



PROGRAMME D' ACTIONS DE PREVENTION DES INONDATIONS DU BASSIN D' ARCACHON PAPI - AXES 1 & 6 :

ETUDES HYDRAULIQUES DES COURS D'EAU COTIERS ET CONCOMITANCE DES EVENEMENTS PLUVIEUX ET DE SUBMERSION MARINE

ACCORD CADRE N°2022220500

Rapport de la partie 1 :

Construction des sous-modèles hydrauliques

Affaire n° : 22-416-01			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
0	24/02/2023	Cyril GUYOT Mélaine ALARCON Julie CAU Alice VACELET	Florence GOURDON Renan MACAREZ
0.1	23/06/2023	Alice VACELET	Florence GOURDON
0.2	14/09/2023	Alice VACELET	Florence GOURDON
Remarques :			

PROLOG
I N G E N I E R I E

48 rue du Château d'Eau - 75010 PARIS
Téléphone : 01.45.23.49.77 - Télécopie : 01.42.46.82.03
prolog@prolog-ingenierie.fr

Suivi des modifications

Version	Mises à jour / Remarques
0	Création du document
0.1	Prise en compte des remarques du SIBA
0.2	Prise en compte des remarques du SIBA

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	10
1.1. CONTEXTE L'ETUDE	10
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	13
1.3. CONTENU DU RAPPORT	14
2. DONNEES SOURCES UTILISEES POUR L'ETUDE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL	15
2.1. ETUDES ANTERIEURES	15
2.2. DONNEES CARTOGRAPHIQUES	16
2.3. VERSIONS DES LOGICIELS UTILISES	16
3. METHODOLOGIE DE MODELISATION APPLIQUEE.....	18
3.1. CHOIX DU LOGICIEL.....	18
3.2. CHOIX DU TYPE DE MODELISATION : COUPLAGE 1D-2D	19
3.3. METHODOLOGIE GENERALE POUR LA CREATION DU MODELE GLOBAL	21
4. TRANSPOSITION DES MODELES 1D EXISTANTS	23
4.1. VERSIONS DES MODELES UTILISES	23
4.2. METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DE MODELES CANOE VERS INFOWORKS ICM	25
4.2.1. Généralités	25
4.2.2. Transposition du squelette du réseau	26
4.2.2.1. Transposition des nœuds.....	27
4.2.2.2. Transposition des conduites.....	29
4.2.2.3. Transposition des bassins versants	30
4.2.2.4. Transposition des nœuds de stockage	31
4.2.2.5. Transposition des ouvrages spéciaux	31
4.2.3. Transposition des apports de temps sec : drainage des nappes.....	33
4.2.4. Transposition de l'hydrologie	34
4.2.4.1. Hydrologie sous CANOE	34
4.2.4.2. Hydrologie sous Infoworks ICM	36
4.2.5. Transposition des conditions aux limites aval.....	36
4.2.6. Synthèse des modèles transposés depuis CANOE	37
4.2.6.1. Andernos - Lanton.....	37
4.2.6.2. Gujan	39
4.2.6.3. Biganos	41
4.2.6.4. Cazaux	43
4.2.6.5. Arès - Lège	45
4.2.6.6. Le Pyla.....	47
4.2.6.7. Audenge	49

4.3.	METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DU MODELE HYDRA	51
4.3.1.	<i>Transposition du squelette du réseau</i>	51
4.3.1.1.	Transposition des nœuds.....	52
4.3.1.2.	Transposition des biefs	53
4.3.1.3.	Transposition des conduites.....	53
4.3.1.4.	Transposition des déversoirs.....	55
4.3.1.5.	Transposition des vannes et clapets AR.....	56
4.3.1.6.	Transposition des bassins versants	58
4.3.2.	<i>Transposition des sections (bief rivière)</i>	59
4.3.3.	<i>Synthèse du modèle transposé depuis HYDRA</i>	61
4.4.	METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DES MODELES SWMM.....	63
4.4.1.	<i>Transposition du squelette du réseau</i>	63
4.4.2.	<i>Transposition de l'hydrologie</i>	65
4.5.	MODELES DEJA DISPONIBLES EN FORMAT INFOWORKS ICM.....	66
4.6.	TRANSFORMATION DES CONDUITES A CIEL OUVERT	69
5.	CONSTRUCTION DES MODELES 1D COMPLEMENTAIRES	71
5.1.	MODELISATION 1D DES COURS D'EAU COMPLEMENTAIRES	71
5.1.1.	<i>Les canaux des Landes, des Forges et des Usines</i>	71
5.1.1.1.	Modélisation des canaux	71
5.1.1.2.	Ouvrages spéciaux	72
5.1.2.	<i>La craste Baneyre</i>	83
5.1.3.	<i>Le ruisseau du Bourg.....</i>	86
5.1.4.	<i>Le ruisseau du Lacanau</i>	86
5.1.5.	<i>Le Leygat.....</i>	87
5.1.6.	<i>La Leyre</i>	88
5.1.7.	<i>Les ruisseaux du Passaduy, du Milieu et de Lanton.....</i>	89
5.1.8.	<i>Le Cirès</i>	90
5.1.9.	<i>Le Grand Fossé, la craste d'Aubine, la Machinotte et le canal des Etangs</i>	91
5.1.10.	<i>Synthèse</i>	92
5.2.	OUVRAGES HYDRAULIQUES	94
5.2.1.	<i>Ouvrages de franchissement</i>	94
5.2.2.	<i>Clapets anti-retours</i>	94
5.3.	SOUS-BASSINS VERSANTS COMPLEMENTAIRES.....	95
6.	CONSTRUCTION DE LA STRUCTURE DU MODELE GLOBAL.....	97
6.1.	MISES A JOUR DES RESEAUX EP DEPUIS LES SCHEMAS DIRECTEURS	97
6.2.	HOMOGENEISATION DU PARAMETRAGE	98
6.2.1.	<i>Cours d'eau et conduites.....</i>	98
6.2.2.	<i>Ouvrages hydrauliques</i>	98

6.3.	CONSTRUCTION DU MAILLAGE 2D	99
6.3.1.	<i>Prise en compte de la topographie</i>	100
6.3.2.	<i>Intégration de la rugosité</i>	100
6.4.	CONNEXION ENTRE LES ESPACES 1D ET 2D.....	101
7.	PARAMETRAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE DU RESEAU GLOBAL	103
7.1.	DEFINITION DES SOUS-BASSINS VERSANTS	103
7.1.1.	<i>Découpage en sous-bassins versants</i>	103
7.1.2.	<i>Mode d'occupation des sols</i>	104
7.2.	BASSINS VERSANTS URBAINS.....	108
7.2.1.	<i>Fonction de production du modèle hydrologique</i>	108
7.2.2.	<i>Fonction de transfert du modèle hydrologique</i>	108
7.3.	BASSINS VERSANTS RURAUX	109
7.3.1.	<i>Fonction de production du modèle hydrologique</i>	109
7.3.2.	<i>Fonction de transfert du modèle hydrologique</i>	111
8.	DECOUPAGE EN SOUS-MODELES	113
8.1.	SOUS-MODELE ARE	116
8.2.	SOUS-MODELE AND1	117
8.3.	SOUS-MODELE AND2+LAN+AUD1	117
8.4.	SOUS-MODELE OTHERS	118
8.5.	SOUS-MODELE TES1	119
8.6.	SOUS-MODELE PYL+ARC.....	120

Table des illustrations

Figures

Figure 1 - Principe de la modélisation intégrée réseau/rivière 1D/2D	11
Figure 2 - Système de gestion des eaux pluviales sur le bassin d'Arcachon	12
Figure 3 - Schématisation du principe de la modélisation 1D/2D	21
Figure 4 : Erreur de modélisation de certains nœuds corrigée dans les modèles ICM	27
Figure 5 : Modélisation des débordements sur Infoworks	28
Figure 6 : Exemple de section présente dans un modèle CANOË 4.2	29
Figure 7 : Modélisation d'un seuil en CANOË 3.6	32
Figure 8 : Modélisation d'un seuil sur Infoworks ICM	33

Figure 9 : Les différents types de surfaces de ruissellement dans CANOË (source : aide CANOË).....	34
Figure 10 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Andernos - Lanton - source : Infoworks ICM v2021.7-.....	39
Figure 11 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Gujan - source : Infoworks ICM v2021.7-	41
Figure 12 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Biganos - source : Infoworks ICM v2021.7-	43
Figure 13 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Cazaux - source : Infoworks ICM v2021.7-	45
Figure 14 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Arès-Lège - source : Infoworks ICM v2021.7-	47
Figure 15 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur du Pyla - source : Infoworks ICM v2021.7-	48
Figure 16 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur d'Audenge- source : Infoworks ICM v2021.7-.....	50
Figure 17 : Domaines de schématisation et liaisons disponibles dans HYDRA (source : https://hydra-software.net/documentation-hydra/)	51
Figure 18 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Mios - Lillet - source : Infoworks ICM v2021.7-.....	64
Figure 19 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Marcheprime - Lacanau - source : Infoworks ICM v2021.7-	65
Figure 20 : Vue des réseaux déjà modélisés avec Infoworks ICM - source : Infoworks ICM v2021.7-	67
Figure 21 - Conduites à ciel ouvert transformées en biefs	70
Figure 22 – Linéaire modélisé des canaux des Landes, des Forges et des Usines.....	72
Figure 23 - Localisation des ouvrages du canal des Landes	73
Figure 24 – Section en travers de la partie amont de l'ouvrage EC08	75
Figure 25 - Section en travers de l'ouvrage SM09	76
Figure 26 - Section en travers amont de l'ouvrage SM08	76
Figure 27 - Section en travers aval de l'ouvrage SM08	77
Figure 28 - Section en travers amont de l'ouvrage SM07	77

Figure 29 - Section en travers aval de l'ouvrage SM07	77
Figure 30 - Section en travers de l'ouvrage SM06	78
Figure 31 - Section en travers amont de l'ouvrage SM05	79
Figure 32 - Section en travers aval de l'ouvrage SM05	79
Figure 33 - Section en travers amont de l'ouvrage SM04	79
Figure 34 - Section en travers aval de l'ouvrage SM04	80
Figure 35 - Vue en plan de l'ouvrage SM03 modélisé	80
Figure 36 - Section en travers de l'ouvrage SM02	81
Figure 37 - Vue en plan de l'ouvrage OD2 modélisé	82
Figure 38 - Section en travers amont de l'ouvrage SM01	82
Figure 39 - Profil en long de la craste Baneyre	85
Figure 40 - Linéaire modélisé du ruisseau du Bourg	86
Figure 41 - Linéaire modélisé du ruisseau Le Lacanau	87
Figure 42 - Linéaire modélisé du Leygat	88
Figure 43 - Localisation de la Leyre	88
Figure 44 - Linéaire modélisé de la Leyre	89
Figure 45 - Linéaire modélisé des ruisseaux du Lanton, du Milieu et du Passaduy	90
Figure 46 - Linéaire modélisé du Cirès	91
Figure 47 - Linéaire modélisé du Grand Fossé, de la craste d'Aubine, de la Machinotte et du canal des Etangs	92
Figure 48 - Modélisation des cours d'eau complémentaires	93
Figure 49 - Localisation des ouvrages de franchissement modélisés	94
Figure 50 - Localisation clapets anti-retours ajoutés	95
Figure 51 - Sous-bassins versants complémentaires	96
Figure 52 - Connexion 1D/2D entre le lit mineur des cours d'eau et les réseaux et le lit majeur représenté par le maillage modélisé	102
Figure 53 : Visualisation schématique des fonctions de production et de transfert	103

Figure 54 - Emprises des grands secteurs pédologiques des sables dunaires et sables des Landes et répartition des sous-bassins versants de la zone d'étude.....	105
Figure 55 - CN appliqués au droit des sous-bassins versant de la zone d'étude à l'issue du calage	110
Figure 56 - Principe et hydrogramme type de la méthode de Clark ou des isochrones .	111
Figure 57 - Emprise des bassins versants associés sous-modèles réalisés	114
Figure 58 - Vue du sous-modèle ARE sur ICM.....	116
Figure 59 - Vue du sous-modèle AND1 sur ICM	117
Figure 60 - Vue du sous-modèle AND2+LAN+AUD1 sur ICM	118
Figure 61 - Vue du sous-modèle OTHERS sur ICM.....	119
Figure 62 – Vue du sous-modèle TES1 sur ICM.....	120
Figure 63 - Vue du sous-modèle PYL+ARC sur ICM	121

Tableaux

Tableau 1 - Liste des études antérieures utilisées dans le cadre de l'étude	15
Tableau 2 : Coefficients de débit appliqués aux seuils	32
Tableau 3 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Andernos - Lanton	38
Tableau 4 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Gujan	39
Tableau 5 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Biganos	41
Tableau 6 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Cazaux	43
Tableau 7 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Arès - Lège	45
Tableau 8 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur du Pyla	47
Tableau 9 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur d'Audenge	49
Tableau 10 – Consignes de régulation des vannes de l'ouvrage EC08	75



Tableau 11 - Mises à jour des réseaux EP depuis les schémas directeurs	97
Tableau 12 - Rugosité par type d'occupation du sol	100
Tableau 13 - Type d'occupation des sols modélisés	107

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

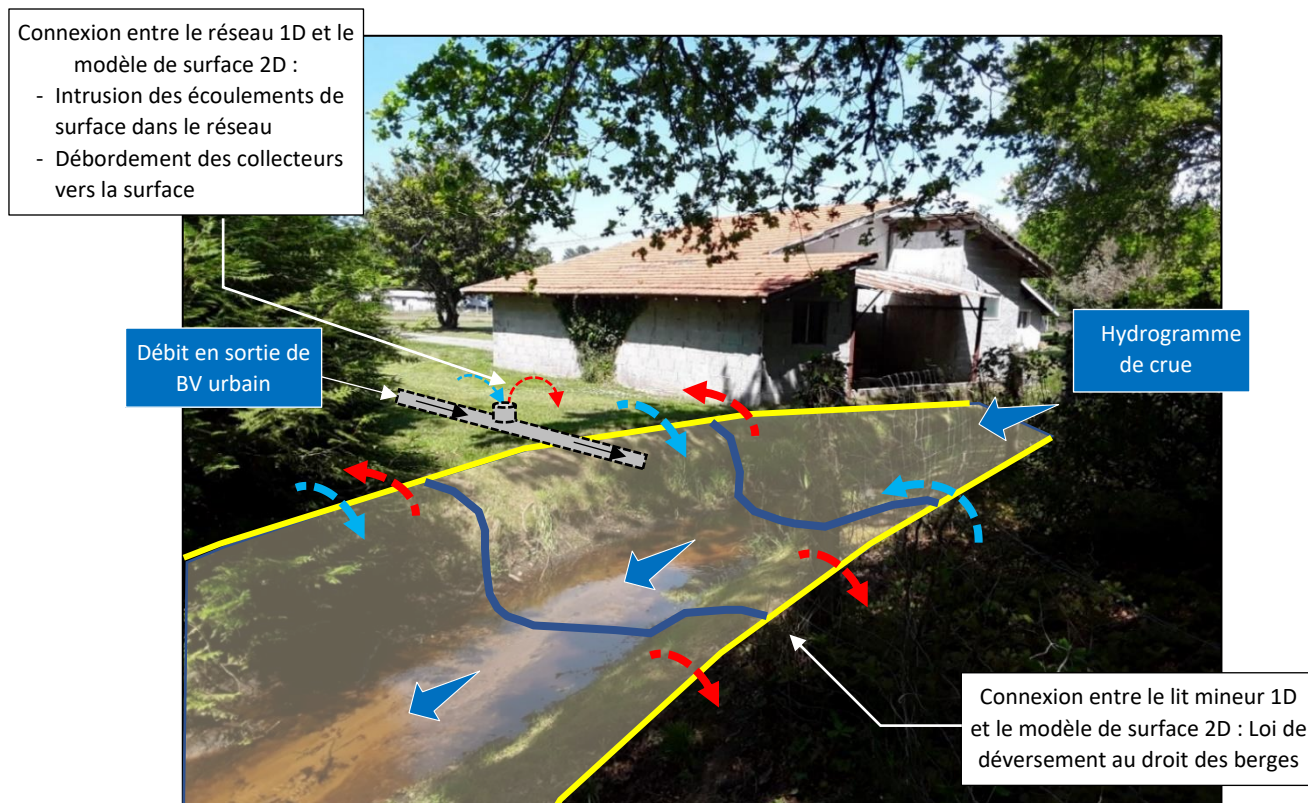
1.1. CONTEXTE L'ÉTUDE

La caractérisation du risque inondation en milieu urbanisé notamment est un enjeu majeur pour le développement et l'évolution du tissu urbain. Cette caractérisation est rendue très complexe par 3 facteurs principaux :

- la multiplicité des sources ou causes possibles de l'inondation comme le ruissellement, les remontées de nappe, les débordements des cours d'eau et réseaux ou la submersion marine ;
- la complexité des échanges entre les systèmes en eau de façon permanente et de façon temporaire ;
- la complexité de la topographie et de l'organisation parcellaire urbaine, qui aggrave le risque.

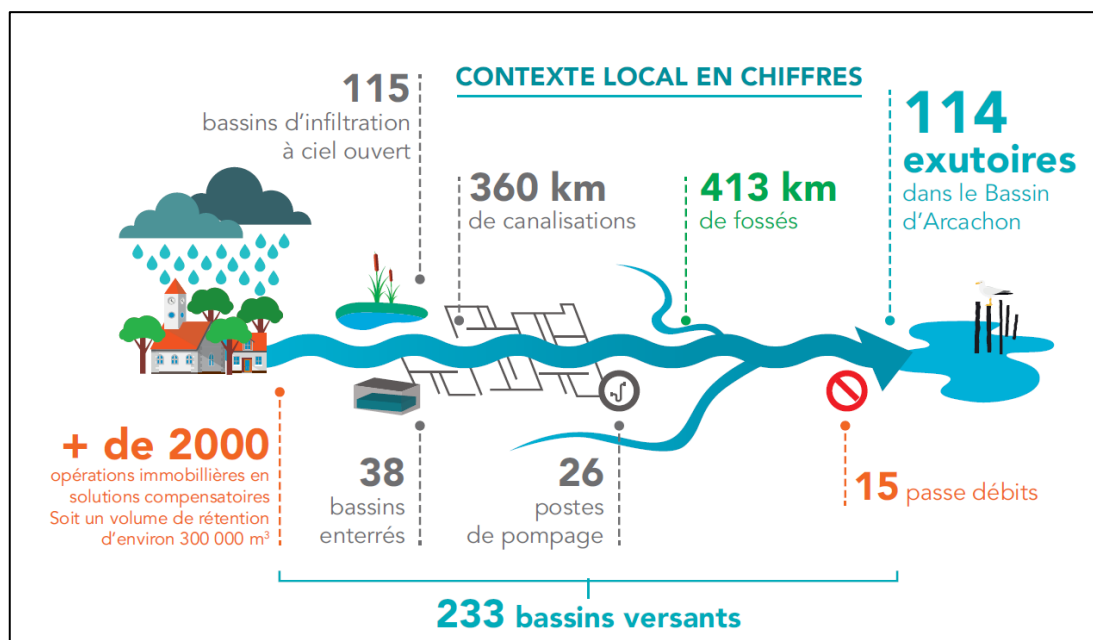
L'approche la plus à même de représenter de façon juste ces phénomènes est la modélisation couplée 1D/2D que l'on pourrait qualifier de « globale ». Elle consiste à intégrer au sein d'un même modèle des éléments unidimensionnels représentant les réseaux d'assainissement, éventuellement des réseaux hydrographiques, et une représentation bidimensionnelle du lit majeur et du terrain naturel, et à connecter ces éléments pour représenter finement les interactions complexes décrites plus haut. La figure suivante reprend schématiquement le principe d'un tel type de modélisation.

Figure 1 - Principe de la modélisation intégrée réseau/rivière 1D/2D



Le territoire du SIBA est un concentré de l'ensemble des phénomènes susceptibles d'interagir et d'aggraver le risque d'inondation. La figure suivante extraite du guide technique des eaux pluviales résume ces différentes interfaces.

Figure 2 - Système de gestion des eaux pluviales sur le bassin d'Arcachon



Une grande partie du territoire du bassin d'Arcachon est drainée par un réseau de fossés ou crastes dont la fonction est double : drainer la nappe sur le secteur des Sables des Landes, en particulier en période hivernale et capter puis évacuer les eaux de ruissellement et les eaux pluviales vers le bassin d'Arcachon. De ce fait, les crastes constituent souvent l'ossature principale du réseau d'eaux pluviales.

Les interactions sont donc multiples :

- En termes d'apports aux réseaux (réseau EP, cours d'eau) :
 - Apports hydrologiques des bassins versants ruraux ou forestiers, souvent situés en amont des principales crastes ou cours d'eau et en amont des zones urbanisées. Ces apports peuvent être le résultat d'apports d'eaux pluviales directs ou indirect, ou issus du drainage de la nappe ;
 - Apports hydrologiques des bassins versants urbanisés, essentiellement dûs aux surfaces imperméabilisées ;
 - Apports extérieurs liés à la gestion des ouvrages de régulation, en particulier sur les canaux des Landes et des Etangs dont le débit est tributaire de la gestion des ouvrages entre les lacs médocains et le bassin d'Arcachon.
- En termes d'influences aval sur le fonctionnement des réseaux EP et des cours d'eau côtiers :
 - Influence directe des niveaux d'eau induits par le bassin d'Arcachon et soumis aux variations de marées ;
 - Influence indirecte des niveaux d'eau induits par le bassin d'Arcachon du fait de la présence d'ouvrages de protection, essentiellement des clapets / écluses ;

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine

- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

- Influence indirecte des niveaux d'eau induits par le bassin d'Arcachon au niveau des zones de transition entre le milieu marin et le milieu continental ;
- Influence exercée par la présence de postes de pompage ;
- En termes de réseaux, on trouve une grande variété de typologie : canalisations EP enterrées, fossés, cours d'eau,... ;
- En termes d'ouvrages : bassins de rétention, ouvrages de régulation, stations de pompage, ouvrages de protection contre les inondations ou les intrusions du milieu marin,...

1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de la présente étude est de construire le modèle continental 1D et 2D des écoulements d'eaux pluviales et de ruissellement sur l'emprise du Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon comportant :

- **L'intégration des modèles 1D et 1D/2D des réseaux d'eaux pluviales et crastes/fossés** mis en œuvre dans le cadre des différentes études de schémas directeurs communaux réalisés par le SIBA,
- La **modélisation simplifiée 1D ou 1D/2D des réseaux hydrographiques complémentaires** non encore intégrés aux modèles qui possèdent une interface avec le réseau d'eaux pluviales et le bassin d'Arcachon,
- La modélisation des conditions aux limites amont comportant les apports hydrologiques d'eaux pluviales et de nappe,
- La définition des événements à simuler,
- La **modélisation des conditions aux limites aval** à prendre en compte aux exutoires du modèle. En particulier, l'intégration des résultats des *modèles de submersion marine du SIBA*¹ pour la prise en compte des événements de submersion marine est décrite dans la note méthodologique objet du chapitre 4,
- Le calage du modèle hydraulique et hydrologique,
- Les **simulations de fonctionnement** du réseau au regard des différents événements à simuler,
- La restitution des résultats notamment sous forme d'un atlas cartographique et dynamique.

¹ Ces modèles de submersion ont été élaborés dans le cadre du Plan de Prévention du Risque naturel d'inondation par Submersion Marine (PPRSM) du Bassin d'Arcachon, ainsi que pour la réalisation du PAPI porté par le SIBA.

1.3. CONTENU DU RAPPORT

Le rapport est organisé en 8 chapitres présentant :

- Le contexte et les objectifs de l'étude,
- La présentation des données source utilisées pour l'élaboration des modèles,
- Les méthodes de modélisation appliquées,
- La description des opérations de transposition des modèles unidimensionnels existants,
- La construction des modèles unidimensionnels complémentaires,
- La construction de la structure du modèle global
- Le paramétrage du modèle hydrologique du réseau,
- Le découpage et la description des sous-modèles

2. DONNEES SOURCES UTILISEES POUR L'ETUDE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL

2.1. ETUDES ANTERIEURES

Les études antérieures utilisées dans le cadre de la présente étude sont listées dans le tableau ci-après par commune.

Tableau 1 - Liste des études antérieures utilisées dans le cadre de l'étude

Commune	Etude	Date	Réalisé par
Arcachon	Révision du schéma directeur des eaux pluviales d'Arcachon	2018	PROLOG INGENIERIE
	Etude hydraulique du réseau pluvial du boulevard de La Teste à Arcachon	2018	PROLOG INGENIERIE
	Etude hydraulique de la zone d'infiltration dans le cadre du scénario FLORB sur le bassin versant des Abatilles à Arcachon	2021	PROLOG INGENIERIE
Andernos-Les-Bains	Révision du schéma directeur des eaux pluviales d'Andernos-Les-Bains	2015	SAFEGE
Arès	Révision du schéma directeur des eaux pluviales d'Arès	2017	PROLOG INGENIERIE
Audenge	Révision du schéma directeur des eaux pluviales d'Audenge	2016	SAFEGE
	Etude hydraulique du Pontteils	2016	SAFEGE
	Diagnostic du fonctionnement hydraulique du ruisseau d'Ayguemorte	2021	PROLOG INGENIERIE
Biganos	Révision du schéma directeur des eaux pluviales de Biganos	2016	SAFEGE
Gujan-Mestras	Révision du schéma directeur des eaux pluviales de Gujan-Mestras	2015	SAFEGE
	Etude complémentaire du SD EP sur le ruisseau du Bourg	2015	SAFEGE
	Maitrise d'œuvre pour la définition des travaux de création d'un bassin de rétention de régulation sur le cours d'eau de Canteranne	2017	SAFEGE
Lanton	Révision du schéma directeur des eaux pluviales de Lanton	2016	SAFEGE
La Teste-de-Buch	Révision du schéma directeur des eaux pluviales du secteur Pyla-sur-Mer à La-Teste-de-Buch	2011	SOGREAH
	Révision du schéma directeur des eaux pluviales du secteur Cazaux à La-Teste-de-Buch	2015	SAFEGE
	Révision du schéma directeur des eaux pluviales de La Teste-de-Buch	2017	PROLOG INGENIERIE

Commune	Etude	Date	Réalisé par
	Mise à jour du schéma directeur EP de La Teste-de-Buch - Secteur Bisserié	2020	PROLOG INGENIERIE
	Mise à jour du schéma directeur EP de La Teste-de-Buch - Secteur La Migreque	2020	PROLOG INGENIERIE
	Mise à jour du schéma directeur EP de La Teste-de-Buch - Secteur Menan	2021	PROLOG INGENIERIE
Lège Cap-Ferret	Révision du schéma directeur des eaux pluviales de Lège Cap-Ferret	2016	PROLOG INGENIERIE
Le Teich	Révision du schéma directeur des eaux pluviales du Teich	2019	SETEC HYDRATEC
Marcheprime et Mios	Schéma directeur des eaux pluviales de Marcheprime et Mios	2021	ALTEREO
	Schéma directeur des eaux pluviales de Lacanau de Mios	2021	ALTEREO
	Schéma directeur des eaux pluviales des secteurs Lillet et Petit Caudos	2021	ALTEREO
Zone globale	Plan de Prévention du Risque naturel d'Inondation par Submersion Marine (PPRSM) du Bassin d'Arcachon	2019	Préfecture de Gironde
Zone globale	Résultats du modèle MOHYS (pas de rapport d'étude)	2022	BRGM

2.2. DONNEES CARTOGRAPHIQUES

Les données cartographiques utilisées :

- Les données SIG (réseaux, bassins-versants, ouvrages) et les levés topographiques issus des études antérieures ;
- Le MNT transmis par le SIBA. D'une précision de 1 m, il a été construit à partir des données Lidar 2016 et complété par endroit par le RGE ALTI de l'IGN, ainsi que par quelques fichiers topographiques au droit de certains ouvrages de type bassins à ciel ouvert;
- Les données des PLU
- Les données de l'Urban Atlas.

2.3. VERSIONS DES LOGICIELS UTILISES

Les versions des logiciels utilisés sont les suivantes :

- Inforworks ICM version 2021.1.7 ;

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

-
- QGIS version 3.22.3 ;
 - ArcGisPro version 3.0 ;
 - CANOE version 4.4.1.C001 ;
 - HECRAS version 5.0.7 ;
 - Hydra version 3.4.
 - EVE'm version 3.11.4.4

3. METHODOLOGIE DE MODELISATION APPLIQUEE

3.1. CHOIX DU LOGICIEL

Les études hydrologiques et hydrauliques sont menées à l'aide du logiciel ICM (Integrated Catchment Modelling) dans sa version 2021.7.1, développé par Innovyze (ex. Wallingford Software), qui constitue l'un des logiciels les plus avancés du marché et les plus adaptés aux besoins de la mission.

Les principaux atouts du logiciel ICM sont les suivants.

- **Du point de vue des modes de représentation : il s'agit d'un modèle couplé complet.** Il permet la représentation de biefs de cours d'eau, de fossés, et de sections busées/canalisées par des schémas **unidimensionnels**.

Le terrain naturel environnant peut quant à lui être représenté par un schéma **bidimensionnel** basé sur des mailles triangulaires irrégulières, ce qui représente également le meilleur compromis actuellement pour représenter finement les phénomènes : l'hypothèse bidimensionnelle (vitesse moyennée sur la hauteur de l'écoulement) reste valide dans la majorité des scénarios d'inondation, et les mailles triangulaires adaptatives offrent une grande souplesse, permettant d'intégrer au sein du même modèle des zones urbaines avec une grande densité de petites mailles de calcul, et des zones rurales où ces mailles sont plus lâches.

Le couplage dit « complet » signifie que les connexions entre les différents domaines sont continues tout au long de la simulation :

- les échanges cours d'eau/lit majeur et/ou annexes hydrauliques s'effectuent majoritairement selon une loi de seuil mise en œuvre au droit des berges ;
 - les sections canalisées peuvent communiquer avec la surface au droit des points d'échange potentiels (tampons, regards, avaloirs) selon des lois de seuil.
- **Du point de vue numérique**, le logiciel résout les équations de Saint-Venant en régime transitoire, dans leur version monodimensionnelle ou bidimensionnelle. Le moteur de calcul repose sur des schémas de discrétisation des équations robustes permettant la représentation de domaines très étendus et complexes (intégrant des biefs maillés, de nombreux ouvrages, ...).

Le logiciel tire parti des dernières avancées en termes de puissance de calcul, et notamment les possibilités offertes par le calcul multi-processeur et le calcul sur cartes graphiques (technologie dite GPU).

Cette technologie permet la mise en œuvre de modèles comprenant un nombre important de mailles (de l'ordre du million), offrant ainsi la possibilité de couvrir de grandes étendues et de maintenir des tailles de mailles relativement petites, représentant les détails fins de la topographie (remblais, ensembles bâtis, ...).

- **Du point de vue opérationnel**, le logiciel dispose de fonctions de constructions automatisées et d'aide à la construction des différents modules, s'appuyant sur les MNT et SIG disponibles, ainsi que de fonctions d'export avancées (cartographie automatique des zones inondées et des niveaux de submersion par exemple)

permettant au modélisateur d'une part de se concentrer sur l'analyse des résultats plutôt que sur le traitement des données, et d'autre part d'être très réactif si l'étude nécessite de nombreux tests et ajustements.

Les modèles hydrologiques et hydrauliques peuvent être intégrés au sein du même logiciel, ce qui permet une gestion facilitée des scénarios.

- **Sur le point particulier des ouvrages :** le logiciel permet l'intégration de tous les types d'ouvrages rencontrés en lit mineur (ponts, vannes, seuils, clapets, ...) ou en lit majeur (ouvrages de décharge, bassins de régulation, passages sous remblais, trémies, ...).

Plusieurs modes de contrôle sont possibles pour les ouvrages mobiles, allant de l'application de scénarios de régulation enregistrés (pour la réplique des événements historiques) à la configuration d'automates.

ICM dispose en effet d'un module de régulation des ouvrages mobiles similaire à ce qui peut être programmé dans un automate. Les régulations peuvent donc reproduire des modes de fonctionnement complexes, tout en restant facilement appréhendables par l'utilisateur.

3.2. CHOIX DU TYPE DE MODELISATION : COUPLAGE 1D-2D

L'approche retenue se base sur une modélisation dite couplée :

- **Les canalisations, fossés et les cours d'eau sont représentés selon une approche unidimensionnelle**, qui fait l'hypothèse d'un écoulement majoritairement perpendiculaire à la section des conduites et des cours d'eau, et d'une vitesse d'écoulement moyennée sur cette section.

Les tronçons à ciel ouverts (fossés et cours d'eau) sont représentés sous la forme d'une succession de profils en travers de cours d'eau, issus des données topographiques disponibles pour chacun des états simulés, et qui forment des « biefs rivière ». Les écoulements y sont calculés selon les équations de Barré de Saint Venant, basées sur la conservation de la masse et du mouvement. Aussi, la résolution de ces équations prend en compte la section mouillée, ainsi que la pente des biefs et la rugosité du fond du lit.

Ces hypothèses simplificatrices sont admissibles dans le lit mineur des cours d'eau et permettent de couvrir des linéaires importants en conservant des temps de calculs opérationnels. Tous les types d'ouvrages impactant la ligne d'eau et les écoulements dans les canalisations et dans les lits mineurs peuvent être intégrés dans la schématisation unidimensionnelle. Les écoulements au droit de ces ouvrages, et notamment la relation entre le débit transitant via l'ouvrage et les niveaux amont/aval correspondants, sont calculés sur la base d'équations théoriques ou empiriques éprouvées.

