ANNEXE 8d

Etude hydraulique

ETUDE HYDRAULIQUE D'INONDABILITE

Parc Agrivoltaïque Carbon Farm, Rodilhan (30)

4 juin 2025



Informations relatives au document

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Auteur(s)	Van MALINDI
Fonction	Chargé d'Etudes
Volume du document	
Version	V1

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Vérifié par	Fonction	Signature
V1	26-mai-2025	Clément GARDIEN	Chef de projet	
V2	4-juin-2025	Clément GARDIEN	Chef de projet	

DESTINATAIRES

Nom	Entité
Sarah ZGA	Sun Agri

Sommaire

1 CONTEXTE ET LOCALISATION DE L'ETUDE 5
1.1 Contexte de l'étude 5
1.2 Localisation et périmètre de l'étude 5
2 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL 6
2.1 Visite du terrain 6
2.1.1 Observations 6
2.1.2 Synthèse générale du terrain 12
2.2 Analyse règlementaire 12
2.2.1 Géomorphologie 12
2.2.1.1 Géologie 12
2.2.1.2 Pédologie 13
3 MODELISATION HYDRAULIQUE ETAT ACTUEL 15
3.1 Structure et emprise du modèle 15
3.1.1 Structure du modèle 15
3.1.2 Emprise du modèle 15
3.1.3 Occupation du sol/coefficient de rugosité 17
3.1.4 Ouvrages hydrauliques 18
3.1.5 Conditions limites 18
3.1.5.1 Conditions limites amont 18
3.1.5.2 Conditions limites aval 19
3.1.5.3 Test de sensibilité 19
3.2 Résultats état actuel 19
3.2.1 Cartographie 19
3.2.2 Analyse 23
3.2.2.1 Analyse de la zone inondable 23
3.2.2.2 Comparaison avec le PPRi 23
3.2.2.3 Identification des enjeux 23
4 CONCLUSION 25

Références

Figure 1 : Localisation du site de l'étude 5
Figure 2: Plan d'implantation prévisionnel ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 3 : Synthèse des points d'observations de la visite de terrain 6
Figure 4: Geologie aux abords de la zone d'étude 12
Figure 5 : Carte pédologique (IGN-Géoportail) 14
Figure 6 : Emprise et structure du modèle 16
Figure 7 : Emprise du modèle (vue satellite) 16
Figure 8 : Occupation du sol selon l'OCS (IGN) 17
Figure 9 : Synthèse des ouvrages hydrauliques identifiés 18
Figure 10 : Carte d'impact du test de sensibilité +20% Strickler 19
Figure 11 : Carte des hauteurs d'eau 20
Figure 12 : Carte des vitesses d'eau 21
Figure 13 : Carte des hauteurs d'eau 22
Figure 14 : Identification des enjeux 24

1 CONTEXTE ET LOCALISATION DE L'ETUDE

1.1 Contexte de l'étude

Sun'Agri a l'ambition de construire un centre de recherche et de démonstration à taille « exploitation », appelé « Carbon Farm », dédié à la conception de la « Ferme du Futur » :

- Plus résiliente face au changement climatique : améliorer l'efficacité de l'agrivoltaïsme dynamique, développer de nouveaux moyens de protection climatique, nouveaux services…
- Plus respectueuse de la planète : diminuer la consommation en eau et en intrants, produire de l'énergie verte, favoriser l'électrification des engins agricoles, valoriser la séquestration de carbone dans les sols…
- Plus protectrice du revenu et du bien-être des agriculteurs : améliorer la conduite des cultures et les rendements agricoles, robotiser/automatiser les pratiques…

Cette ferme expérimentale implantée sur un foncier de 30 ha, unique au monde, permettra des recherches sur 4 filières : arboriculture, viticulture, grandes cultures et maraîchage. L'objectif est une mise en service en 2028 pour la première phase du projet.

Les objectifs de la présente étude sont :

- Faire un état des lieux du fonctionnement du Buffalon ;
- Déployer un modèle hydraulique sur le secteur en état actuel ;
- Modéliser le projet et vérifier les forces hydrauliques exercées au droit des structures du projet ;
- Proposer et dimensionner des solutions d'aménagements en lien avec les mesures ERC.

Le présent rapport traitera les deux premiers objectifs, à savoir effectuer le diagnostic et la modélisation en état actuel du Buffalon.

1.2 Localisation et périmètre de l'étude

La zone d'implantation du projet se situe à l'ouest du bourg de Rodilhan, le long de la RD135, en secteur A du PLU et s'étend sur une surface de d'environ 30 ha.



FIGURE 1 : LOCALISATION DU SITE DE L'ETUDE

2 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL

2.1 Visite du terrain

2.1.1 Observations

Une visite de terrain a été effectuée le 20 mars afin de mieux comprendre les enjeux, les axes d'écoulement et les caractéristiques de la zone d'étude. Les photos suivantes prises sur le terrain, sont répertoriées sur la planche photographique suivante. Des plans ont également été réalisés par le biais d'un drone.

