

GÉOLOGIE APPLIQUÉE HYDROGÉOLOGIE GÉOPHYSIQUE GÉOMATIQUE ENVIRONNEMENT

Etude hydrologique dans le cadre d'un projet de centrale photovoltaïque

Campbon (44)

URBASOLAR

Dossier n°25330

Novembre 2025



215, rue du Cabarot - 16410 GARAT
+33 (0) 5 45 61 34 18
hacquardfrancois@sond-et-eau.fr



26 rue Hubert le Sellier de Chezelles - 36130 DEOLS
+33 (0)2 54 07 05 47
www.comirem scop.fr
comirem scop@orange.fr

Version	Date	Rédacteur
1	Novembre 2025	MC

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
LISTES DES TABLEAUX	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
Préambule	5
1 Localisation du site à l'étude	5
2 Etude documentaire	9
2.1 Contexte géographique et topographique	9
2.2 Contexte climatologique	9
2.3 Contexte hydrographique	10
2.4 Contexte géologique	12
2.5 Contexte hydrogéologique	13
2.5.1 Contexte général	13
2.5.2 Captage AEP	14
2.6 Sensibilité environnementale	14
2.6.1 Zone d'intérêt écologique avérée	14
2.6.2 Zones humides	15
2.7 Risques naturels et industriels	16
2.7.1 Risques naturels	16
2.7.2 Risques industriels	17
3 Situation hydraulique initiale	18
3.1 Occupation du sol	18
3.2 Hydrologie du site	20
3.2.1 Contexte général	20
3.2.2 Ruissellements amont d'origine hors site	20
3.2.3 Ruissellements sur le site d'étude	20
3.3 Essais réalisés sur site	24
3.3.1 Sondages géologiques	24
3.3.2 Essais de perméabilité	26
3.4 Bassins versants à l'état initial	27
3.4.1 Caractéristiques des bassins versants	27
3.4.2 Données statistiques météorologiques	29
3.4.3 Coefficients de ruissellement	29
3.4.4 Volumes d'eau ruisselés	30
3.4.5 Débits de crue	30
4 Situation hydraulique en phase travaux	32
4.1 Contexte général	32
4.2 Comportement hydraulique en phase travaux	33
4.3 Propositions	33
5 Situation hydraulique en phase exploitation	34
5.1 Caractéristiques du projet de parc photovoltaïque	34
5.2 Contraintes	36
5.2.1 Ruissellements sous les champs photovoltaïques	36
5.2.2 Ruissellements liés aux surfaces imperméabilisées	37

5.2.3	Coefficient d'imperméabilisation.....	40
5.2.4	Topographie du site.....	40
5.3	Bassins versants en phase d'exploitation	40
5.3.1	Caractéristiques des bassins versants	40
5.3.2	Données statistiques météorologiques.....	41
5.3.3	Coefficients de ruissellement	41
5.3.4	Volumes d'eau ruisselés.....	42
5.3.5	Débits de crue.....	43
5.4	Scénario de gestion des eaux pluviales	44
5.4.1	Fonctionnement actuel	44
5.4.2	Principe de gestion des eaux de ruissellement.....	44
Liste des annexes.....		47

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des zones d'intérêt écologique les plus proches (source : INPN)	14
Tableau 2 : Résultats des sondages réalisés	25
Tableau 3 : Résultats du test de perméabilité réalisé	26
Tableau 4 : Répartition des surfaces initiales et seuil de rétention	29
Tableau 5 : Caractéristiques des bassins versants initiaux	29
Tableau 6 : Volumes précipités et ruisselés à l'état initial	30
Tableau 7 : Débits de pointe à l'état initial	31
Tableau 8 : Volumes ruisselés en phase travaux (encadré rouge, Cr=1)	33
Tableau 9 : Superficie des surfaces imperméables et semi-perméables dans le bassin versant ..	40
Tableau 10 : Répartition des surfaces finales et seuils de rétention.....	41
Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants finaux	41
Tableau 12 : Volumes précipités et ruisselés à l'état final	42
Tableau 13 : Débits de pointe à l'état final	43

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Plan de localisation du site	6
Figure 2 : Plan de localisation cadastral du site	7
Figure 3 : Localisation du projet sur vue aérienne réalisé par drone	8
Figure 4 : Chroniques des normales pour la station de Saint Nazaire-Montoir (Source : Météo France).....	9
Figure 5 : Contexte hydrologique du site (Source : DDTM 44– Octobre 2025)	10
Figure 6 : Contexte hydrographique.....	11
Figure 7 : Localisation du site sur la carte géologique harmonisée du BRGM et légende associée	12
Figure 8 : Log hydrogéologique extrait du SIGES	13
Figure 9 : Localisation des captages AEP et de leurs périmètres de protection sur le secteur d'étude (source : ARS).....	14
Figure 10 : Zones d'intérêt écologique avérées à proximité du projet.	15
Figure 11 : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles (source : Géorisques)	16
Figure 12 : Localisation des cavités souterraines à proximité du site d'étude	16
Figure 13 : Localisation des sites potentiellement pollués (Source : CASIAS).....	17
Figure 14 : Photographie aérienne	18
Figure 15 : Illustrations photographiques du site, observées le 22/10/2025	19
Figure 16 : prairie permanente	20
Figure 17 : prairie fourragère cultivée et exploitée en pâturage	21
Figure 18 : Illustrations photographiques du 22/10/2025	21
Figure 19 : Illustrations photographiques du 22/10/2025	22
Figure 20 : Illustrations photographiques du 22/10/2025	22
Figure 21 : Plan des écoulements.....	23
Figure 22: Localisation des sondages réalisés (source : SOND&EAU)	24
Figure 23 : Ordre de grandeur de la conductivité hydraulique (<i>Musy & Soutter, 1991</i>)	26
Figure 24 : Plan du bassin versant à l'état initial	28
Figure 25 : Extrait du plan de masse esquisse du projet (source : URBASOLAR).....	35
Figure 26 : Illustration schématique.....	36
Figure 27 : Coupe schématique de la structure des postes de livraison et transformation (source : URBASOLAR)	37
Figure 28 : Illustrations photographiques des structures (source : COMIREM SCOP)	37
Figure 29 : Coupe schématique d'une citerne souple (source : URBASOLAR).....	38
Figure 30 : Exemple photographique d'une citerne souple (source : COMIREM SCOP)	38
Figure 31 : Coupes schématiques des trois types de pistes, réalisées par la société URBASOLAR	39
Figure 32 : Plan des aménagements	46

PREAMBULE

Dans le cadre d'un projet de centrale photovoltaïque, URBASOLAR, a demandé aux sociétés SOND&EAU et COMIREM SCOP de réaliser une étude d'incidence hydraulique afin de définir les impacts potentiels du projet sur les eaux superficielles.

Les principaux objectifs de l'étude sont les suivants :

- Établir un état initial hydrologique avant implantation du projet,
- Définir les bassins versants et exutoires du site, préciser les modes de gestion actuels des eaux superficielles,
- Préciser la nature des terrains présents sous le site et mesurer leur perméabilité,
- Évaluer la vitesse d'infiltration des pluies exceptionnelles et les risques éventuels d'inondation en période hivernale pluvieuse et de hautes eaux de la nappe,
- Préciser dans la mesure du possible le niveau de la nappe sous le sol du site,
- Déterminer les contraintes éventuelles engendrées par les eaux pluviales et les ruissellements sur le projet de parc photovoltaïque et son environnement et celles pouvant impacter son fonctionnement futur,
- Proposer des modalités de gestion des eaux pluviales dans l'emprise du projet et sur sa périphérie.

1 LOCALISATION DU SITE A L'ETUDE

Le site à l'étude est localisé :

- Dans le département de Loire-Atlantique (44),
- Sur la commune de Campbon,
- Sur une prairie pâturée. Cette dernière est soit permanente, soit fourragère, mise en place par l'exploitant agricole,
- Parcelle ZD2, ZD52 et ZD53

La zone d'implantation potentielle est de 16,78 ha. La surface du projet au stade AVP est d'environ 12,75 ha.

Le projet est localisé sur les plans donnés pages suivantes.

