

SBTPC X55 NRL digues et Echangeur

28, rue Jules Verne

ZIC n°2 BP2013

974824 Le Port CEDEX - Réunion

Maître d'Ouvrage

SBTPC X55 NRL digues et Echangeur

Etude hydraulique sur l'impact du projet d'aménagement foncier agricole sur les parcelles DK252 à DK 255 situées allée Jacquot à Saint-Pierre



**Etude
hydraulique**

N° d'Affaire : RE18-044

Version **3.0**

Février 2020

SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

Maitre d'ouvrage : SBTPC X55 NRL digues et Echangeur
28, rue Jules Verne
ZIC n°2 BP2013
974824 Le Port CEDEX - Réunion

Affaire : Etude hydraulique sur l'impact des aménagements fonciers sur
6 parcelles situées à Saint-Pierre - Alée Jacquot
RE18-044
Karl Lemarchand
Etude hydraulique

Emetteur : HYDRETUDES - Océan Indien
45 rue Luc Lorion
97410 SAINT PIERRE
02.62.96.82.45
contact.reunion@hydretudes.com



Document : Etude hydraulique
Février 2020

Indice	Date	Mise à jour	Rédigé par	Vérifié par
1	13/11/2018		KL	CT
2	25/02/2020	Actualisation 2020	KL	MC
3				
4				
5				

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	6
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	6
2. LOCALISATION DU PROJET	7
3. DONNEES RECUEILLIES	10
4. SITUATION VIS-A-VIS DU PPRI	10
4.1. Zonage réglementaire	10
4.2. Analyse de la compatibilité du PPRI avec le projet d'épierrage	11
HYDROLOGIE	13
1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	13
2. DETERMINATION DE LA PLUIE INJECTEE AU MODELE HYDRAULIQUE	16
2.1. Méthodologie, scénarios, Choix des périodes de retour	16
2.2. Caractéristiques du bassin versant.....	16
2.3. Calcul des coefficients de ruissellement.....	17
2.4. Détermination du temps de concentration	17
2.5. Détermination de la pluie de projet.....	17
HYDRAULIQUE.....	20
1. MODELISATION MATHEMATQUES DES ECOULEMENTS.....	20
1.1. Description des scénarii modélisés	20
1.2. Mise en œuvre du modèle et présentation du logiciel Infoworks ICM	22
1.3. Construction et architecture du modèle 2D à l'état initial (scenario 1).....	24
1.4. Conditions aux limites	25
1.5. Calage du modèle	25
2. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL – SCENARIO N°1	26
2.1. Introduction	26
2.2. Résultats de l'état initial.....	26
2.3. Analyse des écoulements à l'état initial	29
3. ANALYSE DE L'ETAT PROJET SANS MESURES HYDRAULIQUES – SCENARIO N°2.....	31
3.1. Description du projet	31
3.1. Analyse des écoulements à l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique.....	33
4. ANALYSE DE L'ETAT PROJET AVEC MESURES HYDRAULIQUES – SCENARIO N°3	37
4.1. Implantation des ouvrages hydrauliques	37
4.2. Dimensionnement des ouvrages	39

4.3. Analyse des écoulements à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques	43
5. ENTRETIEN DES OUVRAGES.....	46
CONCLUSION	47
ANNEXE 1 : FICHE HYDROLOGIQUE.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du projet (1/25000).....	7
Figure 2 : Localisation des enjeux et délimitation de la zone d'étude hydraulique	8
Figure 3 : Habitations en aval de la parcelle DK252	9
Figure 4 : Dépôt avec container	9
Figure 5 : Dépôts à l'abandon sur la parcelle DK252.....	9
Figure 6 : Zonage pluviométrique simplifié (Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion, DEAL, 2012).....	18
Figure 7 : Hyétogramme injecté.....	19
Figure 8 : Intégration de la topographie à l'état initial	20
Figure 9 : Intégration de la topographie à l'état projet sans mesures hydrauliques	21
Figure 10 : Architecture du modèle hydraulique 2D à l'état initial.....	24
Figure 11 : Hyétogramme injecté	25
Figure 12 : Hauteurs d'eau maximales atteintes en m – Q20 à l'état initial.....	27
Figure 13 : Vitesses d'écoulement maximales atteintes en m/s – Q20 à l'état initial.....	28
Figure 14 : Analyse de l'isolement hydraulique à l'amont de la zone de projet.....	29
Figure 15 : Estimation des débits s'écoulant de part et d'autre de la zone de projet	30
Figure 16 : Différence entre topographie initiale et topographie projet	32
Figure 17 : Comparaison des zones inondables entre l'état initial et l'état projet	34
Figure 18 : Vue en coupe du projet et sens d'écoulement avant (en vert) et après projet (en rouge).....	35
Figure 19 : Écoulements du projet sans mesure compensatoire hydraulique comparé aux écoulements à l'état initial	35
Figure 20 : Analyse des débits (état initial/état projet sans mesure compensatoire hydraulique) à l'exutoire du projet.....	36
Figure 21 : Implantation des ouvrages hydrauliques.....	38
Figure 22 : Coupe type du fossé trapézoïdal.....	39
Figure 23 : Profil en long du terrain à l'état projet (en vert) et profil en long du fil d'eau du fossé (en rouge).....	40
Figure 24 : Profil en travers du bassin à l'aval du projet.....	41



Figure 25 : Hauteurs d'eau maximales atteintes en m – Q20 à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques	44
Figure 26 : Vitesses d'écoulement maximales atteintes en m/s – Q20 à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques.....	45
Figure 27 : Comparaison des emprises des écoulements à l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique et à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau de synthèse des caractéristiques morphologiques du bassin versant.....	16
Tableau 2: Coefficients de ruissellement unitaires.....	17
Tableau 3: Coefficients de ruissellement unitaires.....	17
Tableau 4: temps de concentration par bassin versant.....	17
Tableau 5: Coefficients de Montana en fonction de la zone pluviométrique simplifiée (Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion, DEAL, 2012).....	18
Tableau 6: Dimensions du fossé amont.....	39
Tableau 7: Dimensions des ouvrages de fuite.....	42

INTRODUCTION

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Le présent dossier porte sur une demande d'autorisation pour la réalisation de travaux d'épierrage puis l'évacuation des matériaux issus de travaux de réaménagement agricole dont le pétitionnaire est le Groupement NRL (GTOI/SBTPC/VCT dont le mandataire est GTOI). En effet, conformément au protocole « épierrage » signé le 1er décembre 2016, la réalisation de travaux d'amélioration foncière agricole et la valorisation des matériaux excédentaires issus des travaux d'épierrage, sont soumis à autorisation au titre de la rubrique 2510-3 de la nomenclature des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement).

Cette opération d'épierrage agricole permettra à terme d'augmenter de façon significative la surface cultivable sur les parcelles concernées et de répondre aux standards cultureux de mécanisation.

Les matériaux, objet de la présente demande, seront évacués puis revalorisés dans le cadre du chantier de la Nouvelle Route du Littoral. Rappelons que le Schéma Départemental des Carrières insiste sur l'importance de la revalorisation des matériaux afin de préserver les ressources de l'île. La revalorisation des matériaux issus de l'épierrage grossier représente également une alternative à l'importation de matériaux.

Sur un territoire à fortes pentes et soumis à des phénomènes naturels d'érosion, les travaux d'amélioration foncière agricole doivent être conduits avec méthode de manière à maîtriser les écoulements, le risque d'érosion des sols, et les impacts potentiels sur la biodiversité et les milieux récepteurs.

Le protocole permet de faciliter les démarches et préciser une méthodologie à mettre en œuvre. Il précise notamment : « Il convient que les travaux d'amélioration foncière agricole projetés soient réalisés en garantissant également une maîtrise du risque d'érosion des sols, des écoulements induits et des impacts potentiels pour la sécurité publique et la biodiversité ».

C'est pourquoi le groupement a mandaté HYDRETUDES OI pour réaliser une étude hydraulique afin que le projet garantisse une maîtrise du risque d'érosion des sols et des écoulements induits.

Cette étude a pour objectif :

- De réaliser un diagnostic hydrologique et hydraulique de l'état actuel,
- De réaliser une modélisation 2D de l'état actuel,
- De réaliser une modélisation 2D de l'état projet avec les mesures compensatoires adéquat à la maîtrise des risques.

2. LOCALISATION DU PROJET

Le projet envisagé dans le cadre de ce dossier se situe au sud de l'île de la Réunion, sur le territoire de la commune de Saint Pierre, et plus particulièrement sur le secteur agricole de la Ravine blanche, en face du quartier de Casabona, en amont immédiat de la route nationale 3.

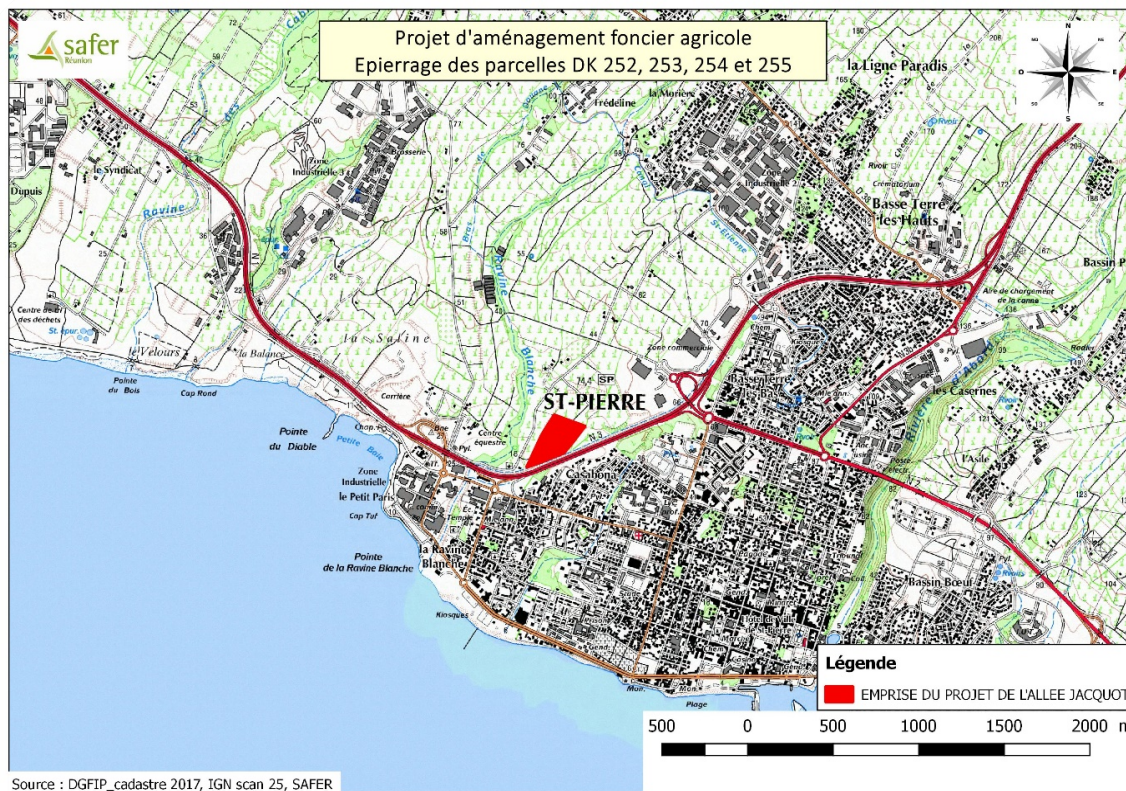


Figure 1 : Localisation du projet (1/25000)

Le terrain d'assiette du projet est constitué d'un regroupement de quatre parcelles cadastrales comprises à l'Est de la ravine blanche, entre la route nationale 3 à l'Est et l'allée JACQUOT à l'ouest.

Cette allée étant constituée d'une bande de roulement à voie unique en béton traversant la ravine blanche via un radier submersible, en amont immédiat de l'ouvrage de franchissement de la route nationale.

Ce chemin relie le quartier de la ravine blanche (Centre équestre) à la zone industrielle n°2 au niveau du canal St Etienne.

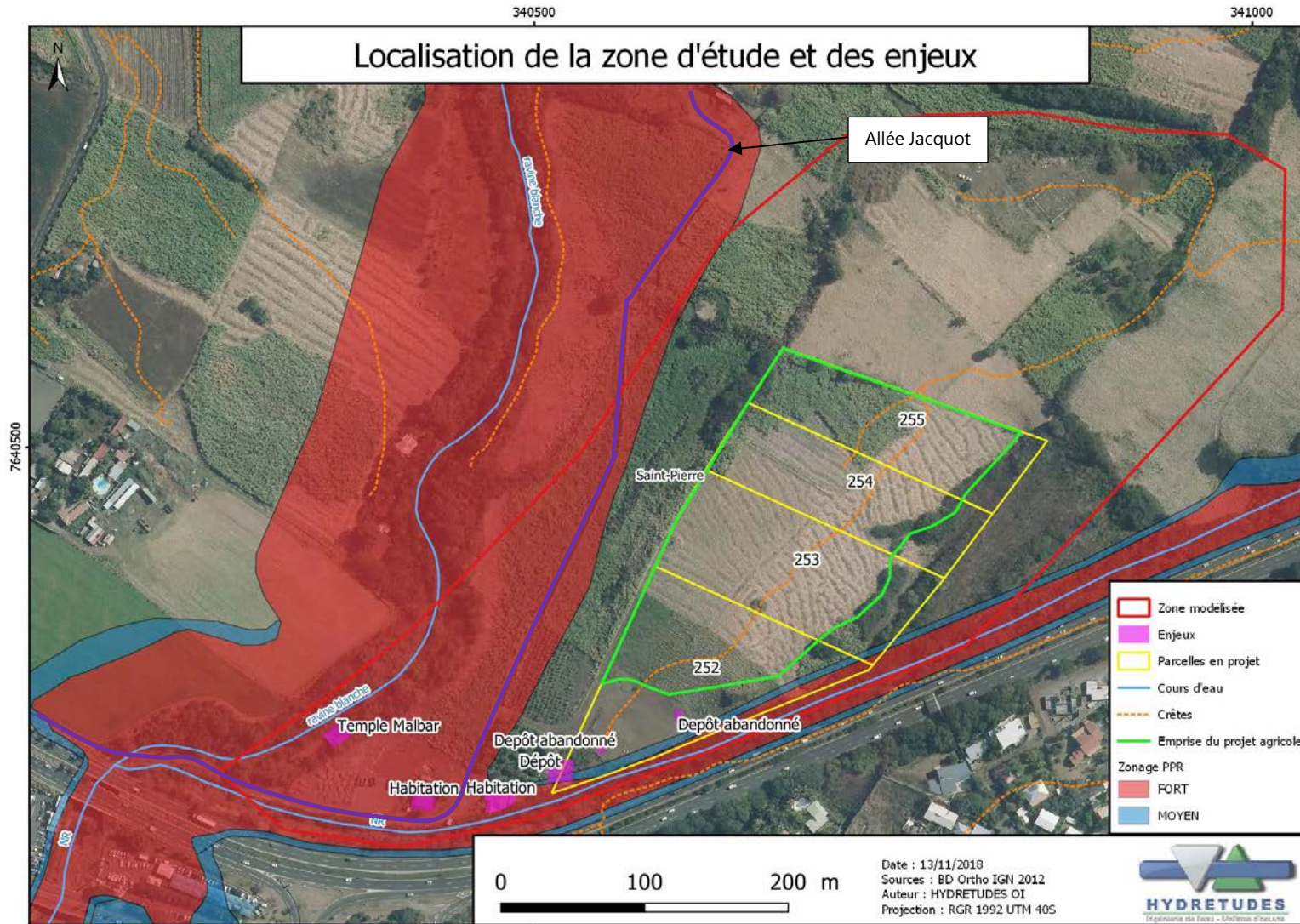


Figure 2 : Localisation des enjeux et délimitation de la zone d'étude hydraulique

Février 2020

RE18-044/Etude hydraulique/Version 3.0



L'accès aux parcelles se réalise par l'allée Jacquot. Notons la présence de plusieurs enjeux sur et en aval de la parcelle DK252 :

- Sur la parcelle : présence de 2 petits bâtiments abandonnés,
- En aval : présence d'un dépôt avec un container et de 2 habitations,
- Près de la ravine Blanche : un temple Malbar.



