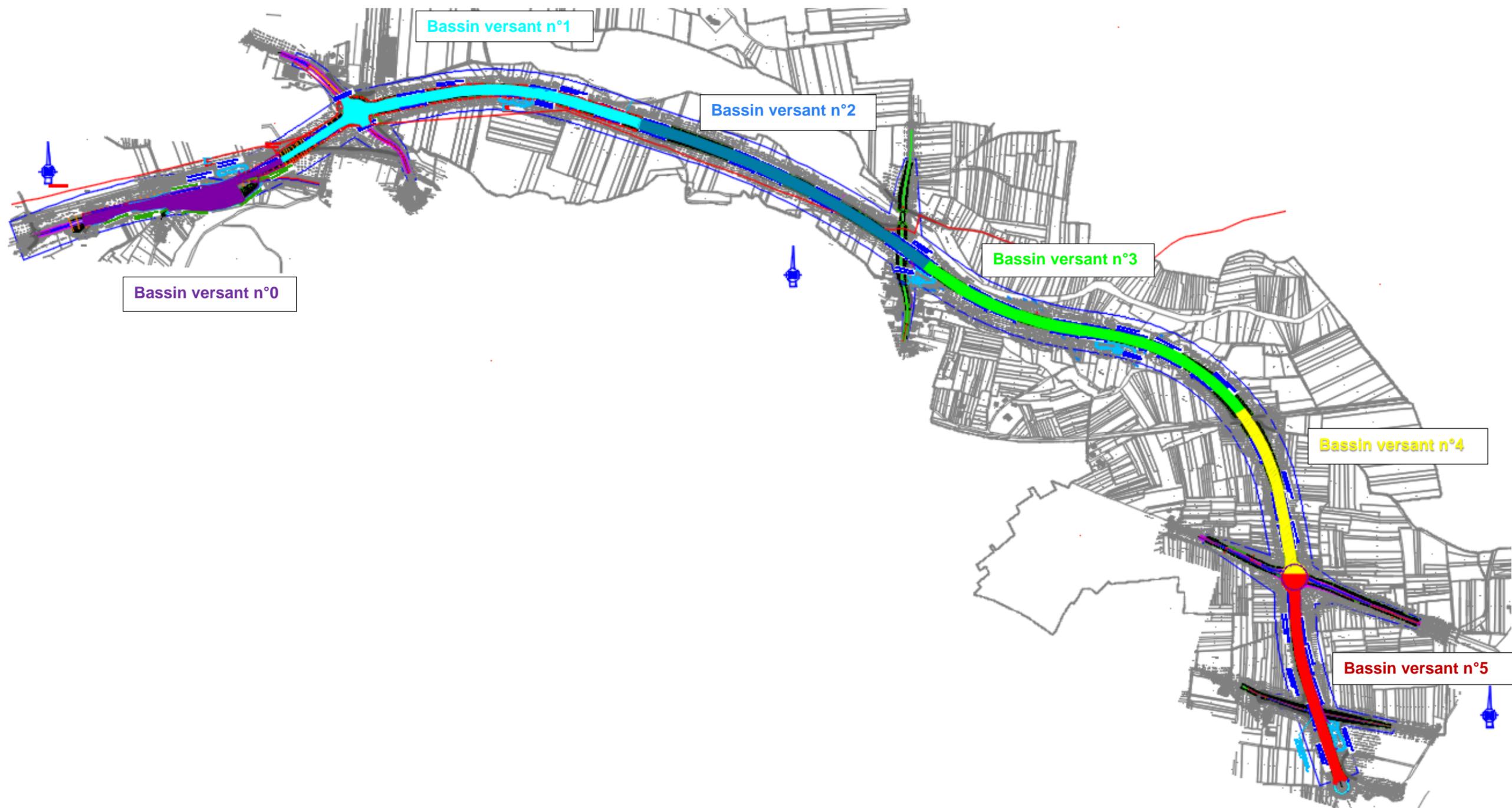


Illustration 3 : Synoptique des bassins versants routiers

2.1.3 Hypothèses de dimensionnement

L'ensemble des ouvrages hydrauliques sont dimensionnés pour une pluie d'occurrence 10 ans. Les débits des bassins versants sont calculés avec la méthode rationnelle :

$$Q = C \times A \times I$$

Avec :

- A la surface du bassin versant
- C le coefficient de ruissellement
- I l'intensité de précipitation déterminé par la formule de Montana $I = a \times t - b$

a et b sont les coefficients de Montana. Ils dépendent du lieu des intempéries et sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les intensités de pluie ayant une durée de retour donnée.

On utilise les coefficients de Montana de Météo France de la station de Colmar Meyenheim.

Période de retour	6 min < T < 30 min		15 min < T < 6 h	
	a	b	a	b
10 ans	197	0,396	650	0,777

Tableau 3 : Coefficients de Montana à la Station Colmar-Meyenheim (source : Météo France)

2.1.4 Ouvrages de stockage

□ CALCULS DES DEBITS DE FUITE DES BASSINS DE RETENTION

D'après la note de doctrine relative à la gestion des eaux pluviales issues d'une imperméabilisation nouvelle, le débit de fuite doit être calculé sur la base du débit biennal de ruissellement sur la surface de l'emprise du projet sans urbanisation.

Le coefficient d'imperméabilisation est pris égal à 0,1 pour le terrain naturel. Pour une période de retour de 2 ans, les coefficients de Montana sur la station de Colmar- Meyenheim sont les suivants :

Période de retour	6 min < T < 3 h	
	a	b
2 ans	417,9	0,76

Tableau 4 : Coefficients de Montana pour une pluie de 2 ans à la Station Colmar-Meyenheim (source : Météo France)

Le temps de concentration est calculé avec la formule suivante :

$$T_c = \left(\frac{1}{60}\right) * \left(\frac{l}{v}\right)$$

Avec :

- L : Longueur de cheminement de pente constante (en m) ;
- V : Vitesse d'écoulement (en m/s).

Ces vitesses d'écoulement sont données dans « les recommandations pour l'assainissement routier (SETRA 1982) » en fonction du type de sol du bassin versant :

Pente du BV en %	Vitesse d'écoulement en m/s		
	Pâturage (partie supérieure du BV)	Bois (partie supérieure du BV)	Impluvium naturel mal défini
0 à 3	0,45	0,30	0,30
4 à 7	0,90	0,60	0,90
8 à 11	1,30	0,90	1,50
12 à 15	1,30	1,05	2,40

Tableau 5 : Vitesses d'écoulements issues du guide SETRA de 1982

L'intensité de la pluie se calcul ensuite à l'aide de la formule de Montana :

$$I(t) = a * T_c^{-b}$$

- I(t) : Intensité de la pluie (en mm/min) ;
- Tc : Temps de concentration (en min) ;
- a et b : Coefficients de Montana.

Le débit de fuite se calcul enfin avec la méthode rationnelle comme indiquée ci-dessus. Les résultats des débits de fuite de chacun des bassins versants sont regroupés dans le tableau suivant.

	Bassin 0	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3	Bassin 4+5
S(ha) avec talus	2,83	4,36	3,22	3,54	3,89
C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pente(%)	1,6	0,6	0,5	0,5	0,3
L(m) Plus long chemin hydraulique	625	810	550	450	750
V(vitesse d'écoulement)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Tc (min)	23,15	30,00	20,37	16,67	27,78
a (T=2 ans)	417,9	417,9	417,9	417,9	417,9
b (T=2 ans)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
i(t) (mm/h)	38,37	31,51	42,29	49,26	33,41
Q2 (l/sec) Fuite	10,86	13,74	13,62	17,44	13,00
Débit de fuite retenue	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00

Tableau 6 : Débits de fuite de chaque bassin versant

Si ce n'est pour le bassin n°0, le calcul de l'ensemble des débits de fuite des différents bassins sont compris entre 13 et 17 l/s. Afin de créer des ouvrages de fuite rustiques et d'avoir une homogénéité de traitement entre bassins pour faciliter l'entretien ultérieur, **il a été décidé d'attribuer un débit de fuite commun de 15 l/s pour les bassins 1 à 4+5 et de 10 l/s pour le bassin n°0.**

□ DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION

Le dimensionnement des ouvrages de rétention s'effectue sur les bases de l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations, conformément à la doctrine.

A partir du débit de fuite calculé précédemment pour chacun des bassins versants, on détermine le débit de fuite en hauteur d'eau équivalente q :

$$q = 360 \cdot Q_{\text{fuite}} / S_a$$

Avec :

- Q_{fuite} : Débit de fuite (m³/sec) ;
- S_a : Surface active (ha) ;
- q : Débit de fuite en hauteur équivalente : ha (mm/h) ;

L'abaque suivant donne alors la hauteur spécifique de stockage.

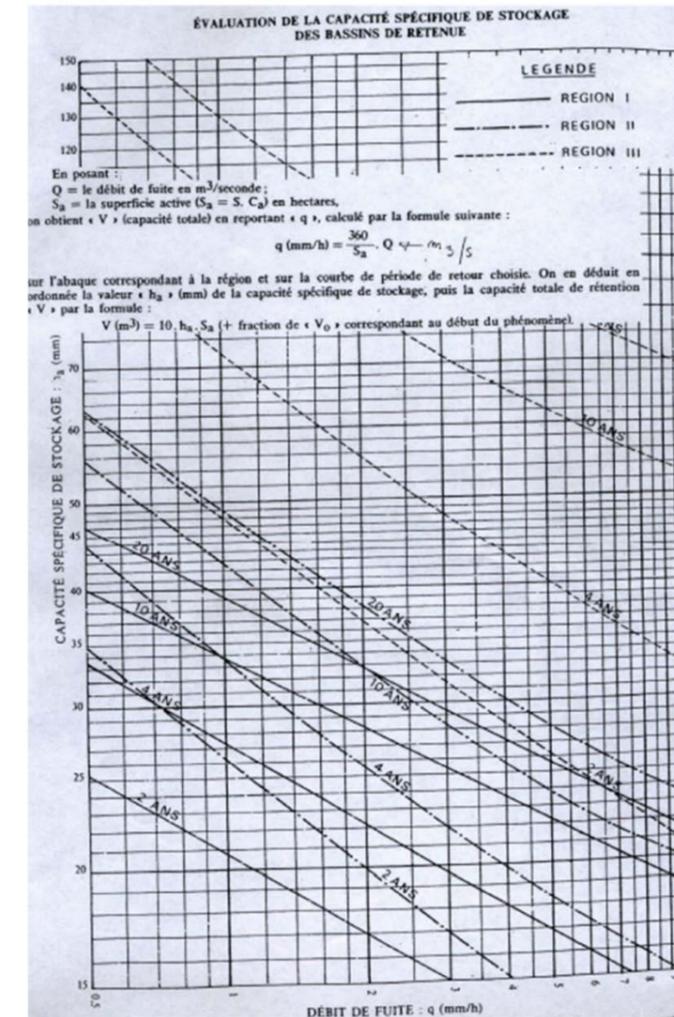


Illustration 4 : Abaque des capacités de stockage des ouvrages

On en déduit alors le volume de stockage :

$$V = 10 \cdot h_s \cdot S_a$$

On obtient ainsi les volumes de rétention nécessaires :

	Bassin 0	Bassin 1	Bassin 2	Bassin 3	Bassin 4+5
S	2,06	2,95	2,37	2,63	3,14
S_a (ha)	1,515	2,95	2,37	2,63	3,14
Q_f (m ³ /sec)	0,0100	0,0150	0,0150	0,0150	0,0150
q(mm/h)	2,4	1,8	2,3	2,1	1,7
Hauteur spécifique de stockage (mm) ha	25,5	29	27,5	28,5	29,5
V(en m³) – méthode doctrine MISEN	386,3	855,5	651,8	749,6	926,3

Tableau 7 : Volumes de rétention nécessaires selon la doctrine MISEN

Suite au contrôle extérieur du CEREMA, sur l'AVP, il a été fait deux vérifications pour confirmer ces résultats :

- Utilisation de la méthode des pluies pour le calcul des volumes de rétention et comparaison ;
- Comparaison du calcul en utilisant les coefficients de Montana de Strasbourg plutôt que Colmar.

Les résultats sont cohérents et très proches de ceux trouvés par la méthode de la doctrine MISEN.

Les volumes de la méthode des pluies avec les coefficients de Montana de Colmar qui sont très légèrement supérieurs à ceux de la première méthode ainsi qu'à ceux avec les coefficients de Strasbourg ont donc été retenus et car plus « sécuritaire ».

V(en m3) – méthode des pluies – Coeff Colmar	415	872	657	752	945
V(en m3) – méthode des pluies – Coeff Strasbourg	414	867	656	749	939

Tableau 8 : Volumes de rétention nécessaires selon la méthode des pluies

Pour info les coefficients de Montana pris en compte dans les calculs pour Strasbourg sont les suivants :



COEFFICIENTS DE MONTANA
(ajustement par les hauteurs)

STATION DE STRASBOURG-ENTZHEIM

NUMERO INSEE : 67124001

PERIODE : 1972-2002

DUREE DE RETOUR	DUREE DES PLUIES 15 minutes à 6 heures	
	a	b
2 ans	6.267	0.756
5 ans	9.248	0.776
10 ans	11.223	0.784
20 ans	13.182	0.790
25 ans	13.753	0.792
30 ans	14.247	0.793
50 ans	15.660	0.796
75 ans	16.719	0.798
100 ans	17.531	0.800

Illustration 5 : Coefficients de Montana station météo France de Strasbourg

Les ouvrages ont donc été dimensionné avec une marge de sécurité. Le calcul dimensionnant est l'écrêtement, à l'exception du bassin de rétention BR0a, pour lequel le calcul de pollution a été l'élément dimensionnant.

□ RECOURS A L'INFILTRATION

Le SAGE nous demande de privilégier l'infiltration lorsque cela est possible avec des conditions restrictives.

L'infiltration ne sera possible que si la perméabilité du sol est compatible avec ce procédé et que le projet n'est pas situé :

- dans une zone inondable^c,
- à proximité d'une source de pollution atmosphérique,
- dans le panache d'une pollution de la nappe ou sur un site dont le sol est susceptible d'être pollué,
- dans un périmètre de protection rapproché de captage d'eau potable.

Les bassins n°1, 2 et 3 se trouvant en zone inondable, ils seront étanches et ne font pas l'objet de l'étude d'infiltration. En revanche pour les bassins n°0 et n°4, des essais d'infiltration de type Matsuo ont été effectués. L'étude géotechnique préconise les valeurs suivantes :

3.2 Bassin n°0

L'essai Mat2, réalisé à 2,5 m de profondeur dans des sables et graviers donne une perméabilité :

$$k = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

3.3 Bassin n°4

L'essai Mat3, réalisé à 1,7 m de profondeur dans des sables et graviers argileux donne une perméabilité :

$$k = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

3.5 Conclusion

La perméabilité des sables et graviers est variable, selon la granulométrie des éléments qui les constituent et la présence ou l'absence d'une matrice fine. Les essais réalisés donnent des valeurs de perméabilité comprises entre $1,6 \cdot 10^{-5}$ et $6,4 \cdot 10^{-4}$ m/s pour une moyenne géométrique de $7 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Pour le dimensionnement des ouvrages dont le fond serait constitué par les sables et graviers, nous recommandons de considérer une valeur moyenne prudente de :

$$k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Avec ces données, la surface initialement prévue pour le Bassin n°0 était légèrement inférieure à celle nécessaire. Aussi, le bassin a été agrandi. Le bassin n°4, prenant également en charge les eaux du bassin routier n°5 n'a pas été modifié.

- Bassin n°0 = initialement 880 m² soit un débit de fuite de 97 l/s sur la base du résultat de l'essai au droit du bassin de $1,1 \cdot 10^{-4}$ m/s et de 9 l/s sur la base sécuritaire de la conclusion de $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. **Le bassin n°0 a été agrandi à 1000 m² pour obtenir les 10 l/s initiaux sur la base de la conclusion sécuritaire ;**
- Bassin n°4 = 1 700 m² soit un débit de fuite de 34 l/s sur la base du résultat de l'essai au droit du bassin de $2 \cdot 10^{-5}$ m/s et de 17 l/s sur la base sécuritaire de la conclusion de $1 \cdot 10^{-5}$ m/s quasiment équivalent au 15 l/s pris en compte dans le dimensionnement. **Le bassin n°4 restera ainsi dimensionné à l'équivalent.**

Le principe d'assainissement des bassins 0 et 4 sera finalement basé sur un système de doubles bassins en série. Les eaux sont dirigées vers le premier bassin de rétention qui assure le traitement de la pollution accidentelle et chronique. Le fonctionnement de ce bassin routier avec volume mort est issu du guide technique sur la pollution d'origine routière (SETRA – 2007).

Après traitement, les eaux sont évacuées vers le second bassin, qui assure l'infiltration des eaux. Le fonctionnement et le dimensionnement est le suivant à chaque point de rejet :

- Un premier bassin permettra de gérer la pollution accidentelle et chronique. Celui-ci sera dimensionné pour une période de retour 2 ans avec un débit de fuite de 10 l/s pour le bassin n°0 et de 15 l/s pour le bassin n°4 ;
- Un second bassin d'infiltration, qui sert d'exutoire, est dimensionné pour une pluie décennale.

Les résultats de ce dimensionnement sont récapitulés ci-après :

- Bassin n°0 :
 - Bassin 0a V=260 m³ ;
 - Bassin 0b V=180 m³ et S=950 m² ;
- Bassin n°4 :
 - Bassin 4a V=600 m³ ;
 - Bassin 4b V=380 m³ et S=1525 m² ;

Les illustrations pages suivantes présentent chaque ouvrage rétention.

2.1.4.1 Bassin n°0 – évolution depuis DAU août 2018

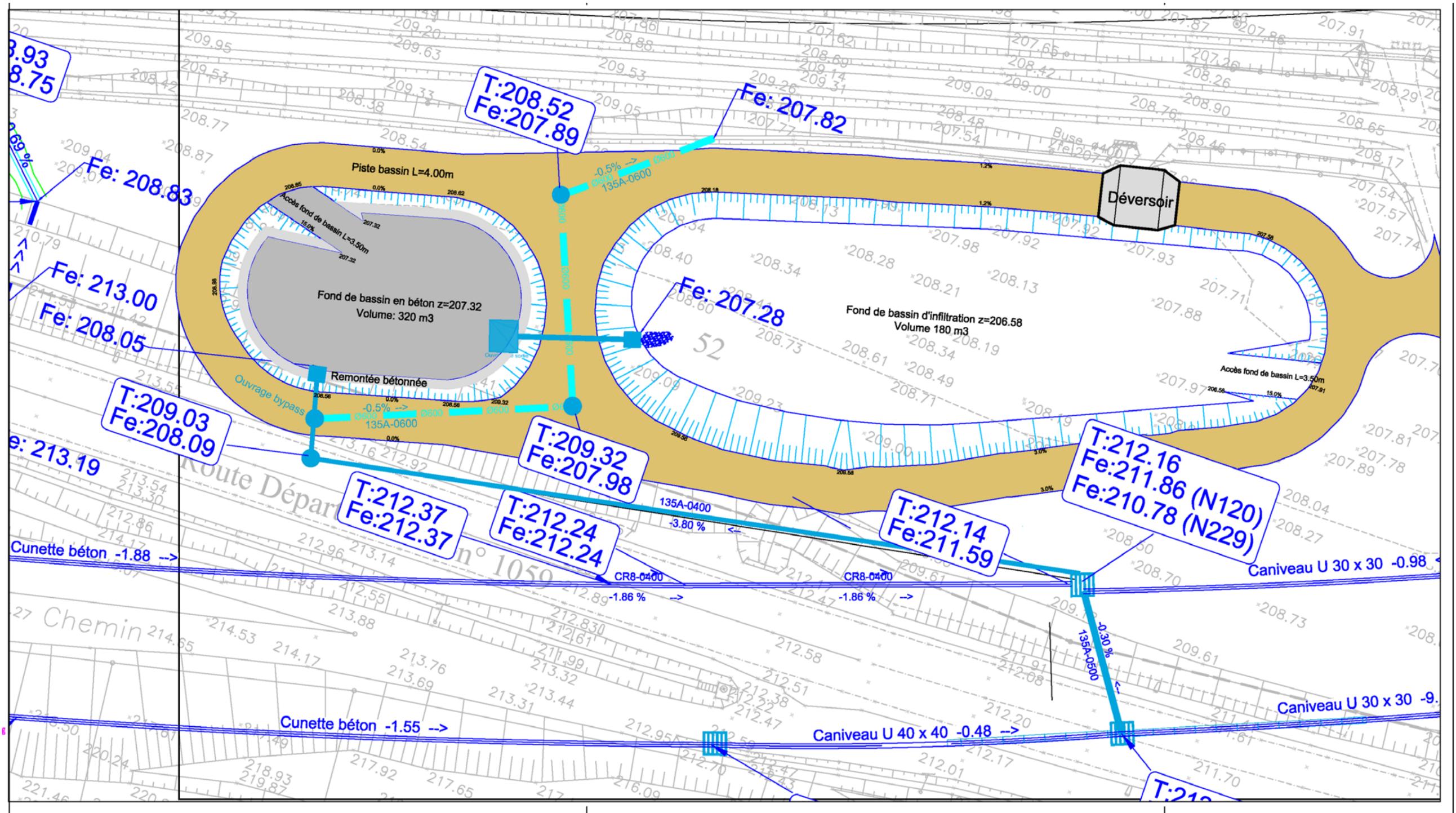


Illustration 6 : Vue en plan du bassin d'infiltration n°0 – évolution par rapport au DAU août 2018

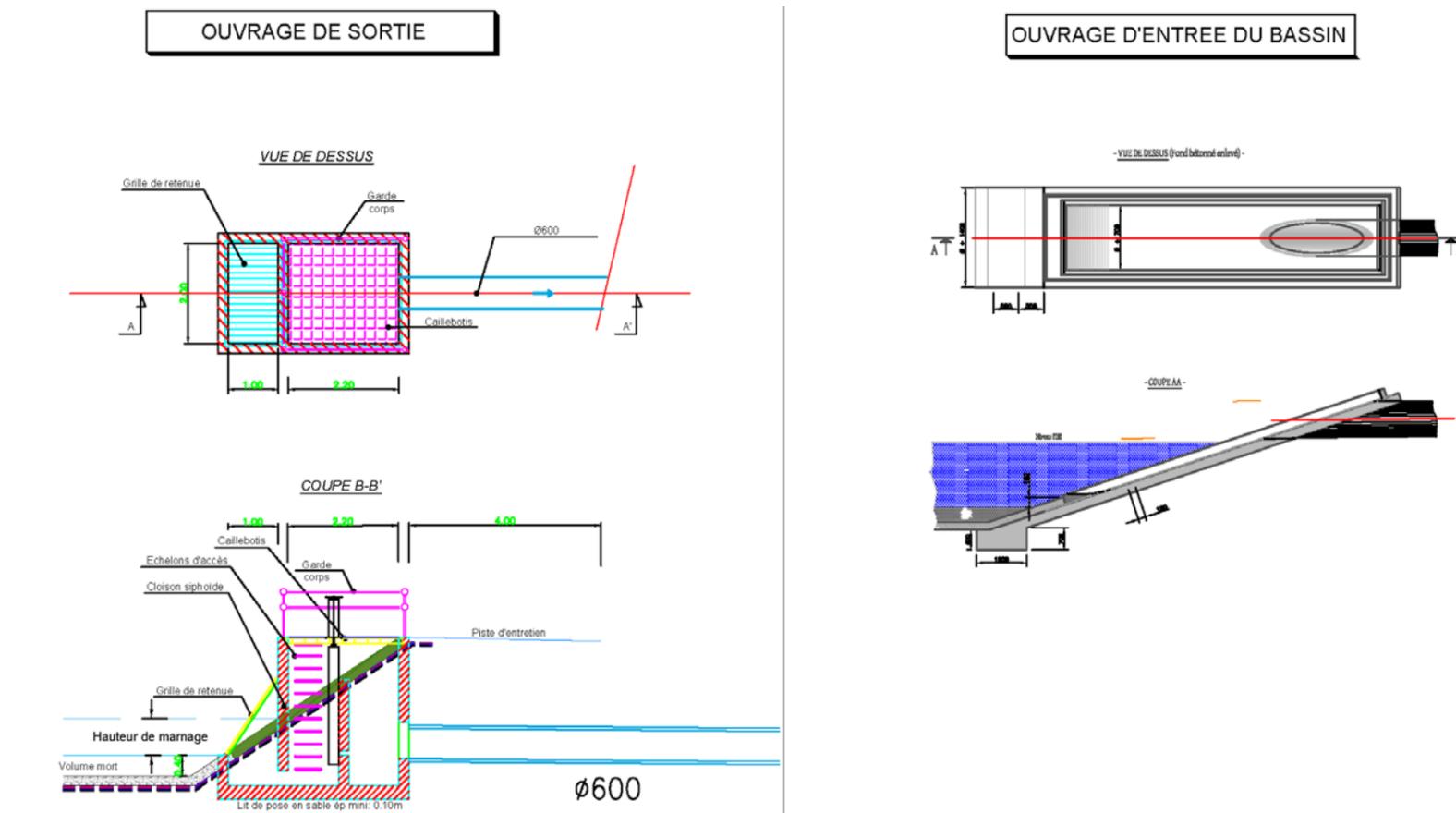


Illustration 7 : Ouvrage d'entrée du bassin d'infiltration n°0 – évolution par rapport au DAU août 2018

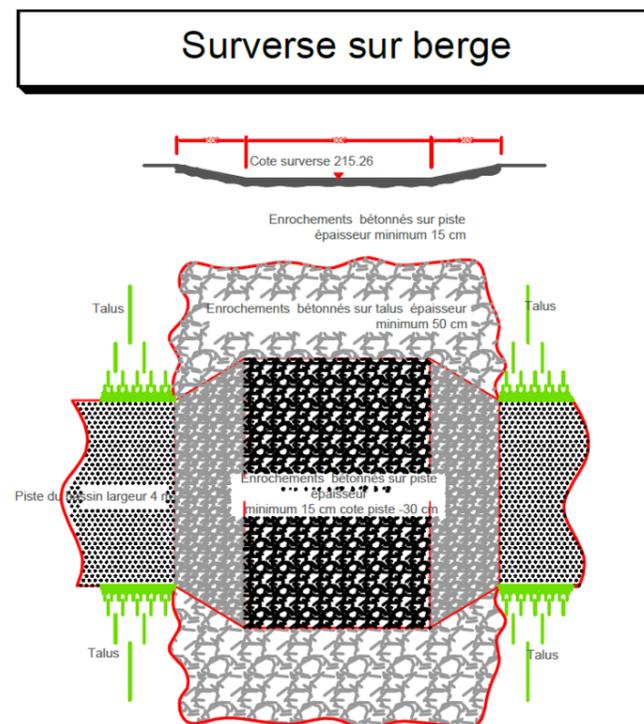
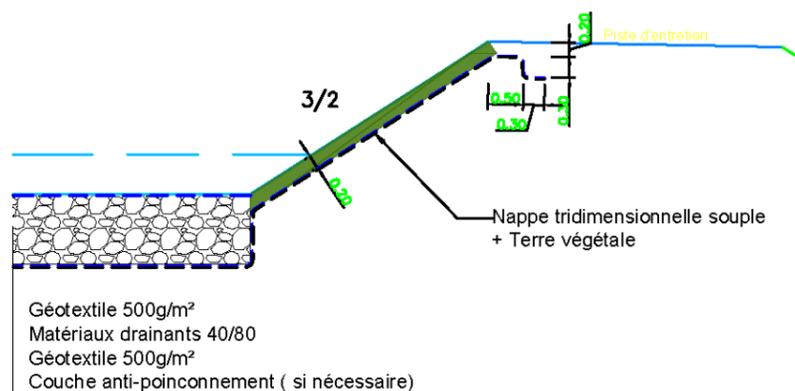


Illustration 8 : Détails de l'ouvrage de surverse sur berge – nouveau par rapport au DAU Août 2018

COUPE TYPE DE L'INFILTRATION



BY-PASS VUE EN COUPE

BY-PASS VUE DE DESSUS

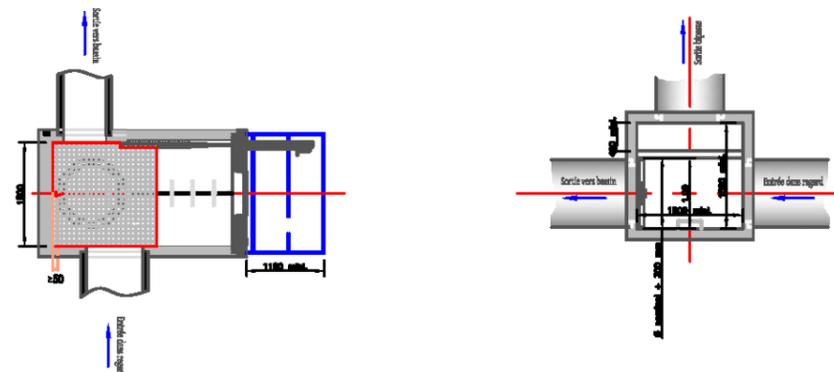


Illustration 9 : Coupe type de l'infiltration et by-pass - évolution par rapport au DAU août 2018

Bassin n°0 - Infiltration

BY-PASS

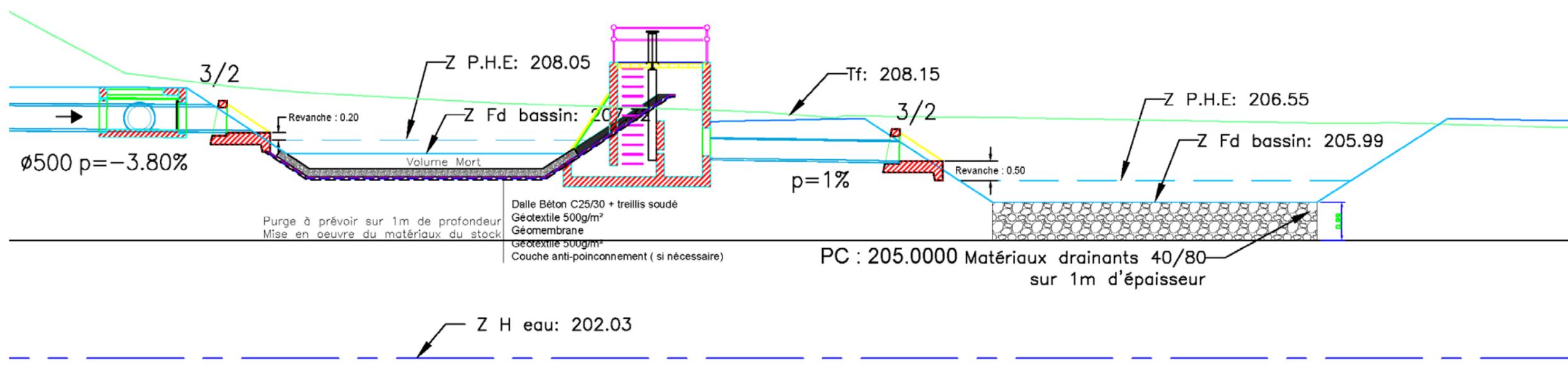


Illustration 10 : Vue en coupe du bassin d'infiltration n°0 évolution par rapport au DAU août 2018

2.1.4.2 Bassin n°1

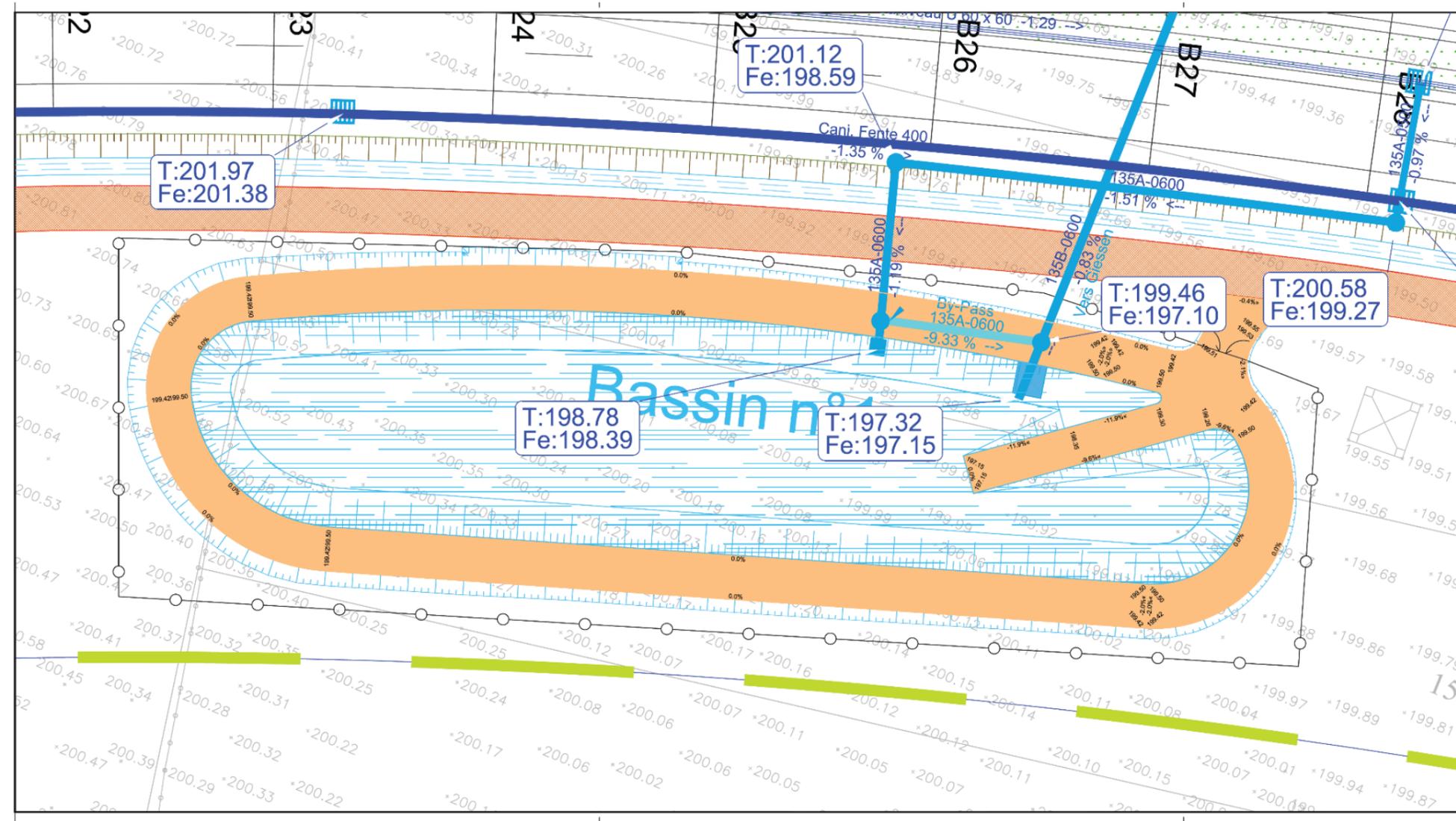


Illustration 11 : Vue en plan du bassin de rétention n°1

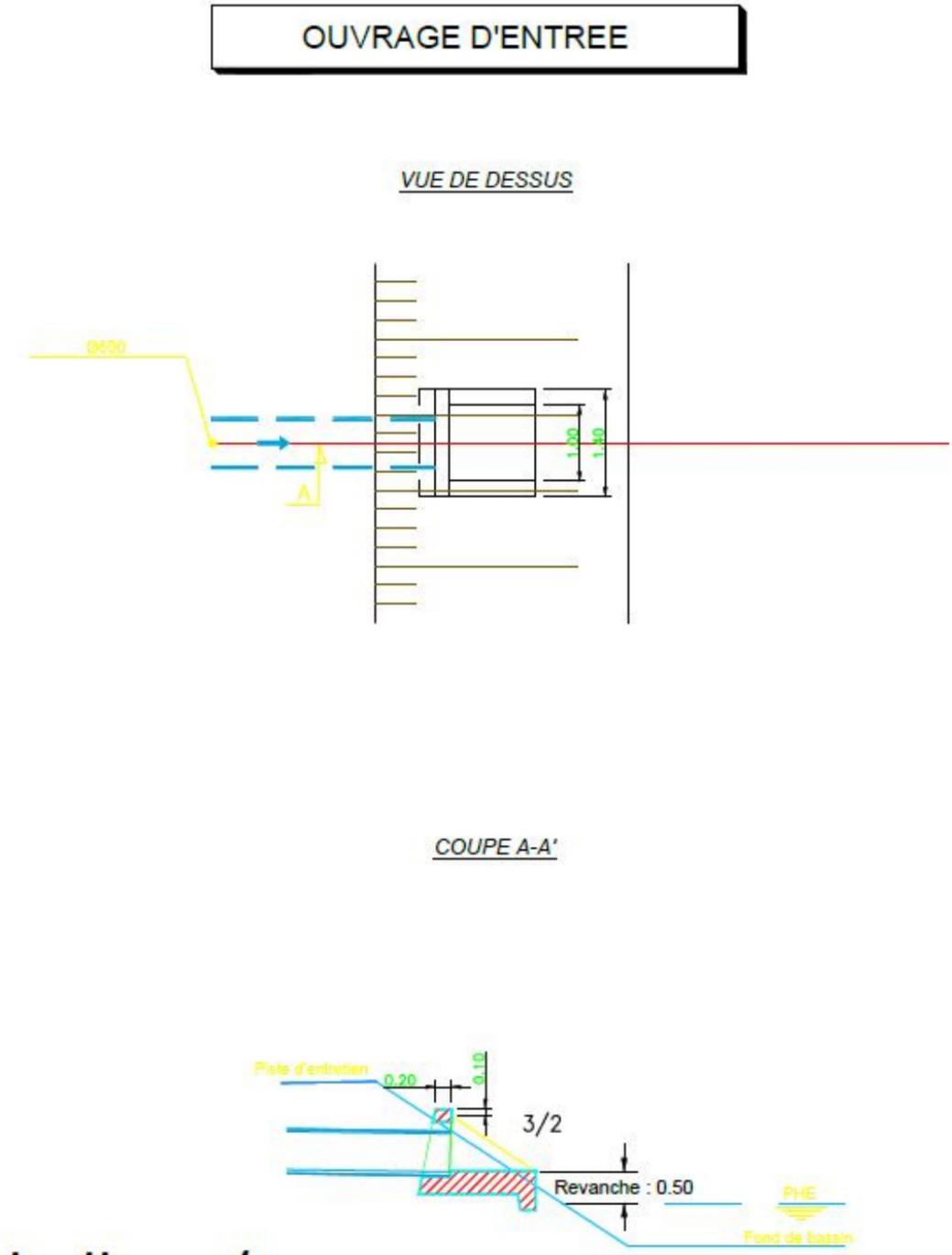
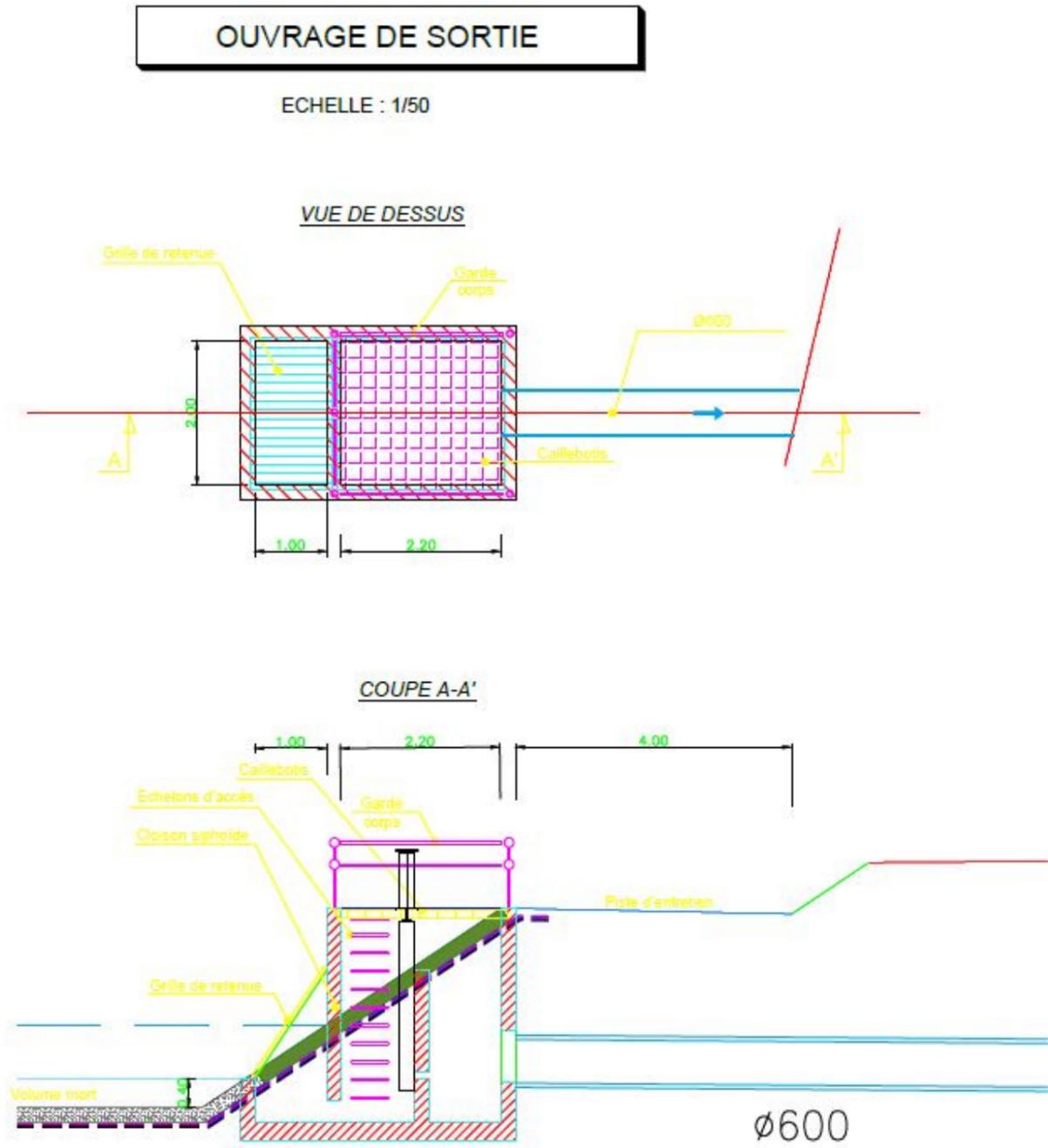


Illustration 12 : Coupe type des ouvrages d'entrée et de sortie des bassins de rétention

COUPE TYPE DE L'ETANCHEITE

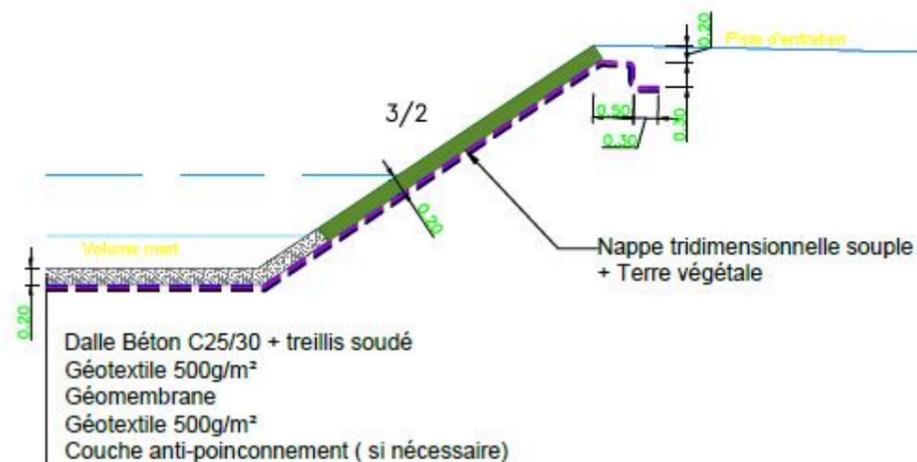


Illustration 13 : Coupe type de l'étanchéité des bassins de rétention

Bassin n°1 - Rétention

Volume de rétention : 880m³

Echelle: 1/100

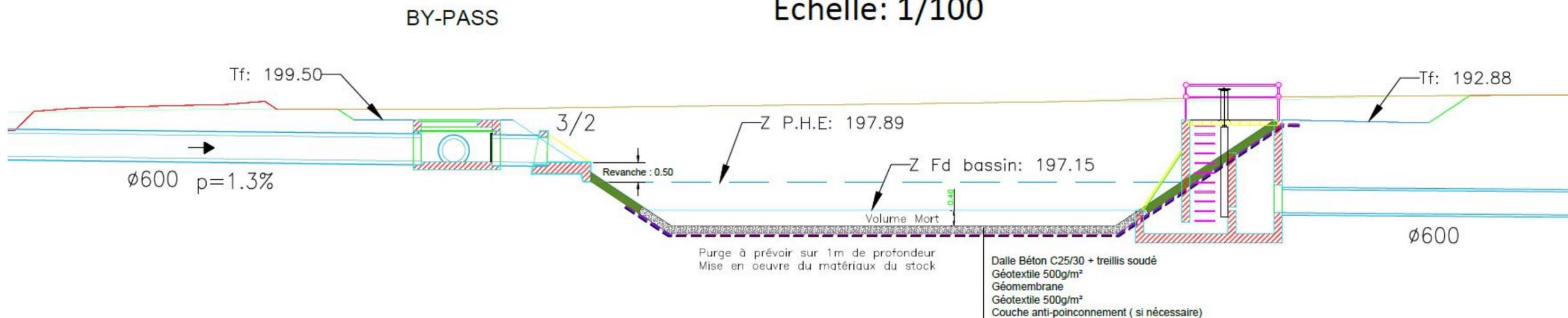


Illustration 14 : Vue en coupe du bassin de rétention n°1

2.1.4.3 Bassin n°2

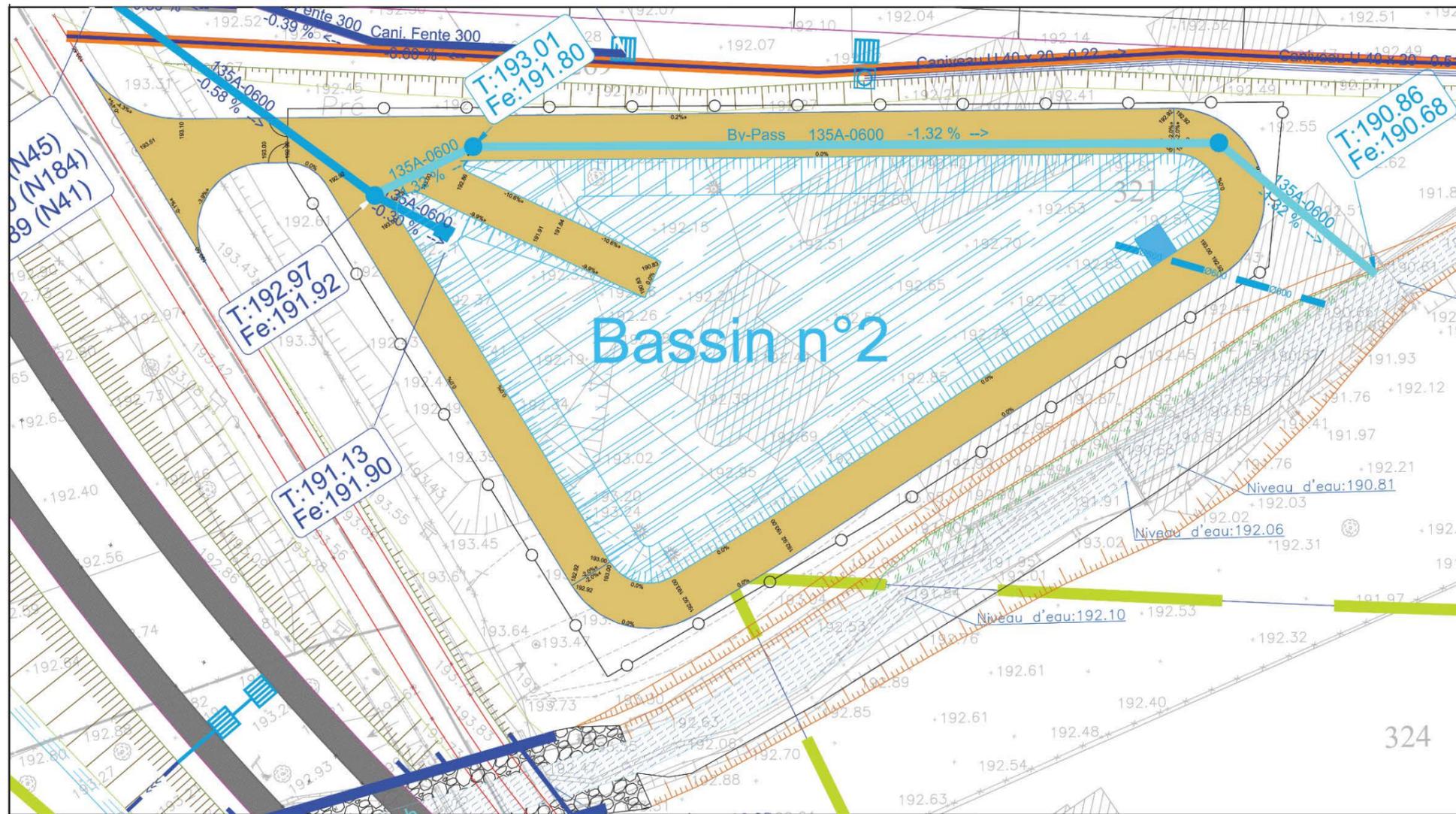


Illustration 15 : Vue en plan du bassin de rétention n°2

Bassin n°2 - Rétention
 Volume de rétention : 660m³
 Echelle: 1/200

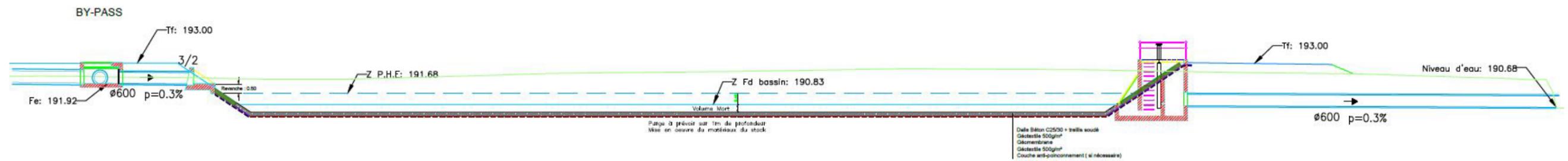


Illustration 16 : Vue en coupe du bassin de rétention n°2

2.1.4.4 Bassin n°3

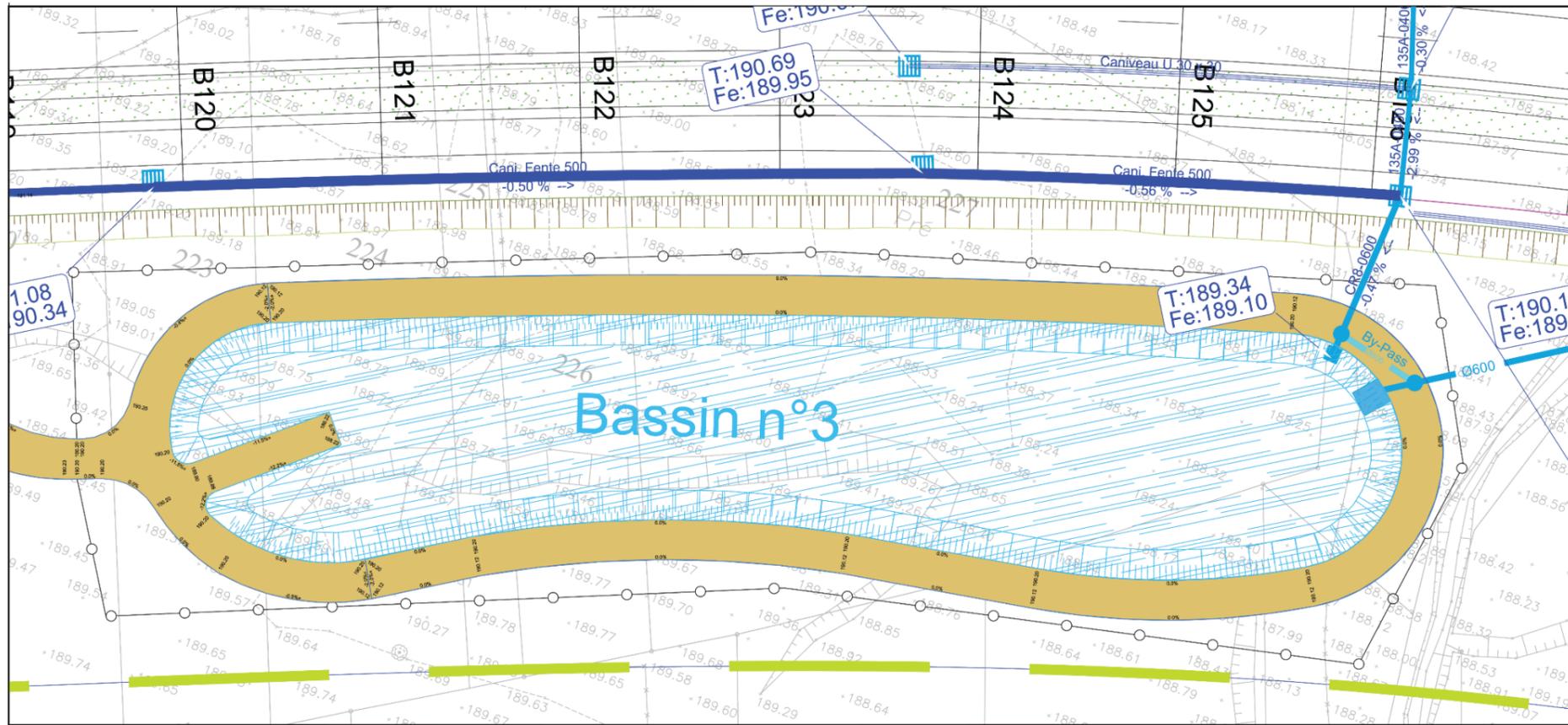


Illustration 17 : Vue en plan du bassin de rétention n°3

Bassin n°3 - Rétention
Volume de rétention : 755m³
Echelle: 1/100

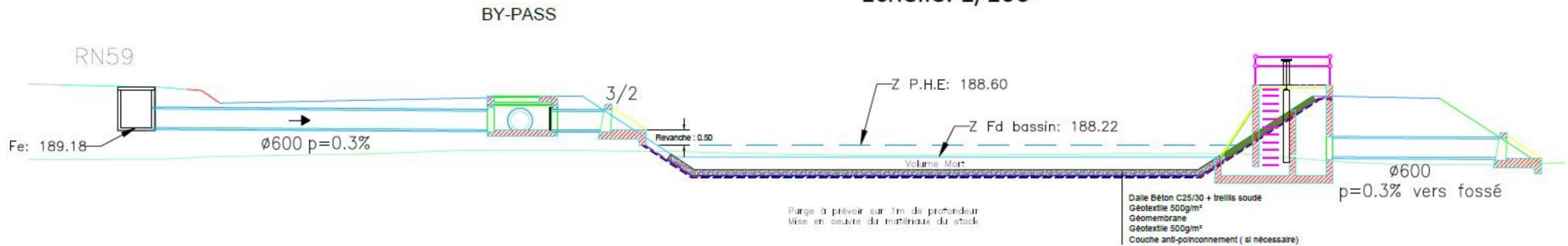


Illustration 18 : Vue en coupe du bassin de rétention n°3

2.1.4.5 Bassin n°4 – évolution depuis DAU août 2018

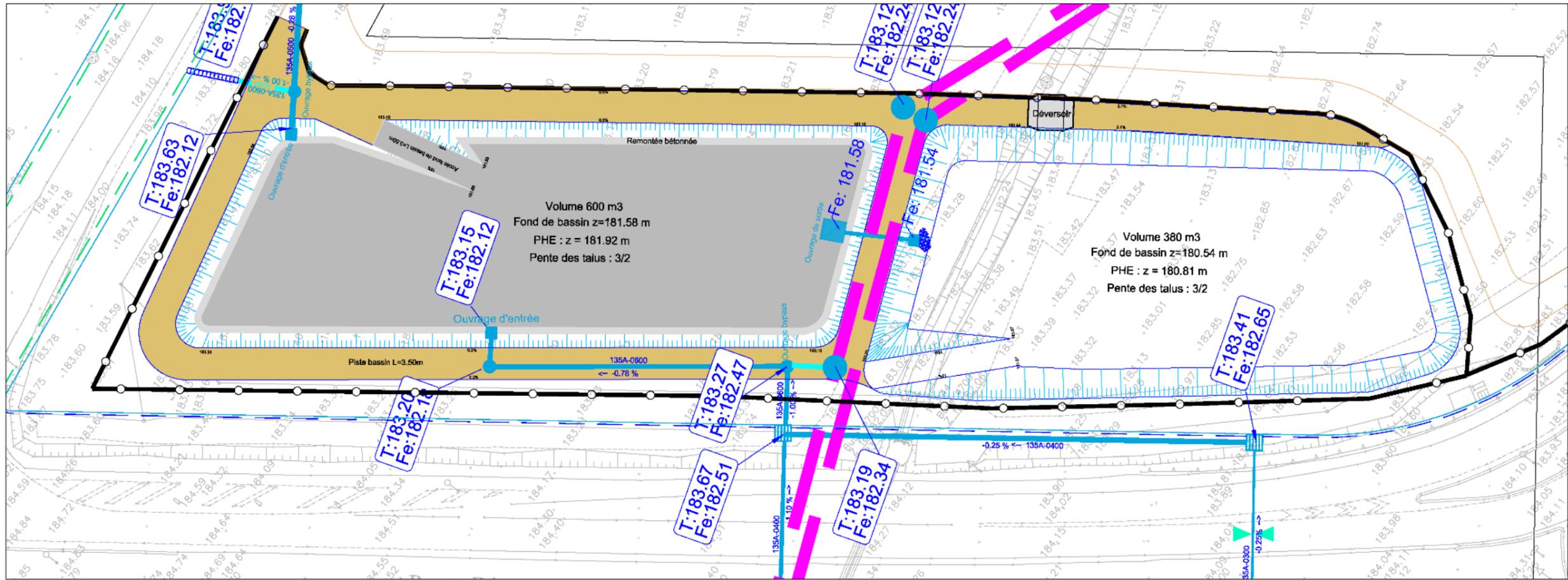


Illustration 19 : Vue en plan du bassin d'infiltration n°4 – évolution depuis DAU août 2018

Bassin n°4a - Rétention
Volume de rétention : 600m³

Bassin n°4b - Infiltration
Volume de rétention : 380m³

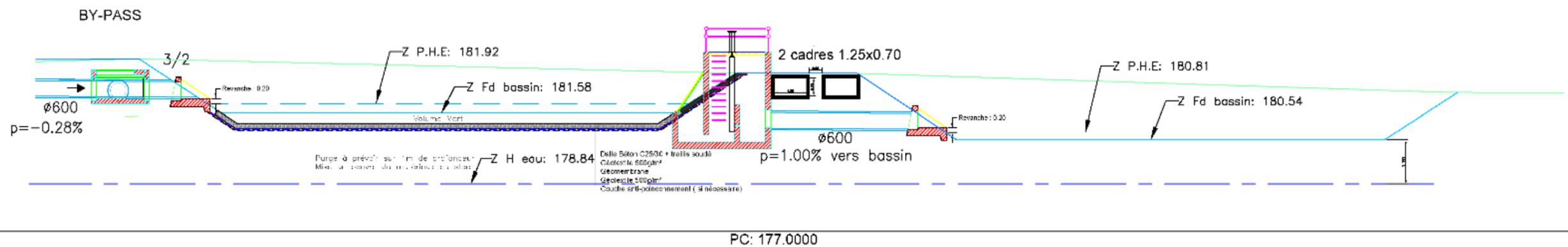
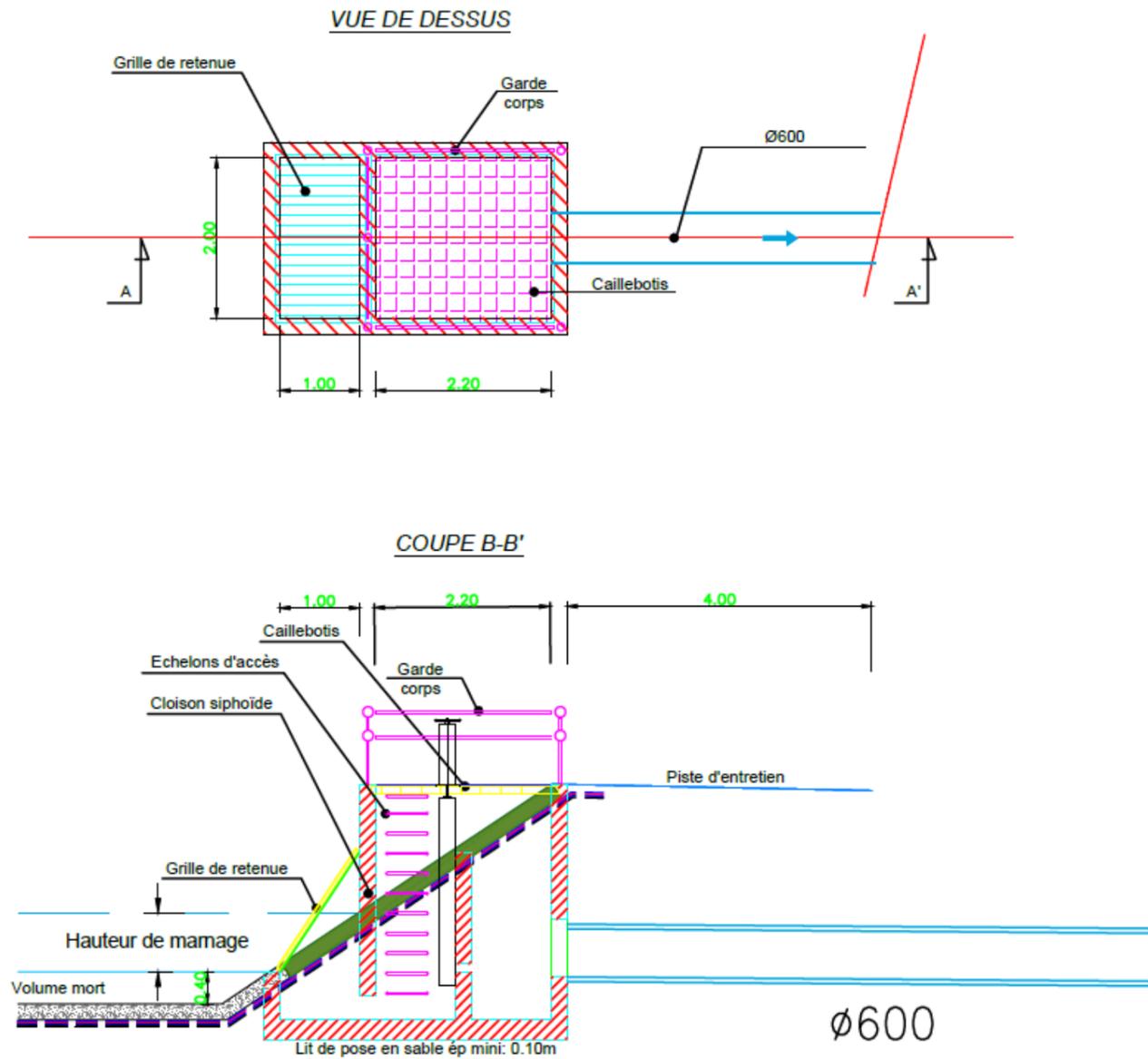


Illustration 20 : Vue en coupe du bassin d'infiltration n°4 – évolution depuis DAU août 2018

OUVRAGE DE SORTIE



OUVRAGE D'ENTREE DU BASSIN

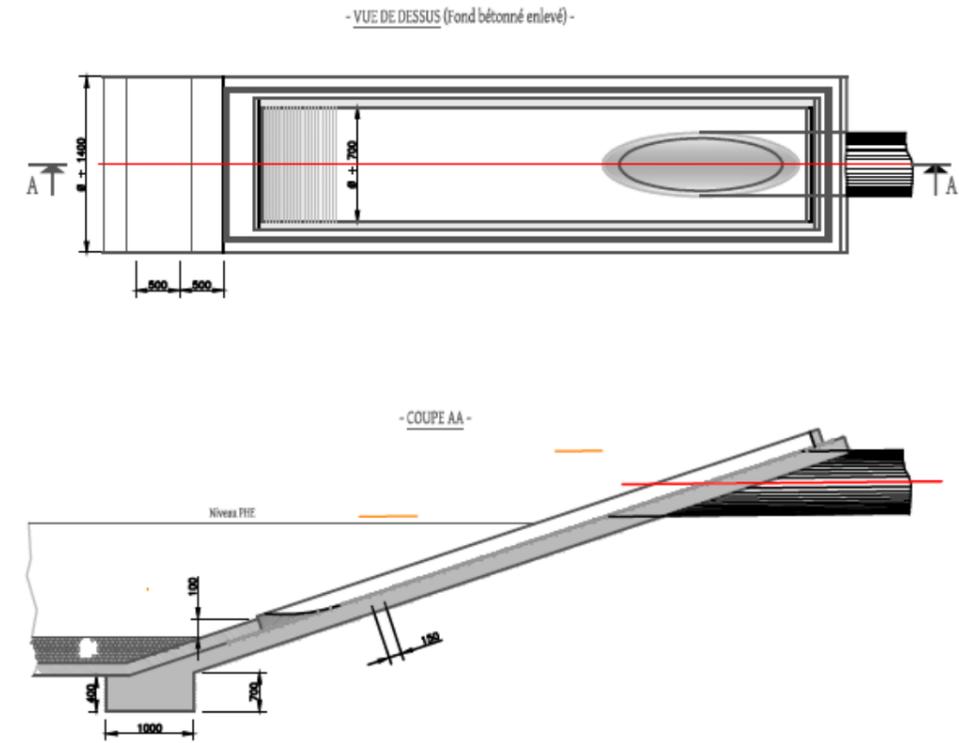
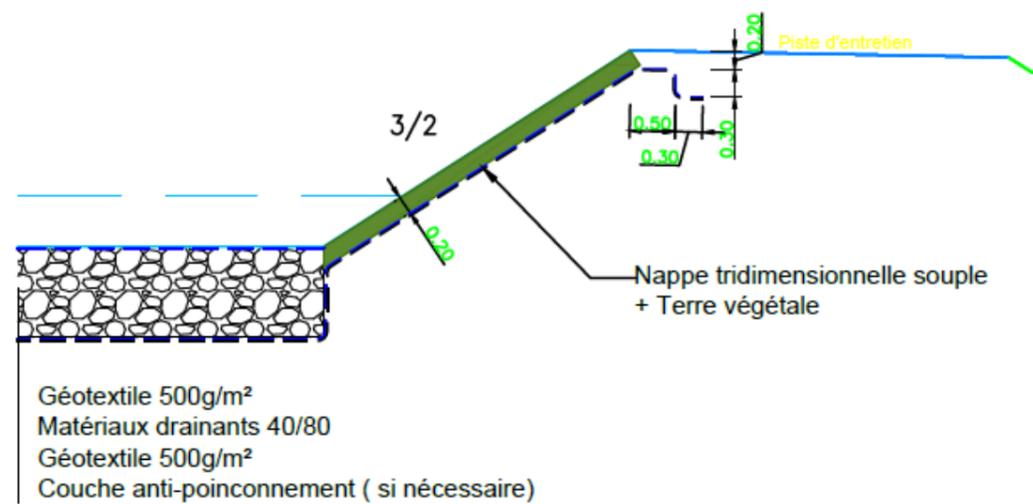
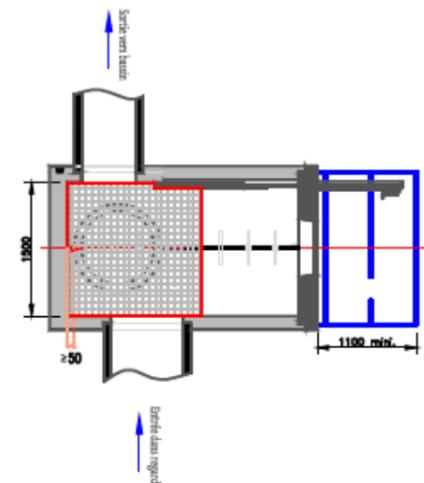


Illustration 21 : Ouvrages d'entrée et de sortie – évolution depuis DAU août 2018

COUPE TYPE DE L'INFILTRATION



BY-PASS VUE EN COUPE



BY-PASS VUE DE DESSUS

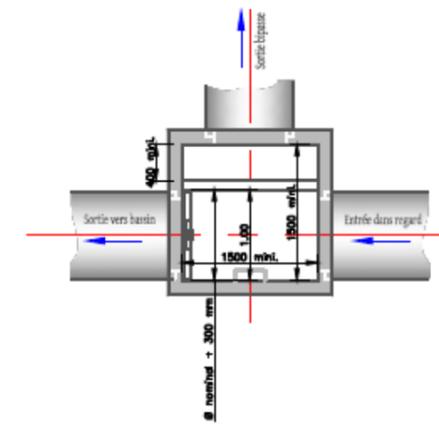


Illustration 22 : Infiltration et by pass – évolution depuis DAU août 2018

Surverse sur berge

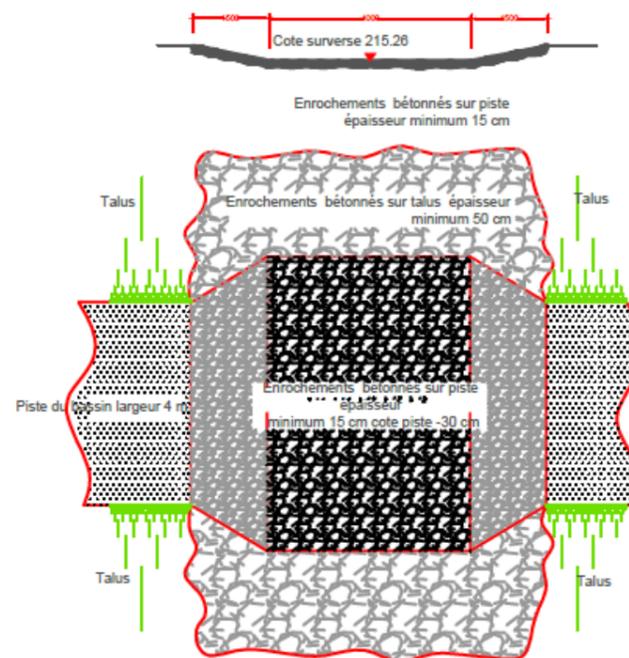


Illustration 23 : Surverse sur berge – évolution depuis DAU août 2018

2.1.5 Ouvrages de transfert

Ce dimensionnement est issu de la comparaison entre les débits décennaux calculés sur la base de la méthode rationnelle avec les débits capables des ouvrages de transfert.

CALCUL DES DEBITS DES BASSINS VERSANTS ROUTIERS ET DES PETITS BASSINS VERSANTS NATURELS														
Région		Ville		T retour Montana	<input type="checkbox"/> Manuel		* La vérification est positive si le débit capable du dispositif est supérieur au débit à évacuer							
					a= 197 b= 0,396		<input checked="" type="checkbox"/> Hauteur d'eau optimale (Tuyau)							
Nota : Calcul de l avec t = 6mn minimum (marqué par  t < 6 mn)														
REPERE DU BASSIN	COEF. DE RUISSEL. POND.	SUPER-FICIE	LONG.	V= K.RH ^{2/3} .P ^{1/2} dans l'ouvr. d'écoult.	t= 1/60xL/V	- b l = a x t pour 6<t<30mn	DEBIT Q 1/3600 x C x l x A	DISPOSITIF ADOPTE		HAUTEUR D'EAU	PENTE MOY.	SECT. MOUIL.	PERIM. MOUIL E	DEBIT CAPABLE
	C	A (m²)	L	V (m/s)	t	l	l/s *		Larg. fond ou e en m	m	%	m²	m	l/s *
Cunette droite A3 - A26	0,65	15 621	460	2,37	3,23 	96,90	273	Cunette B	0,30	0,281	1,80	0,198	1,56	470
Traversée chaussée - A26	0,65	15 621	475	1,56	5,07 	96,90	273	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau gauche A3- A26	1,00	3 512	485	2,31	3,50 	96,90	95	Caniveau	0,30	0,300	1,80	0,090	0,90	208
Caniveau gauche A26- A27	0,71	19 133	500	3,08	2,70 	96,90	368	Caniveau	0,50	0,400	1,80	0,200	1,30	616
Caniveau gauche A27- A34	1,00	1 497	230	2,11	1,82 	96,90	40	Caniveau	0,30	0,300	1,50	0,090	0,90	190
Caniveau vers bassin n°0	0,74	20 630	520	3,12	2,78 	96,90	408	Tuyau	0,50	0,469	2,00	0,191	1,32	597
Caniveau droit A35 - giratoire RD424	1,00	2 515	240	2,94	1,36 	96,90	68	Tuyau	0,30	0,281	3,50	0,069	0,79	202
Caniveau gauche A35 - giratoire RD424	1,00	2 005	240	2,94	1,36 	96,90	54	Tuyau	0,30	0,281	3,50	0,069	0,79	202
Caniveau gauche Giratoire RD424 - A56	1,00	6 630	490	2,33	3,50 	96,90	178	Tuyau	0,40	0,375	1,50	0,122	1,05	285
Caniveau fente TPC A56- A67	1,00	10 068	765	2,21	5,77 	96,90	271	Tuyau	0,50	0,469	1,00	0,191	1,32	422
Caniveau droit giratoire RD424 - A67	1,00	10 578	765	2,33	5,47 	96,90	285	Tuyau	0,40	0,375	1,50	0,122	1,05	285
Caniveau droit A67-A79	1,00	3 750	300	1,35	3,71 	96,90	101	Tuyau	0,40	0,375	0,50	0,122	1,05	165
Caniveau gauche A70- A79	1,00	2 813	225	1,11	3,38 	96,90	76	Tuyau	0,30	0,281	0,50	0,069	0,79	76
Caniveau fente TPC A67- A70	1,00	3 750	300	1,35	3,71 	96,90	101	Tuyau	0,40	0,375	0,50	0,122	1,05	165
Traversée demi chaussée A67	1,00	13 818	765	3,49	3,65 	96,90	372	Tuyau	0,50	0,469	2,50	0,191	1,32	668
Caniveau vers bassin n°1	1,00	28 145	765	3,94	3,23 	96,90	758	Tuyau	0,60	0,563	2,50	0,276	1,58	1086

**CALCUL DES DEBITS DES BASSINS VERSANTS ROUTIERS
ET
DES PETITS BASSINS VERSANTS NATURELS**

* La vérification est positive si le débit capable du dispositif est supérieur au débit à évacuer

Nota : Calcul de l avec t = 6mn minimum (marqué par ⌚ si t < 6 mn)

3/4 pour tuyau

a= 197
b= 0,396

REPERE DU BASSIN	COEF. DE RUISSEL. POND, C	SUPER-FICIE A (m²)	LONG. L	V= $\frac{2}{3} \frac{1}{2} \frac{KxRH \times P}{\dots}$ dans l'ouvr. d'écoult. V (m/s)	t= $\frac{1}{60} \times L / V$ t	- b l = a x t pour 6<t<30mn l	DEBIT Q10 $\frac{1}{3600} \times C \times l \times A$ l/s *	DISPOSITIF ADOPTE		HAUTEUR D'EAU m	PENTE MOY. %	SECT. MOUIL. m²	PERIM. MOUIL. E m	DEBIT CAPABLE l/s *
								Larg. fond ou Ø						
Caniveau gauche A79-A94	1,00	4 688	375	1,93	3,25 ⌚	96,90	126	Tuyau	0,30	0,281	1,50	0,069	0,79	132
Caniveau gauche A79-A96	1,00	5 313	425	2,33	3,04 ⌚	96,90	143	Tuyau	0,40	0,375	1,50	0,122	1,05	285
Caniveau droit A79-A96	1,00	5 313	425	2,33	3,04 ⌚	96,90	143	Tuyau	0,40	0,375	1,50	0,122	1,05	285
Caniveau gauche A96-A101	1,00	6 875	550	1,53	5,97 ⌚	96,90	185	Tuyau	0,40	0,375	0,65	0,122	1,05	188
Caniveau gauche A96-A116	1,00	11 063	885	1,78	8,29	85,27	262	Tuyau	0,50	0,469	0,65	0,191	1,32	341
Caniveau droit A96-A116	1,00	11 063	885	1,78	8,29	85,27	262	Tuyau	0,50	0,469	0,65	0,191	1,32	341
Caniveau gauche A116-A118	1,00	875	70	1,57	0,74 ⌚	96,90	24	Tuyau	0,30	0,281	1,00	0,069	0,79	108
Caniveau droit A116-A118	1,00	875	70	1,57	0,74 ⌚	96,90	24	Tuyau	0,30	0,281	1,00	0,069	0,79	108
Traversée chaussée A116	1,00	11 938	885	1,56	9,45	80,95	268	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau vers bassin n°2	1,00	23 875	885	2,49	5,92 ⌚	96,90	643	Tuyau	0,60	0,563	1,00	0,276	1,58	687

**CALCUL DES DEBITS DES BASSINS VERSANTS ROUTIERS
ET
DES PETITS BASSINS VERSANTS NATURELS**

* La vérification est positive si le débit capable du dispositif est supérieur au débit à évacuer

Nota : Calcul de l avec t = 6mn minimum (marqué par ⌚ si t < 6 mn)

a= 197
b= 0,396

REPERE DU BASSIN	COEF. DE RUISSEL. POND, C	SUPER-FICIE A (m²)	LONG. L	V= $\frac{2}{3} \frac{1}{2} KxRH \times P$ dans l'ouvr. d'écoulmt. V (m/s)	t= $\frac{1}{60} \times L/V$ t	l = a x t pour 6<t<30mn l	DEBIT Q10 $\frac{1}{3600} \times C \times l \times A$ l/s *	DISPOSITIF ADOPTE		HAUTEUR D'EAU m	PENTE MOY. %	SECT. MOUIL. m²	PERIM. MOUILLE m	DEBIT CAPABLE l/s *
									Larg. fond ou Ø					
Caniveau gauche A118-A127	1,00	2 813	225	1,11	3,38 ⌚	96,90	76	Tuyau	0,30	0,281	0,50	0,069	0,79	76
Caniveau droit A118-A127	1,00	2 813	225	1,11	3,38 ⌚	96,90	76	Tuyau	0,30	0,281	0,50	0,069	0,79	76
Caniveau gauche A127-A138	1,00	6 250	500	1,35	6,19	95,70	166	Tuyau	0,40	0,375	0,50	0,122	1,05	165
Caniveau droit A127-A138	1,00	6 250	500	1,35	6,19	95,70	166	Tuyau	0,40	0,375	0,50	0,122	1,05	165
Caniveau gauche A138-A143	1,00	7 813	625	1,56	6,67	92,91	202	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau TPC A143-A145	1,00	8 438	675	1,56	7,21	90,12	211	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau droit A138-A145	1,00	8 438	675	1,56	7,21	90,12	211	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau TPC A147-A154	1,00	2 188	175	1,57	1,86 ⌚	96,90	59	Tuyau	0,30	0,281	1,00	0,069	0,79	108
Caniveau TPC A154-A160	1,00	1 875	150	1,57	1,59 ⌚	96,90	50	Tuyau	0,30	0,281	1,00	0,069	0,79	108
Caniveau droit A152-A154	1,00	4 375	225	1,79	2,09 ⌚	96,90	118	Tuyau	0,30	0,281	1,30	0,069	0,79	123
Caniveau droit A147-A152	1,00	5 938	325	1,90	2,85 ⌚	96,90	160	Tuyau	0,40	0,375	1,00	0,122	1,05	233
Caniveau droit A145-A147	1,00	8 750	550	1,56	5,87 ⌚	96,90	236	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau droit A154-A160	1,00	1 875	150	1,57	1,59 ⌚	96,90	50	Tuyau	0,30	0,281	1,00	0,069	0,79	108
Passage OH3 droit	1,00	3 750	150	2,22	1,13 ⌚	96,90	101	Tuyau	0,30	0,281	2,00	0,069	0,79	153
Passage OH2 droit	1,00	8 125	675	1,56	7,20	90,12	203	Tuyau	0,50	0,469	0,50	0,191	1,32	299
Caniveau vers bassin n°3	1,00	25 938	725	3,05	3,96 ⌚	96,90	698	Tuyau	0,60	0,563	1,50	0,276	1,58	841

**CALCUL DES DEBITS DES BASSINS VERSANTS ROUTIERS
ET
DES PETITS BASSINS VERSANTS NATURELS**

* La vérification est positive si le débit capable du dispositif est supérieur au débit à évacuer

Nota : Calcul de l avec t = 6mm minimum (marqué par ⌚ si t < 6 mn)

a= 197
b= 0,396

3/4 pour tuyau

REPERE DU BASSIN	COEF. DE RUISSEL. POND, C	SUPER-FICIE A (m²)	LONG. L	V= $\frac{2}{3} \frac{1}{2} KxRH \times P$ dans l'ouvr. d'écoulmt. V (m/s)	t= $\frac{1}{60xL/V}$ t	- b $l = a \times t$ pour 6<t<30mn l	DEBIT Q10 $\frac{1}{3600} \times C \times l \times a$ l/s *	DISPOSITIF ADOPTE		HAUTEUR D'EAU m	PENTE MOY. %	SECT. MOUIL. m²	PERIM. MOUILLE m	DEBIT CAPABLE l/s *
									Larg. fond ou Ø					
Caniveau TPC A160-A170	1,00	3 125	250	2,22	1,88 ⌚	96,90	84	Tuyau	0,30	0,281	2,00	0,069	0,79	153
Caniveau droit A160-A174	1,00	4 375	350	2,22	2,63 ⌚	96,90	118	Tuyau	0,30	0,281	2,00	0,069	0,79	153
Caniveau gauche A170-A174	1,00	4 375	350	2,22	2,62 ⌚	96,90	118	Tuyau	0,30	0,281	2,00	0,069	0,79	153
Caniveau droit A174-A181	1,00	3 063	175	1,65	1,77 ⌚	96,90	82	Tuyau	0,30	0,281	1,10	0,069	0,79	113
Caniveau gauche A174-A181	1,00	3 063	175	1,65	1,77 ⌚	96,90	82	Tuyau	0,30	0,281	1,10	0,069	0,79	113
Traversée chaussée A170	1,00	7 438	350	2,45	2,39 ⌚	96,90	200	Tuyau	0,40	0,375	1,65	0,122	1,05	299
Cana vers PB Bassin 5	1,00	14 875	525	1,58	5,55 ⌚	96,90	400	Tuyau	0,60	0,563	0,40	0,276	1,58	434
Caniveau droit A181-A187	1,00	2 313	150	1,28	1,96 ⌚	96,90	62	Tuyau	0,30	0,281	0,66	0,069	0,79	88
Caniveau gauche A181-A190	1,00	3 250	225	1,28	2,94 ⌚	96,90	87	Tuyau	0,30	0,281	0,66	0,069	0,79	88
Caniveau TPC A187-A190	1,00	3 250	225	1,28	2,94 ⌚	96,90	87	Tuyau	0,30	0,281	0,66	0,069	0,79	88
Caniveau gauche A190-A194	1,00	4 500	325	1,55	3,50 ⌚	96,90	121	Tuyau	0,40	0,375	0,66	0,122	1,05	189
Caniveau TPC A190-A194	1,00	4 500	325	1,55	3,50 ⌚	96,90	121	Tuyau	0,40	0,375	0,66	0,122	1,05	189
Caniveau gauche A194-A203	1,00	11 813	550	1,79	5,11 ⌚	96,90	318	Tuyau	0,50	0,469	0,66	0,191	1,32	343
Caniveau gauche A194-A203 - solution B	1,00	11 813	550	1,62	5,64 ⌚	96,90	318	Caniveau	0,50	0,400	0,50	0,200	1,30	325
Caniveau droit A194-A203	1,00	2 813	225	1,28	2,94 ⌚	96,90	76	Tuyau	0,30	0,281	0,66	0,069	0,79	88
Cana vers bassin n°4	1,00	14 625	550	1,37	6,71	92,68	377	Tuyau	0,60	0,563	0,30	0,276	1,58	376

2.1.6 Dimensionnement des ouvrages pour la gestion des pollutions – nouveau paragraphe

2.1.6.1 Principe

En plus du dimensionnement à l'écrêtement, présenté au paragraphe 2.1.4, page 316, les bassins sont dimensionnés conformément au Guide Technique Pollution d'Origine Routière (GTPOR) pour contenir une pollution accidentelle lors d'une pluie de période de retour de 2 ans, avec l'ouvrage de sortie fermé.

$$V_u = S_a \times h_{(T,t)} + V_{PA}$$

avec

- V_u = volume utile, en m³
- S_a = surface active de l'impluvium routier, en m²
- $h_{(T,t)}$ = hauteur d'eau de la pluie de période de retour T et de durée t, en m
- V_{PA} = volume de la pollution accidentelle, $V_{PA} = 50$ m³

Ces bassins sont également dimensionnés pour être compatibles avec le délai d'intervention des agents pour fermer l'orifice de sortie. Le délai pris en compte est de 1 heure.

Les bassins ont été vérifiés vis-à-vis de la pollution chronique conformément au GTPOR. Les fichiers de vérification sont consultables ci-après.

Chaque ouvrage de stockage (rétention et infiltration) sera muni, d'un ouvrage d'entrée composé d'une vanne martelière et d'un by-pass permettant de shunter le bassin en cas de pollution accidentelle. Chaque bassin sera également muni d'un ouvrage de sortie composée d'un dégrilleur, d'une cloison siphonide, d'une vanne martelière et d'un orifice de sortie dont le diamètre d'ajutage correspond au débit de fuite du bassin.

Pour les deux bassins d'infiltration, le principe sera de piéger la pollution accidentelle dans l'ouvrage de stockage mis en place (isolé par une vanne martelière). Dans le cas où ce dispositif ne suffise pas, le traitement ultérieur à la pollution nécessitera une intervention curative sur le fond du bassin pour évacuer les zones polluées.

2.1.6.2 Vérification du dimensionnement des ouvrages pour la gestion de la pollution chronique

Ces éléments ont été introduits dans le dossier à la suite du mémoire en réponse à la demande de précisions formulée par la DDT à l'automne 2018.

CalBass Aide ?

Bassin n°

Remise à zéro

Vulnérabilité au point de rejet

Ouvrage de traitement minimum (GTPOR)

Surface active de l'impluvium (Sa = S.C) m²

Débit de fuite autorisé (Qfa) l/s

Choix du dimensionnement

Pour les pollutions

Pour l'écrêtement

Pour les pollutions et l'écrêtement

Volume utile du bassin (Vu) m³

Volume utile retenu (Vu_(retenu)) m³

L et l en fond de bassin L(m)= l(m)=

Calcul du volume utile pour la pollution accidentelle

Choix d'une période de retour

Choix automatique (GTPOR)

Saisie manuelle

Station météo

Intervalle de validité des coefficients de Montana			
a (2 ans)	mn	3	h
<input type="text" value="6,041"/>			
<input type="text" value="0,781"/>			

Choix d'une durée de pluie

Choix automatique (GTPOR) mn

Saisie manuelle

H(T,t) m

Volume pollution accidentelle (Vpa) m³

Volume utile pollution accidentelle (Vu(pa)) m³

Calcul du volume mort

Hauteur d'eau utile dans le bassin (hu) m

Hauteur du volume mort (hm) m

Choix de la pente des talus du volume utile

Choix dans liste déroulante

Autres choix

Longueur et largeur au miroir du volume mort

Calcul automatique (GTPOR)

Saisie manuelle

Rapport L/l (X)	Largeur (l)	Longueur (L)
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="12,57"/> m	<input type="text" value="25,13"/> m

Attention : X < 6

Surface au miroir du volume mort (Sb) m²

Calcul du volume mort

Parois verticales (GTPOR)

Même pente que les talus du volume ut

Volume mort (Vmort) m³

Choix du Ø de l'orifice de sortie et calcul du temps de propagation de la pollution

Entrer le temps d'intervention pour la fermeture de la vanne (Ti) h mn

Débit de fuite maxi à mi-hauteur utile (Qfmax(hu/2)) l/s

Entrer le diamètre de l'orifice de sortie (Ø) mm

Choix du coefficient d'ajutage

Ajustage rentrant (exemple GTPOR) $\mu =$

Autre choix

Calcul du débit de fuite (Qf) l/s

OK : Qf ≤ Qfa

Calcul du débit de fuite à hu/2 (Qf(hu/2)) l/s

OK : Qf(hu/2) ≤ Qfmax(hu/2)

Temps de propagation de la pollution (Tp)

OK : Ti < Tp

Calcul de la surface pour le traitement de la pollution chronique

Débit de pointe décennal à l'entrée du bassin (Q10ans) m³/s

Choix de la période de retour

$Q2 = 0,6 \cdot Q10$ m³/s

Choix de la vitesse de sédimentation (Vs) m/h

Vitesse horizontale maximum (Vhmax) m/s

Calcul de la vitesse horizontale (Vh) m/s

OK : Vh ≤ Vhmax

Calcul de la surface minimum du bassin (Smini) m²

OK : Smini ≤ Sb

Calcul du volume utile pour l'écrêtement des débits

Choix du débit de fuite du bassin

Débit de fuite issu des calculs précédents

Débit de fuite autorisé (Qfa)

Autre débit de fuite

Colmar					
10 ans					
15	mn	6	h	6	h
<input type="text" value="10,833"/>				<input type="text" value="5,316"/>	
<input type="text" value="0,777"/>				<input type="text" value="0,667"/>	

Volume(s) utile(s) d'écrêtement corrigé(s)

Choix du volume utile

Valider Vu(e)1 Valider Vu(e)2 Calculer la moyenne

Voir les dimensions du bassin

Dimensionnement du bassin d'écrêtement

Choix de la pente des talus du volume utile

Choix dans liste déroulante

Autres choix

Longueur et largeur en fond de bassin

Calcul automatique

Saisie manuelle

CalBass Aide ?

Bassin n°

Remise à zéro

Vulnérabilité au point de rejet
Ouvrage de traitement minimum (GTPOR)
Par sécurité Bassin avec volume mort

Surface active de l'impluvium (Sa = S.C) m²
Débit de fuite autorisé (Qfa) l/s

Choix du dimensionnement
 Pour les pollutions
 Pour l'écrêtement
 Pour les pollutions et l'écrêtement

Volume utile du bassin (Vu) m³
Volume utile retenu (Vu_(retenu)) m³
L et l en fond de bassin L(m)= l(m)=

Calcul du volume utile pour la pollution accidentelle

Choix d'une période de retour
 Choix automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle

Station météo
 Intervalle de validité des coefficients de Montana
 a (2 ans)

15	mn	6	h
6,965			

 b (2 ans)

15	mn	6	h
0,760			

Choix d'une durée de pluie
 Choix automatique (GTPOR) mn
 Saisie manuelle

H(T,t) m
 Volume pollution accidentelle (Vpa) m³
Volume utile pollution accidentelle (Vu(pa)) m³

Calcul du volume mort

Hauteur d'eau utile dans le bassin (hu) m
 Hauteur du volume mort (hm) m

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur au miroir du volume mort
 Calcul automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle
 Rapport L/l (X)
 Largeur (l) m
 Longueur (L) m

Surface au miroir du volume mort (Sb) m²

Calcul du volume mort
 Parois verticales (GTPOR) **Volume mort (Vmort)** m³
 Même pente que les talus du volume ut

Choix du Ø de l'orifice de sortie et calcul du temps de propagation de la pollution

Entrer le temps d'intervention pour la fermeture de la vanne (Ti) h mn
 Débit de fuite maxi à mi-hauteur utile (Qfmax(hu/2)) l/s
 Entrer le diamètre de l'orifice de sortie (Ø) mm

Choix du coefficient d'ajutage
 Ajutage rentrant (exemple GTPOR) $\mu =$
 Autre choix

Calcul du débit de fuite (Qf) l/s
OK : Qf ≤ Qfa

Calcul du débit de fuite à hu/2 (Qf(hu/2)) l/s
OK : Qf(hu/2) ≤ Qfmax(hu/2)

Temps de propagation de la pollution (Tp)
OK : Ti < Tp

Calcul de la surface pour le traitement de la pollution chronique

Débit de pointe décennal à l'entrée du bassin (Q10ans) m³/s
 Choix de la période de retour
 $Q2 = 0,6 * Q10$ m³/s
 Choix de la vitesse de sédimentation (Vs) m/h
 Vitesse horizontale maximum (Vhmax) m/s
 Calcul de la vitesse horizontale (Vh) m/s
OK : Vh ≤ Vhmax

Calcul de la surface minimum du bassin (Smini) m²
OK : Smini ≤ Sb

Calcul du volume utile pour l'écrêtement des débits

Choix du débit de fuite du bassin
 Débit de fuite issu des calculs précédents
 Débit de fuite autorisé (Qfa)
 Autre débit de fuite

Colmar

10 ans			
15	mn	6	h
10,833			
0,777			

10 ans			
6	h	24	h
5,317			
0,667			

Volume(s) utile(s) d'écrêtement corrigé(s)

Choix du volume utile
 Valider Vu(e)1 Valider Vu(e)2 Calculer la moyenne

Voir les dimensions du bassin

Dimensionnement du bassin d'écrêtement

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur en fond de bassin
 Calcul automatique
 Saisie manuelle

CalBass Aide ?

Bassin n°

Vulnérabilité au point de rejet
Ouvrage de traitement minimum (GTPOR)
Par sécurité Bassin avec volume mort

Surface active de l'impluvium (Sa = S.C) m²
Débit de fuite autorisé (Qfa) l/s

Choix du dimensionnement
 Pour les pollutions
 Pour l'écrêtement
 Pour les pollutions et l'écrêtement

Volume utile du bassin (Vu) m³
Volume utile retenu (Vu_(retenu)) m³
L et l en fond de bassin L(m)= l(m)=

Calcul du volume utile pour la pollution accidentelle ?

Choix d'une période de retour
 Choix automatique (GTPOR) ans
 Saisie manuelle

Station météo
 Intervalle de validité des coefficients de Montana
 a (2 ans)

6	mn	3	h
6,965			

 b (2 ans)

0,760			
-------	--	--	--

Choix d'une durée de pluie
 Choix automatique (GTPOR) mn
 Saisie manuelle

H(T,t) m
 Volume pollution accidentelle (Vpa) m³
Volume utile pollution accidentelle (Vu(pa)) m³

Calcul du volume mort ?

Hauteur d'eau utile dans le bassin (hu) m
 Hauteur du volume mort (hm) m

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur au miroir du volume mort
 Calcul automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle

Rapport L/l (X)	<input type="text" value="6"/>	
Largeur (l)	<input type="text" value="9,84"/>	m
Longueur (L)	<input type="text" value="59,07"/>	m

Surface au miroir du volume mort (Sb) m²

Calcul du volume mort
 Parois verticales (GTPOR) **Volume mort (Vmort)** m³
 Même pente que les talus du volume ut

Choix du Ø de l'orifice de sortie et calcul du temps de propagation de la pollution ?

Entrer le temps d'intervention pour la fermeture de la vanne (Ti) h mn
 Débit de fuite maxi à mi-hauteur utile (Qfmax(hu/2)) l/s
 Entrer le diamètre de l'orifice de sortie (Ø) mm

Choix du coefficient d'ajutage
 Ajutage rentrant (exemple GTPOR) $\mu =$
 Autre choix

Calcul du débit de fuite (Qf) l/s
OK : Qf ≤ Qfa

Calcul du débit de fuite à hu/2 (Qf(hu/2)) l/s
OK : Qf(hu/2) ≤ Qfmax(hu/2)

Temps de propagation de la pollution (Tp)
OK : Ti < Tp

Calcul de la surface pour le traitement de la pollution chronique ?

Débit de pointe décennal à l'entrée du bassin (Q10ans) m³/s
 Choix de la période de retour ans
 $Q2 = 0,6 \cdot Q10$ m³/s
 Choix de la vitesse de sédimentation (Vs) m/h
 Vitesse horizontale maximum (Vhmax) m/s
 Calcul de la vitesse horizontale (Vh) m/s
OK : Vh ≤ Vhmax

Calcul de la surface minimum du bassin (Smini) m²
OK : Smini ≤ Sb

Calcul du volume utile pour l'écrêtement des débits ?

Choix du débit de fuite du bassin
 Débit de fuite issu des calculs précédents
 Débit de fuite autorisé (Qfa)
 Autre débit de fuite

Colmar					
10 ans					
15	mn	6	h	6	h
10,833			5,317		
0,777			0,667		

Volume(s) utile(s) d'écrêtement corrigé(s)

Choix du volume utile
 Valider Vu(e)1 Valider Vu(e)2 Calculer la moyenne

Dimensionnement du bassin d'écrêtement ?

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur en fond de bassin
 Calcul automatique
 Saisie manuelle

CalBass Aide ?

Remise à zéro **Bassin n°**

Vulnérabilité au point de rejet
Ouvrage de traitement minimum (GTPOR)
Par sécurité Bassin avec volume mort

Surface active de l'impluvium (Sa = S.C) m²
Débit de fuite autorisé (Qfa) l/s

Choix du dimensionnement
 Pour les pollutions
 Pour l'écrêtement
 Pour les pollutions et l'écrêtement

Volume utile du bassin (Vu) m³
Volume utile retenu (Vu_(retenu)) m³
L et l en fond de bassin L(m)= l(m)=

Calcul du volume utile pour la pollution accidentelle ?

Choix d'une période de retour
 Choix automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle

Station météo
 Intervalle de validité des coefficients de Montana

				Colmar		
15	mn	6	h			
a (2 ans)			6,965			
b (2 ans)			0,760			

 Choix d'une durée de pluie
 Choix automatique (GTPOR) mn
 Saisie manuelle

H(T,t) m
 Volume pollution accidentelle (Vpa) m³
Volume utile pollution accidentelle (Vu(pa)) m³

Calcul du volume mort ?

Hauteur d'eau utile dans le bassin (hu) m
 Hauteur du volume mort (hm) m

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur au miroir du volume mort
 Calcul automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle

Rapport L/l (X)	<input type="text" value="6"/>	
Largeur (l)	<input type="text" value="12,28"/>	m
Longueur (L)	<input type="text" value="73,66"/>	m

Surface au miroir du volume mort (Sb) m²

Calcul du volume mort
 Parois verticales (GTPOR) **Volume mort (Vmort)** m³
 Même pente que les talus du volume ut

Choix du Ø de l'orifice de sortie et calcul du temps de propagation de la pollution ?

Entrer le temps d'intervention pour la fermeture de la vanne (Ti) h mn
 Débit de fuite maxi à mi-hauteur utile (Qfmax(hu/2)) l/s
 Entrer le diamètre de l'orifice de sortie (Ø) mm

Choix du coefficient d'ajutage
 Ajutage rentrant (exemple GTPOR) $\mu =$
 Autre choix

Calcul du débit de fuite (Qf) l/s
OK : Qf ≤ Qfa

Calcul du débit de fuite à hu/2 (Qf(hu/2)) l/s
OK : Qf(hu/2) ≤ Qfmax(hu/2)

Temps de propagation de la pollution (Tp)
OK : Ti < Tp

Calcul de la surface pour le traitement de la pollution chronique ?

Débit de pointe décennal à l'entrée du bassin (Q10ans) m³/s
 Choix de la période de retour
 $Q2 = 0,6 \cdot Q10$ m³/s

Choix de la vitesse de sédimentation (Vs) m/h
 Vitesse horizontale maximum (Vhmax) m/s
 Calcul de la vitesse horizontale (Vh) m/s
OK : Vh ≤ Vhmax

Calcul de la surface minimum du bassin (Smini) m²
OK : Smini ≤ Sb

Calcul du volume utile pour l'écrêtement des débits ?

Choix du débit de fuite du bassin
 Débit de fuite issu des calculs précédents l/s
 Débit de fuite autorisé (Qfa)
 Autre débit de fuite

Station météo
 Choix de la période de retour
 Intervalle de validité des coefficients de Montana

						Colmar				
			15	mn	6	h	6	h	24	h
a (10 ans)			10,833			5,317				
b (10 ans)			0,777			0,667				

 Détermination du temps de remplissage (Tr) mn

Volume utile d'écrêtement m³
 Coefficient majorateur avec $\alpha = 0,5$

Volume(s) utile(s) d'écrêtement corrigé(s)

	Vu(e)1	Vu(e)2
	<input type="text" value="895"/>	<input type="text" value="906"/>

Choix du volume utile
 Valider Vu(e)1 Valider Vu(e)2 Calculer la moyenne

Volume utile d'écrêtement corrigé retenu (Vu(e)) m³

Vu(e) > Vu(pol) - Le bassin a été redimensionné.
Voir les dimensions du bassin

Dimensionnement du bassin d'écrêtement ?

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur en fond de bassin
 Calcul automatique
 Saisie manuelle

CaIBass Aide ?

Bassin n° 4

[Remise à zéro](#)

Vulnérabilité au point de rejet
Ouvrage de traitement minimum (GTPOR) Inconnue
Par sécurité Bassin avec volume mort

Surface active de l'impluvium (Sa = S.C) 31400 m²
Débit de fuite autorisé (Qfa) 15 l/s

Choix du dimensionnement
 Pour les pollutions
 Pour l'écrêtement
 Pour les pollutions et l'écrêtement

Volume utile du bassin (Vu) 591 m³
Volume utile retenu (Vu_(retenu)) 591 m³
L et l en fond de bassin L(m)= 60,2 l(m)= 10,0

Calcul du volume utile pour la pollution accidentelle

Choix d'une période de retour
 Choix automatique (GTPOR) 2 ans
 Saisie manuelle

Station météo Colmar
 Intervalle de validité des coefficients de Montana
 a (2 ans)

6	mn	3	h
6,041			

 b (2 ans)

0,781			
-------	--	--	--

Choix d'une durée de pluie
 Choix automatique (GTPOR) 120 mn
 Saisie manuelle

H(T,t) 0,017 m
 Volume pollution accidentelle (Vpa) 50 m³
Volume utile pollution accidentelle (Vu(pa)) 591 m³

Calcul du volume mort

Hauteur d'eau utile dans le bassin (hu) 0,85 m
 Hauteur du volume mort (hm) 0,5 m

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante 3H/2V
 Autres choix

Longueur et largeur au miroir du volume mort
 Calcul automatique (GTPOR)
 Saisie manuelle

Rapport L/l (X)	6	
Largeur (l)	10,03	m
Longueur (L)	60,19	m

Surface au miroir du volume mort (Sb) 604 m²

Calcul du volume mort
 Parois verticales (GTPOR) **Volume mort (Vmort)** 301,93 m³
 Même pente que les talus du volume ut

Choix du Ø de l'orifice de sortie et calcul du temps de propagation de la pollution

Entrer le temps d'intervention pour la fermeture de la vanne (Ti) 1 h 0 mn
 Débit de fuite maxi à mi-hauteur utile (Qfmax(hu/2)) 41,9 l/s
 Entrer le diamètre de l'orifice de sortie (Ø) 90 mm

Choix du coefficient d'ajutage
 Ajutage rentrant (exemple GTPOR) $\mu =$ 0,5
 Autre choix

Calcul du débit de fuite (Qf) 12,6 l/s
OK : Qf ≤ Qfa

Calcul du débit de fuite à hu/2 (Qf(hu/2)) 8,7 l/s
OK : Qf(hu/2) ≤ Qfmax(hu/2)

Temps de propagation de la pollution (Tp) 4 h 50 mn
OK : Ti < Tp

Calcul de la surface pour le traitement de la pollution chronique

Débit de pointe décennal à l'entrée du bassin (Q10ans) 0,565 m³/s
 Choix de la période de retour 2 ans
 Q2 = 0,6*Q10 0,339 m³/s
 Choix de la vitesse de sédimentation (Vs) 1 m/h
 Vitesse horizontale maximum (Vhmax) 0,15 m/s
 Calcul de la vitesse horizontale (Vh) 0,002 m/s
OK : Vh ≤ Vhmax

Calcul de la surface minimum du bassin (Smini) 275 m²
OK : Smini ≤ Sb

Calcul du volume utile pour l'écrêtement des débits

Choix du débit de fuite du bassin
 Débit de fuite issu des calculs précédents
 Débit de fuite autorisé (Qfa)
 Autre débit de fuite

Colmar					
10 ans					
15	mn	6	h	6	h
10,833			5,317		
0,777			0,667		

Volume(s) utile(s) d'écrêtement corrigé(s) _____

Choix du volume utile
 Valider Vu(e)1 Valider Vu(e)2 Calculer la moyenne

[Voir les dimensions du bassin](#)

Dimensionnement du bassin d'écrêtement

Choix de la pente des talus du volume utile
 Choix dans liste déroulante
 Autres choix

Longueur et largeur en fond de bassin
 Calcul automatique
 Saisie manuelle

3 DELIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'AIRE D'ETUDE

3.1 RAPPEL DE L'HISTORIQUE DU DOSSIER

Une étude spécifique sur les zones humides a été menée en 2011 par ESOPE dans le cadre de la réactualisation de la DUP (les résultats sont consultables dans l'étude d'impact, en annexe du dossier d'autorisation unique).

