

11 COMPATIBILITE DU PROJET AVEC L'ARTICLE L211-1, LE SDAGE ET LE PGRI RHONE MEDITERRANEE

11.1 COMPATIBILITE ET CONTRIBUTION DU PROJET AVEC LES INTERETS ET OBJECTIFS MENTIONNES A L'ARTICLE L211-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

L'article L211-1 du Code de l'environnement énonce les objectifs poursuivis dans le cadre d'une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, à savoir :

1. la prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ;
2. la protection des eaux et la lutte contre toute pollution par déversements, écoulements, rejets dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement par tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques ; chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales ;
3. la restauration de la qualité des eaux et leur régénération ;
4. le développement, la mobilisation, la création et la protection de la ressource en eau ;
5. la valorisation de l'eau comme ressource économique et, en particulier, pour le développement de la production d'électricité d'origine renouvelable ainsi que la répartition de cette ressource ;
- 5 bis. la promotion d'une politique active de stockage de l'eau pour un usage partagé de l'eau permettant de garantir l'irrigation, élément essentiel de la sécurité de la production agricole et du maintien de l'étiage des rivières, et de subvenir aux besoins des populations locales ;
6. la promotion d'une utilisation efficace, économe et durable de la ressource en eau ;
7. rétablissement de la continuité écologique au sein des bassins hydrographiques.

Cette gestion équilibrée doit se faire tout en préservant les intérêts suivants :

1. de la vie biologique du milieu récepteur, et spécialement de la faune piscicole et conchylicole ;
2. de la conservation du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ;
3. de l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, en particulier pour assurer la sécurité du système électrique, des transports, du tourisme, de la protection des sites, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.

Le projet prévoit le recalibrage du cours d'eau de la Suane via le réaménagement de ses berges et la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés.

Ces aménagements permettent de prévenir les risques d'inondation pour les habitations alentours et de limiter les risques d'affaissement de terrain. Cela participe donc à l'atteinte de l'objectif n°1 énoncé par l'article L211-1 du Code de l'environnement.

11.2 SDAGE RHONE MEDITERRANEE

Le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021 comprend les neuf orientations fondamentales (OF) suivantes :

Tableau 46 – Orientations fondamentales et dispositions du SDAGE Rhône-Méditerranée

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
OF0 : s'adapter au changement climatique	Disposition 0-01 : mobiliser les acteurs des territoires pour la mise en œuvre des actions d'adaptation au changement climatique
	Disposition 0-02 : nombreux aménagements et infrastructures : garder raison et se projeter sur le long terme
	Disposition 0-03 : développer la prospective en appui à la mise en œuvre des stratégies d'adaptation
	Disposition 0-04 : agir de façon solidaire et concertée
	Disposition 0-05 : affiner la connaissance pour réduire les marges d'incertitude et proposer des mesures d'adaptation efficaces
OF1 : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité	Disposition 1-01 : impliquer tous les acteurs concernés dans la mise en œuvre des principes qui sous-tendent une politique de prévention
	Disposition 1-02 : développer les analyses prospectives dans les documents de planification
	Disposition 1-03 : orienter fortement les financements publics dans le domaine de l'eau vers les politiques de prévention
	Disposition 1-04 : inscrire le principe de prévention dans la conception des projets et les outils de planification locale
	Disposition 1-05 : impliquer les acteurs institutionnels du domaine de l'eau dans le développement de filières économiques privilégiant le principe de prévention
	Disposition 1-06 : systématiser la prise en compte de la prévention dans les études d'évaluation des politiques publiques
	Disposition 1-07 : prendre en compte les objectifs du SDAGE dans les programmes des organismes de recherche

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
OF2 : concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques	Disposition 2-01 : mettre en œuvre de manière exemplaire la séquence « éviter-réduire-compenser »
	Disposition 2-02 : évaluer et suivre les impacts des projets
	Disposition 2-03 : contribuer à la mise en œuvre du principe de non-dégradation via les SAGE et contrats de milieu
OF3 : prendre en compte les enjeux économiques et sociaux des politiques de l'eau et assurer une gestion durable des services publics d'eau et d'assainissement	Disposition 3-01 : mobiliser les données pertinentes pour mener les analyses économiques
	Disposition 3-02 : prendre en compte les enjeux socio-économiques liés à la mise en œuvre du SDAGE
	Disposition 3-03 : développer les analyses et retours d'expérience sur les enjeux sociaux
	Disposition 3-04 : développer les analyses économiques dans les programmes et projets
	Disposition 3-05 : ajuster le système tarifaire en fonction du niveau de récupération des coûts
	Disposition 3-06 : développer l'évaluation des politiques de l'eau et des outils économiques incitatifs
	Disposition 3-07 : privilégier les financements efficaces, susceptibles d'engendrer des bénéfices et d'éviter certaines dépenses
Disposition 3-08 : assurer une gestion durable des services publics d'eau et d'assainissement	
OF4 : renforcer la gestion de l'eau par bassin versant et assurer la cohérence entre aménagement du territoire et gestion de l'eau	Disposition 4-01 : intégrer les priorités du SDAGE dans les SAGE et contrats de milieu
	Disposition 4-02 : intégrer les priorités du SDAGE dans les PAPI et SLGRI et améliorer leur cohérence avec les SAGE et contrats de milieu
	Disposition 4-03 : promouvoir des périmètres de SAGE et contrats de milieu au plus proche du terrain
	Disposition 4-05 : intégrer un volet littoral dans les SAGE et contrat de milieux côtiers

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
	Disposition 4-06 : assurer la coordination au niveau super bassin versant
	Disposition 4-07 : assurer la gestion équilibrée des ressources en eau par une maîtrise d'ouvrage structurée à l'échelle des bassins versants
	Disposition 4-08 : encourager la reconnaissance des syndicats de bassin versant comme EPAGE ou EPTB
	Disposition 4-09 : intégrer les enjeux du SDAGE dans les projets d'aménagement du territoire et de développement économique
	Disposition 4-10 : associer les acteurs de l'eau à l'élaboration des projets d'aménagement du territoire
	Disposition 4-11 : assurer la cohérence des financements des projets de développement territorial avec le principe de gestion équilibrée des milieux aquatiques
	Disposition 4-12 : organiser les usages maritimes en protégeant les secteurs fragiles
<p>OF5 : lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé</p> <p>– OF5_A : poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle</p>	Disposition 5A-01 : prévoir des dispositifs de réduction des pollutions garantissant l'atteinte et le maintien à long terme du bon état des eaux
	Disposition 5A-02 : pour les milieux particulièrement sensibles aux pollutions, adapter les conditions de rejet en s'appuyant sur la notion de « flux admissible »
	Disposition 5A-03 : réduire la pollution par temps de pluie en zone urbaine
	Disposition 5A-04 : éviter, réduire et compenser l'impact des nouvelles surfaces imperméabilisées
	Disposition 5A-05 : adapter les dispositifs en milieu rural en promouvant l'assainissement non collectif ou semi-collectif et en confortant les services d'assistance technique

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
– OF5_B : lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques	Disposition 5A-06 : établir et mettre en œuvre des schémas directeurs d'assainissement qui intègrent les objectifs du SDAGE
– OF5 _C : lutter contre les pollutions par les substances dangereuses	Disposition 5A-07 : réduire les pollutions en milieu marin
– OF5 _D : lutter contre la pollution par les pesticides par des changements conséquents dans les pratiques actuelles	Disposition 5B-01 : anticiper pour assurer la non-dégradation des milieux aquatiques fragiles vis-à-vis des phénomènes d'eutrophisation
– OF5 _E : évaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine	Disposition 5B-02 : restaurer les milieux dégradés en agissant de façon coordonnée à l'échelle du bassin versant
	Disposition 5B-03 : réduire les apports en phosphore et en azote dans les milieux aquatiques fragiles vis-à-vis de l'eutrophisation
	Disposition 5B-04 : engager des actions de restauration physique et d'amélioration de l'hydrologie
	Disposition 5C-01 : décliner les objectifs de réduction nationaux des émissions de substances au niveau du bassin
	Disposition 5C-02 : réduire les rejets industriels qui génèrent un risque ou un impact pour une ou plusieurs substances
	Disposition 5C-03 : réduire les pollutions que concentrent les agglomérations
	Disposition 5C-04 : conforter et appliquer les règles d'une gestion précautionneuse des travaux sur les sédiments aquatiques contaminés
	Disposition 5C-05 : maîtriser et réduire l'impact des pollutions historiques
	Disposition 5C-06 : intégrer la problématique « substances dangereuses » dans le cadre des SAGE et des dispositifs contractuels
	Disposition 5C-07 : valoriser les connaissances acquises et assurer une veille scientifique sur les pollutions émergentes

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
	Disposition 5D-01 : encourager les filières économiques favorisant les techniques de production pas ou peu polluantes
	Disposition 5D-02 : favoriser l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement en mobilisant les acteurs et outils financiers
	Disposition 5D-03 : instaurer une réglementation locale concernant l'utilisation des pesticides sur les secteurs à enjeux
	Disposition 5D-04 : engager des actions en zones non agricoles
	Disposition 5D-05 : réduire les flux de pollutions par les pesticides à la mer Méditerranée et aux milieux lagunaires
	Disposition 5E-01 : protéger les ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable
	Disposition 5E-02 : délimiter les aires d'alimentation des captages d'eau potable prioritaires, pollués par les nitrates ou les pesticides, et restaurer leur qualité
	Disposition 5E-03 : renforcer les actions préventives de protection des captages d'eau potable
	Disposition 5E-04 : restaurer la qualité des captages d'eau potable pollués par les nitrates par des zones d'actions renforcées
	Disposition 5E-05 : réduire les pollutions du bassin versant pour atteindre les objectifs de qualité
	Disposition 5E-06 : prévenir les risques de pollution accidentelle dans les territoires vulnérables
	Disposition 5E-07 : porter un diagnostic sur les effets des substances sur l'environnement et la santé
	Disposition 5E-08 : réduire l'exposition des populations aux pollutions
OF6 : préserver et restaurer le fonctionnement des milieux	Disposition 6A-01 : définir les espaces de bon fonctionnement des milieux aquatiques, humides, littoraux et eaux souterraines

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
aquatiques et des zones humides	Disposition 6A-02 : préserver et restaurer les espaces de bon fonctionnement des milieux aquatiques
– OF6 _A : agir sur la morphologie et le découloisnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques	Disposition 6A-03 : préserver les réservoirs biologiques et poursuivre leur caractérisation
– OF6 _B : préserver, restaurer et gérer les zones humides	Disposition 6A-04 : préserver et restaurer les rives de cours d'eau et plans d'eau, les forêts alluviales et ripisylves
– OF6 _C : intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau	Disposition 6A-05 : restaurer la continuité écologique des milieux aquatiques
	Disposition 6A-06 : poursuivre la reconquête des axes de vies des poissons migrateurs
	Disposition 6A-07 : mettre en œuvre une politique de gestion des sédiments
	Disposition 6A-08 : restaurer la morphologie en intégrant les dimensions économiques et sociologiques
	Disposition 6A-09 : évaluer l'impact à long terme des modifications hydromorphologiques dans leurs dimensions hydrologiques et hydrauliques
	Disposition 6A-10 : approfondir la connaissance des impacts des éclusées sur le cours d'eau et les réduire pour une gestion durable des milieux et des espèces
	Disposition 6A-11 : améliorer ou développer la gestion coordonnée des ouvrages à l'échelle des bassins versants
	Disposition 6A-12 : maîtriser les impacts des nouveaux ouvrages
	Disposition 6A-13 : assurer la compatibilité des pratiques d'entretien des milieux aquatiques et d'extraction en lit majeur avec les objectifs environnementaux
	Disposition 6A-14 : maîtriser les impacts cumulés des plans d'eau
	Disposition 6A-15 : formaliser et mettre en œuvre une gestion durable des plans d'eau

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
	Disposition 6A-16 : mettre en œuvre une politique de préservation et de restauration du littoral et du milieu marin pour la gestion et la restauration physique des milieux
	Disposition 6B-01 : préserver, restaurer, gérer les zones humides et mettre en œuvre des plans de gestion stratégique des zones humides sur les territoires pertinents
	Disposition 6B-02 : mobiliser les outils financiers, fonciers et environnementaux en faveur des zones humides
	Disposition 6B-03 : assurer la cohérence des financements publics avec l'objectif de préservation des zones humides
	Disposition 6B-04 : préserver les zones humides en les prenant en compte dans les projets
	Disposition 6B-05 : poursuivre l'information et la sensibilisation des acteurs par la mise à disposition et le porter à connaissance
	Disposition 6C-01 : mettre en œuvre une gestion planifiée du patrimoine piscicole d'eau douce
	Disposition 6C-02 : gérer les espèces autochtones en cohérence avec l'objectif de bon état des milieux
	Disposition 6C-03 : favoriser les interventions préventives pour lutter contre les espèces exotiques envahissantes
	Disposition 6C-04 : mettre en œuvre des interventions curatives adaptées aux caractéristiques des différents milieux
OF7 : atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant	Disposition 7-01 : élaborer et mettre en œuvre les plans de gestion de la ressource en eau
	Disposition 7-02 : démultiplier les économies d'eau
	Disposition 7-03 : recourir à des ressources de substitution dans le cadre de projets de territoire
	Disposition 7-04 : rendre compatibles les politiques d'aménagement du territoire et les usages de la disponibilité de la ressource

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
	<p>Disposition 7-05 : mieux connaître et encadre les forages à usage domestique</p> <p>Disposition 7-06 : s'assurer du retour à l'équilibre quantitatif en s'appuyant sur les principaux points de confluence du bassin et les points stratégiques de référence pour les eaux superficielles et souterraines</p> <p>Disposition 7-07 : développer le pilotage des actions de résorption des déséquilibres quantitatifs à l'échelle des périmètres de gestion</p> <p>Disposition 7-08 : renforcer la concertation locale en s'appuyant sur les instances de gouvernance de l'eau</p>
<p>OF8 : augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques</p>	<p>Disposition 8-01 : préserver les champs d'expansion des crues</p> <p>Disposition 8-02 : rechercher la mobilisation de nouvelles capacités d'expansion des crues</p> <p>Disposition 8-03 : éviter les remblais en zones inondables</p> <p>Disposition 8-04 : limiter la création de nouveaux ouvrages de protection aux secteurs à risque fort et présentant des enjeux importants</p> <p>Disposition 8-05 : limiter le ruissellement à la source</p> <p>Disposition 8-06 : favoriser la rétention dynamique des écoulements</p> <p>Disposition 8-07 : restaurer les fonctionnalités naturelles des milieux qui permettent de réduire les crues et les submersions marines</p> <p>Disposition 8-08 : préserver ou améliorer la gestion de l'équilibre sédimentaire</p> <p>Disposition 8-09 : gérer la ripisylve en tenant compte des incidences sur l'écoulement des crues et la qualité des milieux</p>

ORIENTATIONS FONDAMENTALES	DISPOSITIONS
	Disposition 8-10 : développer des stratégies de gestion des débits solides dans les zones exposées à des risques torrentiels
	Disposition 8-11 : identifier les territoires présentant un risque important d'érosion
	Disposition 8-12 : traiter de l'érosion littorale dans les stratégies locales exposées à un risque important d'érosion

Le projet de recalibrage du vallon de la Suane est concerné par deux des orientations fondamentales établies par le SDAGE, à savoir :

- l'OF5_A : poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle;
- l'OF8 : augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques.

Le tableau suivant expose les raisons de la compatibilité du projet avec ces trois objectifs et ses dispositions.

Tableau 47 – Compatibilité du projet avec le SDAGE

ORIENTATION FONDAMENTALE	DISPOSITIONS	COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LE SDAGE
OF5 _A	Disposition 5A-04 : éviter, réduire et compenser l'impact des nouvelles surfaces imperméabilisées	<p>Le projet réalisé s'attache à réduire l'impact des nouveaux aménagements mis en place. Ainsi, la transparence hydraulique est assurée au niveau du projet d'aménagement.</p> <p>Au vu de la nature du terrain, l'infiltration des eaux pluviales n'était pas possible. Ainsi, c'est la méthode de la rétention à la source qui a été utilisée dans le cadre du projet.</p> <p>Les eaux pluviales issues du bassin versant amont sont interceptées par les noues 1 et 2 puis rejetées à la Suane.</p> <p>Les eaux pluviales interceptées sur la zone projet sont prises en charge par des bassins de rétention puis rejetées via deux points de rejet à la Suane. Le débit de fuite a été calculé de sorte à ne pas générer de risque ni amplifier les phénomènes de crues liées à la Suane.</p>
OF8	Disposition 8-10 : développer des stratégies de gestion des débits solides dans les zones exposées à des risques torrentiels	<p>La Suane est un cours à régime torrentiel capable de charger des masses de matériaux solides relativement importantes. Ainsi, des dispositifs ont été prévus afin de limiter le transport de ces matériaux et d'atténuer les dommages causés (destruction d'ouvrage, fdestabilisation des berges etc.).</p> <p>Ainsi, deux peignes à matériaux ont été installés sur la Suane à l'amont du projet des huit villas. Une plage de dépôt à également été aménagée en amont du pont de l'Allée Romantique.</p> <p>Ces installations permettent d'assurer un écrêtement des débits solides tout en maintenant un transit sédimentaire équilibré dans la Suane, via la mise en place d'ouvrage hydraulique justement dimensionnés.</p>

D'après cette analyse, le projet répond pleinement à deux dispositions de deux objectifs fondamentaux du SDAGE. Il est donc compatible avec le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021.

11.3 PLAN DE GESTION DU RISQUE INONDATION RHONE MEDITERRANEE (PGRI)

Le PGRI est un document qui vise à prévenir et à gérer les risques d'inondation. Elaboré à l'échelle des bassins hydrauliques ou groupements de bassins, il fixe les grands objectifs en matière de gestion des risques d'inondation et les objectifs propres à certains territoires à risque d'inondation important. Les objectifs du PGRI sont déclinés au sein de stratégies locales de gestion des risques.

La zone d'étude est concernée par le PGRI Rhône-Méditerranée 2016 – 2021.

Ce document comprend cinq objectifs détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 48 – Objectifs et dispositions du PGRI Rhône-Méditerranée 2016-2021

OBJECTIFS DU PGRI	DISPOSITIONS
Grand objectif n°1 : « mieux prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation »	Améliorer la connaissance de la vulnérabilité du territoire
	Réduire la vulnérabilité des territoires
	Respecter les principes d'aménagement du territoire intégrant les risques d'inondations
Grand objectif n°2 : « augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques »	Agir sur les capacités d'écoulement
	Prendre en compte les risques torrentiels
	Prendre en compte l'érosion côtière du littoral
	Assurer la performance des systèmes de protection
Grand objectif n°3 : « améliorer la résilience des territoires exposés »	Agir sur la surveillance et la prévision
	Se préparer à la crise et apprendre à mieux vivre avec les inondations
	Développer la conscience du risque des populations par la sensibilisation, le développement de la mémoire du risque et la diffusion de l'information
Grand objectif n°4 : « organiser les acteurs et les compétences »	Favoriser la synergie entre les différentes politiques publiques : gestion des risques, gestion des milieux, aménagement du territoire et gestion du trait de côte
	Garantir un cadre de performance pour la gestion des ouvrages de protection
	Accompagner la mise en place de la compétence GEMAPI

Grand objectif n°5 : « développer la connaissance sur les phénomènes et les risques d'inondation »	Développer la connaissance sur les risques d'inondation
	Améliorer le partage de la connaissance

Le projet de construction des huit villas et de réaménagement du lit de la Suane est visé par le grand objectif n°2 « *augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel du milieu aquatique* », et plus précisément les deux dispositions suivantes :

- agir sur les capacités d'écoulement : le projet porte notamment sur le recalibrage du cours d'eau de la Suane. Cela comprend la mise en place de nouveaux ouvrages hydrauliques sur la Suane, en complément des ouvrages existants qui étaient sous-dimensionnés. De plus, le confortement des berges du cours d'eau va lui permettre de retrouver son axe d'écoulement, sans porter atteinte aux aménagements riverains ;
- prendre en compte les risques torrentiels : la Suane est un cours d'eau au régime torrentiel. Ce risque a été pris en compte dans l'étude du projet et des aménagements ont été pensés afin de ne pas accentuer ce risque voir même de le diminuer. Ainsi, des peignes à matériaux sont prévus, ainsi qu'une plage de dépôt et un renforcement des berges dans les endroits les plus sensibles.

Ainsi, le projet est compatible avec le PGRI Rhône-Méditerranée 2016-2021.

12 ANALYSE DES INCIDENCES DU PROJET SUR LES ZONES NATURA 2000

12.1 RAPPEL DU CADRE JURIDIQUE DE L'ÉVALUATION DES INCIDENCES

12.1.1 LE RESEAU NATURA 2000

La création du réseau Natura 2000 constitue le pivot de la politique communautaire de conservation de la nature. Chaque pays de l'Union Européenne doit identifier sur son territoire les zones naturelles les plus remarquables par leur richesse naturelle et en décrire les moyens d'en assurer la conservation à long terme.

Le réseau Natura 2000 est donc un réseau d'espaces naturels visant à préserver les richesses naturelles de l'Union Européenne tout en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelles. Il est composé :

- **des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) désignées au titre de la directive Habitats-Faune-Flore (92/43/CEE, complétée par 2006/105/CE)** concernant la protection des habitats naturels ainsi que la faune et la flore sauvage. Les annexes I et II de ce texte énumèrent respectivement les habitats naturels et les espèces d'intérêt communautaire dont certains sont prioritaires (en voie de disparition). Cette directive a été transcrite en droit français par l'ordonnance n°2001-321 du 11 avril 2001. Avant d'être définitivement désignés en ZSC par arrêté ministériel, les sites Natura 2000 sont qualifiés de SIC – Sites d'Intérêt Communautaire (le statut réglementaire est équivalent) ;
- **des Zones de Protection Spéciales (ZPS) désignées au titre de la directive Oiseaux (2009/147/CE ex 79/409/CEE)** qui visent à assurer la préservation de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen. L'Annexe I de ce texte énumère les espèces les plus menacées au niveau européen qui doivent faire l'objet de mesures de conservation spéciales concernant leur habitat afin d'assurer leur survie et leur reproduction.

Pour maintenir ces zones dans un état de conservation favorable, les États Membres peuvent utiliser des mesures complémentaires, administratives ou contractuelles. L'objectif est de promouvoir une gestion adaptée des habitats tout en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que des particularités régionales et locales de chaque État Membre.

L'objectif de ce réseau est d'assurer la pérennité ou, le cas échéant, le rétablissement dans un état de conservation favorable des habitats naturels, des habitats d'espèces de la directive « Habitats » et des habitats d'espèces de la directive « Oiseaux ».

Ce réseau européen de sites Natura 2000 doit aussi contribuer à la mise en œuvre du concept de développement durable en cherchant à concilier au sein des sites qui le composent les exigences écologiques des habitats naturels et des espèces en cause avec les exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que les particularités régionales et locales. Ces sites ne sont donc pas des zones protégées d'où l'homme serait exclu, et encore moins des sanctuaires de nature. Ils sont simplement des espaces gérés avec tous les usagers, de telle sorte qu'ils puissent préserver leurs richesses patrimoniales et leur identité en maintenant les activités humaines.

Ainsi, la désignation des sites ne conduit pas les États Membres à interdire a priori les activités humaines, dès lors que celles-ci ne remettent pas en cause significativement l'état de conservation favorable des habitats et des espèces concernées.

12.1.2 CONTEXTE NATURA 2000

La zone d'emprise n'est pas située au sein du réseau Natura 2000. Toutefois, deux périmètres Natura 2000 sont présents à proximité de la zone d'emprise :

- la Zone Spéciale de Conservation « La Plaine et le Massif des Maures » (FR9301622) est située à 2 km au Nord-Est et 10 km à l'ouest de la zone d'emprise. Cette dernière présente des milieux naturels proche de ceux de la ZSC FR9301622 ;
- la Zone Spéciale de Conservation « Corniche varoise » (FR9301624) est située à 7 km au Sud-Est de la zone d'emprise. Ce site est en grande partie marin et peu connectée avec les milieux naturels de la zone d'emprise.



Figure 190 - Localisation de la zone d'emprise vis-à-vis du réseau Natura 2000

Au regard des milieux concernés et des distances impliquées, l'analyse des incidences portera plus particulièrement sur les éventuelles atteintes de la zone d'emprise sur le site Natura 2000 « La Plaine et le Massif des Maures ».

12.1.3 PRINCIPAUX ELEMENTS D'INTERET COMMUNAUTAIRES SUR LA ZONE D'EMPRISE

Le tableau suivant synthétise les principaux éléments d'intérêt communautaire mis en évidence dans le diagnostic écologique.

Groupe	Eléments	Quantité/Surface	Présence sur site Natura 2000
Habitats	Forêts à <i>Quercus suber</i>	1.4 ha	Avérée
	Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique	0.2 ha	Avérée

Mammifères	Minioptère de Schreibers (<i>Miniopterus schreibersii</i>)	Chasse/transit Pas de gîte	Avérée
	Murin à oreilles échancrées (<i>Myotis emarginatus</i>)	Chasse/transit Pas de gîte	Avérée

Parmi les éléments d'intérêt communautaire cités sur le site Natura 2000, certains sont jugés absents ou très faiblement potentiels en raison de l'absence de leur habitat d'espèce ou de l'absence de données locales. Il s'agit du Damier de la Succise (*Euphydryas aurinia provincialis*), de l'Agrion de Mercure (*Coenagrion mercuriale*) et la Cordulie à corps fins (*Oxygastra curtisii*), du Blageon (*Telestes souffia*), du Barbeau méridionale (*Barbus meridionalis*), de la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), du Murin de Capaccinni (*Myotis capaccinnii*), du Grand Murin (*Myotis myotis*), du Petit Murin (*Myotis blythii*), de la Barbastelle d'Europe (*Barbastellus barbastellus*) ou le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*).

En revanche, au regard de la présence de certains habitats d'espèces, d'autres espèces sont jugées faiblement à modérément potentielles. Il s'agit de l'Ecaille chinée (*Euplagia quadripunctaria*), du Grand capricorne (*Cerambyx cerdo*), du Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*), du Taupin violacé (*Limoniscus violaceus*), du Pique-Prune (*Osmoderma eremita*), la Tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*), le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) ou le Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*). En ce qui concerne les habitats d'intérêt communautaire, les prospections n'ont pas permis de mettre en évidence la présence de l'habitat « Mares temporaires méditerranéennes » (3170), qui restent néanmoins faiblement potentielle. De même, l'habitat « Taillis de *Laurus nobilis* » n'a pu être avéré, malgré la présence de quelques *Laurus nobilis* dans le fond de vallon.

Cas de la Tortue d'Hermann

Comme présenté dans l'Etat initial écologique, la Tortue d'Hermann (*Testudo h. hermanni*), espèce d'intérêt communautaire, a fait l'objet d'une attention particulière en raison de la présence de :

- son habitat d'espèce (mosaïque de milieux semi-ouverts de type maquis ponctué de Chênes lièges), même si le secteur est relativement pentu ;
- données locales (une mention d'une « tortue » lors du début de chantier, données locales à 2-3 km aux alentours).

Dans ce contexte, les herpétologues ont réalisé des prospections ciblées et adaptées à la nature de l'enjeu (diagnostic succinct selon le Plan National d'Actions), en avril, mai et juin 2017. 9 heures de prospections ont été dévolues à la recherche de l'espèce.

Au regard des prospections réalisées, de la configuration du site, de l'absence de données précises sur la zone d'étude et de l'analyse des incendies ayant affecté la zone ces 40 dernières années (zones incendiées en 1964, 1970, 1985 et 2007), la Tortue d'Hermann est jugée faiblement potentielle sur la zone d'emprise.

12.1.4 ANALYSE SUCCINCTE DES ATTEINTES

L'évaluation des effets du projet s'applique aux espèces et habitats avérés et fortement potentiels (2 habitats et 2 espèces de chiroptères). Les espèces jugées absentes, faiblement ou modérément potentielles ne sont pas prises en compte dans l'évaluation (comme la flore, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux, les poissons). Dans ce contexte, les atteintes seront évaluées uniquement sur les habitats, les invertébrés et les chiroptères.

L'analyse des atteintes cumulées tient compte des éventuels effets cumulés du même porteur de projet sur le site Natura 2000 « La Plaine et le Massif des Maures ».

Les détails du projet sont décrits dans le dossier de l'étude d'impact. Cette partie traite uniquement des effets du projet sur les quatre éléments d'intérêt communautaire, vis-à-vis du site Natura 2000.