- **Le lit majeur des cours d'eau et les zones de débordement du réseau d'eaux pluviales sont représentés par un schéma dit bidimensionnel.** Pour rappel, pour un tel schéma, aucune hypothèse concernant les directions prises par les écoulements ou encore les phénomènes d'inondation prédominants n'est effectuée, à l'inverse des approches unidimensionnelles. Les surfaces inondables sont représentées par un

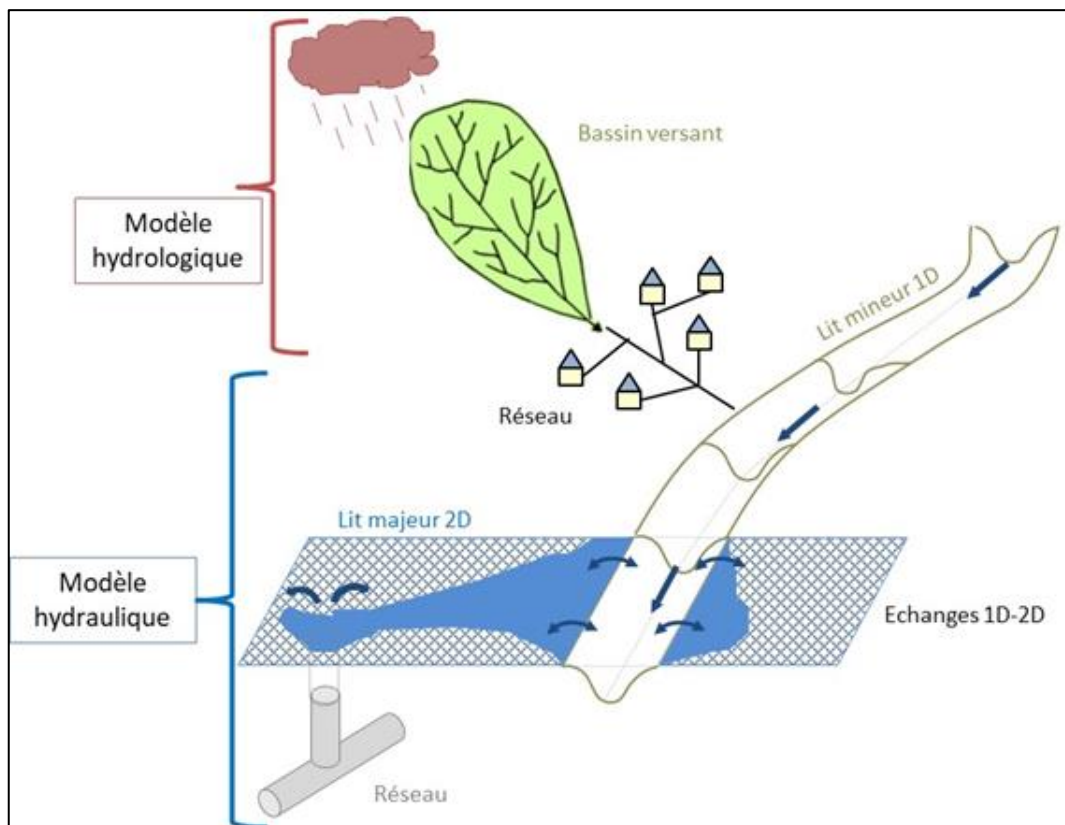
ensemble de mailles de calcul triangulaires, dont la taille est adaptée localement à l'échelle géographique des éléments venant perturber les écoulements.

Les équations décrivant les écoulements sont celles dites de Navier-Stokes⁽²⁾, avec l'hypothèse d'une vitesse constante sur toute la hauteur de l'écoulement en un point donné. Le calcul est de ce fait bidimensionnel (selon la direction x et y) des écoulements.

- **Les ouvrages (fixes, mobiles) ou d'obstacles** venant perturber les écoulements peuvent être intégrés à la modélisation. Leur impact sur les écoulements est calculé sur la base d'équations théoriques ou empiriques (loi de seuil, loi d'orifice, ...).
- **La connexion entre ces espaces 1D et 2D**, se produit au droit des hauts de berge, ou des regards des réseaux EP, points de transition naturelle entre ces deux fonctionnements distincts, les écoulements en lit mineur ou canalisés d'une part et la propagation des eaux qui débordent en surface d'autre part. Cette connexion s'effectue à chaque pas de temps de calcul, et est représentée par une loi de surverse prenant en compte la cote des hauts de berge comme niveau de débordement.
- **La modélisation hydrologique**, qui permet de passer d'un hyétogramme représentant la pluie tombant sur un bassin versant, à un hydrogramme représentant le débit ruisselant sur ce bassin versant, **est directement intégrée dans le modèle construit.**

⁽²⁾ Equations dites « Shallow Water Equations », applicables dans tous les domaines où les variations de vitesse verticale dans la tranche d'écoulement sont négligeables, par conséquent dans les cas où la profondeur n'est pas significative par rapport aux dimensions x et y des écoulements.

Figure 3 - Schématisation du principe de la modélisation 1D/2D



3.3. METHODOLOGIE GENERALE POUR LA CREATION DU MODELE GLOBAL

La construction du modèle global s'est décomposée en plusieurs phases :

- **Phase 1 : transposition des modèles existants issus des schémas directeurs :** la majorité de ces modèles utilisent une représentation unidimensionnelle des écoulements et ne tiennent donc pas compte des écoulements de surface. Ils ont été construits avec différents logiciels : CANOE, HYDRA, SWMM, Infoworks ICM, HEC RAS.
- **Phase 2 : construction des modèles de cours d'eau complémentaires :** une quinzaine de réseaux hydrographiques ont été intégrés à la modélisation, soit parce qu'ils constituent l'exutoire de certains réseaux EP et que leurs niveaux peuvent influencer les écoulements dans les réseaux EP, soit parce qu'ils sont soumis à des débordements directs ou par influence de la marée.
- **Phase 3 : Création d'un modèle global :** ce modèle a été créé en combinant les modèles existants et des modèles 1D complémentaires. Puis différentes améliorations ont été apportées : intégration des travaux et corrections apportées depuis 2014, homogénéisation du paramétrage, ajout d'un maillage 2D pour représenter les écoulements de surface.

-
- **Phase 4 : découpage en sous-modèles** : au vu de l'emprise couverte par cette modélisation, cette étape est nécessaire pour que le modèle reste opérationnel.
 - **Phase 5 : calage des sous-modèles**. Cette phase est détaillée dans le rapport de partie 2.

4. TRANSPOSITION DES MODELES 1D EXISTANTS

Le SIBA dispose de différents modèles mis en œuvre sur son territoire. Ces modèles ont été réalisés :

- Dans le cadre des **études de schémas directeurs communaux** réalisés depuis 2013 :
 - Au **format ICM** pour les communes d’Arcachon et la Teste de Buch (hors secteur du Pyla et Cazaux),
 - Au **format CANOE** pour les communes de Gujan-Mestras, Biganos, Audenge, Lanton, Andernos-les-Bains, Arès et Cap-Ferret, le Pyla
 - Au **format HYDRA** pour la commune du Teich,
 - Au **format SWMM** pour les communes de Mios et Marcheprime.
- Dans le cadre d’études hydrauliques de détail :
 - Crastes de la Teste-de-Buch : **ICM**,
 - Ruisseau du Pontails à Audenge : **HEC-RAS**,
 - Ruisseau d’Ayguemorte à Audenge : **ICM**,
 - Ruisseau du Vigneau à Audenge : **ICM**.

La transposition de ces modèles vers Infoworks ICM est détaillée dans le présent chapitre.

4.1. VERSIONS DES MODELES UTILISES

Les versions des modèles utilisés sont les suivantes :

Commune	Logiciel	Nom	Projection (EPSG)	Configuration
Le Teich	HYDRA	teich.sql	3945	1 : default
Audenge	HECRAS	P2 (129 fichiers)	2154	Etat actuel : P2.g03
Andernos	CANOE	AL8.prj	Lambert 93	
Ares - Abberts	CANOE	JAN2014_Base_hn.PRJ	Lambert 93	Situation de référence
Claouey - Bart	CANOE	Bart_JAN2014.PRJ	Lambert 93	Situation de référence
Claouey – De Gaulle	CANOE	DeGaulle_JAN2014.PRJ	Lambert 93	Situation de référence
Claouey – Jane de Boy	CANOE	Jane de Boy_Jan14Bis.PRJ	Lambert 93	Situation de référence

Commune	Logiciel	Nom	Projection (EPSG)	Configuration
Ares - Garguehos / Saint Brice	CANOE	Garg_Jan14_BASE.prj	Lambert 93	Situation de référence
Ares - Goelands	CANOE	GOE-GAR_JAN14_Cav.prj	Lambert 93	Situation de référence
Ares - Lège Bourg	CANOE	JAN14_LEGE-CRadapt_maj_Aval.PRJ	Lambert 93	Situation de référence
Audange	CANOE	Audenge_Pluie_réelle_actuelle.prj	Lambert 93	
Biganos	CANOE	BIGANOS_Pluie_réelle_actuelle.prj	Lambert 93	
Gujan - BV rural	CANOE	BV_rural_Diag.prj	Lambert CC zone 44	
Gujan - urbain Est	CANOE	GUJAN_NORD_HIVER_AVEC_MAREE_EST_4.prj	Lambert CC zone 44	
Gujan - urbain Ouest	CANOE	GUJAN_NORD_HIVER_AVEC_MAREE_OUEST.prj	Lambert CC zone 44	
Le Pyla	CANOE	BV456.prj	Lambert III	
Le Pyla	CANOE	Pyla-Nord.prj	Lambert III	
Le Pyla	CANOE	Pyla-Arcachon.prj	Modèle non géoréférencé	
Le Pyla	CANOE	Pyla-Centre.prj	Modèle non géoréférencé	
Cazaux	CANOE	CAZAUX_HIVER_EST_canal.prj	Lambert 93	
Cazaux	CANOE	CAZAUX_HIVER_OUEST_canal.prj	Lambert 93	
Mios	SWMM	Mios.inp	Lambert 93	-
Marcheprime	SWMM	Marcheprime.inp	Lambert 93	-
Lillet de Mios Caudos de Mios	SWMM	Lillet_Caudos.inp	Lambert 93	-

Commune	Logiciel	Nom	Projection (EPSG)	Configuration
Lacanau de Mios	SWMM	Lacanau.inp	Lambert 93	-
Arcachon	ICM	ARCACHON+aménagement bv Teste !.icmt	Lambert 93	Modèle SDEP repris dans le cadre de l'étude de maîtrise d'ouvrage menée sur le boulevard de la Teste et Achille Gouilly
La Teste-de-Buch	ICM	LA_TESTE_BISSERIE_MIGREQUE.icmt	Lambert 93	Modèle du SDEP précisé lors des études de Bissérié et Migreque
Andernos-les-Bains	ICM	Betey.icmt	Lambert 93	Modèle fonctionnel du SIBA
Biganos	ICM	22-416-02_Vigneau_ACT_K=20.icmt	Lambert 93	Modèle de l'étude sur le Vigneau
Audenge	ICM	AUDENGE.icmt		

4.2. METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DE MODELES CANOË VERS INFOWORKS ICM

4.2.1. Généralités

Au total, 18 modèles communaux ont été transposés du format CANOË vers le format Infoworks ICM. Il s'agit des modèles des communes de :

- Andernos-les-Bains et Lanton,
- Biganos,
- Audenge,

-
- Lege Bourg,
 - Ares (divisé en 3 modèles),
 - Claouey (divisé en 3 modèles),
 - Cazaux (divisé en 2 modèles),
 - Pyla sur Mer / Le Moulleau (divisé en 4 modèles),
 - Gujan / Mestras (divisé en 3 modèles).

La majorité de ces modèles sont au format CANOË v4, sauf pour ceux appartenant aux communes de Biganos, Pyla-sur-Mer et Cazaux qui sont au format CANOË v3.

Par la suite, lorsque qu'il est uniquement indiqué « CANOË », les manipulations ont été effectuées indifféremment de la version de CANOË utilisée. Lorsque des différences existent entre les versions du logiciel, des précisions sont apportées.

La transposition de CANOË vers Infoworks ICM a été réalisée en plusieurs étapes :

- Transposition du squelette du réseau : nœuds et tronçons ;
- Transposition des ouvrages spéciaux, bassins de rétentions et exutoires ;
- Transposition des bassins versants et de l'hydrologie.

4.2.2. Transposition du squelette du réseau

La première étape de la transposition du squelette du réseau de CANOË à ICM consiste à exporter au format shape (.shp) les nœuds, conduites et bassins versants depuis CANOË. Pour les modèles issus de CANOË v4, l'export peut se faire directement. Pour les modèles issus de CANOË v3, il a été nécessaire de convertir les modèles au format CANOË v4 avant de réaliser l'export.

A partir de ces fichiers, les caractéristiques spatiales des nœuds, tronçons et bassins versants ont pu être importées dans Infoworks ICM. Leurs caractéristiques propres ont été importées dans le nouveau modèle à partir des tables issues de CANOË :

- Pour les nœuds : ID, cote TN, cote de débordement et cote radier
- Pour les tronçons : nœuds amont/aval, ID, longueur, rugosité et cote amont/aval
- Pour les bassins versants : ID, nœud de rattachement, surface, pente et longueur pour les bassins versants.

4.2.2.1. Transposition des nœuds

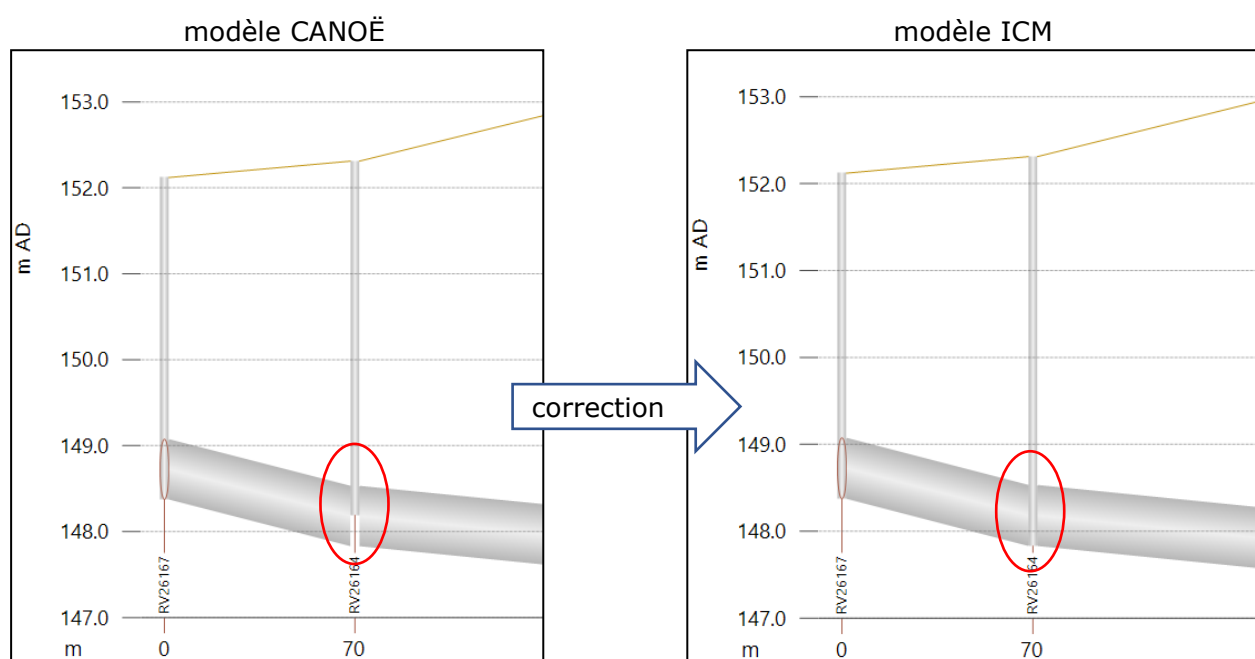
Les nœuds simples, nommés « Manholes » dans Infoworks ICM, ont été correctement importés, à l'exception du paramétrage lié aux débordements (définition du cône de débordement dans ICM) et de certaines cotes radiers. Ces spécificités sont détaillées ci-après.

Les exutoires et bassins de rétention faisant l'objet d'un paramétrage spécifique, ces derniers ont été modélisés au cas par cas par la suite.

↳ Chutes et marches :

- Dans le cas de chutes ou de marches dans CANOË, les radiers des conduites peuvent être inférieurs au radier du nœud. Ceci n'est pas possible dans ICM. Il faut alors corriger individuellement les cotes radier des nœuds pour que ceux-ci soient au même niveau que les conduites qu'ils connectent.
- Des modélisations particulières ont par ailleurs été détectées dans quelques modèles. Certains nœuds sont surélevés par rapport aux conduites amont et aval, créant une singularité qui n'a pas de loi spécifique d'écoulement. Il s'agit très certainement d'erreurs de modélisation, qui ont été corrigées dans les modèles Infoworks ICM (cf. figure ci-après).

Figure 4 : Erreur de modélisation de certains nœuds corrigée dans les modèles ICM



↳ Les débordements :

Dans CANOË, à chaque nœud du réseau est associé :

- une cote de débordement (potentiellement différente de la cote du terrain naturel),

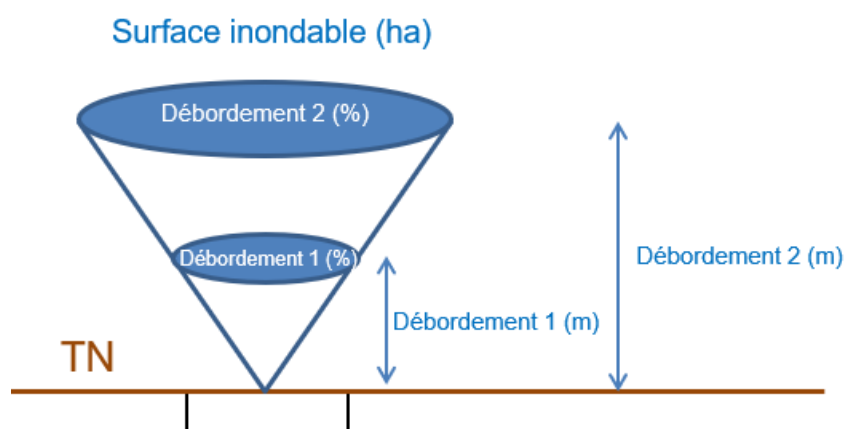
- un volume maximal de débordement,
- une proportion d'eau débordée pouvant rentrer dans le réseau.

Lors du transfert dans ICM, les cotes de débordement sont importées automatiquement. Les autres paramètres sont différemment pris en compte dans ICM.

Dans CANOË, lorsque le niveau d'eau dans le réseau atteint la cote de débordement, l'eau peut sortir du réseau tant que le volume débordé ne dépasse pas le volume maximal de débordement. Dans ce cas, le niveau calculé au droit des nœuds ne monte pas au-delà de la cote de débordement.

Dans ICM, les débordements du modèle 1D sont représentés par des cônes d'inondations, comme présenté dans la figure ci-dessous, qui permettent le stockage en surface des volumes débordés.

Figure 5 : Modélisation des débordements sur Infoworks



L'utilisateur définit cinq paramètres, les valeurs indiquées ci-après correspondent à celles appliquées par défaut dans le cadre de la présente étude :

- la surface inondable (9.99 ha) ;
- la hauteur d'inondation 1 (0.3 m) ;
- la hauteur d'inondation 2 (0.5 m) ;
- la zone d'inondation 1 (60% de la surface inondable) ;
- la zone d'inondation 2 (100% de la surface inondable).

Lorsque le niveau redescend au droit des nœuds, CANOË permet de définir quelle proportion du volume débordé pourra être reprise par le réseau aval. Trois cas sont paramétrables dans CANOË et pour reproduire ceux-là dans ICM, les règles suivantes doivent être appliquées :

- dans CANOË la proportion ré-injectable est à 0. Le type d'inondation choisi dans ICM doit alors être défini comme « Lost » ;

- dans CANOË la proportion ré-injectable est à 1. Le type d'inondation choisi dans ICM doit alors être défini comme « Stored » ;
- dans CANOË la proportion ré-injectable est comprise entre 0 et 1. Seuls certains nœuds dont la proportion était définie à 0,9 ont été observés. Dans ce cas de figure, le choix a été fait de les définir comme « Stored » dans ICM.

Notons toutefois que ces paramétrages sont supprimés dans la suite de la mission. En effet, une fois le maillage de surface créé, le débordement s'effectue directement vers celui-ci. Le type d'inondation est alors défini comme « 2D ».

↳ Les exutoires :

Les exutoires sont définis à part dans CANOË. Ils sont importés manuellement. L'import d'éventuelles conditions aux limites aval est défini dans la partie 4.2.5.

4.2.2.2. Transposition des conduites

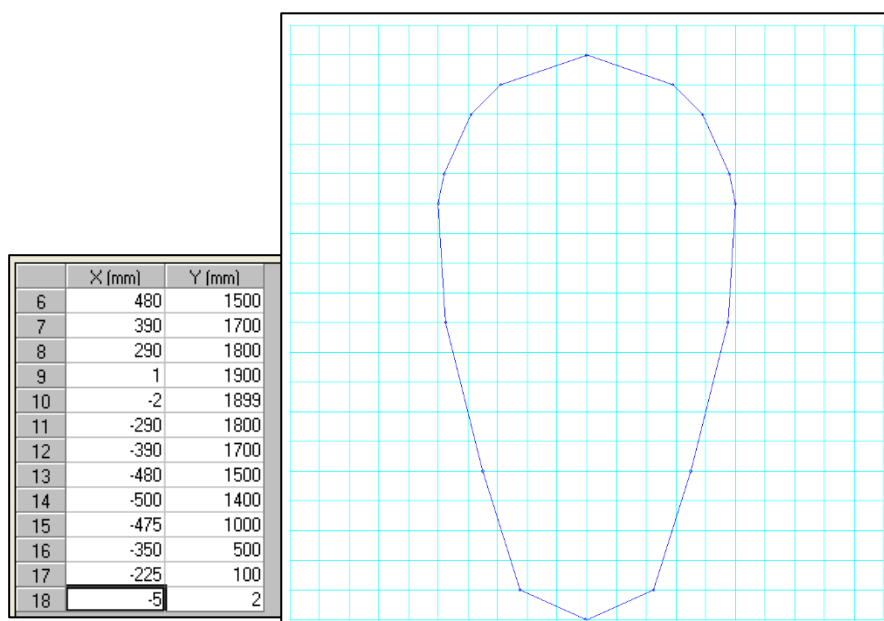
↳ Longueur des conduites :

La longueur minimale des conduites a été définie à 5 m, pour limiter les problèmes de stabilité dans Infoworks ICM.

↳ Sections :

Sous CANOË, les sections sont rentrées en renseignant les couples de coordonnées (x et y) dans l'ordre nécessaire au tracé, cf. figure ci-après.

Figure 6 : Exemple de section présente dans un modèle CANOË 4.2



Sous Infoworks, les sections sont **adimensionnelles** et ce sont les **hauteurs et les largeurs** qui sont renseignées.

A noter que dans CANOË 3.6, les formes de conduites sont dans un fichier spécifique.

Pour importer les conduites des modèles CANOË sous Infoworks, il est nécessaire de recréer les sections dans ICM (en renseignant les couples de hauteurs et largeurs pour chaque section existant dans le modèle CANOË).

Au vu de l'importante hétérogénéité des profils de conduite de type 'rivière' au sein des différents modèles, une réflexion a été menée pour s'affranchir de la création manuelle de chaque conduite. Ces conduites ont été modélisées sous la forme de « bief rivière » selon deux méthodes distinctes :

- Pour les conduites de type « fossé » ayant une forme trapézoïdale et un nom uniformisé qui contient les dimensions (par exemple F_700_1600_400 pour une conduite de type fossé avec une hauteur de 700 mm, une largeur haute de 1600 mm et une largeur basse de 400 mm), deux profils en travers sont créés en amont et en aval de la conduite à partir des dimensions indiquées dans le nom,
- Pour les conduites de type « fossé » créées à partir des relevés de géomètres, les profils en travers sont importés directement en créant des polygones 3D à partir des points 3D présents dans les levés topographiques.

Cette conversion des fossés vers des liens de type « rivière » présente l'avantage de préciser les débordements. En effet, les surverses seront calculées sur la totalité du linéaire des fossés par l'intermédiaire des berges en rive gauche et droite, et non plus uniquement au droit des nœuds amont et aval, comme c'est le cas lorsque ces biefs sont modélisés en tant que conduites sur CANOË.

↳ **Pertes de charge singulières :**

Aucune perte de charge singulière n'est renseignée dans CANOË, sauf possiblement en présence d'un ouvrage « composante fonctionnelle ». Il est possible dans Infoworks ICM de sélectionner un type de pertes de charge permettant un calcul automatique lié à la présence des regards. Ce type de pertes de charge est appelé « Normal » et a été utilisé sur toutes les conduites des modèles CANOË (hors bief rivière et hors fossés représentés par des liens de type conduites).

4.2.2.3. Transposition des bassins versants

Les contours des bassins versants, ainsi que les nœuds d'injection, la longueur et la pente moyenne du plus long chemin hydraulique, ont été importés.

Seuls les modèles du Pyla comportaient des contours symboliques de bassin versant. Ceux-ci ont été redéfinis à partir de la couche SIG « Bassin versant SOGREAH region » transmise par le SIBA.

Dans CANOË, les coefficients de ruissellement des bassins versants peuvent être constants ou variables. Le paramétrage des fonctions hydrologiques de production et de transfert appliquées à chaque bassin versant est expliqué dans les chapitres 4.2.4 et 1.

4.2.2.4. Transposition des nœuds de stockage

Les bassins de retenue sont représentés par un objet spécifique dans CANOË. Cet élément de réseau relie un ou plusieurs nœuds et peut contenir d'autres éléments (seuil, orifice, etc.). Ces bassins ont été intégrés manuellement dans Infoworks ICM.

Les caractéristiques géométriques de ces bassins sont intégrées à l'identique dans le modèle Infoworks ICM par le biais de nœuds de stockage.

4.2.2.5. Transposition des ouvrages spéciaux

Dans CANOË, les ouvrages spéciaux sont définis sur un nœud alors que dans Infoworks ICM, ils sont définis comme des liens. Un nœud a donc été créé en amont ou en aval des ouvrages spéciaux intégrés manuellement.

↳ Les seuils :

Les cotes de crête, largeurs et hauteurs de toit des seuils importés dans Infoworks ICM ont été définis à partir des informations des seuils dans CANOË.

Dans Canoë, le coefficient de débit renseigné correspond au fonctionnement en régime noyé. En situation de régime dénoyé, le calcul est automatique et dépend du caractère fluvial ou torrentiel des écoulements. Dans ICM, ces différenciations ne sont pas possibles. Les valeurs de coefficients de débit ont donc été définies dans ICM selon les différents cas rencontrés (seuil frontal, latéral, etc.) avec les valeurs usuelles des coefficients de déversement des seuils.

Pour chaque seuil, deux coefficients sont définis dans ICM :

- **Le coefficient de débit primaire** qui correspond au coefficient de seuil $\mu\sqrt{2}$ dans la formule du débit déversé par-dessus un seuil :

$$Q = \mu * L * \sqrt{2 * g * h^3}$$

Avec : L : longueur du seuil (en m),

h : hauteur d'eau sur le seuil (en m) ;

- Ce coefficient intervient lorsque le fonctionnement de l'ouvrage est de type seuil, c'est-à-dire lorsque la ligne d'eau amont est supérieure à la crête du seuil et inférieure à la cote de la voute au droit du seuil.
- **Le coefficient de débit secondaire** qui correspond au coefficient de seuil $\mu\sqrt{2}$ dans la formule du débit à travers un orifice :

$$Q = \mu * S * \sqrt{2 * g * h}$$

Avec : S : la section de l'orifice (en m²),

h : hauteur d'eau sur le seuil (en m) ;

- Ce coefficient intervient lorsque le fonctionnement de l'ouvrage est de type orifice, c'est-à-dire lorsque la ligne piézométrique est supérieure à la cote de la voute au droit du seuil.

Les valeurs suivantes sont ainsi retenues :

Tableau 2 : Coefficients de débit appliqués aux seuils

Type de Seuil	Coefficient de débit primaire	Coefficient de débit secondaire
Seuil frontal - mince	0.56	0.85
Seuil frontal - épais	0.47- 0.58	0.85
Seuil latéral - mince	0.36	0.85

Figure 7 : Modélisation d'un seuil en CANOË 3.6

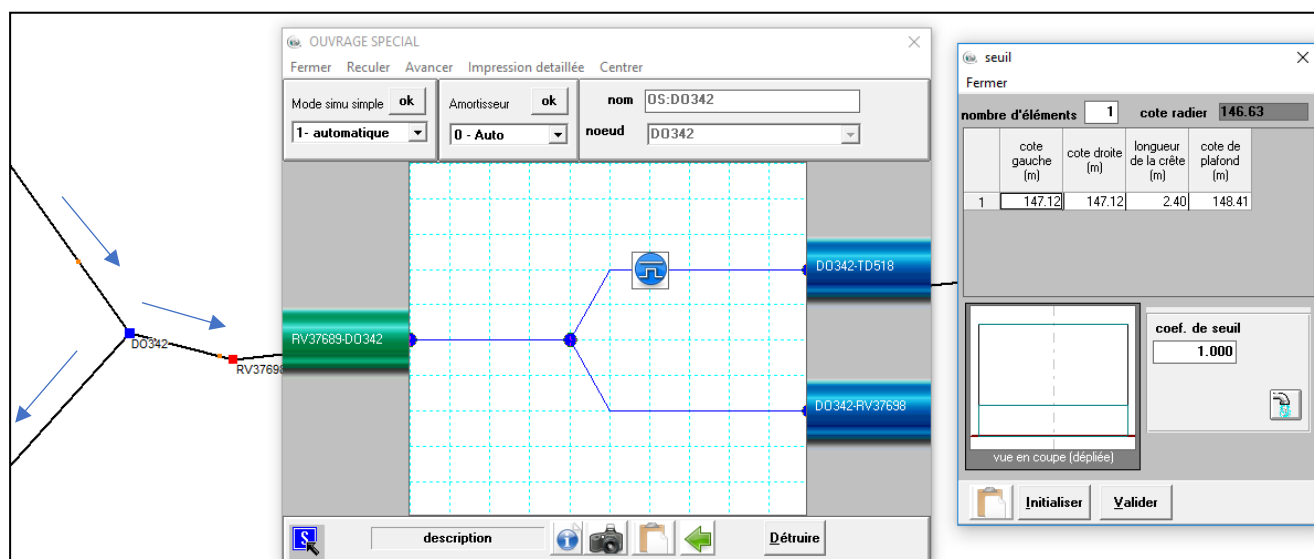
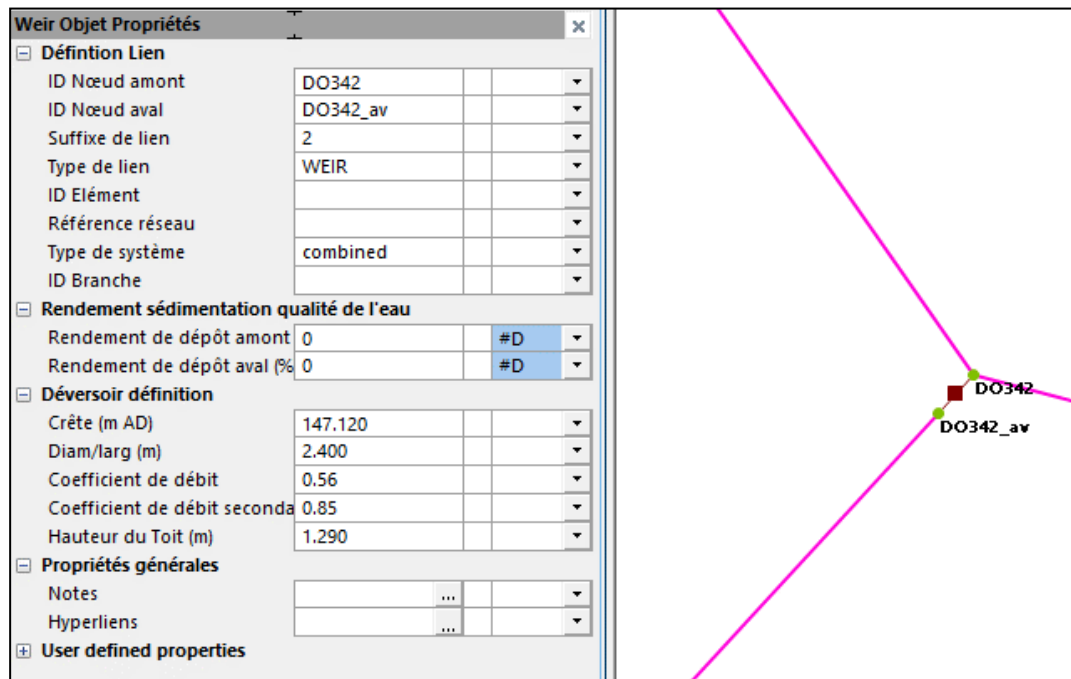


Figure 8 : Modélisation d'un seuil sur Infoworks ICM



↳ Les clapets anti-retour :

Le niveau du radier ainsi que le diamètre ont été définis dans Infoworks ICM à partir des informations des clapets anti-retour dans CANOE.

La formule appliquée pour déterminer le débit dans le sens amont-aval pour les clapets anti-retour est :

$$Q = 1/C_d * V_m * S_m$$

Avec :

- V_m la vitesse moyenne, en m/s
- S_m la section moyenne, en m^2
- C_d le coefficient de débit

Le coefficient de débit retenu pour les clapets anti-retour est 1.

4.2.3. Transposition des apports de temps sec : drainage des nappes

Les modèles représentent les réseaux d'eaux pluviales donc aucun apport d'eaux usées n'a donc pris en compte. Seuls les débits issus du drainage des nappes sont inclus en tant qu'apport par temps sec dans les modèles.

Parmi les 18 modèles, seul celui de Lège intègre des débits issus du drainage des nappes.

Sur ce modèle mais aussi sur tous les autres modèles, ces débits sont recalculés pour tenir compte des données plus récentes issues du modèle MOHYS réalisé par le BRGM (cf. rapport de partie 2 qui détaille les données d'entrée du modèle).

4.2.4. Transposition de l'hydrologie

4.2.4.1. Hydrologie sous CANOE

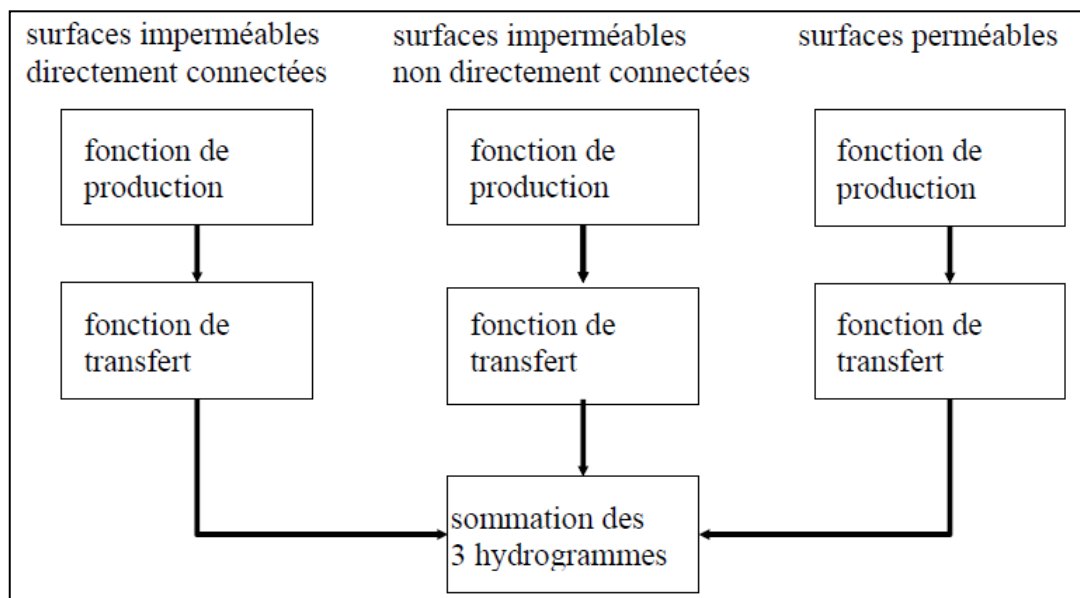
Dans CANOE, l'hydrologie est définie pour chacun des bassins versants indépendamment des autres. CANOE réalise le calcul de l'hydrogramme d'eaux pluviales en sortie des bassins versants en deux étapes : l'application de la fonction de production puis l'application de la fonction de transfert.