Des expertises complémentaires ont été réalisées en 2016 et au printemps 2017 par BIOTOPE pour confirmer et préciser certains relevés ressortant à l'époque comme « non déterminés ».

Ces deux inventaires ont été réalisés sous la réglementation de délimitation des zones humides d'après l'arrêté ministériel 2008, modifié 2009 (avec critères alternatifs).

En automne 2017 BIOTOPE a réajusté, à l'aide de nouvelles expertises terrain et l'analyse des résultats de piézomètres, la délimitation des zones humides d'après la circulaire du Conseil d'Etat de février 2017 (avec critères cumulatifs).

3.1.1 Rappel méthodologique

La méthodologie de délimitation des zones humides utilisée par BIOTOPE lors de ces passages est la suivante¹.

Dans un premier temps une cartographie de la végétation est entreprise. Celle-ci permet de couvrir la majorité des surfaces étudiées en caractérisant les habitats d'après la nomenclature CORINE Biotopes ou Prodrome des végétations de France (cf. annexe de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009 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).

Trois types d'habitats en découlent :

- Les habitats « humides » (H) ;
- Les habitats « potentiellement ou partiellement humides » (pro parte, p) ;
- Les habitats « non caractéristiques » (NC).

Dans un second temps, les habitats « pro parte » et « non caractéristiques » font l'objet d'une étude de sol. Précisons que des sondages pédologiques sont réalisés en prenant compte de la topographie du site d'étude et le type de sol observé (d'après le tableau GEPPA, 1981 et la description des sols en annexe de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009) afin de déterminer *in fine* le caractère humide de la zone. Les zones fortement anthropisées, telles que les habitations, n'ont pas fait l'objet de sondages pédologiques et sont dites zones « non concernées ».

Le schéma suivant résume la méthodologie globale adoptée par BIOTOPE dans le cadre de la délimitation des zones humides du site d'étude.

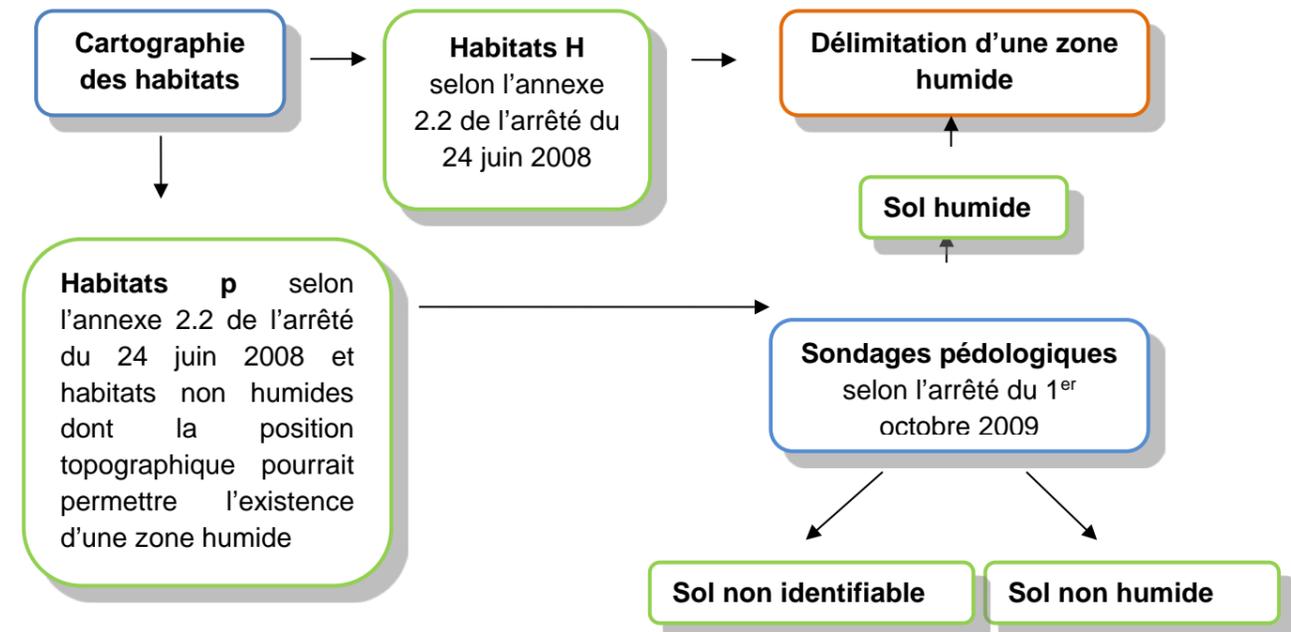


Illustration 24 : Schéma de la méthode de caractérisation des zones humides d'après l'arrêté ministériel de 2008, modifié 2009.

¹ Ce paragraphe est un résumé de la méthodologie expliquée en détail dans le dossier de dérogation consultable en pièce H du présent dossier.

3.1.2 Délimitation des zones humides selon l'arrêté de 2008, modifié en 2009

3.1.2.1 Délimitation des zones humides selon l'étude réalisée par ESOPE

D'après l'étude ESOPE finalisée en 2012² sur un périmètre élargi (voir Figure 10), un peu plus de 100 ha peuvent être considérés comme "Zones humides avérées sur critère habitat" sur la base de la cartographie des habitats (nomenclatures CORINE Biotopes et phytosociologique) et des relevés phytosociologiques.

Les habitats humides recensés sur le secteur sont listés dans l'illustration ci-dessous.

Code CORINE Biotopes	Habitat selon CORINE Biotopes	Arrêté du 24 juin 2008	Surface en ha	% de la zone	
24.226	Gravier des rivières de plaines	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	1,86	0,33	102,75 ha soit 18,20 % de la zone
37.1	Communauté à Reine des prés et communautés associées	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	0,48	0,08	
37.214	Prairie humide à Seneçon aquatique	Zone humide selon critère phytosociologique (Relevés 2005, 2011 et 2012)	9,06	1,60	
37.214	Prairie humide à Seneçon aquatique	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	1,96	0,35	
37.25	Prairie humide de transition à hautes herbes	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	0,22	0,04	
37.71	Ourllet des cours d'eau	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	5,44	0,96	
38.22	Prairie des plaines médio-européennes à fourrage	Zone humide selon critère phytosociologique (Relevés 2005, 2011 et 2012)	22,80	4,04	
38.22	Prairie des plaines médio-européennes à fourrage	Zone humide selon critère phytosociologique (typologie des habitats)	1,66	0,29	
44.	Forêt riveraine	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	0,87	0,15	
44.13	Saulaie arborescente à Saule blanc	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	4,18	0,74	
44.331	Bois de Frênes et d'Aulnes des rivières à eaux lentes	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	14,54	2,57	
44.331 x 83.324	Bois de Frênes et d'Aulnes des rivières à eaux lentes x Plantation de Robinier	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	39,42	6,98	
53.21	Communauté à grandes laïches	Zone humide selon nomenclature CORINE Biotopes	0,26	0,05	
	Autres habitats	Potentiellement humide	461,96	81,80	
	Total		564,71	100,00	

Illustration 25 : Extrait du rapport ESOPE 2012 listant les habitats humides selon CORINE biotopes sur le secteur d'étude étendu (Extrait du tableau 7 du rapport cité : synthèse des zones humides sur la base de la végétation).

Des analyses pédologiques ont par ailleurs été réalisées sur ce périmètre élargi aboutissant à une superficie de **108 ha** de zones humides.

Le critère végétation a été majoritairement utilisé pour délimiter ces zones humides (103.05 ha contre 4.86 ha sur critère pédologique) en raison des difficultés à réaliser et interpréter les sondages pédologiques dans certains secteurs (nappes bien oxygénées empêchant l'apparition de traces d'oxydo-réduction).

Les cartes ainsi obtenues sont présentées ci-dessous.

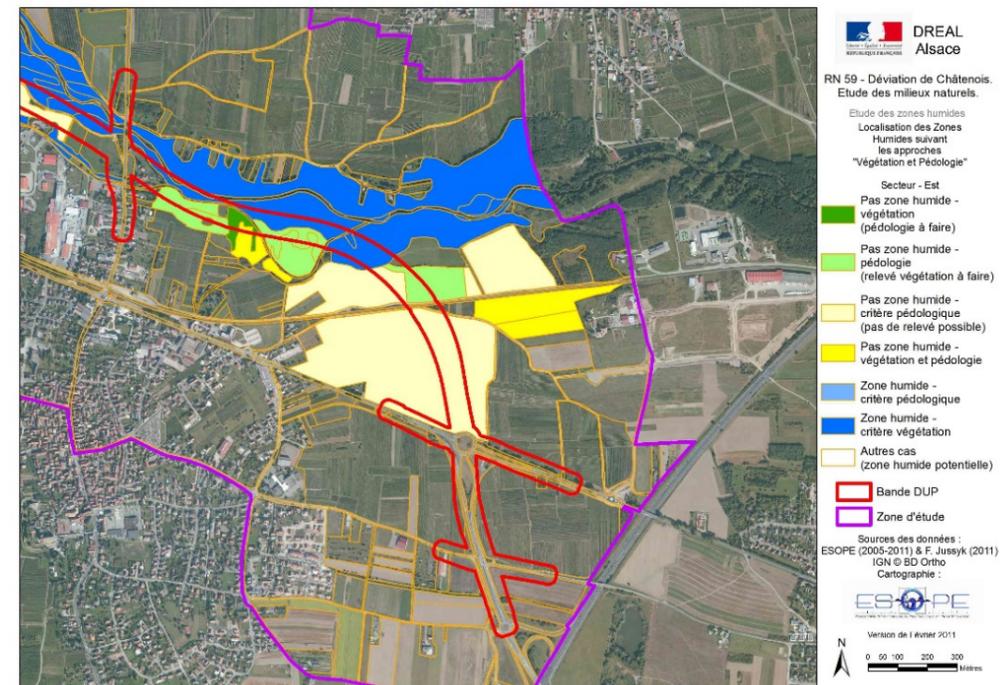
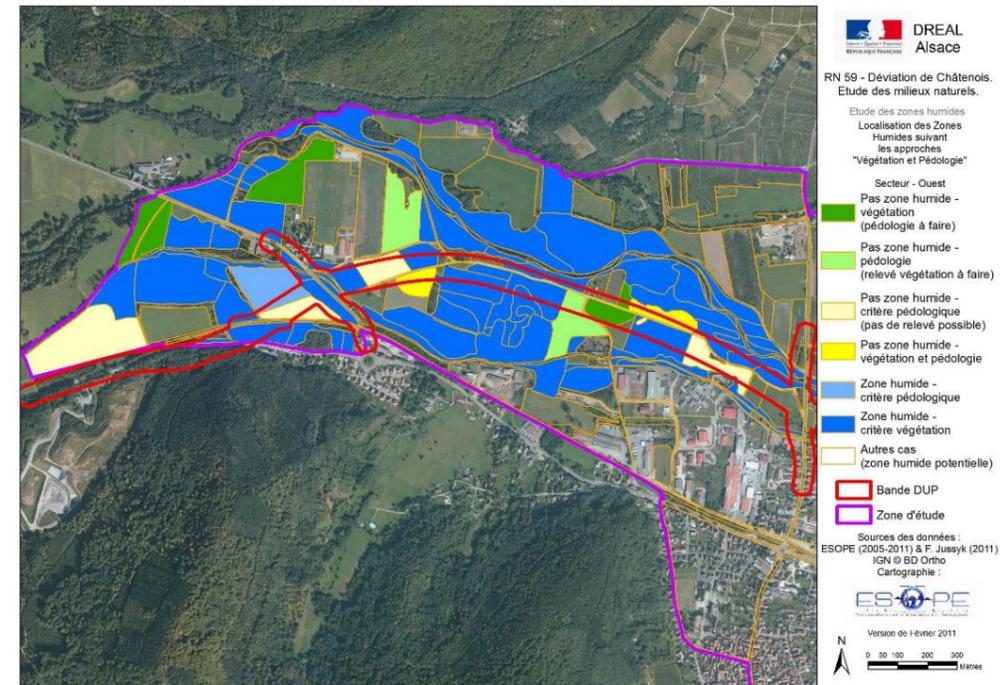


Illustration 26 : Localisation des zones humides sur critères alternatifs (végétation et pédologie) d'après l'étude ESOPE 2012.

² Jussyk, Esope. 2012. RN59 Déviation de Châtenois. Inventaire des Zones humides. 25 p.

Sur la base de ces cartes et à partir de l'emprise chantier actuelle, une superficie totale de 6.6 ha de zones humides serait potentiellement impactée par le projet d'aménagement (critères alternatifs – critère végétation ou pédologique).

A noter que l'emprise chantier n'a pas été couverte intégralement par l'étude ESOPE : seul 90% du périmètre est en effet couvert (voir Tableau 2 et section ci-dessous).

Tableau 9 - Superficie des zones humides délimitées par Esope en 2012 sur l'emprise du projet actuelle (source : Esope 2012).

Synthèse	Superficie (ha)	% de l'emprise chantier actuelle
Non concerné	4.9	20.0
Non conclusif (pro parte sans pédologie)	3.5	14.4
Non ZH (critère pédologique)	5.3	21.7
Non ZH (critère végétation)	1.6	6.4
Non ZH (critères cumulatifs)	0.1	0.6
ZH (critère pédologique)	0.2	0.8
ZH (critère végétation)	6.4	26.2
Total général	22.1	90.3

Nota : La catégorie « non conclusif » se réfère aux habitats pro-parte pour lesquels aucun sondage n'a été réalisé ou, si le sondage a été réalisé, aucune conclusion n'a pu être formulée (sondage indéterminé : remblai, refus de carrière etc.).

Les catégories « Non ZH » sur critère pédologique ou végétation concluent à l'absence de caractère humide sur l'un ou l'autre des deux critères.

3.1.2.2 Délimitation des zones humides selon l'étude réalisée par ESOPE complétée par BIOTOPE

Comme mentionné ci-avant, certains secteurs n'ont pas été couverts par les prospections réalisées par Esope car l'emprise du projet a évolué depuis 2012. Ceci porte principalement sur le secteur Ouest du projet tel qu'indiqué sur l'illustration ci-dessous.



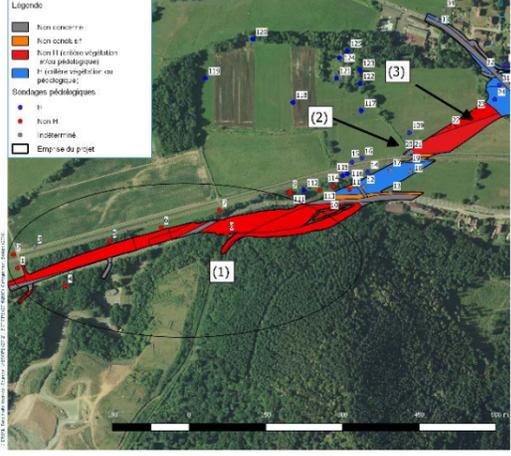
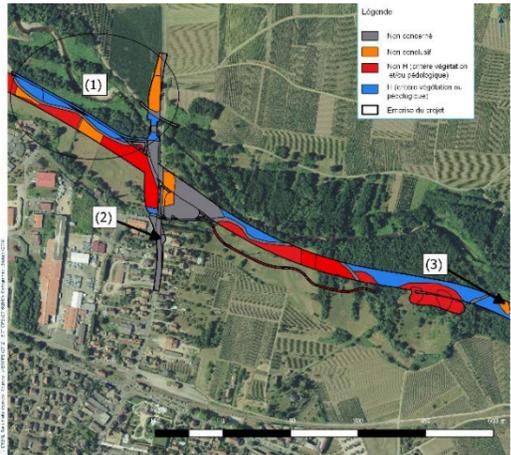
Illustration 27 : Secteur non concerné par l'étude d'Esope en 2012 (liseré rouge sur la carte ci-contre).

Des compléments ont donc été réalisés par Biotope en 2016/2017 pour délimiter les zones humides sur l'emprise totale du projet (délimitation sur critères alternatifs). Ces compléments ont également concerné certains secteurs considérés comme non conclusifs par Esope.

Ce travail complémentaire a permis d'enrichir la cartographie des habitats sur le secteur ouest sur 2.3 ha et confirmer - voire, le cas échéant, modifier - l'identification de certains habitats cartographiés alors par ESOPE.

Le tableau page suivante détaille les modifications par secteur.

Tableau 10 - Descriptifs des compléments/modifications apportés par Biotope lors des prospections de terrain 2016/2017.
Extraits cartographiques Modifications / compléments

Extraits cartographiques	Modifications / compléments
	<p>A l'ouest de l'emprise du projet, sur le secteur non couvert par Esope, l'ensemble de la zone est considéré comme non humide sur critère habitat et/ou pédologique.</p> <p>(1) Les habitats rencontrés sont soit anthropiques (voie de communication, zone anthropique) soit <i>pro parte</i> (chênaies hêtraies collinéennes, bosquet, plantation de robiniers). Les sondages pédologiques ne révèlent pas de traces d'hydromorphie. La superficie totale de ces habitats est de 2.3 ha.</p> <p>(2) Au nord, une roselière a été identifiée (habitat H – polygone bleu) pour une surface de 0.02 ha. Cet habitat était initialement défini comme une haie par ESOPE (catégorie « non conclusif »).</p> <p>(3) Enfin au nord-est du secteur, alors qu'ESOPE avait considéré cet habitat comme humide sur critère pédologique (terrain en friche – habitat <i>pro parte</i>) les analyses complémentaires ont révélé l'absence de traces d'hydromorphie (deux sondages ont été réalisés - n°22 et 23). Cet habitat a donc été déclassé en non humide (0.21 ha).</p>
	<p>Plus à l'Est, des mises à jour des habitats ont été réalisées.</p> <p>(1) Initialement considérées comme des saulaies arborescentes à saules blanc, ourlets des cours d'eau, ou encore bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes, l'ensemble de ces habitats ont été regroupés sous l'intitulé « Forêts de frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens x bosquets à Renouée du Japon ». Cet habitat est considéré comme humide tel qu'identifié initialement par ESOPE (0.55 ha).</p> <p>(2) Au sud du secteur présenté ici, un verger de haute tige a été observé par ESOPE. L'habitat est désormais une zone anthropique (0.02 ha). Dans les deux cas, cet habitat n'était pas considéré humide (non conclusif selon ESOPE).</p> <p>(3) Enfin, à l'Est du secteur, ESOPE avait identifié un ourlet des cours d'eau (H), là où est désormais observé un bosquet à Renouée du Japon et Robinier faux acacia (pro parte – 0.06 ha).</p>
	<p>(1) Au sud Est de l'emprise du projet, une prairie sèche améliorée était observée en lieu et place, à l'heure actuelle, d'un vignoble (tous deux considérés comme non humides). La superficie est de 0.01 ha.</p> <p>(2) Enfin, deux entités considérées comme des bosquets (non humides) sont désormais identifiées comme une forêt de frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (habitat humide, 0.007 ha).</p>

Un bilan de ces modifications est présenté dans le tableau ci-contre.

Tableau 11 - Superficie des zones humides délimitées par Esope en 2012 et actualisé par BIOTOPE (2016 /2017) sur l'emprise du projet actuelle (sources : Esope 2012, Biotope 2016/2017).

Synthèse	Superficie (ha) Données ESOPE	Superficie (ha) Données ESOPE et BIOTOPE	Remarques
Non concerné	4.9	5.3	Ajout zones anthropiques secteur ouest (0.4 ha) et disparition du verger (zone anthropique désormais, 0.02 ha)
Non conclusif	3.5	3.6	Ajout d'un habitat de « Renouée du Japon et Robinier faux acacia » (0.06 ha)
Non ZH (critère pédologique)	5.3	5.3	-
Non ZH (critère végétation)	1.6	1.6	-
Non ZH (critères cumulatifs)	0.1	2.3	Ajout habitats non humides dans le secteur ouest non prospectés par ESOPE (2.2 ha)
ZH (critère pédologique)	0.2	0.0	Suppression de l'entité « terrain en friche » considérée comme humide par ESOPE sur critère pédologique (0.21 ha)
ZH (critère végétation)	6.4	6.3	Ajout de l'entité « roselière » (0.02 ha), » forêt de frêne et d'aulne » (0.007 ha) et suppression de l'habitat « Renouée du Japon et Robinier faux acacia » (initialement ourlet des cours d'eau, 0.06 ha)
Total général (emprise du projet)	22.1	24.4	-

Au total, la superficie de zones humides sur l'emprise du projet est estimée à 6.3 ha sur la base des critères alternatifs. A noter toutefois la superficie encore relativement importante de la catégorie « non conclusif ». Ceci s'explique par l'importante difficulté à réaliser et interpréter les sondages pédologiques, comme le soulignait alors ESOPE dans son rapport de 2012.

La carte ci-après présente la totalité des zones humides avérées sur l'emprise du projet (sur critères alternatifs) (Illustration 28)

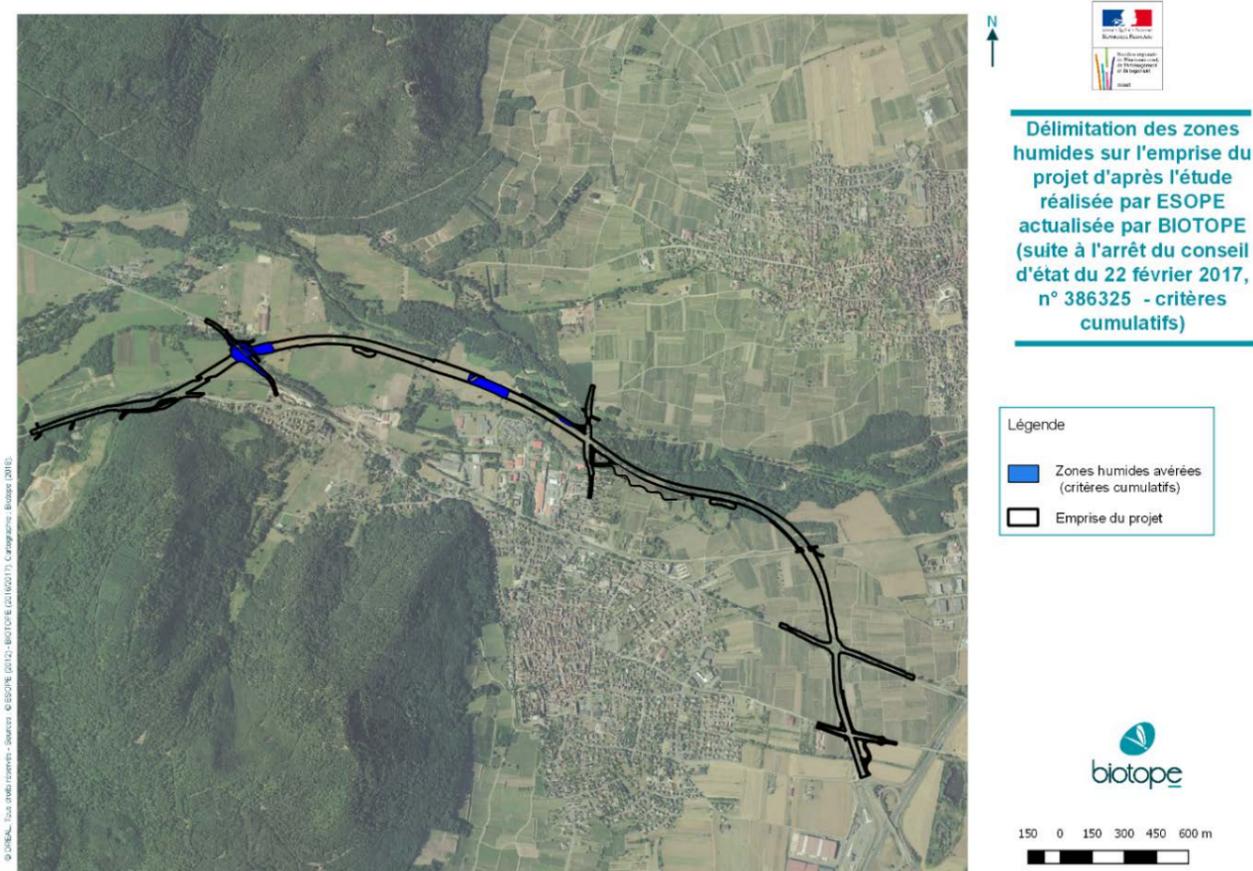


Illustration 28 : Carte des zones humides avérées d'après l'arrêté ministériel 2008, modifié 2009.

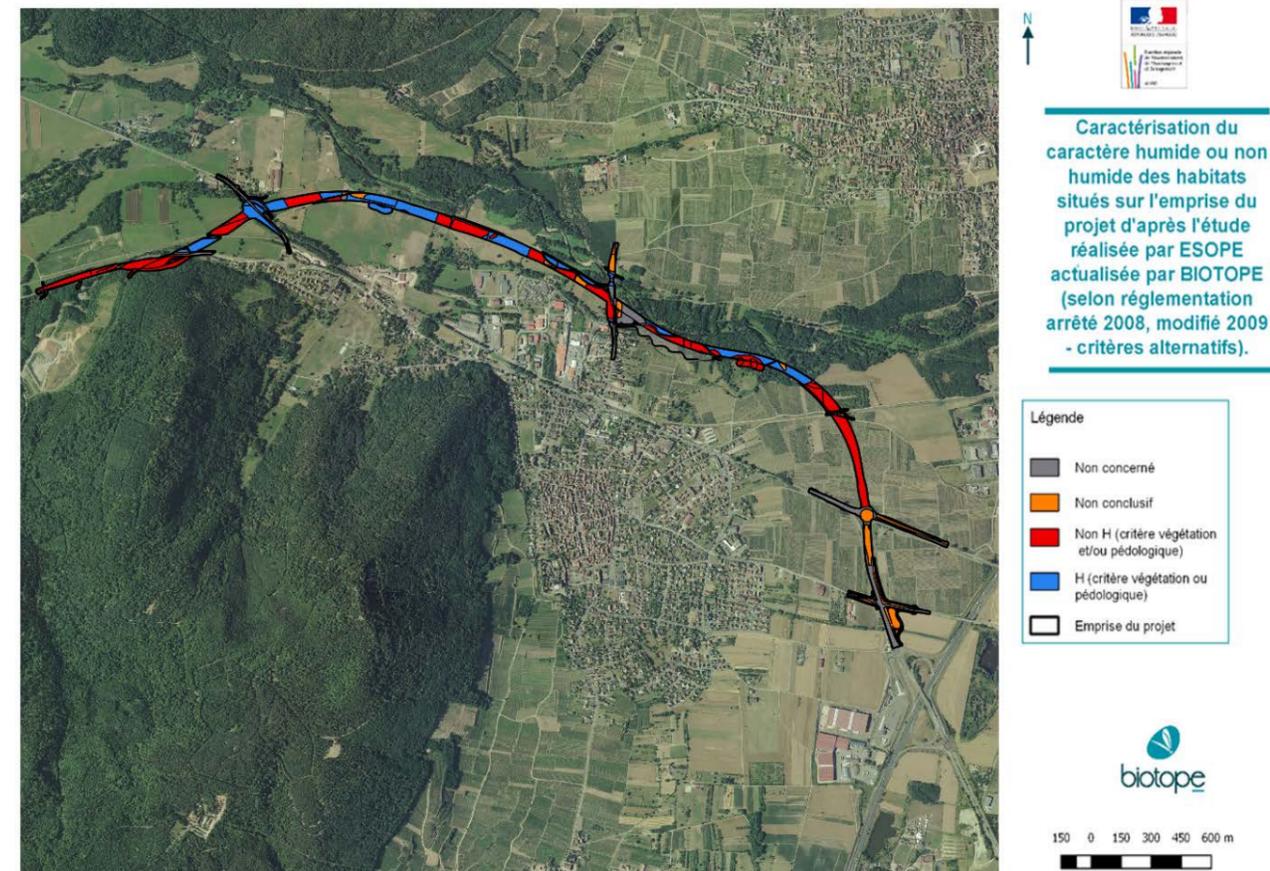


Illustration 29 : Caractérisation du caractère humide des habitats situés sur l'emprise du projet.

La carte suivante indique la localisation de l'ensemble des secteurs humides, non humides, non concernés ou non conclusifs (Illustration 29).

Pour rappel, la catégorie "non concerné" fait référence aux habitats anthropiques. La catégorie "non conclusif" réfère aux habitats de type pro parte dont le critère pédologique n'a pas permis de statuer (ou absence de sondage pédologique).

Nota : La catégorie "non concerné" fait référence aux habitats anthropiques. La catégorie "non conclusif" réfère aux habitats de type pro parte dont le critère pédologique n'a permis de statuer.

Enfin, les illustrations suivantes font état de la cartographie des habitats actualisés.

Légende

Habitats naturels et semi naturels :

-  Bois de Frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes (44.331)
-  Bois de Frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes (44.331) x Plantation de Robinier (83.324)
-  Bosquet (84.3)
-  Bosquets à Renouée du Japon et Robinier faux-acacia (84.3)
-  Chênaies hêtraies collinéennes (41.13)
-  Chênaies fraîches hygrophiles (41.2)
-  Culture (82.1)
-  Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3)
-  Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3) X Bosquet à Renouée du Japon (84.3)
-  Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3) X Plantation de Robinier (83.324)
-  Forêt riveraine (44)
-  Fourré medio-européen sur sol fertile (31.8)
-  Haie (84.2)
-  Lit de rivière : Le Muehlbach avec vegetation du Ranunculon fluitantis et du Callitrichio-Batrachion (24 x 24.4)
-  Pelouse semi-aride medio-europeenne à Bromus erectus (34.322)
-  Peuplement d'espèces invasives (87.2)
-  Plantation de Robiniers (83.324)
-  Prairie améliorée (81)
-  Prairie humide a Sénécion aquatique (37.214)
-  Prairie sèche améliorée (81.1)
-  Prairies de fauche des plaines medio-europeennes (38.22)
-  Pâture mésophile (38.1)
-  Roselières (53.1)
-  Terrain en friche (87.1)
-  Verger de haute tige (83.15)
-  Vignoble (83.21)
-  Voie de communication (86)
-  Zone anthropique (86)

100 0 100 m



Illustration 30 : Cartographie des habitats actualisés par Biotopé (2016 / 2017) 1/5

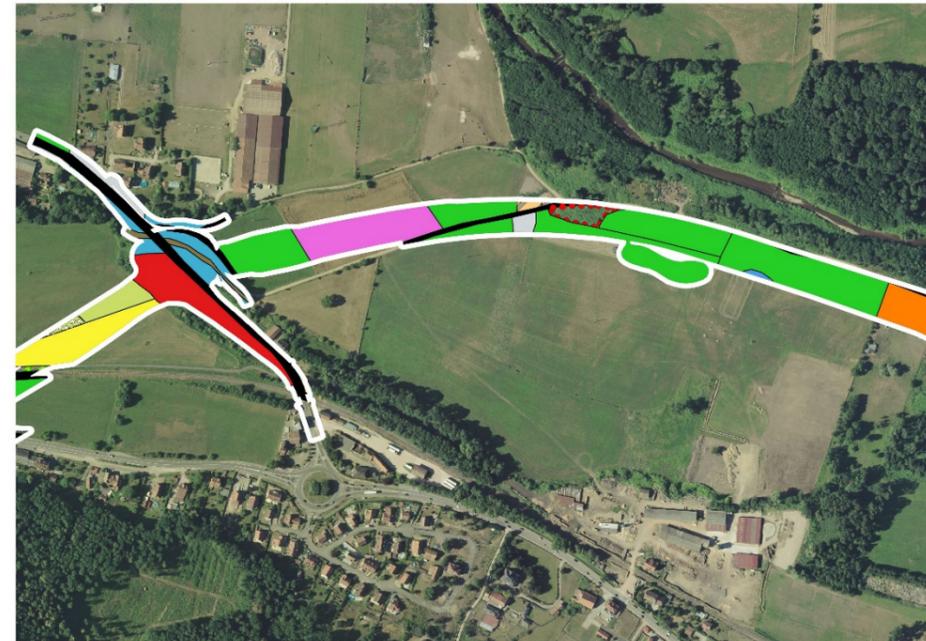


Illustration 31 : Cartographie des habitats actualisés par Biotopé (2016 / 2017) 2/5

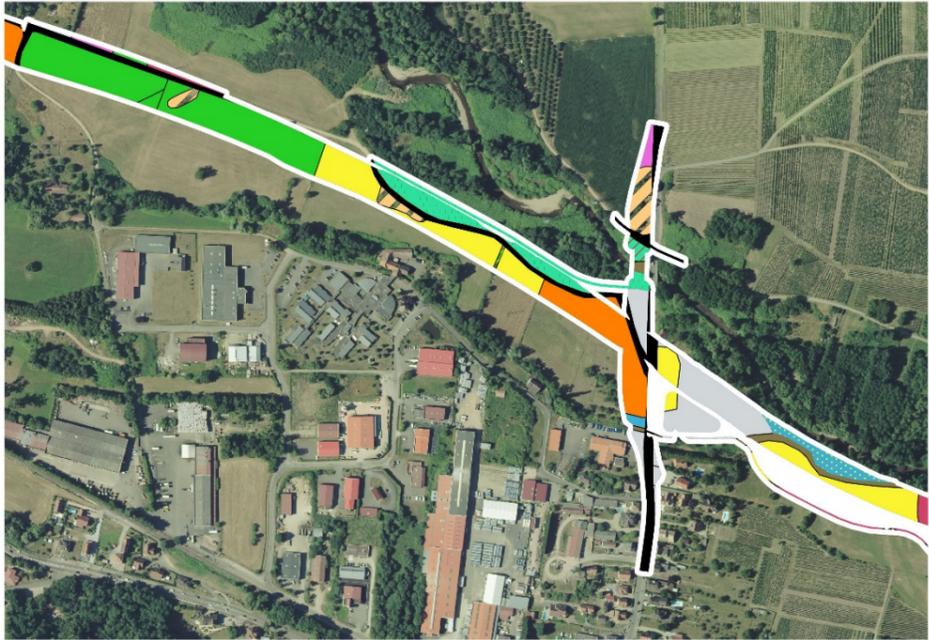


Illustration 32 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 3/5

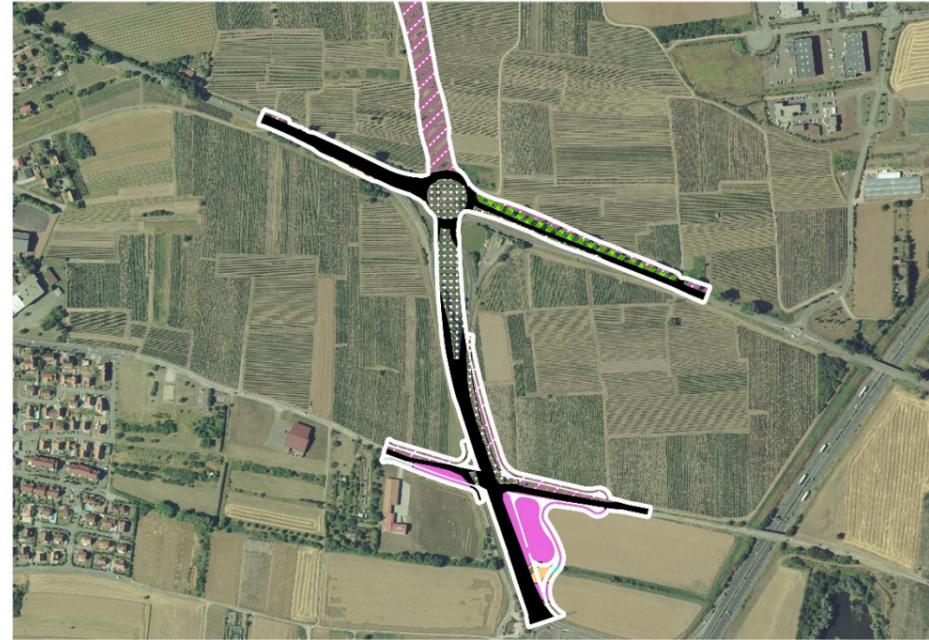


Illustration 34 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 5/5

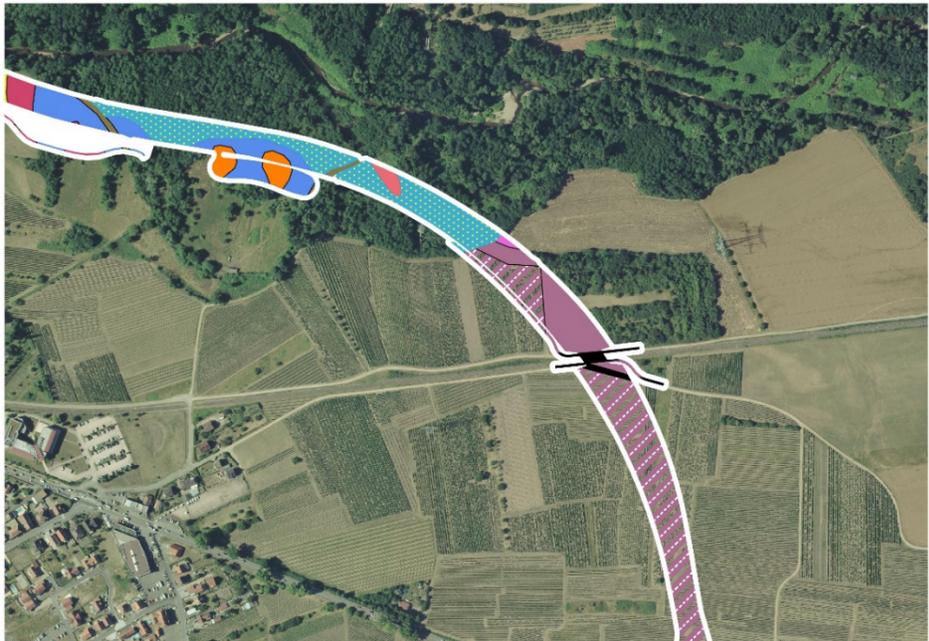


Illustration 33 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 4/5

3.1.2.3 Délimitation des zones humides suite à l'évolution de la réglementation

Selon l'arrêté du 24 juin 2008 qui précise les critères de définition des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement, la seule présence d'un des deux critères (critère sol ou critère végétation) était suffisante pour caractériser une zone humide.

Néanmoins, le Conseil d'État a précisé la portée de cette définition légale en considérant dans un arrêt récent (CE, 22 février 2017, n° 386325) « **qu'une zone humide ne peut être caractérisée, lorsque de la végétation y existe, que par la présence simultanée de sols habituellement inondés ou gorgés d'eau et, pendant au moins une partie de l'année, de plantes hygrophiles.** ».

Il considère en conséquence que les deux critères pédologique et botanique sont, en présence de végétation, cumulatifs, et non alternatifs contrairement à ce que retient l'arrêté (interministériel) du 24 juin 2008.

Ainsi, désormais, dans le cadre d'une délimitation de zones humides, deux cas peuvent se présenter (Note technique du 26 juin 2017 relative à la caractérisation des zones humides, NOR: TREL1711655N):

- Cas 1 : en présence d'une végétation spontanée, une zone humide est caractérisée à la fois si les sols présentent les caractéristiques de telles zones (habituellement inondés ou gorgés d'eau), et si sont présentes, pendant au moins une partie de l'année, des plantes hygrophiles. Il convient, pour vérifier si ce double critère est rempli, de se référer aux caractères et méthodes réglementaires mentionnés aux annexes I et II de l'arrêté du 24 juin 2008 ;
- Cas 2 : en l'absence de végétation, liée à des conditions naturelles (par exemple : certaines vasières, etc.) ou anthropiques (par exemple : parcelles labourées, etc.), ou en présence d'une végétation dite « non spontanée », une zone humide est caractérisée par le seul critère pédologique, selon les caractères et méthodes réglementaires mentionnés à l'annexe I de l'arrêté du 24 juin 2008.

A noter que lorsque le critère pédologique ne peut être obtenu, il est possible de se référer au critère piézométrique.

En effet, la réglementation indique que « dans certains contextes particuliers (fluviosols développés dans des matériaux très pauvres en fer, le plus souvent calcaires ou sableux et en présence d'une nappe circulante ou oscillante très oxygénée ; podzols humiques et humoduriques), l'excès d'eau prolongée ne se traduit pas par les traits d'hydromorphie habituels facilement reconnaissables. Une expertise des conditions hydrogéomorphologiques (en particulier profondeur maximale du toit de la nappe et durée d'engorgement en eau) doit être réalisée pour apprécier la saturation prolongée par l'eau dans les cinquante premiers centimètres de sol.

Source : 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. NOR: DEVO0813942A. Version consolidée au 17 août 2017

Suite à cette nouvelle décision, BIOTOPE a entrepris des compléments de terrain en octobre 2017, afin de vérifier la **présence des deux critères** sur les zones humides dites avérées et spontanées d'après la réglementation de l'arrêté ministériel de 2008, modifié 2009 (critère végétation et critère pédologique / piézométrique).

Il s'agissait par ailleurs de vérifier le **critère piézométrique** (à défaut de conclusion sur le critère pédologique) sur les secteurs dits « non conclusifs » caractérisés par une végétation non spontanée.

Le schéma suivant résume la nouvelle méthodologie globale adoptée dans le cadre de la délimitation des zones humides suite à la décision du Conseil d'Etat.

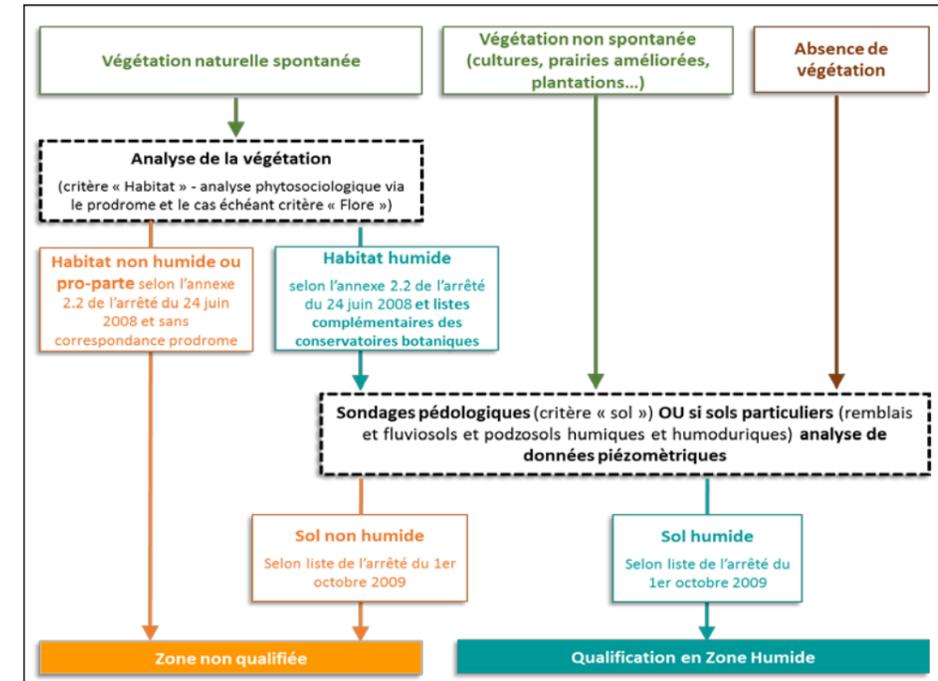


Illustration 35 : Schéma de la méthode de caractérisation des zones humides d'après la décision du Conseil d'Etat 2017.

La piézométrie est une technique indispensable à la compréhension du comportement d'un aquifère pour sa caractérisation et l'évaluation de ses capacités. Elle permet de mesurer ponctuellement par une sonde manuelle, ou régulièrement à l'aide d'enregistreur automatique la profondeur de nappe, et de comprendre l'interaction entre cette nappe et la surface (recharge, décharge, mouvements...).

Vingt piézomètres ont été posés sur l'ensemble de l'emprise du projet par SEGIC ingénierie, dans le cadre de l'étude hydraulique de la zone pour étudier les mouvements de nappe (Illustration 36).

Les données piézométriques ont été relevées sur le secteur au cours de la période 2016 – 2017.

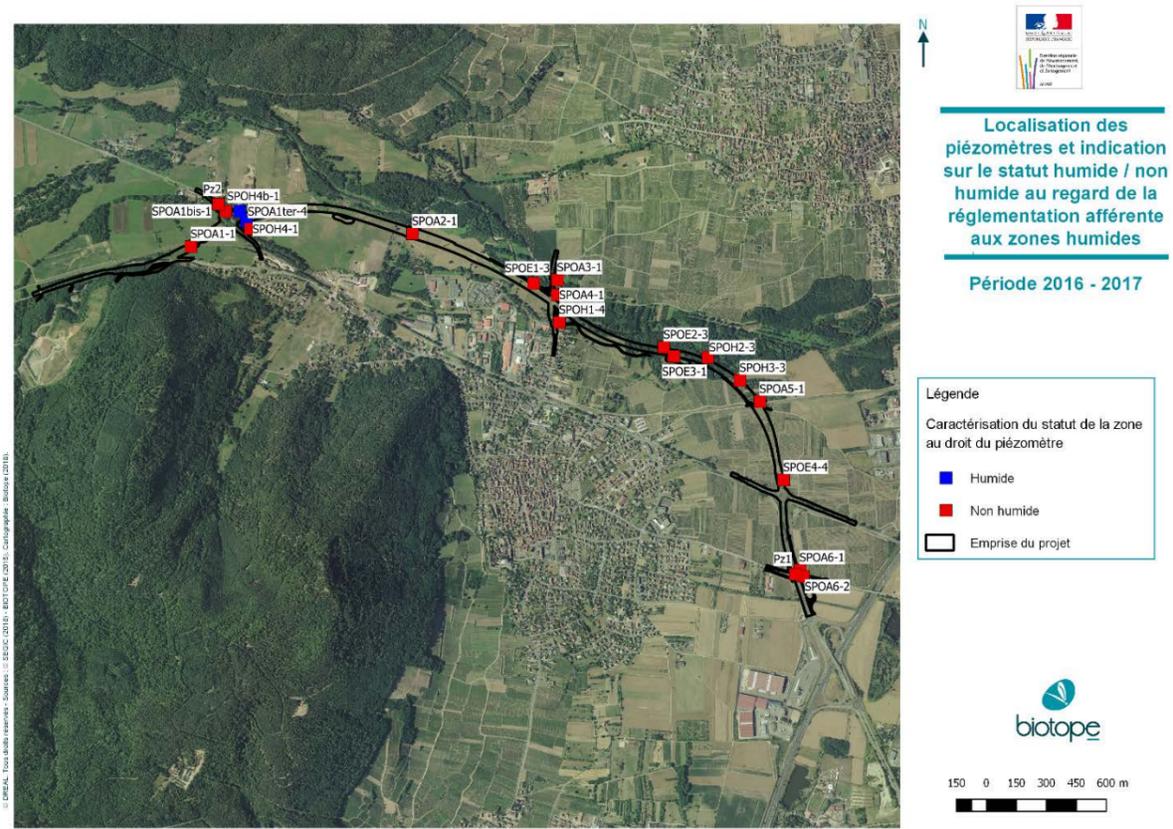


Illustration 36 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 (source : SEGIC).

La coloration bleue indique la présence d'un engorgement caractéristique de zone humide (toit de la nappe supérieur ou égale à 50 cm sur au moins une mesure mensuelle).

Ces relevés piézométriques ont été réalisés dans une période de forts déficits hydriques. En effet, comme l'indiquait la géologie de la zone, la nappe phréatique de la plaine d'Alsace est un aquifère étroitement lié à l'alimentation pluviométrique et présente parfois de fortes fluctuations. L'analyse piézométrique peut donc être assez différente lors d'une année pluvieuse. **En se basant sur ce critère lors d'une année sèche, le nombre de zone humide est donc potentiellement sous-estimé.**

Afin d'estimer l'ampleur de ce déficit hydrique, les données d'un piézomètre situé à proximité ont été analysées (piézomètre de référence de l'APRONA n°03077X0238, situé sur la commune de Sélestat, en bordure du Giessen). Ce piézomètre est relevé depuis 1976 et 6685 mesures sont disponibles (Illustration 37). Ces données permettent donc d'évaluer le niveau de la nappe en période dite normale (période de retour de 2 ans) et de le comparer avec le niveau piézométrique observé au cours des années 2016 – 2017.

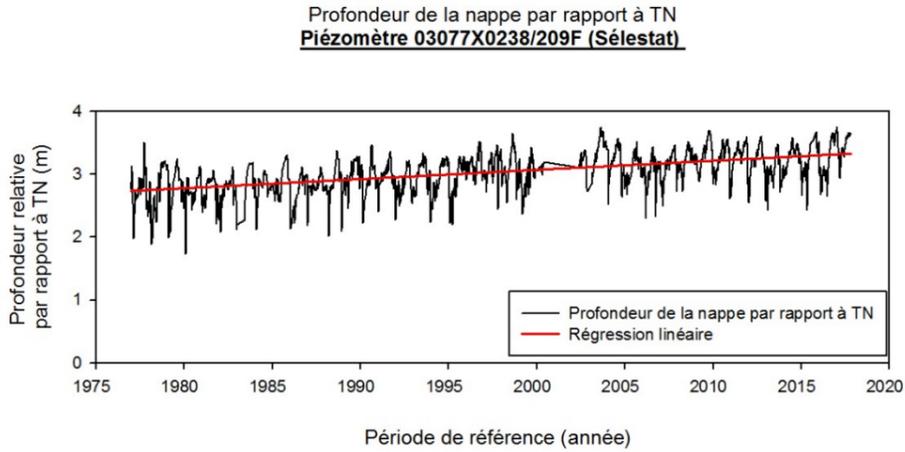


Illustration 37 : Profondeur relative de la nappe par rapport à TN (m) au niveau du piézomètre situé sur la commune de Sélestat sur la période 1976 – 2017.

Le traitement statistique des données indique que sur la période novembre 2016 - août 2017 (période de suivi des piézomètres du site), tous les niveaux moyens mensuels peuvent être dits inférieurs à la « normale » (niveau moyen de période de retour 2 ans). Ainsi, on observe :

- En novembre 2016 : décalage d'environ 45 cm ;
- En décembre 2016 : décalage d'environ 70 cm ;
- En janvier 2017 : décalage d'environ 75 cm ;
- En février 2017 : décalage d'environ 60 cm ;
- En mars 2017 : décalage d'environ 25 cm ;
- En avril 2017 : décalage d'environ 45 cm ;
- En mai 2017 : décalage d'environ 40 cm ;
- En juin 2017 : décalage d'environ 35 cm ;
- En juillet 2017 : décalage d'environ 40 cm ;
- En août 2017 : décalage d'environ 40 cm.

Le décalage moyen par rapport à la « normale » est donc de l'ordre de 45 à 50 cm. Le décalage maximal observé est de 75 cm (pour le mois de janvier).

Ces éléments confirment que, pendant la période de mesure, la nappe était particulièrement basse, le décalage étant de l'ordre de 45 à 50 cm par rapport au niveau moyen de période de retour 2 ans.

Les données piézométriques ont été ré-analysées à la lumière de ces résultats (Tableau 5) en effectuant une projection sur la base d'une sous-estimation moyenne de 50 cm et d'une sous-estimation maximale de 75 cm.

Tableau 12 - Analyse des données piézométriques afin de déterminer le caractère humide des habitats situés à proximité de dispositifs (critère piézométrique)

Nom du piézomètre	Altitude (m)	Statut H (H ou Non H sur critère piézométrique)			Profondeur de la nappe minimale (m par rapport à TN) Seuil de référence : 50 cm			Altitude « seuil » maximale (m) A proximité du piézomètre, toute surface inférieure à ce seuil peut être considérée comme humide sur critère piézométrique.		
		2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm	2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm	2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm
		SPOA1ter-4	203.56	H	H	H	0.45	Affleurante	Affleurante	203.61
SPOH4b-1	204.01	H	H	H	0.35	Affleurante	Affleurante	204.16	204.66	204.91
SPOA1bis-1	204.64	Non H	H	H	0.93	0.43	0.18	204.21	204.71	204.96
SPOE1-3	191.52	Non H	H	H	0.64	0.14	Affleurante	191.38	191.88	192.13
SPOE3-1	188.29	Non H	H	H	0.85	0.35	0.10	187.94	188.44	188.69
SPOH4-1	203.33	Non H	H	H	0.56	0.06	Affleurante	203.27	203.77	204.02
SPOH2-3	188.1	Non H	Non H	H	1.14	0.64	0.39	187.46	187.96	188.21
Pz2	204.77	Non H	Non H	H	1.01	0.51	0.26	204.26	204.76	205.01
SPOA1-1	206.3	Non H	Non H	Non H	4.77	4.27	4.02	-	-	-
SPOA2-1	197.12	Non H	Non H	Non H	1.83	1.33	1.08	-	-	-
SPOA3-1	193.09	Non H	Non H	Non H	3.43	2.93	2.68	-	-	-
SPOA4-1	193.68	Non H	Non H	Non H	3.2	2.7	2.45	-	-	-
SPOH1-4	193.77	Non H	Non H	Non H	2.73	2.23	1.98	-	-	-
SPOE2-3	190.39	Non H	Non H	Non H	1.55	1.05	0.8	-	-	-
SPOH3-3	188.1	Non H	Non H	Non H	3.02	2.52	2.27	-	-	-
SPOA5-1	187.34	Non H	Non H	Non H	3.72	3.22	2.97	-	-	-
SPOE4-4	186.34	Non H	Non H	Non H	6.5	6	5.75	-	-	-
SPOA6-1	184.99	Non H	Non H	Non H	3.92	3.42	3.17	-	-	-
SPOA6-2	184.06	Non H	Non H	Non H	7.6	7.1	6.85	-	-	-

Nom du piézomètre	Altitude (m)	Statut H (H ou Non H sur critère piézométrique)			Profondeur de la nappe minimale (m par rapport à TN) Seuil de référence : 50 cm			Altitude « seuil » maximale (m) A proximité du piézomètre, toute surface inférieure à ce seuil peut être considérée comme humide sur critère piézométrique.		
		2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm	2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm	2016 - 2017	Projection 50 cm	Projection 75 cm
Pz1	184.34	Non H	Non H	Non H	4.5	4	3.75	-	-	-

Le statut « Humide » se confirme lorsque la nappe est à moins de 50 cm de profondeur sur au moins une valeur mensuelle (données SEGIC 2016 – 2017). Les projections 50 cm et 75 cm correspondent au décalage moyen et maximal observé entre les données 2016 – 2017 et une année considérée normale (période de retour 2 ans pour le piézomètre de référence situé à Sélestat)

Seulement deux piézomètres indiquent la présence d'un engorgement caractéristique de zones humides lorsque les données récoltées en 2016 – 2017 sont analysées. Tenant compte d'une sous-estimation potentielle de 50 cm et 75 cm, le nombre de piézomètres témoignant d'un engorgement temporaire supérieur à 50 cm de profondeur s'élève à six et huit respectivement.

Leur localisation précise sur l'emprise du projet est présentée sur les illustrations page suivante.

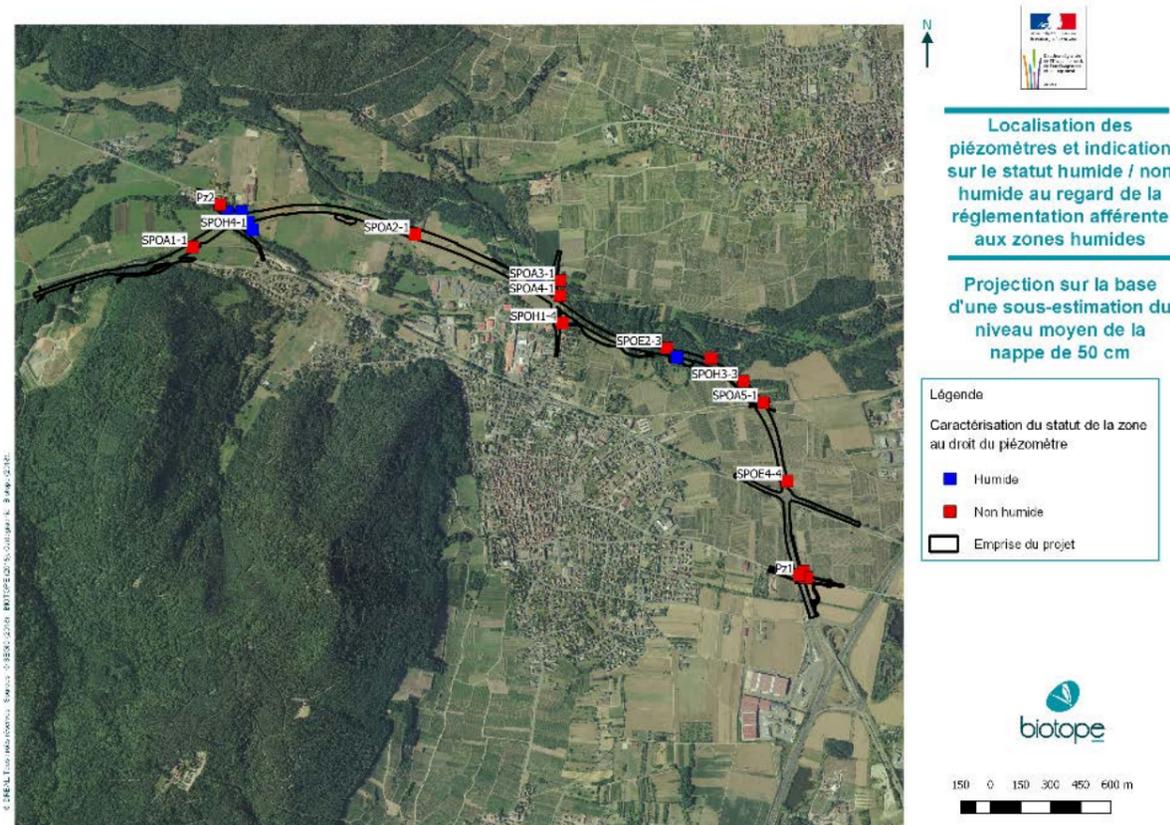


Illustration 38 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 et évaluation des piézomètres témoignant de conditions humides avec un décalage potentiel de 50 cm par rapport à une année normale.

La couleur bleue indique la présence d'un engorgement caractéristique de zone humide (profondeur maximale atteinte par la nappe supérieure ou égale à 50 cm sur au moins une mesure mensuelle intégrant un décalage potentiel de 50 cm par rapport à une année normale).

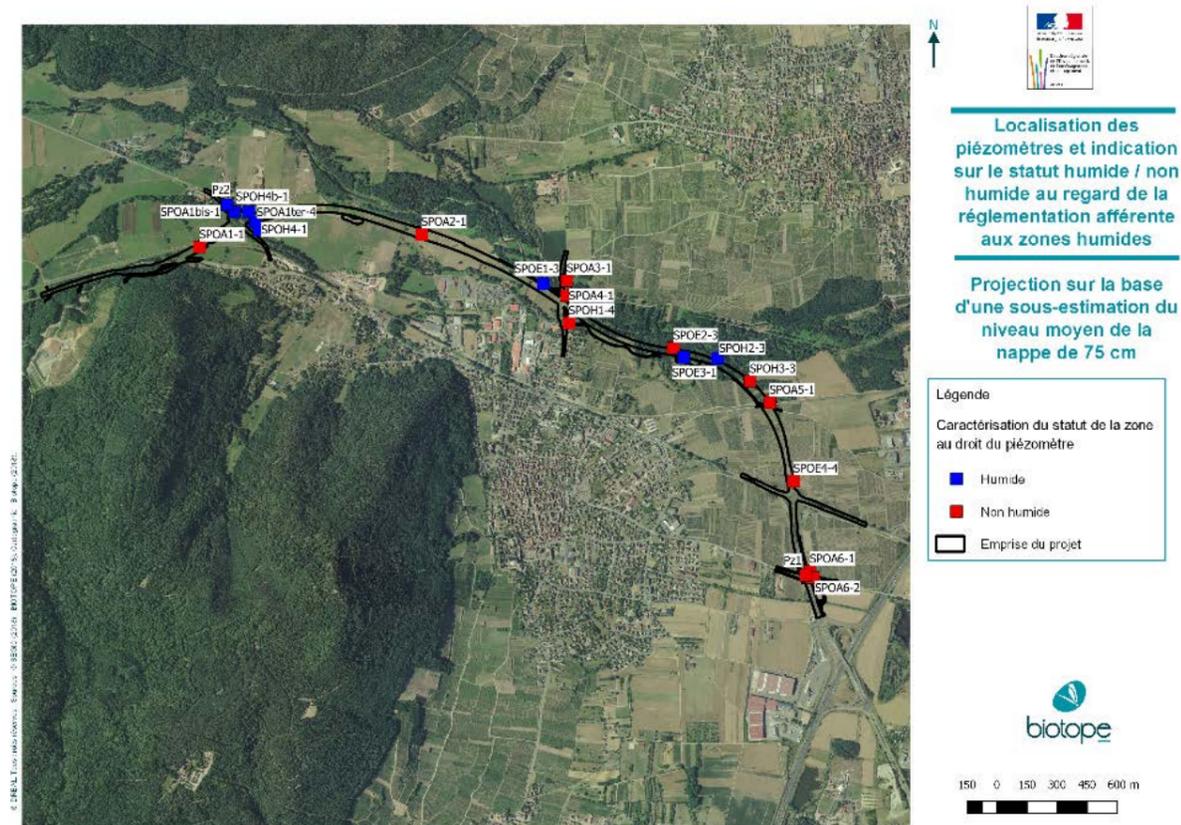


Illustration 39 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 et évaluation des piézomètres témoignant de conditions humides avec un décalage potentiel de 75 cm par rapport à une année normale.

La couleur bleue indique la présence d'un engorgement caractéristique de zone humide (profondeur maximale atteinte par la nappe supérieure ou égale à 50 cm sur au moins une mesure mensuelle intégrant un décalage potentiel de 75 cm par rapport à une année normale).

La localisation des piézomètres dits « humides » sont globalement situés dans trois zones distinctes. La majorité est situé au même endroit à l'ouest de l'emprise du projet.

L'étape qui suit a consisté à préciser, au regard de ces résultats, les secteurs humides à retenir sur la base des critères cumulatifs (végétation et pédologie / piézométrie) en présence de végétation spontanée et sur la base du critère pédologie / piézométrie en présence de végétation non spontanée.

Nota : toutes les données présentées précédemment, avec en sus les données piézométriques et topographiques, ont été prises en compte dans l'analyse présentée ci-dessous. Ceci inclut également les sondages réalisés pour l'analyse des fonctions lorsque ceux-ci étaient sur le secteur impacté ou à proximité. Le tableau récapitulant les résultats obtenus pour l'ensemble des sondages est présenté en ci-après.

Tableau 13 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour l'ensemble des sondages

Numéro sondage	STATUT		
1	Non H	41	Non H
2	Non H	42	Indéterminé
3	Hors secteur - non concerné	160	Indéterminé
4	Non H	43	Indéterminé
5	Non H	44	Indéterminé
6	Non H	45	Indéterminé
7	Non H	46	H
8	Non H	47	NC
9	Non H	48	Non H
10	Non H	49	Non H
11	Non H	50	Indéterminé
12	Indéterminé	51	Indéterminé
13	Indéterminé	52	Non H
14	H	53	Non H
15	H	54	Indéterminé
16	H	55	Indéterminé
17	Indéterminé	56	Hors secteur - non concerné
18	Indéterminé	57	Indéterminé
19	Indéterminé	58	Non H
20	Indéterminé	59	H
21	Indéterminé	60	H
22	Non H	61	Non H
23	Non H	62	Indéterminé
24	H	63	Indéterminé
25	Non H	64	Non H
26	Non H	65	Non H
27	H	66	Indéterminé
28	Indéterminé	67	H
29	Indéterminé	68	Non H
30	Indéterminé	69	Non H
31	H	70	Indéterminé
32	Indéterminé	71	Indéterminé
33	Indéterminé	72	Indéterminé
34	Indéterminé	73	Indéterminé
35	H	74	Indéterminé
36	Indéterminé	75	Non H
37	H	76	Indéterminé
38	Indéterminé	77	Indéterminé
39	Indéterminé	78	Indéterminé
40	Non H	79	Indéterminé
		80	Indéterminé

81	Indéterminé		
82	Non H	121	H
83	Non H	122	H
84	Non H	123	H
85	Non H	124	H
86	Indéterminé	125	H
87	Non H	126	Non H
88	Non H	127	Non H
89	Indéterminé	128	H
90	Indéterminé	129	Indéterminé
91	Non H	130	Non H
92	Indéterminé	131	Non H
93	Non H	132	Non H
94	Non H	133	Non H
95	Indéterminé	134	H
96	Indéterminé	135	Non H
97	Indéterminé	136	H
98	Indéterminé	137	Non H
99	Non H	138	Indéterminé
100	Indéterminé	139	Non H
101	Indéterminé	140	Non H
102	Indéterminé	141	Non H
103	Indéterminé	142	Non H
104	Non H	143	Non H
105	Non H	144	Non H
106	H	145	Indéterminé
107	Non H	146	Indéterminé
108	Indéterminé	147	Indéterminé
109	H	148	Indéterminé
110	Non H	149	Indéterminé
111	Non H	150	H
112	H	151	H
113	Non H	152	H
114	Non H	153	Indéterminé
115	H	154	Indéterminé
116	H	155	Non H
117	H	156	Indéterminé
118	H	157	Indéterminé
119	H	158	Non H
120	H	159	H

La carte ci-dessous présente les habitats considérés comme spontanés et non spontanés localisés sur l'emprise du projet (Figure 20).

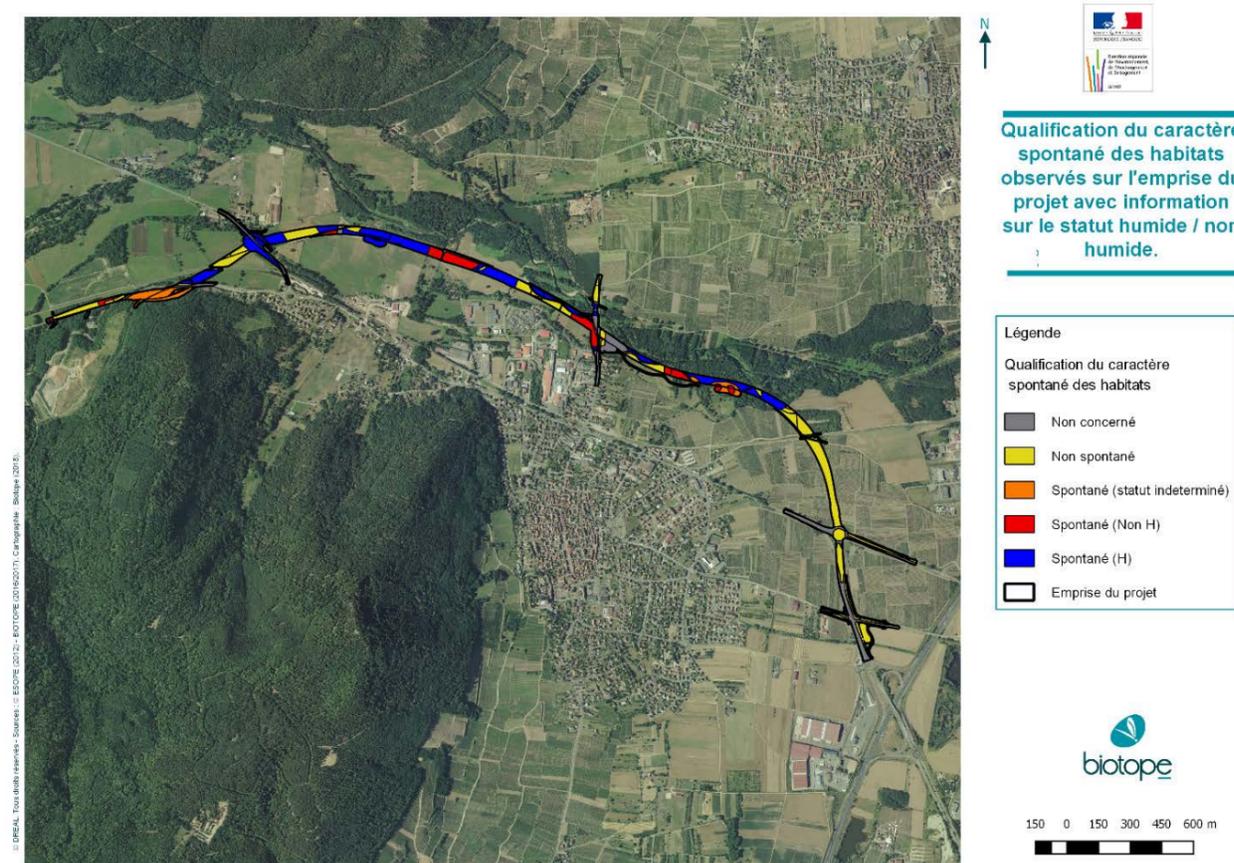


Illustration 40 : Qualification du caractère spontané de la végétation avec information sur le statut humide / non humide des habitats.

Le tableau suivant précise les superficies associées sur l'emprise du projet ainsi que leur proportion au regard de la superficie totale de cette emprise.

Tableau 14 : Superficie des habitats en fonction du caractère spontané de leur végétation.

Habitats	Spontanéité de la végétation	Surface (ha)	% par rapport à la surface de l'emprise
Fourré médio-européen sur sol fertile (31.8)	Spontané - Non H	0.25	1.02
Pâture mésophile (38.1)	Spontané - Non H	1.02	4.19
Pelouse semi-aride médio-européenne à Bromus erectus (34.322)	Spontané - Non H	0.21	0.85
Prairies de fauche des plaines médio-européennes (38.22)	Spontané - Non H	0.94	3.88
Chênaies fraîches hygrophiles (41.2)	Spontané - ND	0.48	1.97
Chênaies hêtraies collinéennes (41.13)	Spontané - ND	0.70	2.89
Fourré médio-européen sur sol fertile (31.8)	Spontané - ND	0.45	1.83
Bois de Frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes (44.331)	Spontané - H	0.35	1.44
Bois de Frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes (44.331) x Plantation de Robinier (83.324)	Spontané - H	1.32	5.41
Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3)	Spontané - H	0.01	0.03
Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3) X Bosquet à Renouée du Japon (84.3)	Spontané - H	0.49	2.01
Forêt de Frênes et d'aulnes des fleuves médio-européens (44.3) X Plantation de Robinier (83.324)	Spontané - H	0.04	0.18
Forêt riveraine (44)	Spontané - H	0.52	2.13
Prairie humide à Sénéçon aquatique (37.214)	Spontané - H	0.02	0.10
Prairies de fauche des plaines médio-européennes (38.22)	Spontané - H	3.55	14.58
Roselières (53.1)	Spontané - H	0.01	0.03
Bosquet (84.3)	Non spontané	1.04	4.29
Bosquets à Renouée du Japon et Robinier faux-acacia (84.3)	Non spontané	0.06	0.26
Culture (82.1)	Non spontané	1.29	5.30

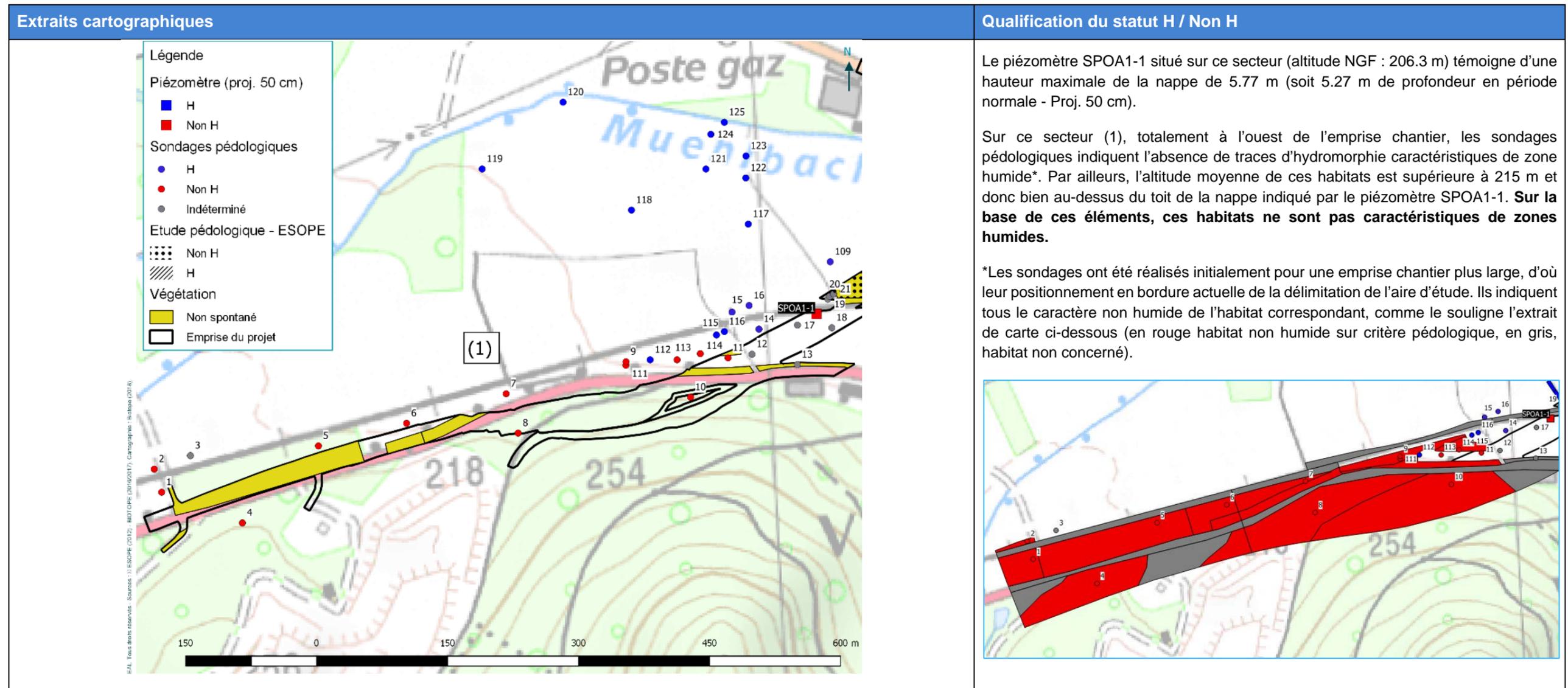
Habitats	Spontanéité de la végétation	Surface (ha)	% par rapport à la surface de l'emprise
Haie (84.2)	Non spontané	0.31	1.26
Peuplement d'espèces invasives (87.2)	Non spontané	0.13	0.55
Plantation de Robiniers (83.324)	Non spontané	0.02	0.06
Prairie améliorée (81)	Non spontané	0.21	0.85
Prairie sèche améliorée (81.1)	Non spontané	1.62	6.65
Terrain en friche (87.1)	Non spontané	1.08	4.42
Verger de haute tige (83.15)	Non spontané	0.56	2.29
Vignoble (83.21)	Non spontané	2.40	9.84
Lit de rivière : Le Muehlbach avec végétation du Ranunculion fluitantis et du Callitrichio-Batrachion (24 x 24.4)	Non concerné	0.30	1.22
Voie de communication (86)	Non concerné	3.86	15.84
Zone anthropique (86)	Non concerné	1.13	4.64
Total (ha)	-	24.38	100.00

La suite de la démarche consiste à déterminer le caractère humide des entités de végétation spontanée sur critère végétation et pédologique / piézométrique et de végétation non spontanée sur les seuls critères pédologique ou piézométrique.

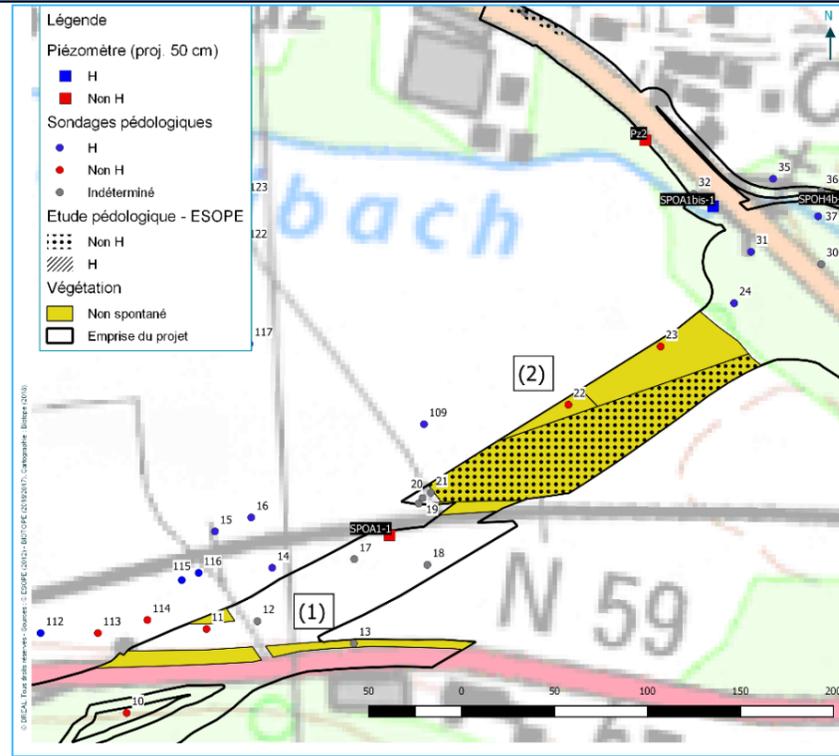
❑ **CONCLUSION SUR LE STATUT HUMIDE / NON HUMIDE DANS LE CAS DES HABITATS NON SPONTANES.**

Comme précisé ci-avant, le statut zone humide dépend des résultats pédologiques ou piézométriques pour les habitats caractérisés par une végétation non spontanée. Une description précise par secteur est proposée ci-dessous concernant les habitats avec végétation non spontanée (Tableau 3).

Tableau 15 : Analyse du statut humide / non humide des habitats à végétation non spontanée.



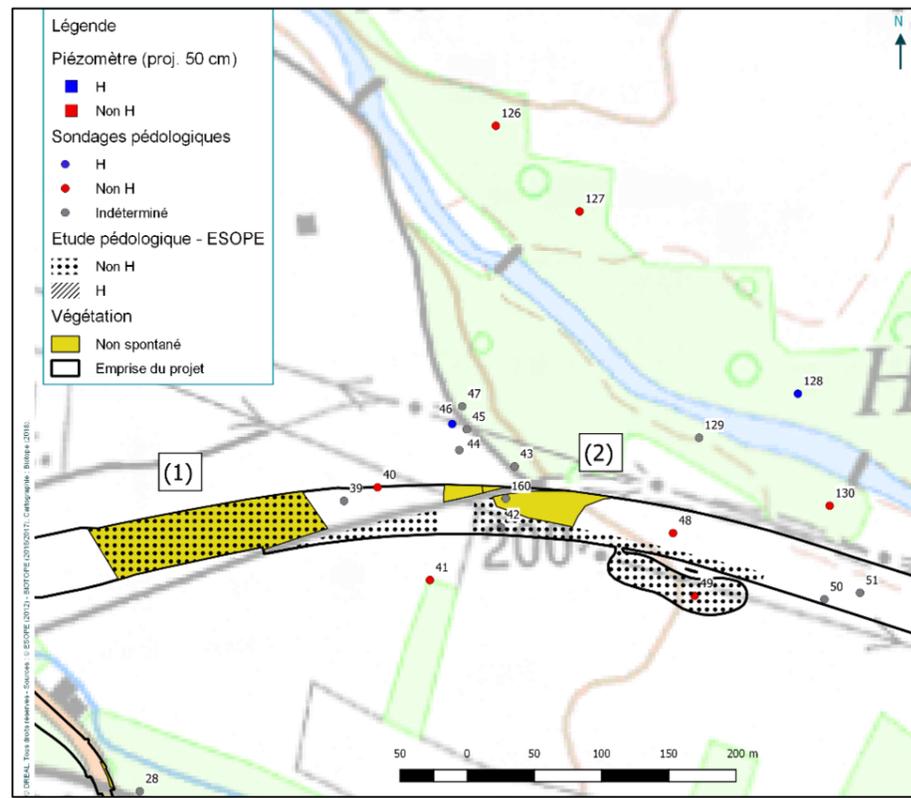
Extraits cartographiques **Qualification du statut H / Non H**



Sur le secteur 1, les sondages pédologiques réalisés à proximité indiquent l'absence de traces d'hydromorphie. L'altitude moyenne est comprise entre 207 et 211 m, soit en moyenne entre 7 m et 11 m au-dessus du toit de la nappe indiqué par le piézomètre SPOA1-1 (altitude NGF : 206.3 m, toit maximal de la nappe : 5.77 m de profondeur ; soit 5.27 m de profondeur en période normale - Proj. 50 cm).

Sur le secteur 2, les sondages pédologiques réalisés par Biotope et Esope indiquent l'absence de traces d'hydromorphie. L'altitude moyenne est plus faible sur le secteur 1 (env. 204 m NGF). La nappe devrait donc se situer à environ 3 m de profondeur en période de hautes eaux.

Sur la base de ces éléments, ces habitats ne sont pas caractéristiques de zones humides.

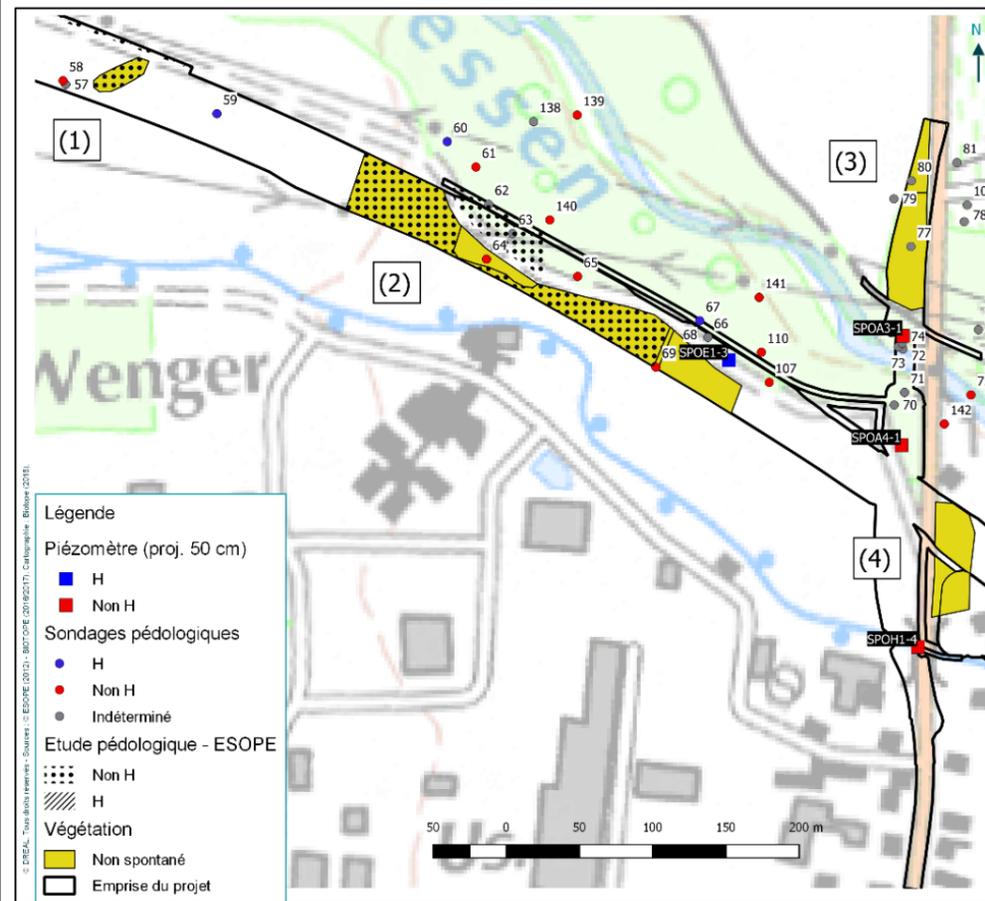


L'habitat le plus à l'est (secteur 1) a fait l'objet de prospection pédologique par ESOPE. **Cet habitat est considéré comme non humide.**

Celui situé plus à l'ouest (secteur 2) a fait l'objet d'un sondage non conclusif (160). Il en est de même pour les sondages situés à proximité (42, 43). En revanche, ESOPE avait conclu au caractère non humide de la parcelle jouxtant la zone d'intérêt (sur critère pédologique) et localisée à la même altitude (env. 200 m). **Sur cette base, le secteur (2) est considéré comme non humide.**

Extraits cartographiques

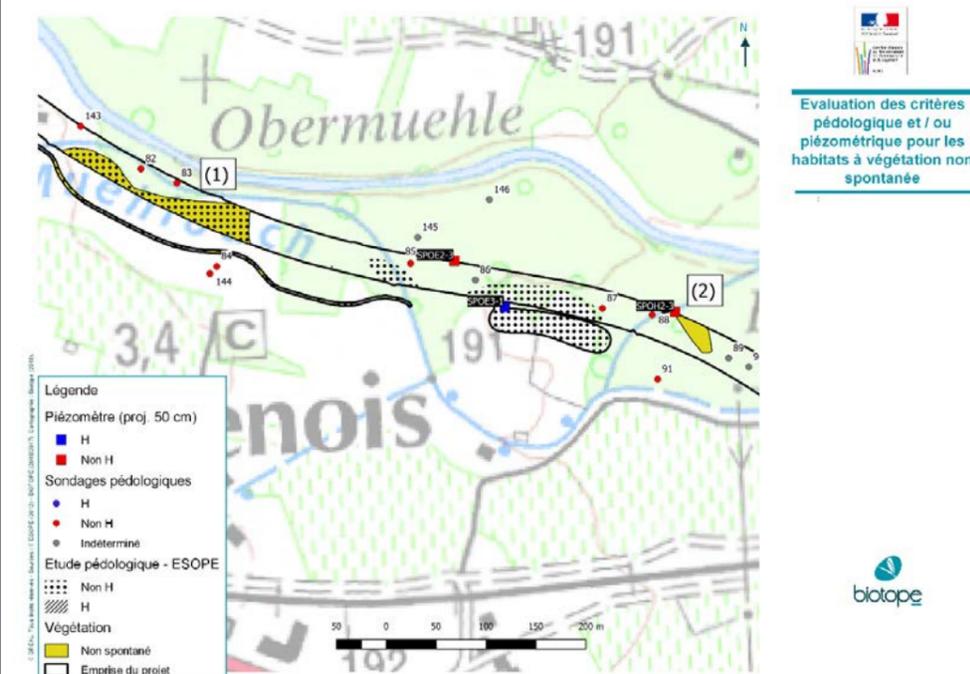
Qualification du statut H / Non H



Les prospections ESOPE ou Biotope permettent de statuer sur un **caractère non humide** des secteurs 1 et 2.

Concernant le secteur 3, l'ensemble des sondages se sont révélés non conclusifs (refus de tarière). Le piézomètre SPOA3-1 indique une profondeur minimale de nappe à 3.43 m, soit 2m93 pour une proj. - 50 cm (altitude NGF du piézomètre : 193.09 m). Le secteur 3, au nord de ce piézomètre, se situe entre 192 m et 193.7 m d'altitude. La nappe est donc vraisemblablement à une profondeur supérieure au seuil réglementaire de 50 cm. **Ces habitats sont donc considérés non humides.**

L'entité (4) n'a pas fait l'objet de prospection pédologique. L'altitude moyenne de cet habitat est comprise entre 192 et 193 m NGF. Au niveau du piézomètre SPO1H-4 (193.77 m NGF) situé à proximité, le niveau le plus haut de la nappe est localisé à 3 m de profondeur, soit environ 2.5 m en conditions normales (Proj. 50 cm). **La profondeur moyenne hypothétique de la nappe au droit de cet habitat est donc de 1 m maximum (non caractéristique de zones humides).**



Evaluation des critères pédologique et / ou piézométrique pour les habitats à végétation non spontanée



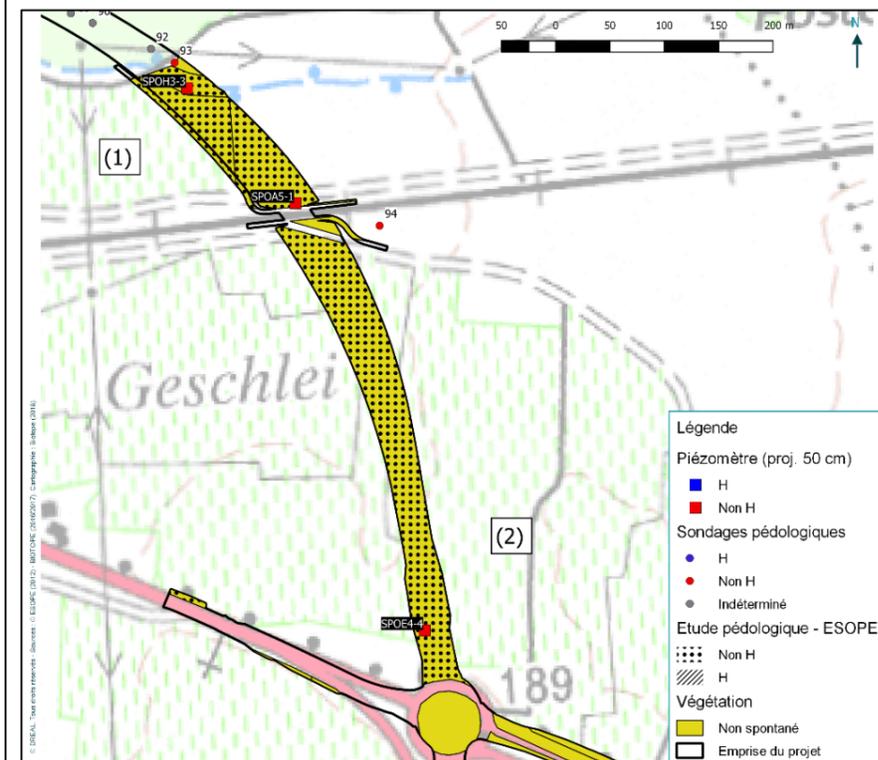
Le secteur 1 est considéré comme non humide par ESOPE. Ceci est confirmé par les sondages pédologiques réalisés à proximité.

Concernant le secteur 2, le sondage réalisé à proximité indique un sol non caractéristique de zone humide. Les relevés piézométriques SPOH2-3 confirment ce résultat (altitude NGF : 188.1 m, profondeur de la nappe en conditions normales – proj. : 50 cm : 64 cm).

A noter que ce secteur présente une altitude égale voire supérieure (hauteur max 188.6 d'après les relevés topographiques) à celle du piézomètre situé en amont (SPOH2-3).

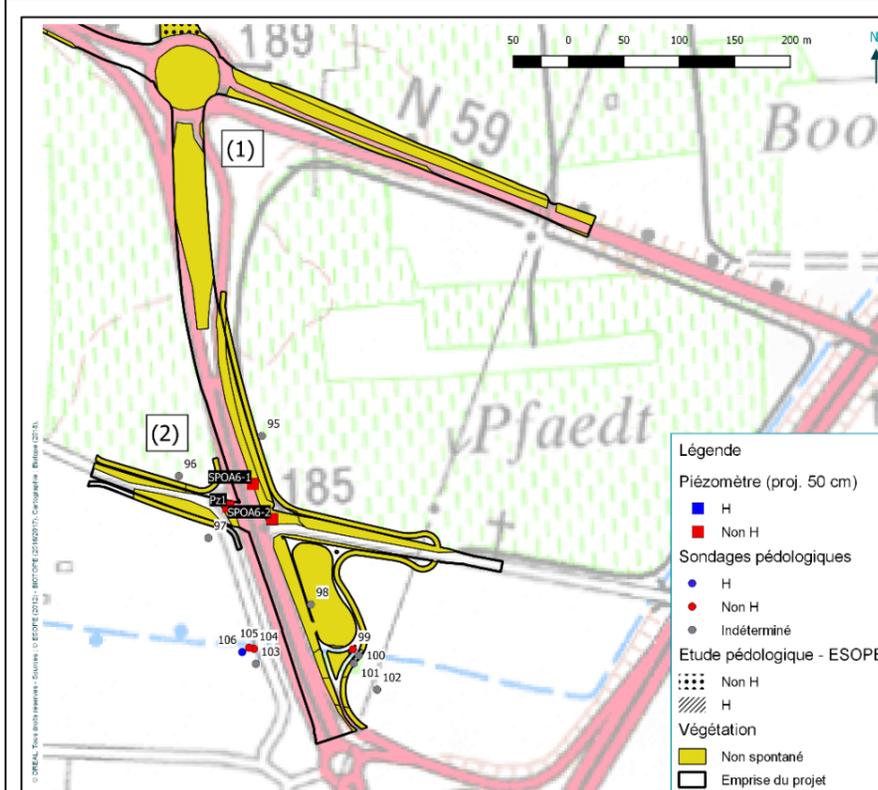
Les secteurs (1) et (2) sont donc considérés comme non humide.

Extraits cartographiques



Qualification du statut H / Non H

Les secteurs 1 et 2 sont considérés comme non humides à la fois sur critère pédologique (relevés pédologiques Biotope et ESOPE) et piézométrique (SPOH3-3, SPOA5-1, SPOE4-4).



Le secteur (1) n'a pas fait l'objet de prospection pédologique. Son altitude NGF est comprise entre 186 et 188 m. Le point piézométrique le plus proche (piézomètre SPOE4-4, juste au nord, voir encadré précédent, altitude NGF : 186.34 m) indique une profondeur de nappe minimale de 6.50 (un seul point de mesure sur l'année), soit en conditions normales, 6 m de profondeur (Proj. - 50 cm). Au regard de ces éléments, il est très peu probable que la nappe soit au-dessus du seuil de 50 cm de profondeur dans les zones à proximité et celles situées topographiquement plus hautes.

Concernant le secteur (2), les piézomètres SPOA6-1, SPOA6.2 et pz1 ainsi que les relevés pédologiques indiquent des habitats non caractéristiques de zones humides (nappe à plus de 3.4 m de profondeur à une altitude NGF de 184 m env. (proj. 50 cm), altitude des entités comprises entre 183 et 184 m).

Les deux secteurs sont donc considérés comme non humides.

D'après les éléments présentés ci-dessus, aucun des habitats à végétation non spontanée n'est caractéristique de zone humide sur critère pédologique ou piézométrique.

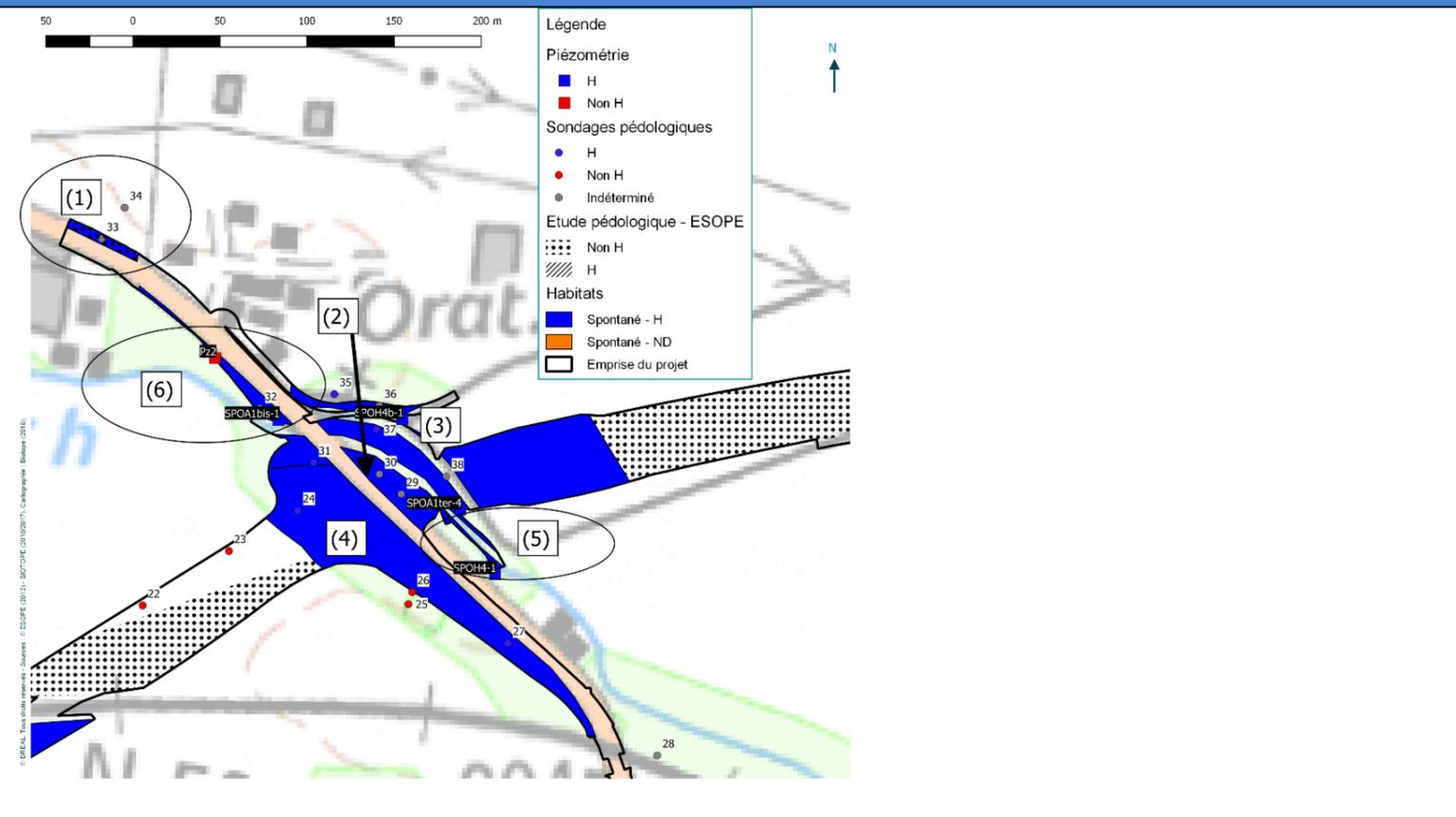
❑ **CONCLUSION SUR LE STATUT ZONE HUMIDE DANS LE CAS DES HABITATS SPONTANES**

La démarche suivante consiste à évaluer pour les habitats à végétation spontanée « humide » ou « indéterminé » si les critères pédologiques et piézométriques sont caractéristiques de zone humide.

Tableau 16 - Analyse du statut humide / non humide des habitats à végétation spontanée.