Nom de l'élément	Nature de l'atteinte	Niveau des atteintes
Forêts à <i>Quercus suber</i>	Cette formation n'est pas située au sein du site Natura 2000. Néanmoins, cette formation est relativement continue avec le site Natura 2000. La destruction de 1.4 ha de chênaie liège ne remettra pas en cause la pérennité de cette formation à l'échelle du site Natura 2000	Très faible
Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique	Cette formation n'est pas située au sein du site Natura 2000. La destruction de 0.2 ha d'affleurements rocheux ne remettra pas en cause la pérennité de cette formation à l'échelle du site Natura 2000	Très faible
Minioptère de Schreibers (<i>Miniopterus schreibersii</i>)	Même si la zone d'emprise n'est pas située au sein du site Natura 2000, le rayon de déplacement de l'espèce lui permet aisément de parcourir la distance entre la zone d'emprise et le site Natura 2000. L'aménagement implique la destruction ou la perturbation de 3,6 ha d'habitat de chasse/transit, globalement peu favorable à l'espèce (en raison d'une assez faible productivité en petits papillons). Aucun gîte n'est concerné par l'aménagement. Dans la mesure où cette espèce peut dans certains cas fréquenter des secteurs anthropisés, la perte d'habitat de chasse et de transit ne remettra pas en cause la pérennité de la population locale à l'échelle du site Natura 2000.	Très faible
Murin à oreilles échancrées (<i>Myotis emarginatus</i>)	Même si la zone d'emprise n'est pas située au sein du site Natura 2000, le rayon de déplacement de l'espèce lui permet de parcourir la distance entre la zone d'emprise et le site Natura 2000. L'aménagement implique une perturbation d'un habitat de chasse et de transit d'environ 0.9 ha (essentiellement le fond de vallon). Même si l'aménagement est susceptible de perturber l'habitat de chasse et de transit de cette espèce forestière, il ne remettra pas en cause la pérennité de la population locale à l'échelle du site Natura 2000.	Très faible

12.1.5 MESURES POUR SUPPRIMER ET REDUIRE LES ATTEINTES

Comme présenté dans le volet « Mesures d'évitement, de réduction et de compensation » de l'étude d'impact, plusieurs mesures sont prévues pour réduire les effets de l'aménagement. L'intérêt de ces mesures vis-à-vis des éléments d'intérêt communautaire est brièvement rappelé :

Mesures actées	Intérêt pour les éléments d'intérêt communautaire
R1 : Evitement de la jonchaie	-
R2 : Interdiction d'utiliser des espèces végétales exotiques à caractère envahissant	Limitation de la perturbation des formations « Forêt à <i>Quercus suber</i> » et « Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique »

R3 : Adaptation de la bande OLD	Prise en compte des formations « Forêt à <i>Quercus suber</i> » et « Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique » lors des opérations de débroussaillage
R5 : Revégétalisation talus sud	Recréation de zones de chasse pour les chiroptères, dont le Minioptère de Schreibers
R6 : Création d'habitat sur buses	Recréation de zones de chasse pour les chiroptères, dont le Minioptère de Schreibers
R7 : Maintien/renforcement du boisement du vallon	Recréation de zones de chasse et de transit pour les chiroptères, dont le Minioptère de Schreibers et le Murin à oreilles échancrées

12.1.6 CONCLUSION SUR L'INCIDENCE DU PROJET SUR LE(S) SITE(S) NATURA 2000

Au regard de la localisation de l'aménagement hors site Natura 2000 (à 2 km) et des mesures écologiques envisagées, les atteintes résiduelles sont jugées très faibles sur les éléments d'intérêt communautaire avérées. Dans ce contexte, le projet n'entraîne **aucune incidence significative sur les enjeux biologiques avérés**. En conclusion, il ne porte pas atteinte aux objectifs de conservation du site et il n'est pas jugé nécessaire la mise en place de mesures compensatoires vis-à-vis du site Natura 2000 « Plaine et Massif des Maures ».

Néanmoins, au regard de la présence d'autres enjeux écologiques (mais pas d'intérêt communautaire), une mesure d'accompagnement a été actée. Il s'agit d'une préservation et d'une gestion d'une zone de 6,7 ha au nord de l'aménagement, qui devrait permettre le maintien et gestion des habitats formations « Forêt à *Quercus suber* » et « Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique », et de l'habitat d'espèce du Minioptère de Schreibers.

**Pièce 7 – Décision de l'autorité
environnementale**

Par la décision préfectorale n°AE-F09315P0202 du 18 novembre 2015, le projet précédemment mené sur la parcelle avait été soumis à évaluation environnementale. Au vu des très fortes similitudes entre l'ancien et le projet actuel porté par un nouveau maître d'ouvrage (objet du présent dossier), il a été choisi de se fier à l'avis émis pour le projet antérieur et de réaliser une étude d'impact.

Figure 191 – Décision de l'autorité environnementale



PRÉFET DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Arrêté n° AE-F09315P0202 du 18/11/2015
Portant décision d'examen au cas par cas
en application de l'article R122-3 du code de l'environnement

Le préfet de région,

Vu la directive 2011/82/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 codifiée concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, notamment son annexe III ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L122-1, R122-2 et R122-3 ;

Vu le code forestier, notamment ses articles L341-1 et L341-3 ;

Vu l'arrêté du ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie du 26 juillet 2012 relatif au contenu du formulaire d'examen au cas par cas ;

Vu l'arrêté du Préfet de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur du 3 août 2015 portant délégation de signature à Madame la Directrice régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement ;

Vu la demande d'examen au cas par cas enregistrée sous le numéro F09315P0202, relative à la réalisation d'un projet de construction de 7 villas avec modification du profil du ruisseau de la Suane sur la commune de Grimaud (83), déposée par SCI Mahayana Golfe, reçue le 05/10/2015 et considérée complète le 12/10/2015 ;

Vu la saisine de l'agence régionale de santé en date du 14/10/2015 ;

Considérant la nature du projet, qui comporte plusieurs opérations relevant respectivement des rubriques suivantes du tableau annexe de l'article R122-2 du code de l'environnement :

- 6d pour la construction de la voirie de desserte,
- 33 pour le permis d'aménager ou le lotissement intégrant la construction de sept villas,
- 51a pour le défrichement de surfaces initialement boisées,
- 10b pour la modification envisagée du profil du ruisseau "la Suane" sur un linéaire de 800 mètres ;

Considérant la localisation du projet :

- en zone Ucb du PLU de Grimaud approuvé le 23/02/2011, zone "où la commune souhaite maintenir les caractéristiques paysagères et qui ne sont pas raccordables au réseau public d'assainissement" ;
- en zone littorale,
- en continuité de la ZNIEFF n°83200100 de type II "Les Maures",
- dans l'aire de répartition de la Tortue d'Hermann, en zone de sensibilité moyenne à faible pour cette espèce,
- sur un versant sensible perçu depuis le golfe de Saint-Tropez ;

Considérant que la Tortue d'Hermann est :

- protégée au titre de l'article L411-1 du code de l'environnement et de l'arrêté ministériel du 19 novembre 2007 fixant les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection,
- inscrite sur la liste II de la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe,
- menacée et fait à ce titre l'objet d'un Plan National d'Action ;

Considérant que le projet intègre des travaux de reprofilage et de régularisation du cours d'eau de la Suane, travaux soumis à autorisation au titre des articles L214-1 et suivants du code de l'environnement et qui relèvent de la rubrique 10b de l'annexe à l'article R122-2 du code de l'environnement qui les soumet de façon systématique à étude d'impact ;

Considérant que les impacts du projet sur l'environnement, liés aux travaux déjà réalisés (défrichage, terrassements, construction de piste d'accès et d'ouvrages de soutènement) ou envisagés, sont significatifs ou potentiellement significatifs et concernent plusieurs composantes, parmi lesquelles l'eau, la biodiversité, les paysages et les risques naturels ;

Considérant que les impacts du projet doivent faire l'objet d'une évaluation afin de mettre en place des mesures appropriées pour les corriger, les éviter, les réduire voire, le cas échéant, les compenser ;

Considérant que la démonstration de la compatibilité du projet avec le zonage Ucb du PLU de Grimaud n'est pas démontrée en l'état actuel ;

Considérant la conclusion du pré-diagnostic environnemental du projet, qui préconise une étude d'impact *"afin d'évaluer plus précisément les impacts de l'aménagement et mettre en place les mesures"* .

Considérant que le projet relève potentiellement, au titre de la destruction d'habitat de la Tortue d'Hermann voire de la destruction de spécimens d'espèces protégées, d'une dérogation à la législation sur la protection des espèces de flore et de faune sauvages, encadrée par l'article L411-2 du code de l'environnement, dont la pertinence doit être étudiée et argumentée ;

Arrête :

Article 1

En application de la section première du chapitre II du titre II du livre premier du code de l'environnement, le dossier de demande d'autorisation du projet de construction de 7 villas avec modification du profil du ruisseau de la Suane situé sur la commune de Grimaud (83) doit comporter une étude d'impact dont le contenu est défini par l'article R122-5 du code de l'environnement.

Article 2

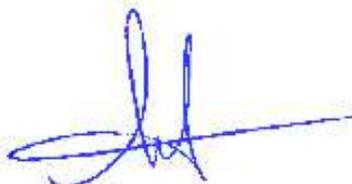
La présente décision, délivrée en application de l'article R122-3 du code de l'environnement, ne dispense pas des autorisations administratives auxquelles le projet peut être soumis.

Article 3

Le présent arrêté est publié sur le site internet de la préfecture de région. La présente décision est notifiée à la SCI Mahayana Golfe.

Fait à Marseille, le 18/11/2015.

Pour le préfet de région et par délégation,
Pour la directrice et par délégation,
L'adjointe à la chef d'unité évaluation environnementale



Sylvie BASSUEL

Voies et délais de recours

Décision imposant la réalisation d'une étude d'impact :

Recours administratif préalable obligatoire, sous peine d'irrecevabilité du recours contentieux :

Monsieur le Préfet de région, préfet des Bouches-du-Rhône
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Secrétariat général
16, rue Zattara
CS 70248
13331 - Marseille cedex 3

(Formé dans le délai de deux mois suivant la mise en ligne de la décision)

Recours gracieux, hiérarchique et contentieux, dans les conditions de droit commun, ci-après :

Recours gracieux :

Monsieur le Préfet de région, préfet des Bouches-du-Rhône
Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Secrétariat général
16, rue Zattara
CS 70248
13331 - Marseille cedex 3

(Formé dans le délai de deux mois, ce recours a pour effet de suspendre le délai du recours contentieux)

Recours hiérarchique :

Madame la ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
Commissariat général au développement durable
Tour Voltaire
92055 La Défense Sud

(Formé dans le délai de deux mois, ce recours a pour effet de suspendre le délai du recours contentieux)

Recours contentieux :

Tribunal administratif de Marseille
22-24, rue de Breteuil 13281 Marseille Cedex 06

(Délai de deux mois à compter de la notification/publication de la décision ou bien de deux mois à compter du rejet du recours gracieux ou hiérarchique).

Pièce 8 – Éléments graphiques, plans et cartes

Pour faciliter la lecture du dossier d'autorisation environnementale, les pièces graphiques ont été insérées dans le corps du texte.

Annexes

Annexe 1

Annexe 1 – Etude hydraulique

SCI NINE

Construction de huit villas et réaménagement du cours d'eau de la Suane sur la commune de Grimaud (83)

*Note de présentation et de dimensionnement des aménagements hydrauliques et du système de
gestion des eaux pluviales*

Novembre 2020

<i>Version</i>	<i>Objet</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Validation</i>	<i>Date</i>
1	<i>Première version</i>	<i>Aurélien CLAUDE Agathe IDELON</i>	<i>Ludovic Le Contellec</i>	<i>16/11/20</i>

Bureau d'études :



80, Avenue Jean Jaurès
38320 EYBENS
Email : contact@ameten.fr
Tél : 04 38 92 10 41

Table des matières

1	OBJET DE CETTE NOTE	4
2	GESTION DES EAUX PLUVIALES.....	5
■	Calcul des surfaces imperméabilisées	5
2.1.1	<i>Extrait MISEN</i>	5
2.1.2	<i>Hypothèses retenues</i>	5
■	Hydrologie	7
2.2.1	<i>Extrait MISEN</i>	7
2.2.2	<i>Hypothèses retenues</i>	7
■	Coefficient de ruissellement	9
2.3.1	<i>Extrait MISEN</i>	9
2.3.2	<i>Hypothèses retenues</i>	9
■	Débits.....	11
2.4.1	<i>Extrait MISEN</i>	11
2.4.2	<i>Hypothèses retenues</i>	11
■	Volumes de rétention minimum à mettre en place.....	12
2.5.1	<i>Extrait MISEN</i>	12
2.5.2	<i>Hypothèses retenues</i>	12
■	Dimensionnement du schéma de gestion des eaux pluviales	13
2.6.1	<i>Schéma retenu</i>	13
2.6.2	<i>Hyétogrammes de dimensionnement</i>	16
2.6.3	<i>Hydrogrammes en entrée de rétention</i>	17
2.6.4	<i>Hydrogrammes de fuite</i>	18
2.6.5	<i>Débit de fuite maximal autorisé</i>	19
3	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES AU DROIT DU PROJET.....	20
■	Bassin versant de la Suane	20
■	Temps de concentration.....	22
3.2.1	<i>Extrait MISEN</i>	22
3.2.2	<i>Hypothèses retenues</i>	22
■	Ouvrages à dimensionner.....	23
■	Débit de dimensionnement.....	24
■	Dimensionnement du cadre.....	25
■	Dimensionnement des conduites.....	26
3.6.1	<i>Etat actuel</i>	26
3.6.2	<i>Hypothèse pour le dimensionnement des diamètres des conduites</i>	26
3.6.3	<i>Vérification de dimensionnement</i>	26
3.6.4	<i>Dispositions constructives</i>	26
■	Dimensionnement des pièges à matériaux.....	28
3.7.1	<i>Etat actuel</i>	28
3.7.2	<i>Vérification de dimensionnement</i>	28

3.7.3	<i>Dispositions constructives</i>	29
	Aménagements le long de la Suane au droit de la zone du projet	30
3.8.1	<i>Modèle hydraulique de l'état actuel</i>	30
3.8.2	<i>Proposition d'aménagements</i>	31
3.8.3	<i>Modèle hydraulique de l'état aménagé</i>	36
	Dimensionnement des fossés	39
4	AMENAGEMENT LE LONG DE LA SUANE A L'AVAL DU PROJET	46
	Débits de dimensionnement	46
	Description par tronçon	46
4.2.1	<i>Tronçon 1 : de la sortie du tronçon situé au droit du projet, jusqu'à l'amont de la chute</i>	46
4.2.2	<i>Tronçon 2 : chute</i>	47
4.2.3	<i>Tronçon 3 : de l'aval de la chute jusqu'à l'amont de l'allée romantique</i>	48
4.2.4	<i>Tronçon 4 : l'allée romantique</i>	53
4.2.5	<i>Tronçon 6 : aval de l'allée romantique</i>	59

1 Objet de cette note

L'objet de cette note est de préciser :

- les hypothèses ayant servi au dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour le projet de construction d'habitations dans le quartier de Mahayana à Grimaud (83) ;
- ainsi que les nouveaux principes d'aménagement de la Suane au droit de la zone du projet, qui permettent d'apporter une solution alternative au busage initialement proposé, afin de préserver un écoulement naturel de la Suane.

Les calculs concernant la gestion des eaux pluviales sont inchangés, basés sur les préconisations du guide de la Mission Inter-Services de l'Eau et de la Nature (MISEN) du Var concernant la rubrique 2.1.5.0 de la nomenclature loi sur l'eau présentée dans un document de Janvier 2014 (cf. Annexe 1).

2 Gestion des eaux pluviales

■ Calcul des surfaces imperméabilisées

2.1.1 Extrait MISEN

La surface imperméabilisée à compenser sera prise égale à la surface d'emprise maximale au sol des constructions imposée dans le règlement du lotissement ou dans la PAZ (pour les documents d'urbanisme couverts par une ZAC) augmentée de la surface des équipements internes aux lots (voies internes, terrasses, piscines, etc...) et des équipements collectifs (voies, trottoirs, parkings, giratoires, etc). **La surface minimale imperméabilisée forfaitaire par lot pour une construction individuelle sera de 200 m².**

Bien qu'intéressants dans une approche de développement durable, **les procédés de rétention de type toitures terrasses et vides sanitaires ne sont pas pris en compte** dans le calcul du volume total stocké, car non visitables. Il en est de même pour les revêtements poreux qui ne seront pas pris en compte dans le calcul des surfaces perméables.

2.1.2 Hypothèses retenues

Les surfaces imperméabilisées pour chaque Villa (villa + terrasses + piscines + accès) et pour les voiries ont été extraites à partir du plan masse du projet (Figure 1).

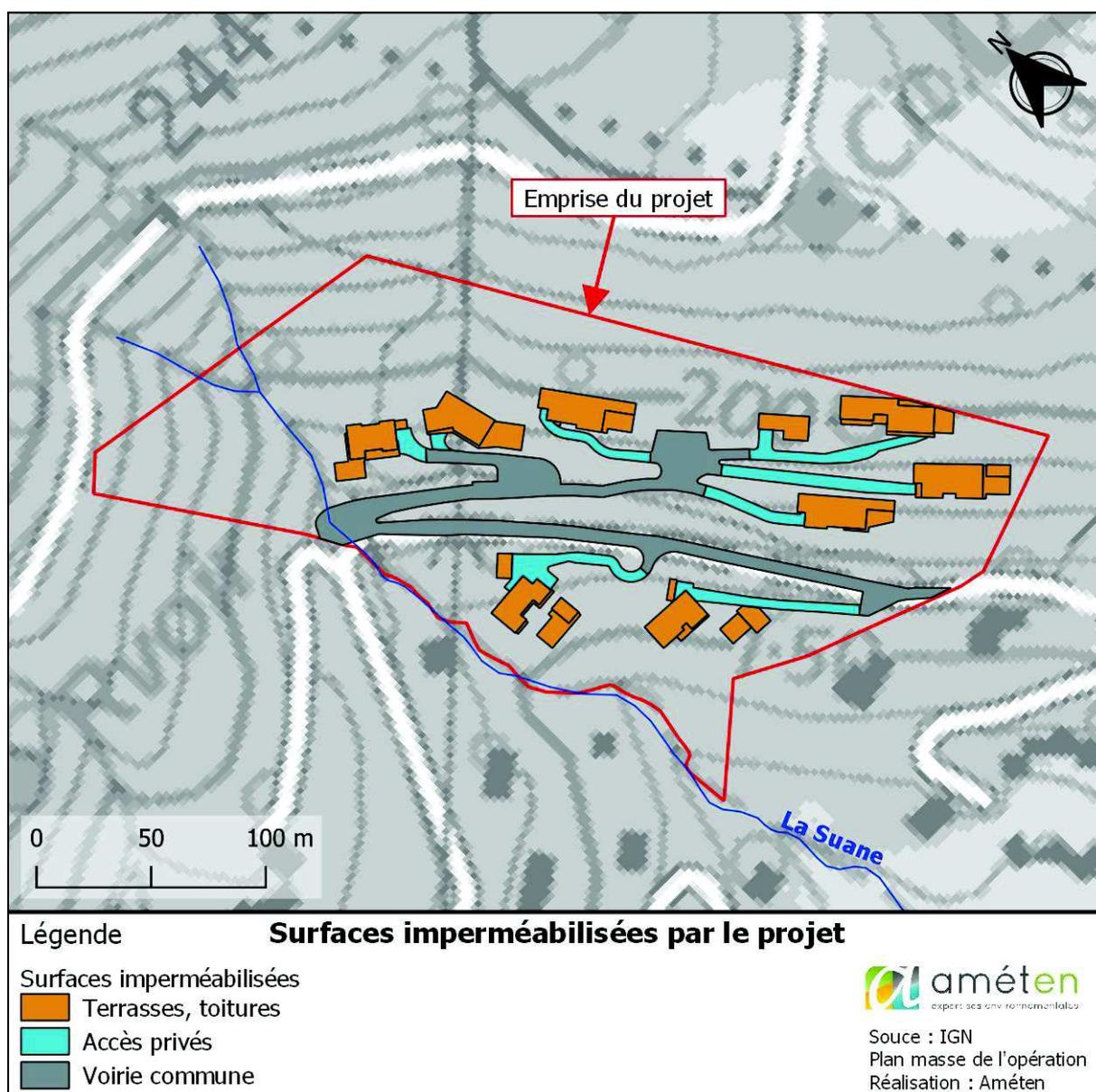


Figure 1 : Surfaces imperméabilisées par le projet

La surface totale des voiries est de 3958 m² et celles relatives aux différentes villas sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Surfaces imperméabilisées pour chaque villa

	Villas + Terrasses + Piscines	Accès
Villa 1	472 m ²	119 m ²
Villa 2	597 m ²	47 m ²
Villa 3	573 m ²	220 m ²
Villa 4	843 m ²	401 m ²
Villa 5	593 m ²	455 m ²
Villa 6	544 m ²	231 m ²
Villa 7	566 m ²	364 m ²
Villa 8	589 m ²	428 m ²

La surface totale imperméabilisée (y compris la voirie commune) par le projet est de 10 999 m².

Hydrologie

2.2.1 Extrait MISEN

La station Météo France de référence ainsi que les coefficients de Montana utilisés seront précisés. Il convient de se référer à une station proche, où les relevés ont été réalisés sur au moins 30 ans.

2.2.2 Hypothèses retenues

La station Météo France la plus proche avec suffisamment de données exploitables est celle de Le Luc. Cependant, le régime des précipitations est sensiblement différent au Luc et à Grimaud du fait de la proximité de la cote, et de la localisation par rapport au massif des Maures.

Les services de la police de l'eau ont donc préconisé de consulter la communauté de communes du Golfe de Saint-Tropez, qui réalise les études pour l'élaboration du PAPI du Préconil, un fleuve côtier ayant son embouchure à Sainte-Maxime. Monsieur Vincent Germano, chargé de projet inondation au service cours d'eau de la communauté de communes a transmis les valeurs de pluies issues de l'étude hydrologique réalisée en Septembre 2014 par la société AQUA-Conseils à Sainte-Maxime (Tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison des intensités de pluies en mm/h mesurées à la station météo France du Luc, et retenues pour l'élaboration du PAPI Préconil pour différentes durées de pluie et périodes de retour

	1 h			2h			6h			24h		
	Le Luc	PAPI	écart									
5 ans	37	45	18%	26	28	5%	15	14	-7%	7	6	-24%
10 ans	43	55	22%	31	33	6%	18	17	-8%	9	7	-35%
20 ans	49	64	23%	35	40	13%	21	19	-10%	11	8	-39%
30 ans	52			38			23			12		
50 ans	57	75	24%	42	46	9%	25	23	-7%	14	10	-40%
100 ans	62	90	31%	46	55	16%	29	27	-9%	16	13	-28%

Les pluies utiles pour cette étude sont les pluies de courte durée (en particulier la pluie de 2 heures). Retenir les intensités de pluies du PAPI Préconil plutôt que celles du Luc est donc un choix logique et sécuritaire pour le dimensionnement des ouvrages.

Un ajustement de Montana a été réalisé afin de déterminer les intensités pour des pluies de durée 6 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 3h et 12h (cf. détail en Annexe 2). Les pluies biennales ont ensuite été obtenues par ajustement de Gumbel (cf. détail en Annexe 3).

Finalement, les pluies retenues pour cette étude sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 3 : Intensités de pluies retenues

	Coef. Montana		Intensité de la pluie (mm/h)								
	a (mm/h)	b	$i = a \times t_c^{(b)}$								
			6	15	30	60	120	180	360	720	1440
biennuel Q2			143,5			27,9	16,9		9,0		2,5
Quinquennal Q5	43,5	0,66	198,8	108,6	68,7	45,0	27,5	21,1	14,0	8,4	5,6
Décennal Q10	54,4	0,66	248,7	135,8	86,0	55,0	33,0	26,3	16,7	10,6	6,7
Vicennal Q20	63,5	0,66	290,3	158,5	100,3	64,0	40,0	30,8	19,1	12,3	7,9
Cinquantennal Q50	72	0,62	300,1	170,1	110,7	75,0	46,0	36,4	23,3	15,4	10,0
Centennal Q100	87,5	0,62	364,8	206,7	134,5	90,0	55,0	44,3	26,7	18,7	12,5

Les couleurs des cases correspondent à la provenance des données selon le code suivant :

199	obtenue par ajustement de Montana
199	obtenue par ajustement de Gumbel
199	directement issue de l'étude du bassin Préconil
199	obtenue par ajustements de Montana et de Gumbel

Coefficient de ruissellement

2.3.1 Extrait MISEN

Les coefficients de ruissellement servant au dimensionnement seront déterminés pour :

- l'occupation actuelle du sol ;
- l'occupation projetée en prenant en compte une pluie de période de retour biennale ainsi qu'une pluie exceptionnelle (événement historique connu ou d'occurrence centennale si supérieur).

Tableau 4 : Coefficients de ruissellement

Occupation du sol		Pluie annuelle-biennale Q1 - Q2	Pluie centennale à exceptionnelle (sols saturés en eau) Q100 – Qrare – Qexcep
Zones urbaines		0,80	0,90
Zones industrielles et commerciales		0,60 – 0,80	0,70 – 0,90
Toitures		0,90	1
Pavages, chaussée revêtue, piste		0,85	0,95
Sols perméables avec végétation	Pente		
	<2%	0,05	0,25
	2%<l<7%	0,10	0,30
	>7%	0,15	0,40
Sols imperméables avec végétation	Pente		
	<2%	0,13	0,35
	2%<l<7%	0,18	0,45
	>7%	0,25	0,55
Forêts		0,10	0,25
Résidentiel	lotissements	0,30 – 0,50	0,40 – 0,70
	collectifs	0,50 – 0,75	0,60 – 0,85
	habitat dispersé	0,25 – 0,40	0,40 – 0,65
Terrains de sport		0,10	0,30

2.3.2 Hypothèses retenues

Étant donné la nature particulière du terrain (forte pente et nature argileuse très peu perméable), les coefficients de ruissellement issus du tableau pour les sols imperméables avec végétation et une pente de plus de 7%, de 0,25 pour une pluie annuelle à biennale et de 0,55 pour une pluie centennale à exceptionnelle, semblent sous-estimés.

Pour la présente étude, « la méthode des experts », développée pour la SNCF lors du projet de ligne à grande vitesse TGV-Méditerranée en 1993 par J. Astier, M. Desbordes, P. Lefort et A. Limandat, a été préférée. C'est la méthode qui est préconisée dans le guide pour la réalisation des dossiers loi sur l'eau rubrique 2.1.5.0 de la DDT de l'Hérault.

Cette méthode prend en compte un seuil de rétention initial P_0 et considère la pluie journalière $P_j(T)$ pour un calcul du temps de ruissellement adapté à l'occurrence de l'évènement pluvieux :

$$C_r = 0,8 * \left(1 - \frac{P_0}{P_j(T)} \right)$$

La valeur du seuil de rétention initial est fournie dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Seuils de ruissellement P_0 (Astier et al. 1993)

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux ou rocailleux compact
Bois garrigue	presque plat	0 - 5	90	65	50
	ondulé	5 - 10	75	55	35
	montagneux	10 - 30	60	45	25
Pâturages	presque plat	0 - 5	85	60	50
	ondulé	5 - 10	80	50	30
	montagneux	10 - 30	70	40	25
Cultures	presque plat	0 - 5	65	35	25
	ondulé	5 - 10	50	25	10
	montagneux	10 - 30	35	10	0

Cette formule permet de prendre en compte des pentes importantes, une nature de terrain peu perméable et une couverture végétale de type garrigue, ce qui est très bien adapté à la zone du projet.

On obtient la pluie de durée 24h à partir du Tableau 3, que l'on peut convertir en pluie journalière en la divisant par un coefficient correctif de 1,14. Avec un seuil de ruissellement de 25 mm, on obtient finalement les coefficients de ruissellement présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Calcul des Coefficients de ruissellement – Méthode des experts

	P 24 h	PJ100	C pour P0=25
<i>biennal Q2</i>	60.6	53.2	0.42
<i>Quinquennal Q5</i>	135.0	118.4	0.63
<i>Décennal Q10</i>	160.1	140.4	0.66
<i>Vicennal Q20</i>	190.0	166.7	0.68
<i>Cinquantennal Q50</i>	240.0	210.5	0.71
<i>Centennal Q100</i>	300.0	263.2	0.72

■ Débits

2.4.1 Extrait MISEN

Le pétitionnaire procédera au calcul des débits initiaux avant aménagement pour différentes occurrences au niveau du ou des points de rejet prévus pour l'évacuation des eaux pluviales.

La méthode préconisée pour le calcul de débit est la méthode rationnelle pour les débits à période de retour 2 à 100 ans (Q2 à Q100 ou Qrare) lorsque la superficie du bassin versant intercepté est inférieure à 1 km².

2.4.2 Hypothèses retenues

Par la **méthode rationnelle**, avec l'hydrologie établie en partie 2.2 et les coefficients de ruissellement calculés au paragraphe 2.3, on obtient les débits par hectare avant aménagement présentés dans le Tableau 7 suivant.

Tableau 7 : Débit (l/s/ha) avant aménagement par la méthode de la rationnelle en fonction de l'occurrence et de la durée de la pluie (min)

	6	8	15	30	60	120	180	360	720	1440
Q2	169.0				32.9	19.9		10.6		3.0
Q5	348.6	288.3	190.4	120.5	78.9	48.2	36.9	24.5	14.8	9.9
Q10	454.2	375.6	248.1	157.0	100.5	60.3	48.1	30.4	19.3	12.2
Q20	548.2	453.4	299.5	189.5	120.9	75.6	58.1	36.1	23.3	15.0
Q50	587.8	491.8	333.0	216.7	146.9	90.1	71.4	45.6	30.2	19.6
Q100	733.6	613.7	415.6	270.4	181.0	110.6	89.0	53.6	37.7	25.1

Volumes de rétention minimum à mettre en place

2.5.1 Extrait MISEN

Les volumes de compensation à l'imperméabilisation à prévoir sont calculés par les trois méthodes suivantes et on retient la valeur la plus contraignante (le dossier doit présenter le calcul pour toutes les méthodes) :

- **METHODE 1 : volume de rétention d'au minimum 100 L/m² imperméabilisé**, augmenté de la capacité naturelle de rétention liée à la topographie du site assiette du projet (cuvette), si elle est supprimée ;
- **METHODE 2** : préconisations du PLU ou du POS si ces dernières sont **plus contraignantes** ;
- **METHODE 3** : méthode de calcul des débits de pointe avant et après aménagement pour une pluie d'occurrence centennale avec utilisation de la méthode de transformation pluie/débit dite du « réservoir linéaire » pour une durée de pluie de 120 min.