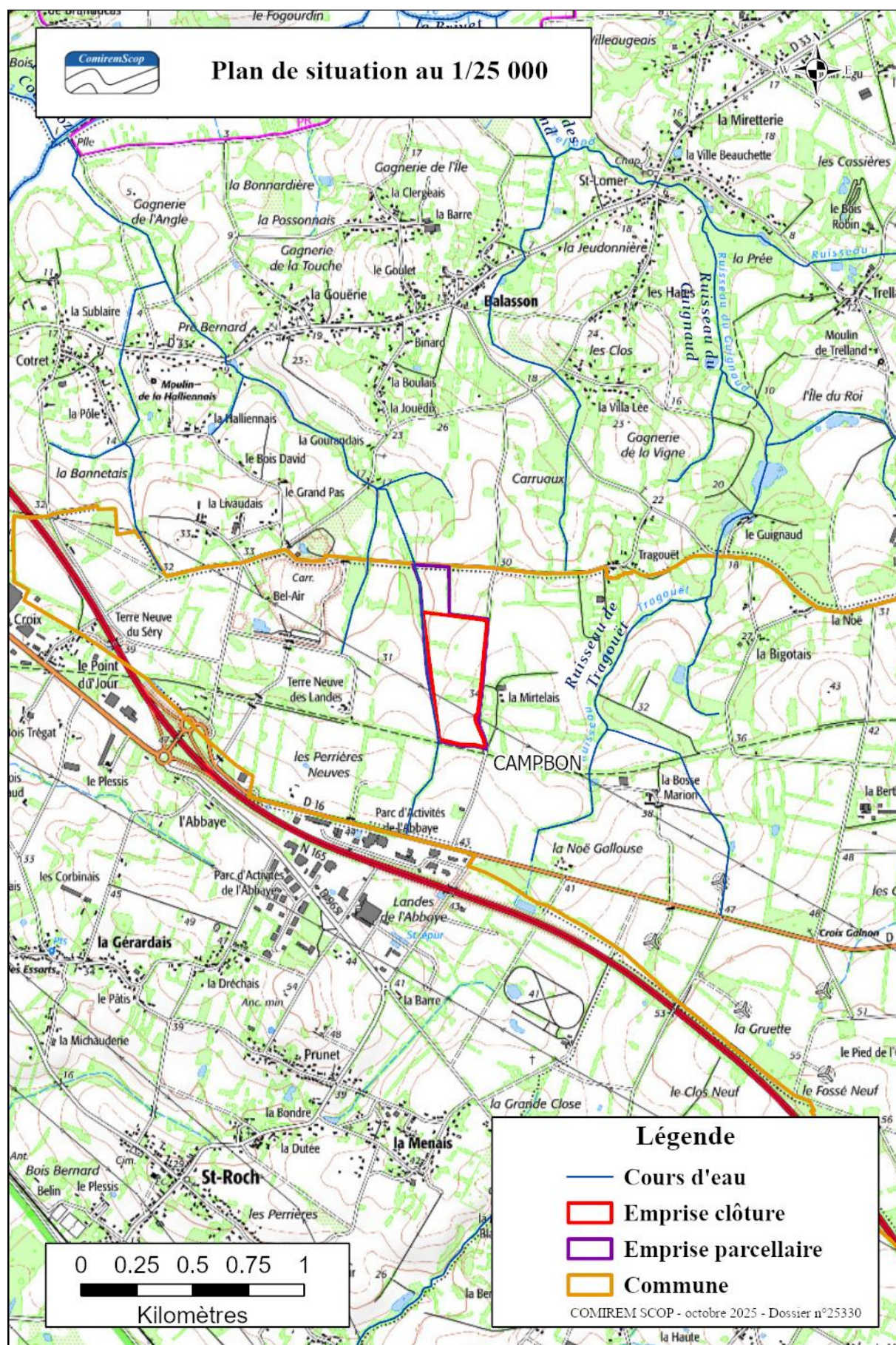


Figure 1 : Plan de localisation du site

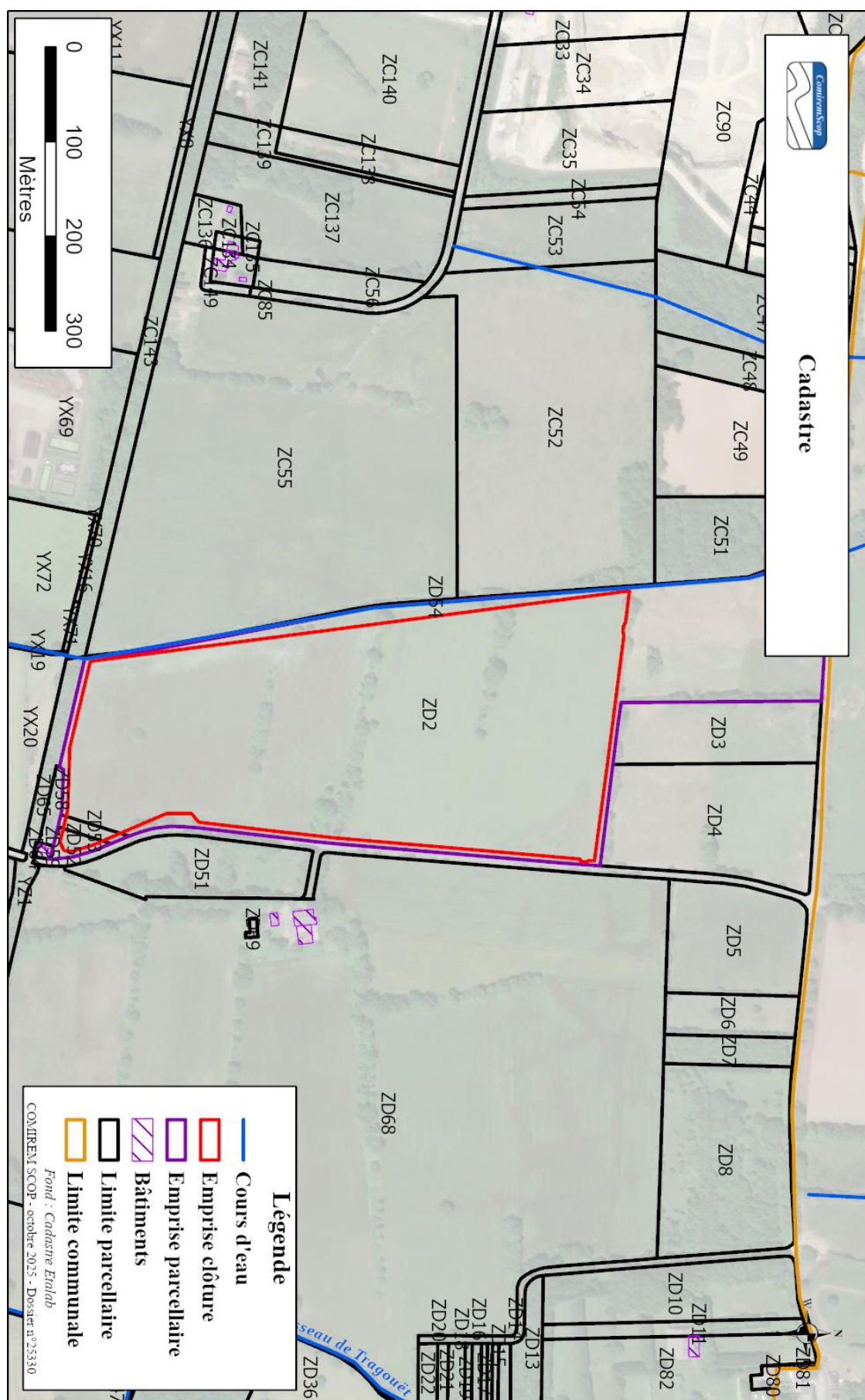


Figure 2 : Plan de localisation cadastral du site

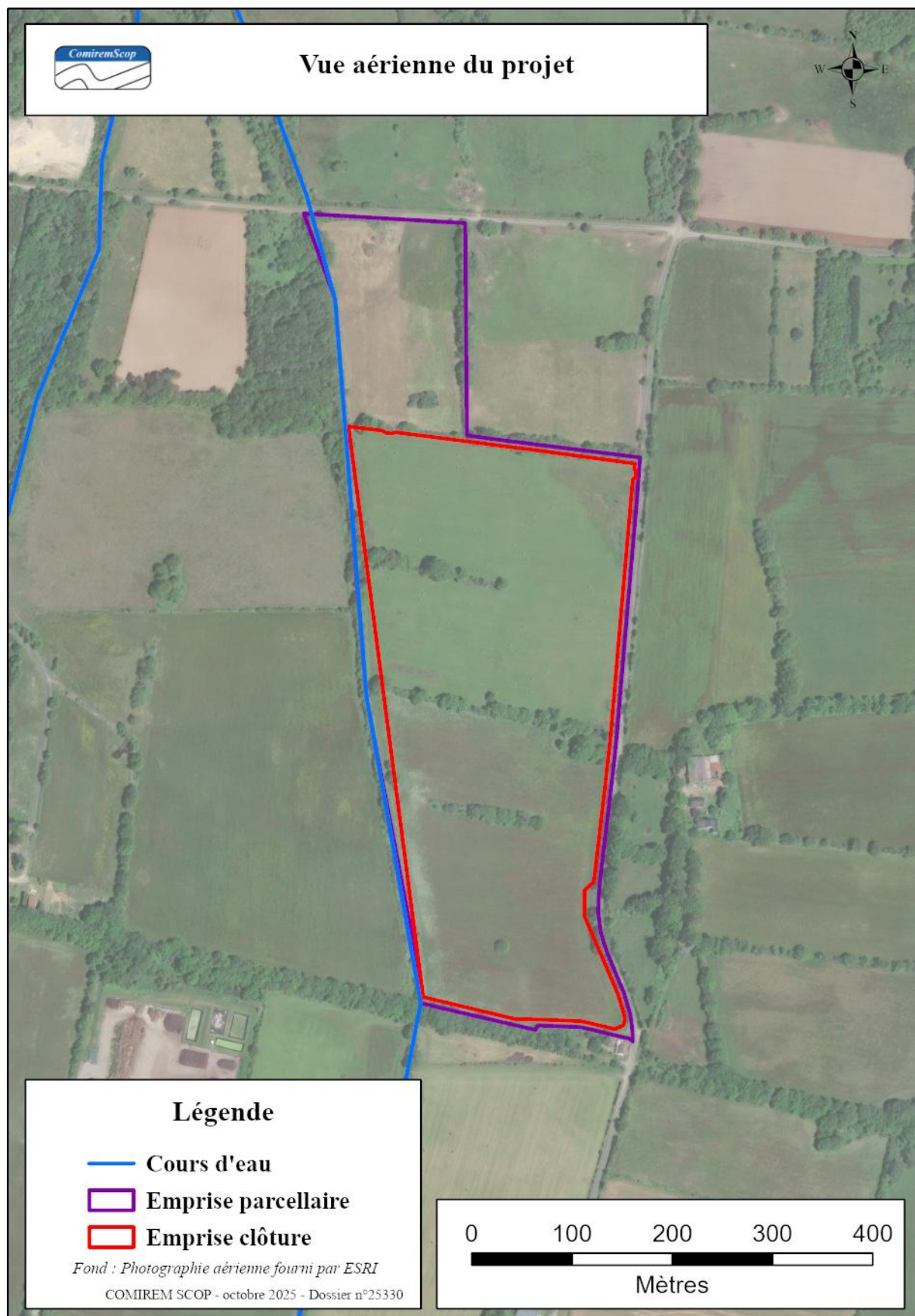


Figure 3 : Localisation du projet sur vue aérienne

2 ETUDE DOCUMENTAIRE

2.1 Contexte géographique et topographique

Le projet est localisé dans le département de la Loire-Atlantique, en région des Pays de la Loire, sur la commune de Campbon qui est située à 4 km l'est de Pontchâteau.

Le site sur lequel s'insère le projet est une prairie pâturée. Cette dernière est soit permanente, soit fourragère, mise en place par l'exploitant agricole.

L'altimétrie du site varie entre 25 et 37 m NGF selon la topographie de l'IGN (Lidar HD). Les pentes sont en moyenne de 2 %. Le site est bordé par un cours d'eau sans nom.

2.2 Contexte climatique

La commune de Campbon est localisée dans une région influencée par un climat de type océanique.

La station météorologique la plus proche est la station de Saint Nazaire-Montoir (15 km au sud-est du projet) qui dispose de normales et de coefficient de Montana, utilisée pour les calculs hydrauliques.

La moyenne annuelle de précipitations est de 792 mm.

Les précipitations sont assez régulières au cours de l'année, avec des maximums en hiver.

La température moyenne est de 12,6 °C avec une moyenne de 19,3°C en juillet, mois le plus chaud et une moyenne de 6,6°C en janvier, mois le plus froid.

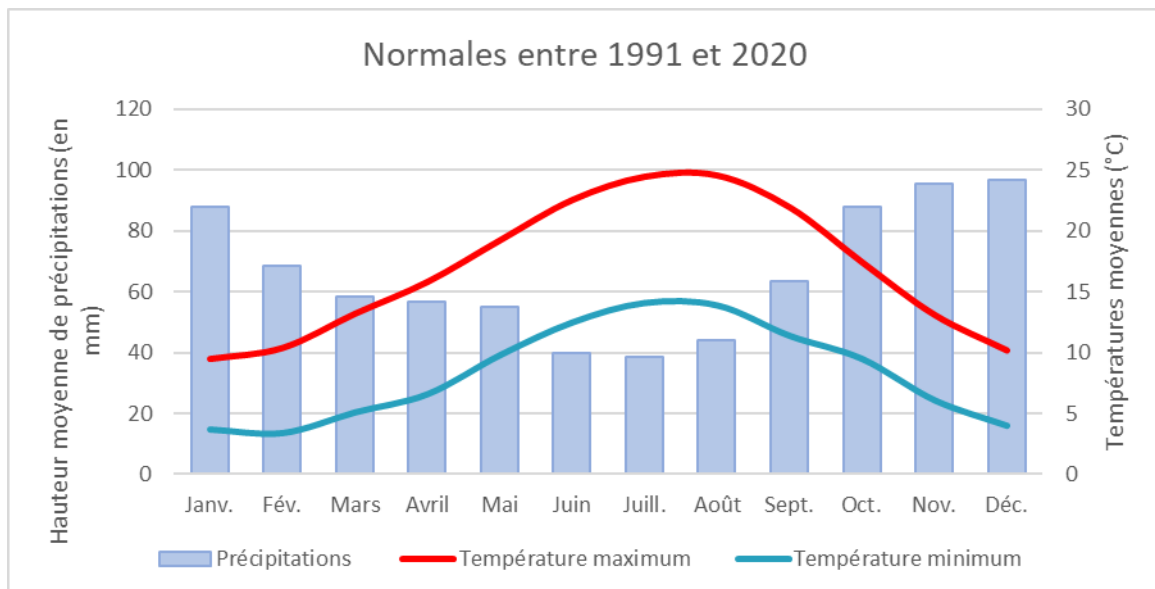


Figure 4 : Chroniques des normales pour la station de Saint Nazaire-Montoir
(Source : Météo France)

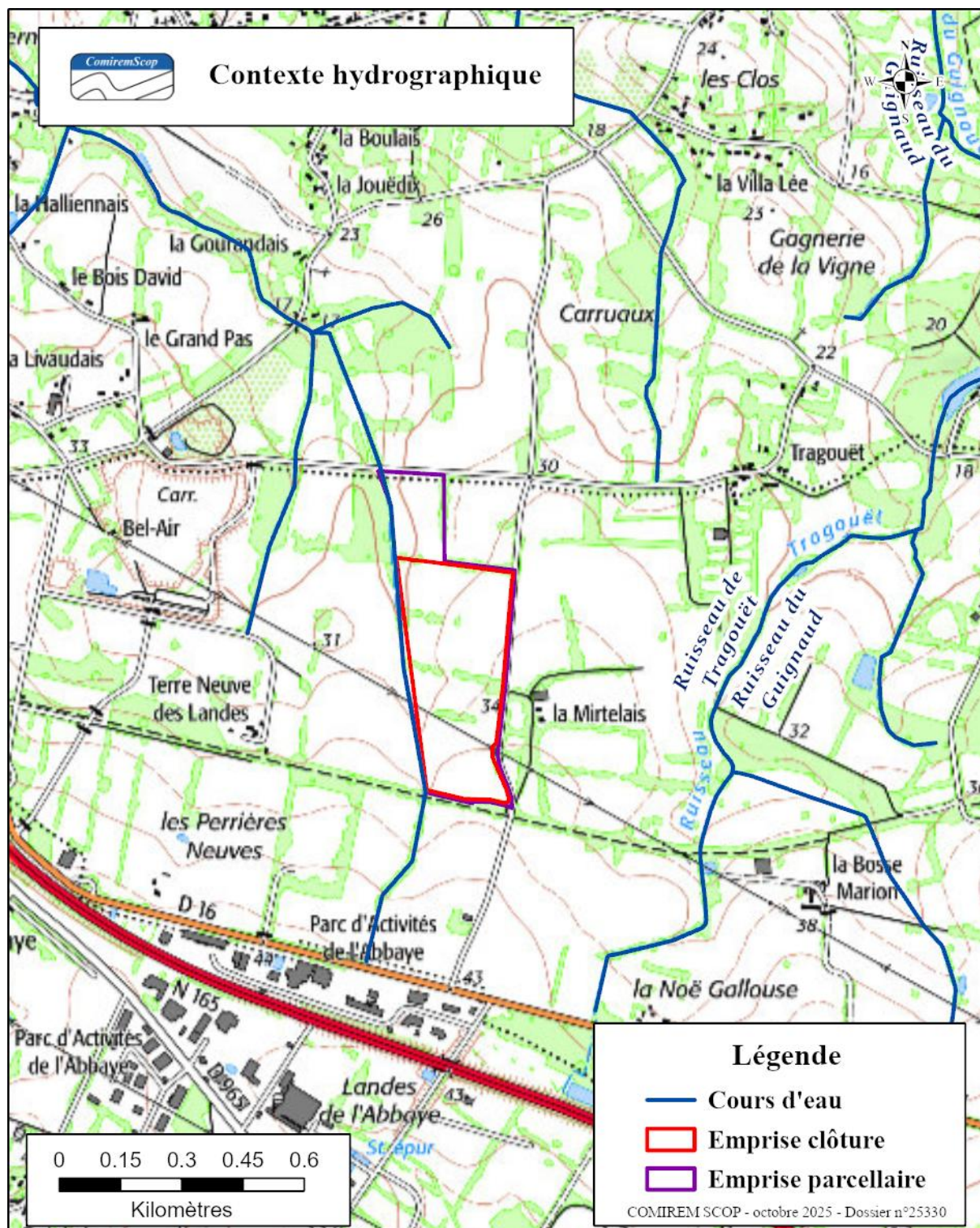


Figure 6 : Contexte hydrographique

2.4 Contexte géologique

D'après la carte géologique harmonisée au 1/50 000^{ème}, la géologie sur laquelle s'implante le site est constituée de colluvions et du complexe du Cellier formé de Leptynites blastomylonitiques.

La localisation du site sur carte géologique est présentée sur la Figure 7.

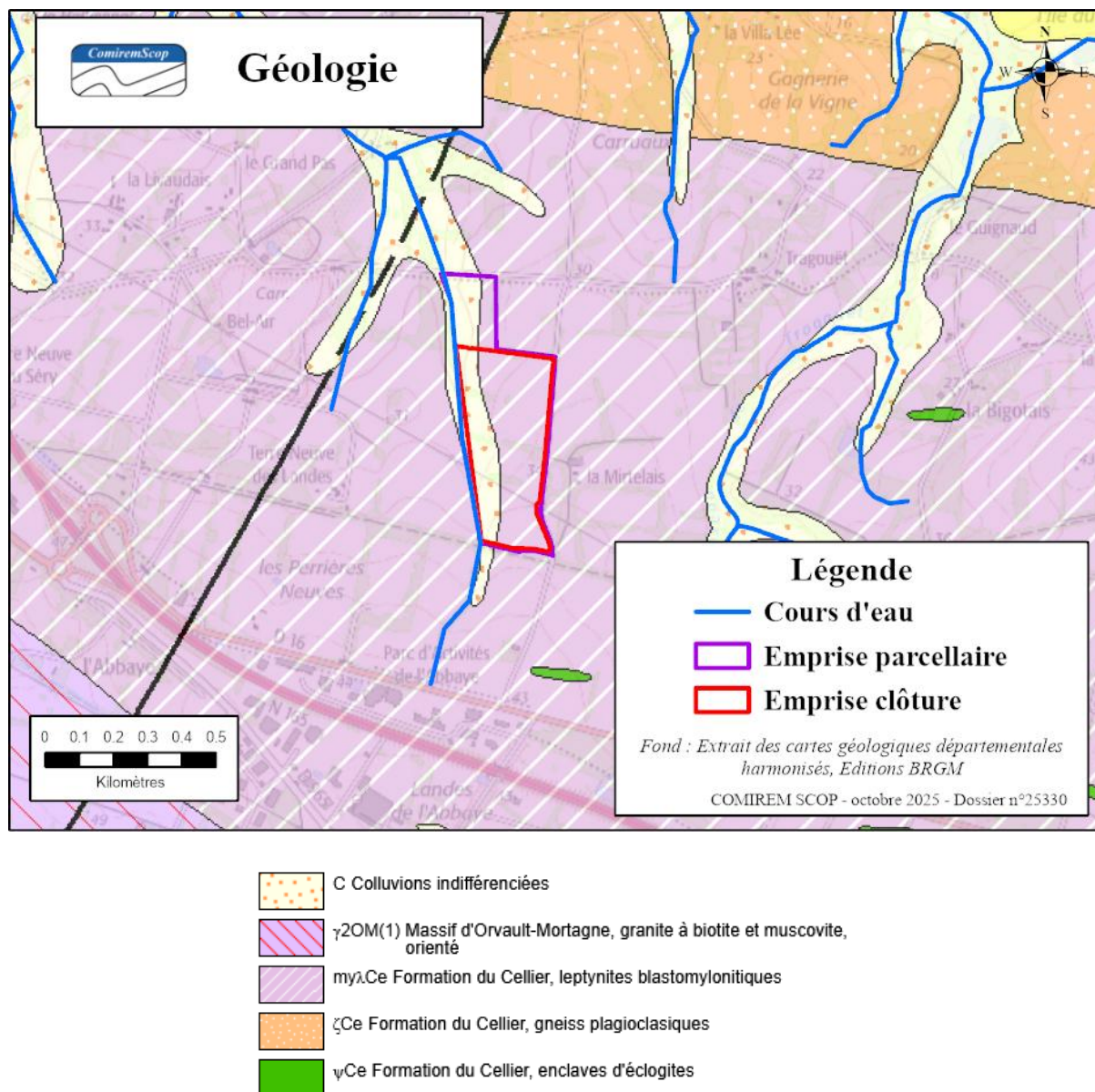


Figure 7 : Localisation du site sur la carte géologique harmonisée du BRGM et légende associée

2.5 Contexte hydrogéologique

2.5.1 Contexte général

Le secteur d'étude est situé dans un secteur dépourvu d'unité aquifère.

Le log hydrogéologique suivant indique les systèmes aquifères présents au droit du site.