Extraits cartographiques	Qualification du statut H
<p>Légende</p> <p>Piézométrie</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ H ■ Non H <p>Sondages pédologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ● H ● Non H ● Indéterminé <p>Etude pédologique - ESOPE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▨ Non H ▨ H <p>Habitats</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Spontané - H ■ Spontané - ND ▭ Emprise du projet 	<p>Le secteur (1) correspond à un habitat spontané dont le critère humide n'a pu être déterminé (Chênaies hêtraies collinéennes : habitat pro parte potentiellement humide sur critère flore). Néanmoins, les sondages réalisés à proximité et dans l'entité indiquent l'absence de caractère humide. Cet habitat n'est donc pas considéré comme humide sur critères cumulatifs.</p> <p>Le secteur 2, considéré humide sur critère habitat, ne présente pas un sol caractéristique de zones humides selon le sondage 11 (refus de tarière pour les autres à env. 30 cm de profondeur). Selon le piézomètre situé à proximité (SPOA1-1, 206.3 m NGF), la profondeur minimale de la nappe serait de l'ordre de 4.27 m (période normale avec proj. 50 cm). Sur le point topographique le plus bas du secteur 2 (205.5 m), la hauteur maximale atteinte par la nappe serait donc potentiellement de 3.47 m. Ces zones ne sont donc plus considérées comme humides sur la base des critères cumulatifs (habitat, pédologie et piézométrie).</p> <p>Enfin concernant le secteur (3) (roselière), les sondages se révèlent non conclusifs (refus de tarière). L'altitude de cette entité est comprise entre 205.6 et 205.9 m. La hauteur maximale de la nappe maximale est donc inférieure au seuil réglementaire des 50 cm. Néanmoins, il est probable que la roselière soit alimentée par une accumulation d'eau ponctuelle au droit de la route, cette dernière représentant un obstacle aux écoulements. Bien que les sondages soient non conclusifs, cette entité sera considérée comme humide.</p>

Extraits cartographiques **Qualification du statut H**

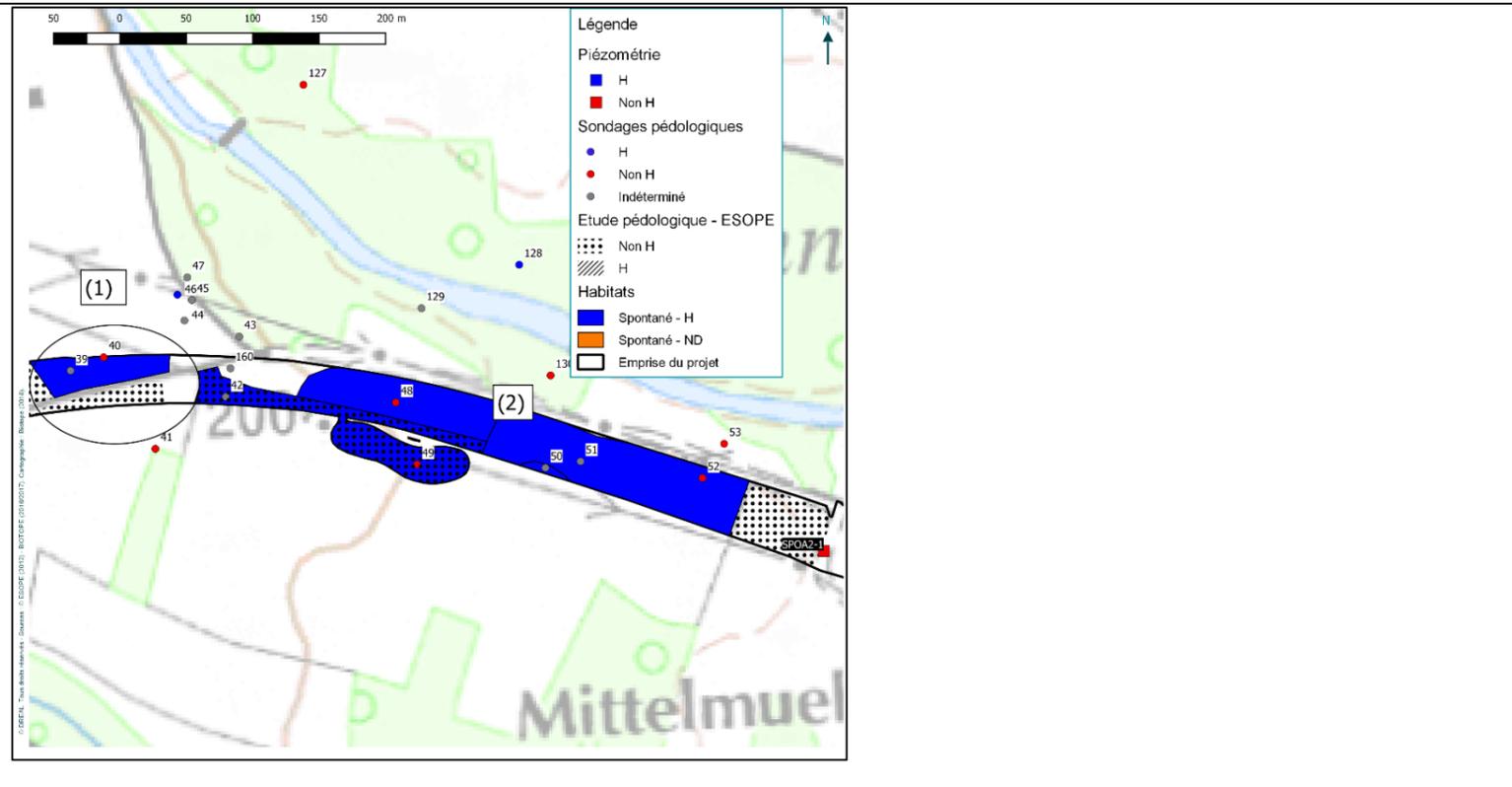


D'après les résultats d'Esope, le secteur (1) n'est pas caractéristique de zones humides. Les inventaires Biotope n'ont pas permis de renforcer cette analyse du fait d'un refus de tarière à 10 cm (remblais). **Cette entité n'est plus considérée comme humide sur la base des critères cumulatifs.**

Le secteur (2) présente deux sondages indéterminés. Néanmoins au regard de son altitude (inf. 204.02 m) et des résultats piézométriques (SPOA1ter-4, 203.56 m NGF, nappe affleurante en conditions normales – proj. 50 cm), **l'entité peut être considérée humide sur critères cumulatifs.**

Les secteurs (3), (4) et (5) présentent un caractère humide sur critère végétation, pédologique et piézométrique.

Enfin, le secteur (6) sud apparait humide au regard du piézomètre SPOA1bis-1 à la différence de la partie nord (piézomètre pz2). Ce dernier présente une hauteur maximale de la nappe en période normale sensiblement au-dessous de 50 cm (-51 cm, proj. 50 cm). Selon la projection -75 cm cette partie du secteur serait considérée humide au nord également. Au regard de la profondeur projetée très proche du seuil réglementaire en période normale (-51 cm, proj. 50 cm), **la totalité du secteur 6 est considérée humide sur critères cumulatifs.**

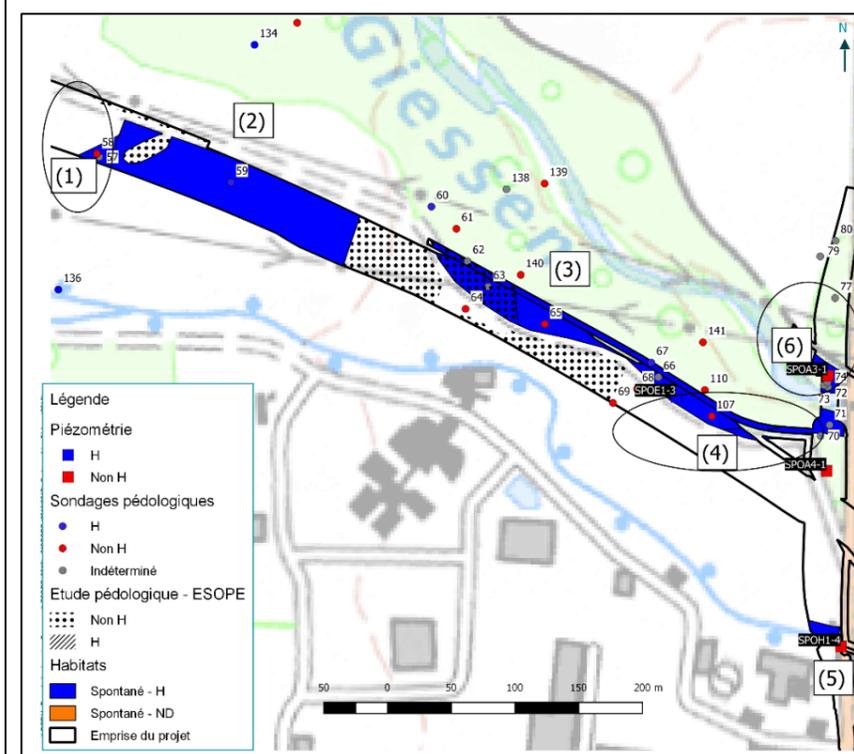


Les secteurs (1) et (2) sont situés entre 197 m et 201 m d'altitude NGF. D'après les données du piézomètre SPOA2-1 (197.12 m NGF), la hauteur maximale de la nappe est de 1.33 m en période normale (proj. 50 cm). Sur le secteur alentour, le toit maximal de la nappe est donc situé à une profondeur inférieure au seuil réglementaire de 50 cm.

L'ensemble des entités considérées comme humides sur le critère végétation sont par ailleurs déclassés sur le critère pédologique d'après les relevés Biotope et ESOPE.

Ces deux secteurs ne sont donc plus considérés comme humide sur critères cumulatifs.

Extraits cartographiques



Qualification du statut H

Le secteur (1) n'est pas considéré humide sur critère pédologique (sondage 58), contrairement à l'entité contigüe (2) où le sondage 59 présente des traces d'hydromorphie caractéristique.

Le secteur (3) n'est pas caractéristique de zone humide non plus d'après les sondages pédologiques (Biotope et Esope).

Les secteurs (4) et (6) présentent des résultats variables avec des sondages témoignant de signes d'hydromorphie, d'autres non et le piézomètre SPOE1-3 soulignant la présence de la nappe au-dessus de seuil réglementaire de 0.50 cm (conditions normales, proj. 50cm). Au regard de la topographie, le secteur (4) situé à proximité de ce piézomètre et à une altitude inférieure à 191.88 m³ présenterait un engorgement caractéristique de zone humide. **Un découpage a donc été effectué pour conserver comme humide l'entité du secteur actuel situé à une altitude inférieure à ce seuil.**

A l'inverse, le secteur (6) situé au nord est topographiquement trop haut (entre 190 m et 194 m NGF) pour que le toit de la nappe soit au-dessus des 50 cm réglementaire (piézomètre SPOA3-1, altitude de 193.09 m NGF, avec un toit de la nappe minimal de 2.93 m en période normale – proj. 50 cm). **Ce secteur n'est plus considéré comme humide sur la base des critères cumulatifs.**

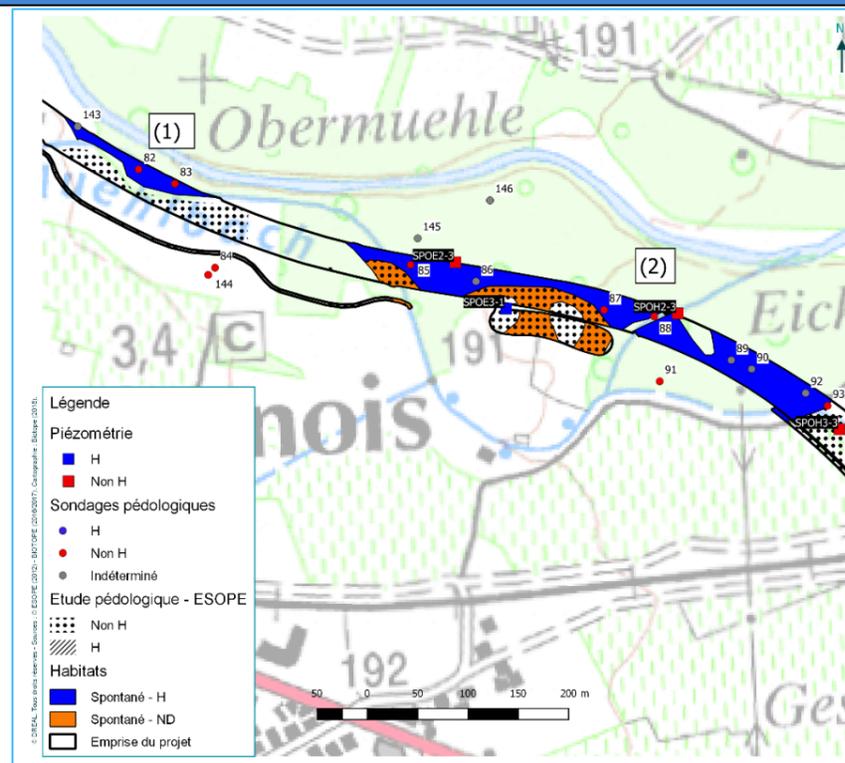
Le secteur (5) n'a pas fait l'objet de prospections pédologiques. Il est situé entre 192.8 m et 193.7 m environ. Le piézomètre situé à proximité (SPOH1-4, altitude de 193.77 m NGF) indique une profondeur minimale de la nappe en période normale de 2m23 (conditions normales, proj. 50 cm). Au niveau de l'entité considérée, le toit est donc situé au minimum à 1m26 de profondeur en période normale (proj. 50 cm). **Cette entité n'est donc plus considérée humide sur critère cumulatif.**

Seuls les secteurs 2 et 4 conservent le statut humide sur critères cumulatifs.

³ Cette valeur correspond à l'altitude maximale calculée à laquelle toute entité peut être considérée humide sur critère piézométrique (pour la projection avec décalage de 50 cm). En d'autres termes, à proximité du piézomètre, toute entité située topographiquement plus bas que ce seuil peut être considérée humide sur critère piézométrique.

Extraits cartographiques

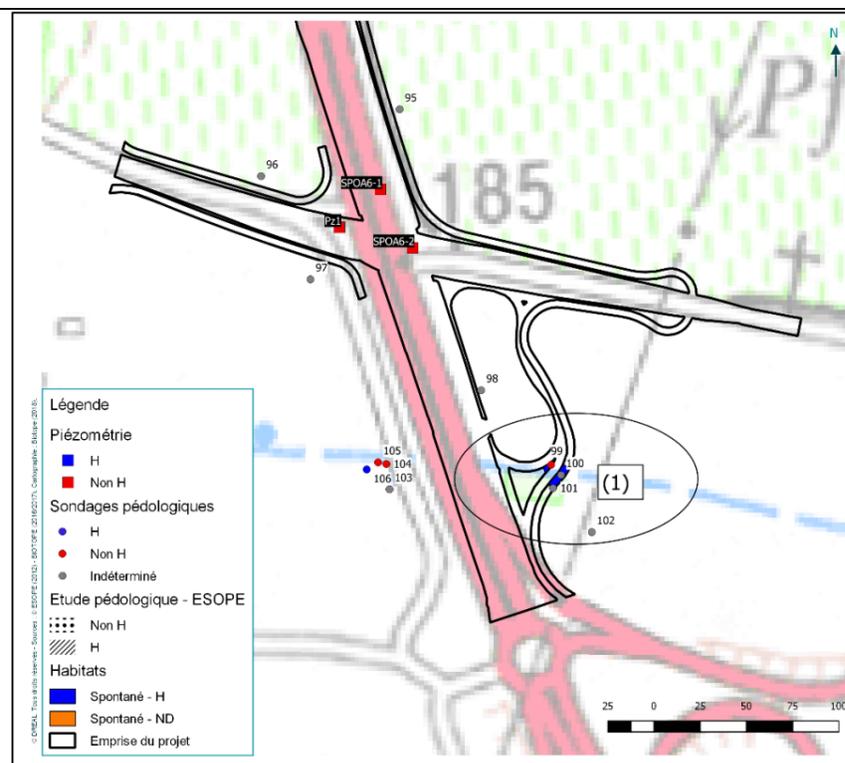
Qualification du statut H



Les secteurs (1) et (2) ont fait l'objet de sondages pédologiques non caractéristiques de zones humides. Ces éléments sont confirmés par la présence de trois piézomètres (SPOE2-3, SPOH2-3, SPOH3-3) présentant des nappes situées à une profondeur minimale de 1.05 m, 0.64 m et 2.52 m de profondeur en période normale respectivement (Proj. 50 cm).

A noter tout de même la présence d'un piézomètre qui présenterait un toit de la nappe supérieur à 50 cm en période normale (SPOE3-1, 0.35 cm pour une proj. 50 cm). Pour autant sur ce secteur, les prospections ESOPE avait conclu à l'absence de traces d'hydromorphie caractéristique. D'autre part, au droit du piézomètre, l'habitat n'est pas humide (absence des critères cumulatifs).

Les secteurs 1 et 2 ne sont donc plus considérés humides sur critères cumulatifs.



Seule une des deux entités du secteur 1 fait l'objet d'un sondage conclusif (non humide). Les sondages réalisés dans l'entité la plus à l'est ne sont pas conclusifs (refus de tarière) même si aucune trace d'humidité n'a pu être observée sur les premiers horizons.

L'altitude moyenne de ces entités est comprise entre 182.31 et 183.5 m NGF. Les piézomètres situés à proximité indiquent la présence du toit de la nappe à plus de 7m pour SPOA6-2 (184.06 m NGF), à 4 m pour le pz1 (184.34 m NGF) ou 3.42 m pour SPOA6-1 (184.99 m NGF) de profondeur en période normale (proj. 50 cm). D'après ces éléments, le toit maximal de la nappe serait situé à 180.34 m NGF, soit à 2 m de profondeur du point le plus bas du secteur considéré.

Le secteur 1 n'est donc plus considéré humide sur critères cumulatifs.

A noter que ces conclusions sont confirmées par les sondages pédologiques situés à l'ouest des secteurs étudiés (sondages 104 et 105).

3.1.3 Synthèse des résultats

A l'issue de ces analyses complémentaires et en se basant sur une sous-estimation moyenne du niveau de la nappe de 50 cm, la superficie de zones humides évaluée sur la base des critères cumulatifs est de 2.1 ha au lieu de 6.3 ha sur l'emprise chantier (Figure 21).

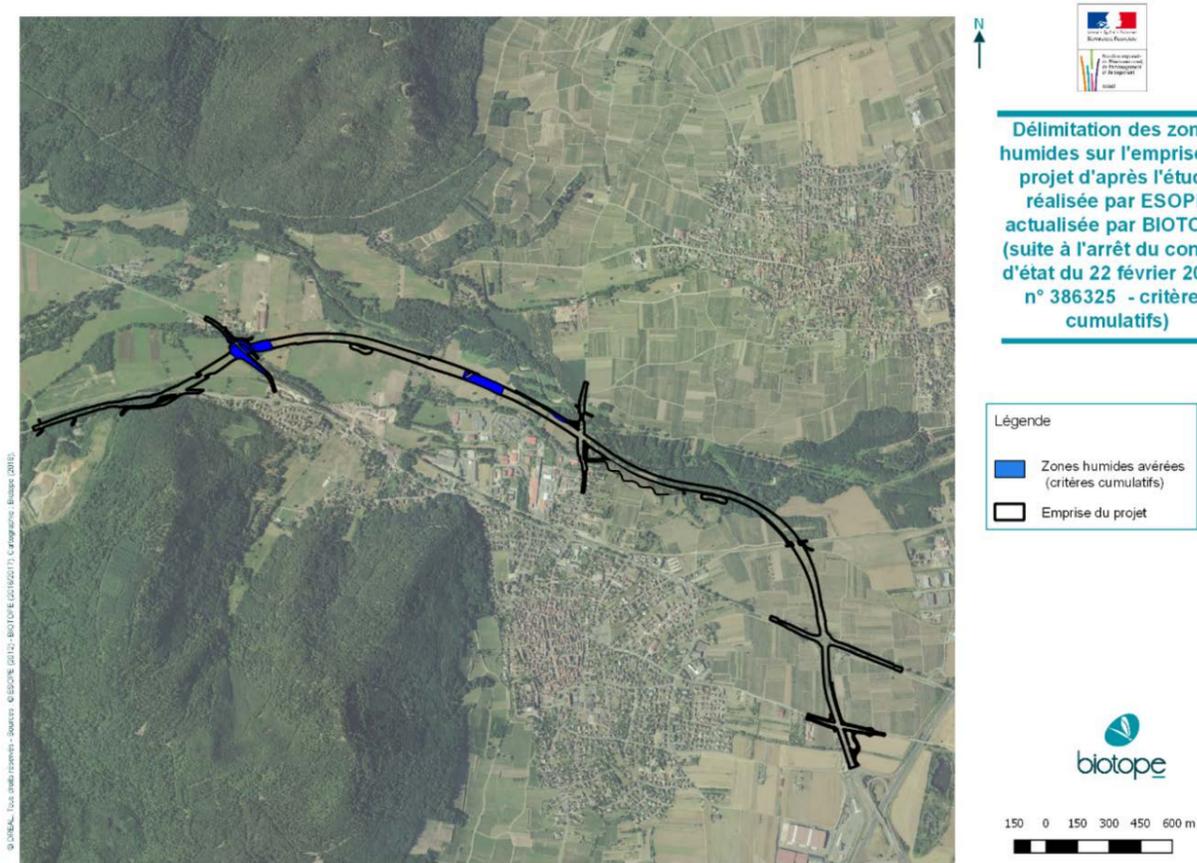


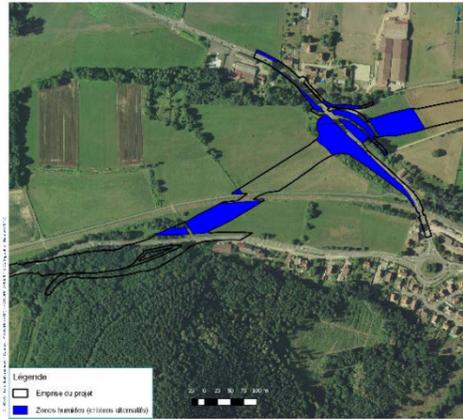
Illustration 41 : Délimitation des zones humides sur l'emprise du projet d'après l'étude réalisée par ESOPE actualisée par BIOTOPE (critères cumulatifs).

Le tableau suivant explicite les différences entre l'ancienne réglementation et la nouvelle, secteur par secteur (Tableau 17).

Tableau 17 : Tableau de comparaison des superficies de zones humides impactées avant et après l'arrêt du Conseil d'Etat.

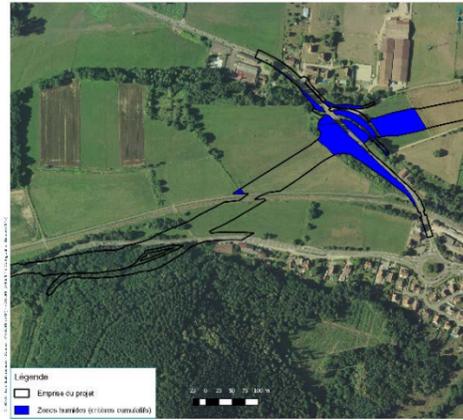
Arrêté 2008, modifié 2009 Sur emprise chantier	Conseil d'Etat 2017 Sur emprise chantier
<p>Complex 1 - Surface : 0.007 ha</p>	<p>Zone non humide sur critères cumulatifs</p>
<p>Complex 2 - Surface : 1.32 ha</p>	<p>Zone non humide sur critères cumulatifs</p>
<p>Complex 3 - Surface 3.28 ha</p>	<p>Complex 3 - surface 0.92 ha</p>

Arrêté 2008, modifié 2009
Sur emprise chantier



Complexe 4 - surface : 1.73 ha

Conseil d'Etat 2017
Sur emprise chantier



Complexe 4 - surface : 1.23 ha

3.2 DIAGNOSTIC FONCTIONNEL DES ZONES HUMIDES IMPACTÉES

3.2.1 Aspects méthodologiques

La méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides publiée en mai 2016 est appliquée afin d'évaluer les fonctions des zones humides impactées et des zones prévues pour la compensation.

Cette méthode permet d'évaluer les fonctions suivantes :

- **Fonctions hydrologiques** : ralentissement des ruissellements, recharge des nappes, rétention des sédiments ;
- **Fonctions biogéochimiques** : dénitrification, assimilation végétale de l'azote, adsorption, précipitation du phosphore, assimilation végétale des orthophosphates, séquestration du carbone ;
- **Fonctions d'accomplissement du cycle de vie des espèces** : supports des habitats, connexion des habitats.

Le niveau d'expression des fonctions est déterminé par l'analyse d'indicateurs faisant chacun l'objet d'une interprétation indépendante. Ainsi, aucun score synthétique par fonction n'est produit à l'issue de la méthode. En revanche, une analyse narrative permet de caractériser le niveau fonctionnel général de la zone humide.

Dans le cas de l'étude de la zone impactée, il est donc possible d'évaluer la perte liée au projet d'aménagement. Dans le cas de l'étude du site compensatoire, il est ainsi possible d'évaluer le gain lié aux actions écologiques envisagées.

La méthode AFB s'applique sur les zones ayant été préalablement délimitées comme étant en zone humide au sens de la réglementation.

Deux types d'indicateurs sont produits. Des indicateurs dits relatifs dont la valeur est comprise entre 0 et 1, 1 étant le plus favorable aux fonctions ; des indicateurs absolus qui sont calculés en multipliant les indicateurs relatifs par la superficie du site impacté ou du site de compensation. La perte fonctionnelle ou le gain fonctionnel se base sur l'évolution des indicateurs absolus après impact ou après mesures compensatoires.

La mise en œuvre de la méthode AFB d'évaluation des fonctions implique par ailleurs une analyse à des échelles plus larges incluant (Illustration 42) :

- Une zone paysagère pour l'analyse de la fonction biologique dans un rayon de 1 km autour de chacun des deux sites ;
- Une zone dite « contributive » (équivalent d'un « bassin versant » théorique) qui s'appuie sur les données de la BD CARTHAGE, de la BD TOPO et sur une analyse de la topographie (SCAN 25) ;
- Une zone tampon de 50 m autour des deux sites ;
- Et le cours d'eau, lorsque la zone humide est de type alluvial.

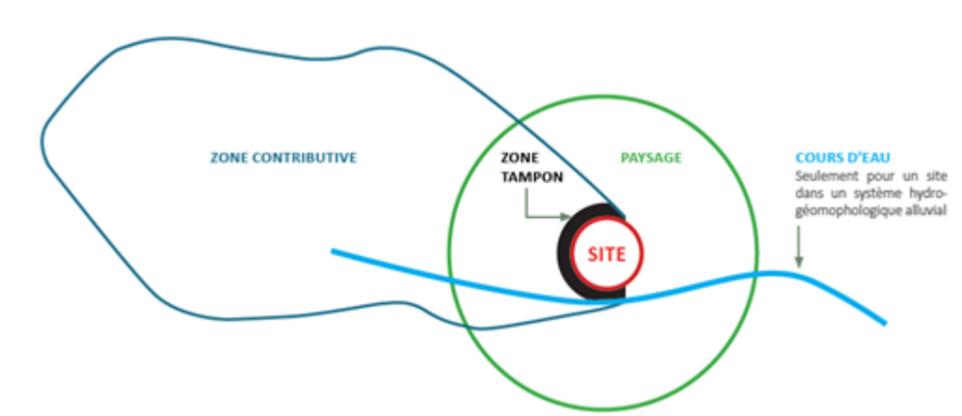


Illustration 42 : Les zones prises en compte pour évaluer les fonctions des zones humides.

L'analyse réalisée sur ces différents périmètres permet d'évaluer l'**opportunité de la zone humide à exprimer un certain nombre de fonctions**, au regard du contexte dans lequel elle s'insère. Par exemple, une zone humide en secteur alluvial a une opportunité plus forte à jouer dans un rôle de ralentissement des ruissellements (alimentation en eau provenant d'une grande zone contributive) qu'une zone humide de plateau pour laquelle la zone contributive est en général restreinte.

L'analyse d'un certain nombre de paramètres sur la zone humide elle-même évalue **la capacité potentielle d'expression de ces fonctions, au regard des caractéristiques propres du site**. Par exemple, une zone humide de boisement présente une rugosité plus élevée qu'une prairie humide, sa capacité potentielle de remplir une fonction de résistance à l'écoulement est donc plus importante.

La méthode nationale sur les zones impactées a été mise en œuvre par Carine BOSSARD, chargée d'étude et Florence BAPTIST, ingénieur de recherche. Le travail a consisté en une étude préparatoire de caractérisation des sites (remplissage du tableur d'évaluation à partir d'une analyse par SIG) et une étude de terrain réalisée le 22 mars 2017 (analyse pédologique et vérification des éléments obtenus par analyse cartographique). Cette étude a été réalisée sur l'emprise de la DUP et avant le changement de réglementation concernant la délimitation réglementaire des zones humides.

Suite à l'évolution de la réglementation, l'analyse de fonctionnalité a été reprise par Stéphanie LONGA, Florence BAPTIST et Christelle BASTIDE au printemps / été 2018.

Contrairement à l'approche proposée initialement, les zones humides impactées ont été regroupées en une seule et même entité. Il en est de même concernant les parcelles destinées à la mise en œuvre des mesures compensatoires.

Ce regroupement s'appuie sur la question 3 des FAQ de la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides et est rendu possible par le fait que l'ensemble des parcelles présente un système hydrogéomorphologique similaire (alluvial) et un diagnostic de contexte équivalent.

Cette approche permet donc de comparer dans un seul et même tableur les pertes associées au projet d'aménagement et les gains liés aux mesures compensations sur les différentes parcelles sélectionnées.

Les sondages pédologiques ont été réalisés lors des prospections terrain le 22 mars 2017. Des sondages complémentaires ont été réalisés en octobre 2017.

Pour plus de rigueur, pour le complexe des zones humides impacté, seuls les sondages présents sur les périmètres des zones humides redélimitées ont été pris en compte lors de la mise à jour du diagnostic fonctionnel. Des extrapolations ont cependant parfois été réalisées sur le complexe des sites de compensation, en l'absence de sondage sur des habitats de surface réduite. Les extrapolations se basent sur des sondages réalisés à proximité, et sont indiquées dans le tableur joint au dossier.

Le substrat géologique de l'ensemble du périmètre d'étude est globalement homogène (alluvions quaternaires de la Vallée vosgienne de la Liepvrette). La présence de ces alluvions a limité la possibilité d'aller en profondeur lors des sondages pédologiques (profondeur moyenne atteinte : 50 cm). Ces difficultés techniques expliquent pourquoi les indicateurs liés au sol n'ont pu être calculés.

Les résultats obtenus sur quelques sondages et la géologie du site ont tout de même été pris en compte dans l'analyse du fonctionnement de ces zones.

3.2.2 Contexte et évaluation des enjeux

Le complexe de zones humides est situé à proximité de la masse d'eau du Giessen (FRCR113 - GIESSEN 2) et de celle de la Liepvrette (FRCR117 - LIEPVRETTE 3). Il est également associé au cours d'eau du Muehlbach. Cette zone est concernée par le SAGE Giessen – Liepvrette, approuvé en avril 2016. Ce complexe est ainsi principalement alimenté par ces cours d'eau et par les nappes qui leur sont associées. Les variations saisonnières des deux cours d'eau causent d'importantes fluctuations au niveau de leur nappe souterraine. Ces fluctuations peuvent parfois atteindre plusieurs mètres dans certains secteurs. Le Giessen et la Liepvrette sont des cours d'eau torrentiels aux crues soudaines pouvant engendrer des dégâts importants (©Conseil Général du Bas-Rhin).

Sur la base des éléments présentés ci-dessus, le complexe présente un fonctionnement hydrogéomorphologique de type alluvial (en suivant la nomenclature de Brinson tel que proposé par la méthode AFB).

La classification retenue par la méthode nationale propose cinq principaux systèmes hydrogéomorphologiques : (1) alluvial, (2) riverain des étendues d'eau, (3) de dépression, (4) de versant et bas-versant et (5) de plateau. Cette classification permet de caractériser le mode d'alimentation en eau principal de la zone humide étudiée.

Ce complexe présente globalement un niveau d'opportunité modéré à fort pour les fonctions hydrologiques en fonction des sites du complexe (milieux humides localisés en situation de nappe affleurante et à la confluence de deux cours d'eau qui peuvent donner lieu à des inondations en aval). Les sites du complexe ne bordant pas le cours d'eau, avec un lit incisé, présentent un niveau d'opportunité modéré.

En termes de fonctions biogéochimiques et bien que la superficie du bâti et des zones cultivées soient relativement faibles au sein de la zone contributive, la qualité des cours d'eau, notamment de la Liepvrette est considérée passable au regard du phosphore mais également de l'azote (diagnostic du Sage gessien et Liepvrette, 2009). Les enjeux au niveau du Gessien concernent principalement les composés phosphorés. L'opportunité pour ces zones humides de jouer un rôle épuratoire est donc élevée.

Enfin, ces complexes sont considérés comme des cœurs de biodiversité / corridors écologiques d'après le SRCE alsace (adopté suite à la délibération du Conseil Régional du 21 novembre 2014 et par arrêté préfectoral n°2014/92 du 22 décembre 2014). L'opportunité pour ces zones humides de jouer un rôle en termes de fonctions biologiques est donc élevée.

L'analyse de l'opportunité (ou encore des enjeux liés à la présence de ces zones humides) souligne l'importance de ce complexe au regard de l'ensemble de fonctions biologiques, hydrologiques et biogéochimiques.

3.2.3 Diagnostic fonctionnel du complexe de zones humides impacté

3.2.3.1 Contexte et synthèse des résultats

Le complexe est rattaché aux masses d'eau du Giessen et de la Liepvrette. Certains secteurs se situent à proximité du Muehlbach.

La totalité de ce complexe sera impactée, soit une superficie totale de 2,145 ha.

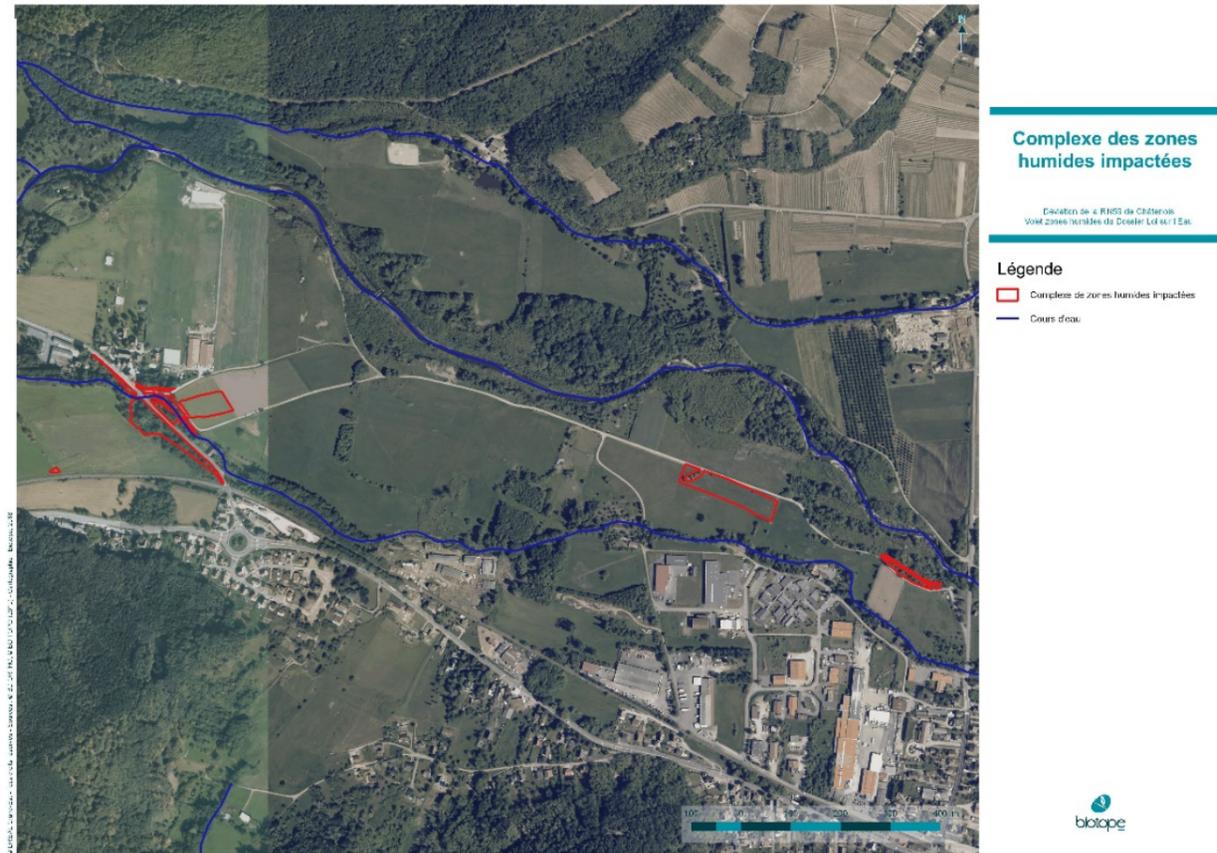


Illustration 43: Complexe des zones humides impactées

Les habitats composant ces zones humides sont illustrés ci-après.

Tableau 18 : Habitats composant le complexe des zones humides impacté

Code EUNIS 3	Habitats observés sur le site de compensation	Proportion % et surface
E2.2	Prairies de fauche de basse et moyenne altitude	53% (environ 1,1 ha)
G1.1	Forêts riveraines et forêts galeries, avec dominance d' <i>Alnus</i> , <i>Populus</i> ou <i>Salix</i>	24% (environ 0,5 ha)
G1.2	Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes	23% (environ 0,5 ha)

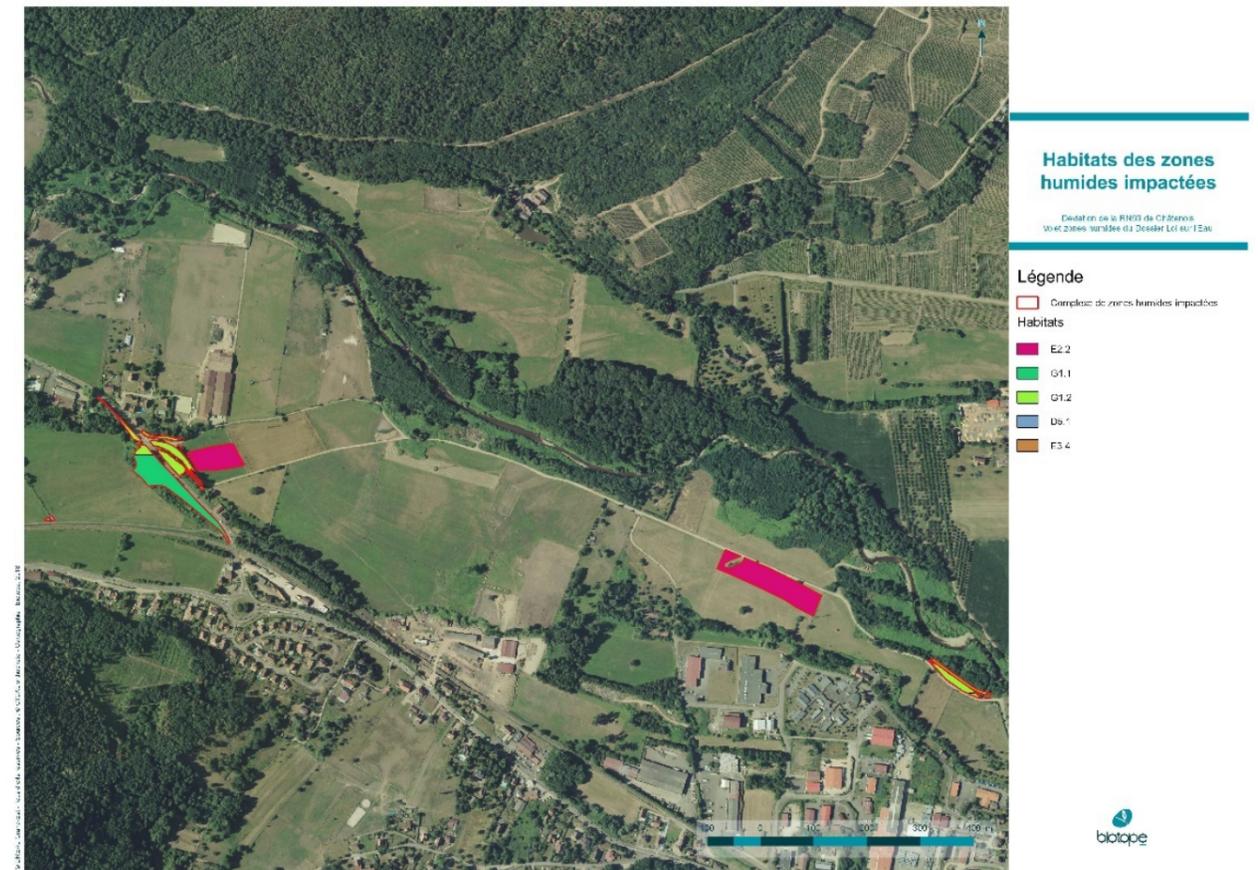


Illustration 44 : Habitats du complexe des zones humides impactées

Il est à noter que les habitats D5.1 et E3.4 (« Roselières normalement sans eau libre » et « Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses »), situés au niveau du petit secteur à l'ouest du complexe, ne figurent pas dans le tableur, en raison de leur surface inférieure au seuil choisi pour considérer un habitat (seuil de 156 m², surface D5.1 : 63 m², surface E3.4 : 53 m²). Ces habitats de ce secteur ont été intégrés à l'habitat E2.2 dans l'application de la méthode AFB.

La zone contributive de ce complexe comprend le bassin versant du cours d'eau du Giessen ainsi que celui de la Liepvrette dont le Muehlbach (Illustration 45).

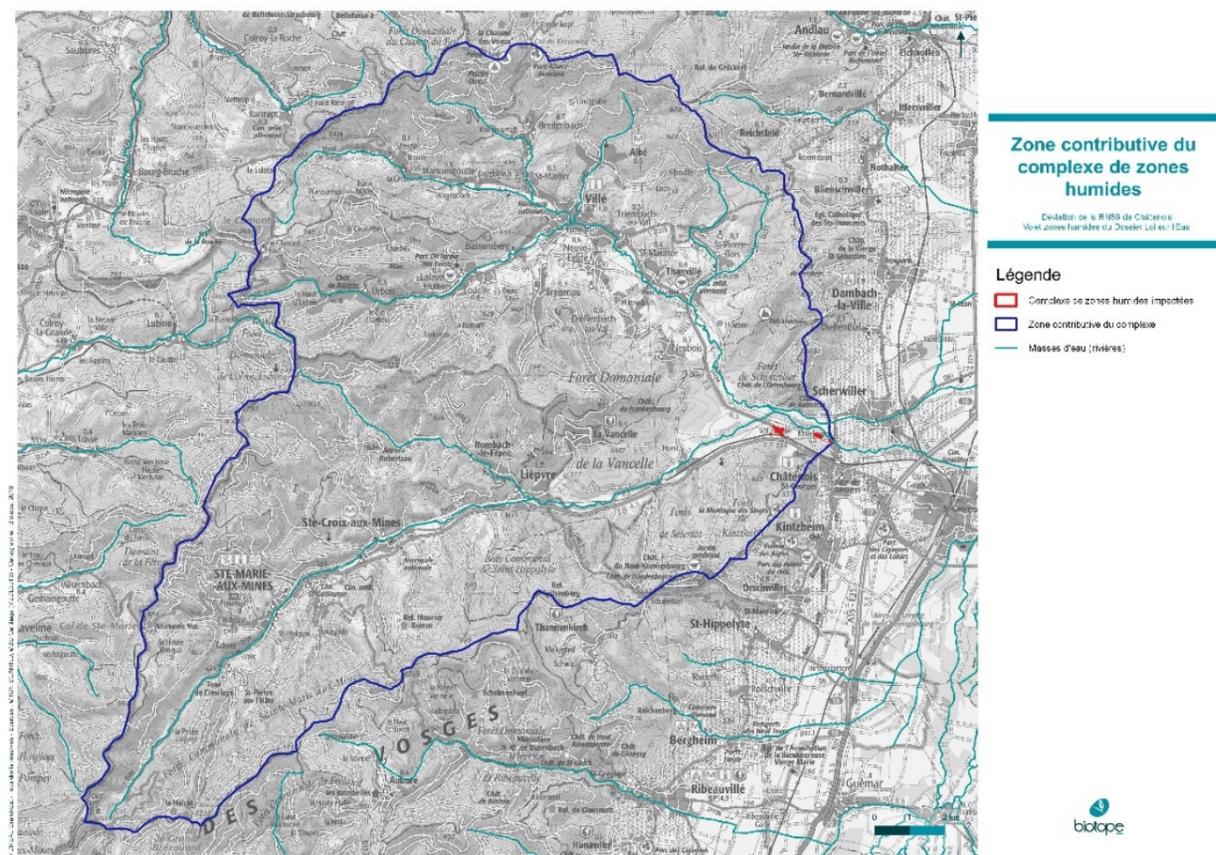


Illustration 45 : Zone contributive du complexe de zones humides impactées

Cette zone a une superficie de 26 655 ha environ. Elle se caractérise par une densité très importante de forêt (environ 80% de la superficie). Cette zone est assez peu anthropisée, seulement 0,5% correspond à des surfaces construites. La densité des infrastructures de transport est de même assez réduite (483 km). Peu de cultures sont présentes (170 ha) mais presque 11% de la zone est dominé par des prairies enherbées.

Les éléments et le tableau, pages 366 à 368, mettent en regard l'opportunité de cette zone humide à remplir les fonctions et sa capacité potentielle à les exprimer. Cette synthèse est construite par interprétation, à dire d'expert, des résultats par indicateur issus de la méthode AFB (voir paragraphe 3.2.3.5).

Le niveau général d'expression des fonctions est relativement bon excepté pour certaines sous-fonctions biogéochimiques dépendantes en partie des caractéristiques du sol (assimilation végétale de l'azote, dénitrification, séquestration du carbone).

Dans tous les cas, le projet aura pour incidence la suppression totale de la zone humide et donc de l'ensemble des fonctions qui lui sont associées.

3.2.3.2 Fonctions hydrologiques

La présence d'un couvert diversifié (arboré, arbustif et herbacé), la végétalisation des berges et l'absence de fossés suggèrent une capacité marquée du complexe à ralentir les ruissellements et à retenir les sédiments. Néanmoins, le cours d'eau est assez incisé, les périodes de débordement sont donc vraisemblablement rares.

Le niveau de conductivité hydraulique en surface est faible, mais probablement plus élevé en profondeur (présence de graviers sableux).

Les deux paramètres évoqués précédemment permettent de considérer la capacité d'expression de la fonction de recharge de nappe comme faible à modérée. Ce point nécessiterait toutefois une investigation approfondie du sol à plus forte profondeur.

3.2.3.3 Fonctions biogéochimiques

La présence d'un couvert végétal permanent et diversifié indique une capacité d'assimilation importante du complexe notamment vis-à-vis de l'azote, malgré un horizon humifère très mince. Le pH se révélant légèrement acide (pH égal à 5), l'assimilation des orthophosphate par la végétation est vraisemblablement modérée. La fonction d'adsorption, précipitation du phosphore présente également un niveau d'expression modéré à fort. La texture limono-argileuse en surface, ainsi que la végétalisation du site, favorisent la fonction de dénitrification. Cette fonction présente vraisemblablement un niveau d'expression modéré étant donné l'hydromorphie très réduite et la faible épaisseur de matière organique dans le sol.

Enfin, la fonction de séquestration du carbone s'exprime de manière faible à modérée sur ce site comme l'attestent la présence d'un couvert végétal diversifié (présence de couvert arboré à hauteur de 47%) et la présence d'un sol humifère mince en moyenne, notamment au niveau des prairies.

3.2.3.4 Fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces

Le complexe présente une diversité d'habitats modérée. En effet, deux grands habitats sont représentés dans ce complexe de zones humides : les prairies et les boisements. Toutefois, au sein des prairies, il est possible de retrouver des roselières (Cf. Contexte et synthèse des résultats) et des types de prairies plus ou moins humides. Enfin, les boisements se composent de ripisylves et de boisements alluviaux. Ajouté à l'importance des lisières et à la rareté de l'artificialisation, en termes de déplacement d'espèces, le niveau d'expression de la fonction de support d'habitat est considéré comme modéré à fort.

Toutefois, une partie des milieux observés sont des prairies de fauche et présentent un état de dégradation important. De plus, ces milieux sont colonisés par des espèces invasives (*Impatiens glandulifera*, *Robinia pseudoacacia*, *Reynoutria japonica*, *Solidago gigantea*). Avec un très faible isolement des habitats et une assez forte densité de lisières, la connectivité des habitats est considérée comme modérée.

Légende : Niveau faible / moyen / fort qualifiant l'opportunité d'expression de la fonction au regard de son environnement et la capacité potentielle d'expression de la fonction au regard des caractéristiques propres du complexe humide. NA : il n'est pas possible d'évaluer l'opportunité d'exprimer ces fonctions dans le cadre de l'application de cette méthode.

Tableau 19 - Opportunité du complexe de zones humides à remplir les fonctions et capacité intrinsèque (propre) à les exprimer.

Fonctions (Méthode AFB, 2016)		Opportunité d'expression de la fonction	Capacité vraisemblable d'expression de la fonction <u>avant impact</u>		
		Interprétation BIOTOPE			
Fonctions hydrologiques (dont rôle de la zone humide quant au risque inondation)	Ralentissement des ruissellements	Modéré à fort	Le complexe est en situation de nappe affleurante et à la confluence de deux cours d'eau qui peuvent donner lieu à des inondations en aval.	Modéré à fort	La présence d'un couvert végétal globalement diversifié (herbacé et arborescent – facteur de rugosité du couvert végétal) et l'absence de fossés permettent d'effectuer un ralentissement efficace des écoulements et de retenir les sédiments. La présence d'un horizon superficiel limono-argileux et la faible conductivité en surface n'est pas favorable à la recharge des nappes.
	Recharge des nappes			Faible à modéré	
	Rétention des sédiments			Modéré à fort	
Fonctions biogéochimiques (= fonctions épuratoires et de stockage du carbone)	Dénitrification	Modéré à fort	Bien que la superficie du bâti et des zones cultivées soient relativement faibles au sein de la zone contributive, la qualité des cours d'eau, notamment de la Liépvrette est considérée passable notamment au regard du phosphore mais également de l'azote (Sage gessien et Liepvrette, 2009). Les enjeux au niveau du Gessien concernent principalement les composés phosphorés.	Modéré	Le couvert végétal permanent présent sur la totalité du complexe, l'absence de systèmes de drainage et la présence d'une texture argilo-limoneuse sont favorables à cette fonction, en dépit d'un horizon humifère très mince (12 cm en moyenne).
	Assimilation végétale de l'azote			Modéré	La présence d'un couvert végétal diversifié favorise l'expression de cette fonction. Il est à noter que la gestion par la fauche des prairies permet également l'exportation des nutriments. Le très mince horizon humifère limite néanmoins cette fonction.
	Adsorption, précipitation du phosphore			Modéré à fort	Le pH légèrement acide du sol (pH 5) favorise légèrement cette fonction, soutenue par la présence d'une végétation importante.
	Assimilation végétale des orthophosphates			Modéré	Le pH légèrement acide du sol limite la capacité de la végétation à assimiler le phosphore, toutefois la végétalisation du site permet de compenser légèrement.
	Séquestration du carbone	NA	Faible à modéré	La présence d'habitats arborés est favorable à la séquestration du carbone. L'horizon humifère globalement mince (notamment au niveau des prairies) indique cependant un niveau d'expression limité pour cette fonction.	
Fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces	Support des habitats	Fort	Zones considérées comme des cœurs de biodiversité / corridors écologiques d'après le SRCE alsace (2014).	Modéré à fort	Le complexe présente une diversité d'habitat modérée, avec des prairies et des boisements comme seuls grands types d'habitats. Toutefois, des habitats secondaires sont présents et permettent de diversifier les caractéristiques des deux grands ensembles ponctuellement La densité de lisières est assez importante. Cependant, le site est occupé par endroit d'espèces exotiques envahissantes et certaines prairies apparaissent comme étant fortement dégradées.
	Connectivité			Modéré	

3.2.3.5 Présentation de la valeur des indicateurs pour le complexe de zones humides impactées

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans le site impacté		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rendement des nutriments	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le couvert végétal															
Végétalisation du site	41	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très faible	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très forte	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Couvert vég. permanent très important (100 %). Site détruit (0 ha).										
Couvert végétal 1	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinial	...le couvert végétal est principalement herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Couvert surcouvert avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent. Site détruit (0 ha).										
Couvert végétal 2	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinial	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Couverts intermédiaires. Site détruit (0 ha).										
Rugosité du couvert végétal	56	...le couvert végétal est absent ou principalement bas	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Couvert végétal intermédiaire. Site détruit (0 ha).										
Les systèmes de drainage															
Rareté des rigoles	60	... la densité de rigole est très élevée	... les rigoles sont absentes ou à très faible densité	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence de rigoles. Site détruit (0 ha).										
Rareté des fossés	60	... la densité de fossé est très élevée	... les fossés sont absents ou à très faible densité	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence de fossés. Site détruit (0 ha).										
Rareté des fossés profonds	60	... la densité de fossé profond est très élevée	... les fossés profonds sont absents ou à très faible densité	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence de fossés profonds. Site détruit (0 ha).										
Végétalisation des fossés et fossés profonds	60	... les fossés et fossés profonds sont pas ou très peu végétalisés	... les fossés et fossés profonds sont très végétalisés	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Non renseigné, pas de fossés et fossés prof. Site détruit (0 ha).										
Rareté des drains souterrains	64	... la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très importante	... il n'y a pas de drain souterrain ou quand la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très faible	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout. Site détruit (0 ha).										
L'érosion															
Rareté du ravinement	66	... la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très importante	... il n'y a pas de ravines, ou quand la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très faible	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence de ravinement. Site détruit (0 ha).										
Végétalisation des berges	71 et 72	... la part du linéaire de berges érodée ou non stabilisée est très importante	... la part du linéaire de berges végétalisée ou stabilisée par des aménagements est très importante	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Berges nues très réduites (0 %). Site détruit (0 ha).										

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans le site impacté		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rendement des nutriments	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le sol															
Acidité du sol 1	73	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Sol généralement assez acide ou assez basique. Site détruit (0 ha).										
Acidité du sol 2	73	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Sol généralement assez acide ou assez basique. Site détruit (0 ha).										
Matière organique incorporée en surface	73	... l'épissol humifère en surface est absent ou très peu épais	... l'épissol humifère en surface est très épais	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Epissol humifère très mince (moy = 12 cm). Site détruit (0 ha).										
Matière organique enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon humifère enfoui ou très peu épais	... l'horizon humifère enfoui est très épais	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site. Site détruit (0 ha).										
Tourbe en surface	73	... il n'y a pas d'horizon histique ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique est épais et peu décomposé	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence d'horizon histique (tourbe). Site détruit (0 ha).										
Tourbe enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon histique enfoui ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique enfoui est épais et peu décomposé	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Absence d'horizon histique (tourbe). Site détruit (0 ha).										
Texture en surface 1	73	... la texture est principalement limoneuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse et/ou sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Granulométrie intermédiaire. Site détruit (0 ha).										
Texture en surface 2	73	... la texture est principalement sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Granulométrie intermédiaire. Site détruit (0 ha).										
Texture en profondeur	73	... la texture est principalement sableuse entre 30 et 120 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Texture en profondeur non renseignée dans tout le site. Site détruit (0 ha).										
Conductivité hydraulique en surface	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 0 et 30 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Faible conductivité hydraulique en surface. Site détruit (0 ha).										
Conductivité hydraulique en profondeur	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 30 et 120 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site. Site détruit (0 ha).										
Hydromorphie	73	... hydromorphie est très réduite (traits rédoxiques)	... hydromorphie est très élevée (traits histiques)	Avant impact Avec impact envisagé Après impact	Très faible hydromorphie. Site détruit (0 ha).										

Propriétés générales de l'indicateur			Mesures de l'indicateur dans le site impacté		Sous-fonctions associées										
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rendement des nutriments	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats

Les habitats											
Richesse des grands habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 1 est très important	Avant impact	■	2 grands habitats.					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Equilibration des grands habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 1 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 1 est similaire à celle des autres	Avant impact	■	Equilibré de répartition des grands habitats très élevée (E=1).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Proximité des habitats	77, 78	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très isolées des autres unités d'habitats similaires	... les unités d'habitats EUNIS niveau 1 du site sont très proches des autres unités d'habitats similaires	Avant impact	■	Très faible isolement des habitats (dist. moy. 0,2 km).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Similitude avec le paysage	22, 39	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très différente	... la composition des habitats EUNIS niveau 1 dans le site et dans le paysage est très similaire	Avant impact	■	Habitats assez différents du paysage (coef. sim.=0,58).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Richesse des habitats	39	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très réduit	... le nombre d'habitats EUNIS niveau 3 est très important	Avant impact	■	3 habitats.					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Equilibration des habitats	39	... un ou quelques habitats EUNIS niveau 3 sont largement dominants sur les autres	... la part relative des habitats EUNIS niveau 3 est similaire à celle des autres	Avant impact	■	Equilibré de répartition des habitats très élevée (E=0,93).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Rareté des lisières	76	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très importantes	... les lisières entre les habitats EUNIS niveau 3 sont très réduites	Avant impact	■	Assez forte densité de lisières (449,4 m/ha).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Rareté de l'artificialisation de l'habitat	39, 57 et 58	... les perturbations anthropiques sont extrêmes	... les perturbations anthropiques sont modérées à quasi-absentes.	Avant impact	■	Perturbations anthropiques modérées à quasi-absentes.					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							
Rareté des invasions biologiques végétales	55	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est élevée	... la part du site occupée par des espèces végétales associées à des invasions biologiques est réduite ou absente	Avant impact	■	Emprise d'esp. inv. vég. très réduite (5 %).					
				Avec impact envisagé		Site dév. (0 ha).					
				Après impact							

3.3 PRESENTATION DE LA STRATEGIE COMPENSATOIRE POUR LES ZONES HUMIDES ET DIAGNOSTIC FONCTIONNEL

3.3.1 Présentation générale

La méthode nationale a également été appliquée sur les sites de compensation identifiés comme étant un complexe de zones humides. Ceux-ci ont été caractérisés suite à une analyse des habitats humides d'après les données de ESOPE 2011, la reprise des données DUP Biotope et l'inventaire des zones humides du bassin versant du Giessen réalisé par l'ONF.

Plusieurs sites de compensation zone humide ont été étudiés afin de répondre au mieux à la « dette » zone humide et retrouver les fonctionnalités perdues.

La carte ci-dessous présente les premiers sites étudiés.

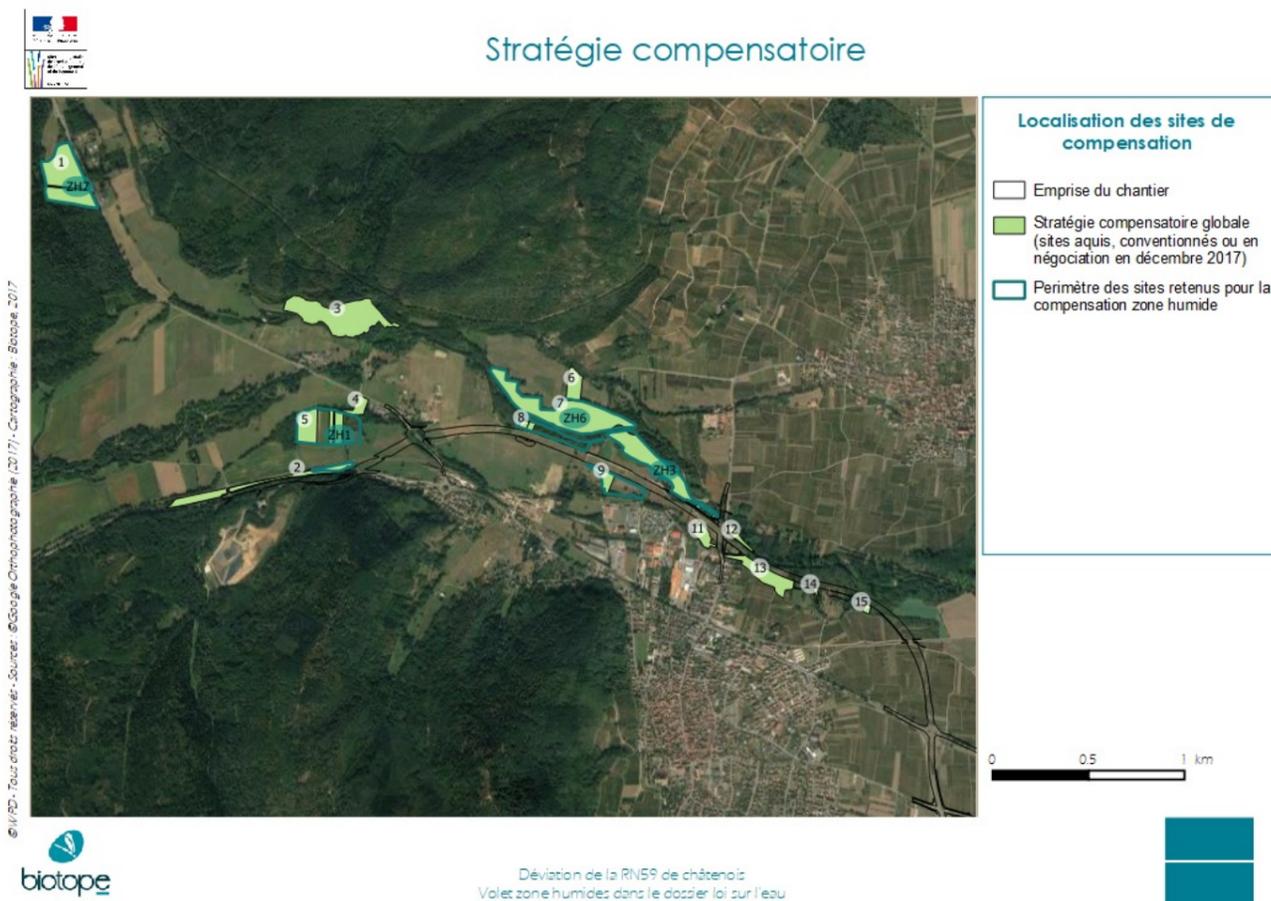


Illustration 46 : Sites compensatoires zone humide étudiés dans le cadre de la stratégie compensatoire présentée en décembre 2017.

Chaque site de compensation zone humide, faisant partie du complexe, a fait l'objet d'une étude préparatoire de caractérisation des sites (remplissage du tableur d'évaluation à partir d'une analyse par SIG) et d'une étude de terrain. Tous les sites ont été prospectés durant la semaine du 24 au 27 octobre 2017 (analyse pédologique et vérification des éléments obtenus par analyse cartographique).

Le tableau ci-contre présente les sites compensatoires étudiés.

Tableau 20 : Sites compensatoires zones humides étudiés pour atteindre l'équivalence fonctionnelle.

Site de compensation	Caractéristiques de la zone
<p>ZH1 (site compensatoire, zone humide 1)</p>	<p><u>Surface</u> : 5,8 ha</p> <p><u>HGM</u> : alluvial bordé par le Muehlbach</p> <p><u>Habitat</u> : 9 habitats ; prairies, prairies humides, haies, lisière, friches, forêt, roselière, bois anthropique, cultures</p> <p><u>Espèce envahissante</u> : présence de la Renouée du japon</p> <p><u>Pédologie</u> : Quinze sondages : douze sondages humides ; trois non humides. Structure du sol assez homogène (sablo-limoneux ou Limono-sableux).</p> <p>Site retenu pour compenser la destruction du complexe de zones humides.</p>
<p>ZH3 (site compensatoire, zone humide 3)</p>	<p><u>Surface</u> : 7,8 ha</p> <p><u>HGM</u> : alluvial, bordée par le Giessen et le Muehlbach</p> <p><u>Habitat</u> : 6 habitats : prairie de fauche, forêt riveraine (aulne, peuplier, saule), forêt riveraine mixte, prairies humides, zone de décharge, berges à végétation clairsemée.</p> <p><u>Espèce envahissante</u> : présence de Robinier faux acacia et de renouée du japon</p> <p>Présence d'une décharge sauvage sur le site (0.327ha)</p> <p><u>Pédologie</u> : Dix sondages dont deux humides. Zone peu propice à la pédologie dû à la présence importante d'alluvion dans le sol. La moyenne des profondeurs atteintes est de 50 cm.</p> <p>Site retenu pour compenser la destruction du complexe de zones humides.</p>

<p>ZH6 (site compensatoire 7 zone humide 6)</p> 	<p><u>Surface</u> : 7,6 ha</p> <p><u>HGM</u> : alluvial, bordé par le Giessen</p> <p><u>Habitat</u> : 2 habitats : plantation forestières et forêt riveraine mixte</p> <p><u>Espèce envahissante</u> : présence du Robinier faux acacia, Renouée du japon, Solidage et balsamine.</p> <p><u>Pédologie</u> : cinq sondages dont un sondage humide. Zone peu propice à la pédologie en raison de la présence importante d'alluvion dans le sol. La moyenne de la profondeur réalisée est de 60 cm</p> <p>Site retenu pour compenser la destruction du complexe de zones humides.</p>
<p>ZH7 (site compensatoire, zone humide 7)</p> 	<p><u>Surface</u> : 5.6 ha</p> <p><u>HGM</u> : alluvial, cours d'eau intermittent traversant le site</p> <p><u>Habitat</u> : 4 habitats : forêt riveraines mixtes, forêt marécageuse, lisière et prairies humides, prairies humides ou mouilleuses (mégaphorbiaie).</p> <p><u>Espèce envahissante</u> : non</p> <p><u>Pédologie</u> : Huit sondages dont cinq humides, zone remblayée en bordure de route (0.179 ha).</p> <p>Site retenu pour la gestion de la zone humide en bon état. En effet, les mesures à mettre en place n'apportent que peu de plus-value écologique, c'est pourquoi ce site est retiré de la stratégie compensatoire pour les zones humides.</p>

- Mise en défens du cours d'eau ;
- Plantation d'un linéaire de haie ;
- Reconversion des cultures en prairie ;
- Restauration de mégaphorbiaie ;
- Elargissement et gestion de la ripisylve ;
- Mise en place de techniques de lutte afin de limiter la propagation des Espèces Exotiques Envahissantes (EEE), dont la Renouée du Japon ;
- Reconversion d'une plantation de peuplier en milieu ouvert ;
- Transformation d'une décharge en milieu ouvert.

Le substrat géologique de l'ensemble du périmètre d'étude est globalement homogène (alluvions quaternaires de la Vallée vosgienne de la Liepvrette et socle du massif vosgien sud). La présence de ces alluvions et l'affleurement des roches cristallines hercyniennes a limité la possibilité d'aller en profondeur pour de nombreux sondages pédologiques comme pour les zones humides impactées.

De ce fait, certains indicateurs liés au sol ne sont pas renseignés dans les tableaux associés à la méthode nationale. Néanmoins, les caractéristiques du sol ont été prises en compte dans l'analyse des fonctions.

Au final, seuls trois sites ont été retenus dans le cadre de la mise en œuvre des mesures compensatoires :

- ZH3 (site compensatoire, zone humide 3) de superficie : 7,8 ha
- ZH1 (site compensatoire, zone humide 1) de superficie : 5,8 ha ;
- ZH6 (site compensatoire, zone humide 6) de superficie : 7,6 ha.

Pour ces sites, les mesures proposées consistent à :

3.3.2 Diagnostic fonctionnel du site compensatoire

3.3.2.1 Contexte et synthèse des résultats

Le site compensatoire est rattaché aux masses d'eau du Giessen et de la Liepvrette. Il se situe donc dans le même bassin versant que le complexe impacté. Son fonctionnement hydrologique est analogue à celui des zones humides impactées (système alluviale). Il se situe également en bordure du Giessen et du Muehlbach (l'illustration suivante présente la stratégie compensatoire définitive retenue pour les zones humides ; unités encadrées en rouge).

L'ensemble du complexe de compensation représente une surface de 21,236 ha.

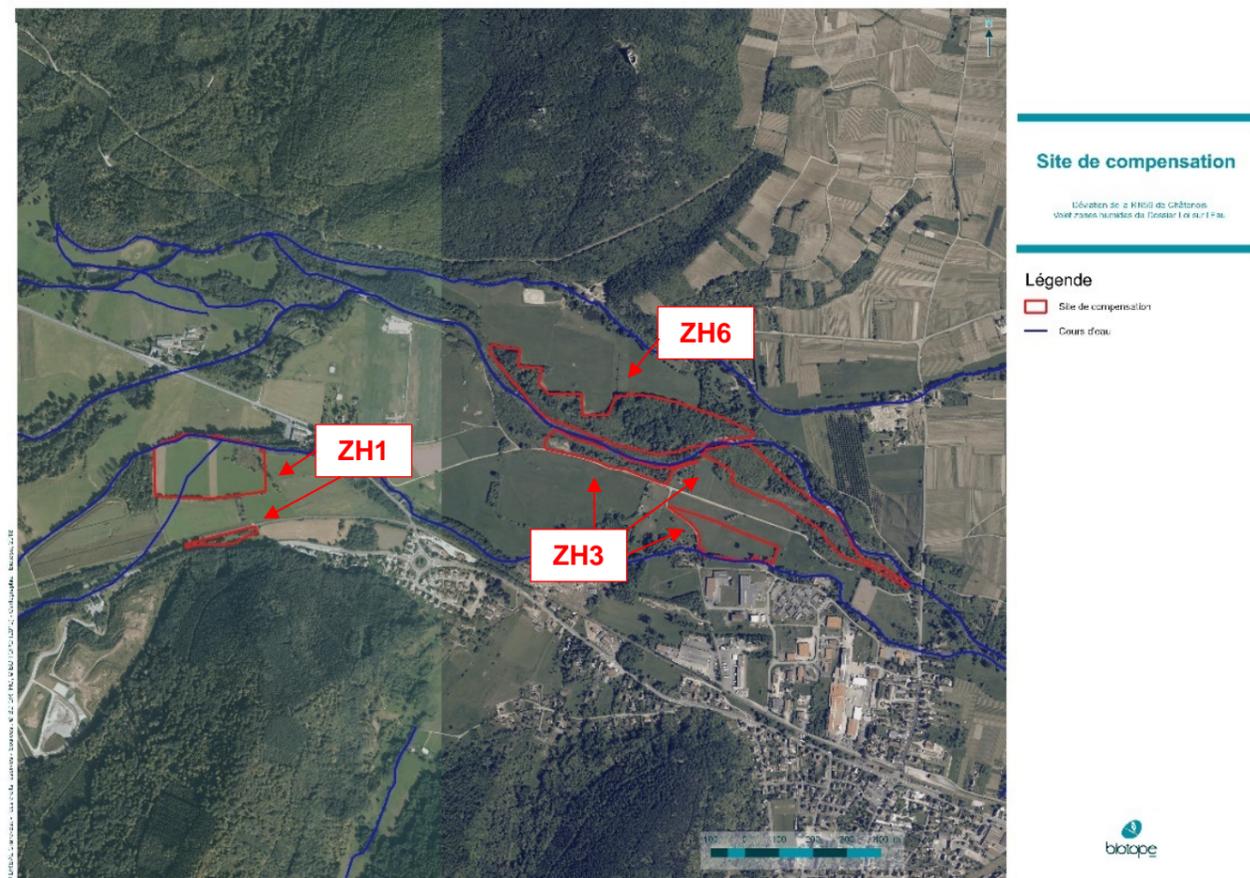


Illustration 47 : Complexe des sites de compensation

Sa zone contributive est similaire à celle du complexe de zones humides impactées. Elle comprend donc le bassin versant du cours d'eau de la Liepvrette, dont le Muehlbach ainsi que celui du Giessen (Illustration 48).

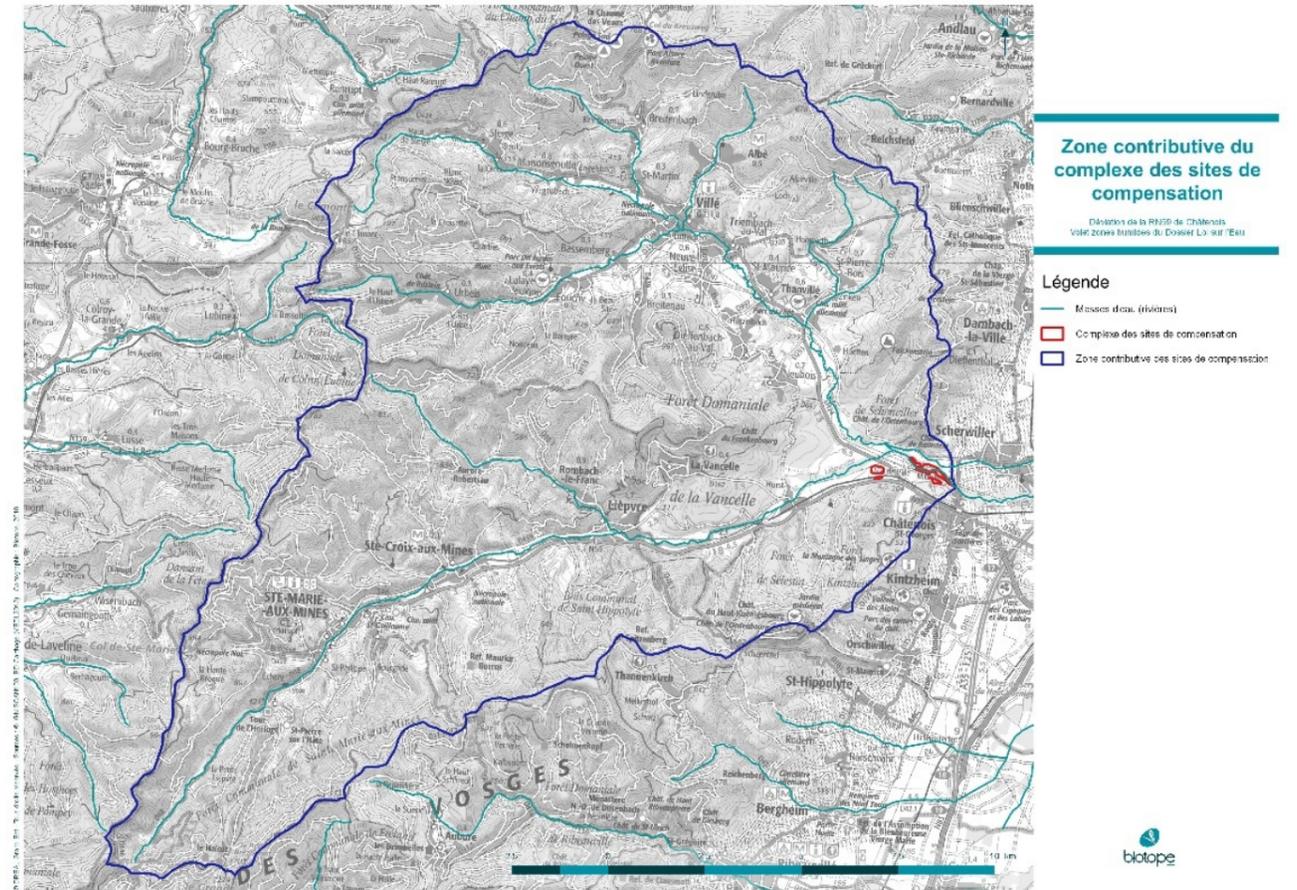


Illustration 48: Zone contributive du site de compensation

Cette zone contributive a une superficie de 26 655 ha. Elle se caractérise par une densité très importante de forêt (environ 80% de la superficie). Cette zone est peu anthropisée, seulement 0,5% correspond à des zones bâties. La densité des infrastructures de transport est assez réduite. Peu de cultures sont présentes mais 11% de la zone est dominée par des prairies enherbées.

Le complexe de sites a été sélectionné dans le but d'y réaliser des actions visant à améliorer sa fonctionnalité. La proximité géographique a également été un objectif important.

Ce site présente des enjeux de restauration conformes aux dispositions du SDAGE et ne fait l'objet d'aucune action publique ou privée en termes de compensation envers les zones humides ou plus globalement de gestion favorable à l'expression des fonctions des zones humides. Le principe d'additionnalité aux engagements publics est donc respecté.

Cet engagement portera sur une durée de 30 ans à compter de la mise en œuvre des mesures sur le site.

Les habitats composant ce site sont précisés dans le tableau ci-dessous et illustrés à la suite.

Tableau 21. Présentation des habitats présents sur le complexe des sites de compensation.

Code EUNIS 3	Habitats observés sur le site de compensation	Proportion % et surface
C3.2	Roselières et formations de bordure à grands hélophytes autres que les roseaux	0,1% (environ 0,02 ha)
C3.6	Berges nues ou à végétation clairsemée avec des sédiments meubles ou mobiles	0,1% (environ 0,02 ha)
E2.2	Prairies de fauche de basse et moyenne altitude	9,2% (environ 2 ha)
E3.4	Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses	11% (environ 2,3 ha)
E5.4	Lisières et prairies humides ou mouilleuses à grandes herbacées et à fougères	9,4% (environ 2 ha)
FA.1	Haies d'espèces non indigènes	0,2% (environ 0,04 ha)
G1.1	Forêts riveraines et forêts galeries, avec dominance d' <i>Alnus</i> , <i>Populus</i> ou <i>Salix</i>	4,2% (environ 1 ha)
G1.2	Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes	48,5% (environ 10,3 ha)
G1.C	Plantations forestières très artificielles de feuillus caducifoliés	4,6% (environ 1 ha)
G5.2	Petits bois anthropiques de feuillus caducifoliés	1,6% (environ 0,3 ha)
I1.1	Monocultures intensives	9,6% (environ 2 ha)
I1.5	Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	0,1% (environ 0,02 ha)
J6.2	Déchets ménagers et sites d'enfouissement	1,4% (environ 0,3 ha)

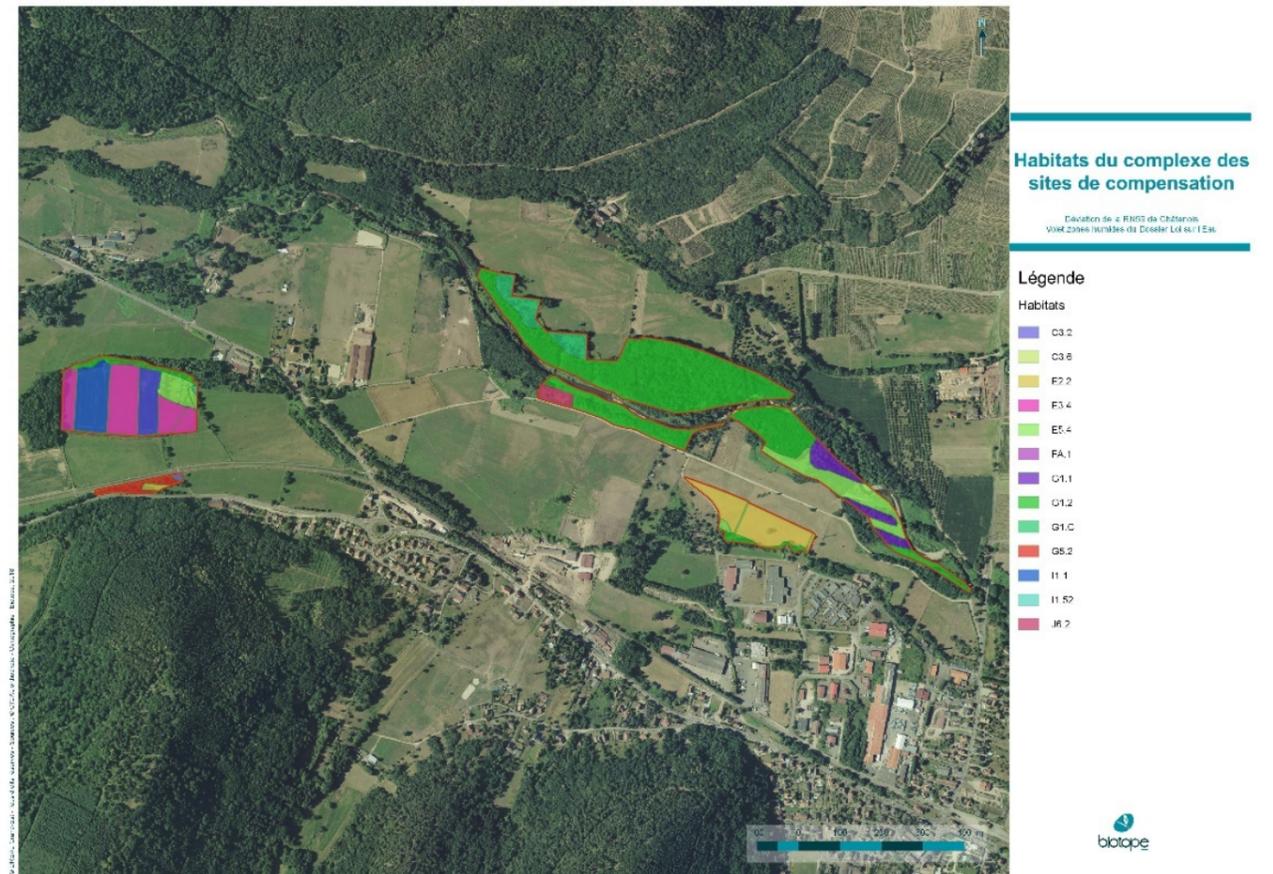


Illustration 49: Habitats du complexe des sites de compensation

Le complexe de compensation se caractérise par la présence de milieux dégradés par le développement d'espèces exotiques envahissantes. Des surfaces fortement anthropisées (décharge sauvage) ou de cultures intensives (monoculture) s'observent également. Cependant, ce complexe présente un intérêt écologique avec la présence de la Gagée jaune (plante protégée au niveau national) et d'un secteur favorable à des espèces protégées de papillons liés aux milieux humides. Les caractéristiques de ce complexe sont plus précisément décrites à la suite, selon leur localisation géographique.

Secteurs ouest du complexe (ZH1) :

Le secteur le plus à l'ouest du complexe était jusqu'en 2016 une zone favorable pour des espèces de papillons rares et protégés (Cuivré des marais, Azuré des paluds, Azuré de la Sanguisorbe). La plante hôte spécifique à certaines espèces était présente sur les prairies humides au nord de la zone. En 2016, certaines prairies ont été retournées afin d'y cultiver du blé et du maïs, ce qui a perturbé le cycle biologique de ces espèces.

Quelques espèces exotiques envahissantes ont été observées, particulièrement la Renouée du japon qui se retrouve pour le moment sur 2% de ce secteur ouest. Sa capacité de dispersion étant très rapide, celle-ci peut se propager sur une grosse partie du site.

Secteur central – nord du complexe (ZH6) :

Le secteur central, le plus au nord, est assez altéré par la présence de plantations de peuplier avec une sous strate en friche. Une forte présence d'espèces exotiques envahissante est à noter sur ce site. Quelques fourrés à Renouée du Japon sont présents et les berges du Giessen en sont couvertes. De nombreuses plantations de Robinier faux acacia ont été repérées au niveau de ce secteur du complexe de compensation. Ce secteur présente un intérêt écologique majeur puisqu'il abrite la Gagée jaune (géographiquement sur la partie est) et se situe en bordure immédiate du cours d'eau.

Secteurs est du complexe (ZH3) :

Ce secteur est globalement en mauvais état. La majorité des habitats sont caractérisés par un nombre important d'espèces exotiques envahissantes. Les parcelles correspondant à des lisières et prairies humides ou mouilleuses à grandes herbacées et à fougères (habitat E5.4) sont complètement envahies par la Renouée du Japon (fourré). De plus, les habitats boisés (G1.2 et G1.1) sont eux aussi partiellement envahis par des espèces telles que le Robinier faux acacia et la Solidage. Une décharge sauvage (accumulation de déchets verts, de construction et ménagés) est présente à l'ouest de ce secteur.

Le site au sud semble être le mieux conservé, malgré le renfermement d'une mégaphorbiaie à l'ouest. Beaucoup d'embâcles sont présents dans le cours d'eau. S'ils peuvent être intéressants (abris pour la faune piscicole, diversification du lit mineur notamment), il faut veiller à ce qu'ils n'obstruent pas complètement le cours d'eau.

3.3.2.2 Diagnostic fonctionnel du complexe de zones humides de compensation et évolution des fonctions au regard de la mise en œuvre des mesures compensatoires

Cette synthèse est construite par interprétation, à dire d'expert, des résultats par indicateur issus de la méthode AFB (voir paragraphe 1.1.1.1).

Etant localisé dans le même bassin versant (Giessen et Liepvrette), les enjeux observés, et les opportunités, au niveau du complexe de compensation sont similaires à ceux présentés pour les zones humides impactées.

3.3.2.3 Fonctions hydrologiques

Le niveau d'expression des fonctions hydrologiques du complexe est globalement modéré à fort.

3.3.2.4 Fonctions biogéochimiques

Le niveau d'expression est considéré comme faible à modéré pour la sous-fonction de séquestration de carbone. Malgré la présence de d'un couvert arboré et arbustif, l'absence de matière organique en surface et la faible hydromorphie limitent l'expression.

Le niveau d'expression de la dénitrification des nitrates, de l'assimilation de l'azote et de l'assimilation des orthophosphates par la végétation est plutôt faible à modéré. La présence d'un pH acide ne permet pas à la végétation de l'assimiler correctement. A l'inverse, l'expression est forte pour l'adsorption/précipitation du phosphore (pH légèrement acide).

3.3.2.5 Fonctions biologiques

Les fonctions biologiques sont très impactées par l'artificialisation et la présence en grande quantité d'espèces exotiques. Malgré la bonne diversité des habitats et des lisières, le niveau d'expression de la fonction biologique est considéré comme modéré à fort car impacté par l'état de conservation actuels des habitats.

Les actions de compensation qui seront mises en place permettront d'augmenter la fonctionnalité d'un point de vue biologique en priorité (rareté de l'artificialisation et des espèces exotiques sur le site). Toutefois, ces actions auront également une incidence sur les fonctions hydrologique et biogéochimique (rugosité, couvert végétal).

Les actions écologiques proposées dans la section suivante favoriseront principalement les fonctions biologiques et dans une moindre mesure les fonctions hydrologiques et biogéochimiques.

Tableau 22 - Opportunité du complexe à remplir les fonctions et capacité intrinsèque (propre) à les exprimer.

Légende : Niveau faible / moyen / fort qualifiant l'opportunité d'expression de la fonction au regard de son environnement et la capacité potentielle d'expression de la fonction au regard des caractéristiques propres du complexe humide. NA : il n'est pas possible d'évaluer l'opportunité d'exprimer ces fonctions dans le cadre de l'application de cette méthode

Fonctions (Méthode AFB, 2016)		Opportunité d'expression de la fonction		Capacité vraisemblable d'expression de la fonction <u>avant action écologique envisagée</u>	
		Interprétation BIOTOPE			
Fonctions hydrologiques (dont rôle de la zone humide quant au risque inondation)	Ralentissement des ruissellements	Modéré à fort	Le complexe est en situation de nappe affleurante et à la confluence de deux cours d'eau qui peuvent donner lieu à des inondations en aval.	Modéré à fort	La présence d'un couvert végétal diversifié (forte rugosité) et l'absence de système de drainage permettent d'effectuer un ralentissement très efficace des écoulements et de retenir les sédiments. Néanmoins, le cours d'eau est particulièrement incisé, les périodes de débordement sont donc vraisemblablement rares, notamment sur les zones humides éloignées du cours d'eau.
	Recharge des nappes			Fort	
	Rétention des sédiments			Modéré à fort	
Fonctions biogéochimiques (= fonctions épuratoires et de stockage du carbone)	Dénitrification	Modéré à fort	Bien que la superficie du bâti et des zones cultivées soient relativement faibles au sein de la zone contributive, la qualité des cours d'eau, notamment de la Liépvrette est considérée passable notamment au regard du phosphore mais également de l'azote (Sage gessien et Liepvrette, 2009). Les enjeux au niveau du Gessien concernent principalement les composés phosphorés.	Faible	La présence d'un horizon humifère peu développé et la présence d'une texture sablo-limoneuse limitent l'expression de cette fonction, malgré la présence d'un couvert végétal permanent et l'absence de fossés.
	Assimilation végétale de l'azote			Faible à modéré	La présence d'un couvert végétal diversifié (herbacé et arboré) favorise cette fonction.
	Adsorption, précipitation du phosphore			Fort	Le pH acide favorise cette fonction.
	Assimilation végétale des orthophosphates			Faible à modéré	Le pH acide limite la capacité de la végétation à assimiler le phosphore.
	Séquestration du carbone	NA	Faible à modéré	La présence d'un couvert végétal diversifié favorise cette fonction (carbone stocké dans la végétation important). En revanche, l'horizon humifère peu marqué limite la capacité d'expression de cette fonction.	
Fonctions d'accomplissement du cycle biologique des espèces	Support des habitats	Fort	Zones considérées comme des cœurs de biodiversité / corridors écologiques d'après le SRCE alsace (2014).	Modéré à fort	Ce site présente une diversité d'habitat intéressante. 11 habitats composent le complexe. Cependant, ce site est fortement occupé par des espèces exotiques envahissantes. De plus, une décharge sauvage est présente sur le site, et certaines prairies ont été converties en cultures. Les actions écologiques proposées permettront d'augmenter les fonctions biologiques du complexe (conversion de la décharge en prairie, reconversion des cultures en prairies, élargissement d'une mégaphorbiaie, lutte contre les espèces exotiques envahissantes).
	Connectivité			Modéré à fort	

3.3.2.6 Présentation de la valeur des indicateurs pour le complexe des sites de compensation

Propriétés générales de l'indicateur				Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées									
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rafraîchissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le couvert végétal															
Végétalisation du site	41	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très faible	...la part du site avec un couvert végétal permanent est très forte	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert vég. permanent très important (89 %). Couvert vég. permanent très important (100 %).										
Couvert végétal 1	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent Couvert surtout herbacé avec export de biomasse et/ou arbustif et/ou arborescent										
Couvert végétal 2	56	...le couvert végétal est principalement clairsemé ou muscinal	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couverts intermédiaires. Couverts intermédiaires.										
Rugosité du couvert végétal	56	...le couvert végétal est absent ou principalement bas	...le couvert végétal est principalement arborescent	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Couvert végétal intermédiaire. Couvert végétal intermédiaire.										
Les systèmes de drainage															
Rareté des rigoles	60	... la densité de rigole est très élevée	... les rigoles sont absentes ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de rigoles. Absence de rigoles.										
Rareté des fossés	60	... la densité de fossé est très élevée	... les fossés sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de fossés. Absence de fossés.										
Rareté des fossés profonds	60	... la densité de fossé profond est très élevée	... les fossés profonds sont absents ou à très faible densité	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de fossés profonds. Absence de fossés profonds.										
Végétalisation des fossés et fossés profonds	60	... les fossés et fossés profonds sont pas ou très peu végétalisés	... les fossés et fossés profonds sont très végétalisés	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Non renseigné, pas de fossés et fossés prof. Non renseigné, pas de fossés et fossés prof.										
Rareté des drains souterrains	64	... la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très importante	... il n'y a pas de drain souterrain ou quand la part du site et de la zone tampon drainée par des drains souterrains est très faible	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout. Non renseigné, méconnaissance présence de drains sout.										
L'érosion															
Rareté du ravinement	66	... la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très importante	... il n'y a pas de ravines, ou quand la part du site ravinée sans couvert végétal permanent est très faible	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence de ravinement. Absence de ravinement.										
Végétalisation des berges	71 et 72	... la part du linéaire de berges érodée ou non stabilisée est très importante	... la part du linéaire de berges végétalisées ou stabilisées par des aménagements est très importante	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Berges nues très réduites (0 %). Berges nues très réduites (0 %).										

Propriétés générales de l'indicateur				Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées									
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rafraîchissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Les rectangles bleus, rouges ou verts indiquent les sous-fonctions renseignées par l'indicateur.															

Propriétés générales de l'indicateur				Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées									
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rafraîchissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Le sol															
Acidité du sol 1	73	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Soil généralement assez acide ou assez basique. Soil généralement assez acide ou assez basique.										
Acidité du sol 2	73	... le pH moyen du sol est très acide ou très basique	... le pH moyen du sol est compris entre [6-7]	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Soil généralement assez acide ou assez basique. Soil généralement assez acide ou assez basique.										
Matière organique incorporée en surface	73	... l'épiciolum humifère en surface est absent ou très peu épais	... l'épiciolum humifère en surface est très épais	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Episolum humifère très mince (moy. =4 cm). Episolum humifère très mince (moy. =4 cm).										
Matière organique enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon humifère enfoui ou très peu épais	... l'horizon humifère enfoui est très épais	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site. Horizon humifère enfoui non renseigné dans tout le site.										
Tourbe en surface	73	... il n'y a pas d'horizon histique ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique est épais et peu décomposé	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence d'horizon histique (tourbe). Absence d'horizon histique (tourbe).										
Tourbe enfouie	73	... il n'y a pas d'horizon histique enfoui ou très peu épais et/ou très décomposé	... l'horizon histique est épais et peu décomposé	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Absence d'horizon histique (tourbe). Absence d'horizon histique (tourbe).										
Texture en surface 1	73	... la texture est principalement limoneuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse et/ou sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Granulométrie intermédiaire. Granulométrie intermédiaire.										
Texture en surface 2	73	... la texture est principalement sableuse entre 0 et 30 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Granulométrie intermédiaire. Granulométrie intermédiaire.										
Texture en profondeur	73	... la texture est principalement sableuse entre 30 et 120 cm de profondeur	... la texture est principalement argileuse entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Texture en profondeur non renseignée dans tout le site. Texture en profondeur non renseignée dans tout le site.										
Conductivité hydraulique en surface	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 0 et 30 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 0 et 30 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Très forte conductivité hydraulique en surface. Très forte conductivité hydraulique en surface.										
Conductivité hydraulique en profondeur	73	... la conductivité hydraulique est très réduite entre 30 et 120 cm de profondeur	... la conductivité hydraulique est très importante entre 30 et 120 cm de profondeur	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site. Type de matériau en profondeur non renseigné dans tout le site.										
Hydromorphie	73	... l'hydromorphie est très réduite (traits rédoxiques)	... l'hydromorphie est très élevée (traits histiques)	Avant action écologique Avec act. écol. envisagée Après action écologique	Hydromorphie en profondeur non connue dans tout le site. Hydromorphie en profondeur non connue dans tout le site.										

Propriétés générales de l'indicateur				Mesures de l'indicateur dans le site de compensation		Sous-fonctions associées									
Nom	Question associée	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont moins fortes quand...	La valeur de l'indicateur et l'intensité des sous-fonctions sont plus fortes quand...	Valeur de l'indicateur indépendante de la superficie du site [0-1]	Commentaire	Rafraîchissement des ruissellements	Recharge des nappes	Rétention des sédiments	Dénitrification des nitrates	Assimilation végétale de l'azote	Adsorption, précipitation du phosphore	Assimilation végétale des orthophosphates	Séquestration du carbone	Support des habitats	Connexion des habitats
Les rectangles bleus, rouges ou verts indiquent les sous-fonctions renseignées par l'indicateur.															

3.3.3 Vérification des principes de proximité géographique, d'équivalence et d'additionnalité

3.3.3.1 Respect du principe de proximité géographique

Le tableau suivant présente le diagnostic de contexte obtenu par le biais de la méthode AFB.

Tableau 23 : Contexte géographique des zones humides impactées et du complexe de compensation. Evaluation du respect du principe de proximité géographique.

Critères	Complexe impacté	Complexe de compensation	Conforme ?	
Superficie des zones humides	2,145 ha impacté	21,236 ha dont 5,213 ha de zones humides restaurés	✓	
Appartenance au même sous-bassin versant (ou même masse d'eau)	FRCR113 – Giessen et FRCR117 - Liepvrette	FRCR113 – Giessen et FRCR117 - Liepvrette	✓	
Pressions anthropiques similaires dans la zone contributive	La zone contributive des zones humides impactées est similaire à la zone contributive du complexe des sites de compensation (la surface et l'occupation du sol sont sensiblement les mêmes). Dans l'ensemble, ces zones sont soumises à peu de pressions anthropiques : peu de culture, beaucoup de zones enherbées et de bois, et la densité de bâtis et infrastructures de transport est faible.		✓	
Paysages similaires	Paysage équivalent entre les sites, quelques légères variations (Zones bâties et agricoles de 1,5 à 5 points plus importantes)		✓	
Même système hydromorphologique	Alluvial	Alluvial	✓	
Habitats présents sur les sites	<p>E2.2 Prairies de fauche de basse et moyenne altitude (53% soit environ 1,1 ha)</p> <p>G1.1 Forêts riveraines et forêts galeries, avec dominance d'Alnus, Populus ou Salix (24% soit environ 0,5 ha)</p> <p>G1.2 Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes (23% soit environ 0,5 ha)</p>	<p>C3.2 Roselières et formations de bordure à grands héliophytes autres que les roseaux (0,1% soit environ 0,02 ha)</p> <p>C3.6 Berges nues ou à végétation clairsemée avec des sédiments meubles ou mobiles (0,1% soit environ 0,02 ha)</p> <p>E2.2 Prairies de fauche de basse et moyenne altitude (9,2% soit environ 2 ha)</p> <p>E3.4 Prairies eutrophes et mésotrophes humides ou mouilleuses (11% soit environ 2,3 ha)</p> <p>E5.4 Lisières et prairies humides ou mouilleuses à grandes herbacées et à fougères (9,4% soit environ 2 ha) ⇒ Habitat voué à restauration sur les secteurs dégradés</p> <p>FA.1 Haies d'espèces non indigènes (0,2% soit environ 0,04 ha) ⇒ Habitat voué à la reconversion en FA.3</p> <p>G1.1 Forêts riveraines et forêts galeries, avec dominance d'Alnus, Populus ou Salix (4,2% soit environ 1 ha)</p> <p>G1.2 Forêts riveraines mixtes des plaines inondables et forêts galeries mixtes (48,5% soit environ 10,3 ha)</p> <p>G1.C Plantations forestières très artificielles de feuillus caducifoliés (4,6% soit environ 1 ha) ⇒ Habitat voué à la reconversion en E2.2</p> <p>G5.2 Petits bois anthropiques de feuillus caducifoliés (1,6% soit environ 0,3 ha)</p>	Les habitats impactés se retrouvent au niveau des sites de compensation, avec une diversité et une surface accrue.	✓

Critères	Complexe impacté	Complexe de compensation	Conforme ?
		<p>I1.1 Monocultures intensives (9,6% soit environ 2 ha) ⇒ Habitat voué à la reconversion en E3.4, G1.2 et FA.3</p> <p>I1.5 Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées (0,1% soit environ 0,02 ha)</p> <p>J6.2 Déchets ménagers et sites d'enfouissement (1,4% soit environ 0,3 ha) ⇒ Habitat voué à la reconversion en E2.2</p> <p>FA.3 Haies d'espèces indigènes riches en espèces : habitat à créer (à partir de FA.1 la bordure des prairies adjacentes)</p>	

Les résultats obtenus indiquent que :

- Les zones humides impactées et le complexe de compensation sont situés dans les mêmes masses d'eau et donc dans les mêmes sous-bassins versants ;
- Le contexte géographique (paysage et zone contributive) apparaît équivalent entre les zones humides impactées et le complexe de compensation ;
- Les zones humides impactées et le complexe de compensation présentent un fonctionnement hydrogéomorphologique similaire.

Par ailleurs, la mise en œuvre des mesures compensatoires permettra de restaurer les mêmes habitats que ceux détruits ainsi que des habitats supplémentaires dont la restauration apporte une plus-value écologique.

En termes surfacique, la compensation devra viser au minimum 4,3 ha (ratio de 200%). Au regard de la superficie des sites de compensation proposé (21,236 ha dont 5,2 ha restauré), la réglementation du SDAGE est donc respectée (ratio de 240%).

D'après ces différents éléments, le principe de proximité géographique est respecté ainsi que la réglementation du SDAGE (au regard des ratios surfaciques).

La méthode AFB peut être mise en œuvre afin de vérifier si les principes d'additionnalité et d'équivalence fonctionnelle nécessaires pour la recevabilité des mesures sont également respectés.

3.3.3.2 Respect du principe d'équivalence fonctionnelle et d'additionnalité

Comme mentionné dans les sections précédentes, les pertes fonctionnelles à compenser en priorité concernent les fonctions biologiques. La mise en place d'actions écologiques sur la fonction biologique aura ensuite pour incidence de compenser dans une moindre mesure les fonctions hydrologique (notamment ralentissement des écoulements / rétention des sédiments).

Au regard de ces enjeux et des actions écologiques proposées sur les différents sites de compensation, les indicateurs ciblés incluent donc :

- **Pour les fonctions hydrologiques** : le niveau et la diversité de végétalisation des sites ainsi que la recréation d'une zone humide.
Les mesures consistent à accentuer ou rétablir un niveau de fonctionnalité latérale plus intéressant entre le cours d'eau, ses berges et le lit majeur. Les actions sont principalement orientées sur la végétalisation des sites afin d'augmenter la capacité de rétention. Une zone sera également réhabilitée (enlèvement de remblai, remise en herbe...) en lieu et place d'une décharge sauvage ;
- **Pour les fonctions biologiques** : rareté des invasions biologiques végétales et la désartificialisation des zones.

La diversité intra-habitat et la qualité générale des milieux ne sont pas caractérisées par la méthode AFB mais ces éléments sont également pris en compte dans l'analyse.

Les résultats chiffrés issus de la méthode AFB sont présentés ci-après.

Concernant les indicateurs relatifs aux **fonctions hydrologiques**, les résultats indiquent :

- Un gain avec équivalence fonctionnelle pour la végétalisation du site (ratio : 1,1) ;
- Un gain sans équivalence fonctionnelle pour le couvert végétal (ratio : 0,1) ;
- Un gain sans équivalence fonctionnelle pour la conductivité hydraulique en surface (ratio : 0,1).

La restauration des différents milieux favorisera le ralentissement des écoulements et la rétention des sédiments en période de forte pluie. De plus, la mise en défens du Muehlbach vis-à-vis des bovins permettra de réduire le piétinement au niveau des berges, et ainsi de limiter l'apport de particules fines dans le cours d'eau.

Concernant les **fonctions biologiques**, une équivalence fonctionnelle est obtenue pour deux indicateurs ciblés :

- Rareté des invasions biologiques végétales (ratio : 8,2) ;
- Rareté de l'artificialisation (ratio : 1,1).

L'équivalence fonctionnelle n'est pas obtenue pour l'indicateur :

- Rareté des lisières (ratio : 0,6) ;
- Proximité des habitats (ratio : 0,3).

La restauration de mégaphorbiaie, la reconversion de milieux artificialisés (culture, plantation de peupliers, décharge...) en prairie et l'éradication partielle des espèces exotiques envahissantes permettront d'accroître la qualité générale des milieux et leur capacité d'accueil d'espèces protégées et patrimoniales.

Enfin, en parallèle, les actions sur le compartiment biologique ont permis de compenser des **fonctions biogéochimiques**. Les résultats montrent :

- Un gain avec équivalence fonctionnelle pour la végétalisation du site (ratio : 1,1) ;
- Un gain sans équivalence fonctionnelle pour le couvert végétal (ratio : 0,1).
- Un gain avec équivalence fonctionnelle a été obtenu sur l'acidité du sol (pH) (ratio : 0,7) ;
- Un gain sans équivalence fonctionnelle pour la matière organique incorporée en surface (ratio : 0,2) ;
- Un gain sans équivalence fonctionnelle pour la texture en surface (ratio : 0,1) ;

La restauration des différents milieux favorisera la recréation d'un episolum humifère, avec une végétalisation du site plus importante.

Le tableau ci-après présente les indicateurs ciblés par les mesures compensatoires en lien avec les fonctions biologiques et hydrologiques dont la perte est à compenser (indicateurs issus de la méthode AFB). En parallèle, le tableau montre également l'incidence indirecte des actions sur les indicateurs des fonctions biogéochimiques.

Les résultats, permettant d'estimer la perte ou le gain, dépendent de la valeur relative de l'indicateur (par unité de surface) et de la superficie du site impacté et/ou de compensation.

Tableau 24 : Tableau récapitulatif des pertes et gains occasionnés avec les diverses actions.

Fonctions	Paramètres associés	Complexe de zones humides impactées	Complexe de zones de compensation	Equivalence pour l'indicateur	Equivalence fonctionnelle pour les fonctions
Fonctions hydrologiques	Végétalisation du site	Perte (2,15)	Gain (2,34)	Gain avec équivalence (ratio : 1.1)	✓
	Couvert végétal	Perte (2,15)	Gain (0,27)	Gain sans équivalence (0.1)	
	Gain écologique important sur la fonctionnalité des milieux alluviaux et du fonctionnement de la dynamique latérale avec la restauration de milieux rivulaires. (Ce gain écologique n'est toutefois pas pris en compte par la méthode).				
Fonctions d'accomplissement du cycle de vie des espèces (fonctions biologiques)	Rareté des invasions biologiques végétales	Perte (1,83)	Gain (14,93)	Gain avec équivalence (ratio : 8,2)	✓
	Rareté des lisières	Perte (1,05)	Gain (0,40)	Gain sans équivalence (ratio : 0,4)	
	Rareté de l'artificialisation de l'habitat	Perte (1,93)	Gain (2,10)	Gain avec équivalence (ratio : 1.1)	✓
	Proximité des habitats	Perte (1,77)	Gain (0,52)	Gain sans équivalence (ratio : 0,3)	
	Gain écologique important sur la qualité des milieux et la diversité intra-spécifique du fait de la restauration de mégaphorbiaie, de reconversion de milieux artificialisés (culture, plantation peuplier, décharge...) en prairie et de l'éradication partielle des espèces exotiques envahissantes. (Ce gain écologique n'est toutefois pas pris en compte par la méthode).				
Fonctions biogéochimiques (gains indirects)	Végétalisation du site	Perte (2,15)	Gain (2,34)	Gain avec équivalence (ratio : 1.1)	✓
	Couvert végétal	Perte (2,15)	Gain (0,27)	Gain sans équivalence (0.1)	
	Acidité du sol 2	Perte (1,18)	Gain (0,87)	Gains sans équivalence (0,7)	
	Matière organique incorporée en surface	Perte (0,25)	Gain (0,04)	Gains sans équivalence (0,2)	
	Texture en surface 2	Perte (1,67)	Gain (0,15)	Gains sans équivalence (0,1)	

4 MODELISATION HYDRAULIQUE DU PROJET ET DES AMENAGEMENTS A METTRE EN ŒUVRE

4.1 METHODOLOGIE

L'étude hydraulique sera menée à travers une modélisation 2D sur la zone d'étude établie par ISL, depuis Lièpvre jusqu'à Scherwiller, incluant le Giessen, son affluent la Lièpvrette et le Muelbach.