Figure 3 : Habitations en aval de la parcelle DK252



Figure 4 : Dépôt avec container



Figure 5 : Dépôts à l'abandon sur la parcelle DK252

3. DONNÉES RECUEILLIES

Afin de pouvoir réaliser cette étude, nous avons recueilli et utilisé les données suivantes :

- Plan projet fourni par la SAFER – échelle 1/500ème – Juillet 2018,
- Etude de valorisation agricole, SAFER – Juin 2018,
- Litto 3D 1 m,

Les données topographiques de la Litto 3D 1m (photogrammétriques réalisées par l'IGN sur l'ensemble de la Réunion) ont été utilisées dans cette étude, notamment pour la délimitation fine des bassins versants et l'extension du Modèle Numérique de Terrain sur les zones d'expansion de crues potentielles.

4. SITUATION VIS-À-VIS DU PPRI

4.1. ZONAGE REGLEMENTAIRE

Le Plan de Prévention des Risques d'inondation de la commune de Saint Pierre a été approuvé le 1^{er} Avril 2016.

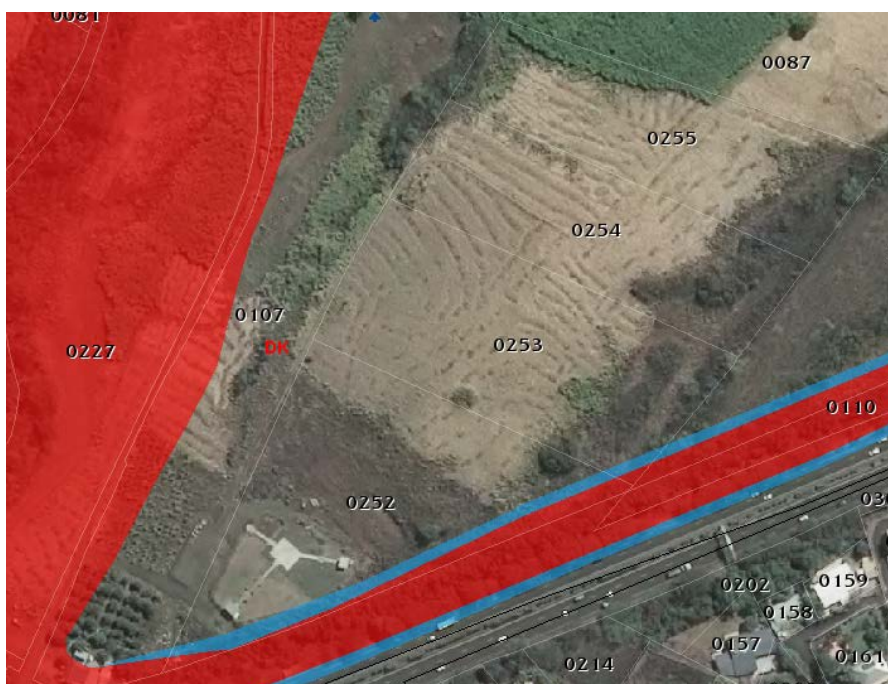


Figure 8 : Zonage aléa inondation PPRI au droit du projet (source : www.risquesnaturels.re)

Selon ce document et la cartographie qui l'accompagne, seules les parcelles DK252 et DK253 sont concernées par le PPRI :

Parcelle DK252 :

- concernée par un zonage d'interdiction (code R1) sur 7% de la parcelle,
- concernée par un zonage de prescription (code B2U) sur 8% de la parcelle,

Parcelle DK253 :

- concernée par un zonage d'interdiction (code R1) sur moins de 1% de la parcelle,
- concernée par un zonage de prescription (code B2U) sur 1% de la parcelle.

Les parcelles sont concernées par un aléa élevé et moyen inondation relatif au canal de décharge de la ravine Concession qui longe la RN3.

- R1 : Ces zones correspondent à un aléa inondation fort combiné à un aléa mouvement de terrain quel que soit son intensité, ou à un aléa mouvement de terrain élevé à très élevé combiné à un aléa inondation quel que soit son intensité.

Ces zones correspondent aux secteurs les plus fortement exposés aux conséquences des différents phénomènes de mouvement de terrain et/ou inondation et sur lesquelles les principes généraux sont :

- l'interdiction des nouvelles constructions,
- la non augmentation de la population exposée,
- la non aggravation des risques.

Certaines règles sont valables dans l'ensemble des zones R1 et certaines plus spécifiques à un aléa inondation ou mouvement de terrain ne s'appliqueront que dans certains sous-secteurs.

- B2u : Ces zones sont soumises à prescription et concernées par un aléa mouvement de terrain moyen et par un aléa inondation moyen, faible ou nul dans les secteurs urbanisés à enjeux sécurisables. Ces secteurs sont définis par application des critères en matière d'aménagement et de sécurité.

Les principes généraux qui s'appliquent sur cette zone sont :

- permettre une densification de l'habitat ou l'ouverture de nouvelles opérations d'aménagement,
- ne pas aggraver les risques et les conditions d'écoulement.

4.2. ANALYSE DE LA COMPATIBILITE DU PPRI AVEC LE PROJET D'EPIERRAGE

En zone R1 sont interdits les travaux conduisant à augmenter le nombre de logements ou de personnes exposées aux risques. Plus précisément sont interdits tous travaux et aménagements, constructions et ouvrages, installations et activités, de quelque nature qu'ils soient sauf ceux expressément autorisés.

Sont donc interdits : les remblais et dépôts de tout volume.

Néanmoins, sont autorisés, sous réserve que ces travaux n'accroissent pas les risques et leurs effets, qu'ils ne provoquent pas de nouveau risque et de ne pas augmenter le nombre de personnes exposées et la vulnérabilité des biens et activités existants :

- les travaux, ouvrages et aménagements destinés à réduire les conséquences des différents risques recensés (travaux de protections de berges, murs de soutènements, etc.) afin notamment de protéger des zones déjà construites ou aménagées, sous réserve de mener une étude technique préalable et de fournir une attestation établie par un architecte ou un expert, exigée en application de l'article R.431-16 du code de l'urbanisme afin de s'assurer de la réalisation de cette étude préalable et de la conformité du projet avec ses prescriptions et ce sans préjudice du droit des tiers,
- **les carrières dans le respect des réglementations en vigueur (notamment réglementation ICPE), sous réserve qu'une étude d'impact intègre la gestion des risques.**

Nota : ce dernier alinéa est également inscrit pour la réglementation en zone B2u.

La présente étude a pour objet la réalisation d'un épierrage qui s'inscrit dans le cadre du dépôt d'un dossier ICPE et dans « le protocole pour la réalisation de travaux d'amélioration foncière agricole et la valorisation des matériaux excédentaires issus des travaux d'épierrage ». De plus cette étude montrera que le projet propose des mesures compensatoires pour améliorer la situation vis-à-vis du risque inondation. Le projet est donc compatible avec le règlement du PPRi en vigueur.

De plus le projet en lui-même ne concerne pas le zonage PPRi en vigueur (cf. figure n°2).

HYDROLOGIE

Afin de réaliser une modélisation numérique 2D des écoulements, les débits de crue doivent être déterminés. Pour cela, une étude hydrologique est nécessaire. Elle est déclinée ci-dessous.

1. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

Le site d'étude est encadré par la ravine Blanche et le canal de la ravine Concession qui longe la RN3. La confluence de ces 2 axes principaux s'effectue 300 m en aval du projet en amont immédiat du pont RN3 de la ravine Blanche.



Figure 8 : Pont RN3 de la ravine Blanche à gauche et vue au droit de la confluence à droite

Afin de déterminer précisément les bassins versants concernés par le projet, une visite de site a été réalisée le 13 Novembre 2018. Pour vérifier si les conditions topographiques sont toujours identiques qu'en 2018, une visite de terrain a été réalisée en Février 2020. Cette visite montre que les conditions topographiques sont identiques qu'en 2018.

Cette visite a permis de réaliser un diagnostic hydraulique de la zone d'étude. Plusieurs observations ont été réalisées :

La topographie de la parcelle est très marquée. En effet le projet concerne des parcelles qui sont perchées en altitude. Ainsi, les parcelles du projet ne sont pas concernées par les écoulements de la ravine Blanche, ni du canal Concession. De plus le projet est aussi isolé des eaux venant de l'amont. Les figures pages suivantes montrent cette particularité topographique,

Le projet est donc complètement isolé des ruissellements à l'extérieur de la parcelle.

Pendant la visite aucun ouvrage de gestion des eaux pluviales n'a été repéré à l'amont et au droit de la zone de projet (excepté l'ouvrage RN3 ravine Blanche et le canal ravine Concession).

À l'aval de la zone d'étude, il existe 2 habitations, un entrepôt et un temple malbar.

D'après le témoignage des habitants, ils n'ont jamais été inondés même pendant FIRINGA.

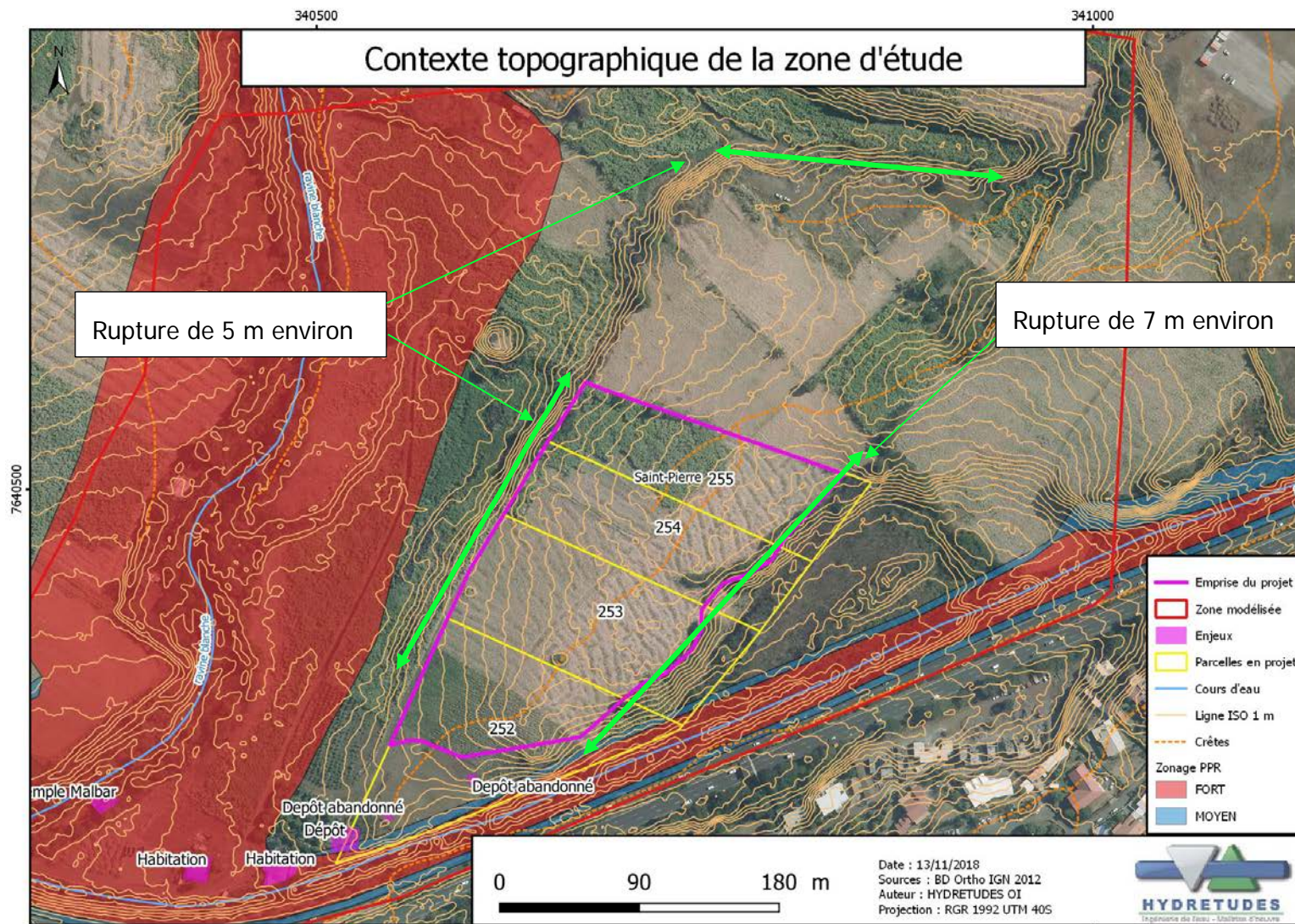


Figure 8 : Contexte topographique de la zone d'étude



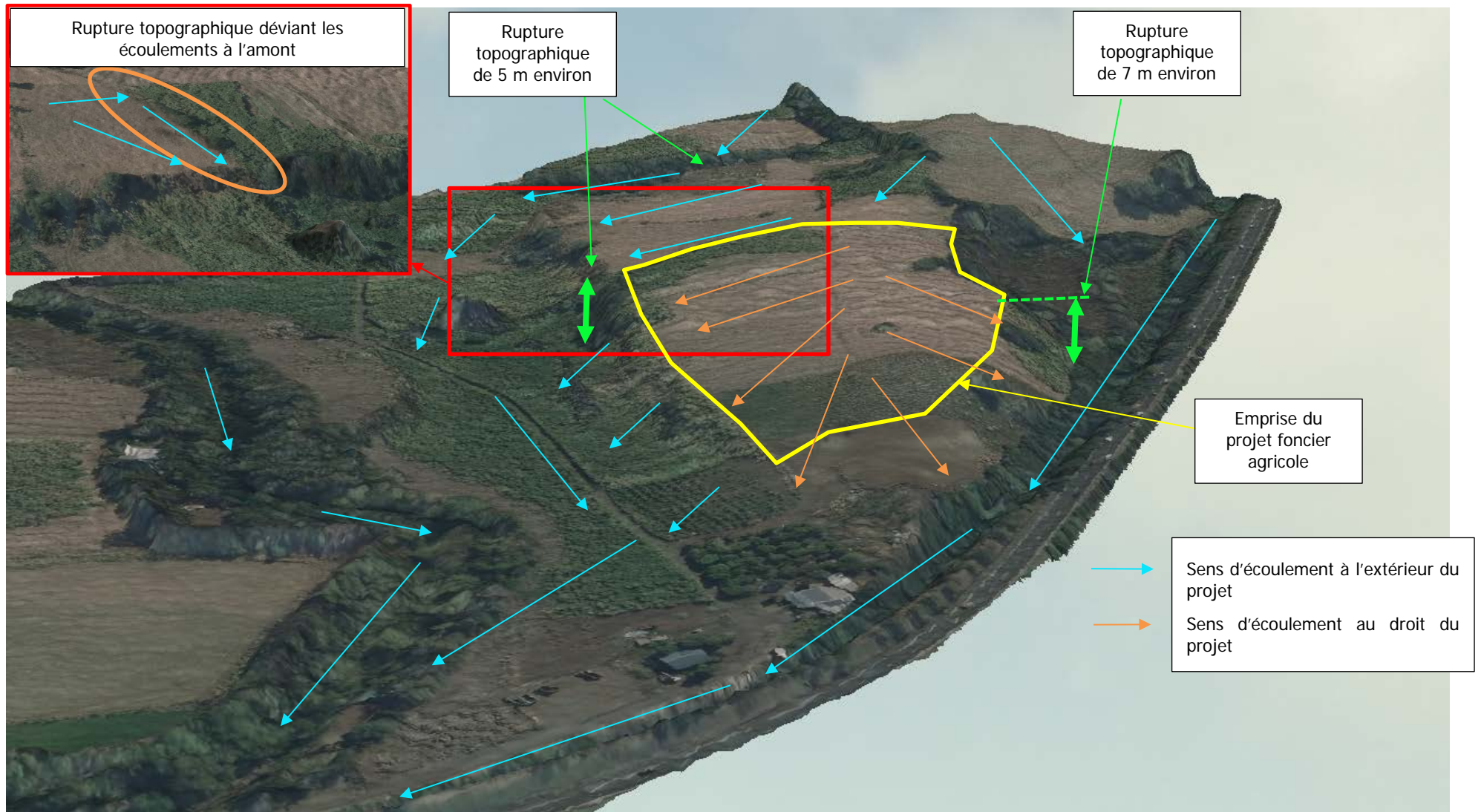


Figure 8 : Vue 3D du MNT à l'état initial et sens d'écoulement à l'état initial

Les sens d'écoulement indiqués sur la figure précédente seront confirmés lors de la modélisation.