2.5.2 Hypothèses retenues

Étant donné l'absence de prescriptions particulières dans le PLU de la commune de Grimaud, le volume minimum à mettre en œuvre correspond au calcul par la méthode 1 en prenant en compte une surface imperméabilisée (villas + piscines + terrasses + accès + voiries) de 10 999 m² (cf. partie 2.1.)

Le volume de rétention minimum à prévoir est de 1 100 m³
--

Le dimensionnement du schéma de gestion des eaux pluviales suivant la méthode 3 est développé dans la partie 2.6. Il aboutit à un volume de rétention de 1 671 m³.

Dimensionnement du schéma de gestion des eaux pluviales

2.6.1 Schéma retenu

La solution retenue pour la rétention est la mise en place de 8 bassins de rétention enterrés, représentant un volume de stockage global de 1 671 m³.

Le débit en sortie des bassins est contrôlé soit par ajutage, soit par une vanne F-REG permettant d'optimiser le volume de rétention.

Les bassins ont été placés pour recueillir les eaux de sous-bassins versants délimités en Figure 3.

Le volume et le mode de régulation en sortie pour chaque bassin sont synthétisés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Caractéristiques de chaque bassin de rétention

Bassin	Volume utile	Contrôle du débit de fuite	Débit de fuite maximal pour une crue centennale	Exutoire
Bassin 1	214 m ³	Ajutage (orifice de diamètre 50 mm)	54 l/s	Bassin 3
Bassin 2	79 m ³	Ajutage (orifice de diamètre 100 mm)	52 l/s	Bassin 3
Bassin 3	445 m ³	Vanne F-REG (débit nominal 100 l/s)	100 l/s	La Suane
Bassin 4	214 m ³	Ajutage (orifice de diamètre 75 mm)	133 l/s	Bassin 7
Bassin 5	137 m ³	Ajutage (orifice de diamètre 50 mm)	15 l/s	Bassin 7
Bassin 6	86 m ³	Ajutage (orifice de diamètre 25 mm)	12 l/s	Bassin 7
Bassin 7	434 m ³	Vanne F-REG (débit nominal 200 l/s)	200 l/s	La Suane
Bassin 8	63 m ³	Vanne F-REG (débit nominal 20 l/s)	20 l/s	La Suane

Finalement, le schéma hydraulique a été réalisé comme suit (cf. Figure 3) :

- L'ensemble des eaux de pluie provenant de l'amont est court-circuité par la noue amont pour rejet direct à la Suane ;
- Les bassins versants 9 et 10 ne subissent pas d'imperméabilisation liée au projet. L'ensemble des eaux de pluie de ces bassins versants ruissèlent et rejoignent naturellement la Suane, de la même manière qu'à l'état actuel ;
- Les eaux de pluie ruisselant sur les autres bassins versants sont recueillies dans les bassins de rétention correspondants ;
- Le bassin 3 reçoit, en plus des eaux de ruissellement du bassin versant 3, les débits de fuite et les surverses des bassins 1 et 2 ;
- Le bassin 7 reçoit, en plus des eaux de ruissellement du bassin versant 7, les débits de fuite et les surverses des bassins 4, 5 et 6 ;

- Enfin, les débits de fuite et les surverses des bassins 3, 7 et 8 sont rejetés à la Suane. **Ces trois bassins seront équipés d'une vanne régulatrice de débit F-REG en sortie.**

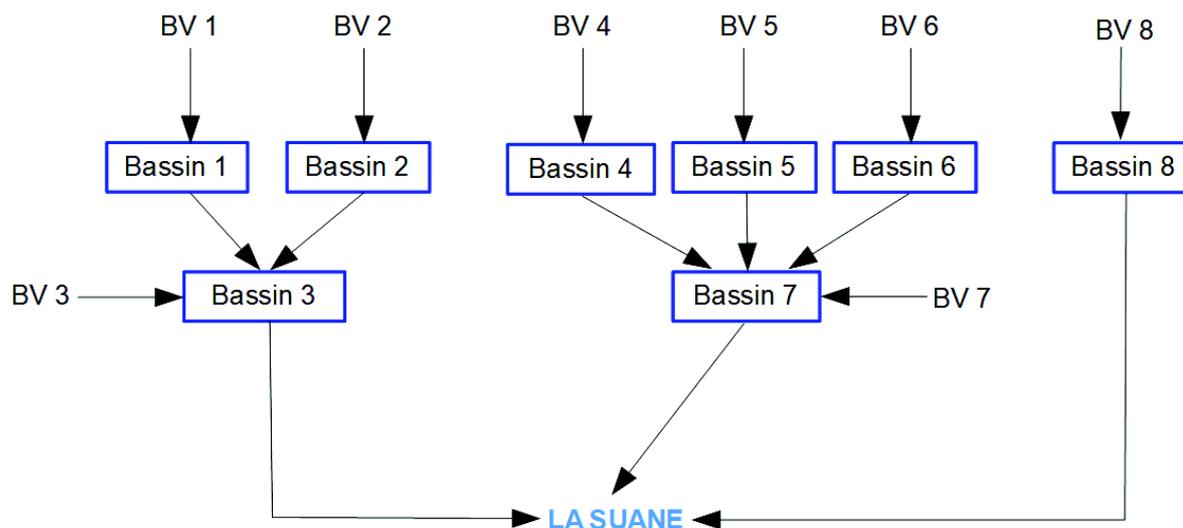


Figure 2 : Schéma de principe de gestion des EP

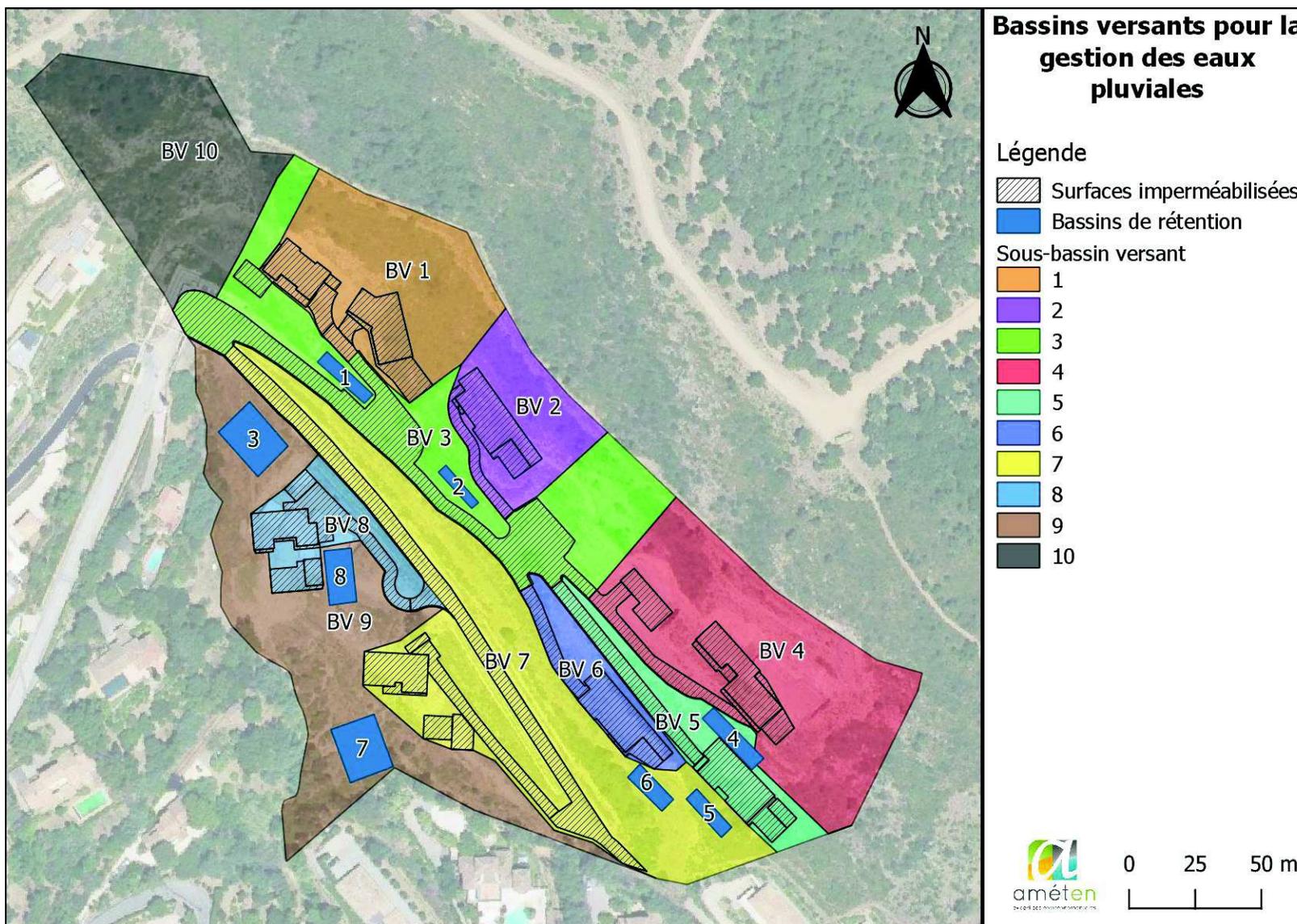


Figure 3 : Carte de délimitation des sous-bassins versants pour la gestion des eaux pluviales

2.6.2 Hyétoigrammes de dimensionnement

2.6.2.1 Extrait MISEN

La durée de pluie sera choisie égale à 120 mn car cette durée est sécuritaire pour le calcul des hydrogrammes.

2.6.2.2 Hypothèses retenues

Une pluie de Desbordes (Figure 4) a été construite selon la méthode de Chocat (exemple de la pluie centennale) :

- Durée de la pluie t_2 : 120 minutes
- Durée de la période de pluie intense t_1 : 15 minutes
- Intensité moyenne pendant la période de pluie intense : 206,7 mm/h (cf. Paragraphe 2.2.2)
- Intensité moyenne pendant toute la durée de la pluie : 55,0 mm/h (cf. Paragraphe 2.2.2)

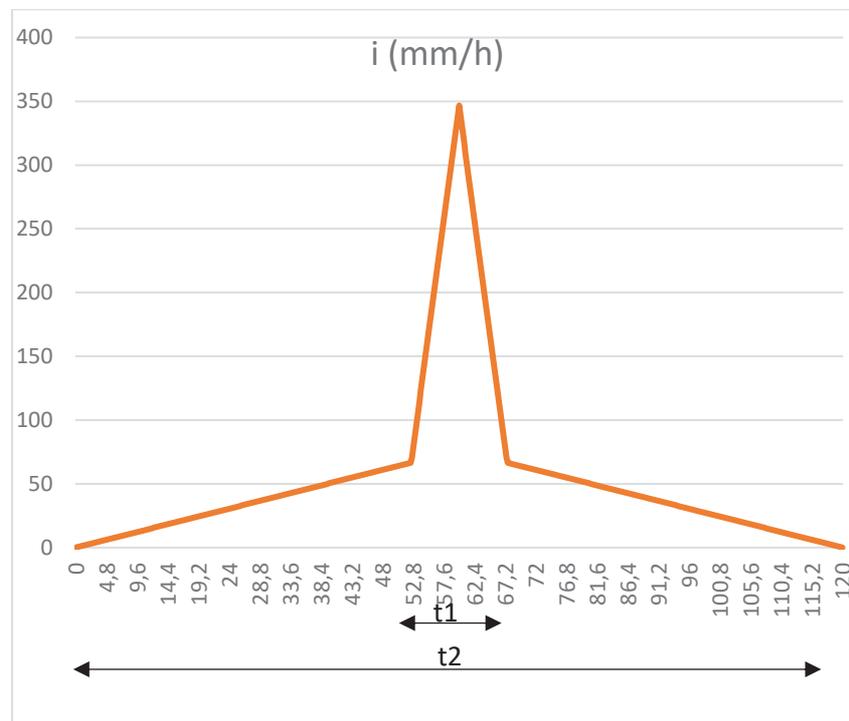


Figure 4 : pluie de Desbordes - évènement centennial

La durée de la période de pluie intense t_1 a été choisie pour être la plus pénalisante quant aux débits rejetés à l'aval du projet (plusieurs durées ont été testées).

2.6.3 Hydrogrammes en entrée de rétention

2.6.3.1 Extrait MISEN

Les hydrogrammes sont générés pour chaque bassin versant avec une pluie de projet centennale. La méthode de transformation pluie-débit utilisée sera la méthode dite du « réservoir linéaire » :

$$Q_s(t) = e^{-\frac{dt}{K}} \cdot Q_s(t-1) + \left(1 - e^{-\frac{dt}{K}}\right) \cdot Q_e(t)$$

Avec :

- dt le pas de temps de calcul
- $Q_s(t)$ le débit en sortie de bassin à l'instant t
- $Q_e(t)$ le débit généré par la pluie de projet sur la surface du bassin en tenant compte d'un coefficient d'imperméabilisation
- K le coefficient « lag time » correspondant à l'écart entre les centres de gravité du hétérogramme et de l'hydrogramme calculé par la méthode de Desbordes.

2.6.3.2 Hypothèses retenues

L'hydrogramme en entrée est calculé sur la base du hétérogramme, de la formule rationnelle et de la formule du réservoir linéaire.

Pour la formule des réservoirs linéaires, les coefficients K et dt ont été calculés de la manière suivante :

1. Calage du coefficient K « lag time »

En l'absence de jaugeage, le coefficient K a été estimé selon la formule $K=0,8 \cdot t_c$.

Une analyse de sensibilité du débit de pointe à ce paramètre a été réalisée pour des lag time variant entre 0,5 et 1 fois le temps de concentration. Sur la zone du projet, le temps de concentration est de 6 minutes (cf. partie 3.2).

Pour $K = 3$ minutes et $K = 6$ minutes, l'écart en termes de débit de pointe centennal par rapport à un calcul avec $K = 4,8$ minutes est respectivement de 13,25% et de -9,03%.

2. Choix du pas de temps dt

Le pas de temps $dt = 0,2$ minutes a été choisi pour que l'hydrogramme de sortie du système de rétention au point 7 converge. En effet, avec un pas de temps plus grand, on voit apparaître des oscillations qui n'ont pas de sens physique (Figure 5).

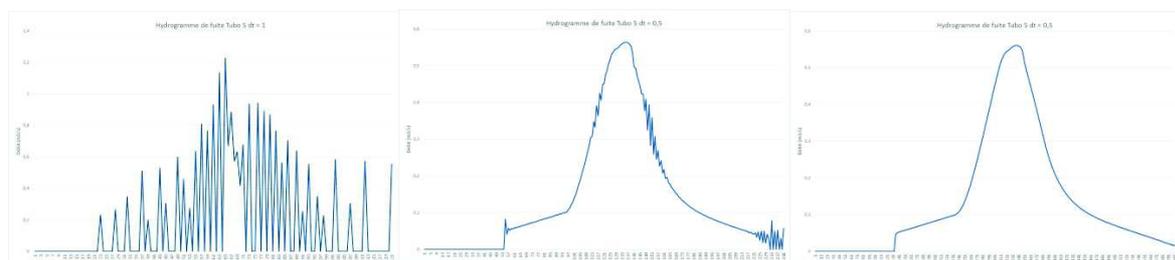


Figure 5 : hydrogrammes pour 3 pas de temps : à gauche $dt = 1$ s, au centre, $dt = 0,5$ s à droite, $dt = 0,2$ min

2.6.4 Hydrogrammes de fuite

2.6.4.1 Extrait MISEN

Les hydrogrammes de fuite des bassins de rétention seront calculés sur le principe du réservoir linéaire avec une loi de vidange correspondant à un orifice dimensionné à partir du débit de fuite fixé.

2.6.4.2 Hypothèses retenues

L'hydrogramme en sortie de chaque bassin est construit pas de temps par pas de temps. L'algorithme est le suivant :

1. Calcul du volume entré dans le système :

$$V_{entré}(t) = V_{entré}(t-1) + Q_s(t) \cdot dt$$

2. Calcul de la surface mouillée de l'orifice de sortie du bassin :

$$S_{mouillée} = \frac{R^2}{2} (\alpha - \sin(\alpha))$$

Avec le secteur angulaire $\alpha = 2 \text{Arccos} \left(1 - \frac{h(t-1)}{R} \right)$ et R le rayon de l'orifice de sortie

3. Calcul du coefficient de contraction de l'écoulement selon la formule de Hégly :

$$m = \left(0,35 - 0,03 \cdot \frac{L-D}{L} + \frac{0,0027}{h(t-1)} \right) \cdot \left(1 + 0,55 \cdot \left(\frac{D}{L} \cdot \frac{h(t-1)}{h(t-1) + h_f} \right)^2 + \left(\frac{S_{mouillée}}{S_{total\ orifice}} \right)^2 \right)$$

Avec

- D le diamètre de l'orifice ;
- L la largeur d'approche à l'amont pris ici égal à 10 mètres ;
- h_f la hauteur du fil d'eau de l'orifice de fuite par rapport au fond du bassin, ici cette hauteur est nulle.

Ce coefficient prend en compte la contraction de l'écoulement au passage de l'orifice.

La formule aboutit à un débit nul lorsque le niveau amont passe en dessous de la cote de l'axe de l'orifice de fuite (situation 2 de la Figure 7), ce qui n'est pas physique. Ce cas est en dehors des limites de validité des tests en charge, mais va cependant dans le sens de la sécurité.

4. Calcul du débit de fuite :

- Pour les bassins contrôlés par ajustage :

$$Q_{fuite} = m \cdot S_{mouillée} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h(t-1)}$$

- Pour les bassins contrôlés par une vanne F-REG :

Une hypothèse simplificatrice est utilisée. Si la hauteur d'eau dans le bassin est inférieure à 10 cm, le débit de fuite est considéré nul, ce qui n'est pas physique mais va cependant dans le sens de la sécurité. Si la hauteur d'eau est supérieure à 10 cm, alors on considère que la vanne F-REG fonctionne en régime nominal et que le débit de fuite est donc égal au débit de fuite maximal fixé $Q_{fixé}$.

$$\begin{aligned} \text{Si } h(t-1) < 10 \text{ cm} & \quad Q_{fuite} = 0 \\ \text{Si } h(t-1) > 10 \text{ cm} & \quad Q_{fuite} = Q_{fixé} \end{aligned}$$

5. Si la hauteur dans le bassin au pas de temps précédent dépasse le niveau de surverse, l'excédent de débit passe par la surverse.

$$\text{Si } h(t-1) > h_{surverse} \quad Q_{surverse} = Q_{entrant}(t) - Q_{fuite}(t)$$

6. Calcul du volume sorti du bassin :

$$V_{sorti}(t) = V_{sorti}(t - 1) + (Q_{fuite} + Q_{surverse}) \cdot dt$$

7. Calcul du volume stocké dans le bassin :

$$V_{stocké}(t) = V_{entré}(t) - V_{sorti}(t)$$

8. Calcul de la hauteur d'eau dans le bassin et bouclage du calcul au pas de temps suivant.

$$h(t) = \frac{V_{stocké}(t)}{S_{bassin}}$$

Après itération, la boucle explicitée ci-dessus permet d'obtenir l'hydrogramme de sorti de chaque tube en fonction de son hydrogramme d'entrée. ($Q_{sortie} = Q_{fuite} + Q_{surverse}$).

L'hydrogramme de sortie des bassins amonts (n°1, 2, 4, 5 et 6) est ajouté à l'hydrogramme d'entrée des bassins en aval (n°3 et 7) selon le schéma hydraulique explicité en partie 2.6.1.

2.6.5 Débit de fuite maximal autorisé

2.6.5.1 Extrait MISEN

Les ouvrages de rétention seront équipés en sortie d'un dispositif permettant d'assurer, avant la surverse par les déversoirs, un rejet ayant un débit de fuite maximum du débit biennal avant aménagement en cas d'exutoire identifié (cours d'eau, thalweg ou fossé récepteur).

2.6.5.2 Hypothèses retenues

Avec le schéma hydraulique présenté en paragraphe 2.6.1, la surface interceptée par le projet (bassins versants 1 à 8) est de 34 282 m². Par souci de cohérence, le débit biennal avant aménagement de la Suane a été calculé par la méthode du réservoir linéaire. Il vaut 359 l/s.

Avec la configuration exposée en partie 2.6.1, les débits rejetés à la Suane sont les suivants :

Tableau 9 : Débit de pointe de rejet à la Suane (l/s)

	Avant aménagement	Projet sans compensation	Projet avec compensation
Biennal	359	516	320
Quinquennal	767	909	320
Décennal	1010	1174	320
Vicennal	1208	1170	320
Cinquantennal	1341	1514	320
Centennal	1657	1859	320

On constate que la mise en place du schéma hydraulique est efficace pour diminuer le débit de pointe. Il améliore la situation en ce qui concerne le risque inondation au droit du projet et en aval de celui-ci et respecte le débit maximal autorisé.

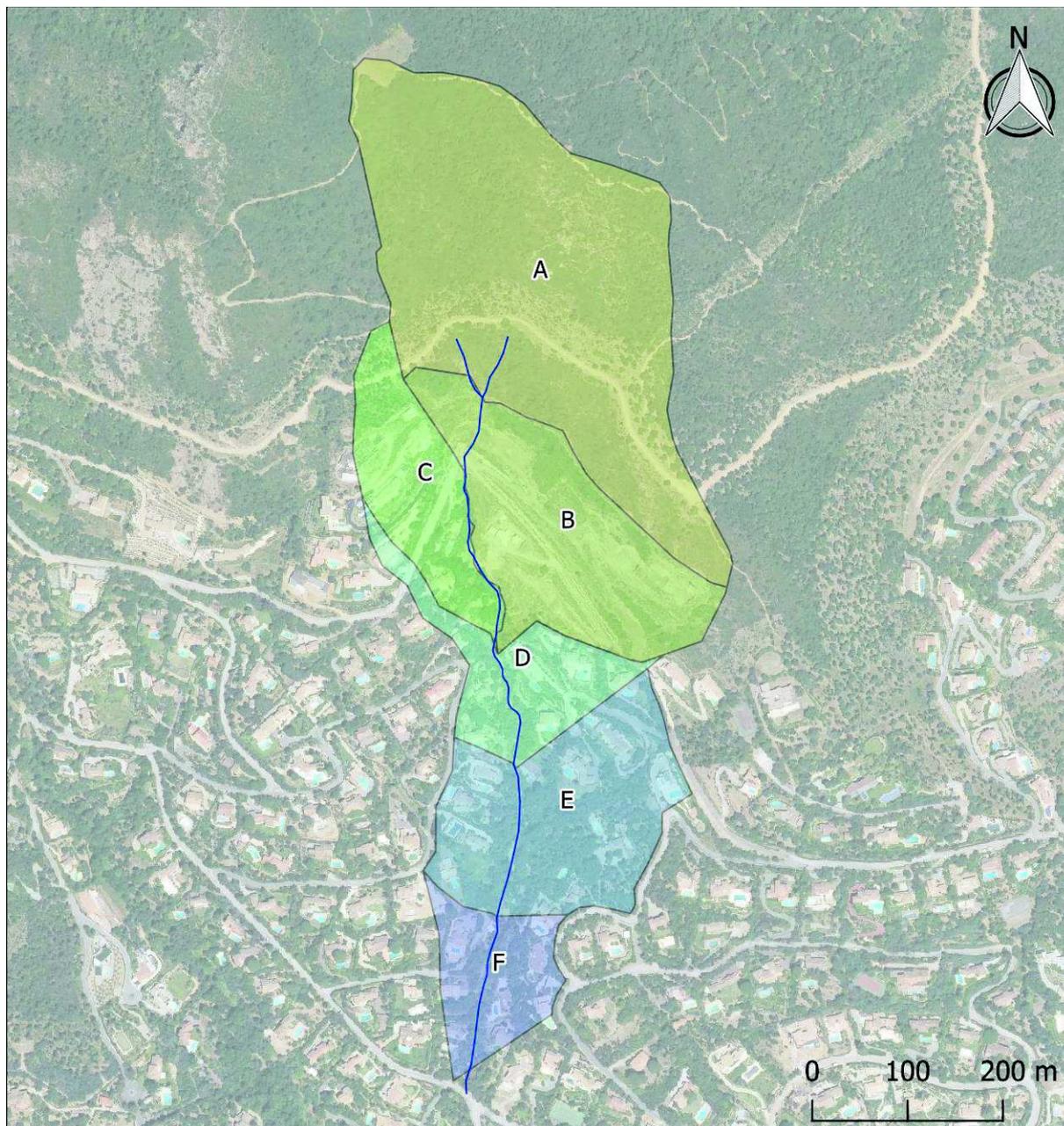
3 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques au droit du projet

Bassin versant de la Suane

Le dimensionnement des ouvrages ainsi que le modèle hydraulique nécessitent de connaître les surfaces des bassins versants de la Suane en différents points (cf. Figure 6) :

- Point A : Amont du projet ;
- Point B : Amont et zone du projet
- Point C : Au droit du point de rejet du projet ;
- Point D : Au droit de la chute ;
- Point E : Au droit de l'allée romantique ;
- Point F : Au droit du passage en souterrain.

Ces bassins versants ont été délimités à partir de la carte IGN au 1/50 000ème ainsi que les visites de site successives (15/04/2015, 15/07/2015 et revalidé lors de celles du 06/08/2019 et du 27/01/2020).



Discrétisation du bassin versant de la Suane

— Réseau hydrographique	■ A - Amont projet	■ D - Chute
	■ B - Amont et zone du projet	■ E - Allée romantique
	■ C - Point de rejet du projet	■ F - Passage en souterrain

Source : orthophotographie de l'IGN
Réalisation : AMETEN

Figure 6 : Bassins versant de la Suane à différents points d'exutoire

Temps de concentration

3.2.1 Extrait MISEN

Les incertitudes des différentes méthodes de calculs du temps de concentration doivent inciter à réaliser plusieurs calculs, à les présenter dans le dossier, et à les coupler à des observations de terrain. Longueur hydraulique, pentes, temps et vitesses d'écoulement seront indiquées.

3.2.2 Hypothèses retenues

Les temps de concentration ont été calculés le long de la Suane par différentes méthodes.

Les résultats sont présentés en Annexe 4.

Compte tenu des surfaces et de la pente très élevée des bassins versants en présence, la seule formule valable est celle de Kirpich. Les temps de concentration calculés par cette méthode aux points A, B, C et D (Figure 6) sont inférieurs à 6 minutes. Pour obtenir un comportement réaliste des écoulements, on retient un temps de concentration de 6 minutes. Ce temps court est corrélé avec les observations de crues éclair sur site.

Ouvrages à dimensionner

Les ouvrages hydrauliques à dimensionner au droit du projet sont les suivants :

- Les noues 1 et 2 (Figure 7) ;
- Les pièges à matériaux 1 et 2 (Figure 7) ;
- Les conduites 1 et 2 (Figure 7) ;
- Le cadre (Figure 7) ;

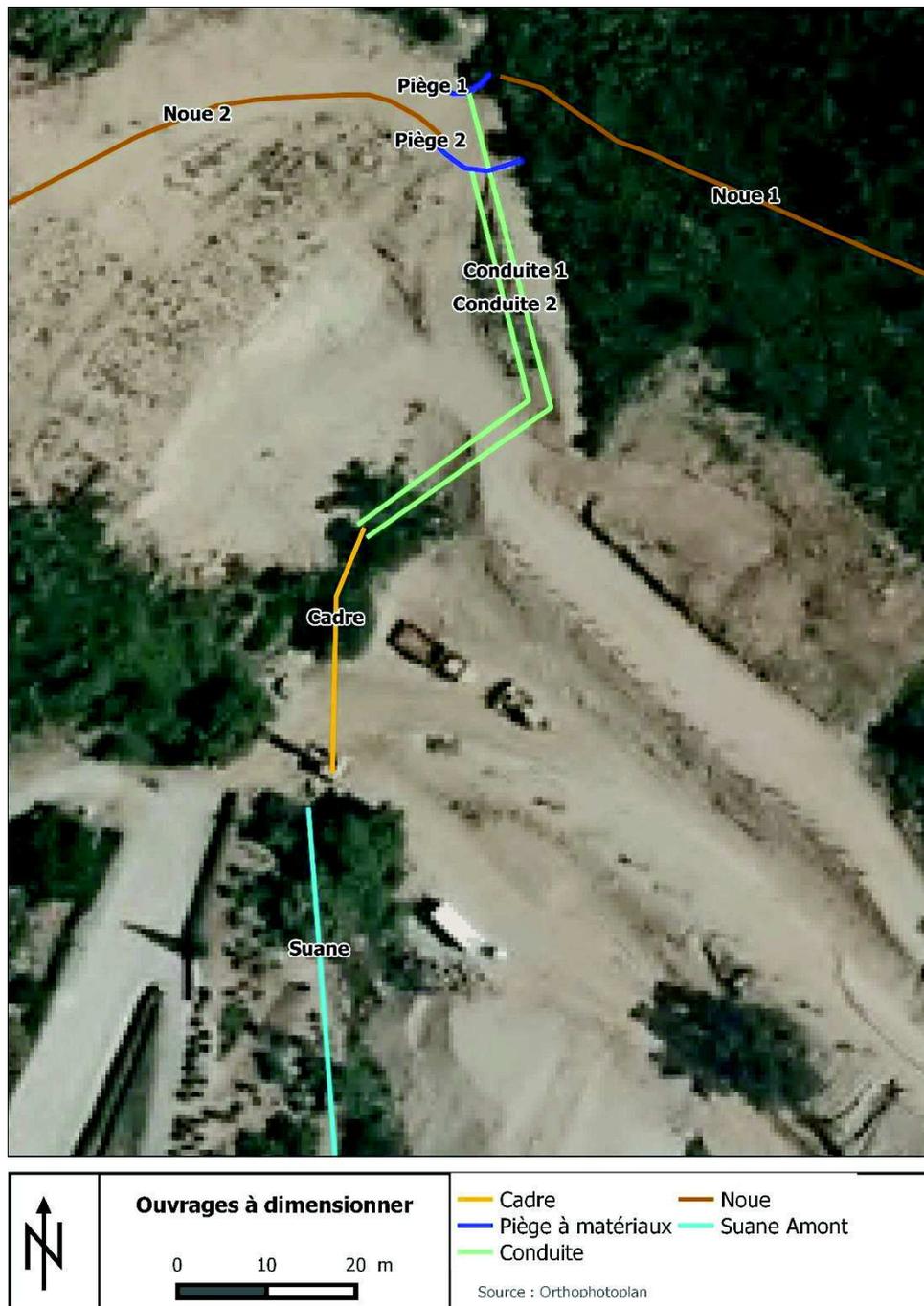


Figure 7 : Les ouvrages à dimensionner au droit du projet, en amont de la remise à ciel ouvert de la Suane.