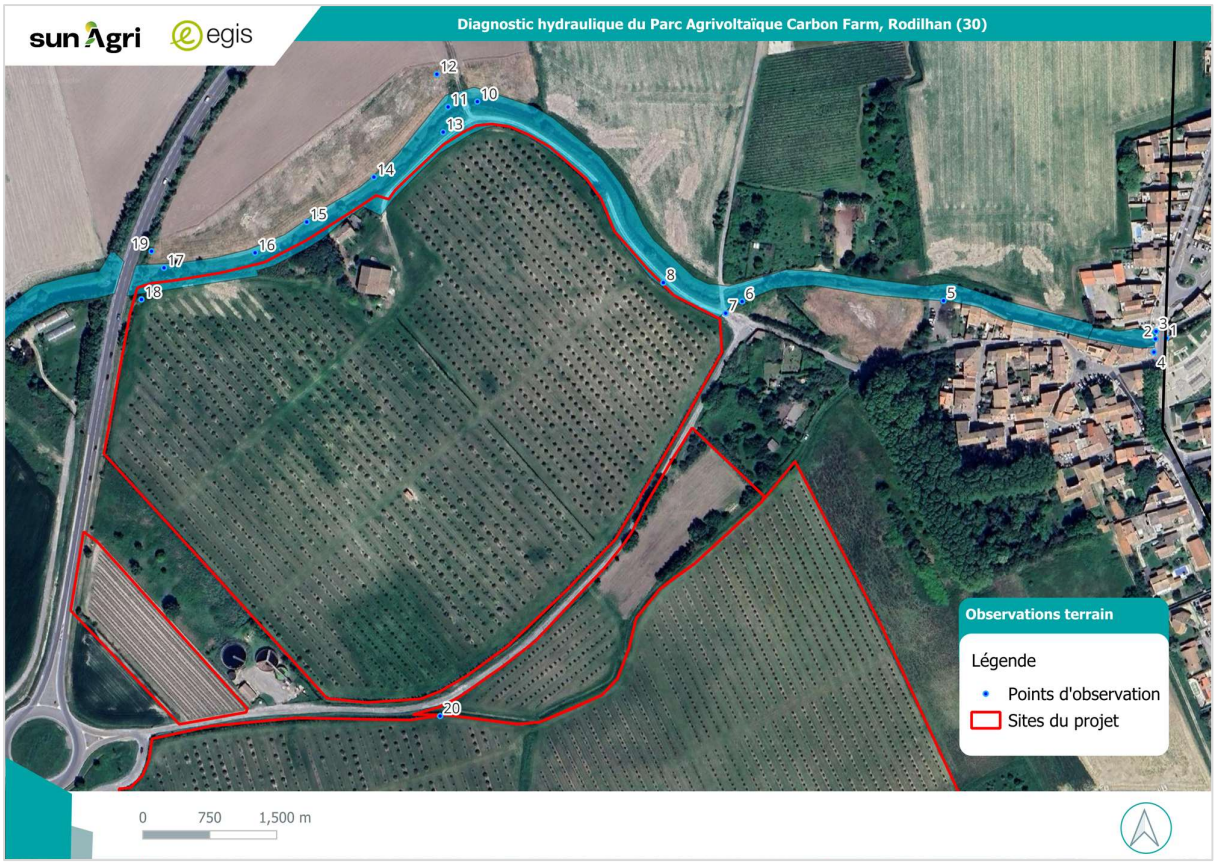


FIGURE 2 : SYNTHESE DES POINTS D'OBSERVATIONS DE LA VISITE DE TERRAIN

Les observations faites sur le terrain sont rattachées à chaque point dans le tableau suivant.

Photos et observations



- 1 : Vue amont du pont (OH 4)



- 2 : Vue aval du pont, rive gauche marquée par des habitations sur environ plus de 100 m.



- 3 : Arrivée d'un Phi 1000 sur la rive gauche, probablement le réseau pluvial



- 4 : Arrivée d'un Phi 100 sur la rive droite, probablement le réseau pluvial, avec un dépôt important en dessous du pont en rive droite



- 5 : Enrochement de la rive gauche, en face du parking, constat fait sur une majorité du linéaire du cours d'eau.



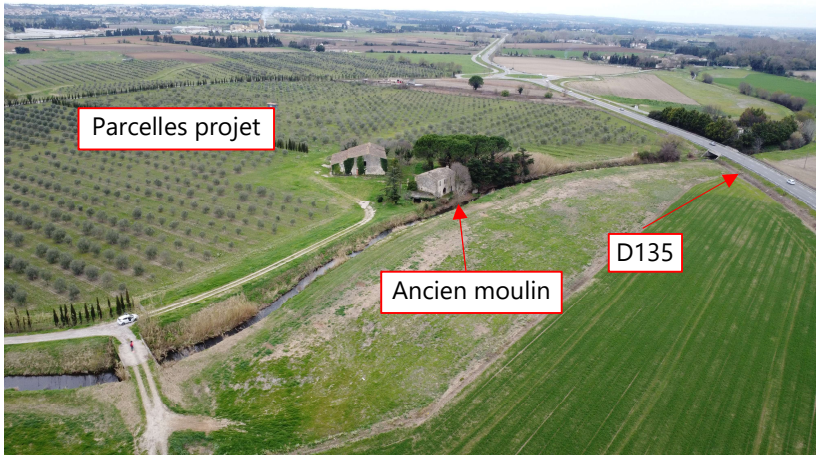
- 6 : Vue en coupe du premier ouvrage en aval du pont (OH 3) fermé avec des obstacles sur la voie passante.



- 7 : Vue aérienne de l'OH 3



- 8 : Vue aérienne de l'amont de l'OH 3



- 9 : Vue aérienne sur les parcelles projet et la D135.



- 10 : Vue aérienne sur l'OH 2 (ouvrage rectangulaire 5.9m par 3.1m)



- 11 : Vue en coupe de l'OH 2



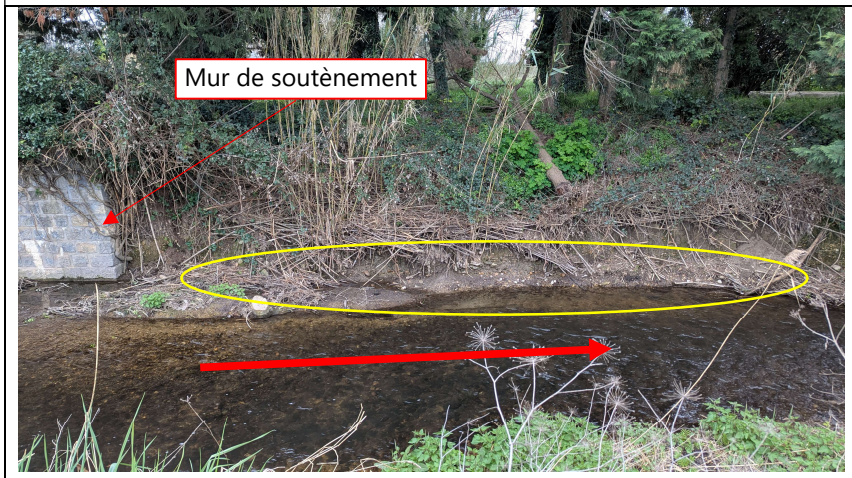
- 12 : Vue aérienne, amont de l'OH 2, arrivée d'un fossé enherbé sur la rive droite.



