



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 2 :

Analyse des évènements réels, Calage des sous-modèles hydrauliques et Atlas cartographique

Affaire n° : 22-416-01			
Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
0	24/02/2023	Mélaïne ALARCON 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
INGENIERIE

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 Séparation du rapport en 2 parties Ajout de l'analyse des évènements réels, des résultats de calage, et de la partie cartographie
0.2	Compléments effectués dans le chapitre 9 associé à l'atlas géographique

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	9
1.1. CONTEXTE L'ETUDE	9
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	12
1.3. CONTENU DU RAPPORT	13
2. DONNEES SOURCES UTILISEES POUR L'ETUDE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL	14
2.1. ETUDES ANTERIEURES	14
2.2. DONNEES CARTOGRAPHIQUES	15
2.3. VERSIONS DES LOGICIELS UTILISES	15
3. SYNTHESE DE LA CONSTRUCTION DU MODELE	17
3.1. PRINCIPE DE MODELISATION	17
3.2. METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LA CONSTRUCTION DU MODELE	18
3.3. PRESENTATION DU MODELE CONSTRUIT	19
3.3.1. <i>Modélisation Hydrologique.....</i>	19
3.3.2. <i>Modèles hydrauliques construits</i>	19
4. ANALYSE DES EVENEMENTS REELS	21
4.1. METHODOLOGIE ET LIMITES DE L'ANALYSE REALISEE	21
4.1.1. <i>Analyse de la pluviométrie</i>	21
4.1.2. <i>Analyse des débits</i>	25
4.1.3. <i>Analyse des conditions de marée</i>	29
4.2. ANALYSE DE LA PERIODE HIVERNALE 2013-2014	30
4.2.1. <i>Introduction</i>	30
4.2.2. <i>Pluviométrie</i>	30
4.2.3. <i>Hydrométrie</i>	33
4.2.4. <i>Conditions de marée</i>	34
4.2.5. <i>Conclusion</i>	37
4.3. ANALYSE DE L'EVENEMENT DE MAI 2020	37
4.3.1. <i>Introduction</i>	37
4.3.2. <i>Pluviométrie</i>	37
4.3.3. <i>Hydrométrie</i>	40
4.3.4. <i>Conditions de marée</i>	41
4.3.5. <i>Conclusion</i>	42
4.4. ANALYSE DE LA PERIODE HIVERNALE 2020-2021	43
4.4.1. <i>Introduction</i>	43
4.4.2. <i>Pluviométrie</i>	43
4.4.3. <i>Hydrométrie</i>	45
4.4.4. <i>Conditions de marée</i>	46

4.4.5. Conclusion	48
5. CHOIX DES EVENEMENTS DE CALAGE	48
6. DONNEES UTILISEES POUR LE CALAGE DES SOUS-MODELES	50
6.1. CONDITIONS AUX LIMITES	50
6.1.1. Pluviométrie	50
6.1.2. Lac de Cazaux	51
6.1.3. Canal des Etangs	52
6.1.4. Débits d'échange nappe-rivière (données MOHYS)	52
6.1.5. Marées / Submersion marine	54
6.2. DONNEES DE COMPARAISON POUR LE CALAGE	56
6.2.1. Mesures de hauteurs et courbes de tarage	56
6.2.2. Zones d'inondation connues	58
7. RESULTATS DU CALAGE	60
7.1. COMPARAISON DES DEBITS ET HAUTEURS MESURES ET SIMULES AU DROIT DES STATIONS DE MESURE	60
7.1.1. Station du Renet à Lanton	60
7.1.2. Station du Ponteil à Audenge	64
7.1.3. Station de l'Ayguemorte à Audenge	68
7.1.4. Station banque hydro de la Leyre amont à Salles	70
7.1.5. Station de la Leyre aval entre Biganos et le Teich	74
7.1.6. Station du ruisseau du Bourg à Gujan-Mestras	78
7.1.7. Station du Canal des Landes à Gujan-Mestras	82
7.2. COMPARAISON DES EMPRISES INONDEES CONNUES ET CALCULEES PAR LES MODELES SUR LA ZONE D'ETUDE	87
8. SYNTHESE GENERALE DU CALAGE ET LIMITES	90
9. ATLAS CARTOGRAPHIQUE	93
9.1. EVENEMENTS MODELISES	93
9.1.1. Principe général	93
9.1.2. Caractéristiques des pluies de projet	94
9.1.3. Marégrammes utilisées	96
9.1.3.1. Marégrammes synthétiques	96
9.1.3.2. Marégramme de la tempête Xynthia	98
9.1.4. Synthèse des scénarios simulés	99
9.2. CARTOGRAPHIES	101

Table des illustrations

Figure 1 - Principe de la modélisation intégrée réseau/rivière 1D/2D	10
Figure 2 - Système de gestion des eaux pluviales sur le bassin d'Arcachon	11
Figure 3 - Schématisation du principe de la modélisation 1D/2D	18
Figure 4 : Visualisation schématique des fonctions de production et de transfert	19
Figure 5 - Emprise des bassins versants associés sous-modèles réalisés.....	20
Figure 6 - Localisation des pluviomètres de Météo France (en bleu) et du SIBA (en orange) les plus proches de la zone d'étude.....	21
Figure 7 - Localisation de la station hydrométrique de "La Grande Leyre" à Salles et des stations de mesure du SIBA.....	26
Figure 8 - Cumuls de pluies de l'hiver 2013-2014 au pluviomètre de Cazaux.....	32
Figure 9 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 2 de pluie de l'hiver 2013-2014 (18/12/2013 au 05/01/2014)	35
Figure 10 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 3 de pluie de l'hiver 2013-2014 (12/01/2014 au 28/02/2014).....	36
Figure 11 - Comparaison des hauteurs journalières enregistrées au droit des pluviomètres de Cazaux (Météo France) et d'Audenge (SIBA)	40
Figure 12 - Données de marée à Eyrac issues de l'outil SEAMAFOR pour l'épisode orageux de mai 2020 (08/05/2020 au 19/05/2020)	42
Figure 13 - Cumuls de pluies de l'hiver 2020-2021 au pluviomètre de Cazaux	43
Figure 14 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 2 de pluie de l'hiver 2020-2021 (27/12/2020 au 04/01/2021).....	47
Figure 15 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 3 de pluie de l'hiver 2020-2021 (22/01/2021 au 13/02/2021).....	47
Figure 16 : Zone d'influence des pluviomètres – Polygones de Thiessen	50
Figure 17 - Niveau mesuré au droit du port de Cazaux entre le 01/01/2013 et le 01/01/2022	52
Figure 18 - Exemple d'intégration des données MOHYS	53
Figure 19 - Niveau au marégraphe d'Eyrac à Arcachon en janvier 2014 (source : SHOM)	54
Figure 20 – Répartition des niveaux de marées pour 2020 et 2021	55

Figure 21 - Localisation des stations de mesures de hauteurs du SIBA	56
Figure 22 - Disponibilités des données de mesures	57
Figure 23 – Vue des zones d’inondation transmises par le SIBA sur la commune d’Arès et zoom sur trois emprises spécifiques	59
Figure 24 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Renet pour l’événement de mai 2020	61
Figure 25 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Renet pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	63
Figure 26 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Ponteil pour l’événement de mai 2020	65
Figure 27 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Ponteil pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	67
Figure 28 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station d’Ayguemorte pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	69
Figure 29 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station Banque Hydro de la Leyre amont pour l’événement de mai 2020.....	71
Figure 30 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre amont pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	73
Figure 31 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre aval pour l’événement de mai 2020	75
Figure 32 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre aval pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	77
Figure 33 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du ruisseau du Bourg pour l’événement de mai 2020	79
Figure 34 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du ruisseau du Bourg pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	81
Figure 35 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Canal des Landes amont pour l’événement de mai 2020	83
Figure 36 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du canal des Landes pour la séquence 2 de l’hiver 2020-2021	85
Figure 37 - Exemple 1 de calage des zones d'inondation - Camping des Abberts et rue du Général de Gaulle à Arès pour la pluie de mai 2020	88
Figure 38 - Exemple 2 de calage des zones d'inondation – Piste cyclable de l’avenue d’Arès à Andernos-les-Bains pour la pluie de l’hiver 2020-2021.....	89

Figure 39 - Vue des résultats du modèle OTHERS pour la pluie de mai 2020 au droit du collège de Mios.....	91
Figure 40 - Vue des résultats du modèle OTHERS pour la pluie de mai 2020 au droit de l'avenue de Lamothe au Teich	92
Figure 41 : Hyétogrammes des pluies de projet hivernales	94
Figure 42 : Hyétogrammes des pluies de projet estivales.....	95
Figure 43 - Marégramme synthétique de condition de marée haute	96
Figure 44 - Maxima journaliers de marée classés entre 2001 et 2022 au marégraphe d'Eyrac.....	97
Figure 45 - Marégramme synthétique de condition de marée moyenne.....	97
Figure 46 : Exemple de marégramme de la tempête Xynthia appliqué au droit du nœud AND_022.....	98

Liste des tableaux

Tableau 1 - Liste des études antérieures utilisées dans le cadre de l'étude	14
Tableau 2 - Lames d'eau calculées pour différentes périodes de retour via la formule de Montana au droit du pluviomètre de Cazaux.....	22
Tableau 3 - Hauteurs mensuelles et annuelles mesurées en 2020 au droit des pluviomètres d'Audenge (SIBA), de Cazaux (Météo France), de Bordeaux-Mérignac (Météo France), et de Lacanau (Météo-France)	23
Tableau 4 - Hauteurs mensuelles et annuelles mesurées en 2021 au droit des pluviomètres d'Audenge (SIBA), de Cazaux (Météo France), de Bordeaux-Mérignac (Météo France), et de Lacanau (Météo-France)	24
Tableau 5 - Débits statistiques de la Leyre à Salles issus du portail d'Eaufrance	27
Tableau 6 - Débits statistiques de référence calculés par la méthode de transposition au droit des différentes station de la zone d'étude.....	27
Tableau 7 - Comparaison des débits décennaux calculés au droit des différentes station de la zone d'étude via les méthodes de transposition et du Crupédix	29
Tableau 8 - Niveaux d'eau statistiques de référence calculés à Arcachon	30
Tableau 9 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 1 - pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2013-2014.....	32
Tableau 10 - Période de retour des débits maximaux simulés par les modèles pour la période 2013-2014	34

Tableau 11 - Période de retour associées aux niveaux maximaux de marée mesurés à Eyrac au cours des séquences pluvieuses de l'hiver 2013-2014.....	36
Tableau 12 - Caractéristiques de l'événement pluvieux du 09 au 12/05/2020 calculées sur 24h.....	38
Tableau 13 - Cumuls maximaux et durées de retour calculés par Météo France sur les communes proches du Bassin d'Arcachon	39
Tableau 14 - Période de retour des débits maximaux mesurés au droit des station de la zone d'étude pour l'événement de mai 2020	41
Tableau 15 - Période de retour des débits maximaux simulés par les modèles pour l'événement de mai 2020	41
Tableau 16 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 1 - pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021	44
Tableau 17 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 2 - pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021	44
Tableau 18 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 3 - pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021	44
Tableau 19 - Période de retour des débits maximaux exploitables mesurés au droit des station de la zone d'étude pour l'hiver 2020-2021.....	45
Tableau 20 - Période de retour associées aux niveaux maximaux de marée mesurés à Eyrac au cours des séquences pluvieuses de l'hiver 2020-2021.....	48
Tableau 21 - Exemples de calculs de débits cumulées au point 1 sur un pas de temps mensuel	54
Tableau 22 - Cotes maximales enregistrées au droit des marégrammes du bassin et appliquées dans les modèles	55
Tableau 23 : Caractéristiques des pluies de projet hivernales	94
Tableau 24 : Caractéristiques des pluies de projet estivales	95
Tableau 25 : Tableau de synthèse des évènements simulés	100

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

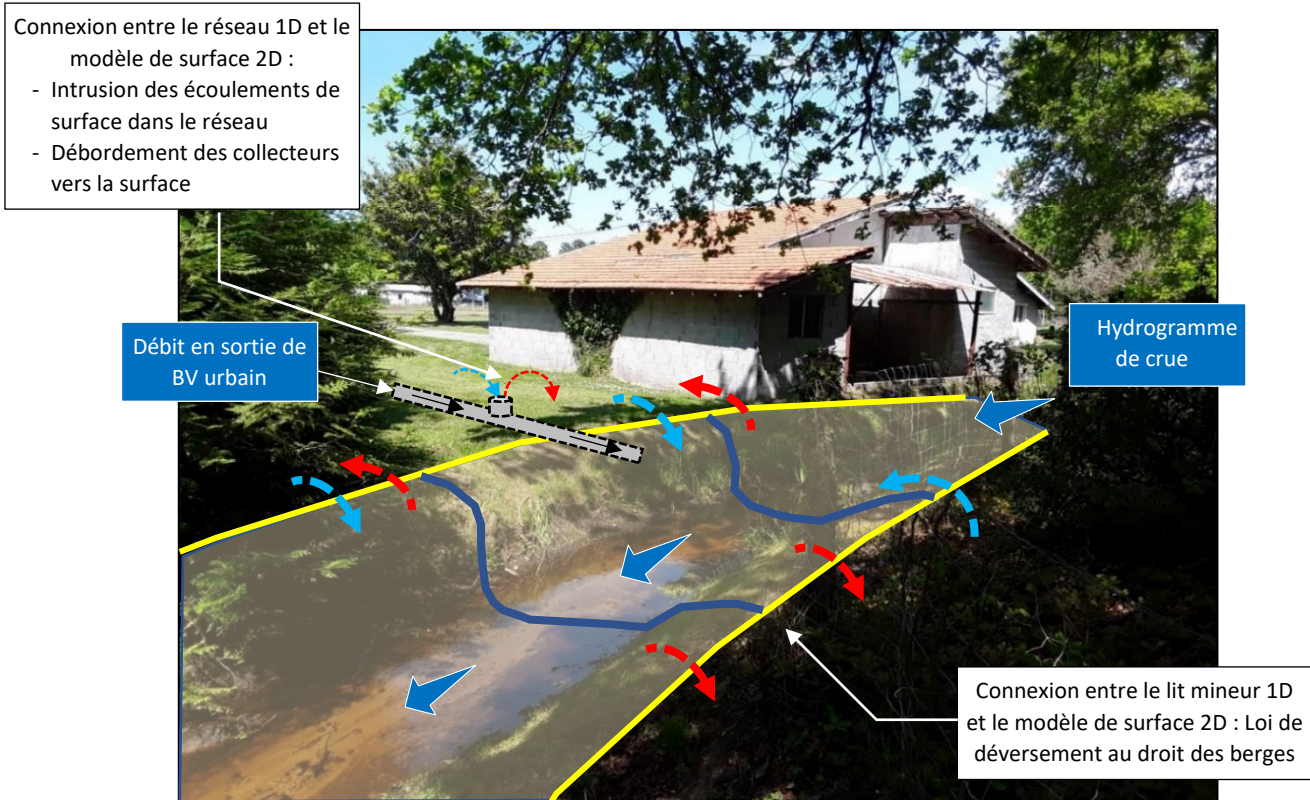
1.1. CONTEXTE L'ÉTUDE

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.