La figure précédente montre que le projet est isolé des écoulements extérieurs.

Ce constat de réduire la zone de modélisation.

Ainsi, pour simuler les écoulements, une pluie sera injectée sur l'ensemble de la zone de modélisation réajustée.

2. DÉTERMINATION DE LA PLUIE INJECTÉE AU MODÈLE HYDRAULIQUE

2.1. METHODOLOGIE, SCENARIOS, CHOIX DES PERIODES DE RETOUR

Précédemment nous avons montré que le projet, de par sa situation topographique, n'est pas influencé par les écoulements de la ravine Blanche et du canal de la ravine Concession qui longe la RN3.

Il a donc été choisi d'injecter uniquement une pluie sur la zone modélisée pour appréhender les écoulements ruisselant sur la parcelle.

Afin d'étudier les impacts du projet sur les écoulements, 2 scénarii ont été identifiés et modélisés :

- **Scénario 1 : Etat initial**

Ce scénario correspond à l'état du terrain avant début du projet. La parcelle d'étude est actuellement cultivée par des cannes.

- **Scénario 2 : Etat projet**

Ce scénario correspond à l'état du terrain après remise en état des parcelles. Des travaux d'épierrage ont été effectués sur les parcelles et celles-ci sont remises en état (reprofilage et remise en culture), 1 canal intercepteur a été mis en place en périphérie du projet pour collecter les eaux ruisselant sur la surface du projet vers un bassin de rétention.

Compte tenu des enjeux présents à l'aval (zones habitées) l'occurrence de pluies étudiée dans la présente étude est la **période de retour vicennale** (20 ans) pour les 2 scénarii.

Enfin, la surface du projet est de 3,53 Ha. Il n'y a pas de bassin versant intercepté étant donné la configuration de la parcelle.

Le projet est donc en régime de déclaration.

2.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant a été relevés lors de la visite de terrain et à l'aide de données SIG : lignes ISO 1 m. Nous avons choisi de modéliser une zone plus importante que la zone de projet pour confirmer que les écoulements amont n'impactent pas la zone de projet. La zone modélisée présente une surface de 18,24 Ha.

Bassin Versant	Surface (km ²)	Surface (ha)	Longueur du BV (m)	Alt max (m)	Alt min (m)	Pente moyenne (%)	Alt moyenne pondérée (m)	Allongement	Périmètre (km)
BV_zone_2D	0.18	18.24	900.00	44.00	14.00	3.33	29.00	2.11	1.93

Tableau 1 : Tableau de synthèse des caractéristiques morphologiques du bassin versant

2.3. CALCUL DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT

Le tableau ci-dessous détaille les valeurs des coefficients de ruissellement unitaires (pour une période de retour de 10 ans) en fonction de la classe de perméabilité des sols et du type d'occupation du sol.

	Coefficient de ruissellement unitaire
Terrain urbanisé	1
terrain mixte	0.6
terrain semi perméable	0.5
terrain peu perméable	0.7

Tableau 2: Coefficients de ruissellement unitaires

Bassin Versant	C20
BV_zone_2D	0.60

Tableau 3: Coefficients de ruissellement unitaires

La zone d'étude est entièrement cultivée. Le coefficient de ruissellement affecté à la zone de modélisation est donc de 0,6.

2.4. DETERMINATION DU TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration correspond au temps que met le ruissellement d'une averse pour parvenir à l'exutoire depuis le point du bassin le plus éloigné.

Le temps de concentration a pu être calculé à partir des caractéristiques morphologiques du bassin versant présentées dans le tableau n°1.

Les formules préconisées dans le Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion (DEAL, 2012) ont été utilisées. La moyenne des formules de RICHARDS, KIRPICH 2 et des rectangles équivalents a été calculée et utilisée pour le calcul du temps de concentration des bassins versants < 20 Ha.

Bassin Versant	Tc (min)
BV_zone_2D	11.52

Tableau 4: temps de concentration par bassin versant

2.5. DETERMINATION DE LA PLUIE DE PROJET

2.5.1. Méthode employée

Les pluies qui génèrent les plus forts débits sur ce type de bassin versant (bassin versant pluvial de pentes modérées à fortes) sont de courtes durées (inférieures à 1 h) et de fortes intensités. La méthode du « Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion » (2012) de la DEAL a été utilisée dans la présente étude pour déterminer les pluies de projet. Il s'agit dans un premier temps de déterminer les coefficients de Montana, selon un zonage pluviométrique simplifié :

Commune	Zonage pluviométrique (altitude en m)						
	0 100	100 250	250 500	500 1000	1000 1600	1600 3071	
Sainte-Marie	1	2	2	3	4	4	
Saint-Denis	1	2	2	3	4	4	
Le Port	1	1					
La Possession Bas	1	1	1	2	2		
La Possession Mafate				3	3	3	
Saint-Paul	1	1	1	2	2	3	
Trois Bassins	1	1	1	2	2	3	
Saint-Leu	1	1	1	2	2	3	
Les Avirons	1	1	1	2	2	3	
L'Etang-Salé	1	1	1	2	2	3	
Cilaos			3	3	3	3	
Saint-Louis	1	1	1	2	2	3	
L'Entre-Deux			1	1	2	3	4
Saint-Pierre	1	1	1	2	3	4	4
Le Tampon			1	2	3	4	4
Petite-Ile	1	1	2	2	3	4	4
Saint-Joseph	2	2	3	3	4	5	5
Saint-Philippe	3	3	4	4	5	5	5
Sainte-Rose	3	3	4	4	5	5	5
Saint-Benoit (Sud RN 3)	3	3	3	4	4	5	5
La Plaine des Palmistes				4	4	5	5
Saint-Benoit (Nord RN 3)	3	3	3	4	5	5	5
Bras-Panon	2	3	3	4	5	5	5
Saïazie				5	5	5	5
Saint-André	2	3	3	3			
Sainte-Suzanne (Est Riv)	2	3	3	3	4		
Sainte-Suzanne (Ouest Riv)	2	2	3	3	4		

Figure 6 : Zonage pluviométrique simplifié (Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion, DEAL, 2012)

D'après ce zonage, le bassin versant se situe dans la zone 1. Le bassin versant de la zone d'étude est compris entre 14 et 44 mNGR.

2.5.2. Coefficients de Montana utilisés

Zone	Coefficient A	Coefficient B
1	60	+ 0,33
2	72	+ 0,33
3	85	+ 0,33
4	100	+ 0,33
5	130	+ 0,33

Tableau 5: Coefficients de Montana en fonction de la zone pluviométrique simplifiée (Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion, DEAL, 2012)

Afin de déterminer la pluie vicennale (période de retour 20 ans) horaire à partir de la pluie décennale horaire, une loi de Gumbel est utilisée :

$$i(d,100) = i(1h,10ans) \times (0.186 \times \ln(100) + 0.572) \times d^{-0.33}$$

Avec :

- d : durée de la pluie, égale au temps de concentration
- i (1h,10ans) : pluie décennale horaire, égale au coefficient A de Montana.

2.5.3. Calcul de l'intensité pluviométrique et définition du hyétogramme

L'intensité de la pluie de projet a été calculée conformément au « Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion » (2012) de la DEAL (zone pluviométrique n°1) :

$$I_{Tc, 20 \text{ ans}} = 1,9 \text{ mm/min.}$$

À partir de l'intensité pluviométrique calculée, un hyétogramme a été réalisé et sera injecté au modèle.

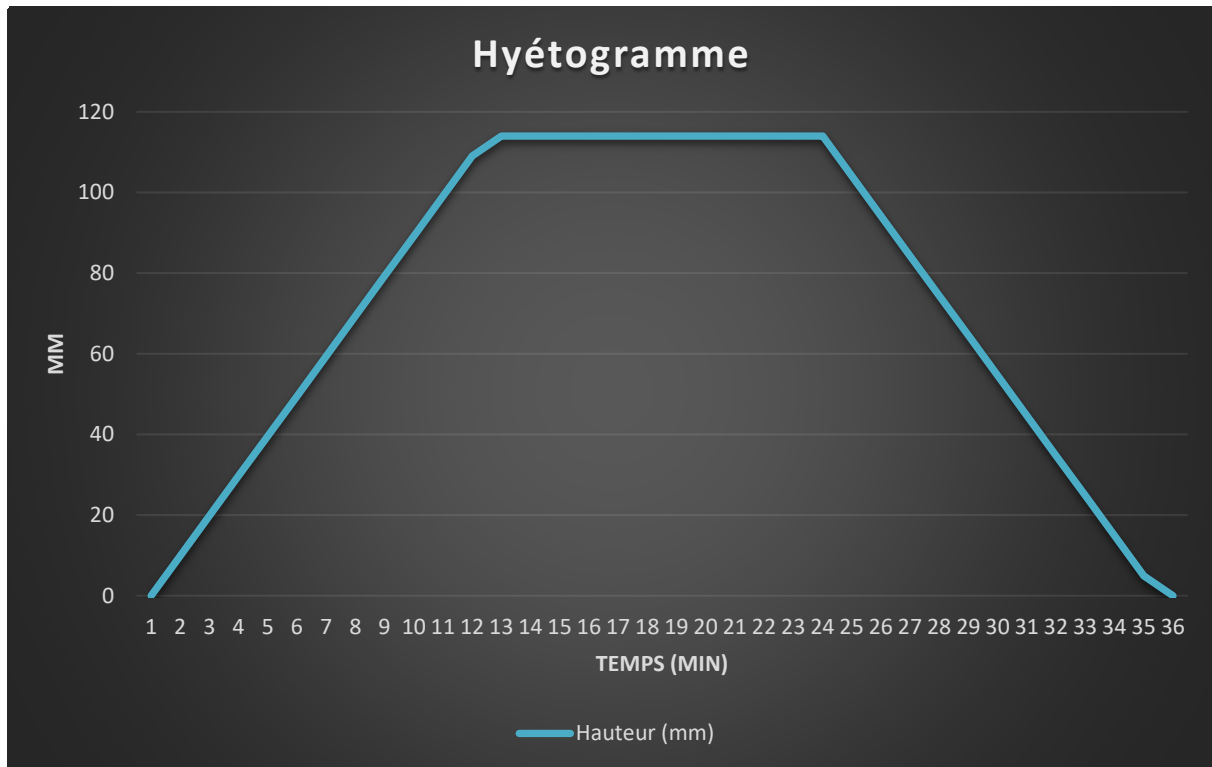


Figure 7 : Hyétogramme injecté

HYDRAULIQUE

1. MODÉLISATION MATHÉMATIQUES DES ÉCOULEMENTS

1.1. DESCRIPTION DES SCENARII MODELISES

Les 2 scénarii énoncés précédemment ont été modélisés afin d'étudier les conséquences du projet sur les conditions d'écoulements du site (scénarios 1 et 2).

- **Scénario n°1 : Etat initial + Q20**

Pluie vicennale sur la zone 2D, avec intégration de la topographie avant travaux du site dans le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Rugosité sur la zone modélisée considérée comme terrain agricole.



Figure 8 : Intégration de la topographie à l'état initial

- **Scénario n°2 : Etat projet + Q20**

Pluie vicennale sur la zone 2D, avec intégration de la topographie après travaux du site dans le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Rugosité sur la zone modélisée considérée comme terrain agricole. Pas d'ouvrage hydraulique



Figure 9 : Intégration de la topographie à l'état projet sans mesures hydrauliques

- **Scénario n°3 : Etat projet + Q20 + mesures hydrauliques**

Pluie vicennale sur la zone 2D, avec intégration de la topographie après travaux du site dans le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et intégration des mesures compensatoires hydrauliques : fossé trapézoïdal, ouvrage de régulation et ouvrages de fuite. Rugosité sur la zone modélisée considérée comme terrain agricole

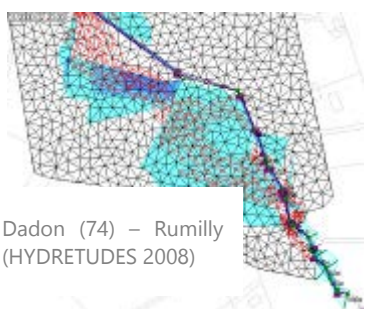
1.2. MISE EN ŒUVRE DU MODELE ET PRESENTATION DU LOGICIEL INFOWORKS ICM

1.2.1. Module 2D

InfoWorks 2D est un module intégré au sein du logiciel InfoWorks ICM pour la modélisation des cours d'eau.

1.2.2. Intérêt

L'Analyse de l'extension des zones inondables potentielles et la définition des caractéristiques hydrauliques comme la profondeur et la vitesse des écoulements est un problème complexe, en particulier dans les zones urbaines et /ou endiguées où les infrastructures peuvent réduire les inondations dans certaines zones, tout en les augmentant dans d'autres.



Les simulations en 1D peuvent très bien fournir des informations concernant les débits et les profondeurs d'écoulement sur les plaines d'inondation. C'est une méthode rapide et efficace pour déterminer l'extension maximale du champ d'expansion des crues, mais elle se fonde sur des hypothèses relatives sur le sens des écoulements. Les simulations 1D sont également limitées lorsque des informations détaillées sur les vitesses de ces écoulements sont nécessaires dans des configurations particulières, fortement influencés par les obstructions causées par les infrastructures telles que les routes et les bâtiments.

Dans ce cadre, les simulations en 2D sont mieux adaptées à la modélisation des écoulements pour des géométries complexes telles que les zones urbaines, des digues, des intersections de routes et autres infrastructures de transport et les terrains où les directions des écoulements sont difficiles à prévoir. Les modélisations en 2D nécessitent des données topographiques nombreuses et sont coûteuses en temps de calcul.

La modélisation des événements complexes avec précision et efficacité exige un modèle à la fois 1D et 2D. Le logiciel Infoworks ICM combine à la fois un moteur 1D et 2D. Le modèle combine des éléments unidimensionnels et bidimensionnels.

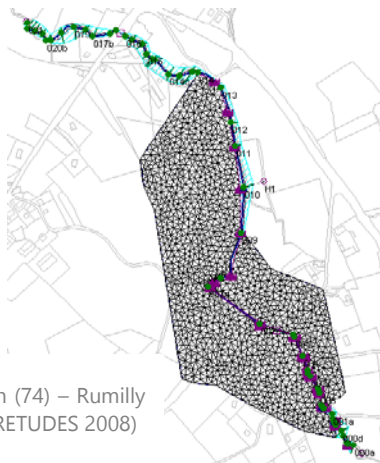
L'utilisation de la simulation 1D permet d'identifier les zones où les inondations se produisent. Une fois que les zones d'intérêt, touchées par les débordements sont identifiées, il est possible de construire le modèle 2D et en utilisant le calcul combinant le 1D et 2D, de déterminer la direction et les hauteurs des écoulements sur le lit majeur.