La réalisation de cette modélisation passe par les étapes suivantes :

- Investigations de terrain (levés bathymétriques et topographiques complémentaires) ;
- Analyse hydrologique (caractérisation des hydrogrammes de la crue centennale) ;
- Construction et calage du modèle 2D ;
- Simulations de la crue centennale avec et sans projet de déviation de la RN59 puis comparaison des résultats.

Il est à noter que l'objectif premier du modèle était de déterminer l'impact purement hydraulique du projet, en termes d'élévation des niveaux d'eau en amont du projet et de modifications éventuelles de la zone inondable. La prise en compte des phénomènes de remontée de nappe dans les simulations de crue est complexe :

- Soit les phénomènes sont clairement quantifiés et dans ce cas, il peut être possible de prendre des hypothèses simplificatrices à intégrer dans le modèle hydraulique de base ;
- Soit ce n'est pas le cas, et alors il faut construire un modèle intégrant à la fois le milieu souterrain et le milieu superficiel.

Le modèle hydraulique réalisé par BIEF n'a pas pris en compte les phénomènes de remontée de nappe car cela n'avait pas été abordé à l'époque et pour les raisons citées précédemment.

4.2 DONNEES COLLECTEES

Les données récupérées et utilisées pour l'étude hydraulique sont listées ci-après :

- RN59 - Etude hydraulique du Giessen/Lièpvrette - ISL, 1998 ;
- Etude hydraulique de l'aménagement de la RN59 entre Lièpvre et Châtenois - ISL, 2005 ;
- Etude hydraulique de l'aménagement de la RN59, contournement de Châtenois - ISL, 2007 ;
- Etude hydraulique de l'aménagement de la RN59, complément à la déviation routière de Châtenois - ISL, 2008 ;
- Déviation de la RN59 à Châtenois, Etude hydraulique, Compléments - ISL, 2009 ;
- Etude de l'aléa inondation dans le bassin versant du Giessen - HYDRATEC, 2014 ;
- Ligne de Sélestat à Lesseux Frapelle, Programme de régénération « ouvrages d'art », Notice explicative - SNCF, 2011 ;
- Données hydrologiques à la station de Lièpvre - Banque Hydro ;
- Données hydrologiques à la station de Thanvillé - Banque Hydro ;
- MNT (LIDAR) sur la zone d'étude - DDT67, 2007 ;
- Cartographie sous SIG de l'occupation des sols selon la nomenclature CORINE Land Cover ;
- Cartographie sous SIG de l'aléa inondation (source <http://cartorisque.prim.net/>) ;
- Orthophotographies numériques issues de la BD ORTHO® de l'IGN (résolution 5 m).

4.3 INVESTIGATIONS DE TERRAIN

D'après les éléments recueillis dans l'étude ISL de 2005, le modèle hydraulique établi à l'époque a été réalisé sur la base de profils en travers datés de 1995 (amont du modèle jusqu'à Bois l'Abbesse), 1997 (entre Hurst et la confluence avec le Giessen) et 1992 (aval du modèle). Ces données sont trop anciennes pour être correctement représentatives des cours d'eau actuels, le lit mineur et le lit majeur ayant très probablement évolué depuis.

De plus, ces profils en travers sont insuffisants pour la réalisation d'une modélisation 2D qui nécessite de disposer de données bathymétriques et topographiques précises et denses sur la zone d'étude. Pour ces raisons, il s'est avéré nécessaire de réaliser des investigations de terrain poussées (relevés bathymétriques et topographiques). Les levés ont été effectués en décembre 2014.

4.3.1 Matériel

Les levés bathymétriques et topographiques ont été réalisés à l'aide du matériel suivant :

- GPS GNSS conçu pour réaliser des levés topographiques d'une précision inférieure au centimètre ;
- Tachéomètre Builder 409 permettant de lever des points là où le GPS ne le permet plus ;
- Positionnement par GPS Trimble R6 et contrôleur Trimble TSC2.

4.3.2 Nature des relevés

Les relevés suivants ont été effectués par notre équipe (cf. figures ci-après) :

- Levés bathymétriques sur la Lièpvrette, le Giessen et le Muelbach ;
- Levé topographique sur le secteur à casiers identifié par ISL ;
- Levé topographique de la voie verte et de la voie ferrée sur le secteur à casiers ;
- Levé topographique des ouvrages hydrauliques (seuils, vannes) ;
- Levé topographique des ponts ;
- Levé topographique des ouvrages de décharge sous la voie verte, la voie ferrée et la RN59 sur le secteur à casiers.

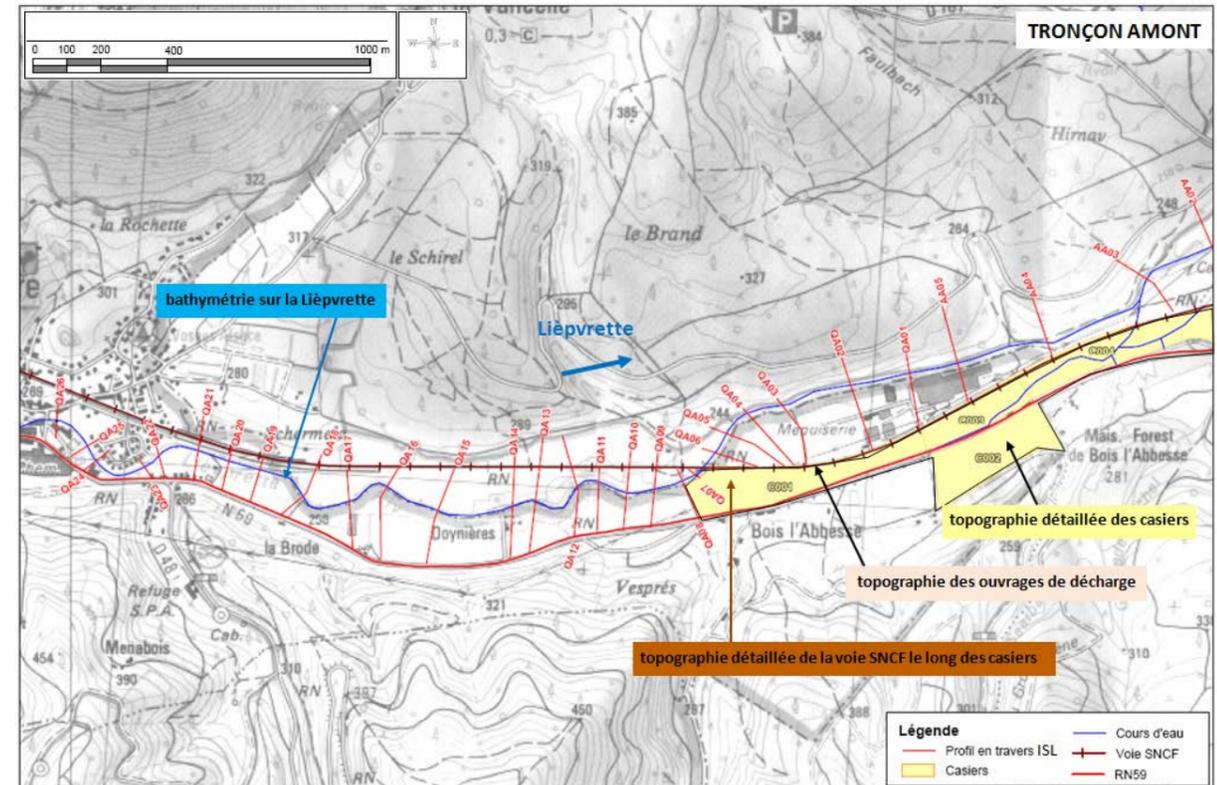


Illustration 50 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon amont de la zone d'étude.

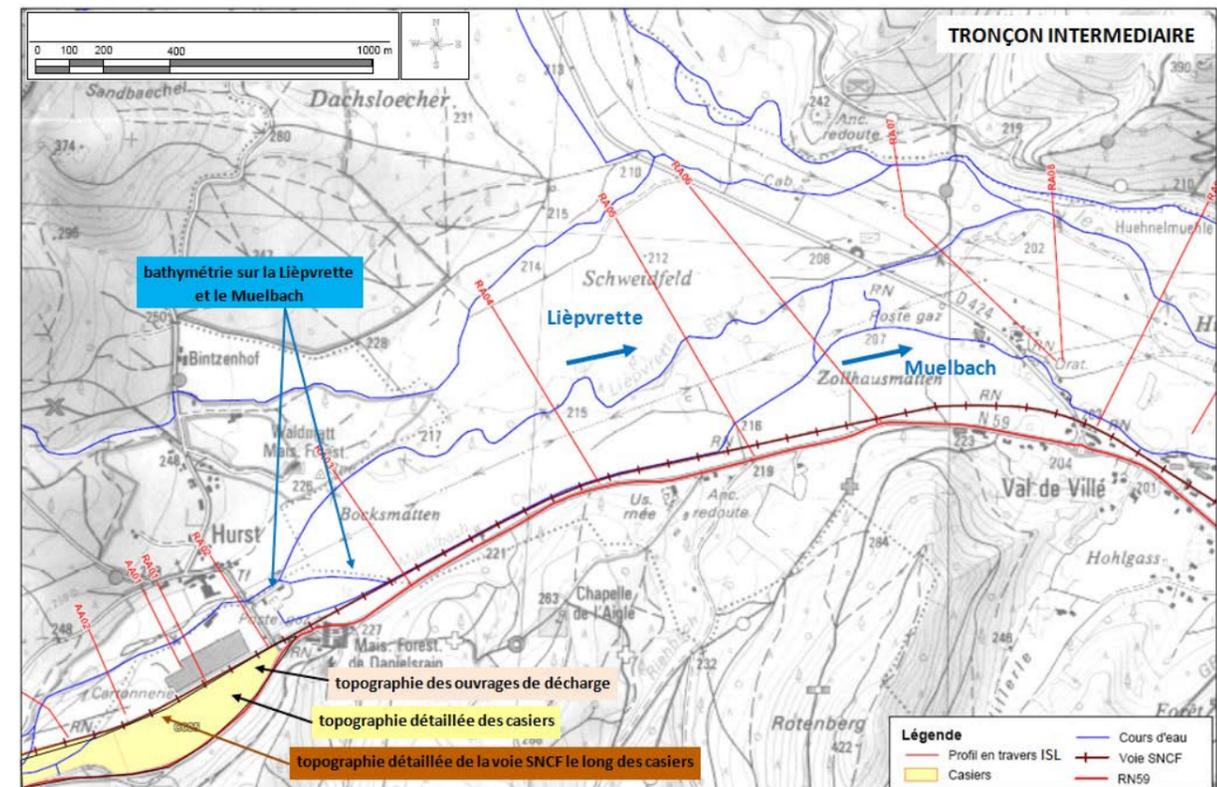


Illustration 51 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon intermédiaire de la zone d'étude.

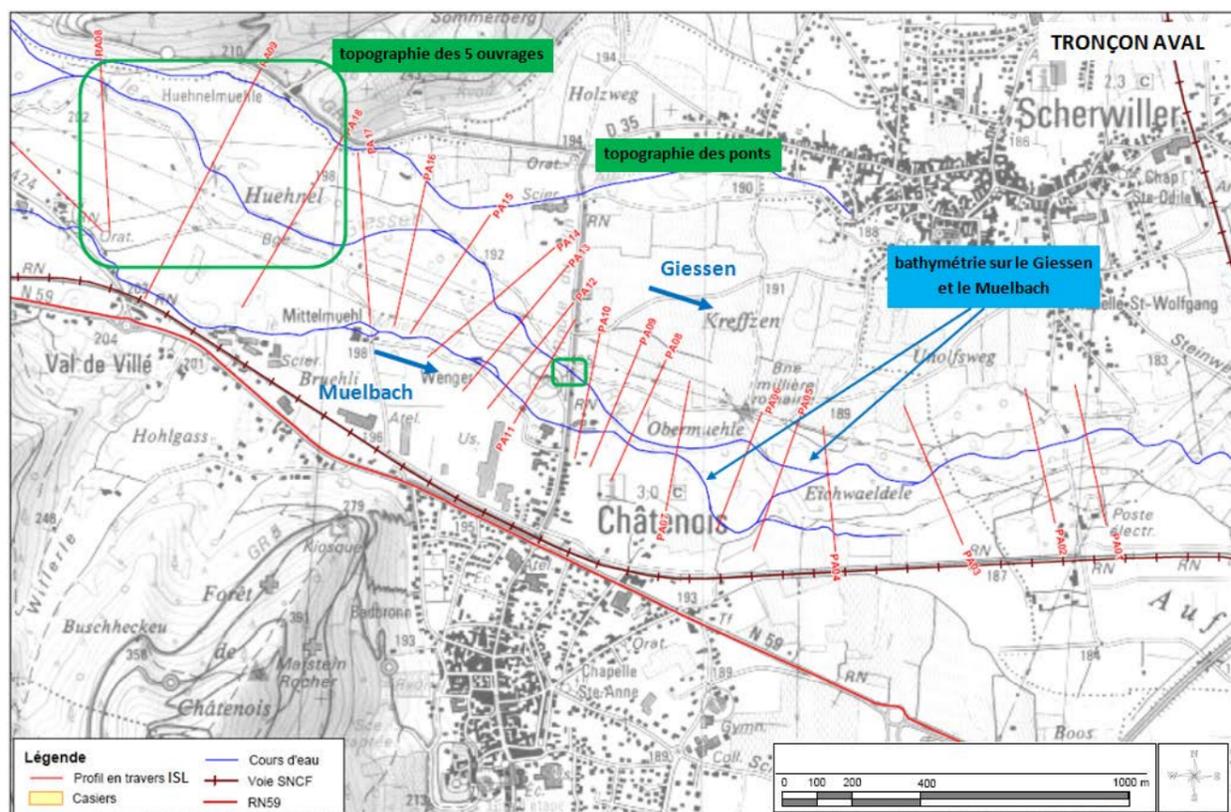


Illustration 52 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon aval de la zone d'étude

4.3.3 Traitement des données

Les données ont été compilées sous Autocad afin d'établir un plan complet de la zone d'étude ainsi qu'au format XYZ de manière à pouvoir les importer facilement au logiciel de modélisation.

4.4 ANALYSE HYDROLOGIQUE

4.4.1 Etudes ISL

Le Bureau d'Etudes ISL a mené plusieurs études hydrologiques et hydrauliques entre 1998 et 2012 pour la Direction Départementale de l'Équipement du Bas-Rhin - Service des Grands Travaux, dans le cadre du projet de la déviation de la RN59 à Châtenois.

Une analyse détaillée de l'hydrologie sur la zone d'étude a ainsi été réalisée par ISL à partir de la méthodologie suivante :

- Caractérisation des bassins versants,
- Analyse des pluies pour obtenir les hyétogrammes décennaux et centennaux,
- Analyse des débits pour obtenir le débit de pointe décennal,
- Réalisation d'un modèle pluie-débit calé sur le débit décennal et permettant d'obtenir le débit centennal.

Le tableau ci-après synthétise les débits de pointe obtenus par ISL :

Stations hydrométriques	Superficie du bassin versant (km ²)	Durée de la crue (h)	Q ₁₀₀ instantané (m ³ /s)	Volume de la crue (millions de m ³)
Thanvillé	99	25	72,1	2,49
Sélestat (amont)	260	41	186,2	13,2
Lièpvre	108	24	95,4	2,92

Les hydrogrammes correspondants sont les suivants :

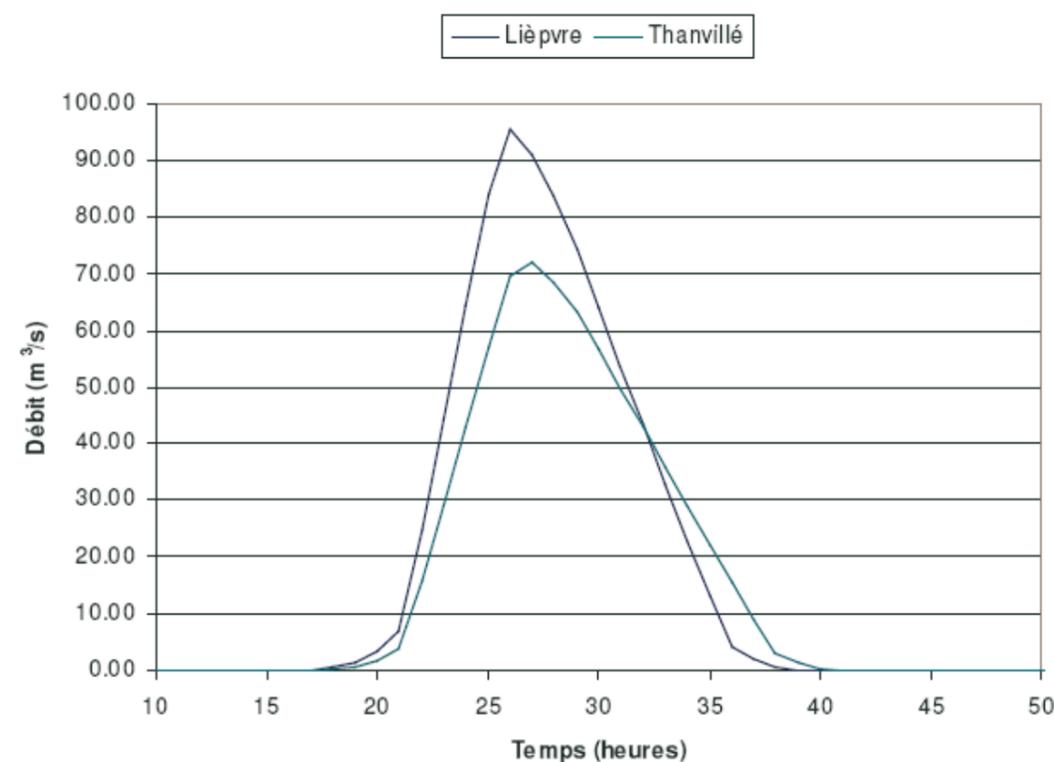


Illustration 53 : hydrogrammes centennaux établis par ISL sur le Giessen et la Lièpvrette

D'après les différents rapports d'ISL, l'hydrogramme du Giessen de Thanvillé a été transposé à l'amont de la confluence avec la Lièpvrette à partir de la formule de Myer, ce qui donne les résultats suivants :

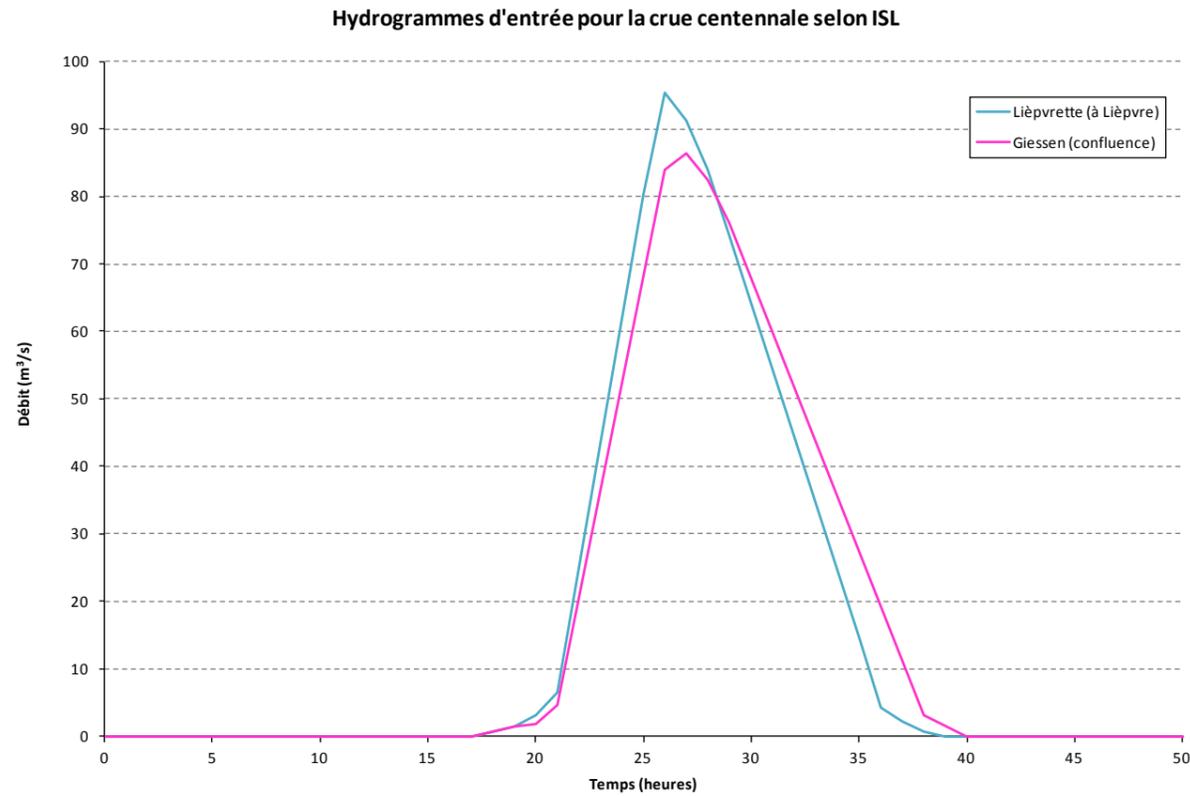


Illustration 54 : hydrogrammes centennaux injectés dans le modèle HEC-RAS par ISL

Ces hydrogrammes devaient être utilisés par notre Bureau d'Etudes pour la nouvelle modélisation. Cependant, en les étudiant de plus près, on se rend compte qu'ils ne sont pas représentatifs des crues sur les bassins de la Lièpvrette et du Giessen. Si les débits de pointe semblent corrects et cohérents avec les précédentes estimations réalisées sur le secteur (étude ENGEES, PPRi), les durées de crue semblent avoir été sous-estimées. Pour s'en rendre compte, il suffit de comparer ces hydrogrammes synthétiques avec les hydrogrammes de la crue historique de février 1990 (crue la plus importante répertoriée jusqu'à présent) : cf. graphes ci-après.

En raison des doutes qui planent ainsi sur la cohérence des hydrogrammes centennaux établis par ISL, ces données ne seront pas utilisées pour la modélisation.

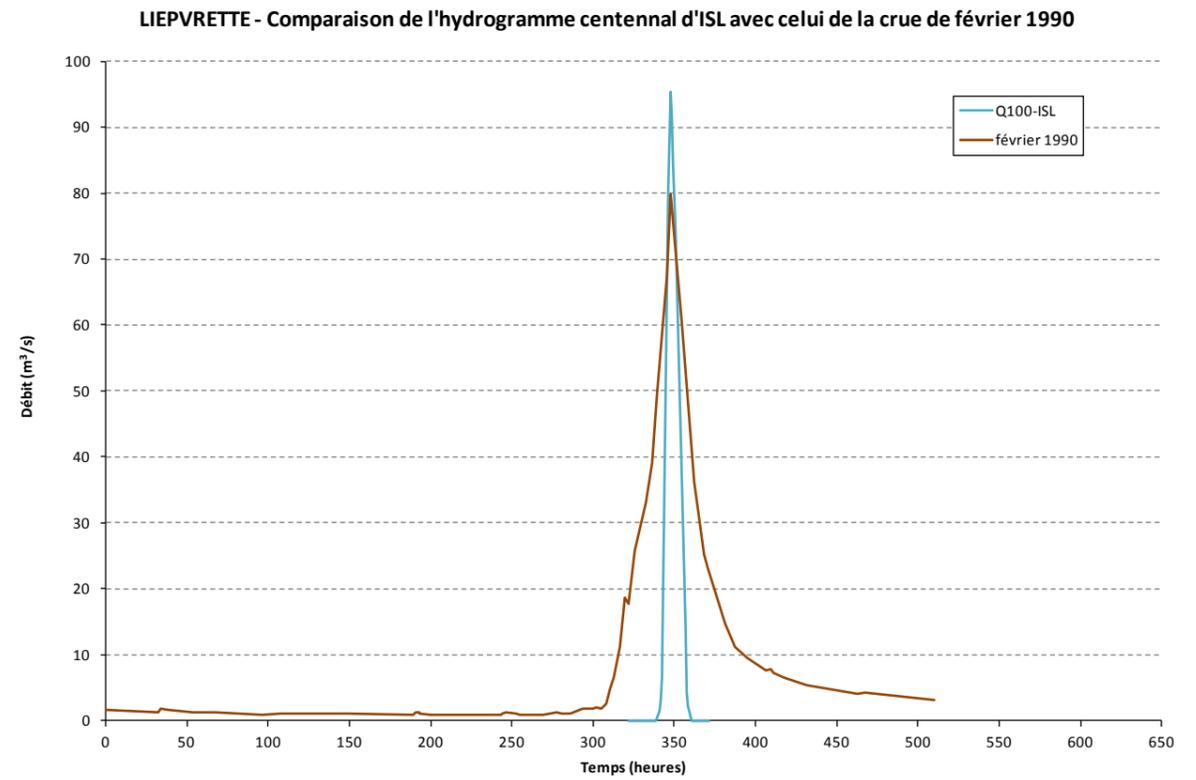


Illustration 55 : superposition des hydrogrammes de la crue de février 1990 et la crue centennale d'ISL sur la Lièpvrette

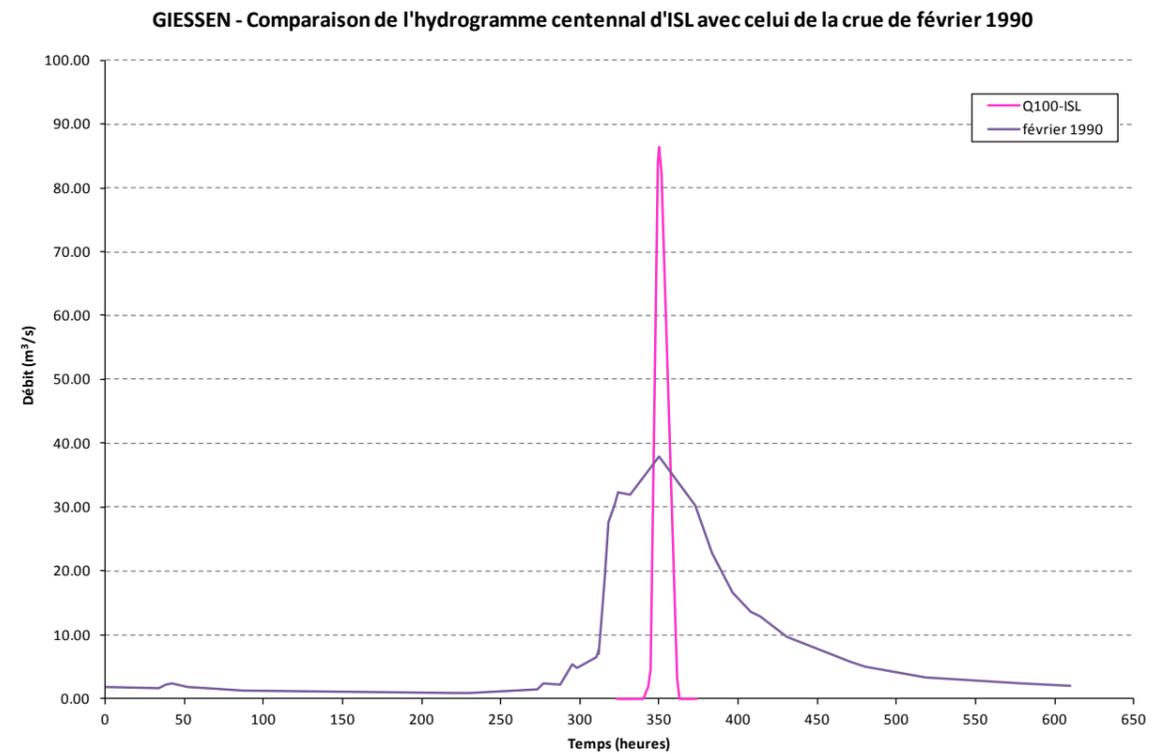


Illustration 56 : superposition des hydrogrammes de la crue de février 1990 et la crue centennale d'ISL sur le Giessen

4.4.2 Etude hydratec

Lors de la réalisation de la modélisation du projet et des aménagements nécessaires, l'étude de l'aléa inondation dans le bassin versant du Giessen » était en cours de réalisation par le Bureau d'Etudes HYDRATEC pour le compte de la Direction Départementale des Territoires du Bas-Rhin (DDT67). Cette dernière nous a transmis le rapport provisoire de l'étude hydrologique effectuée par HYDRATEC en septembre 2014. Le périmètre de l'étude HYDRATEC est présenté sur la figure ci-après. Il comprend la totalité des communes concernées par le débordement des cours d'eau suivants :

- Le Breitenbach, de l'amont de Breitenbach à sa confluence avec le Giessen ;
- Le Giessen de Steige, depuis Haut de Steige jusqu'à sa confluence avec le Giessen d'Urbeis à Villé ;
- Le Giessen d'Urbeis depuis le Haut d'Urbeis jusqu'à sa confluence avec le Giessen de Steige à Villé ;
- Le Giessen depuis Villé jusqu'à l'autoroute A35 à Scherwiller ;
- La Lièpvrette, depuis Sainte-Marie-Aux-Mines (Echery, pont sous la tour de l'horloge) jusqu'à sa confluence avec le Giessen de Châtenois ;
- Le Rombach de l'amont de Rombach-le-Franc à sa confluence avec la Lièpvrette.

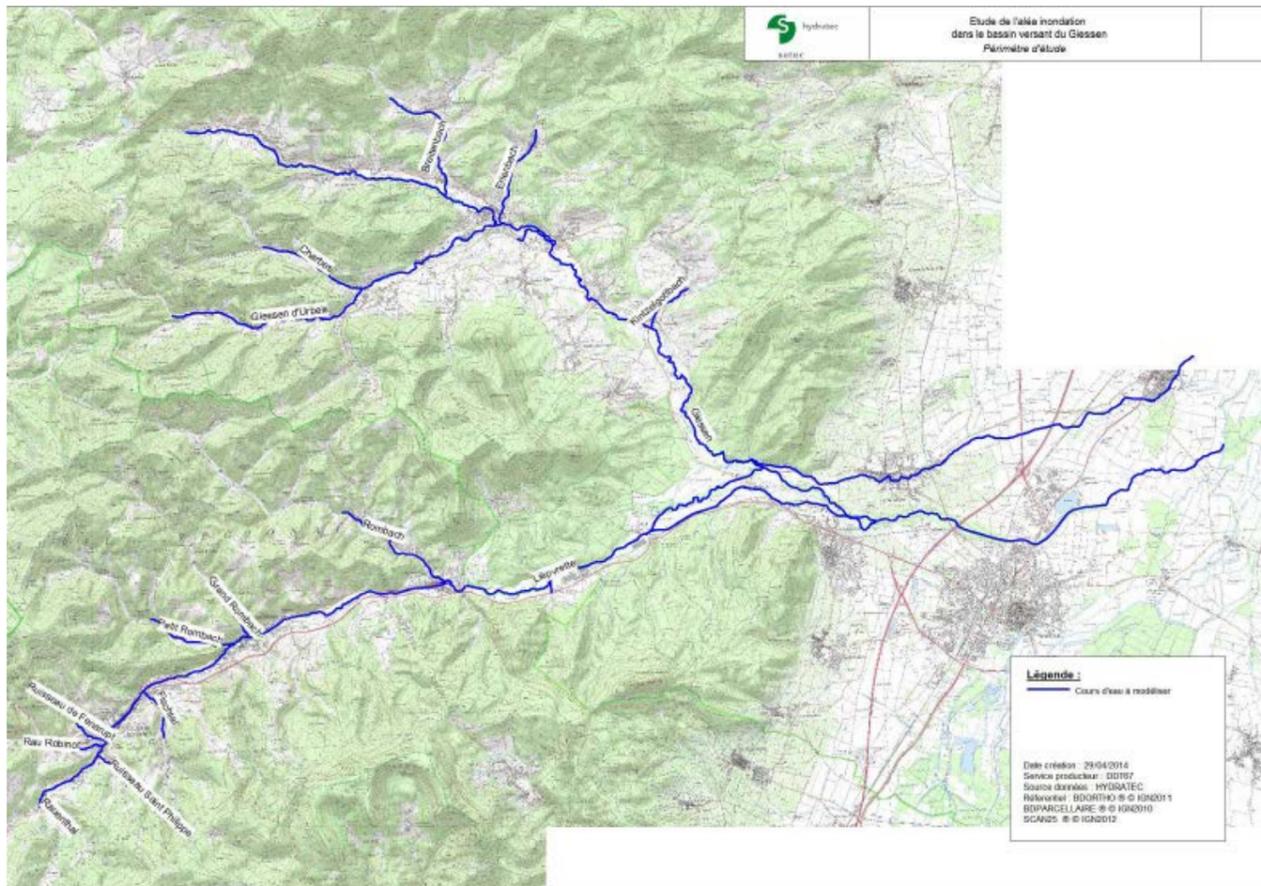


Illustration 57 : Périmètre de l'étude hydratec.

L'étude hydrologique d'HYDRATEC avait pour but d'estimer les hydrogrammes de crue de projet des cours d'eau listés ci-avant.

Cette analyse a été menée selon plusieurs étapes :

- Traitement statistique des données de débits instantanés maximum sur 4 stations hydrométriques existantes sur le linéaire d'étude :
 - ajustement de Gumbel pour la caractérisation des crues de faible période de retour,
 - méthode du Gradex pour l'extrapolation des débits extrêmes.
- Analyse des hydrogrammes des crues historiques.

Les débits de pointe définis par ces calculs et retenus pour le PPRi sont les suivants :

Période de retour	Thanvillé	Sélestat	Lièpvre
10 ans	30	102	51
20 ans	39	128	63
50 ans	51	162	78
100 ans	60	188	89

Les hydrogrammes de projet ont ensuite été construits à partir de la méthode du CEMAGREF pour laquelle les paramètres (durée de Socose et coefficient de forme) ont été déterminés grâce à l'analyse des hydrogrammes des crues historiques.

Les hydrogrammes ainsi obtenus sur la Lièpvrette et le Giessen sont les suivants :

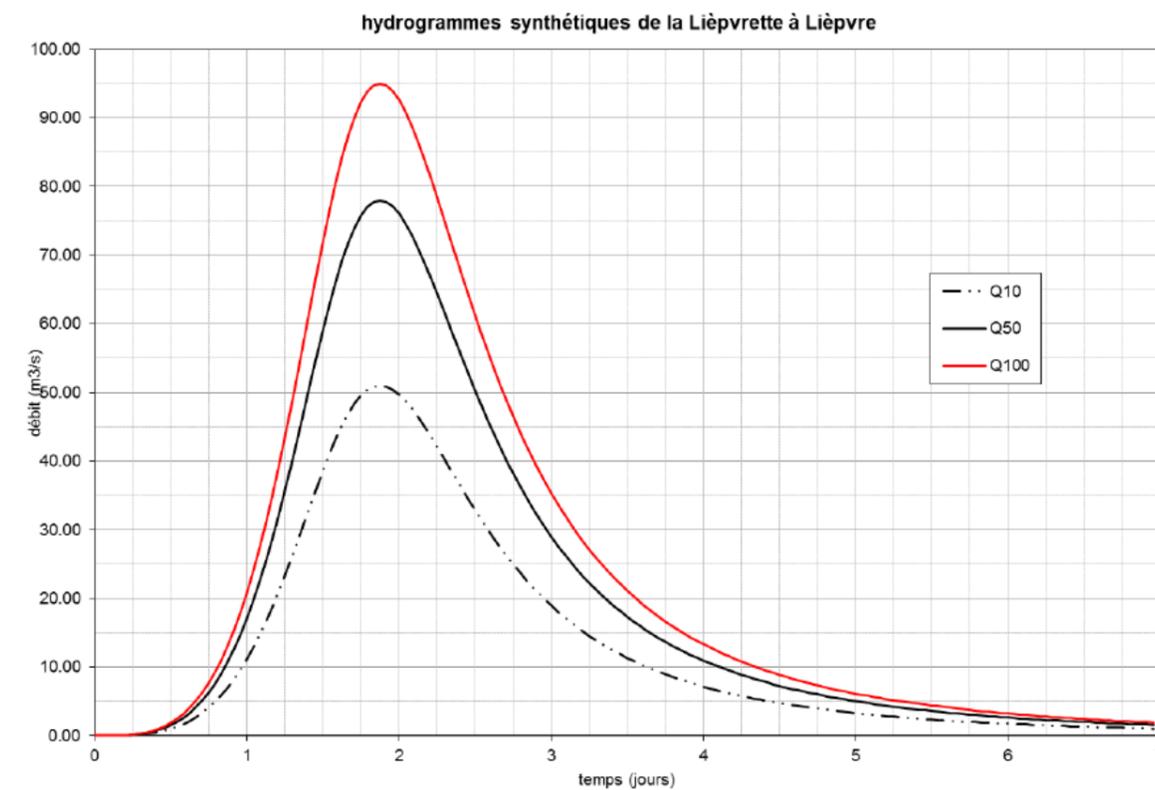


Illustration 58 : hydrogrammes synthétiques de la Lièpvrette à Lièpvre obtenus par HYDRATEC

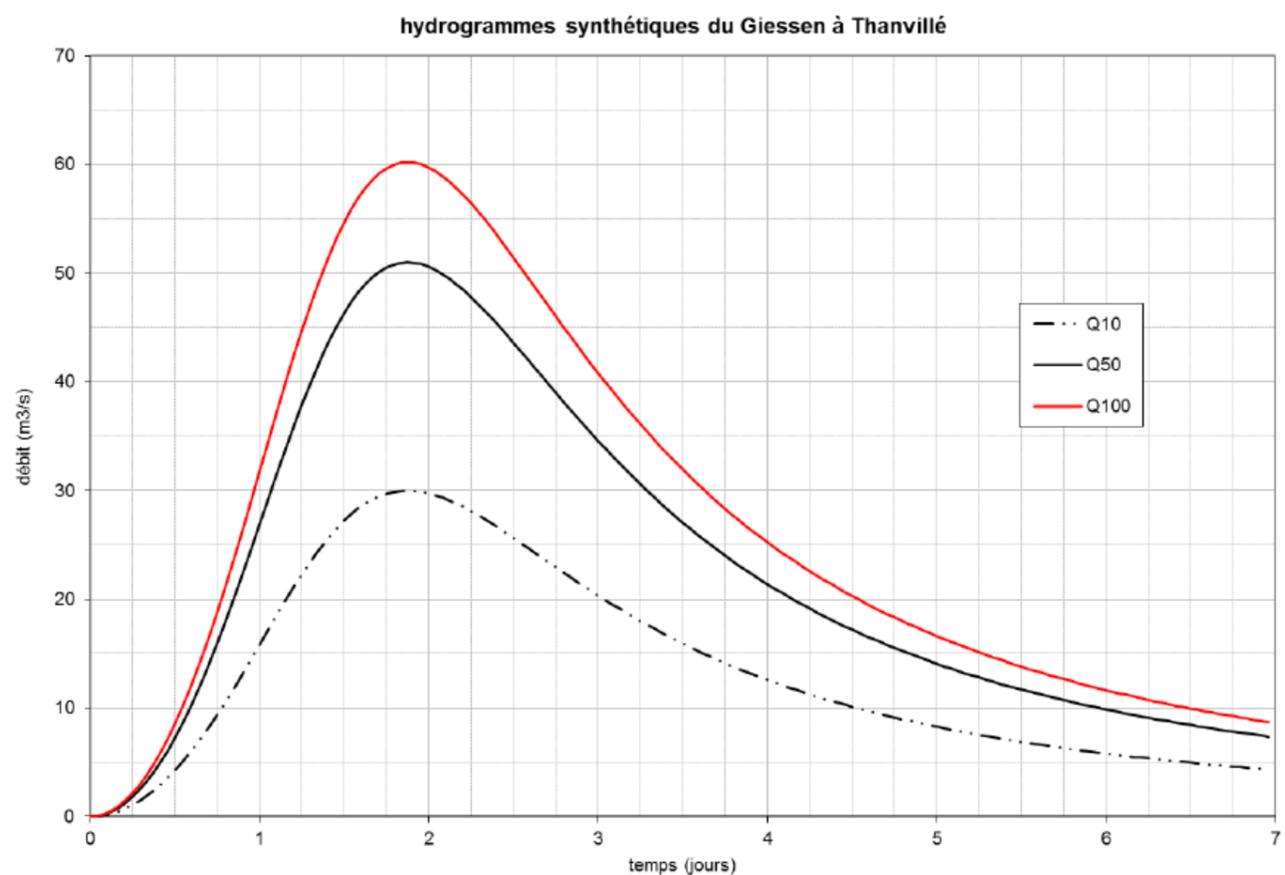


Illustration 59 : hydrogrammes synthétiques du Giessen à Thanvillé obtenus par HYDRATEC

Les hydrogrammes d'apport des affluents sont présentés ci-après.

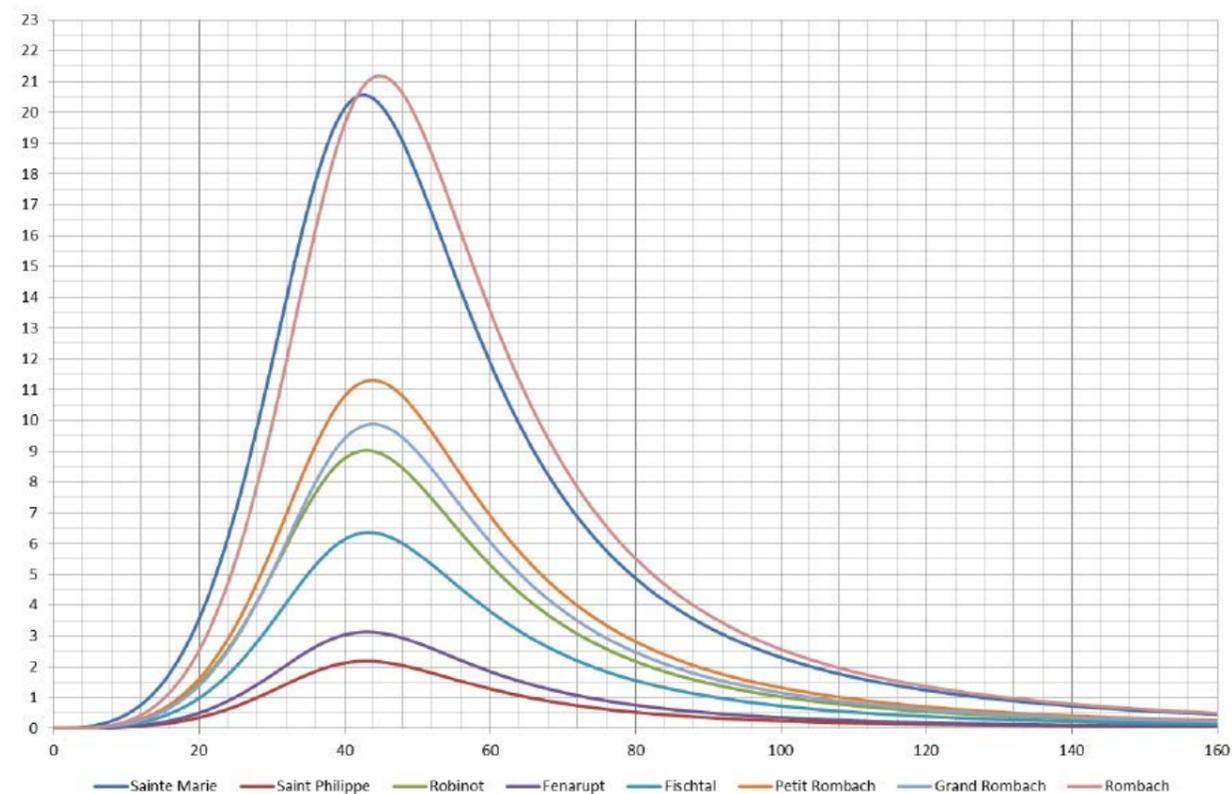


Illustration 60 : hydrogrammes des sous-bassins versants de la Lièpvrette pour la crue centennale

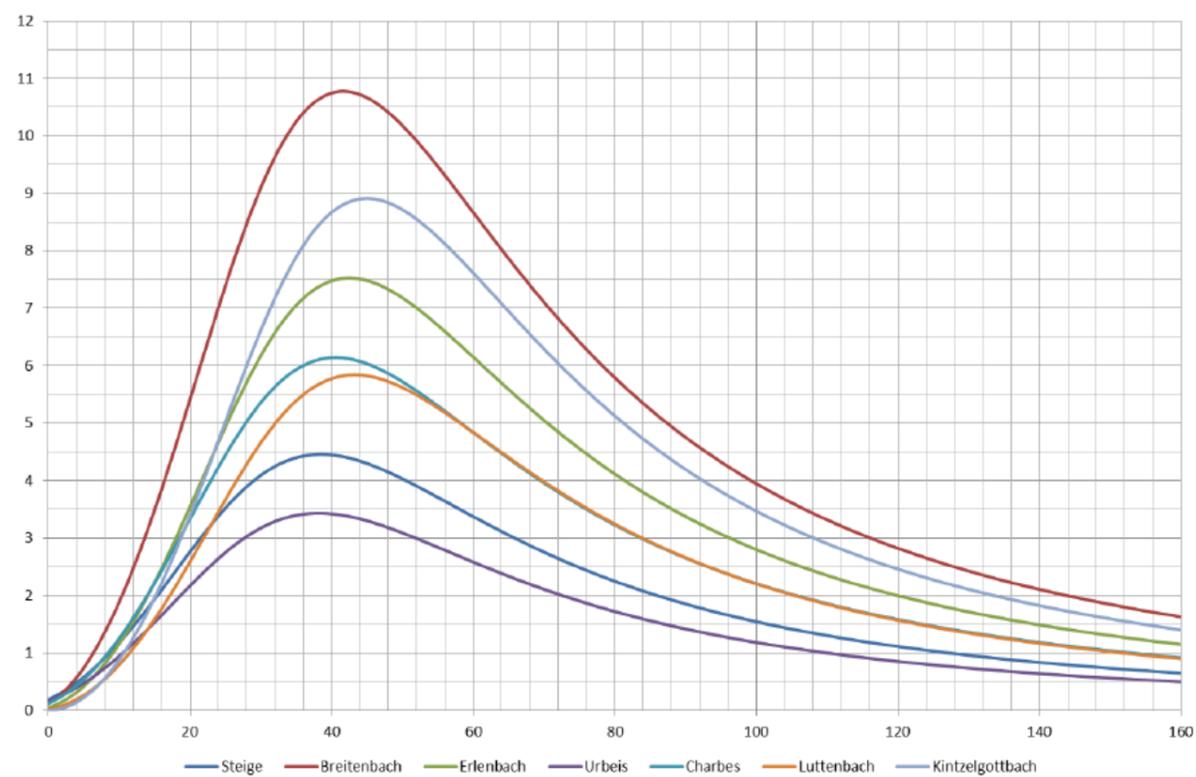


Illustration 61 : hydrogrammes des sous-bassins versants du Giessen pour la crue centennale

HYDRATEC a également analysé la concomitance des crues entre la Lièpvrette et le Giessen à la confluence et a retenu une crue centennale sur les deux cours d'eau en même temps lors de la modélisation de la crue de projet.

4.4.3 Hydrogrammes centennaux utilisés pour la modélisation

La méthodologie employée par HYDRATEC pour l'estimation des hydrogrammes de crue de projet est tout à fait satisfaisante car elle est basée sur des traitements statistiques couramment utilisés en hydrologie et sur l'analyse des crues historiques de la Lièpvrette et du Giessen. Les hydrogrammes obtenus sont ainsi bien représentatifs des crues sur ces deux cours d'eau.

Les hydrogrammes d'entrée du modèle 2D sont au nombre de cinq, ils ont été directement extraits de la modélisation d'HYDRATEC (cf. figures ci-après) :

- Hydrogrammes sur les cours d'eau principaux :
 - Giessen amont : débit de pointe = 104.35 m³/s ;
 - Lièpvrette amont : débit de pointe = 95.45 m³/s ;
- Hydrogrammes intermédiaires résultant des apports des affluents :
 - Vancelle : débit de pointe = 3.51 m³/s ;
 - Lièpvrette-Vancelle : débit de pointe = 9.23 m³/s ;
 - Lièpvrette-confluence : débit de pointe = 9.42 m³/s.

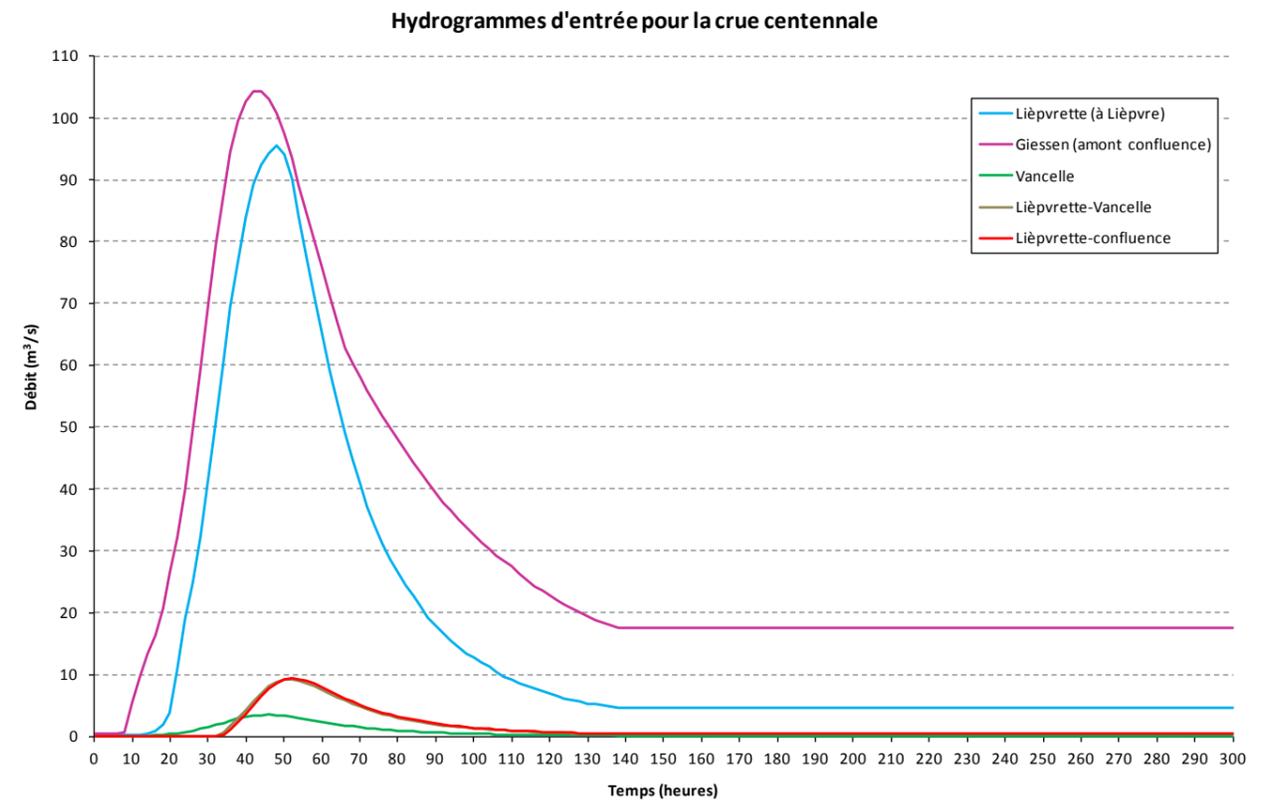


Illustration 63 : hydrogrammes d'entrée pour la crue centennale (source HYDRATEC 2015)

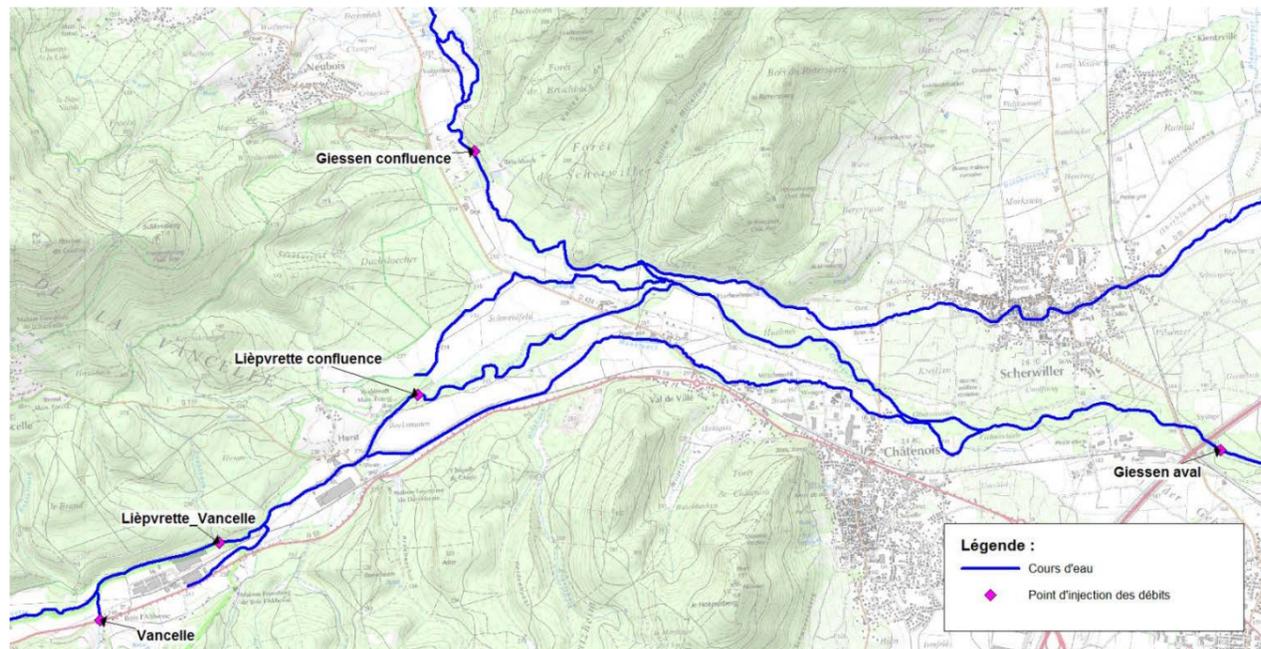


Illustration 62 : localisation des hydrogrammes d'apport intermédiaires (source HYDRATEC 2015)

4.5 CONSTRUCTION ET CALAGE DU MODELE

Le logiciel utilisé pour la réalisation du modèle est MIKE 21, suite logicielle professionnelle de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre développée par DHI Eau & Environnement.

4.5.1 Construction du modèle 2D

4.5.1.1 Construction du maillage

La construction du maillage s'effectue en plusieurs étapes :

❑ 1ERE : DEFINITION DES CONTOURS

Les contours du modèle ont été définis sur la base des relevés bathymétriques et topographiques effectués en décembre 2014 et du LIDAR.

Plusieurs zones ont été différenciées (lits mineurs, voie verte et voie ferrée) ce qui a permis par la suite d'affiner le maillage sur ces zones.

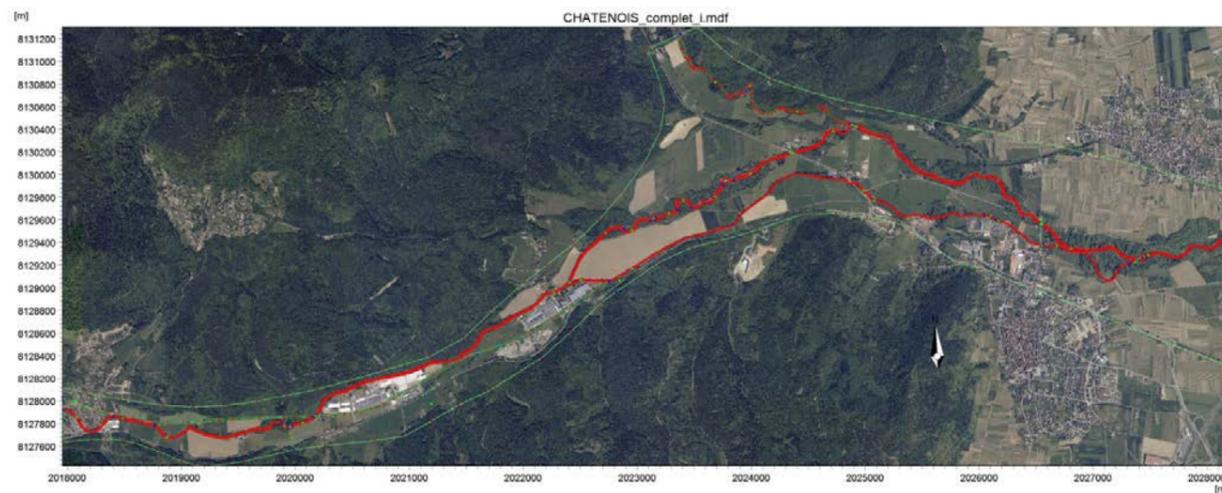


Illustration 64 : définition des contours du modèle

❑ 2EME ETAPE : IMPORTATION DES DONNEES

Une fois les limites du modèle définies, l'ensemble des données bathymétriques et topographiques ont été importées.

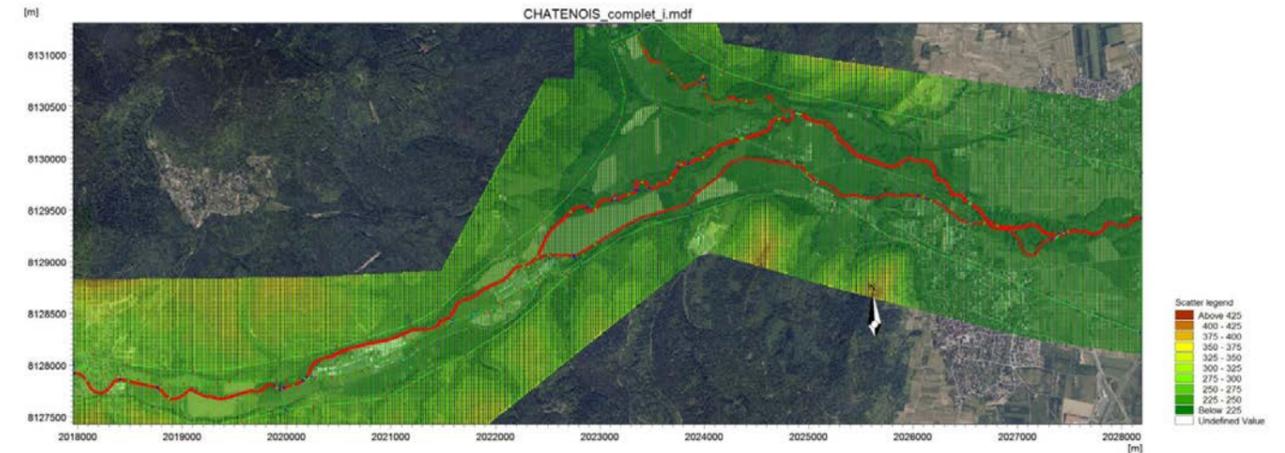


Illustration 65 : importation des données bathymétriques et topographiques

❑ 3EME ETAPE : DEFINITION DU MAILLAGE

La troisième étape consiste à définir le maillage du modèle. Celui-ci est constitué d'éléments de tailles et de formes diverses qui permettent de représenter la géométrie de la zone d'étude de façon fine et souple.

La précision des calculs est liée au maillage défini lors de la construction du modèle : plus le maillage est fin, plus la précision est grande. Cependant, plus le maillage est fin et plus les temps de calcul sont élevés. Il convient donc de trouver le bon compromis entre la taille des mailles et les temps de calcul qui doivent demeurer acceptables.

Ainsi, un maillage rectangulaire a été adopté en lit mineur ce qui permet de limiter les temps de calcul et les instabilités, tout en maintenant une précision correcte. En lit majeur, un maillage triangulaire a été retenu.

Par la suite, les nœuds du maillage constitueront des points de calcul entre lesquels l'écoulement se répartira automatiquement par résolution des équations de Barré Saint Venant décrites dans les deux dimensions de l'espace.

Le nombre total de mailles est de 147 435 mailles.

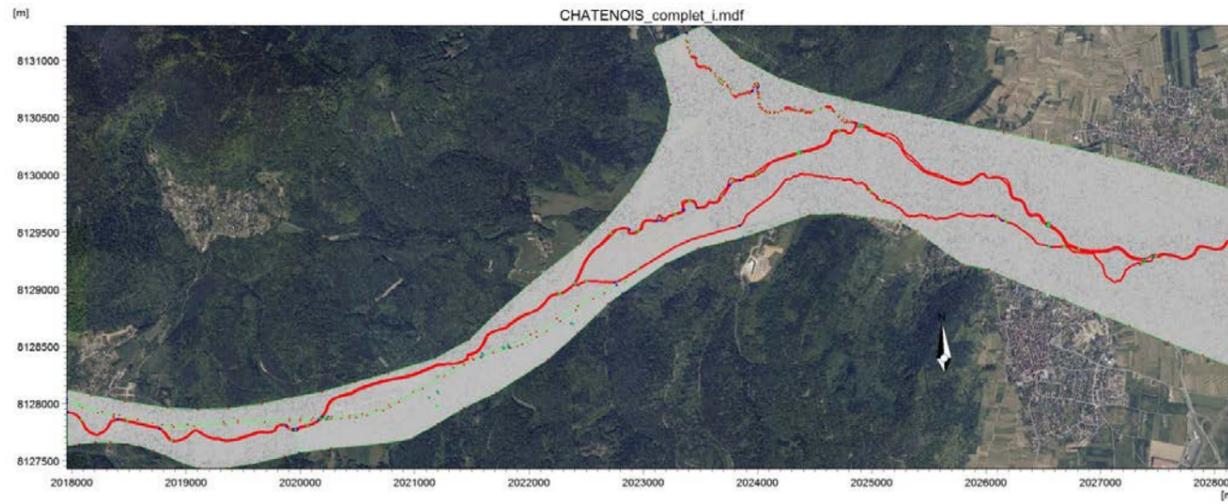


Illustration 66 : maillage global

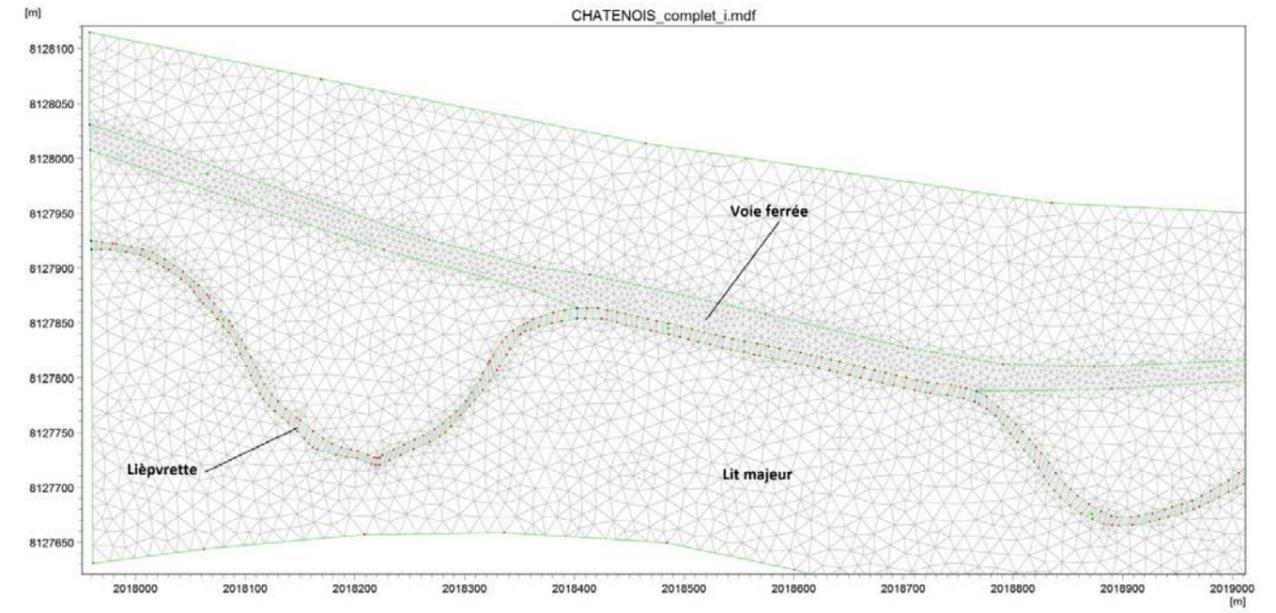


Illustration 68 : zoom sur le maillage de la Lièpvrette en amont du modèle

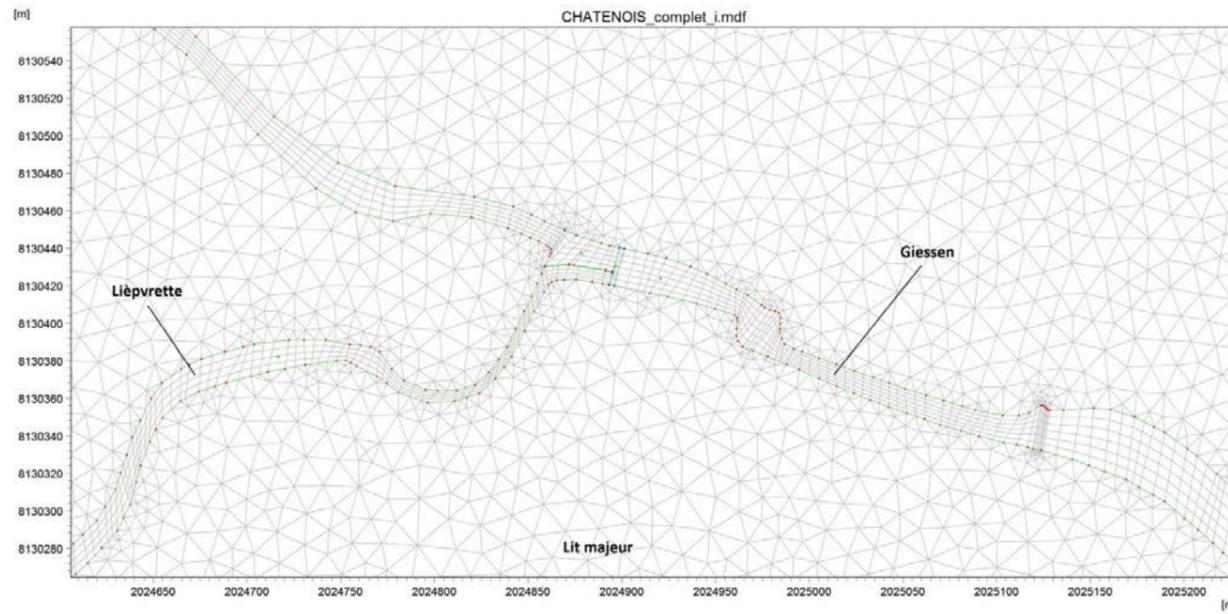


Illustration 67 : zoom sur le maillage au droit de la confluence

□ 4EME ETAPE : INTERPOLATION

Une fois le maillage terminé, les données bathymétriques et topographiques ont été interpolées.

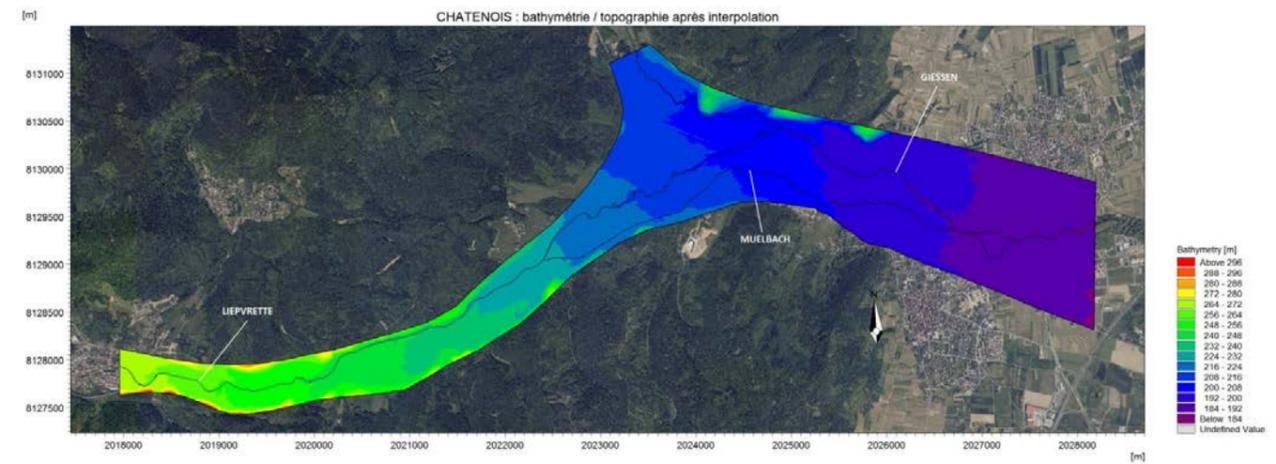


Illustration 69 : résultat après interpolation des données bathymétriques et topographiques

4.5.1.2 Intégration des ponts et des ouvrages hydrauliques

□ PONTS

Sur la Lièpvrette, 4 ponts et passerelles ont été localisés et levés sur le terrain.

Ces ouvrages et leurs principales caractéristiques sont synthétisés dans le tableau ci-après (d'amont en aval). Les cotes atteintes par la crue centennale selon HYDRATEC sont également indiquées ce qui permet de les comparer à la hauteur libre sous chaque ouvrage et ainsi de déterminer s'il y a mise en charge ou non du pont considéré lors d'une crue centennale :

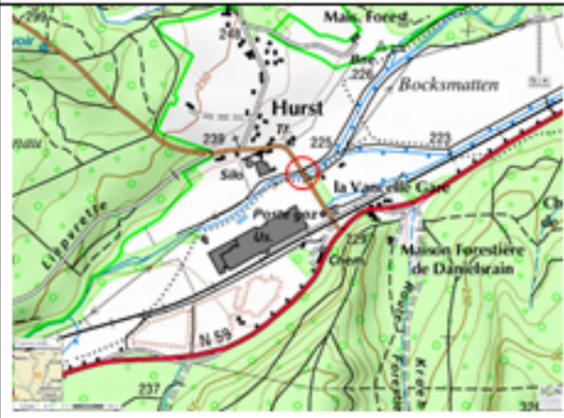
- Les 2 passerelles situées à Bois-L'Abbesse ont une hauteur libre sous tablier suffisante et ne possèdent pas de pile en rivière. Ainsi, ces ouvrages ne représentent pas d'obstacle aux écoulements pour la crue centennale et n'ont pas besoin d'être intégrés au modèle ;
- En revanche, les ponts de la D167 et de la D424 présentent une hauteur libre insuffisante, ce qui implique une mise en charge du pont en cas de crue centennale mais sans débordement au-dessus du tablier.

Compte tenu de ces éléments :

- Le pont de la D424 a été modélisé par :
 - Deux orifices représentant les écoulements sous le tablier du pont de chaque côté de la pile,
 - Une pile en rivière ;

Le pont de la D167 a été modélisé par :

- Un orifice représentant les écoulements sous le tablier du pont.

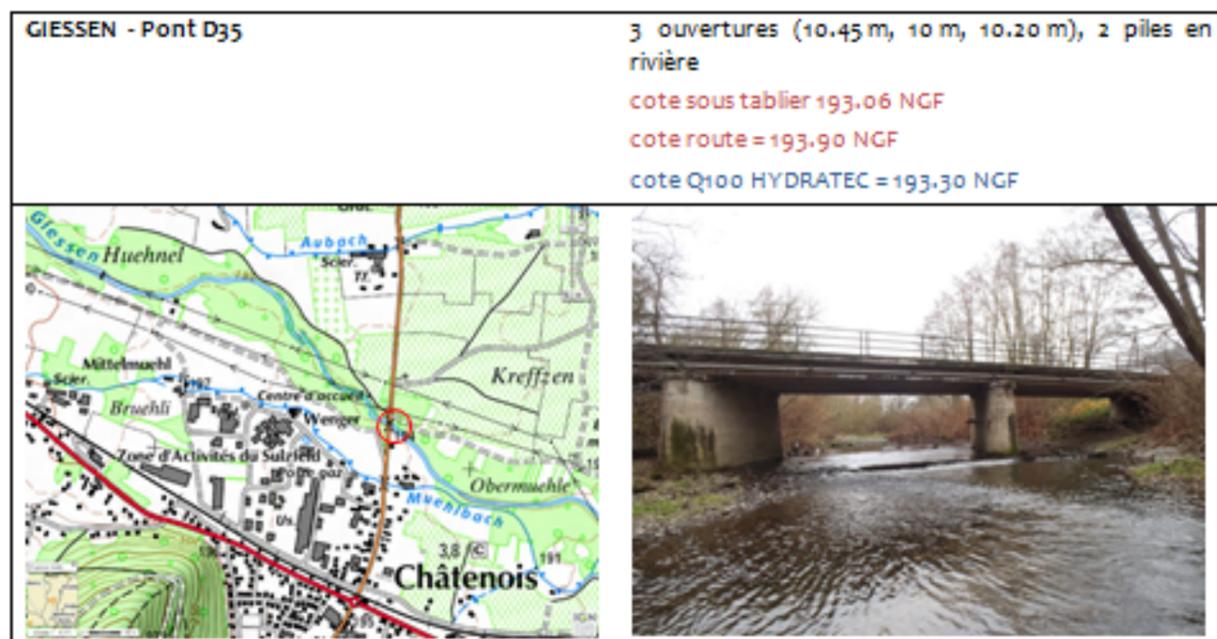
<p>LIEPVRETTE - Passerelle (piste cyclable)</p> 	<p>1 ouverture (17.60 m), pas de pile en rivière cote sous canalisation 247.74 NGF cote Q100 HYDRATEC = 246.90 NGF</p> 
<p>LIEPVRETTE - Passerelle (piste cyclable)</p> 	<p>1 ouverture (20 m), pas de pile en rivière cote sous tablier 243.33 NGF en rive gauche à 241.75 NGF en rive droite cote Q100 HYDRATEC = 241.80 NGF</p> 
<p>LIEPVRETTE - Pont D167</p> 	<p>1 ouverture (12 m), pas de pile en rivière cote sous tablier 227.42 NGF cote route = 228.49 NGF cote Q100 HYDRATEC = 227.87 NGF</p> 



Sur le Giessen, 1 pont a été localisé et levé sur le terrain. Il s'agit du pont de la D35 dont les principales caractéristiques sont synthétisées dans le tableau ci-après. D'après les éléments recueillis, ce pont est mis en charge sans toutefois être submergé en cas de crue centennale.

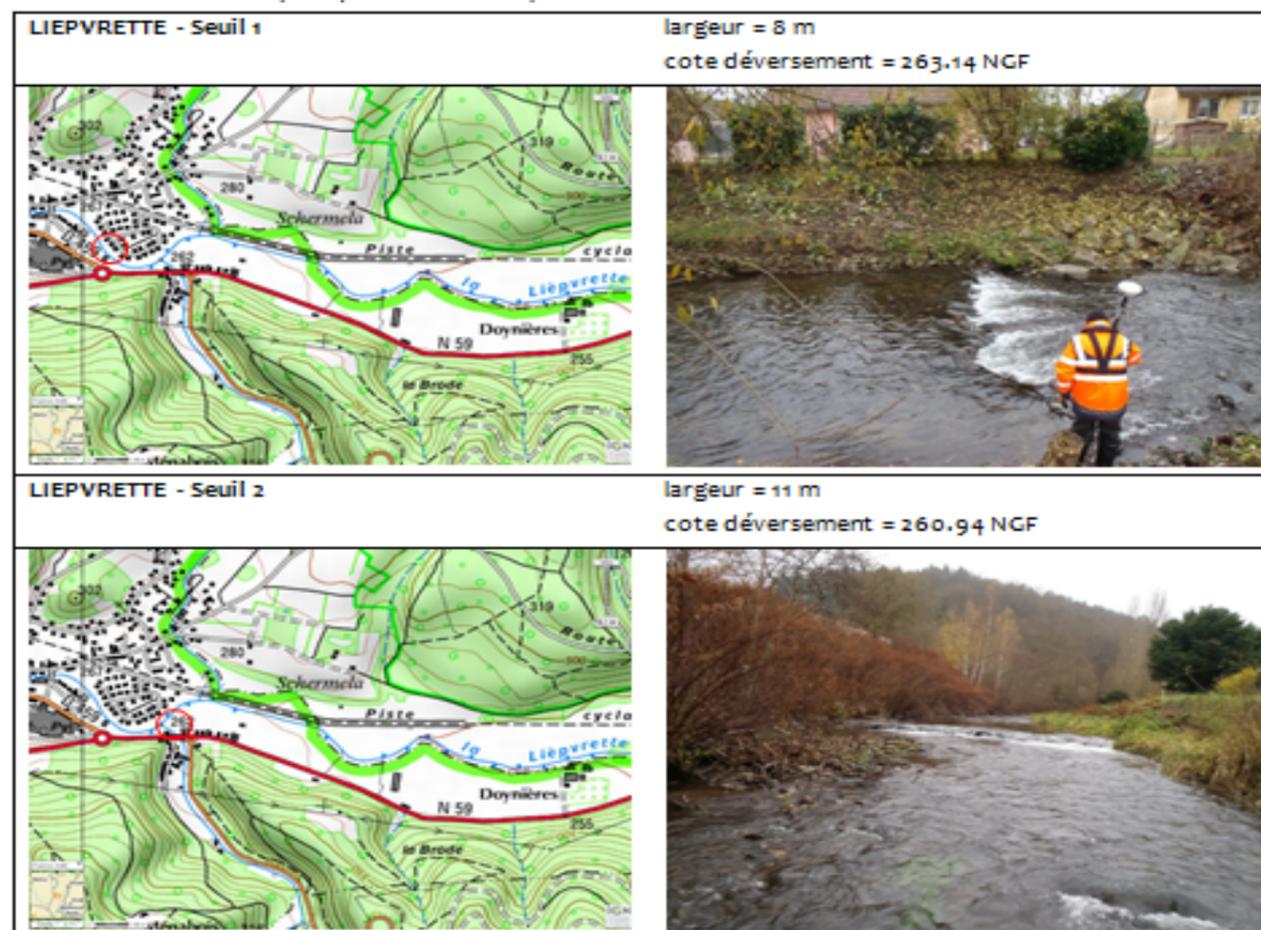
Pour ces raisons, le pont de la D35 a été modélisé par :

- 3 orifices représentant les écoulements sous le tablier du pont de chaque côté des 2 piles,
- 2 piles en rivière.

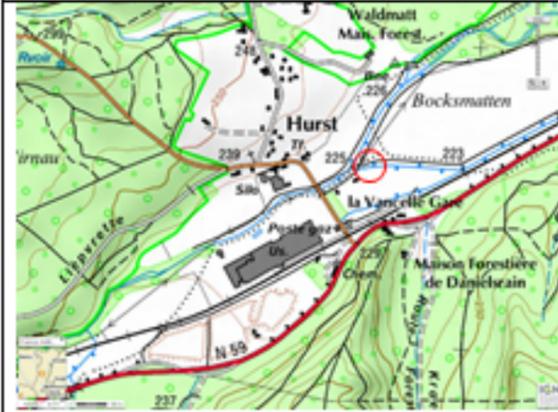


La D35 franchit également le Muelbach (cf. ci-contre). Le pont est représenté dans le modèle par un orifice représentant les écoulements sous le tablier du pont.

□ SEUILS



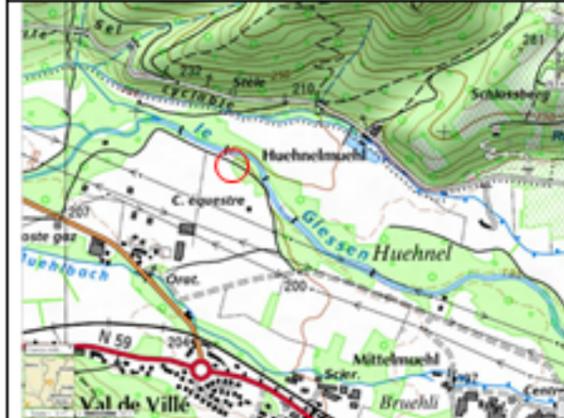
LIEPVRETTE - Seuil 3 largeur = 9,50 m
cote déversement = 224.19 NGF



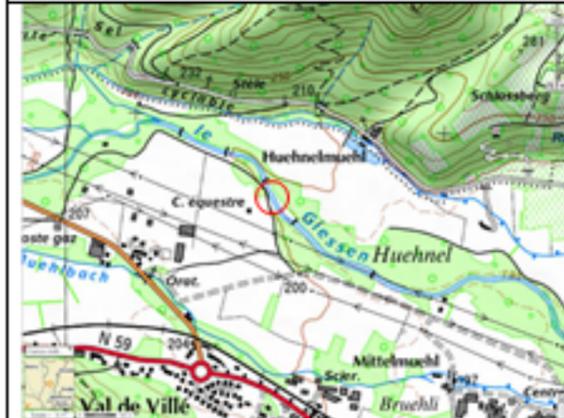
LIEPVRETTE - Seuil 4 largeur = 11 m
cote déversement = 201.85 NGF



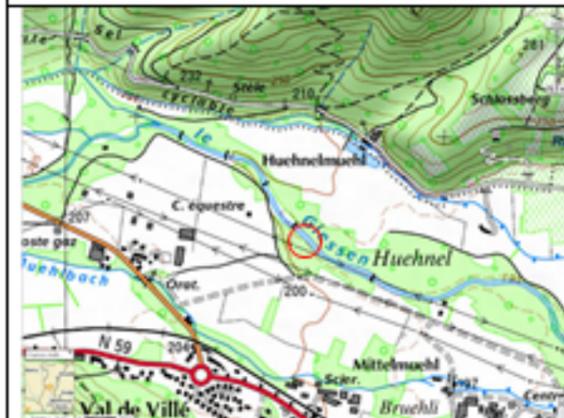
GIESSEN - Seuil 2 largeur = 24 m / 23 m
cote déversement = 199.19 NGF / 198.94 NGF



GIESSEN - Seuil 3 largeur = 17 m / 16 m / 12 m
cote déversement = 198.40 NGF / 198.15 NGF / 197.84 NGF

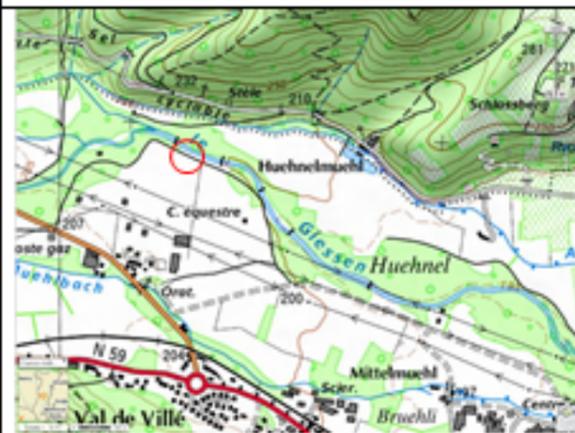


GIESSEN - Seuil 4 largeur = 23 m / 24 m
cote déversement = 197.59 NGF / 196.76 NGF



Sur le Giessen, 5 seuils ont été intégrés au modèle. Leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après (d'amont en aval).

GIESSEN - Seuil 1 largeur = 25 m / 25 m
cote déversement = 200.25 NGF / 199.93 NGF



GIESSEN - Seuil 5

largeur = 24 m / 24 m

cote déversement = 195.46 NGF / 195.13 NGF



❑ VANNAGE DU MUELBACH

Le vannage situé à l'entrée du Muelbach pour dériver une partie des eaux de la Lièpvrette est composé de deux vannes :

- 1 vanne de largeur 2.22 m ;
- 1 vanne de largeur 1.21 m.

La hauteur des vannes est de 2.85 m, le radier est à la cote 224.03 NGF.



Photo 1 : vannage en entrée du Muelbach

Les études ISL fournies ne font pas mention de ce vannage, il n'y a donc aucune information concernant la manœuvre des vannes.

HYDRATEC a de son côté modélisé les vannes comme quasiment fermées.

Par conséquent, cet ouvrage a été intégré dans le modèle 2D selon la même hypothèse, à l'aide d'orifices avec un radier calé à 224.03 NGF.

❑ OUVRAGES DE DECHARGE

Les ouvrages de décharge situés sous la voie verte, la voie ferrée et la RN59 dans la zone à casiers définie par ISL ont été répertoriés et levés sur le terrain. Les ouvrages obstrués ne sont pas représentés dans le modèle.

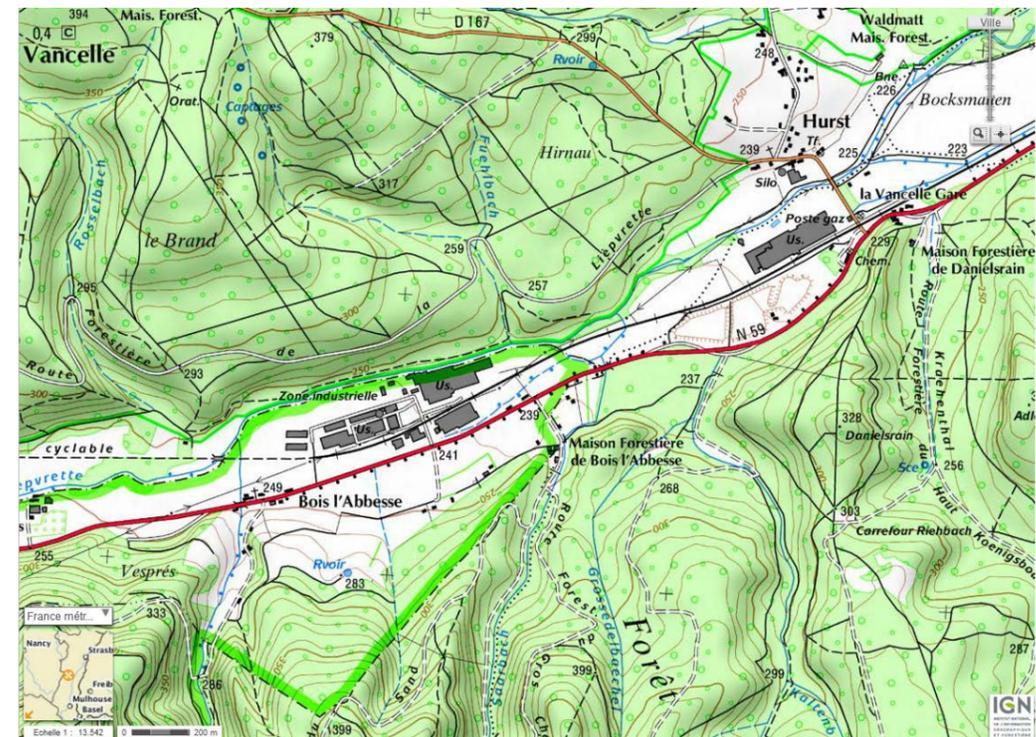


Illustration 70 : localisation des ouvrages de décharge dans la zone à casiers

Localisation	Dimensions de l'ouverture	Cotes caractéristiques	Photo	Commentaire
① Voie verte	6.00 x 1.40 m	voie = 247.65 NGF radier = 245.33 NGF		modélisé
② Voie verte	inconnues	voie = 244.75 NGF radier = 243.75 NGF		obstrué non modélisé
③ Voie verte	1.00 x 0.75 m	voie = 246.38 NGF haut = 245.11 NGF radier = 244.36 NGF		obstrué non modélisé
④ Voie ferrée	0.95 x 0.43 m	voie = 232.59 NGF haut = 231.92 NGF radier = 231.49 NGF		modélisé
⑤ Voie ferrée	1.00 x 0.89 m	voie = 232.83 NGF haut = 231.75 NGF radier = 230.86 NGF		modélisé
⑥ Voie ferrée	1.20 x 0.55 m 1.20 x 0.74 m	voie = 234.73 NGF haut = 233.97 NGF radier = 233.42 NGF		modélisé
⑦ Voie ferrée	0.80 x ?	voie = 237.50 NGF haut = 236.85 NGF		obstrué non modélisé
⑧ RN59	Ø 0.60 m	route = 238.75 NGF haut = 237.65 NGF radier = 237.05 NGF		modélisé
⑨ RN59	Ø 0.60 m	route = 237.87 NGF radier = 237.27 NGF		modélisé

4.5.1.3 Coefficients de rugosité

Dans un premier temps, les coefficients de rugosité spécifiés dans le modèle ont été définis à partir de la bibliographie et des informations recueillies.

Pour le lit mineur de la Lièpvrette, du Giessen et du Muelbach, un coefficient de Strickler (K) de 23 a été adopté, ce qui correspond bien à des cours d'eau à forte pente avec un fond de graviers et blocs rocheux. A titre comparatif, ISL avait opté pour des coefficients de Strickler de 20 à 25 en lit mineur.

Pour le lit majeur, les coefficients de rugosité ont été définis à partir de la carte d'occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 présentée ci-après.

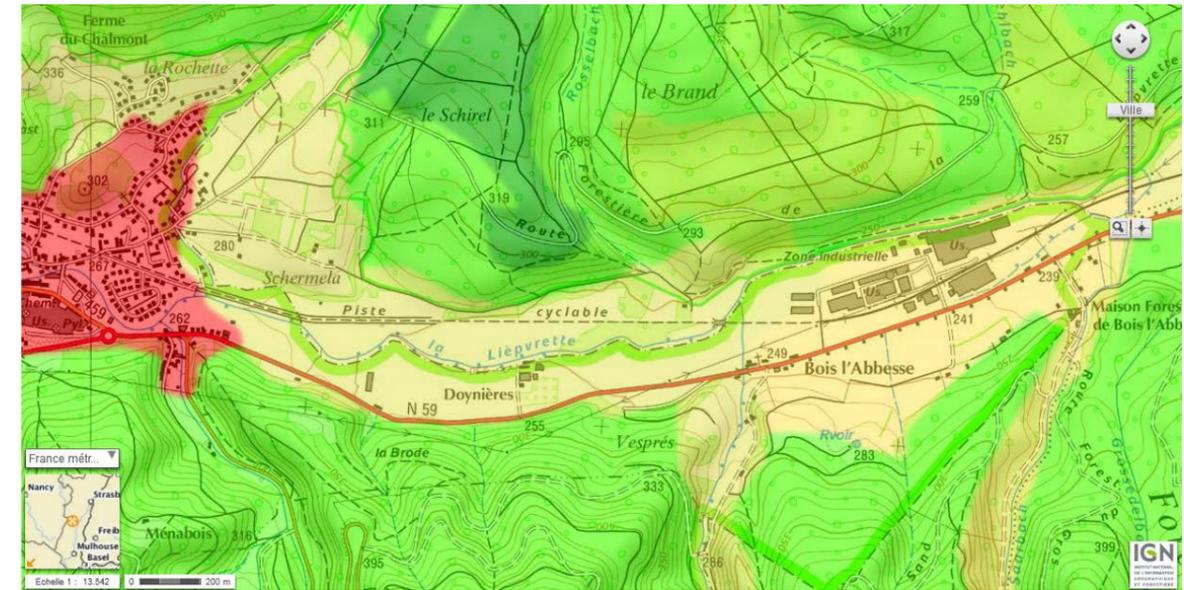


Illustration 71 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (amont)

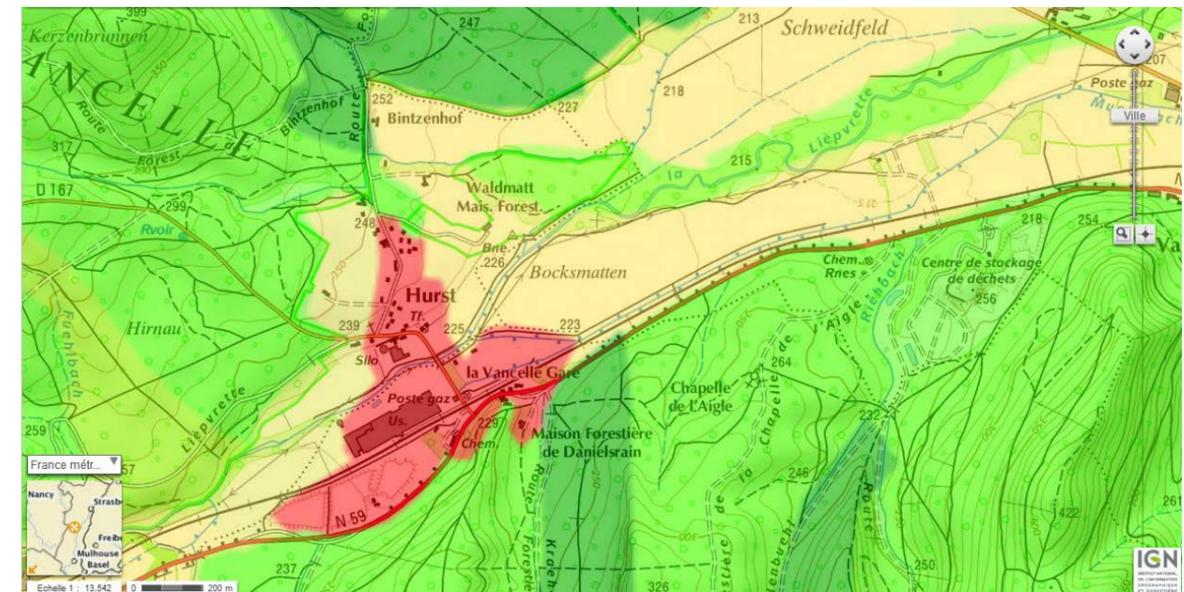


Illustration 72 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (Hurst)

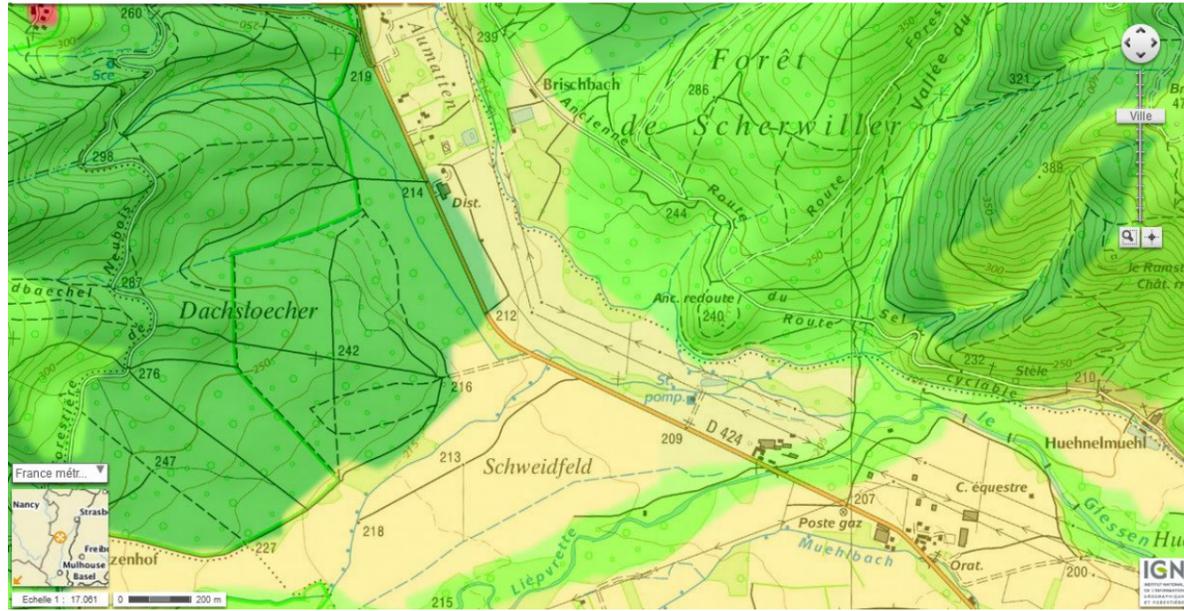


Illustration 73 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (confluence)

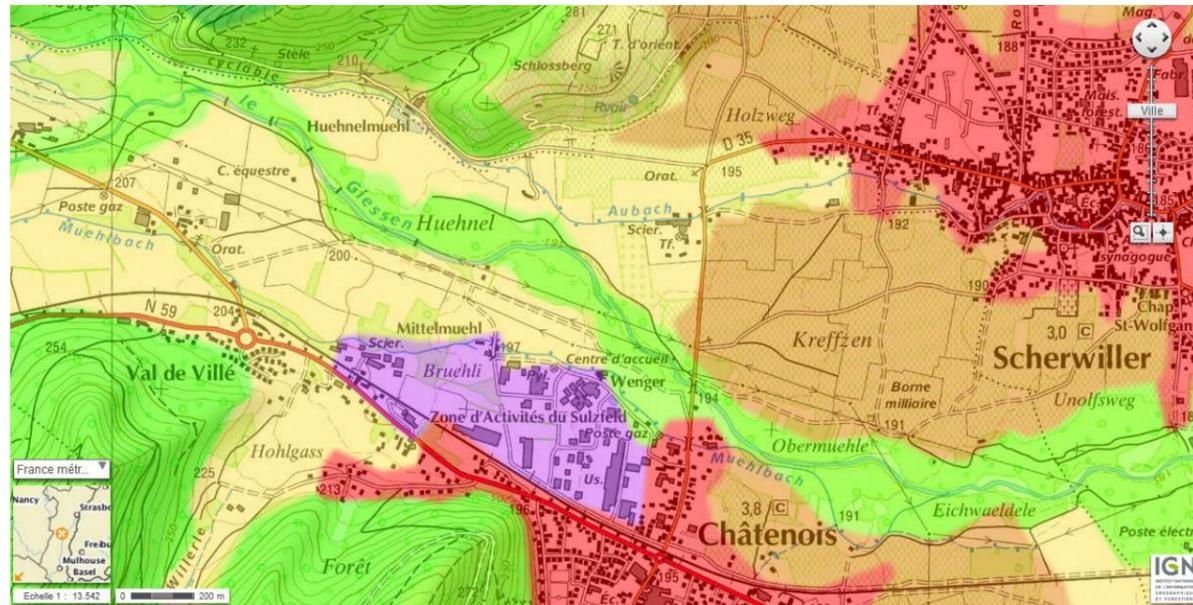


Illustration 74 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (aval)

1	Territoires artificialisés
1.1	Zones urbanisées
1.1.2	Tissu urbain discontinu Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables.
1.2	Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
1.2.1	Zones recouvertes artificiellement (zones cimentées, goudronnées, asphaltées ou stabilisées : terre battue par exemple), sans végétation occupant la majeure partie du sol. Ces zones comprennent aussi des bâtiments et/ou de la végétation.
2	Territoires agricoles
2.2	Cultures permanentes
2.2.1	Vignobles Surfaces plantées de vignes.
2.3	Prairies
2.3.1	Prairies Surfaces enherbées denses de composition floristique composées principalement de graminacées, non incluses dans un assolement. Principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. Y compris des zones avec haies (bocages).
2.4	Zones agricoles hétérogènes
2.4.2	Systèmes culturaux et parcellaires complexes Juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et/ou de cultures permanentes complexes.
3	Forêts et milieux semi-naturels
3.1	Forêts
3.1.1	Forêts de feuillus Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où dominent les espèces forestières feuillues.
3.1.3	Forêts mélangées Formations végétales principalement constituées par des arbres, mais aussi par des buissons et arbustes, où ni les feuillus ni les conifères ne dominent.
3.2.4	Forêts et végétation arbustive en mutation Végétation arbustive ou herbacée avec arbres épars, formations pouvant résulter de la dégradation de la forêt ou d'une recolonisation / régénération par la forêt.

Les coefficients de Strickler définis pour le lit majeur sont les suivants :

Occupation des sols	Coefficient de Strickler
Zones urbanisées	K = 10
Vignobles	K = 14
Prairies & zones agricoles hétérogènes	K = 7
Forêts	K = 12

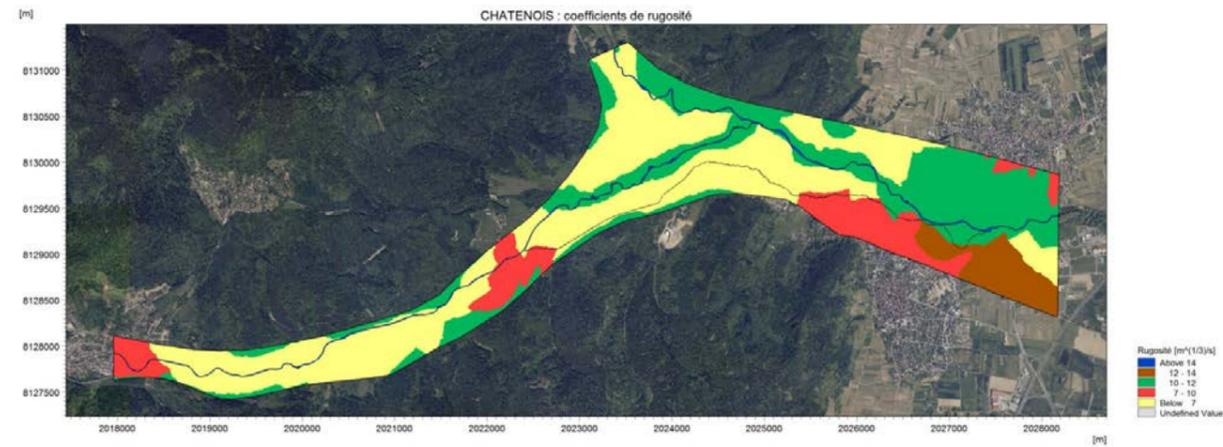


Illustration 75 : coefficient de rugosité dans le modèle 2D

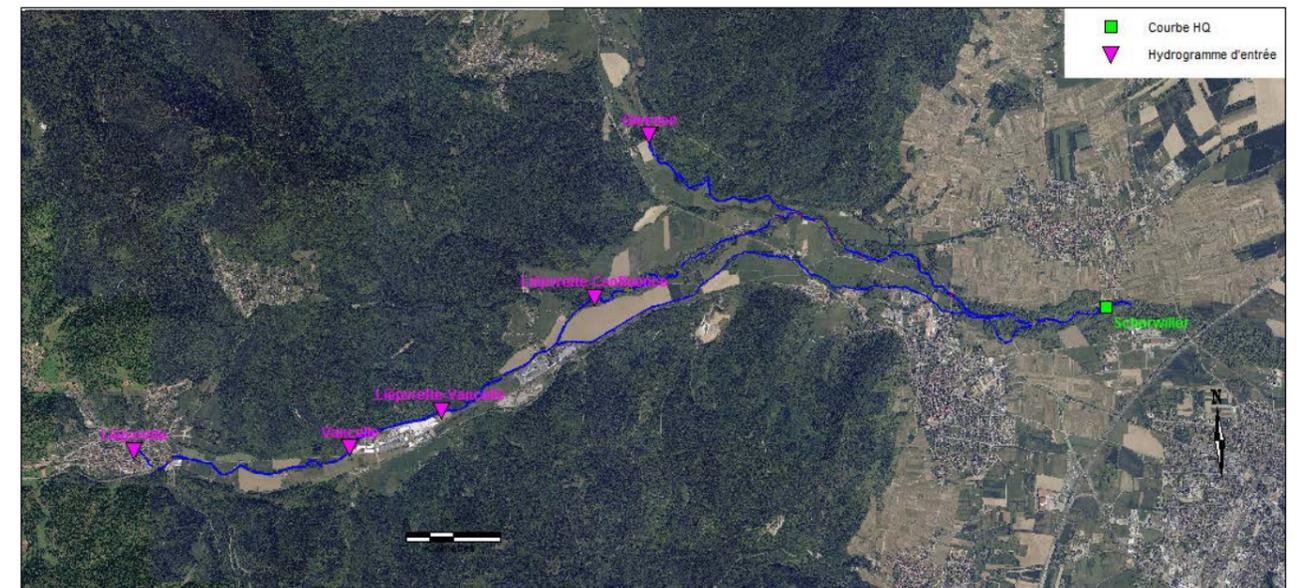


Illustration 77 : localisation des conditions aux limites du modèle 2D

4.5.1.4 Conditions aux limites

Le modèle 2D comporte 3 conditions aux limites :

- Une condition limite amont sur la Lièpvrette, correspondant à l'hydrogramme de la crue centennale défini dans l'analyse hydrologique ;
- Une condition limite amont sur le Giessen, correspondant également à l'hydrogramme de la crue centennale ;
- Une condition limite aval constituée d'une courbe de tarage à Scherwiller.