En général, un bassin versant peut être composé de trois types de surfaces :

- les surfaces imperméables directement connectées au réseau (SIC),
- les surfaces imperméables non directement connectées au réseau (SINC),
- les surfaces perméables (SP).

Pour chaque type de surface, un calcul de l'hydrogramme produit est réalisé. L'hydrogramme résultant en sortie du bassin versant est la somme des hydrogrammes produits par chaque type de surface (cf. figure ci-après).

Figure 9 : Les différents types de surfaces de ruissellement dans CANOE
(source : aide CANOE)



↳ Fonction de production

Trois modèles sont utilisables pour le calcul de la transformation de la pluie brute en pluie nette :

- le modèle avec coefficients de ruissellement constants ;
- le modèle standard ;
- le modèle de Horton.

Au sein des divers modèles mis en œuvre, seul le modèle standard a été utilisé. Ce dernier s'applique indifféremment sur les trois types de surfaces (SIC, SINC et SP) et suppose un comportement différent selon l'importance de la pluie. Les pertes initiales sont constantes et les pertes continues sont proportionnelles à l'intensité de la pluie.

Pour modéliser cette proportionnalité trois coefficients sont définis pour l'ensemble du modèle :

- α : coefficient multiplicateur des surfaces imperméables directement connectées,
- β : coefficient multiplicateur des surfaces imperméables non directement connectées,
- γ : coefficient multiplicateur des surfaces perméables.

Ces trois coefficients peuvent chacun prendre trois valeurs différentes en fonction de la pluie (pluie faible à modérée, pluie forte à très forte et pluie exceptionnelle). Les versions 3 et 4 de CANOË ont deux manières différentes de déterminer l'importance de la pluie :

- la version 3 détermine l'importance de la pluie au début de la simulation en fonction de la lame d'eau cumulée totale, et sélectionne le coefficient multiplicateur associé en anticipation.
- la version 4 détermine l'importance de la pluie à chaque pas de temps de la simulation, et modifie le coefficient multiplicateur utilisé en fonction de la lame d'eau cumulée tombée à l'instant t.

Fonction de transfert

Le modèle hydrologique utilisé dépend du type du sous bassin versant considéré : urbain strict ou urbain mixte.

Deux modèles peuvent être utilisés pour le calcul de l'hydrogramme de sortie :

- le modèle du réservoir linéaire ;
- le modèle de Nash : il s'agit de considérer un nombre n de réservoirs linéaires en série. Ce cas a seulement été observé sur un des modèles de Gujan (Gujan – BV rural).

Ces modèles utilisent des temps de réponse fixes, déterminés en fonction de la surface, de la pente, de la longueur et du coefficient d'imperméabilisation des bassins versants.

4.2.4.2. Hydrologie sous Infoworks ICM

L'hydrologie a été définie de manière homogène sur la totalité de la zone d'étude. Elle est décrite en partie 6.

↳ Fonction de transfert

Pour prendre en compte toutes les valeurs distinctes de **temps de réponse** définies dans CANOË par bassin versant, il serait nécessaire de créer autant d'hydrologies que de temps de réponse différents.

Afin de simplifier l'hydrologie modélisée, et d'homogénéiser les méthodes, il a été retenu d'utiliser le temps de réponse calculé avec la formule de Desbordes simplifiée (SPRINT) suivante, implémentée dans Infoworks ICM :

$$K = 5.3 * A^{0.30} * \left(\frac{IMP}{100}\right)^{-0.45} * P^{-0.38}$$

Avec :

- K : Temps de réponse (minutes)
- A : Surface totale du bassin versant (ha)
- IMP : Imperméabilisation du bassin versant (%)
- P : Pente du bassin versant (%)

4.2.5. Transposition des conditions aux limites aval

Dans CANOË, il est possible de définir comme condition limite aval :

- une hauteur normale ;
- une hauteur critique ;
- une hauteur définie par un histogramme ;
- une hauteur constante ;
- des couples hauteur/débit ;

Sur CANOË, les exutoires des modèles communaux sont en majorité définis avec une condition limite aval de type « hauteur critique », « histogramme » ou encore « hauteur constante ».

Dans le cadre de la présente étude, des niveaux de marées variables ont été appliqués au droit de chacun des exutoires. Cette démarche est détaillée dans le rapport partie 2.

4.2.6. Synthèse des modèles transposés depuis CANOE

4.2.6.1. *Andernos - Lanton*

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOE et Infoworks ICM.

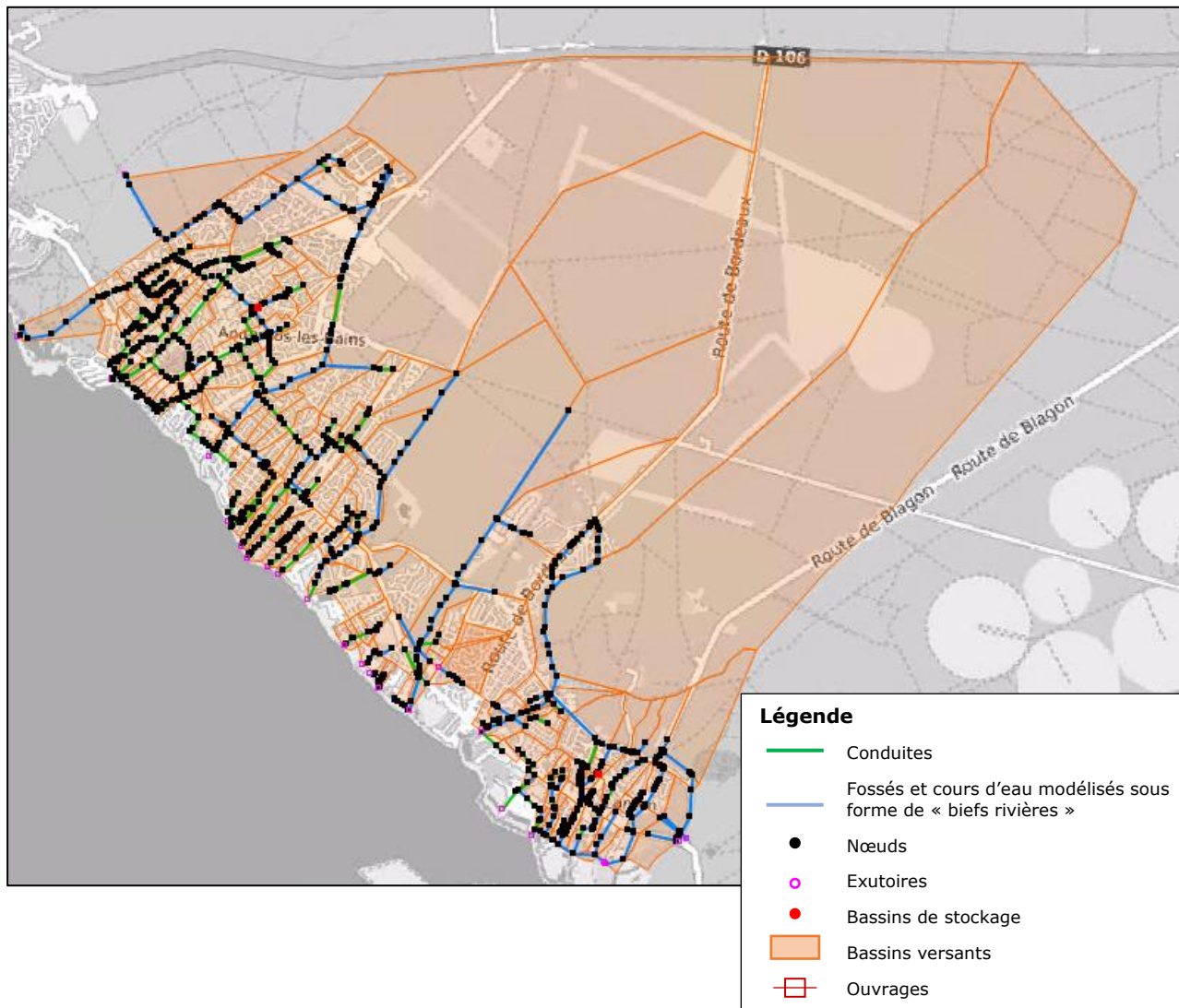
Tableau 3 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Andernos - Lanton

	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	1286 nœuds, dont : - 1252 nœuds simples, - 34 exutoires ;	1267 nœuds, dont : - 1231 nœuds simples, - 2 nœuds de stockage, - 34 exutoires ;
	Conduites et fossés	1324 liens, représentant un linéaire de 131 km	1280 liens, représentant un linéaire de 73 km
		K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés	K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés
	Bassin de rétention	2 bassins	2 bassins définis sous forme de nœuds de stockage
	Seuils	-	-

NOTA : dans CANOE, les réseaux indépendants doivent faire l'objet de modèles distincts. Afin de contourner cette règle, et de regrouper sur un même modèle différents réseaux indépendants d'une même commune, des conduites fictives ont été ajoutées dans le modèle CANOE. La suppression de ces conduites fictives lors de la transposition sous ICM explique les écarts de linéaire entre le modèle CANOE et le modèle ICM. L'écart sur le nombre de nœuds simples est lié au même artéfact de modélisation utilisé dans le schéma directeur réalisé avec CANOE.

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 10 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Andernos - Lanton
 - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.2. Gujan

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM. Notons que pour cette commune, 3 modèles CANOË ont été transposés.

Tableau 4 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Gujan

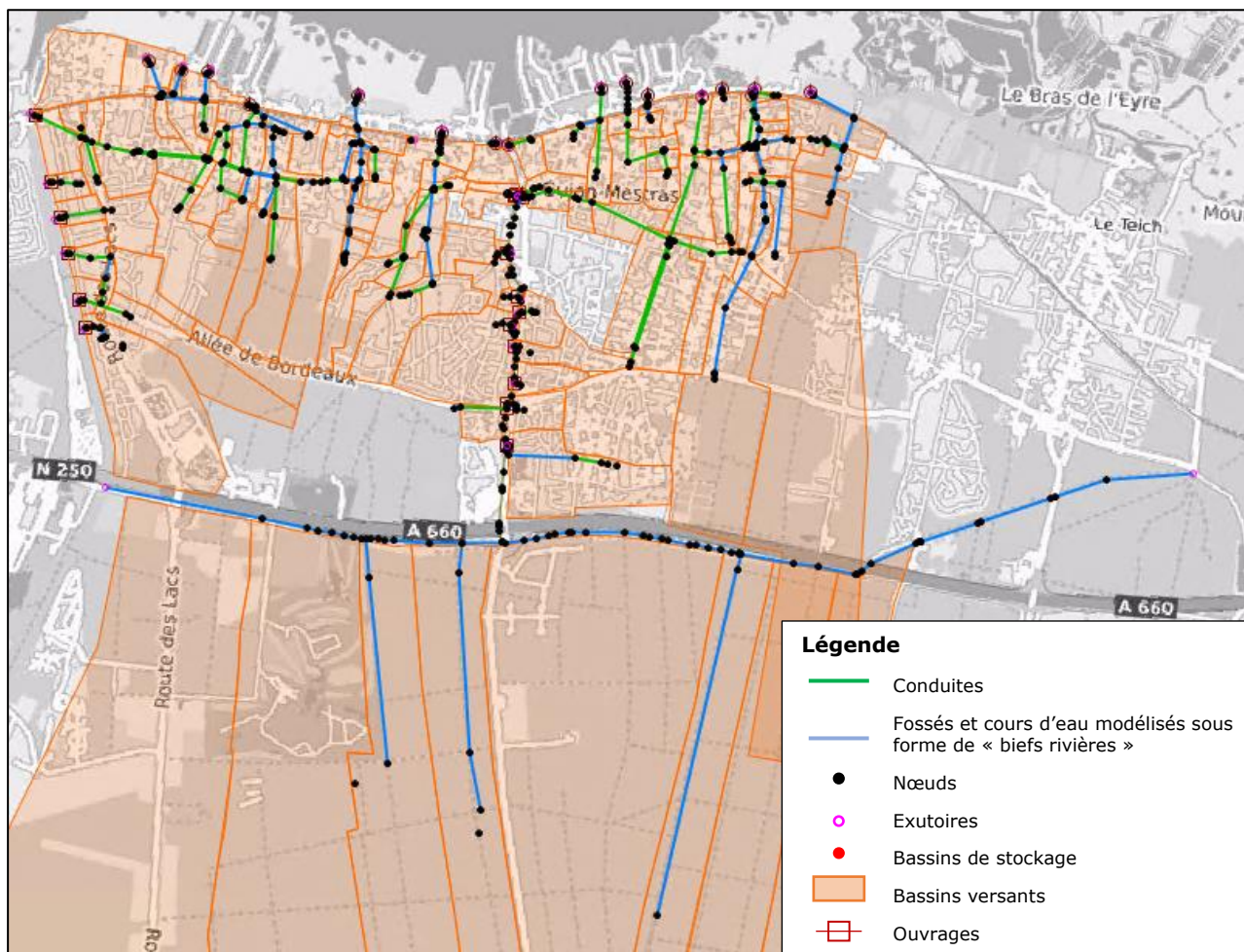
	Éléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	513 nœuds, dont : - 437 nœuds simples, - 40 exutoires,	548 nœuds, dont : - 509 nœuds simples,

	Eléments	Modèle CANOE	Modèle Infoworks ICM
		- 36 nœuds spéciaux ;	- 39 exutoires ;
	Conduites et fossés	549 liens, représentant un linéaire de 287 km	425 liens, représentant un linéaire de 48 km
		K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés	K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés
	Bassin de rétention	-	-
	Clapets anti-retour	17 clapets anti-retour	17 clapets anti-retour
Seuils	-	-	

NOTA : dans CANOE, les réseaux indépendants doivent faire l'objet de modèles distincts. Afin de contourner cette règle, et de regrouper sur un même modèle différents réseaux indépendants d'une même commune, des conduites fictives ont été ajoutées dans le modèle CANOE. La suppression de ces conduites fictives lors de la transposition sous ICM explique les écarts de linéaire entre le modèle CANOE et le modèle ICM. L'écart sur le nombre de nœuds simples est lié au même artéfact de modélisation utilisé dans le schéma directeur réalisé avec CANOE.

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 11 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Gujan - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.3. Biganos

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM.

Tableau 5 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Biganos

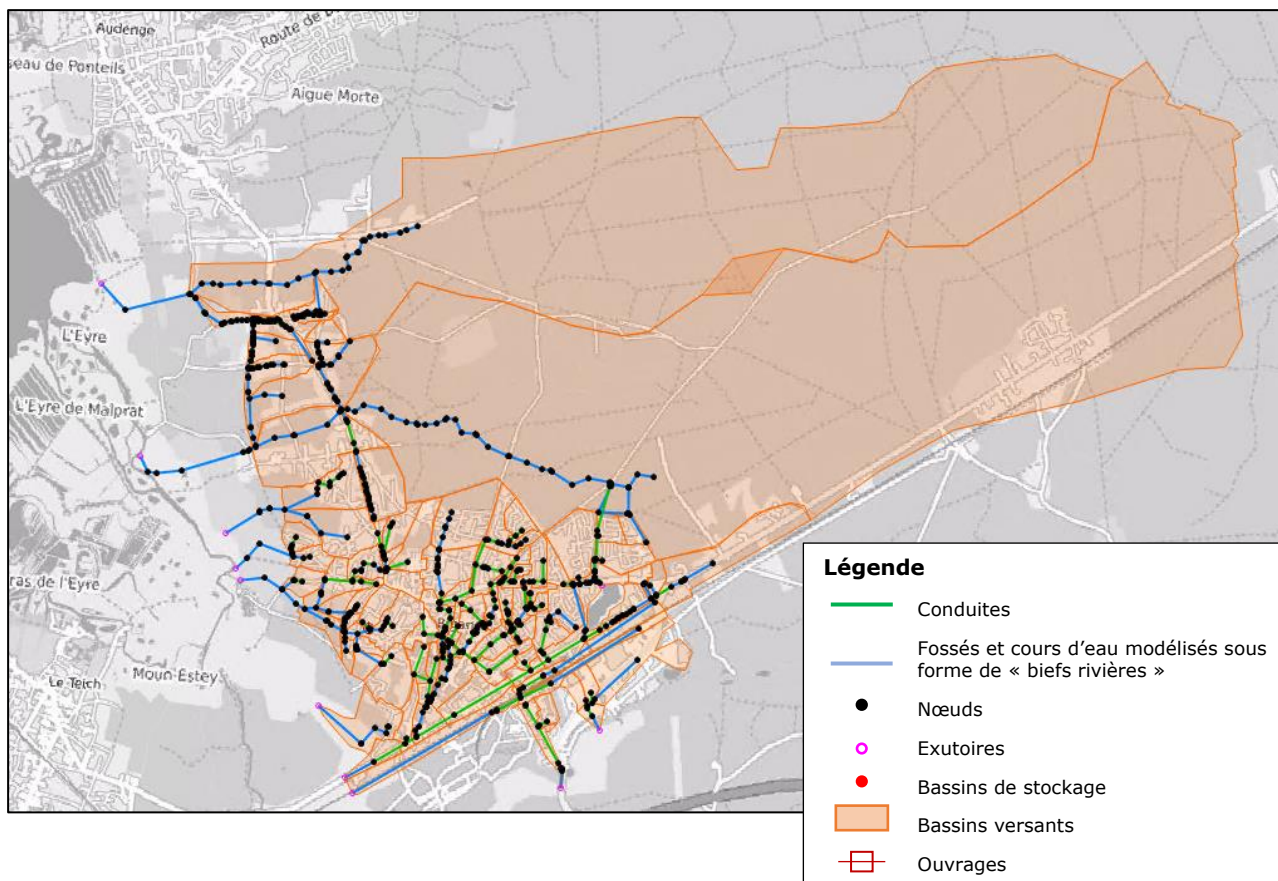
	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	672 nœuds, dont : - 637 nœuds simples, - 11 exutoires, - 24 nœuds spéciaux ;	661 nœuds, dont : - 650 nœuds simples, - 11 exutoires ;
	Conduites et fossés	698 liens, représentant un linéaire de 96 km	677 liens, représentant un linéaire de 53 km

	Eléments	Modèle CANOE	Modèle Infoworks ICM
		K = 72 pour les conduites K= 35 pour les fossés	K = 72 pour les conduites K= 35 pour les fossés
	Bassin de rétention	-	-
	Clapets anti-retour	1 clapet anti-retour	1 clapet anti-retour
	Seuils	-	-

NOTA : dans CANOE, les réseaux indépendants doivent faire l'objet de modèles distincts. Afin de contourner cette règle, et de regrouper sur un même modèle différents réseaux indépendants d'une même commune, des conduites fictives ont été ajoutées dans le modèle CANOE. La suppression de ces conduites fictives lors de la transposition sous ICM explique les écarts de linéaire entre le modèle CANOE et le modèle ICM. L'écart sur le nombre de nœuds simples est lié au même artéfact de modélisation utilisé dans le schéma directeur réalisé avec CANOE.

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 12 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Biganos - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.4. Cazaux

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM. Notons que pour cette commune, 2 modèles CANOË ont été transposés.

Tableau 6 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Cazaux

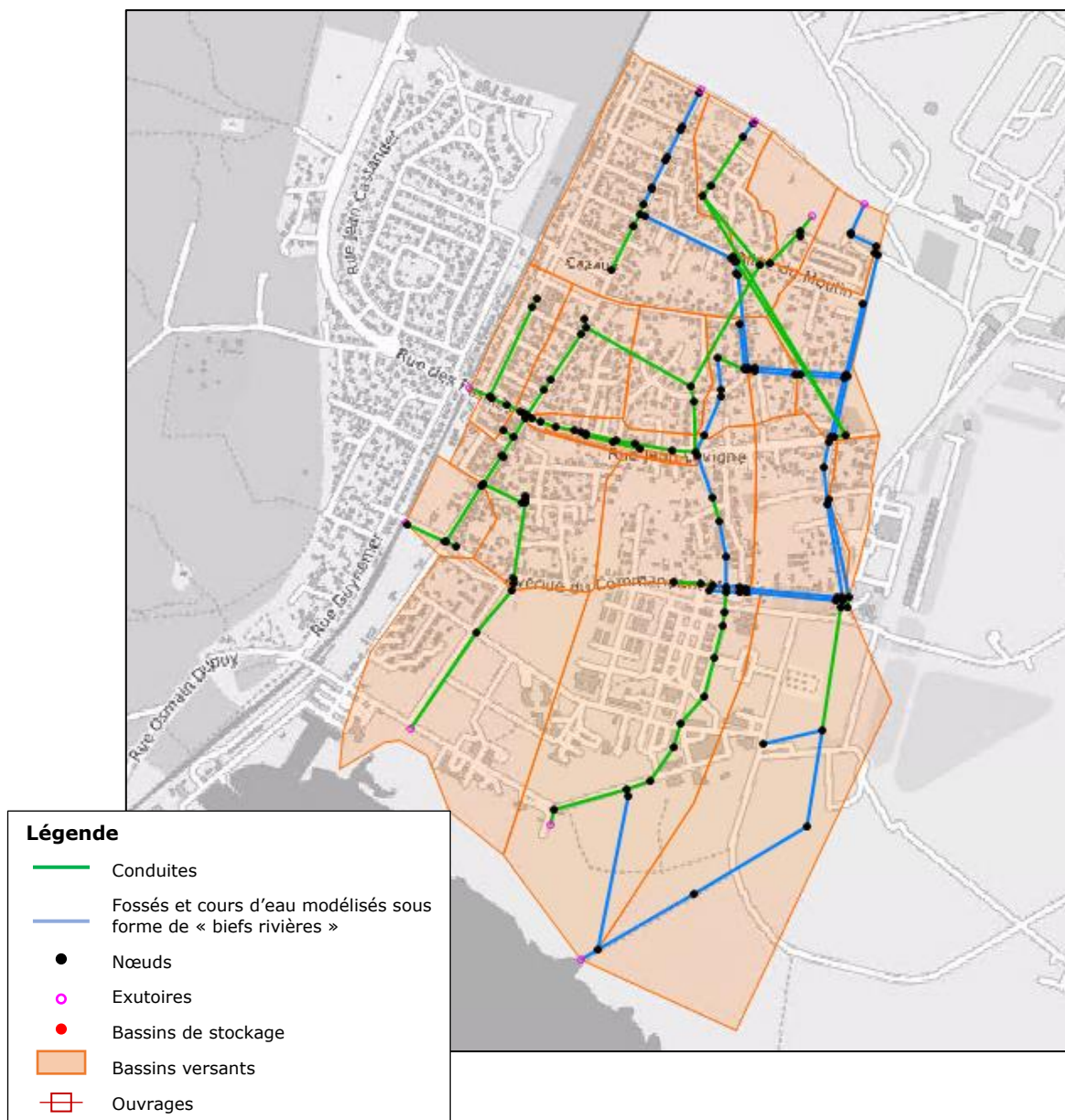
	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	185 nœuds, dont : - 170 nœuds simples, - 15 exutoires,	171 nœuds, dont : - 331 nœuds simples, - 15 exutoires ;
	Conduites et fossés	189 liens, représentant un linéaire de 27 km K = 72 pour les conduites	164 liens, représentant un linéaire de 14 km K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés

	Eléments	Modèle CANOE	Modèle Infoworks ICM
		K= 30 pour les fossés	
	Bassin de rétention	-	-
	Clapets anti-retour	-	-
	Seuils		-

NOTA : dans CANOE, les réseaux indépendants doivent faire l'objet de modèles distincts. Afin de contourner cette règle, et de regrouper sur un même modèle différents réseaux indépendants d'une même commune, des conduites fictives ont été ajoutées dans le modèle CANOE. La suppression de ces conduites fictives lors de la transposition sous ICM explique les écarts de linéaire entre le modèle CANOE et le modèle ICM. L'écart sur le nombre de nœuds simples est lié au même artéfact de modélisation utilisé dans le schéma directeur réalisé avec CANOE.

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 13 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Cazaux - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.5. Arès - Lège

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM. Notons que pour cette commune, 5 modèles CANOË ont été transposés.

Tableau 7 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur de Arès - Lège

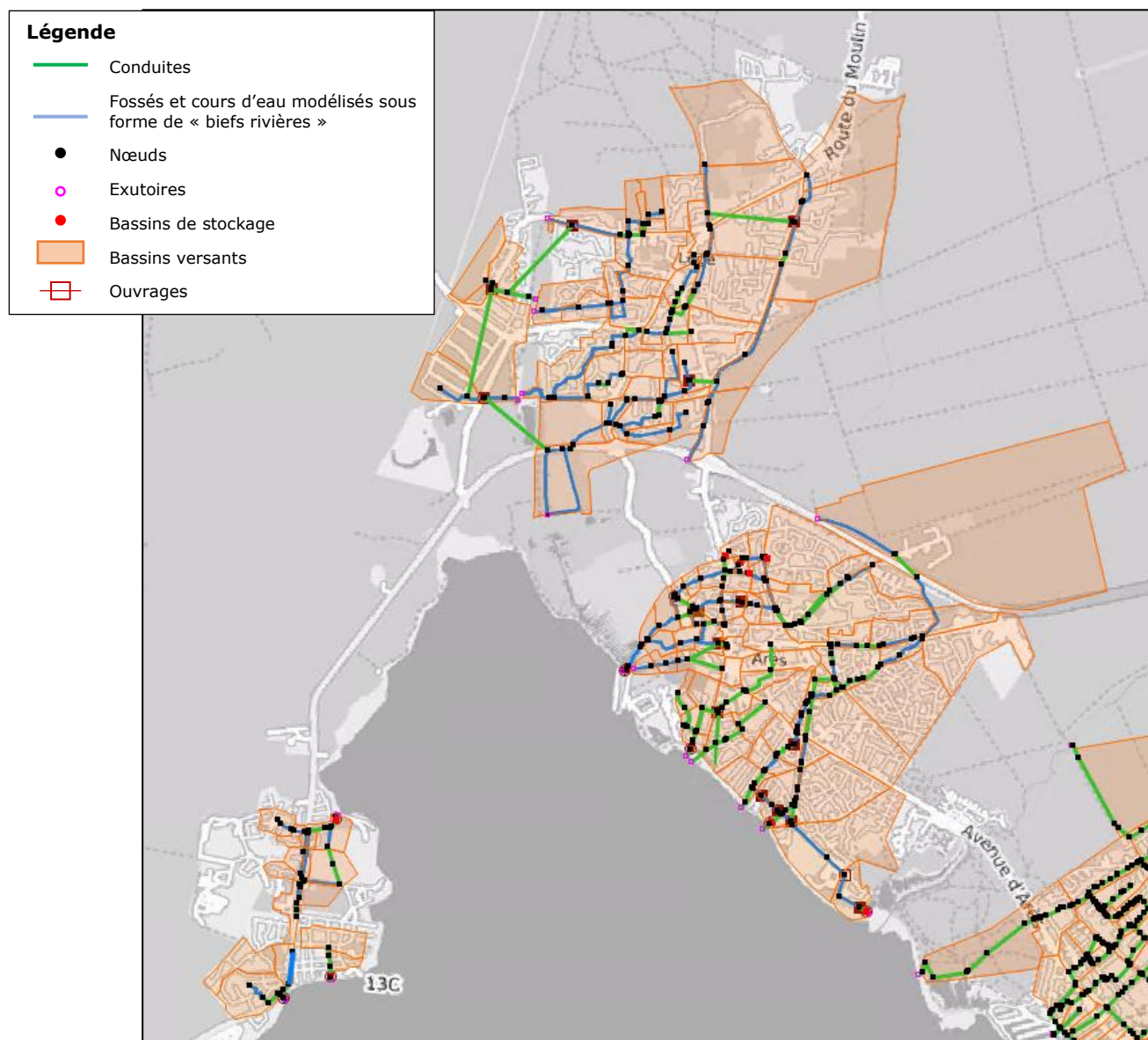
	Eléments	Modèle CANOE	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	618 nœuds, dont : - 576 nœuds simples, - 18 exutoires, - 24 nœuds spéciaux ;	396 nœuds, dont : - 367 nœuds simples, - 11 nœuds de stockage, - 18 exutoires ;
	Conduites et fossés	628 liens, représentant un linéaire de 41 km	393 liens, représentant un linéaire de 41 km
		K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés	K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés
	Bassin de rétention	5 bassins et 6 chambres de rétention	11 nœuds de stockage
	Clapets anti-retour	8 clapets anti-retour	8 clapets anti-retour
Seuils	6 seuils (sans comptabiliser les ouvrages fictifs) +1 au droit d'un bassin	- 5 seuils fixes - 2 seuils à crête irrégulière	

NOTA : sur le modèle CANOE construit dans le cadre du SDA pour ces communes, chaque changement de section de fossé a été représenté par un nœud et une multitude petits liens a ainsi été créé.

Dans ICM, comme précisé dans le chapitre 4.2.2.2, ces fossés ont été représentés par des biefs de rivière, qui permettent de définir différentes sections pour un même lien. Il a donc été possible de fusionner certains liens créés dans le cadre du SDA. Ceci explique la différence du nombre de nœuds et de liens modélisés, mais le linéaire représenté reste cohérent.

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 14 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Arès-Lège - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.6. Le Pyla

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM. Notons que pour cette commune, 2 modèles CANOË ont été transposés.

Tableau 8 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur du Pyla

	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
	Nœud	58 nœuds, dont : - 58 nœuds simples,	58 nœuds, dont : - 56 nœuds simples,

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des évènements pluvieux et de submersion marine
- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau		- 2 exutoires, - 1 nœud spécial ;	- 2 exutoires,
	Conduites et fossés	57 liens, représentant un linéaire de 3,1 km	57 liens, représentant un linéaire de 3,1 km
		K = 70 pour les conduites	K = 72 pour les conduites
	Bassin de rétention	-	-
	Clapets anti-retour	-	-
Seuils	-	-	

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé.

Figure 15 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur du Pyla - source : Infoworks ICM v2021.7-



4.2.6.7. Audenge

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles CANOË et Infoworks ICM. Notons que pour cette commune, une seule partie du modèle CANOË est transposée, l'autre partie ayant été modélisée sur ICM lors de l'étude liée au ruisseau d'Ayguemorte.

Tableau 9 : Décompte des éléments dans les modèles CANOË et Infoworks ICM pour le secteur d'Audenge

	Eléments	Modèle CANOË	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	103 nœuds, dont : - 102 nœuds simples, - 1 exutoires,	103 nœuds, dont : - 102 nœuds simples, - 1 exutoires,
	Conduites et fossés	102 liens, représentant un linéaire de 9.6 km	102 liens, représentant un linéaire de 9.6 km
		K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés	K = 72 pour les conduites K= 30 pour les fossés

La figure ci-après présente la vue du réseau ainsi transposé. Notons qu'une partie du modèle hydraulique de la commune d'Audenge avait déjà fait l'objet d'une transposition sur ICM, et ce modèle a donc été réutilisé, il n'est donc pas présenté ci-après.

4.3. METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DU MODELE HYDRA

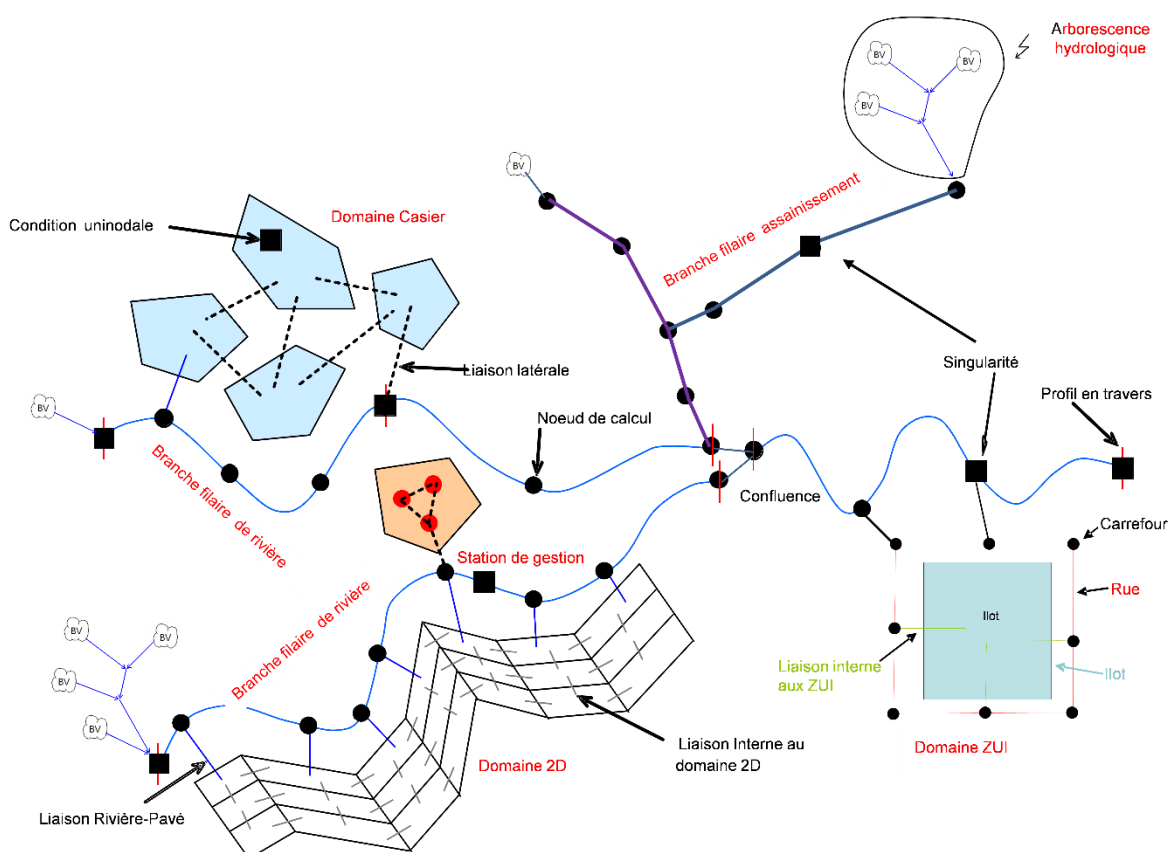
Le modèle sur la commune Le Teich a été réalisé avec le logiciel HYDRA.

La version actuellement disponible du logiciel HYDRA étant la V3.4, le modèle Le Teich initialement en version V2.0, a été migré vers la version V3.4.

4.3.1. Transposition du squelette du réseau

La figure suivante présente l'ensemble des domaines de schématisation disponibles dans HYDRA ainsi que les liaisons hydrauliques permettant leur connexion.

Figure 17 : Domaines de schématisation et liaisons disponibles dans HYDRA (source : <https://hydra-software.net/documentation-hydra/>)



Les différents schémas de modélisation disponibles dans HYDRA sont :

- Le filaire, ou unidimensionnel (1D) pour représenter :
 - Les réseaux d’assainissement ;
 - Les cours d’eau ;
- Le bidimensionnel (2D) qui permet de représenter le terrain naturel et/ou la bathymétrie ;

- Les casiers qui correspondent à des zones de stockage ;
- Les rues qui sont les axes privilégiés des écoulements dans un environnement urbain dense et/ou régulier ;
- Les stations de gestion sont des unités fonctionnelles composées de chambres interconnectées, permettant une description fine des ouvrages hydrauliques complexes ;
- L'hydrologie.