1.2.3. Moteur hydraulique 2D

Infoworks ICM utilise des algorithmes performants basés sur une méthode type volumes finis pour résoudre l'équation complète de St-Venant utilisant le solveur de Riemann particulièrement adapté aux régimes hydrauliques rapidement variés tels que ceux à travers les rues escarpées, les carrefours et ceux qui sont associés aux submersions de digues.

Les moteurs 1D et 2D tournent en même temps permettant l'échange d'eau entre les modèles à chaque pas de temps. Les échanges se font au niveau des déversements (spills).

1.2.4. Maillageur 2D



Dadon (74) – Rumilly
(HYDRETTUES 2008)

L'espace est discrétisé sous forme d'un maillage non structuré. Le module 2D d'InfoWorks est basé sur un maillage de surface, donnant un maximum de flexibilité pour le modéleur et en veillant à ce que le système soit inspiré de la topographie du site d'étude de façon aussi précise que possible.

Cette souplesse dans le maillage augmente le nombre de types d'écoulement que l'on peut modéliser.

Un certain nombre de types de maillage peuvent être utilisés et combinés dans un modèle :



Maillage triangulaire non structuré qui est la meilleure solution pour l'analyse des écoulements complexes,



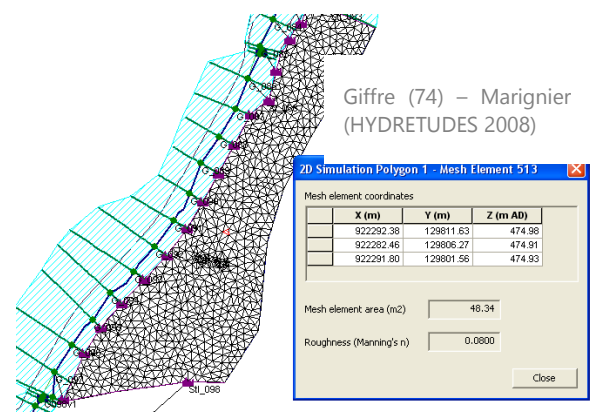
Maillage dans les zones présentant un intérêt particulier; maillage quadrangulaire non structuré qui est apte à modéliser les écoulements canalisés,



Maillage rectangulaire en vue de simplifier les modes d'écoulement.

Les spécifications de la maille peuvent varier selon les secteurs du modèle, permettant une excellente résolution autour des zones d'intérêt tout en utilisant une résolution plus faible pour les régions moins importantes. Le générateur de maillage peut également inclure des vides (bâtiments), des murs, de préciser la rugosité des zones individuelles. Ce point est crucial pour simuler avec précision les circulations d'eau autour des bâtiments, sur les routes et dans les zones de terrain ouvert, comme les champs.

Les données nécessaires pour générer le modèle de maillage peuvent être importées à partir des couches de fond, de modèle numérique ou des caractéristiques d'un réseau 1D.



1.3. CONSTRUCTION ET ARCHITECTURE DU MODELE 2D A L'ETAT INITIAL (SCENARIO 1)

Pour les besoins spécifiques du projet, nous avons choisi de réaliser un modèle hydraulique totalement en 2D, afin d'y déterminer les champs de hauteurs et de vitesses d'écoulement (valeur, direction). Ci-dessous est représentée l'architecture du modèle :

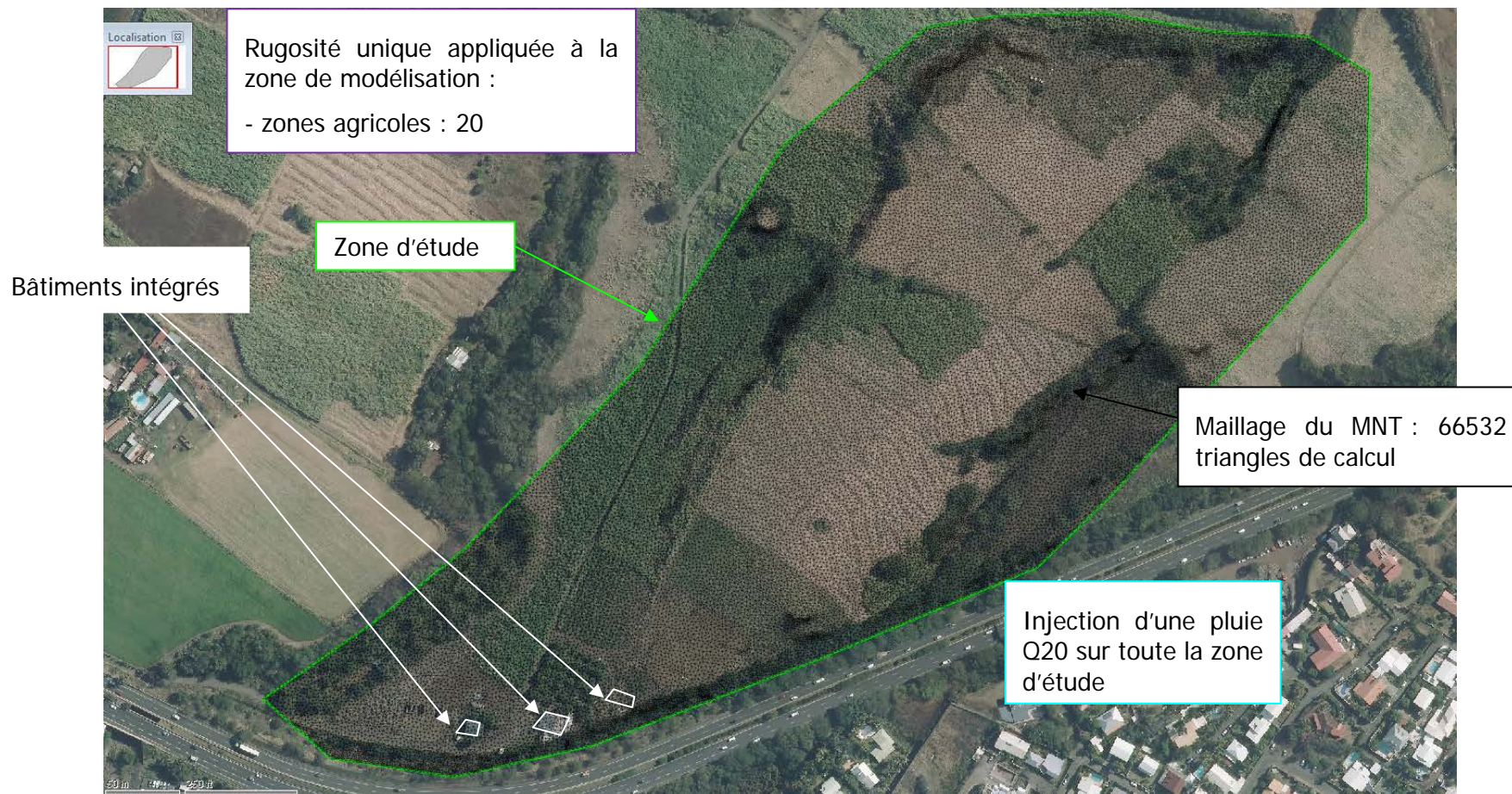


Figure 10 : Architecture du modèle hydraulique 2D à l'état initial

1.4. CONDITIONS AUX LIMITES

- Condition amont : le projet est isolé des écoulements à l'amont, il n'y a donc pas de conditions amont.
- Condition aval :

La zone d'étude est située entre une altitude de 14 et 44 mNGR. Il n'y a donc pas d'influence océanique (altitude).

- Pluie injectée au modèle :

À partir de l'intensité pluviométrique calculée, un hyétogramme a été réalisé et sera injecté au modèle.

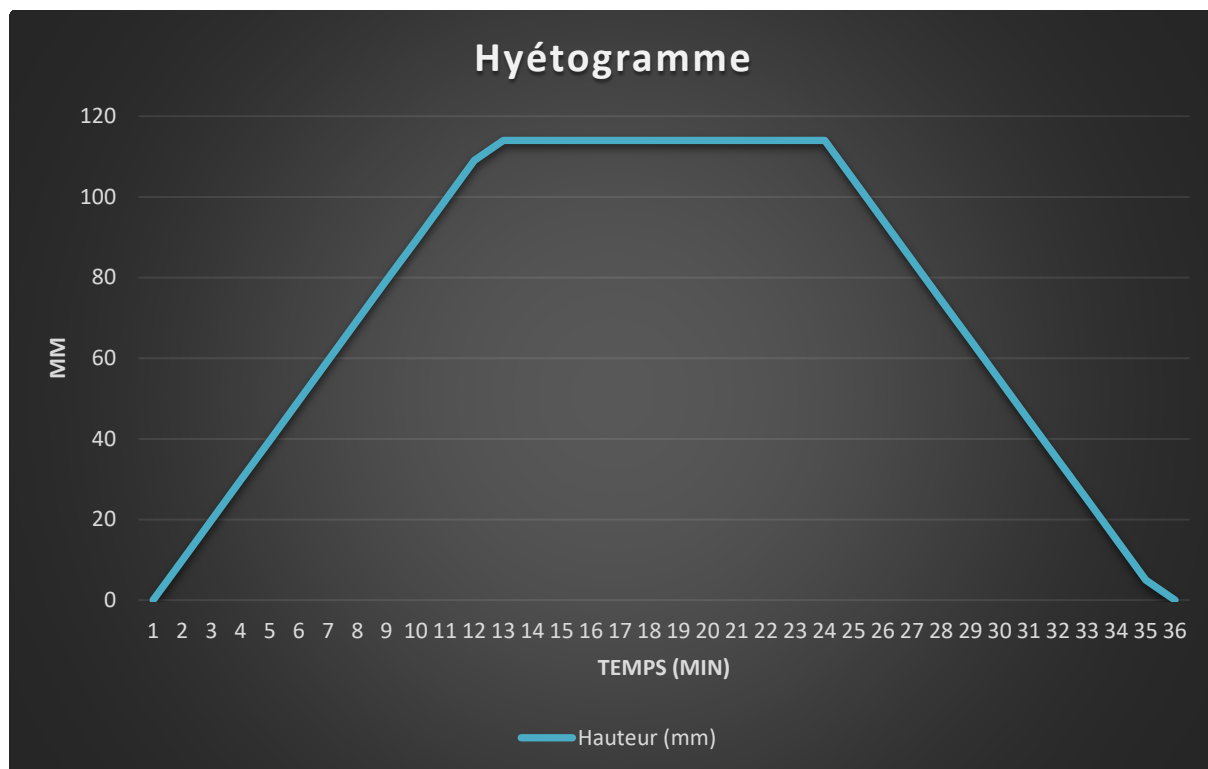


Figure 11 : Hyétogramme injecté

1.5. CALAGE DU MODELE

Les coefficients de Manning utilisés dans le modèle ont été déterminés à la suite d'observations de terrain et avec l'expérience de notre bureau d'étude dans la modélisation mathématique d'écoulements.

Les résultats du modèle (H, V) ont été analysés en recoupant les valeurs avec la topographie existante (MNT, visite in situ, ...) afin de vérifier leur validité avant d'éventuelle nouvelle itération de calcul.

Par ailleurs, l'utilisation de conditions aux limites repose sur la doctrine de calcul de débit en vigueur : Guide sur les modalités de gestion des eaux pluviales à la Réunion (DEAL, 2012).

2. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL – SCÉNARIO N°1

2.1. INTRODUCTION

La simulation du ruissellement pluvial sur la zone modélisée a permis de mettre en évidence les paramètres caractéristiques des écoulements induits présentés dans les chapitres suivants.

2.2. RESULTATS DE L'ETAT INITIAL

Les figures ci-après illustrent l'étendue de la zone d'expansion du ruissellement pluvial à l'état initial du site résultant des modélisations mathématiques 2D :