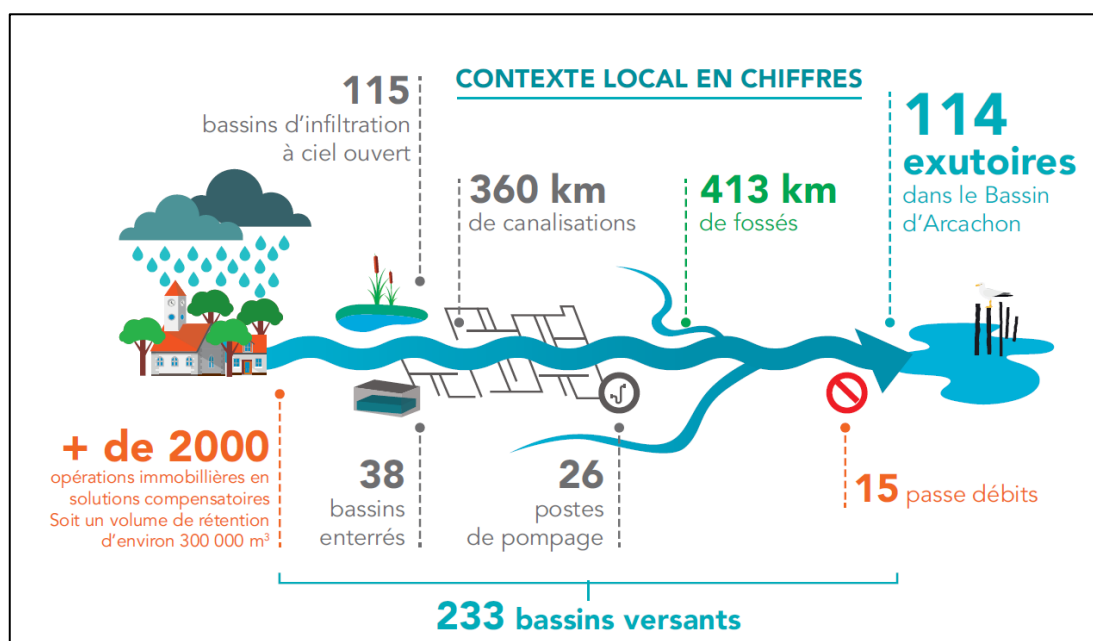
L'approche la plus à même de représenter de façon juste ces phénomènes est la modélisation couplée 1D/2D que l'on pourrait qualifier de « globale ». Elle consiste à intégrer au sein d'un même modèle des éléments unidimensionnels représentant les réseaux d'assainissement, éventuellement des réseaux hydrographiques, 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 ;

- 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 9 chapitres présentant :

- Le contexte et les objectifs de l'étude,
- La présentation des données source utilisées pour l'élaboration des modèles,
- La synthèse de la construction du modèle hydraulique,
- L'analyse des évènements réels,
- Le choix des évènements de calage
- Les données utilisées pour le calage des sous-modèles,
- Les résultats du calage
- Une synthèse générale du calage et les limites
- La méthodologie appliquée pour la réalisation de l'atlas cartographique.

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 Pontails	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
Marcheprie 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 ;
- QGIS version 3.22.3 ;

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

-
- 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. SYNTHÈSE DE LA CONSTRUCTION DU MODÈLE

La construction du modèle est détaillée dans le rapport de la partie 1 de la présente étude. Une synthèse est rappelée ci-après.

3.1. PRINCIPE DE MODELISATION

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.

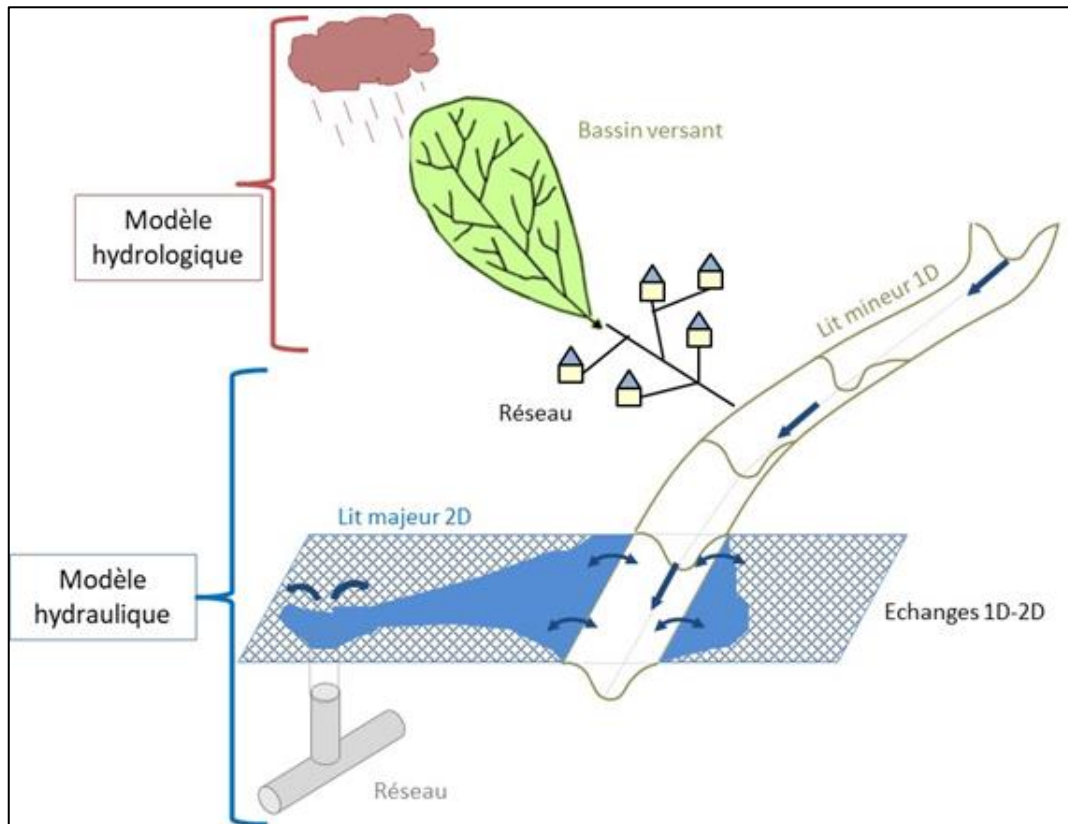
L'approche retenue se base sur une modélisation dite couplée :

- **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.

- **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 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 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**.

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



3.2. METHODOLOGIE APPLIQUEE POUR LA CONSTRUCTION DU MODELE

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

- **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.
- **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.
- **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.
- **découpage en sous-modèles** : au vu de l'emprise couverte par cette modélisation, cette étape est nécessaire pour que le modèle reste opérationnel.

3.3. PRESENTATION DU MODELE CONSTRUIT

3.3.1. Modélisation Hydrologique

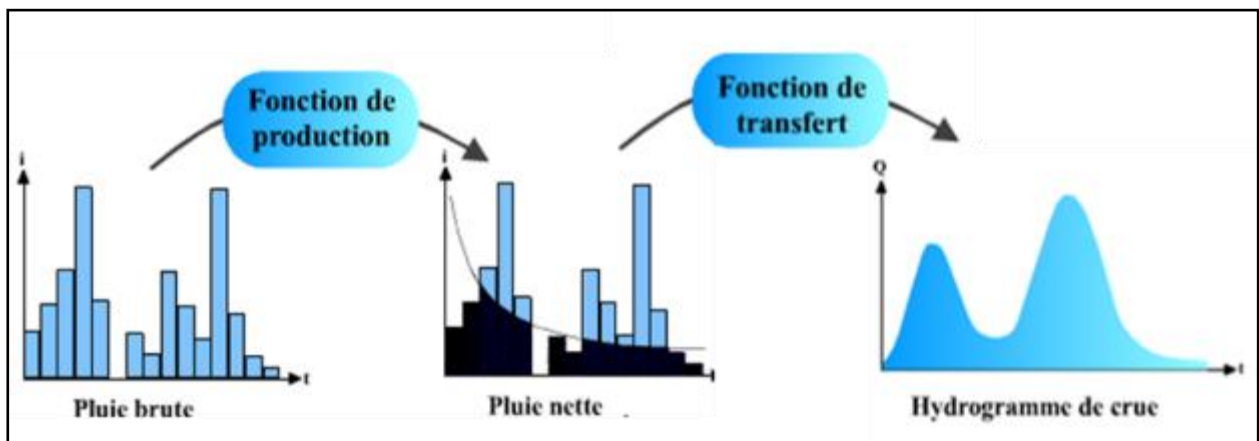
La modélisation hydrologique permet de passer d'un hyétogramme représentant la pluie tombant sur un bassin versant, à un hydrogramme représentant le débit ruisselant sur ce bassin versant.

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 4 : Visualisation schématique des fonctions de production et de transfert



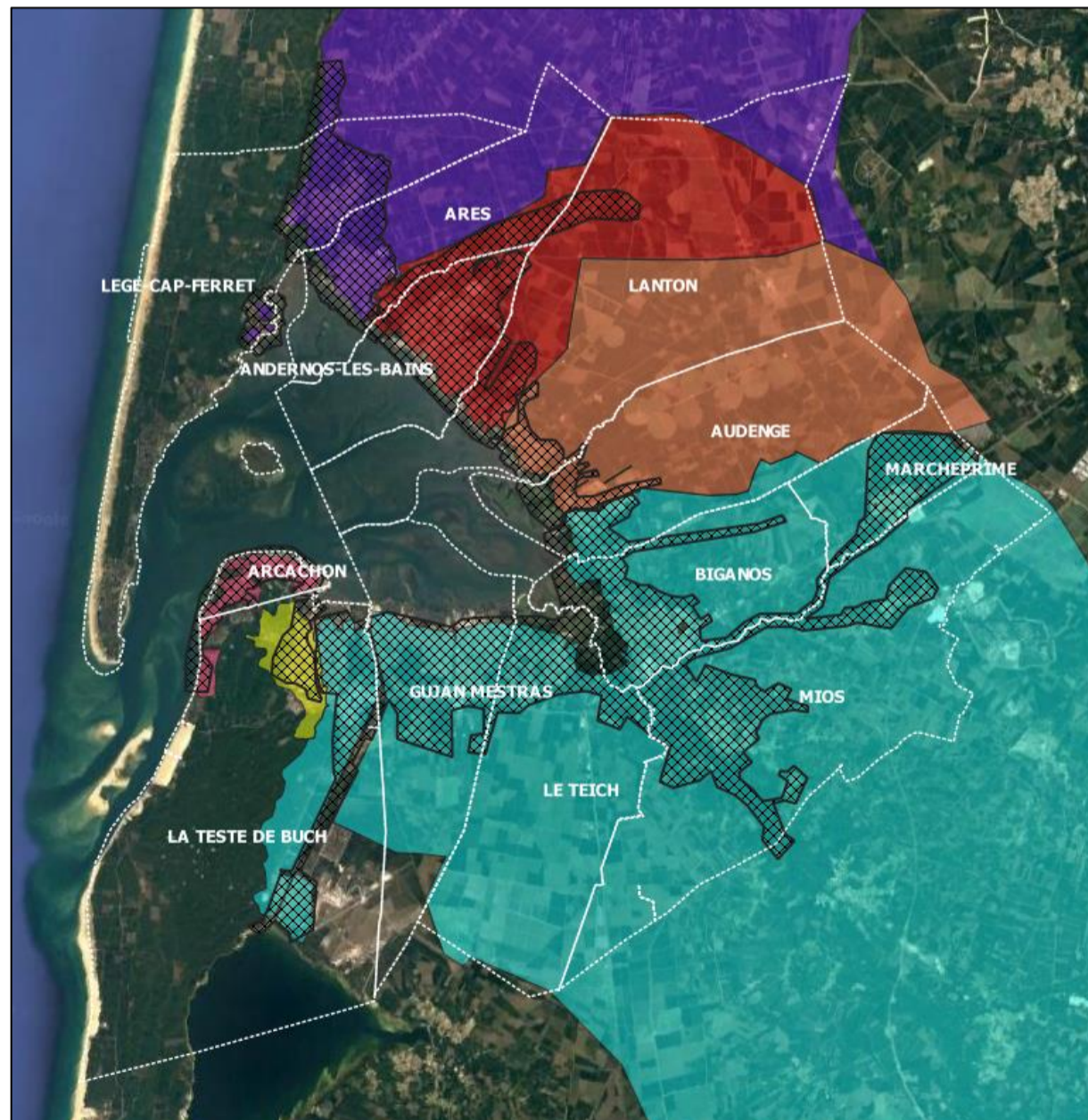
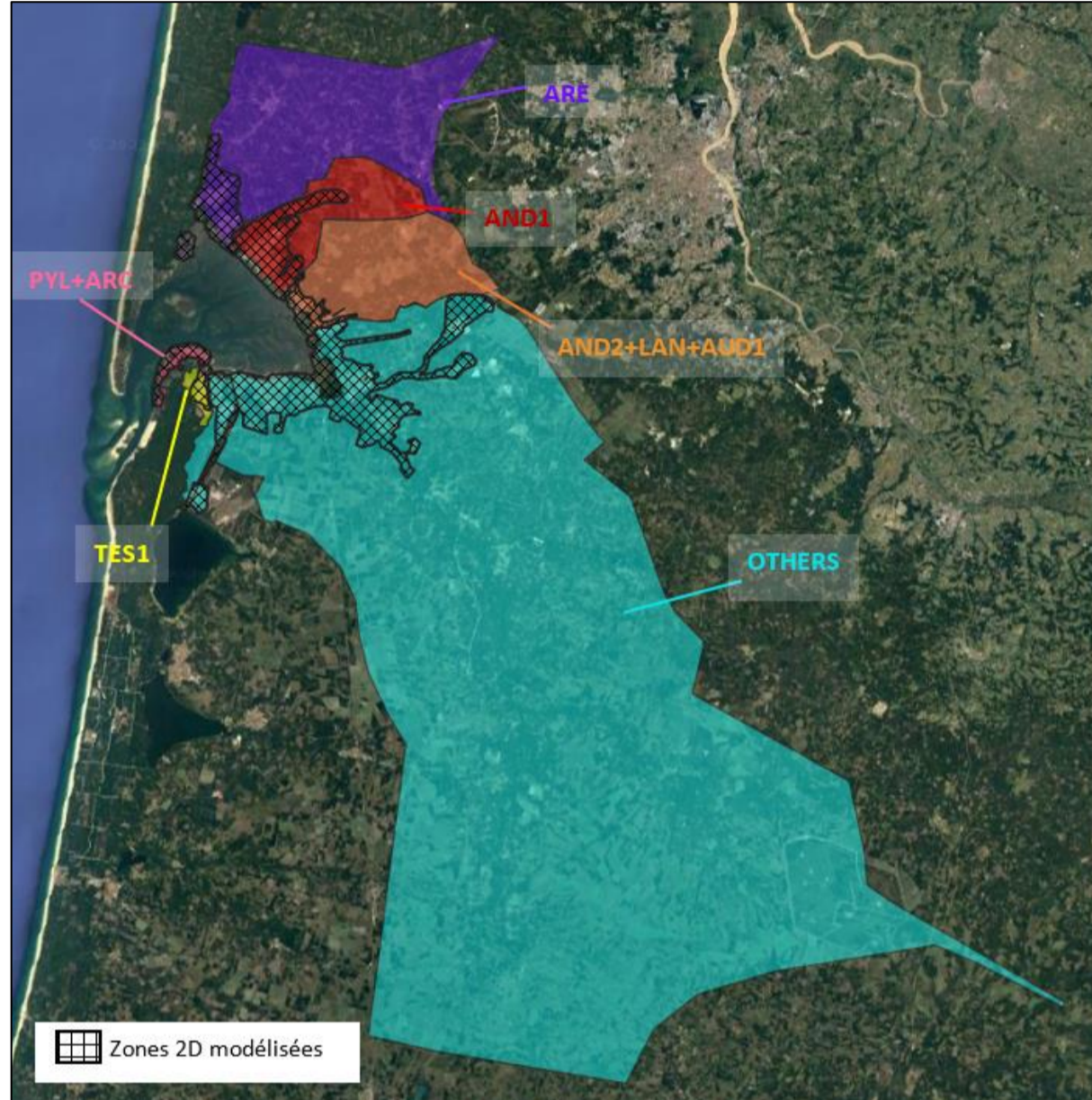
Les fonctions de production et de transfert ont été différenciées selon le type de sous-bassin versant :