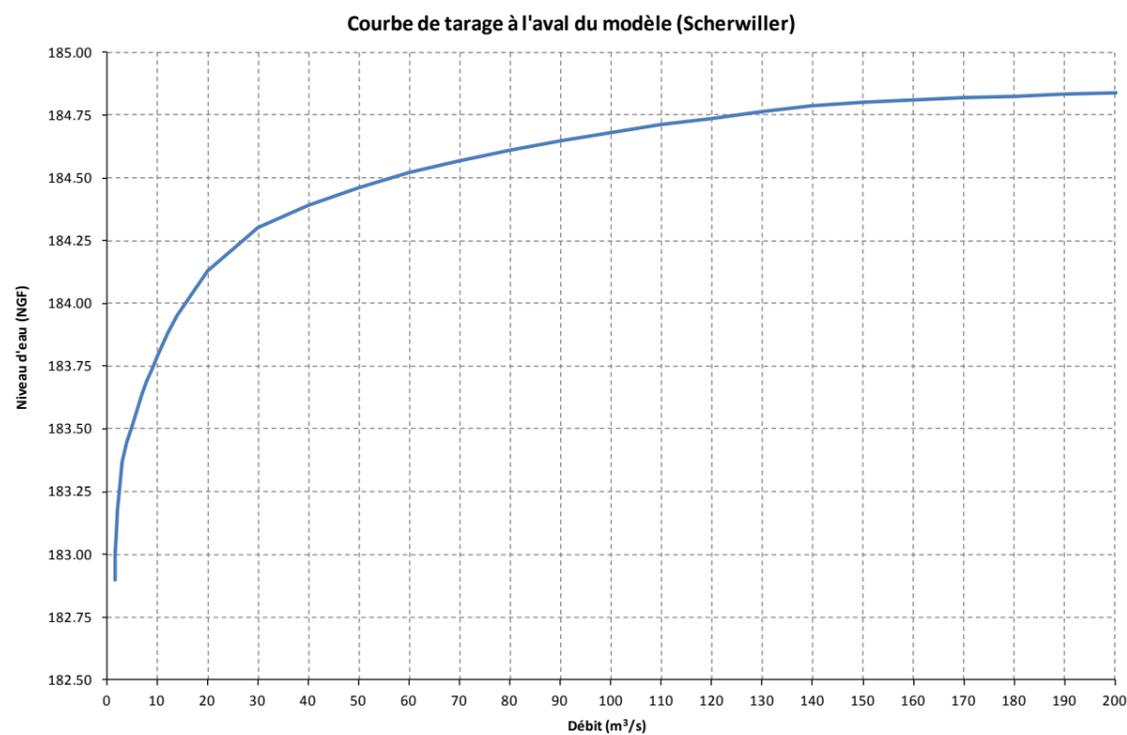


Illustration 76 : courbe H/Q reconstituée par ISL à Scherwiller

4.5.2 Calage du modèle

Le calage du modèle consiste à ajuster différents paramètres afin que les niveaux d'eau calculés par le modèle approchent le mieux possible les niveaux d'eau connus sur le site. Ces paramètres sont les coefficients de rugosité et les coefficients de débit des déversoirs.

Dans le cas présent, le calage s'effectue sur les résultats de la simulation de la crue centennale réalisée par HYDRATEC dans le cadre de son « étude de l'aléa inondation dans le bassin versant du Giessen » pour le compte de la Direction Départementale des Territoires du Bas-Rhin (DDT67).

4.5.2.1 Données de calage

Afin de caler le modèle 2D, les éléments suivants ont été fournis par HYDRATEC :

- La cartographie de la zone inondable sur fond IGN au droit du secteur d'étude de la contournante de Châtenois (au format PDF) ;
- Les résultats de leur modélisation sous SIG et tableur (niveaux d'eau en lit mineur et dans les casiers).



Illustration 78 : emprise de la zone inondable fournie par HYDRATEC

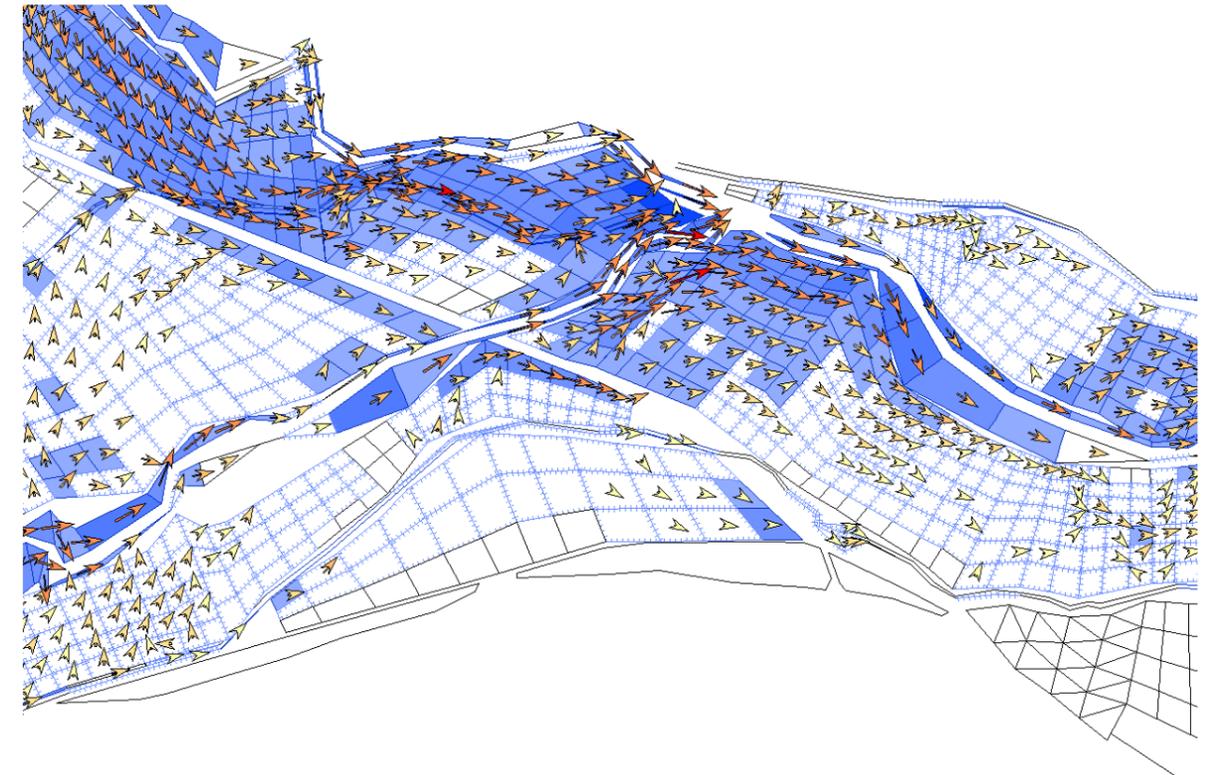


Illustration 79 : extrait des données SIG fournies par HYDRATEC (zone de la confluence)

A la vue des données fournies par HYDRATEC, des différences notables de modélisation et d'exploitation des résultats apparaissent et méritent d'être d'ores et déjà soulignées car elles peuvent être responsables d'écart entre les résultats d'HYDRATEC et ceux du modèle 2D.

1ère différence : Le modèle d'HYDRATEC résulte d'un couplage 1D-2D établi sur la base de profils en travers régulièrement espacés en lit mineur (partie 1D) et d'un MNT pour la définition du lit majeur en 2D. Dans le cas présent, le modèle réalisé est un modèle 2D intégral, ce qui implique une meilleure précision.

2nde différence : La zone inondable définie par HYDRATEC a été calculée en confrontant les résultats issus de leur modèle 1D-2D avec le MNT par un traitement sous SIG. Dans le cas présent, le modèle 2D réalisé calcule directement la zone inondable à partir du MNT intégré dans le modèle.

3ème différence : La précision du maillage en lit majeur (taille et forme des mailles) joue un rôle important. Comme on peut le voir sur la figure précédente (figure 38), HYDRATEC a adopté un maillage rectangulaire avec une taille de maille plus grossière que dans le modèle 2D dans lequel les mailles sont triangulaires et plus petites. La topographie est ainsi décrite plus finement dans le cas du modèle 2D ce qui a une influence dans le calcul des niveaux d'eau et de la zone inondable et pourrait ainsi expliquer des écarts de 5-10 cm entre les 2 modèles.

Rappelons également que la précision du maillage est choisie entre autres en fonction des objectifs de l'étude : dans le cas présent, il est nécessaire d'adopter un maillage plus fin pour obtenir des résultats plus précis dans le calcul de l'impact du projet, alors que les études plus globales comme les Plans de Prévention du Risque inondation n'ont pas besoin d'un maillage aussi précis.

4.5.2.2 Résultats du calage du modèle 2D

□ POINTS DE CALAGE

Dans un premier temps, le profil en long de la ligne d'eau calculé par le modèle 2D a été comparé aux résultats d'HYDRATEC.

Ces points de calage du modèle 2D sont localisés sur la figure ci-après (L01 à L10 sur la Lièpvrette, G01 à G10 sur le Giessen).



Illustration 80 : localisation des points de calage

Les résultats obtenus sur le Giessen et la Lièpvrette sont récapitulés dans les tableaux ci-après :

LABEL	X (m)	Y (m)	Z (NGF)	NE MIKE 21 (NGF)	NE HYDRATEC (NGF)	Ecart (cm)
G01	2023394.46	8131095.58	209.64	212.29	212.26	+3.1
G02	2023876.53	8130705.15	206.88	208.31	208.27	+3.2
G03	2024311.72	8130567.17	203.23	205.13	205.17	-3.7
G04	2024627.11	8130590.92	201.09	203.92	204.02	-10.1
G05	2024995.72	8130379.95	198.80	202.34	202.32	+2.8
G06	2025646.99	8129963.08	194.23	197.63	197.67	-4.0
G07	2026243.18	8129789.24	191.54	194.46	194.47	-1.3
G08	2026567.55	8129548.73	189.34	193.00	193.00	+0.8
G09	2027468.94	8129289.15	185.54	188.16	188.08	+8.1
G10	2027821.52	8129312.60	183.70	186.53	186.61	-7.8

Tableau 25 : résultats du calage sur le Giessen

LABEL	X (m)	Y (m)	Z (NGF)	NE MIKE 21 (NGF)	NE HYDRATEC (NGF)	Ecart (cm)
L01	2018038.48	8127897.16	263.48	266.60	266.59	+0.5
L02	2018543.44	8127830.16	258.61	261.23	261.29	-5.6
L03	2019250.94	8127689.16	251.70	254.28	254.31	-3.3
L04	2020014.61	8127796.11	245.30	247.82	247.71	+10.3
L05	2020800.01	8128208.43	237.77	240.11	240.21	-9.4
L06	2021637.41	8128595.29	229.89	232.33	232.32	+1.5
L07	2022160.13	8128905.14	225.88	228.49	228.62	-12.2
L08	2023216.84	8129629.74	215.03	217.03	217.16	-12.5
L09	2023868.00	8129952.76	207.91	210.19	210.14	+4.7
L10	2024386.90	8130195.39	204.12	206.77	206.72	+4.5

Tableau 26 : résultats du calage sur la Lièpvrette

Les écarts sont compris dans une fourchette de ± 10 cm sur le Giessen et ± 12 cm sur la Lièpvrette, ce qui est tout à fait satisfaisant.

□ ZONE INONDABLE

Dans un second temps, la zone inondable calculée par le modèle 2D a été comparée aux résultats d'HYDRATEC.

La zone inondable obtenue par le modèle 2D est exposée sur la figure ci-après. Différents zooms sont également présentés afin de faciliter la comparaison des résultats obtenus avec ceux d'HYDRATEC.

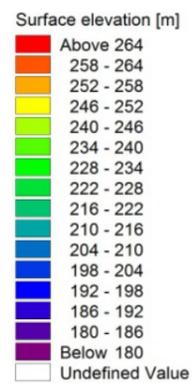
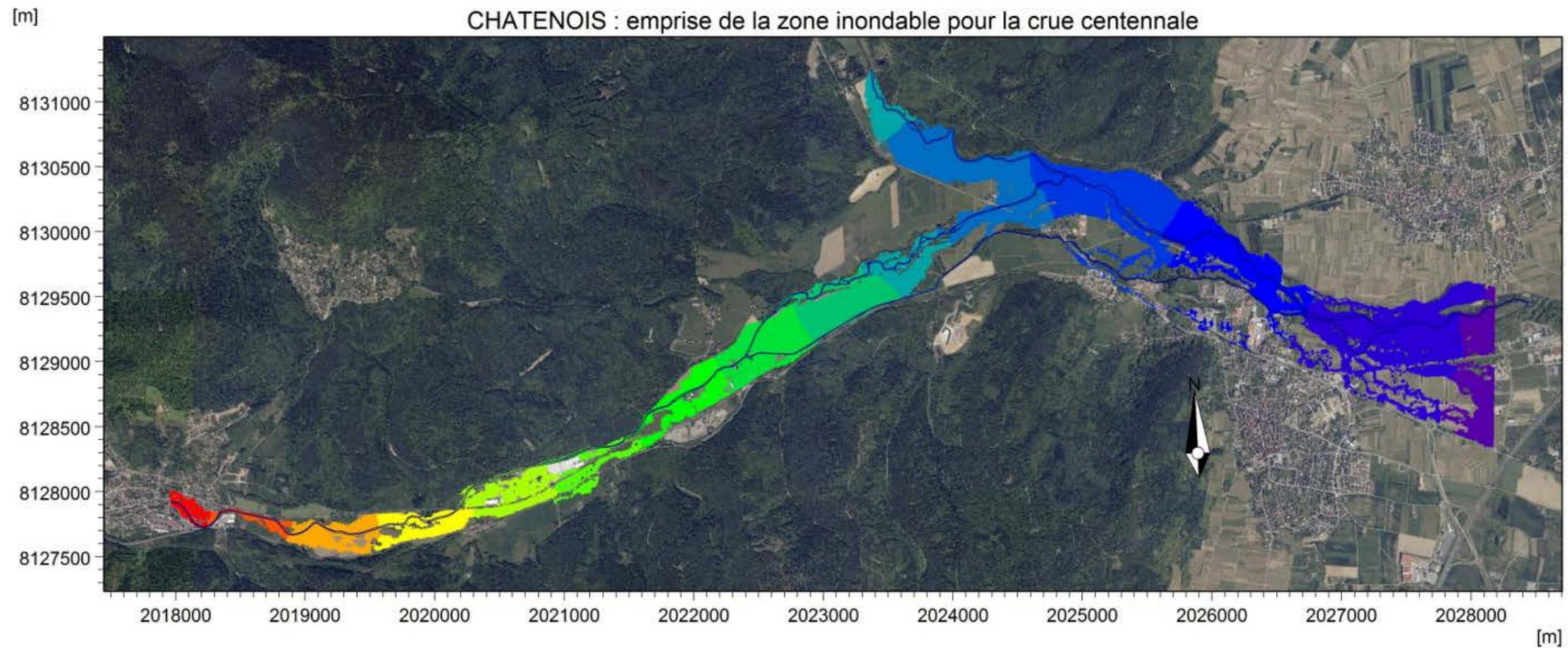


Illustration 81 : emprise de la zone inondable calculée par le modèle 2D

ZOOM 1 : la Lièpvrette entre Lièpvre et Doynières



Illustration 82 : La Lièpvrette entre Lièpvre et Doynières

Sur la Lièpvrette, entre Lièpvre et Doynières, la zone inondable calculée par le modèle 2D est proche de celle d'HYDRATEC. Les débordements sont similaires en rive gauche mais un peu différents à Doynières : localement, l'inondation est plus importante dans le lit majeur en rive droite de la Lièpvrette limité par la RN59. Le modèle 2D semble ainsi plus contraignant sur ce secteur.

La différence de maillage adopté peut être à l'origine de ces écarts et influencer le calcul des niveaux d'eau et de la zone inondable.

Ainsi, les figures ci-dessous permettent d'illustrer ce constat : elles présentent les résultats issus directement du modèle HYDRATEC avant traitement sous SIG et les résultats du modèle 2D. Dans le méandre pris pour exemple, le lit majeur est décomposé en deux casiers pour lesquels les niveaux d'eau calculés sont de 256.644 et 255.054 NGF ; alors que le modèle 2D, où le maillage est beaucoup fin, indique des niveaux allant de 256.75 à 254.60 NGF.

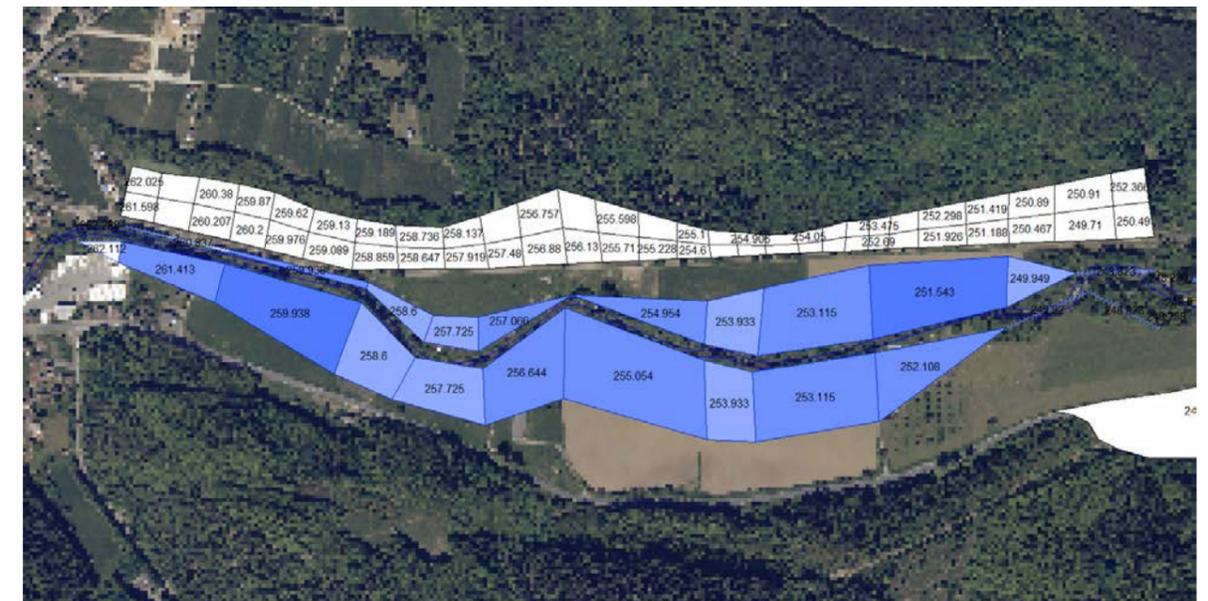


Illustration 84 : résultats du modèle HYDRATEC avant traitement sous SIG

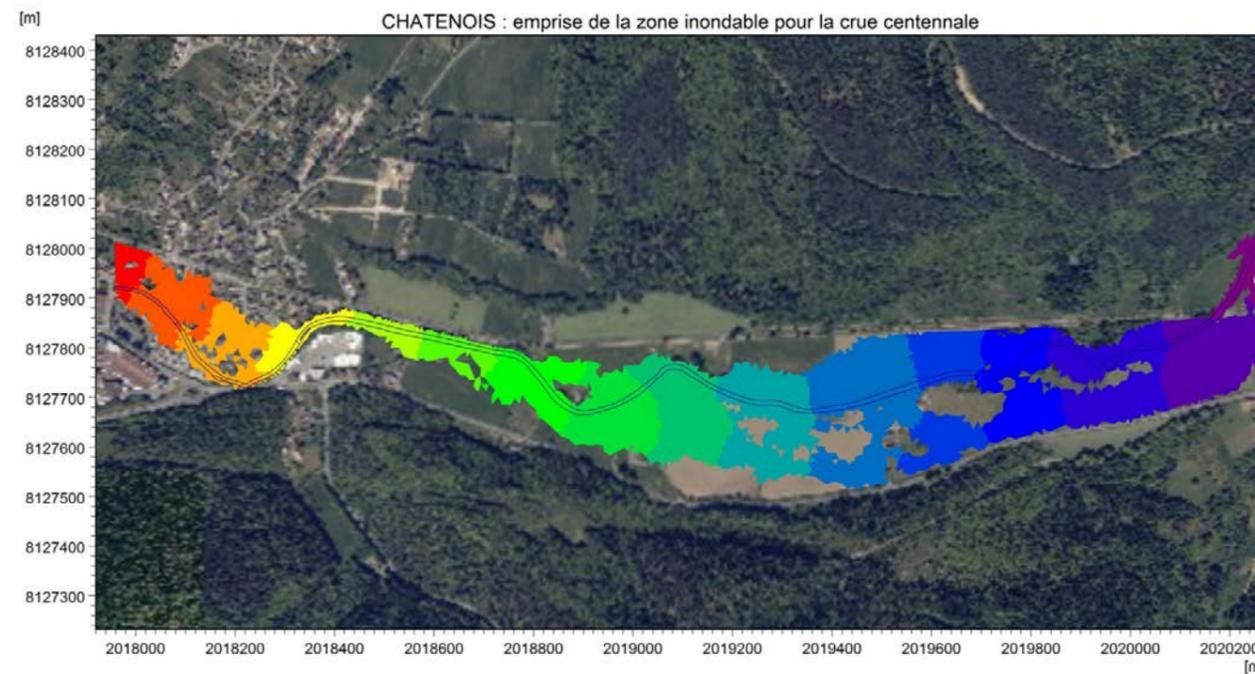


Illustration 83 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Lièpvre et Doynières

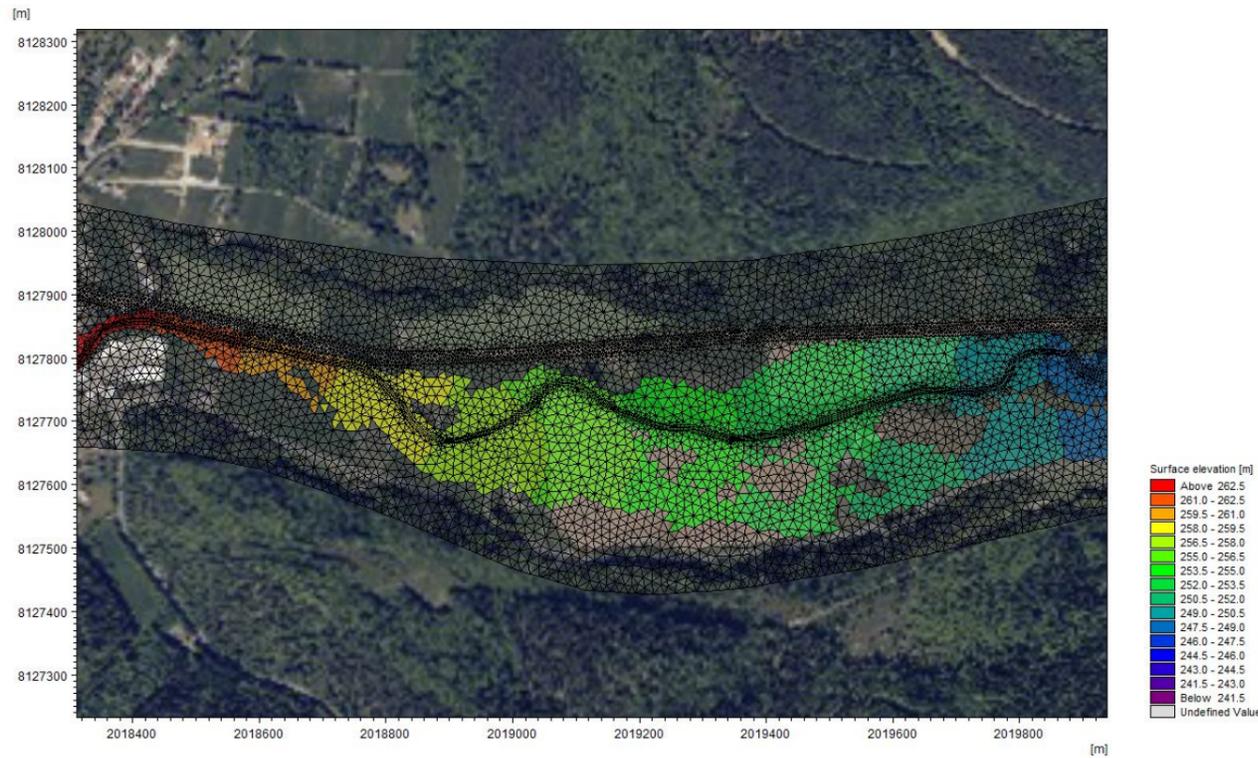


Illustration 85 : résultats du modèle 2D

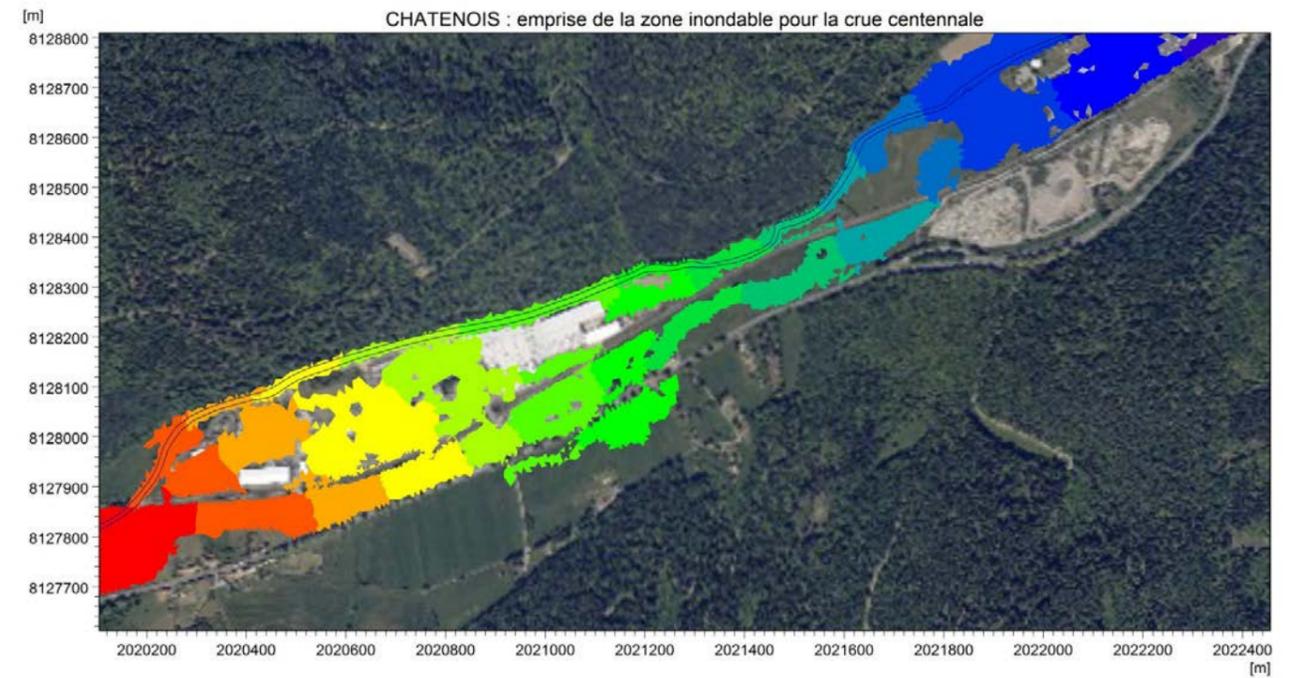


Illustration 87 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Bois-L'Abbesse et Hurst

Sur la Lièpvrette, entre Bois-L'Abbesse et Hurst, la zone inondable calculée par le modèle 2D est similaire à celle d'HYDRATEC. Quelques nuances sont toutefois observables :

- En rive droite entre la Lièpvrette et la RN59 : les différences sont visiblement liées à une topographie du lit majeur plus précise dans le modèle 2D.
- Au-delà de la RN59 : le modèle 2D simule une inondation non observable sur la cartographie d'HYDRATEC. Cet écart est dû à l'intégration d'ouvrages de décharge sous la RN59 dans le modèle 2D et a priori non pris en compte par HYDRATEC.

ZOOM 2 : la Lièpvrette entre Bois-L'Abbesse et Hurst

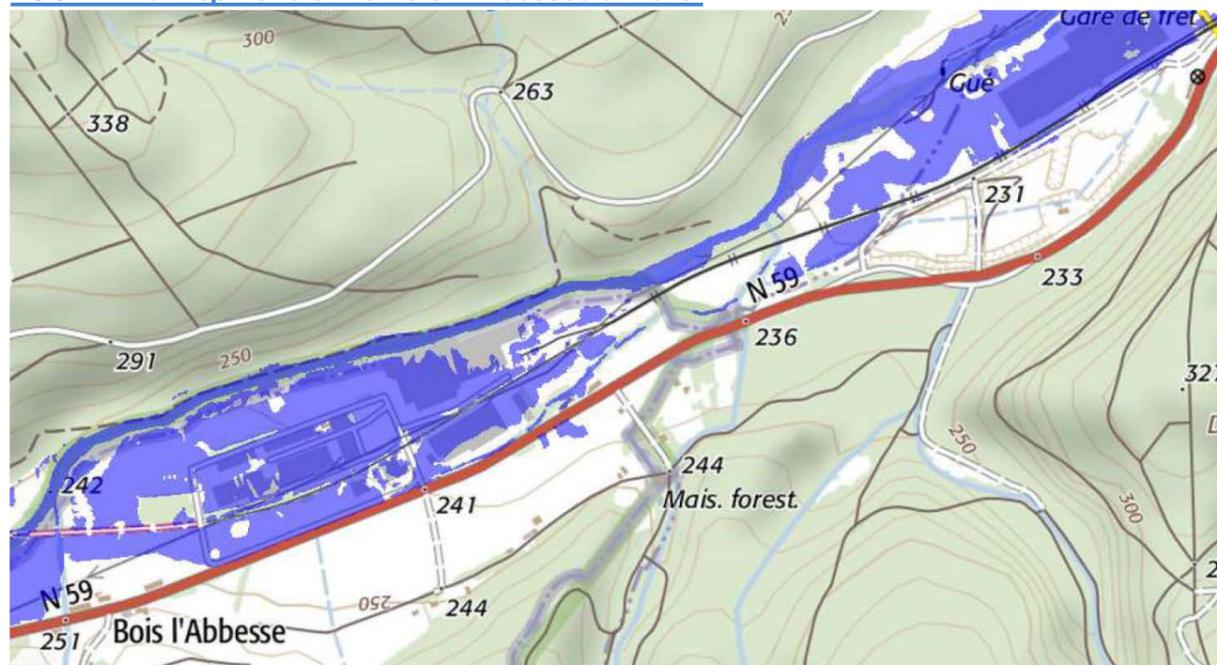


Illustration 86 : La Lièpvrette entre Bois-L' Abbesse et Hurst

ZOOM 3 : la Lièpvrette entre Hurst et Schweidfeld

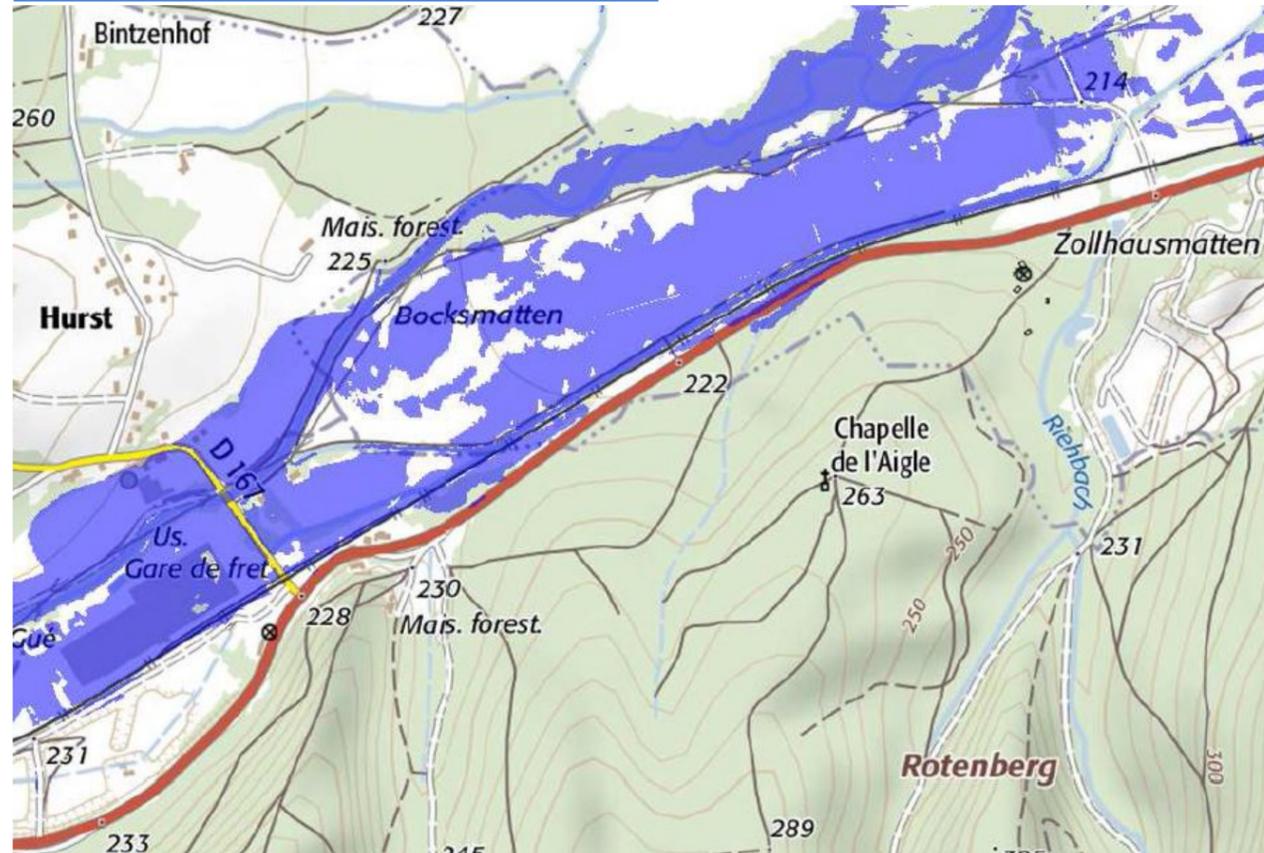


Illustration 88 : La Lièpvrette entre Hurst et Schweidfeld

Sur la Lièpvrette, entre Hurst et Schweidfeld, la zone inondable calculée par le modèle 2D est plus importante que celle d'HYDRATEC avec des hauteurs d'eau plus élevées à la déflue avec le Muelbach. Le modèle 2D semble ainsi plus contraignant sur ce secteur.

ZOOM 4 : la Lièpvrette et le Giessen entre Schweidfeld et Val de Villé

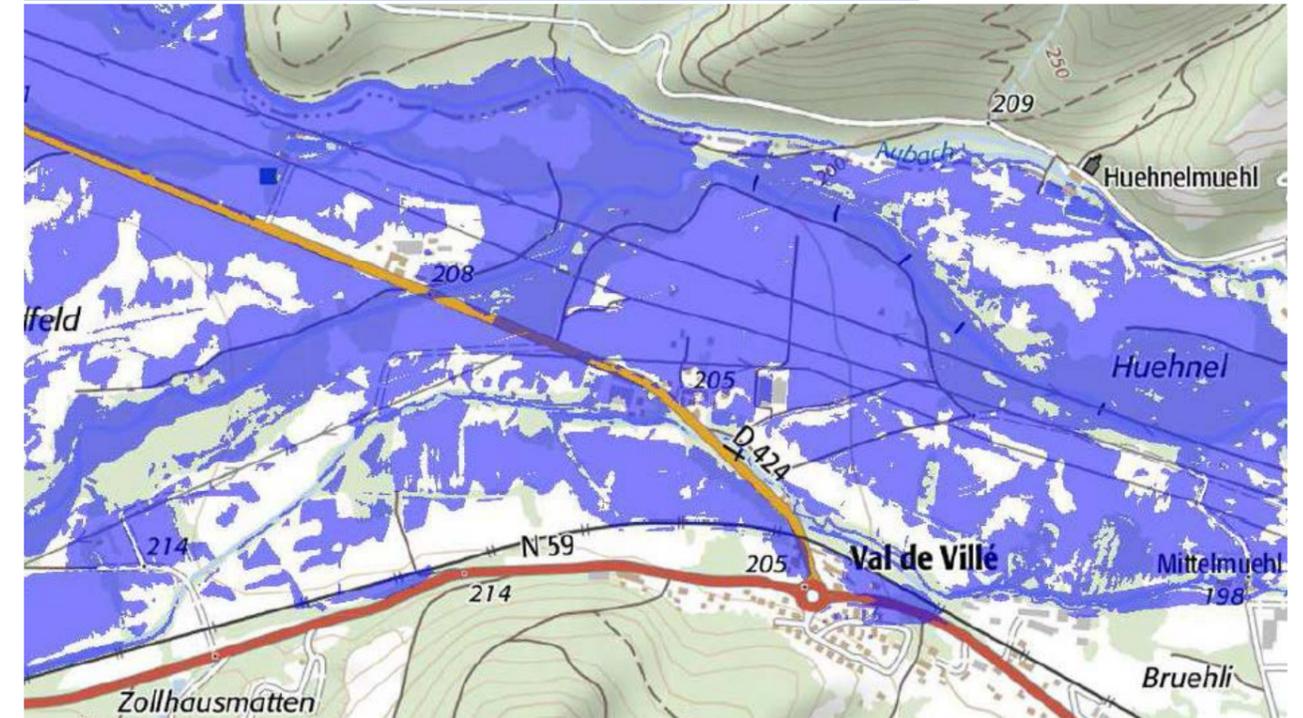


Illustration 90 : La Lièpvrette et le Giessen, entre Schweidfeld et Val de Villé

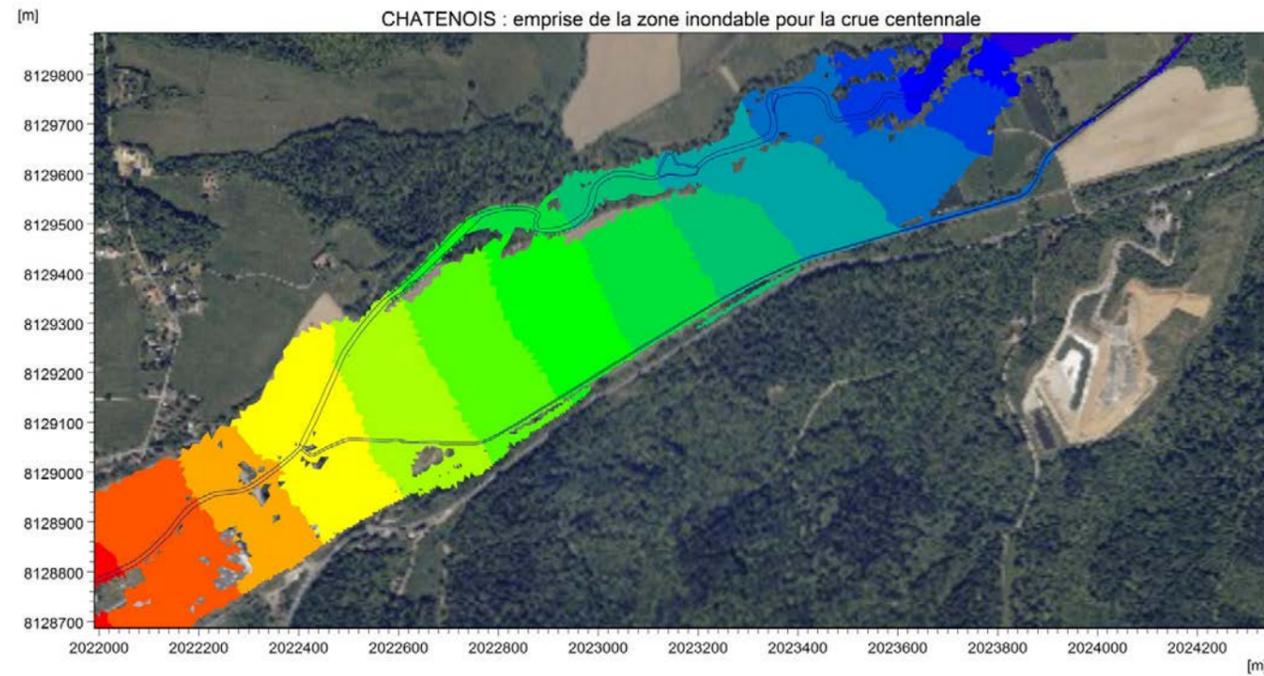


Illustration 89 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Hurst et Schweidfeld

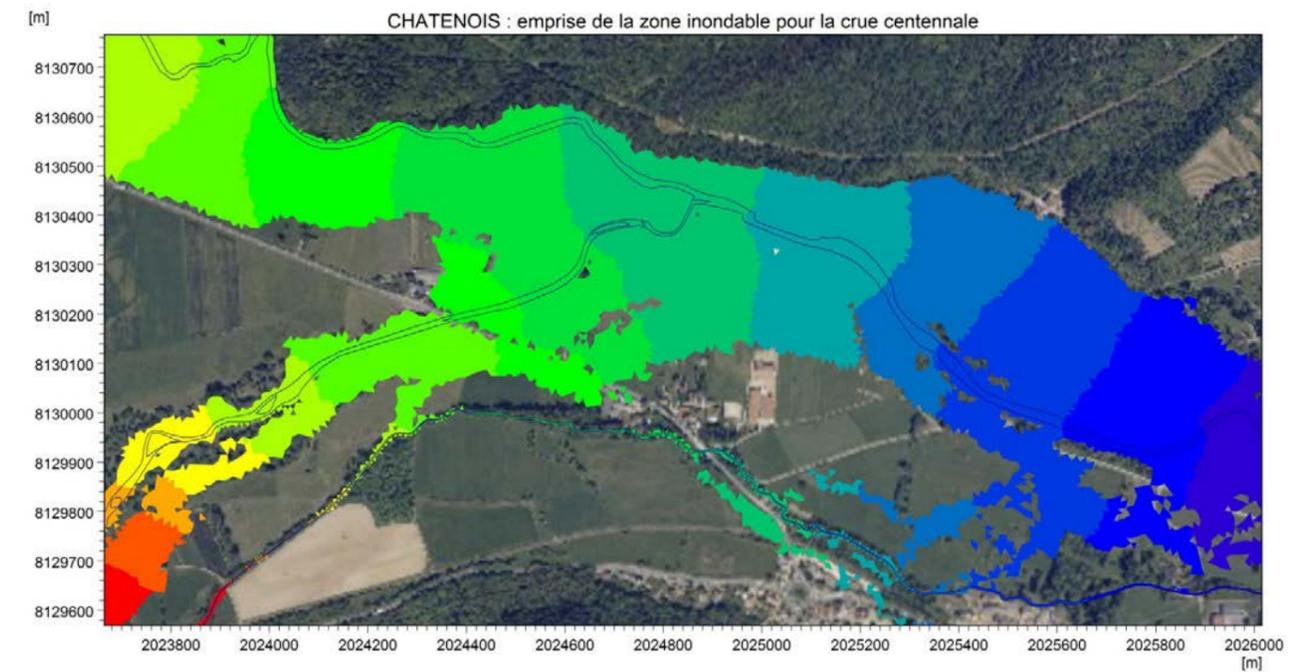


Illustration 91 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Schweidfeld et Val de Villé

Sur la Lièpvrette, entre Schweidfeld et Val de Villé, la zone inondable calculée par le modèle 2D est plus faible en amont de la RD424, en rive gauche de la Lièpvrette et en rive droite du Muelbach. Les hauteurs d'eau calculées par HYDRATEC ne sont que de 3 à 10 cm.

Ces différences sont minimes et peuvent s'expliquer par la différence de méthodologie appliquée et par la précision du maillage en lit majeur (taille et forme des mailles) comme illustré par les figures ci-après.

Différences de maillages en amont du pont de la RD424 en rive gauche de la Lièpvrette (Schweidfeld) :

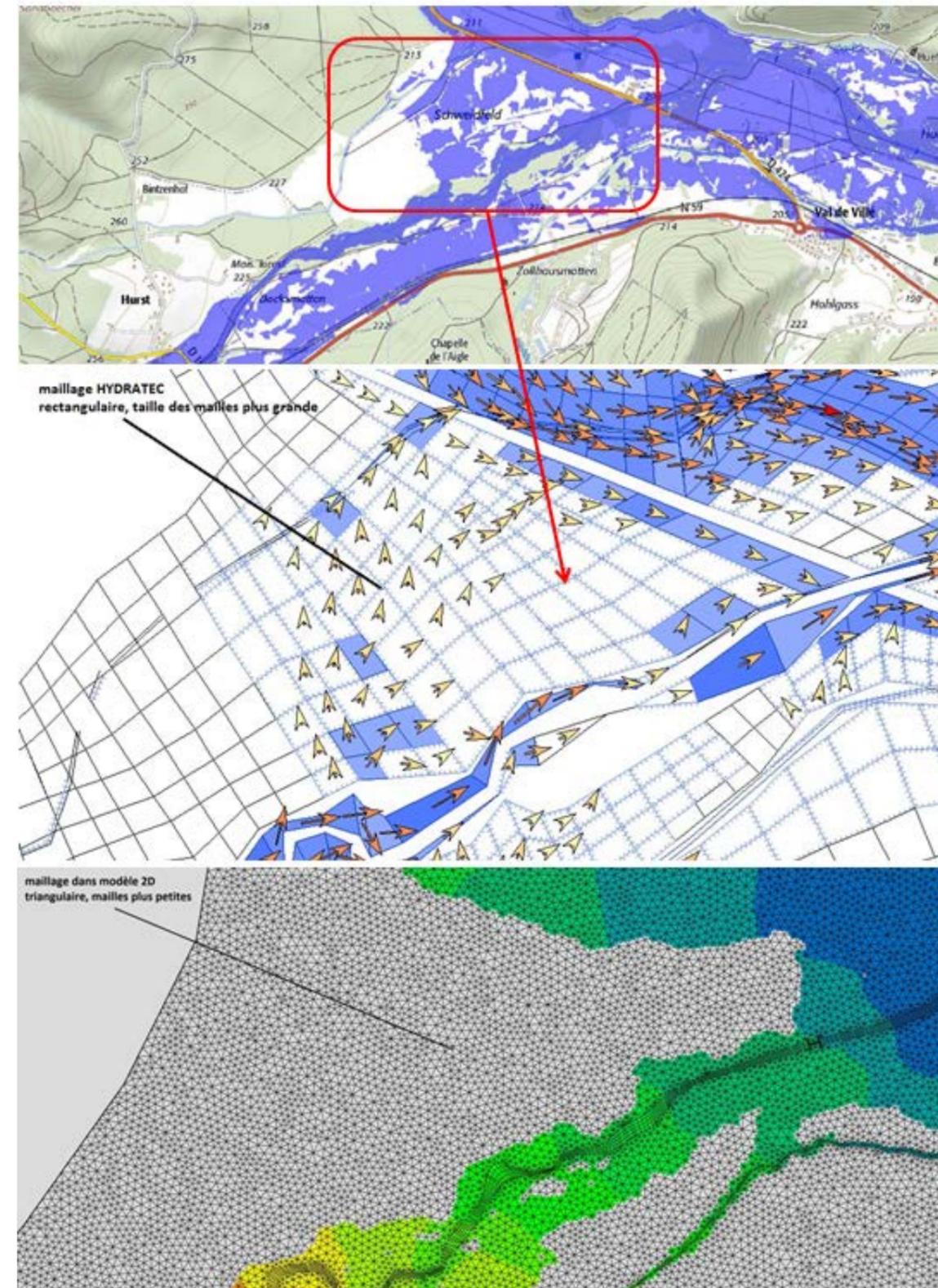


Illustration 92 : comparaison des maillages définis par HYDRATEC et dans le modèle 2D en amont du pont de la RD424 en rive gauche de la Lièpvrette

Différences de maillages en amont du pont de la RD424 entre le Muelbach et la RN59 :

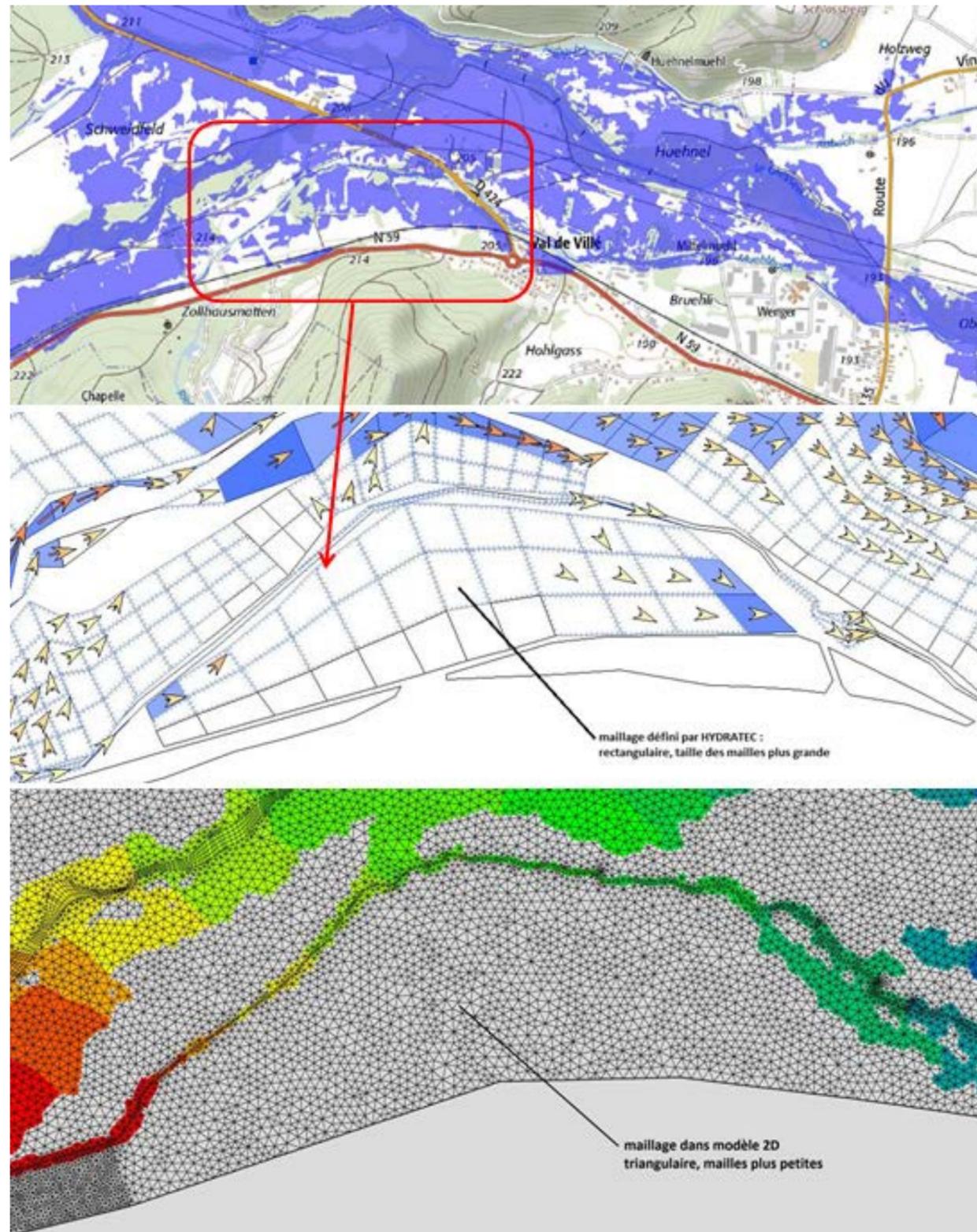


Illustration 93 : comparaison des maillages définis par HYDRATEC et dans le modèle 2D en amont du pont de la RD424 entre le Muelbach et la RN59

ZOOM 5 : le Giessen entre Val de Villé et Scherwiller

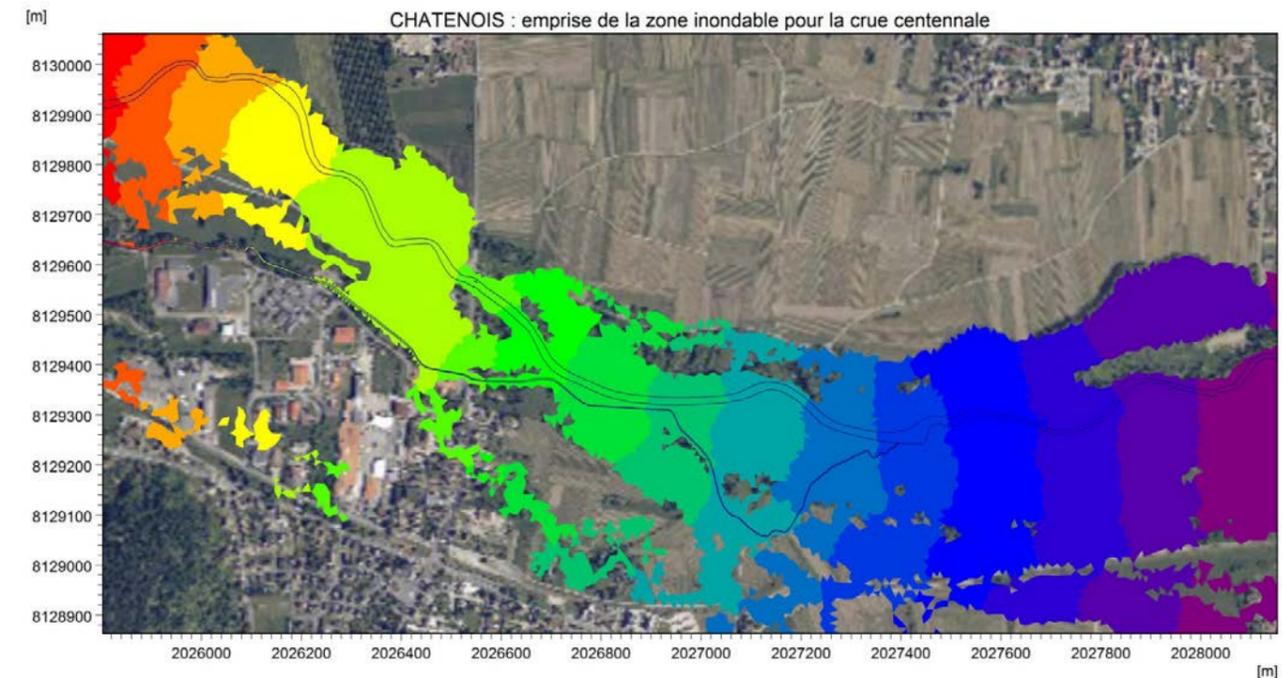
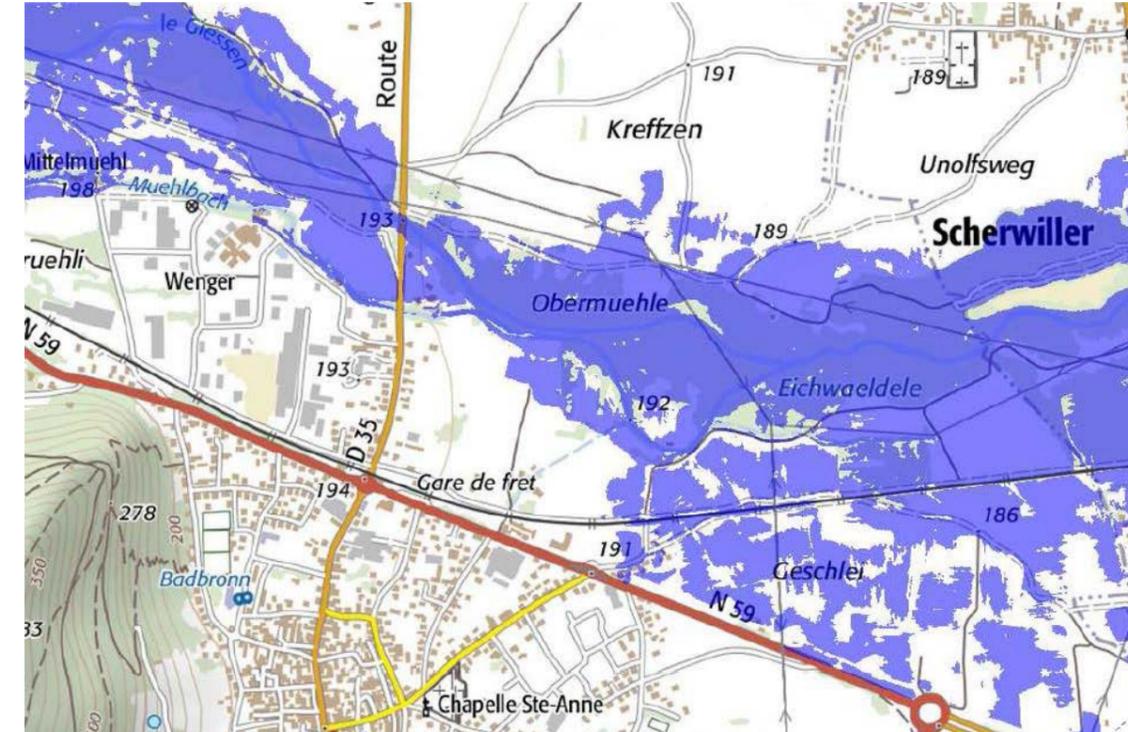


Illustration 94 : Comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Val de Villé et Scherwiller

Sur le Giessen et le Muelbach, entre Val de Villé et Scherwiller, les zones inondables sont similaires malgré quelques poches d'inondations calculées par le modèle 2D en rive droite à proximité de la RD35. Ces écarts avec HYDRATEC sont clairement dus à la précision de la topographie qui est plus fine dans le modèle 2D.

4.5.2.3 Conclusion

Les résultats du calage aboutissent aux observations suivantes :

- En termes de profil en long des niveaux d'eau, les écarts sont compris dans une fourchette de ± 10 cm sur le Giessen et ± 12 cm sur la Lièpvrette, ce qui est tout à fait satisfaisant.
- La zone inondable calculée par le modèle 2D est comparable à celle définie par HYDRATEC malgré quelques différences dans certains secteurs qui sont faiblement inondés d'après HYDRATEC et qui ne le sont pas d'après le modèle 2D, ces différences minimales pouvant s'expliquer :
- D'une part, par le type de modèle utilisé et la méthodologie d'exploitation des résultats qui en résulte.
- D'autre part, par la précision du maillage en lit majeur (taille et forme des mailles) et donc la définition de la topographie : celle-ci est plus fine dans le cas du modèle 2D, ce qui a une influence dans le calcul des niveaux d'eau et de la zone inondable et peut ainsi expliquer des écarts de 5-10 cm entre les 2 modèles.

L'ensemble de ces éléments permet de considérer que le modèle 2D est correctement calé.

Pour la poursuite de l'étude, les résultats de cette simulation vont servir d'état initial et donc de référence pour définir l'impact du projet. En effet, le modèle sera mis à jour en intégrant les caractéristiques du projet de déviation de Châtenois, la simulation de la crue centennale sera relancée et les résultats obtenus seront comparés à ceux de l'état initial.

4.5.3 Niveaux d'eau à prendre en compte pour le projet

Le projet de contournement de Châtenois prévoit un ensemble d'ouvrage de franchissement (de cours d'eau ou de voies existantes) et d'ouvrages d'équilibre.

Le dimensionnement de ces ouvrages doit tenir compte des niveaux d'eau établis par le modèle 2D au droit de chacun des ouvrages et récapitulés dans le tableau ci-après.

OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT				
OUVRAGE	VOIE PORTÉE	FRANCHISSEMENT	TYPE	NIVEAU D'EAU
OA1	RN59	Voie ferrée	Portique ouvert en béton armé	Hors zone inondable
OA1 BIS	RD424	Muelbach	Portique ouvert en béton armé	204.00 NGF
OA1 Ter	RN59	Muelbach	Portique ouvert en béton armé	203.65 NGF
OA2	RN59	Chemin Mittelmaelweg	Cadre fermé	197.20 NFG
OA3	RD35	Giessen	Bipoutre mixte	193.57 NGF
OA4	RD35	RN59	Poutrelles enrobées (2 travées)	193.65NGF
OA5	RN59	Voie ferrée	Portique ouvert en béton armé	187.70 NGF
OA6	RN59	Chemin Schlettsweg	Cadre fermé	Hors zone inondable
OH1	RD35	Muelbach	Cadre fermé	193.45 NGF
OH2	RN59	Muelbach	Cadre fermé	189.45 NGF
OH3	RN60	Muelbach	Cadre fermé	188.35 NGF
OH4	RN61	Muelbach	Cadre fermé	203.34 NGF
OH4 bis	Piste cyclable	Muelbach	Cadre fermé	203.34 NGF
OUVRAGES D'ÉQUILIBRE				
OE1	RN59	-	Cadre fermé	193.76 NGF
OE2	RN59	-	Cadre fermé	192.75 NGF
OE4	RN59	-	Cadre fermé	187.27 NGF

4.6 MODELISATION DU PROJET

4.6.1 Méthodologie

L'avant-projet de la déviation de Châtenois prévoit les aménagements suivants :1

- Réalisation du remblai routier de la déviation (solution 2x2 voies),
- Déviation du Muelbach à l'aval de la RD35,
- Réalisation d'ouvrages de franchissement et d'équilibre.

Le dimensionnement des ouvrages de franchissement et d'équilibre a été défini dans l'APSM et repris par SEGIC dans son avant-projet.

L'objectif est de modéliser le projet sur la base de ces premiers dimensionnements afin de déterminer l'impact hydraulique du projet sur la crue centennale, puis de rechercher les solutions pour minimiser cet impact et ainsi optimiser le projet.

Plusieurs simulations de la crue centennale ont ainsi été réalisées, en partant du projet initial défini dans l'APSM et repris par SEGIC (projet 1) jusqu'à obtenir un projet final acceptable hydrauliquement.

Le diagramme ci-après présente la méthodologie adoptée.

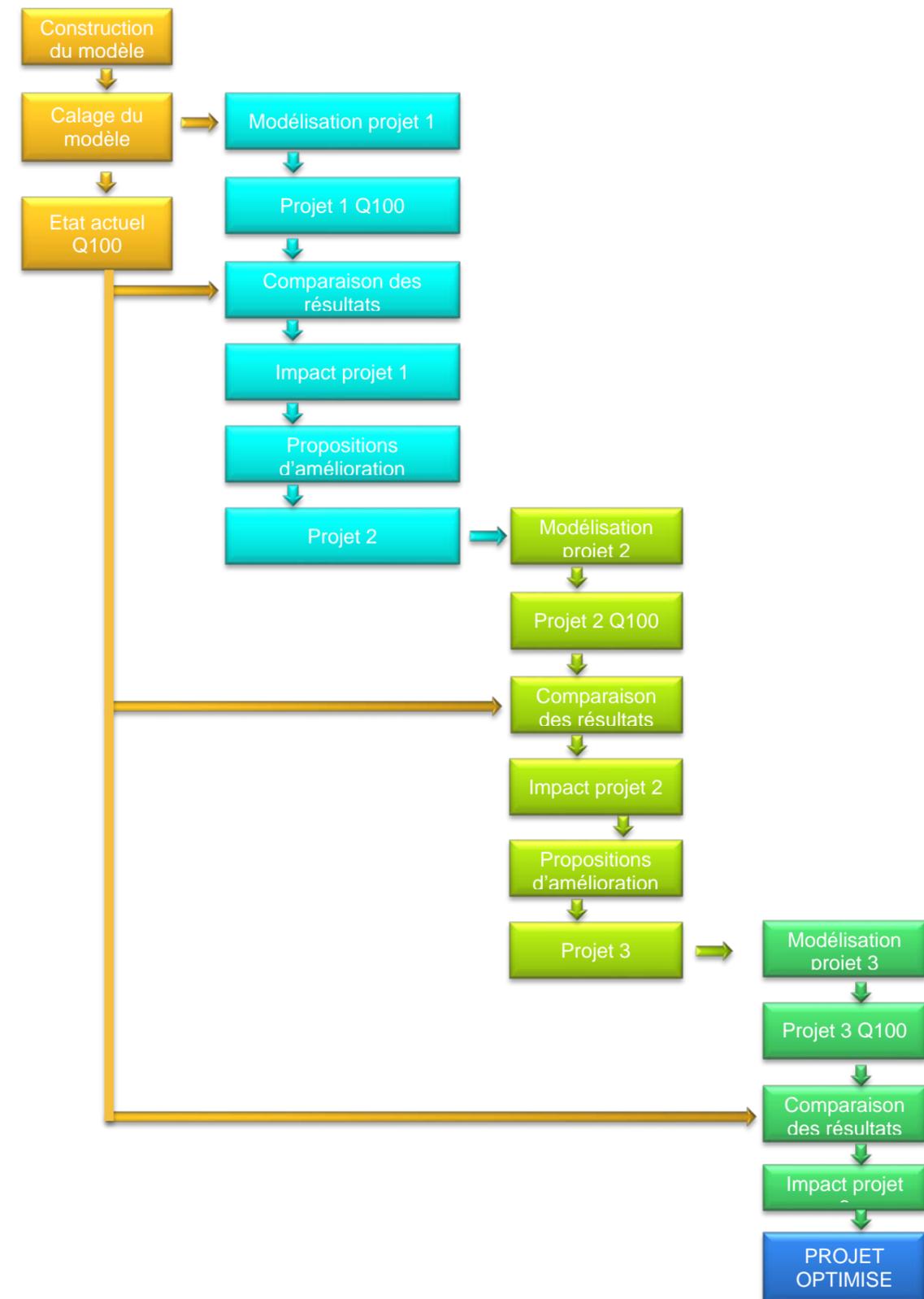


Illustration 95 : méthodologie adoptée pour l'optimisation du projet

4.6.2 Intégration du projet 1 dans le modèle 2D

❑ INTEGRATION DU REMBLAI ROUTIER

Dans un premier temps, le maillage du modèle a été repris afin de l'affiner au droit du remblai routier projeté. Les données topographiques du remblai projeté ont également été intégrées au modèle.

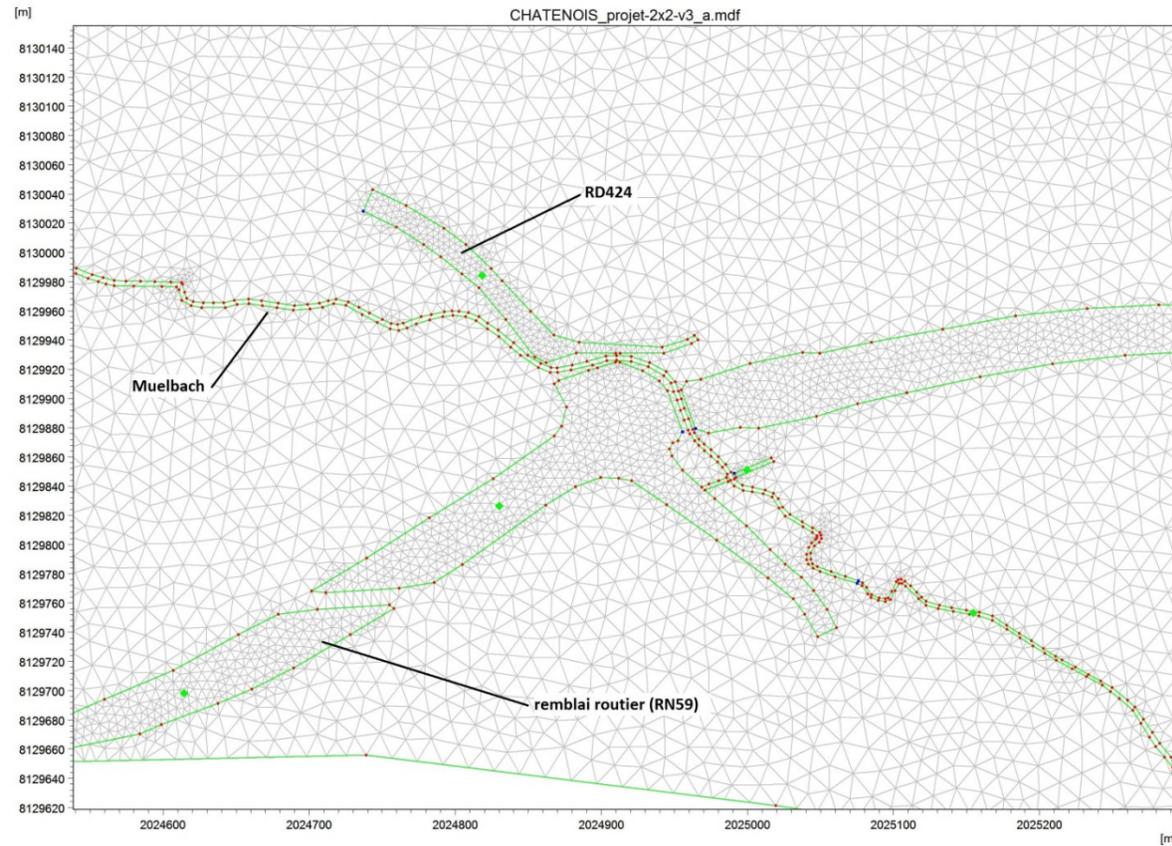


Illustration 96 : maillage affiné au droit du remblai

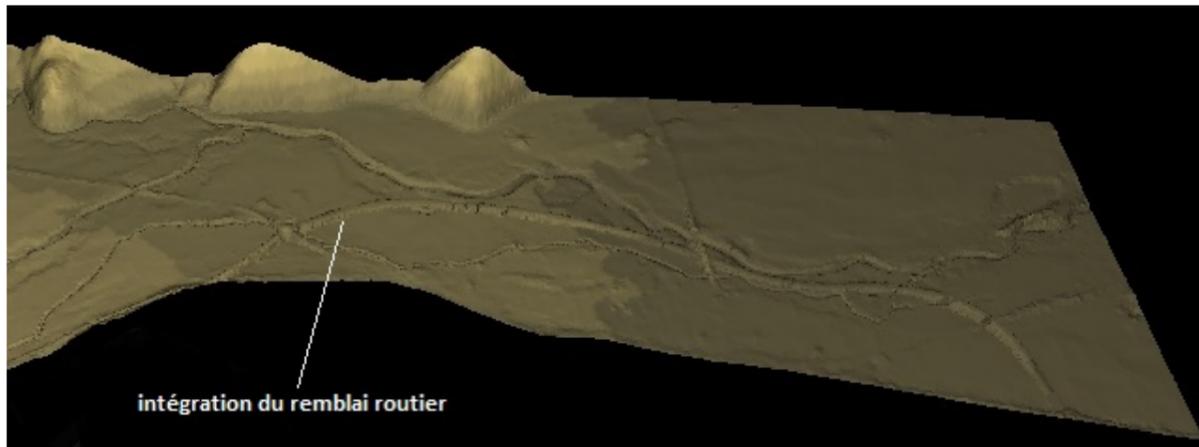


Illustration 97 : vue 3D du modèle après intégration du remblai

❑ DEVIATION DU MUELBACH

Ces éléments ont été intégrés au modèle par modification du maillage et comblement du tronçon actuel.

❑ OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DE VOIES

Ouvrage OA1

L'ouvrage OA1 porte la RN59, il franchit la voie ferrée et un chemin agricole faisant office de piste cyclable.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 11.10 m ;
- Ouverture biaisée = 14 m ;
- Largeur = 49.61 m ;
- Cote sous-poutre = 212.65 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé en dehors de la zone inondable mais a toutefois été intégré au modèle. Etant donné qu'il n'y a aucun risque de mise en charge, l'ouvrage OA1 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

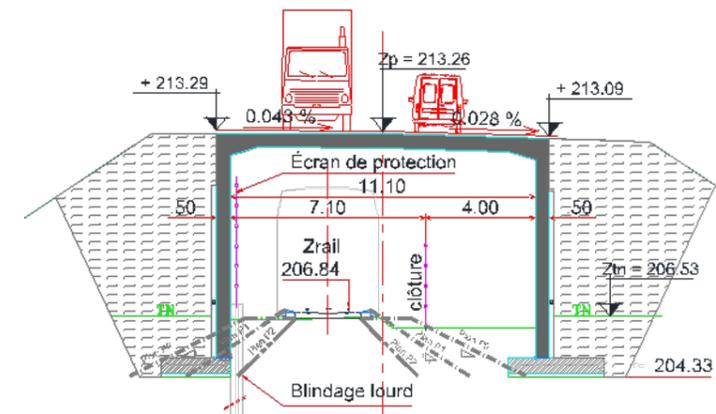


Illustration 98 : coupe transversale de l'ouvrage OA1

Ouvrage OA2

L'ouvrage OA2 porte la RN59, il franchit le chemin agricole dit « Mittelmaelweg ».

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 8.80 m ;
- Largeur = 26.70 m ;
- Cote sous-poutre = 200.68 NGF ;

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 197.20 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OA2 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

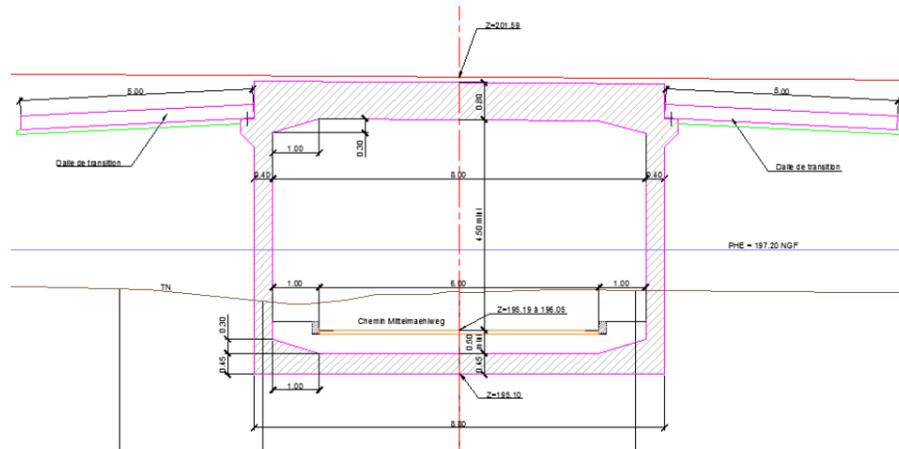


Illustration 99 : coupe transversale de l'ouvrage OA2

Ouvrage OA4

L'ouvrage OA4 permet le rétablissement du franchissement de la RD35 en passage supérieur à la RN59. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 22 m (2 travées de 11 m) ;
- Ouverture biaisée = 26.24 m ;
- Largeur = 15 m ;
- Cote RN59 = 193.72 NGF ;
- Cote sous-poutre = 198.75 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 193.65 NGF.

Hypothèse de modélisation : La cote de la RN59 étant supérieure au niveau de la crue centennale, l'ouvrage OA4 n'a pas été modélisé.

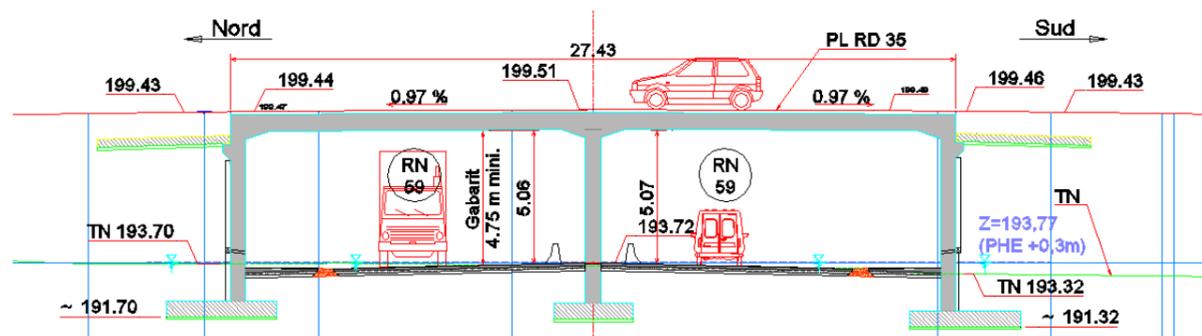


Illustration 100 : coupe transversale de l'ouvrage OA4

Ouvrage OA5

L'ouvrage OA5 porte la RN59, il franchit la voie ferrée et deux chemins agricoles faisant office de piste cyclable.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 15.10 m ;
- Ouverture biaisée = 17.15 m ;
- Largeur = 26.60 m ;
- Cote sous-poutre = 193.65 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 187.70 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OA3 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

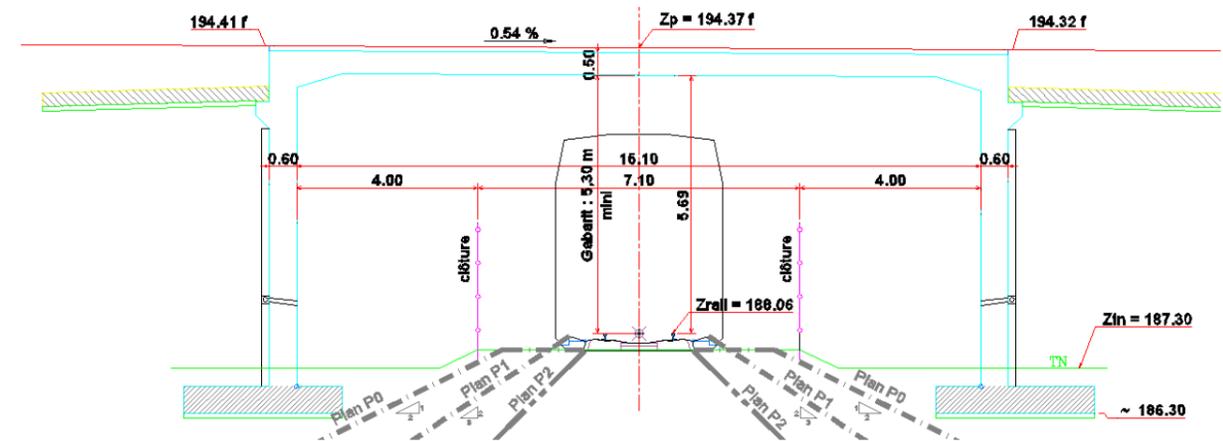


Illustration 101 : coupe transversale de l'ouvrage OA5

Ouvrage OA6

Pour rappel, l'ouvrage OA6 permet le rétablissement en passage inférieur du Schlettsweg.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 6.50 m ;
- Largeur = 27 m.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage n'a pas été modélisé car il est situé en dehors de la zone inondable.

❑ **OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT DU GIESSEN**

Ouvrage OA3

L'ouvrage OA3 permet le rétablissement du franchissement de la RD35 sur le Giessen, l'ouvrage actuel étant intégralement démoli.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 28.86 m ;
- Largeur = 12.97 m ;
- Cote sous-poutre = 196.72 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 193.57 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OA3 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage). L'ouvrage actuel a été supprimé du modèle.

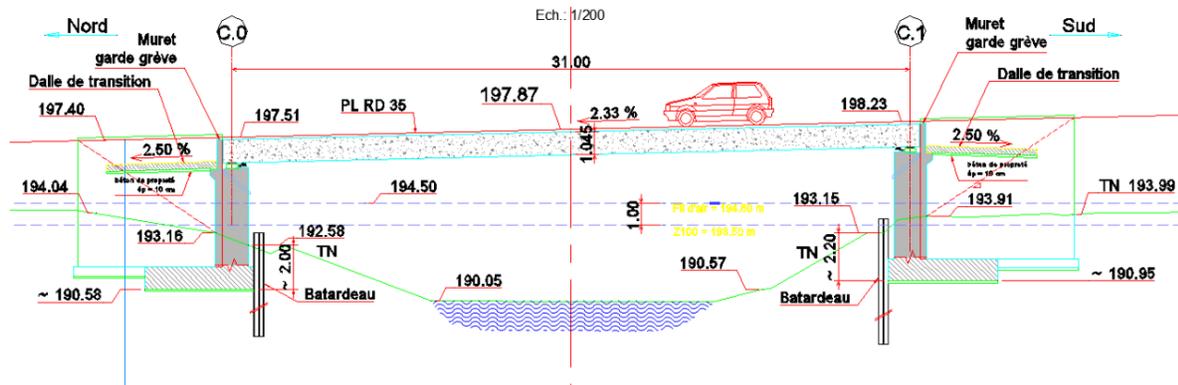


Illustration 102 : coupe transversale de l'ouvrage OA3

❑ **OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT DU MUELBACH**

Ouvrage OA1BIS

L'ouvrage OA1BIS porte la RD424, il franchit le Muelbach et une piste piétons/cycles.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 14 m ;
- Ouverture biaisée = 14.60 m ;
- Largeur = 21.54 m ;
- Cote sous-poutre = 206.60 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 204.00 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale).

L'ouvrage OA1BIS a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

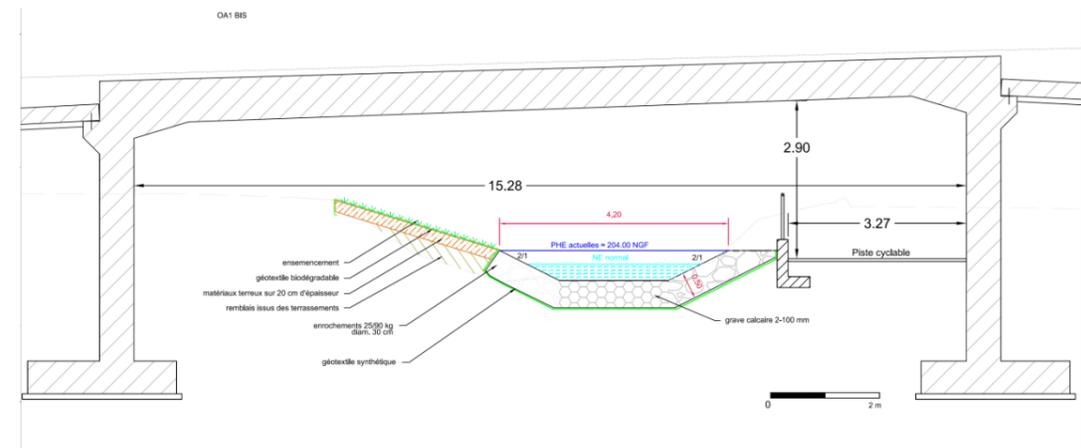


Illustration 103 : coupe transversale de l'ouvrage OA1BIS

Ouvrage OA1TER

L'ouvrage OA1TER porte la RN59, il franchit le Muelbach et une piste piétons/cycles. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 9 m ;
- Largeur = 28.11 à 29.92 m ;
- Cote sous-poutre = 206.525 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 203.65 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OA1TER a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

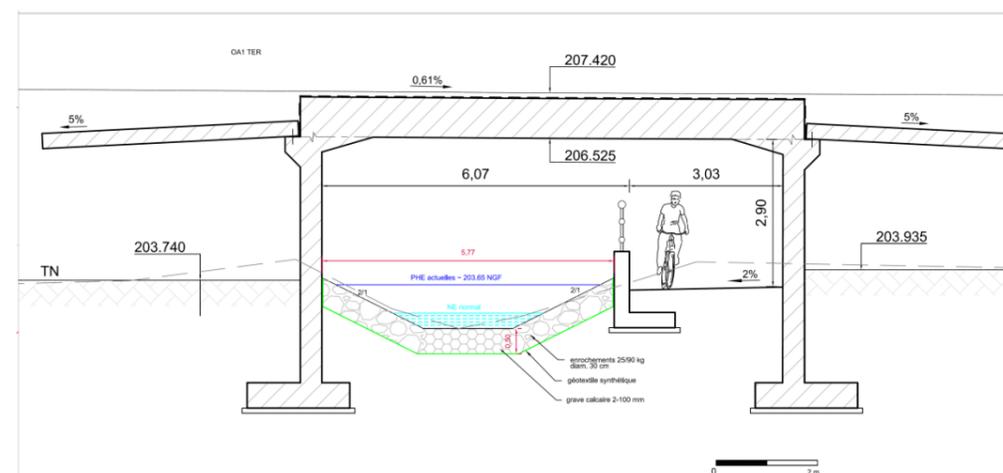


Illustration 104 : coupe transversale de l'ouvrage OA1TER

Ouvrage OH1

L'ouvrage OH1 porte la RD35 et franchit le Muelbach. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 6 m ;
- Largeur = 27.39 m ;
- Cote sous-poutre = 194.85 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 193.45 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OH1 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

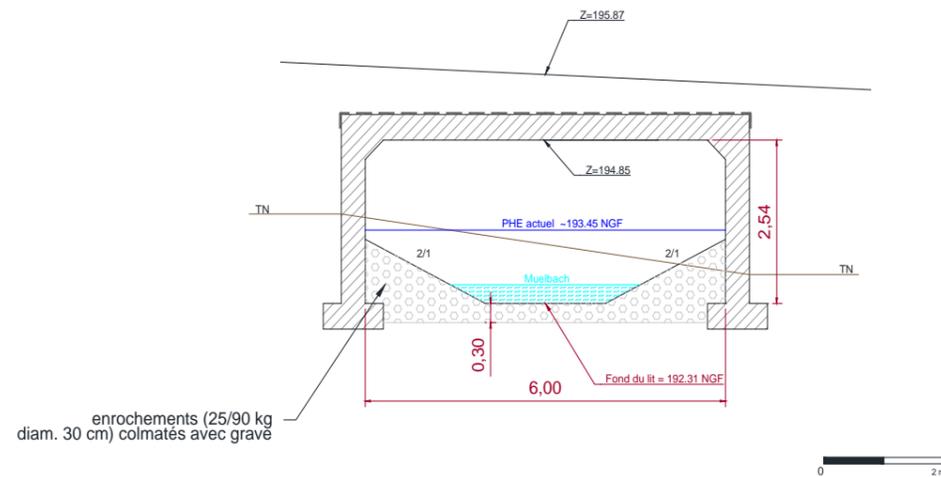


Illustration 105 : coupe transversale de l'ouvrage OH1

Ouvrage OH2

L'ouvrage OH2 porte la RN59 et franchit le Muelbach.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 6 m ;
- Largeur = 34.40 m ;
- Cote sous-poutre = 190.12 NGF.

Le niveau d'eau centennal calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 189.45 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OH2 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

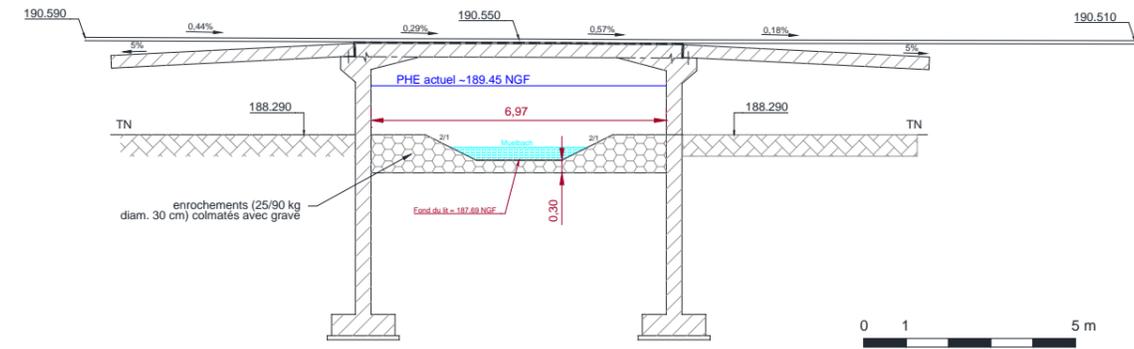


Illustration 106 : coupe transversale de l'ouvrage OH2

Ouvrage OH3

L'ouvrage OH3 porte la RN59 et franchit un bras du Muelbach.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- cadre de dimensions 2 x 2 m ;
- longueur = 106 m ;
- radier amont = 187.69 NGF ;
- radier aval = 187.11 NGF ;
- cote sous-poutre amont = 189.69 NGF ;
- cote sous-poutre aval = 189.11 NGF.

Hypothèse de modélisation : L'ouvrage OH3 a été modélisé en tant qu'orifice.

La mise en place d'un cadre fait suite à des échanges pour améliorer également la continuité écologique.

Ouvrage OH4

L'ouvrage OH4 permet le rétablissement d'une piste cyclable et franchit le Muelbach.

Il s'agit d'une passerelle en bois d'ouverture 6 m et de longueur 3 m. La cote de sous-poutre est à 204.63 NGF.

Le niveau d'eau centennal actuel calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 203.34 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable mais il n'y a aucun risque de mise en charge (la cote de sous-poutre est largement supérieure au niveau de la crue centennale). L'ouvrage OH4 a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

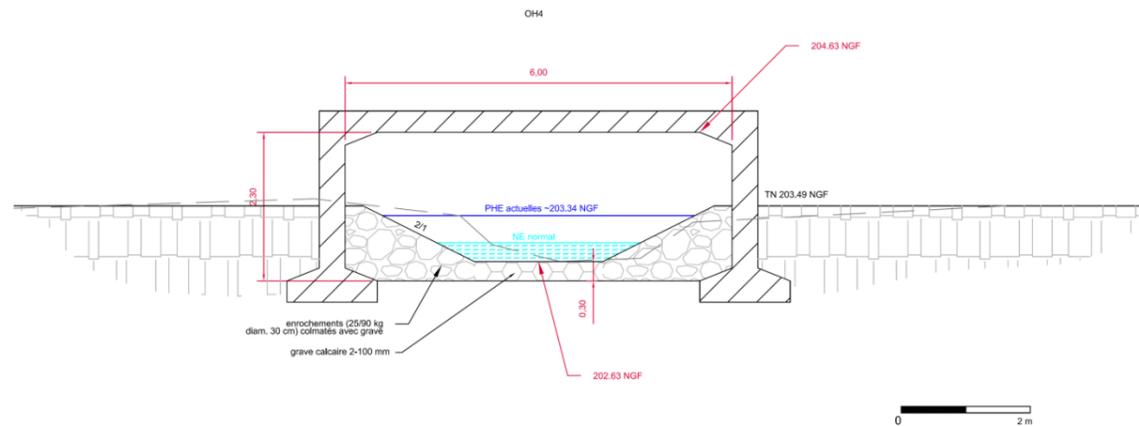


Illustration 107 : élévation de principe de l'ouvrage OH4

Ouvrage OH4BIS

L'ouvrage OH4BIS permet le rétablissement d'une piste cyclable et franchit le Muelbach. Il est localisé entre les ouvrages OA1BIS et OA1TER. Ses caractéristiques sont identiques à celles de l'ouvrage OH4 : en bois d'ouverture 6 m et de longueur 3 m. La cote de sous-poutre est à 205.13 NGF.

Hypothèse de modélisation : De la même manière que pour l'ouvrage OH4, cet ouvrage a été modélisé en tant qu'ouverture dans le remblai (prise en compte uniquement de l'ouverture de l'ouvrage).

❑ OUVRAGES D'ÉQUILIBRE

Ouvrage OE1

L'ouvrage OE1 est un ouvrage d'équilibre situé sous la RN59 de type cadre fermé préfabriqué.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 2.50 m ;
- Hauteur = 1 m ;
- Largeur = 30 m ;
- Cote sous-poutre = 194.10 NGF.

Le niveau d'eau centennal calculé par le modèle 2D au droit de cet ouvrage est 193.76 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable et a été modélisé en tant qu'orifice (prise en compte de l'ouverture et de la hauteur de l'ouvrage).

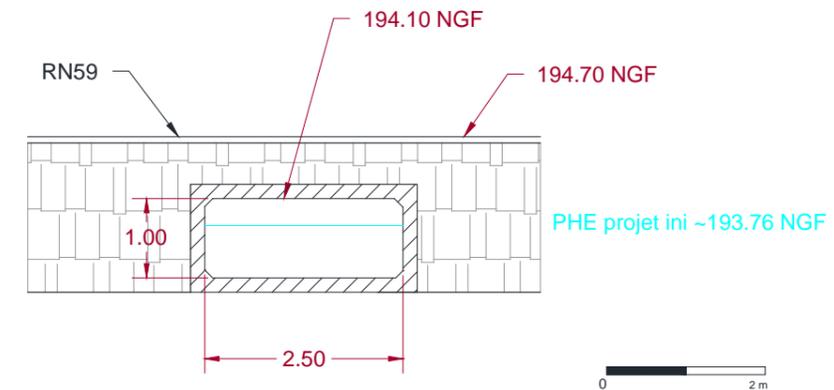


Illustration 108 : élévation de principe de l'ouvrage OE1

Ouvrage OE2

L'ouvrage OE2 est un ouvrage d'équilibre situé sous la RN59 de type cadre fermé fabriqué sur place.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Ouverture droite = 4 m ;
- Hauteur = 1.40 m ;
- Largeur = 30 m ;
- Cote sous-poutre = 192.05 NGF.

Hypothèse de modélisation : Cet ouvrage est situé au sein de la zone inondable et a été modélisé en tant qu'orifice (prise en compte de l'ouverture et de la hauteur de l'ouvrage).

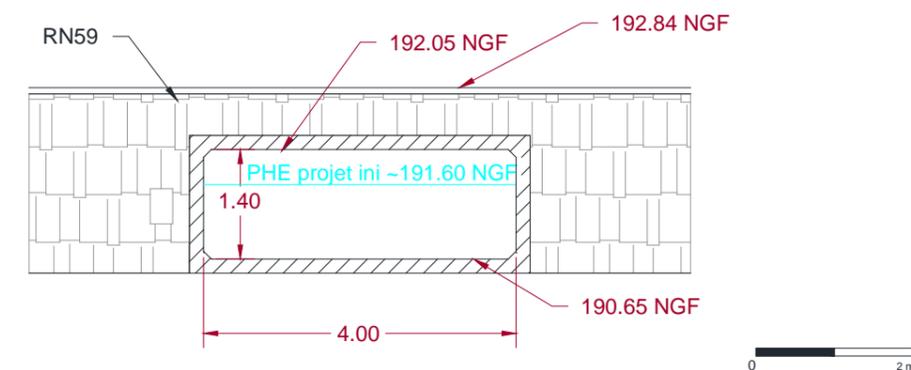


Illustration 109 : élévation de principe de l'ouvrage OE2

Ouvrage OE4

Les ouvrages OE4 sont des ouvrages d'équilibre au nombre de 8, situés à une cinquantaine de mètres du rond-point de la déviation.

Les ouvrages sont identiques et ont pour caractéristiques :

- Ouverture droite = 4 m ;
- Hauteur = 1.10 m ;
- Largeur = 33 m ;
- Cote sous-poutre = 187.36 NGF.

Hypothèse de modélisation : Ces ouvrages ont été modélisés en tant qu'orifices (prise en compte de l'ouverture et de la hauteur de l'ouvrage).

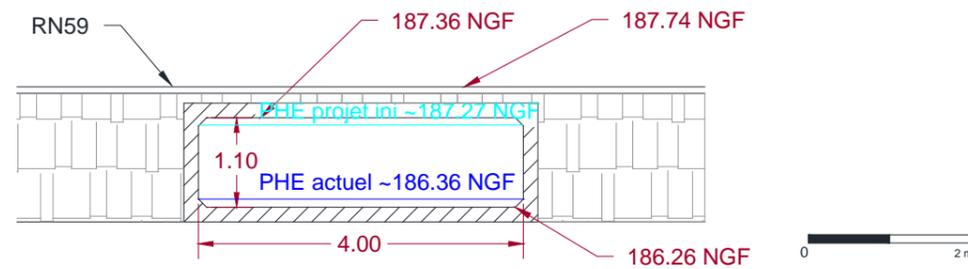


Illustration 110 : élévation de principe de l'ouvrage OE4

□ **OUVRAGES POUR LE PASSAGE DE LA PETITE FAUNE**

Les ouvrages de passage pour la petite faune sont au nombre de 3. Il s'agit de cadres de 1.20 m de large et de 0.80 m de hauteur.

Hypothèse de modélisation : Ces ouvrages ont été modélisés en tant qu'orifices (prise en compte de l'ouverture et de la hauteur de l'ouvrage).

□ **BASSINS DE RETENTION**

Pour le contournement il est prévu la création de bassins de rétention :

- Bassin n°0 : situé au début de la déviation, côté nord et à l'ouest de la RD424 : 415 m³ ;
- Bassin n°1 situé s entre le giratoire RD424 et la RD35 : 880 m³ ;
- Bassin n°2 situé au point bas au droit de la RD35 : 660 m³ ;
- Bassin n°3 situé au point bas entre la RD35 et l'OA5 : 755 m³ ;
- Bassin n°4 situé entre l'OA6 et le giratoire A35 reprenant également les eaux du bassin versant du point bas situé entre l'OA5 et le giratoire RN59 : 945 m³.

Les bassins n°0 et n°4 étant situés en dehors de la zone inondable, ils n'ont pas été intégrés au modèle.

5 ETUDE D'INCIDENCES HYDRAULIQUE DE LA CONTOURNANTE DE CHANTENOIS

Les éléments suivants sont issus du rapport de SETEC/HYDRATEC de novembre 2017 permettant d'étudier l'impact hydraulique du futur aménagement sur les champs d'expansion des crues du Giessen. L'objectif de l'étude est de quantifier l'impact de l'ouvrage pour les crues décennale, cinquantennale, centennale et millénaire du Giessen.

L'étude complète figure en annexe du présent dossier. Les paragraphes ci-dessous reprennent la méthodologie utilisée et la conception du modèle

5.1 METHODOLOGIE

La méthodologie mise en oeuvre pour réaliser cette étude est la suivante :

- Représentation de la contournante et de ses ouvrages hydrauliques dans le modèle numérique (setec hydratec possédait le modèle du Giessen, créé pour l'étude d'établissement du PPRi) ;
- Modélisation des Q10, Q50, Q100 et Q1000 de la situation projet ;
- Mise en évidence des incidences de l'aménagement par comparaison des résultats de l'état initial avec les résultats de l'état aménagé ;
- Cartographie de ces résultats.

5.2 PRESENTATION DU MODELE

Le modèle hydrodynamique utilisé pour réaliser cette étude est celui du PPRi du Giessen. Le Giessen, affluent de l'Ille, a une longueur totale de 36 km et draine un bassin versant de 273 km². Il prend sa source dans le massif des Vosges à 650 m d'altitude au pied du Climont à Urbeis. Il se jette dans l'Ille à Ebersheim. Le Giessen traverse de nombreuses zones urbanisées : Villé, Chatenois, Sélestat...

Il possède deux grands affluents : le Giessen de Steige avec lequel il conflue à Villé et la Lièpvrette avec laquelle il conflue à Chatenois. Le réseau secondaire de ces cours d'eau est relativement dense. Les principaux affluents sont :

- Le Breitenbach ;
- L'Erlenbach ;
- Le Luttenbach ;
- Le Kintzelgottbach ;
- Le ruisseau Robinot ;
- Le grand et le petit Rombach ;
- Le Rombach...

Jusqu'à Thanvillé, la pente est relativement forte, environ 1% voire plus et à partir de Chatenois la rivière devient un cours d'eau de plaine avec une pente relativement faible d'environ 3‰. A partir de Sélestat et jusqu'à sa confluence avec l'Ille, le Giessen est endigué.

Géologiquement, le Giessen prend sa source sur des formations de gneiss puis de granites, de grès et d'argiles. Ces couches sont peu perméables. Le ruissellement est donc favorisé au détriment de l'infiltration. Le cours d'eau conflue ensuite avec l'Ill dans des couches de sable perméables et est en contact avec la nappe alluviale d'Alsace. Les crues du Giessen sont principalement des crues pluvio-nivales faisant intervenir des phénomènes complexes : topographie, précipitations, températures, neige et effet de Foehn...

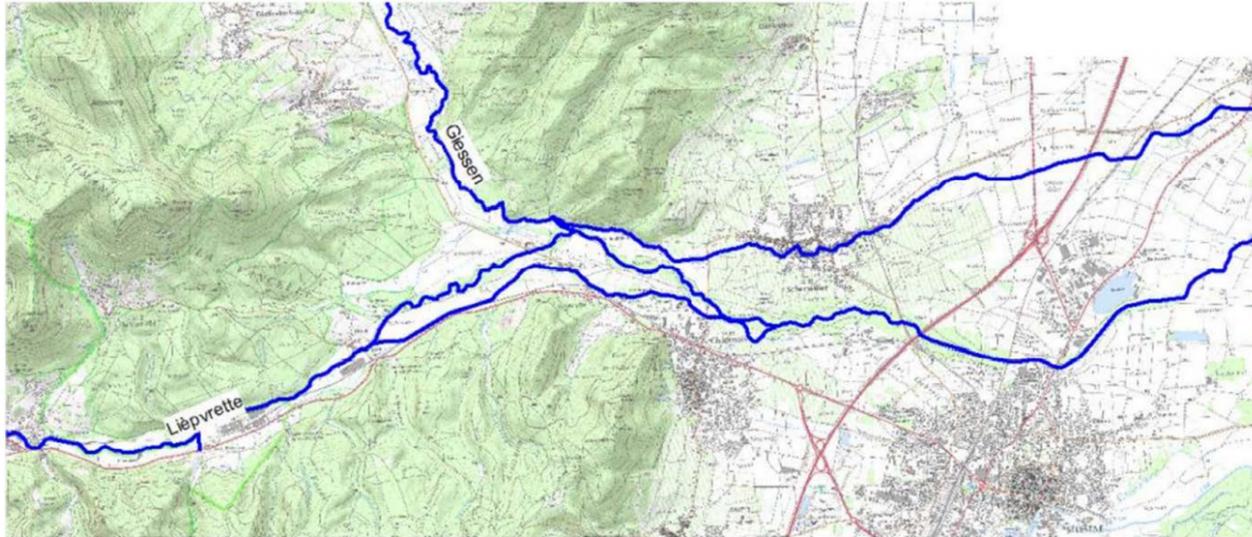


Illustration 111 : Zoom sur la partie du modèle concernée par l'étude

L'emprise totale du modèle est présentée en annexe, la partie concernée par l'étude est présentée sur l'illustration ci-dessous. Le modèle complet concerne la totalité des communes concernées par le débordement des cours d'eau suivants :

- Le Breitenbach, de l'amont de Breitenbach à sa confluence avec le Giessen ;
- Le Giessen de Steige, depuis Haut de Steige jusqu'à sa confluence avec le Giessen d'Urbeis à Villé ;
- Le Giessen d'Urbeis depuis le Haut d'Urbeis jusqu'à sa confluence avec le Giessen de Steige à Villé ;
- Le Giessen depuis Villé jusqu'à l'autoroute A35 à Scherwiller ;
- La Lièpvrette, depuis Sainte-Marie-Aux-Mines (Echery, pont sous la tour de l'horloge) jusqu'à sa confluence avec le Giessen de Chatenois ;
- Le Rombach de l'amont de Rombach-le-Franc à sa confluence avec la Lièpvrette.