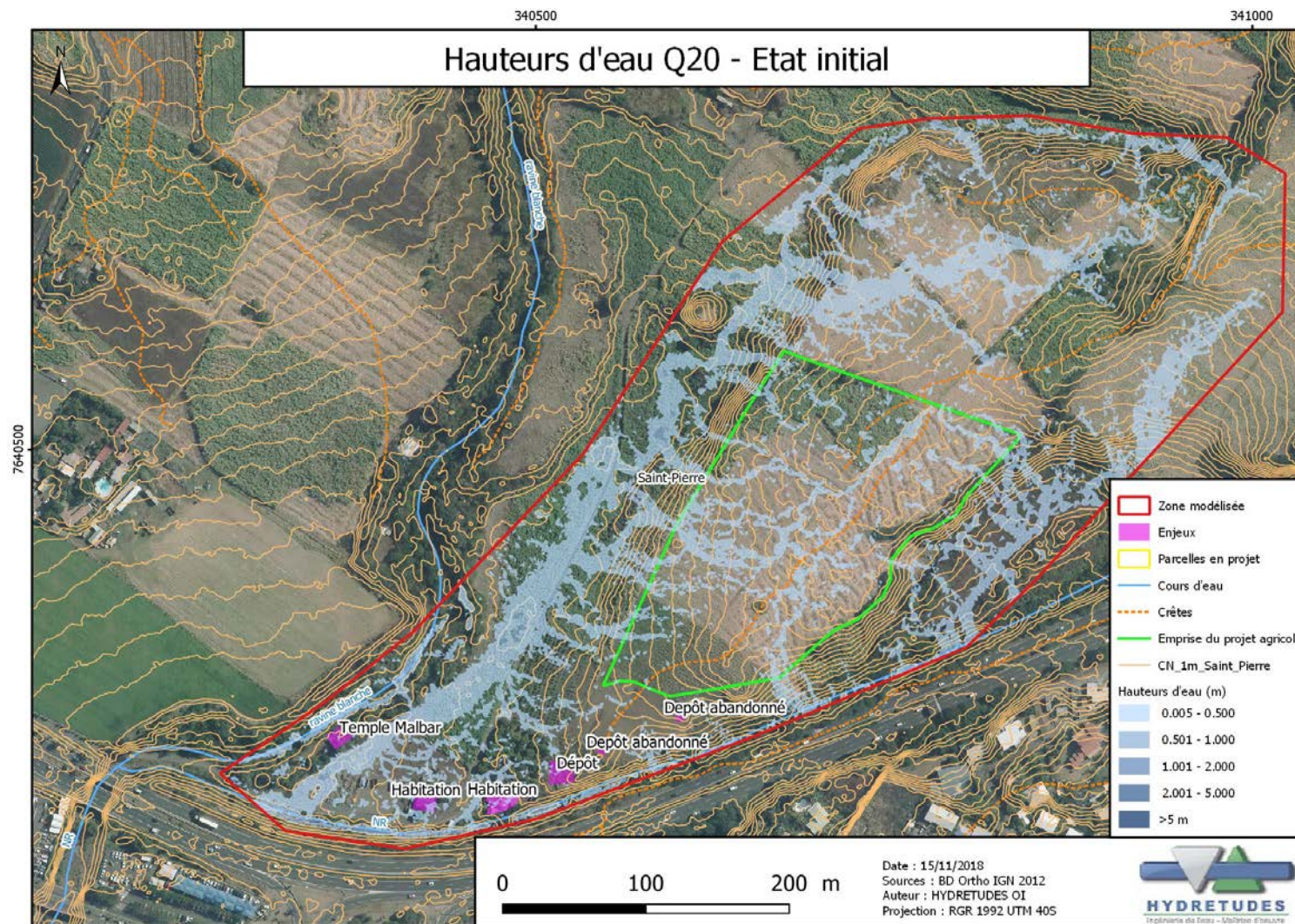


Figure 12 : Hauteurs d'eau maximales atteintes en m – Q20 à l'état initial

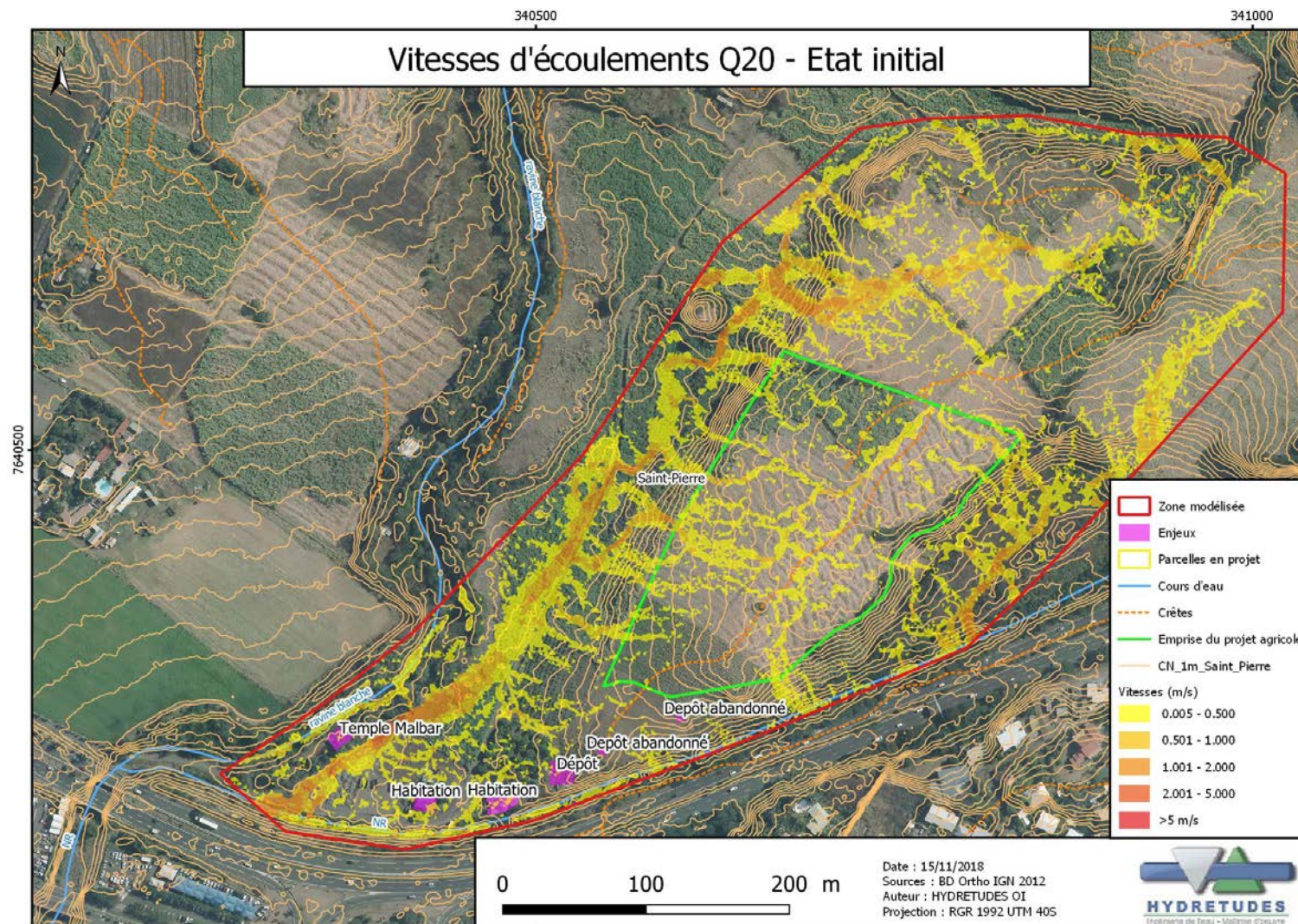


Figure 13 : Vitesses d'écoulement maximales atteintes en m/s – Q20 à l'état initial



2.3. ANALYSE DES ECOULEMENTS A L'ETAT INITIAL

Analyse des cartographies :

Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses confirment que la topographie du site isole la zone du projet foncier agricole de venues d'eau à l'amont du projet.

Ci-dessous, l'orientation des vecteurs vitesses des écoulements confirme que la zone de projet est isolée des venues d'eau à l'amont excepté 2 points d'entrées (cercle rouge).

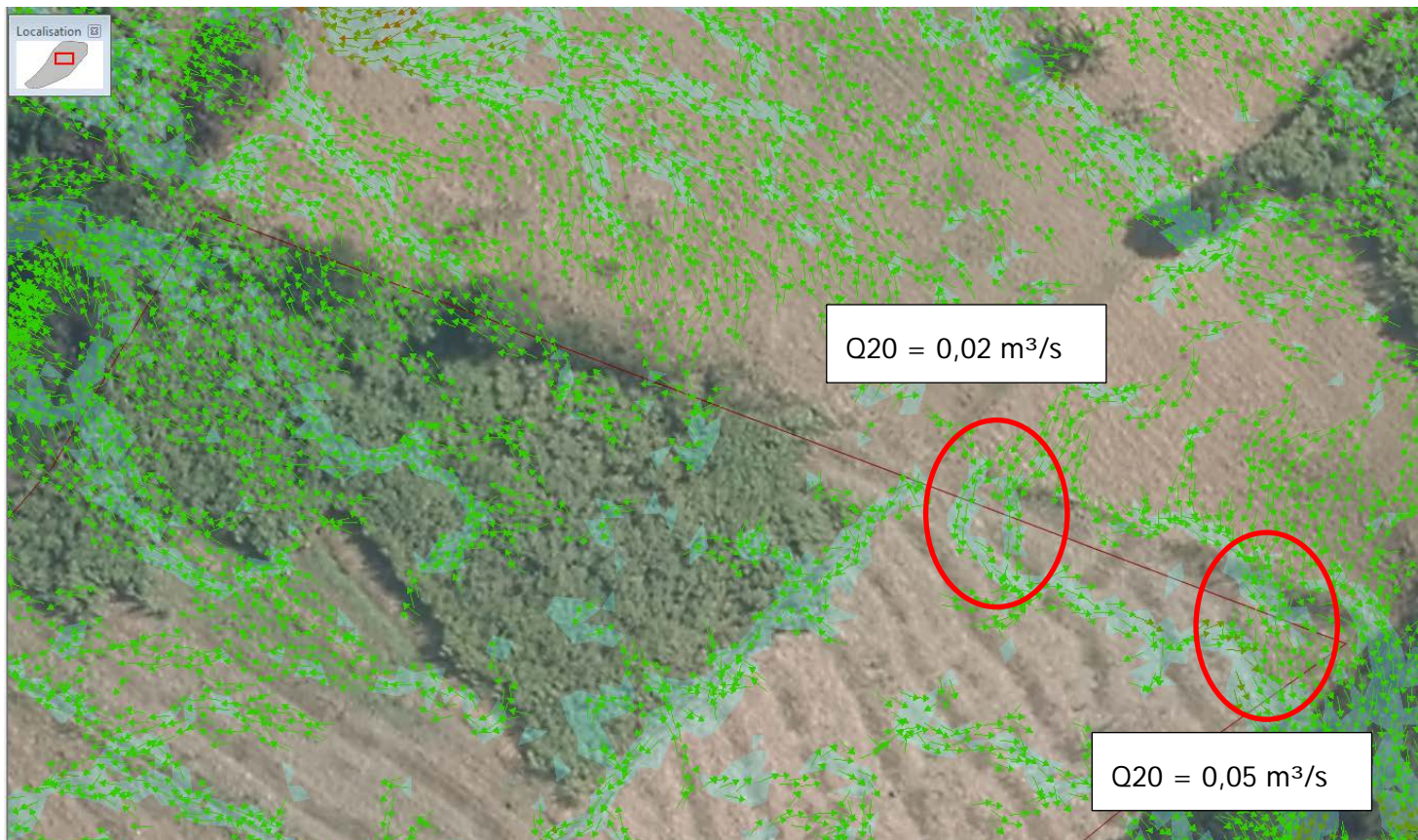


Figure 14 : Analyse de l'isolement hydraulique à l'amont de la zone de projet

Ces faibles entrées d'écoulements sur la zone de projet sont, de plus, aussitôt orientées vers le canal de la ravine Concession.

La zone de projet est donc bien isolée des écoulements amont.

La cartographie des hauteurs nous indique que les hauteurs d'eau maximales observées au droit de la parcelle sont inférieures à 50 cm.

La cartographie des vitesses, nous indique, quant à elle, des vitesses inférieures à 0,5 m/s.

Les écoulements s'orientent de part et d'autre de la crête située au centre de la zone de projet.

Afin de comparer la situation initiale et la situation projet, les débits estimés via la modélisation s'écoulant de part et d'autre de la zone de projet ont été définis.

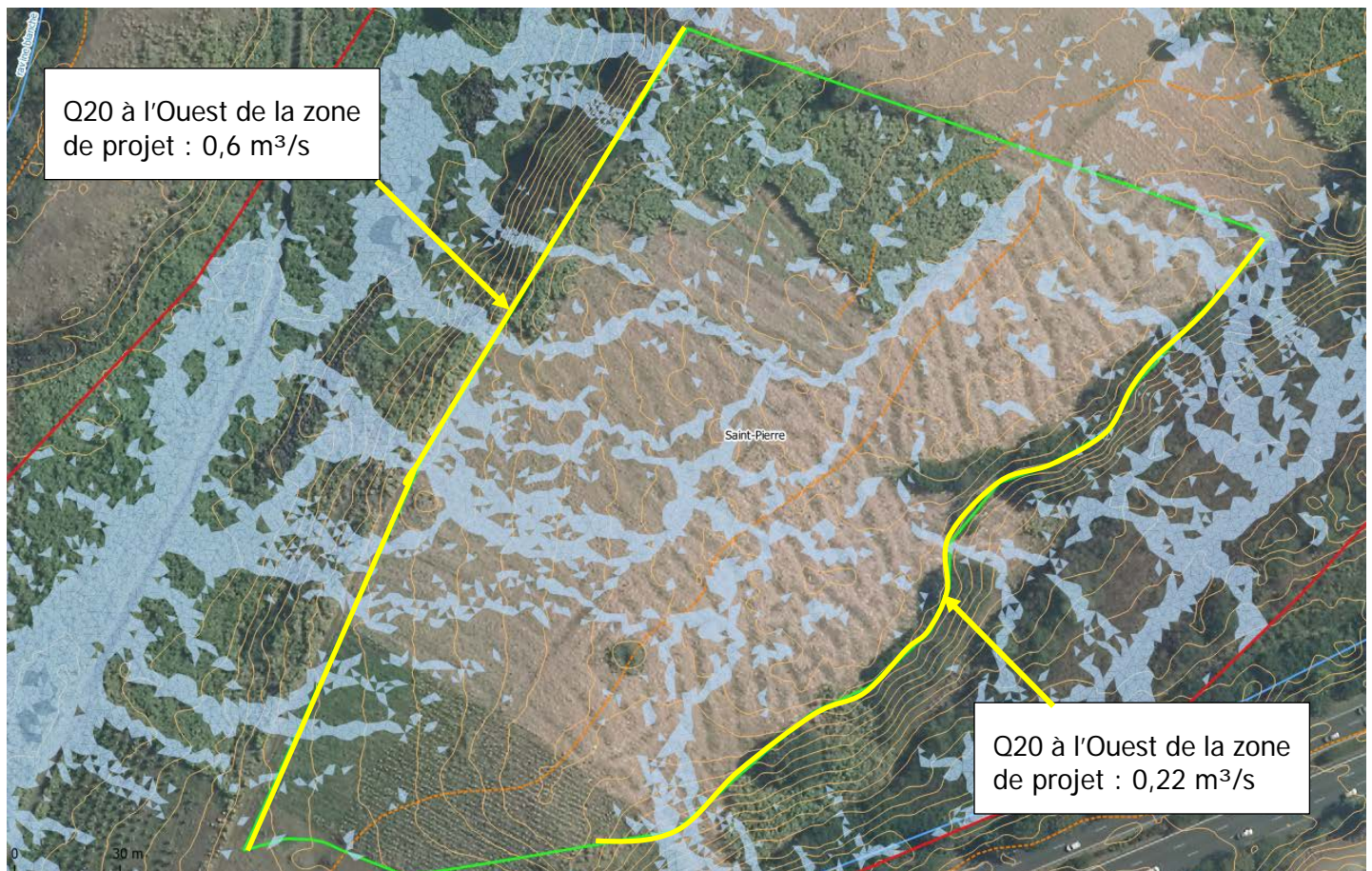


Figure 15 : Estimation des débits s'écoulant de part et d'autre de la zone de projet

Le projet agricole va modifier les conditions topographiques de la parcelle, les axes d'écoulements préférentiels seront donc modifiés. Il convient que ces changements n'aggravent pas les risques inondation par rapport à l'état initial. Le projet prendra en compte la dynamique hydraulique précisée ci-avant pour améliorer la situation initiale.

3. ANALYSE DE L'ETAT PROJET SANS MESURES HYDRAULIQUES – SCÉNARIO N°2

3.1. DESCRIPTION DU PROJET

Source : Etude de valorisation agricole – Allée Jacquot – SAFER 2018. Il convient de se reporter à ce rapport pour avoir les détails du projet.

Pour optimiser les parcelles agricoles et estimer les besoins de nivellement des terres, il faut faire une appréciation générale de la topographie et des modifications à y apporter compte tenu de l'itinéraire technique et du mode d'irrigation choisi par l'exploitant pour l'utilisation des terres.

L'appréciation de la topographie générale du terrain, étant assez difficile en raison du couvert végétal (cannes, et friches pour partie), et afin d'optimiser le nivellement, un relevé topographique précis a été réalisé à partir duquel le projet d'aménagement a été pensé.

Les travaux d'amélioration foncière seront menés par le groupement SBTPC/GTOI/VINCI, et sous le contrôle permanent d'un maître d'œuvre de travaux agricoles agréé de la SAFER.

Ces travaux respecteront le projet établi préalablement et dans le respect des bonnes pratiques agricoles, dans l'objectif d'améliorer les pentes pour favoriser le passage des engins agricoles adaptés pour la récolte mécanique de la canne, notamment une coupeuse en cannes tronçonnées.

L'opération sera productrice de déblais importants, sur les zones où actuellement les pentes sont trop fortes pour la coupeuse privilégiée, mais également de remblais dans les zones en creux. Le volume excédentaire sera donc fonction des caractéristiques physiques du terrain, et de la déduction des volumes de matériaux non valorisables qui seront réutilisés pour la mise au profil du terrain après nivellement par déroctage, l'empierrement des chemins, la réalisation des merlons et des tranchées drainantes.

Le volume excédentaire estimé après utilisation des matériaux en remblais, pour la constitution des cordons, merlons, ou restauration des chemins dans le cadre de ce projet est de : 120 000 m³ soit environ 220 000 tonnes.

La figure suivante permet de visualiser les modifications topographiques entre l'état initial et l'état projet.