- 13 : Aval de l'OH 2



- 14 : Ancien moulin situé sur la rive gauche



- 15 : Erosion visible avec un mur de soutènement sur la rive gauche à quelques mètres du moulin.



- 16 : Engravement dans le lit, sédiment de type gravier.



- 17 : Ouvrage (OH 1) à l'intersection entre le Buffalon et la D135, avec un dépôt dans le lit en rive droite.



- 18 : Arivée d'un fossé enherbé qui longe la D135



- 19 : Arrivée d'un fossé enherbé longeant la D135



- 20 : Fossé enherbé situé sur les parcelles nord.

2.1.2 Synthèse générale du terrain

A partir de la visite de terrain présentée précédemment il est possible de conclure que :

- La rive droite du Buffalon en amont du pont est marquée par des habitations sur environ plus de 100 m.
- On relève un enrochement des berges sur plusieurs tronçons du cours d'eau.
- La berge droite dans le secteur de l'ancien moulin présente des marques d'érosion, ce qui qui peut justifier l'enrochement à certains endroits.
- Aggravement/dépôt sous et en aval du pont de l'avenue Vincent Auriol.

2.2 Analyse règlementaire

2.2.1 Géomorphologie

2.2.1.1 Géologie

D'après la carte géologique au 1/50000 du BRGM, la zone d'étude repose sur un secteur caractérisé Fv et OE qui sont respectivement des dépôts alluviaux et des lœss.



FIGURE 3: GEOLOGIE AUX ABORDS DE LA ZONE D'ETUDE

- **Dépôts alluviaux (Fv)** : sont des sols qui se trouvent dans la zone située au-dessus de la nappe phréatique, où les pores du sol ne sont partiellement remplis d'eau. Les dépôts alluviaux sont des sédiments transportés et déposés par les cours d'eau, comprenant généralement des matériaux comme le gravier, le sable, le limon et l'argile. En effet les sols de type Fv, constituent un mélange de différentes tailles de particules parmi lesquelles gravier, du sable, des limons et de l'argile. Ils sont globalement perméables, néanmoins, cette caractéristique peut diminuer en fonction de la quantité d'argile.

- Résumé des particules constitutives des dépôts fluviaux

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES DES DEPOTS FLUVIAUX

Type de Particule	Taille des Particules	Texture	Porosité	Perméabilité	Capacité de Rétention d'Eau	Fertilité
Gravier	> 2 mm	Grossière	Très haute	Très haute	Faible	Faible
Sable	0,05 - 2 mm	Rugueuse	Haute	Haute	Modérée à faible	Variable
Limon	0,002 - 0,05 mm	Lisse	Bonne	Modérée	Bonne	Très fertile
Argile	< 0,002 mm	Collante	Faible	Faible	Très haute	Fertile
Matière Organique	Variable	Variable	Améliore la porosité	Améliore la perméabilité	Améliore la rétention d'eau	Très fertile

- **Lœss (OE) :** Les lœss sont des dépôts sédimentaires éoliens, c'est-à-dire transportés et déposés par le vent. Ils sont principalement composés de particules de limon, mais peuvent également contenir de petites quantités de sable et d'argile. La perméabilité des lœss peut varier, mais ils sont généralement modérément perméables. L'eau peut infiltrer facilement et être assez bien retenue mais peut aussi causer des problèmes de stabilité en raison de la saturation.
  - Résumé des particules constitutives des lœss

TABLEAU 2: CARACTERISTIQUES DES LOESS

Type de Particule	Taille des Particules	Texture	Porosité	Capacité de Rétention d'Eau	Fertilité
Limon	0,002 - 0,05 mm	Lisse	Bonne	Modérée	Très fertile
Sable	0,05 - 2 mm	Rugueux	Haute	Faible	Variable
Argile	< 0,002 mm	Collant	Faible	Haute	Fertile
Carbonates	Variable	Variable	Variable	Variable	Alcalin

2.2.1.2 Pédologie

La carte des sols de l'IGN révèle que le sol est constitué de fluviosols. Cet ordre de sol défini dans la Base de référence mondiale pour les ressources en sols est caractérisé par une stratification horizontale distincte, résultant des dépôts successifs de matériaux de tailles variées, allant des graviers et sables grossiers aux limons et argiles plus fins.