- Puis l'aménagement de la Suane dans sa traversée au droit du projet, en contre-bas des futurs villas (Figure 8).

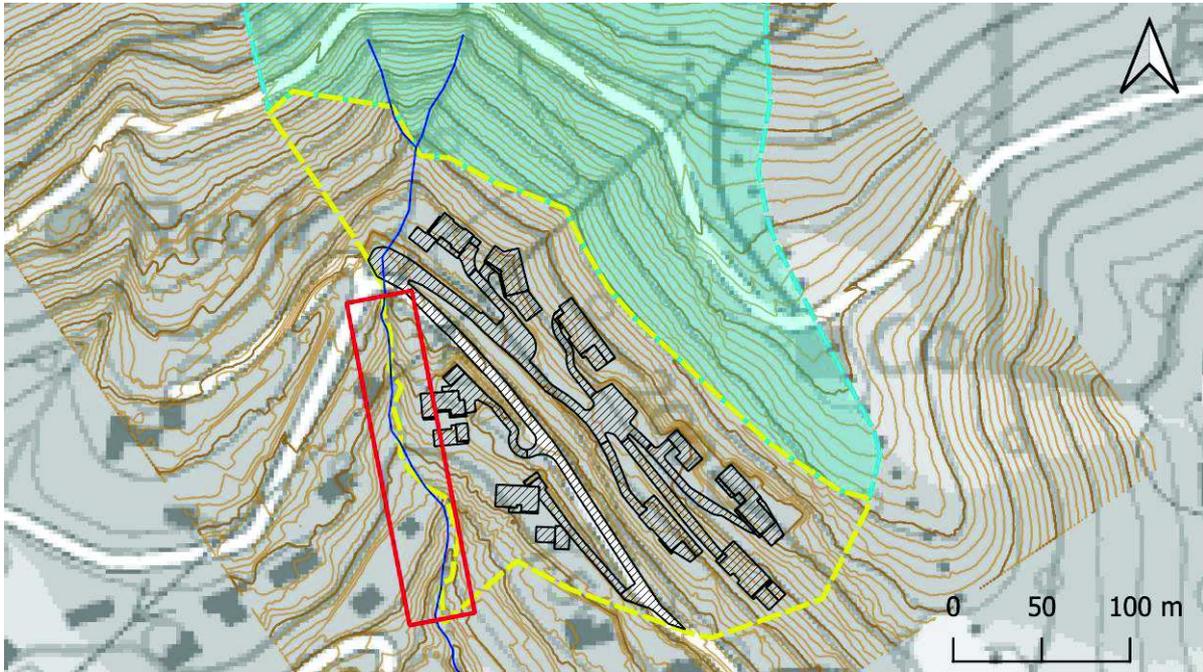


Figure 8 : Tronçon de la Suane pour lequel des aménagements hydrauliques sont proposés au droit du projet (encadré en rouge).

■ Débit de dimensionnement

Le débit de dimensionnement est le débit centennal de la Suane pour son bassin versant en amont du projet.

Ce débit a été calculé par les trois méthodes suivantes :

- Par la formule de la rationnelle avec un temps de concentration de 6 minutes, $Q_{100} = 8,23 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Par la méthode du réservoir linéaire (pluie de durée 120 minutes, période de pluie intense de 15 minutes et $K=4,8$), $Q_{100} = 5,45 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Par la formule de Bressand Golossov, $Q_{100} = 5,815 \text{ m}^3/\text{s}$.

En termes de débit de pointe, la méthode la plus pénalisante est donc la rationnelle avec $t_c=6$ minutes. **On retient donc $Q_{\text{dim}} = 8,23 \text{ m}^3/\text{s}$.**

Dimensionnement du cadre

Le cadre qui a été mis en place mesure 2 m de large et 1,50 m de hauteur et a une pente de 2%. Son coefficient de Strickler est $K=60$ (béton rugueux avec dépôts éventuels).

La hauteur critique dans ce cadre est donc de 1,20 m et sa hauteur normale de 0,82 m : l'écoulement se déroule en régime torrentiel et la hauteur d'eau dans le cadre est de 1,20 m. La vitesse de l'écoulement biphasique (mélange eau et sédiments) calculée (3,4 m/s) est inférieure à 4 m/s.

Un tirant d'air de 25% de la section maximale doit être aménagé. La hauteur minimale à mettre en place est de 1,50 m. La hauteur minimale du cadre est donc conforme sur ce point.

En considérant les pertes de charge singulières entre les deux ouvrages, la charge, donc la hauteur d'eau dans la chambre à l'amont du cadre est de 2,21 m.

Le cadre actuel débouchant dans le ruisseau de la Suane est donc suffisamment dimensionné : dans l'aménagement en aval, il est prévu des confortements des berges, avec préservation le plus possible du fond du lit et de la pente moyenne des berges.

Dimensionnement des conduites

3.6.1 Etat actuel

Dans la partie amont, le thalweg est intercepté dans une fosse bétonnée servant à dissiper l'énergie, piéger les embâcles, avant de canaliser les écoulements dans une conduite de diamètre 1200 mm. Cette canalisation à forte pente débouche elle-même en définitive dans le cadre aval, en passant sous le mur de soutènement à l'entrée du projet.

La conduite actuelle avait été dimensionnée sur la base de la formule de Manning-Strickler ($K=80$), ce qui est hors limite de validité (donnant des vitesses théoriques supérieures à 18 m/s menaçant l'intégrité de la structure), le fonctionnement hydraulique dans une conduite à 26 % de pente moyenne étant purement torrentiel (avec les précautions d'usage à prendre en sortie et en termes de mise en charge pour éviter les survitesses).

3.6.2 Hypothèse pour le dimensionnement des diamètres des conduites

Dans le cas de canalisations fonctionnant en torrentiel, on considère la capacité maximale atteinte dès lors que le taux de remplissage atteint 80% (considérant le décollement sur le bord supérieur et les ondulations de la ligne d'eau, il y a une limitation par les mises en pression).

Ce taux est plutôt à considérer à 55% dès lors que l'on a affaire à un écoulement avec une charge solide significative (non pas pour des questions de colmatage, la vitesse permettant l'autocurage, mais pour limiter la vitesse de propulsion des éléments solides contre les parois, et la turbulence limitant la débitance).

Le projet d'aménagement initial comprenait un passage couvert du ruisseau tout le long du projet, qui nécessitait de limiter au maximum la charge solide entrant dans le système, et tout risque d'obstruction. Aussi, pour des questions de capacité et de risque, il était indispensable de prévoir un piège de la charge solide grossière en tête de bassin, à l'amont de la conduite. Depuis, ce piège a été mis en place et il sera indispensable de procéder à l'entretien de ce piège à embâcles régulièrement, en extrayant la charge sédimentaire piégée, et en la restituant à l'aval du projet (pour ne pas constituer une interruption des apports solides nécessaires à la rivière et augmenter le risque d'érosion aval).

Dès lors, le dimensionnement considèrera une capacité à 80% de remplissage de la conduite, avec un dispositif de retenue des éléments solides grossiers suffisamment dimensionné à l'amont.

3.6.3 Vérification de dimensionnement

Cette capacité maximale de 80% de remplissage est atteinte pour un débit de 3,05 m³/s (0,96 m de hauteur d'eau dans la conduite 1200 mm à 26% de pente, vitesse de 3,14 m/s).

Il faudra donc réaliser une seconde conduite de 1500 mm, pour récupérer le débit centennal excédentaire. En effet, la capacité maximale d'une telle conduite est de 5,33 m³/s (1,2 m de hauteur d'eau dans la conduite 1500 mm à 26% de pente, vitesse de 3,43 m/s).

Le système d'une conduite 1200 mm et d'une conduite 1500 mm a donc une capacité totale de 8,39 m³/s, ce qui est suffisant pour faire passer le débit centennal (8,23 m³/s).

3.6.4 Dispositions constructives

Le fonctionnement optimal est donc le suivant (Figure 9):

- équiper le piège à matériaux en entrée de la conduite actuelle 1200 mm d'un déversoir ;
- poursuivre ce déversoir sur un coursier en enrochements bétonnés vers un second piège à matériaux de dissipation à l'aval immédiat (récupérant les eaux de surverse et les eaux de ruissellement de la falaise au-dessus de la villa 1) ;
- équiper cet ouvrage d'un volume mort pour piéger la charge grossière restante, positionner une conduite 1500 mm avec un fil d'eau au miroir haut de ce volume mort, et disposer un déversoir au-dessus de la conduite, afin de disposer d'un parcours de moindre dommage au-delà de la centennale, dans le but de protéger la villa n°1.

Tout au long des conduites, les regards de branchement disposeront d'une hauteur suffisante, à la fois du fait des pertes de charge, et pour dissiper les fortes vitesses dans les coudes.

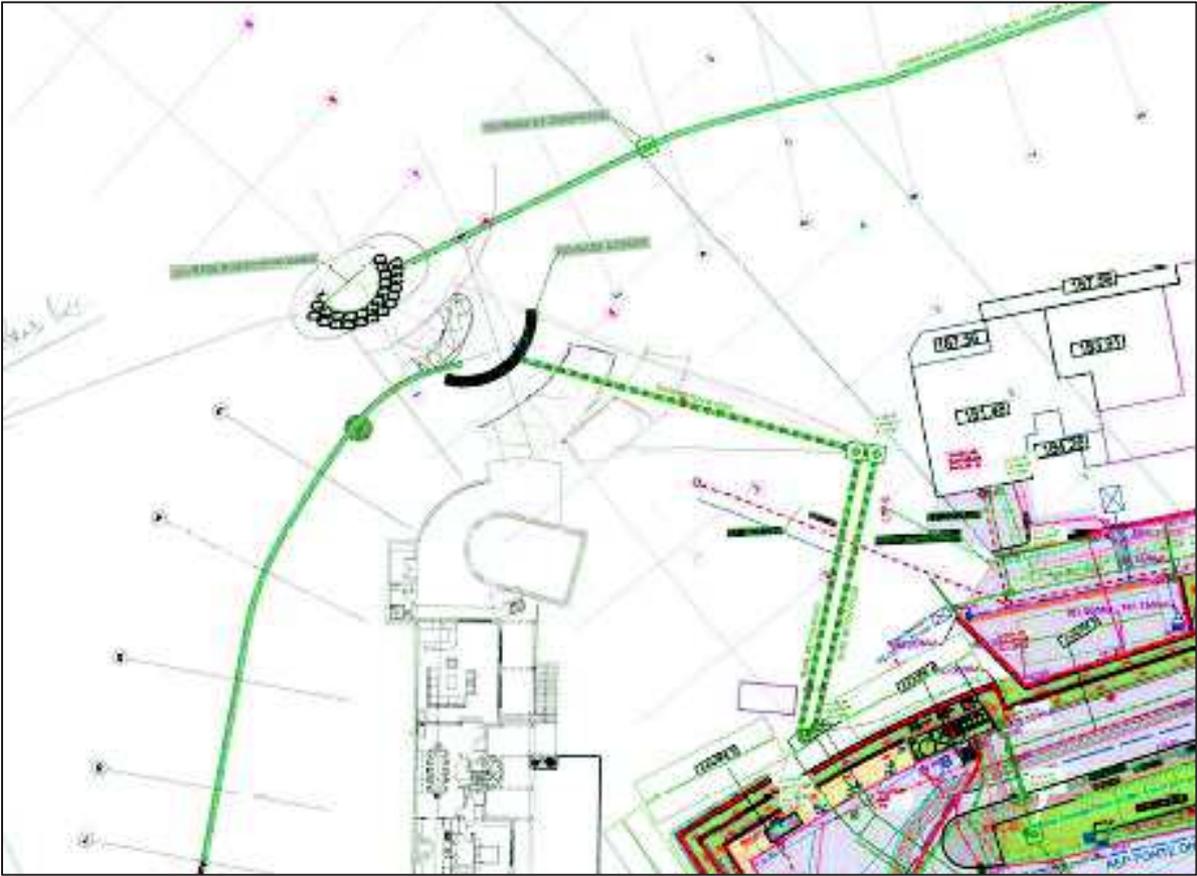


Figure 9 : Plan des conduites et pièges à matériaux

■ Dimensionnement des pièges à matériaux

3.7.1 Etat actuel

Le thalweg du ruisseau de la Suane, ainsi que le fossé 1 sont interceptés dans un piège à matériaux déjà réalisé. Celui-ci est équipé d'une canalisation 1200 mm qui se connecte à un regard avec chute, avant de se diriger vers le cadre enterré.

3.7.2 Vérification de dimensionnement

La hauteur des murs des pièges à matériaux prévus en entrée de chaque conduite doit être calée en considérant les pertes de charges singulières en entrée de la conduite et linéaires dans la conduite.

La hauteur du déversoir du premier piège à matériaux doit être calée de façon à ce que la hauteur d'eau qui s'établit au-dessus de la conduite permette le passage du débit de 3,05 m³/s.

Enfin, la largeur du déversoir doit permettre l'évacuation du débit excédentaire de 4,88 m³/s vers le second piège à matériaux.

Ces calculs ont été réalisés dans un cas défavorable : en considérant une obstruction en entrée sur 50 cm de hauteur (entrée de la canalisation partiellement bloquée par le peigne de tiges de fer servant à retenir les éléments grossiers).

Les paramètres utilisés et les résultats des calculs sont présentés dans le tableau Tableau 10.

Tableau 10 : Paramètres utilisés et résultats des calculs de dimensionnement du piège à matériaux

	Conduite 1200 mm	Conduite 1500 mm
Hauteur obstruée	50 cm	50 cm
Surface obstruée	0,45 m ²	0,52 m ²
Vitesse en entrée	4,46 m/s	4,26 m/s
Hauteur d'eau dans les pièges à matériaux		
Longueur conduite	60 m	50 m
Reynolds	4,6.10 ⁶	6,2.10 ⁶
k	0,0001	0,0001
Coefficient de frottement	0,0117	0,0112
Perte de charge linéaire	24 cm	18 cm
Coefficient de perte de charge en entrée	0,7	0,7
Perte de charge singulière	71 cm	42 cm
Hauteur de la ligne de charge dans le piège	2,92 m	2,67 m
Déversoir piège 1		
Coefficient de contraction de l'écoulement	0,8	
Hauteur d'eau au-dessus de la conduite pour faire passer un débit de 3,05 m³/s	2,2 m	
Hauteur d'eau au-dessus du déversoir	74 cm	
Coefficient du déversoir μ	0,385	
Largeur du déversoir pour faire passer un débit de 4,88 m³/s	4,5 m	

0,8 : hypothèse et donnée - 0,8 : résultat de calcul – **0,8** valeur déterminant le dimensionnement

3.7.3 Dispositions constructives

Pour avoir une revanche de 20 cm dans le premier piège à matériaux, le mur doit être calé 1,95 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite. Un déversoir de 5 mètres de large et cale 1 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite permet d'évacuer le débit excédentaire en direction du second piège à matériaux.

Un second piège à matériaux, de taille similaire sera réalisé dans le coin Nord-Est de la terrasse de la piscine de la villa 1. Le fond sera approximativement calé à la cote 184 m NGF (cote d'assise de la villa 1), tandis que la surverse sera calée à la cote 188 m NGF, et dirigée vers un axe d'écoulement préférentiel hors emprise de la villa 1. Cette seconde surverse de sécurité devrait intervenir au-delà de la centennale, comme parcours de moindre dommage. Cet ouvrage récupèrera également le fossé 2 de tête au-dessus de la villa 1, évitant des endommagements par ruissellement.

La seconde conduite 1500 mm sera calée en première approche avec un fil d'eau d'entrée à 185 m NGF dans cet ouvrage (ce qui permet une revanche de 20 cm dans l'ouvrage par rapport à la crue centennale), et se connectera au même regard que l'autre canalisation.

Parallèlement, le piège à matériaux 1 sera doublé, de manière à pouvoir stocker un plus grand volume solide, en surcreusant d'une cinquantaine de centimètres et en débordant ses emprises vers l'Est.

Un cheminement d'entretien sera nécessaire, par le haut, pour pouvoir purger ces ouvrages des matériaux piégés, à chaque crue, et de manière générale au moins une fois tous les 6 mois.

L'ensemble sera protégé par des enrochements liaisonnés dont le dimensionnement reste à définir en fonction d'un premier projet 3d.

Aménagements le long de la Suane au droit de la zone du projet

Pour cette partie, le modèle hydraulique initialement réalisé a été repris pour étudier une solution alternative à la proposition initiale qui consistait à buser la Suane sur l'ensemble du tronçon situé au droit du projet (environ 200 mètres linéaires).

3.8.1 Modèle hydraulique de l'état actuel

But

L'objectif de cette nouvelle modélisation d'écoulements de crue dans les conditions actuelles est de :

- Connaître les caractéristiques hydrauliques de la Suane en période de crue ;
- En déduire le type et le dimensionnement des aménagements à envisager.

Entrée

Les débits utilisés pour la modélisation hydraulique sont les suivants :

- En entrée : débit de dimensionnement ($Q_{dim} = 8,23 \text{ m}^3/\text{s}$) + débit de pointe centennale en sortie du BV4 avec mise en place des rétentions ($Q_4 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$), soit $8,26 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Au point de rejet du BV6 : $8,26 \text{ m}^3/\text{s}$ + débit de pointe centennale en sortie du BV6 avec compensation ($Q_6 = 0,17 \text{ m}^3/\text{s}$) + débit provenant de la rive droite soit au total $9,27 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ...

Coefficient de Manning

Tableau 11 : Valeurs de coefficients de Manning pour la modélisation hydraulique de l'état actuel

Secteur	Nature de la surface	Coefficient de Manning
Lit mineur	Le plus souvent terreuse, sinon végétalisée ou roche mère apparente	0.02
Berge	Berges assez pentues, végétalisées (herbes, arbres) ou parfois terreuse et érodée	0.03

Résultats

Les résultats de la modélisation hydraulique sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Résultats de la modélisation hydraulique de l'état actuel

Profile	Q	Cote fond	Cote eau	Cote eau critique	Cote ligne énergie	Hauteur d'eau	Pente	Vitesse	Largeur mouillée	Froude
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)	-
35	8.26	170.43	171.31	171.31	171.64	0.88	0.005208	2.53	5.27	1.01
34	8.26	163.98	165.23	165.23	165.6	1.25	0.005574	2.69	4.39	1.01
33	8.43	155.82	156.72	156.72	157.05	0.9	0.005272	2.55	5.12	1
32	8.43	152.3	153.1	153.1	153.4	0.8	0.005307	2.44	5.86	1.01
31	8.43	150.62	151.17	151.17	151.38	0.55	0.005257	2.03	9.96	0.99
30	8.43	143.95	145.25	145.25	145.57	1.3	0.004422	2.55	6.39	0.9
29	8.43	138.1	139.27	139.27	139.63	1.17	0.005485	2.63	4.65	1
28	8.43	131.16	132.06	132.06	132.41	0.9	0.005621	2.61	4.77	1
27	8.43	127.73	128.57	128.57	128.83	0.84	0.005529	2.27	7.18	1
26	8.43	125.88	126.92	126.92	127.33	1.04	0.00602	2.81	3.84	1
25	12.1	124.5	125.77	125.77	126.19	1.27	0.005423	2.86	5.19	1.01

Les hauteurs d'eau sont comprises entre 0.55m et 1.27m, avec des vitesses atteignant environ les 3 m/s (valeur maximale obtenue au niveau du dernier profil P25, situé tout en aval du secteur).

Les contraintes de cisaillement varient entre 5 et 40 N/m². Les pics de contrainte de cisaillement sont localisés aux mêmes endroits que les pics de vitesse d'écoulement.

La contrainte tractrice est la composante parallèle à la paroi de la force exercée par l'eau sur le lit et les berges de la rivière. Cette force est aussi appelée contrainte d'arrachement ou de cisaillement. Elle

est couramment utilisée pour quantifier la force d'arrachement de l'eau sur les parois, ainsi que comme critère pour la mise en mouvement de matériau dans la rivière.

3.8.2 Proposition d'aménagements

La nouvelle proposition d'aménagement a pour objectif de **préserver le plus possible les conditions « naturelles » d'écoulement de la Suane au droit de la zone du projet** (à partir de la sortie du cadre), c'est-à-dire en **conservant son caractère à ciel ouvert sur la totalité du tronçon** et ainsi **pouvoir maintenir ses fonctions écologiques** : corridors du vallon, présence de la zone humide, maintien des espèces végétales, etc.



Figure 10 : Vue sur la Suane vers l'aval (au droit du projet)

Pour s'assurer de la sécurité des biens et des personnes qui seront présents sur le site des villas, surtout au vu du caractère violent et rapide des crues de la Suane susceptibles de provoquer à terme des mouvements de terrain (après érosion, affouillements, etc.), il est néanmoins nécessaire de réaliser la consolidation des talus et le confortement des berges afin qu'elles restent stables sur le long terme.

Le secteur d'étude présente déjà de nombreux désordres apparents qui nécessitent des aménagements de protection immédiats :

- Affouillement en pied de berge très raide (2V/1H par endroit) et au niveau d'ouvrages hydrauliques ;
- Erosion de berges et instabilités de la végétation ;



Figure 11 : Instabilité de berge sur la Suane : déstructuration de la berge, affouillement en pied et ravinement

La nouvelle proposition d'aménagements qui a été testé consiste à réaliser (Figure 13) :

- Le **confortement des berges en gabions** dans les portions de tronçons où la contrainte d'écoulement est importante (d'amont en aval) :
 - Rive gauche : P35 à P25 ;
 - Rive droite : P35 à P33 et P30 à P25 ;

On propose une variante qui consiste à mettre en œuvre des caissons végétalisés (avec malgré tout un pied de berge en gabion) dans les zones de moins fortes contraintes hydrauliques (intrado entre P32 et P30), afin d'apporter davantage de naturalité aux berges ;

Chaque confortement est accompagné sur les parties supérieures de la pose de toile de coco avec lit de plants et de plançons (avec des espèces végétales locales). Cela permettra de protéger ce niveau de berge en considérant une transition douce entre les gabions et le talus.
- La **mise en place de système anti-érosion de surface** (géogrille type Krismer) **dans les zones à faibles pentes de berge** : P33 à P30 en rive droite ; les géogrilles seront recouvertes de terres végétales ensemencées (la végétation reprendra naturellement sa place à terme) ;
- La **mise en place de système anti-érosion de surface** (géogrille également) **sur l'ensemble des talus situés en rive gauche**, qui sera recouvert de terres végétales et d'ensemencement. Le mélange de graines devra être adapté aux zones sèches : à fort pouvoir de fixation des sols, à très haute résistance à la sécheresse ;
- **Le confortement des berges et du lit au niveau des rejets des ouvrages EP existants**, par pose de pierres maçonnées et de matelas Reno.

Cette proposition repose sur une protection des berges jusqu'à la hauteur de crue centennale (h100): les hauteurs d'eau simulée par la modélisation hydraulique ont permis de déterminer la hauteur minimale de gabions à mettre en place (h100 + 0.3m de sécurité).

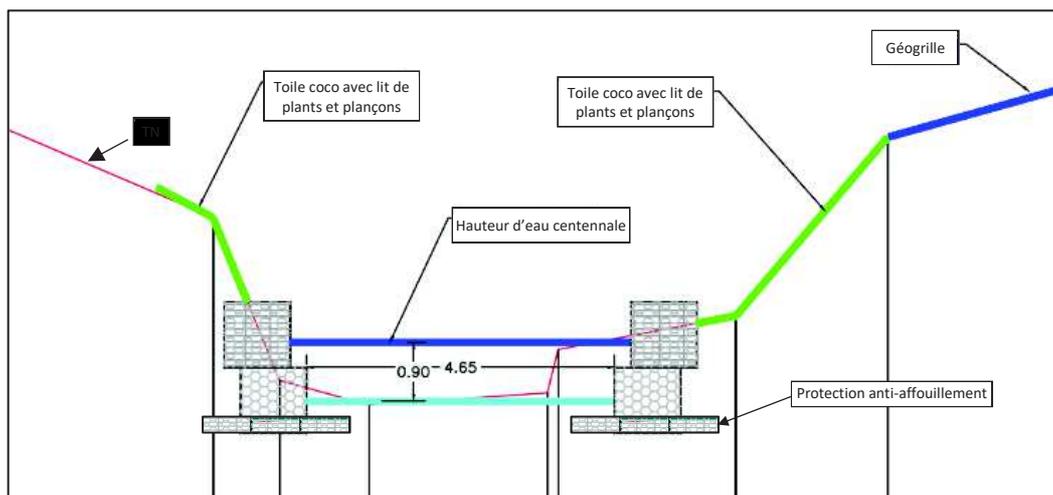


Figure 12 : Principe du confortement de berge en gabion (profil P29, vue vers l'amont).

D'après les résultats de la modélisation hydraulique, les gabions doivent résister à une force tractrice d'au moins 100 N/m^2 (si on considère une marge de sécurité), ce qui est largement le cas, les gabions étant généralement capables de supporter une contrainte au cisaillement plutôt de l'ordre de quelques dizaines de kN/ml.

Ces gabions devront être fabriqués sous certification ISO 9001. Conformément à la norme NF EN 10223-3, le fournisseur justifiera de la résistance des cages aux contraintes de cisaillement exercées par l'écoulement par la présentation d'un rapport d'essai par un laboratoire ou une université mondialement reconnue.

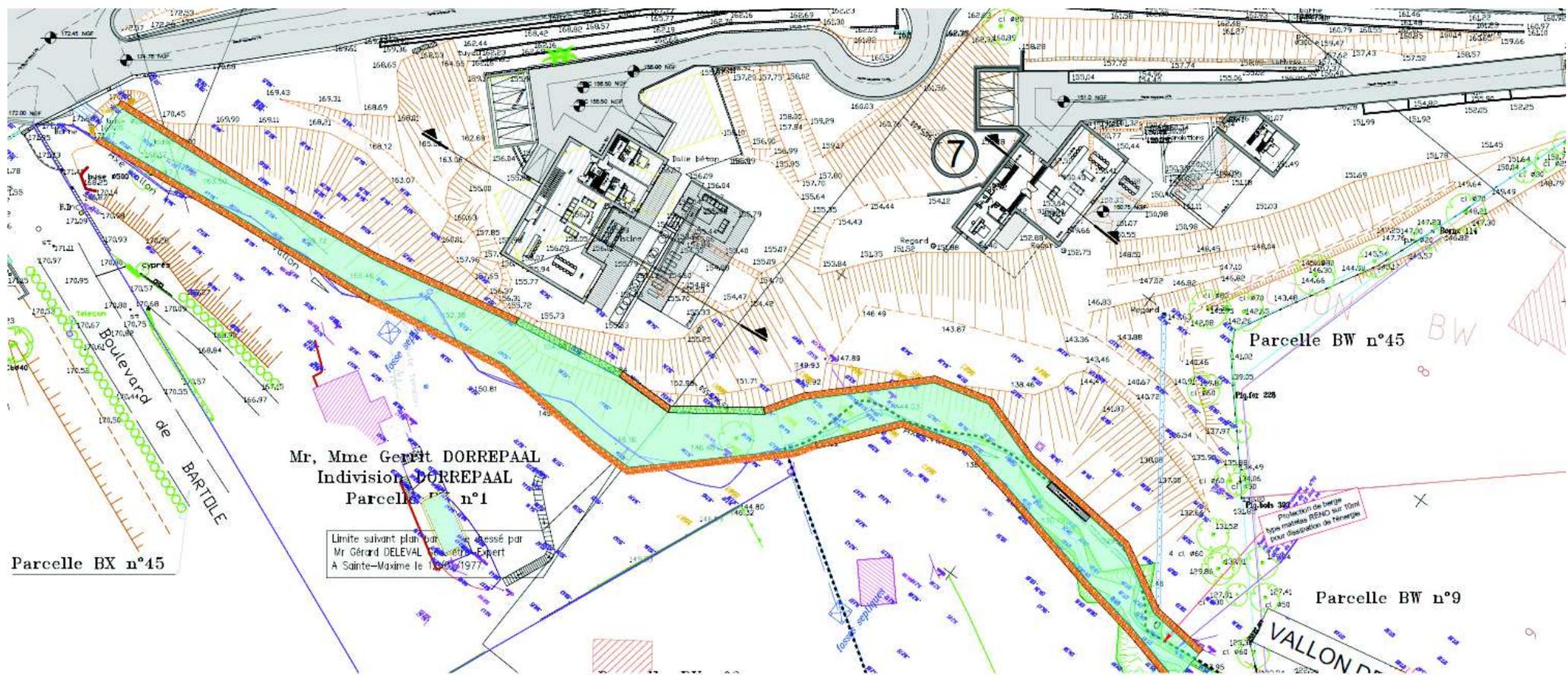


Figure 13 : Schéma de principe des aménagements proposés au droit du projet

Les gabions seront mis en œuvre selon les exigences des normes NF P94-325-1&2. Leur pose doit se réaliser de la manière suivante :

- Une assise de réglage (en granulométrie 0/31.5) doit être soigneusement mise en œuvre, nivelée et compactée. Elle devra respecter l'inclinaison dans le sens longitudinal et transversal qui sera indiquée sur les plans d'exécution ;
- Un sabot parafouille doit être installé (couche de gabion d'épaisseur comprise entre 20cm et 30cm) ;
- Les gabions doivent ensuite être posés de façon à respecter l'inclinaison verticale, et remplis de matériaux provenant de carrières locales, et avoir une granulométrie de 90/180 ;
- A l'interface entre les gabions et le matériau de remblai, il convient de disposer un géotextile de filtration (anti-contaminant) ;
- Puis la mise en place d'un géocomposite de drainage (ou géodrain) à l'interface entre le terrain naturel et le matériau de remblai est fortement conseillée afin de drainer les arrivées d'eau potentielles du terrain amont.