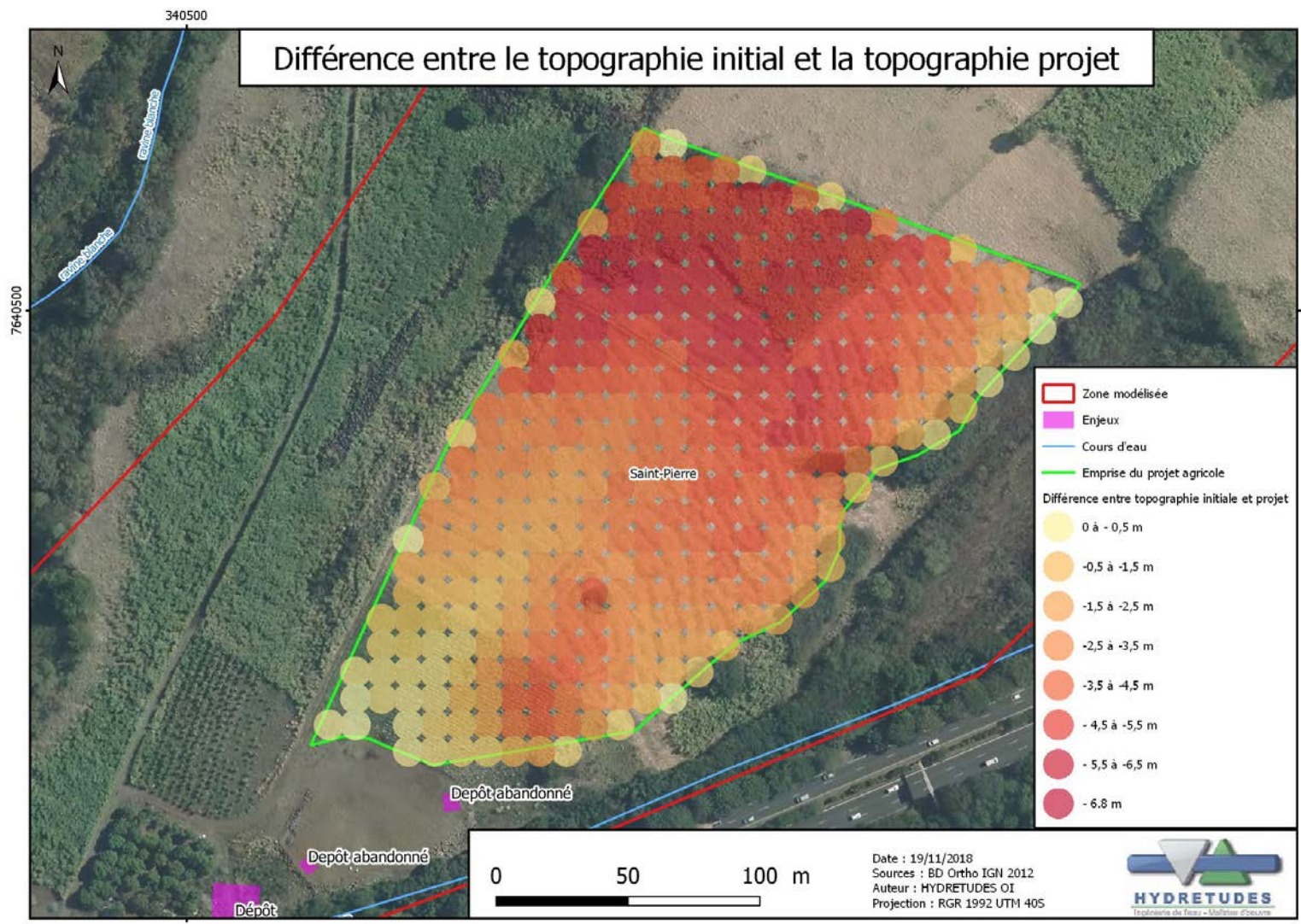


Figure 16 : Différence entre topographie initiale et topographie projet



Le projet a donc plusieurs objectifs :

- Le 1^{er} objectif est double, il s'agit de réaliser de travaux d'amélioration foncière agricole (gain de surface agricole) et la valoriser des matériaux excédentaires issus des travaux d'épierrage,
- Le 2nd objectif est de mettre en place un projet n'aggravant pas les risques d'inondations et les risques d'érosion.

Pour réaliser le 1^{er} objectif, le projet, consiste à épierrer la parcelle (gain en surface) et réaliser des plates formes cultivables mécaniquement et une zone de maraîchage pour au total obtenir une surface cultivée de 30 465 m².

Le projet ne modifie pas sensiblement l'occupation des sols puisque la quasi-totalité de la parcelle est cultivée. Seules les modifications topographiques génèreront des impacts hydrauliques.

Ainsi, afin de prévoir et dimensionner les ouvrages nécessaires pour pallier à ces impacts hydrauliques, une 1^{ère} modélisation – état projet sans mesure compensatoire hydraulique a été réalisée.

3.1. ANALYSE DES ECOULEMENTS A L'ETAT PROJET SANS MESURE COMPENSATOIRE HYDRAULIQUE

3.1.1. Introduction

Cette modélisation à l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique a permis de comparer les écoulements avant et après le projet.

3.1.2. Résultats de l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique

Les figures ci-après illustrent l'étendue de la zone d'expansion du ruissellement pluvial à l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique du site résultant des modélisations mathématiques 2D :

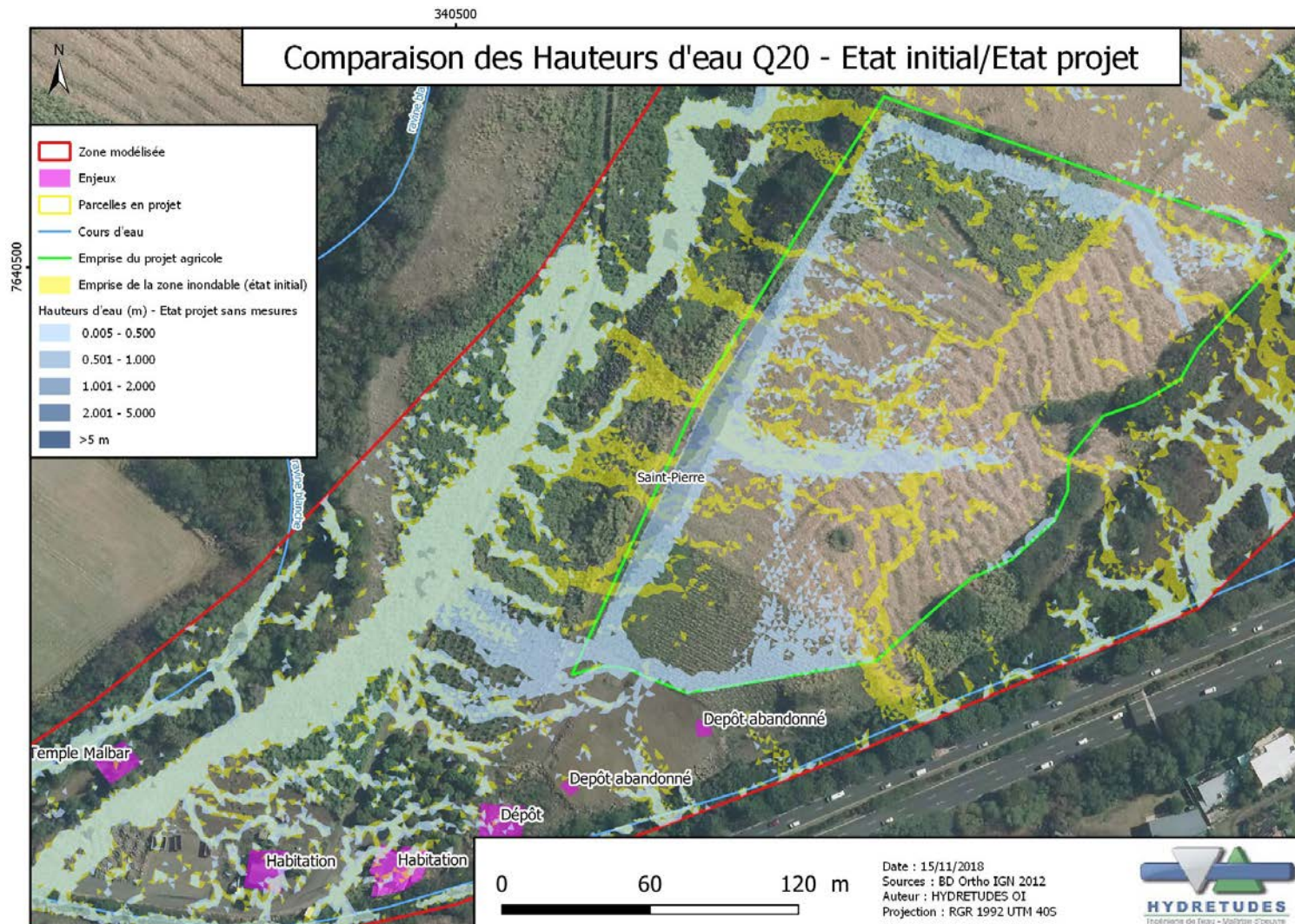


Figure 17 : Comparaison des zones inondables entre l'état initial et l'état projet

Les résultats montrent que la topographie projet :

1. a sensiblement modifié les écoulements :

À l'état initial, la surface du projet avait une forme de toit répartissant ainsi les écoulements de part et d'autre du projet. La modification de la topographie a pour effet d'orienter les écoulements vers l'Ouest de la parcelle.

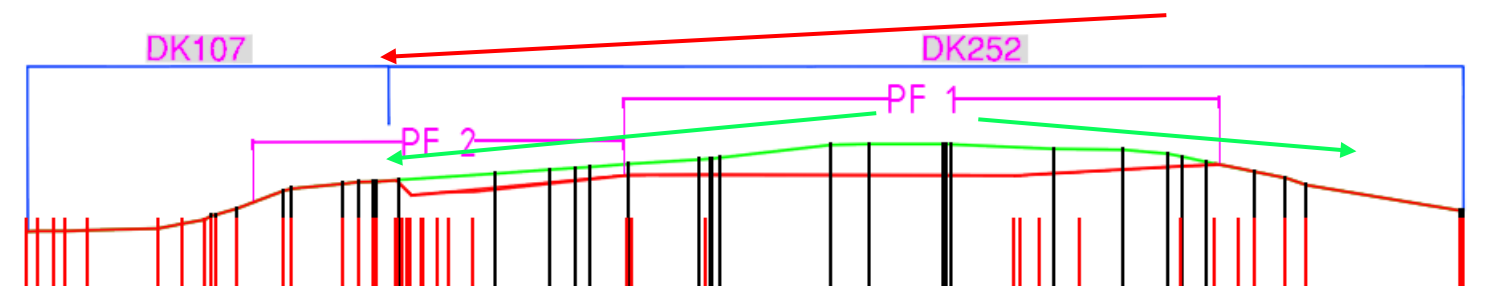


Figure 18 : Vue en coupe du projet et sens d'écoulement avant (en vert) et après projet (en rouge)

Les écoulements sont donc concentrés à l'Ouest du site du projet et les écoulements n'atteignent plus la parcelle DK107 comme initialement.

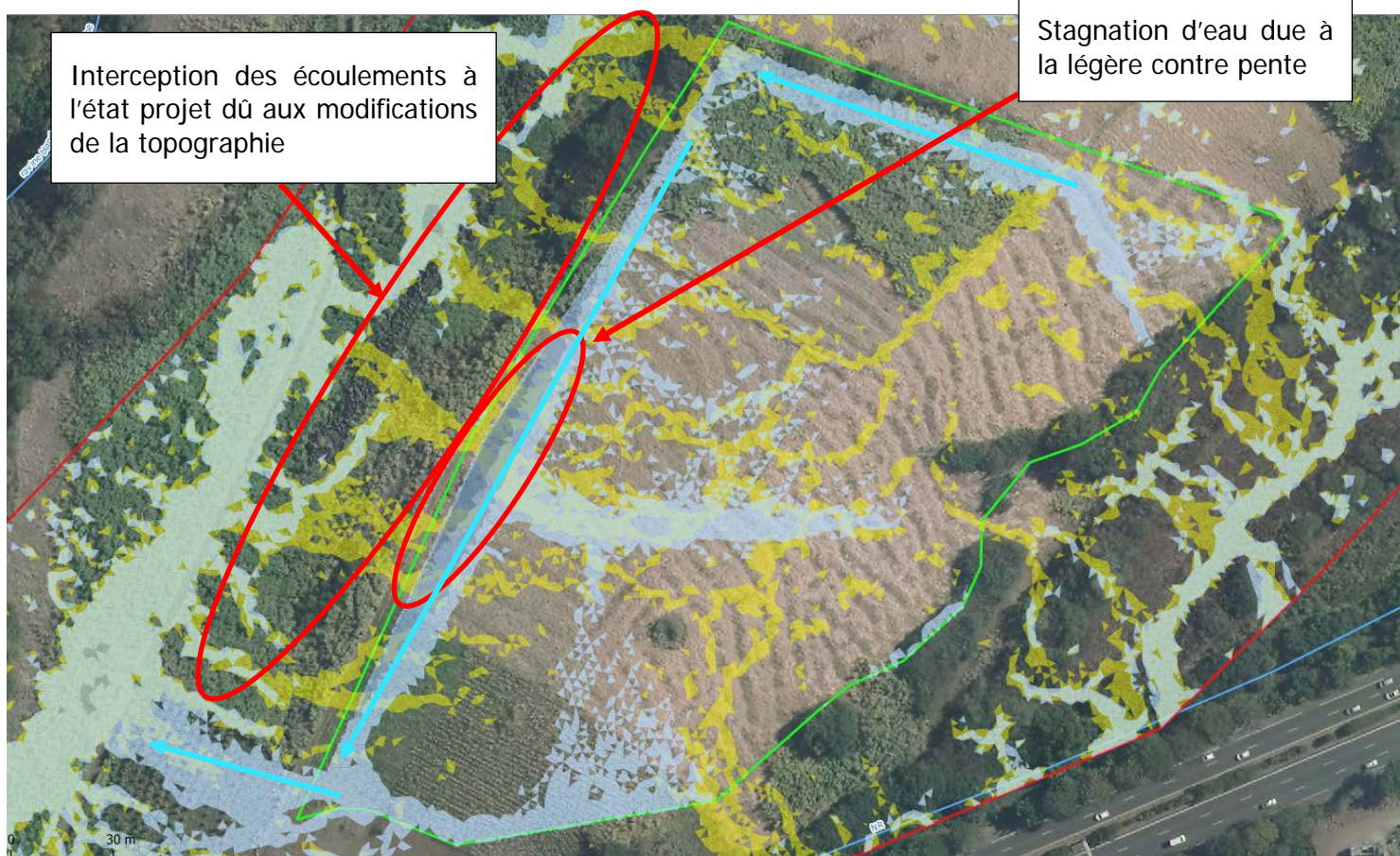


Figure 19 : Écoulements du projet sans mesure compensatoire hydraulique comparé aux écoulements à l'état initial

De plus, le projet présente une légère contre-pente dans la partie aval ce qui crée une stagnation d'eau.