Ces différents domaines de modélisation sont connectés entre eux grâce à des liaisons.

HYDRA dispose d'un outil d'export des modèles en fichiers .CSV.

Grâce à cet outil, il est possible d'obtenir 26 fichiers .CSV contenant les informations des éléments structurants du modèle tels que les nœuds, les conduites, les liaisons (déversoirs, vannes, etc.), etc.

Il est ensuite possible d'importer ces fichiers .CSV dans ICM.

Certaines données, comme le tracé des biefs ou des bassins-versants, sont directement disponibles au format .SHP.

4.3.1.1. Transposition des nœuds

Dans HYDRA, les éléments « nœuds » sont utilisés pour :

- Le bassin versant (BV) ;
- Le regard d'une arborescence hydrologique ;
- Le regard d'un réseau d'assainissement (NODA) ;
- Le nœud d'un bief fluvial (NODR) ;
- La chambre dans une station de gestion (NODS) ;
- Le casier (CAS) ;
- La maille 2D, ou le pavé (PAV) ;
- Le carrefour.

Le fichier .CSV contenant les informations sur les nœuds a donc fait l'objet d'un travail préliminaire avant import dans ICM :

- Ajout d'une colonne « type » (« manhole » pour les NODA, « break » pour les NODR, « Pond » pour les casiers, « outfall » pour les stations, « outfall 2D » pour les PAV impliqués dans une liaison) ;

- Pour les NODR : seuls les nœuds impliqués dans un bief ou une liaison sont conservés (par exemple, les nœuds de calcul ou les nœuds impliqués uniquement dans les liaisons avec le domaine 2D ne sont pas conservés) ;
- Pour les casiers et les stations, le fichier .CSV des nœuds est recoupé avec les fichiers .CSV spécifiques aux casiers et aux stations.

Le fichier .CSV initial « TEICH_nod » compte 41 032 nœuds, le fichier .CSV modifié importé dans ICM compte 1 136 nœuds.

La correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .CSV est présentée dans le tableau suivant :

ICM	CSV
ID nœud	Id nœud
Type de nœud	Type
X	X nœud
Y	Y nœud
Cote TN	Z terrain
Surface du regard	Area (m2)
Nombre Utilisateur 1	Zini(pond)
Texte Utilisateur 1	Id profil
Texte Utilisateur 2	Id ouvrage
Texte Utilisateur 3	Type ouvrage
Texte Utilisateur 4	Id station

En première approche, lorsque le Z terrain naturel n'était pas disponible, il a été fixé à 13. Ces valeurs ont été ajustées, une fois le maillage 2D créé, afin d'appliquer la cote du MNT.

4.3.1.2. Transposition des biefs

Le tracé des biefs, « reach » dans HYDRA, a été importé à partir du fichier résultats Reach.shp.

43 biefs ont été importés.

4.3.1.3. Transposition des conduites

Les deux fichiers .CSV contenant les informations sur les conduites ont fait l'objet d'un travail préliminaire avant import dans ICM :

- Ajout d'une colonne « type » (« CIRC » pour les CI et « RECT » pour les CP) ;
- Ajout des colonnes diamètre (ou largeur) en mm et hauteur en mm.

175 conduites ont été importées.



La correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .CSV est présentée dans le tableau suivant :

ICM	CSV
ID Nœud AM	Noeud amont
ID Noeud AV	Noeud aval
Longueur	Longueur (m)
ID Section	Type
Diamètre/Largeur	Diametre mm
Hauteur	Hauteur mm
Rugosité fond Strickler	Kst
Rugosité supérieure Strickler	Kst
Cote radier AM	Zam
Cote radier AV	Zav
Texte Utilisateur 1	Identifiant

4.3.1.4. Transposition des déversoirs

Dans ICM, le coefficient de débit primaire correspond au coefficient de seuil $\mu\sqrt{2}$ dans la formule du débit déversé par-dessus un seuil :

$$Q = \mu * L * \sqrt{2 * g * h^3}$$

Avec : L : longueur du seuil (en m) ;

h : hauteur d'eau sur le seuil (en m) ;

Tandis que dans HYDRA, le coefficient renseigné pour les seuils correspond coefficient de seuil μ .

Le fichier .CSV contenant les informations sur les déversoirs a donc fait l'objet d'un travail préliminaire avant import dans ICM avec l'ajout d'une colonne « Mu denoye R2 » qui correspond à $\mu\sqrt{2}$.

7 liaisons de type déversoir ont été importées.

La correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .CSV est présentée dans le tableau suivant :

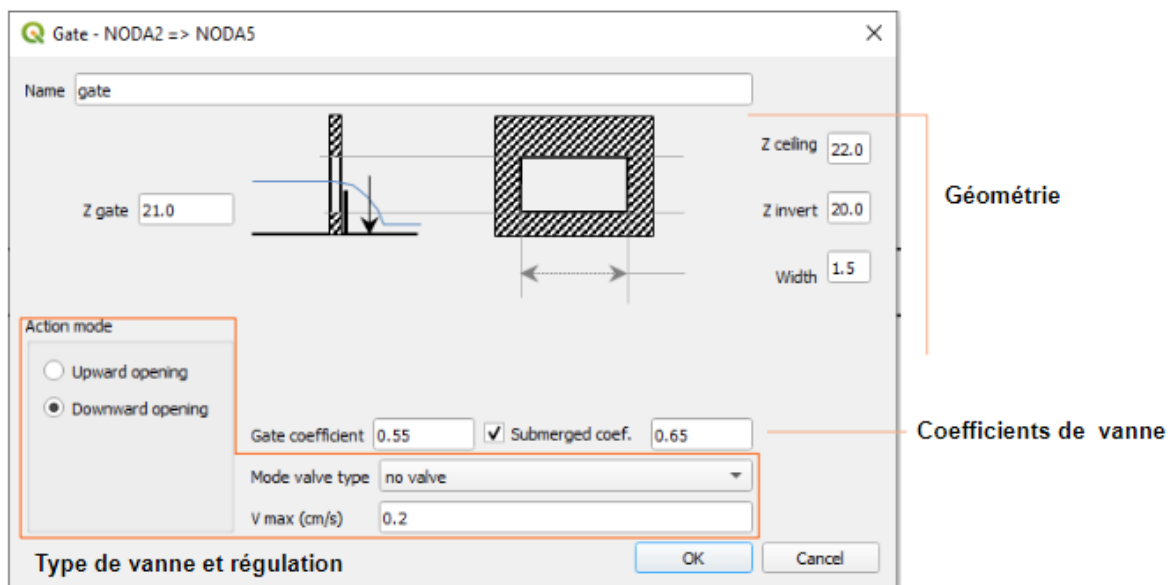
ICM	CSV
ID Nœud AM	Noeud amont
ID Noeud AV	Noeud aval
Crête	Z seuil
Diamètre/Largeur (m)	Largeur seuil
Coefficient de débit	Mu denoye R2
Texte Utilisateur 1	Identifiant

Il est à noter que dans HYDRA, les déversoirs peuvent se présenter sous la forme d'une liaison ou d'un objet ponctuel. Les objets ponctuels sont ajoutés à la main dans ICM sous la forme d'une liaison type déversoir.

4.3.1.5. Transposition des vannes et clapets AR

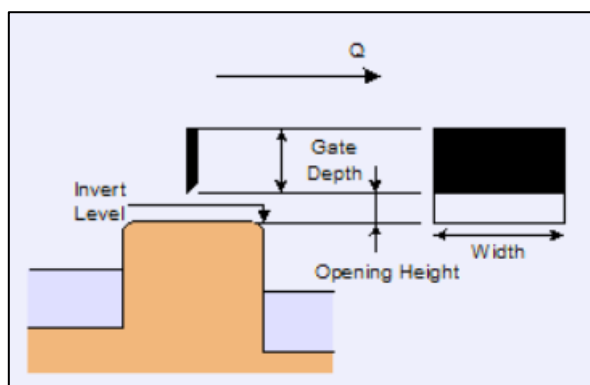
Dans HYDRA, les vannes et les clapets AR sont représentés par la même liaison « Gate ». Cette liaison est définie par 9 paramètres :

- Cote vanne (Z gate) qui détermine la section d'ouverture ;
- Cote radier (Z invert) ;
- Cote voute (Z ceiling) ;
- Largeur vanne (width) ;
- Mode action (upward opening : la vanne s'ouvre vers le haut ; downward opening : la vanne s'ouvre vers le bas) ;
- Coefficient de vanne (Gate coefficient) ;
- Coefficient de vanne noyée (submerged coefficient) ;
- Mode clapet (no valve : pas de clapet AR ; one way downstream : clapet ouvert dans le sens amont/aval ; one way upstream : clapet ouvert dans le sens aval/amont) ;
- Vitesse max.



Tandis que dans ICM, les vannes (sluice gates) et les clapets (flap valves) sont deux objets différents.

Les liaisons vannes sont notamment définies par une hauteur d'ouverture (opening height) comme illustré sur le schéma suivant.



Le fichier .CSV contenant les informations sur les vannes et les clapets AR a donc fait l'objet d'un travail préliminaire avant import dans ICM :

Pour les vannes :

- Ajout d'une colonne « Hauteur d'ouverture » avec :
 - ✓ Dans le cas où i mode = 1, soit downward opening : la vanne s'ouvre vers le bas, H ouverture = cote voute - cote vanne ;
 - ✓ Dans le cas où i mode = 2, soit Mode action = upward opening : la vanne s'ouvre vers le haut, H ouverture = cote vanne - cote radier.

Dans le modèle Le Teich, l'ensemble des vannes s'ouvrent vers le haut.

- Ajout d'une colonne « Mu denoye R2 » qui correspond à $\mu\sqrt{2}$, de la même manière que pour les déversoirs ;

Pour les clapets AR :

- Création d'un fichier .CSV distinct de celui des vannes ;
- Ajout d'une colonne « Mu denoye R2 » qui correspond à $\mu\sqrt{2}$, de la même manière que pour les déversoirs ;
- Ajout d'une colonne type « circular » ;
- Vérification du sens : pour les liaisons clapets AR, ICM n'intègre que des clapets AR dans le sens amont/aval. Dans le modèle Le Teich, l'ensemble des clapets AR sont bien des clapets ouverts dans le sens amont/aval.

- Vérification de la section d'ouverture : pour les liaisons clapets AR, ICM n'intègre pas le paramètre Hauteur d'ouverture, c'est pourquoi :
 - ✓ Dans le cas où i mode = 1, soit downward opening : la vanne s'ouvre vers le bas, on vérifie que la cote vanne = cote radier ;
 - ✓ Dans le cas où i mode = 2, soit Mode action = upward opening : la vanne s'ouvre vers le haut, on vérifie que la cote vanne = cote voute.

Dans le modèle Le Teich, l'ensemble des clapets AR sont bien des clapets complètement ouverts.

9 liaisons type vanne et 3 liaisons type clapet AR ont été importées.

Pour les liaisons type vanne, la correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .CSV est présentée dans le tableau suivant :

ICM	CSV
ID Nœud AM	Noeud amont
ID Noeud AV	Noeud aval
Niveau radier	Z radier
Diamètre/Largeur (m)	Largeur vanne
Coefficient de débit	Mu denoye R2
Hauteur d'Ouverture (m)	H ouverture
Texte Utilisateur 1	Identifiant

Pour les liaisons type clapet AR, la correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .CSV est présentée dans le tableau suivant :

ICM	CSV
ID Nœud AM	Noeud amont
ID Noeud AV	Noeud aval
Type de vanne	Type
Niveau radier	Z radier
Diamètre	Largeur vanne
Coefficient de débit	Mu denoye R2
Texte Utilisateur 1	Identifiant

Il est à noter que dans HYDRA, les vannes peuvent se présenter sous la forme d'une liaison ou d'un objet ponctuel. Les objets ponctuels sont ajoutés à la main dans ICM sous la forme d'une liaison type vanne.

4.3.1.6. Transposition des bassins versants

Les fichiers .SHP contenant les tracés des bassins versants a fait l'objet d'un travail préliminaire avant import dans ICM :

- Ajout d'une colonne « nœud aval » qui est remplie par jointure avec le fichier .CSV « TEICH_hy_routing » contenant les informations sur les liens entre les bassins versants et les biefs ;
- Ajout d'une colonne « C constant » qui est remplie par jointure avec le fichier .CSV « TEICH_catchment » contenant les informations sur les bassins versants.

127 bassins versants ont été importés. Le modèle HYDRA comptait 128 bassins versants car un bassin versant était en doublon (BC964).

La correspondance entre les attributs d'ICM et ceux du fichier .SHP est présentée dans le tableau suivant :

ICM	SHP
Sous bassin ID	C-name
ID nœud	h-Nœud av
Surface totale (ha)	C-area_ha
Pente (m/m)	C-slope
Longueur (m)	C-rl
Coefficient de ruissellement SRM	C-constant

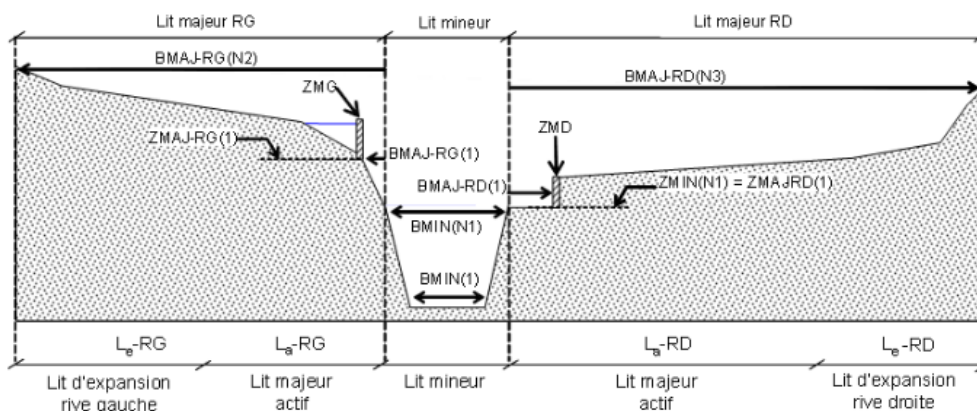
Il est à noter que dans le modèle HYDRA, des coefficients de ruissellement différents ont été définis en nappe haute et basse. En première approche, les coefficients de ruissellement importés dans ICM correspondent aux coefficients de nappe haute, mais un travail d'homogénéisation du paramétrage du modèle hydrologique a été réalisé par la suite (cf. chapitre 1).

4.3.2. Transposition des sections (bief rivière)

Dans HYDRA, les sections de vallée sont découpées en 3 lits : lit majeur rive gauche, lit mineur et lit majeur rive droite. Chaque lit est représenté par un couple de point (B, Z) :

- Pour le lit mineur, B représente la largeur du lit mineur à la cote Z. La représentation du lit mineur est limitée à 6 couples (B, Z).
- Pour le lit majeur, B représente la distance à la berge pour la cote Z. La représentation des lits majeurs est limitée à 4 couples (B, Z).

Ce type de représentation impose une section symétrique pour le lit mineur.



ZMIN(1) à ZMIN(6) BMIN(1) à BMIN(6)	Cotes des points définissant le lit mineur (6 points maximum) Largeurs du lit mineur associées (m)
ZMAJ_RG(1) à ZMAJ_RG(4) BMAJ_RG(1) à BMAJ_RG(4)	Cotes des points définissant le lit majeur (4 points maximum) Largeurs du lit majeur rive gauche associées (m)
ZMAJ_RD(1) à ZMAJ_RD(4) BMAJ_RD(1) à BMAJ_RD(4)	Cotes des points définissant le lit majeur (4 points maximum) Largeurs du lit majeur rive droite associées (m)
ZMG ZMD	Cote d'une murette en rive gauche de berge Cote d'une murette en rive droite de berge

Dans ICM, la représentation des sections est différente. Chaque section est définie par une série de points (X, Y, Z, D).

Les différents modes d'export disponibles dans HYDRA ne permettent pas d'obtenir des fichiers facilement compatibles avec ICM.

C'est pourquoi les sections ont été redéfinies à partir des données topographiques de base selon la méthodologie suivante :

- Création d'une couche .SHP des profils en travers à partir des lignes « Flood plain transect » de la couche « Constrain » dans HYDRA (export postgre) ;
- Projection des points topographiques du fichier .DWG « LEVE ETAT LIEUX » sur les profils en travers et création de lignes de profils en travers contenant les informations topographiques en 3D (X, Y, Z) ;
- Import des profils en travers 3D dans ICM : 432 profils en travers sont importés ;
- Montage des biefs et ajout de profils en travers si nécessaire directement dans ICM (les profils ajoutés correspondent à une copie d'un profil proche dont le fond est ré ajusté grâce aux données topographiques ou aux données du modèle HYDRA) ;

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine

- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

- Attribution d'un Strickler de 30 aux lits mineurs des sections ;
- Création des berges à partir des extrémités des sections et attribution d'un coefficient de berge de 0.9 et d'une limite modulaire de 0.7 aux berges.

Dans HYDRA, certains passages sous voirie sont représentés directement dans les biefs et les profils en travers. Les traversées de route ont été intégrées dans ICM sous la forme de conduite. Pour ces conduites, le diamètre et le Strickler sont issus du modèle HYDRA. Dans le cas où l'information sur le Strickler n'était pas disponible, le K a été fixé à 60.

4.3.3. Synthèse du modèle transposé depuis HYDRA

Le tableau ci-après synthétise le nombre d'éléments figurant dans les modèles HYDRA et Infoworks ICM (après l'import, avant l'ajout des sections et la génération des biefs).

	Eléments	Modèle HYDRA	Modèle Infoworks ICM
Structure du réseau	Nœud	41 032 nœuds, dont : - 128 nœuds BV (bassins versants) ; - 2 nœuds CAS (bassins) ; - 195 nœuds NODA (regards) ; - 3 847 nœuds NODR (nœuds rivière) ; - 5 nœuds NODS (ouvrages spéciaux, exutoires) ; - 36 855 nœuds PAV (éléments 2D).	1 136 nœuds, dont : - 931 nœuds simples ; - 195 regards ; - 4 exutoires 1D ; - 4 exutoires 2D ; - 2 nœuds de stockage.
	Conduites	175 conduites, représentant un linéaire de 6 531 m K = 40 à 80	175 conduites, représentant un linéaire de 6 531 m K = 40 à 80
	Biefs	43 biefs, représentant un linéaire de 29,9 km	43 biefs, représentant un linéaire de 29,9 km
	Bassin de rétention	2 bassins	2 bassins définis sous forme de nœuds de stockage
	Seuils	7 liaisons déversoirs 0 déversoirs ponctuels	7 liaisons déversoirs
	Vannes	9 liaisons vannes	9 liaisons vannes

		5 vannes ponctuelles	
	Clapets AR	3 liaisons clapets AR	3 liaisons clapets AR

4.4. METHODOLOGIE GENERALE DE TRANSPOSITION DES MODELES SWMM

Les modèles communaux de Mios et Marcheprime ont été réalisés avec le logiciel SWMM.

4.4.1. Transposition du squelette du réseau

Un outil de conversion automatique des réseaux est disponible dans Infoworks ICM. Toute la structure du réseau est alors directement créée :

- Les nœuds, quel que soit leur type : regards, exutoires, nœuds de stockage,
- Les conduites et les canaux,
- Les ouvrages spéciaux de types seuils, vannes. Notons toutefois que les modèles transposés ne disposent pas d'ouvrages spéciaux.

Notons que dans les modèles des schémas directeurs, pour tous les nœuds de type regards il est pris pour hypothèse que le volume qui déborde est perdu (pas de réintégration des volumes débordés dans le réseau). En effet, des modèles de surface avaient été créés en complément avec le logiciel HEC RAS. Les volumes débordés étaient repris dans ces modèles de surface. Dans Infoworks ICM, les écoulements de surface sont directement couplés au réseau d'assainissement.

Par ailleurs, les bassins versants définis dans le cadre du schéma directeur n'étaient pas disponibles dans le modèle transmis. Ils ont donc été directement importés dans Infoworks ICM depuis les données SIG transmises.

Figure 18 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Mios - Lillet - source : Infoworks ICM v2021.7-

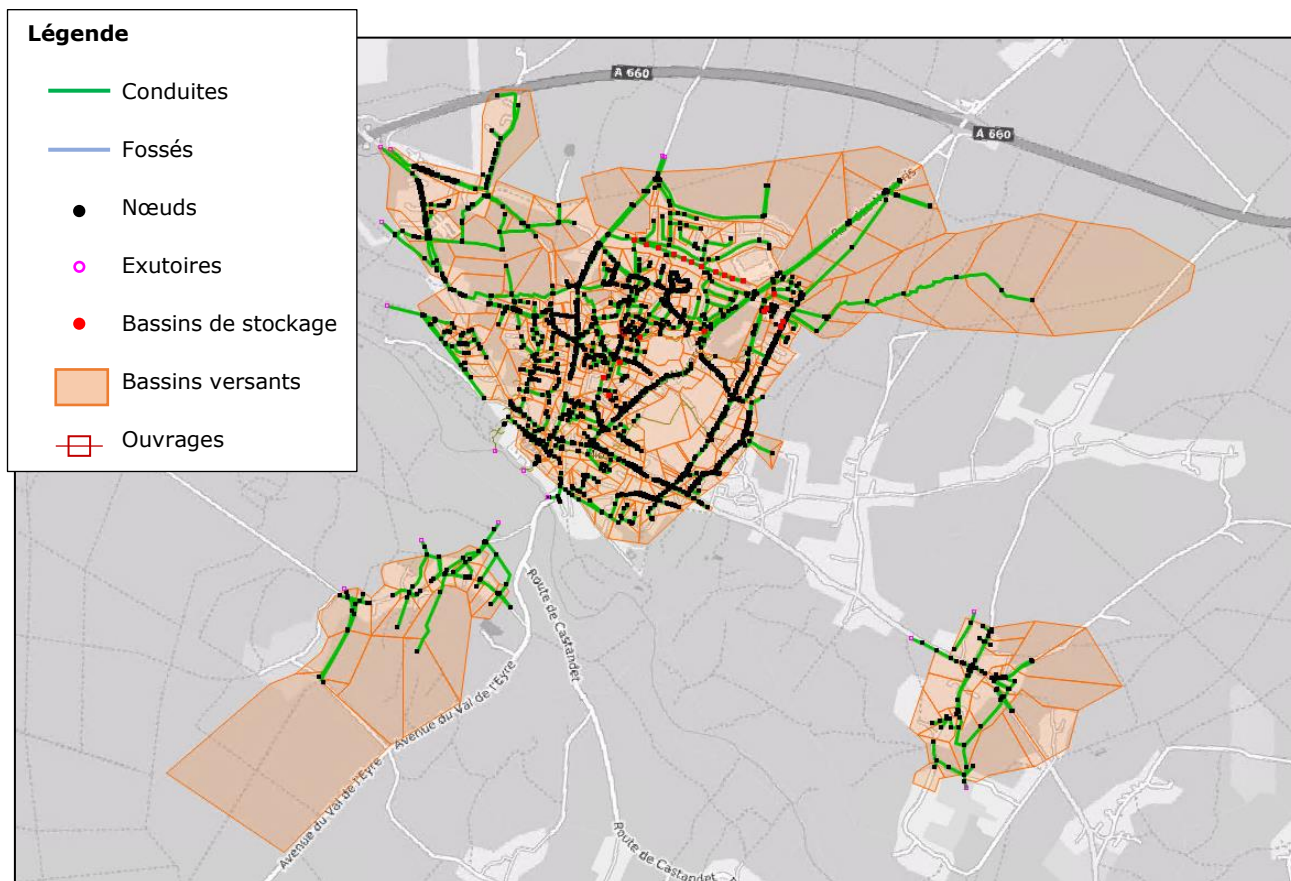
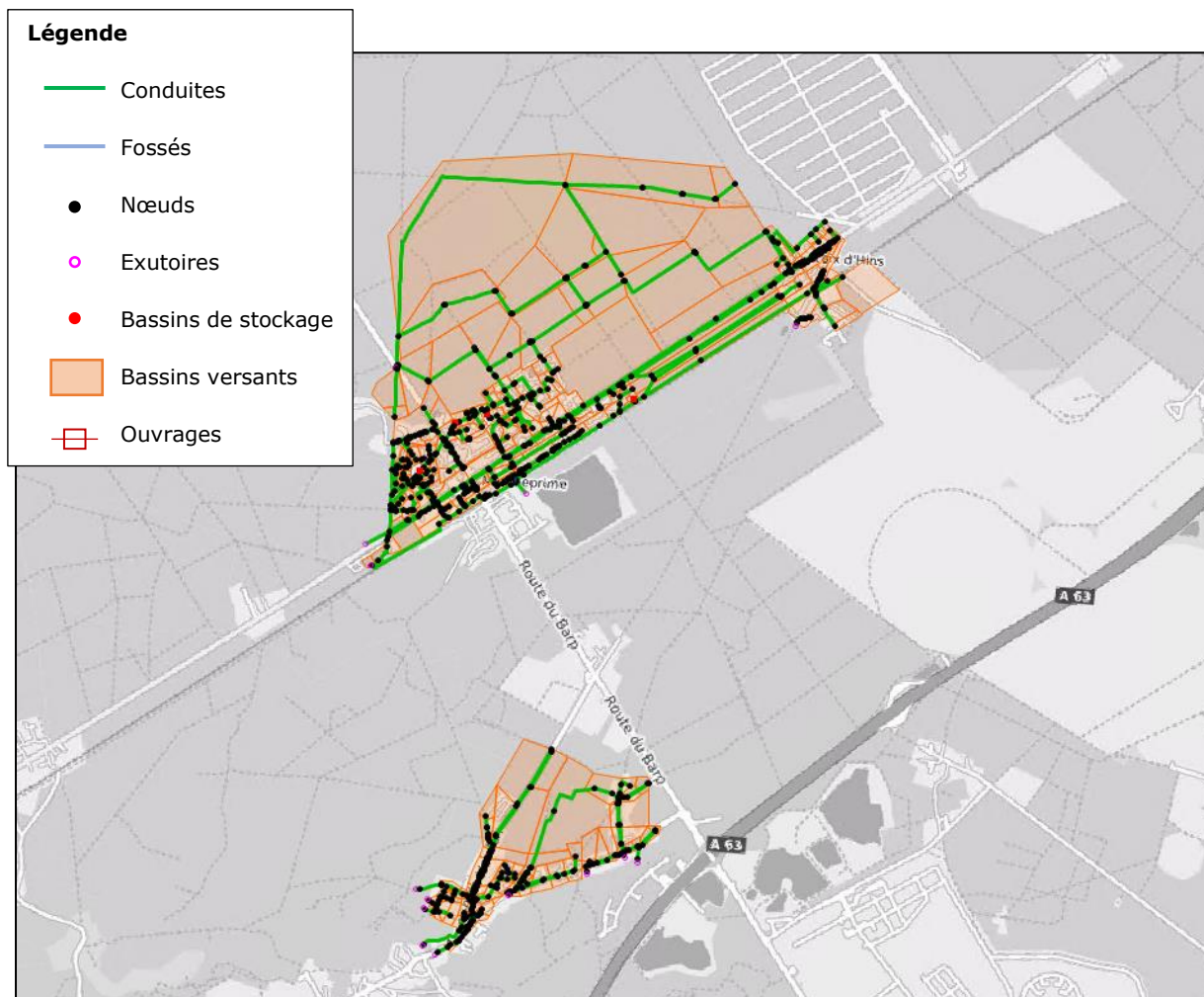


Figure 19 : Vue du réseau du modèle Infoworks ICM transposé sur le secteur de Marcheprime - Lacanau
- source : Infoworks ICM v2021.7-



4.4.2. Transposition de l'hydrologie

Dans le schéma directeur de Mios et Marcheprime, les fonctions hydrologiques appliquées sont les suivantes :

- Fonction de production : fonction à coefficient de ruissellement constant. Différents coefficients de ruissellement ont été appliqués selon la période. Des périodes de nappe haute et nappe basse ont été définies,
- Fonction de transfert : modèle du réservoir linéaire.

Pour les bassins versants peu imperméabilisés, une fonction à double réservoir linéaire est appliquée.

Le temps de réponse des bassins versants est calculé par la formule de Desbordes.

Ces hypothèses sont globalement similaires à celles appliquées sur Infoworks ICM. Toutefois pour le calcul du temps de réponse, une formule simplifiée de Desbordes est appliquée dans Infoworks ICM (SPRINT) :

$$K = 5.3 * A^{0.30} * \left(\frac{IMP}{100}\right)^{-0.45} * P^{-0.38}$$

Avec :

- K : Temps de réponse (minutes)
- A : Surface totale du bassin versant (ha)
- IMP : Imperméabilisation du bassin versant (%)
- P : Pente du bassin versant (%)

4.5. MODELES DEJA DISPONIBLES EN FORMAT INFOWORKS ICM

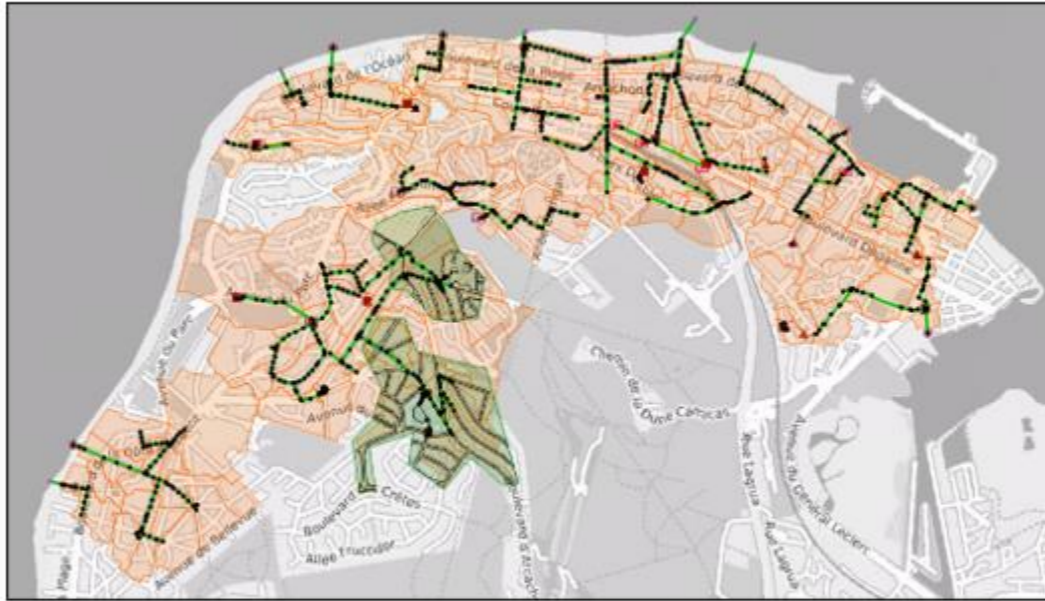
Certains secteurs ont déjà fait l'objet d'une modélisation hydraulique au format Infoworks ICM. C'est le cas :

- Du réseau d'assainissement de la commune d'Arcachon (hors secteur du Pyla)
- Du réseau d'assainissement de la commune de la Teste de Buch (hors secteur de Cazaux),
- des crastes de la Teste-de-Buch : **ICM**,
- du ruisseau d'Ayguemorte à Audenge : **ICM**,
- du ruisseau du Vigneau à Audenge : **ICM**.

Ces modèles sont présentés sur la figure ci-après.