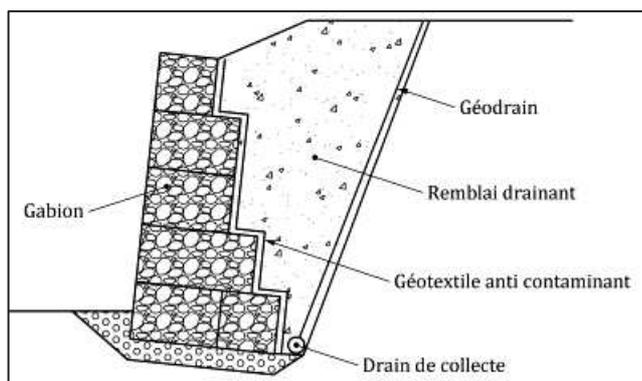


Figure 14 : Schéma de principe d'un ouvrage gabion (Maccaferri)

Tableau 13 : Dimensions standards et préconisées (encadrées en rouge) pour le projet

Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Tolérance
2.00	0.50	0.50	+/- 5%
1.50	1.00	0.50	
2.00	1.00	0.50	
4.00	1.00	0.50	
1.50	1.00	1.00	
2.00	1.00	1.00	
4.00	1.00	1.00	

Approche écologique

Concernant les re-végétalisations prévues, les lits de plants et plançons sont très couramment utilisés en génie végétal, surtout en berge à pente importante. Ils sont montés de bas en haut, au-dessus du dernier rang de gabions.

Des branches d'arbuste d'espèce locale capables de rejeter ainsi que des plants à racines nues sont disposés côte à côte en rangs serrés dans des tranchées étagées sur plusieurs niveaux. Chaque rangée est recouverte par du matériel environnant.

L'utilisation de géotextile permet de renforcer la structure en début de vie de l'ouvrage.

En ordre de grandeur, les branches dépassent d'environ 10 à 20 cm à la pose.

Etant en remblais, les plants, 1 à 2 par ml, sont de préférence de 1m à 1,5m de long et les plançons en densité variable de 10 à 20 branches par mètre linéaire ont une longueur supérieure à 1,5m.

Confortement des berges au niveau du rejet des ouvrages d'EP amont

Un important affouillement en sortie du dalot (soit en aval immédiat de la partie actuellement busée) avait été constaté dès 2015 (puis reconstaté en 2019).



Figure 15 : Zone affouillée en sortie du cadre et de la buse de rejet des EP

Il est probable que cet affouillement se soit produit lors d'une crue morphogène du fait du blocage de l'apport sédimentaire du bassin versant amont dans la noue et dans le piège à sédiment aménagés. Il peut également être lié à un remaniement local du fond du lit (augmentation localisée de la pente) lié à l'aménagement du cadre.

En aval de ce tronçon, les apports de sédiments provenant de la zone du projet ont pu compenser ce déficit sédimentaire.

Le risque d'érosion en sortie de la partie busée est donc important du fait du blocage du transit sédimentaire au droit du projet. De là, les préconisations suivantes devront être mises en œuvre :

Préconisations pour éviter le risque d'incision : gestion et suivi des ouvrages au droit du projet et des matériaux curés dans les pièges à matériaux.

En tout état de cause, il est primordial pour la pérennité des conduites phi 1200 et 1500, et du dalot, et pour éviter les désordres et les incisions à l'aval de ces aménagements, d'entretenir fréquemment les pièges à matériaux à l'amont du projet et d'assurer un suivi régulier de l'ensemble de ces installations.

Les préconisations pour cette gestion sont les suivantes :

- **Curage des pièges à matériaux au minimum tous les 6 mois et après chaque évènement pluvieux important et restitution des matériaux curés directement à l'aval des buses dans les zones incisées ;**
- **Evaluation et archivage du volume de matériaux curés à chaque intervention ;**
- **Inspection caméra des dalots et des buses tous les 5 ans.**

La restitution des matériaux à l'aval immédiat du busage est primordiale pour ne pas créer une situation de déficit sédimentaire sur l'ensemble du tronçon aval et donc favoriser l'incision du fond du lit de la Suane. En effet, cette incision augmenterait l'instabilité des berges et serait susceptible d'endommager les ouvrages (réseau d'eaux usées notamment).

Mesure proposée : pose de pierres maçonnées et de matelas Réno

En sortie du système de buses, une protection de berge sera mise en place :

- Raccourcissement de la buse de façon à ce que les arrivées d'eau de la Suane par le cadre ne s'écoulent plus dans l'axe de la buse ;
- Pose de pierres maçonnées sur la berge autour de la sortie du rejet ;
- Pose de matelas Reno sur une longueur de 10 ml dans le lit afin de dissiper l'énergie.

3.8.3 Modèle hydraulique de l'état aménagé

But

La modélisation des écoulements de crue de la Suane à l'état projet (aménagé) a pour objectif :

- De connaître les nouvelles caractéristiques hydrauliques d'écoulement induites par les aménagements projetés ;
- D'évaluer l'impact de ces aménagements sur les écoulements.

Entrée

Les débits utilisés pour la modélisation hydraulique sont les suivants :

- En entrée : débit de dimensionnement ($Q_{dim} = 8,23 \text{ m}^3/\text{s}$) + débit de pointe centennale en sortie du BV4 avec mise en place des rétentions ($Q_4 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$), soit $8,26 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Au point de rejet du BV6 : $8,26 \text{ m}^3/\text{s}$ + débit de pointe centennale en sortie du BV6 avec compensation ($Q_6 = 0,17 \text{ m}^3/\text{s}$) + débit provenant de la rive droite soit au total $9,27 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ...

Coefficient de Manning

Tableau 14 : Valeurs des coefficients de Manning pour la modélisation hydraulique (état aménagé)

Secteur	Nature de la surface	Coefficient de Manning
Lit mineur	Terreuse, végétalisée, ou roche mère apparente, ou encore matelas de gabion (au niveau des rejets EP)	0.020
Berge	Gabions (et partiellement de la géogrille)	0.017

La modification du modèle a consisté :

- En la modification de la section en travers du lit pour pouvoir assurer la stabilité du système de protection de berge en gabion (Figure 12). La configuration géométrique (hauteur et redans) de la représentation de l'ouvrage en gabion s'est réalisée en minimisant le plus possible les modifications de pente de berge ;
- En la modification des coefficients de Manning des berges (cf tableau précédent).

Résultats

Les hauteurs d'eau, vitesses et contraintes de cisaillement simulées le long du linéaire modélisé ont été analysées et comparées aux valeurs obtenues à l'état actuel (sans les protections de berges).

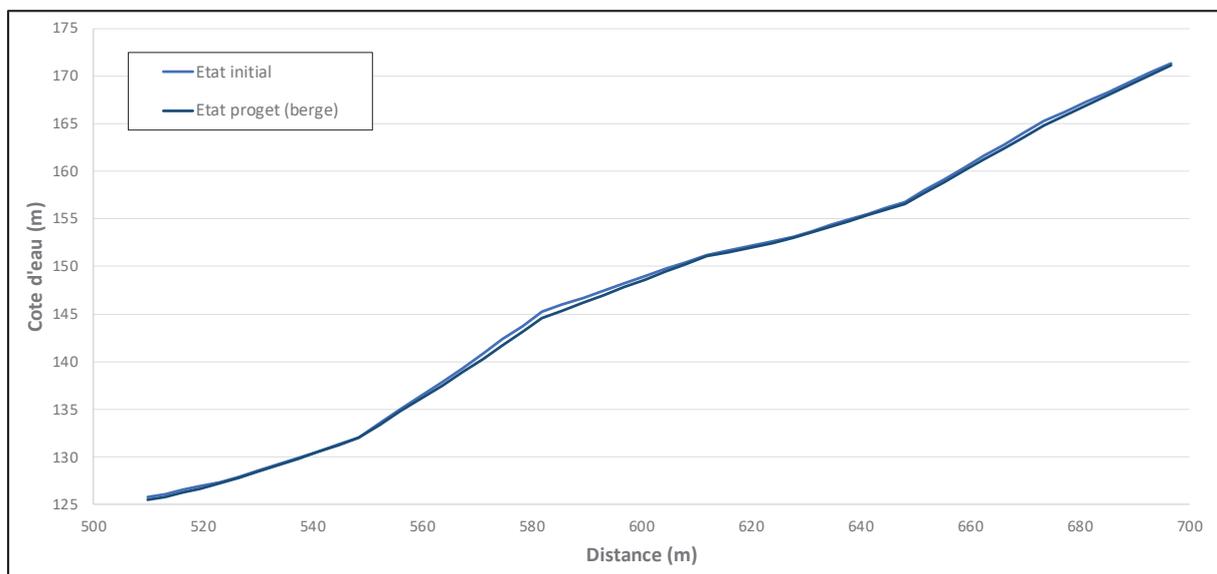


Figure 16 : Comparaison des hauteurs d'eau simulées à l'état initial et projet.

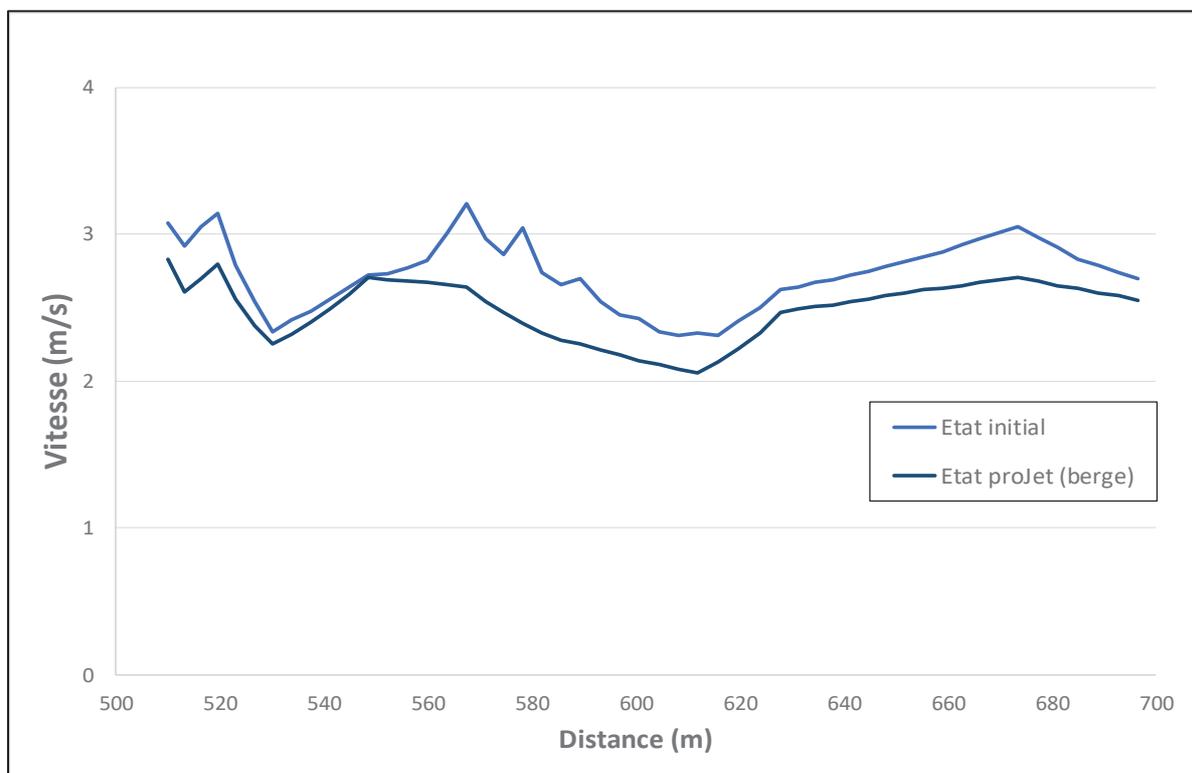


Figure 17 : Comparaison des vitesses simulées à l'état initial et projet.

Les contraintes de cisaillement obtenues sont les suivantes :

Tableau 15 : Games de contraintes de cisaillements issues de la simulation (état aménagé)

Etat initial			Etat projet		
Lit (naturel)	Berges RG (naturel)	Berges RD (naturel)	Lit (naturel)	Berges RG (gabions)	Berges RD (gabions et géogrid)
25 à 40 N/m ²	5 à 25 N/m ²	5 à 13 N/m ²	22 à 35 N/m ²	2 à 10 N/m ²	2 à 10 N/m ²

On constate, au vu des résultats :

- une faible diminution des hauteurs d'eau, avec un écart moyen le long du linéaire de 0.28m (écart compris entre 0.02 et 0.71m) ;
- une diminution des vitesses, avec un écart moyen de 0.24m/s (écart compris entre 0.01 et 0.65m/s) ;
- une légère diminution du coup de la contrainte de cisaillement, malgré un coefficient de frottement plus élevé pour les berges en gabions (Strickler passant de 33 à 58 m^{1/3}/s).

Ces résultats s'expliquent principalement par une légère augmentation de la section en travers du lit à l'état projet, déblai qu'il est nécessaire d'effectuer pour pouvoir mettre en œuvre la colonne de gabion, et sans diminuer la section du lit.

Ces résultats sont donc satisfaisants dans la mesure où les aménagements proposés n'augmentent pas les contraintes hydrauliques, au droit du projet. Ce constat a également été vérifié pour la portion aval (la modélisation ayant été mise en œuvre sur l'ensemble du linéaire jusqu'au pont de l'Allée Romantique).

Analyse de sensibilité des résultats aux paramètres

Enfin, pour écarter toutes incertitudes liées au calage des paramètres Manning, une analyse de sensibilité des paramètres a été effectuée. Elle a consisté à faire varier ces valeurs (sur la berge et le lit) dans des gammes vraisemblables : entre 0.015 et 0.040.

Les résultats de cette analyse ont montré que les différences dans les résultats obtenus (en termes de hauteurs et de vitesses d'écoulement) étaient en moyenne de l'ordre de 6% (compris entre 0 et 10%). On en conclut que les variables simulées du modèle restent peu sensibles aux paramètres de frottement.

Dimensionnement des fossés

Un modèle a été réalisé pour vérifier le dimensionnement du fossé 1 qui doit protéger le périmètre du projet du ruissellement sur sa partie amont. En effet, un ravinement a été constaté au-dessus de la Villa 2.

Le profil en long actuel du fossé 1 est représenté Figure 13. Des profils en travers ont été réalisés aux points de changement de pente. Ils sont localisés sur la vue en plan en Figure 14.



Figure 18 : Profil en long du fossé 1

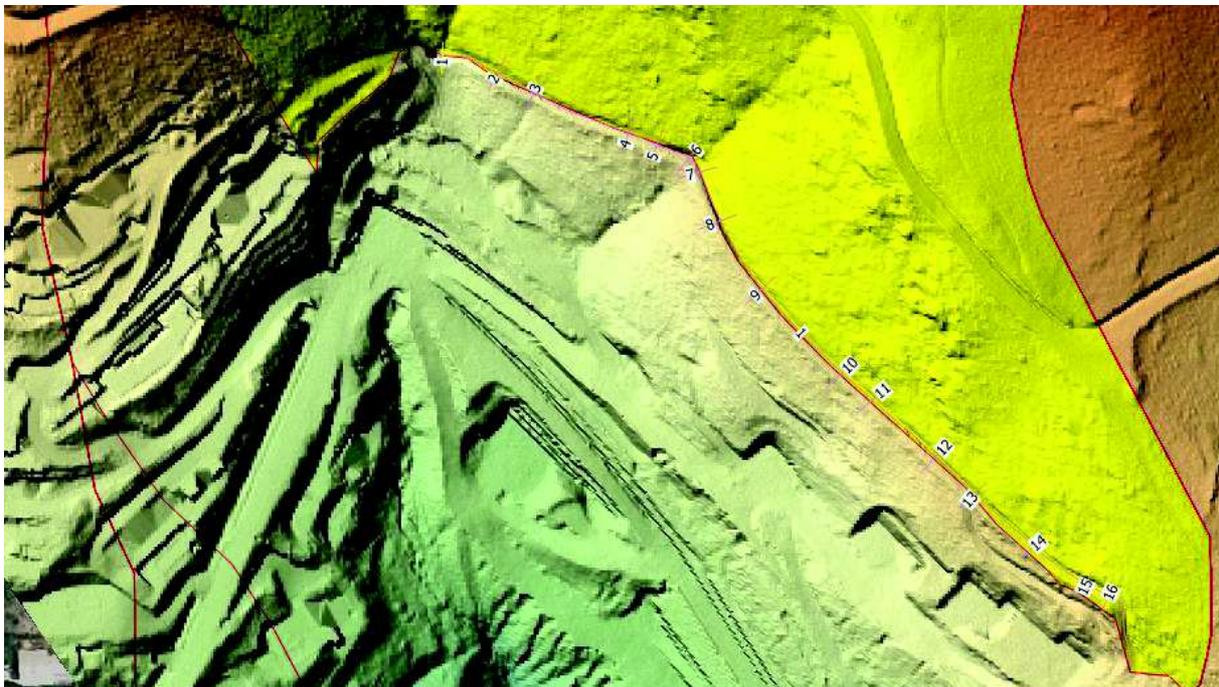


Figure 19 : Vue en plan du fossé 1 et localisation des profils en travers

Le débit centennal a été calculé au droit de chacun de ces profils par la méthode rationnelle (Figure 20).

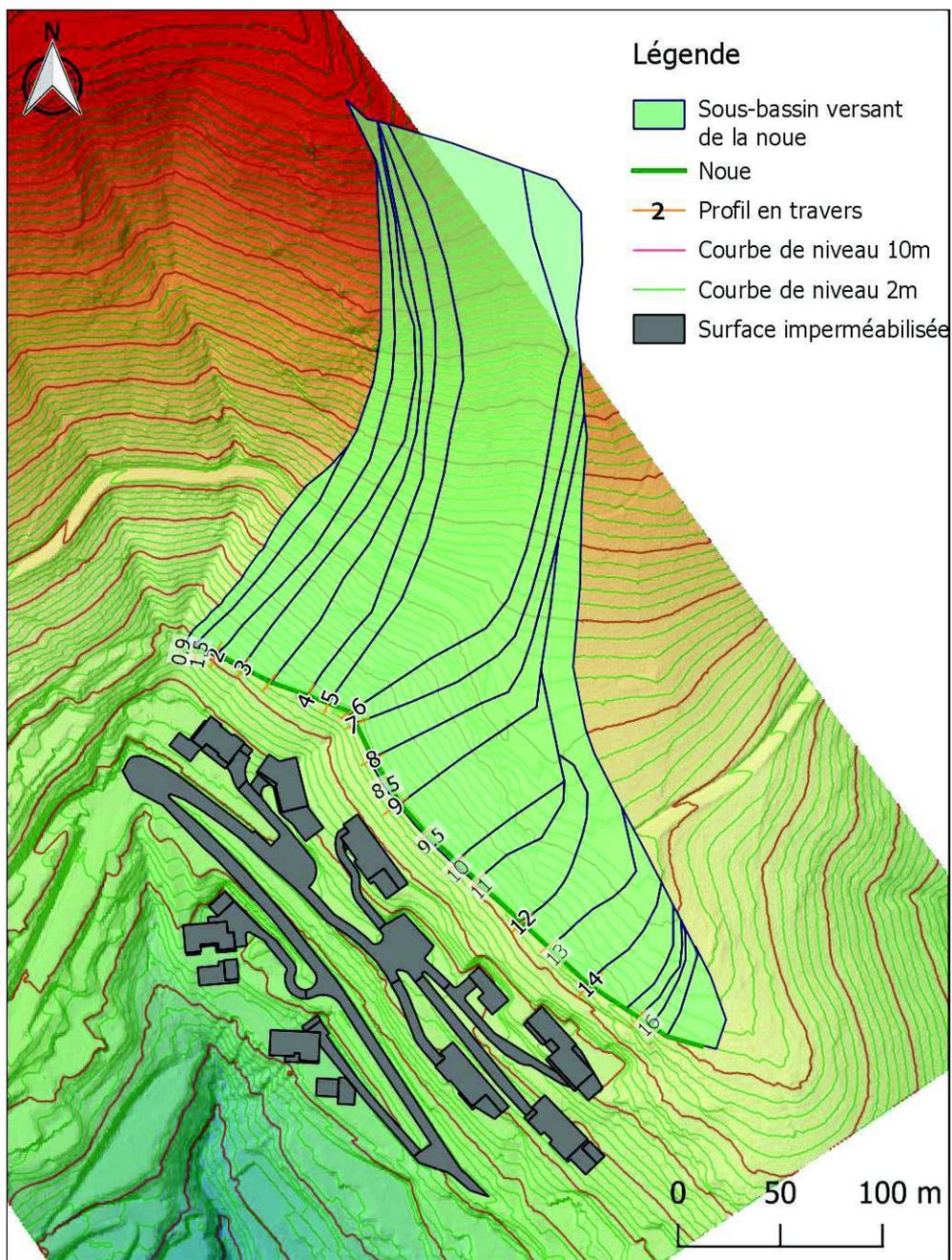


Figure 20 : Délimitation des bassins versants d'alimentation de la noue

Sur le modèle, il apparait plusieurs zones de débordement (cf. Figure 21) :

1. entre les profils 11 et 7, la pente est très faible (elle est même positive au profil 8), on passe d'un régime critique à un régime fluvial et les hauteurs d'eau augmentent jusqu'à déborder dans les ravines ;
2. entre le point 5 et le piège à matériaux 1, la section est insuffisante pour laisser passer le débit.

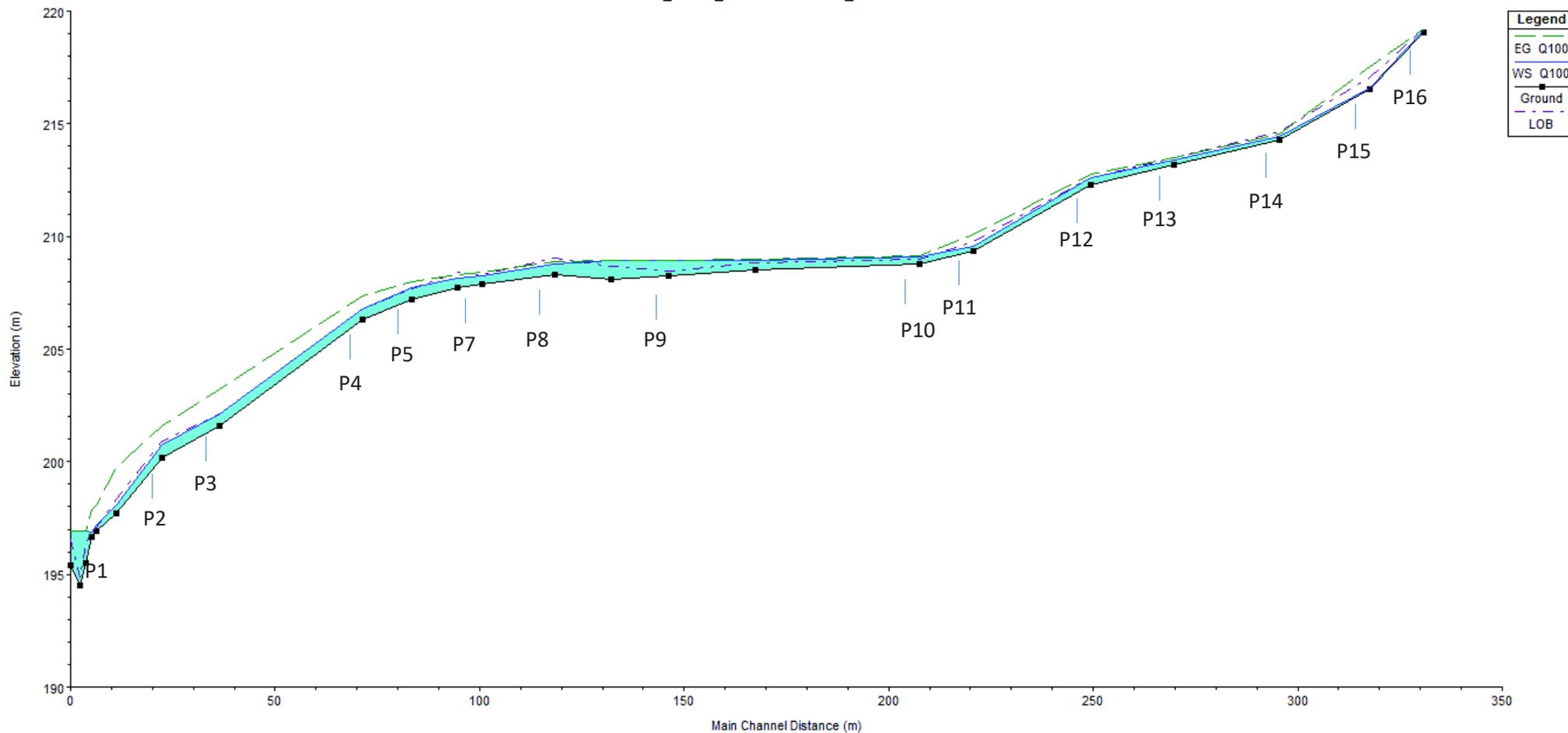


Figure 21 : Modélisation du fossé 1 à l'état actuel pour un évènement centennal

Pour éviter ces débordements, le tracé du fossé 1 a été repris pour obtenir une pente plus régulière. Le nouveau tracé est présenté en Figure 23 (les numéros des profils ont été modifiés).

Cette configuration a fait l'objet d'une nouvelle modélisation qui a abouti à la définition des gabarits minimums présentés en Figure 22 :

1. le gabarit type 1 de l'amont à P13 ;
2. le gabarit type 2 de P13 à P1.

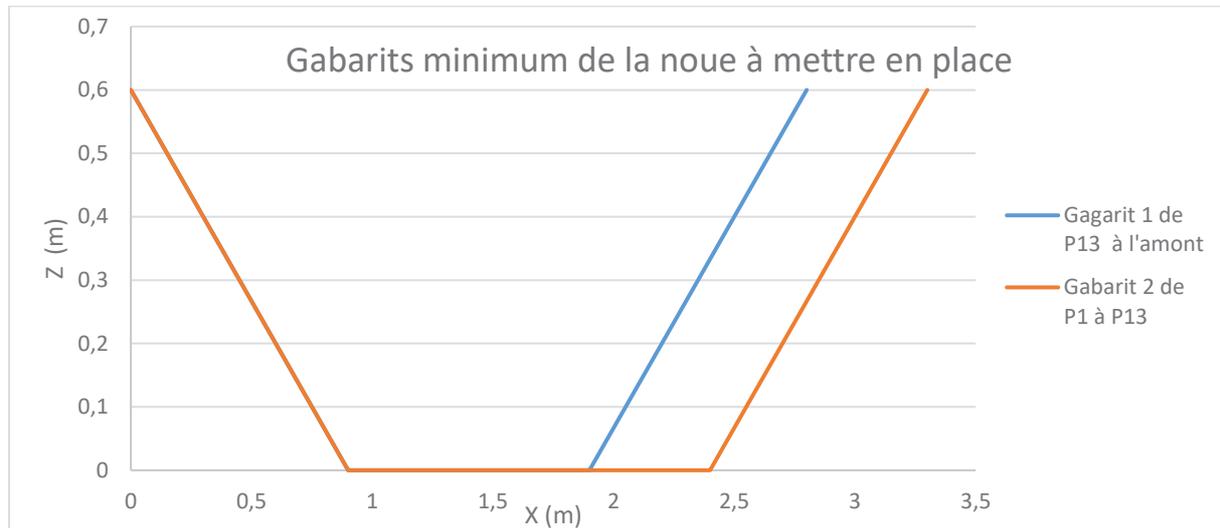


Figure 22 : Gabarits à aménager pour la noue

Avec cette configuration on constate :

1. Une revanche de 15 cm au minimum sur les lignes d'eau entre le profil P21 et le profil P8.5 et des vitesses inférieures à 1,55 m/s ;
2. Une zone en limite de débordement située entre les profils P8.5 et P7.3. Ce débordement est voulu au-delà de la centennale pour maîtriser le parcours de moindre dommage. Ce passage sera aménagé en conséquence ;
3. Un débordement en aval de cette zone dû à l'apparition d'un ressaut hydraulique. Ce débordement est de l'ordre de 5 cm, aussi une revanche de 20 cm doit être prise à partir du profil P6 et jusqu'au raccordement de la noue à l'ouvrage de dissipation. Sur ce tronçon, la vitesse maximale est de 2,1 m/s.

Les vitesses sont importantes pour un canal en terre, aussi, une nouvelle simulation a été réalisée pour un évènement décennal. On constate les vitesses suivantes :

1. entre le profil P16 et le profil P8 les vitesses dépassent régulièrement 1 m/s et atteignent 1,37 m/s entre les profils 13 et 14 ;
2. à partir du profil P7 et jusqu'à l'aval les vitesses dépassent régulièrement 1,5 m/s et atteignent 1,85 m/s à partir du profil 5.