2. Modifie la répartition des débits par rapport à l'état initial de manière très localisée :

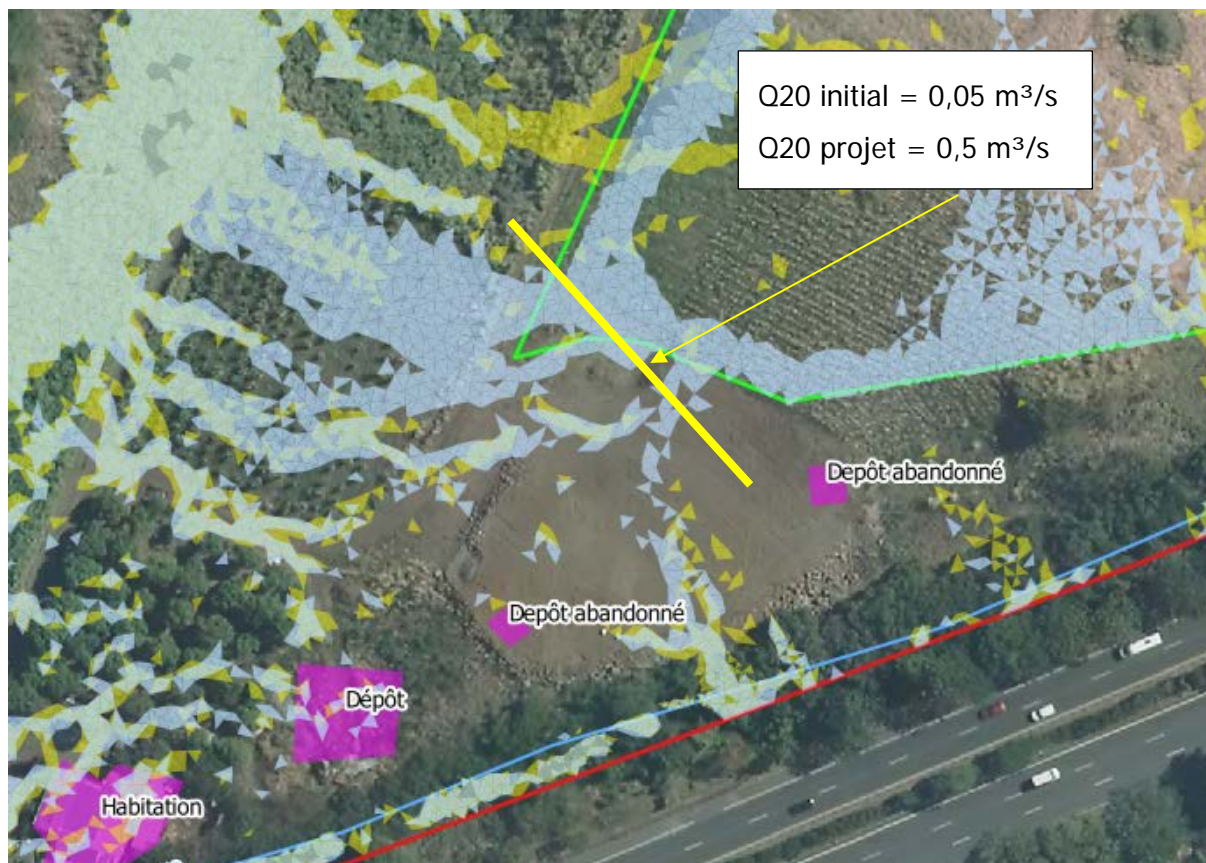


Figure 20 : Analyse des débits (état initial/état projet sans mesure compensatoire hydraulique) à l'exutoire du projet

***In fine*, les débits rejoignent la ravine Blanche (au niveau du pont RN3) comme à l'état initial. Il n'y a pas d'augmentation de débits due au projet au niveau de la ravine Blanche (pas de changement d'occupation des sols). Mais une répartition différente des débits. En effets, les débits qui s'écoulaient à l'Ouest du projet sur la parcelle DK107 sont concentrés en aval de la parcelle.**

Le projet modifie donc localement la répartition des débits en changeant l'orientation des écoulements.

Afin de pallier à cette modification localisée et d'éviter une érosion plus forte en aval du projet jusqu'à l'allée Jacquot (concentration des écoulements à l'aval), des mesures compensatoires hydrauliques seront proposées (cf. chapitre suivant).

3. Le projet n'a aucune incidence sur les enjeux à l'aval.

4. ANALYSE DE L'ETAT PROJET AVEC MESURES HYDRAULIQUES – SCÉNARIO N°3

4.1. IMPLANTATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Comme vu ci-dessus, le projet a plusieurs objectifs :

- Le 1^{er} objectif est double, il s'agit de réaliser de travaux d'amélioration foncière agricole (gain de surface agricole) et la valoriser des matériaux excédentaires issus des travaux d'épierrage,
- Le 2nd objectif est de mettre en place un projet n'aggravant pas les risques d'inondations et les risques d'érosion.

Pour réaliser le second objectif et compenser les impacts hydrauliques localisés à l'aval du projet, plusieurs ouvrages hydrauliques qui permettront de gérer les écoulements à l'aval du projet seront mis en place :

- Canal intercepteur à l'Ouest des parcelles DK252 à DK255 (1), permettant de drainer les écoulements jusqu'à l'aval du projet,
- Un bassin de régulation permettant de ralentir les écoulements et de les orienter vers la buse afin que ces écoulements n'impactent pas le chemin de Mr Lusnier (2),
- Une buse de sortie du bassin sous le chemin de M.LUSINIER et un fossé à ciel ouvert vers le fossé présent le long de la Route nationale 2 (3).

La localisation de ces différents ouvrages est présentée sur la figure page suivante.

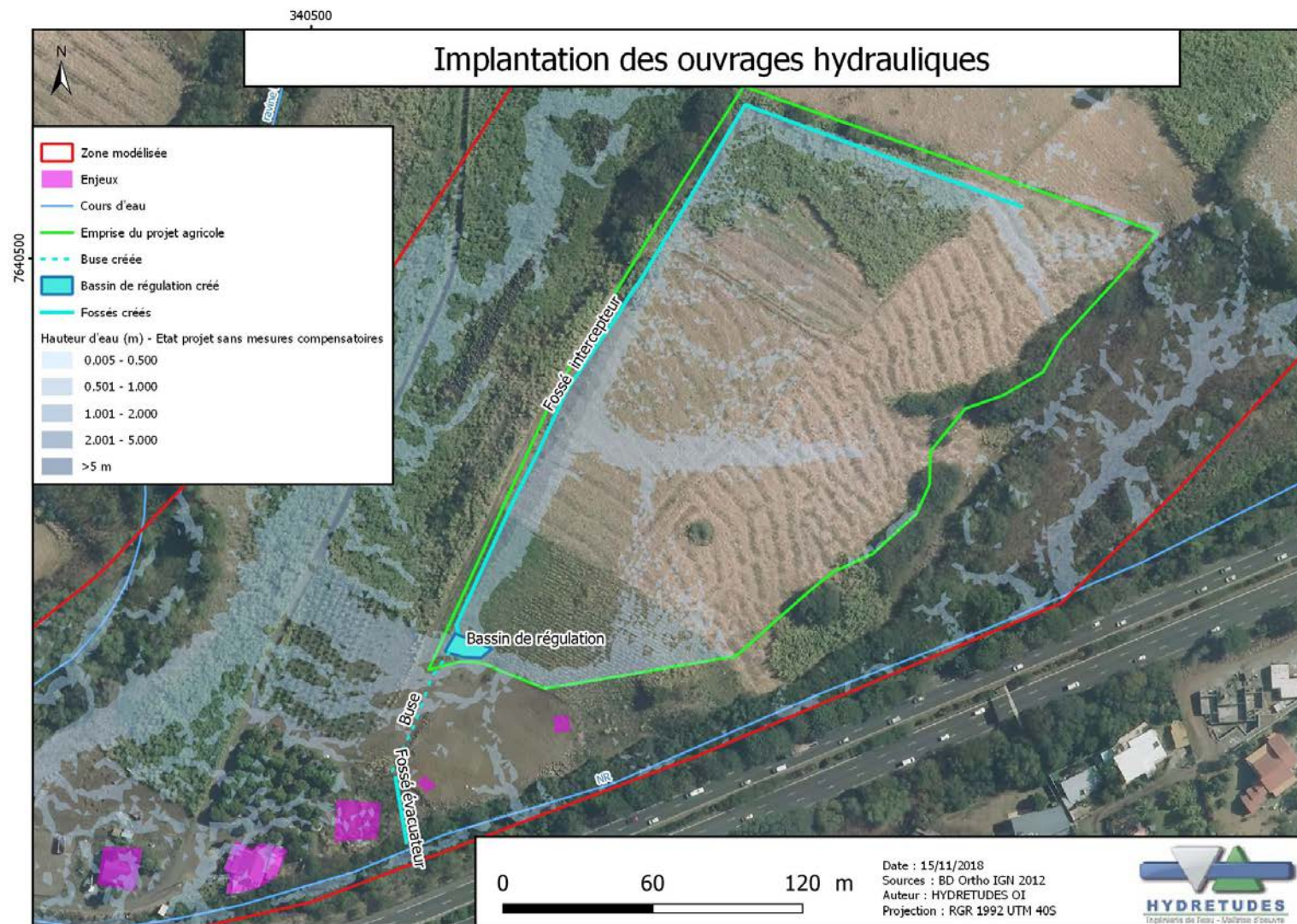


Figure 21 : Implantation des ouvrages hydrauliques

4.2. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

4.2.1. Dimensionnement du fossé intercepteur

Les dimensions projetées du fossé ont été déterminées par application de la Formule de Manning-Strickler (voir ci-dessous).

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Avec :

- K : coefficient de Strickler (sans unité, paramètre dépendant de la rugosité du matériau de l'ouvrage). Ici $K=40$ pour l'ensemble des ouvrages ;
- S : Surface mouillée (m^2);
- R : rayon hydraulique (m) ;
- I : pente de l'ouvrage (m/m).

Le tableau ci-après indique les caractéristiques de fossé préconisé :

Type d'ouvrage	Q_{20} (m^3/s) à intercepter	Volume (m^3)	Capacité (m^3/s)	Dimensions (m)	Pente minimale (%)	Vitesse (m/s)	Matériau	Longueur (m)
Fossé trapézoïdal intercepteur	0,5	-	0,53	Largeur base = 0,4 m Largeur en crête = 0,82m Hauteur = 0,5 m Fruit = 2H/3V	1	1,74	Enrochements libres	361

Tableau 6: Dimensions du fossé amont

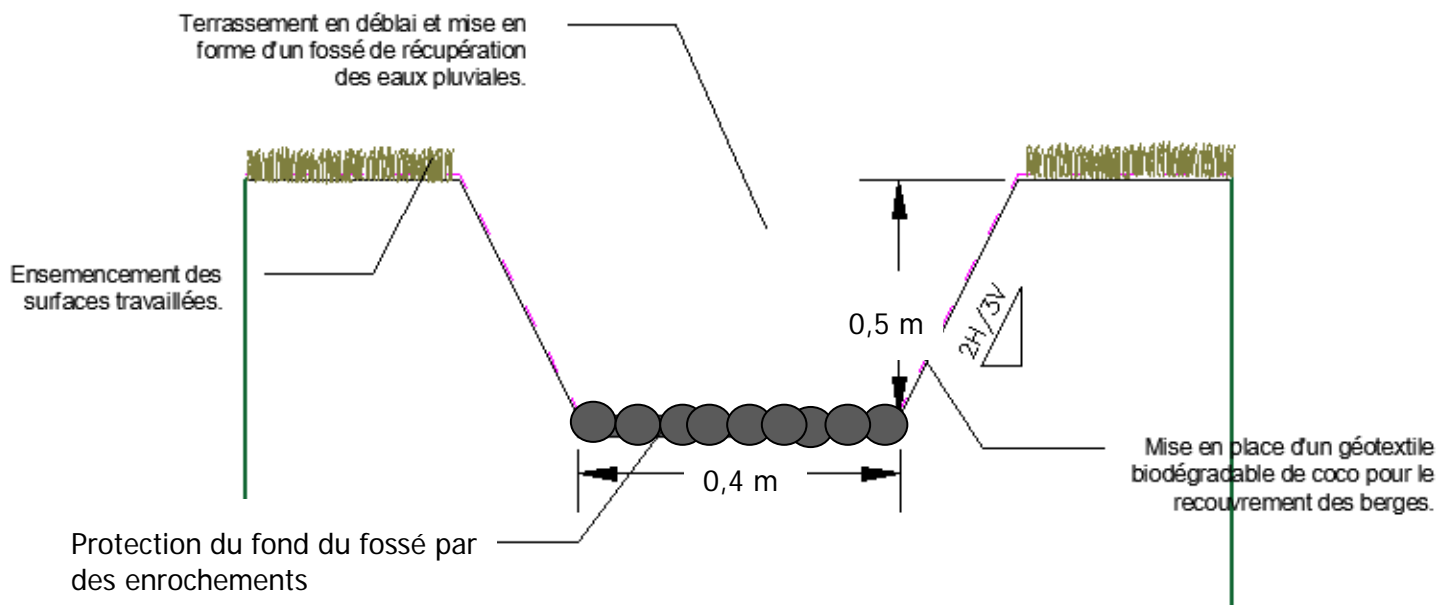


Figure 22 : Coupe type du fossé trapézoïdal

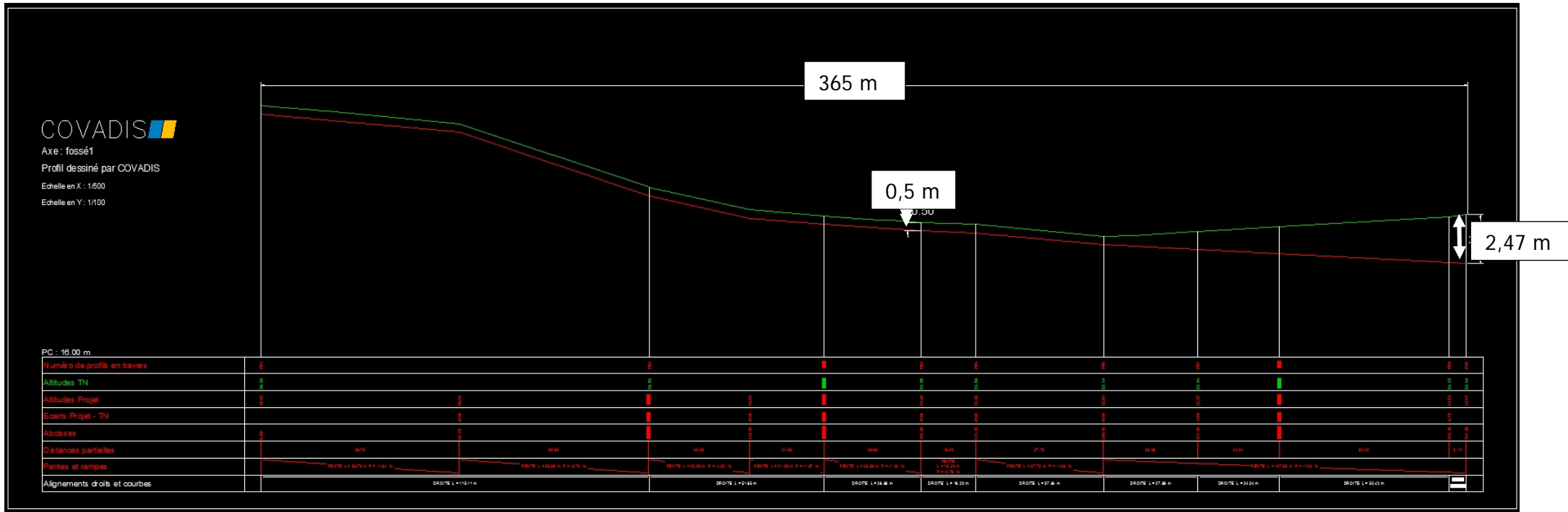


Figure 23 : Profil en long du terrain à l'état projet (en vert) et profil en long du fil d'eau du fossé (en rouge)

Le fossé présente en aval du projet une profondeur de 2,47 m en raison de la contre-pente.



4.2.2. Dimensionnement de l'ouvrage de régulation

Comme indiqué plus haut, ce bassin n'est pas un bassin de rétention usuellement mis en œuvre pour pallier à l'augmentation de débits générés par un projet qui modifie l'occupation des sols.

Dans notre cas, le projet ne modifie pas l'occupation des sols, donc il n'augmente pas les débits. Néanmoins, le projet modifie la topographie et donc la répartition des débits.

Cet ouvrage de régulation a pour fonctions :

- de permettre aux écoulements de ralentir à l'aval de la parcelle,
- de canaliser les écoulements dans la buse sous le chemin de Mr Lusnier puis par le canal à ciel ouvert plus en aval,
- de retenir les matières en suspension.

De plus, le projet n'a pas d'impact sur les enjeux à l'aval ni sur le débit global qui atteint la ravine Blanche.

La méthode de pluie n'a donc pas été utilisée. Cet ouvrage de régulation a été dimensionné par itération de modélisation.