- **pour les bassins versants urbains** : un modèle hydrologique à coefficient de ruissellement constant est utilisé et la fonction de transfert utilisée est celle du réservoir linéaire.
- **Pour les bassins versants ruraux**, situés principalement en tête de réseau : La fonction de production SCS (Soil Conservation Service) est appliquée et la fonction de transfert retenue est celle de Clark, également appelée en français, méthode des isochrones.

3.3.2. Modèles hydrauliques construits

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 5 suivante.

Figure 5 - Emprise des bassins versants associés sous-modèles réalisés



PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

4. ANALYSE DES EVENEMENTS REELS

4.1. METHODOLOGIE ET LIMITES DE L'ANALYSE REALISEE

4.1.1. Analyse de la pluviométrie

↳ Méthodologie

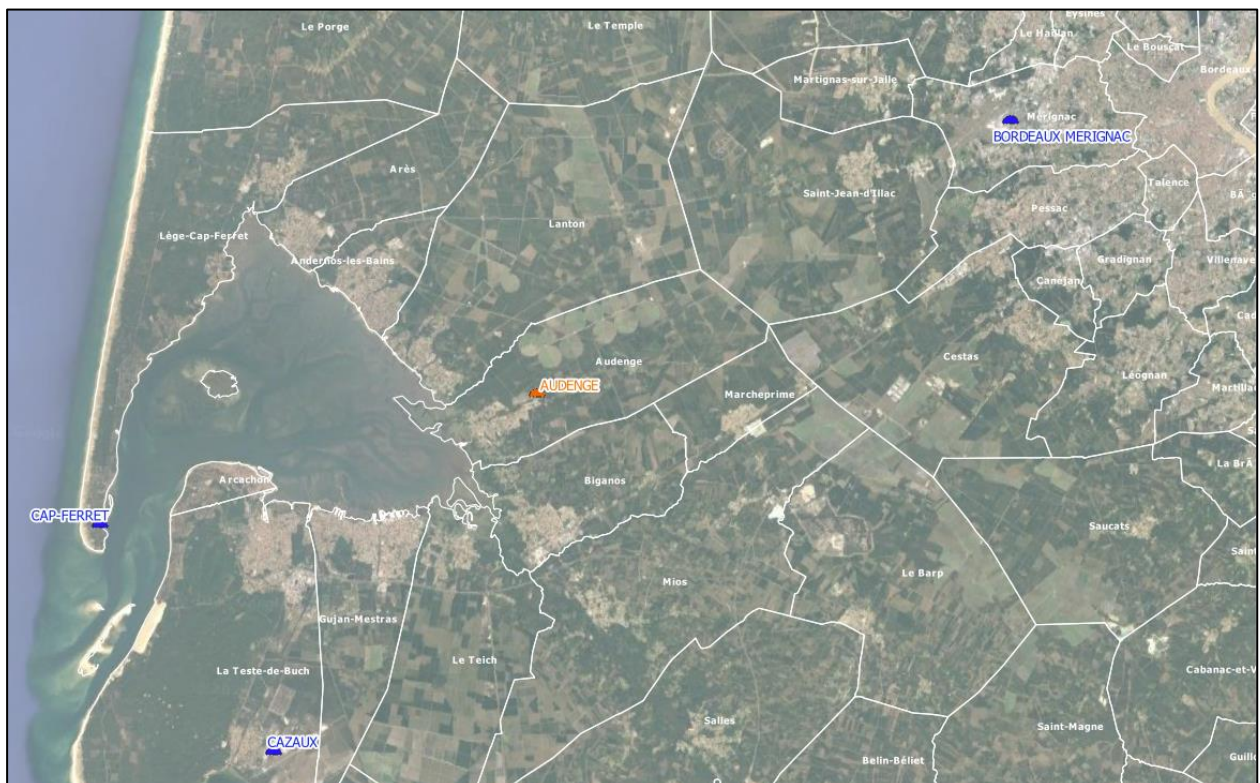
➤ Données utilisées

L'analyse de la pluviométrie des trois périodes retenues par le SIBA s'est appuyée sur les **données et statistiques disponibles à la station Météo France de Cazaux**. Des trois pluviomètres Météo France les plus proches de la zone d'étude (Cazaux, Lège-Cap-Ferret et Bordeaux Mérignac, présentés sur la A noter que le **SIBA** a installé en 2015 un **pluviomètre sur la commune d'Audenge**, qu'il exploite depuis lors. Si ses données ne sont pas disponibles pour l'hiver 2013-2014, elles le sont en revanche pour comparaison pour les deux autres périodes étudiées (voir 4.3.2 et 4.4.2).

Figure 6), il est celui où les cumuls enregistrés sont généralement les plus forts.

A noter que le **SIBA** a installé en 2015 un **pluviomètre sur la commune d'Audenge**, qu'il exploite depuis lors. Si ses données ne sont pas disponibles pour l'hiver 2013-2014, elles le sont en revanche pour comparaison pour les deux autres périodes étudiées (voir 4.3.2 et 4.4.2).

Figure 6 - Localisation des pluviomètres de Météo France (en bleu) et du SIBA (en orange) les plus proches de la zone d'étude



➤ **Analyse réalisée sur les hivers 2013-2014 et 2020-2021**

Au vu de leur nature longue et de la difficulté d'identifier de manière précise un ou quelques événements majeurs sur leur durée, les **périodes hivernales 2013-2014 et 2020-2021** ont été **analysées par séquençage des cumuls de pluie pour identifier des « fenêtres événementielles » de pluies intenses**. Sur ces « fenêtres » ou **séquences particulières**, des **calculs de cumuls sur des périodes glissantes de 30 minutes, 1h, 4h, 24h, 3 jours, 5 jours et 8 jours** ont été réalisés. Les maxima des cumuls ainsi calculés ont été comparés aux lames d'eau statistiques de différentes périodes de retour calculées via les coefficients de Montana transmis par Météo-France pour la station de Cazaux.

Nota. La limite maximale de 8 jours pour calculer les cumuls de pluie est imposée par les données transmises par Météo-France qui, dans ses prestations classiques, ne calcule pas les coefficients de Montana pour des durées plus longues.

➤ **Analyse réalisée sur l'événement de mai 2020**

Sur cet **évènement bien défini de 73h**, ayant débuté le 09/05/2020 à 00 :00 et s'étant terminé le 11/05/2020 à 21 :37 à Cazaux, **les cumuls ont pu être calculés plus classiquement sur 24 et 72h**. De même que pour les périodes hivernales précédemment citées, les cumuls ont été comparés aux lames d'eau caractéristiques associées aux lames d'eau calculées via les coefficients de Montana.

➤ **Statistiques de lames d'eau calculées via les coefficients de Montana**

Pour rappel, la formule de Montana permet, de manière théorique, de relier une lame d'eau $h(t)$ (en mm) collectée au cours d'un événement pluvieux avec sa durée t (en minutes).

$$h(t) = a \times t^{(1-b)}$$

Les coefficients, dits de Montana, a et b sont fournis par Météo France pour chacun de leurs pluviomètres pour différentes plages de durées de pluie.

L'application de la formule permet d'obtenir le tableau suivant, rassemblant les lames d'eau caractéristiques des différentes périodes de retour au pluviomètre de Cazaux.

Tableau 2 – Lames d'eau calculées pour différentes périodes de retour via la formule de Montana au droit du pluviomètre de Cazaux

	Hauteur en mm pour différentes durées						
Période de retour	30 min	60 min	240 min (4h)	1440 min (24h)	4320 min (3 jours)	7200 min (5 jours)	11520 min (8 jours)
5 ans	16.47	21.38	32.45	57.26	83.14	102.88	125.15
10 ans	20.07	25.97	38.32	65.03	92.84	114.12	137.98
20 ans	23.87	30.89	44.21	72.98	101.88	124.65	150.08

30 ans	26.14	33.87	47.61	77.22	106.60	130.10	156.27
50 ans	29.28	38.00	52.39	82.10	111.48	135.64	162.47
100 ans	33.81	43.97	59.08	89.44	118.73	144.02	172.02

Limites identifiées

Les **données de pluie au droit d'un pluviomètre** sont par définition **très localisées**. Vue la faible densité des instruments de mesure au droit de la zone d'étude et à proximité, il est possible que les **séries de pluie disponibles** ne soient **pas tout à fait représentatives des pluies réellement tombées sur les différents secteurs de la zone d'étude**, en particulier pour les phénomènes d'orages estivaux comme cela semble avoir été le cas pour l'évènement de mai 2020.

Concernant **le pluviomètre d'Audenge, ce dernier est situé au cœur de la zone d'étude mais ne dispose pas d' suffisante pour réaliser des statistiques fiables** sur les périodes de retour d'évènements. Les données ne peuvent donc être exploitées directement sans s'appuyer sur les statistiques de périodes de retour de lames d'eau d'une station météo France. En pratique, **les lames d'eau enregistrées au droit du pluviomètre d'Audenge ont été comparées aux statistiques de la station de Cazaux**. Cette analyse ne peut être considéré comme totalement valide sachant, en particulier, la distance qui sépare les deux stations et les différences de protocoles de mesure entre les pratiques Météo France et celles du SIBA.

Cette méfiance vis-à-vis des mesures obtenues au droit du pluviomètre d'Audenge est également alimentée par les résultats de la comparaison rapide des hauteurs mensuelles enregistrées au droit de la station pluviométrique d'Audenge et au droit de trois stations Météo France voisines : Cazaux, Bordeaux-Mérignac et Lacanau. Les tableaux suivants illustrent cette analyse.

Nota. Le choix de retenir la station Météo-France de Lacanau découle d'une part de sa position littorale franche, donc témoin directement des entrées maritimes et où les éventuelles influences des courants du bassin sont absents, contrairement à la station de Lège-Cap-Ferret qui semble enregistrer des cumuls sensiblement plus faibles que sur les autres stations du secteur.

Tableau 3 - Hauteurs mensuelles et annuelles mesurées en 2020 au droit des pluviomètres d'Audenge (SIBA), de Cazaux (Météo France), de Bordeaux-Mérignac (Météo France), et de Lacanau (Météo-France)

2020	Hauteurs mensuelles (mm)			
	Audenge (SIBA)	Cazaux (MF)	Bordeaux-Mérignac (MF)	Lacanau (MF)
Janv.	88.2	60.7	67.3	69.9
Fév.	77.7	56.2	60.7	59.3
Mars	115.9	75.6	103.5	77.1

2020	Hauteurs mensuelles (mm)			
Stations	Audenge (SIBA)	Cazaux (MF)	Bordeaux-Mérignac (MF)	Lacatau (MF)
Avr.	134.8	66.2	104.8	136.4
Mai	218.0	131.5	122.0	108.1
Juin	118.6	83.9	91.6	76.9
Juil.	3.0	4.0	3.0	5.2
Août	93.6	56.8	66.8	86.1
Sept.	82.5	93.1	90.4	65.6
Octob.	238.2	179.4	179.3	172.9
Nov.	26.3	22.3	16.9	24.1
Déc.	364.9	301.0	241.3	258.9
Hauteur annuelle totale (mm)	1561.5	1130.7	1147.6	1140.5

Tableau 4 - Hauteurs mensuelles et annuelles mesurées en 2021 au droit des pluviomètres d'Audenge (SIBA), de Cazaux (Météo France), de Bordeaux-Mérignac (Météo France), et de Lacatau (Météo-France)

2021	Hauteurs mensuelles (mm)			
Stations	Audenge (SIBA)	Cazaux (MF)	Bordeaux-Mérignac (MF)	Lacatau (MF)
Janv.	179.5	126.5	125.4	104.0
Fév.	126.7	96.0	77.3	51.5
Mars	21.5	17.4	17.2	18.4
Avr.	36.0	28.6	23.7	17.5
Mai	159.2	122.5	116.5	94.1
Juin	192.5	155.7	141.0	109.0
Juil.	64.5	51.4	43.1	75.2
Août	44.4	30.4	29.2	18.0
Sept.	79.9	58.1	76.1	32.1
Octob.	47.2	39.4	32.1	36.7
Nov.	101.7	93.1	56.7	72.1
Déc.	199.5	156.2	146.3	146.9
Hauteur annuelle totale (mm)	1252.6	975.3	884.6	775.5

On constate que les hauteurs mensuelles mesurées au droit du pluviomètre d'Audenge sont quasi systématiquement plus élevées que celles des pluviomètres Météo France (cf. valeurs en rouge et orange dans les tableaux) et ce, de manière très significative, avec plusieurs écarts mensuels dépassant les 20 mm par rapport à la hauteur maximale enregistrée sur les trois pluviomètres Météo France (valeurs en rouge).