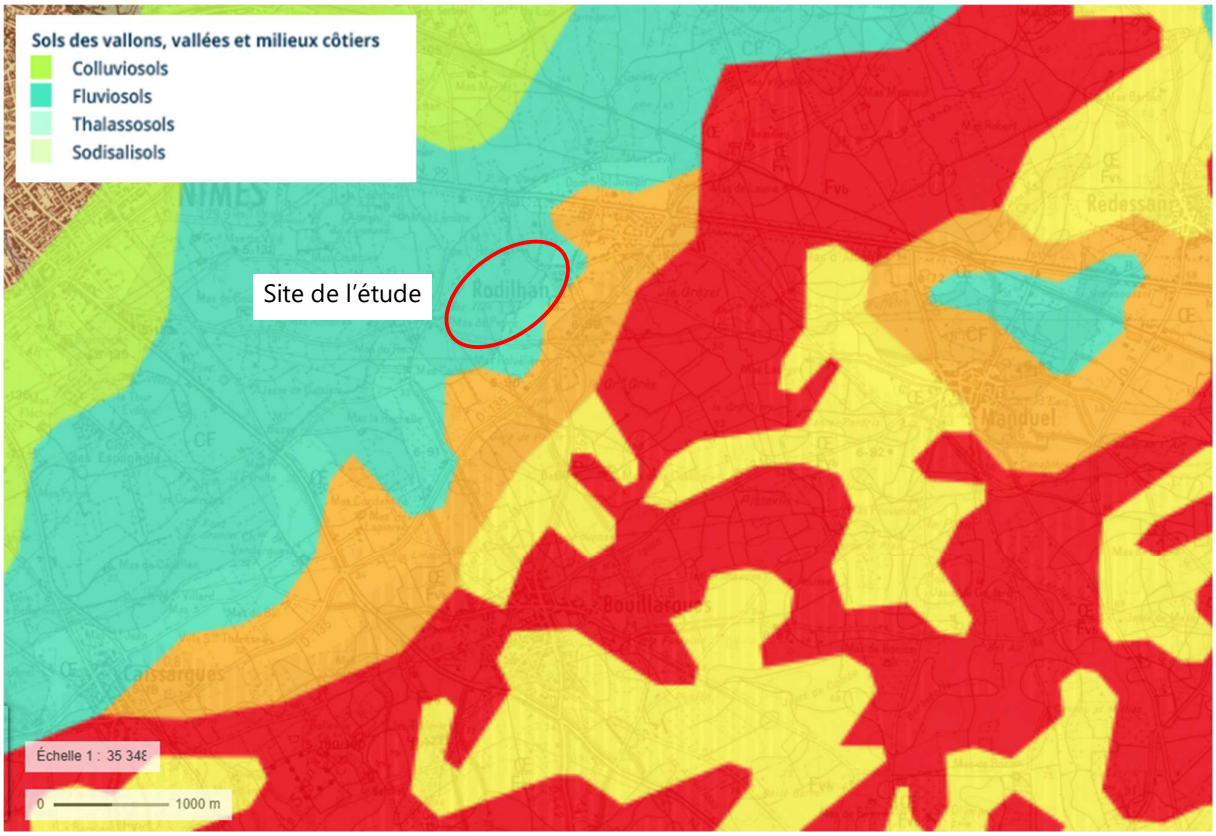


FIGURE 4 : CARTE PEDOLOGIQUE (IGN-GEOPORTAIL)

Le tableau ci-dessous dresse un bilan de quelques caractéristiques des fluviosols.

TABLEAU 3 : CRACTERISTIQUES DES FLUVIOSOLS

Caractéristique	Description
Origine	Dépôts alluviaux par les cours d'eau
Stratification	Horizontale, alternance de couches
Composition	Graviers, sables, limons, argiles
Porosité	Variable, haute dans les couches sableuses et graveleuses, faible dans les couches argileuses
Perméabilité	Variable, haute dans les couches sableuses et graveleuses, faible dans les couches argileuses
Capacité de rétention d'eau	Bonne, particulièrement dans les couches limoneuses et argileuses
Fertilité	Très fertile
pH	Neutre à légèrement alcalin
Recharge des nappes phréatiques	Importante
Filtration naturelle	Améliore la qualité de l'eau
Utilisation agricole	Prisés pour l'agriculture
Gestion des risques	Prévention de l'érosion et gestion des inondations
Écologie	Habitats riches, rôle écologique important

3 MODELISATION HYDRAULIQUE ETAT ACTUEL

3.1 Structure et emprise du modèle

3.1.1 Structure du modèle

La modélisation hydraulique sur la zone d'étude a été réalisée à l'aide du logiciel HEC RAS 2D version 6.2.

Ce logiciel est issu de près de vingt-cinq ans de développement continu par plusieurs centres de recherche. Utilisé dans de nombreux pays, HEC-RAS est devenu un outil reconnu par les professionnels pour ses nombreuses fonctionnalités et sa facilité de mise en œuvre. De plus il est libre d'utilisation et ne requiert pas de licence.

Il permet de simuler la circulation d'eau dans des réseaux simples ou maillés, à surface libre tels que les rivières et les canaux d'irrigation ou de drainage, en régime permanent ou transitoire.

La schématisation du site d'étude est décrite dans une base de données au moyen de maillages du modèle numérique de terrain et d'ouvrages tels que ponts, seuils, écluses, dalots…

Il permet notamment d'établir des cartes d'inondable fiables, d'optimiser des aménagements ou protections et d'analyser le fonctionnement des systèmes hydrauliques complexes.

La diversité des fonctions de présentation des calculs offre toute une palette de moyens de valorisation des modélisations réalisées au cours d'études, facilitant par ce biais la compréhension des résultats.

Ce modèle permet de caractériser également les écoulements de surface complexe en lit mineur et lit majeur. Pour plus de précisions dans la cartographie de la zone de débordement au droit du projet, les lits majeurs et mineur sont modélisé en 2D.

Le modèle possède 11 994 mailles et présentent une superficie moyenne de 100m^2. Le modèle a été construit à partir du LidarHD en lit majeur et des données géomètre pour le lit mineur et les ouvrages hydrauliques. Le Buffalon a été pris en compte dans son état actuel d'avril 2025, c'est-à-dire que seule une partie est aménagée. L'aménagement final du Buffalon sera détaillé et intégré dans la phase projet.

3.1.2 Emprise du modèle

L'emprise du modèle couvre l'ensemble de la zone d'implantation du projet et les cours d'eau à proximité.

Le modèle s'étend de l'avenue Mistral à l'est jusqu'à la rue Peyre à l'ouest, et de la route Beaucaire au nord au Chemin du Pont des Îles au sud. Cette emprise permet l'intégration du futur projet.