Les dimensions du bassin sont les suivantes (environ 80 m³) :

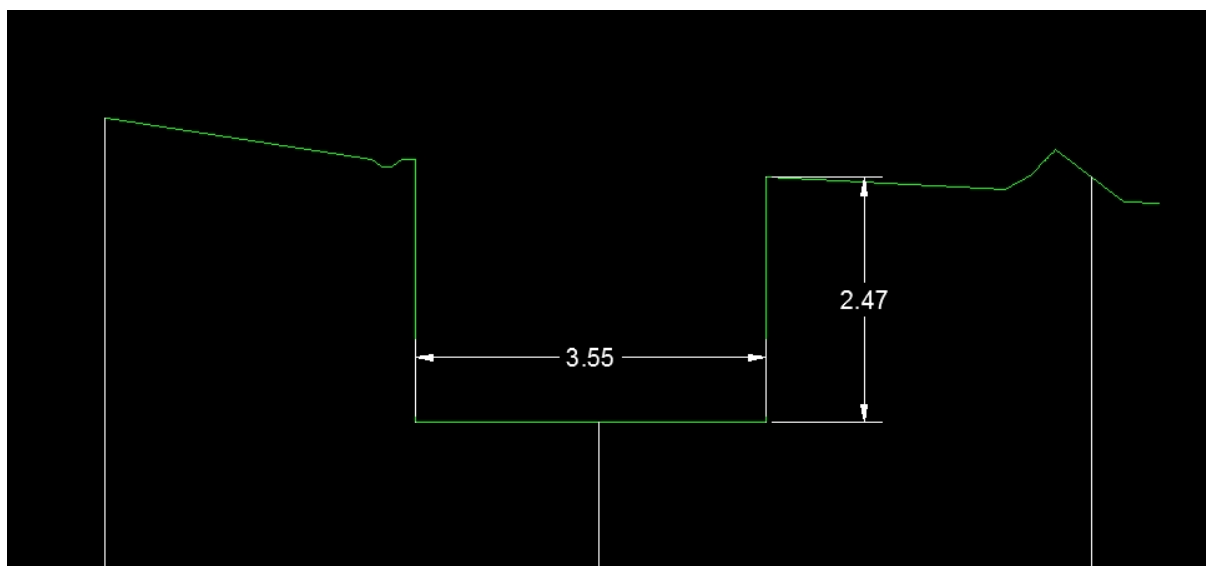


Figure 24 : Profil en travers du bassin à l'aval du projet

Nota : l'ouvrage de régulation est en fait composé du volume du bassin et également du volume correspondant à la surprofondeur du fossé dans la partie aval. En réalité, un fossé de plus de 2 m de profondeur et de 80 cm de large est difficilement réalisable. Le maître d'œuvre s'adaptera donc de façon à élargir le fossé en aval pour en garantir la stabilité et veillera à conserver une pente pour assurer le drainage des eaux (suppression de la contre-pente par la mise en œuvre du fossé).

4.2.3. Dimensionnement de l'ouvrage de fuite

Comme indiqué ci-dessus, l'ouvrage n'a pas pour fonction de compenser les débits. Ainsi, l'ouvrage de fuite présentera une capacité légèrement inférieure à la capacité du canal intercepteur.

Les dimensions projetées de l'ouvrage de fuite ont été déterminées par application de la Formule de Manning-Strickler (voir ci-dessous).

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Avec :

- K : coefficient de Strickler (sans unité, paramètre dépendant de la rugosité du matériau de l'ouvrage). Ici $K=40$ pour l'ensemble des ouvrages ;
- S : Surface mouillée (m^2);
- R : rayon hydraulique (m) ;
- I : pente de l'ouvrage (m/m).

Le tableau ci-après indique les caractéristiques de fossé préconisé :

Type d'ouvrage	Q_{20} (m^3/s) à intercepter	Capacité (m^3/s)	Dimensions (m)	Pente minimale (%)	Vitesse (m/s)	Matériau	Longueur (m)
Buse sous le chemin de Mr Lusnier	0,4	0,42	Ø 500 mm	1	2,2	Béton	55
Fossé à ciel ouvert	0,42	0,53	Largeur base = 0,4 m Largeur en crête = 0,82m Hauteur = 0,5 m Fruit = 3H/2V	1	1,74	Enrochements libres + géotextile	25

Tableau 7: Dimensions des ouvrages de fuite

4.3. ANALYSE DES ECOULEMENTS A L'ETAT PROJET AVEC MESURES COMPENSATOIRES HYDRAULIQUES

4.3.1. Introduction

La simulation du ruissellement pluvial sur la zone modélisée a permis de mettre en évidence les paramètres caractéristiques des écoulements induits présentés dans les chapitres suivants.

4.3.2. Résultats de l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques

Les figures ci-après illustrent l'étendue de la zone d'expansion du ruissellement pluvial à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques du site résultant des modélisations mathématiques 2D :

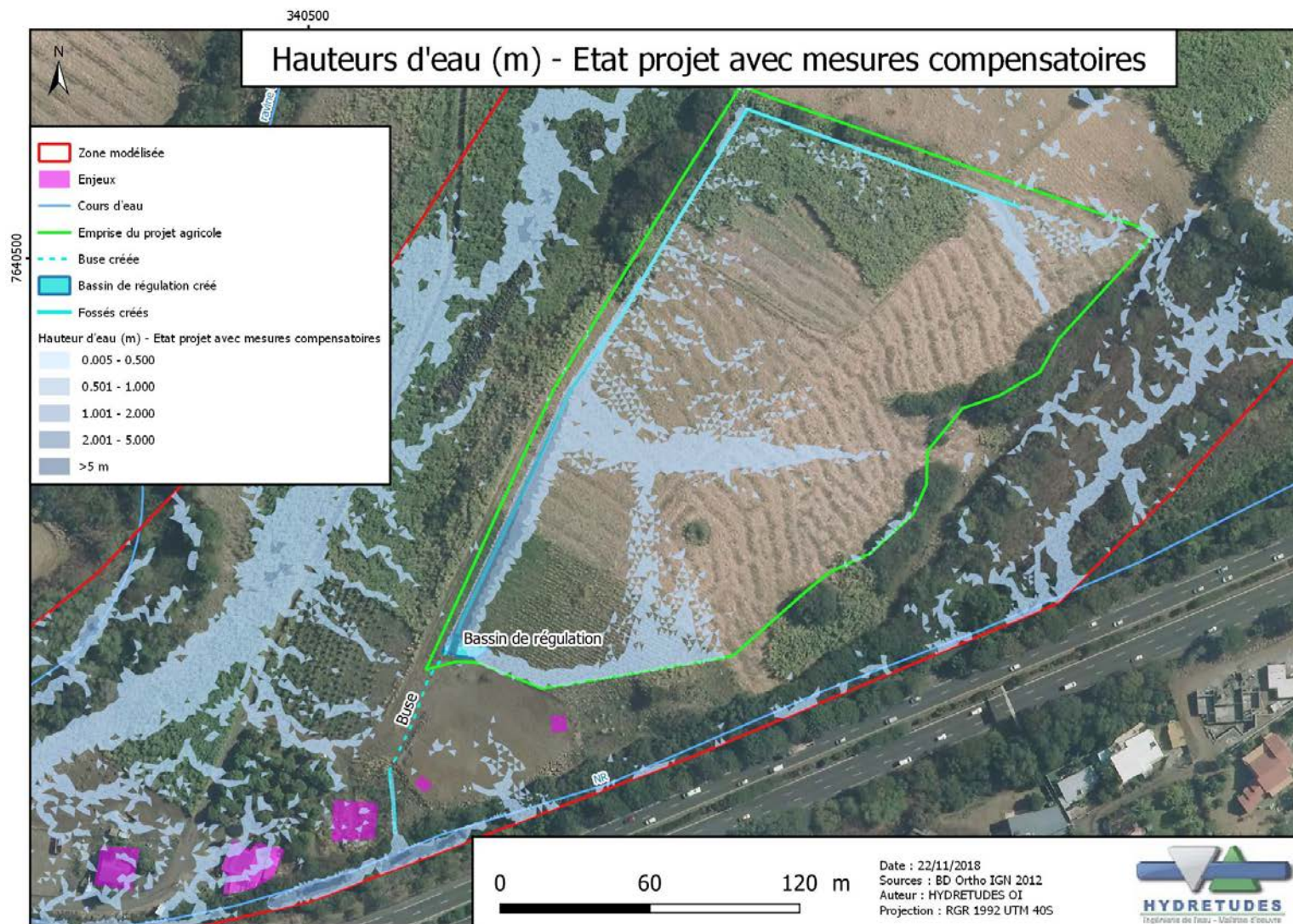


Figure 25 : Hauteurs d'eau maximales atteintes en m – Q20 à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques



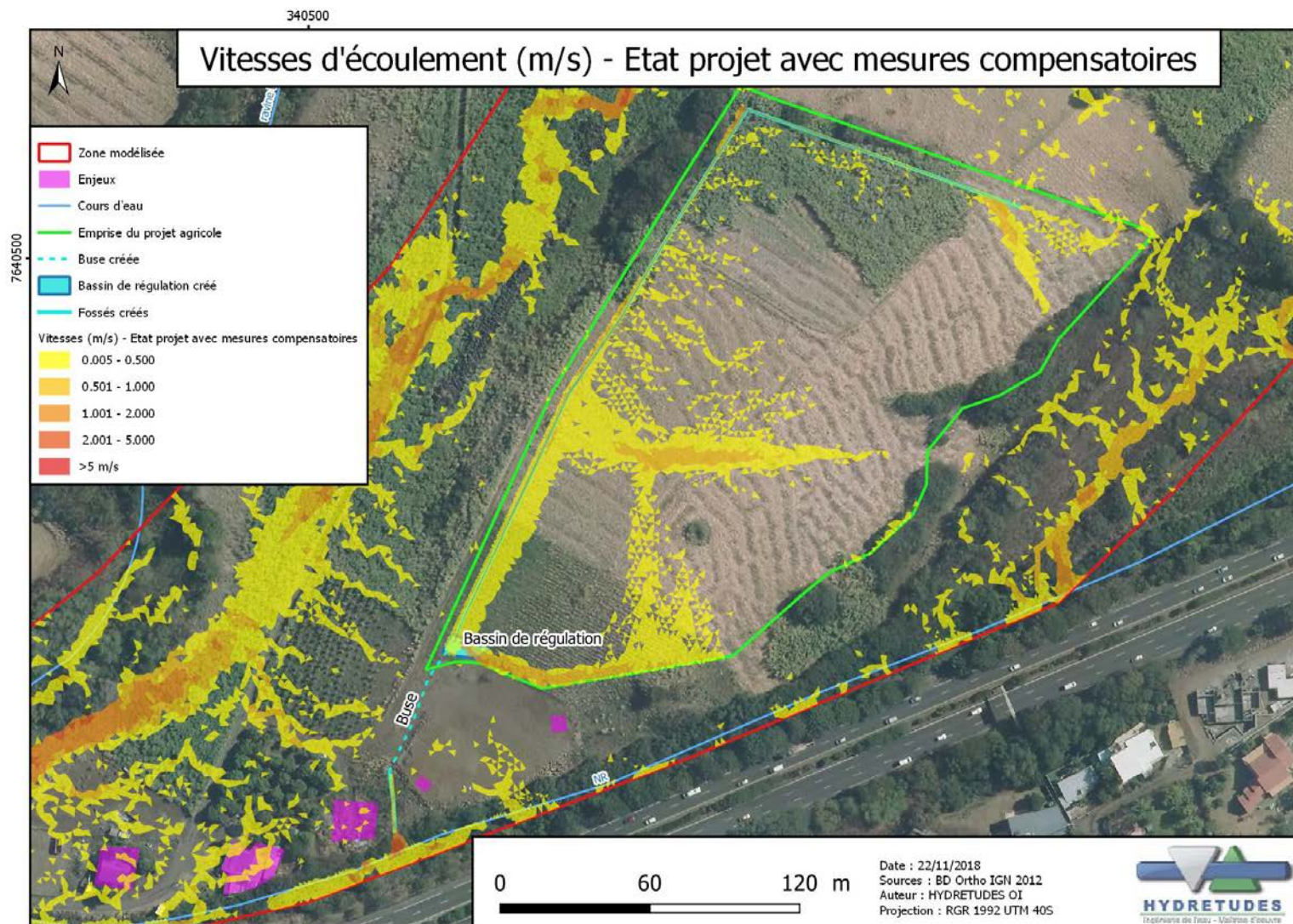


Figure 26 : Vitesses d'écoulement maximales atteintes en m/s – Q20 à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques

Février 2020

RE18-044/Etude hydraulique/Version 3.0



Les résultats montrent que les mesures compensatoires mises en place permettent de contrôler la répartition des débits jusqu'à l'exutoire (fossé RN3) en évitant un retour des écoulements qui pourrait provoquer une érosion sur la parcelle DK107 en contrebas du projet.



Figure 27 : Comparaison des emprises des écoulements à l'état projet sans mesure compensatoire hydraulique et à l'état projet avec mesures compensatoires hydrauliques

5. ENTRETIEN DES OUVRAGES

Au vu de la nature du site, les ouvrages seront susceptibles d'être régulièrement obstrués.

Il est donc essentiel de prévoir en **entretien régulier** (même rudimentaire) de ceux-ci afin de ne pas diminuer leur capacité hydraulique lors de fortes pluies.

CONCLUSION

La présente étude hydraulique a permis de mettre en évidence que le projet tel que défini n'a pas d'incidence en termes de débit supplémentaire. Par contre, le changement de topographie induit une configuration des écoulements et une répartition des débits sensiblement différentes.

Cette nouvelle configuration est compensée par la mise en place d'un fossé en terre, d'un ouvrage de régulation, d'une buse et fossé d'évacuation. Ce type de mesure est appliquée de manière courante dans le cadre de l'application des protocoles « andain » et « épierrage » par la SAFER.

ANNEXE 1 : FICHE HYDROLOGIQUE

Fiche standard de résultats - HYDROLOGIE					
Commune :	Nom du projet :			Date :	
Saint Pierre	Epierrage Jacquot			Fev-20	
CARACTERISTIQUES GENERALES					
Nature du point de rejet (nature, réseau, infiltration,...) :	Ravine Blanche				
Surface du projet en ha :	18.24				
Nom du bassin versant :	BV_zone_2D				
Surface du bassin versant (ha) :	0.00				
Surface du projet + surface du bassin versant intercepté (ha) :	18.24				
Zone Météorologique	1	2	3	4	5
Pourcentage du BV (%)	100	-	-	-	-
PARAMETRES D'ENTREE					
Longueur du chemin hydraulique le plus long (m):	900				
Pente moyenne le long de ce chemin (%) :	3.3				
Coefficient d'allongement :	2.11				
Temps de concentration (min)	Passini	Ridchards	Kirpich2	Rectangles équivalents	Moyenne
	-	4.1	9.1	21.4	11.5
OBJECTIF DE PERFORMANCE DES OUVRAGES					
Période de retour à prendre en compte :	2 à 100 ans				
Coefficient de ruissellement (décennal) :	0.600				
Coefficient de ruissellement (centennal) :	0.90				
Coefficient(s) de Montana :	a			b	
	60			0.33	
Méthode de calcul débits :	Méthode rationnelle				
Occurrence	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100
Valeurs débits (m ³ /s) - Etat initial (Qi)	2.20	2.74	3.15	3.79	6.74
Valeurs débits (m ³ /s) - Etat projet (Qp)	2.20	2.74	3.15	3.79	6.74
$\Delta Q = Qp - Qi$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

NOS DOMAINES D'ACTIVITÉS

UNE EXPERTISE DE L'EAU COMPLETE ET UN ACCOMPAGNEMENT SUR MESURE

Rivières, lacs et torrents

Prévention, prévision, protection, gestion du risque inondation, expertise post crue, gestion de crise.

Gestion sédimentaire.

Réalisation d'ouvrages de protection des biens et des personnes (barrages, digues, ouvrages de franchissement).

Environnement et écologie

Renaturation & valorisation des cours d'eau et milieux associés.

Développement durable.

Protection des milieux.

Continuité écologique.

Réseaux

Production, stockage & distribution d'eau potable.

Assainissement & épuration des eaux usées.

Gestion des eaux pluviales.

Conception et gestion des aménagements d'irrigation et d'enneigement.

Topographie

Topographie de rivières, de réseaux.

Récolement.

Contact :

contact@hydretudes.com

www.hydretudes.com



Flashez et visitez notre site

Saint-Pierre
de la Réunion