Ces vitesses dans la partie aval sont trop importantes pour un canal en terre qui sera abimé dès un évènement décennal. Il est donc nécessaire d'aménager le cône de rejet avec un revêtement en gabions ou en enrochements.

Le profil en long ainsi que les profils en travers de cet aménagement sont présentés en Annexe 6.

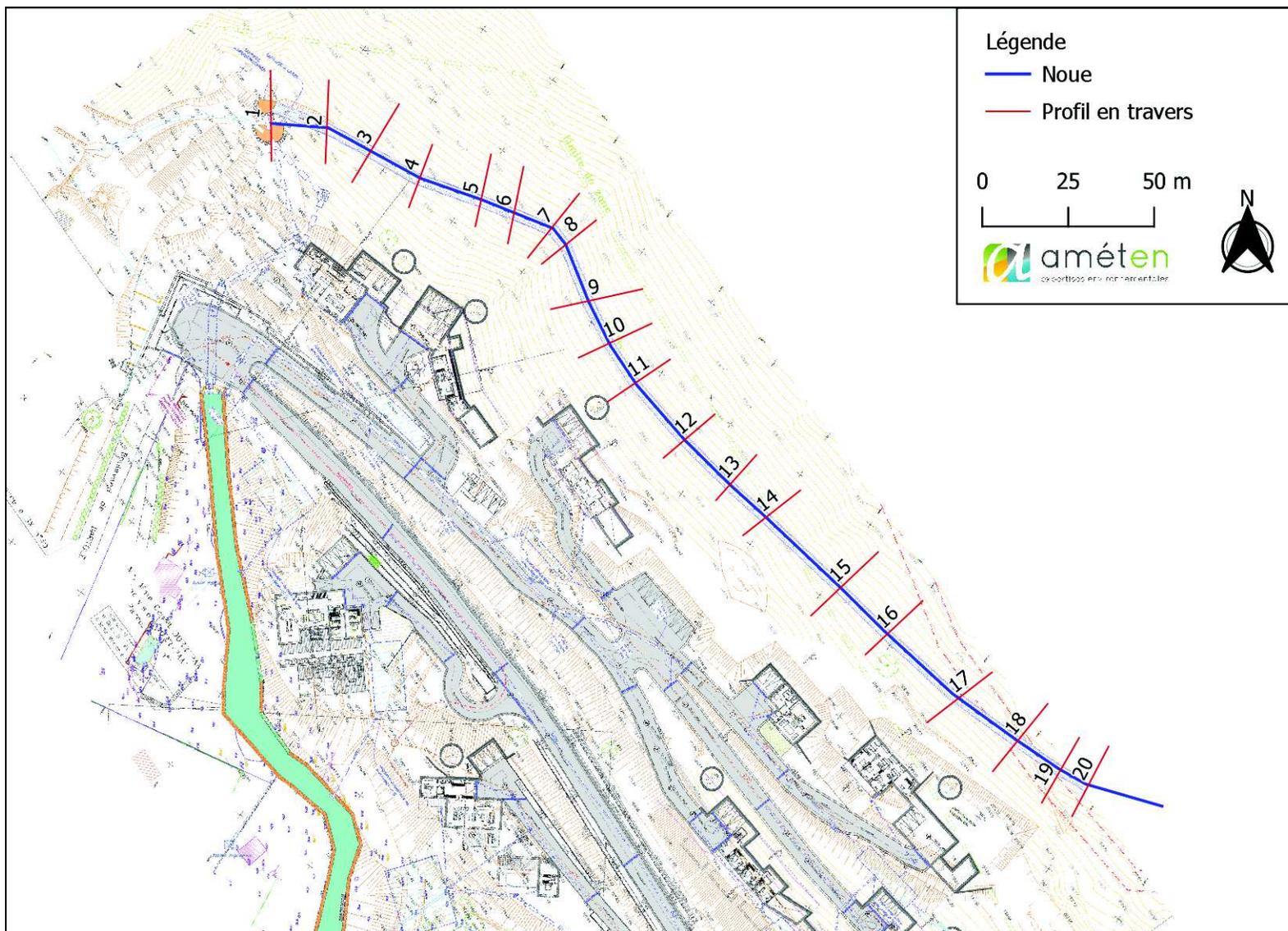


Figure 23 : Tracé rectifié de la noue

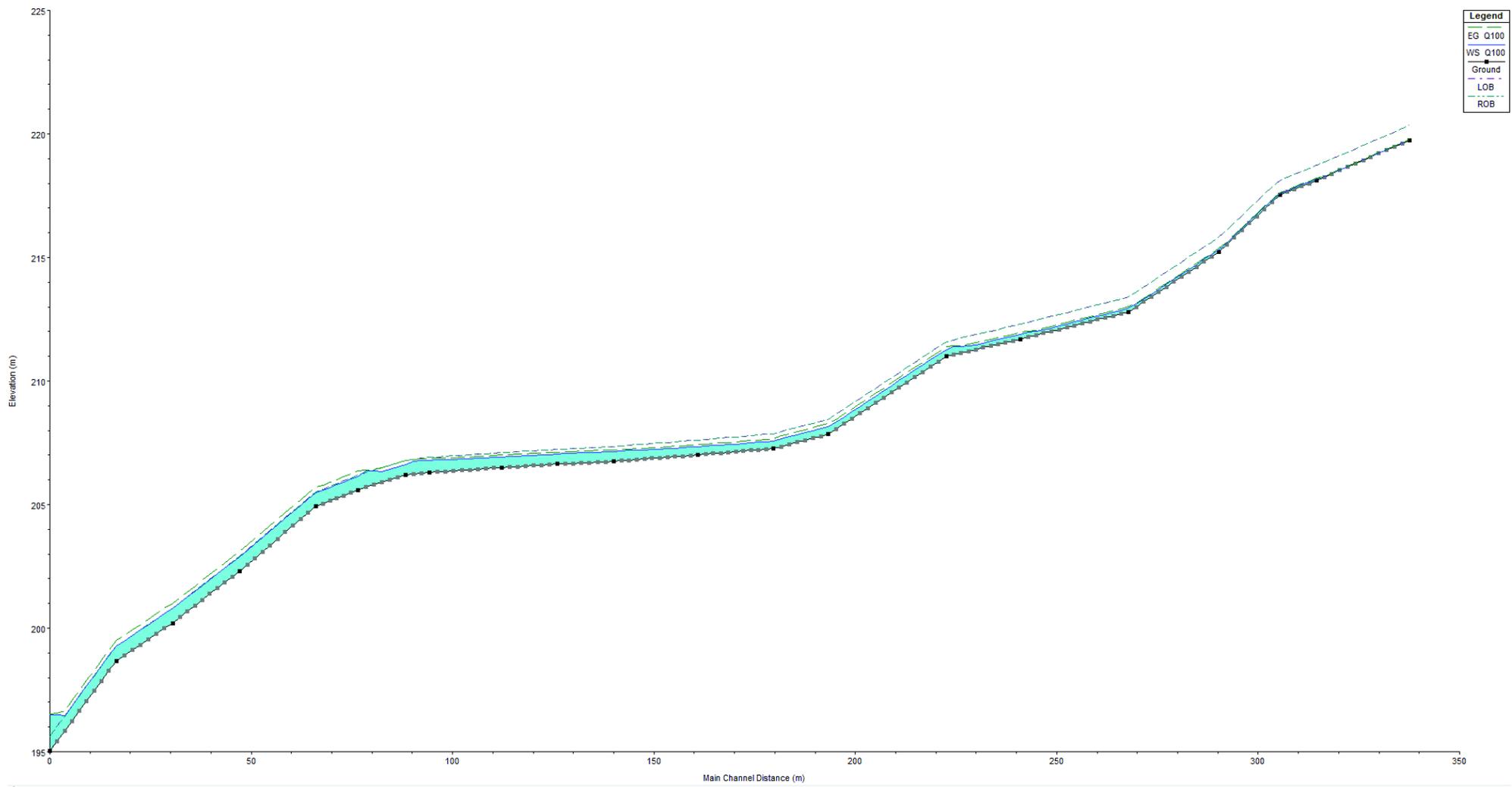
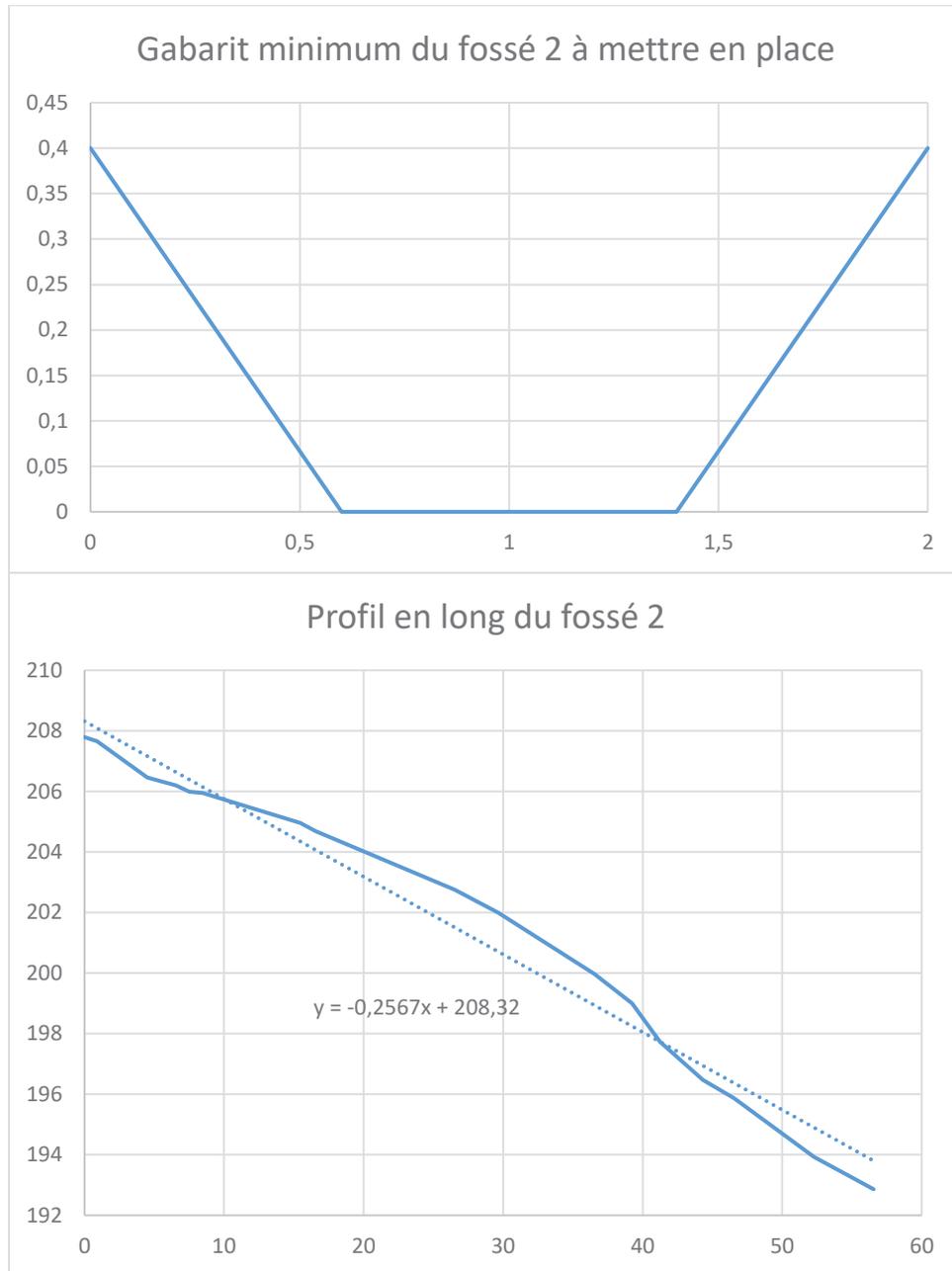


Figure 24 : Modélisation de la noue à l'état projet pour un évènement centennal

Pour le fossé 2, le bassin versant collecté est moindre, le débit centennal à l'exutoire est de 300 l/s. Le gabarit minimal pour ce fossé 2 est une géométrie trapézoïdale de fond 0,80 m et de hauteur 0,4 m. En considérant une pente minimum de 15%, on a une revanche d'une vingtaine de centimètres pour un évènement centennal.

Pour un évènement centennal, la vitesse atteint 1,27 m/s.



4 AMENAGEMENT LE LONG DE LA SUANE A L'AVAL DU PROJET

■ Débits de dimensionnement

Avant la mise en place du projet et des mesures compensatoires concernant la gestion des eaux pluviales, les débits de projets obtenus à partir de la formule rationnelle sont présentés au Tableau 16.

Nota : Dans un souci de cohérence avec l'état projet, pour l'état actuel, le débit généré par la zone du projet n'est pas calculé avec la formule rationnelle pour une durée de 6 minutes comme sur le reste de la zone mais comme une injection latérale de débit selon la méthode du réservoir linéaire.

Tableau 16 : Débits pour différentes occurrences (m³/s) sans prise en compte du projet

	Amont projet	Aval projet	Chute 1	Allée romantique	Chute 2
S (ha)	11.22	17.84	20.87	26.5	27.28
Q2	1.90	2.78	3.29	4.24	4.38
Q5	3.91	5.76	6.82	8.78	9.06
Q10	5.09	7.52	8.90	11.46	11.81
Q20	6.15	9.07	10.73	13.82	14.25
Q50	6.59	9.77	11.55	14.86	15.32
Q100	8.23	12.18	14.40	18.53	19.10

Avec la mise en place des ouvrages de rétention au droit du projet, les débits sont ceux du Tableau 17.

Ce sont ces débits qui sont utilisés dans l'ensemble de cette partie.

Tableau 17 : Débits de projet (m³/s) avec prise en compte du projet

	Amont projet	Aval projet	Chute 1	Allée romantique	Chute 2
Q2	1.90	2.52	3.03	3.99	4.12
Q5	3.91	5.15	6.20	8.16	8.44
Q10	5.09	6.69	8.07	10.62	10.98
Q20	6.15	8.06	9.72	12.80	13.23
Q50	6.59	8.66	10.44	13.75	14.20
Q100	8.23	10.78	13.00	17.13	17.70

■ Description par tronçon

4.2.1 Tronçon 1 : de la sortie du tronçon situé au droit du projet, jusqu'à l'amont de la chute

Sur ce tronçon, il est prévu 4 aménagements : 3 confortements de berges en gabion et une protection anti-érosion de surface de type Krismer, localisés à la Figure 25.

Concernant les ouvrages de protection de berges (qui furent préconisés par SAGE), des adaptations ont été proposées :

- Equilibrer les volumes de déblais et de remblais dans le lit mineur pour les ouvrages linéaires, de façon à ce que les ouvrages de protection de berge ne diminuent pas la capacité du lit ;
- Concernant la hauteur des murs de gabion, les résultats de la modélisation hydraulique ont été exploités pour leur dimensionnement. Pour une crue centennale, le niveau d'eau atteint 1,30 m maximum sur ce tronçon, et la ligne de charge 1,6 m par rapport au fond du lit. On en

déduit donc que pour le confortement gabion de 40m de long en rive gauche, une protection sur une hauteur de 2 m est donc suffisante.

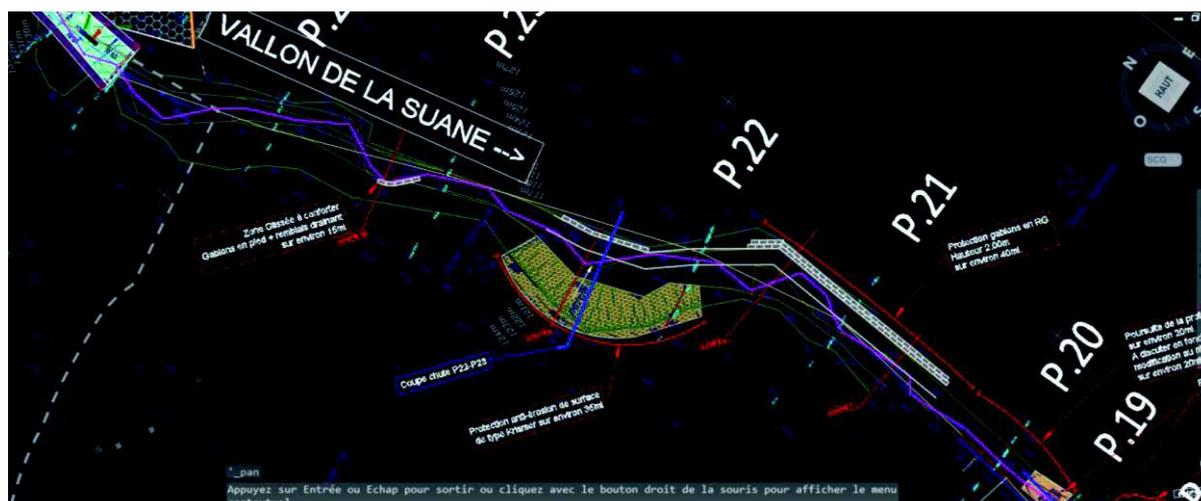


Figure 25 : Aménagements proposés sur le tronçon de l'aval du projet jusqu'à l'amont de la chute

4.2.2 Tronçon 2 : chute

Au niveau de la chute réside deux points noirs :

- La présence en rive droite d'un mur accidenté basculé vers le centre du lit qui gêne l'écoulement de la Suane ;
- La faible capacité hydraulique de la Suane, avec une largeur de lit diminuée (probablement par les travaux de remblai effectués en rive droite) et la végétation très dense qui couvre et obstrue le cours d'eau.

Au vu de ces constats, nous proposons les aménagements suivants (Figure 26) :

- La dépose du mur basculé ;
- L'élargissement du lit afin de lui redonner des conditions d'écoulement plus naturelles ;
- Le confortement en gabion des nouvelles berges élargies ;
- La protection du fond du lit en matelas Reno, en amont et en aval de la chute sur 5ml, revêtus par des géotextiles plantés d'un mélange de graines adapté.

Un calcul a été effectué et a permis de déterminer la longueur minimale de la protection aval pour la dissipation de l'énergie, qui doit être égale à 3 m.

Fil d'eau amont	107.18 m
Fil d'eau aval	104.41 m
Niveau critique amont	108.72 m
Niveau critique aval	106.01 m
Hauteur critique amont	1.54 m
Hauteur critique aval	1.60 m
Surface mouillée amont	5.42 m ²
Débit	13,0 m ³ /s
Vitesse amont	2.82 m/s
Hauteur de chute Z	2.75 m

Perte de charge totale	2.69 m
Abscisse point d'inflexion de la ligne de charge	1.48 m
Longueur minimale de la chambre de chute	2.96 m

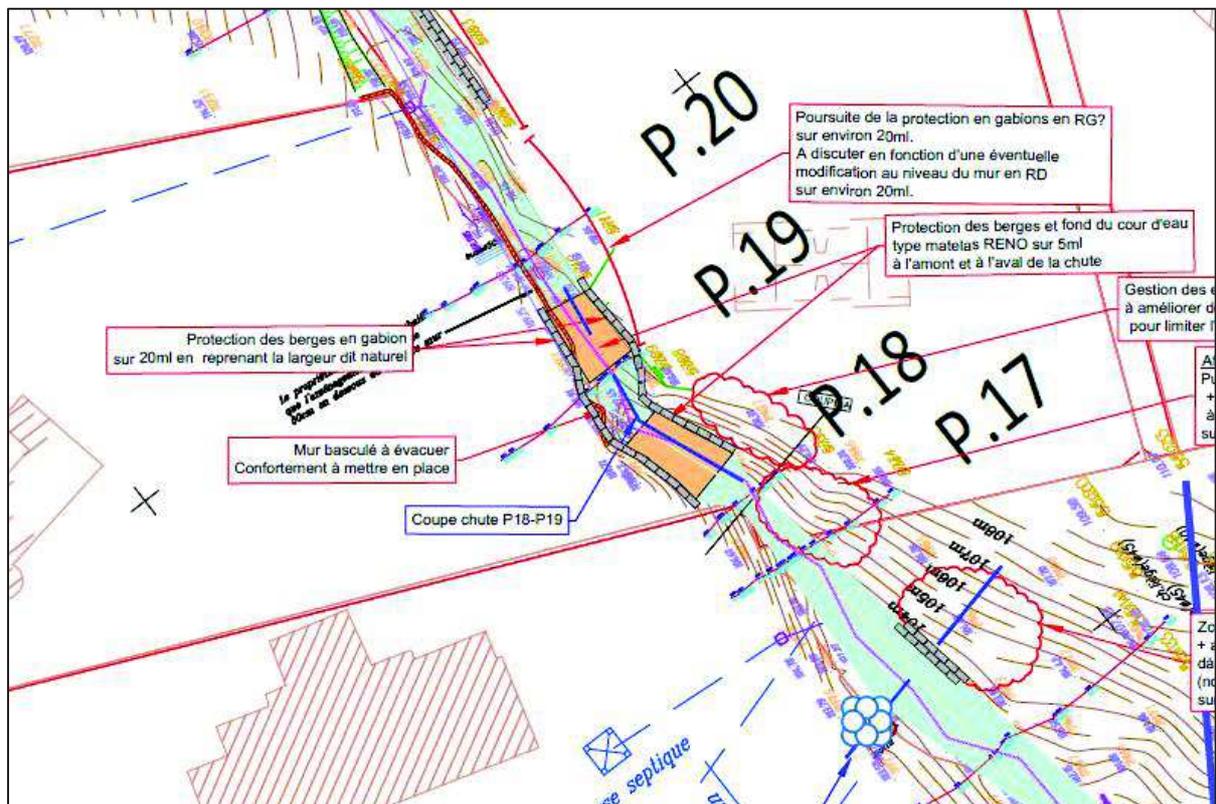


Figure 26 : Aménagements proposés au niveau de la chute

4.2.3 Tronçon 3 : de l'aval de la chute jusqu'à l'amont de l'allée romantique

Sur ce tronçon, il est prévu un confortement de berge en gabion de 10ml (Figure 27), localisé tout en amont du tronçon, afin de stabiliser une zone glissée en rive gauche et de stabiliser le rejet d'un petit chenal. Une échancrure dans le gabion pourra être réalisée afin de faciliter l'arrivée des écoulements de ce petit chenal dans la Suane.

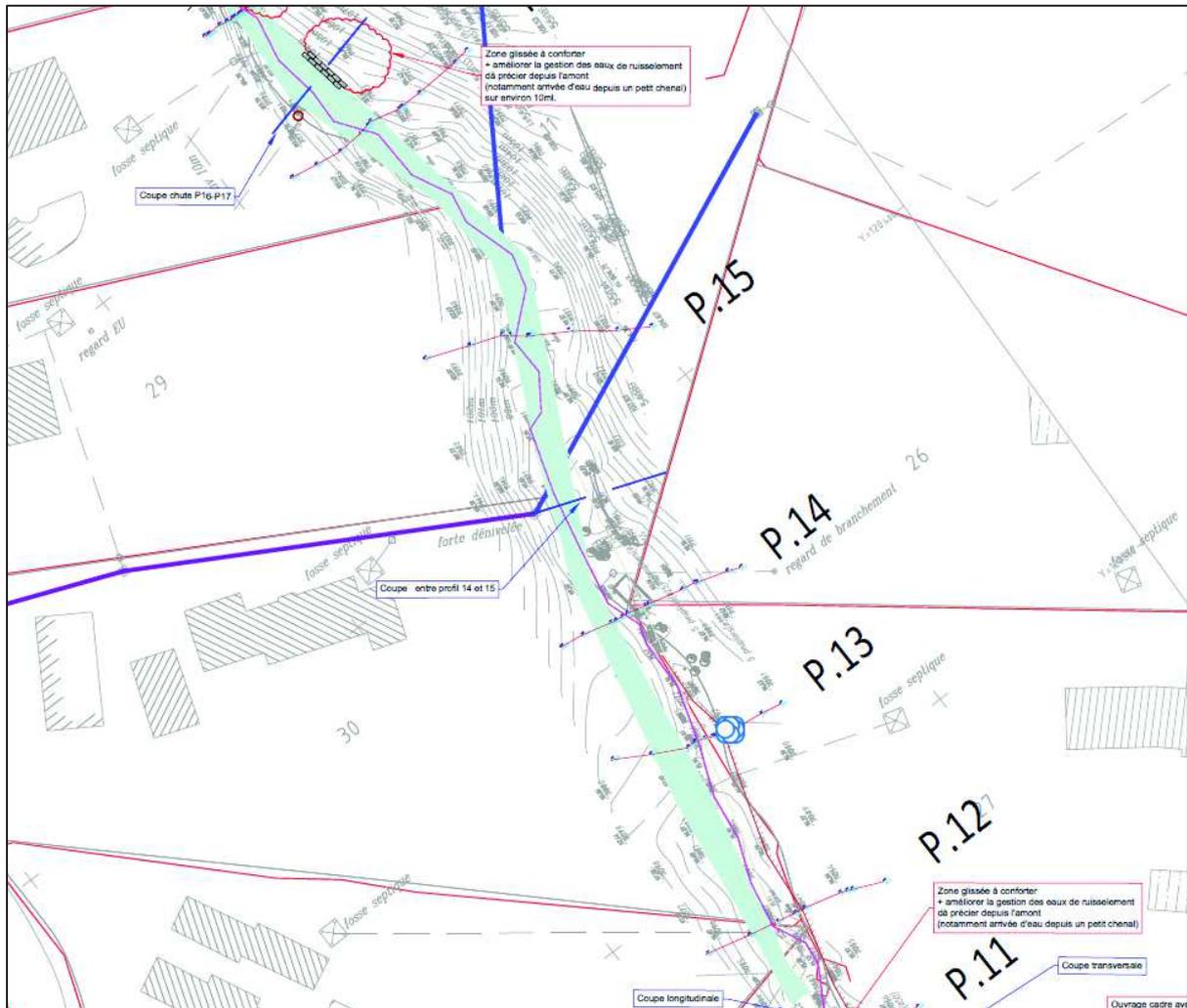


Figure 27 : aménagement prévu sur le tronçon entre l’aval de la chute et l’amont du pont de l’Allée Romantique

Observations

Sur ce tronçon, lors de la visite de site d’Avril 2017, deux profils en travers et un profil en long ont été réalisés à l’aide d’un appareil de nivellement laser (Rugby LEICA – cf. Figure 28).



Figure 28 : Levé du profil TGP – photographie de l’appareil de mesure laser

Le recalage altimétrique approximatif de ces profils nommés TGP et TGP2 a permis de comparer ces données avec les profils en long et en travers interpolés réalisés dans le cadre du projet en juin 2015 (cf. Figure 29, Figure 30 et Figure 31).

Les observations directes de terrain ainsi que cette analyse topographique ont permis de mettre en évidence une incision du fond du lit du cours d'eau, à l'amont de l'allée romantique jusqu'à l'affleurement rocheux au profil 16. On observe en effet un lissage de la pente du profil en long qui suggère que cette érosion tend vers un rétablissement de la pente d'équilibre. Cette évolution peut être rattachée à l'augmentation de la capacité de la buse sous l'allée romantique ayant été mise en place entre ces deux dates.

La pente mesurée entre le profil 16 et le point intermédiaire quelques mètres en amont de la buse est de 5 %. Elle est considérée comme la pente d'équilibre sur ce tronçon.