A noter que les habitations en aval de la RD 135 n'ont pas été intégrées dans le modèle puisque le remblai routier de cette dernière protège les habitations. Ainsi en appliquant une condition limite aval en côte équivalente au débordement du Vistre le projet ne pourra pas avoir d'impact au droit de ces habitations.

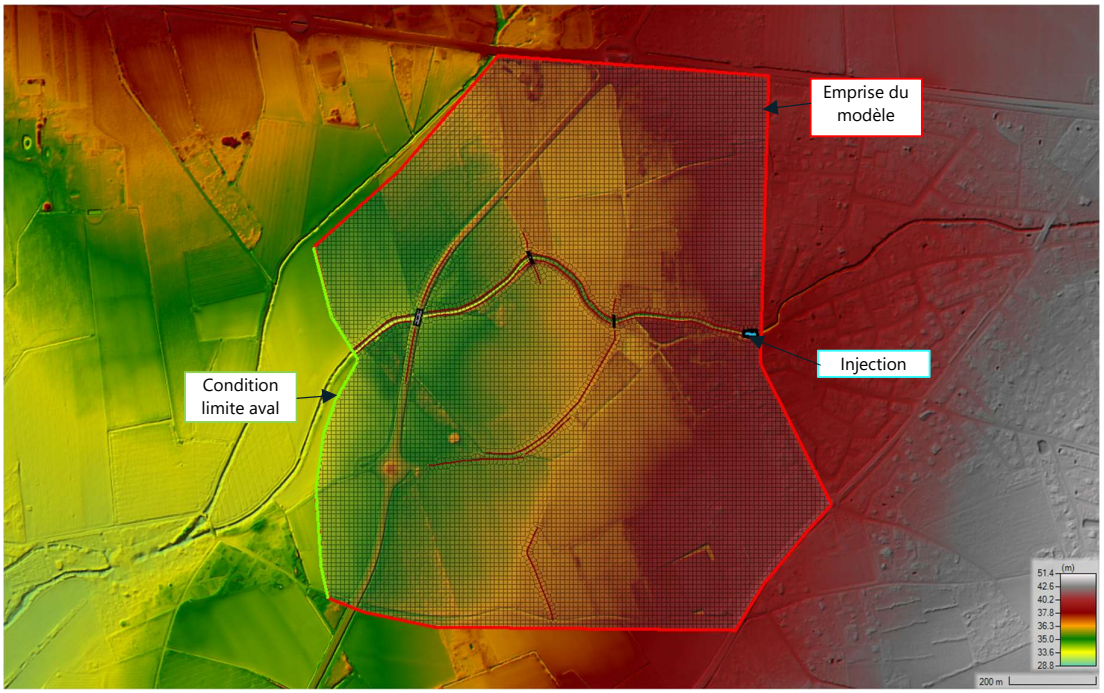


FIGURE 5 : EMPRISE ET STRUCTURE DU MODELE

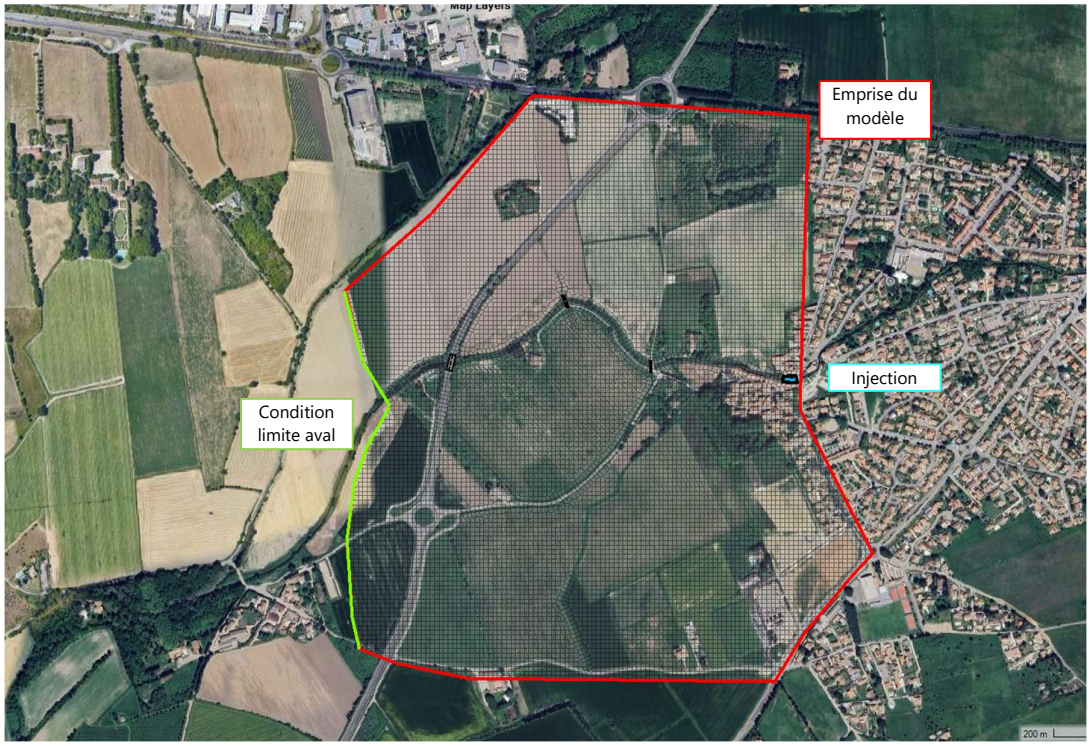


FIGURE 6 : EMPRISE DU MODELE (VUE SATELLITE)

3.1.3 Occupation du sol/coefficient de rugosité

Les coefficients de Strickler renseignés dans le modèle sont fixés et optimisés à partir des tables de la littérature et des résultats d'études hydrauliques réalisées antérieurement par EGIS EAU sur d'autres sites d'études aux caractéristiques similaires.