Cette tendance se traduit par de gros écarts entre les hauteurs annuelles mesurées, avec une valeur plus élevée de plus de 400 mm en 2020 et 270 mm en 2021 par rapport à la hauteur annuelle maximale mesurée par les pluviomètres Météo France.

Ces différences ne sont toutefois pas constantes dans le temps, ce qui ne permet pas d'invalider complètement les données du pluviomètre d'Audenge, mais incite à la prudence dans l'utilisation de ces données. En effet, même si on écarte la suspicion concernant les mesures au droit de ce pluviomètre en considérant l'existence d'un microclimat potentiel dans cette zone, les écarts importants avec les pluviomètres Météo-France questionnent sur l'utilisation de leurs statistiques pour attribuer des périodes de retour aux événements enregistrés à Audenge.

4.1.2. [Analyse des débits](#)

Méthodologie

➤ **Données utilisées**

Le SIBA a transmis les **séries de données de hauteurs mesurées par ses différents capteurs en rivière et les courbes de tarage associées permettant de calculer les débits**. Ces stations de mesure sont situées notamment sur le **canal des Landes**, la **partie aval de la Leyre**, **l'Ayguemorte**, le **ruisseau du Bourg**, le **Ponteil** et le **Renet** (cf. Figure 7).

Nota. La station installée sur le Vigneau n'étant fonctionnelle que depuis juillet 2021, elle ne peut servir à l'analyse des débits historiques des périodes étudiées.

Aucune des stations de mesure hydrométrique de la zone d'étude ne possède cependant d'historique de données assez long pour réaliser une analyse statistique des temps de retour fiable. En effet, les stations hydrométriques les plus anciennes en fonctionnement sur la zone d'étude sont respectivement celle de la Leyre aval et du canal des Landes dont les premières données disponibles remontent seulement à décembre 2015 et juillet 2016. Le calcul des statistiques sur les cours d'eau étudiés ne peut donc être réalisé directement à partir des données enregistrées au droit ces différentes stations gérées par le SIBA.

Une **méthode de transposition à partir d'une station hydrométrique proche** disposant d'une série de données suffisamment longue est effectuée pour estimer la période de retour des débits maximaux mesurés au cours des différents événements historiques étudiés.

Une station hydrométrique ancienne existe sur la Leyre, en amont de la zone modélisée, sur la commune de Salles. Il s'agit de la **station** dite de « **La Grande Leyre** » (code station : S224 2510 01), dont les données sont disponibles sur le portail *hydro.eaufrance* entre 1967 et 2021.

Figure 7 - Localisation de la station hydrométrique de "La Grande Leyre" à Salles et des stations de mesure du SIBA



Ce long historique de données permet d'estimer statistiquement les débits caractéristiques de différentes périodes de retour. Ces données ont été directement extraites du portail d'Eaufrance. Elles sont présentées dans le Tableau 5.

Tableau 5 - Débits statistiques de la Leyre à Salles issus du portail d'Eaufrance

Temps de retour	Débit en m ³ /s
2 ans	61.8
5 ans	99.6
10 ans	125
20 ans	149
50 ans	180

➤ **Analyse des débits par transposition**

La méthode de transposition appliquée est celle Myer, qui repose sur la formule suivante :

$$Q_{10A} = Q_{10B} \times \left(\frac{S_A}{S_B} \right)^\alpha$$

Avec :

- Q_{10A} équivalent au débit de pointe décennal du cours d'eau non jaugé (en m³/s), en l'occurrence l'un des cours d'eau de la zone d'étude ;
- Q_{10B} équivalent au débit de pointe décennal du cours d'eau jaugé (en m³/s), en l'occurrence la Leyre à Salles ;
- S_A équivalent à la surface du bassin versant du cours d'eau non jaugé (en km²) ;
- S_B équivalent à la surface du bassin versant du cours d'eau jaugé (en km²) ;
- α équivalent au coefficient de Myer, pris ici égal à 0.8.

Les tableaux suivants rassemblent les débits de crue pour différentes périodes de retour calculés au droit des différentes stations des cours d'eau du SIBA via la méthode de transposition.

Nota. La station du canal des Landes n'a pas été retenue pour effectuer l'analyse débitométrique. Ce cours d'eau ne peut être considéré comme naturel au vu du nombre importants d'ouvrages de régulation présents sur son linéaire. De même, la station de la Leyre aval n'a pas été prise en compte, le calcul étant déjà effectué plus en amont sur le cours d'eau, à Salles (cf. Tableau 5).

Tableau 6 - Débits statistiques de référence calculés par la méthode de transposition au droit des différentes station de la zone d'étude

	Débits en m ³ /s calculés via la transposition			
Période de retour	Ayguemorte	Ruisseau du Bourg	Ponteil	Renet

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

2 ans	1.63	1.67	2.50	2.16
5 ans	2.62	2.70	4.02	3.47
10 ans	3.29	3.39	5.05	4.36
20 ans	3.92	4.04	6.02	5.20
50 ans	4.74	4.87	7.27	6.28

Limites identifiées

Des **précautions sont à prendre lorsqu'on analyse les résultats d'un calcul de débit par transposition directe**. Ce type d'approche ne peut être considéré comme fiable que si **l'hydrologie du bassin versant associé au site non-jaugé est comparable à celle du bassin versant jaugé**. Pour cela, il faut en général disposer de deux bassins versants **proches géographiquement, d'emprise et d'occupations des sols similaires**.

Or, ces conditions ne sont pas vraiment remplies ici. En effet, l'analyse propose de comparer les **bassins versants des stations du SIBA**, dont **l'emprise est comprise entre 18 et 30 km²**, à celui associé à la **station Hydro de « La Grande Leyre » à Salles** dont la superficie est proche de **1 650 km²**. Devant un tel écart d'emprise, il apparaît probable que les occupations des sols soient également différentes, avec des surfaces urbaines importantes au bord du Bassin d'Arcachon, comparés aux grandes étendues forestières de la région des Landes, en amont de Salles. En l'absence d'autres alternatives toutefois, ces transpositions ont été menées, mais leur résultat est sujet à caution.

Pour tenter de **vérifier une partie des résultats**, la **méthode du Crupédix** a été appliquée en parallèle de la transposition. Cette méthode est en effet souvent utilisée pour estimer les débits de crue de fréquence décennale pour les petits bassins versants non-jaugés. Sa formule est la suivante :

$$Q_{10} = S^{0.8} \times \left(\frac{P_{j10}}{80} \right)^2 \times R$$

Avec :

- Q_{10} équivalent au débit de pointe décennal du bassin versant non-jaugé (en m³/s) ;
- S équivalent à la surface du bassin versant non-jaugé (en km²) ;
- P_{j10} équivalent à la pluie journalière décennale de référence (en mm), prise égale à 65 mm à Cazaux ;
- R un coefficient régional, pris égal à 0.5 autour du bassin d'Arcachon.

Les **valeurs obtenues via la méthode de transposition sont proches de celles calculées par la méthode Crupédix pour la période de retour décennale** (cf. Tableau 7), ce qui conforte la validité des résultats obtenus, malgré les disparités d'hydrologie entre les bassins versants de la zone d'étude et le bassin jaugé de référence.

Tableau 7 – Comparaison des débits décennaux calculés au droit des différentes stations de la zone d'étude via les méthodes de transposition et du Crupédix

Période de retour	Débits en m ³ /s							
	Ayguemorte		Ruisseau du Bourg		Ponteil		Renet	
	Trans	Crup	Trans	Crup	Trans	Crup	Trans	Crup
10 ans	3.29	3.26	3.39	3.35	5.05	5.00	4.36	4.32

Autre limite importante de la méthode appliquée : la **fiabilité des débits de pointe calculés au droit des stations de mesure au cours des événements majeurs**.

Tout d'abord, les **débits maximaux des hydrogrammes** des différents cours d'eau jaugés **sont systématiquement issus d'un calcul hors des plages de validité des courbes de tarage**.

D'autre part, **sur certains événements et au droit de certaines stations**, comme c'est le cas par exemple pour le Ruisseau du Bourg et le Ponteil en mai 2020, **les capteurs ont été submergés par la crue et/ou ont dysfonctionné**, ce qui implique que les maxima mesurés ne représentent pas la réalité.

Enfin, **cette analyse n'a pas pu être menée pour la période hivernale de 2013-2014** au cours de laquelle **aucun des capteurs n'était encore en fonctionnement**.

Pour pallier en partie les deux derniers points pour les périodes de l'hiver 2013-2014 et de mai 2020, **l'analyse a également été réalisée avec les débits de pointe simulés** par les modèles hydrauliques numériques calés. **Ces derniers ne peuvent toutefois pas remplacer une valeur mesurée**, puisque le calage n'a pas pu être effectué sur ces points de mesure en raison du dysfonctionnement des capteurs ou de l'absence de mesure.

4.1.3. [Analyse des conditions de marée](#)

Méthodologie

➤ **Données utilisées**

Les données utilisées sont les **niveaux d'eau réels mesurés au droit du marégraphe d'Eyrac à Arcachon**. Ces niveaux sont disponibles sur le site du SHOM de 2001 à 2022.

➤ **Statistiques de référence des niveaux marins**

Les **maxima des pics de marée** enregistrés à Eyrac pendant les séquences ou événements pluvieux historiques étudiés sont comparés aux niveaux extrêmes de référence issues des travaux du SHOM et du CETMEF en 2012 et par le CEREMA en 2018 (cf. Tableau 8).

Tableau 8 - Niveaux d'eau statistiques de référence calculés à Arcachon

Période de retour	Niveau marin maximal (m NGF)	
	SHOM-CETMEF 2012	CEREMA 2018
5 ans	3.22	3.18
10 ans	3.31	3.27
20 ans	3.40	3.36
50 ans	3.51	3.50
100 ans	3.60	3.62
1000 ans	/	4.06

Limites identifiés

L'analyse détermine la fréquence d'occurrence du maximum de niveau dans le Bassin sur une période donnée, en l'occurrence sur un événement ou sur une séquence temporelle donnée. Ceci ne signifie pas que les maxima de débits arrivant aux différents exutoires de la zone d'étude sont concomitants avec les maxima de marée. C'est donc une qualification générale de la période de retour des pics de marée pendant la période de crue.

4.2. ANALYSE DE LA PERIODE HIVERNALE 2013-2014

4.2.1. Introduction

Lors de **l'hiver 2013-2014**, un **grand nombre d'événements pluvieux se sont succédés de manière rapprochée entre les mois de novembre et mars**. Parmi eux, **plusieurs événements tempétueux** ont été recensés, pour lesquels, aux précipitations générées, se sont été ajoutées des **surcotes marines** dans le bassin d'Arcachon. En outre, ces séries denses de précipitations ont occasionné une saturation des sols et une **recharge importante des aquifères**. La saturation des sols a intensifié des ruissellement de surface. Les nappes souterraines étant reliées au réseau hydrographique de surface par des phénomènes d'échange hydrogéologique, leur niveau haut a également contribué à l'alimentation des cours d'eau et fossés de la zone d'étude par résurgence, en sus des apports de la pluviométrie.

4.2.2. Pluviométrie

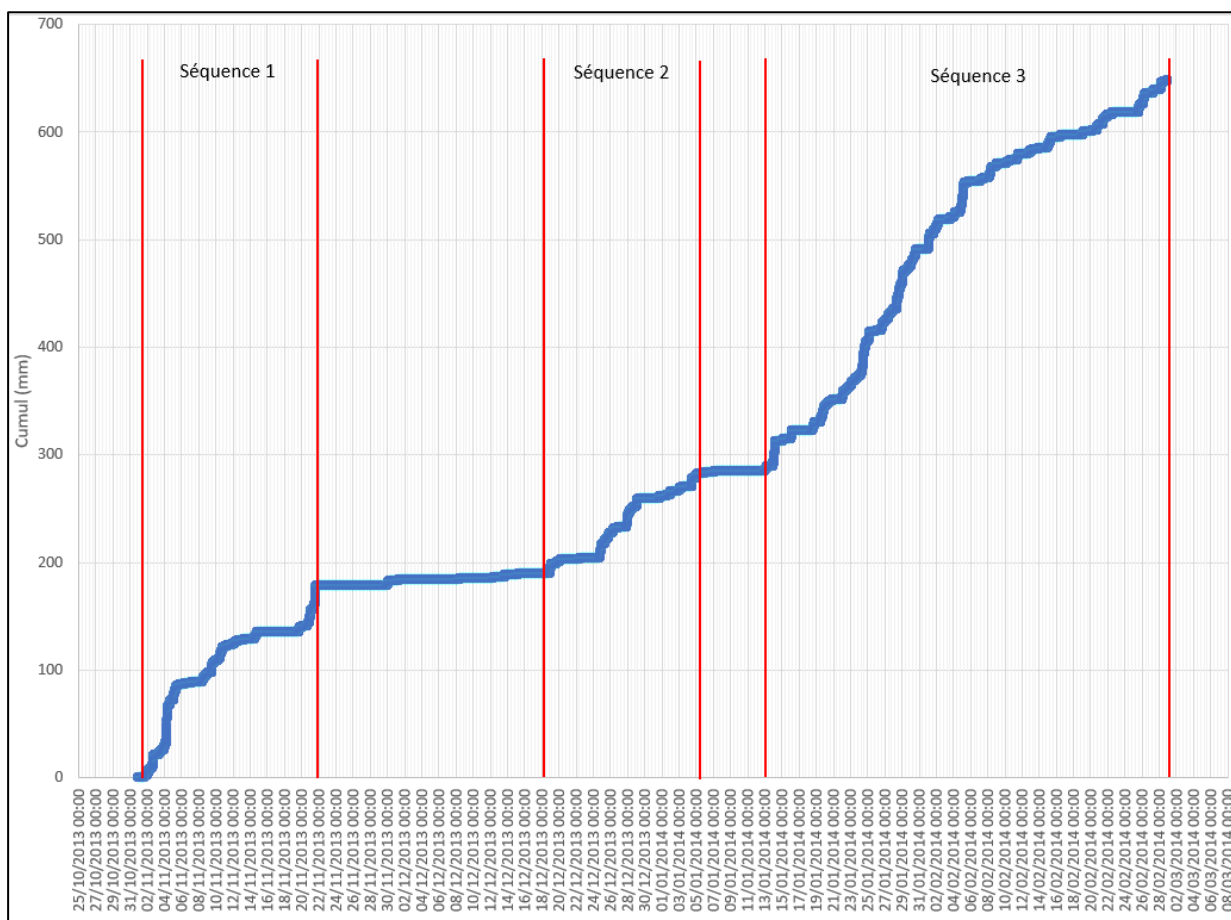
L'analyse de la pluviométrie est **compliquée par la longueur de la période à analyser** et la **multiplicité des événements, aux contours difficiles à discerner**, survenus pendant les 4 mois d'hiver, de novembre à février inclus, au cours desquels de forts cumuls ont été observés. Pour tenter de réaliser une analyse statistique cohérente des périodes de retour des pluies, un séquençage des données mesurées sur le pluviomètre a été mené sur la base

de l'étude des cumuls pluviométriques sur l'ensemble de la période hivernale 2013-2014 (cf.4.1.1).