Figure 20 : Vue des réseaux déjà modélisés avec Infoworks ICM - source : *Infoworks ICM v2021.7-*

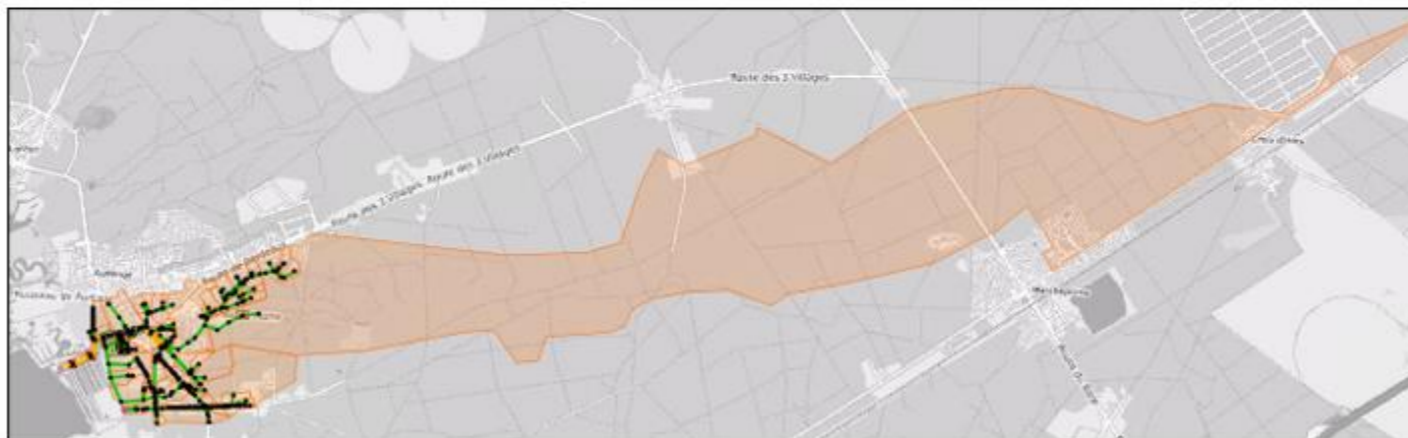
Modèle ICM du réseau d'assainissement EP de la commune d'Arcachon



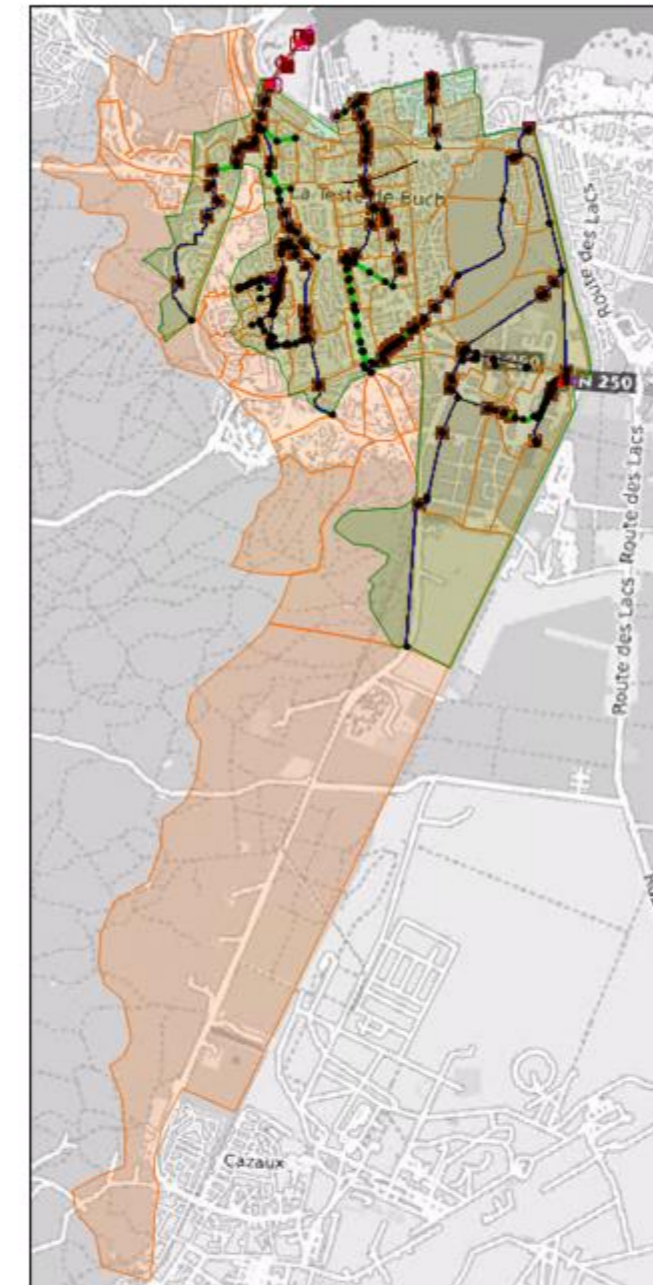
Modèle ICM du Vigneau à Audenge



Modèle ICM du ruisseau de l'Ayquemorte à Audenge



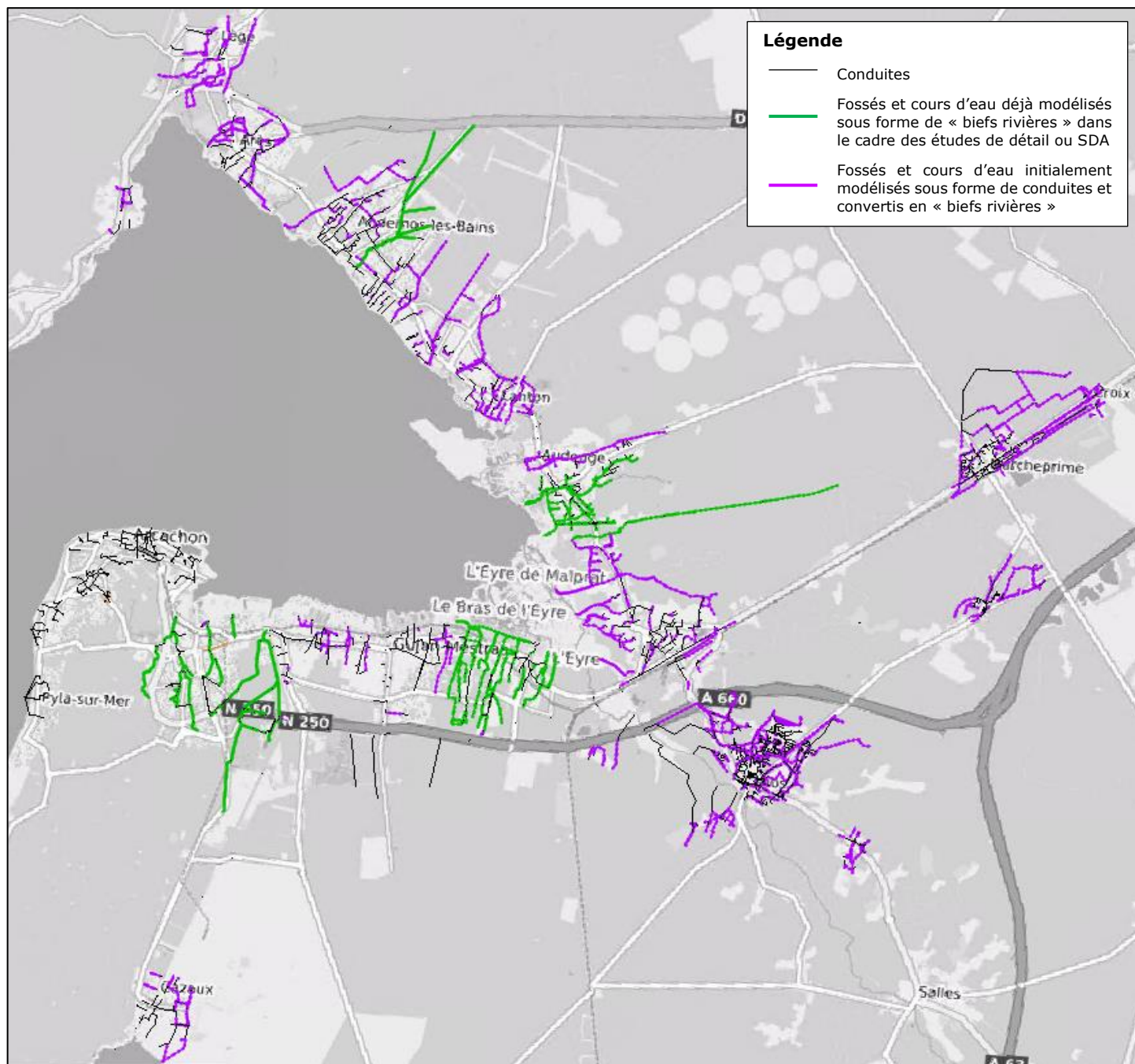
Modèle ICM du réseau d'assainissement EP et des crastes de la commune de la Teste-de-Buch hors secteur de Cozaux



4.6. TRANSFORMATION DES CONDUITES A CIEL OUVERT

Afin de modéliser finement les cours d'eau et fossés, environ 100 km de conduites à ciel ouvert ont été transformées en biefs rivières, par la création de près de 2 000 profils en travers. Cette transformation permet une meilleure représentation des échanges 1D/2D dans le modèle.

Figure 21 - Conduites à ciel ouvert transformées en biefs



5. CONSTRUCTION DES MODELES 1D COMPLEMENTAIRES

Le SIBA souhaite l'intégration dans le modèle d'une quinzaine de réseaux hydrographiques dont les limites de bassins versants ne sont pas circonscrites aux limites du territoire du SIBA mais nécessitent d'être prises en compte :

- Soit parce qu'ils **constituent l'exutoire de certains réseaux EP** et que leurs niveaux peuvent influencer les écoulements dans les réseaux EP,
- Soit parce **qu'ils sont soumis à des débordements directs ou par influence de la marée**. Leur prise en compte est donc nécessaire pour traiter de manière exhaustive la problématique du risque de manière globale et sans zones lacunaires.

Sur ces réseaux, il n'existe pas de modèles et la modélisation est menée de manière simplifiée à partir des données d'entrée du SIBA et d'un travail collaboratif avec le pôle GEMAPI. La méthodologie appliquée pour la construction de ces modèles est détaillée dans le présent chapitre.

5.1. MODELISATION 1D DES COURS D'EAU COMPLEMENTAIRES

5.1.1. Les canaux des Landes, des Forges et des Usines

5.1.1.1. *Modélisation des canaux*

Le canal des Landes relie le lac de Cazaux au bassin d'Arcachon. Il s'étend sur un linéaire de près de 14 km entre les communes de la Teste-de-Buch et Gujan-Mestras.

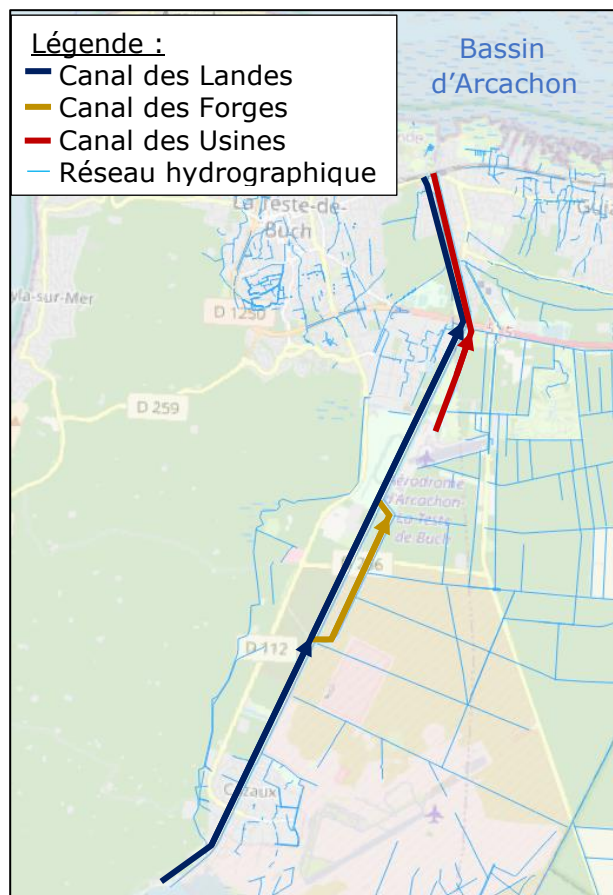
Le canal des Forges est un réseau hydrographique issu d'une défluence du canal des Landes, et qui s'étend sur 3 km en parallèle de celui-ci avant de s'y rejeter. Il est situé à proximité de la base aérienne de Cazaux.

Le canal des Usines, situé sur la commune de Gujan-Mestras, s'étend de l'aérodrome de La Teste-de-Buch au bassin d'Arcachon. Il est rejoint par la craste Baneyre au droit de la N250. En aval de cette affluence, il est connecté en deux points au canal des Landes (cf §5.1.1.2.13 et §5.1.1.2.14) avant de se rejeter au droit du même exutoire.

La modélisation du canal des Landes et du canal des Usines est basée sur le levé topographique réalisé en 2016 (DOC_90), incluant les dimensions des ouvrages spéciaux (seuils, écluses). Le canal des Usines est modélisé par projection des profils en travers sur le MNT, en considérant un pas de 1m.

La figure ci-après présente le linéaire modélisé de ces canaux.

Figure 22 – Linéaire modélisé des canaux des Landes, des Forges et des Usines



5.1.1.2. Ouvrages spéciaux

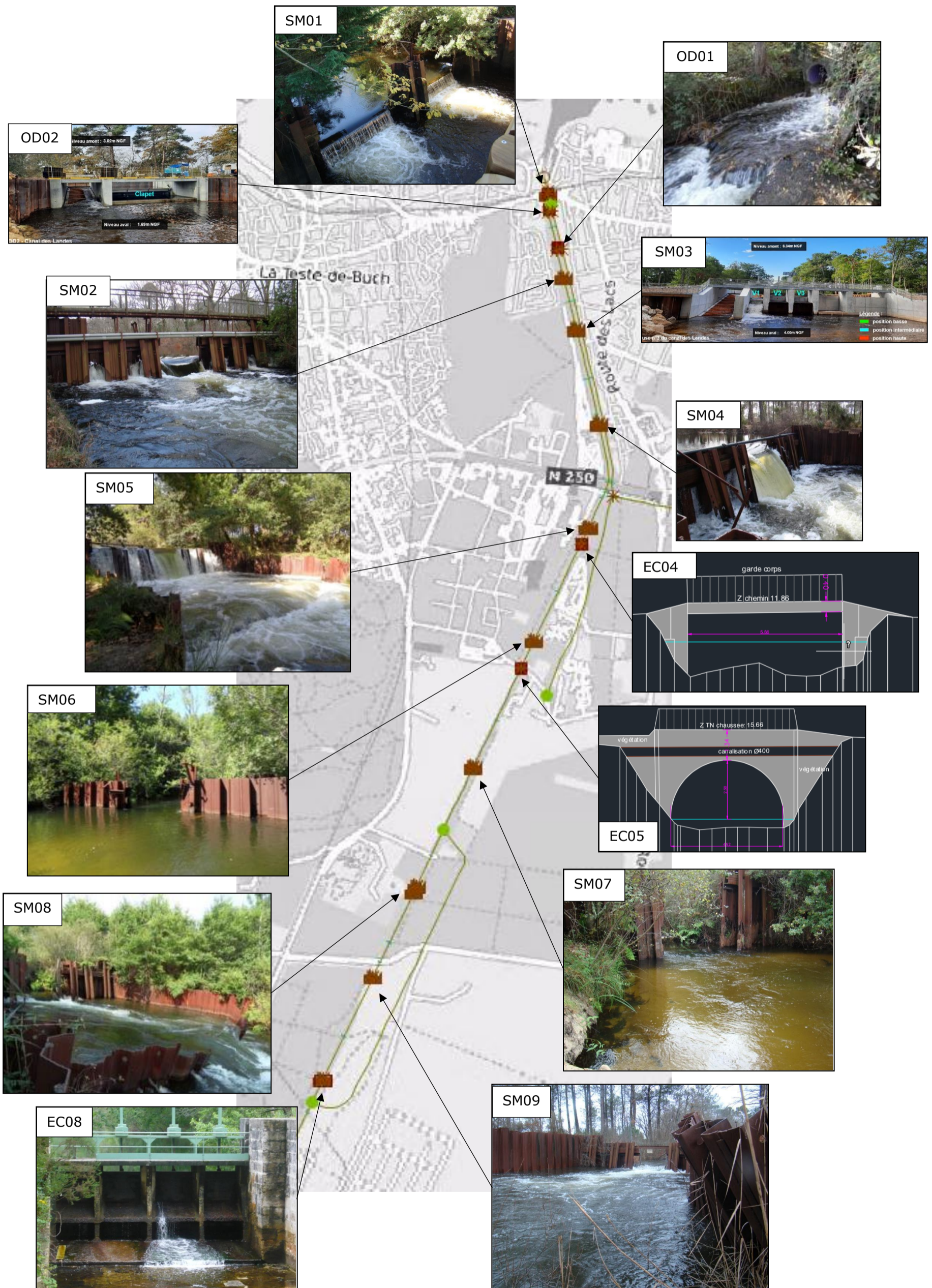
Le canal des Landes est marqué par la présence de 12 ouvrages sur son linéaire et 2 ouvrages de connexions avec le canal des Usines (OD01 et OD02). La modélisation de chaque ouvrage est présentée ci-après.

La majorité des ouvrages est modélisée grâce à des déversoirs à crête irrégulière. Ils permettent d'intégrer à la fois le lit mineur du canal et les palplanches/seuils le ponctuant grâce à un profil en travers.

5.1.1.2.1. Localisation des ouvrages

La localisation des ouvrages du canal des Landes figure ci-après. Elle est issue des données transmises par le SIBA et de la vue en plan du modèle ICM réalisé.

Figure 23 - Localisation des ouvrages du canal des Landes



5.1.1.2.2. Ouvrage EC08

L'écluse EC08 permet l'alimentation du Canal des Landes par le Lac de Cazaux en amont. Les 4 vannes à l'amont de l'ouvrage ont été modélisées par des vannes de 2.2 m de hauteur, dont l'ouverture est régulée par rapport au niveau d'eau dans le Lac de Cazaux.

D'après les consignes de régulation fournies par le SIBA, les 4 vannes peuvent avoir une position ouverte soit à un tiers de leur hauteur (0.73m) soit complètement ouverte (2.2m). Les deux vannes centrales laissent passer une lame d'eau de 5 cm en position de basses eaux.

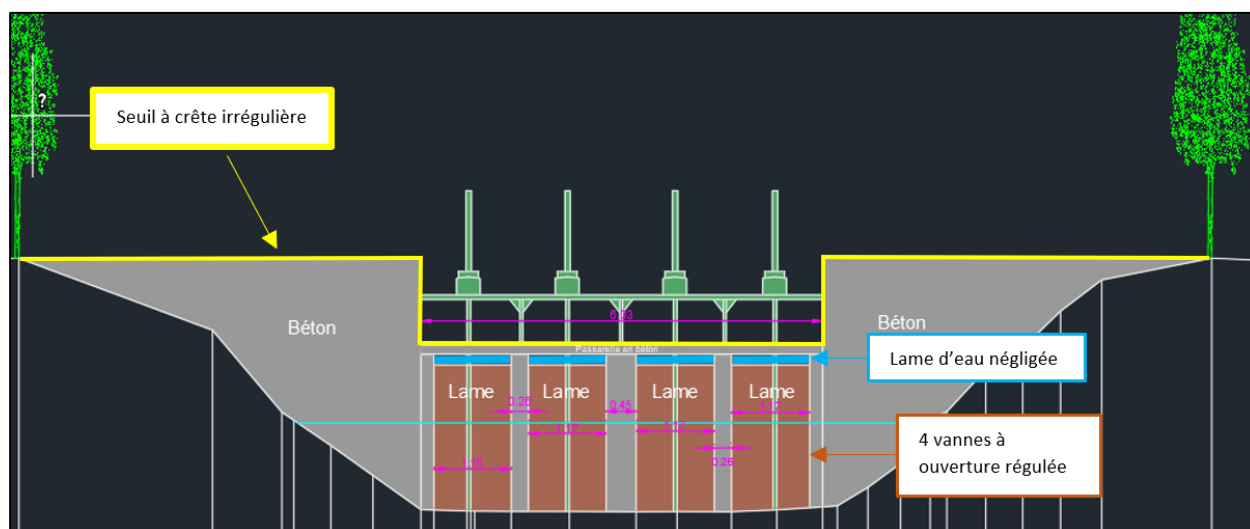
Le tableau ci-après présente les hauteurs d'ouverture des vannes en fonction du niveau au lac de Cazaux.

Tableau 10 – Consignes de régulation des vannes de l'ouvrage EC08

Niveau Z au Lac de Cazaux (m NGF)	Hauteur d'ouverture des vannes (m)			
	Vanne 1	Vanne 2	Vanne 3	Vanne 4
$Z < 20.8$	0	0.05	0.05	0
$20.8 \leq Z < 20.9$	0	0.73	0.73	0
$20.9 \leq Z < 21$	0.73	0.73	0.73	0.73
$21 \leq Z$	2.2	2.2	2.2	2.2

La structure maintenant les vannes est modélisée par un déversoir à crête irrégulière dont le radier correspond à la partie haute de la passerelle en béton. Ainsi, la lame d'eau passant par l'orifice entre le haut des vannes en position fermée et le bas de la passerelle est négligée.

Figure 24 – Section en travers de la partie amont de l'ouvrage EC08



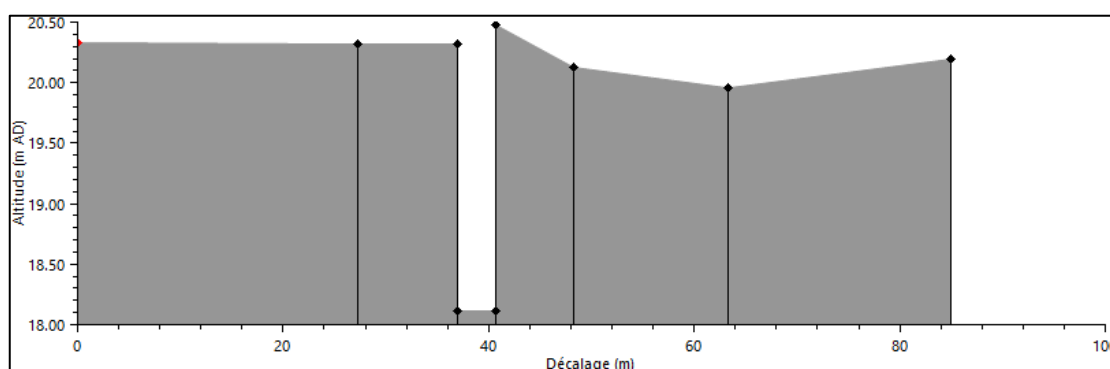
Une conduite type canal rectangulaire modélise l'aval des vannes.

5.1.1.2.3. Ouvrage SM09

L'ouvrage SM09 a été modélisé par un déversoir à crête irrégulière. La lame d'eau de 13 cm entre le seuil béton et la cote inférieure de la traversé en fer basse a été négligée. La crête du déversoir est donc placée à la cote supérieure de la traversée en fer soit à 18.10 m NGF.

La seconde traversée en fer dont la cote supérieure est de 20.05 m NGF a été négligée donc non modélisée.

Figure 25 - Section en travers de l'ouvrage SM09



5.1.1.2.4. Ouvrage SM08

L'ouvrage SM08 a été modélisé par deux déversoirs à crêtes irrégulières : un pour la partie amont de l'ouvrage et l'autre pour la partie aval.

Figure 26 - Section en travers amont de l'ouvrage SM08

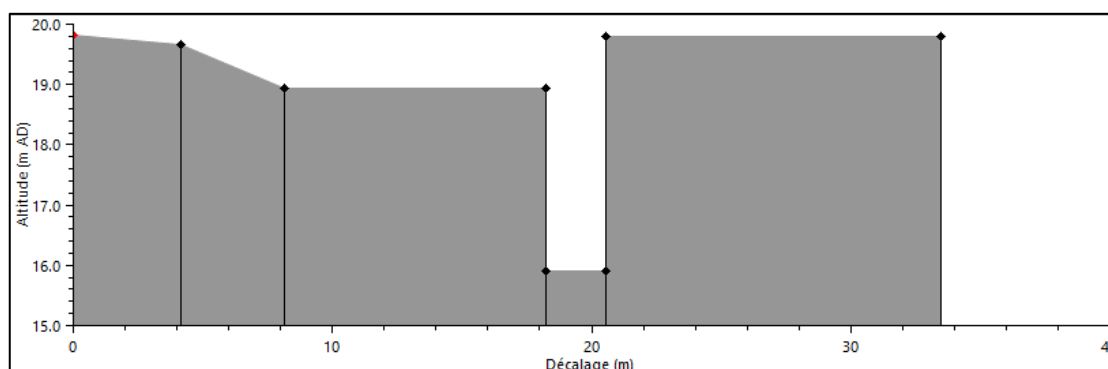
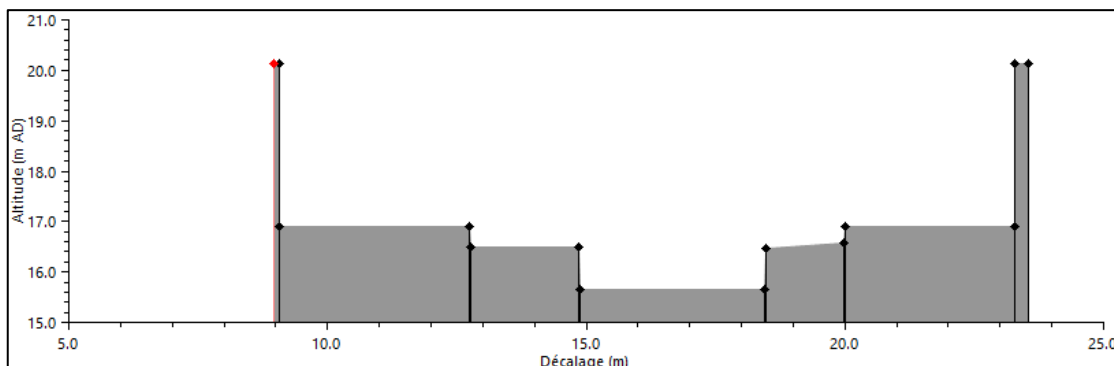


Figure 27 - Section en travers aval de l'ouvrage SM08



5.1.1.2.5. Ouvrage SM07

L'ouvrage SM07 a été modélisé par deux déversoirs à crêtes irrégulières : un pour la partie amont de l'ouvrage et l'autre pour la partie aval.

Figure 28 - Section en travers amont de l'ouvrage SM07

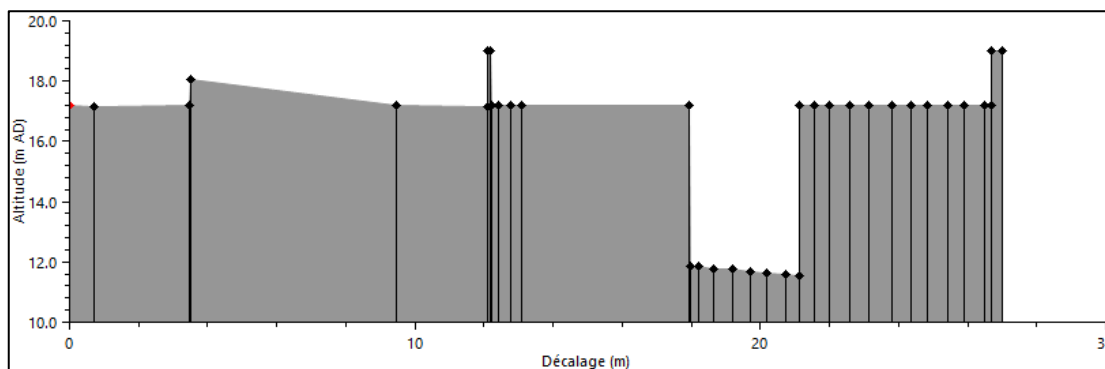
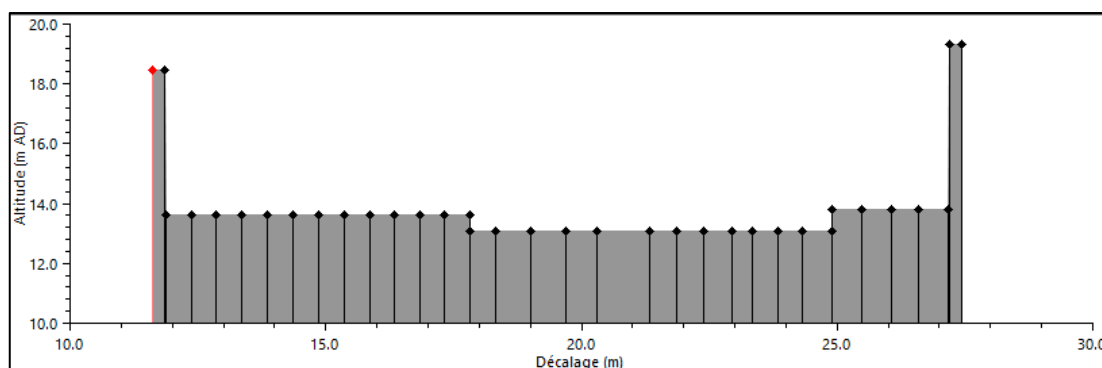


Figure 29 - Section en travers aval de l'ouvrage SM07



5.1.1.2.6. Ouvrage EC05

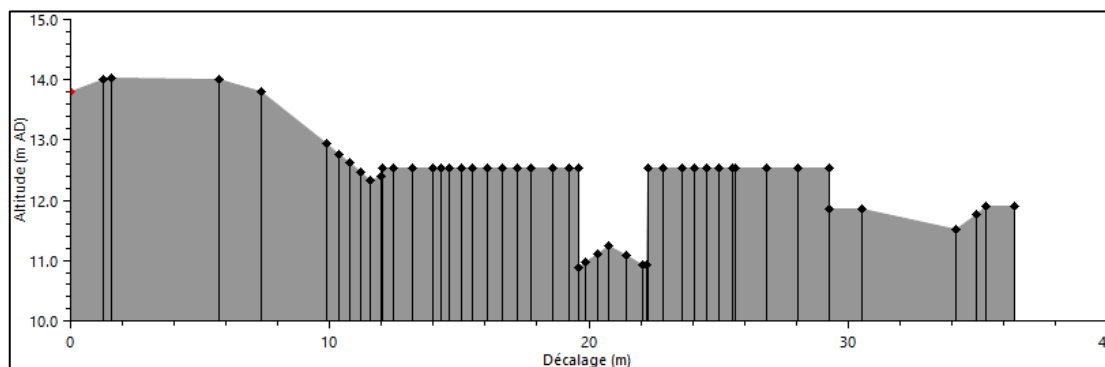
L'ouvrage EC05 est un ouvrage de franchissement de chaussée. Il a été modélisé par une conduite en forme d'arche de 2.62m de hauteur et 4.92 m de largeur. Les cotes radiers amont et aval de la conduite correspondent aux points bas du lit mineur des profils amont et aval du levé topographique.

Un déversoir dont la crête est placée à la cote de la chaussée est modélisé. Il permet de représenter le déversement par-dessus la chaussée en cas de montée des eaux.

5.1.1.2.7. Ouvrage SM06

L'ouvrage SM06 a été modélisé par un déversoir à crête irrégulière, basé sur le profil en travers amont du levé topographique.

Figure 30 - Section en travers de l'ouvrage SM06



5.1.1.2.8. Ouvrage EC04

L'ouvrage EC04 est un ouvrage de franchissement de chaussée. Il a été modélisé par une conduite de forme rectangulaire de 1.95 m de hauteur et 5.86 m de largeur. Les cotes radiers amont et aval de la conduite correspondent aux points bas du lit mineur des profils amont et aval du levé topographique.

Un déversoir dont la crête est placée à la cote de la chaussée est modélisé. Il permet de représenter le déversement par-dessus la chaussée en cas de montée des eaux.

5.1.1.2.9. Ouvrage SM05

L'ouvrage SM05 a été modélisé par deux déversoirs à crêtes irrégulières : un pour la partie amont de l'ouvrage et l'autre pour la partie aval.

Figure 31 - Section en travers amont de l'ouvrage SM05

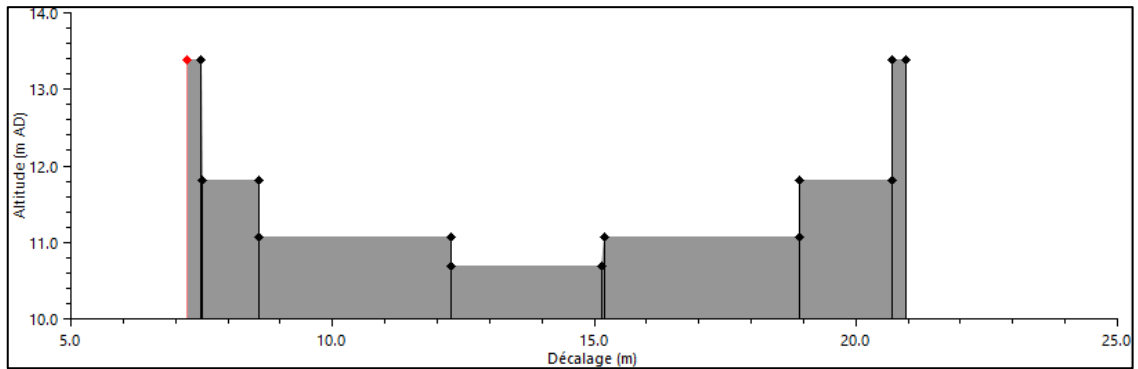
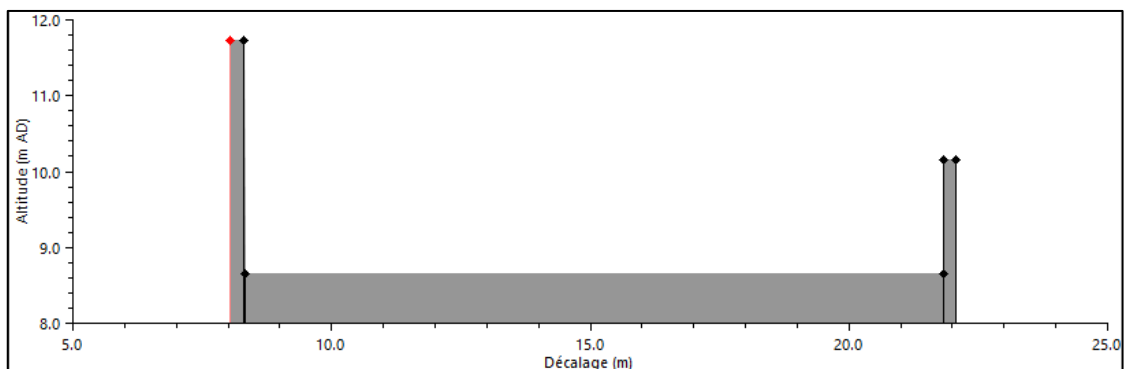


Figure 32 - Section en travers aval de l'ouvrage SM05



5.1.1.2.10. Ouvrage SM04

L'ouvrage SM04 a été modélisé par deux déversoirs à crêtes irrégulières : un pour la partie amont de l'ouvrage et l'autre pour la partie aval.

Figure 33 - Section en travers amont de l'ouvrage SM04

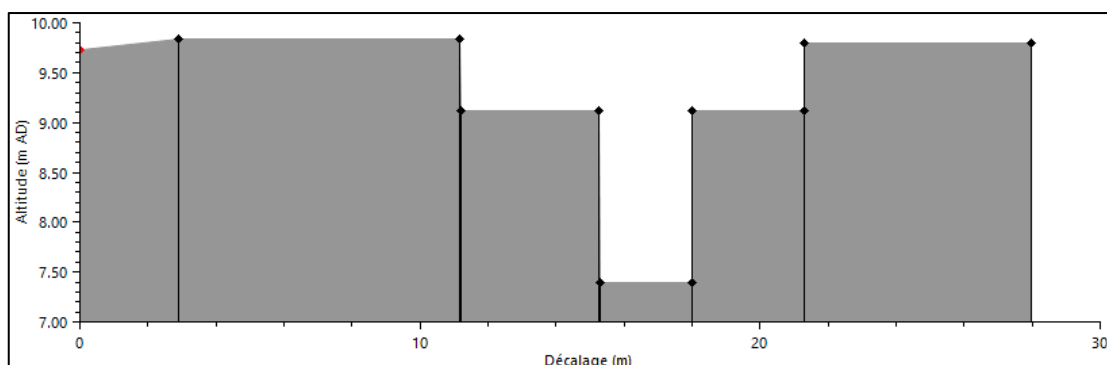
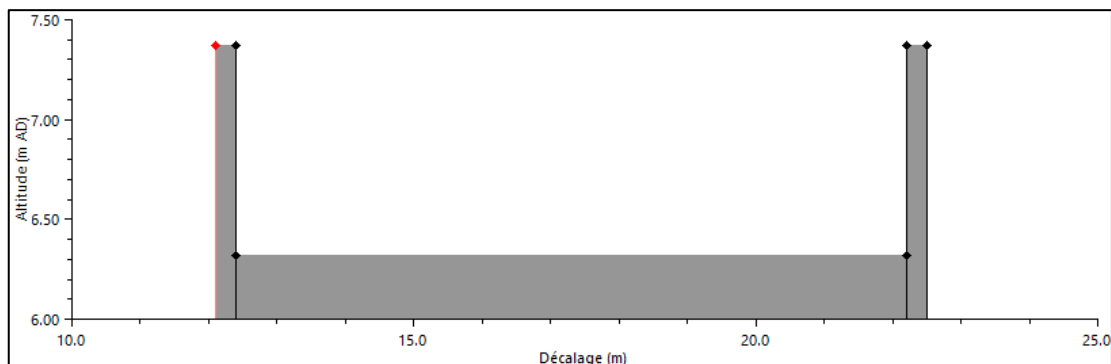


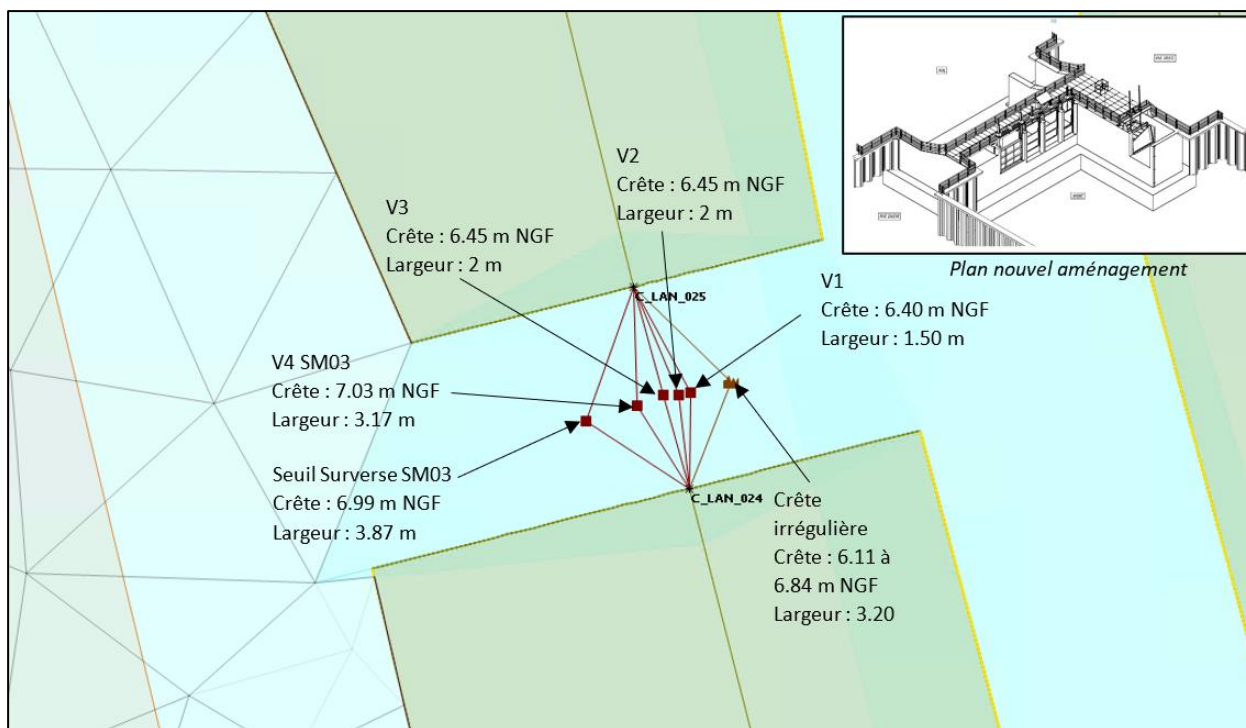
Figure 34 - Section en travers aval de l'ouvrage SM04



5.1.1.2.11. Ouvrage SM03

L'ouvrage SM03 a été modifié en 2021. L'ancien barrage en palplanches a été remplacé par un nouvel ouvrage complexe. En s'appuyant sur le plan de récolement et les données complémentaires fournies par le SIBA, celui-ci a été modélisé par un déversoir à crête irrégulière et 5 déversoirs à crête constante.