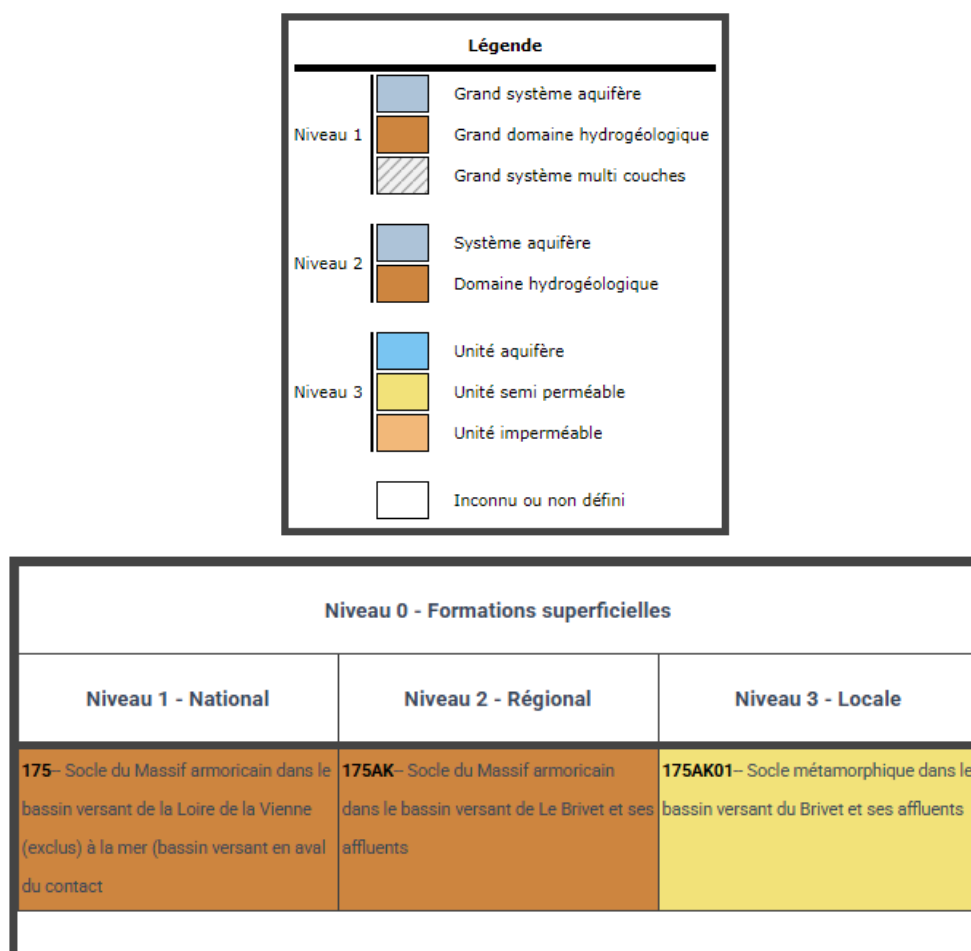


Figure 8 : Log hydrogéologique extrait du SIGES

2.5.2 Captage AEP

D'après la Cartographie de l'ARS, le site n'est pas concerné par des périmètres de protection de captage (cf. Figure 9).

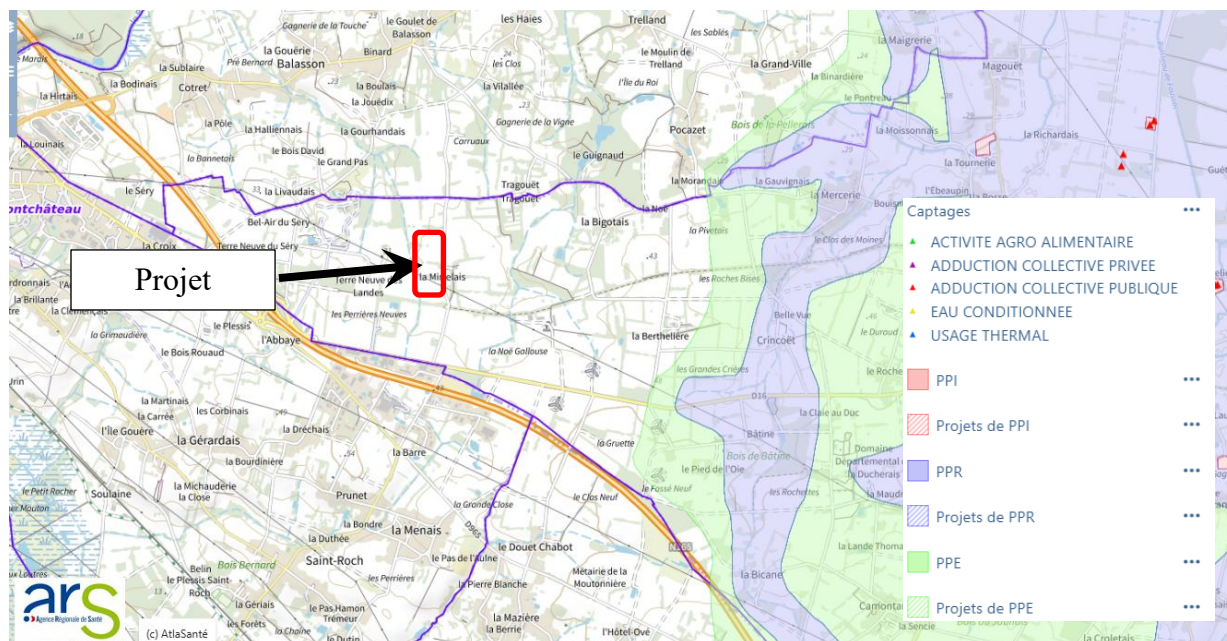


Figure 9 : Localisation des captages AEP et de leurs périmètres de protection sur le secteur d'étude (source : ARS)

2.6 Sensibilité environnementale

2.6.1 Zone d'intérêt écologique avérée

L'emprise du projet n'est pas située dans l'emprise d'une zone d'intérêt écologique avérée.

La figure suivante présente la localisation des zones d'intérêt écologique avérées les plus proches du projet.

Le Tableau 1 recense les sites naturels sensibles les plus proches du projet.

Tableau 1 : Caractéristiques des zones d'intérêt écologique les plus proches (source : INPN)

Domaine de protection	Code de référence	Libellé	Distance au site
Natura 2000 ZPS	FR5212008	Grande Brière, marais de Donges et du Brivet	2,3 km à l'ouest
Znieff 1	520006585	Marais du Haut-Brivet	2,3 km à l'ouest
Znieff 2	520006578	Marais de Grande Brière, de Donges et du Brivet	2,3 km à l'ouest

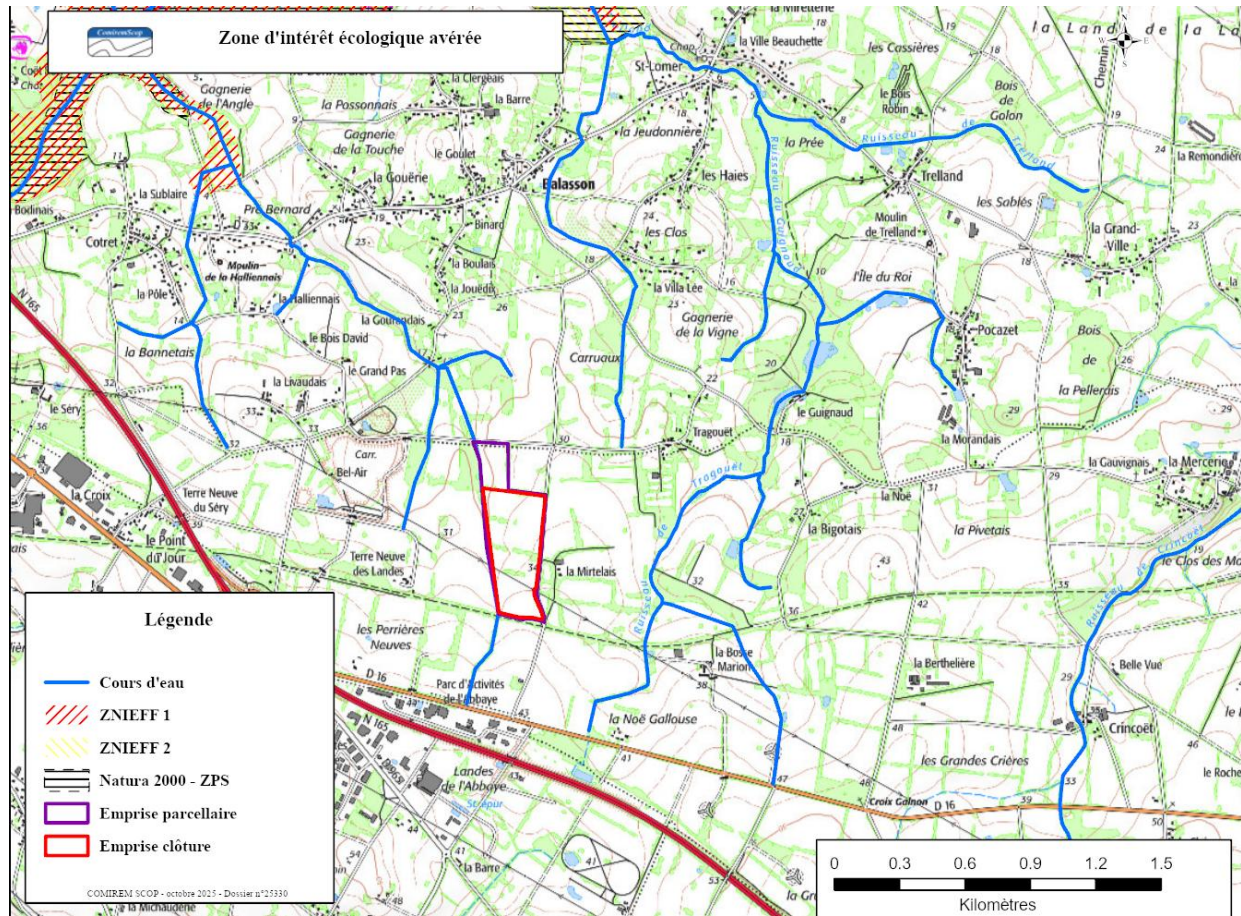


Figure 10 : Zones d'intérêt écologique avérées à proximité du projet.

2.6.2 Zones humides

Dans le cadre du volet naturel de l'étude d'impact, des investigations de terrain seront effectuées (faune/flore et sondages pédologiques) pour caractériser la présence ou l'absence de zones humides.

D'après le plan d'implantation, une partie de la zone implantation potentielle est couverte par des zones humides, recensées durant l'étude d'impact. L'implantation des structures évite l'emprise des zones humides.

2.7 Risques naturels et industriels

2.7.1 Risques naturels

D'après le site géorisques.gouv.fr, l'emprise du site est localisée sur une zone d'aléa ayant un risque faible de retrait-gonflement des argiles.

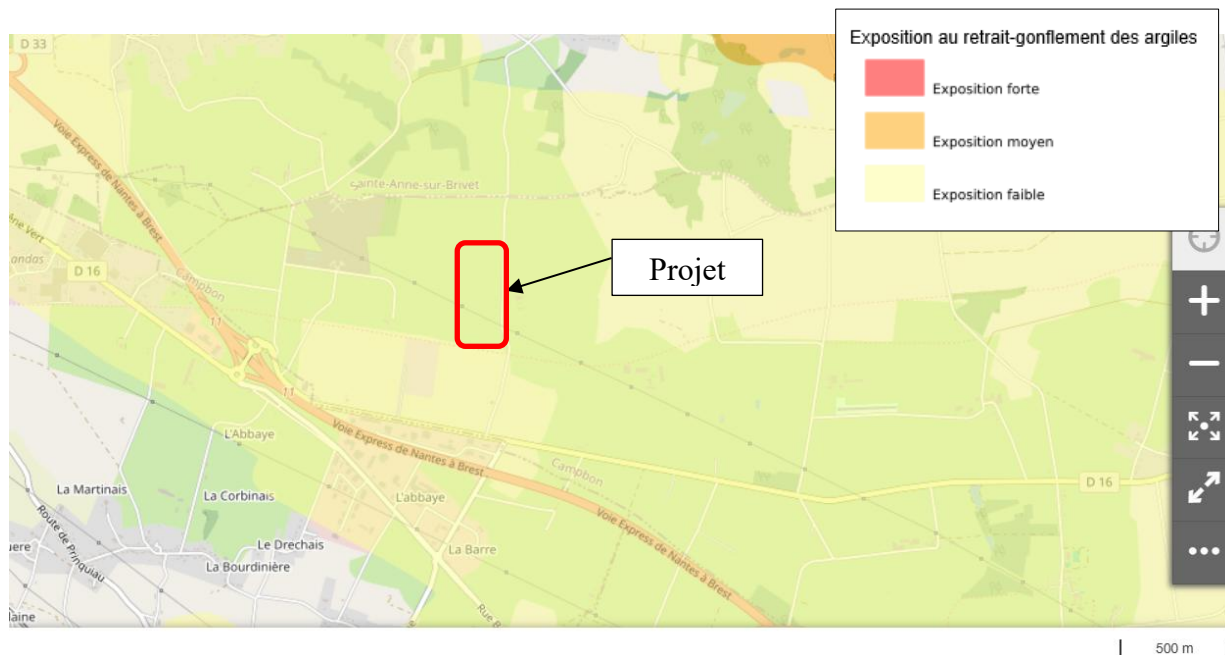


Figure 11 : Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles (source : Géorisques)

Le site Géorisques ne signale pas de cavité souterraine sur la commune de Campbon.

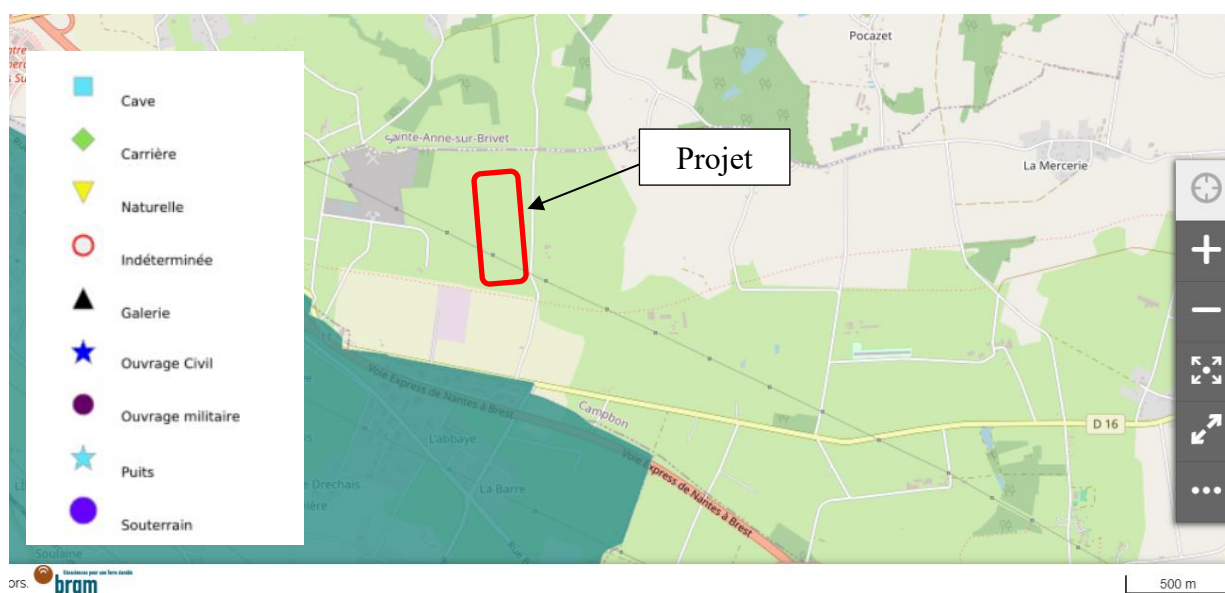


Figure 12 : Localisation des cavités souterraines à proximité du site d'étude

Le site Géorisques ne signale pas de présence de mouvement de terrain de type effondrement à proximité de la zone d'étude.

Concernant les séismes, la commune est localisée en zone d'aléa modéré aux risques sismiques. Avec un risque limité, les séismes ne sont pas exclus.