Ainsi, **3 séquences de pluies** ressortent de l'observation des pentes de la courbe des cumuls visible sur la Figure 8 :

- **Séquence 1** : 01/11/2013 au 22/11/2013
- **Séquence 2** : 18/12/2013 au 05/01/2014
- **Séquence 3** : 12/01/2014 au 28/02/2014

Figure 8 - Cumuls de pluies de l'hiver 2013-2014 au pluviomètre de Cazaux



Les tableaux suivants présentent, pour chacune des 3 séquences, les cumuls calculés sur les différentes durées glissantes considérées, de 24h à 8 jours et l'estimation des périodes de retour qui en découle (cf. 4.1.1).

Tableau 9 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 1 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2013-2014

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	47.1	76.6	87.1	106.9
Date cumul maximal	05/11/2013 06:05	05/11/2013 12:35	06/11/2013 09:45	09/11/2013 15:35
Période de retour associée	< 5 ans	< 5 ans mais proche	< 5 ans	< 5 ans

Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 2 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2013-2014

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	19.6	31.2	55	58.4
Date cumul maximal	25/12/2013 19:05	29/12/2013 05:30	29/12/2013 12:50	01/01/2014 14:40
Période de retour associée	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans

Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 3 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2013-2014

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	38.2	59.5	94.9	129
Date cumul maximal	25/01/2014 07:45	30/01/2014 17:15	29/01/2014 06:30	30/01/2014 17:10
Période de retour associée	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans mais proche	Légèrement supérieur à 5 ans

Les résultats obtenus tendent à montrer que **la pluviométrie seule sur chacune des 3 séquences n'était pas exceptionnelle. La période de retour maximale** calculée sur ces séquences dépasse légèrement **5 ans**. En revanche, si individuellement aucun des événements survenus n'était exceptionnel, la succession très rapprochées d'événements, même de taille modérée, a sans doute engendré des niveaux de nappes très importants et une saturation des sols qui ont maximisé les apports et augmenté la réponse des cours d'eau.

4.2.3. Hydrométrie

Comme explicité en partie 4.1.2 précédente, **l'analyse hydrométrique de la période hivernale 2013-2014 n'a pas pu être réalisée sur les différentes stations de la zone d'étude**, car aucune de ces dernières n'était en fonctionnement à ce moment-là.

Les seules données mesurées disponibles pouvant servir à l'analyse correspondent aux débits enregistrés à la **station HYDRO de « La Grande Leyre »**, située à Salles, soit bien en amont de la zone d'étude (cf. 4.1.2). Le **débit maximal mesuré** à la station le 30/01/2014 était de 122 m³/s. Si l'on compare cette valeur aux débits statistiques associés aux différentes

probabilités d'occurrence calculés au droit de la station (cf. Tableau 5 - 4.1.2), on obtient une **période de retour d'environ 10 ans sur la Leyre.**

Pour apporter un peu plus d'éléments à l'analyse, en l'absence de données mesurées sur la zone d'étude à cette période, l'exercice de qualification a été fait sur les débits simulés par les modèles hydrauliques numériques entre le 25/01/2014 et le 02/02/2014. Sachant toutefois que ces modèles n'ont pu être calés finement sur la période 2013-2014 et qu'il est nécessaire de rester prudents vis-à-vis des limites d'une telle approche (cf. 4.1.2).

Le Tableau 10 suivant regroupe les débits maximaux calculés par les modèles au droit des différents cours d'eau jaugés de la zone d'étude et les temps de retour auxquels ils sont associés, si l'on se réfère aux valeurs statistiques estimées via la méthode de transposition présentées en partie 4.1.2 (Tableau 6).

Tableau 10 - Période de retour des débits maximaux simulés par les modèles pour la période 2013-2014

Cours d'eau	Date	Débit max (m ³ /s)	Période de retour estimée
Ayguemorte	30/01/2014	2.18	Entre 2 et 5 ans
Ruisseau du Bourg	31/01/2014	3.10	Entre 5 et 10 ans
Ponteil	29/01/2014	4.53	Entre 5 et 10 ans
Renet	29/01/2014	3.14	Entre 2 et 5 ans

Les périodes de retour produites par l'analyse statistiques des débits de pointe mesuré par la station de la Leyre à Salles et simulés par les modèles au droit des différents cours d'eau sont variables mais ne dépassent pas 10 ans.

Les périodes de retour associées à l'analyse des débits sont légèrement supérieurs aux périodes de retour calculées lors de l'étude de la pluie. Ce résultat reste **cohérent**, puisque la période hivernale 2013-2014 a connu une **succession d'événements pluvieux nombreux et rapprochés**. Bien que ces événements n'aient pas été individuellement exceptionnels d'un point de vue purement pluviométrique, c'est bien leur enchaînement qui a été à l'origine des inondations observées : d'abord en **saturnant les sols** et occasionnant ainsi l'augmentation du volume et de la vitesse des ruissellements de surface directement drainés par les cours d'eau ; D'autre part, en **accroissant les niveaux de nappes** qui ont également une influence sur l'alimentation du réseau hydrographique.

4.2.4. Conditions de marée

Les graphiques suivants présentent les données validées des niveaux d'eau mesurés au droit du marégraphe d'Eyrac au cours des séquences de pluies 2 et 3 de l'hiver 2013-2014 identifiées en partie 4.2.2.

Nota. Aucune donnée de marée validée n'a été produite pour la séquence 1, en novembre 2013.

Figure 9 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 2 de pluie de l'hiver 2013-2014 (18/12/2013 au 05/01/2014)

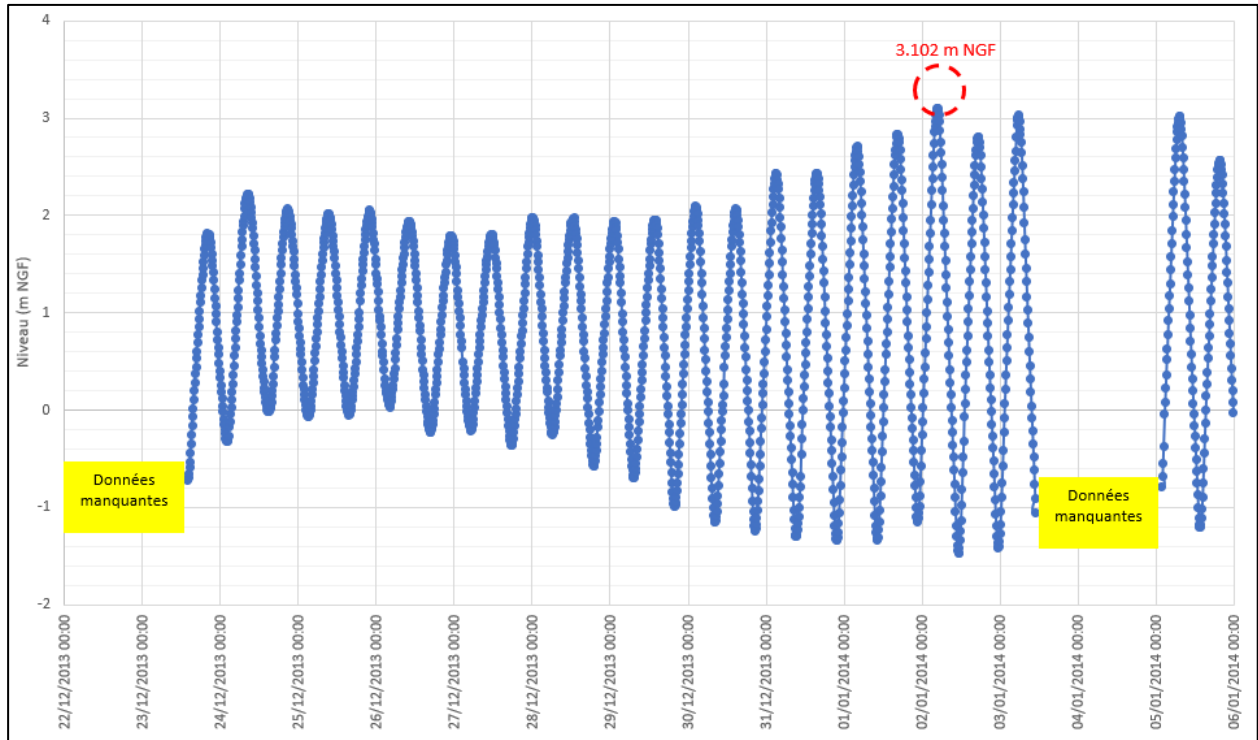
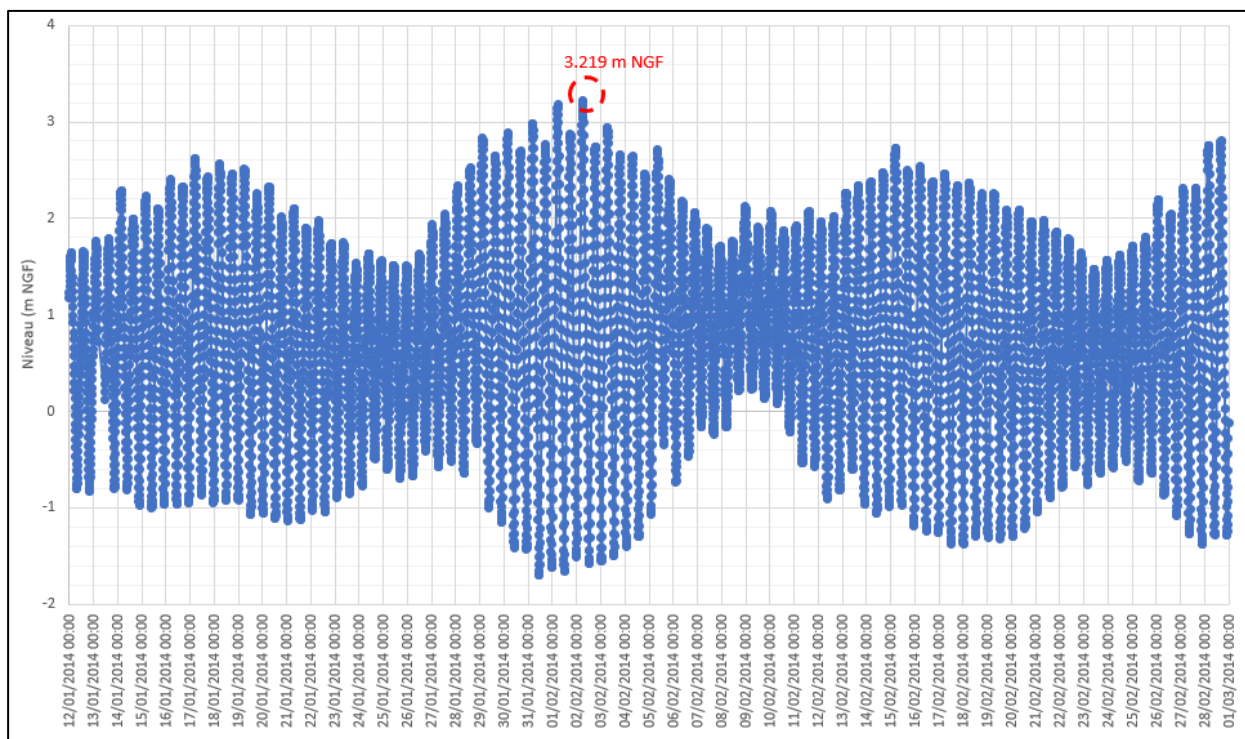


Figure 10 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 3 de pluie de l'hiver 2013-2014 (12/01/2014 au 28/02/2014)



En s'appuyant sur les valeurs statistiques de référence calculées par le SHOM-CETMEF et le CEREMA (cf. Tableau 8), une période de retour est attribuée à chacun de ces maxima de marée dans le tableau ci-après.

Tableau 11 - Période de retour associées aux niveaux maximaux de marée mesurés à Eyrac au cours des séquences pluvieuses de l'hiver 2013-2014

Séquence de pluie	Date	Niveau max (m NGF)	Période de retour estimée
1 (du 01/11/2013 au 22/11/2013)	-	Pas de donnée	-
2 (du 18/12/2013 au 05/01/2014)	02/01/2014 à 04 :50	3.102	< mais proche de 5 ans
3 (du 12/01/2014 au 28/02/2014)	02/02/2014 à 06 :10	3.219	5 ans

Le pic de marée le plus fort mesuré à Eyrac est survenu lors de la séquence 3, exactement le 02/02/2014 à 06 :10, d'une valeur de 3.219 m NGF, équivalent à un **temps de retour d'environ 5 ans**.