La détermination de l'occupation du sol a été effectué à partir de la base de données OCS GE de l'IGN. Le tableau suivant présente les coefficients de rugosité retenus par type d'occupation des sols :

TABLEAU 4 : COEFFICIENT DE MANNING RETENUS PAR TYPE DE SOL

CODE_CS	Type	Strickler	Manning
CS1.1.1.1	Bâtiment	1	1
CS1.2.2	Cours d'eau	20	0.05
CS2.1.1.1	Foret feuillu	5	0.2
CS2.2.1	Herbe	17	0.059
CS2.1.2	Lande	10	0.1
CS1.1.2.1	Piste	30	0.033
CS1.1.1.2	Route	50	0.02
CS2.1.3	Vigne	13	0.077

La figure ci-après présente l'occupation du sol sur le secteur d'étude selon la base OCS GE.



FIGURE 7 : OCCUPATION DU SOL SELON L'OCS (IGN)

3.1.4 Ouvrages hydrauliques

Les ouvrages pris en compte dans le modèle sont au nombre de 4, ils sont présentés sur la figure ci-dessous.

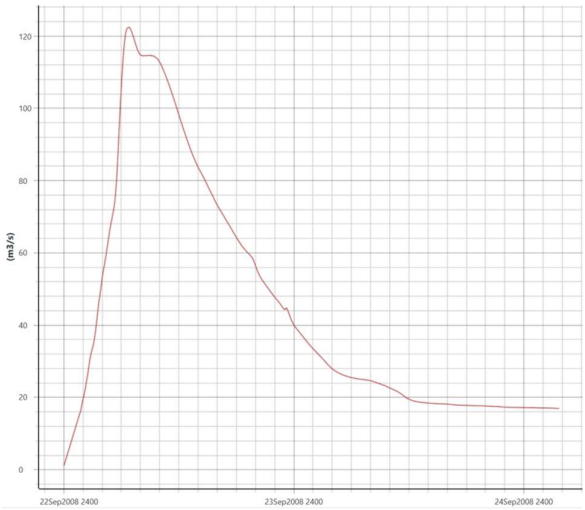


FIGURE 8 : SYNTHESE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES IDENTIFIES

3.1.5 Conditions limites

3.1.5.1 Conditions limites amont

L'hydrogrammes ci-dessous injectés dans le présent modèle est issu du PPRI du Vistre et présente l'aléa de référence 100 ans sur le secteur. Cette hydrogramme intègre via un modèle pluie-débit les apports du bassin versant amont.



3.1.5.2 Conditions limites aval

Pour le présent modèle, un limnigramme avec une cote fixée à 34.6m NGF a été considérée comme condition limite aval.

3.1.5.3 Test de sensibilité

Le test de sensibilité est une méthode qui permet de déterminer dans quelle mesure les résultats obtenus dans ce modèle sont influencés par les variations des paramètres d'entrée, dans le cas présent il s'agira du paramètre de Strickler.

Ainsi, une variation de +20% sur les valeurs initiales de Strickler a été appliquée, avec pour effet une influence de +/- 2cm sur les côtes des hauteurs d'eau comme le montre la Figure 10.

Cette variation étant négligeable, le modèle est donc qualifié de peu sensible à la rugosité et les valeurs initiales des Strickler ont donc été maintenues.