D'après les informations disponibles sur le site DDTM Loire Atlantique, la commune de Campbon n'est pas soumise à un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI).

2.7.2 Risques industriels

Le projet n'est pas situé sur l'emprise d'une ancienne activité recensée dans la base de données CASIAS.

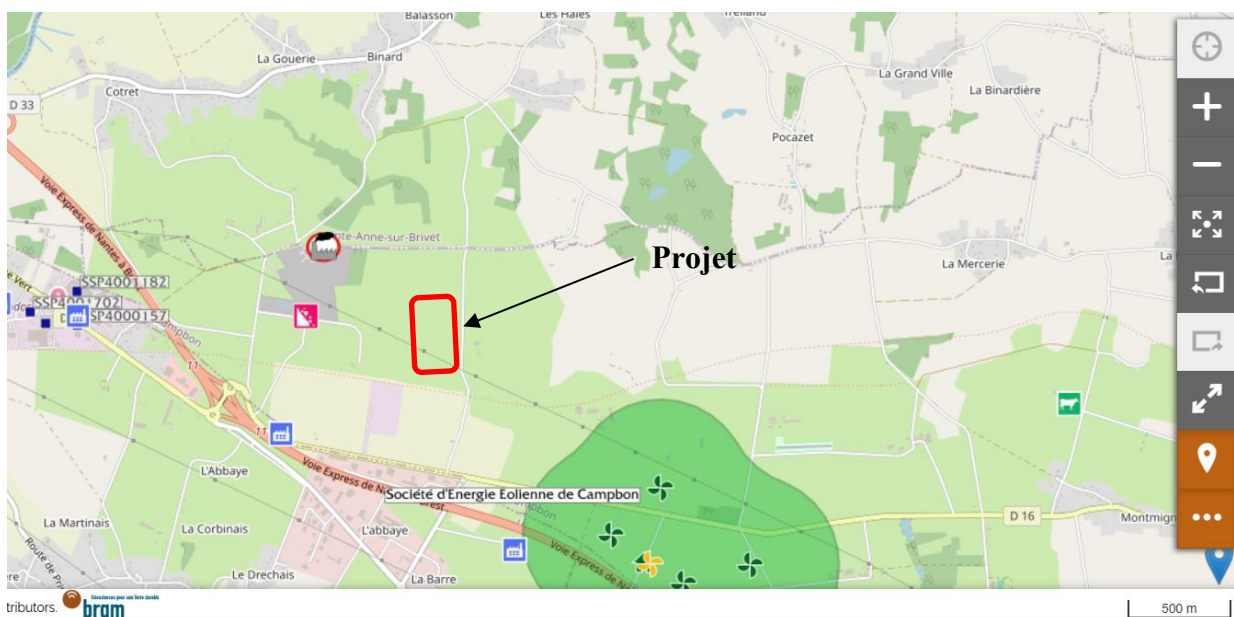


Figure 13 : Localisation des sites potentiellement pollués (Source : CASIAS)

L'activité la plus proche est la carrière de Lafarge Granulats Ouest située à 500 m à l'ouest du site.

3 SITUATION HYDRAULIQUE INITIALE

3.1 Occupation du sol

Lors de notre visite le 22/10/2025, le site était occupé par une prairie pâturée soit permanente soit plantée (fourragère). Le site est bordé :

- Au nord par un champ cultivé (nord-est) et une prairie humide pâturée (nord-ouest),
- A l'ouest par un cours d'eau,
- Au sud par une prairie temporaire (fourragère),
- A l'est par la route du Mirtelais muni de fossé de part et d'autre de la chaussée.

La vue aérienne du site est présentée sur la figure suivante. Elle présente l'occupation du sol.

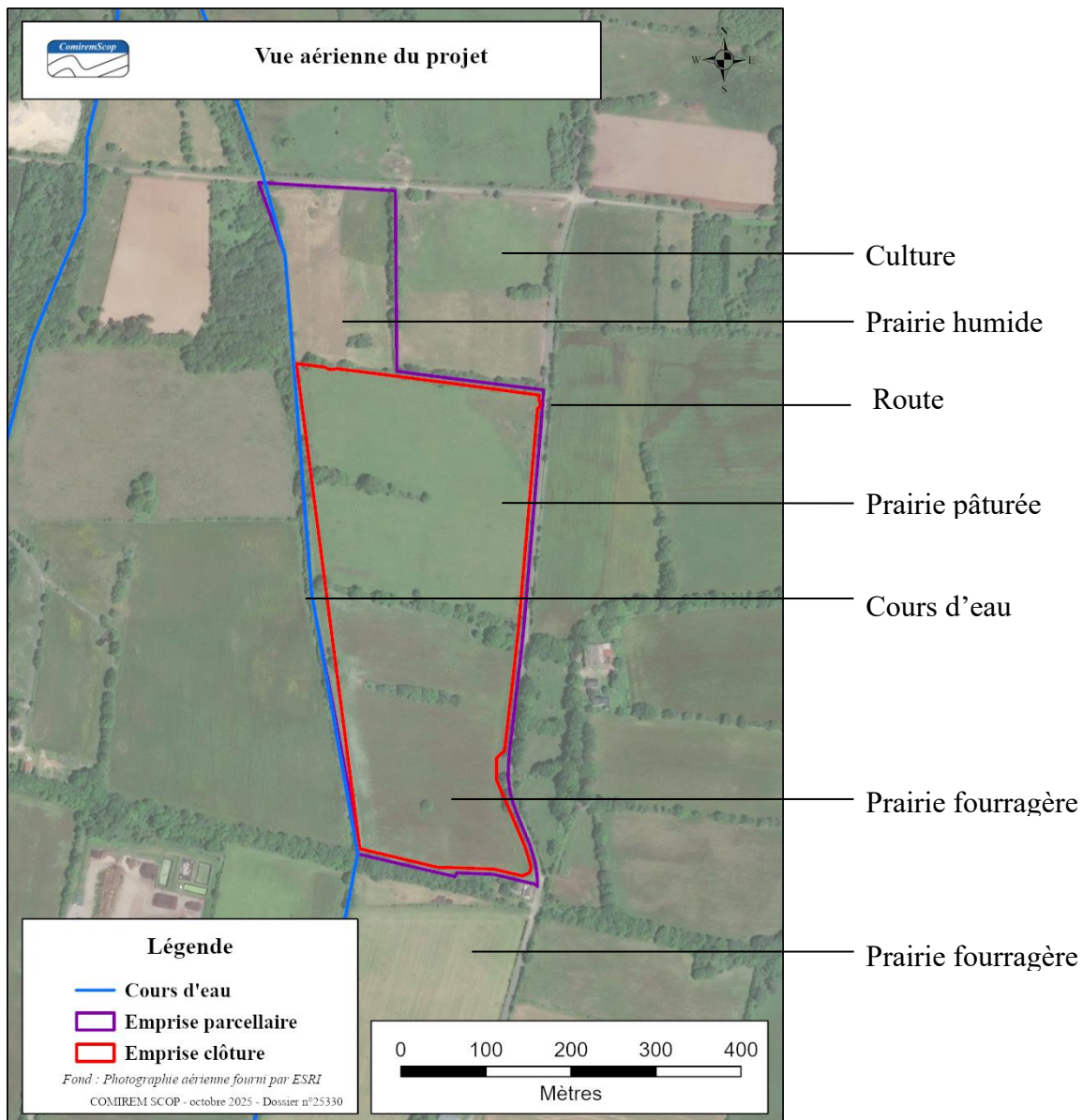


Figure 14 : Photographie aérienne



Figure 15 : Illustrations photographiques du site, observées le 22/10/2025

3.2 Hydrologie du site

3.2.1 Contexte général

Le projet se situe sur des terrains actuellement occupés par une prairie permanente pâturée ou une prairie fourragère cultivée et exploitée en pâturage. Présentant une pente douce, les parcelles s'écoulent naturellement vers le cours d'eau situé en limite est du site.

Ce cours d'eau est bordé par une ripisylve bien développée, localement associé à une zone naturelle préservée de toute intervention.

L'ensemble du site est structuré par un maillage de haies qui morcellent les parcelles.

3.2.2 Ruissellements amont d'origine hors site

Aucun ruissellement amont n'est capté par le site.

En effet, les eaux de la route sont captées par des fossés, dirigeant les eaux vers le nord.

Les ruissellements de la parcelle sud sont bloqués par la haie qui redirige les eaux directement vers le cours d'eau sans traverser le site.

3.2.3 Ruissellements sur le site d'étude

Le site est divisé en 2 parties : la prairie permanente et la prairie fourragère cultivées et exploitées en pâturage.



Figure 16 : Prairie permanente



Figure 17 : Prairie fourragère cultivée et exploitée en pâturage

Le site présente une pente douce vers le cours d'eau. Localement, les haies présentes interceptent les écoulements. Toutefois, les eaux de ruissellement ont pour exutoire le cours d'eau. Localement, une zone de stagnation a été observée au niveau de la zone d'abreuvement du bétail et d'un passage entre les parcelles.

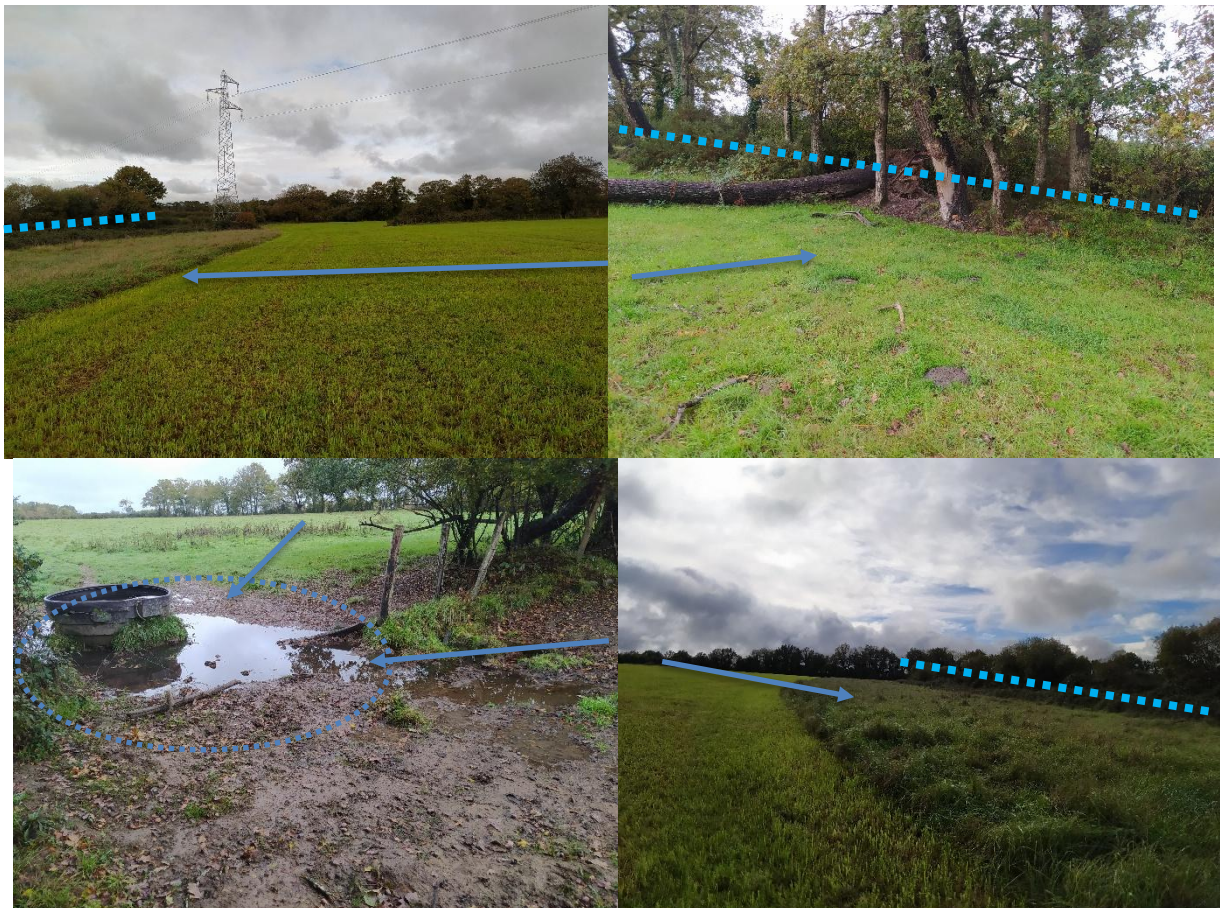


Figure 18 : Illustrations photographiques du 22/10/2025

Au niveau de l'entrée du champ, au niveau du lieu-dit du Mirtelais, une mare a été observée. Cette dernière a été creusée au sein de la roche.



Figure 19 : Illustrations photographiques du 22/10/2025

Localement, le cours d'eau a été busé pour permettre le passage du bétail de la parcelle en projet vers les parcelles ouest hors projet.



Figure 20 : Illustrations photographiques du 22/10/2025

La Figure 21 synthétise les observations effectuées sur site, le 22 octobre 2025, basées sur les données topographiques de l'IGN LIDAR HD.

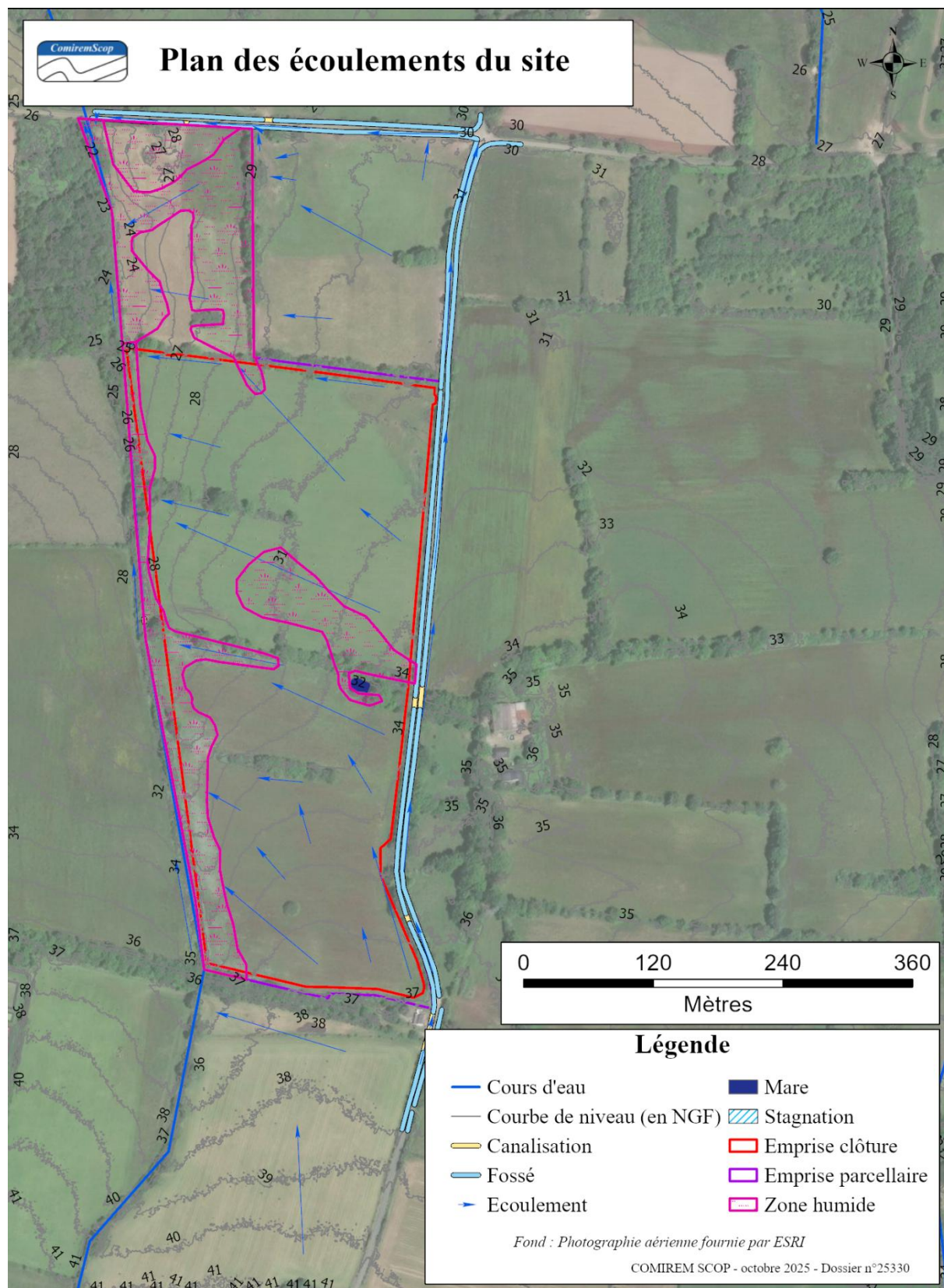


Figure 21 : Plan des écoulements

3.3 Essais réalisés sur site

3.3.1 Sondages géologiques

Afin de préciser la nature géologique des terrains au droit du site à l'étude, 10 sondages ont été réalisés sur l'emprise du projet.