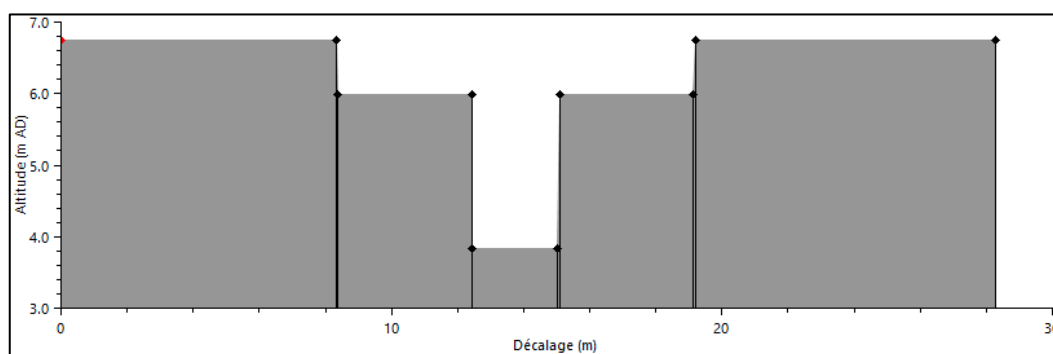
Figure 35 – Vue en plan de l'ouvrage SM03 modélisé



5.1.1.2.12. Ouvrage SM02

L'ouvrage SM02 a été modélisé par un déversoir à crête irrégulière, basé sur le profil en travers amont du levé topographique. La passerelle au-dessus de l'ouvrage a été négligée.

Figure 36 - Section en travers de l'ouvrage SM02



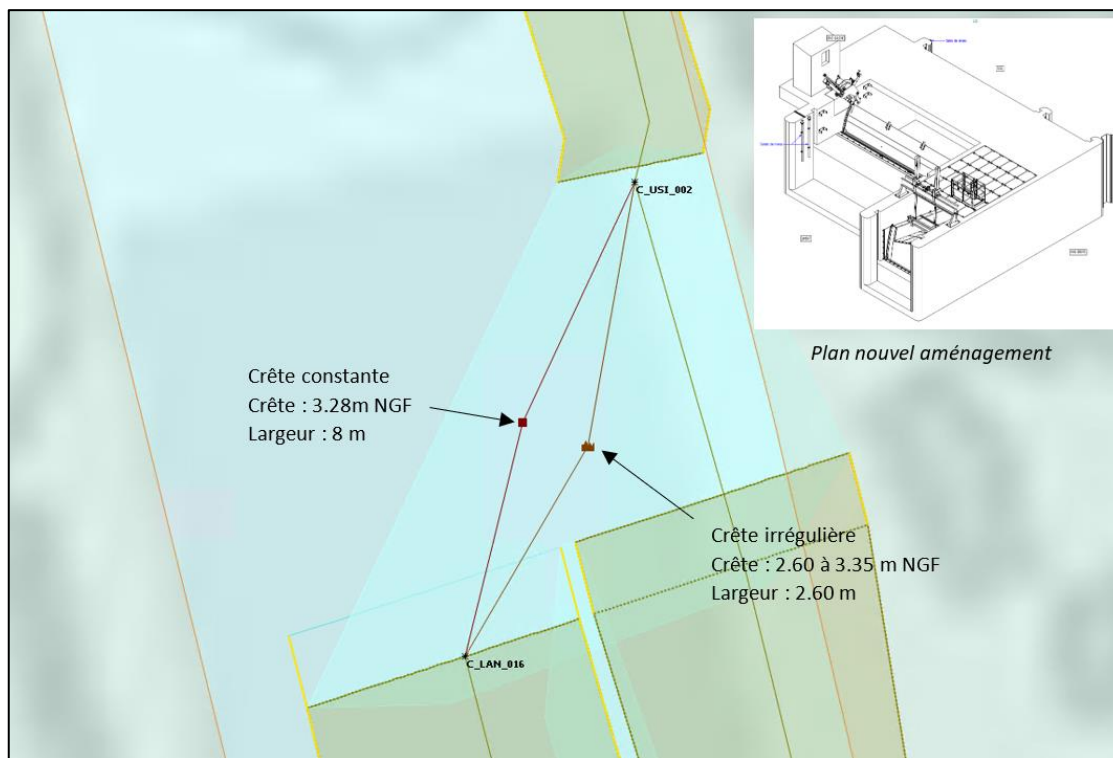
5.1.1.2.13. Ouvrage OD01

L'ouvrage OD02 est un ouvrage de maillage entre le canal des Landes et le canal des Usines. Il a été modélisé par une conduite circulaire Ø800, un cadre de dimensions 1mx1m et un déversoir dont la crête est placée à la cote du chemin et qui permet de simuler le déversement par-dessus la chaussée en cas de montée des eaux.

5.1.1.2.14. Ouvrage OD02

L'ouvrage OD02 est un ouvrage de maillage entre le canal des Landes et le canal des Usines. Comme l'ouvrage SM03, il a fait l'objet de travaux récents, en 2020. Le nouvel ouvrage est modélisé par un déversoir à crête irrégulière et un déversoir à crête constante en parallèle.

Figure 37 - Vue en plan de l'ouvrage OD2 modélisé

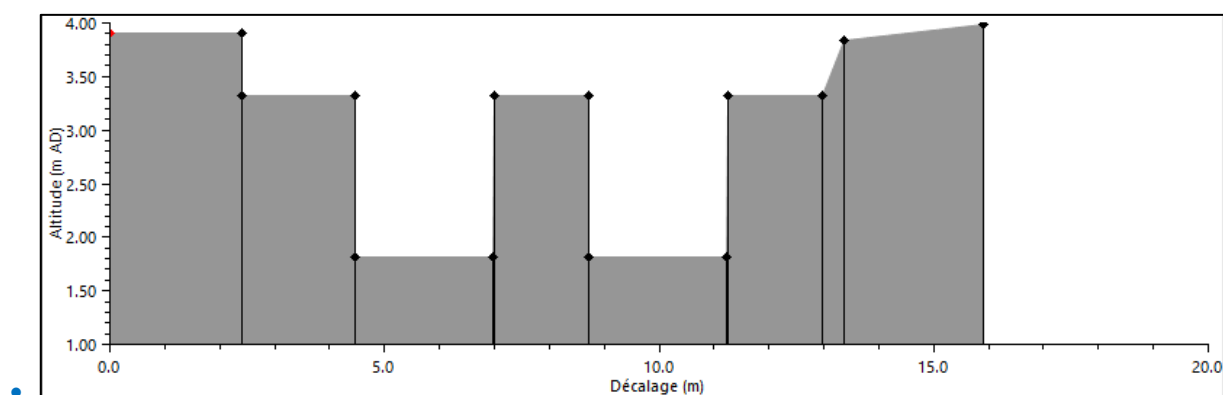


5.1.1.2.15. Ouvrage SM01

L'ouvrage SM01 a été modélisé par trois entités :

- Un déversoir à crête irrégulière pour modéliser le profil amont du levé topographique avec les palplanches et les lames en bois ;

Figure 38 - Section en travers amont de l'ouvrage SM01



- Un déversoir simple pour modéliser le seuil en béton au radier de 1.21 m NGF ;

- Une conduite rectangulaire d'environ 22 m de longueur, de 3.82 m de largeur et 4.30 m de hauteur pour modéliser la section enterrée à l'aval du seuil. La cote radier amont de 1.18 m NGF correspond à la cote du point bas du lit mineur en aval du seuil précédent. La cote radier aval de 0.91m NGF correspond à la cote du point bas du profil en travers aval.

5.1.2. La craste Baneyre

La craste Baneyre s'étend sur environ 9.6 km entre le canal des Usines au droit de la N250 Gujan-Mestras et la Leyre au droit du quartier La Mothe au Teich. Elle est alimentée par les apports des bassins versants au Sud et la craste de Canteranne. Deux points hauts sont visibles sur son profil en long :

- A l'est à proximité du lac de Camps au Teich,
- A l'ouest à proximité du golf d'Arcachon-Gujan.

Au droit de ces points hauts, des batardeaux sont installés. Ils ont pour vocation :

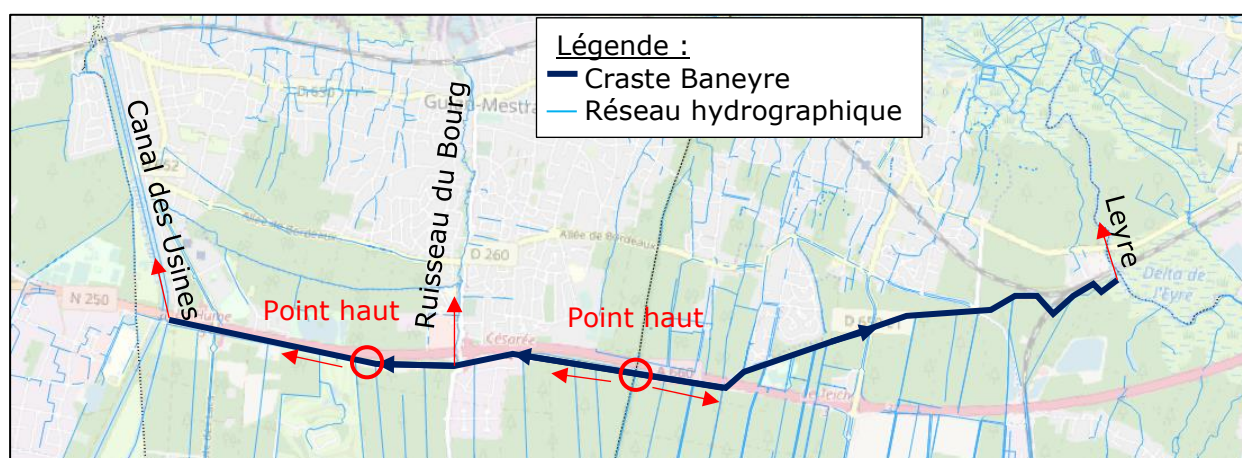
- de forcer la répartition des flux vers le canal des usines pour celui à l'ouest
- d'assurer un équilibre à 50/50 dans la répartition des apports vers La Leyre et le Ruisseau du bourg, au niveau de la craste de Canteranne à l'est

La craste Baneyre est aussi connectée au ruisseau du Bourg, au droit du centre commercial Hyper U Grand Large.

Elle alimente donc le canal des Usines, le ruisseau du Bourg et la Leyre.

La craste Baneyre est modélisée à partir des données topographiques transmises par le SIBA, qui ont été ponctuellement complétée par projection des profils en travers sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé.

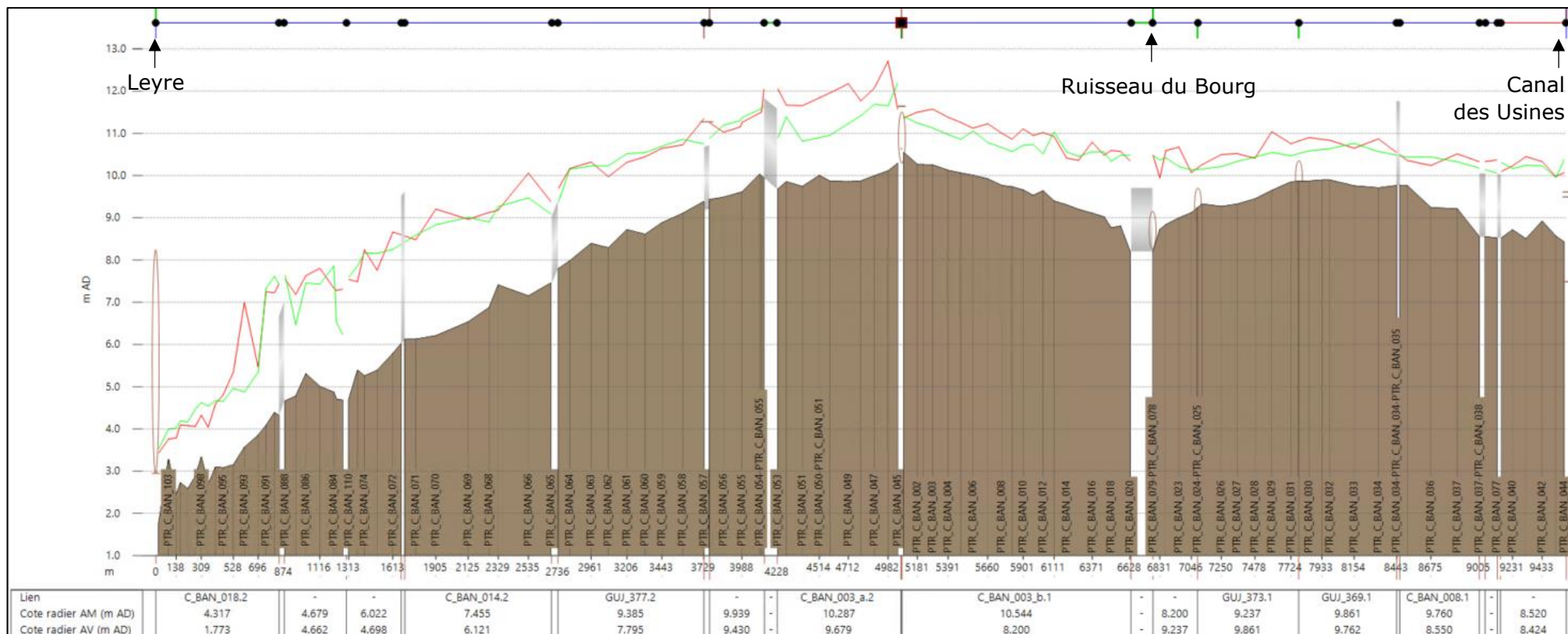
Figure - Linéaire modélisé de la craste Baneyre





La figure ci-après présente le profil en long de la craste, entre le canal des Usines et la Leyre.

Figure 39 - Profil en long de la craste Baneyre



PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine

- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

5.1.3. Le ruisseau du Bourg

Le ruisseau du Bourg relie la craste Baneyre au bassin d'Arcachon en traversant le bourg de Gujan-Mestras sur un linéaire d'environ 3 km.

Il a été modélisé à partir du levé topographique transmis par le SIBA. Ce levé a été réalisé et pris en compte lors de la réalisation du Schéma Directeur des Eaux Pluviales de Gujan-Mestras.

La figure ci-après présente le linéaire modélisé.

Figure 40 - Linéaire modélisé du ruisseau du Bourg

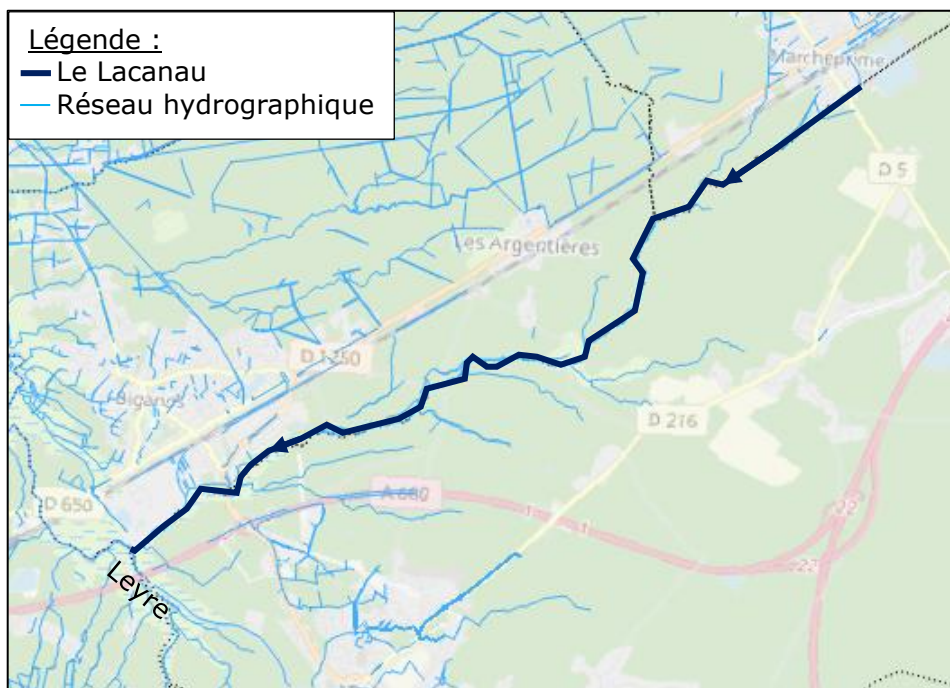


5.1.4. Le ruisseau du Lacanau

Le ruisseau du Lacanau s'étend sur un linéaire de 15km du sud de la commune de Marcheprime à la Leyre, qu'il rejoint au sud de l'entreprise Smurfit Kappa à Biganos.

Il est modélisé par projection des profils en travers sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé.

Figure 41 - Linéaire modélisé du ruisseau Le Lacanau

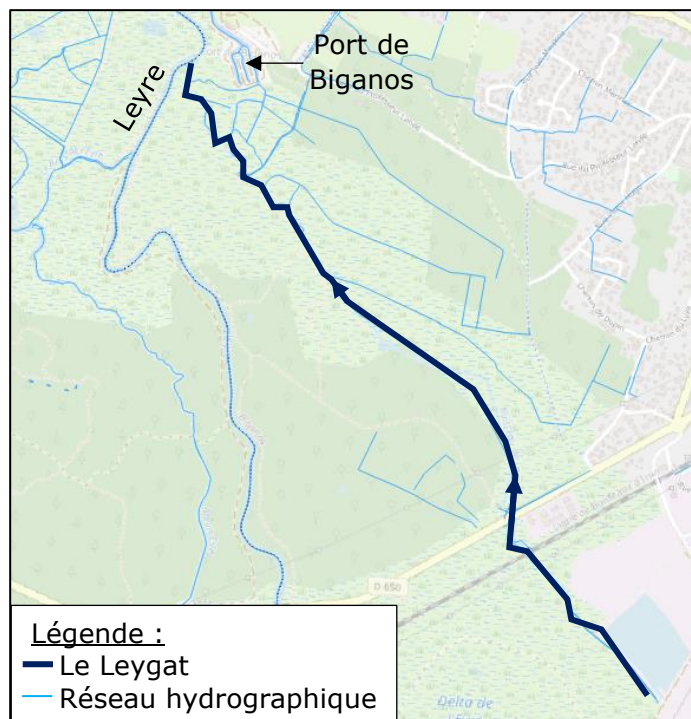


5.1.5. Le Leygat

Le ruisseau du Leygat s'étend sur un linéaire de 3km de l'entreprise Smurfit Kappa à Biganos jusqu'à son exutoire dans le Leyre au droit du port de Biganos.

Il est modélisé par projection des profils en travers sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé.

Figure 42 - Linéaire modélisé du Leygat



5.1.6. La Leyre

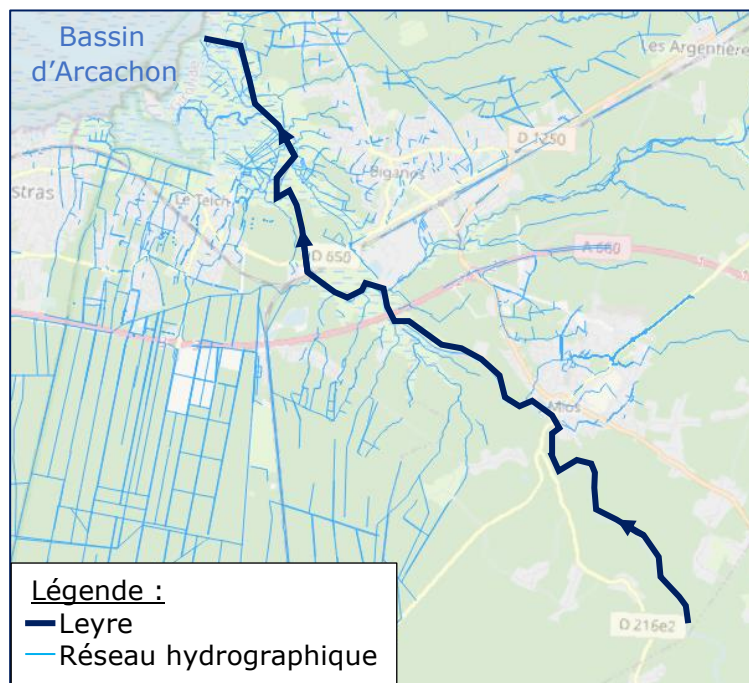
La Leyre est un cours d'eau traversant le parc naturel régional des Landes de Gascogne sur un linéaire total d'environ 115 km. Son exutoire est le bassin d'Arcachon à Biganos.

Figure 43 - Localisation de la Leyre



La Leyre a été modélisée sur un linéaire de 18km, depuis les quartiers Le Castandet/La Sayé (commune de Mios) jusqu'à son delta dans le bassin d'Arcachon. Sa modélisation a été réalisée à partir de profils en travers projetés sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé. Elle est notamment alimentée par les apports des cours d'eau modélisés le Lacanau, la craste Baneyre, et le Leygat.

Figure 44 - Linéaire modélisé de la Leyre

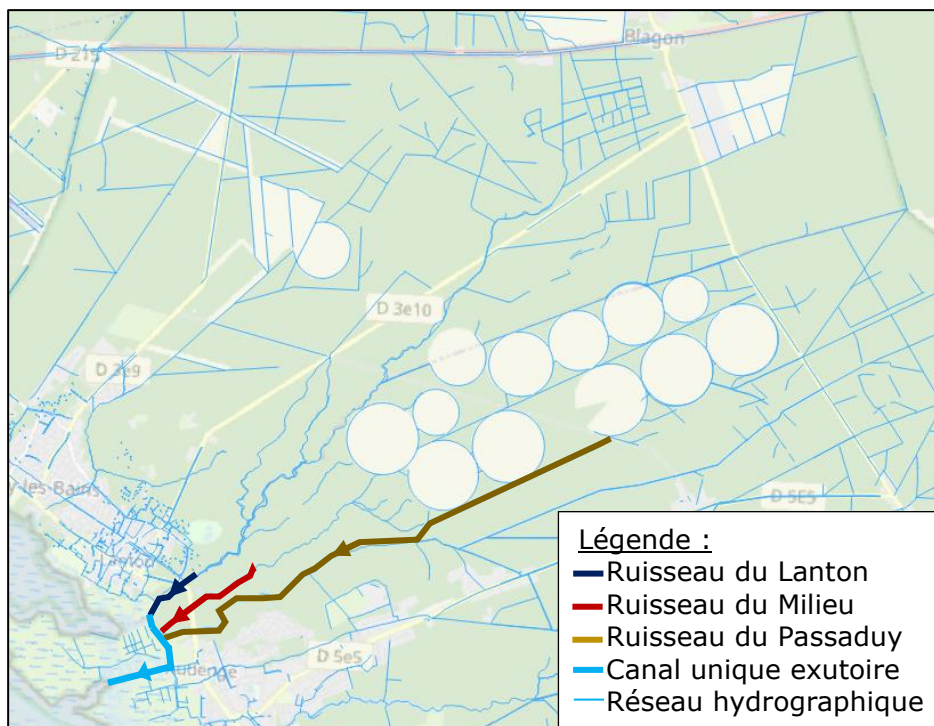


5.1.7. Les ruisseaux du Passaduy, du Milieu et de Lanton

Les ruisseaux du Passaduy, du Milieu et de Lanton sont des ruisseaux drainants le massif forestiers et les plaines agricoles Certlandes. Ils rejoignent tous les trois un canal servant d'exutoire unique pour rejoindre le bassin d'Arcachon.

Ces ruisseaux ont été modélisés à partir de profils en travers projetés sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé de chacun de ces ruisseaux.

Figure 45 - Linéaire modélisé des ruisseaux du Lanton, du Milieu et du Passaduy

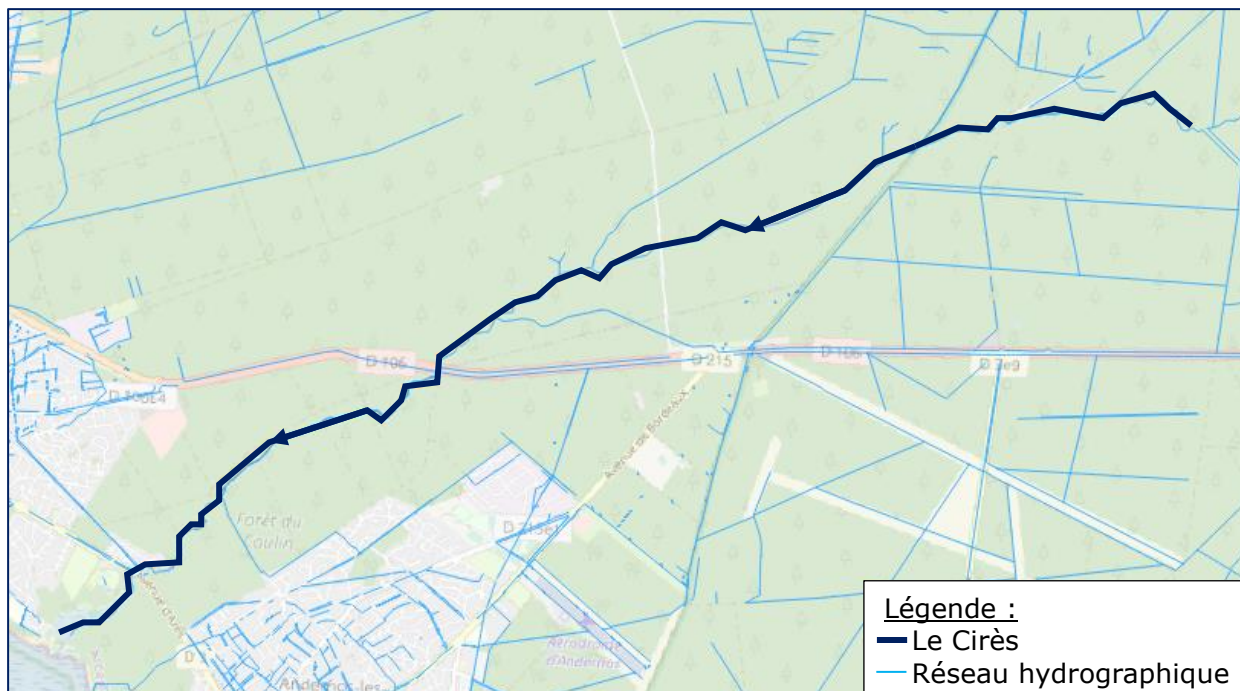


5.1.8. Le Cirès

Le cours d'eau du Cirès s'étend sur un linéaire de 12km entre les communes d'Arès et Lanton. Il se rejette dans le bassin d'Arcachon au droit de la conche de Saint-Brice.

Il a été modélisé à partir de profils en travers projetés sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La figure ci-après présente le linéaire modélisé.

Figure 46 - Linéaire modélisé du Cirès



5.1.9. Le Grand Fossé, la craste d'Aubine, la Machinotte et le canal des Etangs

Le Grand Fossé, la craste d'Aubine, la Machinotte et le canal des Etangs sont des cours d'eau situés sur les communes d'Arès et Lège-Cap-Ferret.

Le canal des Etangs relie les lacs d'Hourtin et Lacanau au bassin d'Arcachon. Il s'étend sur environ 50 km, franchissant plusieurs écluses dont la gestion permet la vidange ou le remplissage des lacs.

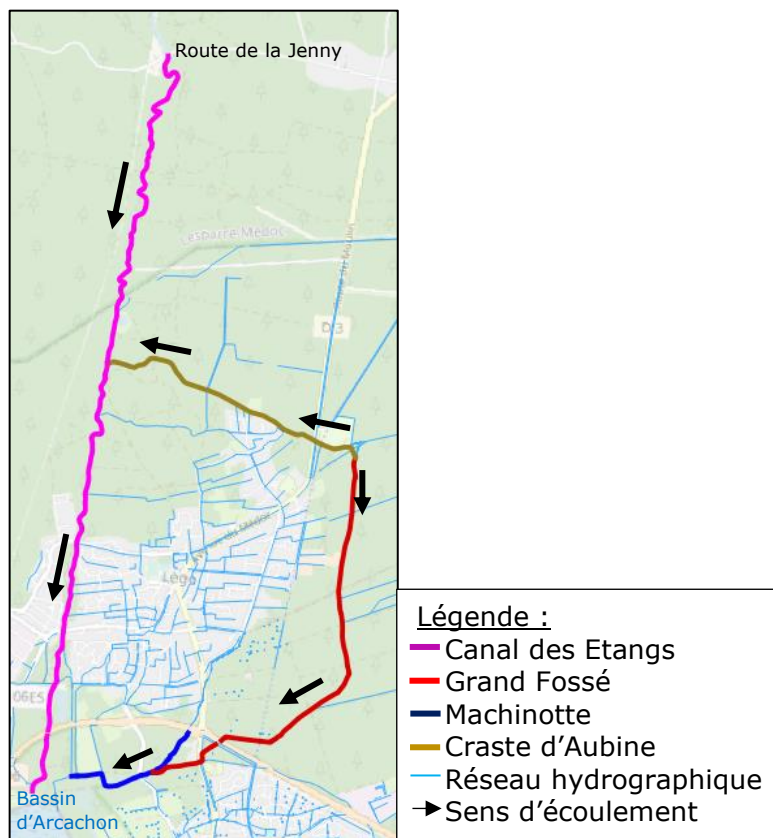
Le Grand Fossé, d'un linéaire d'environ 4.4 km s'écoulant du nord au sud, est connecté au nord de Lège-Cap-Ferret à la craste d'Aubine.

La craste d'Aubine, d'un linéaire d'environ 5.2km s'écoulant de l'est à l'ouest, se rejette dans le canal des Etangs.

Au sud de Lège-Cap-Ferret, le Grand Fossé rejoint la Machinotte, sur un linéaire d'environ 1.4 km, avant de se rejeter dans le bassin d'Arcachon.

Ces cours d'eau ont été modélisés à partir de profils en travers projetés sur le MNT, en considérant un pas de 1m. La modélisation du canal des Etangs débute au droit de la route de la Jenny, en aval de l'écluse du Pas de Bouc, ce qui représente un linéaire de 7.6 km modélisé. La figure ci-après présente les linéaires modélisés.

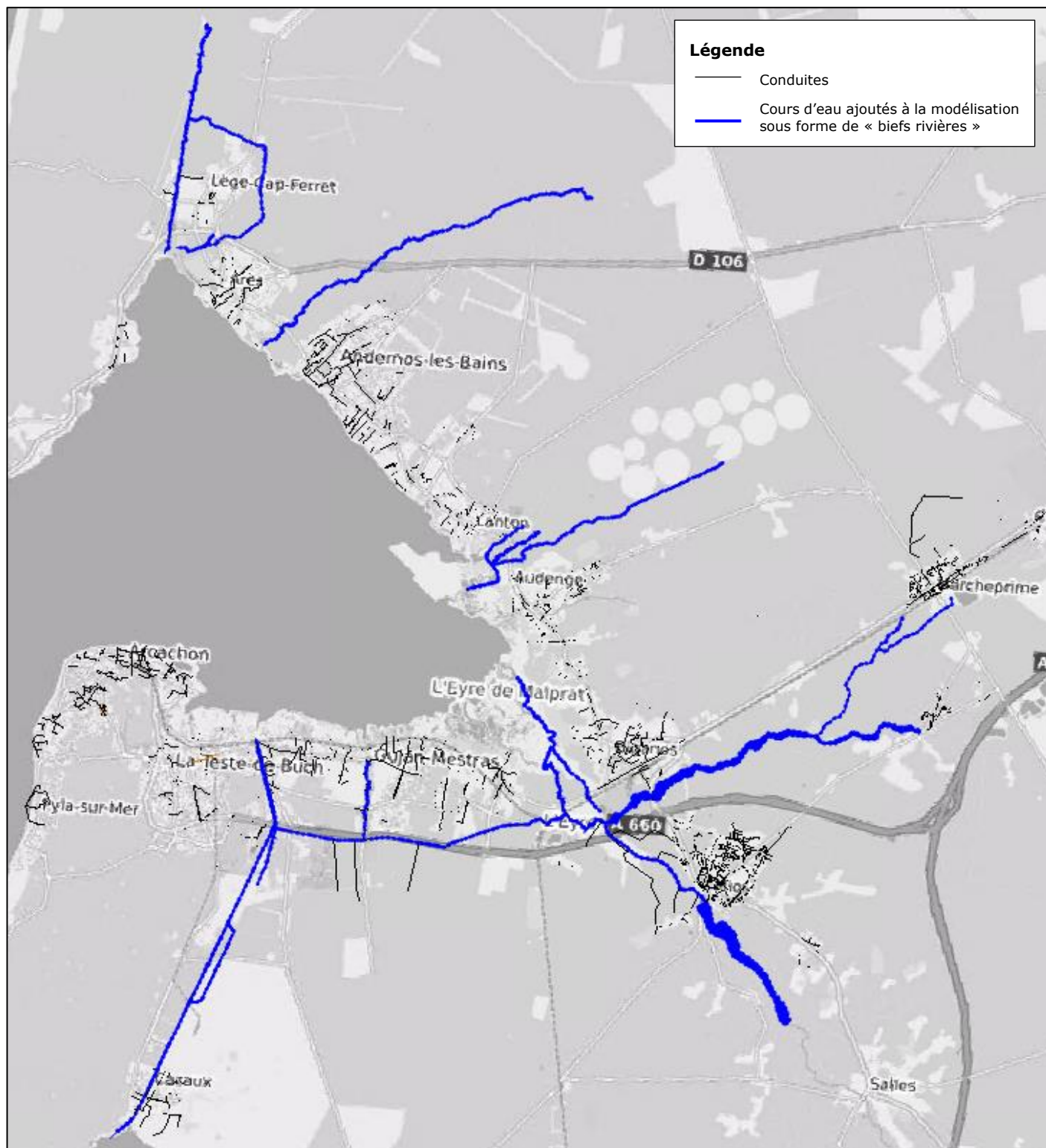
Figure 47 - Linéaire modélisé du Grand Fossé, de la craste d'Aubine, de la Machinotte et du canal des Etangs



5.1.10. Synthèse

Tous les cours d'eau ajoutés à la modélisation sont localisés sur la figure ci-après.