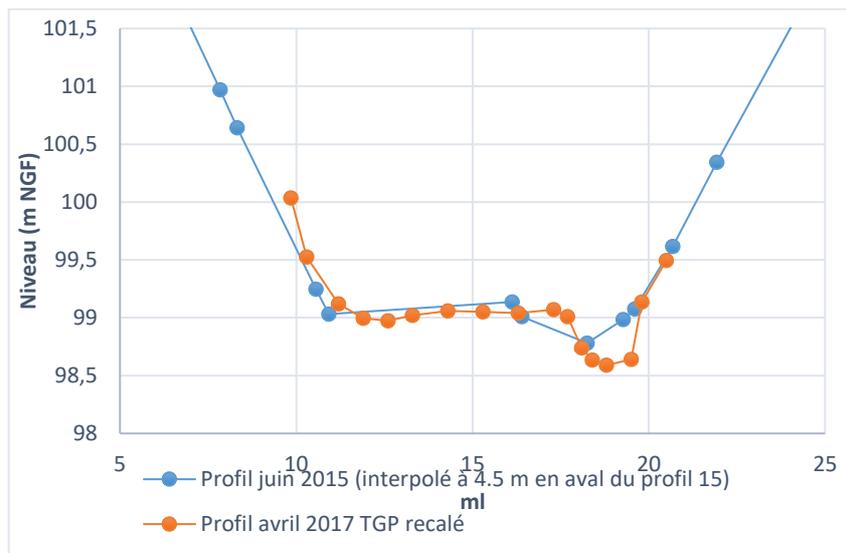


Figure 29 : Comparaison du profil en travers TGP entre juin 2015 et avril 2017

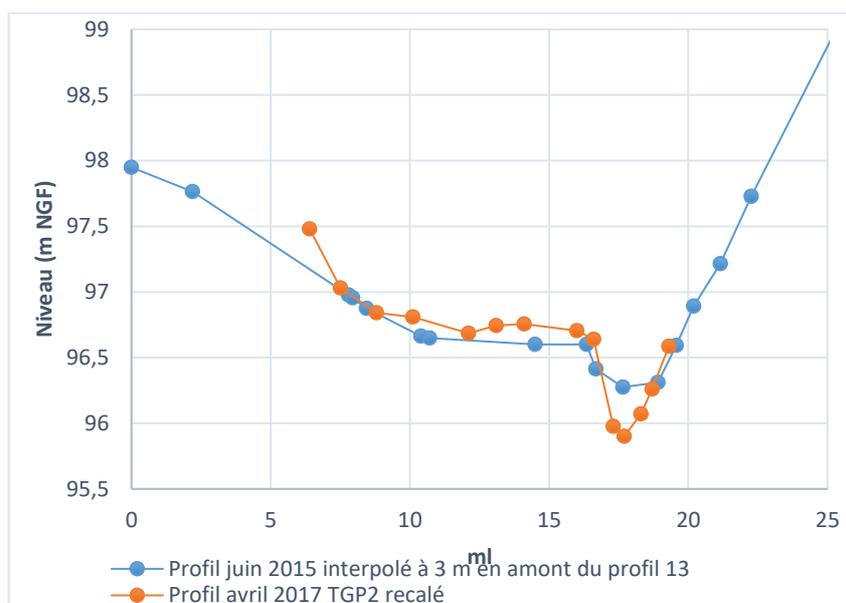


Figure 30 : Comparaison du profil en travers TGP2 entre juin 2015 et avril 2017

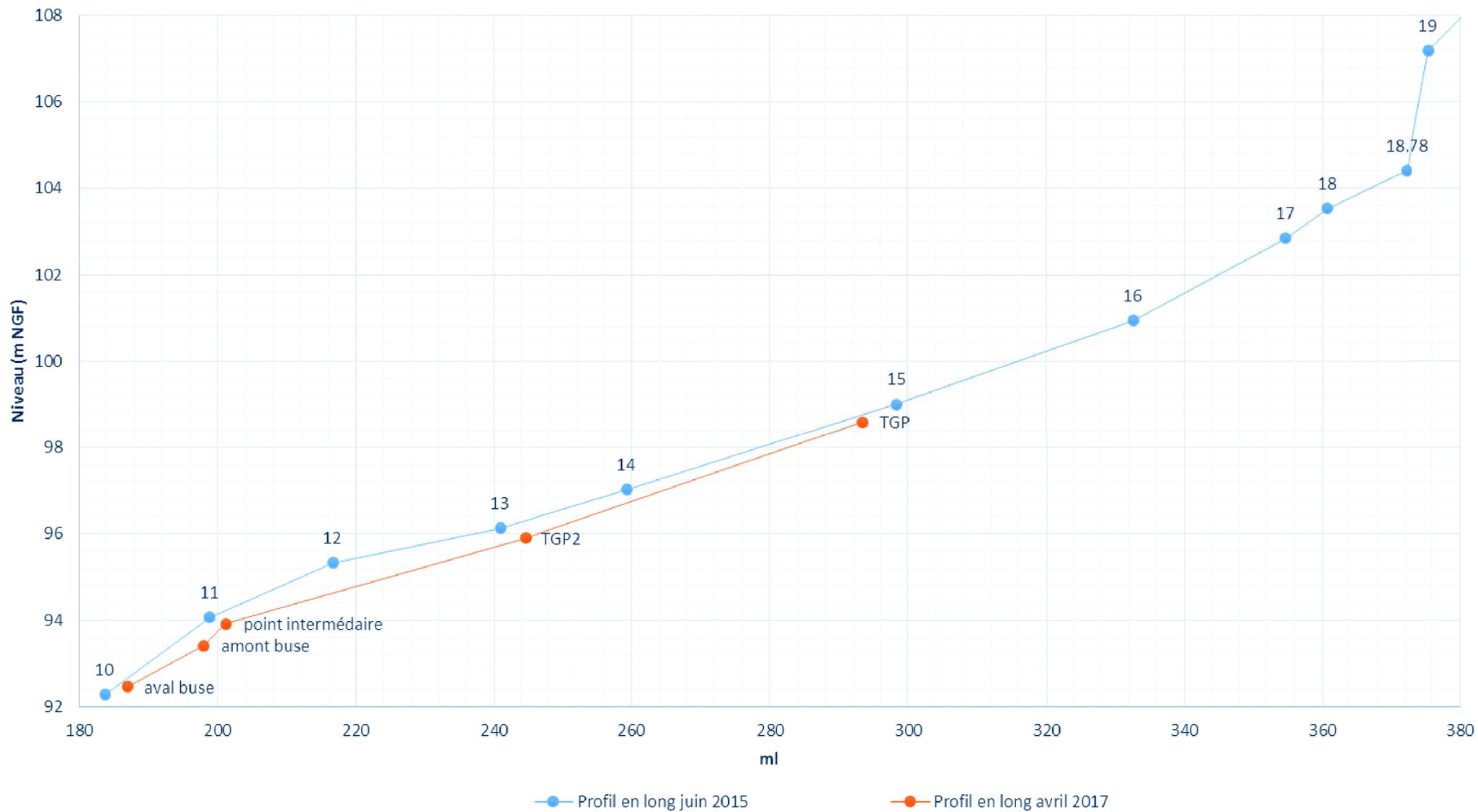


Figure 31 : Comparaison du profil en long sur la partie aval du tronçon T3 entre juin 2015 et avril 2017

Plusieurs gabarits ont été mesurés le long du tronçon :

Abcisse curviligne	Largeur lit mineur	Largeur lit moyen	Hauteur des berges
5.4	1.8	9.4	1
11.1	3.94	9.9	0.9
17.5	4.64	9.64	1.6
27	3.4	12.9	0.9
34.7	2.6	10.97	1.15
47.3	2.05	10.15	0.75
54	1.34	8.04	0.5
61.4	2.55	10.15	0.7
70.4	2.8	7.8	0.6
79.4	1.4	5.6	0.45
92.9	2.3	8.5	0.6
100.2	2.6	8.9	0.6

L'altitude du lit moyen est a priori inchangée depuis 2015.

Les niveaux du fond du lit mineur sont à conserver, le lit moyen pourra évoluer pour tendre vers le gabarit type suivant. En effet, ce gabarit permet le passage dans le lit mineur du débit de plein bord (débit biennal généré par un orage de durée 15 minutes).

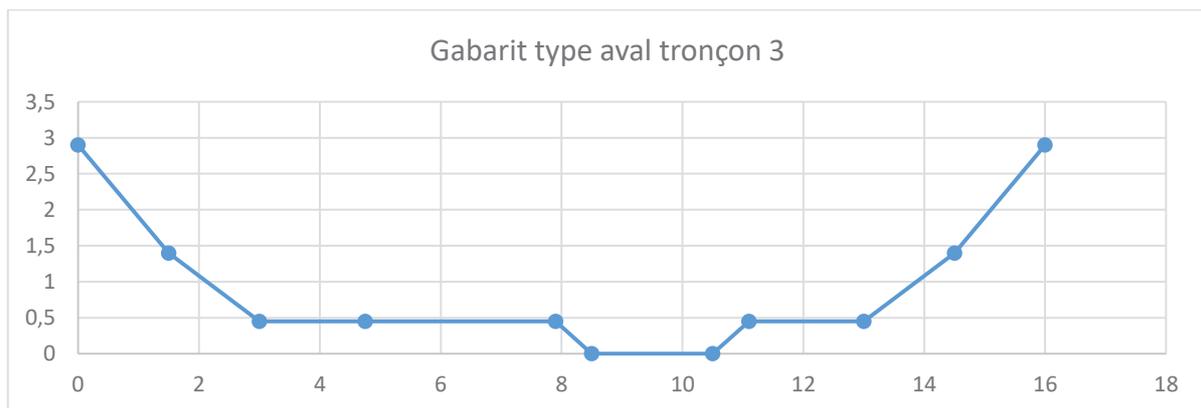


Figure 32 : Gabarit type tronçon 3 aval

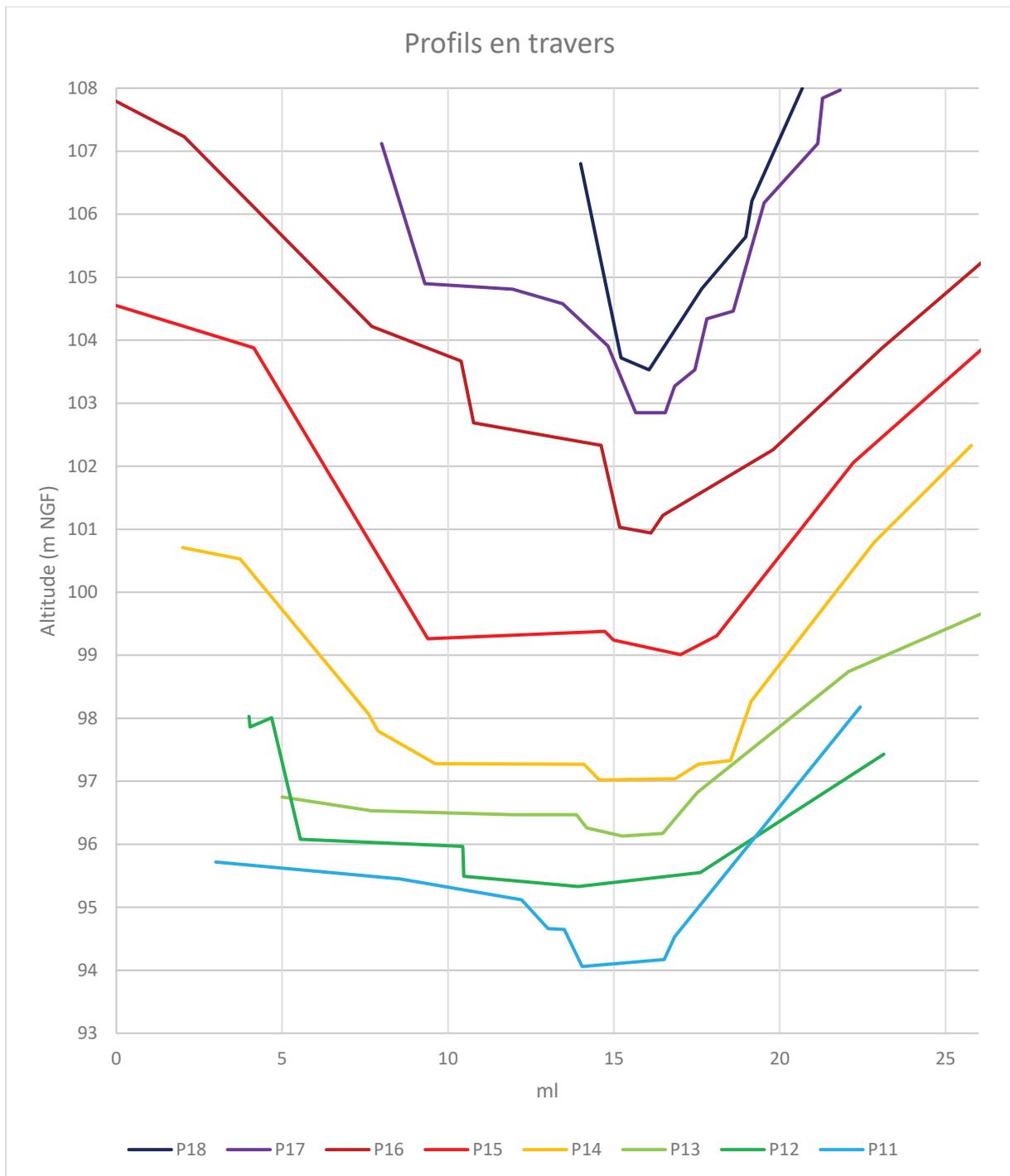


Figure 33 : Profils en travers relevés en 2015

4.2.4 Tronçon 4 : l'allée romantique

Observations (rappel de l'historique)

Le passage de la Suane sous l'Allée Romantique subit des dommages réguliers à chaque crue (cf. Figure 34). Il est proposé de pérenniser cet ouvrage par la mise en place d'un cadre béton.



Figure 34 : Passage sous l'allée romantique le 15 juillet 2015 (à gauche partie amont – à droite partie aval)

La visite de site d'Avril 2017 avait permis de constater que suite à la rupture de la réparation temporaire du passage à gué de l'allée romantique alors équipé d'une buse phi 800 (cf. Figure 34), un nouvel aménagement temporaire d'une capacité augmentée avait été mis en place avec une conduite phi 1000 (cf. Figure 36).



Figure 35 : l'allée romantique le 29 Avril 2015



Figure 36 : l'allée romantique le 13 avril 2017

C'est cet aménagement avec un équipement d'une buse phi 1000 qui a servi de référence pour la modélisation de l'état initial.

Une mise à jour de la modélisation hydraulique a été réalisée sur la base des mesures réalisées lors de la visite de site. Cette mise à jour a consisté en un recalage du profil en long et des profils en travers à l'amont de l'allée romantique, ainsi que de la géométrie de l'ouvrage de franchissement sous l'allée romantique.

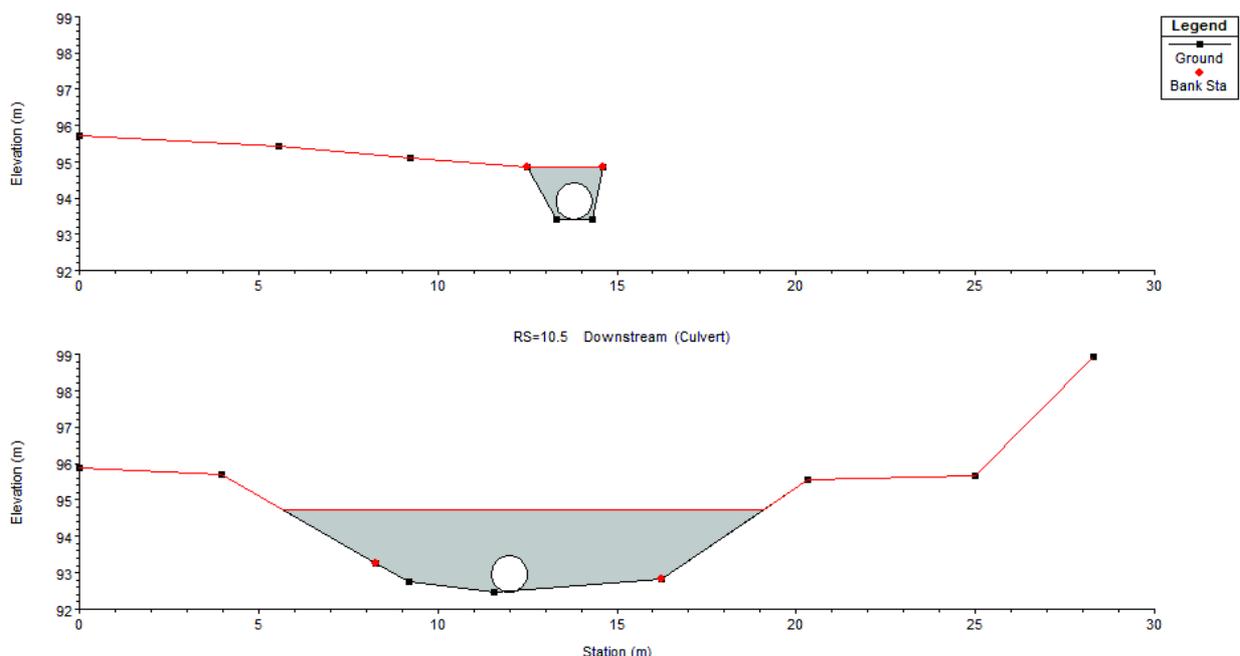


Figure 37 : Mise à jour de la géométrie de l'ouvrage de franchissement et des profils en travers

Dans cette configuration « actuelle », la modélisation permet de constater que la buse déborde dès un évènement biennal.

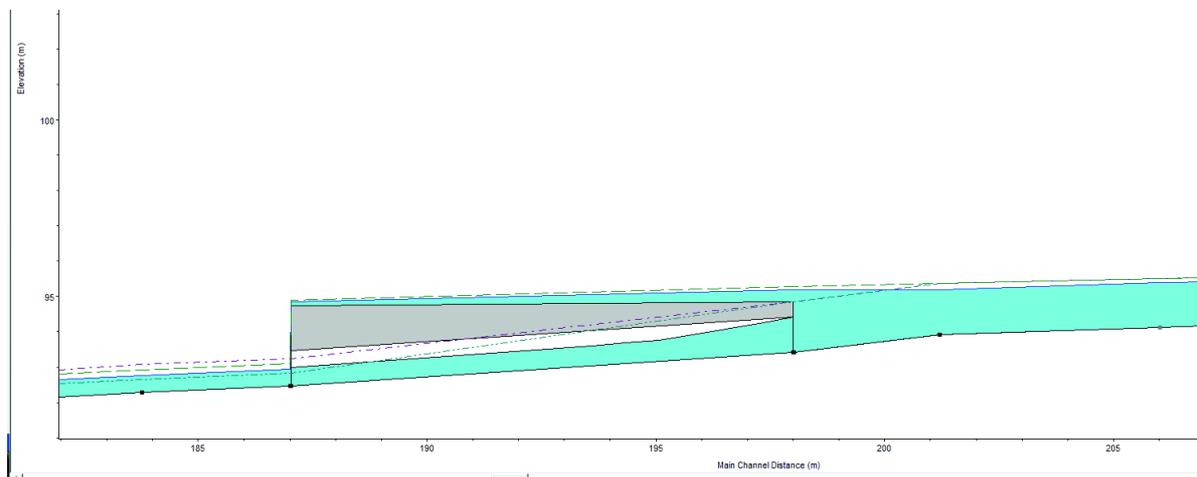


Figure 38 : Extrait du visualiser de résultats du modèle au droit de l'allée romantique pour un débit biennal

Préconisations :

Cette allée constituant une desserte secondaire des habitations, un aménagement submersible pour des crues moyennes est envisageable. Le gabarit de l'ouvrage devra être adapté à la morphologie de la Suane en fonction des profils topographiques disponibles dans les abords immédiats pour ne pas créer un élargissement brusque qui favoriserait les dépôts.

Deux simulations ont été réalisées pour pérenniser cet ouvrage :

- deux buses de 1000 mm de diamètre. En effet, cette solution, avec un décalage des fils d'eau en entrée de chacune des buses, permettrait de favoriser l'autocurage pour les bas débits pour lesquels seule la buse de fond serait mobilisée ;
- un dalot de 2 m de large et 1,15 m de hauteur. Cette solution utilise la pleine capacité de la section. En effet, il est préférable de ne pas élargir le fond du lit par rapport au profil « équilibre » en amont pour éviter le dépôt dans le cadre. La largeur maximale est donc de 2 mètres. Par ailleurs, afin de ne pas augmenter la cote de la route (et donc éventuellement l'aléa pour les fortes crues) et de maintenir le fil d'eau amont, la hauteur de 1,15 m correspond à la hauteur maximale disponible en conservant une épaisseur de 30 cm entre le tablier et le revêtement de la route.

Pour rappel, les débits de crue au droit de l'allée romantique au stade projet sont les suivants :

Tableau 18 : Débits de projet (m³/s) avec prise en compte du projet

	Amont projet	Aval projet	Chute 1	Allée romantique	Chute 2
Q2	1.90	2.52	3.03	3.99	4.12
Q5	3.91	5.15	6.20	8.16	8.44
Q10	5.09	6.69	8.07	10.62	10.98
Q20	6.15	8.06	9.72	12.80	13.23
Q50	6.59	8.66	10.44	13.75	14.20
Q100	8.23	10.78	13.00	17.13	17.70

On constate que la mise en place de deux canalisations phi 1000 en parallèle ne permet pas de faire passer le débit biennal.

La mise en place d'un dalot de 2 m de large et 1,15 m de hauteur permet le passage d'un débit de 4,74 m³/s, soit un débit compris entre la biennale et la quinquennale.

Cette configuration permet le passage des deux canalisations d'eau usée phi 200 sous la route côté aval avec une couverture de 40 cm (cf. Figure 39).

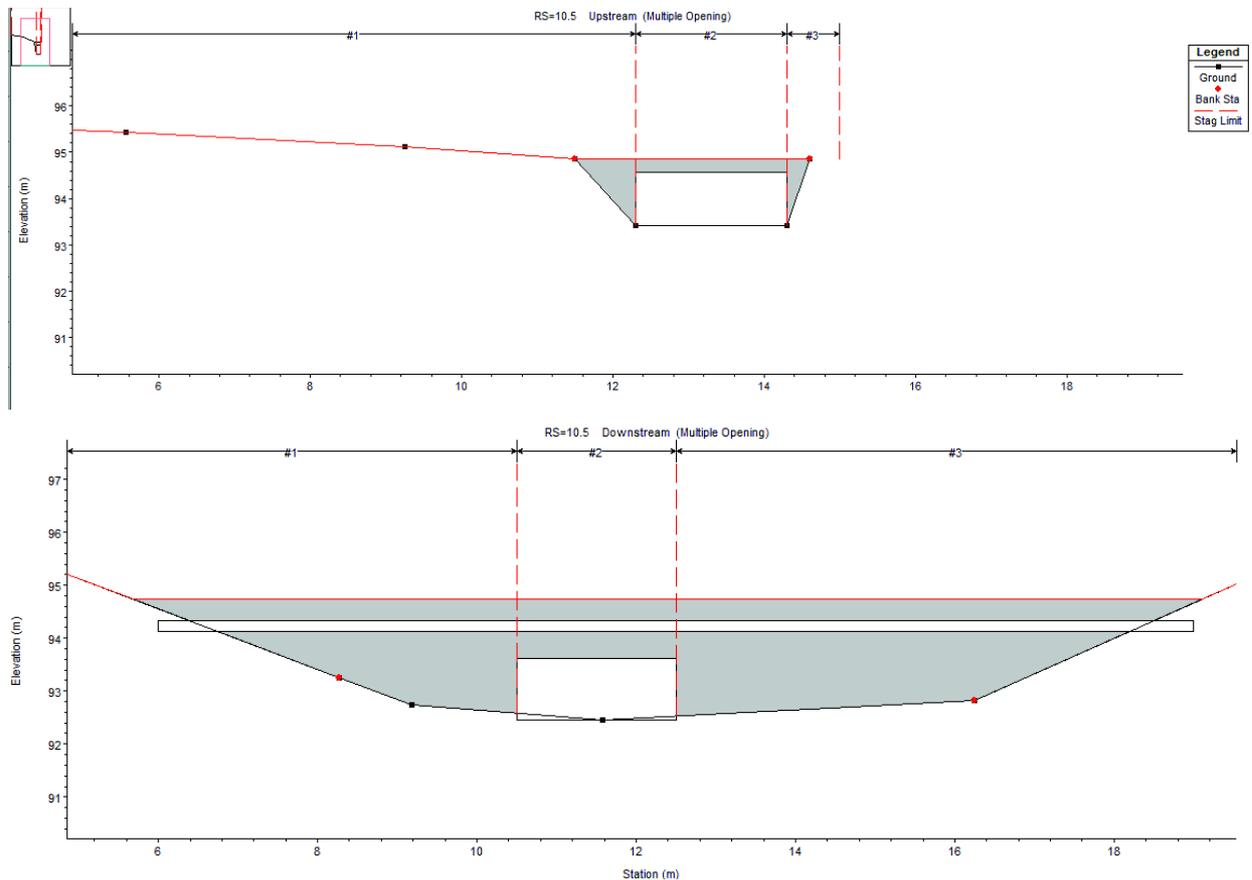


Figure 39 : Section amont et aval de l'ouvrage à mettre en place

La hauteur d'eau amont a été calculée en fonction de la hauteur critique qui s'établit dans l'ouvrage (on a un fonctionnement en régime torrentiel) selon la formule suivante :

$$h_{am} = y_c + ke \cdot \frac{V_e^2}{2 \cdot g}$$

y_c est la hauteur dans l'ouvrage (hauteur critique), ke est le coefficient d'entonnement qui vaut 0,5 ici, V_e est la vitesse à l'entrée de l'ouvrage égale au ratio du débit sur la surface mouillée en entrée.

Cette hauteur est de 1,45 m avant qu'il ne se produise un débordement.

Tableau 19 : Calcul du débit capable du cadre sous l'allée romantique

Largeur du cadre L_{cadre}	2 m
Hauteur du cadre h_{cadre}	1,15 m
Pente i	8 %
Fonctionnement à l'aval de l'ouvrage et dans l'ouvrage	Torrentiel
Hauteur critique dans l'ouvrage y_c	0,83 m
Surface mouillée S_m	1,66 m ²
Largeur au miroir L_m	2 m
Débit Q	4,74 m ³ /s
Vitesse dans l'ouvrage V	2,85 m/s
Hauteur d'eau à l'amont H_{am}	1,45 m

Le tableau suivant présente les vitesses :

- dans le bief en amont du passage de l'allée romantique avec une pente de 5 %, pour lequel le profil 12 est représentatif ;
- sur les 3 ml en amont immédiat du passage de l'allée romantique où on a une pente d'environ 15 %, au profil 11 ;
- dans le cadre de 2*1,15 m.

Débit		Vitesse profil 12 (bief amont)	Vitesse profil 11 (mise en vitesse)	Vitesse dans le cadre
courant	1 m ³ /s	1,59 m/s	1,90 m/s	1,70 m/s
Q2	3,99 m ³ /s	2,03 m/s	2,70 m/s	2,69 m/s
Q capable	4,74 m ³ /s	2,11 m/s	2,81 m/s	2,85 m/s

On constate que les vitesses dans le bief en amont de l'allée romantique (profil 12) sont inférieures aux vitesses calculées dans l'ouvrage. En revanche, avec l'augmentation de pente à l'aval du profil 11, les vitesses sont similaires à l'amont immédiat et dans l'ouvrage. Il est donc intéressant de conserver cette configuration en la pérennisant par un ouvrage de mise en vitesse.

Un entonnement en matelas Reno pour un rattrapage progressif des berges sera mis en place sur 5 ml en amont et en aval du cadre.

Le tableau suivant présente les vitesses limites et les vitesses critiques pour le dimensionnement de ces matelas. Avec des vitesses inférieures à 3 m/s à l'amont, à l'aval, et dans l'ouvrage on voit que tous les types de matelas Reno fonctionnent.

Type	Epaisseur (m)	Pierre de remplissage		Vitesse critique * (m/s)	Vitesse limite ** (m/s)
		Granulométrie (mm)	D ₅₀ (mm)		
Matelas Reno	0,15 – 0,17	70 – 100	85	3,5	4,2
		70 – 150	110	4,2	4,5
	0,23 – 0,25	70 – 100	85	3,6	5,5
		70 – 150	120	4,5	6,1
	0,30	70 – 120	100	4,2	5,5
		100 – 150	125	5,0	6,4
Gabions	0,50	100 – 200	150	5,8	7,6
		120 – 250	190	6,4	8,0

*Vitesse à laquelle le revêtement oppose une résistance encore sûre avec absence de mouvement de la pierraille à l'intérieur

**Vitesse à laquelle le matelas subit de légères déformations dues au tassement de la pierraille

Le raccordement entre les matelas et les berges pourra être réalisé avec des gabions boîtes, emboîtés dans le talus sans possibilité de contournement.

Fig. 14 - Emboîtement en gradins d'une largeur de 1,00 m - 2,00 m réalisé en gabions façonnés lors de la pose.

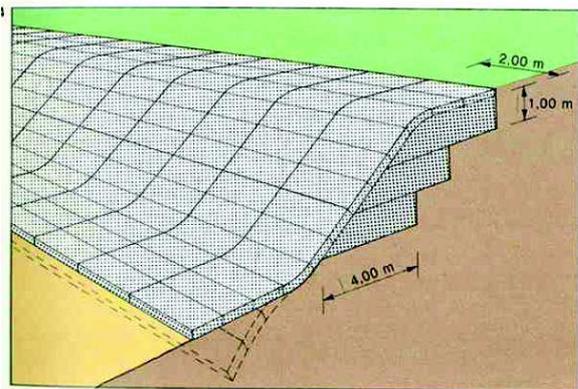
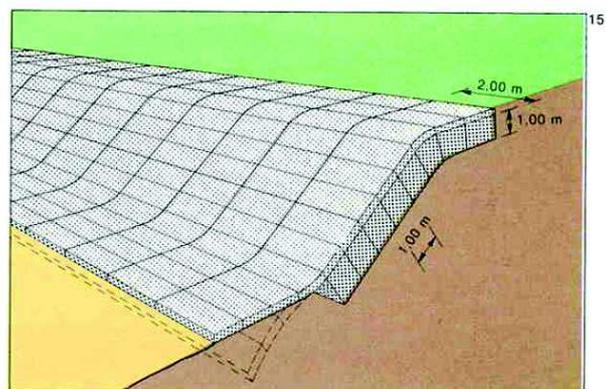


Fig. 15 - Emboîtement continu d'une largeur de 2,00 m réalisé en gabions.



Pour une crue supérieure à l'occurrence de dimensionnement, un stockage de sédiment peut avoir lieu à l'amont de l'ouvrage. Il faut alors curer l'amont de l'ouvrage et restituer les sédiments à l'aval.

Finalement, les préconisations techniques pour cet ouvrage sont les suivantes :

- cadre béton de 2*1,15 m avec une pente de 8 % ;
- ouvrage amont de mise en vitesse et de protection de berges par matelas Reno sur 5 ml et mise en vitesse sur 3 ml avec une pente de 15 % ;
- coursier en aval pour rattrapage progressif et protection des berges par matelas Reno sur 5 ml ;
- curage de l'amont de l'ouvrage tous les 6 mois et après chaque crue morphogène et restitution des sédiments à l'aval.

4.2.5 Tronçon 6 : aval de l'allée romantique

Les aménagements réalisés à l'amont n'auront pas d'impact sur le fonctionnement du tronçon 6 en termes d'hydraulique (hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement).

De plus, l'augmentation du gabarit de l'allée romantique va permettre une amélioration de la continuité sédimentaire ce qui a une incidence positive sur ce tronçon.