Les rencontres avec les trois communautés de communes du bassin versant ont permis d'identifier les grandes crues historiques du bassin versant :

- 1910 ;
- Décembre 1919, durant laquelle le centre-ville de Villé a été inondé ;
- 1933, durant laquelle la médiathèque de Sainte-Croix-Aux-Mines avait ses fondations à la limite du champ d'inondation et le ruisseau du Rombach a arraché la route qui le longe ;
- Janvier 1936 ;

- Janvier 1955 ;
- Février et mai 1983 ;
- Février 1990 ;
- Décembre 1991 ;
- Décembre 2001 ;
- 2002 ;
- Octobre 2006 ;
- 2010.

La crue de février 1990 est la crue la plus importante de ces dernières décennies. Elle a fait suite à une fonte rapide du manteau neigeux et à de fortes précipitations. Lors de cette crue, toutes les communes riveraines du Giessen et de la Lièpvrette ont été touchées.

L'étude hydrologique a mis en évidence un fort gradient pluviométrique sur le bassin versant lié au relief. En effet, la pluviométrie annuelle varie de 1 500 mm sur les crêtes vosgiens à 700 mm dans la plaine d'Alsace. La présence de la neige en altitude peut influencer l'hydrologie des cours d'eau.

L'étude hydrologique a permis d'identifier les débits de crue retenus dans le cadre du PPRi et réutilisés pour cette étude. Ces débits ont été déterminés à partir des méthodes de Gumbel et du Gradex.

Période de retour	Thanvillé	Sélestat	Lièpvre
10 ans	30	102	51
20 ans	39	128	63
50 ans	51	162	78
100 ans	60	188	95

Tableau 27 : Valeurs de débits retenues pour le PPRi

Le modèle hydraulique concerne les cours d'eau précédemment cités. Le modèle hydraulique du bassin versant du Giessen combine modélisation filaire et modélisation bidimensionnelle.

Le lit mineur du Giessen est modélisé en filaire de Steige et d'Urbeis jusqu'à sa confluence avec l'Ill. De même, la Lièpvrette est modélisée depuis Sainte-Marie-Aux-Mines jusqu'à sa confluence avec le Giessen. Par ailleurs, au vu des profils de vallées, tous les affluents ont été modélisés en filaire. La modélisation bidimensionnelle est couplée à la modélisation filaire précédemment citée. Afin de prendre en compte la topographie des différents secteurs et les possibles échanges entre les cours d'eau, les secteurs suivants ont été modélisés en 2D :

- Maisons Goutte ;
- Villé (de l'entrée dans la commune sur le Giessen de Steige et du camping sur le Giessen d'Urbeis jusqu'à la fin de la zone d'activités de Triembach-au-val) ;
- Thanvillé (confluence entre le Giessen et le Kientzelgottbach) ;
- Giessen de la passe à poissons à Neubois jusqu'à la confluence avec l'Ill ;
- Sainte Croix aux mines (centre-ville) ;
- Lièpvre (centre-ville) ;
- Secteur de Bois l'Abbesse ;

- Lièpvrette de la zone d'activités de Hurst jusqu'à la confluence avec le Giessen.

Dans les secteurs à enjeux (secteurs urbanisés, camping, zones d'activités), la taille des mailles est de 20 mètres. Leur cote moyenne a été calculée à partir du semis de point du LIDAR. Les mailles sont connectées entre elles et aux biefs filaires par des liaisons hydrauliques de frottement ou de surverse.

Enfin, des casiers sont modélisés dans les zones d'accumulation potentielles du lit majeur (zones enclavées derrière remblais ou routes) pour représenter les écoulements avec faibles vitesses. Les lois de remplissage des casiers ont également été déterminées à partir du LIDAR.

Les différents secteurs modélisés en 1D et en 2D sont représentés en annexe au sein de l'étude complète à la fin de ce dossier.

Le calage du modèle hydraulique est réalisé sur la crue de février 1990, crue la plus importante pour laquelle nous avons suffisamment de données.

Afin de bien représenter les échanges avec l'III, condition limite aval du modèle du Giessen, hydratec ayant également modélisé l'III dans le cadre du schéma de gestion, les deux modèles ont été couplés. L'étude hydrologique du PPRi a déterminé la concomitance des crues des deux cours d'eau et a conclu que des crues de même période de retour pouvaient être envisagées, au décalage temporel près.

5.3 DONNÉES SOURCES

Du fait de l'utilisation du modèle du Giessen crée pour l'étude PPRi, cette étude n'a nécessité ni recherche bibliographique, ni levé de terrain. Toutes les données étaient à disposition. De même le calage du modèle est déjà validé.

Les seules données utilisées concernent la représentation de l'état projeté du modèle et notamment les ouvrages hydrauliques de passage sous la contournante. Ces données ont été collectées dans les documents suivants :

- « Etude hydraulique pour l'aménagement de la RN59 – Section Lièpvre / Châtenois » de juin 2016 réalisée par le bureau d'études BIEF – Cariçale ;
- Les plans projet de l'aménagement fournis par le bureau d'études SEGIC Ingénierie.

5.4 PRISE EN COMPTE DU PROJET ROUTIER ET DE SES OUVRAGES

Le projet routier a été intégré au modèle de la manière suivante : les cotes des liaisons permettant la jonction entre les domaines 2D de part et d'autre de la route ont été calculées grâce aux données des plans projet fournis par SEGIC et les ouvrages ont été renseignés dans le domaine filaire ou dans le domaine 2D (en fonction de leur position) en tenant compte de leurs dimensions fournies dans les plans de SEGIC ou dans le rapport de BIEF. L'illustration suivante représente l'intégration du projet dans le modèle.



Illustration 112 : Maillage du modèle et tracé du projet routier

Tous les ouvrages (ouvrages sur les cours d'eau et ouvrages de décharge) ont été modélisés soit par des ouvrages cadres dans le cas des ouvrages sur les cours d'eau ou par des buses pour les ouvrages de décharge.

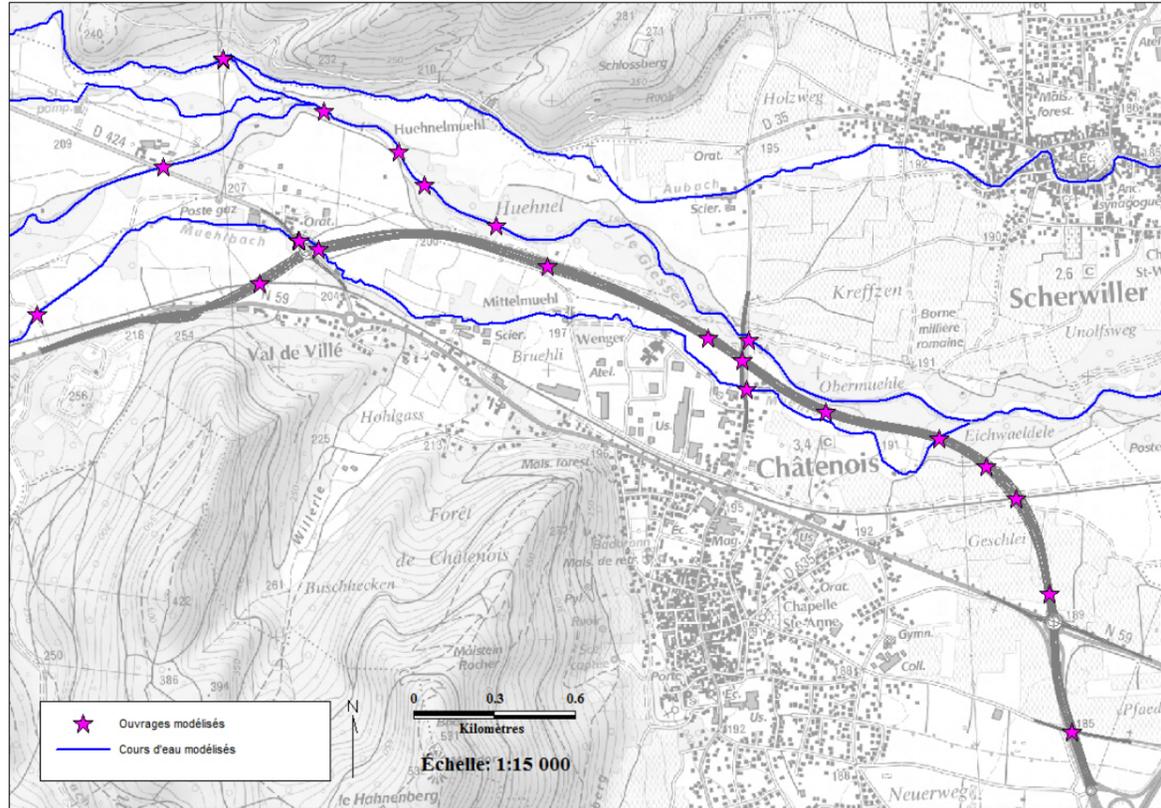
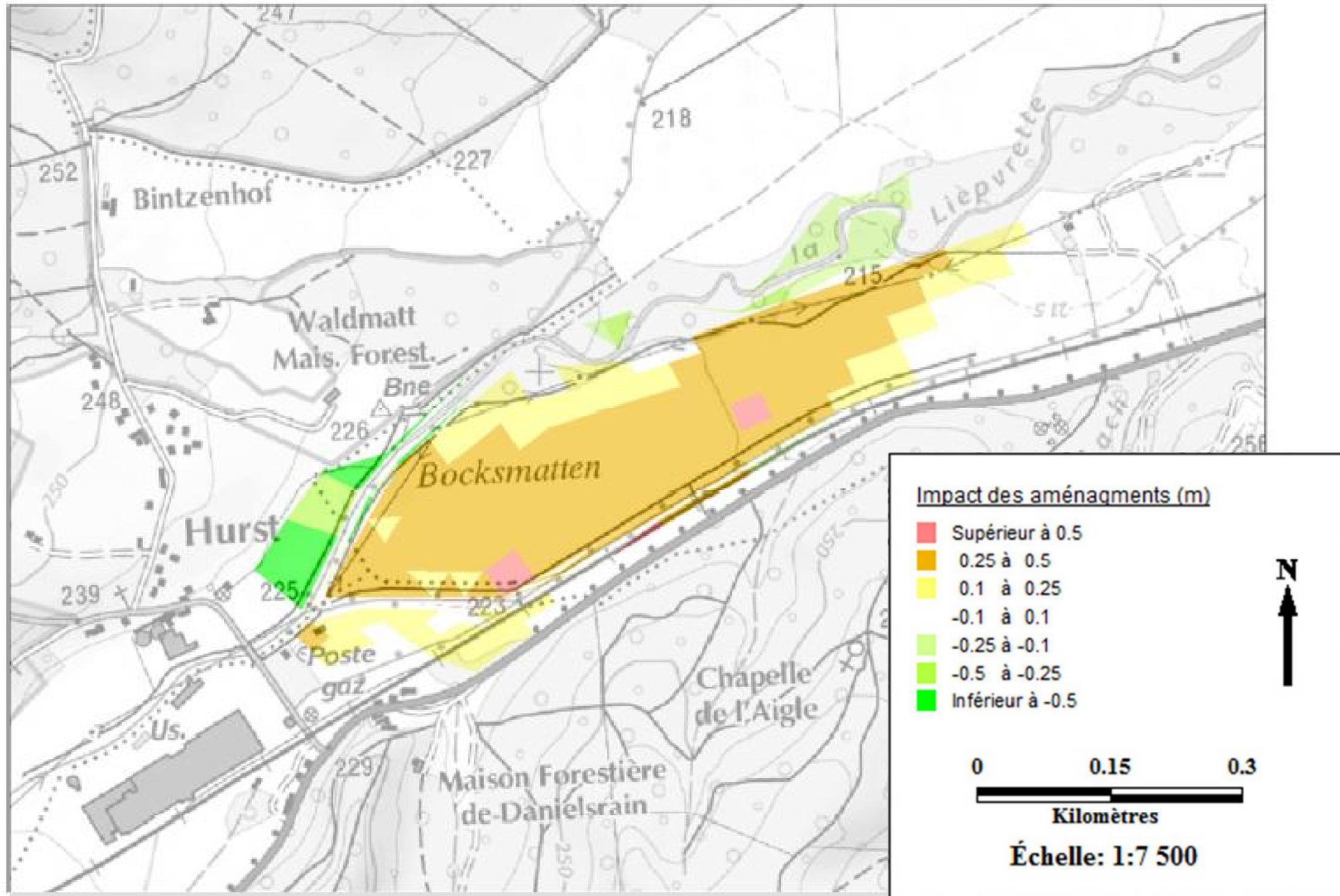


Illustration 113 : Ouvrages modélisés (source : SETEC/HYDRATEC)

6 ETUDE HYDRAULIQUE DES CONSEQUENCES DE L'ARASEMENT DU MERLON DE HURST

L'étude de l'arasement du merlon a démontré que cette solution permettrait de récupérer un volume d'expansion des crues d'environ 102 850 m³ pour un événement centennal.



Lors de l'arasement total du merlon à la cote du terrain naturel, les premiers débordements ont lieu pour un débit de 22 m³/s, une telle valeur correspond à un **débit biennal**. La station hydrométrique de référence est celle sur la Lièpvrette à Lièpvre. Les débits de crue retenus dans le cadre du PPRi sont les suivants :

Période de retour	Lièpvre (m ³ /s)
2 ans	24
5 ans	40
10 ans	51
20 ans	63
50 ans	78
100 ans	95

Tableau 28 : Débits de crue retenus dans le cadre du PPRi

6.1 RECHERCHE D'UN NIVEAU DE PROTECTION INTERMÉDIAIRE

6.1.1 Protection pour une période de retour de 5 ans

Le débit pour une crue de période de retour 5 ans est de 40 m³/s à Lièpvre. Le débit au droit du merlon est estimé à partir de la formule de Myers :

$$\frac{Q_a}{Q_{ref}} = \left(\frac{S_a}{S_{ref}} \right)^\alpha$$

$\alpha = 0.8$, $S_a = 127 \text{ km}^2$ et $S_{Lièpvre} = 108 \text{ km}^2$

Soit un débit quinquennal à Hurst de 45 m³/s.

Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les côtes du merlon pour une protection quinquennale. L'illustration suivante montre les côtes du merlon nécessaires pour avoir une protection quinquennale de la zone ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 50-60 cm.

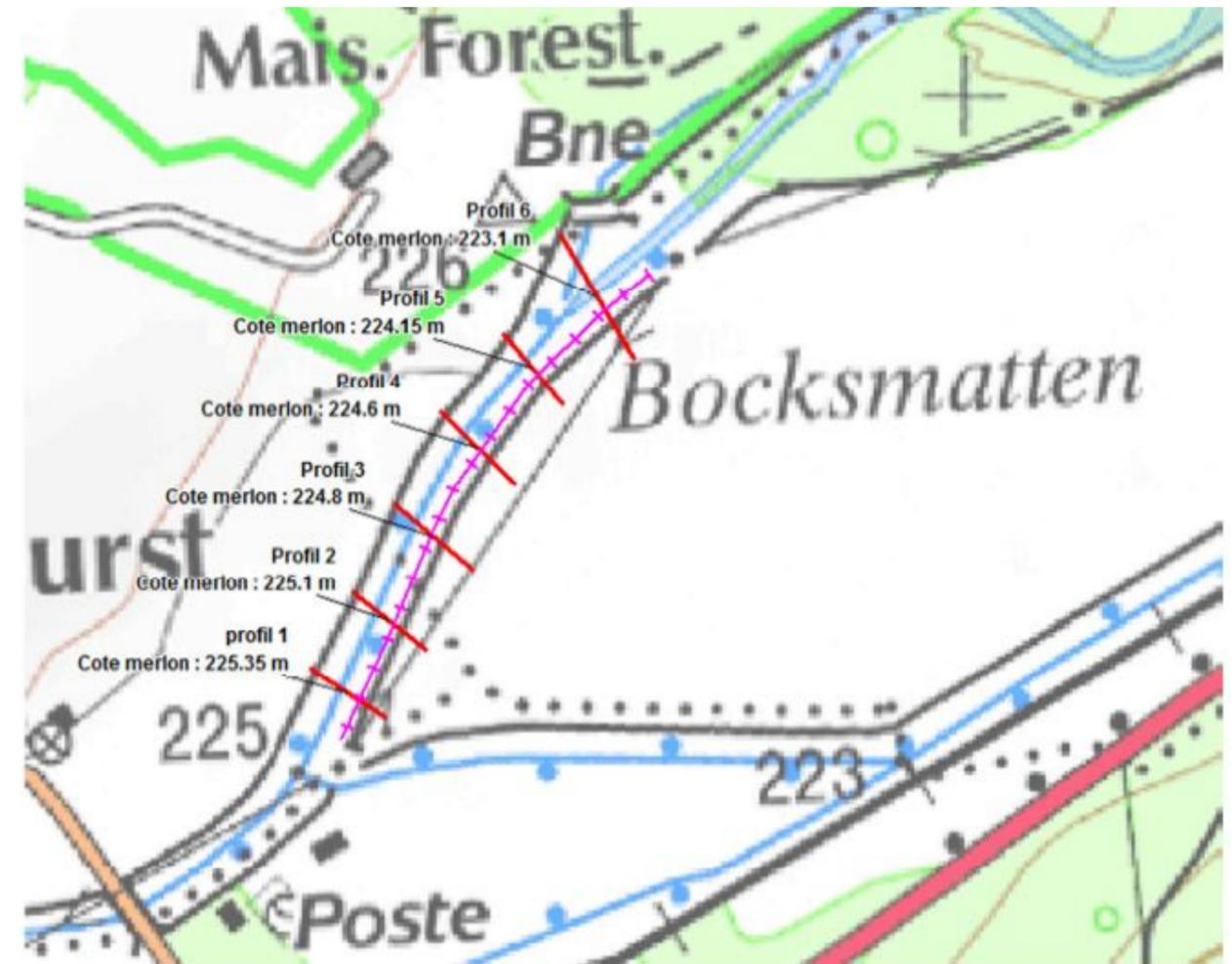


Illustration 115 : Cotes du merlon pour une protection quinquennale

- +—+—+— Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.1.2 Protection pour une période de retour de 10 ans

Le débit pour une crue de période de retour 10 ans est de 51 m³/s à Lièpvre. Le débit au droit du merlon est estimé à partir de la formule de Myers comme précédemment indiqué, soit un débit décennal à Hurst de 58 m³/s.

Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les côtes du merlon pour une protection décennale. L'illustration suivante montre les cotes du merlon nécessaires pour avoir une protection décennale de la zone ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 70-80 cm.



Illustration 116 : Côtes du merlon pour une protection décennale

- ++++ Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.1.3 Protection pour une période de retour de 20 ans

Le débit pour une crue de période de retour 20 ans est de 63 m³/s à Lièpvre. Le débit au droit du merlon est estimé à partir de la formule de Myers, soit un débit décennal à Hurst de 72 m³/s.

Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les côtes du merlon pour une protection vicennale. L'illustration suivante montre les cotes du merlon nécessaires pour avoir une protection vicennale de la zone ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 90-100 cm.

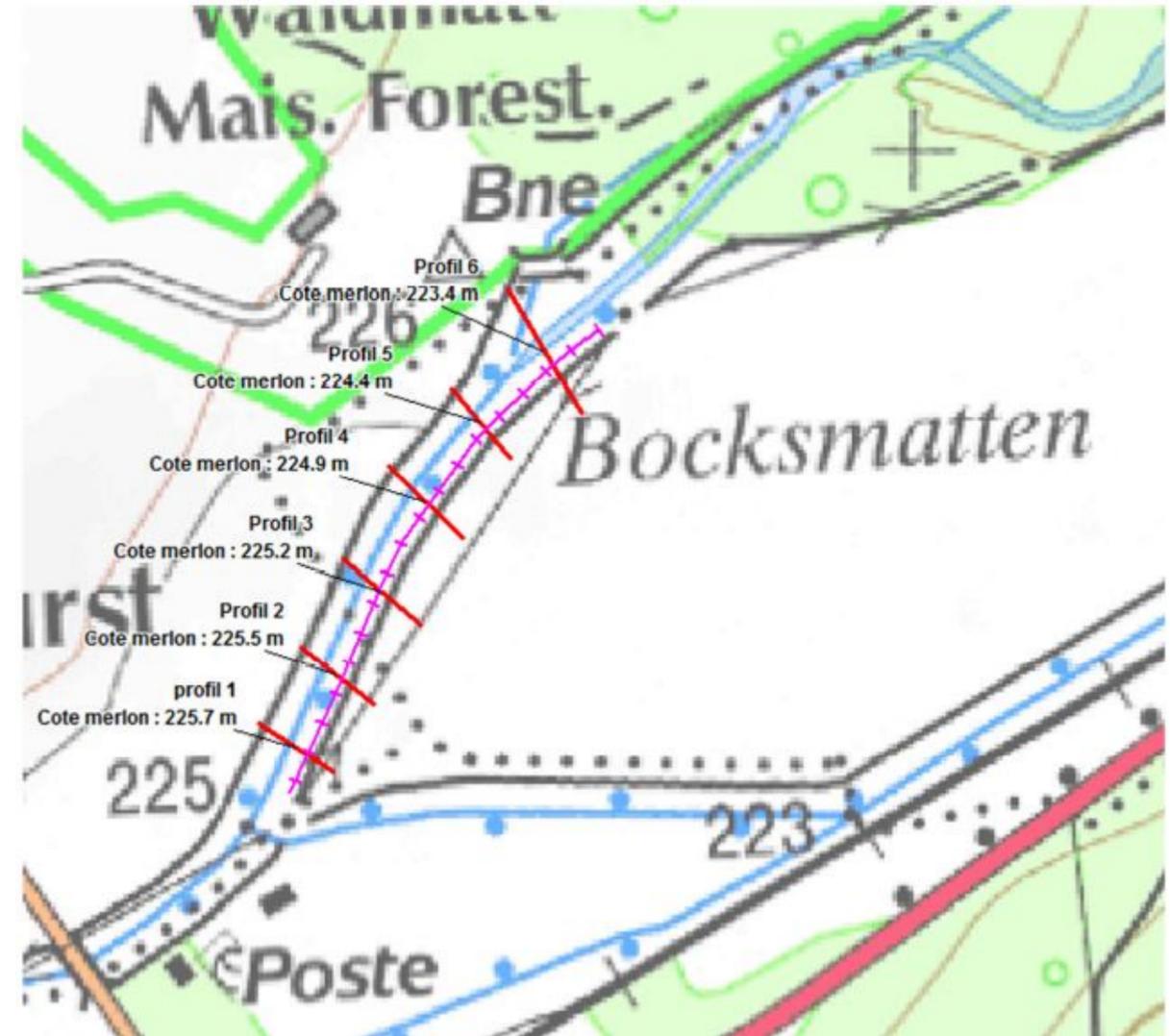


Illustration 117 : Côtes du merlon pour une protection vicennale

- ++++ Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.1.4 Protection pour une période de retour de 50 ans

Le débit pour une crue de période de retour 50 ans est de 78 m³/s à Lièpvre. Le débit au droit du merlon est estimé à partir de la formule de Myers, Soit un débit décennal à Hurst de 88 m³/s. Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les côtes du merlon pour une protection cinquantennale. L'illustration suivante montre les cotes du merlon nécessaires pour avoir une protection cinquantennale de la zone ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 110-120 cm.

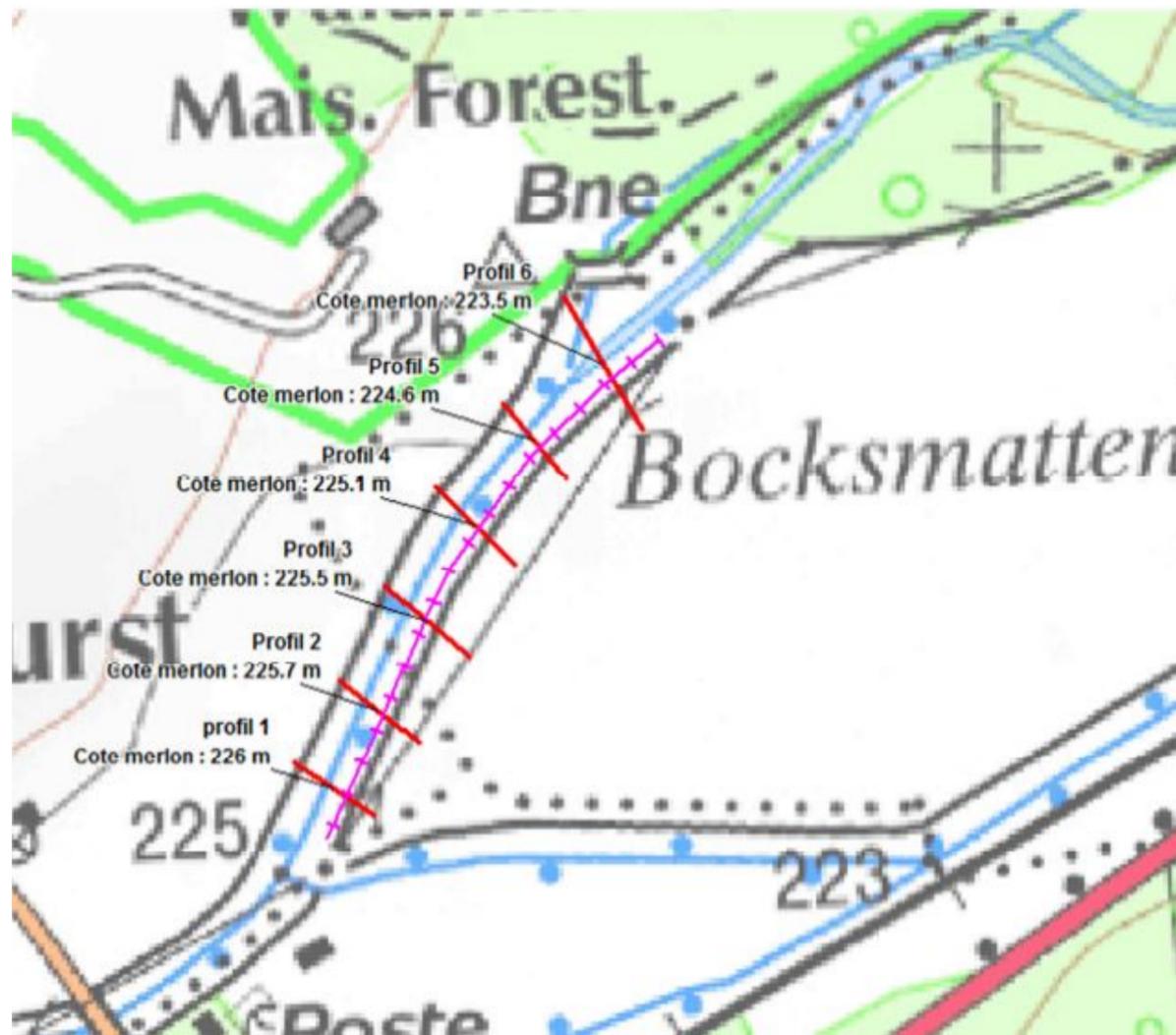


Illustration 118 : Cotes du merlon pour une protection cinquantennale

- ++++ Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.2 PRISE EN COMPTE D'UNE HYDROLOGIE DIFFÉRENCIÉE, DITE DE PRINTEMPS

Les précédentes investigations ont été menées à partir d'une hydrologie annuelle c'est-à-dire en ne faisant pas de distinction entre les saisons. Or les crues les plus dommageables ont lieu l'hiver alors que les cultures situées derrière le merlon sont principalement vulnérables au printemps. Nous avons donc réévalué les débits de projet pour des crues dites de printemps (avril-mai-juin). Les débits de crue pour le printemps, déterminés par un ajustement de Gumbel, sont alors les suivants :

Période de retour	Lièpvre (m ³ /s)
2 ans	6
5 ans	15
10 ans	21
20 ans	26
50 ans	33

Tableau 29 : Débits de crue pour le printemps

De même, les débits de projet au droit du merlon ont été estimés à partir de la formule de Myers soit les débits suivants :

Période de retour	Merlon (m ³ /s)
2 ans	6.8
5 ans	17
10 ans	24
20 ans	29
50 ans	37

Tableau 30 : Débits de projet pour une crue de printemps au droit du merlon

Comme précisé précédemment, lorsque le merlon est totalement arasé, les premiers débordements ont lieu pour un débit de 22 m³/s ce qui correspond alors à **un débit décennal de printemps**.

6.2.1 Protection pour une période de retour de 20 ans de printemps

Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les cotes du merlon pour une protection vicennale de printemps. L'illustration suivante montre les côtes du merlon nécessaires ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 20- 30 cm.

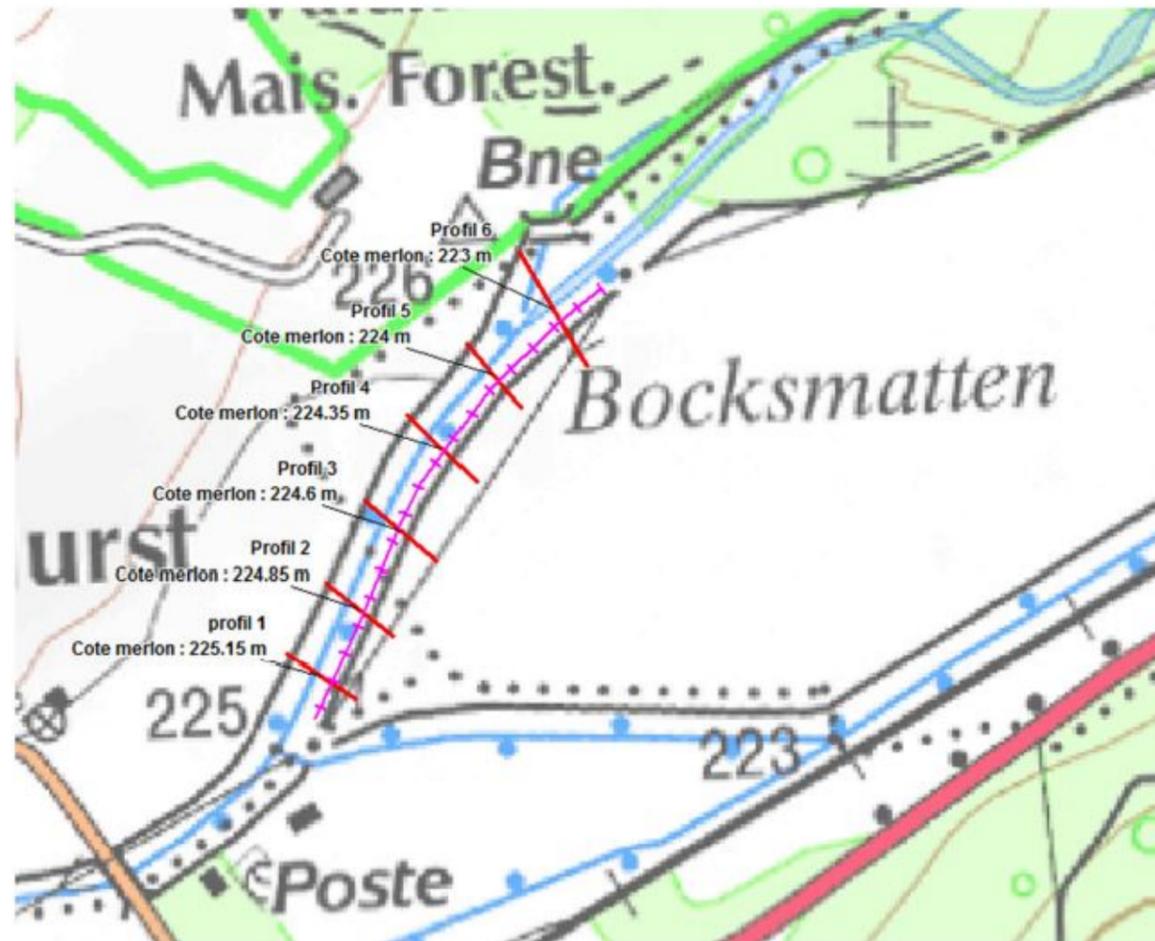


Illustration 119 : Cotes du merlon pour une protection vicennale de printemps

- ++++ Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.2.2 Protection pour une période de retour de 50 ans de printemps

Les courbes situées en annexe montrant l'évolution de la cote d'eau en fonction du débit au niveau de plusieurs profils en travers au droit du merlon, ont permis d'estimer les cotes du merlon pour une protection cinquantennale de printemps. L'illustration suivante montre les côtes du merlon nécessaires ce qui équivaut à un merlon d'une hauteur d'environ 50-60 cm.

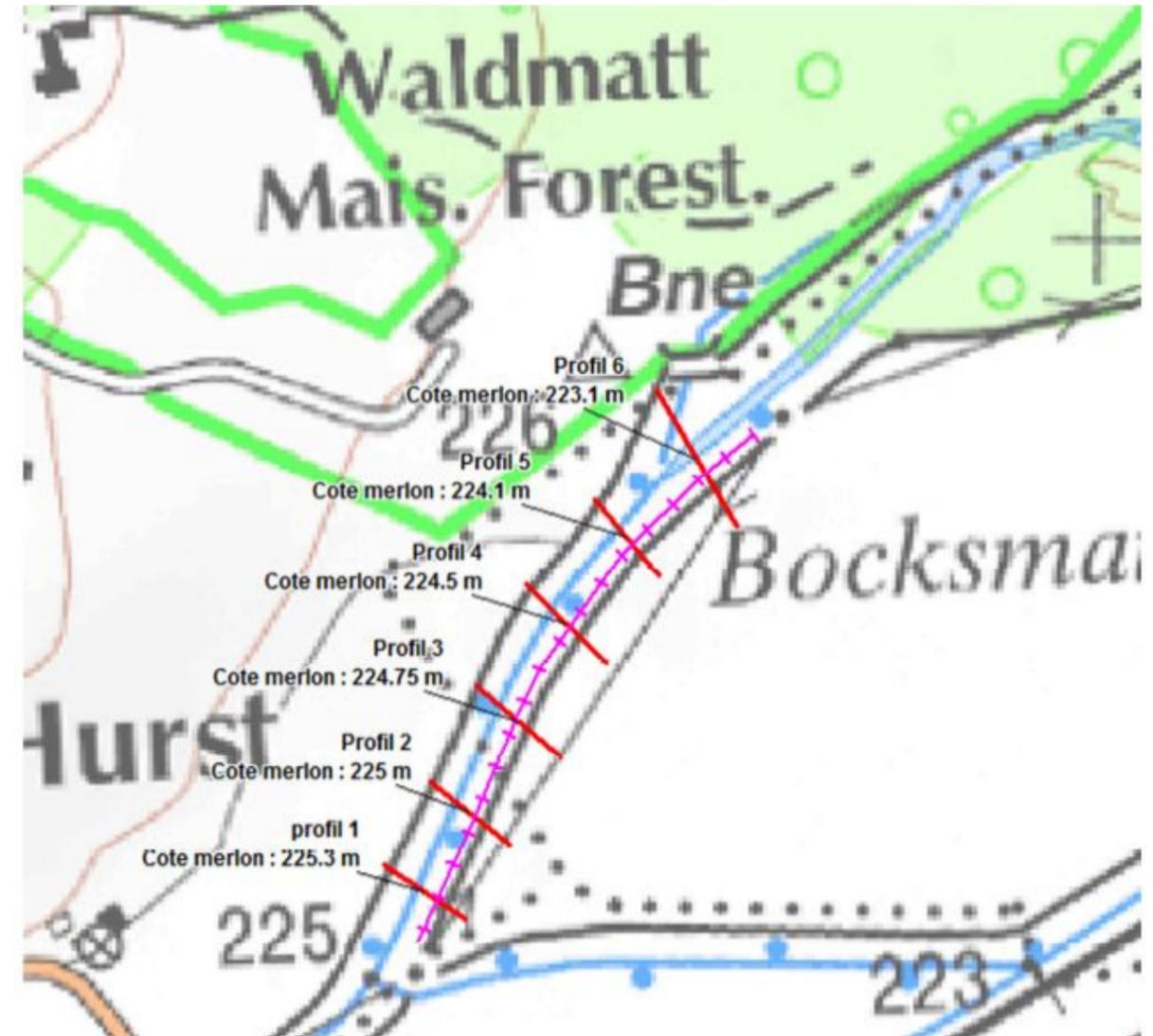


Illustration 120 : Cotes du merlon pour une protection cinquantennale de printemps

- ++++ Merlon
- Profil en travers au droit du merlon

6.3 COMPARAISON DE 3 SITUATIONS

Les volumes d'expansion ont été estimés en analysant les hauteurs d'eau dans le champ d'inondation au droit du merlon pour chaque scénario modélisé et à partir d'un logiciel de type SIG (Global Mapper) qui permet d'analyser les rasters des hauteurs d'eau issus de la modélisation. Les volumes ont ensuite été comparés d'une crue à l'autre pour savoir quel est le volume d'expansion gagné

Les hydrogrammes ont été extraits au niveau de la prise d'eau du Muehlbach pour l'hydrogramme amont, au niveau de la RD424 pour l'hydrogramme aval-merlon et au niveau de la voie SNCF pour l'hydrogramme aval-projet. L'illustration suivante présente ses trois points de contrôle.

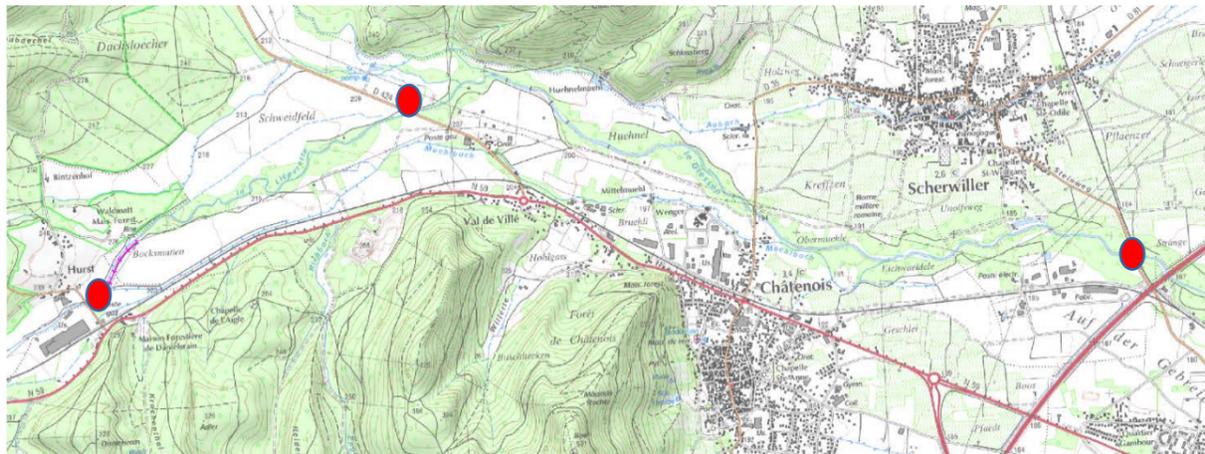


Illustration 121 : Localisation des points de contrôle

Trois cas de figures sont ici comparés :

- arasement total du merlon ;
- arasement partiel du merlon pour pouvoir maintenir une protection pour une crue de période de retour de 50 ans de printemps ;
- état initial.

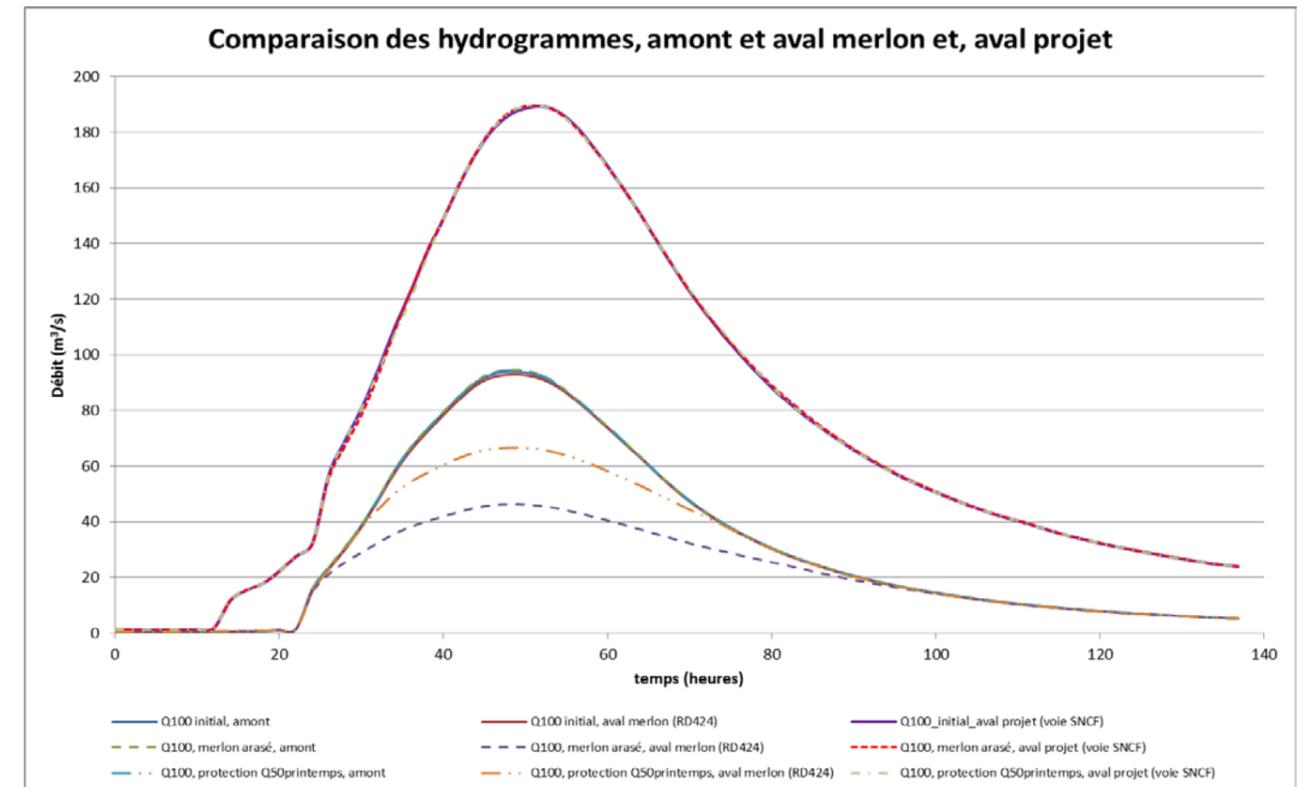


Illustration 122 : Hydrogrammes

La comparaison des hydrogrammes montre l'effet de laminage sur le pic de crue de l'arasement du merlon. Les illustrations suivantes montrent le champ de vitesse résultant pour ces deux cas et la dernière figure montre le champ de vitesse avec le merlon tel qu'il existe actuellement.

Quel que soit le scénario envisagé, les vitesses sont inférieures à 0.5m/s dans le champ derrière le merlon.

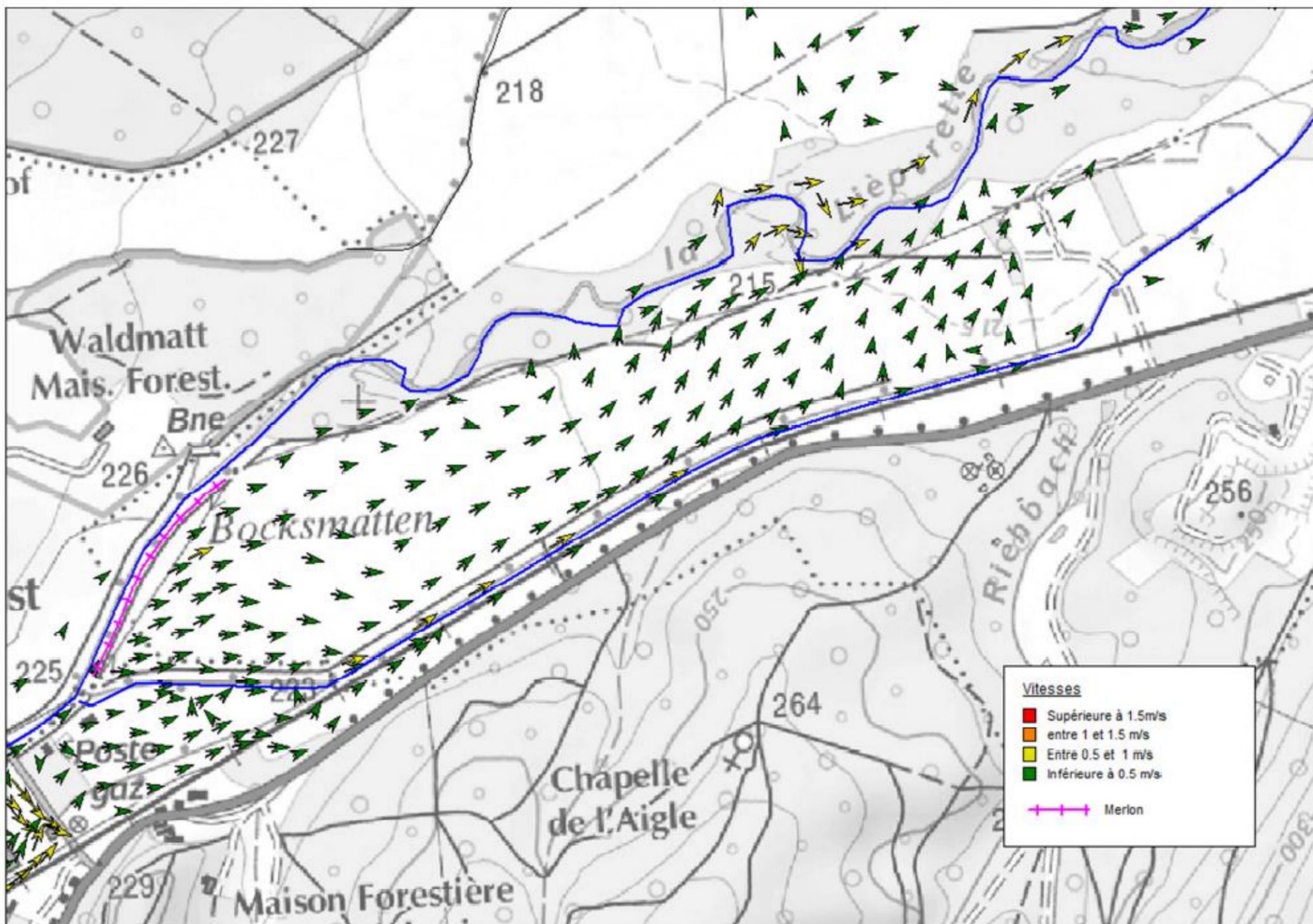


Illustration 123 : champ de vitesse, merlon arasé

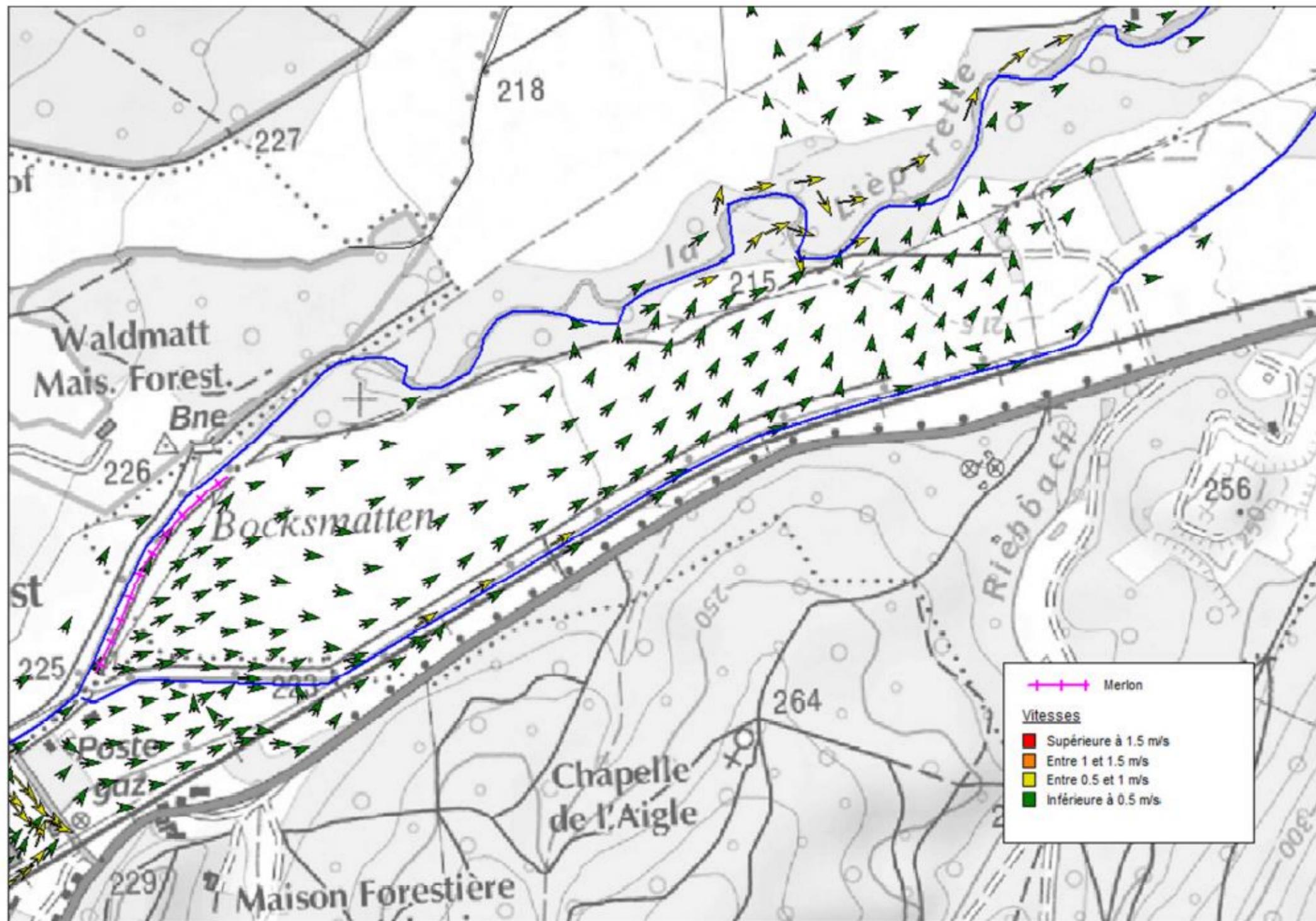


Illustration 124 : Champ de vitesse, protection Q50 de printemps

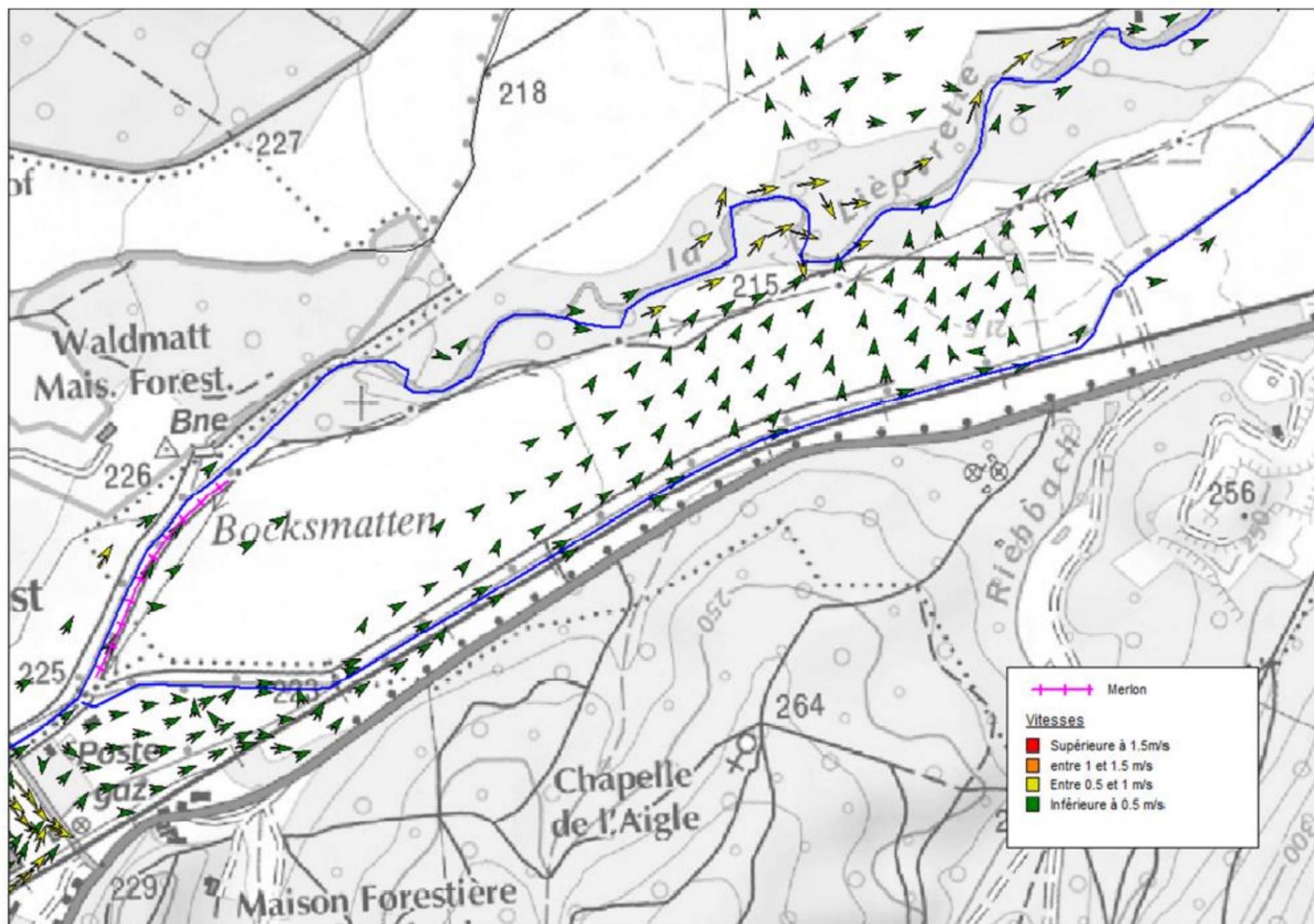


Illustration 125 : Champ de vitesse, état initial

6.4 CONCLUSION

L'arasement du merlon (hauteur de 1 à 2 mètres) à la cote du terrain naturel actuel ne permet plus de protection au-delà d'une crue biennale selon l'hydrologie annuelle et d'une crue décennale de printemps. Ceci peut être considéré comme faible pour l'exploitant de la parcelle située derrière le merlon. Les champs de vitesses sont faibles dans le lit majeur quel que soit le scénario étudié.

Il est donc préconisé d'abaisser la hauteur du merlon pour le rendre transparent à la crue centennale. Cela permettrait de compenser le volume d'expansion des crues de 102 850 m³.

7 CALCULS DES CHARGES ET CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

7.1 CALCULS DE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS EN SITUATION MOYENNE ANNUELLE

7.1.1 Evaluation des masses polluantes

L'évaluation des masses polluantes a pour base le document « L'Eau et la Route » du SETRA, édité en novembre 1993 et la note du SETRA sur le « calcul des charges de pollution chronique des eaux de ruissellement des plates-formes routières » de juillet 2006. Ces notes ont été complétées par le guide technique « Pollution d'origine routière, conception des ouvrages de traitement des eaux », d'août 2007. Ce guide présente les charges polluantes à prendre en compte d'après les tendances des études effectuées depuis 1992 par le SETRA, l'ASFA et le LCPC, pour les trafics globaux (qui regroupent la somme des trafics de chacun des deux sens de circulation) pour les chaussées non constituées d'enrobés drainants.

Les charges polluantes sont calculées uniquement pour les polluants d'origine routière pouvant contribuer à la non-atteinte du bon état des eaux fixés par la Directive Cadre sur l'Eau. Pour ces polluants, les valeurs seuils admissibles pour ne pas porter atteinte au bon état des eaux sont les suivantes :

Paramètre	Valeurs seuils de la classe de bon état
MES : matières en suspension] 25-30] mg/l
DCO : demande chimique en oxygène] 20-30] mg/L
Zn : Zinc	43 µg/L
Cu : cuivre	1,4 µ/L
Cd : cadmium	0,08 µg/L
Hc : hydrocarbures totaux	5 mg/L
HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques	0,3 µg/L

Tableau 31 : Valeurs seuils pour l'atteinte du bon état écologique

7.1.2 Calcul des charges polluantes annuelles véhiculées par les eaux de ruissellement

La charge polluante annuelle se calcule proportionnellement :

- au trafic global ;
- à la surface imperméabilisée.

Le projet de déviation de Châtenois a fait l'objet d'une étude de trafic réalisé par le CETE de l'Est pour le compte de la DREAL Alsace et restituée dans un rapport daté de septembre 2011. Cette étude définit des niveaux de trafic à l'échéance 2030. Pour une déviation à 2*2 voies, le trafic est de 18 500 véhicules/jour. On se référera à l'illustration suivante.

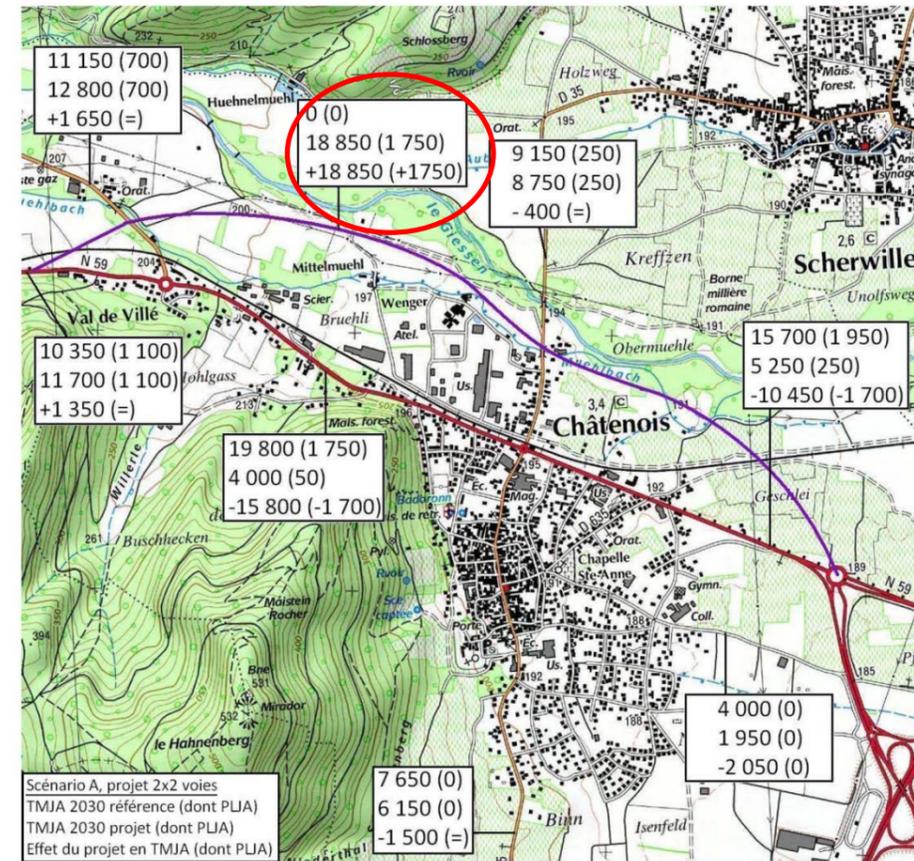


Illustration 126 : Trafic moyen journalier annuel (source : Etude d'impact)

C'est cette valeur qui a été utilisée pour le calcul de la charge polluante générée par le projet. Celle-ci est donnée, pour un trafic global supérieur à 10 000 véhicules jours, par la formule suivante :

$$Ca_{polluant} = \left[(10 \times Cu_{polluant}) + Cs_{polluant} \times \left(\frac{T - 10000}{1000} \right) \right] \times S$$

Avec,

- Ca = charge annuelle, en kg ;
- Cu = charge unitaire annuelle en kg/ha pour 1 000 v/j, applicable pour un trafic global < 10 000 v/j ;
- Cs = charge annuelle supplémentaire à l'hectare pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j ;
- T = trafic global en v/j ;
- S = surface imperméabilisée en ha.

Les valeurs des charges unitaires annuelles (**Cu**) à l'hectare imperméabilisé pour 1 000 v/j, applicables pour un trafic global < 10 000 v/j, sont les suivantes :

Charges unitaires annuelles Cu à l'ha imperméabilisé pour 1 000 v/j	MES kg	Dco kg	Zn kg	Cu kg	Cd g	Hc Totaux g	Hap g
Site ouvert	40	40	0,4	0,02	2	600	0,08

Tableau 32 : Charges unitaires annuelles par ha applicables pour un trafic global ≤ 10 000 v/j (source : SETRA)

Et les valeurs de charges annuelles supplémentaires (**Cs**) à l'hectare imperméabilisé pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j, sont les suivantes

Charge polluante annuelle unitaire supplémentaire Cs à l'ha imperméabilisé pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j	MES kg	Dco kg	Zn kg	Cu kg	Cd g	Hc Totaux g	HAP g
Cs (en sites ouvert et restreint)	10	4	0,0125	0,011	0,3	400	0,05

Tableau 33 : Charges supplémentaires annuelles par ha imperméabilisé pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j pour sites ouverts et restreints (source : SETRA)

La surface imperméabilisée par le projet est de 57 ha. Compte tenu de la composition des formules du SETRA, la surface du projet global a été retenue pour présenter le calcul des polluants. En effet, celle-ci est présente dans le calcul de la charge polluante (numérateur) et se retrouve au dénominateur pour le calcul de la concentration moyenne et de pointe (comme évoqué plus bas). De plus, les ouvrages de rétention mis en œuvre ont tous le même taux d'abattement par polluant.

Le calcul ci-dessous illustre les résultats pour la charge polluante en MES :

$$Ca (MES) = [(10 \times 40) + 10 \times (\frac{18500 - 10000}{1000})] \times 57$$

$$Ca (MES) = 144,71 \text{ kg.}$$

Les autres charges polluantes (Ca) obtenues sont indiquées ci-dessous en kg :

MES	DCO	Zn	Cu	Cd	HC	HAP
144,71	134,16	1,29	0,08	0,01	2,61	0,0003

Tableau 34 : Charges polluantes générées par le projet

Calcul de la concentration moyenne annuelle des rejets d'eau pluviale

A partir des charges annuelles de polluants, la concentration moyenne annuelle des effluents routiers émis vers l'exutoire, peut être définie. Cette concentration moyenne annuelle **Cm** est calculée de la manière suivante :

$$Cm = \frac{Ca \times (1 - \text{Taux d'abattement des ouvrages})}{9 \times S \times H}$$

Avec,

- Cm = concentration moyenne annuelle en mg/l ;
- Ca = charge annuelle en kg ;
- t = taux d'abattement des ouvrages ;
- S = surface imperméabilisée en ha ;
- H = hauteur de pluie moyenne annuelle en m.

Il est admis que 10 % de hauteur de pluie annuelle n'entraîne pas de ruissellement sur la plateforme, ce qui explique le chiffre 9 au dénominateur. La hauteur de pluie moyenne annuelle prise en compte est de 0,670 m à la station Météo France de Strasbourg.

Les taux d'abattement des ouvrages pris en compte, d'après le guide technique du SETRA d'août 2007, sont les suivants :

	MES	DCO	Cu, Cd, Zn	Hc et HAP
Bassin routier avec volume mort	85 %	75 %	80 %	65 %

Tableau 35 : Taux d'abattement de l'ouvrage de rétention

Le calcul ci-dessous illustre le cas des Matières en suspension (MES) :

$$Cm(MES) = \frac{144,71 \times (1 - 0,85)}{9 \times 57 \times 0,670}$$

$$Cm(MES) = 12,06 \text{ mg/L.}$$

Les autres résultats obtenus sont les suivants :

Paramètre	Concentration moyenne annuelle après traitement	Objectifs de bon état écologique
MES	12,06 mg/l]25-30] mg/l
DCO	17,99 mg/l]20-30] mg/l
Zn	136,19 µg/l	43 µg/l
Cu	9,73 µg/l	1,4 µg/l
Cd	0,75 µg/l	0,08 µg/l
Hc	0,55 mg/l	5 mg/l
HAP	0,07 µg/l	0,3 µg/l

Tableau 36 : Concentration moyenne annuelle en pollution au sein des eaux rejetées par les bassins de rétention

7.2 CALCULS DE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS EN PERIODE DE POINTE

Les impacts maximaux sont générés par une pluie d'été en période d'été. Les charges polluantes hivernales ne sont donc pas prises en compte. La concentration émise (**Ce**) par un événement pluvieux de pointe est la suivante :

$$C_e = \frac{2.3 \times C_a \times (1 - \text{Taux d'abattement des ouvrages})}{10 \times S}$$

Pour le cas des MES, le résultat est détaillé ci-dessous :

$$C_e(\text{MES}) = \frac{2,3 \times 144,71 \times (1 - 0,85)}{10 \times 57}$$

$$C_e(\text{MES}) = 16,73 \text{ mg/L.}$$

Les autres résultats obtenus sont les suivants :

Paramètre	Concentration de pointe après traitement	Objectifs de bon état écologique
MES	16,73 mg/l]25-30] mg/l
DCO	24,96 mg/l]20-30] mg/l
Zn	188,89 µg/l	43 µg/l
Cu	13,50 µg/l	1,4 µg/l
Cd	1,04 µg/l	0,08 µg/l
Hc	0,76 mg/l	5 mg/l
HAP	0,10 µg/l	0,3 µg/l

Tableau 37 : Concentration en période de pointe en pollution au sein des eaux rejetées par les bassins de rétention

8 GESTION DES MATIERES EN SUSPENSION EN PHASE CHANTIER

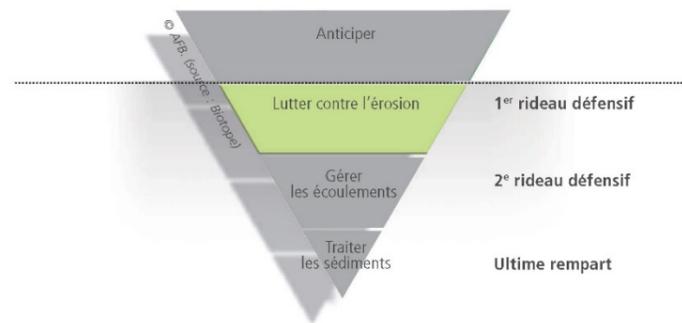
Les illustrations suivantes sont extraites du guide des bonnes pratiques environnementales – Protection des milieux aquatiques en phase chantier, réalisé par l'Agence Française de Biodiversité en février 2018.

IV Lutter contre l'érosion des sols

L'apport excessif de sédiments engendre de très nombreux impacts sur les composantes physiques et biologiques des milieux aquatiques (chapitre II.1). Il importe de ce fait de lutter contre l'érosion des sols décapés pour les besoins du chantier.

Ceci nécessite avant toute chose :

- de comprendre l'origine des processus d'érosion et ses risques d'impact sur le chantier et les milieux aquatiques adjacents (chapitre II.2) ;
- de définir l'approche multi-barrières à développer sur le chantier, en l'adaptant à chaque cas particulier (fiche Anticiper n°4).



Une fois cette approche multi-barrières définie, il convient de choisir les dispositifs répondant à ses attentes. Dans ce chapitre, des exemples de bonnes pratiques environnementales permettant de lutter contre l'érosion des sols décapés sont présentés, avec leurs objectifs, champs d'application, spécifications, avantages et limites.

- Fiche Lutter n°1. Redan, berme ou banquette
- Fiche Lutter n°2. Microreliefs
- Fiche Lutter n°3. Ensemencement
- Fiche Lutter n°4. Paillage par mulch
- Fiche Lutter n°5. Paillage par géotextile biodégradable
- Fiche Lutter n°6. Protection des dépôts provisoires
- Fiche Lutter n°7. Protection des exutoires (ou points de rejet des eaux)
- Fiche Lutter n°8. Seuil anti-érosion semi-perméable

Fiche lutter n°1 Redan, berme ou banquette

Redan, berme ou banquette

Objectifs

- Lutter contre l'érosion des sols décapés
- Ralentir les écoulements superficiels
- Stabiliser les sols et favoriser leur revégétalisation

Description

Reliefs accidentés, réalisés sous la forme de décaissements perpendiculaires à la pente et végétalisés : redans, bermes ou banquettes (figure 18)

Ces décaissements :

- ralentissent les écoulements superficiels ;
- et diminuent, de fait, l'emprise des surfaces décapées soumises à l'érosion.

Cette bonne pratique part du constat qu'en milieu naturel, des sols fortement pentus mais couverts d'une végétation pérenne résistent à l'érosion. Il s'agit donc de reproduire sur les chantiers ce qui fonctionne en milieu naturel, en créant des conditions favorables à la reprise végétale, plutôt qu'en utilisant des techniques non végétales (enrochements, gabions ou façade en béton).

Une fois réalisés, ces reliefs évoluent peu à peu, les angles évoluant en forme convexe en crête et concave en pied de talus.

Consulter un géotechnicien et appréhender les risques de glissement de terrain avant de mettre en place les bonnes pratiques citées ci-dessous.

En effet, les glissements de terrain, coulées boueuses, écoulements ou chutes de blocs peuvent survenir naturellement ou suite à des IOTA d'origine humaine. À ce titre, ce guide ne déroge pas à l'obligation de se prémunir d'une étude géotechnique évaluant les risques de glissement de terrain. La fiche présente des bonnes pratiques permettant d'apporter une stabilité complémentaire à une surface pentue décapée. Néanmoins, elles ne garantissent pas l'absence d'un glissement de terrain et ne remplacent en rien les méthodes de confortement de talus, si des risques d'instabilité se présentent (tirants d'ancrage, par ex.).

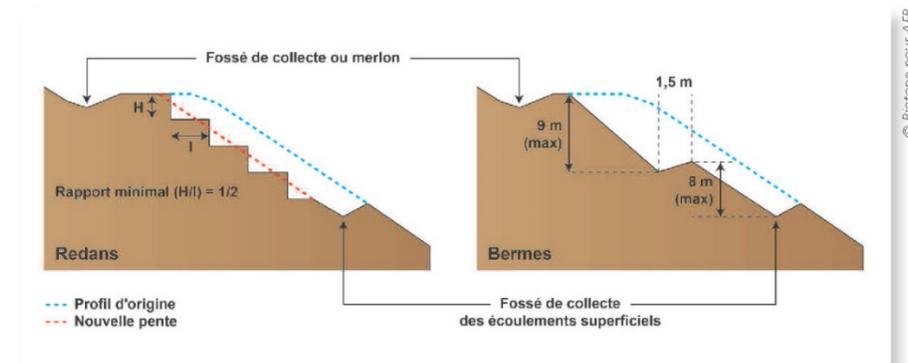
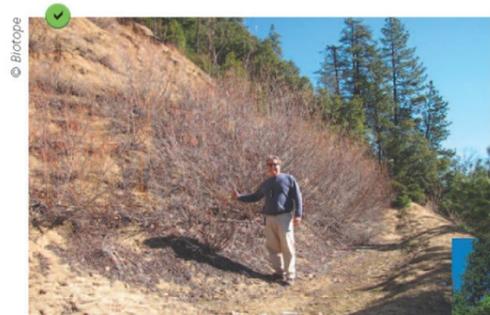
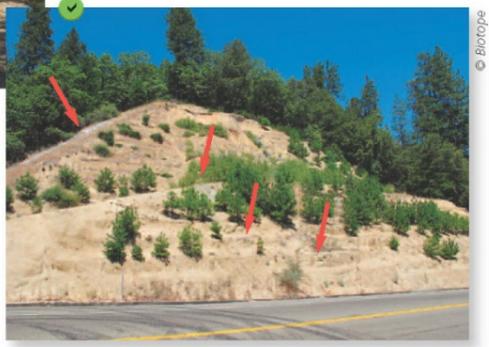


Figure 18. Principe de réalisation des redans et des bermes sur des surfaces décapées pentues. Les rapports de forme indiqués (largeur, profondeur, hauteur) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas.



Banquette et plantation de saule.



Traitement de talus : en haut de pente l'enrochement d'une rigole dirige l'eau hors pente, et plusieurs banquettes offrent une surface plane pour une implantation végétale.

Champs d'application

■ Surfaces décapées, soumises à une forte érosion et dont la pente est généralement inférieure à 50 % (2H/1V)
 Les redans, bermes ou banquettes sont particulièrement adaptés :
 - aux talus issus de déblais ou de remblais ;
 - aux surfaces décapées qui, de par leur emprise et leur pente élevées, sont susceptibles d'engendrer des glissements de terrain ou a minima, le départ d'importants volumes de sédiments pouvant notamment colmater le fond du lit des cours d'eau en aval des chantiers.
 Dans le cas particulier de surfaces très pentues (supérieures

à 50 %), la stabilisation des sols peut être effectuée à l'aide de techniques mixtes, combinant des décaissements :
 - à un ensemencement en partie supérieure, et à des enrochements ou à des caissons végétalisés en pied de talus (figure 19). L'utilisation de caissons de bois ou de boudins coco, végétalisés de lits de plançons et de plants, peut efficacement remplacer les enrochements. Les caissons constituent l'armature de soutien, et les plants et plançons stabilisent les sols par leur profond tissu racinaire ;
 - à un ensemencement de l'ensemble de la surface pentue, renforcé par des géotextiles ou des « géogrilles » synthétiques (figure 20).

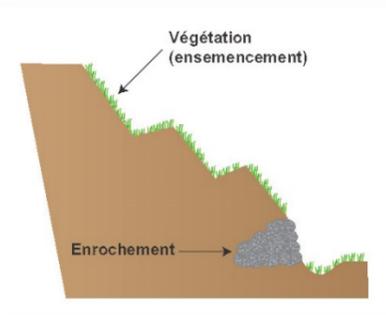


Figure 19. Exemple de bermes stabilisées à l'aide d'ensemencement en partie supérieure de talus et d'un enrochement en pied de talus.

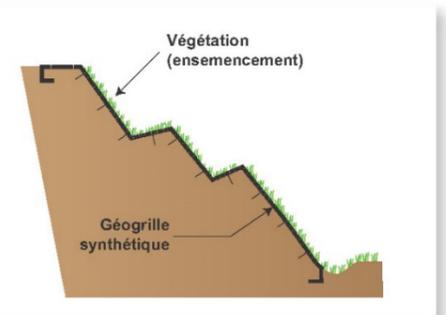


Figure 20. Exemple de bermes stabilisées à l'aide d'un ensemencement complété d'une géogrille synthétique disposée sur la totalité du talus.

Spécifications

Définir au cas par cas la pente et les dimensions des redans, bermes ou banquettes, en fonction notamment de l'emprise disponible, de la cohésion et de la stabilité des différentes couches de sol

Décaisser les sols avec la lame d'un bulldozer ou le godet d'une pelle pour les grandes surfaces, et avec des outils manuels pour les secteurs difficiles d'accès ou les petites surfaces

Dévier les écoulements superficiels provenant de l'amont à l'aide de merlons, de cunettes ou de drains de pente (chapitre V)

Si la surface décapée présentait initialement une végétation en bon état (sans plantes exotiques envahissantes par exemple), sauvegarder et stocker la terre végétale et éventuellement certains déchets verts. En fin de travaux, reconstituer le sol à l'aide de cette couche de terre. Sur des sols pauvres ou excessivement rocailleux, en particulier au niveau de déblais, la reprise d'une végétation pérenne nécessite généralement l'apport d'une couche de terre végétale supplémentaire.

Lors de la végétalisation, privilégier le choix d'essences se multipliant par drageon, bouturage ou marcottage, telles que les espèces du cortège des saules ou autres essences locales adaptées aux conditions du site.

Privilégier les plantations diversifiées, plus résistantes et résilientes que les plantations homogènes

Entretien, points de vigilance

Évaluer au préalable les risques d'instabilité des sols à l'aide d'une étude géotechnique

Gérer les écoulements superficiels et les écoulements de subsurface afin de maintenir la stabilité des surfaces décaissées

Dimensionner les décaissements afin de les intégrer dans la topographie existante

Avantages

- Réduit les coûts comparés à des techniques de renforcement de talus classiques
- Stabilise progressivement les surfaces pentues, au fur et à mesure du développement de la végétation
- Réduit l'érosion et les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers
- Rend une apparence naturelle aux talus

Limites

- Inapproprié aux surfaces décapées trop pentues et/ou instables
- Nécessite d'adapter la pente et les dimensions des décaissements à chaque cas particulier
- Demande de sélectionner des essences végétales adaptées, plus particulièrement en haute altitude ou sur des talus exposés au sud et dans un climat sec
- Engendre des contraintes éventuelles en termes d'entretien de la végétation, liées aux accès ou à la forme donnée aux reliefs ainsi créés

Microreliefs

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Ralentir les écoulements superficiels
- Améliorer l'efficacité de la reprise végétale

Description

Empreintes, sillons ou marches permettant d'augmenter la rugosité des surfaces décapées, de casser la vitesse des écoulements superficiels, de favoriser l'infiltration, de diminuer la formation des rigoles et des ravines, de réduire l'érosion, de faciliter la germination et de préparer la surface à l'installation de dispositifs complémentaires (figure 21 et tableau 5)

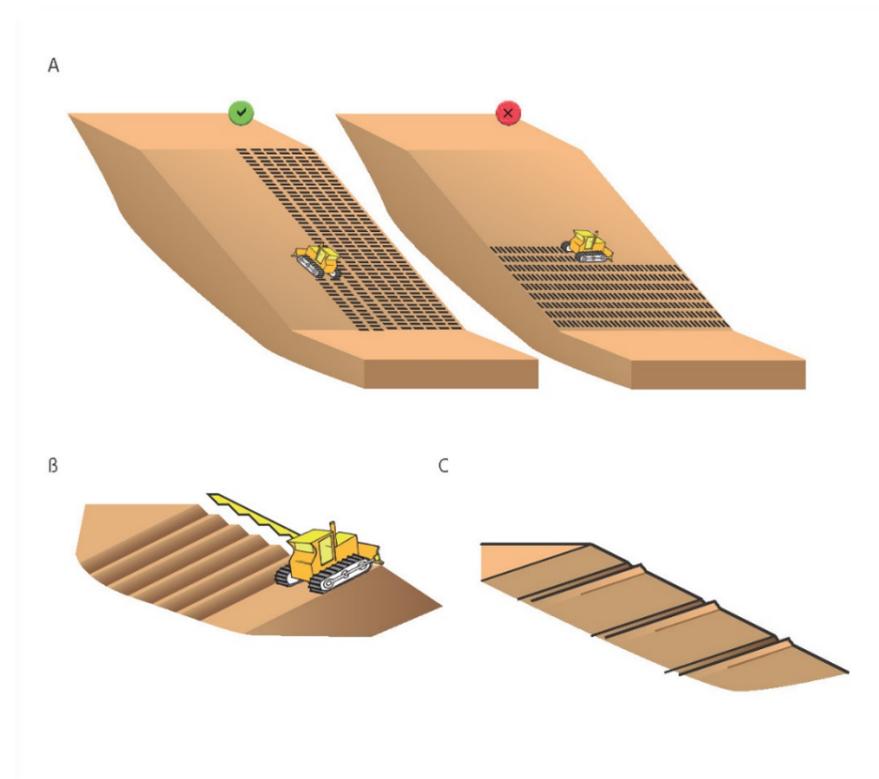


Figure 21. Exemples de microreliefs créés perpendiculairement à la pente : (A) empreintes par chenillage des sols ; (B) marches ; (C) sillons. Source : McCullah (2007).

Champs d'application

■ Ensemble des surfaces décapées, pentues et soumises à l'érosion. Ce traitement est particulièrement adapté :
 - aux talus provisoires et définitifs ;
 - aux zones de dépôts provisoires ou définitifs de matériaux issus de terrassements ;
 - et aux sols destinés à être ensemencés, plantés ou laissés en évolution naturelle.

En revanche, il est inadapté :

- aux sols rocheux ou très sableux ;
- aux sols gorgés d'eau. Dans ce cas, attendre l'assèchement naturel du sol pour pratiquer le traitement ;

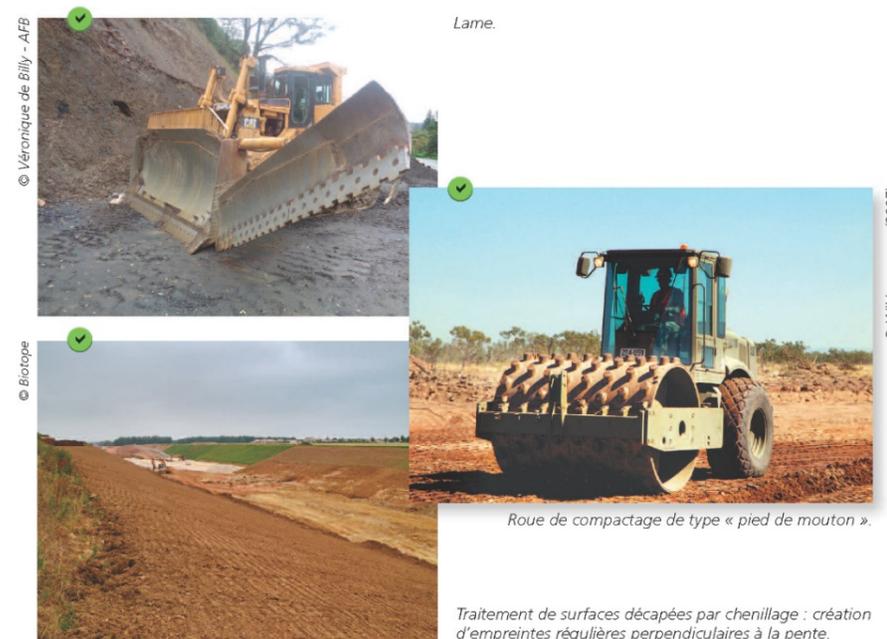
- et aux surfaces trop pentues ou aux zones peu accessibles par les engins (tableau 5). Dans le cas de surfaces trop pentues (> 50 %), d'autres bonnes pratiques doivent être envisagées (par ex. : redans, bermes, banquettes, paillage par mulch ou géotextiles, drains de pente, etc.).

La création de microreliefs s'impose d'autant plus lorsque les sols restent décapés sans travaux pendant plusieurs jours.

Tableau 5. Champs d'application et dimensions des microreliefs. Source : McCullah, s.d

Pente	Empreintes par chenillage	Marches	Sillons
Pente		< 50 % (2H/1V)	< 33 % (3H/1V)
Épaisseur de l'enfoncement	≥ 4 cm	Entre 3 cm et 8 cm	≥ 15 cm
Intervalle entre microreliefs	Variable (selon chenilles utilisées, taille et espacement des dents des roues de compactage)	Entre 15 cm et 40 cm	≤ 15 m

Les rapports de forme indiqués (largeur, hauteur) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas.



Lame.

Roue de compactage de type « pied de mouton ».

Traitement de surfaces décapées par chenillage : création d'empreintes régulières perpendiculaires à la pente.

Spécifications

La création de microreliefs s'inscrit dans une approche multi-barrières et s'utilise en combinaison avec un ensemencement des sols, un paillage ou tout autre dispositif de protection et de végétalisation des sols décapés, de même qu'avec des dispositifs de gestion des écoulements superficiels (merlons, boudins, barrières géotextiles).

Les microreliefs doivent impérativement être créés perpendiculairement à la pente, en suivant les courbes de niveau. Plusieurs types sont possibles et présentent des profondeurs et des intervalles variables (tableau 5 et figure 21). Habituellement réalisés avec des engins à chenilles, les microreliefs peuvent aussi être effectués à l'aide d'un matériel spécifique : roue de compactage, lame, herse, peigne, charrue, etc.

Tableau 6. Comparaison de l'effet induit par différents traitements de surface sur l'érosion
Source : Fifield (2005) et Caltrans (2003)

Traitement de surface	Effet de différents traitements de surfaces pentues sur l'érosion
Compact et lisse	+30 %
Empreintes de chenilles verticales (mauvaise orientation)	+20 %
Surface irrégulière 30 cm de profondeur (ripper/scarification)	-12 %
Empreintes de chenilles horizontales (bonne orientation)	-52 %
Rouleau à empreintes	-54 %

Entretien, points de vigilance

Suite à de fortes précipitations

Inspecter les surfaces décapées

Remodeler les microreliefs s'ils ne sont visibles (mais uniquement une fois les sols secs)

En cas d'apparition de zones d'érosion (rigoles, ravines)

Identifier les entrées d'eau en amont, les collecter, les infiltrer sur place ou les dévier

Réaliser un paillage au plus vite

Comblers les rigoles à l'aide de terre végétale (avec ensemencement si nécessaire afin d'assurer la reprise de la végétation)

Dans le cas de ravines, protéger les points bas des surfaces décapées à l'aide de génie végétal ou d'enrochements afin d'éviter toute propagation du processus d'érosion et de stabiliser les sols

Un seul passage suffit, plusieurs passages finissant par tasser les sols (ce qui réduit ensuite leur perméabilité, limite l'infiltration et ralentit la germination).

La réalisation des microreliefs doit être effective dès que possible, suite au décapage des sols ou aux terrassements temporaires ou définitifs. En effet, une surface décapée et lisse accélère la vitesse des écoulements superficiels et augmente la capacité d'érosion de l'eau (tableau 6).

Avantages

- Économique
- S'applique rapidement, généralement sans préparation ou installation particulière au préalable (sauf cas particulier, ci-après)
- Réalisable à l'aide de plusieurs types de dispositifs et d'engins
- Réduit la vitesse des écoulements superficiels
- Améliore la rétention et l'infiltration des eaux de ruissellement
- Favorise la reprise végétale

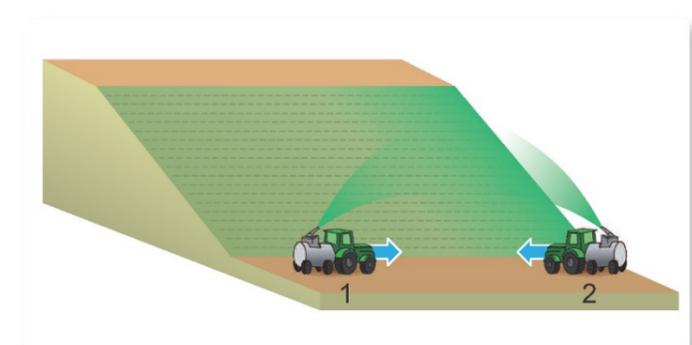
Limites

- Risque d'altération par écrasement de la végétation située en bordure des surfaces chenillées (au niveau des virages notamment). Dans ce cas, privilégier toujours la préservation de la végétation
- Nécessité d'être accessible par des engins motorisés
- Technique adaptée à des surfaces peu pentues (< 50 %) pour des questions de sécurité
- Risque de tassement des sols et de réduction de la germination si le traitement est appliqué de manière excessive
- Mise en œuvre chronophage dans certains cas particuliers, nécessitant de préparer les surfaces décapées avant de créer les microreliefs (profilage des talus, enlèvement des blocs, etc.)

Ensemencement

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les sols décapés par l'ancrage racinaire des végétaux
- Ralentir les écoulements superficiels et favoriser l'infiltration des écoulements superficiels



© Biotope pour AFB

Figure 22. Ensemencement par projection hydraulique. Deux passages successifs sont effectués sous deux angles différents afin d'obtenir un contact optimal entre les graines et le sol.

Description

Application de semences sur des sols décapés (figure 22)

La strate herbacée constitue l'un des moyens les plus efficaces pour lutter contre l'érosion des sols (tableau 7 page 52). Elle participe aussi à l'intégration paysagère du projet dans son environnement. Parmi les deux techniques d'ensemencement couramment utilisées, citons :
- l'ensemencement manuel, avec ou sans semoir (dont une large gamme est disponible dans le commerce) ;
- l'ensemencement par projection hydraulique qui consiste à projeter à l'aide d'un canon à eau un mélange d'eau, de graines, d'engrais et d'une émulsion fixatrice (ou « liant cellulosique ») qui génère rapidement une couverture protectrice des sols.

De nombreuses émulsions fixatrices sont disponibles et adaptées à différents types de sols et de sites. Il est recommandé de toujours favoriser l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol.

Champs d'application

- Lors d'un arrêt prolongé des travaux, sur une surface présentant un risque important d'érosion
- Lors de la remise en état définitive de sols décapés pour les besoins d'un chantier

Il importe d'éviter toute projection manuelle ou hydraulique de semences dans les cours d'eau ou en zones humides.

L'ensemencement manuel est adapté aux petites surfaces ou aux sites difficilement accessibles par les engins, et qui restent décapés suffisamment longtemps pour qu'une strate herbacée soit utile à la maîtrise de l'érosion. Exemples : berges, talus, noues, merlons, bords de bassin de décantation, etc.

L'ensemencement par projection hydraulique sans hydro-mulch est :

- adapté aux sols riches (eutrophes) ou aux sols pauvres (oligotrophes) préalablement amendés ;
- conseillé sur des surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %) : tableau 7 page 52 .



Hydroseeding sur surface préalablement traitée (chenillage des sols et mise en place de cunettes). La germination est visible au creux des empreintes.

La même surface deux ans plus tard.

Spécifications

Ces spécifications sont données à titre indicatif, le contexte du site déterminant au cas par cas les modalités concrètes de réalisation de l'ensemencement.

Recommandations communes à toutes les techniques

Loin d'être un simple « accessoire de verdissement », les modalités d'ensemencement des sols décapés doivent faire l'objet d'une étude spécifique comprenant les étapes suivantes.

1. Choisir le mélange de graines à utiliser. À cette fin, prendre en compte :
 - les caractéristiques géologiques et pédologiques des sols décapés ;
 - les caractéristiques bioclimatiques du site (saison,

pluviométrie), afin d'anticiper les besoins en eau et les risques de lessivage ;

- les enjeux écologiques, du fait notamment d'un risque de pollution génétique par les espèces végétales employées dans le mélange de graines ;
- l'utilisation du site après le projet : absence de gestion ou d'entretien, pâturage, broyage épisodique ou fréquent, etc. ;
- la topographie du site (les surfaces pentues au-delà de 50 % devant plutôt bénéficier d'un hydromulch).

Les proportions entre graminées et légumineuses varient en fonction des objectifs de l'ensemencement : pour des applications temporaires, des espèces annuelles à germination rapide sont optimales ; alors que pour des applications pérennes, un cortège d'espèces vivaces sera plus performant.

Selon les cas :

- un mélange de graines concentré en graminées est privilégié, complété le cas échéant par des sur-semis de légumineuses ;
- un premier semis à dominante de trèfles est privilégié (du fait de son pouvoir couvrant et de sa capacité de concurrence avec les espèces végétales exotiques envahissantes), complété par des sur-semis de graminées (ceci afin d'en accroître la richesse et la diversité).

La composition et la provenance du mélange de graines peuvent être réglementées. Le mélange de graines utilisé doit être à la fois adapté à une utilisation provisoire, conforme au CCTP relatif à l'ensemencement définitif, et régulier au regard des éventuelles prescriptions de l'arrêté préfectoral autorisant le projet. Il est recommandé de :

- privilégier le choix d'espèces végétales locales adaptées au climat, à la nature du sol, etc. (voir ci-dessus)¹¹ ;
- s'informer auprès du Conservatoire botanique national intervenant sur le territoire concerné (ou tout autre établissement spécialisé dans ce domaine) et/ou consulter un expert pour déterminer les besoins particuliers du site (engrais, rhizobium inoculant pour légumineuses par ex.) ;
- vérifier que les semences utilisées sont labellisées « végétal local » (lorsque ce label existe dans le département considéré)¹² ou correspondent à minima au département et au type de milieu concerné par le chantier.

2. Choisir les zones à ensemercer : il est possible de laisser quelques petites surfaces décapées sans traitement, dès lors que ces dernières sont situées sur des sols plats, présentant peu ou pas de risques d'érosion et permettant une reprise végétale par des espèces locales pionnières (par ex. : pelouses rases, affleurements rocheux).

3. Définir le type d'ensemencement à effectuer (manuelle, par projection hydraulique).

4. Avant de procéder à l'ensemencement :

- vérifier la qualité de la terre à ensemercer. Si cette dernière s'avère inadaptée, la compléter d'une couche de terre végétale, de compost ou autre mulch permettant d'optimiser la reprise végétale ;
- nettoyer la surface décapée à ensemercer (retirer les déchets, racines, blocs, etc.) ;

- créer des microreliefs (empreintes, sillons, marches : fiche Lutter n°2) afin de piéger les graines et de faciliter la pénétration des racines. À noter que l'hydroseeding a généralement moins besoin de préparation des sols que les autres techniques, dès lors qu'il est couplé à une émulsion fixatrice ;
- installer les dispositifs de gestion des écoulements superficiels en amont et sur la surface à ensemercer (chapitre V). C'est plus particulièrement recommandé lorsque l'ensemencement est effectué en début de période pluvieuse ;
- prévoir et adapter les besoins en eau pour l'arrosage en fonction des caractéristiques du site (exposition, saison, humidité du sol, etc.) ;
- prévoir de réaliser un sur-semis dans le cas où le premier ensemencement répond insuffisamment aux objectifs.

Dans la plupart des cas, il importe d'ensemencer avant d'appliquer le paillage (mulch, géotextile, etc.).

Recommandations spécifiques aux applications manuelles

Épandre les semences immédiatement après, quand le sol est humide

Utiliser une herse ou tout autre dispositif assurant un contact maximum entre les graines et le sol

Doser 5000 graines/m² (correspond à un dosage acceptable selon les espèces concernées)

En l'absence de préparation initiale du sol, cette technique perd de son efficacité sur des surfaces dont la pente dépasse 25 %.

Recommandations spécifiques à l'ensemencement par projection hydraulique

Trois catégories d'ensemencements par projection hydraulique peuvent être distinguées (tableau 7 page suivante). La couverture des surfaces à ensemercer et les dosages dépendent du type de projection employé (avec ou sans mulch), de la préparation du sol au préalable, de la nature de l'ouvrage, etc.

¹¹ - Sur certains chantiers, une récolte des graines locales a été mise en place préalablement au démarrage des travaux. Ceci nécessite néanmoins un stockage et un conditionnement spécifiques et doit être envisagé préalablement aux premiers travaux de défrichage.

¹² - Deux types de certification sont possibles : la norme du Service officiel de contrôle et de certification (SOC) qui est couramment utilisée (n° de produit, origine, mélange, etc.) et le label "végétal local", qui se met progressivement en place et n'est pas encore présent dans tous les départements et pour tous les types de milieux. À titre d'exemple : dans certains départements, seuls les végétaux de zones humides sont labellisés.

Tableau 7. Catégories d'ensemencements par projection hydraulique

Catégories	Objectifs	Champs d'application	Exemples
Hydroseeding / hydrosemis / semis hydraulique / ensemencement hydraulique	Établir rapidement une strate herbacée et ligneuse	Terrains faiblement pentus, non nécessairement préparés et présentant une valeur agronomique moyenne à bonne	Pelouses traditionnelles, merlons terreux
Hydromulching	Établir une strate herbacée couplée simultanément à une couverture temporaire et antiérosive des sols	Terrains pentus ou présentant une valeur agronomique médiocre à très faible	Talus déblais ou avec de grands développés, semis en zone tropicale, semis sur substrat argileux, graveleux, sableux
Hydrobouturage (ou Hydrostrapping)	Établir une strate herbacée à partir de boutures ou de stolons par application simultanée d'une matrice fibrillaire destinée à « enrober » la matière végétale permettant de fluidifier le mélange, de limiter les pertes lors de l'application et d'accélérer l'enracinement	Terrains faiblement pentus	Golfs, terrains de foot / rugby, toitures végétalisées

Avant la projection des semences :

- prévoir un accès pour ensemercer les surfaces décapées isolées, la projection hydraulique pouvant être effectuée dans un rayon maximal d'environ 150 m autour de l'engin, en fonction de la pente, de la puissance de la pompe et de la longueur du tuyau ;
- vérifier la disponibilité en eau à proximité des sols à traiter (tant en termes de quantité que de qualité physico-chimique), la projection hydraulique nécessitant l'utilisation de volumes d'eau conséquents (capacité des cuves dépassant les 15 000 litres) ;
- préparer le mélange hydraulique en privilégiant le recyclage des eaux de ruissellement du chantier. En cas d'impossibilité technique, d'autres sources d'approvisionnement peuvent être envisagées (sous réserve de l'accord des services de l'État).

Le pompage d'eau dans les cours d'eau doit être évité. En cas d'impossibilité technique avérée, prendre l'attache du service de Police de l'eau de la DDT-M afin d'identifier la possibilité et les conditions de réalisation de ces pompages.

Pendant la projection des semences : effectuer les projections en deux temps et sous deux angles différents sur la même surface décapée, ceci afin de couvrir complètement et uniformément le sol

Après la projection des semences : poser le géotextile (si préalablement prévu)

En cas d'ensemencement sur des surfaces très pentues (> 50 %), pauvres en nutriments, fortement soumises à l'érosion ou difficiles à traiter par chenillage : combiner la projection hydraulique de semences à un mulch. Ces derniers assurent en effet une bonne adhésion des graines au sol et les protègent du lessivage et de l'assèchement (fiche Lutter n°4).

Dans le cas d'ensemencements combinés à un mulch ou un géotextile, une ou plusieurs étapes sont nécessaires :

- soit l'hydroseeding est directement additionné au mulch : la projection s'effectue en une seule étape, mais toutes les graines ne sont pas en contact avec le sol (une portion restant piégée dans le mulch). Dans ce cas, la concentration des graines doit être augmentée afin de compenser cette perte ;
- soit l'hydroseeding puis le mulch (ou un géotextile) sont appliqués successivement. Deux étapes sont alors nécessaires mais la quasi-totalité des graines est en contact avec le sol. La concentration en graines utilisée peut être plus faible.

Entretien, points de vigilance

Anticiper et gérer les écoulements superficiels avant d'ensemencer, ceci afin d'éviter tout processus d'érosion qui retarderait la reprise végétale

Contrôler immédiatement l'ensemencement réalisé sous deux angles différents : depuis le haut et depuis le bas de la surface ensemençée

Inspecter les surfaces ensemençées après chaque épisode pluvieux et réensemencer les zones lessivées

Quelques jours après la projection des graines : identifier les zones n'ayant pas germé et réensemencer manuellement ces surfaces ; le cas échéant, arroser les surfaces ainsi ensemençées



Suite à la germination (en moyenne deux à trois semaines après l'ensemencement normalement) : inspecter régulièrement le site. Prévoir de réensemencer les zones présentant moins de 80 % de couverture végétale

En milieu difficile d'accès, une petite cuve est installée à l'arrière d'un tracteur pour faciliter l'ensemencement.

Avantages

- Réduire les coûts (comparé à d'autres techniques), notamment pour les grands chantiers
- Réduire la vitesse des écoulements superficiels
- Réduire les volumes d'eaux et de sédiments à traiter au point bas du chantier
- Créer potentiellement des habitats favorables à certaines espèces animales
- Répondre aux attentes paysagères

Limites

- Nécessité de planifier à l'avance l'ensemencement des sols décapés, au fur et à mesure de l'avancement du chantier
- Rapidité d'action variable, le laps de temps entre l'ensemencement et l'établissement d'une couche végétale dépendant des conditions locales
- Résultats potentiellement médiocres (1) en période hivernale ou estivale ; et (2) sur terre minérale ou pauvre en nutriments. Prévoir un paillage des sols, un amendement et/ou un arrosage selon les cas
- Risque de lessivage des semences en l'absence d'un traitement préalable des sols
- Risque de surcoût lors de l'utilisation d'un mélange de semences « sur mesure »

Cas particulier d'ensemencement par projection hydraulique

- Risque de surcoûts supplémentaires lors d'utilisation ciblée ou ponctuelle
- Nécessité de s'adapter aux conditions d'accès et au climat. Une étroite coordination doit être établie entre les différents acteurs du projet et l'entreprise chargée de l'hydroseeding

Paillage par mulch

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Ralentir les écoulements superficiels

- Amender le sol pour favoriser la germination et la croissance des plantes
- Contrôler le développement d'espèces exotiques envahissantes



Exemple d'un paillage en cours.



Passage de charrue suite à un paillage.



Paillage puis passage d'une charrue pour fixer la paille au sol.

Description

Protection temporaire ou permanente des sols décapés, voire contrôle du développement des espèces végétales adventives et exotiques envahissantes (figure 22 page 49)

Le paillage ou « paillis » (en français), aussi dénommé « mulch » (en anglais) désigne une couche de matériaux protectrice du sol. Il englobe une très grande diversité de produits qui se présentent selon les deux catégories suivantes :

- « sec », il est étalé manuellement ou projeté mécaniquement à l'aide d'une souffleuse. Il est généralement constitué de composés organiques : paille, déchets verts, copeaux ou écorces de bois, compost ;
- « humide », il est projeté à l'aide d'une pompe. Une gamme importante de produits dits « hydromulch » existe. Ces derniers sont constitués de compost ou de

dérivés du bois (cellulose, fibres de paille ou de bois traitées) associés à des colles, des colorants et/ou autres adjuvants pour créer, par exemple, des couvertures épaisses ou « matrices » de fibres liées.

De nombreux mulchs sont disponibles et adaptés à différents types de sols et de sites. Aux composés organiques sont parfois ajoutés des minéraux, des films/bâches plastiques, de l'asphalte ou autres produits synthétiques. L'utilisation de ces composés non organiques est déconseillée. À l'inverse, l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol est recommandée.

Champs d'application

Le paillage est l'une des techniques les plus efficaces pour lutter contre l'érosion. Il s'applique à presque tous les types de surfaces décapées, plus ou moins pentues et soumises à l'érosion. Le contexte spécifique du chantier (topographie, superficie, objectifs, enjeux) détermine le choix du produit à utiliser.

Néanmoins, le paillage est déconseillé sur sols oligotrophes (tourbes, landes, etc.) car il peut modifier la nature de ces écosystèmes sensibles.