Figure 48 - Modélisation des cours d'eau complémentaires



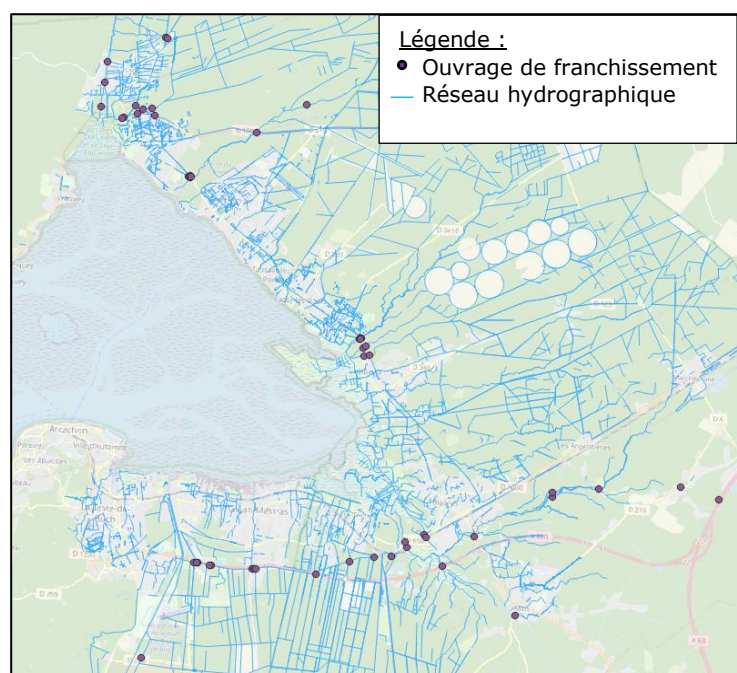
5.2. OUVRAGES HYDRAULIQUES

5.2.1. Ouvrages de franchissement

Les principaux ouvrages hydrauliques de franchissement ont été intégrés à la modélisation des cours d'eau présentés ci-avant. Ils ont été modélisés à partir du levé topographique réalisé par le SIBA en septembre 2022 (DOC_139).

La figure ci-après présente la localisation des 51 ouvrages de franchissement modélisés.

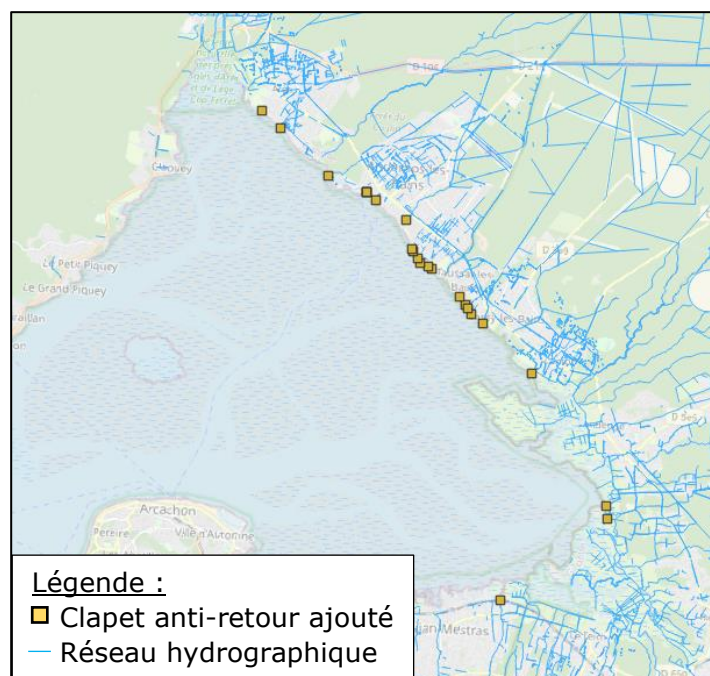
Figure 49 - Localisation des ouvrages de franchissement modélisés



5.2.2. Clapets anti-retours

22 clapets anti-retours, qui n'étaient pas intégrés dans les modèles existants, ont été ajoutés à la modélisation.

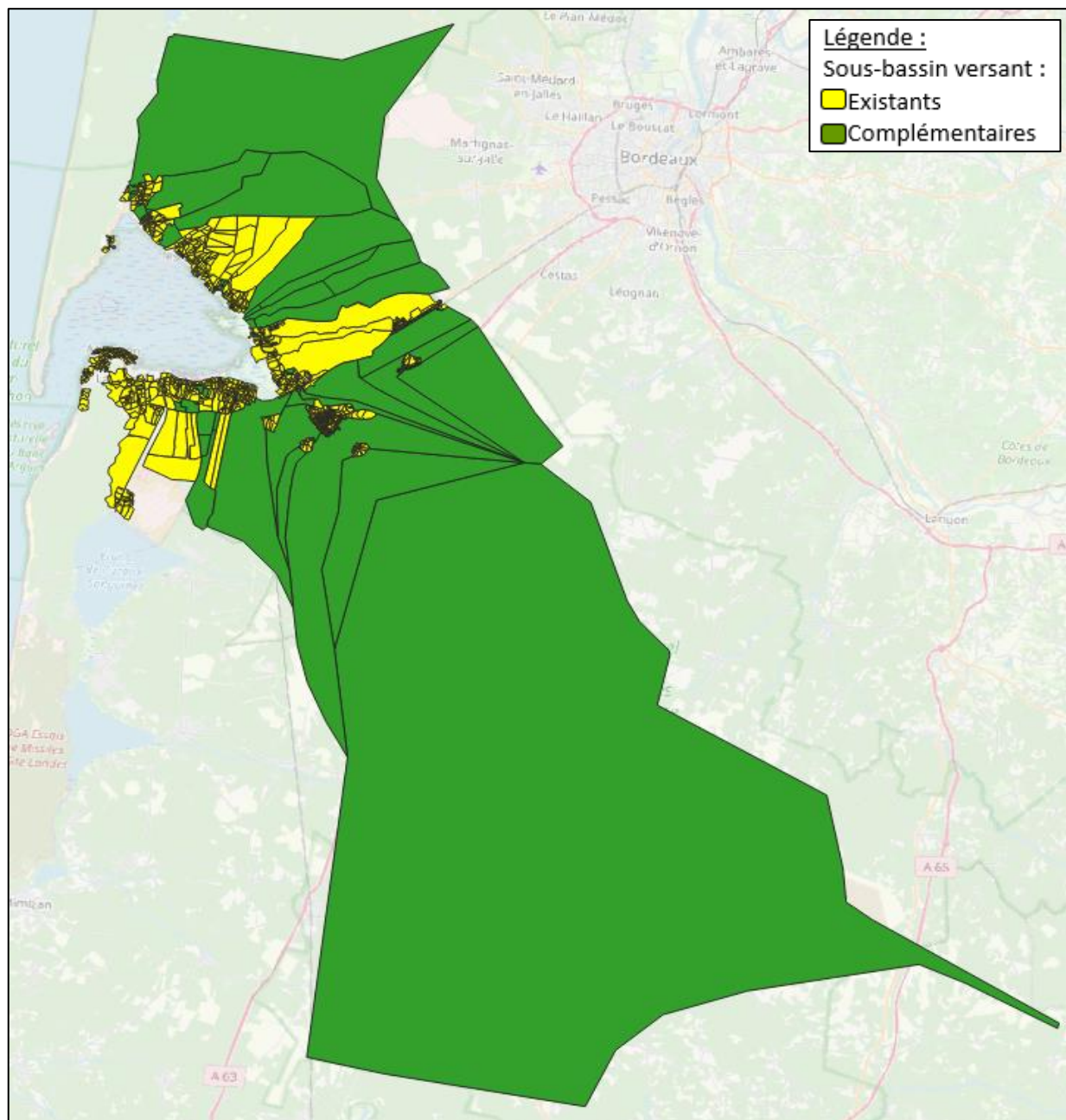
Figure 50 - Localisation clapets anti-retours ajoutés



5.3. SOUS-BASSINS VERSANTS COMPLEMENTAIRES

Suite à la modélisation des cours d'eau complémentaires, 44 sous-bassins versants complémentaires ont été identifiés à partir du réseau hydrographique et des courbes de niveaux.

Figure 51 - Sous-bassins versants complémentaires



6. CONSTRUCTION DE LA STRUCTURE DU MODELE GLOBAL

Le modèle global correspond à la combinaison des modèles existants et des modèles 1D complémentaires.

6.1. MISES A JOUR DES RESEAUX EP DEPUIS LES SCHEMAS DIRECTEURS

Depuis les schémas directeurs EP, plusieurs secteurs ont fait l'objet de travaux d'aménagement sur leur réseau EP. Ces travaux sont intégrés au modèle global.

Par ailleurs, d'autres secteurs ont été corrigés dans le modèle global par rapport aux schémas directeurs.

Le tableau suivant identifie les secteurs concernés et le type de mise à jour.

Tableau 11 - Mises à jour des réseaux EP depuis les schémas directeurs

Commune	Secteur	Travaux ou correction ?
Andernos	Allée du Stade	Travaux
	Antoine Elies	Travaux
	Boulevard de la République	Correction
	Rue du Général de Gaulle / Avenue de la Plage	Correction
Arcachon	Boulevard de La Teste	Travaux
	Exutoire Joigny	Travaux
	Exutoire Montaut	Travaux
	Rue Achille Gouilly	Travaux
	Poste de refoulement Saint Arnaud	Travaux
Arès	Avenue de la Libération	Travaux
	Bassins de rétention des Abberts	Travaux
	Fossé des Abberts	Travaux
	Rue de la Garenne	Travaux
	Rue du Port	Travaux
Audenge	Avenue du Général de Gaulle	Travaux
	Rue du Port	Travaux
Biganos	Clapet Georges Clémenceau	Travaux
	Lac Vert	Travaux
	Rue Gambetta	Travaux
Gujan	Bassin Canteranne	Travaux
	Cours de Verdun	Travaux
	Rue Daubric	Travaux
	Poste de refoulement Haurat	Travaux
	Rue Château et Broustaut	Travaux
La Teste-de-Buch	Bisserié (craste privée)	Travaux

Commune	Secteur	Travaux ou correction ?
	Gémelles+Marzac	Travaux
	Lot Pins et clés de Cazaux	Travaux
	Loustalet, La Migreque	Travaux
Lanton	Le Massurat	Correction
	Route de Lénan	Correction
	Pierre Ronsard	Correction
	Noues Taussat	Travaux
	Rue de la Poste	Travaux
Teich	Pont Baneyre grangeneuve	Travaux
	Rue des Poissoniers	Travaux
	Rue du Stade	Travaux
Lège	Chemin de Cassieu	Travaux
	Avenue de la Mairie	Correction

6.2. HOMOGENEISATION DU PARAMETRAGE

Le paramétrage appliqué au modèle global est détaillé dans la note spécifique intitulée Fiche-param_SIBA_v0. A noter également qu'une note sur l'homogénéisation des noms des objets de modélisation est également jointe : Nomenclature_modeles_SIBA_v0.

6.2.1. Cours d'eau et conduites

Les rugosités appliquées aux cours d'eau, aux fossés et aux conduites ont été en première approche homogénéisés :

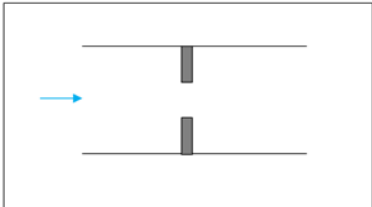
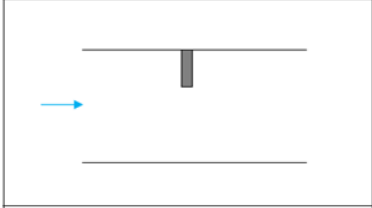
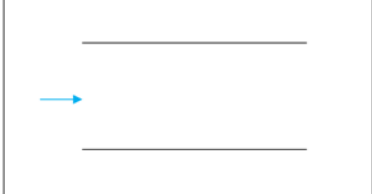
- La rugosité des biefs rivières fixée à $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$,
- La rugosité dans les conduites a été fixée à $72 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$,

Ces paramètres ont pu faire l'objet d'un ajustement au cours du calage du modèle (cf. rapport partie 2).

6.2.2. Ouvrages hydrauliques

Les paramètres suivants des modèles existants ont été homogénéisés dans le modèle global :

- Coefficients de débits des seuils en fonction de la configuration :
 - Coefficient primaire pour les seuils latéraux (débit déversé) : 0.36
 - Coefficient primaire pour les seuils frontaux (débit déversé) : entre 0.47 et 0.56
 - Coefficient secondaire (débit orifice) : 0.85
- Coefficients de débits des vannes :

	Coefficient primaire	Coefficient secondaire
	0.85	0.56
	0.92	40
	40	40

6.3. CONSTRUCTION DU MAILLAGE 2D

L'ensemble des écoulements de surface, liés aux débordements des réseaux d'eaux pluviales, des fossés et des cours d'eau, est représenté par une modélisation bidimensionnelle, basée sur un maillage de calcul bidimensionnel. Chaque maille est un élément de calcul qui représente la topographie, et prend en compte la rugosité du sol.

Les différentes données d'entrée, nécessaires à la construction du maillage sont les suivantes :

- **la topographie**, qui caractérise le relief, les pentes et obstacles du modèle ;
- **l'occupation des sols**, qui permet de définir leur rugosité ;

La construction du maillage est un processus itératif, intégrant tour à tour ces éléments pour déterminer le tracé des mailles de calcul, leur dimension optimale et, pour intégrer certains éléments spécifiques à la prise en compte d'obstacles et d'ouvrages.

L'objectif est d'aboutir au meilleur compromis entre :

- d'une part, la mise en place d'un ensemble de mailles de calcul, qui permet de représenter les phénomènes étudiés, avec une précision adaptée à l'échelle de travail ;
- d'autre part, la mise en œuvre d'un modèle opérationnel, qui permette de simuler les phénomènes considérés avec des temps de calculs acceptables. Deux facteurs jouent sur ce temps de calcul :

- le nombre de mailles lors de la simulation, un grand nombre de mailles ralentissant les calculs en épuisant les ressources de calcul des matériels informatiques exploités ;
- la taille des plus petites mailles en eau, qui du fait du schéma de calcul numérique mis en œuvre, détermine le pas de temps de calcul³ (i.e. l'intervalle entre deux calculs) minimal. Plus ce pas de temps est petit, plus le nombre de calculs sera élevé, et plus le temps de calcul global sera important.

L'ensemble des procédures mises en œuvre pour l'élaboration du maillage de calcul concourt à l'atteinte de ce maillage optimal.

6.3.1. Prise en compte de la topographie

La donnée de base du maillage de calcul est la topographie. L'altimétrie de chaque maille correspond à une moyenne réalisée par le logiciel Infoworks ICM à partir des données du MNT au droit de la maille. C'est la différence d'altitude entre les mailles qui dirigera les écoulements calculés par le modèle. Le MNT utilisé est celui transmis par le SIBA (DOC_97), complété avec les données du RGE ALTI de l'IGN sur les secteurs non couverts par celui du SIBA.

6.3.2. Intégration de la rugosité

Chaque maille générée se voit affecter une valeur de rugosité exprimée selon le coefficient de Strickler, défini en fonction de l'occupation des sols.

La dynamique d'écoulement sur une parcelle agricole, sur une voirie ou un parc est en effet différente, les phénomènes de frottement n'étant pas les mêmes. Il est donc important de sectoriser le lit majeur en zones d'écoulement dont le coefficient de rugosité sera adapté au type d'occupation des sols. Des zones de rugosité différenciée sont créées dans ICM à partir des données d'occupation des sols.

Suite à l'analyse des données d'occupation du sol, les classes suivantes ont pu être différenciées :

Tableau 12 - Rugosité par type d'occupation du sol

Occupation du sol	Coefficient de Strickler ($m^{1/3}/s$)
Aéroport	50
Associations végétales herbacées (prairies naturelles, landes...)	13
Chemins de fer et terrains associés	15
Cultures permanentes (vignes, arbres fruitiers, oliveraies)	30
Eau	30
Espaces ouverts avec peu ou pas de végétation (plages, dunes, rochers nus, glaciers)	13
Forêt	11
Installations sportives et de loisirs	13

³ Voir critère dit de Courant-Friedrichs-Lewy (CFL)

Occupation du sol	Coefficient de Strickler (m ^{1/3} /s)
Marécages	30
Ouvrages isolés	13
Pâturages	13
Routes de transit rapide et terrains associés	50
Sites de construction	13
Sites d'extraction et de décharge de minerais	13
Terrain sans usage actuel	13
Terres arables (cultures annuelles)	30
Tissu urbain continu (>80%)	5
Tissu urbain continu dense (50%-80%)	5
Tissu urbain discontinu à faible densité (10%-30%)	5
Tissu urbain discontinu à très faible densité (<10%)	5
Tissu urbain discontinu de densité moyenne (30%-50%)	5
Unités industrielles, commerciales, publiques, militaires et privées	15
Zones portuaires	15
Zones urbaines vertes	13

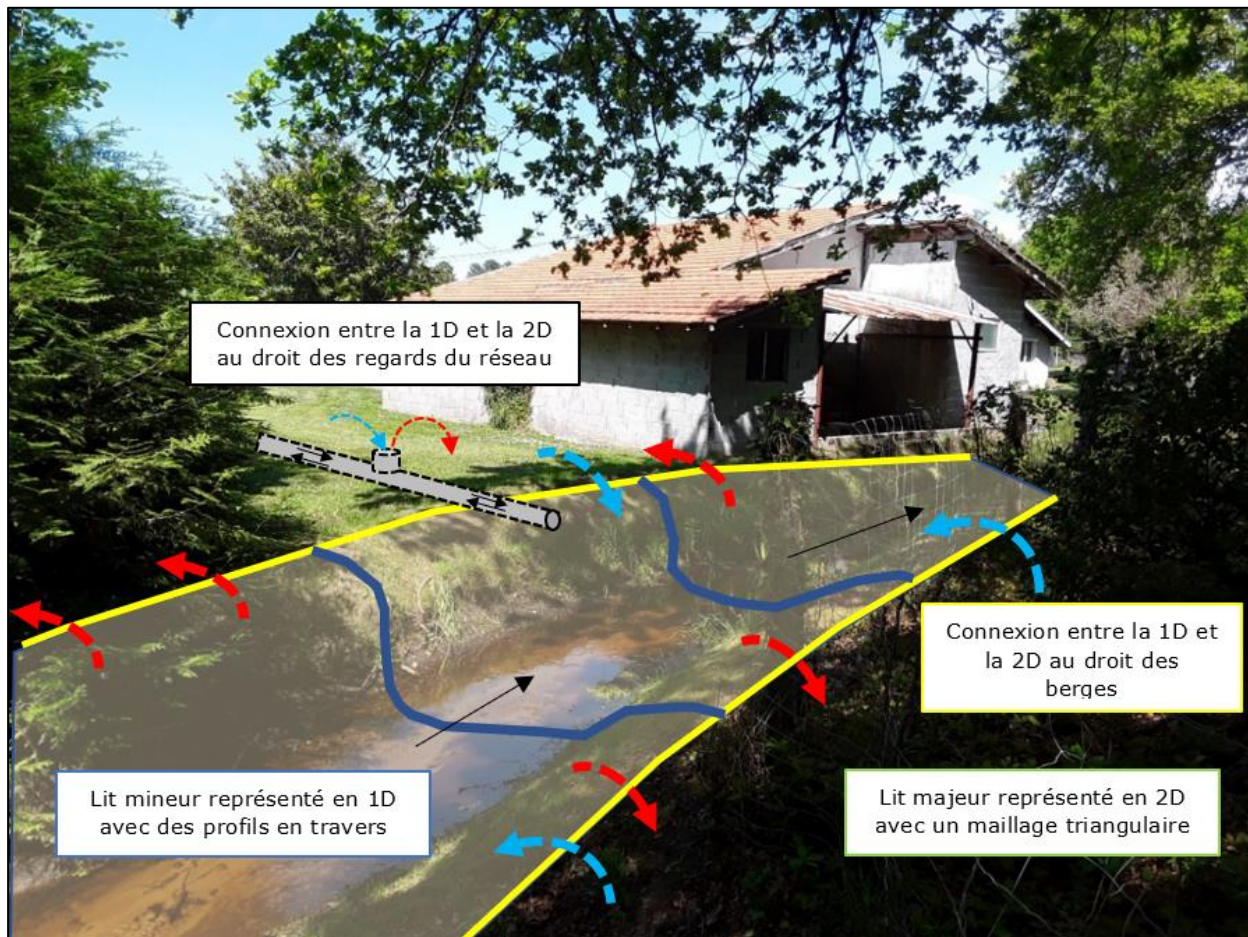
6.4. CONNEXION ENTRE LES ESPACES 1D ET 2D

La **connexion entre les espaces 1D** (lit mineur des cours d'eau, ouvrages de franchissement, conduites des réseaux d'assainissement EP) **et 2D** (lit majeur des cours d'eau) est possible au droit des berges et des regards des réseaux modélisés. Les eaux circulent librement dans les deux sens entre ces deux espaces suivant les dynamiques d'écoulement dans les axes 1D et la topographie et les conditions du sol sur l'espace 2D.

Les paramètres suivants ont été appliqués dans le modèle global pour représenter les échanges entre les espaces 1D et 2D :

- Coefficient de débits des berges de biefs fixé à 0.9 ;
- Limite modulaire aux sommets des berges de biefs fixée à 0.7 ;
- Coefficient de débit de 0.1 au droit des nœuds pouvant déborder sur le maillage 2D ;

Figure 52 - Connexion 1D/2D entre le lit mineur des cours d'eau et les réseaux et le lit majeur représenté par le maillage modélisé



7. PARAMETRAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE DU RESEAU GLOBAL

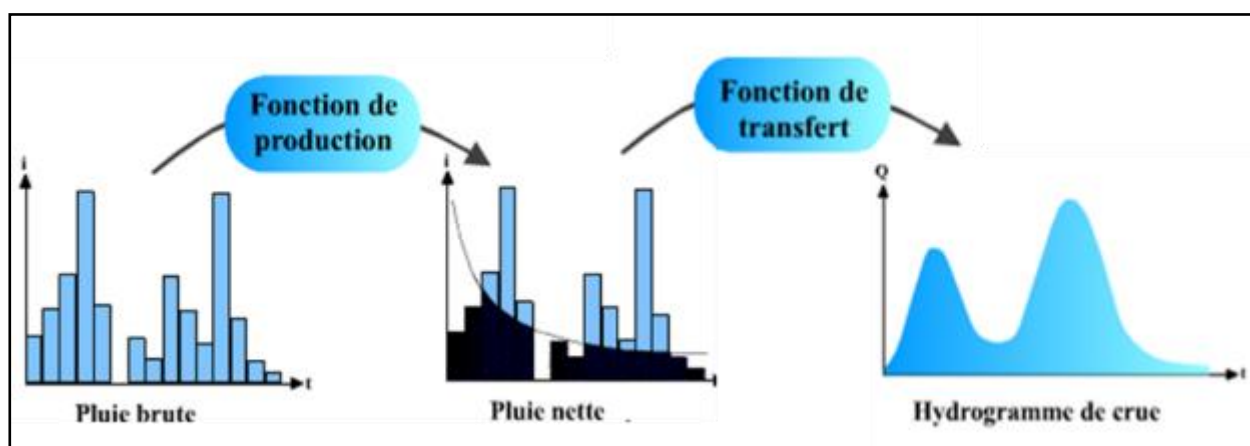
La modélisation hydrologique permet de passer d'un hyétogramme représentant la pluie tombant sur un bassin versant, à un hydrogramme représentant le débit ruisselant sur ce bassin versant.

Classiquement, un modèle hydrologique comprend 2 fonctions :

- une fonction de production, qui permet de modéliser le passage de la pluie brute à la pluie nette en évaluant les pertes au ruissellement ;
- une fonction de transfert, qui permet de modéliser le passage de la pluie nette à l'hydrogramme de crue à l'exutoire de chaque sous-bassin versant.

Le schéma ci-après permet de visualiser cette transformation.

Figure 53 : Visualisation schématique des fonctions de production et de transfert



Les paragraphes suivants décrivent les méthodologies et les fonctions de production et de transfert retenues pour chaque type d'occupation du sol présente sur le secteur étudié.

7.1. DEFINITION DES SOUS-BASSINS VERSANTS

7.1.1. Découpage en sous-bassins versants

Comme détaillé précédemment, les contours des sous-bassins versants sont :

- Soit issus des modèles construits dans le cadre des schémas directeurs réalisés depuis 2013
- Soit définis à partir du réseau hydrographique et des courbes de niveaux sur les secteurs qui n'avaient pas fait l'objet de modélisation jusqu'à présent.

Les sous-bassins versants ainsi définis sont présentés sur la Figure 51.

7.1.2. Mode d'occupation des sols

Afin de prendre en compte les évolutions de l'urbanisation et des activités depuis la réalisation des schémas directeurs et représenter au mieux les disparités d'écoulement induites, une nouvelle Occupation des Sols (OCS) a été calculée sur l'ensemble de la zone d'étude.

La définition de cette OCS s'est appuyée sur :

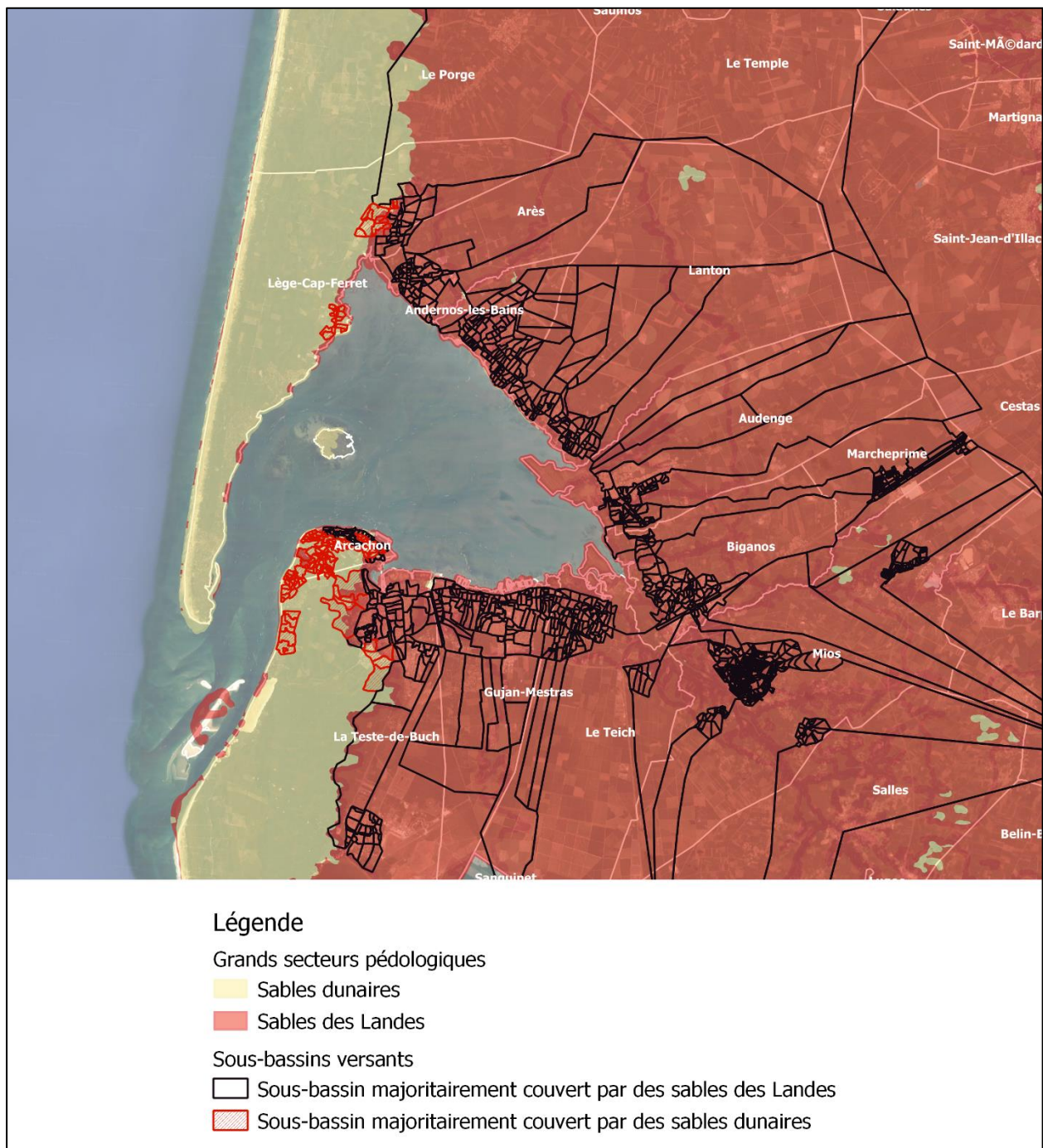
- En priorité, les données Urban Atlas 2018,
- Les données des PLU sur les communes non couvertes par l'Urban Atlas, à savoir Arcachon, La Teste-de-Buch et Gujan-Mestras.

En outre, la définition des coefficients d'imperméabilisation associés à chaque occupation des sols a pris en compte la nature des sols. En effet, le territoire du SIBA peut être dissocié en deux grandes typologies de sols aux propriétés d'infiltration distinctes :

- **Secteur des sables dunaires** : Concernant principalement les communes du Pyla, d'Arcachon et une partie des communes de la Teste-de-Buch, Lège-Cap-Ferret et Arès, ses sols se caractérisent par une perméabilité forte et sont donc particulièrement infiltrants, même en hiver.
- **Secteur des sables des Landes** : Il s'agit de la typologie de sols la plus répandue sur la zone d'étude, à l'exception de la partie Ouest citée précédemment. Ses sols sont généralement de perméabilité moyenne et d'altitude basse, entre 2 et 8 m NGF. Ils sont fortement sujet à des phénomènes de remontée de nappe, particulièrement pendant la période hivernale.

La figure suivante montre les emprises des deux grands secteurs pédologiques différenciés sur la zone d'étude et le classement induit des sous-bassins versants modélisés, rattachés à l'un ou l'autre de ses secteurs en fonction du celui majoritairement représenté dans son emprise.

Figure 54 - Emprises des grands secteurs pédologiques des sables dunaires et sables des Landes et répartition des sous-bassins versants de la zone d'étude



Les différentes classes de la base de données ont ainsi été regroupées en 27 types d'OCS, auxquelles ont été affectés des coefficients d'imperméabilisations spécifiques selon le secteur pédologique majoritaire du sous-bassin versant. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des évènements pluvieux et de submersion marine
- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023



PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des évènements pluvieux et de submersion marine
- Rapport -

R22-416-01_V0.2_Partie-1

09/2023

Tableau 13 - Type d'occupation des sols modélisés

Type d'OCS	Coefficient d'imperméabilisation	
	Secteur sables des Landes	Secteur sables dunaires
Tissu urbain continu (>80%)	0.6	0.6
Tissu urbain continu dense (50%-80%)	0.6	0.3
Tissu urbain discontinu de densité moyenne (30%-50%)	0.6	0.2
Tissu urbain discontinu à faible densité (10%-30%)	0.5	0.1
Tissu urbain discontinu à très faible densité (<10%)	0.4	0.1
Ouvrages isolés	0.4	0
Unités industrielles, commerciales, publiques, militaires et privées	0.7	0.6
Routes de transit rapide et terrains associés	0.9	0.9
Autres routes et terrains associés	0.9	0.9
Chemins de fer et terrains associés	0.2	0.2
Zones portuaires	0.8	0.8
Aéroport	0.8	0.8
Sites d'extraction et de décharge de minerais	0.5	0.5
Sites de construction	0.5	0.1
Terrain sans usage actuel	0.1	0
Zones urbaines vertes	0.1	0
Installations sportives et de loisirs	0.1	0.1
Terres arables (cultures annuelles)	0.1	0
Cultures permanentes (vignes, arbres fruitiers, oliveraies)	0.2	0
Pâturages	0.1	0
Schémas de culture complexes et mixtes	0.25	0
Vergers en marge des classes urbaines	0.2	0
Forêt	0.05	0
Associations végétales herbacées (prairies naturelles, landes...)	0.1	0
Espaces ouverts avec peu ou pas de végétation (plages, dunes, rochers nus, glaciers)	0.1	0
Marécages	0.1	0.1
Eau	0	0

La détermination de l'OCS a permis à la fois :

- le calcul des surfaces de ruissellement des EP des bassins versants urbains modélisés via les Coefficients de Ruissellement (CR) associés à chaque type d'OCS,

- la création de zones de rugosités différenciées via les valeurs de coefficients de Strickler (Ks) associées à chaque type d'OCS. Les rugosités par type de sol sont précisées au 6.3.2.

7.2. BASSINS VERSANTS URBAINS

7.2.1. Fonction de production du modèle hydrologique

Un modèle hydrologique à coefficient de ruissellement constant est utilisé pour les bassins versants urbains.

Pour chacune des classes d'occupation des sols caractérisant ces sous-bassins versants, un coefficient de ruissellement constant est défini. La lame d'eau ruisselée est ensuite calculée pour chaque instant t par la formule suivante :

$$\text{Lame d'eau ruisselée (t)} = C_R \times \text{Lame d'eau précipitée(t)}$$

Les pertes initiales permettent de traduire le fait que l'ensemble des surfaces imperméables ne contribue pas au ruissellement. En effet, de nombreuses pertes peuvent être liées en particulier :

- Au stockage dépressionnaire,
- A la création d'embâcles créant un phénomène de rétention sur les bassins versants,
- Aux pertes continues,...

7.2.2. Fonction de transfert du modèle hydrologique

La fonction de transfert utilisée est celle du réservoir linéaire.