A noter toutefois que le BRGM estime que si, individuellement, par pics séparés, les niveaux d'eau et même les conditions de houle n'étaient pas exceptionnels au cours de l'hiver 2013-

2014, c'est la succession rapprochée et donc la durée cumulée de ces tempêtes qui leur donne un caractère exceptionnel et explique leur impact en termes d'érosion et de submersion marine.

4.2.5. Conclusion

Prises séparément, les séquences de pluies et les conditions de marées ont été fortes lors de la période hivernale 2013-2014, mais pas exceptionnelles. Mais c'est véritablement la succession très rapprochées d'un grand nombre d'événements pluvieux intenses qui a contribué à saturer les sols et maximiser les niveaux de nappes, engendrant des réponses fortes des bassins versants avec de hauts niveaux dans les cours d'eau. A cela, se sont ajoutées des marées avec surcotes lors des événements tempêteux susceptibles de bloquer la circulation au droit des exutoires sur des temps plus longs et occasionner, à certains endroits des phénomènes de submersion marine.

C'est vraiment la combinaison, sur un temps long, de forts cumuls de précipitations, induisant une saturation des sols et des conditions de nappes hautes, associée à de hauts niveaux de marée qui a été à l'origine des fortes inondations recensées par le SIBA sur la zone d'étude, au cours de cet hiver 2013-2014.

4.3. ANALYSE DE L'ÉVÈNEMENT DE MAI 2020

4.3.1. Introduction

Contrairement à la période hivernale 2013-2014 analysée précédemment, il s'agit ici véritablement d'un évènement pluvieux clairement défini, s'étendant du 09/05/2020 au 12/05/2020. Il peut être décrit comme un orage long, avec de forts cumuls de pluie concentrés sur 3 à 4 jours.

Contrairement aux hivers 2013-2014 (cf. 4.2.2) et 2020-2021 (cf. 4.3.2) son analyse a pu être réalisée de manière plus traditionnelle (cf. 4.1.1).

4.3.2. Pluviométrie

En considérant un seul **évènement pluvieux global du 09 au 12/05/2020, la période de retour maximale obtenue en analysant les données enregistrées au droit du pluviomètre de Cazaux sur une durée de 24h est comprise entre 20 et 30 ans.**

Le Tableau 12 suivant présente les caractéristiques de cet évènement sur 24h.

Tableau 12 - Caractéristiques de l'événement pluvieux du 09 au 12/05/2020 calculées sur 24h

Début	Fin	Durée période temps sec précédant la pluie (h)	Durée de la pluie (h)	Lame d'eau totale (mm)	Intensité moyenne (mm/h)	Intensité max sur 24h (mm/h)	Lame d'eau sur 24h (mm)	Période de retour
09/05/2020 00:00	11/05/2020 21:37	192	69.62	95.1	1.37	3.11	74.64	20 ans < T < 30 ans

Un **rapport météorologique émis par Météo France** sur les pluies du 9 au 11 mai 2020 **donne une caractérisation différente de cet événement**. L'analyse réalisée ici a été faite à partir des **données radar** en utilisant la méthode statistique Shyreg. Le tableau suivant présente les cumuls maximaux et durées de retour associées obtenus sur les communes concernées par l'événement.

Tableau 13 – Cumuls maximaux et durées de retour calculés par Météo France sur les communes proches du Bassin d'Arcachon

Communes	Date et heure de début de l'épisode (heures légales)	Durée de l'épisode	Quantification		Statistique	
			Cumul maximum	Référence	Durée de retour	Méthode
Arcachon	9 mai 2020 à 17H	48 heures	101 mm	Lame d'eau ANTILOPE	50 ans	Shyreg sur la commune
La Teste de Buch	9 mai 2020 à 17H	48 heures	112 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Gujan-Mestras	9 mai 2020 à 17H	48 heures	126 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Le Teich	9 mai 2020 à 17H	48 heures	137 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Biganos	9 mai 2020 à 17H	48 heures	137 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Audenge	9 mai 2020 à 17H	48 heures	145 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Lanton	9 mai 2020 à 17H	48 heures	130 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Andernos	9 mai 2020 à 17H	48 heures	109 mm	Lame d'eau ANTILOPE	100 ans	Shyreg sur la commune
Arès	9 mai 2020 à 17H	48 heures	108 mm	Lame d'eau ANTILOPE	100 ans	Shyreg sur la commune
Lège-Cap-Ferret	9 mai 2020 à 17H	48 heures	103 mm	Lame d'eau ANTILOPE	100 ans	Shyreg sur la commune
Mios	9 mai 2020 à 17H	48 heures	166 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune
Marcheprime	9 mai 2020 à 17H	48 heures	128 mm	Lame d'eau ANTILOPE	> 100 ans	Shyreg sur la commune

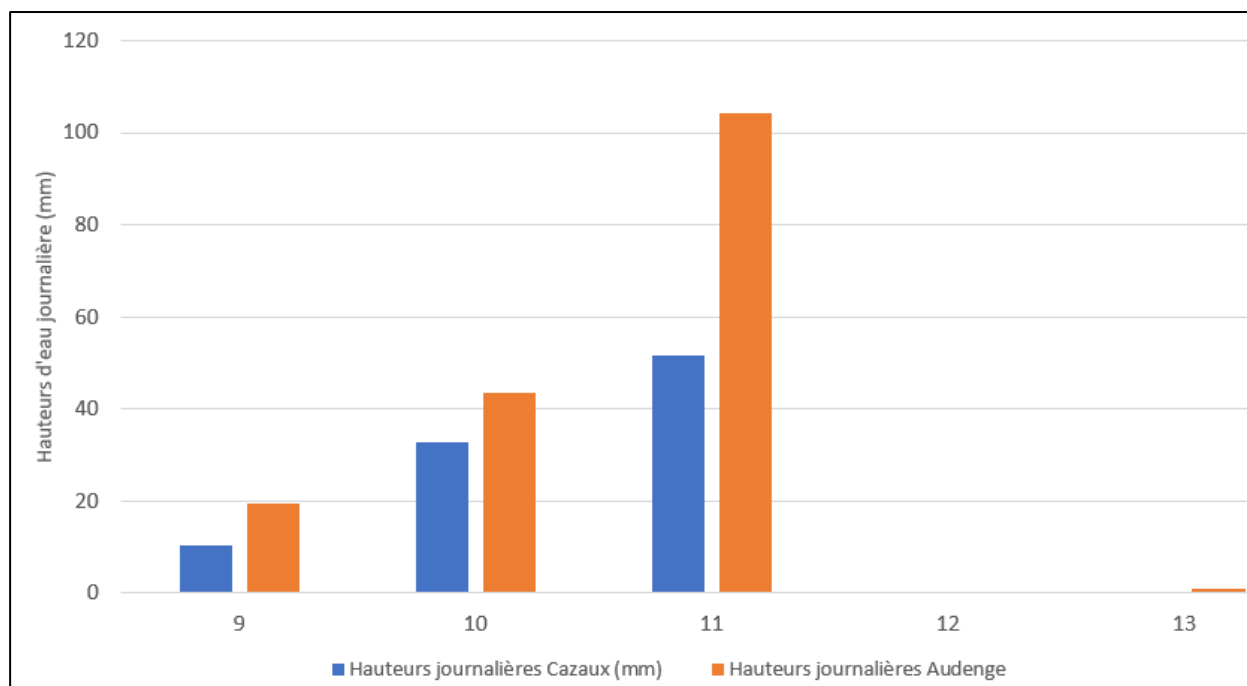
Les **périodes de retour** obtenues sont **équivalentes ou supérieures à 100 ans pour les communes de la zone d'étude**.

Au vu des **écarts importants constatés entre les résultats obtenus via l'analyse faite sur les cumuls de pluie mesurés au pluviomètre de Cazaux et ceux présentés par Météo France**, une étude complémentaire des données enregistrées au droit du pluviomètre du SIBA à Audenge a été menée, malgré les incertitudes quant à la fiabilité des données mesurées au droit de cette station (cf. 4.1.1).

Le graphique de la Figure 11 compare les hauteurs journalières mesurées au droit des pluviomètres de Cazaux et d'Audenge pendant l'événement de mai 2020. Le pluviomètre d'Audenge a enregistré une hauteur environ deux fois supérieure à celui de Cazaux le 11/05,

autour de 100 mm. Si l'on compare cette valeur aux statistiques de la station de Cazaux, cela équivaudrait à une période de retour supérieure à 100 ans. Sachant toutefois les limites d'une telle analyse où les données mesurées sont suspectes et la validité d'une comparaison avec les statistiques d'un pluviomètre éloigné qui, sur cet événement, et en moyenne sur les années 2020 et 2021, a enregistré des cumuls beaucoup moins importants (cf. 4.1.1).

Figure 11 - Comparaison des hauteurs journalières enregistrées au droit des pluviomètres de Cazaux (Météo France) et d'Audenge (SIBA)



Il reste possible que la pluie enregistrée ponctuellement au droit du pluviomètre de Cazaux ne soit pas représentative de la pluie réellement survenue sur la zone d'étude. S'agissant d'un événement orageux, par définition beaucoup plus localisé qu'un événement hivernal traditionnel, le cœur de la dépression était peut-être centré sur la commune d'Audenge et les cumuls tombés à cet endroit largement supérieurs. La période de retour estimée à partir du cumul de pluie du pluviomètre de Cazaux serait alors sous-estimée.

4.3.3. Hydrométrie

Pour cet événement, les **seuls maxima de débit a priori exploitables** sont ceux **mesurés aux stations de la Leyre et du Renet**. Aucune donnée n'était en effet disponible au droit de la station du ruisseau de l'Ayguemorte, puisque celle-ci a été mise en fonctionnement au début de l'automne 2020. Au droit des stations du Ruisseau du Bourg et du Ponteil, les capteurs ont été submergés et les valeurs de débit maximal transmises ne sont pas considérées comme valides. On observe des paliers de données à partir de la submersion des appareils, la valeur obtenue est donc logiquement sous-estimée.

Le Tableau 14 présente les périodes de retour obtenues par comparaison des débits maximaux enregistrés au droit des stations de la zone d'étude avec les débits statistiques estimés via la méthode de transposition (cf. 4.1.2 - Tableau 6).

Tableau 14 - Période de retour des débits maximaux mesurés au droit des station de la zone d'étude pour l'événement de mai 2020

Cours d'eau	Date	Débit max (m ³ /s)	Période de retour estimée
Leyre	13/05/2020	227.00	> 50 ans
Ayguemorte	-	Pas de donnée	-
Ruisseau du Bourg	11/05/2020	3.45	Entre 10 et 20 ans
Ponteil	11/05/2020	5.50	Entre 10 et 20 ans
Renet	11/05/2020	12.96	> 50 ans

Pour pallier le manque de données sur les cours d'eau de l'Ayguemorte, du Ruisseau du Bourg et du Ponteil, de la même manière que dans l'analyse de l'hiver 2013-2014, des périodes de retour ont été estimées à partir des débits de pointe simulés via les modèles numériques. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 15 - Période de retour des débits maximaux simulés par les modèles pour l'événement de mai 2020

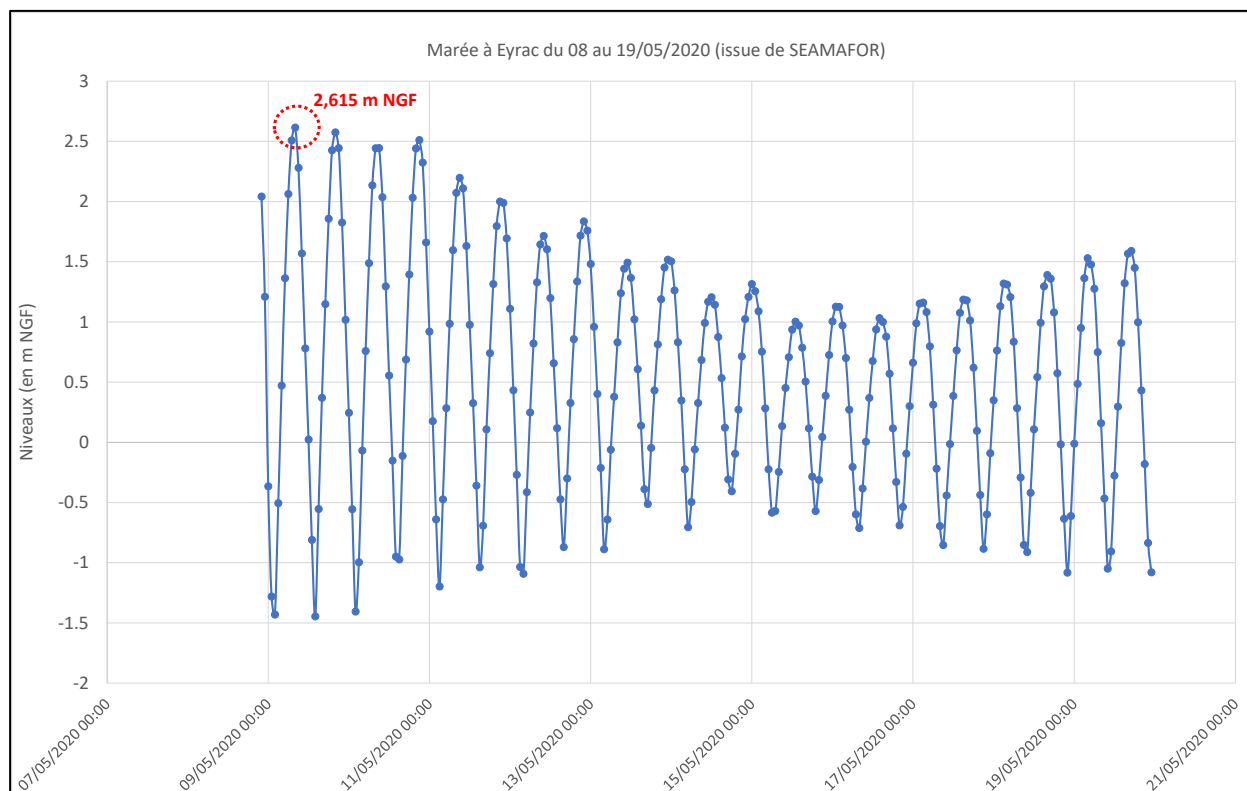
Cours d'eau	Date	Débit max (m ³ /s)	Période de retour estimée
Ayguemorte	12/05/2020	2.69	Entre 5 et 10 ans
Ruisseau du Bourg	12/05/2020	5.46	> 50 ans
Ponteil	11/05/2020	8.20	> 50 ans

Les **périodes de retour** estimées à partir des débits maximaux simulés par les modèles sont **supérieures à 50 ans**, ce qui semble cohérent avec les probabilités d'occurrence calculées via les mesures sur les cours d'eau de la Leyre et du Renet.