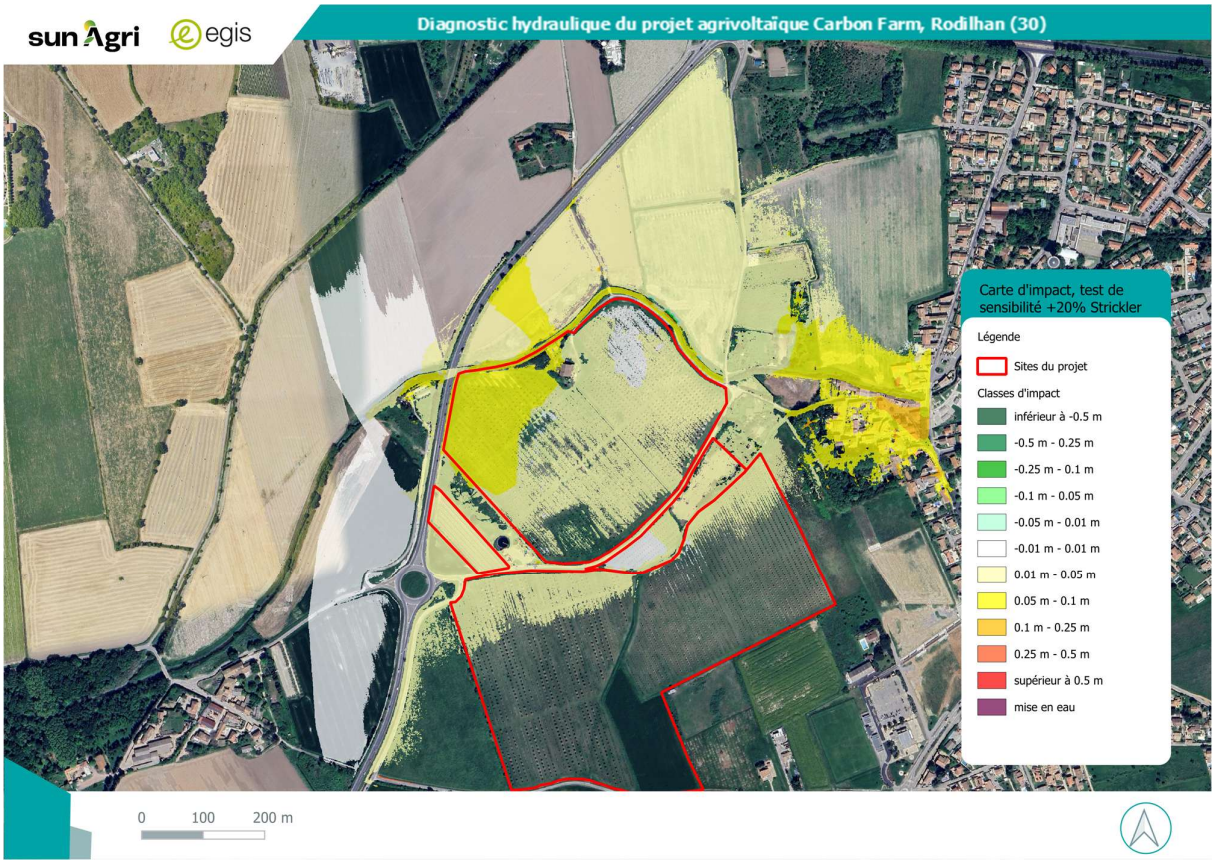


FIGURE 9 : CARTE D'IMPACT DU TEST DE SENSIBILITE +20% STRICKLER

3.2 Résultats état actuel

3.2.1 Cartographie

Les cartes des résultats en état actuel sont présentées ci-après :