ANNEXES

ANNEXE 1
MISEN



MISSION INTER-SERVICES DE L'EAU ET DE LA NATURE

Application de l'article L 214-1 du Titre II du Livre III du
Code de l'Environnement

Rubrique 2.1.5.0 :

Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles
ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet,
augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin
naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet dont la
superficie est supérieure à 1 ha

Règles générales à prendre en compte
dans la conception et la mise en œuvre des réseaux et ouvrages
pour le département du Var

Janvier 2014

Préambule

Le principe des techniques compensatoires a pour objectif de rendre l'urbanisation sans effet vis-à-vis des phénomènes pluvieux. Le dossier loi sur l'eau doit évaluer l'incidence du projet sur l'eau et les milieux aquatiques en respect de l'article L.211-1 du code de l'environnement.

Le pétitionnaire est responsable et tenu de respecter les valeurs et engagements annoncés dans le dossier de demande (calculs, dimensionnement, mesures compensatoires...). L'obtention de l'autorisation ou de l'accord sur la déclaration constitue un préalable à tout commencement des travaux.

A tout moment, les agents chargés de la police de l'eau et des milieux aquatiques auront libre accès au chantier et aux ouvrages après leur réalisation et pourront effectuer des contrôles.

Réglementation et implantation

La rubrique **2.1.5.0** de l'article R.214-1 du code de l'environnement concerne les rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :

- **supérieure ou égale à 20 ha** : il s'agira d'une procédure **d'autorisation** ;
- **supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha** : il s'agira d'une procédure de **déclaration**.

D'une façon générale, l'implantation des réseaux et ouvrages doit prendre en compte les spécificités environnementales locales, à savoir :

- éviter les zones d'intérêt écologique, floristique et faunistique existantes dans le milieu terrestre comme aquatique (préservation des écosystèmes aquatiques),
- ne pas engendrer de dégradation de la qualité des eaux superficielles et souterraines (objectif de protection des eaux) et satisfaire aux exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable,
- ne pas perturber l'écoulement naturel des eaux susceptible d'aggraver le risque d'inondation à l'aval comme à l'amont.

Pour les projets situés dans ou à proximité des sites Natura 2000, si le rejet des eaux pluviales est susceptible d'avoir un impact sur une zone Natura 2000, le dossier comportera une évaluation des incidences sur les espèces et habitats concernés dont le degré de précision sera adapté à l'incidence du projet sur la zone Natura 2000.

Les autres compatibilités qui sont à vérifier concernent notamment les :

- objectifs environnementaux fixés par la DCE,
- les SDAGE et/ou SAGE,
- les arrêtés de protection des captages d'eau destinés à la consommation humaine,
- les réserves naturelles,
- les arrêtés de protection de biotopes,
- la directive habitat,
- les zonages relatifs aux eaux pluviales établis conformément à l'article L.2224-10 du code général des collectivités territoriales,
- les Plans de Prévention des Risques,
- les Plans Locaux d'Urbanisme et les Schémas de Cohérence Territoriale.

L'incompatibilité avec l'un de ces documents est un motif de rejet de la demande (opposition à déclaration).

Les ouvrages prévus dans le cadre du projet seront implantés, réalisés et exploités conformément aux plans et données techniques figurant dans le dossier et aux compléments apportés à l'issue de la procédure d'instruction.

Aspect quantitatif

↳ **Dimensionnement du réseau interne de collecte des eaux pluviales :**

- ^ En l'absence de spécifications locales particulières, le niveau de performances à atteindre correspond au minimum à la norme NF EN 752.2 relative aux réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments (performance à atteindre en terme de fréquence d'inondation).
- ^ Les eaux de ruissellement seront collectées par un réseau gravitaire de canalisations et/ou de noues permettant le transit sans mise en charge ni débordement d'un débit correspondant à un événement pluvieux de période de retour d'au moins 10 ans.

Fréquence de mise en charge (mise sous pression sans débordement de surface)	Lieu	Fréquence d'inondation Débordement des eaux collectées en surface, ou impossibilité pour celles-ci de pénétrer dans le réseau
1 par an	Zones rurales	1 tous les 10 ans
1 tous les 2 ans	Zones résidentielles	1 tous les 20 ans
1 tous les 2 ans 1 tous les 5 ans	Centres villes / Zones industrielles ou commerciales - si risque d'inondation vérifié - si risque d'inondation non vérifié	1 tous les 30 ans
1 tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 tous les 50 ans

- ^ Si des spécifications locales particulières sont à atteindre en terme de performance, et identifiées par un plan Local d'Urbanisme, un Plan de Prévention des Risques ou une étude hydraulique spécifique, la Fréquence d'inondation/débordement prise en compte sera alors la période de retour préconisée dans ces documents.
- ^ **Quel que soit le cas : la section retenue pour les ouvrages sera cohérente avec les sections amont et aval, afin d'assurer une continuité hydraulique. Notamment le réseau en aval ne doit pas être saturé avant le réseau en amont de l'opération.**
- ^ Le réseau de collecte doit être conçu, réalisé, entretenu et exploité de manière à éviter les fuites, les entrées d'eaux parasites et les apports d'eaux usées, notamment dans les zones présentant une forte sensibilité vis-à-vis des ressources en eau souterraines et dans les zones à forte pente ou pour lesquelles la stabilité des talus de remblais ou de déblais l'exigerait.

- ^ **Toute aggravation des débits de pointe, y compris celle générée par les canalisations, sera compensée.**
- ^ De façon générale, les réseaux dans le sens de la plus forte pente sont à éviter. En cas de pente trop forte des terrains et notamment sur des sols sensibles aux phénomènes d'érosion, des aménagements complémentaires de ralentissement de la vitesse de l'eau devront être mis en œuvre.
- ^ **Les écoulements de surface, après saturation des réseaux de collecte et pour des événements pluvieux exceptionnels (événement historique connu ou d'occurrence centennale si supérieur), seront dirigés de manière à ne pas mettre en péril la sécurité des biens et des personnes.**

↪ Compensation à l'imperméabilisation des sols, rejet et écrêtement des débits

- ^ La surface imperméabilisée à compenser sera prise égale à la surface d'emprise maximale au sol des constructions imposée dans le règlement du lotissement ou dans la PAZ (pour les documents d'urbanisme couverts par une ZAC) augmentée de la surface des équipements internes aux lots (voies internes, terrasses, piscines, etc...) et des équipements collectifs (voies, trottoirs, parkings, giratoires, etc). **La surface minimale imperméabilisée forfaitaire par lot pour une construction individuelle sera de 200 m².**
- ^ Avant rejet dans les eaux superficielles, toutes les eaux de ruissellement en provenance des secteurs imperméabilisés transiteront par des dispositifs de rétention conçus selon les critères suivants : *(à l'exception des rejets directs en mer pour lesquels les critères seront fixés au cas par cas par les services de police de l'eau compétents).*

- **Calcul de la compensation des surfaces imperméabilisées**

Les volumes de compensation à l'imperméabilisation à prévoir sont calculés par les trois méthodes suivantes et on retient la valeur la plus contraignante (le dossier doit présenter le calcul pour toutes les méthodes) :

- **volume de rétention d'au minimum 100 L/m² imperméabilisé**, augmenté de la capacité naturelle de rétention liée à la topographie du site assiette du projet (cuvette), si elle est supprimée,
- préconisations du PLU ou du POS si ces dernières sont **plus contraignantes**,
- méthode de calcul des débits de pointe avant et après aménagement pour une pluie d'occurrence centennale avec utilisation de la méthode de transformation pluie/débit dite du « réservoir linéaire » pour une durée de pluie de 120 mm.

Dans le cas particulier d'enjeux identifiés par l'étude hydraulique, tels l'insuffisance des exutoires à l'aval de l'opération, l'aménagement ne doit entraîner une augmentation **ni** de la fréquence **ni** de l'ampleur des débordements au droit des enjeux identifiés. Les volumes de rétention doivent alors être déterminés en fonction de la fréquence admissible pour le débordement des exutoires à l'aval de l'opération.

- **Rejets à prendre en compte**

Les ouvrages de rétention seront équipés en sortie d'un dispositif permettant d'assurer, avant la surverse par les déversoirs, un rejet ayant un débit de fuite maximum de :

- **débit biennal avant aménagement en cas d'exutoire identifié** (cours d'eau, thalweg ou fossé récepteur)
- **15 L/s/hectare de surface imperméabilisée en cas d'absence d'exutoire clairement identifié, avec un diamètre minimum de l'orifice de fuite de 60 mm.**
- pour les volumes complémentaires retenus, fonctions de la capacité des exutoires et des contraintes imposées propres à chaque opération.

En cas de rejet canalisé avec un orifice de fuite, la fiabilité de l'ouvrage de fuite sera démontrée vis-à-vis du risque de colmatage par les MES ou d'obstruction par les feuille mortes et autres débris.

Le pétitionnaire s'assurera d'obtenir l'autorisation de rejet sur le fonds inférieur.

Le débit de fuite doit être compatible avec les contraintes pratiques de gestion du dispositif impliquant une durée de vidange respectable pour que le système de rétention puisse être fonctionnel lors d'événements pluvieux successifs, et cela pour des raisons de sécurité et de salubrité.

La durée de vidange n'excédera pas 24 heures pour les ouvrages aériens.

Le point de rejet sera aménagé de façon à ne pas faire de saillie dans le lit du cours d'eau, thalweg ou fossé récepteur.

- **Surverse de l'ouvrage de rétention à prévoir**

La surverse de l'ouvrage de rétention sera calibrée et dimensionnée pour permettre le transit du débit généré par un événement exceptionnel (cinq-centennal) sans surverse sur la crête. Celle-ci sera munie de protections et d'un dispositif dissipateur d'énergie à l'aval du déversoir afin d'éviter tout phénomène d'érosion.

- **Présentation des dispositifs retenus**

La conception des ouvrages sera étudiée afin que l'entretien soit facilité et que tout dysfonctionnement soit rapidement détectable.

Afin de permettre une meilleure lisibilité du dossier, les filières retenues seront présentées par un **synoptique des ouvrages, en plan et en coupe, mentionnant les grandeurs caractéristiques des ouvrages**. Pour les ouvrages « en série », un profil hydraulique permettra de valider l'altimétrie du projet.

Un plan de masse du projet sera réalisé avec la localisation de ouvrages de compensation ainsi que les sens d'écoulements et le réseau pluvial, notamment le trajet prévisible des écoulements en cas d'événements

- **Type de rétention autorisé**

Tout type de rétention **visitable, éprouvé et pérenne dans le temps répondant aux exigences de fonctionnement ci-dessus définies**, est autorisé.

Bien qu'intéressants dans une approche de développement durable, **les procédés de rétention de type toitures terrasses et vides sanitaires ne sont pas pris en compte** dans le calcul du volume total stocké, car non visitables. Il en est de même pour les revêtements poreux qui ne seront pas pris en compte dans le calcul des surfaces perméables.

Conformément au décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007, l'attention du pétitionnaire est attirée sur le fait que **tout ouvrage hydraulique d'une hauteur supérieure à 2 mètres prise entre le seuil du déversoir et le terrain naturel sera considéré comme un barrage, et classé à ce titre.**

En cas de projet d'ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales, l'analyse de la faisabilité de l'infiltration des eaux pluviales doit s'appuyer sur les caractéristiques de l'environnement géologique et hydrogéologique, mais également sur l'évaluation des incidences hydrologiques du projet d'aménagement. Cela nécessite de prendre en compte l'importance et la nature des surfaces drainées, croisées avec les surfaces mobilisables pour l'infiltration, les données pluviométriques, les niveaux de services visés pour les pluies faibles, moyennes, etc. Cette analyse requiert des compétences en hydrologie urbaine. Elle relève d'un prestataire spécialisé.

L'attention du pétitionnaire est appelée sur le fait que tout projet avec infiltration des eaux pluviales sera systématiquement soumis à l'avis de l'agence régionale de santé. En cas d'enjeux liés à des ressources en eau souterraines vulnérables, l'avis d'un hydrogéologue agréé peut être exigé aux frais du pétitionnaire.

- **Localisation de la rétention**

En règle générale, **la compensation sera prévue de façon collective** à l'aval hydraulique de l'opération.

La compensation à la parcelle ne sera acceptée que pour des lots à usage industriel ou commercial supérieurs à 3000 m².

Dans ce cas, le pétitionnaire a l'obligation de mettre tous les moyens nécessaires à la parfaite information des futurs acquéreurs sur l'ensemble des contraintes administratives, réglementaires, techniques et juridiques liées à la spécificité du lieu de l'opération. Les futurs acquéreurs éventuels recevront cette information du pétitionnaire dès leurs premières demandes de renseignements.

↳ **Libre écoulement des crues**

En bordure des axes d'écoulement (cours d'eau, fossés, talwegs), les règles de construction imposées par la réglementation de l'urbanisme seront respectées (recul des constructions, transparence hydraulique des clôtures, vides sanitaires,...).

En l'absence de prescriptions spécifiques imposées par les documents d'urbanisme, **un franc bord de 5 mètres non constructible sera instauré a minima en bordure des axes d'écoulement**, sur lequel il ne sera réalisé ni remblai, ni clôture, ni construction en dur.

Pour les cours d'eau dont le bassin versant au point de rejet du projet est supérieur à 1 km², une modélisation des écoulements en crue avant et après aménagement sera menée pour vérifier l'impact des ouvrages au droit du projet et à son aval.

Les ripisylves devront être conservées (bandes de terrain arborées situées sur les berges).

↳ Sécurité publique

Si ces ouvrages présentent un danger pour les personnes, ils seront équipés de dispositifs de sécurité conformes à la réglementation en vigueur et aux prescriptions qui pourront être imposées au titre de l'article L.332-15 du code de l'urbanisme.

Afin de prévenir tout risque d'accident et d'assurer la sécurité des riverains, les ouvrages devront s'intégrer au mieux à la topographie sur laquelle se situe le projet (intégration paysagère) en permettant notamment une accessibilité et évacuation rapide. Si la pente des ouvrages est trop forte ou si l'ouvrage a une profondeur trop importante (pente à 1/1 et/ou profondeur supérieure à 2 mètres), des dispositifs de protection, d'information ou d'interdiction seront mis en place (clôtures transparentes aux écoulements, panneaux, etc.). En cas de pose d'une clôture autour d'un bassin, celle-ci doit s'accompagner de la mise en place d'un portail permettant l'accès.

Des prescriptions techniques supplémentaires pourront être imposées par le service en charge de la police de l'eau, en particulier si l'aval du projet est particulièrement sensible à l'inondation.

Les aménagements seront pensés de manière à prévoir le trajet des eaux de ruissellement et **préserver la sécurité des biens et des personnes** en cas d'événements pluvieux exceptionnels : orientation et cote des voies, transparence des clôtures, dimensionnement des passages busés, vides sanitaires...

↳ Compléments concernant le dimensionnement

- **Temps de concentration**

Les incertitudes des différentes méthodes de calculs du temps de concentration doivent inciter à réaliser plusieurs calculs, à les présenter dans le dossier, et à les coupler à des observations de terrain. Longueur hydraulique, pentes, temps et vitesses d'écoulement seront indiqués.

- **Intensité de la pluie**

La station Météo France de référence ainsi que les coefficients de Montana utilisés seront précisés. Il convient de se référer à une station proche où les relevés ont été réalisés sur au moins 30 ans.

- **Coefficient de ruissellement**

Les coefficients de ruissellement servant au dimensionnement seront déterminés pour :

- l'occupation actuelle du sol
- l'occupation projetée en prenant en compte une pluie de retour biennal ainsi qu'une pluie exceptionnelle (événement historique connu ou d'occurrence centennale si supérieur)

Tableau des coefficients de ruissellement à retenir

Occupation du sol		Pluie annuelle-biennale Q1 - Q2	Pluie centennale à exceptionnelle (sols saturés en eau) Q100 – Qrare – Qexcept
Zones urbaines		0,80	0,90
Zones industrielles et commerciales		0,60 – 0,80	0,70 – 0,90
Toitures		0,90	1
Pavages, chaussée revêtue, piste		0,85	0,95
Sols perméables avec végétation		Pente	
	<2%	0,05	0,25
	2%<l<7%	0,10	0,30
	>7%	0,15	0,40
Sols imperméables avec végétation		Pente	
	<2%	0,13	0,35
	2%<l<7%	0,18	0,45
	>7%	0,25	0,55
Forêts		0,10	0,25
Résidentiel			
	lotissements	0,30 – 0,50	0,40 – 0,70
	collectifs	0,50 – 0,75	0,60 – 0,85
	habitat dispersé	0,25 – 0,40	0,40 – 0,65
Terrains de sport		0,10	0,30

- **Calcul des débits de pointe**

Plusieurs méthodes de calcul pourront être employées pour le calcul des débits de pointe. Les limites de validité propres à chaque méthode seront respectées.

Débit de pointe avant aménagement

Le pétitionnaire procédera au calcul des débits initiaux avant aménagement pour différentes occurrences au niveau du ou des points de rejet prévus pour l'évacuation des eaux pluviales.

Deux méthodes sont préconisées pour le calcul de débit :

- méthode rationnelle pour les débits à période de retour 2 à 100 ans (Q₂ à Q₁₀₀ ou Q_{rare}) lorsque la superficie du bassin versant intercepté est inférieure à 1 km²,
- méthode de Bressand-Golossof pour les débits à période de retour 100 ans (Q₁₀₀ ou Q_{rare}) lorsque la superficie du bassin versant intercepté est supérieure à 1 km² et pour les débits exceptionnels, supérieures à une occurrence de 100 ans (Q_{except}).

Le calcul d'un débit Q_{except} sera réalisé dès lors que :

- la superficie du bassin versant intercepté est supérieure à 1 km²,
- et la situation de la surverse s'effectue en amont d'une zone d'habitation proche ou dans une situation jugée à risque par le service de la police de l'eau.

Débit de pointe à l'état final

Le pétitionnaire établira les débits de pointe Q_{100} (ou Q_{except}) après projet, sans compensation et avec compensation.

Un tableau récapitulatif sera réalisé, faisant apparaître les débits prévus avant aménagement et après aménagement, avec et sans mesures compensatoires.

• **Volumes de rétention des eaux pluviales**

Tous les calculs correspondant à la pluie de projet et aux débits (initial et après aménagement) seront détaillés.

Deux hydrogrammes sont générés pour chaque bassin versant avec une pluie de projet centennale.

La méthode de transformation pluie-débit utilisée sera la méthode dite du « réservoir linéaire ».

Hydrogramme en entrée de rétention / sortie de bassin versant

L'équation utilisée pour générer l'hydrogramme en sortie de bassin versant est la suivante :

$$Q_s(t) = e^{-\frac{dt}{K}} \times Q_s(t-1) + (1 - e^{-\frac{dt}{K}}) \times Q_e(t)$$

Avec :
dt le pas de temps de calcul
 $Q_s(t)$ le débit en sortie de bassin à l'instant t
 $Q_e(t)$ le débit généré par la pluie de projet sur la surface du bassin en tenant compte d'un coefficient d'imperméabilisation
K le coefficient « lag time » correspondant à l'écart entre les centres de gravité du hétérogramme et de l'hydrogramme calculé par la méthode de Desbordes

La durée de pluie sera choisie égale à 120 mn car cette durée est sécuritaire pour le calcul des hydrogrammes.

A cet hydrogramme sera soustrait l'hydrogramme de fuite du bassin de rétention défini comme suit.

Hydrogramme en sortie de rétention

Les hydrogrammes de fuite des bassins de rétention seront calculés sur le principe du réservoir linéaire avec une loi de vidange correspondant à un orifice dimensionné à partir du débit de fuite fixé.

Aspect qualitatif

↳ Qualité du rejet

La **qualité du rejet des eaux pluviales à l'aval de l'opération** devra être compatible avec la préservation de la qualité des milieux et des espèces aquatiques et de la ressource en eau susceptible d'être utilisée pour l'alimentation en eau potable des populations.

La performance du traitement qualitatif sera donc **fonction du risque engendré par le projet et de la sensibilité du milieu récepteur** (eaux superficielles et souterraines).

Après appréciation de la capacité d'abattement de la charge polluante des dispositifs de rétention mis en place pour le traitement quantitatif, des **dispositifs complémentaires devront être proposés, si nécessaire, pour compléter cet abattement**, selon :

- le type d'activité qui sera développé sur le site,
- les paramètres qualitatifs du milieu récepteur,
- les prescriptions particulières qui pourront être imposées.

Une **attention particulière** sera portée sur le traitement qualitatif des eaux pluviales avant rejet :

- lorsque l'activité de la **zone** concernée est **industrielle et/ou commerciale** ;
- dans les autres cas, lorsque le nombre de **places de parking est supérieur à 15** ;
- lorsque celui-ci se situe dans le périmètre de protection d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable.

Sauf prescription particulière, les **séparateurs/décanteurs** seront **dimensionnés** pour traiter les eaux de ruissellement lors d'événements **pluvieux d'occurrence 2 ans**.

↳ Protection des eaux superficielles

• **Pollution chronique**

La lutte contre la pollution chronique consiste à retenir les matières en suspension, soit par décantation seule, soit par décantation et filtration.

Un dispositif permettant la rétention des flottants combinant un dégrillage et un regard siphonoïde sera systématiquement mis en place avant rejet au milieu naturel.

• **Pollutions accidentelles**

Une rétention fixe, étanche et obturable d'un volume de 30 m³ minimum, destinée à recueillir une pollution accidentelle par temps sec, sera mise en place en tête de la rétention lorsque l'activité de la zone concernée est industrielle et/ou commerciale et/ou susceptible d'accueillir des véhicules transportant des substances polluantes. Ce dispositif doit permettre en outre de confiner les éventuelles eaux d'extinction d'incendie susceptibles elles aussi d'être polluées.

En cas de pollution accidentelle, le pétitionnaire en avertira sans délai la Préfecture, le service chargé de la police de l'eau et la brigade départementale de l'ONEMA (Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques).

↳ Protection des eaux souterraines et captages

Les projets implantés au droit des masses d'eaux souterraines vulnérables identifiées dans le SDAGE doivent impérativement disposer d'une étanchéité totale ne permettant aucun transfert de pollution.

Si le projet se situe dans le périmètre de protection d'un captage d'eau potable, il devra respecter les prescriptions d'un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique. Le rapport de l'hydrogéologue sera annexé à la déclaration ou à la demande d'autorisation.

Entretien

L'ensemble du dispositif de collecte et de traitement des eaux pluviales doit faire l'objet d'un entretien régulier afin d'en garantir un fonctionnement optimal.

L'aménageur doit s'assurer que toutes les installations prévues pour la gestion du ruissellement pluvial conserveront leur capacité de stockage et le fonctionnement hydraulique calculé lors de la phase de conception.

Dans le dossier seront précisées **la fréquence d'entretien et la filière d'élimination des déchets issus de cet entretien, en particulier pour les dispositifs de type débourbeurs/deshuileurs et les fosses de décantation.**

ANNEXE 2
AJUSTEMENTS DE MONTANA

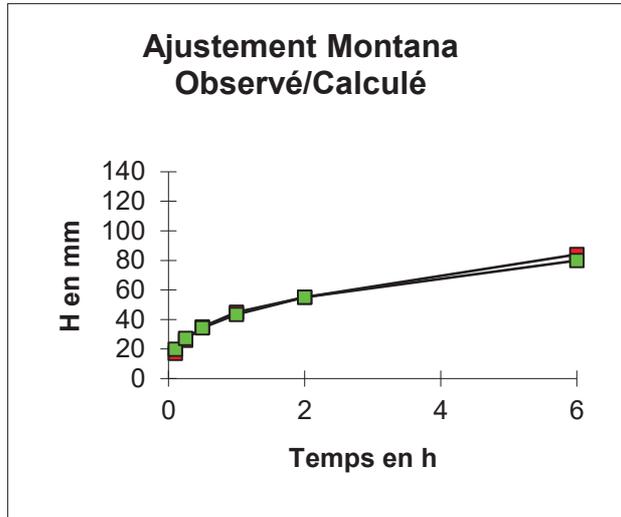
Série de Grimaud 5 ans
 Ajustement d'une loi de Montana sur les hauteurs quinquennales

t en h	h mm	h calc.	dif^2
0,1	17	19,9	8,31
0,25	26	27,2	1,33
0,5	35	34,4	0,40
1	45	43,5	2,25
2	55	55,1	0,00
6	84	80,0	16,04
24	125	128,2	10,00

Somme des carrés des écarts 38,34

A
43,50
B
0,66

$I = A \cdot T^{-B}$ pour: I en mm/h, T en h, H en mm
 $H = A \cdot T^{(1-B)}$



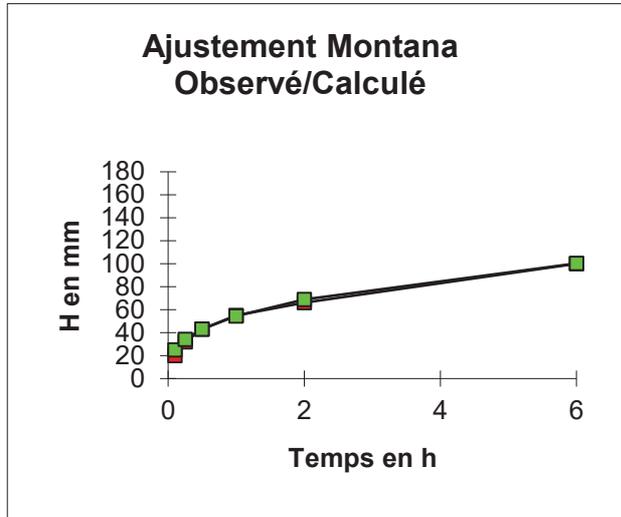
Série de Grimaud 10 ans
 Ajustement d'une loi de Montana sur les hauteurs décennales

t en h	h mm	h calc.	dif^2
0,1	20	24,9	24,12
0,25	32	34,0	4,07
0,5	43	43,1	0,00
1	55	54,5	0,25
2	66	69,0	8,90
6	100	100,2	0,05
24	160	160,6	0,33

Somme des carrés des écarts 37,72

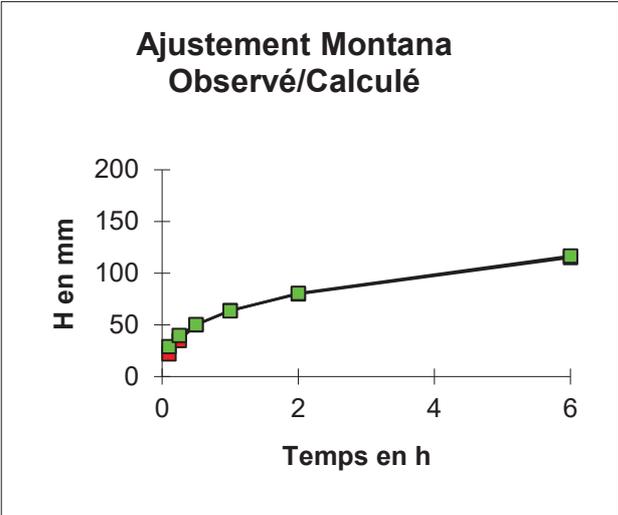
A
54,50
B
0,66

$I = A \cdot T^B$ pour: I en mm/h, T en h, H en mm
 $H = A \cdot T^{(1-B)}$



Série de Grimaud 20 ans
 Ajustement d'une loi de Montana sur les hauteurs vicennales

t en h	h mm	h calc.	dif^2
0,1	22	29,0	49,35
0,25	35	39,6	21,48
0,5	50	50,2	0,03
1	64	63,5	0,25
2	80	80,4	0,14
6	115	116,8	3,15
24	190	187,1	8,48



Somme des carrés des écarts 82,88

A
63,50
B
0,66

$I = A \cdot T^B$ pour: I en mm/h, T en h, H en mm
 $H = A \cdot T^{(1-B)}$

Série de Grimaud 50 ans

Ajustement d'une loi de Montana sur les hauteurs cinquantennales

t en h	h mm	h calc.	dif^2
0,1	24	30,0	36,18
0,25	39	42,5	12,36
0,5	56	55,3	0,45
1	75	72,0	9,00
2	92	93,7	2,88
6	140	142,2	5,03
24	240	240,9	0,79

Somme des carrés des écarts

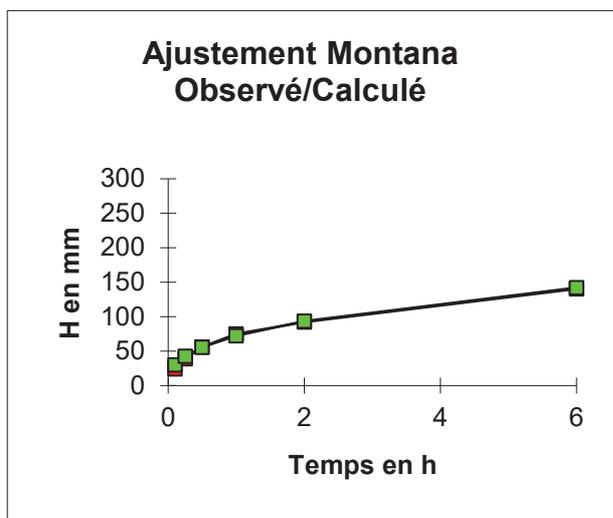
66,68

A
72,00
B
0,62

$$I = A \cdot T^B$$

pour: I en mm/h, T en h, H en mm

$$H = A \cdot T^{(1-B)}$$



Série de Grimaud 100 ans
 Ajustement d'une loi de Montana sur les hauteurs centennales

t en h	h mm	h calc.	dif^2
0,1	28	36,5	71,84
0,25	47	51,7	21,79
0,5	67	67,2	0,06
1	90	87,5	6,25
2	110	113,9	14,96
6	160	172,9	165,49
24	300	292,7	52,65

Somme des carrés des écarts 333,04

A
87,50
B
0,62

$I = A \cdot T^B$ pour: I en mm/h, T en h, H en mm
 $H = A \cdot T^{(1-B)}$