4.3.4. Conditions de marée

Le graphique suivant présente les données au droit du marégraphe d'Eyrac issues de SEAMAFOR pour l'épisode orageux de mai 2020. Notons qu'aucune donnée de marée validée n'est disponible sur le site du SHOM entre 31/12/2019 et le 31/12/2020.

Figure 12 - Données de marée à Eyrac issues de l'outil SEAMAFOR pour l'épisode orageux de mai 2020 (08/05/2020 au 19/05/2020)



En s'appuyant sur les valeurs statistiques de référence calculées par le SHOM-CETMEF et le CEREMA (cf. Tableau 8), une période de retour inférieure à 5 ans est attribuée à cet évènement.

4.3.5. Conclusion

L'analyse pluviométrique réalisée avec les données du pluviomètre de Cazaux attribue une **période de retour comprise entre 20 et 30 ans** pour l'évènement de mai 2020. Celle menée par **Météo France**, en cohérence avec les données mesurées au droit du pluviomètre du SIBA à Audenge, estime que le **temps de retour global de cet évènement dépasse 100 ans**.

Ce dernier temps de retour semble **cohérent vis-à-vis de** ceux associés aux **débits de pointe mesurés au droit de la Leyre et du Renet** et aux **débits maximaux simulés** par les modèles sur les cours d'eau du **Ponteil** et le **Ruisseau du Bourg, supérieurs à 50 ans**.

Les niveaux de marée ont quant à eux été assez faibles avec une période de retour associée inférieure à 5 ans.

4.4. ANALYSE DE LA PERIODE HIVERNALE 2020-2021

4.4.1. Introduction

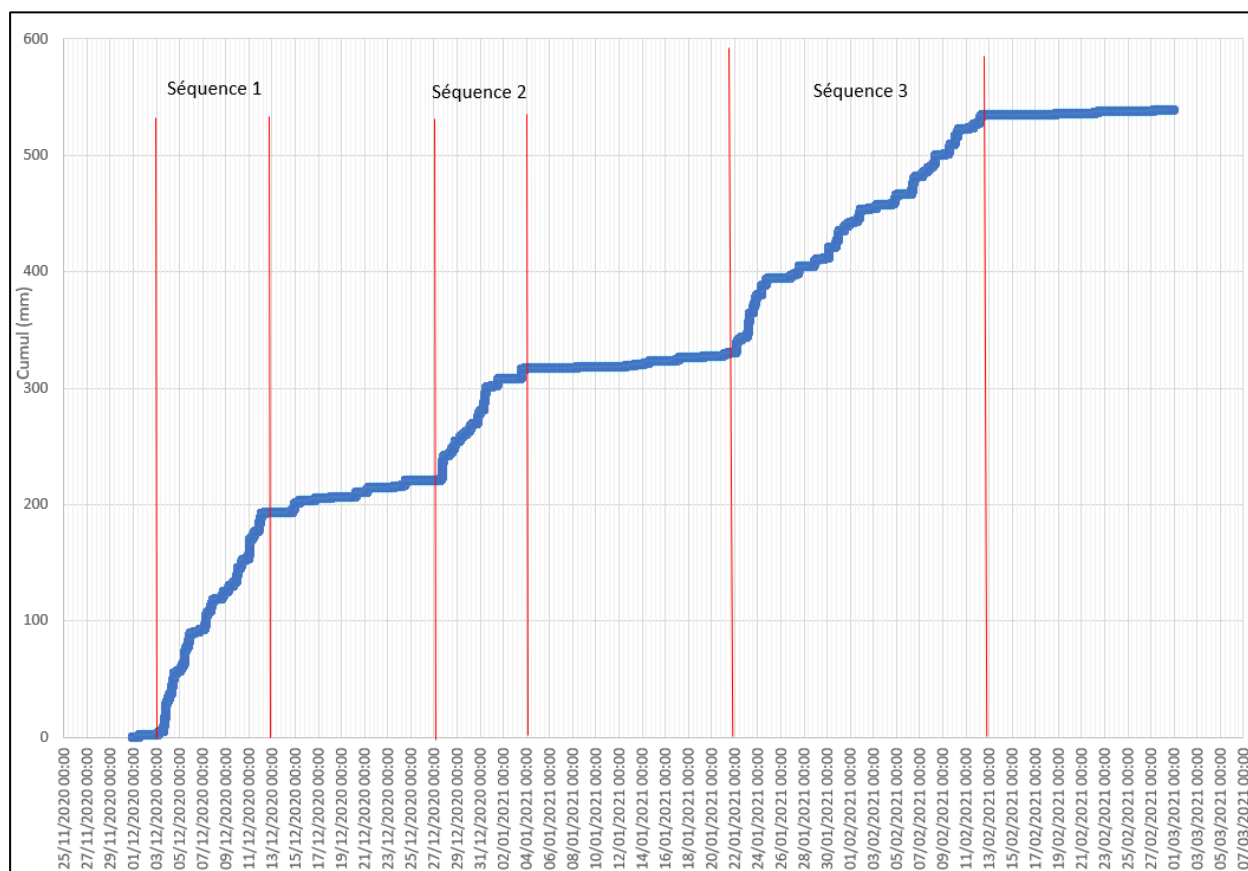
De manière similaire à l'hiver 2013-2014, celui de **2020-2021 s'est révélé extrêmement pluvieux** sur la zone d'étude avec **l'occurrence successive d'un grand nombre d'événements, parmi lesquels plusieurs tempêtes** ayant occasionnées des surcotes dans le Bassin.

4.4.2. Pluviométrie

L'analyse réalisée est la même que celle présentée pour l'hiver 2013-2014. L'étude de la courbe des cumuls de pluie sur l'ensemble de la période du 01/12/2020 au 01/03/2021 (cf. Figure 13) permet de dégager ici encore, 3 séquences de pluies :

- **Séquence 1** : 03/12/2020 au 13/12/2020
- **Séquence 2** : 27/12/2020 au 04/01/2021
- **Séquence 3** : 22/01/2021 au 13/02/2021

Figure 13 - Cumuls de pluies de l'hiver 2020-2021 au pluviomètre de Cazaux



Les tableaux suivants présentent, pour chacune des 3 séquences, les cumuls calculés sur les différentes durées glissantes considérées, de 24h à 8 jours et l'estimation des périodes de retour qui en découle.

Tableau 16 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 1 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	49.4	87.7	116.7	171.1
Date cumul maximal	04/12/2020 13:50	06/12/2020 01:45	08/12/2020 00:50	11/12/2020 15:45
Période de retour associée	< 5 ans	Entre 5 et 10 ans (plus proche de 5 ans)	Entre 10 et 20 ans (plus proche de 10 ans)	Entre 50 et 100 ans (plus proche de 100 ans)

Tableau 17 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 2 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	30.9	54.4	86.1	96.0
Date cumul maximal	31/12/2020 15:30	31/12/2020 13:45	01/01/2021 14:15	03/01/2021 23:55
Période de retour associée	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans

Tableau 18 - Cumuls maximaux et périodes de retours associées calculés sur la séquence 3 – pluviométrie mesurée à Cazaux lors de l'hiver 2020-2021

	Durée de calcul glissante			
	Sur 1j	Sur 3j	Sur 5j	Sur 8j
Cumul maximal (mm)	36.1	64.4	67.2	90.6
Date cumul maximal	24/01/2021 00:45	24/01/2021 23:55	27/01/2021 02:15	31/01/2021 02:40
Période de retour associée	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans	< 5 ans

Les résultats obtenus tendent à montrer que **la pluviométrie de la séquence 1, de décembre 2020, est la plus forte** des trois avec **une période de retour estimée à presque 100 ans pour le cumul sur 8 jours**. Cette première séquence toutefois n'est pas obligatoirement celle ayant engendré le plus de débordements car elle est la première, après

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

une longue période de temps sec, contrairement aux deux séquences suivantes pour lesquelles les sols devaient être saturés et le niveau des nappes souterraines élevé après plusieurs semaines de pluie.

4.4.3. Hydrométrie

Au cours de la période, plusieurs pics de débits sont bien visibles sur les différentes séries de données mesurées aux droit des stations de la zone d'étude.

Nota. On note toute de même l'absence de données ou de données exploitables en décembre 2020 sur l'Ayguemorte, et sur le Ponteil, début 2021.

Le Tableau 19 présente les périodes de retour obtenues par comparaison des débits maximaux enregistrés au droit des stations de la zone d'étude avec les débits statistiques estimés via la méthode de transposition (cf. 4.1.2 - Tableau 6).

Tableau 19 - Période de retour des débits maximaux exploitables mesurés au droit des station de la zone d'étude pour l'hiver 2020-2021

Cours d'eau	Date	Débit max (m ³ /s)	Période de retour estimée	Séquence pluie associée
Leyre	13/12/2020	90	Entre 2 et 5 ans	1
	02/01/2021	146	20 ans	2
	26/01/2021	103	5 ans	3
	03/02/2021	143	20 ans	3
	11/02/2021	100	5 ans	3
Ayguemorte	01/01/2021	2.52	5 ans	2
	25/01/2021	1.81	2 ans	3
	02/02/2021	2.76	5 ans	3
	10/02/2021	2.57	5 ans	3
Ruisseau du Bourg	11/12/2020	2.59	Entre 2 et 5 ans	1
	31/12/2020	2.91	Entre 5 et 10 ans	2
	25/01/2021	2.46	Entre 2 et 5 ans	3
	31/01/2021	2.8	Entre 5 et 10 ans	3
	10/02/2021	2.54	Entre 2 et 5 ans	3
Ponteil	15/12/2020	2.12	< 2 ans	1
	31/12/2020	5.5	Entre 10 et 20 ans	2
Renet	15/12/2020	0.78	< 2 ans	1
	31/12/2020	3.97	Entre 5 et 10 ans	2

	25/01/2021	2.68	Entre 2 et 5 ans	3
	02/02/2021	4	Entre 5 et 10 ans	3
	10/02/2021	5.88	Entre 20 et 50 ans	3

On constate globalement que les **débits maximaux** découlant de la **séquence 1** de pluie, la plus forte, sont associés à des **périodes de retour** comprises **entre 2 et 5 ans**. Ces périodes de retour peuvent paraître faibles au regard des périodes de retour estimées pour les autres pluies. Le fait que les intempéries soient survenues à l'issue d'une longue période assez sèche, sur des sols non-saturés et avec des conditions de nappes sans doute encore moyennes, peut expliquer cet abattement important des volumes et leur impact modéré sur les cours d'eau de la zone d'étude. En effet, la pluviométrie du mois de novembre 2020 semble avoir été assez faible avec des hauteurs mensuelles totales d'environ 20 mm seulement mesurées au droit des stations Météo France de Cazaux, Bordeaux-Mérignac et Lacanau.

Les **séquences de pluie 2 et 3** semblent avoir généré des **débits plus importants** avec des périodes de retour maximales respectivement comprises entre 5 et 20 ans et 5 et 50 ans selon les cours d'eau et les événements. A noter surtout, le **nombre de pics de débits notables sur la période complète, environ 5 grands « événements » hydrologiques d'ampleur**, de période de retour supérieure à 2 ans et pouvant dépasser 20 ans **sur une durée de 2 mois**.

4.4.4. [Conditions de marée](#)

Les graphiques suivants présentent les données validées de niveaux d'eau mesurés au droit du marégraphe d'Eyrac au cours des séquences de pluies 2 et 3 de l'hiver 2020-2021 identifiées en partie 4.4.2.

Nota. Aucune donnée de marée validée n'a été produite pour la séquence 1, début et mi-décembre 2020.

Figure 14 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 2 de pluie de l'hiver 2020-2021 (27/12/2020 au 04/01/2021)