FIGURE 10 : CARTE DES HAUTEURS D'EAU

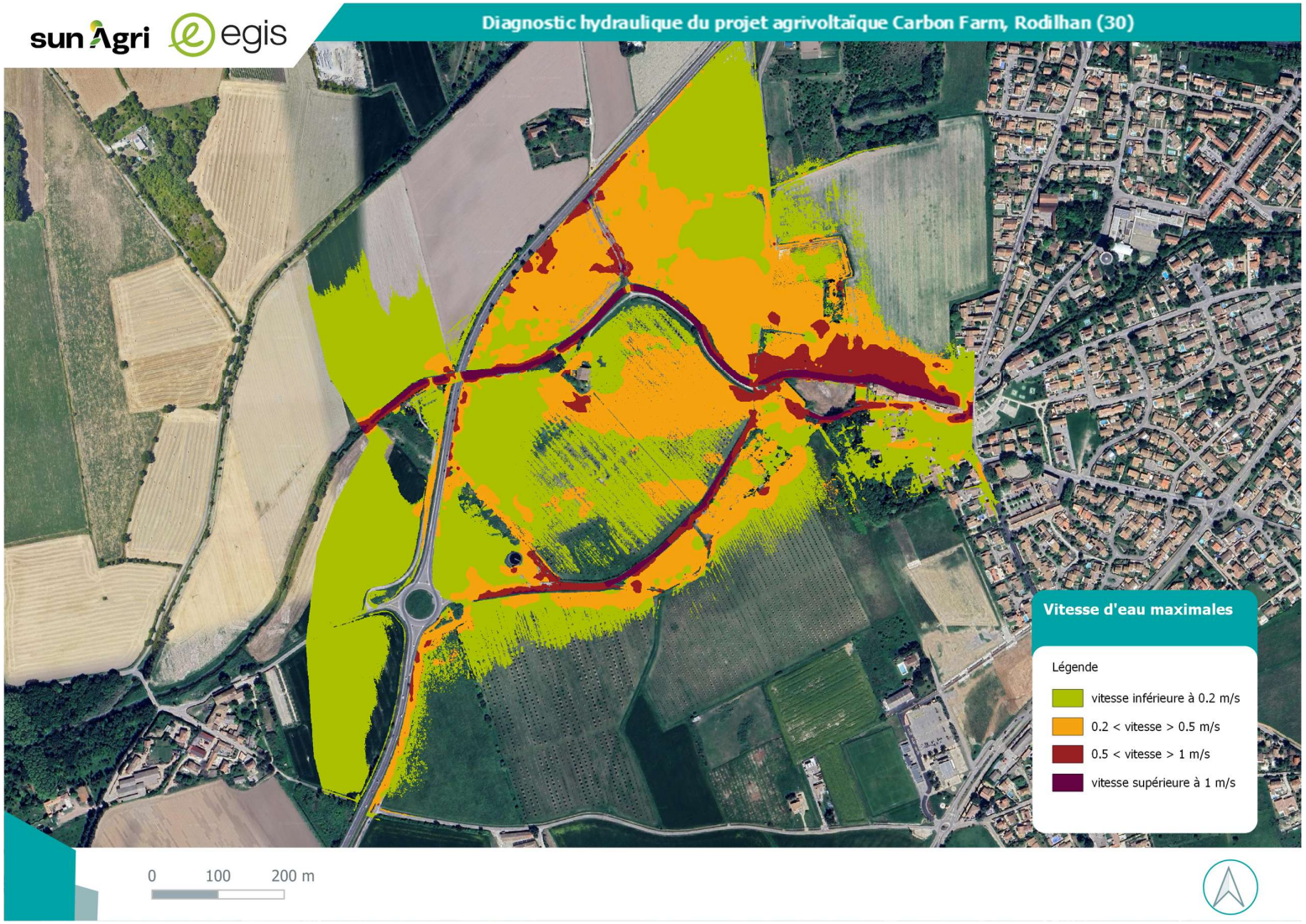


FIGURE 11 : CARTE DES VITESSES D'EAU

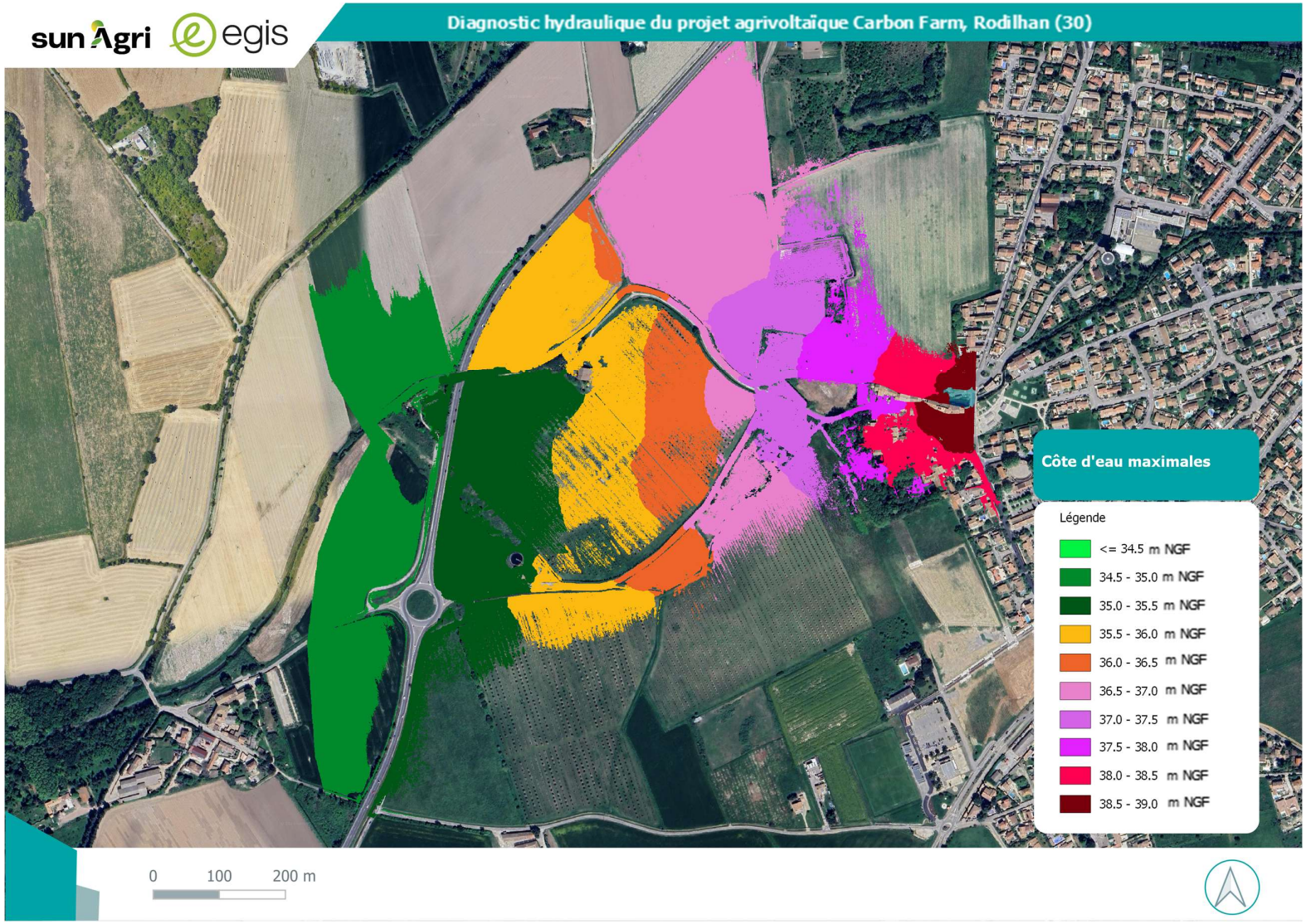


FIGURE 12 : CARTE DES HAUTEURS D'EAU

3.2.2 Analyse

3.2.2.1 Analyse de la zone inondable

Les résultats de la modélisation de l'état actuel présentent des hauteurs maximales d'eau inférieures à 1.1 m de manière générale. Les hauteurs les plus importantes sont localisées en amont au niveau de la rue de la République, et en rive droite de l'intersection entre le Buffalon et la D135.

Les vitesses d'écoulement sont plutôt faibles dans la plaine inondable. La rive droite du Buffalon présente un lit majeur avec des vitesses plus élevées mais inférieure à 0.5m.s^{-1}.

3.2.2.2 Comparaison avec le PPRi

En comparant les côtes d'eau entre les résultats du modèle et le PPRi en vigueur, le modèle semble présenter un différentiel d'environ -30cm. Grâce aux tests de sensibilité effectués précédemment, ajuster les coefficients de Strickler ne permettra pas de combler cet écart.

Cette différence s'explique d'une part la modernisation des techniques de modélisation par rapport à l'époque du PPRi. En effet celui-ci a été effectué en 1D, signifiant que la topographie est représentée uniquement par des grands profils étirés. A l'inverse notre modèle est en full 2D et présente une lecture fine de la topographie en lit majeur par le biais du Lidar HD. De plus le gabarit du lit mineur du Buffalon a très certainement évolué en largeur induisant une baisse de la lame d'eau.

A noter malgré tout que l'enveloppe de la zone inondable est bien similaire à celle du PPRi.

3.2.2.3 Identification des enjeux

Grace à la visite de terrain effectuée et aux photographies aériennes, Egis a pu identifier les différents enjeux à proximité suivants :

- Des habitations
- Une station d'épuration
- La route départementale D135.

Les résultats de modélisation ont montré que la route D135 n'était pas submergée par les débordements. En revanche la station d'épuration et les habitations au droit de Rodilhan sont bien impactés. Il conviendra d'être particulièrement vigilant sur ces secteurs, afin de s'assurer que les aménagements n'entrainent pas d'impact.



FIGURE 13 : IDENTIFICATION DES ENJEUX

4 CONCLUSION

Après analyse du fonctionnement hydraulique du site d'étude, il en ressort que la partie nord du site est presque totalement inondée. La RD 135, située en amont du site fait obstacle aux écoulements, retenant ces derniers dans une majeure partie du site de l'étude.

Les enjeux situés en amont du modèle sont presque tous inondés par les écoulements provenant du cours d'eau du Buffalon, avec des hauteurs atteignant environ 1 m d'eau.

La phase 2 de la présente étude permettra de déterminer si le projet de Sun Agri présente ou non des impacts sur la zone inondable.