Le paillage par application manuelle est recommandé pour le traitement de petites surfaces peu à moyennement pentues (< 50 %). Sur un chantier, cette pratique concerne essentiellement les fibres de paille, les copeaux de bois ou écorces et le compost. Elle n'est plus rentable à grande échelle.

Le paillage par projection mécanique ou hydraulique est recommandé pour le traitement de grandes surfaces décapées et pentues (> 50 %).

Spécifications

Le paillage s'inscrit dans une approche multi-barrières. Il est généralement combiné à d'autres bonnes pratiques et dispositifs (microreliefs, géotextiles biodégradables, boudins, merlons, cunettes, etc.),

Il peut être utilisé en tant que :

- couverture temporaire de dépôts provisoires de matériaux (remblais/déblais) qui seront traités ultérieurement ;
- couverture temporaire de surfaces décapées pour les besoins du chantier et en attente de la réalisation des travaux sur cette zone. Ceci s'applique à des sols qui ne seront pas remaniés pendant plusieurs mois ;
- couverture permanente d'une zone ensemencée, notamment lors de la remise en état paysagère d'un remblai, d'un déblai ou d'un site remanié pour les besoins du chantier ;
- amendement d'un sol lors d'une revégétalisation, etc.

Cas des fibres de paille

Les fibres de paille (blé, riz, etc.) sont polyvalentes et s'appliquent autant manuellement que par projection mécanique ou hydraulique. Elles sont efficaces, accessibles et généralement moins coûteuses que les autres types de mulchs. Une botte de paille d'environ 35 kg couvre en moyenne une surface de 100 m².

La projection mécanique est recommandée sur les grands chantiers. Elle peut s'effectuer à un rythme d'environ 20 tonnes/heure mais est limitée à une portée d'environ 45 m (dépendant de l'engin utilisé).

Les fibres de paille étant courtes et légères, il importe de les fixer correctement au sol (notamment lors d'un paillage avec projection). À cette fin, différentes techniques sont possibles :

- sur les grandes surfaces :
 - par le passage d'un engin motorisé après la projection des fibres, permettant la création de microreliefs (figure 23),
 - par l'ajout d'un fixateur (cas sur sols pentus ou présentant un risque élevé d'érosion), dont le dosage est déterminé en fonction de la pente et des constituants du produit ;
- sur les petites surfaces :
 - par le plaquage des fibres à l'aide d'une pelle,
 - par l'installation d'un géotextile biodégradable sur les fibres de paille (en cas de risque élevé d'érosion par le vent ou les écoulements superficiels (fiche Lutter n°5).

L'efficacité des fibres de paille contre l'érosion des sols est de 75 % à 98 % pendant les trois premiers mois (cas d'une paille dosée entre 3,5 et 4,5 tonnes/ha, étalée selon une couche uniforme de 2 cm à 5 cm d'épaisseur et recouvrant 80 % à 100 % du sol). Ce dosage favorise la germination des graines. En revanche, une couche plus épaisse (> 10 cm) réduit la croissance végétale.

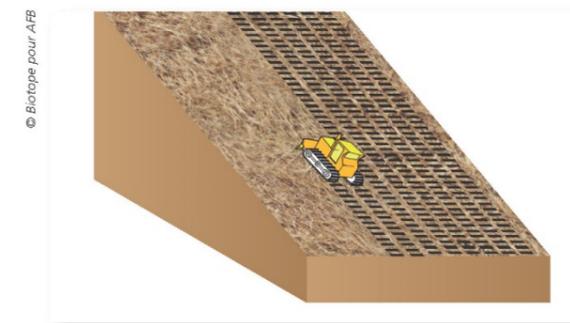


Figure 23. Chenillage de la paille épandue manuellement au sol, pour une meilleure fixation.

Cas des copeaux ou écorces

Les copeaux ou écorces peuvent être utilisés sur un chantier, en recyclant les boisements défrichés (par broyage) et sous réserve que ces derniers ne contiennent pas d'espèces végétales envahissantes. Ils sont de ce fait rapidement mobilisables et s'appliquent autant manuellement que par projection mécanique. Leur durée de vie est nettement supérieure à celle de la paille (< 3 ans) et varie en fonction des conditions climatiques et des essences végétales utilisées.

Les copeaux ou écorces présentent des risques :

- de lessivage lors d'une pluie (car les copeaux flottent). Il importe de ce fait de préparer au préalable les sols à pailler (fiche Lutter n°2) ;
- de ralentissement de la germination et de la croissance de la couche herbacée (cas particulier de présence d'essences végétales contenant des substances inhibitrices).

L'efficacité de ce type de paillage contre l'érosion des sols est de 60 % à 70 % (cas d'un paillage dosé, étalé selon une couche uniforme de 5 à 7 cm d'épaisseur et recouvrant 80 % à 100 % du sol).

Cas du compost

Le compost est polyvalent et s'applique autant manuellement que par projection mécanique ou hydraulique. Peu accessible sur les chantiers et potentiellement couteux, il constitue néanmoins l'un des matériaux naturels le plus efficace pour lutter contre l'érosion. Tout ajout d'émulsion fixatrice ou colle est donc inutile lors de son application.

Le compost est pérenne et accélère la reprise végétale. Cette efficacité peut être démultipliée par l'inoculation de « mycorhizes » (racines de champignons). Ces derniers développent un réseau de fils connectés (ou mycelium) qui facilitent la germination des graines préalablement ensemencées et empêchent ou limitent le développement des espèces exotiques envahissantes.

Cas des mulchs hydrauliques

Ils sont appliqués préalablement, simultanément ou postérieurement à une opération d'ensemencement. Chaque produit présente des caractéristiques et des modalités d'application différentes. Ainsi, leur dosage varie en fonction de la perméabilité de la couche recherchée, de la structure du sol et de la composition du mulch. Il est généralement compris entre 2,2 et 4,5 tonnes/ha.

La durée de vie de ces hydromulchs varie, de 1 mois pour la cellulose à 24 mois pour les FGM (mulch de type « Flexible Growth Medium »).

Les hydromulchs ont pour objectifs de :

- maintenir fermement les semences en contact avec le sol ;
- capter et redistribuer l'humidité afin de permettre la germination ;
- limiter l'érosion par les écoulements superficiels ou le vent, le temps que la végétation herbacée se mette en place et prenne le relais.

Avant application d'un hydromulch :

- prévoir un accès pour traiter les surfaces décapées isolées, la projection hydraulique pouvant être effectuée dans un rayon de 150 m autour de l'engin, en fonction du modèle, de la pente et du tuyau ;
- vérifier la disponibilité en eau (tant en termes de quantité que de qualité physico-chimique), la projection hydraulique nécessitant l'utilisation de volumes d'eau conséquents ;
- créer des microreliefs sur la surface décapée (fiche Lutter n°2) ;
- gérer les écoulements superficiels en amont (chapitre V) ;
- tenir compte des conditions météorologiques ;
- ensemencer le sol (le cas échéant).

Les hydromulchs ont besoin de 24 heures pour sécher et s'appliquent uniquement par temps sec.

Pendant l'application :

- ne pas projeter les hydromulchs sur un sol gorgé d'eau ;
- projeter l'hydromulch en deux temps et sous deux angles différents, afin d'obtenir une épaisseur de couche suffisante (variable selon le produit utilisé) et une couverture uniforme de l'ensemble de la surface décapée.

L'efficacité des hydromulchs contre l'érosion des sols varie d'un produit à l'autre. Elle est comprise en moyenne entre 50 % et 60 % pour la cellulose et entre 90 % et 95 % pour les matrices de fibres liées (BFM).

Entretien, points de vigilance

Risque de lessivage élevé sur des surfaces fortement pentues. Nécessite au préalable de gérer les écoulements superficiels en amont et sur les surfaces à pailler, et de créer des microreliefs.

Risque de contamination de certains mulchs par des espèces exotiques envahissantes. Vérifier systématiquement

l'origine des produits utilisés et l'absence de ce type d'espèces lors du recyclage des boisements défrichés

Concernant la paille : efficace sur du court terme uniquement

Concernant les copeaux ou écorces : risque d'acidification du sol lors de l'utilisation d'aiguilles ou d'écorces de résineux. À utiliser uniquement lorsque la nature des sols et le réservoir de graines permettront le développement de plantes tolérantes aux essences présentes dans les copeaux

Avantages

- Limiter les coûts, notamment à grande échelle
- Combiner fibres ou compost, semences, engrais, colle, conditionneurs et autres adjuvants en une seule application
- S'adapter aux besoins et à chaque type de chantier, du fait de la grande variété de produits disponibles
- S'utiliser sur des surfaces planes à très pentues
- Dans le cas d'une projection mécanique : limiter les risques d'accidents, surtout sur des surfaces pentues où les risques de chute sont élevés

■ Protéger efficacement et rapidement contre l'érosion des sols décapés

■ Préserver les semences de l'assèchement ou d'un lessivage des sols

■ Réduire le risque d'émissions de poussières

Limites

■ Nécessité d'un temps d'application trois à cinq fois plus long qu'un simple ensemencement par projection hydraulique (plusieurs passages nécessaires)

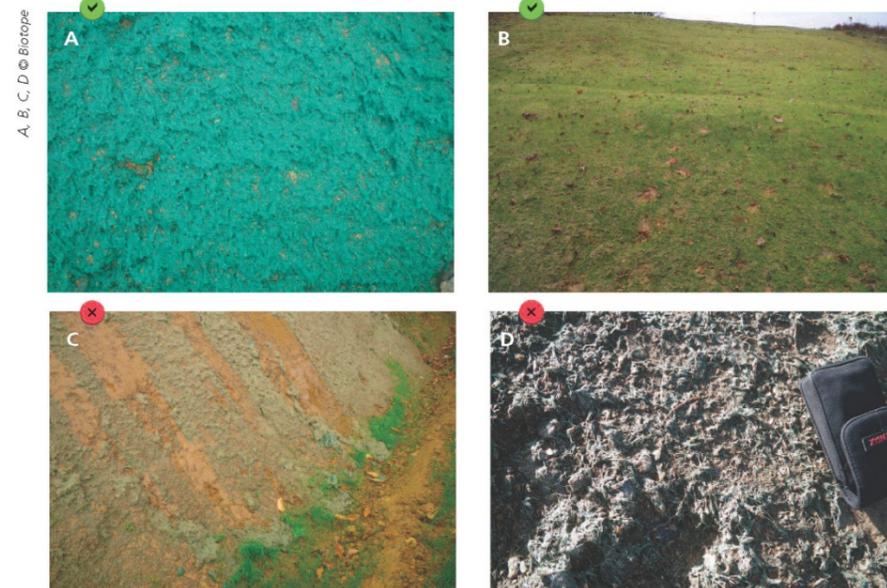
■ Risque de lessivage du mulch suite à une pluie ou lors de l'utilisation d'un mélange trop liquide

■ Risque d'apports excessifs en nutriments sur des sols naturellement pauvres

■ Risque de coûts élevés - à utiliser uniquement sur de grandes surfaces et si les conditions, la réglementation et les enjeux le justifient. Pour les petites surfaces, une application manuelle sera plus économique

■ Nécessité d'un accès adapté aux engins motorisés et d'un système de projection adapté (pompe centrifuge, etc.)

■ Demande de nettoyer l'équipement utilisé (engins, adjuvants) sur une aire de lavage adaptée et de transporter les déchets hors site (chapitre VII)



A - Bonne couverture d'hydroseeding de 100 % avec mulch, réalisée sur une surface fortement pentue. La projection a été effectuée depuis le haut et sur le côté afin d'assurer une couverture uniforme.

B - La même surface, trois mois plus tard.

C - Glissement du mulch sur un talus lissé. La préparation de la surface décapée avec des empreintes horizontales (ou autres microreliefs) est nécessaire quand la pente devient importante.

D - Couverture insuffisante d'hydromulch : le sol est visible à travers le mulch.

Paillage par géotextile biodégradable

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Stabiliser les surfaces découpées
- Améliorer l'efficacité de la reprise végétale
- Amender le sol

Description

Filets ou toiles (dits aussi tapis, nattes ou bionattes) fixés au sol (figure 24)

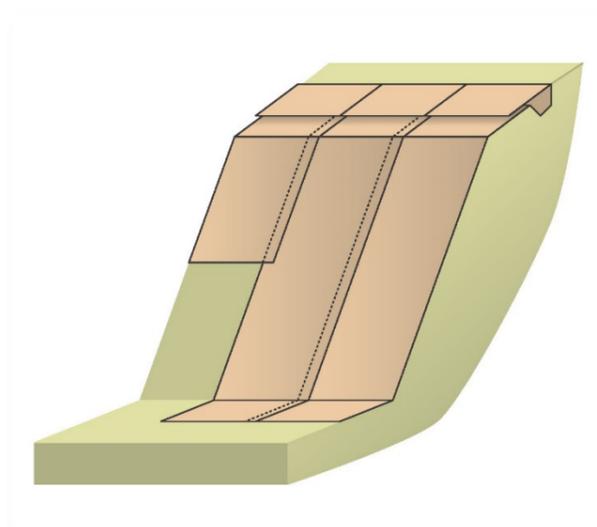


Figure 24. Exemple d'installation d'un géotextile sur un talus découpé.

Le paillage par géotextile crée une protection mécanique des surfaces découpées, en ralentissant les écoulements superficiels et en limitant l'érosion. Il stabilise les sols et aide à fixer les graines pour l'ensemencement. Constitué essentiellement de fibres naturelles (coco, paille, jute, coton, fibres de bois ou chanvre), il se présente sous une forme tissée ou non tissée. Il existe une grande variété de produits qui se différencient selon leur poids, leur épaisseur, leur résistance, leur durée de vie, etc.

À noter que certains géotextiles comprennent un maillage synthétique (nylon, polypropylène ou autre matière non-biodégradable) qui renforce leur structure et augmente leur durée de vie. Néanmoins, ces derniers présentent un risque élevé de piégeage de la faune et ne se dégradent pas en phase post-chantier. Ils doivent être démantelés après travaux.

De nombreux géotextiles sont disponibles et adaptés à différents types de sols et de sites. Il est recommandé de favoriser l'utilisation de produits biosourcés et biodégradables à même le sol (à différencier des géotextiles UV-dégradables qui libèrent des petits fragments de plastique lors de leur dégradation).

Champs d'application

- Toute surface découpée, de pente faible à forte, soumise à l'érosion. Cette bonne pratique est particulièrement recommandée pour des surfaces moyennement à très pentues (pente > 33 %).

Ce dispositif s'inscrit dans une approche multi-barrières. À titre d'exemple, l'installation d'un géotextile biodégradable peut compléter un ensemencement des sols (fiche Lutter n°3).

Spécifications

De nombreux types de géotextiles sont disponibles, dont l'efficacité et la durée de vie sur un chantier dépendent à la fois de leur composition, de leur grammage, du maillage des filets utilisés et de leurs

modalités d'installation et d'entretien (environ 3 mois pour la toile de jute, jusqu'à 2 ou 3 ans pour la toile coco).

Aussi, il importe de privilégier ceux dont les caractéristiques sont adaptées aux enjeux faunistiques, aux besoins de stabilisation des surfaces et à la durée du chantier. Au regard de la grande diversité de géotextiles désormais disponibles, il est recommandé de consulter un fabricant ou un spécialiste pour choisir le(s) mieux adapté(s) à chaque situation.



Reprise de talus routier à l'aide d'un géotextile coco.



Ancrage insuffisant du filet en amont.

Infiltrations d'eau sous le filet et déstabilisation de l'ensemble du dispositif.



Piégeage d'une couleuvre au sein d'un géotextile à maillage synthétique.

Mise en œuvre

Préparer les sols décapés :

- nettoyer la surface à couvrir, qui doit, autant que possible être propre, sans rigoles, ni ravines, ni cailloux, ni débris ou tout autre objet ou structure empêchant le géotextile d'être en contact avec le sol ;
- ensemercer (lorsque prévu) les sols décapés avant la pose de la toile ou après la pose du filet (fiche Lutter n°3).

Mettre en place le géotextile :

- sur des surfaces peu pentues (< 25 %) : possibilité de déployer le géotextile en bandes horizontales ou verticales ;
- sur des surfaces moyennement à fortement pentues (> 25 %) : dérouler le géotextile en bandes verticales uniquement (figure 24 page 58) ;
- ancrer les géotextiles (figures 25 ci-dessous et 26 page 62) ;
- en cas de pose de plusieurs lés successifs de géotextiles, superposer les filets sur 10 à 15 cm de long puisagrafer ces chevauchements *a minima* tous les 30 cm ;
- en cas de pose d'un géotextile sur de longues surfaces, ajouter des boudins sur les filets afin d'éviter la formation de rigoles.

Les géotextiles doivent être bien plaqués et adhérer au sol. Ils ne doivent jamais être étirés, décollés ou créer un « pont » à la surface, sous peine de perdre toute efficacité et de réduire la reprise végétale.

Une grande variété de dispositifs d'ancrage existent (pieux ; agrafes en nylon, en métal ou en bois) dont certains sont biodégradables. Ces derniers doivent être suffisamment longs (20 à 50 cm) et plantés au ras du sol pour optimiser l'adhésion des filets au sol.

L'ancrage s'effectue à la fois :

- en crête de pente, en enserrant les filets dans une tranchée de 15 cm x 15 cm, dans laquelle le bord amont de chaque filet est agrafé *a minima* tous les 50 cm puis recouvert de terre compactée (figures 25 ci-dessous et 26 page 62). Cette tranchée doit autant que possible être réalisée à plus de 1 m de la rupture de pente ;
- sur toute la surface déroulée (du haut vers le bas ou dans la direction des écoulements). Le nombre et la profondeur des dispositifs d'ancrage doivent respecter les consignes du fabricant. La fréquence de pose augmente par principe avec la pente (tableau 8) ;
- en bas de pente, dans une tranchée semblable à celle mise en place au sommet. Le cas échéant, intégrer les filets au sein d'un ouvrage de génie écologique.

Tableau 8. Exemple de fréquence de pose des agrafes en fonction de la pente

Pente (P)	P < 33 %	33 % < P < 50 %	P > 50 %
Nombre d'agrafes / m ²	1	1,5	2

Ces fréquences sont données à titre indicatif et doivent être adaptées au cas par cas.

Les géotextiles biodégradables (paille, coco ou autres fibres végétales) présentent une efficacité comparable à celle de l'hydromulch, comprise entre 80 % et 95 %.

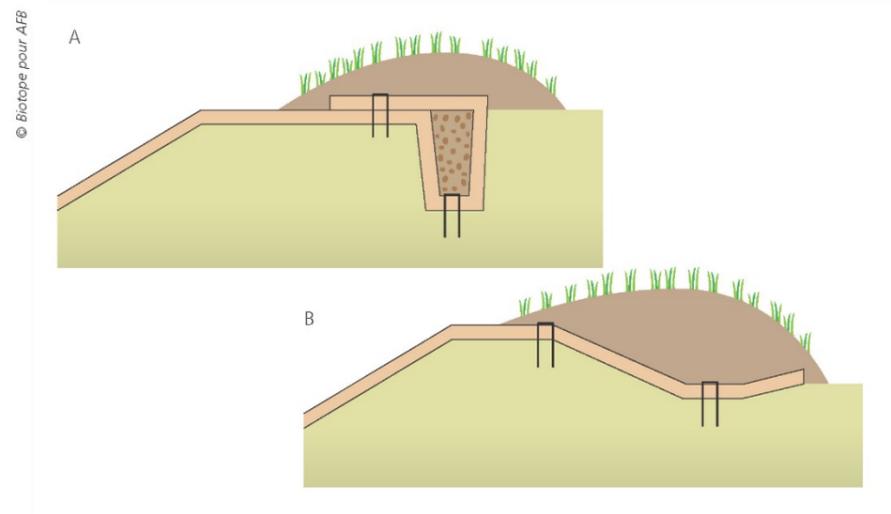


Figure 25. Exemples de tranchées d'ancrage d'un géotextile en crête de pente. A- ancrage complexe, à privilégier sur de grandes surfaces décapées pentues ; B- ancrage simple, à utiliser sur de petites surfaces peu pentues.

Entretien, points de vigilance

Inspecter régulièrement les filets pour vérifier l'absence de dysfonctionnements (sous-creusement, effet de « pont »), la reprise de la végétation et la stabilité de l'ensemble des ancrages effectués

Gérer les écoulements superficiels provenant de l'amont, le temps que la végétation se développe (chapitre V)



© Zimmermann (2015)

Approche multi-barrières : Du sommet au bas de la surface décapée : géotextile coco + boudins (disposés à intervalles réguliers et perpendiculairement à la pente) + ensemencement par hydroséeding ; En bas de pente : fossé muni d'un géotextile + barrière en géotextile + bande de végétation existante.

Avantages

- S'installe simplement et rapidement, notamment dans le cas de l'équipement de petites surfaces accessibles
- Durée de vie comprise entre six mois et plus d'un an pour les géotextiles les plus résistants
- Peut être laissé sur place dès lors qu'il est biodégradable
- Capture et retient des quantités importantes de sédiments grâce au maillage des filets
- Protège les semences du lessivage et maintient un taux d'humidité favorable à leur développement

Limites

- Coût relativement élevé, notamment dans le cas de grandes surfaces décapées et/ou peu accessibles (risques de chute, linéaire de berge important, etc.)
- Déconseillé pour les sites où un entretien par fauche ou tondeuse mécanique est prévu
- Efficacité limitée à la couche superficielle de sol
- Nécessite l'installation de dispositifs spécifiques dans le cas de surfaces pentues et instables
- Risque de piégeage de la faune par les géotextiles à maillage synthétique. Favoriser l'utilisation de géotextiles biodégradables et biosourcés



© Vival

Paillage d'un talus constitutif d'un remblai à l'aide d'un géotextile.

Protection des dépôts provisoires

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Diminuer les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers

Description

Comprend deux bonnes pratiques cumulées (figure 26) :

- couverture des dépôts provisoires à l'aide soit de mulch, soit de bâches en polyéthylène souple (dits « polyane ») lestées ;
- encerclement des dépôts provisoires à l'aide :
 - de barrières de rétention empêchant les sédiments de quitter la zone de stockage (merlons en amont, géotextile ou boudin de rétention en aval),

- ou de boudins de rétention dans le cas de petits dépôts provisoires ou de remblais en pied de petit talus (< 5 m).

Le stockage provisoire de dépôts issus des déblais / remblais est nécessaire au cours des terrassements. Non protégés, les matériaux déposés sont soumis à l'érosion et constituent une source potentielle d'émission de poussières par temps de grand vent et de pollution des milieux aquatiques lors d'épisodes pluvieux (les sédiments étant transportés soit vers le milieu aquatique, soit vers les fossés ou bassins de décantation, ajoutant alors un volume supplémentaire de sédiments à traiter).

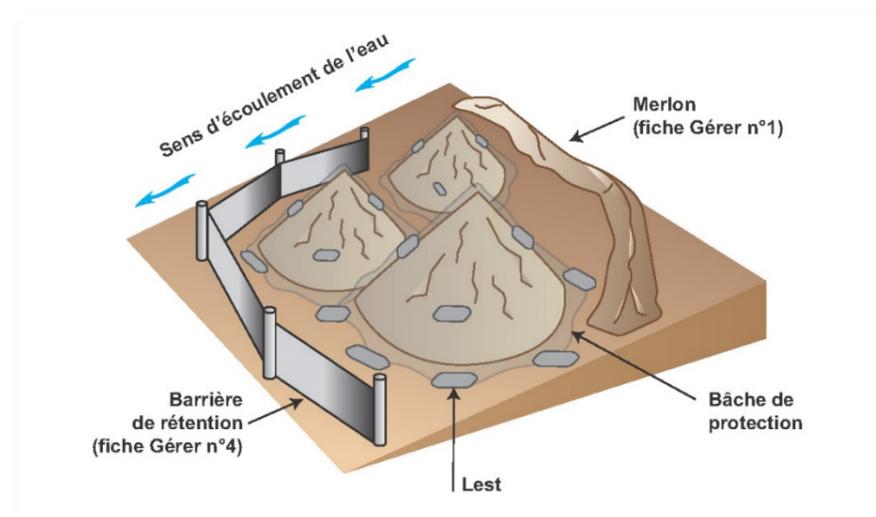


Figure 26. Exemple de protection de dépôts provisoires : merlon de dérivation des écoulements superficiels en amont, barrière de rétention en aval et bâches de protection lestées sur les dépôts. Source : Wellington (2006).

© Biotope pour AFB



Protection de dépôts provisoires à l'aide de géomembranes.



Contrôle du périmètre coté bas d'un dépôt provisoire à l'aide d'un merlon de copeaux de bois et d'un boudin de rétention.

Couverture du dépôt provisoire à l'aide d'un géotextile non tissé.



Couverture du dépôt provisoire à l'aide d'un paillage par mulch et contrôle du périmètre à l'aide d'un boudin de rétention.

Champs d'application

- Dépôts provisoires de matériaux issus de déblais / remblais ayant besoin d'une protection immédiate contre l'érosion
- Talus, berges ou surfaces décapées nécessitant une protection immédiate contre l'érosion et sur du court terme

Éviter de stocker les matériaux issus des déblais / remblais à proximité de cours d'eau, sur des zones humides, des habitats d'espèces protégées ou autres milieux sensibles au tassement.

Spécifications

Anticiper la mise en défens des zones écologiquement sensibles et des zones tampons

Anticiper les accès nécessaires aux engins (pour l'ajout ou l'enlèvement de dépôts)

Collecter et dériver hors site les écoulements superficiels arrivant en amont du dépôt (vers une surface végétalisée par exemple) (chapitre V)

Encercler la zone de dépôt à l'aide de merlons, de boudins ou de barrières de rétention en respectant les spécifications des fiches Gérer n°1, n°3 et n°4

Pour une protection de dépôts provisoires sur du court ou du moyen terme (de quelques jours à quelques semaines)

Utiliser des films de polyéthylène souple, traités pour résister aux UV et suffisamment épais pour résister à l'usage. Une épaisseur de 0,15 mm est recommandée.

Installer les films ou les bâches selon des lés successifs se chevauchant sur environ 30 cm. Pour éviter tout dysfonctionnement :

- adapter (autant que possible) le sens de ces chevauchements parallèlement au sens des écoulements et/ou à la direction dominante du vent ;
- lester ou agraffer les films ou les bâches et leurs chevauchements, à l'aide de pneus, parpaings, sacs de sable, etc., selon un intervalle minimum de 3 m. Ce lestage doit être maintenu par un cordage reliant les éléments entre eux (notamment en cas de risque de vent ou d'épisodes pluvieux violents) ;
- lors de l'apport de nouveaux matériaux sur le dépôt, soulever une partie de la couverture afin de laisser l'accès aux engins.

Pour une protection de dépôts provisoires sur du long terme (quelques mois)

Ensemencer les dépôts provisoires à l'aide d'espèces végétales à croissance rapide et les couvrir d'un paillage par mulch (fiches Lutter n°3 et n°4)

Entretien, points de vigilance

Couvrir complètement et systématiquement les dépôts provisoires en fin de la journée

Installer et vérifier régulièrement le lestage

Anticiper les volumes et la vitesse des écoulements superficiels à gérer dans la zone de dépôt, les films en polyéthylène souple générant 100 % de ruissellement

Inspecter les éventuels déchirures ou déplacements des couvertures mises en place après chaque épisode pluvieux ou venté. Intervenir en conséquence

Inspecter les modalités de circulation de l'eau sur et autour des dépôts, afin de vérifier qu'une érosion n'est pas en train de se créer. Intervenir en conséquence

Avantages

Cas des couvertures à l'aide de films de polyéthylène souple ou de bâches

- S'installer et se retirer facilement pour des opérations à court terme et sur des surfaces limitées
- Offrir une protection immédiate
- S'adapter au fur et à mesure de l'évolution du dépôt
- Occasionner peu de gêne et permettre aux opérations de terrassement de se poursuivre

Cas des couvertures par ensemencement et paillage par mulch (fiches Lutter n°3 et n°4).

Limites

Cas des couvertures à l'aide de films de polyéthylène souple ou de bâches

- Peu applicables à de grandes superficies
- Risque de coût élevé, en fonction de la nature de la couverture utilisée, de ses modalités d'installation et d'entretien. À utiliser sur des superficies restreintes
- Risque d'érosion en pied de dépôt et en aval du fait de l'imperméabilisation des surfaces couvertes. À anticiper par l'installation de dispositifs de collecte et de dérivation des eaux
- Sous des bâches noires : risque de forte augmentation de la température et de stérilisation de la terre végétale

Protection des exutoires (ou points de rejet des eaux)

Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Dissiper l'énergie hydraulique en diminuant les vitesses d'écoulement
- Favoriser la dispersion ou l'infiltration de l'eau

Description

Tout dispositif anti-érosion susceptible :

- de dissiper l'énergie hydraulique et de protéger les sols, les berges ou le substrat du fond du lit des cours d'eau, en aval d'un exutoire ;
- et de résister lui-même à l'érosion.

Plusieurs types de dispositifs sont disponibles, dont les principes sont basés :

- soit sur la limitation des points de contact entre l'eau et les surfaces à protéger : géotextiles biodégradables à même le sol, géomembranes renforcées ;
- soit sur la diminution de la vitesse du courant :
 - en rehaussant la ligne d'eau à l'aide d'un seuil anti-érosion semi-perméable (fiche Lutter n°8),
 - en ajoutant des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique : gabions, boudins, tapis de granulats concassés (figure 27A),
 - en étalant la lame d'eau et en créant un écoulement peu turbulent, favorable à la reprise végétale : raquettes de diffusion, tapis laminaires en polyéthylène haute densité (PEHD) (figure 27B).

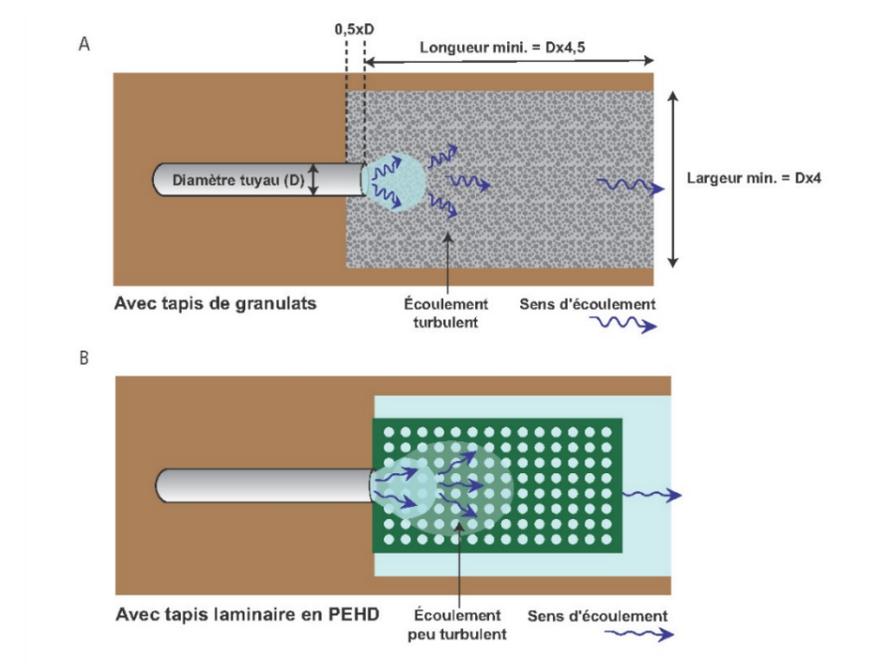


Figure 27. Schémas de principe de dispositifs de protection des exutoires. A - tapis de granulats grossiers ; B - tapis laminaire en PEHD. Les rapports de forme indiqués (diamètre du tuyau, longueur et largeur du dispositif) constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas. Source : Guay et al. (2012).

© Water Environment Services



A, B, C - Dispositifs temporaires de protection des points de rejet à l'aide de tas de graviers et de blocs installés en amont du lit mouillé des cours d'eau. Attention toutefois à ne pas dégrader les berges.

© Lakeville



© McCullah

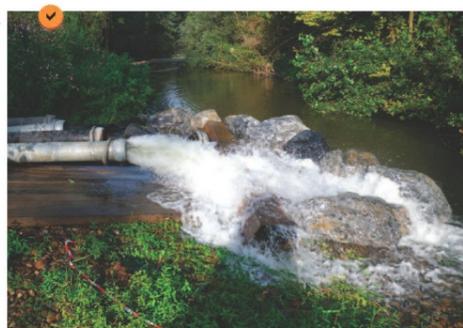


© Vinci



Rejet temporaire au sein d'une dérivation provisoire équipée de blocs dissipant l'énergie hydraulique.

© Biotope



Dispositif temporaire de protection de points de rejet à l'aide d'une plateforme en plats-bords complétée d'un demi-cercle de blocs rocheux de 100 kg à 200 kg. Le choix des dispositifs anti-érosion dépend du débit du point de rejet et des enjeux associés au cours d'eau.

© McCullah



© John McCULLAH



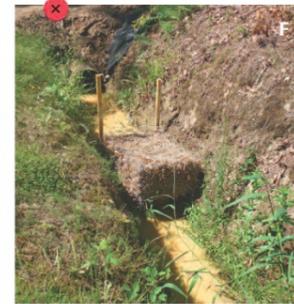
A, B - Protection d'un point de rejet à l'aide d'un tapis laminaire PEHD. Le tapis favorise l'étalement de la lame d'eau et dissipe l'énergie hydraulique. Les faibles turbulences à la surface de l'eau permettent la reprise végétale, protégeant d'autant plus efficacement les sols contre l'érosion.

© Biotope et Arneli



C, D - Exemples de deux dispositifs temporaires de protection des exutoires (utilisés pour quelques jours uniquement). L'option « botte de paille » n'est pas la plus économique ni la plus efficace.

© Biotope



© Biotope

E, F - Bottes de paille insérées dans un gabion et mises en place en aval du point de rejet. La mauvaise installation de ces gabions rend les dispositifs inefficaces voire contre-productifs.

© Biotope



G - Vidange d'un bassin de décantation par infiltration et non rejet des eaux en cours d'eau. Protection du point d'infiltration contre le colmatage, à l'aide d'un filtre constitué d'un géotextile maintenu par des bottes de paille.

Champs d'application

- Tout point de rejet d'eau en amont d'un fossé ou d'un cours d'eau

Dans le cas de l'installation d'un dispositif anti-érosion du point de rejet directement dans un cours d'eau, veiller à l'utilisation de matériaux à l'efficacité éprouvée et pouvant être facilement et totalement enlevés une fois l'opération terminée.

Les dispositifs anti-érosion sont utilisés provisoirement ou de manière permanente, en aval immédiat de points de rejet :

- sortie de fossé ;
- surverse de merlon ;
- sortie d'une buse, d'un drain de pente, d'un tuyau ;
- point de raccordement aval d'une dérivation provisoire avec le cours d'eau, etc.

Spécifications

Choisir le dispositif en fonction de leur capacité à résister à l'érosion, du potentiel érosif du sol, du débit, de la pente, des enjeux en aval, de la place disponible et de la durée du rejet

Préférer les tapis de granulats ou les tapis laminaires en PEHD aux seuils étanches, ces derniers étant moins efficaces et pouvant engendrer des processus d'érosion sur les côtés et en aval

Tableau 9. Exemples de dimensions d'un dispositif anti-érosion constitué d'un tapis de granulats grossiers, en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit. Source : Caltrans (2003)

Diamètre du dispositif de rejet (cm)	Débit (m³/s)	Longueur maximale du tapis de granulats (m)	Diamètre minimal (D50) des granulats (cm)
30	0,14	3	10
	0,28	4	15
46	0,28	3	15
	0,57	5	20
	0,85	7	30
	1,13	8	41
61	0,85	5	20
	1,13	8	20
	1,41	8	30
	1,70	9	40

Adapter les dimensions et modalités d'installation en fonction du type de dispositif utilisé

Cas particulier d'un tapis de granulats grossiers

Choisir les granulats en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit (tableau 9). Veiller à ce qu'ils soient anguleux, résistants à l'eau et de tailles hétérogènes. Ils doivent présenter un pH neutre.

Creuser le chenal au fond duquel les granulats seront déposés. À cette fin :

- définir la largeur et la longueur du chenal en fonction du diamètre du point de rejet et du débit (exemples : figure 27A page 65 et tableau 9) ;
- adapter la profondeur du chenal à l'épaisseur de granulats nécessaire. Celle-ci doit être 1,5 fois supérieure au diamètre maximal des granulats utilisés.

Avant de déposer les matériaux, compacter le sol. Dans le cas d'un dispositif pérenne, le protéger à l'aide d'un géotextile biodégradable

Lors du dépôt des granulats, veiller à aligner la pente du tapis (ou tablier supérieur) avec la pente du terrain naturel, ceci afin de ne pas créer de chute supplémentaire. Si une forte rupture de pente doit être rattrapée, combler cette chute dans la partie amont du tapis (et non dans sa partie aval)

Cas particulier d'un tapis laminaire en PEHD

- Définir la largeur et la longueur du chenal en fonction du diamètre du point de rejet et du débit (cf. exemples : tableau 10)
- Creuser le fond du chenal puis nettoyer et lisser le sol

- Ensemencer le sol puis le protéger à l'aide d'un géotextile biodégradable
- Ancrer solidement les plaques de PEHD constituant le tapis laminaire à l'aide d'agrafes spécifiquement adaptées et déployées dans la configuration proposée par le fabricant (figure 27B page 65)

Tableau 10. Exemples de dimensions d'un dispositif anti-érosion constitué de tapis laminaire en PEHD, en fonction du diamètre du dispositif de rejet et du débit. Source : Erosion Tech (2015)

Diamètre du dispositif de rejet (cm)	Débit maximal (m³/s)	Largeur x Longueur du tapis laminaire en plaques PEHD (m)
30	0,23	1,2 x 1,2
61	0,85	1,2 x 2,4
91	2,00	2,4 x 3,7
122	2,83	3,7 x 4,8
152	4,25	3,7 x 6,1

Ces rapports de forme (largeur, longueur) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas.

Entretien, points de vigilance

Veiller à aligner la pente des dispositifs sur la pente du terrain naturel, ceci afin de ne pas créer de chutes supplémentaires en aval des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique

S'assurer que le dispositif et les matériaux utilisés résistent au débit estimé en aval immédiat du point de rejet

Vérifier régulièrement (notamment après les premiers épisodes pluvieux) l'absence d'érosion autour et en aval du dispositif ; si nécessaire, adapter ou compléter le dispositif pour mieux dissiper l'énergie hydraulique

Retirer les sédiments accumulés en aval immédiat du dispositif s'ils créent une nuisance

Consulter un hydraulicien dans le cas d'un dispositif pérenne ou situé en amont d'un milieu naturel sensible ou soumis à de forts débits

Avantages

- S'installe et se désinstalle relativement facilement et rapidement pour des opérations à court terme
- Peut être laissé sur place si les matériaux sont installés en dehors du lit mineur du cours d'eau, sont biodégradables, ne créent pas de nuisances et sont compatibles avec les enjeux écologiques, l'entretien du site et l'apparence souhaitée
- Participe à la réoxygénation de l'eau et, le cas échéant, à la diminution de sa température (cas d'un tapis de granulats grossiers en aval d'un bassin de décantation)
- Participe à la rétention des particules fines en suspension (cas particulier des raquettes de diffusion ou des tapis laminaires en PEHD préalablement ensemencés)

Limites

- Perte d'efficacité sur le long terme des dispositifs liée au colmatage. Le cas échéant, remplacer les dispositifs
- Durée de vie et efficacité limitées des botes de paille et fabrication et entretien relativement coûteux comparés à d'autres dispositifs
- Nécessite une surface d'installation suffisante entre le point de rejet et le cours d'eau
- Ne remplace pas les dispositifs de traitement des sédiments (chapitre V)

Seuil anti-érosion semi-perméable

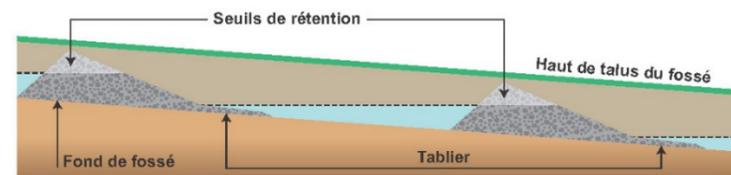
Objectifs

- Lutter contre l'érosion
- Dissiper l'énergie hydraulique en diminuant les vitesses d'écoulement
- Piéger les sédiments grossiers
- Diminuer les volumes de sédiments à traiter au point bas des chantiers

Description

Barrage semi-perméable, ralentissant la vitesse d'écoulement de l'eau au fond des fossés ou des noues (figure 28). Il s'agit de dispositifs temporaires généralement installés en série au fond des fossés provisoires de collecte des écoulements superficiels¹³. Ils sont composés de divers matériaux tels que des granulats concassés, des sacs de sable ou graviers, des boudins, de la paille décompactée ou des dispositifs spécifiquement conçus à cet effet (par ex. : cage de filtration).

(a) Coupe longitudinale



(b) Coupe transversale

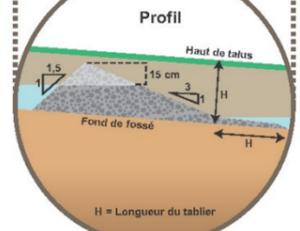
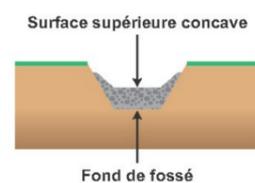


Figure 28. Schémas de principe de seuils anti-érosion semi-perméables, constitués de granulats grossiers et concassés. Les rapports de forme (hauteur et pente des talus) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas. Source : Guay et al. (2012).

L'utilisation de bottes de paille non décompactées ou de barrières en géotextile en guise de seuil anti-érosion est vivement déconseillée. En effet, en créant un barrage étanche autour duquel ou par dessus lequel les eaux cherchent à passer, elles favorisent la création d'encoches d'érosions latérales ou verticales et finissent par être contournées.

¹³ Des dispositifs permanents existent également. On parle alors de « fossés à redents ».

Champs d'application

Les seuils anti-érosion semi-perméables sont utiles dès que la vitesse des écoulements superficiels doit être réduite, notamment :

- dans les fossés, où le risque d'érosion est d'autant plus élevé que le linéaire et la pente augmentent. Mais leur usage est plutôt réservé à des fossés présentant de faibles débits ;
- dans des noues en cours de végétalisation afin de permettre la pérennisation de la végétation.

Ils sont aussi utilisés dans des fossés faiblement pentus pour favoriser l'infiltration de l'eau et la rétention des sédiments grossiers.

À noter que ces seuils anti-érosion sont adaptés à des fossés ou des noues drainant des bassins versants de 4 ha maximum. Les seuils anti-érosion ne doivent jamais être installés dans des cours d'eau.

Tableau 11. Exemples d'intervalles entre seuils en fonction de leur hauteur et de la pente du fossé. Source : Oregon Department of Transportation (2005)

Pente du fossé	Hauteur des seuils		
	15 cm	30 cm	50 cm
2 %	7,5 m	15 m	25 m
3 %	5 m	9 m	15 m
4 %	Déconseillé	7,5 m	12 m
5 %		6 m	9 m
6 %		4,5 m	7,5 m

Ces distances sont données à titre indicatif et doivent être adaptées au cas par cas.

Spécifications

Les seuils anti-érosion s'inscrivent dans une approche multi-barrières et sont généralement combinés à d'autres bonnes pratiques (géomembranes, tapis laminaires, etc.). Il convient de veiller à :

- les installer immédiatement après avoir réalisé les fossés ou les noues ;
- les positionner en série, en les espaçant à intervalles réguliers définis en fonction de la pente et de leur hauteur (tableau 11).

Pour chaque seuil anti-érosion :

- creuser une tranchée au fond du fossé et sur les talus opposés de 15 cm de profondeur environ ;
- poser un géotextile non-tissé ou une géomembrane (cas notamment de risque d'érosion des matériaux constitutifs du fond du fossé) ;
- réaliser les seuils à l'aide de matériaux perméables pour limiter les risques d'érosion verticale (sous-creusement) ou latérale (contournement). L'eau doit pouvoir passer à travers et au-dessus du dispositif lors d'un débit important ;
- profil en long : favoriser les formes trapézoïdales (figure 29 page 73) ;

- profil en travers :

- adapter la hauteur du seuil au débit à traiter. Celle-ci doit rester inférieure à 1 m,
- prévoir une surverse au centre du seuil (et non sur les côtés) d'environ 10 à 20 cm.

Dans le cas de seuils anti-érosion en granulats grossiers, veiller à l'utilisation de granulats résistants à l'eau et présentant :

- une gamme de tailles hétérogène ($75 \text{ mm} < \phi < 150 \text{ mm}$), permettant d'augmenter les points de contact entre les grains (et donc leur cohésion et capacité de résistance à l'érosion). Des granulats plus grossiers doivent être ajoutés dans les fossés aux débits élevés ;
- des formes anguleuses ;
- un pH neutre.

Dans le cas de seuils anti-érosion en sacs de sable ou graviers, veiller à nettoyer préalablement les gravillons. Les sacs constitués en polypropylène, polyamide ou matériaux équivalents doivent être enlevés une fois le chantier terminé. Leur perméabilité étant faible, il convient d'être particulièrement attentif à leur ancrage.

© Gagné (2018)



Fossé avec seuils en série.

© Vinci



Fossé équipé de seuils en série en amont immédiat d'un piège à sédiments.

© Biotope



Seuil anti-érosion constitué de sacs de graviers placés au fond du fossé. Pour éviter un contournement sur les côtés, une surverse au centre aurait amélioré le dispositif.

Dans le cas de seuils anti-érosion en boudins (figure 29) :

- superposer les boudins les uns sur les autres ;
- les ancrer avec des piquets ou des agrafes en « U » enfoncés jusqu'à 20 cm de profondeur minimum ;
- ajouter des piquets en aval immédiat des boudins avec un angle de 45° vers l'amont afin de résister à la pression de l'eau.

© Biotope pour AFB

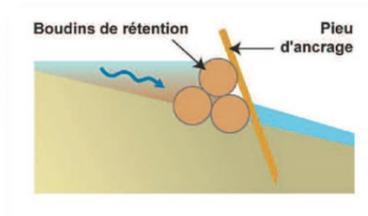


Figure 29. Modalité d'ancrage d'un seuil semi-perméable réalisé à l'aide de boudins de rétention. Source : adapté de Caltrans.

À noter que les boudins sont adaptés à des fossés présentant des écoulements temporaires ou un débit faible et une pente peu élevée ; mais inadaptés à des fossés à angles aigus et des débits élevés pouvant les emporter.

© Nadia Moulin - AFB



© Nadia Moulin - AFB



Boudin installé sur un fossé de collecte des écoulements superficiels, maintenu au sol à l'aide de blocs.

Dans le cas de seuils anti-érosion en paille décompactée :

- réaliser la structure à l'aide d'une cage (grillage métallique type gabion ou de maillage plus fin et flexible), d'un cadre en bois ou d'un dispositif hybride comprenant ces deux matériaux. La forme de la structure doit épouser celle du fossé ou de la noue et laisser la possibilité d'une surverse ;
- ancrer la structure au sol avec des piquets. Certains dispositifs préfabriqués peuvent être intégrés dans les

parois d'un fossé « normalisé » et fabriqués de façon à faciliter l'entretien avec une « trappe » sur le dessus ;

- doubler autant que possible les dispositifs afin de pouvoir renouveler la paille sans relarguer les sédiments stockés ;
- remplir la structure de paille décompactée. Veiller surtout à ce que la densité des fibres de paille permette à l'eau de s'infiltrer et ne crée pas une barrière étanche.



Paille décompactée dans un cadre métallique :
 A - avec surverse sur le côté
 B - associée à une géomembrane
 Ces dispositifs créent un effet de seuil qui à terme, peut pousser les eaux à les contourner en érodant les talus sur le côté. Ils perdent alors toute leur efficacité.

Entretien, points de vigilance

Ne pas réaliser de seuils anti-érosion dans des fossés sujets à de très forts débits risquant de les emporter

Intervenir très rapidement dès qu'un sous-creusement ou un contournement apparaît

Si des seuils en granulats concassés sont emportés suite à une précipitation, augmenter la taille des matériaux

Inspecter les seuils avant et après chaque évènement

pluvieux et retirer les branchages, déchets ou autres objets qui réduisent leur efficacité

Retirer les sédiments stockés quand ils atteignent 1/3 de la hauteur du seuil

Dans le cas particulier d'un seuil en paille décompactée : changer très fréquemment la paille avant qu'elle ne se colmate ou ne se dégrade

Retirer les seuils anti-érosion en fin de chantier, uniquement lorsque les surfaces décapées en amont sont végétalisées et que les dispositifs définitifs de collecte des écoulements superficiels sont opérationnels

Avantages

- Économique (peu de matériaux à fournir)
- Modulable et réalisable à l'aide d'une grande variété de matériaux disponibles, renouvelables ou recyclables
- Efficace et durable, si conçu et réalisé sous des conditions optimales
- S'installe simplement et rapidement, notamment dans le cas de petites surfaces accessibles
- Réduit efficacement la vitesse des écoulements superficiels
- Capture et retient partiellement les sédiments grossiers
- Peut être laissé sur place si constitué de matériaux naturels ou biodégradables à même le sol (pierres, boudins coco)

Limites

- Inefficace pour la rétention des sédiments fins
- Risque d'aggravation des processus d'érosion s'ils sont mal entretenus, étanches ou sous-dimensionnés

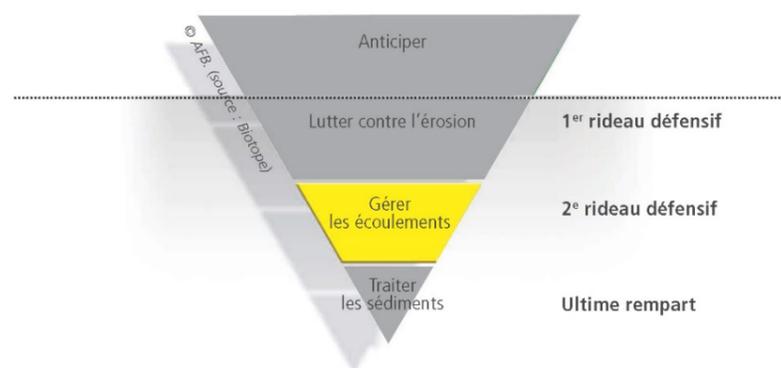
Cas particulier des bottes de paille décompactées

- Risque d'accentuation des processus d'érosion latérale ou verticale, notamment lorsque :
 - la densité des fibres de paille est inadaptée, du fait de leur construction artisanale ou manuelle ;
 - la cage ou les gabions ne sont pas parfaitement ajustés au profil en travers du fossé ou de la noue.
- Risque de détérioration rapide de la paille en période pluvieuse
- Risque de relargage des sédiments stockés lors du renouvellement de la paille
- À retirer à la fin des travaux

V

Gérer les écoulements superficiels

En complément de la lutte contre l'érosion (chapitre IV), la gestion des écoulements superficiels en amont et au droit de l'emprise du chantier constitue un des facteurs de réussite majeur de la préservation des milieux aquatiques.



À ce titre, le chapitre suivant présente les bonnes pratiques environnementales disponibles, avec leurs objectifs, leurs champs d'application, leurs spécifications, leurs avantages et leurs limites.

- Fiche Gérer n°1. Merlon, cunette et fossé provisoires
- Fiche Gérer n°2. Entretien de fossé – Technique du tiers inférieur
- Fiche Gérer n°3. Boudin de rétention provisoire
- Fiche Gérer n°4. Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire
- Fiche Gérer n°5. Descente d'eau provisoire et drain de pente provisoires

Merlon, cunette et fossé provisoires

Objectifs

- Isoler le chantier des écoulements superficiels issus du bassin versant amont
- Intercepter et réduire les écoulements superficiels sur le chantier
- Diminuer les volumes d'eau à traiter aux points bas du chantier
- Protéger une zone sensible

Description

Levée de terre compactée (merlon, bourrelet) ou tranchée de collecte (fossé, cunette) permettant d'intercepter et de dévier temporairement les écoulements superficiels

pour les diriger en dehors du chantier ou vers des dispositifs de traitement des sédiments (figures 30 et 31).

Installés individuellement ou en série, ces dispositifs permettent :

- soit de retenir l'eau provisoirement, afin d'éviter l'érosion ou le dépôt de sédiments sur un secteur sensible (cours d'eau, zone humide, etc.) ;
- soit de limiter au maximum les risques d'érosion sur les surfaces décapées et de diminuer les volumes d'eau à traiter aux points bas des chantiers. Dans ce cas, les écoulements superficiels sont déviés et guidés vers une surface végétalisée ou vers des dispositifs de collecte, de concentration ou de traitement (fossé, drain de pente, piège à sédiment, bassin de décantation).

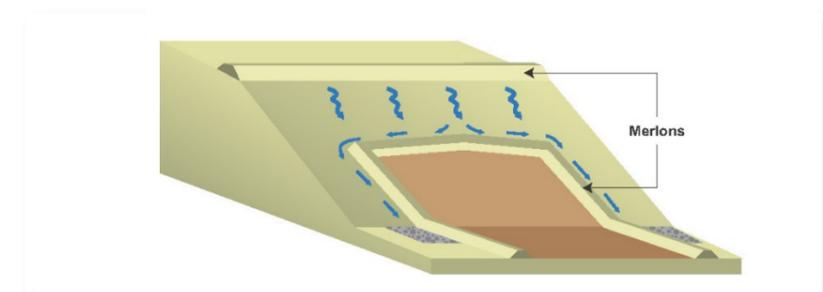


Figure 30. Collecte puis dérivation des écoulements superficiels issus du bassin versant amont à l'aide d'un merlon. L'exutoire aboutit à un dispositif anti-érosion (fiche Lutter n°7) avant rejet de l'eau dans le milieu naturel.

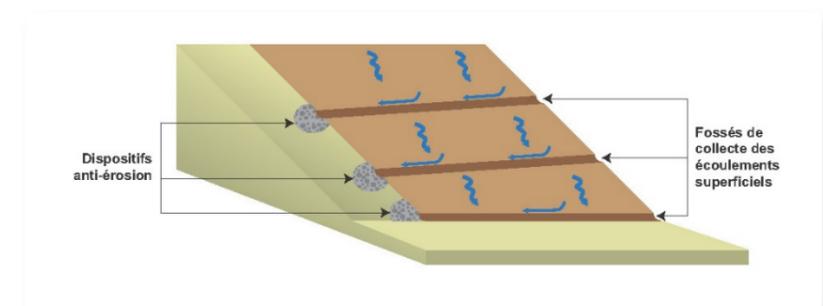


Figure 31. Collecte puis dérivation des écoulements superficiels issus du chantier à l'aide de fossés en série aboutissant à des dispositifs anti-érosion (fiches Lutter n°7 et n°8). Les eaux ainsi concentrées sont soit infiltrées soit transportées vers un dispositif de traitement des sédiments.

Champs d'application

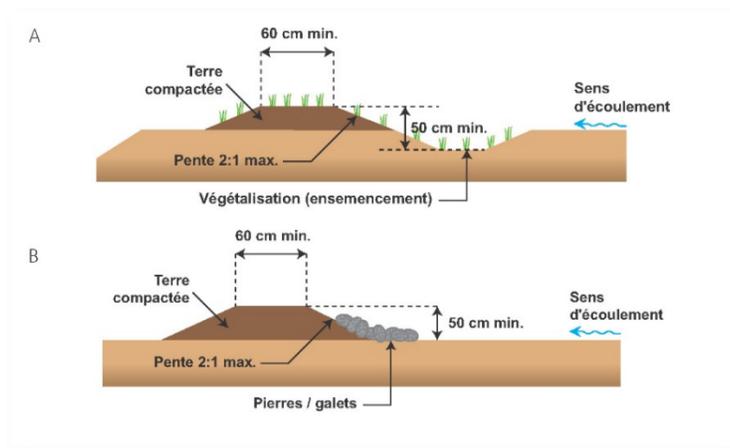
■ Ensemble de l'emprise chantier

Les merlons ou fossés provisoires sont généralement réalisés :

- à la périphérie de l'emprise chantier ;
- en haut et en pied de talus ;
- sur des surfaces décapées (talus, pistes, etc.) ;
- autour des zones de dépôts provisoires, etc.

Ils sont inadaptés aux terrains très rocailloux ou constitués d'une dense végétation.

Dans le cas d'une circulation fréquente d'engins sur une piste munie de merlons, consulter les responsables de la circulation afin de déterminer les dimensions appropriées pour assurer la sécurité du personnel. Une circulation par engins à chenilles oblige à entretenir régulièrement les merlons, surtout en période pluvieuse.



© Biotope pour AFB

Figure 32. Exemples de coupes longitudinales de différents types de merlons (A) et (B). Les rapports de forme (hauteur et pente des talus) sont donnés à titre indicatif et doivent être adaptés au cas par cas. Source : Guay et al. (2012).



Merlon en bas de pente, équipé d'une surverse (identifiée en orange). Il protège une berge défrichée et dirige l'eau vers un milieu végétalisé.



Merlon en bas de pente, associé à une barrière de rétention provisoire en géomembrane et équipé d'une surverse (dans le prolongement de la géomembrane). Il protège une zone humide et un cours d'eau longeant le chantier.

Fossé de collecte des écoulements superficiels.

Spécifications

Les merlons ou fossés s'inscrivent dans une approche multi-barrières et sont généralement combinés à d'autres bonnes pratiques (ensemencement, paillages, barrières géotextiles, etc.). Lors de leur réalisation sur les chantiers, veiller à :

- les réaliser rapidement, après le défrichage ou immédiatement après le décapage des surfaces, ou dès lors qu'une zone nécessite d'être protégée des écoulements superficiels issus de l'amont ;
- les protéger, renforcer ou stabiliser, surtout lorsqu'ils restent sur le chantier plusieurs mois, et ce à l'aide d'un ensemencement (fiche Lutter n°3), d'un paillage par géotextiles biodégradables (fiche Lutter n°5) ou

de seuils anti-érosion semi-perméables (fiche Lutter n°8). À noter qu'une couverture végétale d'environ 75 % assure une résistance suffisante à l'érosion ;

- prévoir une surverse protégée contre l'érosion et éloignée des zones sensibles (fiche Lutter n°7).

Dans le cas d'équipement d'une piste ou d'un talus décapé (figure 31 page 77) :

- réaliser les merlons ou les fossés en série et à intervalles réguliers sur l'ensemble de la surface et au point bas ;
- adapter le nombre de séries à réaliser en fonction de la pente, des risques hydrauliques et des enjeux écologiques (tableau 12).

Tableau 12. Exemples d'intervalles entre séries de fossés ou merlons en fonction de la pente

Pente	< 5 %	5 - 10 %	10 - 20 %	> 20 %
Distance entre chaque merlon (ou fossé)	100 m	60 m	30 m	10 m

Il s'agit d'ordres de grandeur à adapter au cas par cas en fonction de la nature des sols, des risques hydrauliques et des enjeux écologiques.

Cas des merlons (ou bourrelets)

Compacter solidement les matériaux utilisés, en vérifiant l'absence de débris qui pourraient créer des points faibles et faciliter l'érosion

Protéger le point de rejet des eaux (ou la zone de surverse) contre l'érosion, notamment lors de l'utilisation des merlons comme retenue d'eau temporaire (fiche Lutter n°7)

Dimensionner les merlons selon les principes suivants (figure 32 A et B ci-contre) :

- hauteur comprise entre 30 cm et 50 cm (pour une efficacité optimale) ;
- profil en travers :
 - forme trapézoïdale ou arrondie ;
 - pente des côtés < 50 % ;
- profil en long légèrement pentu, quasi-perpendiculaire au sens des écoulements superficiels, ceci afin d'éviter toute stagnation ou débordement de l'eau, ou des mises en vitesses favorisant l'érosion.

Cas des fossés

Dimensionner les fossés selon les principes suivants :

- profil en travers : éviter les parois verticales, favoriser les formes trapézoïdales, arrondies ou évasées, ces dernières permettant d'insérer plus facilement des dispositifs anti-érosion de type seuils (fiche Lutter n°8) ;
- profil en long légèrement pentu, quasi-perpendiculaire au sens des écoulements superficiels ;
- dans le cas particulier de sols humides ou d'un fossé pentu, ajouter des dispositifs de protection des sols (géotextiles) et/ou anti-érosion (seuils, enrochements) ;
- protéger le point de rejet du fossé contre l'érosion (fiche Lutter n°7) et le raccorder à un(des) piège(s) à sédiments disposé(s) en série si nécessaire.

Dans le cas d'un chantier de longue durée (plusieurs mois voire années) : entretenir les fossés selon les modalités définies dans la fiche Gérer n°2



Cunettes successives, sur une piste provisoire de circulation des engins, collectant les écoulements superficiels et les dirigeant vers une zone végétalisée située de part et d'autre de l'emprise du chantier. Les points de rejet sont munis de dispositifs anti-érosion.

Entretien / Points de vigilance

Veiller à l'absence de rigoles, de ravines, de renards ou d'écoulements contournant les merlons ou les fossés, signes d'un entretien insuffisant, d'un sous-dimensionnement ou d'un défaut de conception ou de réalisation des dispositifs

Inspecter les merlons et fossés tous les jours en période de pluie puis après chaque épisode pluvieux ; ou toutes les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier, pour détecter des traces d'érosion ou de dépôts de sédiments qui pourraient altérer l'efficacité de dispositifs

En cas de surfaces décapées instables, traiter les sols par ensemencement et paillage en complément de la réalisation des merlons ou fossés

Avantages

- Économique (peu ou pas de matériaux à fournir)
- Efficace et durable si conçu et réalisé sous des conditions optimales
- Modulaire et polyvalent
- Réduit la surface des sols à traiter quand les merlons ou fossés sont disposés en série
- Compatible avec un ensemencement hydraulique (sur les merlons par exemple)
- Peut être laissé sur place une fois le chantier terminé, si pas d'inconvénient pour les usagers du site

Limites

- Risque de dérangement de la circulation des engins et piétons. Informer les propriétaires avant de quitter le chantier
- Inadapté aux terrains très rocailloux ou constitués d'une végétation dense
- Nécessite une surveillance et un entretien très régulier

Entretien d'un fossé provisoire – Technique du tiers inférieur

Objectifs

- Maintenir la capacité d'évacuation de l'eau
- Réduire l'érosion des talus et le dépôt de sédiments en aval
- Préserver les milieux récepteurs
- Réduire la fréquence et les coûts d'entretien

Description

Entretien le fossé en curant uniquement le tiers inférieur de la profondeur totale du fossé et en préservant la végétation des talus (figure 33)

Cette technique est plus particulièrement adaptée aux fossés provisoires réalisés dans le cadre de chantiers de longue durée (plusieurs mois voire années) ou aux fossés permanents (des Touches & Anras, 2005).

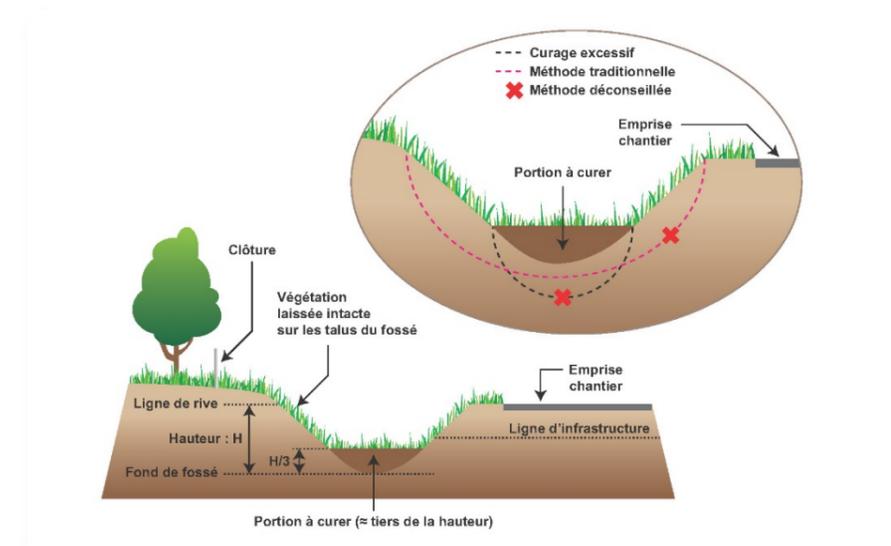


Figure 33. Modalités d'entretien des fossés par la technique du tiers inférieur : schéma de principe et ordre de grandeur des rapports de forme recommandés. Source : Guay et al (2012).



Fossé creusé selon la méthode du tiers inférieur.



Méthode traditionnelle.



© www.apel.maraisdunord.org



© www.apel.maraisdunord.org

A- Résultat de la méthode de gestion des fossés à l'aide du tiers inférieur. Quelques mois après l'entretien, le fond du fossé est intact et garde toute sa capacité d'évacuation des eaux.

B- Résultat de la méthode traditionnelle de gestion des fossés. Quelques mois après l'entretien, la reprise végétale est faible, des rigoles d'érosion se sont formées sur les talus et le fond du fossé est colmaté.

Champs d'application

Ensemble des fossés collecteurs du chantier (dont plus particulièrement ceux situés à proximité des milieux aquatiques)

Spécifications

Avant le démarrage des travaux d'entretien

- Veiller au choix d'un matériel adapté :
- taille de pelleteuse permettant à l'opérateur de voir le fond du fossé ;
- godet sans dents, de dimension adaptée au gabarit du fond du fossé ;
- système de guidage laser permettant de contrôler et de respecter la pente du fossé.

Inspecter le linéaire du fossé et marquer les sorties de drains, embâcles ou problèmes d'écoulement

Identifier les linéaires nécessitant un curage du fond du fossé et/ou un entretien des talus (pour lesquels la végétation est trop développée et constitue un danger, un risque d'embâcle ou un obstacle à l'écoulement)

Pendant les travaux

Intervenir uniquement lorsque nécessaire. Éviter de curer si seul un débroussaillage des talus est requis

Procéder en descendant de l'amont vers l'aval afin de permettre aux linéaires non nettoyés de filtrer les débris ou sédiments issus des travaux amont

Marquer d'une simple entaille horizontale et à l'aide du bord du godet, la limite entre le tiers inférieur et les deux tiers supérieurs du talus. Réaliser cette entaille sur le talus situé côté pelleteuse uniquement

Curer ensuite le fond du fossé, en allant soit (1) du talus opposé à la piste jusqu'à l'entaille horizontale effectuée côté pelleteuse ; soit (2) dans le sens de la pente longitudinale du fossé (cas de l'utilisation d'un bras articulé/déporté). Cette dernière technique évite la création de surlargeurs et garantit le maintien de la végétation sur les talus du fossé

Veiller à préserver la végétation dans les 2/3 supérieurs des deux talus

Évacuer les débris et résidus de curage afin d'éviter qu'ils ne retombent au fond du fossé

Pour toute recommandation spécifique à l'entretien des fossés permanents consulter des Touches & Anras, 2005

Entretien, points de vigilance

Procéder par temps sec

Protéger le point de raccordement du fossé avec le milieu récepteur (fiches Lutter n°7 et n°8)

Dans le cas de fossés très pentus (pente > 5 %) et incisés, ajouter :

- des seuils anti-érosion en séries (fiche Lutter n°8) ;
- des pièges à sédiments (fiche Traiter n°1).

Dans le cas de talus instables : les végétaliser à l'aide de techniques de génie végétal traditionnelles

Vérifier, après une forte pluie, si l'eau s'écoule librement et repérer les encoches d'érosion. Les stabiliser

En cas d'enjeux écologiques (floristiques ou faunistiques) au sein du milieu récepteur en aval immédiat du fossé : laisser intact le dernier linéaire compris entre 20 m et 50 m, sauf en cas de risque à la sécurité ou de présence d'obstacles à l'écoulement

Avantages

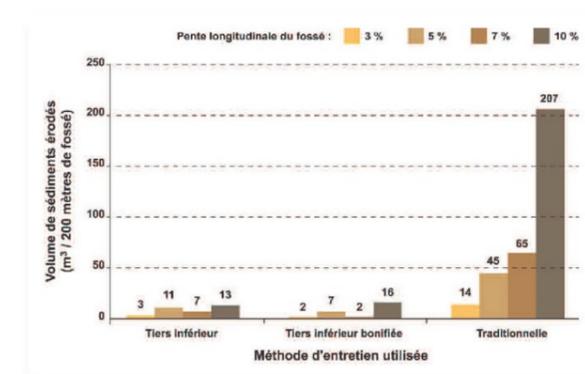
- Économique (réduction du coût d'environ 40 % comparé aux méthodes traditionnelles) (tableau 13)
- Réduit le temps consacré à l'entretien des fossés, tant en termes de fréquence que de durée des travaux de curage
- Réduit la quantité de résidus de curage à gérer d'environ 60 % (figure 34)
- Maintien des fonctions d'évacuation hydraulique des fossés
- Maintien des fonctions protectrices et épuratrices de la végétation
- Maintien de la capacité d'accueil des fossés pour la faune et la flore

Limite

- Inadapté aux fossés trop incisés ou obstrués demandant un reprofilage complet

Tableau 13. Comparaison du coût d'entretien de fossés entre les méthodes traditionnelles et du tiers inférieur. Source : Gagné (2008) In Ministère des transports du Québec (2012).

	Méthode traditionnelle	Technique du tiers inférieur
Curage		
Temps moyen	4 h 39 min	2 h 49 min
Taux horaire	90 \$	90 \$
Coût total – section de 200 m	418,5 \$	253,8 \$
Chargement camion de 15 tonnes – distance parcourue 20 km		
Nombre moyen de chargement	14,6	4,9
Quantité totale chargée	219 tonnes	73,5 tonnes
Coût unitaire – chargement (/km)	8,88 \$	8,88 \$
Coût total – curage + chargement – section de 200 m	2 362,34 \$	652,39 \$
Coût total par km de fossé curé	11 811,7 \$	906,2 \$



© Biotope pour AFB

Figure 34. Comparaison du volume de sédiments érodés entre trois types de curage de fossés. Source : Monast Robineau (2008) In Ministère des transports du Québec (2012).

Des boudins « maison » peuvent aussi être fabriqués sur le chantier avec des toiles de géotextile roulées.

Très polyvalents, les boudins sont utilisés pour :

- participer à la stabilisation de surfaces décapées pentues ;
- protéger les milieux aquatiques ou autres zones sensibles, les avaloirs, les bouches d'égout ou les regards contre l'apport de sédiments grossiers (fiche Traiter n°6) ;
- créer des seuils anti-érosion successifs (fiche Lutter n°8) ;
- accélérer la reprise végétale lors de la remise en état de berges ou de talus, etc. Dans ce cas, l'utilisation de boudins pré-germés est recommandée.

Champs d'application

- Ensemble de l'emprise du chantier

Les boudins peuvent être utilisés dans de multiples situations et configurations :

- à la périphérie du chantier, pour délimiter les emprises et dévier les écoulements superficiels issus du bassin versant amont ;
- sur une grande surface décapée pentue, en série et parallèlement aux courbes de niveau, afin de démultiplier les zones de rétention ;
- au sein d'un fossé ou d'une noue, afin de créer des seuils successifs de dissipation de l'énergie hydraulique ;
- au point bas d'un talus ou autour d'un dépôt provisoire pour freiner et décanter les sédiments grossiers ;
- en amont ou en aval immédiat d'un bassin de décantation ou d'un exutoire (drain, buse, etc.) ;
- le long d'un fossé ou autour d'une bouche d'égout ou d'un avaloir ;
- le long d'un cours d'eau, afin de protéger la ripisylve ou la végétation herbacée du chantier ;
- en fascine le long d'une berge ou d'un talus, etc.

Les boudins devant toujours être en contact avec le sol sur toute leur longueur, ils sont inefficaces sur de la roche mère ou sur une surface non décapée et végétalisée.



Boudins avec maillage plastique et rembourrage en fibre de paille, ancrés par pieux alternés (A) ou selon la technique "vampire" (B).



Boudins avec maillage plastique et rembourrage en fibre de paille, ancrés par pieux alternés (A) ou selon la technique "vampire" (B).

Ne jamais utiliser de boudins :

- au fond du lit d'un cours d'eau ;
- sur une surface décapée saturée d'eau et présentant un risque élevé de glissement de terrain. Ils augmentent en effet l'infiltration et peuvent contribuer à l'instabilité du sol.

Spécifications

Les boudins s'intègrent dans une approche multi-barrières associant création de microreliefs, ensemencement, paillage par mulch ou géotextile biodégradable, etc.

Les écoulements superficiels doivent passer au travers ou par-dessus le boudin et non autour ou en-dessous.

L'efficacité de l'installation dépend donc de la qualité de l'ancrage effectué, qui doit maintenir un **contact continu entre le boudin et le sol sur toute la longueur**. À cette fin :

- réaliser au préalable une tranchée de 5 à 10 cm de profondeur (soit un tiers environ du diamètre du boudin) ;
- ancrer les boudins à l'aide de pieux en bois plantés aux extrémités et à intervalles réguliers (tous les 120 cm environ). Ces pieux présentent une épaisseur de 2 x 2 cm environ et une hauteur de 60 cm. Deux méthodes d'ancrage sont possibles (figure 36) :
 - technique « vampire » : enfoncement des pieux au cœur du boudin,
 - technique des « pieux alternés » : enfoncement des pieux en quinconce (de part et d'autre du boudin) reliés entre eux par un cordage.

Cas de protection des dépôts provisoires (fiche Lutter n°6)

Cas de seuils semi-perméables (fiche Lutter n°8)

Cas de protection d'avaloirs (ou bouches d'égouts) (fiche Traiter n°6)

Entretien, points de vigilance

Après l'ancrage des boudins, vérifier systématiquement qu'ils sont bien en contact avec le sol sur toute leur longueur. Ils peuvent en effet être entraînés par le courant s'ils sont mal fixés ou soumis à des débits trop élevés

Inspecter l'installation tous les jours pendant une période pluvieuse et une fois toutes les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier et intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement. La formation de rigoles, de sous-creusements (renards) ou de contournements indique un entretien insuffisant, un sous-dimensionnement ou une mauvaise installation.

Réparer ou remplacer les boudins déchirés, colmatés ou sous-dimensionnés. Le cas échéant, de la paille ou des morceaux de géotextile peuvent combler les petits espaces entre le boudin et le sol.

Certains maillages et rembourrages permettent le traitement chimique des eaux pour les métaux-lourds, les hydrocarbures, les sauts de pH, les MES, etc. L'ajout de flocculants sur le maillage des boudins est à étudier rigoureusement : les dosages sont difficiles à établir et l'innocuité des molécules dans le milieu naturel n'est pas formellement démontrée. Le rapport coût/bénéfice reste à définir et le respect du principe de précaution constitue une priorité (fiche Traiter n°5).

Avantages

- Économique
- Flexible, disponible et modulable
- S'installe et se retire facilement, même sur des surfaces difficiles d'accès ou constituées de sols peu profonds
- Épouse la forme du relief
- Capte les graines, feuilles, sédiments, etc. et favorise la création de micro-habitats propices à la germination et à la reprise végétale
- Peut être laissé sur place dès lors qu'il est biodégradable. Il conserve sa fonctionnalité jusqu'à 5 ans (en moyenne), aidant à la reprise végétale des berges, talus, etc.
- Utile en génie végétal, permet une approche paysagère

Limites

- Ne jamais utiliser seul mais obligatoirement en combinaison avec d'autres bonnes pratiques environnementales
- Inadapté aux sols rocailleux
- Risque de submersion des boudins de faible diamètre
- Efficace seulement pour des apports en sédiments limités
- Difficile à retirer une fois installé et saturé d'eau. Favoriser l'utilisation d'un maillage et rembourrage biodégradables à même le sol, afin de pouvoir le laisser sur place à la fin du chantier

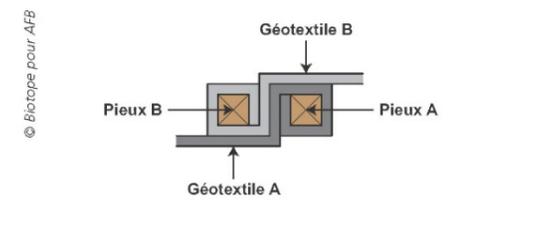
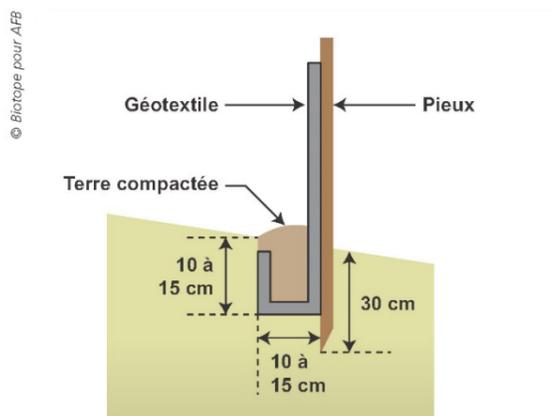
Barrière de rétention (ou de clôture) provisoire

Objectifs

- Intercepter et ralentir les écoulements superficiels
- Favoriser l'infiltration des écoulements superficiels
- Piéger les sédiments grossiers
- Diminuer les volumes d'eau et de sédiments à traiter au point bas des chantiers

Description

Géotextile tissé ou non tissé, constituant une barrière verticale semi-perméable, au travers de laquelle l'eau percole lentement à travers la porosité du tissu (figures 37 et 38)

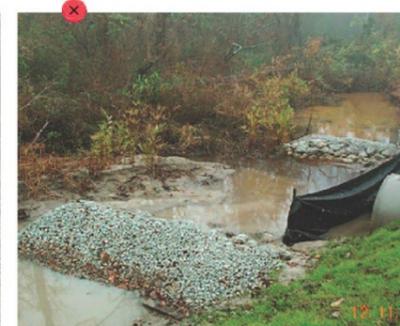


Tendues verticalement avec des piquets, les barrières de rétention sont enterrées dans le sol sous des bourrelets. Elles font environ 60 cm de haut et peuvent aller jusqu'à 40 m de long maximum (au-delà, l'accumulation d'eau engendre des risques élevés de rupture du dispositif).

L'eau doit passer au travers du géotextile et non autour, ni en-dessous ou par-dessus.

Très polyvalentes, elles sont utilisées pour :

- participer à la stabilisation de surfaces décapées pentues ;
- contenir les sédiments grossiers au sein d'une zone localisée ;
- protéger les milieux aquatiques ou autres zones sensibles du reste du chantier.





La pose de barrières de rétention n'est pas une mesure suffisante pour lutter contre l'érosion des sols, gérer les écoulements superficiels et traiter les sédiments. Il importe d'adopter une approche multi-barrières combinant simultanément plusieurs bonnes pratiques environnementales.

Champs d'application

■ Ensemble de l'emprise du chantier

Les barrières de rétention peuvent être utilisées dans de multiples situations et configurations :

- soit sur une surface décapée, en série et parallèlement aux courbes de niveau afin de démultiplier les zones de rétention ;
- soit au point bas d'un talus pour freiner et décanter les sédiments grossiers ;
- soit autour d'un dépôt provisoire de déblais/remblais ou à la périphérie de l'emprise du chantier ;
- soit le long d'un cours d'eau, afin de protéger la ripisylve ou la végétation herbacée du chantier.

Les barrières géotextiles sont déconseillées sur des surfaces pentues (> 50 %) ou instables et dans les cours d'eau.

Spécifications

Les barrières de rétention s'intègrent dans une approche multi-barrières associant création de microreliefs, ensemencement, paillages par mulch ou géotextile biodégradable, merlons, cunettes ou boudins, etc.

Il importe de bien sélectionner l'emplacement des barrières géotextiles, tout comme leur configuration et installation, ces derniers points participant à l'efficacité du dispositif.

Choisir un géotextile adapté aux objectifs fixés car de nombreux modèles existent pour assurer une performance optimale. À titre indicatif :

- certaines barrières peuvent être composées d'un géotextile synthétique tissé, directement agrafé sur des piquets avec la partie inférieure du géotextile en « jupe » afin de permettre son enfouissement dans une tranchée ;
- les modèles non tissés sont parfois utilisés sur les chantiers car ils ne s'effilochent pas. Il convient néanmoins de vérifier au préalable leur porosité, leur résistance au déchirement, aux UV, etc. ;
- en installation très provisoire, un géotextile biodégradable peut être utilisé en lieu et place d'autres géotextiles, ceci afin de limiter la production de déchets. Mais la durée de vie de la barrière sera limitée.

Installer les barrières de rétention immédiatement après le défrichage et dans tous les cas avant le décapage des sols. Veiller à adapter cette implantation au fur et à mesure de l'avancement des travaux

Creuser au préalable une tranchée d'environ 15 cm x 15 cm (sauf dans le cas d'utilisation d'un dispositif d'installation automatique)

Positionner le géotextile en laissant un rabat de 20 cm environ à sa base

Maintenir verticalement le géotextile à l'aide de piquets (en bois ou en métal), espacés à intervalles réguliers de 2 m maximum et enfoncés dans le sol sur un minimum de 30 cm de profondeur. Le géotextile est placé en amont de ces piquets

Placer le géotextile au fond de la tranchée

Comblers la tranchée de terre puis la compacter, afin d'enterrer solidement le géotextile

Des systèmes de pose et d'ancrage automatiques des barrières géotextiles existent, à l'aide d'un tracteur équipé du soc d'une charrue et d'un matériel de tractage spécifique.

Dans le cas d'équipement d'une surface décapée pentue

Prévoir l'installation de séries successives positionnées à intervalles réguliers à définir en fonction de la pente

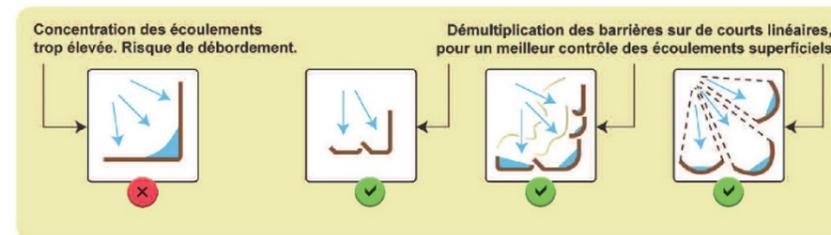
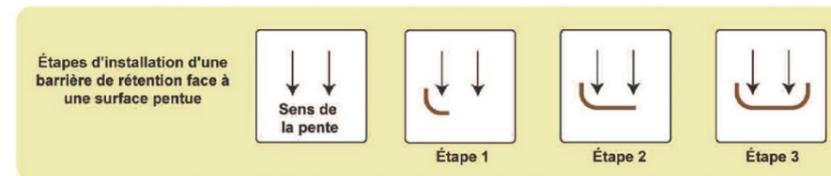
Installer les barrières parallèlement aux courbes de niveau, mais avec un retour en forme de « J » (dit « smiley »), afin d'éviter le contournement du dispositif par l'eau et d'optimiser le piégeage des sédiments (figure 39)

Dans le cas de protection d'un pied de talus ou d'un dépôt provisoire

Installer les barrières à 1 m de distance de la zone à protéger

Épouser la forme de la zone

Figure 39. Principes d'installation de barrières de rétention : en série et en « J ». Source : McCullah (2007).



© Biotope pour AFB

Entretien, points de vigilance

Après l'installation, vérifier systématiquement l'ancrage au sol des barrières de rétention sur toute leur longueur

Inspecter l'installation tous les jours pendant une période pluvieuse et une fois toute les deux semaines pendant une période d'inactivité du chantier et intervenir rapidement en cas de dysfonctionnement. La formation de rigoles, de sous-creusements (renards) ou de contournements indique un entretien insuffisant ou une mauvaise installation.

Retirer les sédiments stockés quand ils atteignent 1/3 de la hauteur de la barrière

Réparer ou remplacer les barrières déchirées, colmatées ou effondrées

Laisser les barrières en place jusqu'à ce que les travaux soient terminés et/ou que les surfaces décapées en amont soient stabilisées avec une végétation pérenne ; puis les retirer complètement du site

Remettre en état les sols une fois les barrières de rétention enlevées

Avantages

- Efficace et durable si installée dans les conditions optimales
- Modulable et polyvalente
- Épouse facilement la forme du relief
- Compatible avec un ensemcement hydraulique
- Complète le génie végétal en protégeant les milieux naturels restaurés
- Peut être laissée sur place le temps que la végétation s'implante

Limites

- Nécessite une grande rigueur lors de son implantation et de son installation
- Incompatible avec un terrain rocailleux ou une végétation dense existante
- Demande un entretien régulier parfois difficile à mettre en place en période pluvieuse
- Nécessite de prévoir un accès pour l'évacuation des sédiments curés
- Risque de déchirement et de dispersion du géotextile, voire de colmatage du fond du lit des cours d'eau
- Nécessite d'être retirée à la fin des travaux et constitue un déchet supplémentaire à gérer lors du démantèlement

Descente d'eau et drain de pente provisoires

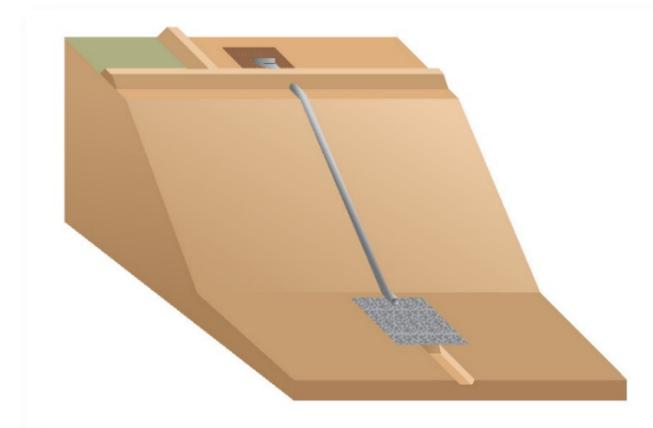
Objectifs

- Éviter la création de rigoles ou de ravines sur les talus décapés de grande hauteur (déblais, remblais)
- Isoler le chantier des écoulements superficiels issus du bassin versant amont
- Intercepter et réduire des écoulements superficiels au sein même du chantier
- Acheminer l'eau vers une surface stabilisée ou un dispositif de traitement des sédiments
- Protéger une zone sensible

Description

Drain ou conduite (composés d'un tuyau souple ou rigide de type gouttière, tuyau annelé PVC, buse, gaine ou drain fixé avec des pierres) ou descente d'eau (en géotextile ou en bâche de type polyane/géomembrane), à choisir en fonction des besoins et contraintes (diamètre, flexibilité, résistance à la charge hydraulique, etc.) (figure 40).

Ils interceptent temporairement les écoulements superficiels en leur faisant traverser par gravité un talus, une surface décapée ou un milieu naturel sensible sans créer de nuisance. Ces écoulements sont ensuite infiltrés ou rejetés dans un dispositif ou sur un site prévu à cet effet (surface végétalisée hors emprise chantier, fossé, bassin de décantation, cours d'eau, etc.).



© Biotope pour AFB

Figure 40. Schéma de principe d'installation d'un drain de pente sur une surface décapée pentue.

Champs d'application

- Talus pentus, redans, bermes, remblais, dépôts provisoires de matériaux, etc.

Spécifications

Les descentes d'eau provisoires ou drains de pente s'intègrent dans une approche multi-barrières associant microreliefs, ensemcement, paillages par mulch ou géotextile biodégradable, merlons, cunettes ou boudins, etc. Leur utilisation est recommandée pour :

- intercepter les eaux propres issues du bassin versant en amont du chantier et les restituer au milieu aquatique aval, ceci afin de limiter les processus d'érosion et de diminuer les volumes d'eaux à gérer et de sédiments à traiter au sein de la zone de travaux ;
- limiter l'apport d'eau dans une zone active de travaux ;
- maîtriser les écoulements superficiels collectés sur une plate-forme située en crête de talus et éviter la formation de rigoles ou ravines.

Lors de leur installation, dimensionner la section hydraulique de la descente d'eau ou du drain de pente en fonction du débit anticipé. Ce diamètre doit être *a minima* proportionnel à la superficie du bassin versant drainé (tableau 15).

Tableau 15. Diamètre minimal de la descente d'eau ou du drain de pente en fonction de la superficie du bassin versant drainé. Source : Oregon Department of Transportation (2005)

Superficie du bassin versant	Diamètre du drain de pente
0.05 ha	150 mm
0.2 ha	300 mm
0.6 ha	450 mm
1.4 ha	600 mm

Un sous-dimensionnement de la section hydraulique du drain de pente peut entraîner des dégâts matériels ou des risques à la sécurité du personnel.

À l'entrée amont de la descente d'eau ou du drain de pente

Compacter le sol sous le point d'entrée de l'eau dans le dispositif et protéger les abords à l'aide d'un géotextile ancré au sol

Acheminer l'eau vers l'entrée du dispositif à l'aide d'un merlon. Ce dernier l'enlobe et le dépasse d'au moins 20 cm de haut pour éviter tout débordement.

Équiper le cas échéant l'entrée du dispositif d'une bride évitant le sous creusement ($\emptyset > 300$ mm) ; à défaut, disposer temporairement des sacs de sable ancrés autour de l'entrée

Retirer les sédiments accumulés à l'entrée du dispositif dès qu'ils colmatent plus du tiers de son gabarit

Le long de la descente d'eau ou du drain de pente

Positionner le dispositif perpendiculairement aux courbes de niveaux

L'enterrer ou le poser à la surface du sol, en fonction des besoins ou du contexte

L'ancrer au sol tous les 2 ou 3 m à l'aide de pierres (ou d'enrochements pour des débits plus élevés)

Si plusieurs sections de gaines ou de buses sont utilisées successivement, ajuster les joints pour éviter les fuites

Au point de rejet aval de la descente d'eau ou du drain de pente

Positionner le point de rejet en bas de pente – ne jamais rejeter l'eau en milieu de pente pour ne pas générer de processus d'érosion annulant tous les efforts développés en amont

Aménager la zone de rejet à l'aide de dispositifs anti-érosion proportionnels au volume et à la vitesse du courant (fiche Lutter n°7)

Entretien, points de vigilance

Les dysfonctionnements couramment observés sur ces dispositifs sont liés à la création de processus d'érosion à l'entrée et tout le long de la conduite. Afin de les éviter :

- lors du premier épisode pluvieux après l'installation du dispositif :
- inspecter les merlons ou cunettes chargées de transporter les écoulements superficiels amont vers le drain de pente. Vérifier le dimensionnement et l'absence d'érosion ou d'accumulation de sédiments,
- contrôler rigoureusement la conduite et ses points d'entrée et de rejet, ceci pour s'assurer de l'absence de zones de rétention d'eau qui présenteraient un risque soit pour la circulation des engins soit de création d'une zone d'érosion ou de dépôt de sédiments ;
- puis inspecter l'ensemble de ces dispositifs après chaque épisode pluvieux important ;
- inspecter l'aval des points de rejet et suivre les écoulements pour s'assurer que l'eau ne crée pas de nuisance.

Si le dispositif est enterré sous une piste de roulement, s'assurer que la profondeur et les matériaux sont conformes aux règles de l'art (adéquation des matériaux au trafic et au type d'engin) et qu'il n'y a pas de pente inversée

En fin de chantier, retirer les drains de pente et stabiliser le sol pour éviter la création d'un point faible sensible à l'érosion

Avantages

- Réduire rapidement les nuisances créées par des écoulements superficiels ponctuels
- Séparer les eaux « propres » issues du bassin versant amont, de celles issues du chantier et réduire les volumes d'eau à traiter sur le chantier (dans le cas de la mise en place d'un réseau de collecte séparatif)
- Éviter l'érosion des surfaces décapées en attendant qu'elles soient végétalisées ou stabilisées de manière pérenne
- Limiter le réchauffement des écoulements superficiels (dans le cas de conduites fermées)

Limites

- Installation temporaire adaptée à de faibles débits
- Nécessite de veiller au bon emplacement des dispositifs, en fonction de la topographie, des écoulements amont et de l'avancement des travaux
- Demande un contrôle et un entretien réguliers
- En cas de dysfonctionnement, risque d'inondation de la zone de travail aval



Demi-gaine HDPP sur une surface décapée mais ensemencée et paillée, avec équipement du point de rejet d'un dispositif anti-érosion.



Gaine HDPP contournant une zone de chantier active.



Drain de pente.

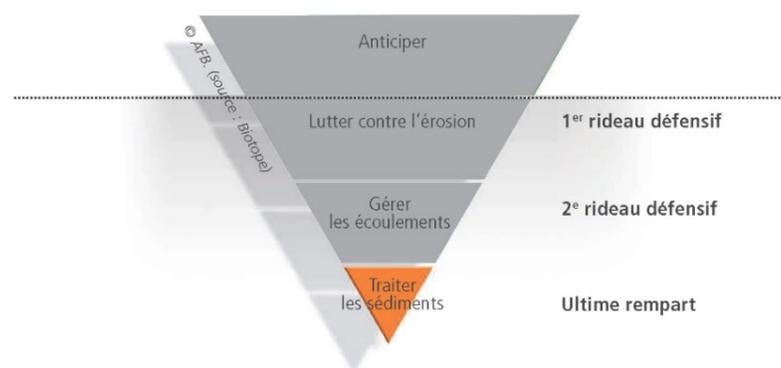


Descente d'eau provisoire sur remblai de grande hauteur, avec passage au travers d'une cage de filtration (en amont) et d'un dispositif anti-érosion (en aval).

Descente d'eau provisoire sur remblai de grande hauteur, associé à un piège à sédiments. En cas de risque élevé de réchauffement de l'eau, prévoir si possible une ré-infiltration de ces écoulements en aval.

VI Traiter les sédiments

En complément de la lutte contre l'érosion et de la gestion des écoulements superficiels (chapitres IV et V), les bonnes pratiques environnementales spécifiques au traitement des sédiments constituent la dernière ligne de défense des milieux aquatiques.



À ce titre, le chapitre suivant présente les bonnes pratiques environnementales disponibles, avec leurs objectifs, leurs champs d'application, leurs spécifications, leurs avantages et leurs limites.

- Fiche Traiter n°1. Piège à sédiments provisoire
- Fiche Traiter n°2. Bassin de décantation provisoire
- Fiche Traiter n°3. Vidangeur passif flottant (dit « skimmer ») associé aux bassins de décantation provisoires
- Fiche Traiter n°4. Sac filtrant à sédiments
- Fiche Traiter n°5. Floculants
- Fiche Traiter n°6. Protection des bouches d'égout, avaloirs, regards
- Fiche Traiter n°7. Aménagement des accès au chantier

Fiche Traiter n°1 Piège à sédiments provisoire

Piège à sédiments provisoire

Objectifs

- Intercepter et ralentir les écoulements superficiels
- Piéger les sédiments grossiers

Constitué d'une simple excavation (fosse) ou de merlons/digues hors-sol formant un enclos de petite taille, ils reçoivent les eaux chargées de sédiments dès le démarrage des travaux pour un stockage et une décantation de courte durée. Les particules grossières sédimentent par gravité lorsque le courant est suffisamment lent.

Description

Dispositif temporaire de décantation des sédiments grossiers (figure 41)

Les pièges à sédiments constituent l'avant dernière ligne de défense contre les sédiments grossiers, après les boudins de rétention, les seuils anti-érosion ou les barrières de clôture, et avant les bassins de décantation.

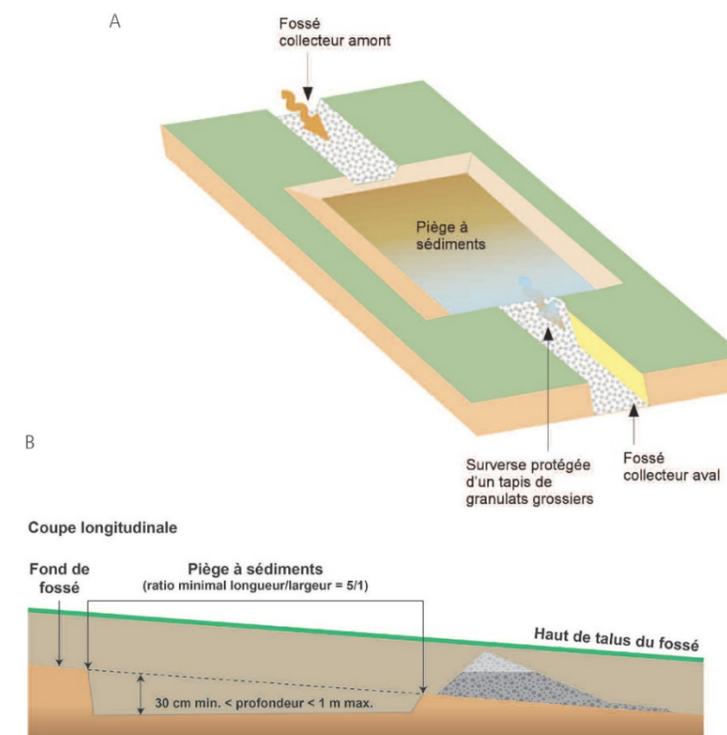


Figure 41. Schémas de principe (A) et coupe longitudinale (B) d'un piège à sédiments. Les rapports de forme indiqués constituent des ordres de grandeur à adapter au cas par cas. Source : Alberta government (2011).



Piège à sédiments avec berges végétalisées.



Piège à sédiments positionné en bas de pente avec fosse de récupération des écoulements.



Dispositif de surverse à gabion de paille.



Piège à sédiments hors-sol : rapport longueur/largeur adapté, mais absence d'un dispositif de surverse.



Piège à sédiments de forme ronde, inadaptée à la décantation des sédiments.

Champs d'application

- Ensemble de l'emprise du chantier, dont plus particulièrement :
 - en série sur un réseau de fossés de collecte des écoulements superficiels ;
 - en aval d'une descente d'eau provisoire, d'un drain de pente, de fossés ou de merlons, etc. ;
 - en amont d'un bassin de décantation, en particulier à proximité d'une zone sensible ;
 - comme dispositif ponctuel, le temps de construire un

bassin de décantation provisoire ou définitif correctement dimensionné et équipé ; etc.

L'implantation des pièges à sédiments dépend des modalités de circulation des eaux superficielles et du réseau de merlons ou de fossés collecteurs, de l'emprise disponible et des besoins.

Positionner les pièges à sédiments à plus de 10 m ou 20 m des cours d'eau ou des zones humides (selon leurs enjeux écologiques). Ne jamais les implanter en zone sensible, dans un cours d'eau ou sur une zone humide.

Ne pas réaliser de pièges à sédiments en excavation sur un sol déjà saturé d'eau. Eviter cette zone, sinon à défaut, construire un piège hors-sol.

Spécifications

Les pièges à sédiments s'inscrivent dans une approche multi-barrières, en complément de dispositifs de gestion des écoulements superficiels, de protection des exutoires, de décantation des sédiments, etc.

Planter et réaliser chaque piège à sédiments en fonction de ses objectifs, de la topographie, des risques d'érosion et des enjeux écologiques en aval

Adapter le nombre de pièges à sédiments en fonction des surfaces amont drainées, sachant que la surface maximale drainée est généralement fixée à 2 ha. Comme pour les bassins de décantation, l'avis d'un hydraulicien peut s'avérer utile.

Construire les pièges à sédiments après le défrichement de l'emprise du chantier mais avant le décapage des sols (autant que possible) puis au fur et à mesure du déroulement du chantier

Excaver une cavité respectant les rapports de forme ci-dessous :

- forme rectangulaire. Eviter impérativement les formes rondes ou carrées qui limitent la décantation des sédiments ;
- ratio longueur/largeur de 5/1 (ou plus selon le débit) ;
- profondeur comprise entre 30 cm et 1 m maximum ;
- fond plat (ou légèrement incliné à contre-pente).

Positionner l'entrée et l'exutoire le plus loin possible les uns des autres et les équiper de seuils anti-érosion (fiche Lutter n°8). Le cas échéant, ajouter un dispositif de vidange passive (de type « skimmer ») (fiche Traiter n°3)

Diriger autant que possible la surverse vers une zone d'infiltration végétalisée ou non sensible

Dans le cas particulier d'une construction hors-sol

Placer les digues formant l'enceinte du piège sur une surface décapée afin de réduire le risque de sous-croisement et d'assurer la stabilité de l'ensemble du dispositif

Constituer les merlons de couches de terres minérales humides compactées dans les règles de l'art

Limiter la pente des merlons à 50 % et le cas échéant, les végétaliser ou les couvrir d'un géotextile conformément à la réglementation

Entretien, points de vigilance

Maintenir un accès pendant la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. Prévoir un système pour mesurer l'épaisseur des sédiments

Si le dispositif représente un piège potentiel pour la faune, y installer une branche, une corde (ou dispositif équivalent) afin d'éviter les mortalités accidentelles : consulter un écologue

Mesurer régulièrement la qualité de l'eau entrante et sortante. Le cas échéant, identifier les sources amonts d'apports en sédiments et ajouter des bonnes pratiques spécifiques

Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes

Suite à de fortes précipitations

Inspecter le piège à sédiment (dont l'état des dispositifs de protection de l'entrée et de la sortie d'eau)

Vérifier l'absence d'érosion autour ou au sein du piège (sous-croisements, renards de contournement, affaissements ou instabilité des talus)

Réparer tout dysfonctionnement avant le prochain épisode pluvieux. De nombreux guides préconisent d'anticiper son entretien quand la pluviométrie dépasse un seuil donné. Celui-ci varie selon les pays et la nature des sols entre 6 mm et 30 mm sur 24h (par ex. : Shead et al., non daté ; McLaughlin, 2012)

En fin de chantier

Attendre la revégétalisation des talus et autres surfaces décapées avant de démonter le piège à sédiments

Avantages

- Économique
- S'installe rapidement
- Se remblaye ou se conserve en l'état en fonction de l'évolution des terrassements et des besoins du chantier
- Efficace si correctement conçu et réalisé, puis régulièrement entretenu

Limite

- Inefficace pour piéger les particules fines (argiles) car temps de rétention insuffisant

Bassin de décantation provisoire

Objectifs

- Piéger les sédiments fins et grossiers
- Rejeter une eau de qualité physico-chimique conforme aux prescriptions réglementaires

Description

Bassin temporaire destiné à piéger les sédiments fins et grossiers issus des écoulements superficiels collectés sur l'emprise chantier (figures 42, 43 et 44)

Les bassins de décantation provisoires constituent la dernière ligne de défense de l'approche multi-barrières. Si des dispositifs amont de lutte contre l'érosion, de diminution des volumes d'eau à traiter et de sédimentation intermédiaire ne sont pas mis en œuvre, le bassin de décantation est inopérant car ses capacités de traitement sont rapidement dépassées.