Les sondages ont été répartis sur l'ensemble du site d'étude. Ils sont localisés sur les figures suivantes.



Figure 22: Localisation des sondages réalisés (source : SOND&EAU)

Les coupes des sondages réalisés par SOND&EAU sont présentées en pages suivantes.

Tableau 2 : Résultats des sondages réalisés

Profondeur (m)	Nature du terrain
<u>S1</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun
<u>S2</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun. Sable argileux ocre à gris en fond de sondage
<u>S3</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun à fragments rocheux métamorphiques
<u>S4</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun à ocre, à fragments rocheux métamorphiques
<u>S5</u> 0 - 0.30 m 0.30 - 0.50 m	Sable limoneux gris brun à cailloutis métamorphiques Sable limoneux ocre à jaune compact
<u>S6</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun compact
<u>S7</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux brun à nombreux cailloutis métamorphiques
<u>S8</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux brun à nombreux cailloutis métamorphiques
<u>S9</u> 0 - 0.30 m	Sable limoneux gris brun compact
<u>S10</u> 0 - 0.35 m	Sable limoneux gris brun, à fragments rocheux métamorphiques. Refus en fond de sondage

Les reconnaissances géologiques mettent en évidence la présence de sable limoneux, provenant de l'altération de la roche mère métamorphique.

3.3.2 Essais de perméabilité

Afin de définir la perméabilité du sol au droit du site, 8 essais d'infiltration de type Porchet ont été réalisés.

Tableau 3 : Résultats du test de perméabilité réalisé

N°	Horizon testé	Profondeur (m)	Capacité d'infiltration	
			mm/h	m/s
S1	Sable limoneux gris brun	0,30	144	$4,00 \cdot 10^{-5}$
S2	Sable limoneux gris brun. Sable argileux ocre à gris en fond de sondage	0,30	83	$2,31 \cdot 10^{-5}$
S3	Sable limoneux gris brun à fragments rocheux métamorphiques	0,30	147	$4,08 \cdot 10^{-5}$
S4	Sable limoneux gris brun à ocre, à fragments rocheux métamorphiques	0,30	74	$2,06 \cdot 10^{-5}$
S6	Sable limoneux gris brun compact	0,30	36	$1,00 \cdot 10^{-5}$
S7	Sable limoneux brun à nombreux cailloutis métamorphiques	0,30	20	$5,56 \cdot 10^{-6}$
S8		0,30	49	$1,36 \cdot 10^{-5}$
S9	Sable limoneux gris brun compact	0,30	42	$1,17 \cdot 10^{-5}$

La perméabilité (K) d'un sol est définie par la vitesse d'infiltration de l'eau.

Dans le cas d'infiltration d'eaux pluviales, nous avons pris comme référence les ordres de grandeur de la conductivité hydraulique (K) dans différents sols extraits de l'ouvrage « Physique du sol », A. Musy et Soutter, 1991.

K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			

Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique K dans différents sols (Musy & Soutter, 1991)

Figure 23 : Ordre de grandeur de la conductivité hydraulique (Musy & Soutter, 1991)

En raison de la nature des matériaux, les sols ont une perméabilité pouvant être considérée comme bonne.

3.4 Bassins versants à l'état initial

3.4.1 Caractéristiques des bassins versants

L'emprise du site forme un unique bassin versant, qui est représenté sur la Figure 24. Le bassin versant a pour exutoire diffus le cours d'eau situé en bordure ouest du projet.

3.4.1.1 Bassins versants

Les caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

➤ Bassin versant A (BV A) :

Les ruissellements du bassin versant A se dirigent vers le cours d'eau de façon diffuse. Le bassin versant est occupé par des prairies sans capter un bassin versant amont.

- Surface $\approx 14,05$ ha
- Pente moyenne ≈ 2 %
- Seuil de ruissellement Po estimé : 65
- Exutoire des eaux pluviales : Les eaux ruissellent de façon diffuse vers le cours d'eau.

En l'absence de la topographie réalisée par un géomètre, certains items (canalisation, mare,..) peuvent être localisé avec une imprécision de quelques mètres.

La Figure 24 présente la localisation des bassins versants.

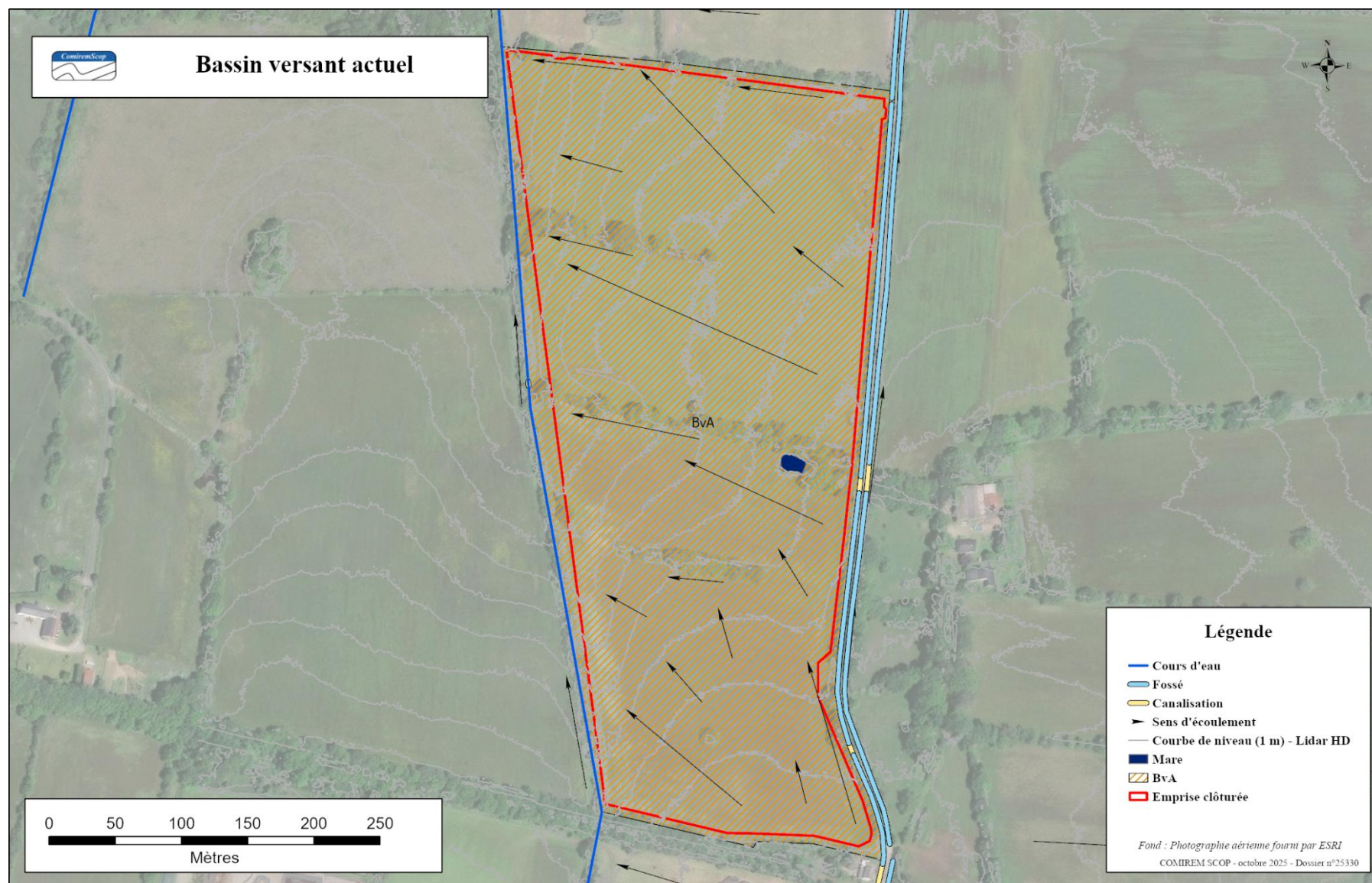


Figure 24 : Plan du bassin versant à l'état initial

3.4.2 Données statistiques météorologiques

Les données statistiques de précipitations retenues pour les calculs concernant ce site sont celles de la station Météo France de Saint Nazaire - Montoir distant de 15 km au sud-est du projet (altitude 3 m).

3.4.3 Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement ont été déterminés selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993) qui prend en compte un seuil de rétention au début des pluies (saturation initiale du sol avant le début des ruissellements). L'estimation du coefficient de ruissellement selon cette méthode tient compte de la pente, du couvert végétal et de la nature des terrains.

Lorsque la formule indique une absence de ruissellement (valeur négative), un coefficient arbitraire de 0,001 est retenu.

À l'état initial, les surfaces se répartissent comme suit :

Tableau 4 : Répartition des surfaces initiales et seuil de rétention

Bassin versant	Surface en ha	Seuil Po (mm)
	Prairie / haie	
BV A	14,05	65

Les notes de calculs sont présentées en **annexe 1**. Les coefficients de ruissellement évalués sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Caractéristiques des bassins versants initiaux

BV	Surface (ha)	Pente moyenne (%)	Longueur de cheminement maxi (m)	Nature des sols	Couvert végétal principal	Coefficient de ruissellement estimé selon pluie de retour*			
						10 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	14,05	2	560	Sablo-limoneux	Prairie/haie	0,001	0,062	0,126	0,203

**Coefficient de ruissellement déterminé selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993) en tenant compte de la couverture végétale prévisionnelle et des résultats de la perméabilité des terrains mesurée sur site.*

Les coefficients de ruissellements présentés correspondent à la proportion de ruissellement par surface.

3.4.4 Volumes d'eau ruisselés

Les données statistiques de précipitations à la station de Saint Nazaire-Montoir (Coefficients de Montana - Données Météo France) permettent d'évaluer les volumes ruisselés pour des pluies exceptionnelles.

Le tableau suivant présente les volumes qui tombent et ruissellent sur chaque bassin versant du site actuel pour différents épisodes pluvieux. Les coefficients de ruissellement ont été déterminés selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993), qui prend en compte la nature du terrain, sa pente et sa couverture végétale, et tient compte de la saturation progressive des terrains lorsque l'épisode pluvieux dure de plus en plus longtemps.

Tableau 6 : Volumes précipités et ruisselés à l'état initial

Campbon (44) - QUANTITES TOMBEES OU RUISSLEES POUR UNE PLUIE DE 24 H (m3)							
Fréquence de retour		5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	Pluies tombées	6 865	7 948	9 177	9 898	10 836	12 248
	Ruissellements	7	8	34	612	1 362	2 491

Ces calculs montrent que les volumes des ruissellements de surface arrivant aux exutoires du bassin versant sont limités par rapport aux volumes tombés.

3.4.5 Débits de crue

Les débits de crue ont été calculés par la « méthode rationnelle », adaptée aux bassins versants ruraux.

Ils sont présentés sur le tableau page suivante (voir notes de calcul en **annexe 1**).

Ces calculs donnent une évaluation du débit maximum qui peut arriver au point aval des bassins versants décrits ci-dessus, pour une pluie exceptionnelle.

Les calculs ont été faits pour des pluies de retour, 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans. Ils prennent en compte un temps de concentration défini par les méthodes Ventura, Passini, Turazza et Giandotti.

Dans le cas où une valeur de temps de concentration (T_c) est inférieure à 5 min, considérant que ce dernier n'est pas réaliste, nous retenons une valeur de T_c égale à 5 min.

Dans le cas d'une valeur de ruissellement négative (R_m), le coefficient de ruissellement (C_r) sera considéré à 0,001 afin de permettre le calcul du débit de pointe.

Les valeurs des coefficients de Montana ont été adaptées en fonction du temps de concentration.

Les calculs sont basés sur les coefficients de Montana fournis par Météo France (Station de Saint Nazaire-Montoir).

Tableau 7 : Débits de pointe à l'état initial

		Débits de crue des bassins versants du site pour des pluies journalières de retour 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans																			
Pluie de retour		10 ANS				20 ANS				30 ANS				50 ANS				100 ANS			
Bassins Versants	Surface (ha)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)
BVA	14.052	17.00	0.001	0.8	0.00	17.00	0.004	1.0	0.01	17.00	0.062	0.4	0.05	17.00	0.126	0.9	0.27	17.00	0.203	1.5	0.71

Ces calculs montrent que les débits de crue théoriques parvenant aux exutoires du bassin versant du site sont limités par rapport à la surface de ruissellement. Ce calcul considère un point de concentration unique des écoulements. Dans le cas présent, les écoulements sont captés de façon diffuse par le cours d'eau qui concentre les écoulements.

4 SITUATION HYDRAULIQUE EN PHASE TRAVAUX

4.1 Contexte général

La phase transitoire correspond à la réalisation des travaux, pour la mise en place des infrastructures de la centrale solaire.

À ce titre, les opérations sont les suivantes :

- 1 : Préparation du site d'étude : élagage, fauchage, création des accès.
- 2 : Terrassements : nivellement du terrain,
- 3 : Réalisation des fondations des différentes composantes de la centrale,
- 4 : Création des tranchées éventuelles pour la mise en place des réseaux électriques si les contraintes du site le permettent,
- 5 : Préservation ou création du système de gestion des eaux pluviales,
- 6 : Installations des différentes composantes de la centrale,
- 7 : Tests des équipements, puis mise en service de la centrale.

La réalisation de ces travaux d'aménagements engendre une dégradation temporaire et/ou permanente des conditions hydrauliques du site d'étude.

Cette situation se traduit par :

- Un décapage des sols existants,
- La dégradation/destruction du couvert végétal existant,
- La modification de la topographie du site,
- Un tassement des sols,
- La création d'ornières,
- Une perte de la capacité d'infiltration de la terre végétale et de son effet tampon,
- Le sol étant sablo-limoneux, la mise à nu peut entraîner un phénomène de battance aggravant le ruissellement et pourrait générer une érosion importante des sols.

Remarque :

En fonction de la lithologie du sous-sol, des opérations de chaulage peuvent être préconisées, afin de garantir une meilleure structure du sol. Ce genre d'intervention engendre une perte de la capacité d'infiltration du sol.

4.2 Comportement hydraulique en phase travaux

En tenant compte des éléments évoqués ci-dessus, on considérera qu'en phase chantier le coefficient de ruissellement sera de 1. Les volumes de ruissellements ou de stagnation seraient donc équivalents aux volumes de pluies tombés (encadrés rouges) voire supérieurs, en cas de cumuls de précipitations (voir paragraphe 5.3.4 *Volumes d'eau ruisselés*).

Dans ce cas de figure, les ruissellements seraient donc drastiquement augmentés et pourraient engendrer des désordres sur le site et à l'aval, car l'effet tampon permis par l'infiltration des eaux au sein de la couche de terre végétale ne serait plus effectif.