Cette fonction représente le bassin versant comme un réservoir qui se vidange. La formule reliant linéairement le débit de vidange (Q) à l'exutoire du bassin versant en fonction du volume stocké au sein du bassin versant (S) est du type :

$$S(t) = K \times Q(t).$$

K est la constante de réservoir linéaire, calculée à partir de la formule de Desbordes simplifiée :

$$K = 5,3 \times A^{0,30} (\text{IMP}/100)^{-0,45} \times p^{-0,38}$$

Où :

- A est la superficie du bassin versant (ha),
- p est la pente du bassin versant (%),
- IMP est le taux d'imperméabilisation du bassin versant (%).

7.3. BASSINS VERSANTS RURAUX

7.3.1. Fonction de production du modèle hydrologique

La fonction de production SCS (Soil Conservation Service) est appliquée pour les sous-bassins versants ruraux, situés principalement en tête de réseau.

Ce modèle permet de rendre compte des pertes au ruissellement et la variation de la capacité de rétention des sols au cours d'un évènement pluvieux. Cette méthode est particulièrement adaptée aux surfaces peu imperméabilisées et naturelles. Les surfaces considérées sont caractérisées par un paramètre CN (Curve Number) qui est utilisé pour représenter la capacité maximale d'infiltration du sol, et qui est fonction de plusieurs facteurs que sont la perméabilité du sol, l'occupation du sol et les conditions antécédentes d'humidité.

La lame d'eau ruisselée est calculée de la façon suivante :

$$\text{Lame d'eau ruisselée} = \frac{(\text{Lame précipitée} - I_a)^2}{\text{Lame précipitée} - I_a + S}$$

Où :

- Les lames d'eau ruisselée et précipitée sont exprimées en mm,
- S est le paramètre de rétention (mm), calculé à partir du Curve Number : il représente la quantité maximale de pluie absorbée par le sol au cours de l'évènement pluvieux⁴.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

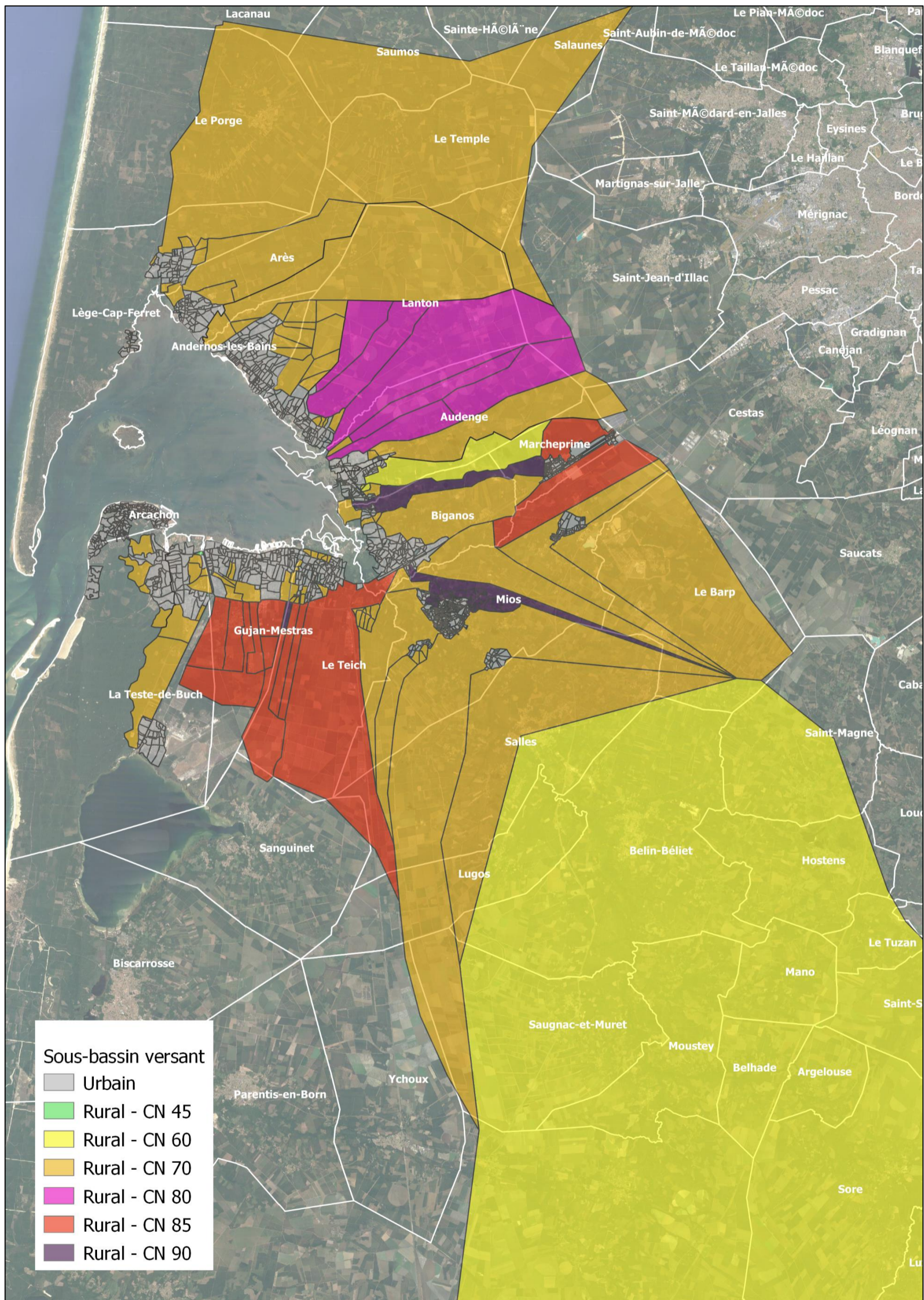
- I_a représente la quantité de pluie qui s'infiltré dans le sol avant le début du ruissellement. Ce paramètre est exprimé en mm et est égal à :

$$I_a = k \times S$$

Où k est un facteur généralement pris égal à 0,2.

Les CN issus du calage des modèles sont présentés sur la figure ci-dessous. Leur valeur est comprise entre 45 et 90.

Figure 55 - CN appliqués au droit des sous-bassins versant de la zone d'étude à l'issue du calage



7.3.2. Fonction de transfert du modèle hydrologique

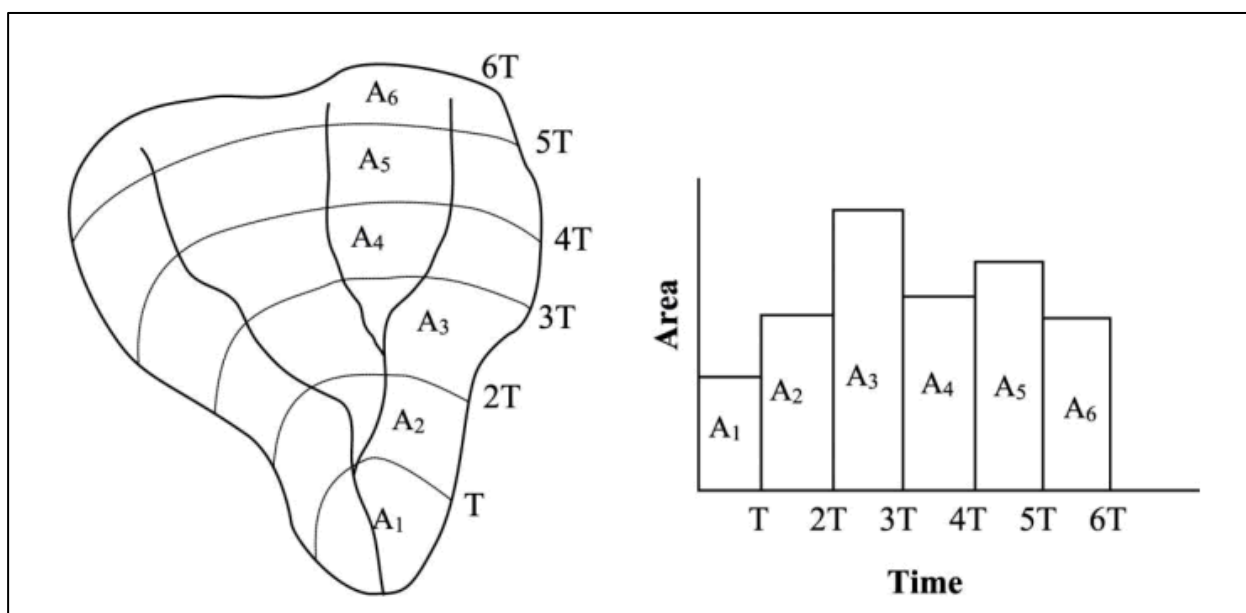
La fonction de transfert retenue est celle de Clark, également appelée en français : méthode des isochrones. La forme de l'hydrogramme unitaire associé à cette méthode s'appuie sur la prise en compte de deux phénomènes réels critiques dans la transformation de la pluie nette en ruissellement :

- La translation, qui représente le déplacement gravitaire des eaux de ruissellement, sans stockage, de leur point d'impact d'origine à l'exutoire du bassin versant,
- L'atténuation, qui reflète la réduction de l'intensité des ruissellements induite par les contraintes de frottement du sol et les effets de stockage temporaire des eaux le long des fossés, dans les aspérités du sol, au fur et à mesure de leur trajet vers l'exutoire.

La méthode de Clark est particulièrement intéressante pour modéliser le fonctionnement des bassins versants dont le ration longueur/largeur est important, ce qui est le cas ici, avec de nombreux bassins ruraux amont extrêmement longs, irrigués par des réseaux denses de fossés autour des parcelles agricoles, et par des ruisseaux sinueux. Elle peut également permettre de représenter le fonctionnement de bassins versants complexes intégrant plusieurs types de reliefs différents (plateaux, falaises ou autre reliefs escarpés, vallées, etc.).

La méthode consiste à estimer les débits après avoir préalablement subdivisé le bassin versant en un certain nombre de secteurs limités par des lignes isochrones (cf. Figure 56). Ces lignes sont considérées comme des lignes d'iso-valeur de temps de concentration. On considère ainsi de manière simplifiée que l'ensemble des précipitations tombant sur un secteur compris entre 2 isochrones met le même temps de concentration pour atteindre l'exutoire. Ce temps correspond au temps de concentration maximal associé à l'isochrone la plus éloignée.

Figure 56 - Principe et hydrogramme type de la méthode de Clark ou des isochrones



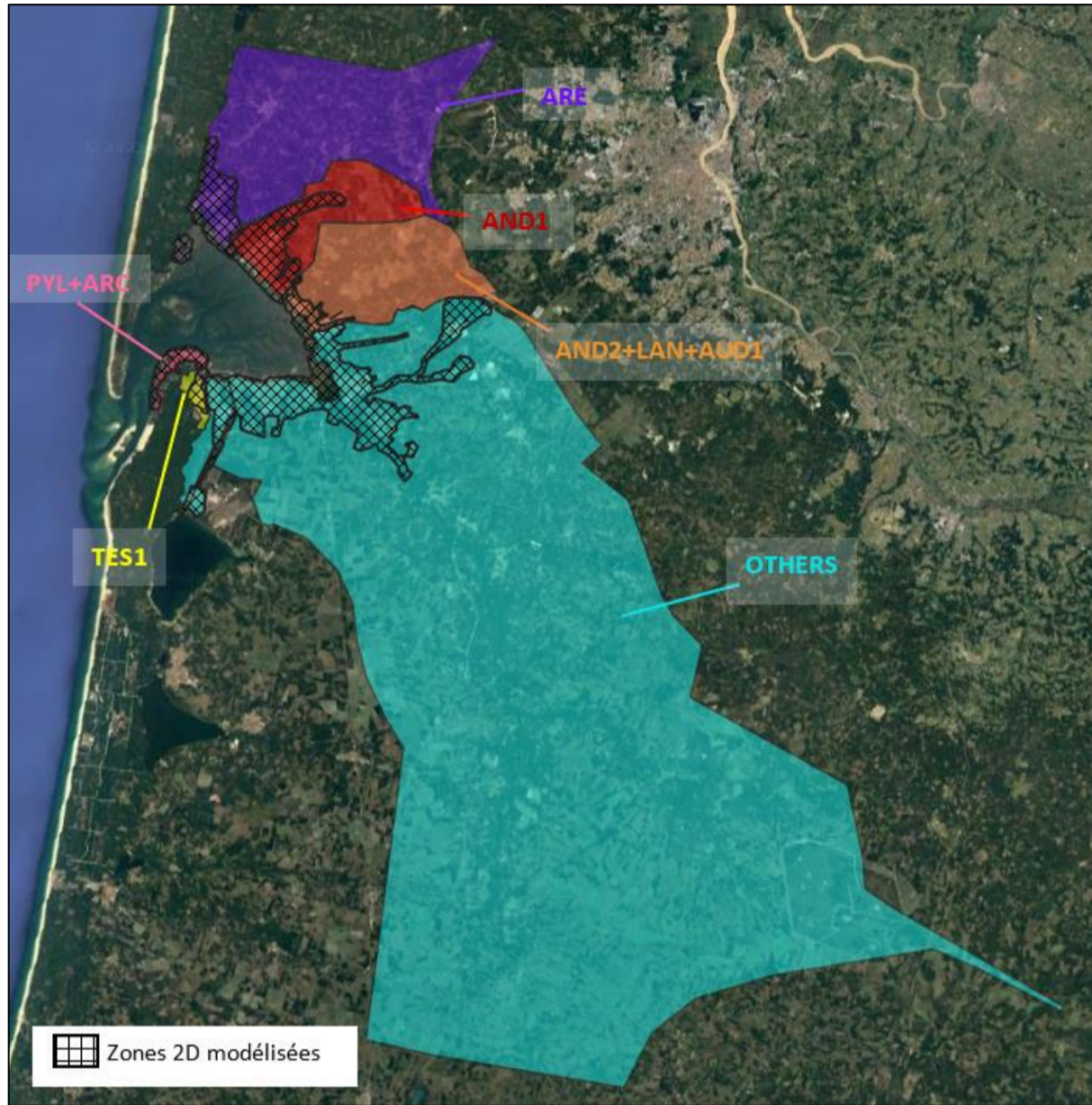
On calcule la contribution maximale de chaque secteur ou surface A_k , compris entre deux isochrones, correspondant au débit maximal au temps $t+\Delta t$ provoqué par les précipitations tombées sur ce entre t et Δt , en s'appuyant notamment sur le coefficient de ruissellement, l'intensité pluviométrique et la surface du secteur.

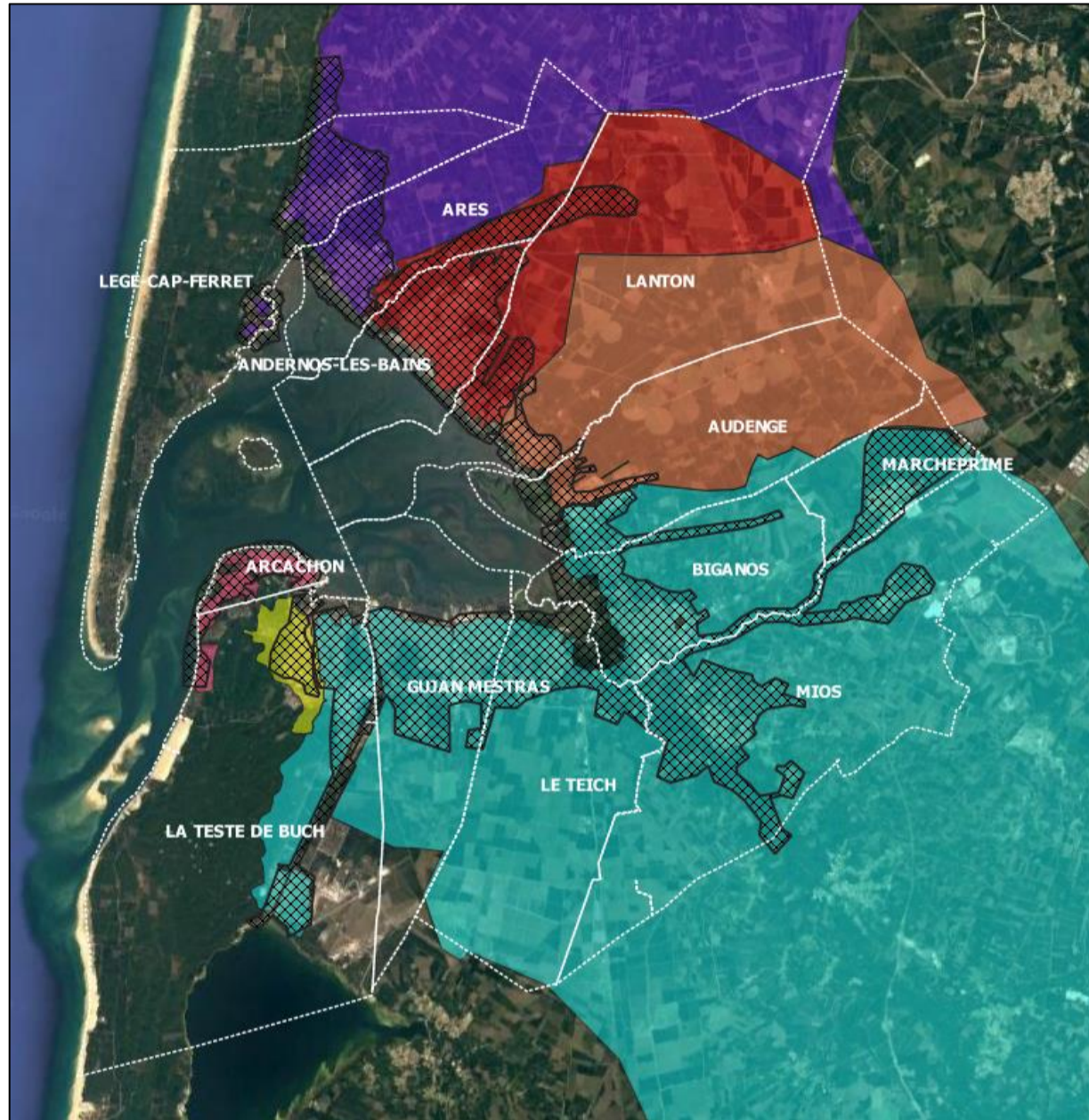
Ainsi pour tous les pas de temps, est calculé le débit maximal associé à chaque surface A_k . L'évolution de l'hydrogramme de crue obtenu prend en compte le temps mis par chaque débit Q_k pour parvenir à l'exutoire du bassin versant. Il prend une forme arrondie qui traduit bien le temps de trajet effectué par les eaux de ruissellement tombées sur les secteurs les plus éloignés de l'exutoire, en tête de bassin.

8. DECOUPAGE EN SOUS-MODELES

En pratique, pour diminuer les temps de calcul, le modèle global réalisé sur l'ensemble des communes du territoire du SIBA a été découpé en 6 sous-modèles, dont l'emprise est visible sur la Figure 57 suivante. Ce découpage découle d'une analyse hydrologique qui a permis de tracer les contours des grands bassins versants de la zone d'étude.

Figure 57 - Emprise des bassins versants associés sous-modèles réalisés





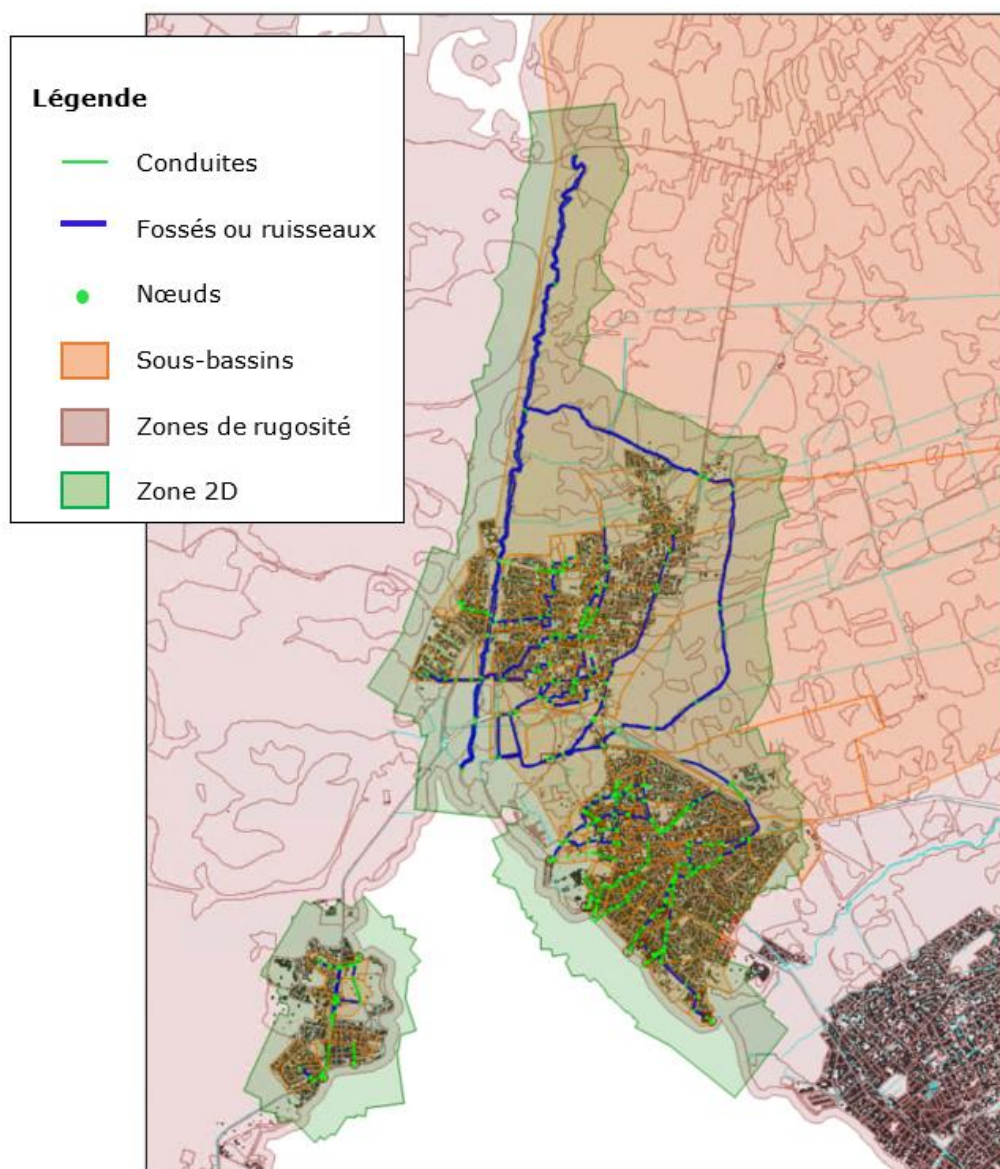
8.1. SOUS-MODELE ARE

Le sous-modèle ARE s'étend principalement sur les communes d'Arès et Lège-Cap-Ferret (avec les bourgs de Lège, Jane de Boy et Claouey) où est localisée la totalité du maillage 2D. Le bassin versant d'apport au réseau remonte cependant bien en amont hors des limites du territoire du SIBA, sur les communes du Porge, du Temple et de Saumos.

Il est notamment parcouru par la partie aval du canal des Etangs qui s'écoule selon un axe Nord-Sud.

La figure suivante montre une vue du sous-modèle sur le logiciel ICM.

Figure 58 - Vue du sous-modèle ARE sur ICM



Nota. Les zones de rugosités correspondent à la représentation des différentes occupation des sols à l'origine de disparité de conditions d'écoulement (cf. 6.3.2).

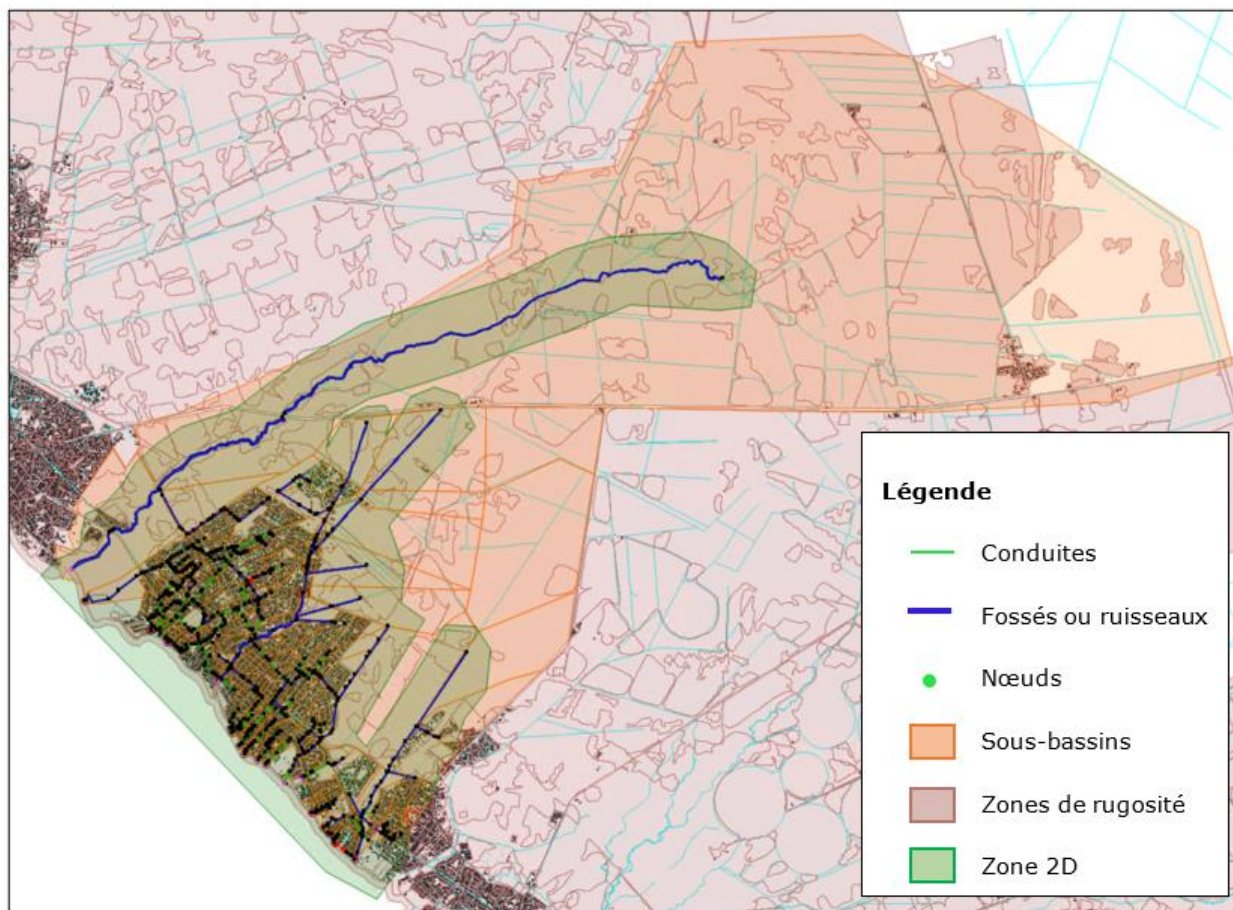
8.2. SOUS-MODELE AND1

Le sous-modèle AND1 est centré sur la commune d'Andernos, mais comprend également une partie de la commune de Lanton et de la commune d'Arès.

Ce sous-modèle intègre également la modélisation du ruisseau de Cirès au droit de la limite Lanton/Andernos, ainsi que du ruisseau de Comte, légèrement plus au Sud.

La figure suivante montre une vue du sous-modèle sur le logiciel ICM.

Figure 59 - Vue du sous-modèle AND1 sur ICM



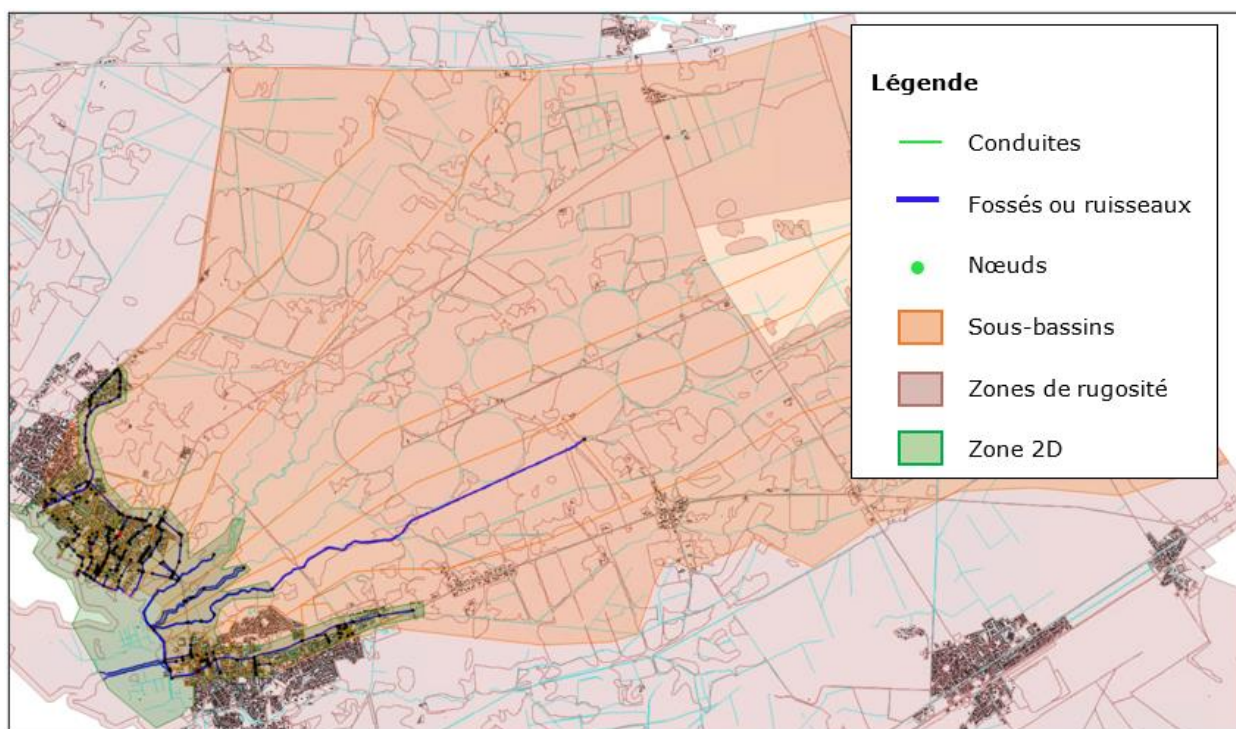
8.3. SOUS-MODELE AND2+LAN+AUD1

Le modèle AND2+LAN+AUD1 est à cheval sur les communes de Lanton et Audenge, avec une tête de bassin versant remontant jusqu'à Saint-Jean d'Illac.

Il comprend notamment la modélisation des ruisseaux de Passaduy, du Milieu et du Lanton.

La figure suivante montre une vue du sous-modèle sur le logiciel ICM.

Figure 60 - Vue du sous-modèle AND2+LAN+AUD1 sur ICM



8.4. SOUS-MODELE OTHERS

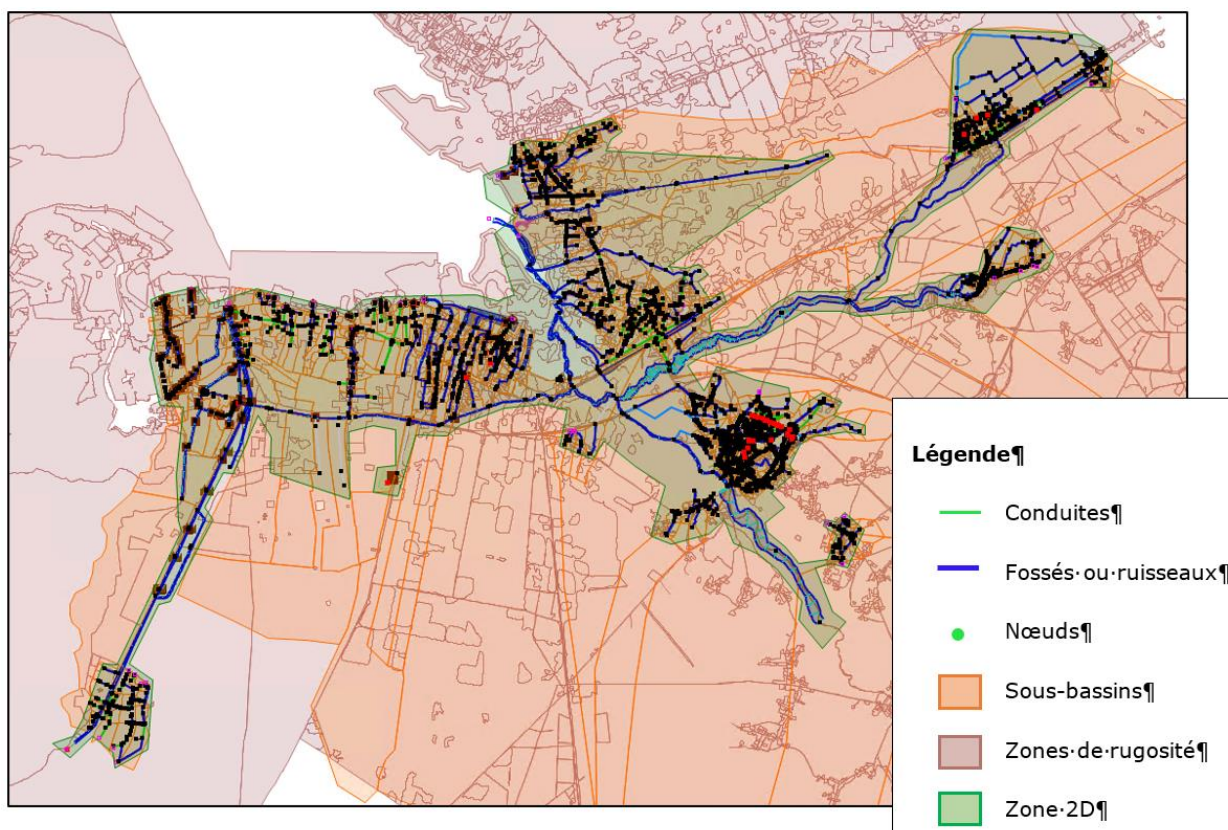
Ce sous-modèle reprend l'ensemble du bassin versant de la rivière de la Leyre. Celui-ci s'étend en amont jusqu'au communes de Luxey et Sabres dans le Parc Naturel des Landes de Gascogne.

La zone modélisée en 2D s'étend sur les communes de Mios, Marcheprime, le Teich, Biganos, Gujan-Mestras et même une partie d'Audenge et de la Teste-de-Buch.

C'est le plus grand des sous-modèles réalisés.

La figure suivante montre une vue du sous-modèle sur le logiciel ICM.

Figure 61 - Vue du sous-modèle OTHERS sur ICM



8.5. SOUS-MODELE TES1

Le sous-modèle TES1 représente une partie Ouest du bourg de la Teste-de-Buch et son réseau de crastes.

La figure suivante montre une vue du sous-modèle sur le logiciel ICM.

Figure 62 – Vue du sous-modèle TES1 sur ICM



8.6. SOUS-MODELE PYL+ARC

Enfin, le sous-modèle PYL+ARC comprend la commune d'Arcachon et une partie du Pyla-sur-Mer rattaché à la commune de la Teste-de-Buch.

Figure 63 - Vue du sous-modèle PYL+ARC sur ICM