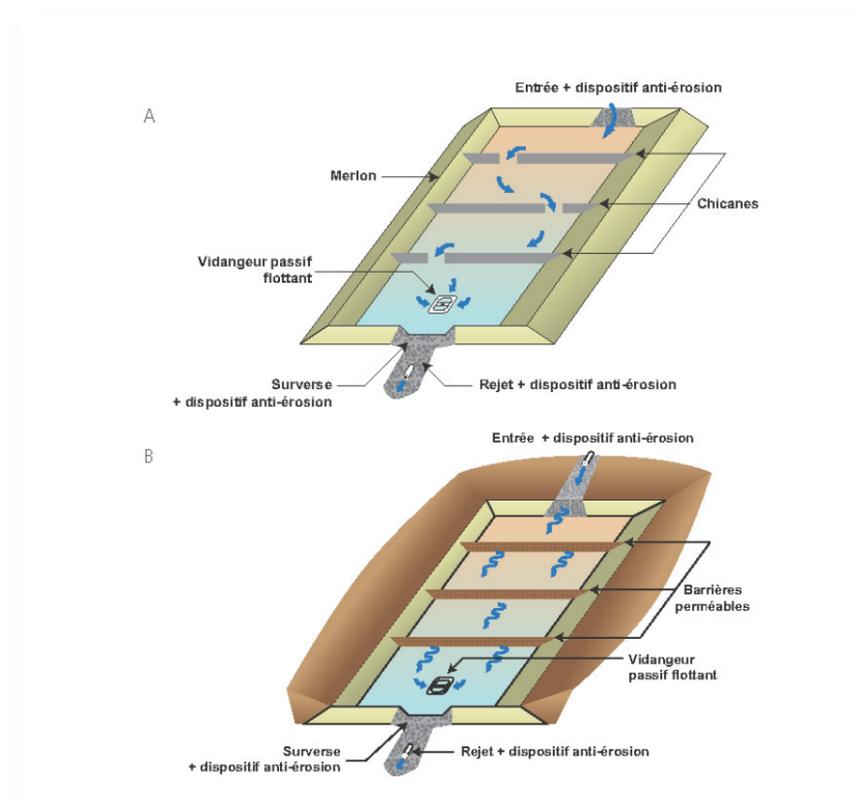


Figure 42. Schéma de principe d'un bassin de décantation hors sol (A) ou enterré (B), équipé de chicanes, d'un vidangeur passif flottant de type « skimmer » et d'une surverse. Source : Water Environment Services (2008).

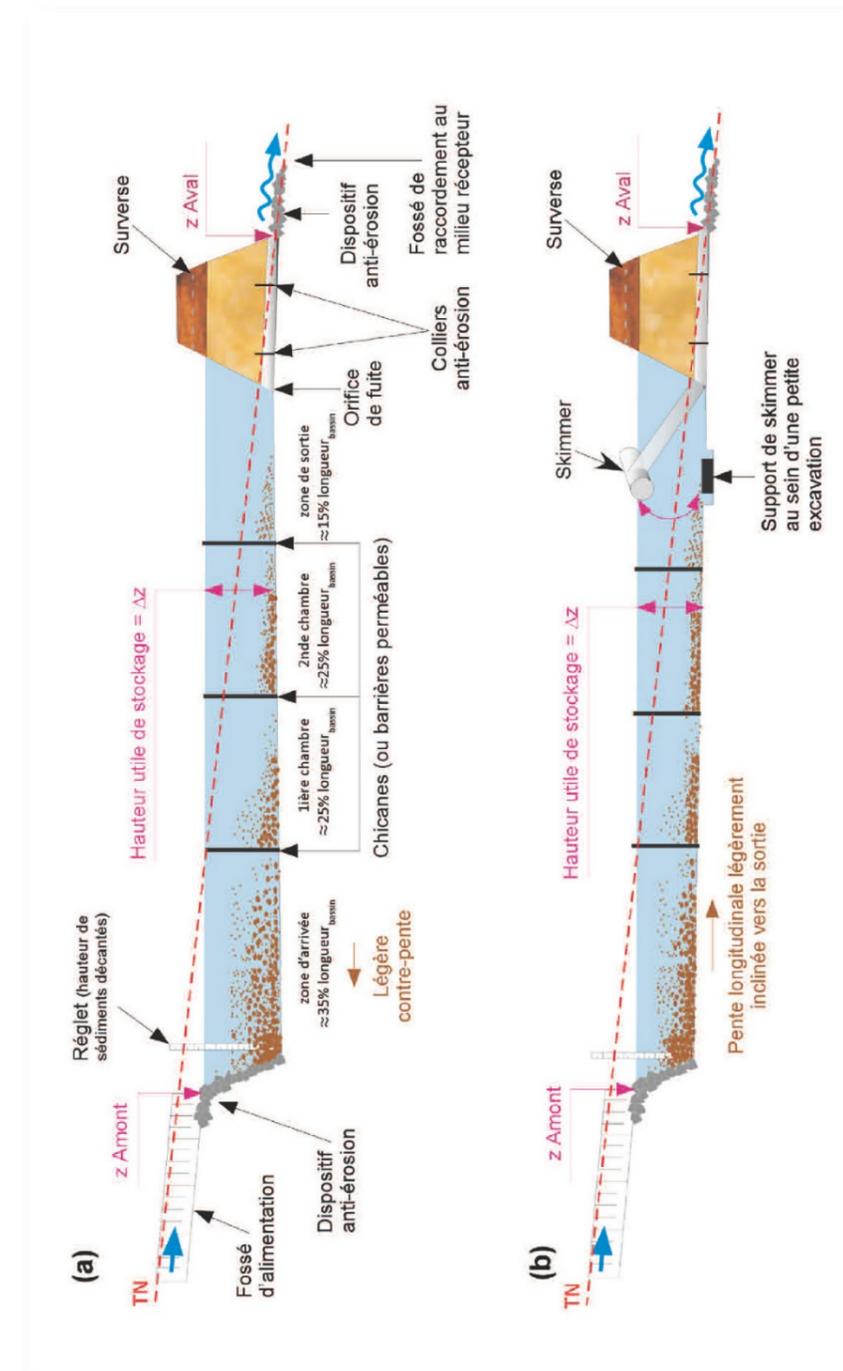


Figure 43. Coupe longitudinale d'un bassin de décantation sans volume mort, non équipé (a) ou équipé (b) d'un vidangeur passif flottant (skimmer).

Une des manières de piéger les sédiments en suspension consiste à les faire décanter. C'est l'objectif de ces bassins qui ralentissent les écoulements superficiels, réduisent les turbulences hydrauliques et stockent les eaux le plus longtemps possible afin de laisser le temps aux particules maintenues en suspension de sédimenter.

Les bassins sont donc nécessaires pour le traitement ultime des eaux de ruissellement collectées sur le chantier avant rejet vers le milieu naturel, dès lors que l'approche multi-barrières est exploitée au maximum des possibilités et en tenant compte des emprises disponibles.

Les bassins de décantation sont adaptés au traitement des sédiments fins (MES) qui ont un temps de sédimentation long, **exception faite des argiles < 20 µm.**

Champs d'application

- Ensemble de l'emprise du chantier, dont plus particulièrement :
 - points bas du chantier ;
 - points intermédiaires répartis sur l'ensemble de la zone de travaux (en ciblant notamment l'aval immédiat des surfaces pentues et décapées) ;

- le long d'un périmètre prédéfini ou sur les bas-côtés (cas notamment de chantiers linéaires) ;
- en aval immédiat d'un rejet issu de pompage.

Ne jamais installer de bassins de décantation en zone sensible, dans un cours d'eau ou sur une zone humide

Ne pas réaliser de bassins de décantation en excavation sur un sol déjà saturé en eau. Éviter cette zone, sinon à défaut, construire un piège hors-sol

Spécifications

La conception des bassins est un facteur important de réussite. Sur les chantiers, l'emplacement des bassins provisoires, leur dimensionnement, forme et équipement sont bien souvent le résultat d'un compromis entre les principes théoriques et la réalité de terrain.

Plus que tout autre dispositif, les bassins de décantation s'intègrent dans une approche multi-barrières associant des dispositifs amont de protection des surfaces décapées, de collecte et de gestion séparative des eaux de ruissellement et de piégeage des sédiments.



Bassin de décantation aux berges végétalisées et équipé de barrières perméables en toile coco.

Bassin de décantation équipé de barrières perméables. L'abattement de la turbidité est visible. Attention néanmoins à ce que le niveau d'eau ne dépasse pas celui des barrières perméables.



© McClain



Bassin de décantation équipé de barrières perméables. Une fois le bassin vidangé, les sédiments sont prêts à être curés.



Bassin de décantation constitué de trois sous-bassins successifs.



Bassin de décantation inefficace : forme inadaptée ne diminuant pas suffisamment la vitesse du courant et les turbulences hydrauliques.



Fossé de décantation inefficace : sur sols très argileux, les particules les plus « fines » ne décantent pas.

Les paramètres qui influencent la performance d'un bassin de décantation sont complexes (intensité de la pluie, couvert végétal, nature géologique des sols et capacité d'érosion, forme et volume utile du bassin, turbulence, etc.). Leur efficacité à décanter les particules fines dépend plus particulièrement :

- de leur implantation au regard de la topographie et de l'emprise chantier ;
- de leur forme (rapport longueur / largeur) ;
- de leur équipement (notamment au sein et à la sortie du bassin) ;
- du linéaire à parcourir par les eaux au sein du bassin et donc du temps de rétention des eaux ;
- de leurs modalités de suivi et d'entretien.

Aussi, il importe d'être d'autant plus vigilant lorsque la concentration en argile des sols augmente, que les risques hydrauliques ou les enjeux écologiques associés au milieu récepteur sont élevés, que le chantier dure longtemps (plus de 3 mois) ou se déroule en période particulièrement pluvieuse, que l'emprise foncière disponible est inférieure à ce qui était initialement prévu, etc.

Ce guide ne traite pas d'une manière exhaustive ce sujet et ne remplace pas l'obligation de respecter la réglementation en vigueur (notamment en termes de qualité des rejets).

Nombre de bassins

Prévoir la mise en place d'un bassin de décantation, généralement à partir de chantiers de plus de 1 ha, en fonction de la topographie, de la proximité avec des milieux aquatiques, etc. (McCullah, 2016)

Adapter le nombre de bassins en fonction des surfaces amont drainées, en sachant que la surface drainée maximale est généralement fixée à 2 ha (McCullah, 2016)

Voir la possibilité, selon les cas, de construire plusieurs petits bassins successifs plutôt qu'un seul grand bassin, en les connectant entre eux à l'aide d'une surverse ou d'un fossé protégé contre l'érosion (couverture en géotextile ; tapis de granulats)

Implantation

À positionner aux points bas de l'emprise du chantier, mais à une distance minimale des cours d'eau de façon à ce que les points de rejet aval des bassins de décantation soient situés à plus de 10 ou 20 m des

berges. Cette distance minimale dépend des risques hydrauliques et des enjeux écologiques et permet le cas échéant, d'ajouter des dispositifs de dissipation de l'énergie hydraulique, de traitement du pH, de ré-oxygénation ou de diminution de la température de l'eau (tableau 16 Pages 108 et 109). Les berges doivent rester végétalisées ou en cas d'impossibilité technique, être protégées contre l'érosion.

Positionnement à adapter au regard de la topographie, du réseau hydrographique et du réseau de collecte des écoulements superficiels mis en place (merlons, fossés), de l'emprise disponible et des besoins (par ex. : traitement d'eaux ayant ruisselé sur un sol décapé, issues de pompage ou accidentellement polluées ; etc.)

Par souci d'optimisation des terrassements, il est parfois recommandé de positionner les bassins provisoires au droit des futurs bassins définitifs. Ceci n'est toutefois pas toujours réalisable, les bassins définitifs étant positionnés à des cotes calées sur le fil d'eau du projet définitif, cote rarement adaptée à la collecte des eaux en phase chantier (microrelief). De même, ce principe nécessite la réalisation d'une purge des matériaux gorgés d'eau, rendus impropres à l'assise et à la construction de bassins définitifs.

Dimensionnement du volume utile (ou surface miroir)

Plusieurs méthodes de dimensionnement du volume utile ou de la surface miroir des bassins de décantation provisoires existent et leur présentation détaillée pourrait faire l'objet d'un guide à part entière. Cette fiche présente deux méthodes jugées opérationnelles, dont une méthode « surfacique » et une méthode basée sur les débits de pointes et de fuite et sur la vitesse de sédimentation des particules à traiter au droit du chantier.

Le volume utile d'un bassin de décantation dépend du contexte du site et de la différence de niveau qu'il est possible d'obtenir entre le fil d'eau amont et le fil d'eau aval des bassins (dite « hauteur utile ») (figure 44). Il n'est donc pas dimensionné avec la méthode n°2 présentée ci-contre, mais il peut être optimisé en fonction du contexte afin d'accroître la fonction de stockage et d'écrêtement du bassin (la profondeur recommandée variant entre 0,9 m et 1,5 m – voir le paragraphe « forme du bassin » page 107).

La surface « miroir » d'un bassin de décantation correspond :

- à la surface du fond du bassin, pour les bassins de décantation sans volume mort ;

- à la surface de l'eau comprise entre le volume utile et le volume mort, pour les bassins de décantation avec volume mort.

Un exemple de dimensionnement d'un bassin de décantation provisoire, effectué sur la base des deux méthodes présentées ci-dessous, est disponible au sein de l'annexe associée à cette fiche (page 112).

1. Méthode dite « surfacique » (McCullah, 2016)	
Objectif	Calculer le volume utile du bassin de décantation
Principe	Le volume utile du bassin de décantation est proportionnel à la surface totale de l'impluvium (bassin versant drainé en amont par le bassin de décantation)
Formule	Calcul du volume utile basé sur un ratio variant de 100 m ³ à 250 m ³ par hectare d'impluvium drainé par le bassin de décantation. Le choix du ratio (entre 100 et 250) dépend : <ul style="list-style-type: none"> • des enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval du bassin • des risques hydrauliques (liés notamment à la pluviométrie) • de la taille des particules à traiter (plus les particules sont fines, plus le ratio doit être augmenté), etc.
Avantages	Adaptation du volume utile du bassin à l'impluvium drainé en amont, et donc au volume d'eau à traiter Méthode pragmatique, peu de données nécessaires au calcul
Limites	Modalité de choix du ratio non précisée. À définir au cas par cas, en fonction des critères précités Méthode indépendante de la pluviométrie et de la vitesse de sédimentation des particules à traiter Méthode ne garantissant pas le respect des objectifs fixés en termes d'abattement des MES
2. Méthode dite « des débits de pointe et de fuite » (SETRA, 2006)	
Objectif	Calculer la surface miroir du bassin de décantation Obtenir une vitesse de l'eau dans le bassin suffisamment faible pour laisser le temps aux particules les plus fines de décanter
Principe	La vitesse de l'eau dans le bassin résulte d'une interaction entre : <ul style="list-style-type: none"> • le débit de pointe qui arrive dans le bassin pour une fréquence et une durée de pluie donnée • le débit de fuite calibré par l'orifice de sortie • la section mouillée
Formule	$S_b = [(0,8 \times Q_p) - Q_f] / [V_s \times \ln(0,8 \times Q_p / Q_f)]$ <ul style="list-style-type: none"> • S_b : surface miroir minimale du bassin en eau (m²) • Q_p : débit de pointe pour une pluie de référence donnée (m³/s) • Q_f : débit de fuite du bassin, qui dépend de la hauteur utile et du diamètre de l'orifice (m³/s) • V_s : vitesse de sédimentation des particules du site (m/s)
Avantages	Adaptation des dimensions du bassin de décantation à l'impluvium drainé en amont, et donc au volume d'eau à traiter, de même qu'à la composition des sols et au débit de fuite Géométrie de bassin adaptable aux emprises disponibles et à l'évolution d'un chantier en l'absence des contraintes issues du dimensionnement volumique, la profondeur minimale du bassin de décantation étant néanmoins fixée à 0,90 m (« forme du bassin » page 107) Dimensionnement du bassin visant l'abattement de particules d'une taille donnée
Limite	Données nécessaires au calcul (vitesses d'écoulement, coefficients de Montana, etc.) parfois difficiles à obtenir et dont la pertinence sur le terrain varie au cas par cas

Trois autres méthodes utilisées sur les chantiers pour dimensionner les bassins de décantation provisoires ne sont pas présentées dans ce guide. Il s'agit de :

- la méthode du « débit de pointe » qui dimensionne la surface miroir des bassins en fonction de la vitesse de sédimentation des particules du site, de la surface de l'impluvium amont et du débit qui arrive dans le bassin de décantation pour une fréquence de pluie décennale et une durée de pluie de 6 heures (McCullah, 2016). Cette méthode, assez pragmatique, est très utilisée à l'international. Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux des méthodes « surfacique » et « des débits de pointe et de fuite » lorsque l'impluvium drainé en amont présente de faibles pentes et un écoulement en nappe. En revanche, les résultats diffèrent lorsque les pentes augmentent et que l'écoulement est concentré ;
- la méthode du « débit de fuite », qui dimensionne les bassins en fonction du débit de fuite (qui dépend de la hauteur utile et du diamètre de l'orifice de sortie) et de la vitesse de sédimentation des particules. Cette méthode présente des risques de sous-dimensionnement et donc de débordement et d'inefficacité des bassins dès lors que le débit d'entrée (ou de pointe) dans le bassin dépasse le débit de fuite (ce qui arrive rapidement lors d'épisodes pluvieux) ;
- la méthode « pluviométrique », qui dimensionne les bassins en fonction du volume d'eau à contenir pour une fréquence de pluie (semestrielle, annuelle, biennale, quinquennale, décennale) et une durée donnée (2 heures, 4 heures, etc.). Ces critères sont généralement définis en fonction de la durée du chantier et des enjeux associés aux milieux récepteurs. Cette méthode cible plus l'écrêtement des crues que la décantation des particules. Ce type de dimensionnement génère des bassins aux volumes utiles très importants, souvent irréalisables sur l'emprise chantier au regard de l'espace disponible. En outre, seul l'aspect quantitatif étant pris en compte (débit à écrêter), l'efficacité des bassins à décanter les particules fines en suspension n'est pas garantie.

Volume mort

La réalisation d'un volume mort en complément du volume utile permet de stocker des volumes d'eau et de sédiments supplémentaires et participe à l'inertie du bassin (figure 44). Il est adapté aux bassins présentant un double objectif de stockage des sédiments d'une part et de mise à disposition d'un volume d'eau nécessaire aux besoins en eau du chantier d'autre part.

Néanmoins, ce volume mort n'améliore pas l'efficacité des bassins à piéger les particules fines. Il ralentit le séchage des sédiments stockés et tend à les remettre en suspension à chaque nouvelle arrivée d'eau. Aussi, la réalisation d'un volume mort est déconseillée dans le cas de bassins équipés d'un vidangeur passif flottant.

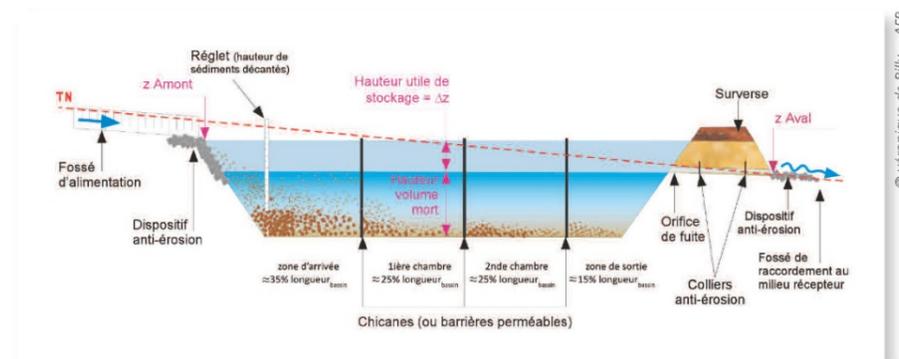


Figure 44. Coupe longitudinale d'un bassin de décantation avec volume mort.

Forme du bassin / calepinage

À partir du volume utile ou de la surface miroir calculés à l'aide d'une des deux méthodes précitées, il convient de positionner et de calepiner le bassin sur le chantier, en fonction de :

- la surface miroir dimensionnée ;
- la hauteur utile (ou différence d'altitude amont/aval) considérée pour le débit de fuite considéré ;
- l'espace disponible sur le chantier (longueur, largeur) ;
- la définition du coefficient de forme a minima à respecter.

À ce titre, éviter impérativement les formes carrées ou rondes qui limitent la décantation des sédiments fins. Les formes rectangulaires longilignes sont recommandées.

Respecter les rapports longueur/largeur suivants :

- ratio compris entre 3/1 et 6/1 pour des bassins non équipés d'un vidangeur passif flottant et de barrières perméables (ou de chicanes) ;
- ratio pouvant être légèrement inférieur (jusqu'à 2/1), dès lors que le bassin est équipé d'un vidangeur passif flottant et de chicanes ou de barrières perméables installées dans les règles de l'art.

Définir autant que possible la profondeur de volume utile entre 0,9 m et 1,5 m. Selon la topographie, il est parfois impossible d'obtenir une hauteur utile aussi profonde (sauf utilisation d'un vidangeur passif flottant).

Prévoir un fond plat ou légèrement incliné, avec dans ce cas :

- soit une légère contre-pente (s'il n'est pas équipé d'un vidangeur passif flottant) ;
- soit à l'inverse, une légère inclinaison vers la sortie s'il est équipé d'un vidangeur passif flottant (skimmer) (figures 43 page 101 et 44 page 106).

Équipements

En dépit d'un dimensionnement correct du volume utile et du rapport longueur/largeur des bassins de décantation, l'efficacité à décanter les particules fines en suspension n'est pas systématique. En outre, des zones de fragilité doivent être protégées de l'érosion, notamment les points d'entrée et de sortie de l'eau (figures 43 et 44). Il importe de ce fait d'équiper le bassin de décantation :

- de dispositifs anti-érosion d'une part ;
- et de dispositifs d'augmentation du temps de rétention de l'eau d'autre part (tableau 16).

L'efficacité des bassins de décantation dépend fortement du temps de rétention des particules, qui varie en fonction de la distance à parcourir sans turbulence au sein du bassin.



Les barrières perméables en géotextile ne sont pas tendues jusqu'aux talus du bassin de décantation.



Barrière perméable réalisée à l'aide d'un tas de granulats grossiers.

Tableau 16. Récapitulatif des équipements à prévoir en entrée, au sein et à la sortie des bassins de décantation

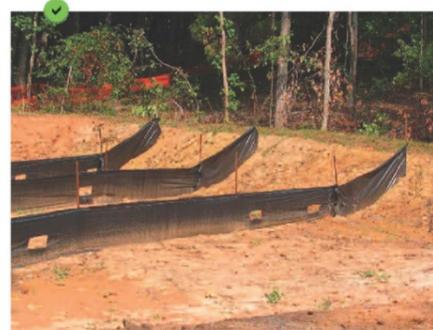
Dispositifs	Objectifs
Amont bassin (fossé d'alimentation du bassin)	
Seuil anti-érosion semi-perméable	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter tout apport supplémentaire de sédiments
Floculants	Accélérer la sédimentation des particules les plus fines
Point d'entrée des eaux collectées dans le bassin	
Dispositif anti-érosion : tapis de granulats concassés, sacs de sable, boudins	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter tout apport supplémentaire de sédiments
Chicanes (en géotextile synthétique, parfois en granulats ou matériaux rocheux, gabion, botte de paille ou sac de sable) avec ouvertures en quinconce	Augmenter la distance parcourue par les eaux au sein du bassin Réduire le niveau de turbulence hydraulique Concentrer les sédiments à traiter dans les deux premiers sous-bassins amont
Barrières perméables : toile grossière ou tissu tendus (filet coco, géotextile synthétique), dont le vide de maille est adapté à la taille des particules à traiter	Réduire les turbulences hydrauliques Accélérer la décantation des sédiments fins Concentrer les sédiments à traiter dans les deux premiers sous-bassins amont
Protection des talus et de la digue	Empêcher tout départ de sédiments supplémentaires à ceux issus du chantier amont
Dispositif de traitement des sauts de pH	Tamponner les eaux à pH neutre
Point de rejet des eaux du bassin	
Surverse	Évacuer le trop-plein (en complément des vidanges passives)
Dispositif anti-érosion sur la surverse : couverture en géotextile, tapis de granulats concassés, sacs de sable, boudins	Protéger/stabiliser la digue Dissiper l'énergie hydraulique Empêcher tout départ de sédiments qui viendrait contaminer les eaux traitées
Vidangeur flottant de type « skimmer »	Libérer le volume utile du bassin, tout en assurant une durée de rétention des eaux suffisante à la décantation des sédiments fins Rejeter les eaux les plus claires Faciliter le curage des sédiments stockés
Aval bassin (fossé de raccordement du bassin avec le milieu aquatique récepteur)	
Protection de l'exutoire	Dissiper l'énergie hydraulique Éviter la contamination des eaux précédemment traitées Rafraîchir et réoxygéner les eaux issues du bassin
Seuil anti-érosion semi-perméable	Dissiper l'énergie hydraulique Rafraîchir et réoxygéner les eaux issues du bassin

Commentaires/consignes
Facultatif À adapter en fonction de la configuration du site et de la nature géologique des sols (fiche Lutter n°8)
Facultatif À utiliser uniquement dans le cas de sols présentant une forte concentration en argiles et sous réserve de respecter leurs conditions d'utilisation (fiche Traiter n°5)
Recommandé Forme et matériaux à adapter aux modalités d'arrivée d'eau dans le bassin (pente du fossé collecteur amont, vitesse du courant, nature des sols, etc.) (fiches Lutter n°7 et n°8)
Recommandé (en l'absence de barrières perméables) Prévoir un nombre suffisant de chicanes permettant d'obliger les particules à parcourir une distance au minimum 5 fois supérieure à la largeur du bassin de décantation (figure 43) Réaliser un cheminement de l'eau en zigzag en faisant alterner les ouvertures sur les chicanes d'un côté à l'autre du bassin À installer avant la mise en eau du bassin
Recommandé (à défaut, mettre des chicanes) Prévoir un minimum de 3 barrières perméables par bassin (figure 44) À installer avant la mise en eau du bassin, sans ouverture et traversant la totalité de la section hydraulique Enterrer les toiles ou tissus en épousant étroitement le fond du bassin et les parois Placer des sacs de sable ou des blocs le long de la toile pour optimiser son ancrage au fond. Attention lors du curage à ne pas les abîmer Fixer la toile avec des agrafes ou du fil de fer sur des piquets (en fer ou en bois) espacés tous les 1,5 m et disposés en aval de la toile Vérifier que la hauteur des barrières reste bien supérieure au niveau d'eau maximal dans le bassin. Si l'eau passe par-dessus ces barrières, le dispositif n'est plus efficace.
Facultatif ou recommandé (selon durée du chantier et nature géologique des sols) Si le bassin est en place pour quelques semaines seulement : couvrir les talus du bassin à l'aide d'un géotextile Si le bassin est en place pour plusieurs saisons : ensemercer les bords du bassin afin de les stabiliser et de limiter l'érosion Ne jamais couvrir le fond du bassin d'un géotextile, car ce dernier ne pourra pas être récupéré une fois le chantier terminé
Facultatif À prévoir lors d'utilisation de produits ou de matériaux acides ou basiques sur lesquels les eaux de chantier sont susceptibles de ruisseler (laitance béton, chaux, grave bitumineuse, etc.) (fiche Gérer les autres sources de pollutions n°2)
Obligatoire Dimensionner afin d'évacuer les eaux en cas de fortes précipitations uniquement. Positionner la surverse le plus loin possible de l'entrée d'eau Caler la surverse à au moins 15 cm en-dessous du niveau supérieur des moflons Protéger contre l'érosion
Obligatoire Forme et matériaux à adapter aux modalités de sortie d'eau au niveau de la digue (hauteur de la digue, distance au fossé collecteur, vitesse du courant, nature des sols, etc.) (fiches Lutter n°7 et n°8)
Recommandé (fiche Traiter n°3)
Recommandé (fiche Lutter n°7)
Facultatif À adapter en fonction de la configuration du rejet et de la nature géologique des sols (fiche Lutter n°8)



© McLaughlin

La mauvaise disposition des barrières entraîne des contournements et des processus d'érosion des talus.



© McClain

Fixation correcte des barrières géotextiles.



© McLaughlin

L'eau ne doit pas passer par-dessus les barrières.



© Faircloth-Stimmer

Bassin de décantation dont les talus sont décaissés et végétalisés. Équipement : chicanes en toile de jute fixée à des piquets en acier et vidangeur flottant de type « skimmer ».

Digues (cas des bassins « hors-sol »)

Les digues qui forment les talus du bassin doivent être réalisées sur une surface décapée ou une assise stable, afin de garantir la pérennité de l'ensemble du dispositif et réduire les risques de sous-creusement.

Elles sont compactées dans les règles de l'art.

La pente des côtés est comprise entre 33 % et 50 %. Tenir compte de l'emprise au sol des digues qui impacte la surface du bassin.

Dans le cas de la construction d'un bassin de décantation provisoire sur un site pentu, comprenant une digue ou merlon aval d'une hauteur supérieure à 2 mètres, veiller au respect de la réglementation en vigueur.

Mise en œuvre

Préserver une zone tampon entre le point de rejet aval du futur bassin de décantation et le cours d'eau récepteur. Lors de la définition des emprises du chantier, prévoir de maintenir (autant que possible) la ripisylve et la végétation en berge situées en aval des bassins.

Construire le bassin de décantation et l'équiper après le défrichage mais avant le décapage des sols et de préférence avant un épisode pluvieux.

Excaver une cavité ou construire le bassin hors sol en respectant les rapports de forme exposés ci-dessus.

Entretien, points de vigilance

Remplir le bassin d'eau collectée au sein de l'emprise chantier uniquement. Les eaux claires et/ou ne provenant pas du chantier doivent être infiltrées ou dirigées vers l'extérieur du chantier sans traitement préalable (utiliser un bypass ou drain de pente).

Maintenir un accès pendant toute la durée du chantier pour un curage ponctuel des sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du bassin. Prévoir un système de mesure de l'épaisseur des sédiments.

Si l'installation représente un piège potentiel pour la faune, y installer des branches, des cordes ou des dispositifs équivalents évitant les mortalités accidentelles.

Mesurer la qualité physico-chimique de l'eau en amont et en aval immédiat du bassin, de même qu'un niveau du milieu récepteur, ceci afin de vérifier l'efficacité du bassin.

Sécuriser le dispositif vis-à-vis du personnel fréquentant le chantier : panneaux, balisage, clôtures, rampes.

Suite à de fortes précipitations :

- inspecter l'état du bassin et de ses équipements après chaque épisode pluvieux ;
- vérifier l'absence de sous-creusement, de renards de contournement, d'affaissement ou d'instabilité des bords du bassin.

Réparer tout dysfonctionnement avant le prochain épisode pluvieux. De nombreux guides préconisent d'anticiper son entretien quand la pluviométrie dépasse un seuil donné. Celui-ci varie selon les pays et la nature des sols entre 6 mm et 30 mm sur 24h (par ex. : Shead et al., non daté ; McLaughlin, 2012).

Avantages

- Peut être construit avec des matériaux essentiellement présents sur place
- Efficace pour capturer les particules fines non piégées en amont (si correctement dimensionné, équipé et régulièrement entretenu)
- Potentiellement modulable, s'adapte aux évolutions du chantier
- Une fois le chantier terminé, possibilité de « recyclage » du bassin en mare à amphibiens, sous réserve néanmoins de la pertinence du site, qui dépend :
 - de l'écologie des espèces locales présentes d'une part, et des espèces ciblées d'autre part ;
 - des modalités d'alimentation en eau (durée, fréquence) ;
 - des adaptations morphologiques envisagées (profils en travers des talus, profondeurs) ;
 - de sa situation géographique par rapport aux aménagements urbains et à la situation des autres mares éventuelles, etc.
- Le recyclage des bassins de décantation provisoires en mares est à éviter, *a minima*, sur les bassins versant à écrevisses à pattes blanches.

Limites

- Inefficace sur les particules fines argileuses car temps de rétention insuffisant
- Efficacité variable sur les autres sédiments selon :
 - l'approche multi-barrières mise en place en amont ;
 - l'implantation, le dimensionnement, l'équipement et l'entretien du bassin ;
 - la taille des sédiments à piéger.
- Emprise au sol du bassin de décantation potentiellement importante, surtout lors d'une importante surface d'impluvium à drainer
- Nécessite de prévoir lors de la phase de conception puis d'instruction du projet, les besoins d'emprise au regard des méthodes de dimensionnement préconisées et des études de faisabilité réalisées
- Risque de réchauffement de l'eau à la surface du bassin et de choc thermique en aval (notamment sur des petits cours d'eau ombragés)

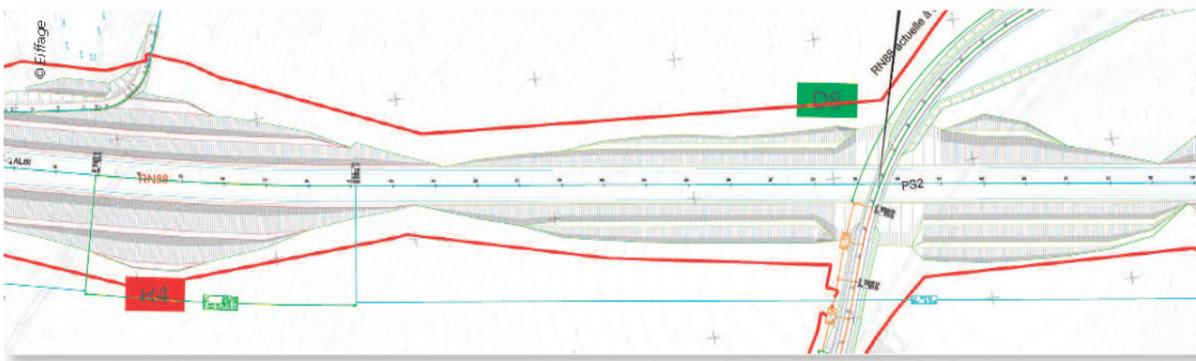
ANNEXES (voir les six pages suivantes)

Exemple du dimensionnement d'un bassin provisoire de décantation à l'aide des méthodes dites « surfaciques » et « débit de pointe et de fuite ».

1. Schéma d'installation environnementale du chantier et paramètres associés
2. Calcul de la surface miroir ou du volume utile du bassin de décantation
3. Détail des calculs des données d'entrée
4. Calepinage

Annexes Exemple du dimensionnement d'un bassin provisoire de décantation à l'aide des méthodes dites « surfaciques » et « débit de pointe et de fuite ».

1. Schéma d'installation environnementale du chantier et paramètres associés



Turbidité (NTU) croissante d'un cours d'eau pendant travaux.

Les écoulements superficiels issus du bassin versant en amont du chantier sont interceptés avant leur entrée dans l'emprise du chantier. Ils sont ensuite directement restitués à l'aval sans passer par le chantier.

Deux impluviums en série sont drainés par le bassin de décantation. Les écoulements sont de type « concentré » (figure 6 page 21 et tableau 18 page 115).

Données d'entrée

	Impluvium n°1	Impluvium n°2
Taille des particules fines à traiter (limons)	0,02 mm	
Vitesse de sédimentation Vs	0,00029 m/s	
Vitesse de sédimentation Vs	1,044 m/h	
Fréquence de pluie	5 ans	
Durée de pluie	2 heures	
Paramètre de Montana a	5,5	
Paramètre de Montana b	0,57	
Coef. de ruissellement Cr	0,5	
Hauteur utile max.	1,5 m	
Débit de fuite Qf	10 l/s	
Surface drainée de l'impluvium	8 000 m²	35 000 m²
Distance maximale L	100 m	500 m
Pente	10 %	3 %
Vitesse d'écoulement concentrée	4,75 m/s	2,6 m/s
Vitesse d'écoulement en nappe	0,44 m/s	0,24 m/s

2. Calcul de la surface miroir ou du volume utile du bassin de décantation

Cas d'un écoulement superficiel de type « concentré »

	Méthode 1 « surfacique »	Méthode 2 « débit de pointe et de fuite »
Données nécessaires	Impluvium : surface drainée par le bassin de décantation Risques hydrauliques et enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval	Impluvium : surface drainée par le bassin de décantation Occupation du sol Enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval Fréquence et durée de la pluie de référence Paramètres de Montana Taille des particules à traiter Débit de fuite prescrit
Formule	$(100 \times A) < Sb < (250 \times A)$	$Sb = \frac{[(0,8 \times Qp) - Qf] / [Vs \times \ln \frac{(0,8 \times Qp)}{Qf}]}{3600}$
Aire spécifique (As) – dit aussi « Surface active (Sa) »	$As = 8\,000 + 35\,000 = 43\,000 \text{ m}^2 = 4,3 \text{ ha}$	$As = \sum (Cr \times A)$ $As = (8\,000 \times 0,5) + (35\,000 \times 0,5)$ $As = 21\,500 \text{ m}^2$
Temps de concentration (Tc) pour écoulement « en nappe »		$Tc = (L1 / V1) + (L2 / V2)$ $Tc = (100 / 4,75) + (500 / 2,60)$ $Tc = 213,4 \text{ s} = 3,6 \text{ minutes}$
Intensité (I) pour Tc		$I(t_c, T) = a \times t_c^{-b}$ $I = 5,5 \times 3,6^{0,57}$ $I = 2,67 \text{ mm/min}$ $I = 4,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
Débit de pointe (Qp)		$Qp = As \times I$ $Qp = 21\,500 \times 4,4 \times 10^{-5}$ $Qp = 0,96 \text{ m}^3/\text{s}$
Surface miroir du bassin (Sb)		$Sb = \frac{[(0,8 \times 0,96) - 0,01]}{[1,044 \times \ln(0,8 \times 0,96 / 0,01)]} \times 3600$ $Sb = 627 \text{ m}^2$
Volume utile du bassin (Vu)	$100 \times 4,3 < Vu < 250 \times 4,3$ $430 \text{ m}^3 < Vu < 1075 \text{ m}^3$	$627 \times 0,9 < Vu < 627 \times 1,5$ $567 \text{ m}^3 < Vu < 940 \text{ m}^3$

À titre indicatif, les résultats obtenus dans le cas d'un écoulement superficiel de type « en nappe », sont pour la méthode n°2 : $Sb = 226 \text{ m}^2$; $203 \text{ m}^3 < Vu < 339 \text{ m}^3$.

3. Détail des calculs des données d'entrée

Aire ou surface d'impluvium (As)

Elle correspond à la surface de bassin versant amont drainée par le bassin de décantation et **varie en fonction de l'équipement du chantier** :

- en présence d'un réseau de collecte séparatif des écoulements superficiels (collectant les eaux issues du bassin versant amont du chantier et les rejetant à l'aval sans passer par l'emprise chantier) : la surface drainée retenue pour le calcul correspond à la **surface de l'emprise chantier drainée** par le bassin de décantation ;

- en l'absence d'un réseau de collecte séparatif des écoulements superficiels : la surface drainée retenue pour le calcul correspond à la **surface totale du bassin versant drainée en amont** du bassin de décantation.

Taille minimale des particules à traiter par le bassin de décantation et vitesse de sédimentation associée (Vs)

La taille des particules à traiter (et donc la vitesse de sédimentation retenue pour le dimensionnement des bassins de décantation) dépend de la composition des sols au droit du chantier (tableau 17). Elle doit donc être adaptée au cas par cas. À défaut, la taille minimale généralement retenue correspond à des limons fins à moyens (compris entre 0,01 mm et 0,02 mm).

Tableau 17. Vitesse de sédimentation des particules en fonction de leur taille et exemple de surface de bassin de décantation requise (par m²/s) de débit de pointe (adapté de Goldman et al., 1986)

Type de particule	Taille maximale (mm)	Vitesse de sédimentation (m/s)	Vitesse de sédimentation (m/h)	Temps de sédimentation sur 1 mètre de colonne d'eau
Sable grossier	0,500	0,058	208,8	17 secondes
Sable moyen	0,200	0,020	72,0	50 secondes
Sable fin	0,100	0,007	25,2	2 minutes
Sable très fin	0,050	0,0019	6,8	9 minutes
Limon grossier	0,020	0,00029	1,0	57 minutes
Limon moyen	0,010	0,000073	0,26	3,8 heures
Limon fin	0,005	0,000018	0,065	15,4 heures
Argile	0,002	1,80531E-06	0,0065	6,4 jours

Dans le cas de sols très argileux, un bon dimensionnement du bassin ne suffit pas à traiter les particules les plus fines. Une approche multi-barrières en amont, associée à un équipement spécifique des bassins (chicanes ou barrières perméables ; vidangeur passif flottant), sont alors vivement conseillés.

La vitesse de sédimentation des particules à traiter est habituellement calculée à l'aide de la formule de Stokes. Elle dépend de la taille de la particule, de la différence de masse volumique entre la particule et le fluide considéré (ici, l'eau) et de la viscosité du fluide. À noter que le guide « Pollution d'origine routière » du Setra (2007c), estime que 85 % des particules fines sont abattues dans un bassin dès lors que la vitesse de sédimentation considérée pour le dimensionner est de 1m/h.

Temps de concentration du bassin versant (tc)

Il s'agit du temps que met la goutte d'eau la plus éloignée de l'entrée du bassin de décantation pour rejoindre celui-ci. Celui-ci varie en fonction des modalités d'écoulement des eaux superficielles, en « nappe » ou « concentré » (tableau 18). Il est calculé à partir des vitesses d'écoulement :

$$t_c = (L1/V1) + (L2/V2) + (L3/V3) + \dots$$

t_c : temps de concentration du bassin versant (en s).
À diviser par 60 pour l'intégrer ensuite dans la formule en minutes

L_i : longueur du cheminement hydraulique de pente constante (en m)

V_i : vitesse d'écoulement (en m/s)

Dans l'exemple, les impluviums sont en série. Le temps de concentration calculé correspond de ce fait à la somme des temps de concentration de chacun d'entre eux. Dans le cas où les impluviums sont en parallèle, c'est le temps de concentration le plus long qui doit être utilisé.

Tableau 18. Exemples de vitesses d'écoulement de l'eau en fonction de la pente de la surface drainée et du type d'écoulement en nappe ou concentré (SETRA, 2006)

Pente (en m/m)	Vitesse d'écoulement de l'eau en nappe (m/s)	Vitesse d'écoulement concentré de l'eau (m/s)
0,003		0,80
0,005		1,10
0,007		1,25
0,010	0,14	1,50
0,015		1,85
0,020	0,20	2,10
0,030	0,24	2,60
0,040		3,00
0,050	0,31	3,35
0,070		4,00
0,100	0,44	4,75
0,150	0,54	5,80
0,200	0,62	6,70
0,300	0,76	

Intensité de la pluie (I)

Elle est calculée sur la base de l'équation de Montana :

$$I(t_c, T) = a \times t_c^{-b}$$

I : intensité de pluie (mm/min)

a et b : paramètres de Montana

t_c : temps de concentration du bassin versant (min)

Les paramètres de Montana a et b sont vendus par Météo France. Ils sont définis en fonction de :

- la pluviométrie pour une période de retour (ou fréquence) T donnée, qui est choisie en fonction de la durée totale du chantier et des risques hydrauliques

et des enjeux écologiques associés au milieu récepteur en aval. Ainsi, la période de retour de la pluie de référence généralement retenue correspond au moins à deux fois la durée du chantier. En cas de risques hydrauliques très élevés ou d'enjeux écologiques forts à très forts, ces valeurs peuvent être augmentées jusqu'à des pluies de fréquence quinquennale ou décennale ;

- la durée de pluie, qui doit être cohérente avec le temps de concentration de l'impluvium drainé (SETRA, 2006). Néanmoins, sur les chantiers où différents types d'impluviums sont concernés, une durée de pluie de 2 heures est communément utilisée pour dimensionner l'ensemble des bassins de décantation provisoires. C'est le cas dans l'exemple traité ci-avant.

Coefficients de ruissellement (Cr)

Il correspond au rapport entre la hauteur d'eau ruisselée à la sortie d'une surface considérée (dite « pluie nette ») et la hauteur d'eau précipitée (dite « pluie brute »). Il est influencé par la composition et la structure des sols, de même que par la pente, le cloisonnement des surfaces de ruissellement (murs,

remblais), la fréquence de la pluie, etc. Il varie donc selon les surfaces concernées, entre 2 % (terre), 10 % (sable tassé et bois), 20 % (prés et champs cultivés), 30 à 50 % (zones résidentielles), 40 % à 90 % (bitume), 95 % (verre) (exemples en tableau 19).

Tableau 19. Exemples de coefficients de ruissellement spécifiques aux chantiers

Occupation des sols sur le bassin versant	Coefficient de ruissellement (Cr)
Enrobés, bétons, surfaces imperméabilisées, pistes traitées	0,9
Zone terrassée matériaux meubles	0,4 – 0,5
Zone terrassée matériaux rocheux	0,2 – 0,3
Talus enherbés	0,3

Aire spécifique de l'impluvium (As) – dite aussi « Surface active (Sa) »

Il s'agit de l'aire d'impluvium drainé par le bassin de décantation pondérée par le coefficient de ruissellement :

$$A_s = \sum (C_r * A)$$

Hauteur utile (Hu)

Il s'agit de la différence de niveau (ou d'altitude) entre le fil d'eau amont et le fil d'eau aval du bassin de décantation. Le fil d'eau aval correspond à l'altitude du point bas du tuyau de rejet.

Débit de fuite (Qf)

La valeur du débit de fuite des bassins de décantation est souvent prescrite dans l'arrêté préfectoral d'autorisation :

- dans le cas d'un bassin équipé de skimmer (fiche Traiter n°3) ;
- dans le cas d'un rejet par tuyau : le débit de fuite dépend de la charge d'eau (= hauteur utile disponible sur site), et du diamètre du tuyau. Dans ce cas, la formule qui permet de calculer le débit de fuite est le théorème de Torricelli :

$$Q_f = \pi r^2 C \sqrt{2gHu}$$

r : rayon hydraulique du tuyau

C : coefficient de débit dépendant de la forme de l'orifice (0,5 pour un tuyau)

g : accélération de la pesanteur (9,81 m.s⁻²)

Hu : hauteur utile (mesurée depuis la base du tuyau)

Afin de faciliter les calculs, les valeurs de débit de fuite peuvent être pré-calculées. Le tableau 20 à triple entrée permet de :

- sélectionner un diamètre de tuyau à partir de la hauteur utile disponible sur le site et d'un débit de fuite imposé ;
- connaître le débit de fuite à partir de la hauteur utile disponible sur le site et du diamètre du tuyau utilisé ;
- ajuster la hauteur utile en fonction du diamètre de tuyau utilisé et du débit de fuite.

À titre d'exemples, pour un Qf de 10 l/s :

- DN = 75 mm, pour une Hu de 1,0 à 1,1 m ;
- DN = 80 mm, pour une Hu de 0,8 m, etc.

Tableau 20. Exemples de débits de fuite (Qf) calculés en fonction des hauteurs utiles couramment rencontrées sur les chantiers et des diamètres de tuyaux (DN) disponibles sur le marché.

Débit de fuite Qf (l/s)	DN tuyau de fuite (mm)								
	75	80	90	100	110	125	160	200	
Hauteur utile (m)	0,1	3	4	4	5	7	9	14	22
	0,2	4	5	6	8	9	12	20	31
	0,3	5	6	8	10	12	15	24	38
	0,4	6	7	9	11	13	17	28	44
	0,5	7	8	10	12	15	19	31	49
	0,6	8	9	11	13	16	21	34	54
	0,7	8	9	12	15	18	23	37	58
	0,8	9	10	13	16	19	24	40	62
	0,9	9	11	13	16	20	26	42	66
	1	10	11	14	17	21	27	45	70
	1,1	10	12	15	18	22	28	47	73
	1,2	11	12	15	19	23	30	49	76
	1,3	11	13	16	20	24	31	51	79
	1,4	12	13	17	21	25	32	53	82
	1,5	12	14	17	21	26	33	55	85

Dans le cas d'un Qf maximal de 10 l/s, plusieurs diamètres de tuyaux sont disponibles.

4. Calepinage

Pour un bassin de décantation dont la surface miroir est de 100 m², la largeur et la longueur se calculent à partir des formules suivantes :

$$S_b = 3 \times \text{largeur}_{\text{bassin}}^2$$

$$\text{Largeur}_{\text{bassin}} = \sqrt{(\text{surface}_{\text{bassin}} / \text{rapport longueur/largeur})} = \sqrt{(100/3)} = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{Longueur}_{\text{bassin}} = \text{rapport longueur/largeur} \times \text{largeur}_{\text{bassin}} = 3 \times 5,8 = 17,3 \text{ m}$$

Il est possible de pré-calculer les largeurs et longueurs des bassins au regard de la surface miroir du bassin de décantation calculée et de l'emprise disponible sur le terrain. Le tableau 21 (page suivante) pré-calculer les longueurs et largeurs du bassin nécessaires au respect d'un ratio minimal L/l supérieur ou égal à 3.

Tableau 21. Exemples de largeurs et de longueurs de bassin de décantation, pré-calculées en fonction de sa surface miroir et du coefficient de forme souhaité

	Coefficient de forme					
	3	4	5	6	7	
Largeur = 2 m	6	8	10	12	14	Longueur
	12	16	20	24	28	Surface
Largeur = 3 m	9	12	15	18	21	Longueur
	27	36	45	54	63	Surface
Largeur = 4 m	12	16	20	24	28	Longueur
	48	64	80	96	112	Surface
Largeur = 5 m	15	20	25	30	35	Longueur
	75	100	125	150	175	Surface
Largeur = 6 m	18	24	30	36	42	Longueur
	108	144	180	216	252	Surface
Largeur = 7 m	21	28	35	42	49	Longueur
	147	196	245	294	343	Surface
Largeur = 8 m	24	32	40	48	56	Longueur
	192	256	320	384	448	Surface

Vidangeur passif flottant (dit « skimmer ») associé aux bassins de décantation provisoires

Objectifs

- Libérer le volume utile des bassins de décantation
- Assurer un temps de rétention des eaux nécessaire à la décantation des particules fines
- Éviter la remise en suspension des sédiments décantés
- Faciliter le séchage et le curage des sédiments stockés

Constitué en PVC, le vidangeur passif flotte à la surface de l'eau. Sa hauteur suit le niveau de l'eau grâce à un coude flexible raccordé par le fond à l'exutoire du bassin. Ce dernier passe sous la digue et évacue l'eau au niveau du terrain naturel. Le tuyau d'évacuation mesure entre 1,5 cm et 5 cm de diamètre mais peut aller jusqu'à 20 cm pour les grands bassins.

Description

Dispositif de rejet des eaux de surface des bassins de décantation, plus claires que les eaux de fond (figures 43b page 101, 44 page 106 et 45)

À noter que d'autres types de vidangeurs existent mais les tests montrent que leur efficacité est bien inférieure à celle des vidangeurs flottants de type « skimmer ».

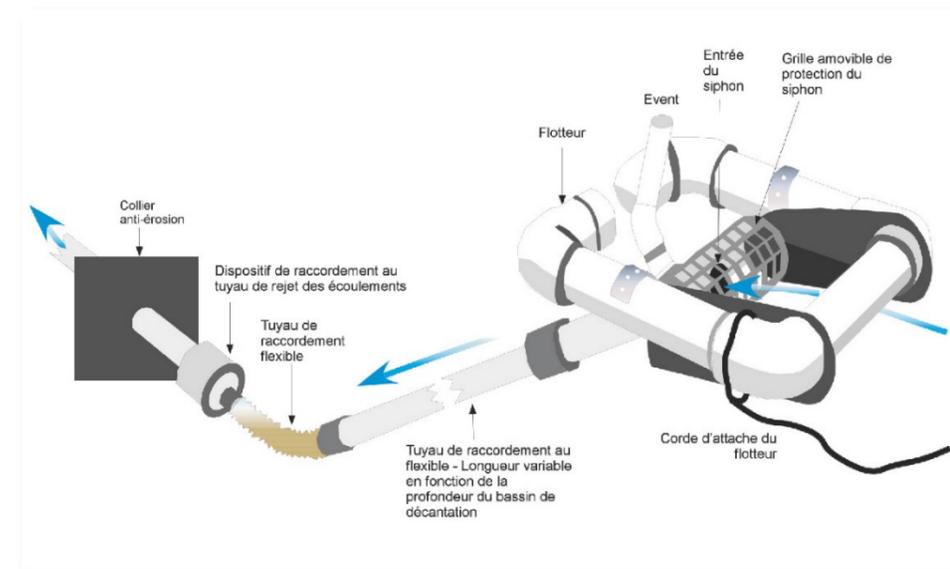


Figure 45. Exemple d'un vidangeur passif flottant de type « skimmer ».

Champs d'application

- Bassin de décantation
- Piège à sédiments (le cas échéant)

Spécifications

Choix du siphon

Le temps de rétention des eaux au sein du bassin de décantation est contrôlé par le diamètre d'ouverture du siphon associé au vidangeur flottant, qui peut varier de 3,8 cm à 5 cm pour les plus petits bassins, jusqu'à 20 cm pour les plus gros. Le choix de ce diamètre dépend :

- du volume d'eau à vidanger ;
- de la taille des sédiments à faire décanter et de leur vitesse de sédimentation (tableau 17 page 114) :
 - plus les sédiments sont petits, plus ils sédimentent lentement et plus il importe de retenir l'eau stockée longtemps dans le bassin. Il convient donc de choisir un petit diamètre d'ouverture du siphon,

- à l'inverse, plus les sédiments sont de grande taille, plus ils sédimentent rapidement et plus le temps de rétention de l'eau dans le bassin peut être court. Il est alors possible de choisir un diamètre d'ouverture du siphon plus grand.

Des abaques sont disponibles permettant de choisir le diamètre du siphon en fonction du volume du bassin de décantation et du temps de rétention des eaux souhaité dans le bassin (tableau 22). Pour des volumes de bassin compris entre deux valeurs du tableau, choisir le diamètre de siphon le plus petit.

À titre d'exemples :

- pour un bassin de 838 m³ et un temps de rétention des eaux de 3 jours, le diamètre du siphon recommandé est de 7 cm ;
- pour un bassin de 1000 m³ et un temps de rétention de 1 jour, le diamètre du siphon recommandé est de 12 cm (valeur recommandée pour les volumes de bassin compris entre 938 m³ et 1481 m³).

Tableau 22. Exemple de choix du diamètre maximal d'ouverture du vidangeur flottant, en fonction du temps de rétention souhaité des eaux dans le bassin et de son volume
Source : <http://www.fairclothskimmer.com/library/library/documents/skimmerandorificesizing11-07tm-000.pdf>

Durée souhaitée de rétention des eaux dans le bassin	Volume des bassins de décantation (m ³)							
	49	94	1 783	279	575	938	1 481	2 799
1 jour	49	94	1 783	279	575	938	1 481	2 799
2 jours	99	188	356	559	1 149	1 876	2 962	5 599
3 jours	148	281	534 m ³	838	1 724	2 814	4 443	8 398
4 jours	197	375	712 m ³	1 117	2 298	3 752	5 925	11 197
5 jours	247	469	891 m ³	1 396	2 873	4 690	7 406	13 997
6 jours	296	563	1 0693	1 676	3 447	5 628	8 887	16 796
7 jours	346	657	1 243	1 955	4 022	6 566	10 368	19 596
Diamètre maximal d'ouverture du siphon (cm) :	3 cm	5 cm	6 cm	7 cm	10 cm	12 cm	15 cm	20 cm

En moyenne (et à défaut de connaître la vitesse de sédimentation des particules au sein de l'emprise chantier), le temps de rétention des eaux au sein des bassins de décantation est en moyenne de 3 jours, ce qui permet aux sédiments fins en suspension de décanter ; et de libérer rapidement le volume utile du bassin.

Mise en œuvre

Installer le vidangeur passif flottant pendant la réalisation des talus et de la digue aval en calant le tuyau de rejet au niveau du terrain naturel

Empêcher la formation d'une érosion parallèle au tuyau de rejet des eaux de vidange (renard) en

l'équipant d'un collier anti-infiltration (ou bride)

Placer un tas de blocs de pierres ou de pneus superposés sous le point d'appui du flotteur. Ceux-ci doivent être disposés au sein d'une petite fosse creusée au sein du bassin afin de laisser un maximum d'amplitude de mouvement au skimmer (de haut en bas)

Faciliter l'évacuation de l'eau au niveau de l'exutoire en positionnant le tuyau de rejet des eaux de vidange en légère pente

Diriger les rejets vers un fossé ou autre milieu protégé de l'érosion et végétalisé si possible (fiche Lutter n°7)

Entretien, points de vigilance

Protéger l'entrée du siphon à l'aide d'un grillage qui intercepte les feuilles et autres déchets flottants

Raccorder le vidangeur passif flottant au talus à l'aide d'une corde, afin de pouvoir le nettoyer facilement

Avantages

- Économique
- Modulable et facile d'installation
- Adapte le temps de rétention des eaux à la taille des particules à décanter
- Libère rapidement le volume utile du bassin entre deux épisodes pluvieux
- Évite la remise en suspension des sédiments décanter car la vidange à partir des eaux claires limite les turbulences. De même, l'assèchement du bassin, entre deux événements pluvieux, permet de compacter les sédiments, ce qui évite leur remise en suspension lors de la remise en eau suivante.

■ Facilite l'entretien : permet de visualiser l'accumulation des sédiments au fond du bassin et donc de planifier leur curage

Limites

- Risque de réchauffement de l'eau à la surface du bassin et de choc thermique en aval (notamment sur des petits cours d'eau ombragés)
- Par temps d'orage intense : la surverse devient l'évacuation principale des eaux de ruissellement du chantier.

Equipés de chicanes et de vidangeur passif flottant de type « skimmer », les bassins ont une efficacité de 76 % à 99,8 %. Equipés de chicanes uniquement, les bassins ont une efficacité qui varie entre 36 % et 45 % (McLaughlin & Markusic, 2007).

© McLaughlin (2007) et AFB



© Véronique de Billy - AFB



Installation d'un skimmer au sein d'un bassin de décantation provisoire.

© Véronique de Billy - AFB

Sac filtrant à sédiments

Objectif

- Piéger les sédiments issus d'un pompage, par rétention et déshydratation au sein d'un dispositif filtrant

Description

Conteneur flexible en géotextile synthétique perméable. Raccordés au tuyau de pompage, les sacs sont remplis peu à peu d'eaux chargées en sédiments. L'eau s'évacue ensuite lentement au travers des micro-perforations de la géomembrane, tout en retenant les particules limoneuses ou plus grossières.

Champs d'application

Les sacs à sédiments sont envisageables au cours d'une opération de pompage d'eaux chargées en sédiments. Ils constituent une alternative technique aux bassins de décantation :

- en cas d'emprise foncière insuffisante pour la réalisation des travaux et/ou d'impossibilité de construction d'un bassin de décantation ;
- lorsque la réglementation et la proximité d'un milieu aquatique à forts enjeux requiert la mise en place d'un dispositif garantissant un bon état chimique des eaux.

Le sac à sédiments est particulièrement adapté aux opérations de pompage de courte durée, en zone urbaine ou en bordure de cours d'eau.

Spécifications

- Divers types et configurations de sacs à sédiments existent dans le commerce :
- surfaces allant de 2 m² à 32 m² (volume de 6300 L), voire plus (si réalisé sur mesure) ;
 - formes tubulaires, rectangulaires, adaptées aux dimensions des bennes à déchets, etc. ;
 - différents types de raccords entre tuyaux de pompage et sacs à sédiments ;
 - modèles réutilisables car équipés d'une fermeture sur le côté pour évacuer les sédiments.

Veiller à :

- choisir les dimensions du sac en fonction :
 - du débit de pompage rejeté et à traiter,
 - de la quantité et des caractéristiques des sédiments à retenir,
 - de la superficie disponible pour le déploiement du sac ;
- placer le sac soit sur une aire adaptée permettant à l'eau de s'infiltrer ou de s'évacuer ; soit, en cas de contrainte technique, dans une benne ou sur un camion prévu à cet effet ;
- ajuster le débit de pompage / remplissage du sac conformément aux consignes du fabricant ;
- une fois le sac plein ou le pompage terminé, laisser le sac sur place le temps que l'eau s'évacue.

À noter que des modèles spécifiquement conçus pour retenir les hydrocarbures sont également disponibles dans le commerce.

Entretien, points de vigilance

Surveiller en continu l'opération de pompage / remplissage du sac afin d'éviter tout dysfonctionnement du dispositif. Le sac est plein quand l'eau issue du pompage n'arrive plus à passer à travers le géotextile.

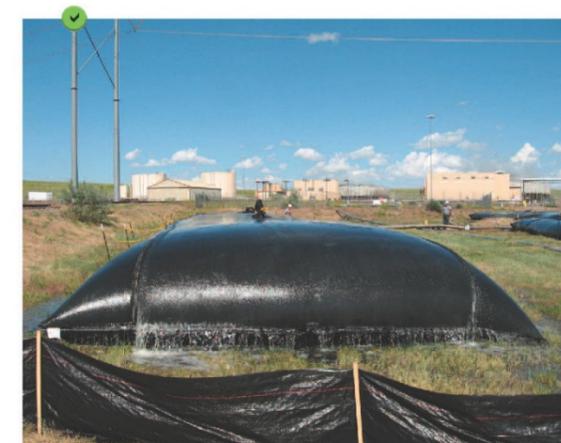
Évacuer les sédiments retenus dans le sac vers une zone de dépôt provisoire ou définitif prévue à cet effet, vers un centre de stockage de déchets inertes s'ils ne sont pas pollués, ou vers une filière de traitement adaptée en cas de traces de pollution

Avantages

- Ne nécessite pas de remise en état du site une fois le chantier terminé
- Léger et facile à transporter (pour la plupart des modèles)
- Se nettoie et s'entretient facilement
- S'adapte aux petits chantiers de courte durée
- Intervient en traitement complémentaire des pièges à sédiments et bassins de décantation sur des sites sensibles avec un haut niveau d'exigence

Limites

- Relativement coûteux
- Conditions d'emploi non modifiables (débit de pompage et volume de sédiments prédéterminés)
- Risque de rupture du sac suite à un débit de pompage trop important ou un sur-remplissage en sédiments et de relargage des sédiments dans le milieu naturel
- Pas de rétention des particules fines (dont les argiles) car les micro-perforations ciblent uniquement les limons ou autres particules plus grossières
- Plutôt adapté au traitement de petits volumes d'eau



Sac à sédiments en opération.

© Spimpro

Floculants

Objectifs

- Traiter les sédiments
- Piéger les particules fines (argiles)
- Réduire la turbidité des eaux de ruissellement issues du chantier avant rejet dans le milieu aquatique

Description

Chaîne de monomères (dit « polymère ») qui accélère la décantation des matières en suspension les plus fines (argiles) en les attirant et en les agglomérant sous forme de floculats. Ces derniers sédimentent rapidement au fond car plus lourds que les particules fines prises isolément (figure 46)

Les floculants sont des produits chimiques qui présentent des risques pour la santé et l'environnement si les dosages et les protocoles préconisés par le fabricant ne sont pas respectés. Les informations présentées dans ce guide ne constituent en rien une autorisation ni une approbation de l'utilisation de ces produits. **Le respect du principe de précaution incite en effet à la plus grande vigilance** (encadré n°3).

Les floculants sont utilisés dans plusieurs domaines (industries chimiques, pharmaceutiques ou agroalimentaires ; agriculture ; carrières ; etc.), afin de clarifier l'eau ou autres liquides. Plusieurs types sont disponibles dans le commerce, dont les polyacrylamides (PAM), le chitosane, l'amidon, la gomme de guar, la pectine, etc. Sur les chantiers, les PAM sont utilisés outre-Atlantique. Les autres floculants peuvent aussi être utilisés mais certains, comme le chitosane, présentent une toxicité directe vis-à-vis de la vie aquatique sous certaines conditions.

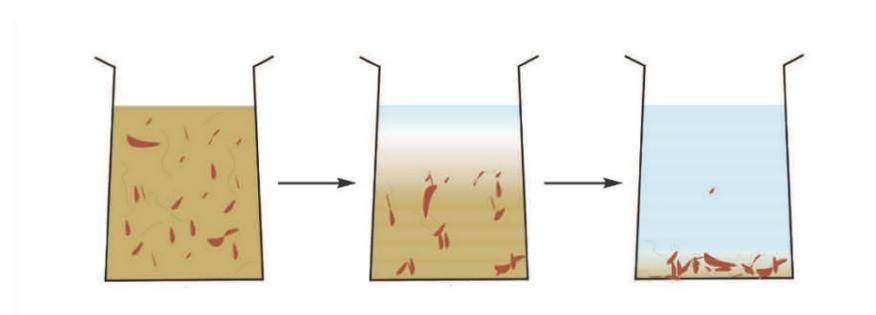


Figure 46. Principe de fonctionnement d'un floculant.

Champs d'application

Les floculants sont utilisés sur certains chantiers où les sols sont fortement soumis à l'érosion et comprennent des concentrations élevées en limons ou argiles (< 20 µm) dont le temps de décantation dépasse le temps de rétention des eaux dans les bassins (fiche Traiter n°3).

- Dans ces cas particuliers, les floculants peuvent être disposés :
- en amont immédiat des bassins de décantation ;
 - sur les surfaces décapées pentues, qu'elles soient (ou non) préalablement ensemencées et protégées par un paillage ;
 - dans les fossés, cunettes, merlons ou autres dispositifs de collecte et de transport des écoulements superficiels ;
 - sur les pistes provisoires de chantier, les aires de dépôt

provisoire de matériaux (déblais / remblais), les parkings ou autres plateformes techniques provisoires non imperméabilisées.

Dans tous les cas, il importe de les utiliser systématiquement en amont de pièges ou de sacs à sédiments ou de bassin de décantation, ceci afin de piéger les floculats et d'empêcher tout relargage en cours d'eau ou en zone humide.

L'usage de floculants est interdit dans les cours d'eau, les zones humides (ou autres milieux naturels aux sols saturés d'eau) et sur des surfaces décapées surplombant l'eau (berges, rives, etc.).



Configuration de traitement pour un pompage et rejet : photo de gauche vue d'aval avec la toile en jute pour retenir les sédiments coagulés, et la photo de droite avec les blocs de PAM attachés le long du fossé de traitement.

Encadré n°3

Les polyacrylamides (PAM) se présentent sous deux formes, anionique et cationique, dont les niveaux de toxicité et leur possibilité d'utilisation sur les chantiers varient (tableau 23).

De nombreuses études écotoxicologiques sur les PAM anionique et cationique ont été menées depuis le début des années 1950. Selon certaines d'entre elles, les PAM sont biodégradables, photodégradables ou mécaniquement dégradables dans les sols et ne présentent pas d'effets écotoxiques directs. Mais ces résultats sont discutés. En effet, les PAM contiennent en très faible quantité des acrylamides qui se présentent sous la forme de monomères. Plus mobiles et légers que les polymères, ils peuvent être libérés dans le milieu naturel, notamment dans les écoulements superficiels et de subsurfaces. Considérés comme toxiques et cancérigènes même en faible quantité, des travaux sont en cours sur les possibilités de dégradation microbienne de ces acrylamides (Touzé, 2014 ; Guezennec *et al.*, 2014 et 2015).

L'utilisation des PAM est donc réglementée :

- les formules de PAM utilisées en Europe doivent respecter le règlement UE n° 366 / 2011 du 14/04/11 qui précise que la concentration d'acrylamide doit rester en dessous de 0,1 % en poids du produit dans lequel il est intégré ;
- les PAM disponibles dans le commerce aux USA et à destination des chantiers doivent respecter le même critère que pour les PAM utilisés dans les réseaux d'eau potable, à savoir une concentration d'acrylamide inférieure à 0,05 %.

Vis la réglementation et les risques vis-à-vis des acrylamides, l'utilisation des PAM doit être limitée à des chantiers spécifiques, empêchant tout contact ou rejet dans les milieux aquatiques.

Tableau 23. Formes des polyacrylamides et toxicité potentielle

	Anionique	Cationique
Poudre, blocs	Forme stable, se présente sous la forme d'une chaîne de polymères non toxique pour la vie aquatique, peu mobile et biodégradable, photodégradable ou mécaniquement dégradable Autorisée sur les chantiers ⊗ Risque de libération d'acrylamides dans les écoulements superficiels et subsurfaciques	Forme instable, toxique pour la vie aquatique ⊗ ⊗ ⊗ Interdite sur les chantiers
Émulsion	⊗ ⊗ Toxicité reconnue pour la vie aquatique Vivement déconseillée sur les chantiers	

Spécifications

L'utilisation de floculants sur les chantiers s'inscrit obligatoirement au sein d'une approche multi-barrières, en complément de dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments.

Les floculants ne remplacent pas les bonnes pratiques environnementales de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments. Obtenir systématiquement l'avis d'une personne habilitée lors de l'utilisation de floculants.

Les protocoles et modalités d'utilisation sont documentés.

Choisir le floculant en fonction des caractéristiques pédologiques des sols, des conditions climatiques et de la configuration du site

Définir la concentration de produit nécessaire en fonction de son usage et de la nature géologique des sols. Tester l'efficacité de ce dosage. À titre d'exemple, les concentrations en PAM varient entre 1,5 kg/ha et 20 kg/ha ou entre 1 mg/l et 5 mg/l selon les sites.

Enregistrer *a minima* les informations suivantes dans un cahier de suivi :

- détails du produit : poudre, blocs ;
- méthode, protocoles et procédures d'utilisation : quantité, dosage (par unité de surface), localisation des sites traités sur le chantier, dates d'utilisation, nom et qualifications de l'utilisateur, conditions météorologiques au cours de l'utilisation et résultats obtenus (turbidité, concentration en MES) ;
- tout autre renseignement souhaité par les services concernés.

Pour les floculants en poudre

Épandre le produit manuellement, avec un semoir à main, un arroseur de piste ou par hydroseeding. Arroser préalablement les sols à traiter si ces derniers sont secs, ceci permettant au floculant de se fixer, et réduisant les risques de lessivage et de rejet en milieux aquatiques

Pour les floculants en bloc

Fixer le bloc au fond du fossé ou du merlon, de manière à optimiser le contact avec les écoulements superficiels

Empêcher les floculants de rejoindre les milieux aquatiques. À cette fin :

- placer les floculants en amont des dispositifs de traitement des sédiments. À titre d'exemple, dans le cas particulier d'un fossé équipé d'une série de seuils semi-perméables, placer les floculants sur les premiers seuils uniquement ;
- diriger les eaux traitées vers une succession de seuils semi-perméables, vers un piège à sédiments, vers un bassin de décantation ou vers un sac filtrant ;
- épandre les eaux traitées vers un site végétalisé ou une zone tampon située à plus de 10 m du cours d'eau ;
- disposer un géotextile en jute ou en coco en aval des dispositifs de traitement des sédiments (pièges ou sacs à sédiments, bassins de décantation), ceci afin de piéger les derniers floculats.

Retirer et réutiliser (le cas échéant) les boues contenant des floculats retenues au fond des pièges à sédiments ou des bassins de décantation, sinon les évacuer comme déchets inertes. En cas de doute, vérifier la présence (ou l'absence) de polluants au sein de ces boues

Entretien, points de vigilance

Lors de l'épandage, prévoir un équipement de protection individuelle (EPI) spécifique, dont un masque, des gants et des lunettes de protection

Prévenir le risque de chute, les zones traitées devenant glissantes suite à l'épandage de poudre de floculants

En cas d'érosion des sols traités :

- traiter l'origine du processus (chapitre IV) ;
- renouveler le cas échéant l'application du floculant en suivant les recommandations du fabricant en termes de fréquence et de concentration du produit.

En cas de déversement accidentel, éviter tout nettoyage de la zone avec de l'eau ; préférer la sciure ou retirer le produit physiquement

Contrôler l'opération et après chaque événement pluvieux, inspecter les surfaces traitées avec des floculants, afin de maîtriser leur efficacité et les risques de lessivage vers le milieu aquatique

Avantages

- S'appliquent rapidement et selon différentes configurations : de l'épandage manuel localisé à la projection hydraulique sur de grandes surfaces décapées
- Efficacité élevée sur sols argileux (rétention des particules fines entre 80 et 99 %)
- Stabilisent rapidement les sols (du fait de leur

résistance à l'érosion) en attendant que la végétation s'implante

- Augmentent l'infiltration et la rétention de l'eau par les sols
- Réduisent le lessivage des semis, produits phytosanitaires, engrais et autres amendements
- Permettent de respecter les normes de rejet lorsque les bonnes pratiques conventionnelles s'avèrent insuffisantes

Limites

- Risques écotoxiques connus pour les acrylamides, susceptibles d'être libérés en faible quantité par les PAM dans les écoulements superficiels et souterrains
- Incertitudes sur la possibilité de dégradation microbienne de ces acrylamides
- Coût élevé. À titre indicatif, le coût des PAM est d'environ 30 € / kg (sous forme de poudre vendue en sacs de 25 kg) ; et de 35 € / kg (lorsque vendus sous forme de blocs)
- Nature et dosage des floculants spécifiques à chaque sol traité, à adapter au cas par cas. Possibilités limitées de réutilisation des stocks inutilisés sur un chantier

Protection des bouches d'égout, avaloirs, regards

Objectifs

- Dévier, décanter ou piéger les sédiments grossiers
- Éviter tout colmatage des réseaux d'eaux pluviales ou d'assainissement

Description

Barrage semi-perméable ou étanche, encerclant les bouches d'égout, avaloirs et regards (figure 47)

Sur un chantier, les bouches d'égout, avaloirs et regards nécessitent d'être protégés lorsqu'à titre d'exemples :

- le réseau pluvial ou d'assainissement définitif est opérationnel avant que la végétation soit suffisamment développée pour contrôler l'érosion ;

- des sédiments provenant des chenilles ou des pneus des engins, non piégés par les dispositifs de traitement amont, sont transportés vers le réseau d'assainissement situé en aval immédiat.

Dans ce cadre, les protections de bouches d'égout, d'avaloirs ou de regards permettent :

- de freiner la vitesse des écoulements superficiels et de piéger les sédiments ;
- ou obligent l'eau à contourner l'obstacle.

Ces dispositifs se présentent sous différentes formes, disponibles dans le commerce ou à construire soi-même sur le chantier (barrière périphérique, cadre filtrant, massif drainant, dérivation).

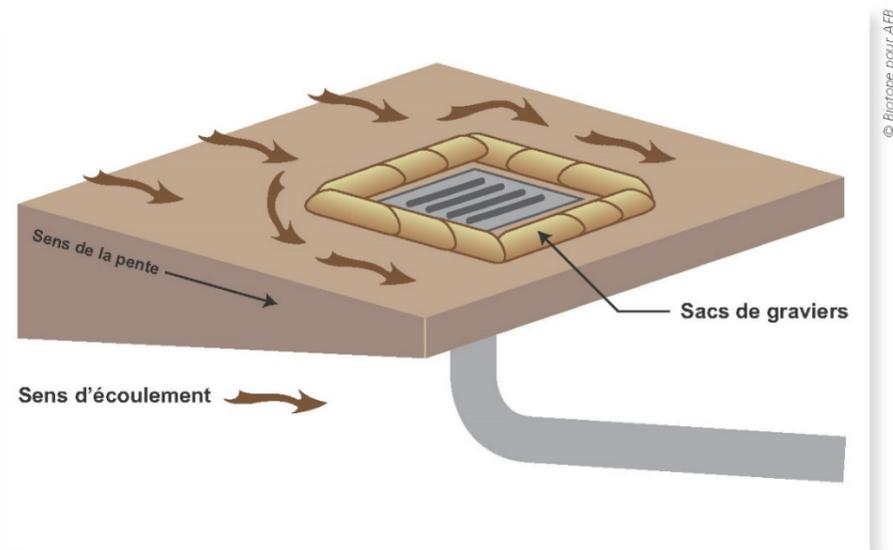


Figure 47. Exemple d'une protection de bouche d'égout : barrière périphérique en sac de graviers.

Champs d'application

- Au droit des bouches d'égout, des avaloirs et des regards présents au sein ou à proximité de l'emprise du chantier

Les barrières périphériques en géotextile sont déconseillées pour des débits supérieurs à 14 l/s. En revanche, les mêmes dispositifs mais constitués en sacs de graviers peuvent être utilisés avec des débits supérieurs à 14 l/s. Ils doivent dans ce cas être équipés d'une surverse.

Spécifications

Les protections de bouches d'égout, d'avaloirs ou de regards s'inscrivent dans une approche multi-barrières, en complément des dispositifs de lutte contre l'érosion, de gestion des écoulements superficiels et de traitement des sédiments.

La performance de ces dispositifs varie en fonction du type utilisé, de son installation et de son entretien, de la taille des sédiments à piéger et des volumes d'eau à traiter.

La réduction du niveau de turbidité et de sédiments est de l'ordre de 20 % à 35 %.

Barrière périphérique (type 1)

Boudins, sacs de sable ou tissus tendus en géotextile, PEHD, etc., à choisir en fonction du type d'écoulement superficiel (concentré au sein d'un fossé, ou étalé en nappe) :

- les boudins doivent être ancrés au sol à l'aide de piquets, agrafes ou équivalents ;
- les tissus tendus sont installés dans une tranchée de 10 cm autour de l'avaloir et maintenu à l'aide de piquets. Il peut être renforcé, le cas échéant, par un dépôt de graviers autour du bord extérieur qui stabilise l'ensemble et permet de résister à l'érosion.

Afin d'éviter une surverse trop rapide tout en limitant l'inondation des abords, la hauteur maximale des dispositifs est déterminée en fonction de la capacité de rétention de l'eau par les abords du dispositif.

Conçue pour durer plusieurs semaines à quelques mois, dans les secteurs où la stagnation temporaire de l'eau ne présente pas de risque

Des boudins spécifiquement conçus pour les routes peuvent être placés en amont ou autour d'avaloirs afin de réduire l'entrée de sédiments dans les réseaux enterrés d'assainissement ou autres.



Type 1 : barrière périphérique en toile de géotextile tendue et associée à un paillage du fossé collecteur.



Type 1 : barrière périphérique en sac de graviers. Fonctionnelle mais à désen-graver.

Cadre filtrant (type 2)

Dispositif synthétique (géotextile, PVC, PEHD, etc.) installé dans ou sur l'avaloir et formant une barrière filtrante. Souvent muni de surverses/bypass afin de réduire le risque d'inondation

Conçu pour des événements ponctuels et de court terme lorsque l'avaloir et le réseau d'assainissement sont fonctionnels



Type 2 : cadre filtrant de type extérieur. En PEHD, il est réutilisable et adaptable à plusieurs modèles d'avaloir.

Massif drainant (type 3)

Fosse creusée autour des 4 côtés de l'avaloir, de 20 cm à 40 cm de profondeur sous le niveau maximal de l'avaloir, en pentes douces dirigées vers l'avaloir (< 50 %), protégée à l'aide de parpaings ou de briques, et comblée de graviers de Ø 1,0 cm à Ø 3,0 cm

Possibilité de stabiliser le dispositif et d'empêcher tout mouvement des graviers vers l'avaloir par l'ajout d'une clôture autour des parpaings, de 10 à 15 mm de vide de maille



Type 3 : enrochement drainant qui permet une rétention de l'eau chargée et un écoulement réduit dans le réseau. Les deux dispositifs sont construits avec parpaings à l'intérieur et un merlon en graviers autour.

Souvent utilisé en milieu urbain ou péri-urbain

Les divers modèles sont munis de surverses/bypass afin de permettre un débit important de surverse dans le réseau et de réduire le risque d'inondation.

Épaisseur et hauteur du dispositif variables en fonction de la surface disponible pour retenir l'eau temporairement

Possibilité d'assurer un écoulement régulier de l'eau stockée en créant un trou à travers les parpaings et sur les 4 côtés du dispositif, situé à 7 ou 10 cm au-dessus du sol et de Ø 2,5 cm

Conçu pour durer plusieurs semaines à quelques mois, dans les secteurs où la stagnation temporaire de l'eau ne présente pas de risque



Dérivation (type 4)

Boudin (rembourré de copeaux, fibres, caoutchouc, mousse, etc.) ou sac de sable, faisant obstacle aux écoulements superficiels et poussant les eaux chargées de sédiments à contourner l'avaloir sans y pénétrer



Type 4 : diversion en place pour éviter que l'eau chargée ne rentre dans l'avaloir.

Entretien, points de vigilance

Marquer l'emplacement du dispositif sur le chantier à l'aide d'un balisage adapté afin de limiter le risque d'écrasement accidentel

Curer ponctuellement les sédiments quand ils atteignent 1/3 du niveau du piège. À noter que les cadres filtrants à l'intérieur de l'avaloir peuvent être lourdement chargés de sédiments si un entretien n'est pas régulièrement effectué

Inspecter les dispositifs avant et après chaque événement pluvieux et toutes les 24 h au cours d'un épisode prolongé

Retirer, évacuer ou recycler les sédiments curés afin qu'ils ne s'ajoutent pas aux sédiments à traiter en aval

Retirer les débris autour du dispositif et nettoyer les orifices de vidange passive

Cas particulier des dispositifs de dérivation de l'eau (type 4) : en bloquant ou en réduisant la capacité d'un avaloir à absorber l'eau, le dispositif peut inonder une portion de la voirie publique aussi bien que les milieux avoisinants ; toujours inspecter les dispositifs au cours d'un événement pluvieux

Surverse possible dans l'avaloir en cas d'augmentation du débit

Traitement des eaux chargées de sédiments en aval de l'avaloir

Conçue pour des contextes urbains à péri-urbains, avec routes en enrobé

Avantages

- S'installe et se désinstalle facilement et rapidement pour des travaux de courte durée
- Modulable au cas par cas, selon les besoins
- Efficace pour les sédiments grossiers, sous réserve d'un entretien très régulier

Limites

- Capacité de traitement des sédiments limitée
- Nécessite d'être très régulièrement entretenu
- Risque d'inondation de la voirie en aval

Aménagement des accès au chantier

Objectif

■ Réduire le transport de boue du chantier vers la voie publique

Description

Limitation des écoulements superficiels et nettoyage des roues des engins de circulation en sortie de chantier à l'aide d'un bac à cailloux et d'une plaque de roulement (figure 48)

Les accès au chantier constituent des points sensibles. Les pneus et chenilles des engins de chantier transportent d'importantes quantités de boue vers la voie publique susceptibles d'engendrer une nuisance

pour les riverains, un risque à la circulation et des pollutions au sein du réseau d'assainissement de la chaussée ou vers le milieu aquatique le plus proche.

Afin de nettoyer les roues et de limiter les écoulements superficiels vers l'extérieur, différentes surfaces de roulement (dites « nettoyeurs décrotteurs fixes ») peuvent être aménagées, comprenant :

- une fosse drainante en granulats, de type « bac à cailloux » ;
- une plaque de roulement, dont la longueur est adaptée au diamètre des roues et dont la forme ondulée écarte la gomme des pneus pour faire tomber la boue et les cailloux incrustés.

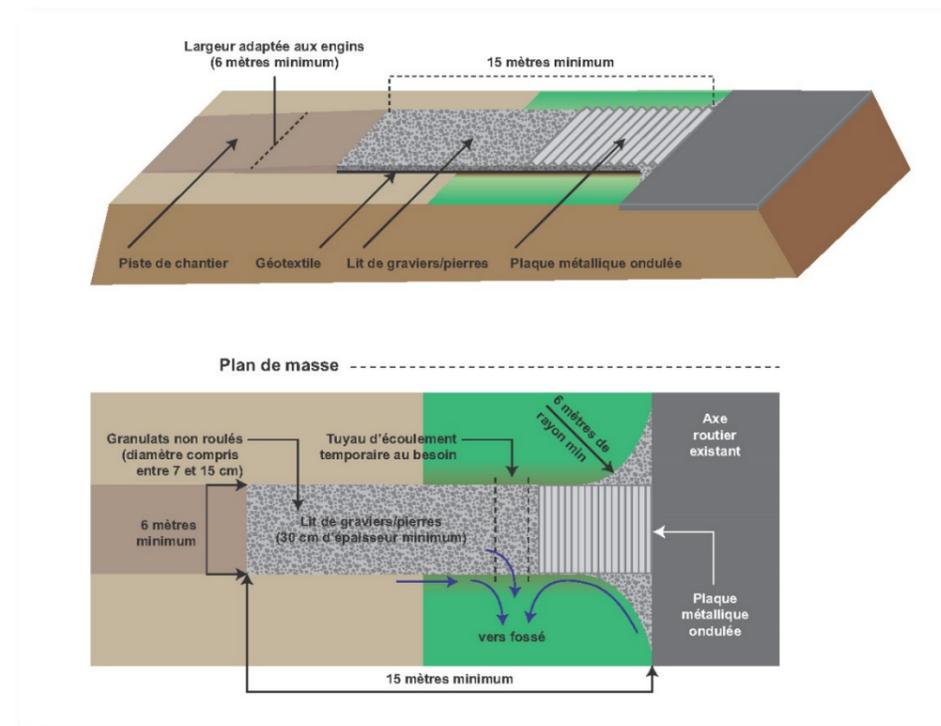


Figure 48. Schéma de principe d'un aménagement des accès au chantier. Les rapports de forme indiqués sont à adapter au cas par cas. Source : McCullah (2007).



Accès au chantier non aménagé.



Fosse drainante et grille métallique ondulée.



Grille métallique ondulée de protection des accès au chantier.

La longueur de la grille correspond à environ 10 fois le diamètre ou 3,5 fois la circonférence des roues. La forme ondulée écarte la gomme des pneus, ce qui fait tomber la boue et les cailloux incrustés.

Champs d'application

Points de sortie des camions et autres engins du chantier, des quais de déchargement ou des lieux de stockage des matériaux

Cette bonne pratique est recommandée dans les situations suivantes :

- la nature géologique des sols est limono-argileuse et colle aux pneus ;
- l'accès au chantier se fait via une piste pentue proche de milieux aquatiques ou une chaussée ouverte à la circulation du public.

L'installation de fosses drainantes ou de grilles de « nettoyage décrottage » est déconseillée sur des surfaces en enrobé bitumeux ou en béton.

Spécifications

Avant l'installation des fosses drainantes et des grilles de « nettoyage décrottage », vérifier que le dossier d'exploitation sous chantier prévoit :

- une réduction du nombre de points d'accès au chantier ;
- la collecte des écoulements superficiels issus des accès au chantier (fiche Gérer n°1) et leur raccordement à des dispositifs de traitement provisoires des sédiments (fiches Traiter n°1, n°2 ou n°4) ;
- une indication des accès officiels au chantier à l'aide d'une signalétique adaptée complétée par une clôture des emprises (si nécessaire).

Réaliser les fosses drainantes et installer les grilles de « nettoyage décrottage » des roues des camions et autres engins circulant sur le chantier au démarrage des premiers terrassements.

Lors de la réalisation des fosses drainantes :

- ajuster le profil de l'accès pour diminuer sa pente ;
- dimensionner la fosse en fonction des engins les plus larges et les plus lourds circulant sur le chantier. À titre indicatif :
 - profondeur minimale = 30 cm (voire plus pour les engins lourds),
 - largeur minimale = 6 m (avec des sur-largeurs côté chaussée),
 - longueur minimale = 15 m ;
- déployer un géotextile non-tissé au fond de la fosse (sur toute sa surface) afin de limiter la mobilisation de sédiments ;
- installer un système drainant au point bas de la fosse et le raccorder aux dispositifs provisoires de traitement des sédiments ;
- remblayer la fosse à l'aide de granulats propres, non-friables et présentant une bonne résistance mécanique (Ø 50 – 150 mm). Éviter l'utilisation de granulats trop petits et/ou pouvant se bloquer dans les interstices des pneus.

Entretien, points de vigilance

Entretenir la partie terminale de l'accès au chantier pour éviter que les cailloux ne se répandent sur la chaussée.

Retirer régulièrement de la voirie publique (*a minima* à la fin de chaque journée), les boues et autres sédiments résiduels issus du chantier.

Inspecter très régulièrement les dispositifs et veiller à éviter l'accumulation de sédiments de part et d'autre de l'accès.

Curer les sédiments quand ils atteignent 1/3 de la capacité du dispositif.

Compléter, sur des sites sensibles, les fosses drainantes et les grilles de « nettoyage – décrottage », par un système de lavage des pneus avec jets. Dans ce cas, veiller à raccorder ces eaux usées à un dispositif de traitement des eaux chargées en sédiments, avant d'atteindre le milieu aquatique ou le réseau pluvial.

Laisser en place ces dispositifs de nettoyage des roues jusqu'à ce que le chantier soit terminé ou *a minima*, que les camions et autres engins du chantier ne risquent plus de transporter des boues en dehors du site.

Cas particulier des fosses drainantes

La formation d'ornières indique un dysfonctionnement du dispositif. Vérifier ses dimensions (épaisseur et dimension des granulats, type de géotextile, etc.)

Renouveler (et recycler si possible) la couche superficielle de granulats dès que celle-ci est colmatée.

Avantages

- Réduit le risque d'exporter des sédiments vers les cours d'eau et les zones humides
- Limite les nuisances et les risques liés à la circulation des camions et autres engins du chantier et les plaintes des riverains

Limites

- Nécessite un nettoyage régulier de la chaussée circulée, sauf en cas de lavage via des jets d'eau ou un brossage mécanique
- Perte d'efficacité des dispositifs sur un accès fortement pentu arrivant directement sur la chaussée
- Pour les fosses drainantes : risque de colmatage et de perte d'efficacité en l'absence d'entretien et de renouvellement(s) de la surface de granulats

9 ELEMENTS GRAPHIQUES

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : vannage en entrée du Muelbach 395

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Volume total de remblais en zone inondable	313
Tableau 2 : Surface totale de remblais en zone inondable	313
Tableau 3 : Coefficients de Montana à la Station Colmar-Meyenheim (source : Météo France)	316
Tableau 4 : Coefficients de Montana pour une pluie de 2 ans à la Station Colmar-Meyenheim (source : Météo France).....	316
Tableau 5 : Vitesses d'écoulements issues du guide SETRA de 1982	316
Tableau 6 : Débits de fuite de chaque bassin versant	316
Tableau 7 : Volumes de rétention nécessaires selon la doctrine MISEN	317
Tableau 8 : Volumes de rétention nécessaires selon la méthode des pluies	318
Tableau 9 - Superficie des zones humides délimitées par Esope en 2012 sur l'emprise du projet actuelle (source : Esope 2012).	343
Tableau 10 - Descriptifs des compléments/modifications apportés par Biotope lors des prospections de terrain 2016/2017. ...	344
Tableau 11 - Superficie des zones humides délimitées par Esope en 2012 et actualisé par BIOTOPE (2016 /2017) sur l'emprise du projet actuelle (sources : Esope 2012, Biotope 2016/2017).	344
Tableau 12 - Analyse des données piézométriques afin de déterminer le caractère humide des habitats situés à proximité de ces dispositifs (critère piézométrique).	350
Tableau 13 : Tableau récapitulatif des résultats obtenus pour l'ensemble des sondages	352
Tableau 14 : Superficie des habitats en fonction du caractère spontané de leur végétation.	353
Tableau 15 : Analyse du statut humide / non humide des habitats à végétation non spontanée.	355
Tableau 16 - Analyse du statut humide / non humide des habitats à végétation spontanée.	359
Tableau 17 : Tableau de comparaison des superficies de zones humides impactées avant et après l'arrêt du Conseil d'Etat.	363
Tableau 18 : Habitats composant le complexe des zones humides impacté.....	367
Tableau 19 - Opportunité du complexe de zones humides à remplir les fonctions et capacité intrinsèque (propre) à les exprimer. Légende : Niveau faible / moyen / fort qualifiant l'opportunité d'expression de la fonction au regard de son environnement et la capacité potentielle d'expression de la fonction au regard des caractéristiques propres du complexe humide. NA : il n'est pas possible d'évaluer l'opportunité d'exprimer ces fonctions dans le cadre de l'application de cette méthode.	369
Tableau 20 : Sites compensatoires zones humides étudiés pour atteindre l'équivalence fonctionnelle.	372
Tableau 21. Présentation des habitats présents sur le complexe des sites de compensation.	375
Tableau 22 - Opportunité du complexe à remplir les fonctions et capacité intrinsèque (propre) à les exprimer.	377
Tableau 23 : Contexte géographique des zones humides impactées et du complexe de compensation. Evaluation du respect du principe de proximité géographique.....	380
Tableau 24 : Tableau récapitulatif des pertes et gains occasionnés avec les diverses actions.....	382
Tableau 25 : résultats du calage sur le Giessen.....	400
Tableau 26 : résultats du calage sur la Lièpvrette	400
Tableau 27 : Valeurs de débits retenues pour le PPRi	415
Tableau 28 : Débits de crue retenus dans le cadre du PPRi	419
Tableau 29 : Débits de crue pour le printemps	421
Tableau 30 : Débits de projet pour une crue de printemps au droit du merlon	421
Tableau 31 : Valeurs seuils pour l'atteinte du bon état écologique.....	427
Tableau 32 : Charges unitaires annuelles par ha applicables pour un trafic global $\leq 10\ 000$ v/j (source : SETRA).....	428
Tableau 33 : Charges supplémentaires annuelles par ha imperméabilisé pour $1\ 000$ v/j au-delà de $10\ 000$ v/j pour sites ouverts et restreints (source : SETRA).....	428
Tableau 34 : Charges polluantes générées par le projet	428
Tableau 35 : Taux d'abattement de l'ouvrage de rétention.....	428
Tableau 36 : Concentration moyenne annuelle en pollution au sein des eaux rejetées par les bassins de rétention	428
Tableau 37 : Concentration en période de pointe en pollution au sein des eaux rejetées par les bassins de rétention	429

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Localisation des remblais en zone inondable	313
Illustration 2 : Bassin versant intercepté	314
Illustration 3 : Synoptique des bassins versants routiers	315
Illustration 4 : Abaque des capacités de stockage des ouvrages	317
Illustration 5 : Coefficients de Montana station météo France de Strasbourg	318
Illustration 6 : Vue en plan du bassin d'infiltration n°0 – évolution par rapport au DAU août 2018	320
Illustration 7 : Ouvrage d'entrée du bassin d'infiltration n°0 – évolution par rapport au DAU août 2018	321
Illustration 8 : Détails de l'ouvrage de surverse sur berge – nouveau par rapport au DAU Août 2018	321
Illustration 9 : Coupe type de l'infiltration et by-pass - évolution par rapport au DAU août 2018	322
Illustration 10 : Vue en coupe du bassin d'infiltration n°0 évolution par rapport au DAU août 2018	322
Illustration 11 : Vue en plan du bassin de rétention n°1	323
Illustration 12 : Coupe type des ouvrages d'entrée et de sortie des bassins de rétention	324
Illustration 13 : Coupe type de l'étanchéité des bassins de rétention	325
Illustration 14 : Vue en coupe du bassin de rétention n°1	325
Illustration 15 : Vue en plan du bassin de rétention n°2	326
Illustration 16 : Vue en coupe du bassin de rétention n°2	326
Illustration 17 : Vue en plan du bassin de rétention n°3	327
Illustration 18 : Vue en coupe du bassin de rétention n°3	327
Illustration 19 : Vue en plan du bassin d'infiltration n°4 – évolution depuis DAU août 2018	328
Illustration 20 : Vue en coupe du bassin d'infiltration n°4 – évolution depuis DAU août 2018	328
Illustration 21 : Ouvrages d'entrée et de sortie – évolution depuis DAU août 2018	329
Illustration 22 : Infiltration et by pass – évolution depuis DAU août 2018	330
Illustration 23 : Surverse sur berge – évolution depuis DAU août 2018	330
Illustration 24 : Schéma de la méthode de caractérisation des zones humides d'après l'arrêté ministériel de 2008, modifié 2009.	341
Illustration 25 : Extrait du rapport ESOPE 2012 listant les habitats humides selon CORINE biotopes sur le secteur d'étude étendu (Extrait du tableau 7 du rapport cité : synthèse des zones humides sur la base de la végétation).	342
Illustration 26 : Localisation des zones humides sur critères alternatifs (végétation et pédologie) d'après l'étude ESOPE 2012.	342
Illustration 27 : Secteur non concerné par l'étude d'Esope en 2012 (liseré rouge sur la carte ci-contre).	343
Illustration 28 : Carte des zones humides avérées d'après l'arrêté ministériel 2008, modifié 2009.	345
Illustration 29 : Caractérisation du caractère humide des habitats situés sur l'emprise du projet.	345
Illustration 30 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 1/5	346
Illustration 31 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 2/5	346
Illustration 32 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 3/5	347
Illustration 33 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 4/5	347
Illustration 34 : Cartographie des habitats actualisés par Biotope (2016 / 2017) 5/5	347
Illustration 35 : Schéma de la méthode de caractérisation des zones humides d'après la décision du Conseil d'Etat 2017.	348
Illustration 36 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 (source : SEGIC).	349
Illustration 37 : Profondeur relative de la nappe par rapport à TN (m) au niveau du piézomètre situé sur la commune de Sélestat sur la période 1976 – 2017.	349
Illustration 38 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 et évaluation des piézomètres témoignant de conditions humides avec un décalage potentiel de 50 cm par rapport à une année normale.	351
Illustration 39 : Localisation des piézomètres mis en place en 2016 – 2017 et évaluation des piézomètres témoignant de conditions humides avec un décalage potentiel de 75 cm par rapport à une année normale.	351
Illustration 40 : Qualification du caractère spontané de la végétation avec information sur le statut humide / non humide des habitats.	353
Illustration 41 : Délimitation des zones humides sur l'emprise du projet d'après l'étude réalisée par ESOPE actualisée par BIOTOPE (critères cumulatifs).	363
Illustration 42 : Les zones prises en compte pour évaluer les fonctions des zones humides.	365
Illustration 43 : Complexe des zones humides impactées	367
Illustration 44 : Habitats du complexe des zones humides impactées	367
Illustration 45 : Zone contributive du complexe de zones humides impactées	368
Illustration 46 : Sites compensatoires zone humide étudiés dans le cadre de la stratégie compensatoire présentée en décembre 2017.	372

Illustration 47 : Complexe des sites de compensation	374	Illustration 103 : coupe transversale de l'ouvrage OA1BIS	411
Illustration 48 : Zone contributive du site de compensation	374	Illustration 104 : coupe transversale de l'ouvrage OA1TER	411
Illustration 49 : Habitats du complexe des sites de compensation	375	Illustration 105 : coupe transversale de l'ouvrage OH1	412
Illustration 50 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon amont de la zone d'étude.	384	Illustration 106 : coupe transversale de l'ouvrage OH2	412
Illustration 51 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon intermédiaire de la zone d'étude.	384	Illustration 107 : élévation de principe de l'ouvrage OH4	413
Illustration 52 : levés complémentaires réalisés par BIEF sur le tronçon aval de la zone d'étude	385	Illustration 108 : élévation de principe de l'ouvrage OE1	413
Illustration 53 : hydrogrammes centennaux établis par ISL sur le Giessen et la Lièpvrette	385	Illustration 109 : élévation de principe de l'ouvrage OE2	413
Illustration 54 : hydrogrammes centennaux injectés dans le modèle HEC-RAS par ISL	386	Illustration 110 : élévation de principe de l'ouvrage OE4	414
Illustration 55 : superposition des hydrogrammes de la crue de février 1990 et la crue centennale d'ISL sur la Lièpvrette	386	Illustration 111 : Zoom sur la partie du modèle concernée par l'étude	415
Illustration 56 : superposition des hydrogrammes de la crue de février 1990 et la crue centennale d'ISL sur le Giessen	386	Illustration 112 : Maillage du modèle et tracé du projet routier	416
Illustration 57 : Périmètre de l'étude hydratec.	387	Illustration 113 : Ouvrages modélisés (source : SETEC/HYDRATEC)	417
Illustration 58 : hydrogrammes synthétiques de la Lièpvrette à Lièpvre obtenus par HYDRATEC	387	Illustration 114 : Impact de l'arasement du merlon	419
Illustration 59 : hydrogrammes synthétiques du Giessen à Thanvillé obtenus par HYDRATEC	388	Illustration 115 : Cotes du merlon pour une protection quinquennale	419
Illustration 60 : hydrogrammes des sous-bassins versants de la Lièpvrette pour la crue centennale	388	Illustration 116 : Côtes du merlon pour une protection décennale	420
Illustration 61 : hydrogrammes des sous-bassins versants du Giessen pour la crue centennale	388	Illustration 117 : Cotes du merlon pour une protection vicennale	420
Illustration 62 : localisation des hydrogrammes d'apport intermédiaires (source HYDRATEC 2015)	389	Illustration 118 : Cotes du merlon pour une protection cinquantennale	421
Illustration 63 : hydrogrammes d'entrée pour la crue centennale (source HYDRATEC 2015)	389	Illustration 119 : Cotes du merlon pour une protection vicennale de printemps	422
Illustration 64 : définition des contours du modèle	390	Illustration 120 : Cotes du merlon pour une protection cinquantennale de printemps	422
Illustration 65 : importation des données bathymétriques et topographiques	390	Illustration 121 : Localisation des points de contrôle	423
Illustration 66 : maillage global	391	Illustration 122 : Hydrogrammes	423
Illustration 67 : zoom sur le maillage au droit de la confluence	391	Illustration 123 : champ de vitesse, merlon arasé	424
Illustration 68 : zoom sur le maillage de la Lièpvrette en amont du modèle	391	Illustration 124 : Champ de vitesse, protection Q50 de printemps	425
Illustration 69 : résultat après interpolation des données bathymétriques et topographiques	391	Illustration 125 : Champ de vitesse, état initial	426
Illustration 70 : localisation des ouvrages de décharge dans la zone à casiers	395	Illustration 126 : Trafic moyen journalier annuel (source : Etude d'impact)	427
Illustration 71 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (amont)	396		
Illustration 72 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (Hurst)	396		
Illustration 73 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (confluence)	397		
Illustration 74 : occupation des sols selon le CORINE Land Cover 2006 (aval)	397		
Illustration 75 : coefficient de rugosité dans le modèle 2D	398		
Illustration 76 : courbe H/Q reconstituée par ISL à Scherwiller	398		
Illustration 77 : localisation des conditions aux limites du modèle 2D	398		
Illustration 78 : emprise de la zone inondable fournie par HYDRATEC	399		
Illustration 79 : extrait des données SIG fournies par HYDRATEC (zone de la confluence)	399		
Illustration 80 : localisation des points de calage	400		
Illustration 81 : emprise de la zone inondable calculée par le modèle 2D	401		
Illustration 82 : La Lièpvrette entre Lièpvre et Dovnières	402		
Illustration 83 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Lièpvre et Doynières	402		
Illustration 84 : résultats du modèle HYDRATEC avant traitement sous SIG	402		
Illustration 85 : résultats du modèle 2D	403		
Illustration 86 : La Lièpvrette entre Bois-L' Abbessé et Hurst	403		
Illustration 87 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Bois-L'Abbessé et Hurst	403		
Illustration 88 : La Lièpvrette entre Hurst et Schweidfeld	404		
Illustration 89 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Hurst et Schweidfeld	404		
Illustration 90 : La Lièpvrette et le Giessen, entre Schweidfeld et Val de Villé	404		
Illustration 91 : comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Schweidfeld et Val de Villé	404		
Illustration 92 : comparaison des maillages définis par HYDRATEC et dans le modèle 2D en amont du pont de la RD424 en rive gauche de la Lièpvrette	405		
Illustration 93 : comparaison des maillages définis par HYDRATEC et dans le modèle 2D en amont du pont de la RD424 entre le Muelbach et la RN59	406		
Illustration 94 : Comparaison des zones inondables HYDRATEC et modèle 2D entre Val de Villé et Scherwiller	406		
Illustration 95 : méthodologie adoptée pour l'optimisation du projet	408		
Illustration 96 : maillage affiné au droit du remblai	409		
Illustration 97 : vue 3D du modèle après intégration du remblai	409		
Illustration 98 : coupe transversale de l'ouvrage OA1	409		
Illustration 99 : coupe transversale de l'ouvrage OA2	410		
Illustration 100 : coupe transversale de l'ouvrage OA4	410		
Illustration 101 : coupe transversale de l'ouvrage OA5	410		
Illustration 102 : coupe transversale de l'ouvrage OA3	411		