Tableau 8 : Volumes ruisselés en phase travaux (encadré rouge, Cr=1)

Campbon (44) - QUANTITES TOMBÉES OU RUISSÉES POUR UNE PLUIE DE 24 H (m3)							
Fréquence de retour		5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	Pluies tombées	6 865	7 948	9 177	9 898	10 836	12 248
	Ruissellements	7	8	34	612	1 362	2 491

4.3 Propositions

Comme évoqué dans les paragraphes précédents, la phase transitoire ou phase travaux risque de provoquer des désordres importants par augmentation des ruissellements.

Pour ce faire, les mesures temporaires à prendre en phase travaux sont les suivantes :

- Aucune destruction du couvert végétal de type prairie n'est envisageable, sauf au droit des pistes et des postes de transformations ou cela devra être limité.
- Lors de l'opération, les sols des zones de prairies ne devront pas être lissés et/ou compactés, sous risque d'aggraver fortement les ruissellements.
- Un plan de circulation des engins devra être mis en place pour limiter au maximum l'impact sur les sols.
- A la fin de travaux, les sols nus devront être ensemencés en prairie pour limiter les ruissellements ainsi que l'érosion des sols.
- La circulation devra être au maximum réalisée parallèlement aux isolignes (perpendiculaire à la pente), pour éviter la création d'ornières, qui seraient des axes préférentiels d'écoulement. L'axe de certains panneaux étant dans l'axe de ruissellement, ce point représente un enjeu fort sur les ruissellements potentiels en phase travaux.
- Des travaux de reprise devront être effectués en fin de chantier, pour rétablir l'état initial, en décompactant les secteurs de sol qui ont été tassés et/ou les zones d'ornières. En cas de doute sur la nécessité de décompacter le sol, la capacité d'infiltration de ce dernier pourra être réévaluée et comparée aux mesures initiales.

5 SITUATION HYDRAULIQUE EN PHASE EXPLOITATION

5.1 *Caractéristiques du projet de parc photovoltaïque*

Le projet de parc photovoltaïque porté par URBASOLAR prévoit sur l'ensemble du périmètre étudié :

- Des modules photovoltaïques alignés ouest-est et orientés nord-sud,
- Deux postes de transformation,
- Des postes de livraison,
- Deux citernes incendies avec une aire d'aspiration,
- Des pistes internes.

Les surfaces imperméabilisées se limiteront aux postes de transformation, de livraison et à la citerne d'incendie.

Les pistes sont nécessaires afin d'assurer l'entretien des modules et l'intervention des services du SDIS.

Les nouvelles pistes seront réalisées en matériaux semi-perméables.

Le site sera partiellement clôturé.

La figure suivante présente le plan d'implantation des infrastructures du projet. Si ce plan venait à être modifié, une mise à jour de ce rapport sera nécessaire.

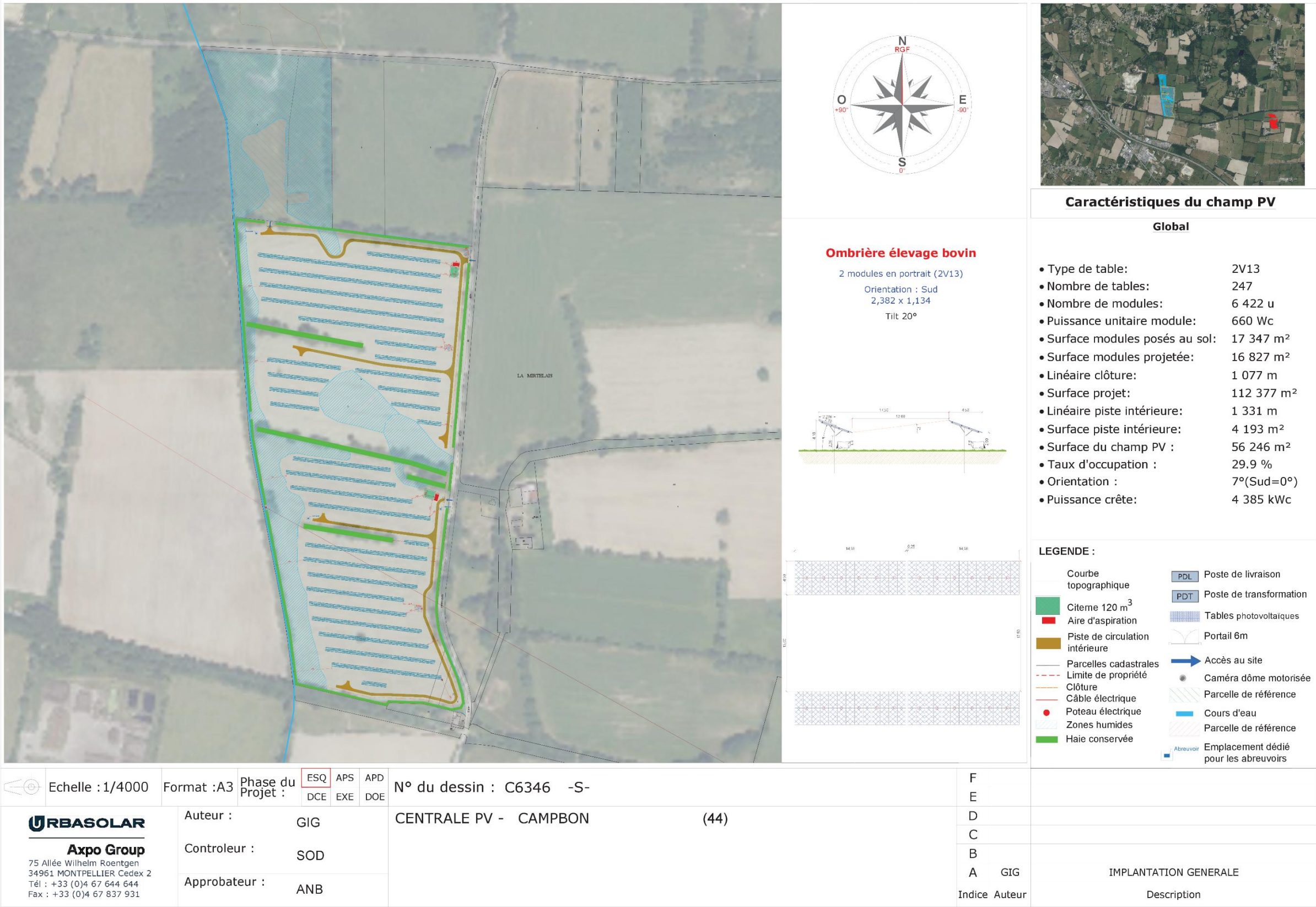


Figure 25 : Extrait du plan de masse esquisse du projet (source : URBASOLAR)

5.2 Contraintes

5.2.1 Ruissellements sous les champs photovoltaïques

Les rangées de tables seront séparées par une bande de terrain d'une largeur de 13 m.

L'eau de pluie interceptée par les panneaux ne sera que très peu déportée, car elle pourra s'infiltrer ou ruisseler dans les bandes de terrain intercalaires et sous les tables de panneaux (cf. Figure 26).

Il est noté un espacement de 2 cm entre chaque panneau, facilitant ainsi l'égouttage (mesure de réduction).

Les eaux de pluie ruisselant sur les capteurs tomberont donc sur le sol où elles continueront à s'infiltrer ou ruisseler.

Le couvert végétal sera conservé en prairie.

Les modules atténuent le pouvoir érosif des fortes pluies, mais l'égouttage de chaque panneau peut générer une érosion locale.

La présence d'une végétation herbacée est donc un moyen efficace de limiter l'impact de ces égouttements (cf. Figure 26).

Sans végétation ni espacement, une érosion en pied de panneaux peut se produire. La mise en place de panneaux solaires avec une prairie ne modifie donc pas significativement le fonctionnement hydrologique global d'un site.

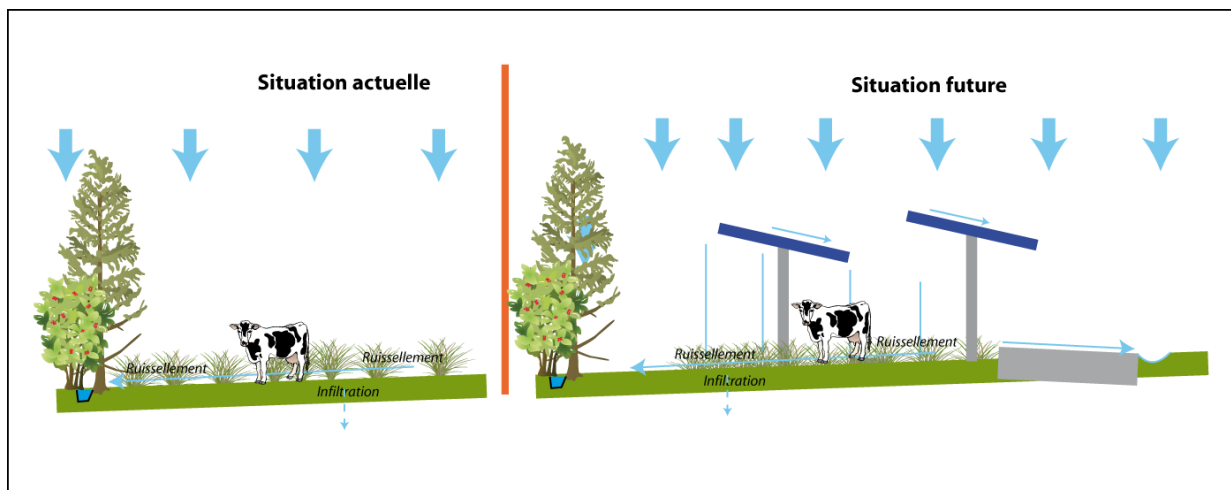


Figure 26 : Illustration schématique

5.2.2 Ruissellements liés aux surfaces imperméabilisées

○ Postes de livraison et de transformation :

Les postes de livraison et de transformation disposeront d'un accès sur une plateforme qui sera surélevée de 0,80 m par rapport au terrain naturel (cf. Figure 27 et Figure 28).

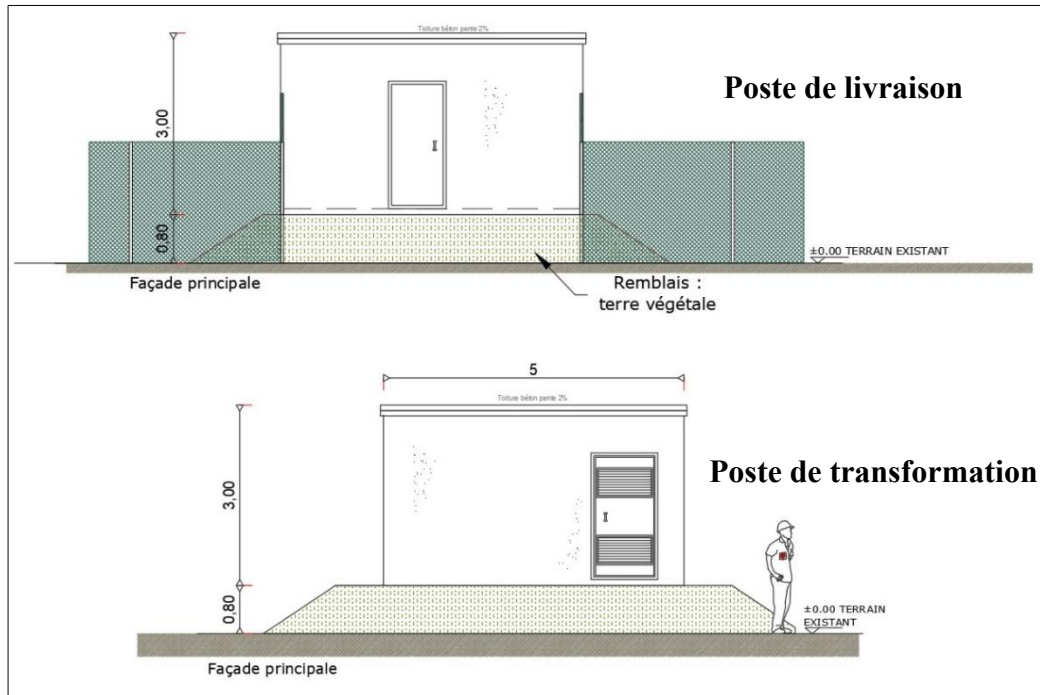


Figure 27 : Coupe schématique de la structure des postes de livraison et transformation (source : URBASOLAR)



Figure 28 : Illustrations photographiques des structures (source : COMIREM SCOP)

Les eaux pluviales qui tomberont sur les postes de livraison et de transformation, ruisselleront sur les toitures des ouvrages, puis tomberont au sol et s'infiltreront ou ruisselleront. La mise en place de ces structures ne fera donc pas obstacle à l'infiltration des eaux pluviales.

○ Réserve d'incendie :

Dans le cadre du plan de sécurité contre les incendies, le projet disposera de réserves incendie de type « citerne souple » et qui reposera/ont sur un lit de sable d'une épaisseur de quelques centimètres (cf. Figure 29 et Figure 30) associée à une aire d'aspiration.

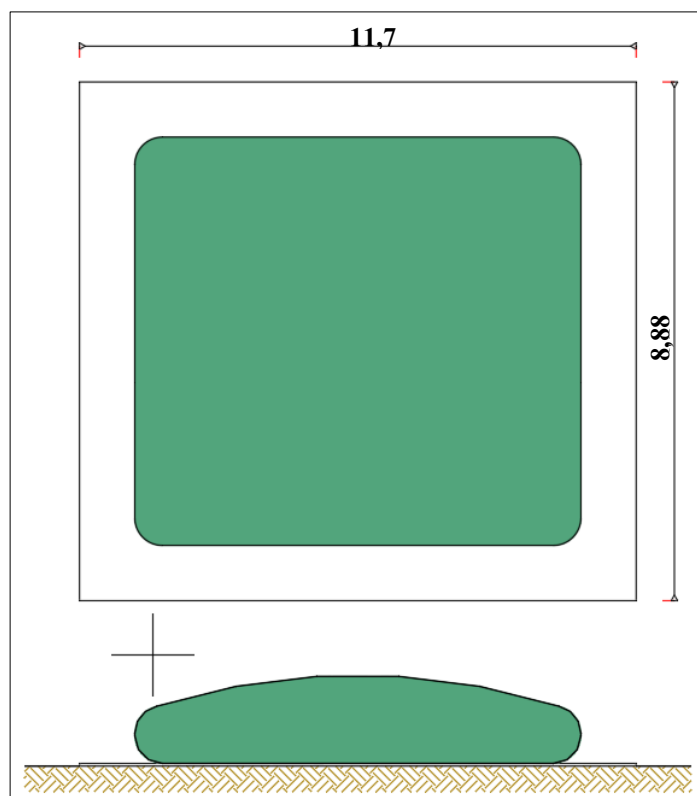


Figure 29 : Coupe schématique d'une citerne souple (source : URBASOLAR)



Figure 30 : Exemple photographique d'une citerne souple (source : COMIREM SCOP)

Les eaux pluviales qui tomberont sur les deux citernes, ruisselleront sur la structure de ces dernières, tomberont sur le sol et s'infiltreront ou ruisselleront.

La mise en place des réserves incendies ne fera pas obstacle à l'infiltration des eaux pluviales, car ces dernières continueront de s'infiltrer.

○ Pistes de circulation :

Dans le cadre de ses projets de centrale photovoltaïque, la société URBASOLAR dispose de trois méthodologies pour la réalisation des pistes internes (cf. Figure 31) :

- Piste semi-perméable, non transparente, en matériaux semi-perméables type 0/31,5 lorsqu'elles sont en point haut, ou protégées des écoulements amonts par des noues et des passages à gué,
- Piste semi-perméable transparente en matériaux perméables type 20/40 lorsqu'il s'agit de laisser transiter l'eau au travers de la piste positionnée en point bas. Elles pourront soit être légèrement surélevées, soit finies au niveau du terrain naturel pour limiter l'érosion.
- Piste au niveau du terrain naturel, lorsqu'il s'agit d'un projet d'agrivoltaïsme ou autres cas particuliers.

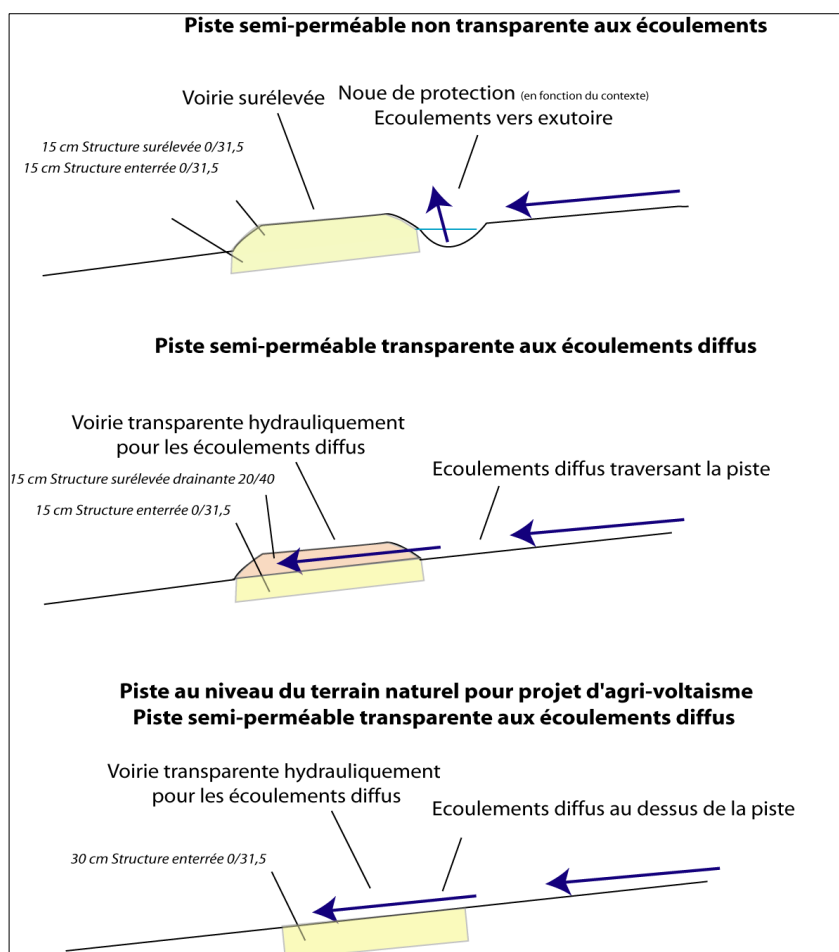


Figure 31 : Coupes schématiques des trois types de pistes, réalisées par la société URBASOLAR

5.2.3 Coefficient d'imperméabilisation

Comme énoncé dans le *paragraphe 5.2.2 Ruissellements liés aux surfaces imperméabilisées*, les surfaces imperméabilisées se limitent aux postes de transformation, de livraison et aux deux citernes d'incendie.

Les pistes seront de type semi-perméable et feront 4 m de large. Le tableau suivant considère des surfaces imperméabilisées hypothétiques qui pourraient être mises en place sur le projet. Ces surfaces seront mises à jour avec le plan de masse définitif du projet.

Tableau 9 : Superficie des surfaces imperméables et semi-perméables dans le bassin versant

Occupation du sol	Nature	Surface (m²)
Postes de livraison et transformation	Imperméable	32
Citerne/ aire d'aspiration	Imperméable	374
Piste	Semi-perméable	4193

Les surfaces nouvellement semi-imperméabilisées et imperméabilisées seront limitées à 0,46 ha de la surface des bassins versants interceptés. Elles représentent environ 3,27 % de la surface interceptée pour un projet dont l'emprise totale des bassins versants est d'environ 14,05 ha.

Les surfaces semi et imperméabilisées sont relativement faibles, mais entraîneront tout de même une augmentation des écoulements.

5.2.4 Topographie du site

Dans la situation où la topographie du site reste inchangée, seule l'occupation du sol va être modifiée de façon ponctuelle (ajout de piste).

5.3 Bassins versants en phase d'exploitation

5.3.1 Caractéristiques des bassins versants

Les limites du bassin versant ne seront pas modifiées. La transparence hydraulique des aménagements est recherchée afin de limiter l'impact du projet.

5.3.2 Données statistiques météorologiques

Les données statistiques de précipitations retenues pour les calculs concernant ce site sont celles de la station Météo France de Saint Nazaire-Montoir (44), distante de 15 km au sud-ouest du projet (altitude 3 m).

5.3.3 Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement ont été déterminés selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993) qui prend en compte un seuil de rétention au début des pluies (saturation initiale du sol avant le début des ruissellements).

L'estimation du coefficient de ruissellement selon cette méthode tient compte de la pente, du couvert végétal et de la nature des terrains. Lorsque la formule indique une absence de ruissellement (valeur négative), un coefficient arbitraire de 0,001 est retenu.

Tableau 10 : Répartition des surfaces finales et seuils de rétention

Bassin versant	Surface en ha			Seuil Po (mm)	
	Prairie / Haie	Piste	Bâti	Initial	Final
BV A	13,59	0,41	0,00406	65	64

La présence de pistes liées à l'aménagement entraîne une augmentation des ruissellements.

En phase d'exploitation, il est considéré que le couvert végétal sera conservé en prairie. Les notes de calculs sont présentées en **annexe 2**. Les coefficients de ruissellement évalués sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants finaux

BV	Surface (ha)	Pente moyenne (%)	Longueur de cheminement maxi (m)	Nature des sols	Couvert végétal principal	Coefficient de ruissellement estimé selon pluie de retour*			
						10 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	14,05	2	560	Sablo-limoneux	Prairie/Haie	0,001	0,076	0,138	0,215

**Coefficient de ruissellement déterminé selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993) en tenant compte de la couverture végétale prévisionnelle et des résultats de la perméabilité des terrains mesurée sur site.*

Globalement une diminution des coefficients de ruissellement est attendue avec la mise en place d'une végétalisation sous les structures.

Les coefficients de ruissellements présentés correspondent à la proportion de ruissellement par surface.

5.3.4 Volumes d'eau ruisselés

Les données statistiques de précipitations à la station de Saint Nazaire-Montoir (Coefficients de Montana - Données Météo France) permettent d'évaluer les volumes ruisselés pour des pluies exceptionnelles.

Le tableau suivant présente les volumes qui tombent et ruissellent sur chaque bassin versant du site actuel pour différents épisodes pluvieux exceptionnels. Les coefficients de ruissellement ont été déterminés selon l'approche à seuil (Astier et al. 1993), qui prend en compte la nature du terrain, sa pente et sa couverture végétale, et tient compte de la saturation progressive des terrains lorsque l'épisode pluvieux dure de plus en plus longtemps.

Tableau 12 : Volumes précipités et ruisselés à l'état final

Campbon (44) - QUANTITES TOMBÉES OU RUISSELEES POUR UNE PLUIE DE 24 H (m3)							
Fréquence de retour		5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	Pluies tombées	6 865	7 948	9 177	9 898	10 836	12 248
	Ruissellements	7	8	173	750	1 500	2 630

Ces calculs montrent que pour des épisodes pluvieux exceptionnels, les volumes des ruissellements e phase exploitation arrivant aux exutoires des bassins versants seront augmentés de 139 m³ pour Bv A pour une occurrence de 30 ans par rapport aux volumes de ruissellements de l'état initial.

Mesure de réduction :

Des noues seront positionnées en amont des pistes afin de ne pas impacter l'accès au champ par l'agriculteur. Les pistes seront pentées en direction des noues.

Sur la partie sud, la mise en place d'une noue permettra de diriger les eaux vers la mare existante participant à la sauvegarde de la zone humide.

Sur la partie nord, la mise en place d'une noue à redents stockera en partie les eaux de ruissellement et les dirigera vers le nord, en direction de la zone humide recensée.

5.3.5 Débits de crue

Les débits de crue ont été calculés par la « méthode rationnelle », adaptée aux bassins versants ruraux. Ils sont présentés sur le tableau suivant (voir notes de calcul en **annexe 4**).

Ces calculs donnent une évaluation du débit maximum qui peut arriver au point aval des bassins versants décrits ci-dessus, pour une pluie exceptionnelle.

Les calculs ont été faits pour des pluies de retour, 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans.

Les calculs prennent en compte un temps de concentration défini par les méthodes Ventura, Passini, Turazza et Giandotti.

Dans le cas où une valeur de temps de concentration (T_c) est inférieure à 5 min, considérant que ce dernier n'est pas réaliste, nous retenons une valeur de T_c égale à 5 min.

Dans le cas d'une valeur de ruissellement négative (R_m), le coefficient de ruissellement (C_r) sera considéré à 0,001 afin de permettre le calcul du débit de pointe.

Les valeurs des coefficients de Montana ont été adaptées en fonction du temps de concentration.

Les calculs sont basés sur les coefficients de Montana fournis par Météo France (Station de Saint Nazaire-Montoir).

Tableau 13 : Débits de pointe à l'état final

		Débits de crue des bassins versants du site pour des pluies journalières de retour 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans																				
Pluie de retour		10 ANS					20 ANS				30 ANS				50 ANS				100 ANS			
Bassins Versants	Surface (ha)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	
BVA	14.052	17.00	0.001	0.8	0.00	17.00	0.019	1.0	0.04	17.00	0.076	0.4	0.06	17.00	0.138	0.9	0.29	17.00	0.215	1.5	0.75	

Ce calcul considère un point de concentration unique des écoulements. Dans le cas présent, les écoulements sont captés de façon diffuse par le cours d'eau qui concentre les écoulements.

Par ailleurs, la mare, les noues à redents et les zones humides permettront d'augmenter le temps de concentration des ruissellements, limitant le débit réel au point de concentration (cours d'eau).

5.4 Scénario de gestion des eaux pluviales

5.4.1 Fonctionnement actuel

Actuellement, l'emprise du projet forme un unique bassin versant.

Le projet se situe sur des terrains occupés par une prairie permanente pâturée ou une prairie fourragère cultivée et exploitée en pâturage. Présentant une pente douce, les parcelles s'écoulent naturellement vers le cours d'eau situé en limite est du site.

Ce cours d'eau est bordé par une ripisylve bien développée, localement associé à une zone naturelle préservée de toute intervention.

L'ensemble du site est structuré par un maillage de haies qui morcellent les parcelles.

5.4.2 Principe de gestion des eaux de ruissellement

Afin de permettre la transparence hydraulique, des pistes devront être positionnées au niveau du terrain naturel. Les pistes sont situées principalement en amont du projet. Les pistes sont considérées comme la cause principale de l'augmentation des ruissellements. Afin de limiter l'impact, les pistes seront pentées en direction de noues, positionnées en amont des pistes (mesure de gestion agricole).

Sur la partie sud, la mise en place d'une noue associée à la piste orientée nord/sud permettra de diriger les eaux vers la mare existante. Sa conservation permettra de participer à la sauvegarde de la zone humide. Les pistes orientées est/ouest seront partiellement associées à une noue à redent pour stocker et infiltrer les eaux de ruissellement générées.

Sur la partie nord, la mise en place d'une noue à redents associée à la piste nord/sud stockera en partie les eaux de ruissellement et les dirigera vers le nord, en direction de la zone humide recensée. Les pistes est/ouest seront partiellement associées à une noue à redents pour stocker et infiltrer les eaux de ruissellement générées.

5.4.2.1 Dispositions générales

- **L'ensemble des pistes devra être positionné de préférence au niveau du terrain naturel**, pour conserver les ruissellements actuels,
- **Les pistes seront pentées vers des noues ou noues à redents pour gérer les faibles volumes générés**,
- **Un enherbement spontané ou forcé des surfaces mises à nues au cours des travaux devra être réalisé**,
- **Les terrains sablo-limoneux sont sensibles au compactage, un décompactage avant l'enherbement peut-être nécessaire**,
- **La topographie du bassin versant devra être conservée**, afin de maintenir la dynamique actuelle de ruissellement,

Si une modification du plan d'implantation des infrastructures ou du plan topographique suite à un remblaiement devait avoir lieu,, le présent rapport devra être mis à jour.

Aménagements à réaliser sur l'ensemble du bassin versant :

- **Mise en place de noue ou noue à redent de 1 m de largeur sur 0,3 m de profondeur à fond plat, avec un volume cumulé de 175 m³, pour stocker et infiltrer les eaux de ruissellement**,
- **Passage à gué de 0,3 m de profondeur avec une largeur en tête de 3 m.**

La figure page suivante, localise les différents éléments présentés ci-dessus.

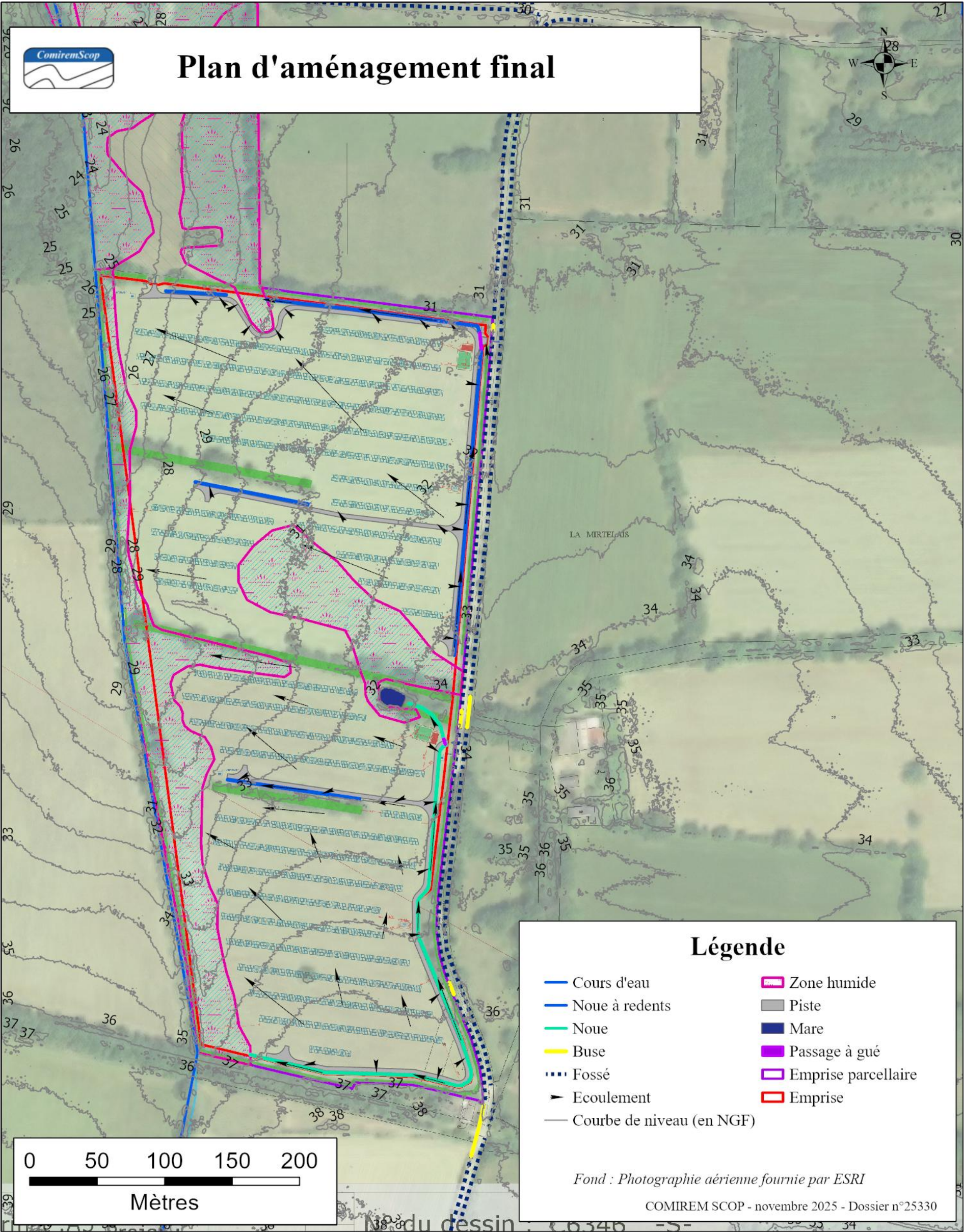


Figure 32 : Plan des aménagements

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Calculs hydrauliques – État initial

Annexe 2 : Calculs hydrauliques – État futur

Annexe 1
Calculs hydrauliques
Avant-projet

Campbon (44) - PRECIPITATIONS ET COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT																																		
STATISTIQUES DE PRECIPITATIONS A			Saint-Nazaire-Montoir (Coefficients de Montana : données MétéoFrance -période 2003 - 2021)																															
Durée de retour (ans)	a	b	h(t) (mm/10 mn)	h(t) (mm/15 mn)	h(t) (mm/20 mn)	h(t) (mm/30 mn)	h(t) (mm/1 H)	h(t) (mm/2 H)	h(t) (mm/6 H)	h(t) (mm/12 H)	h(t) (mm/24 H)	h(t) (mm/48 H)	h(t) (mm/4 j)																					
5			8.2	10.2	11.9	14.2	18.2	23.2	32.8	40.0	48.9	59.6	72.7																					
10			10.1	12.7	15.0	17.9	22.6	28.6	39.4	47.2	56.6	67.8	81.2																					
20			12.1	15.5	18.4	22.1	27.8	34.9	47.5	55.7	65.3	76.6	89.8																					
30			5.4	5.9	6.4	24.9	31.2	39.1	52.6	60.9	70.4	81.5	94.4																					
50			11.6	14.5	16.9	28.7	35.9	44.9	59.9	68.0	77.1	87.5	99.2																					
100			17.7	23.4	28.5	34.9	43.6	54.4	71.6	79.0	87.2	96.2	106.1																					
PLUIE DE RETOUR (t)			h(t) = a . t E(1-b) h(t) en mm t en mn a et b coefficients de montana pour la période de retour																															
a et b coefficients de Montana à			Saint-Nazaire-Montoir ajustés pour des pluies de durée : 6 à 30 mn, 15 mn à 6 H et 6 H à 24 H																															
Seuils de ruissellement Po en mm (Astier 1993)						DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT Cr																												
Couvert	Morphologie	Pente (%)	Nature du sol			Cr = 0,8 . (1 - Po / Pj (T)) Cr coefficient de ruissellement Po seuil de rétention initial en mm Pj (T) pluie journalière en mm pour une occurrence donnée T																												
			Sableux	Limoneux	Argileux compact																													
Boisé	Plat	0 - 5	90	65	50	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="background-color: #d9d9d9;">Seuils Po sélectionnés pour le site (mm) :</th> </tr> <tr> <th>BV A</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>65</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Seuils Po sélectionnés pour le site (mm) :							BV A							65						
	Seuils Po sélectionnés pour le site (mm) :																																	
	BV A																																	
65																																		
Ondulé	5 - 10	75	55	35																														
Pentu	10 - 30	60	45	25																														
Prairie	Plat	0 - 5	85	60	50																													
	Ondulé	5 - 10	80	50	30																													
	Pentu	10 - 30	70	40	25																													
Culture	Plat	0 - 5	65	35	25																													
	Ondulé	5 - 10	50	25	10																													
	Pentu	10 - 30	35	10	0																													
COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT																																		
Occurrence	Pluie journalière (mm)	BV A Cr (%)	Pluie journalière (mm)																															
5 ans	48.9	0.001	48.9																															
10 ans	56.6	0.001	56.6																															
20 ans	65.3	0.004	65.3																															
30 ans	70.4	0.062	70.4																															
50 ans	77.1	0.126	77.1																															
100 ans	87.2	0.203	87.2																															

URBASOLAR Campbon (44) BV A		HAUTEUR DE PLUIE en mm (données MétéoFrance - Station de Saint-Nazaire-Montoir)								
		Durée de la pluie								
	Pluie de retour	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
	5 ans	10.2	14.2	18.2	23.2	32.8	40.0	48.9	59.6	72.7
	10 ans	12.7	17.9	22.6	28.6	39.4	47.2	56.6	67.8	81.2
	20 ans	15.5	22.1	27.8	34.9	47.5	55.7	65.3	76.6	89.8
	30 ans	5.9	24.9	31.2	39.1	52.6	60.9	70.4	81.5	94.4
	50 ans	14.5	28.7	35.9	44.9	59.9	68.0	77.1	87.5	99.2
	100 ans	23.4	34.9	43.6	54.4	71.6	79.0	87.2	96.2	106.1

URBASOLAR Campbon (44) BV A		VOLUME D'EAU TOMBE SUR LE BASSIN VERSANT (m³)								
		Durée de la pluie								
Surface du bassin versant (m²)	Pluie de retour	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
	5 ans	1 430	1 998	2 551	3 259	4 612	5 627	6 865	8 376	10 220
140 517	10 ans	1 788	2 513	3 176	4 015	5 535	6 633	7 948	9 524	11 413
	20 ans	2 172	3 102	3 899	4 902	6 671	7 824	9 177	10 763	12 623
	30 ans	835	3 498	4 385	5 497	7 388	8 551	9 898	11 457	13 262
	50 ans	2 031	4 035	5 047	6 313	8 419	9 551	10 836	12 293	13 945
	100 ans	3 284	4 899	6 120	7 645	10 059	11 100	12 248	13 515	14 912

URBASOLAR Campbon (44) BV A		VOLUME D'EAU RUISSELE (m³)								
		Durée de la pluie								
Pluie de retour	Coefficient de ruissellement	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
5 ans	0.001	1.4	2.0	2.6	3.3	4.6	5.6	6.9	8.4	10.2
10 ans	0.001	1.8	2.5	3.2	4.0	5.5	6.6	7.9	9.5	11.4
20 ans	0.004	8	12	15	18	25	29	34	40	47
30 ans	0.062	52	216	271	340	457	528	612	708	820
50 ans	0.126	255	507	634	793	1 058	1 200	1 362	1 545	1 752
100 ans	0.203	668	996	1 245	1 555	2 046	2 258	2 491	2 749	3 033

Campbon (44) - QUANTITES TOMBÉES OU RUISSELEES POUR UNE PLUIE DE 24 H (m3)							
Fréquence de retour		5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	Pluies tombées	6 865	7 948	9 177	9 898	10 836	12 248
	Ruissellements	7	8	34	612	1 362	2 491

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montor				Pluie journalière de retour 10 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	10	2.718	0.43	0.560	0.020	14.05	0.001

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s)
BV A	56.6	65	-6.8	17.0	0.804	0.00

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 20 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	20	3.02	0.397	0.560	0.020	14.05	0.004

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.01
BV A	65.3	65	0.2	17.000	0.981	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 30 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	30	3.189	0.77	0.560	0.020	14.05	0.062

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.05
BV A	70.4	65	4.4	17.000	0.360	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 50 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	50	3.348	0.46	0.560	0.020	14.05	0.126

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.27
BV A	77.1	65	9.7	17.000	0.909	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 100 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	100	3.598	0.309	0.560	0.020	14.05	0.203

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s)
BV A	87.2	65	17.7	17.000	1.499	0.71

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

Débits de crue des bassins versants du site pour des pluies journalières de retour 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans																					
Pluie de retour		10 ANS				20 ANS				30 ANS				50 ANS				100 ANS			
Bassins Versants	Surface (ha)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)
BV A	14.052	17.00	0.001	0.8	0.00	17.00	0.004	1.0	0.01	17.00	0.062	0.4	0.05	17.00	0.126	0.9	0.27	17.00	0.203	1.5	0.71

Annexe 2

Calculs hydrauliques Après-projet

Campbon (44) - PRECIPITATIONS ET COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT													
STATISTIQUES DE PRECIPITATIONS A			Saint-Nazaire-Montoir (Coefficients de Montana : données MétéoFrance -période 2003 - 2021)										
Durée de retour (ans)	a	b	h(t) (mm/10 mn)	h(t) (mm/15 mn)	h(t) (mm/20 mn)	h(t) (mm/30 mn)	h(t) (mm/1 H)	h(t) (mm/2 H)	h(t) (mm/6 H)	h(t) (mm/12 H)	h(t) (mm/24 H)	h(t) (mm/48 H)	h(t) (mm/4 j)
5			8.2	10.2	11.9	14.2	18.2	23.2	32.8	40.0	48.9	59.6	72.7
10			10.1	12.7	15.0	17.9	22.6	28.6	39.4	47.2	56.6	67.8	81.2
20			12.1	15.5	18.4	22.1	27.8	34.9	47.5	55.7	65.3	76.6	89.8
30			5.4	5.9	6.4	24.9	31.2	39.1	52.6	60.9	70.4	81.5	94.4
50			11.6	14.5	16.9	28.7	35.9	44.9	59.9	68.0	77.1	87.5	99.2
100			17.7	23.4	28.5	34.9	43.6	54.4	71.6	79.0	87.2	96.2	106.1

PLUIE DE RETOUR (t)

a et b coefficients de Montana à

h(t) = a . t E(1-b)

Saint-Nazaire-Montoir

h(t) en mm

t en mn

a et b coefficients de Montana pour la période de retour

ajustés pour des pluies de durée : **6 à 30 mn, 15 mn à 6 H et 6 H à 24 H**

Seuils de ruissellement Po en mm (Astier 1993)					
Couvert	Morphologie	Pente (%)	Nature du sol		
			Sableux	Limoneux	Argileux compact
Boisé	Plat	0 - 5	90	65	50
	Ondulé	5 - 10	75	55	35
	Pentu	10 - 30	60	45	25
Prairie	Plat	0 - 5	85	60	50
	Ondulé	5 - 10	80	50	30
	Pentu	10 - 30	70	40	25
Culture	Plat	0 - 5	65	35	25
	Ondulé	5 - 10	50	25	10
	Pentu	10 - 30	35	10	0

DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT Cr

Cr = 0,8 . (1 - Po / Pj (T))

Cr coefficient de ruissellement

Po seuil de rétention initial en mm

Pj (T) pluie journalière en mm pour une occurrence donnée T

Seuils Po sélectionnés pour le site (mm) :						
BV A						
64						

COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT													
Occurrence	Pluie journalière (mm)	BV A Cr (%)	Pluie journalière (mm)										
5 ans	48.9	0.001	48.9										
10 ans	56.6	0.001	56.6										
20 ans	65.3	0.019	65.3										
30 ans	70.4	0.076	70.4										
50 ans	77.1	0.138	77.1										
100 ans	87.2	0.215	87.2										

URBASOLAR Campbon (44) BV A		HAUTEUR DE PLUIE en mm (données MétéoFrance - Station de Saint-Nazaire-Montoir)								
		Durée de la pluie								
	Pluie de retour	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
	5 ans	10.2	14.2	18.2	23.2	32.8	40.0	48.9	59.6	72.7
	10 ans	12.7	17.9	22.6	28.6	39.4	47.2	56.6	67.8	81.2
	20 ans	15.5	22.1	27.8	34.9	47.5	55.7	65.3	76.6	89.8
	30 ans	5.9	24.9	31.2	39.1	52.6	60.9	70.4	81.5	94.4
	50 ans	14.5	28.7	35.9	44.9	59.9	68.0	77.1	87.5	99.2
	100 ans	23.4	34.9	43.6	54.4	71.6	79.0	87.2	96.2	106.1

URBASOLAR Campbon (44) BV A		VOLUME D'EAU TOMBE SUR LE BASSIN VERSANT (m³)								
		Durée de la pluie								
Surface du bassin versant (m²)	Pluie de retour	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
	5 ans	1 430	1 998	2 551	3 259	4 612	5 627	6 865	8 376	10 220
140 517	10 ans	1 788	2 513	3 176	4 015	5 535	6 633	7 948	9 524	11 413
	20 ans	2 172	3 102	3 899	4 902	6 671	7 824	9 177	10 763	12 623
	30 ans	835	3 498	4 385	5 497	7 388	8 551	9 898	11 457	13 262
	50 ans	2 031	4 035	5 047	6 313	8 419	9 551	10 836	12 293	13 945
	100 ans	3 284	4 899	6 120	7 645	10 059	11 100	12 248	13 515	14 912

URBASOLAR Campbon (44) BV A		VOLUME D'EAU RUISSELE (m³)								
		Durée de la pluie								
Pluie de retour	Coefficient de ruissellement	15 mn	30 mn	1 H	2 H	6 H	12 H	24 H	2 jours	4 jours
5 ans	0.001	1.4	2.0	2.6	3.3	4.6	5.6	6.9	8.4	10.2
10 ans	0.001	1.8	2.5	3.2	4.0	5.5	6.6	7.9	9.5	11.4
20 ans	0.019	41	58	73	92	126	147	173	203	238
30 ans	0.076	63	265	332	417	560	648	750	868	1 005
50 ans	0.138	281	559	699	874	1 166	1 322	1 500	1 702	1 931
100 ans	0.215	705	1 052	1 314	1 641	2 160	2 383	2 630	2 902	3 202

Campbon (44) - QUANTITES TOMBÉES OU RUISSELEES POUR UNE PLUIE DE 24 H (m3)							
Fréquence de retour		5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
BV A	Pluies tombées	6 865	7 948	9 177	9 898	10 836	12 248
	Ruissellements	7	8	173	750	1 500	2 630

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montor				Pluie journalière de retour 10 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	10	2.718	0.43	0.560	0.020	14.05	0.001

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.00
BV A	56.6	64	-5.8	17.0	0.804	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 20 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	20	3.02	0.397	0.560	0.020	14.05	0.019

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.04
BV A	65.3	64	1.2	17.000	0.981	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 30 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	30	3.189	0.77	0.560	0.020	14.05	0.076

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.06
BV A	70.4	64	5.3	17.000	0.360	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 50 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	50	3.348	0.46	0.560	0.020	14.05	0.138

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s) 0.29
BV A	77.1	64	10.7	17.000	0.909	

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

EVALUATION DES DEBITS DE CRUE PAR LA METHODE RATIONNELLE							
Débit de crue $Q = C \times i \times A$				Campbon (44)			
		Coeff. Montana Saint-Nazaire-Montol				Pluie journalière de retour 100 ans	
Bassins versants	Durée de retour (ans)	a	b	L (km)	Pente versants I (m/m)	A (ha)	Cr
BV A	100	3.598	0.309	0.560	0.020	14.05	0.215

Bassins versants	Pj (mm)	Po (mm)	Rm (mm)	tc retenu (min)	i(tc) (mm/min)	Q (m³/s)
BV A	87.2	64	18.7	17.000	1.499	0.75

Tc retenu évalué à partir des formule de Ventura et Passini - Tc ne peut être inférieur à 5 min.

i(tc) = a . tc E(-b)

Q en l/s
Cr coef de ruissellement
i intensité du temps de concentration en mm/h
A surface en ha
tc : temps de concentration en heures

L : longueur du cheminement principal en km
I : pente moyenne des versants en m/m
Rm : ruissellement en mm
Pj : pluie journalière décennale en mm
Po : rétention initiale en mm

Débits de crue des bassins versants du site pour des pluies journalières de retour 10 ans, 20 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans																					
Pluie de retour		10 ANS				20 ANS				30 ANS				50 ANS				100 ANS			
Bassins Versants	Surface (ha)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)	tc (min)	Cr	i (mm/min)	Q (m³/s)
BV A	14.052	17.00	0.001	0.8	0.00	17.00	0.019	1.0	0.04	17.00	0.076	0.4	0.06	17.00	0.138	0.9	0.29	17.00	0.215	1.5	0.75