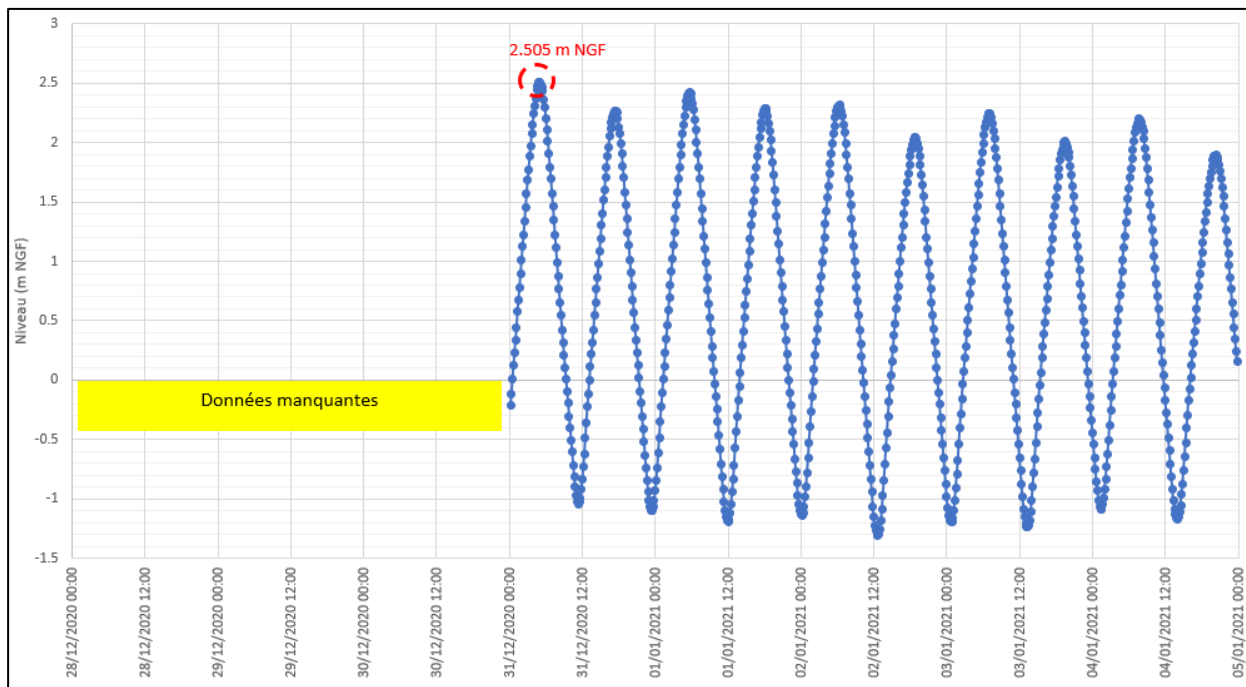
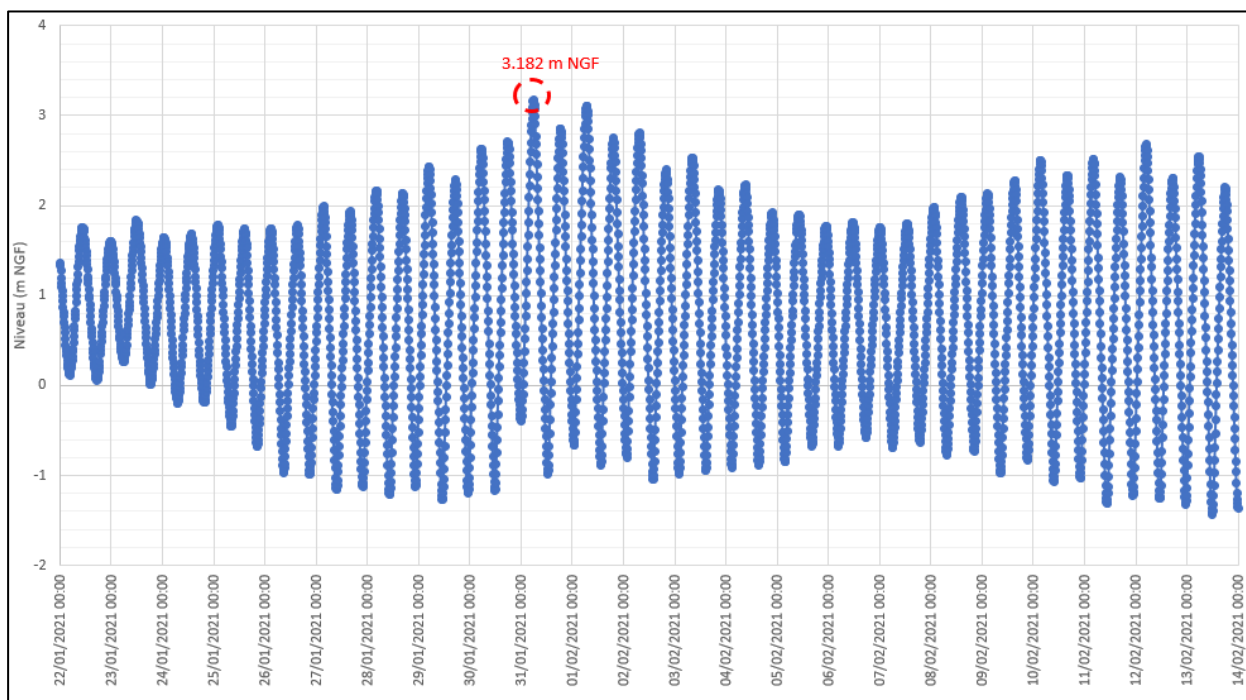


Figure 15 - Données de marée validées mesurées à Eyrac au cours de la séquence 3 de pluie de l'hiver 2020-2021 (22/01/2021 au 13/02/2021)



En s'appuyant sur les valeurs statistiques de référence calculées par le SHOM-CETMEF et le CEREMA (cf. Tableau 8), le Tableau 20 attribue une période de retour à chacun de ces maxima de marée.

Tableau 20 - Période de retour associées aux niveaux maximaux de marée mesurés à Eyrac au cours des séquences pluvieuses de l'hiver 2020-2021

Séquence de pluie	Date	Niveau max (m NGF)	Période de retour estimée
1 (du 03/12/2020 au 13/12/2021)	-	Pas de donnée	-
2 (du 27/12/2020 au 04/01/2021)	31/12/2020 à 05:00	2.505	< 5 ans
3 (du 22/01/2021 au 13/02/2021)	31/01/2021 à 05:50	3.182	Environ 5 ans

Le pic de marée le plus fort mesuré à Eyrac est survenu lors de la séquence 3, exactement le 31/01/2021 à 05:50, d'une valeur de 3.182 m NGF, équivalent à un **temps de retour d'environ 5 ans**.

4.4.5. Conclusion

La période hivernale 2020-2021 combine les effets des deux périodes historiques précédentes de l'hiver 2013-2014 et de l'événement de mai 2020, dans le sens où :

- **Individuellement**, on observe **plusieurs événements pluviométriques forts**, en particulier lors de la **séquence 1** avec des périodes de retour élevées ;
- On a une **succession longue de plusieurs séquences de pluie** engendrant un **nombre important de pics de débits de périodes de retour élevées (de 5 à 50 ans)** sur l'ensemble de la période. Cette succession d'un grand nombre d'intempéries, a, comme lors de l'hiver 2013-2014, occasionné une saturation des sols et des niveaux de nappes qui ont aggravé les conséquences des fortes précipitations.

5. CHOIX DES EVENEMENTS DE CALAGE

La détermination des événements pluvieux à retenir pour le calage du modèle a été réalisée, en concertation avec le SIBA, à l'issue des analyses pluviométrique et hydrométriques des périodes réelles des hivers 2013-2014, 2020-2021 et de l'évènement orageux de mai 2020 (cf. 4.2, 4.3 et 4.4). En effet, pour les longues périodes pluvieuses hivernales, le choix d'une séquence de pluie restreinte d'un point de vue temporel, compatible avec les contraintes de la modélisation a dû être fait, car simuler la totalité de la chronique sur les mois d'hiver n'était pas possible.

Ainsi, Les trois périodes pluvieuses retenues pour le calage sont les suivantes :

-
- L'évènement du 9 au 16 mai 2020 ;
 - L'évènement du 27 décembre au 7 janvier 2021 (séquence 2 de l'hiver 2020-2021).
 - Afin de vérifier la validité des sous-modèles, l'évènement du 25 au 2 février 2014 est simulé suite au calage. Il permet de faire une comparaison avec les résultats obtenus dans les schémas directeurs EP.

6. DONNEES UTILISEES POUR LE CALAGE DES SOUS-MODELES

6.1. CONDITIONS AUX LIMITES

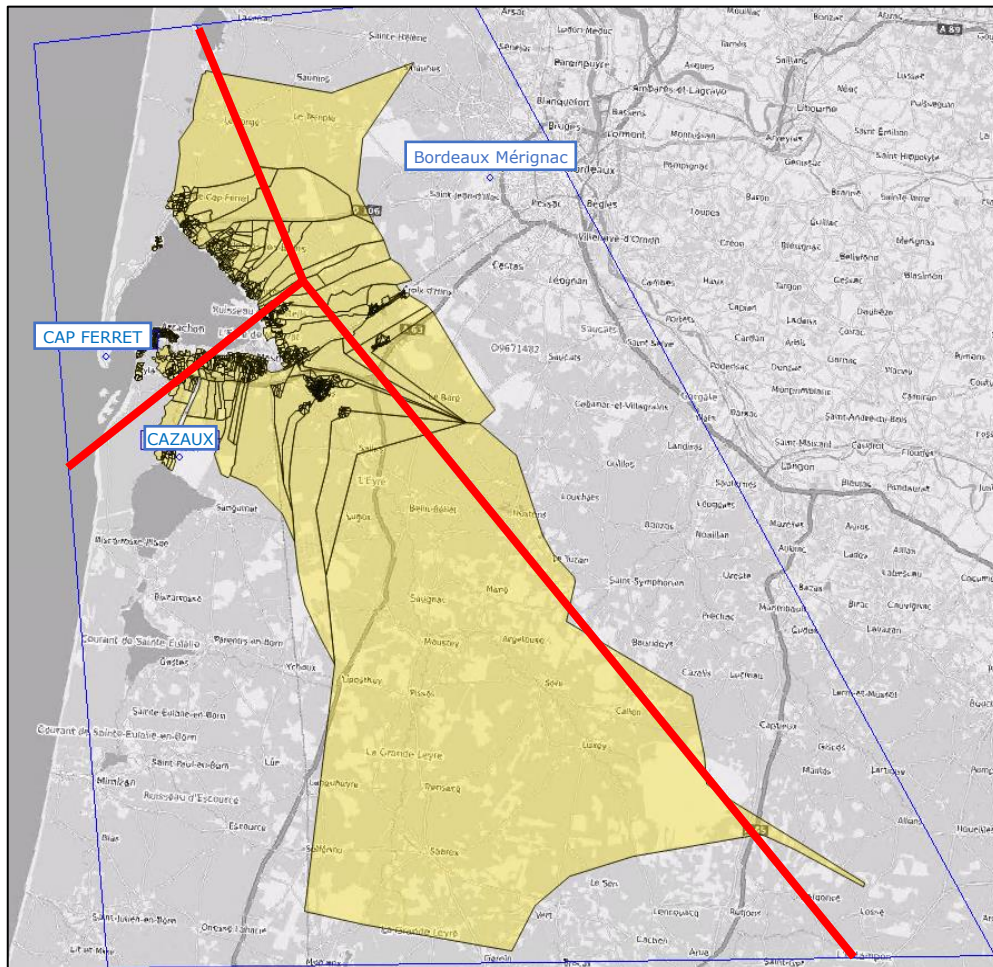
6.1.1. Pluviométrie

Les données pluviométriques issues des pluviomètres de Cazaux, Bordeaux Mérignac et Lège Cap Ferret ont été utilisées pour les trois périodes pluvieuses retenues pour le calage suivantes :

- Du 25/01/2014 au 02/02/2014 ;
- Du 09/05/2020 au 16/05/2020 ;
- Du 27/12/2020 au 07/01/2021.

La zone d'influence de chacun de ces 3 pluviomètres est caractérisée par la définition de polygones de Thiessen. La figure ci-après représente ces zones d'influence.

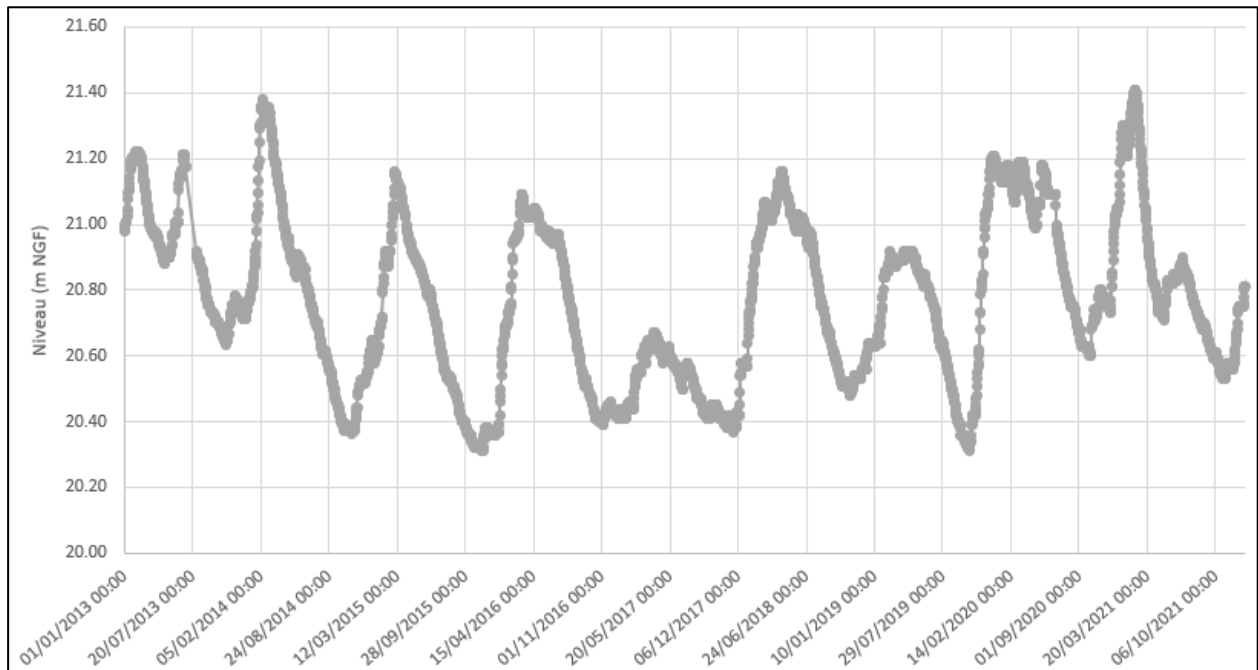
Figure 16 : Zone d'influence des pluviomètres – Polygones de Thiessen



6.1.2. Lac de Cazaux

Le niveau mesuré au droit du port de Cazaux, dans le Lac de Cazaux, est utilisé comme condition limite amont du Canal des Landes, dont le fonctionnement de l'écluse amont EC08 dépend. L'évolution du niveau entre le 01/01/2013 et le 01/01/2022 est présentée sur la figure ci-après. Une variation entre 20.23 m NGF et 21.41 m NGF est visible.

Figure 17 - Niveau mesuré au droit du port de Cazaux entre le 01/01/2013 et le 01/01/2022



6.1.3. Canal des Etangs

Le canal des Etangs, qui relie les lacs d'Hourtin et Lacanau au bassin d'Arcachon, permet la vidange des lacs sur les périodes simulées. Le débit de vidange en sortie du lac de Lacanau est calculé à partir de la loi de déversoir ci-après :

$$Q = 0.4 * \sqrt{2 * g} * L * h_{amont}^{3/2}$$

Avec :

- Q le débit (m³/s) ;
- h_{amont} (m) la hauteur d'eau à l'amont au-dessus de l'écluse Batejin (sortie du lac). Cette hauteur est calculée à partir du niveau mesuré en amont de l'écluse (donnée du Syndicat Intercommunal d'Aménagements des Eaux du Bassin Versant des Etangs du Littoral Girondin) ;
- L la largeur du déversoir (m).

Le débit calculé varie entre 26.8 m³/s et 36.5 m³/s sur les périodes simulées.

6.1.4. Débits d'échange nappe-rivière (données MOHYS)

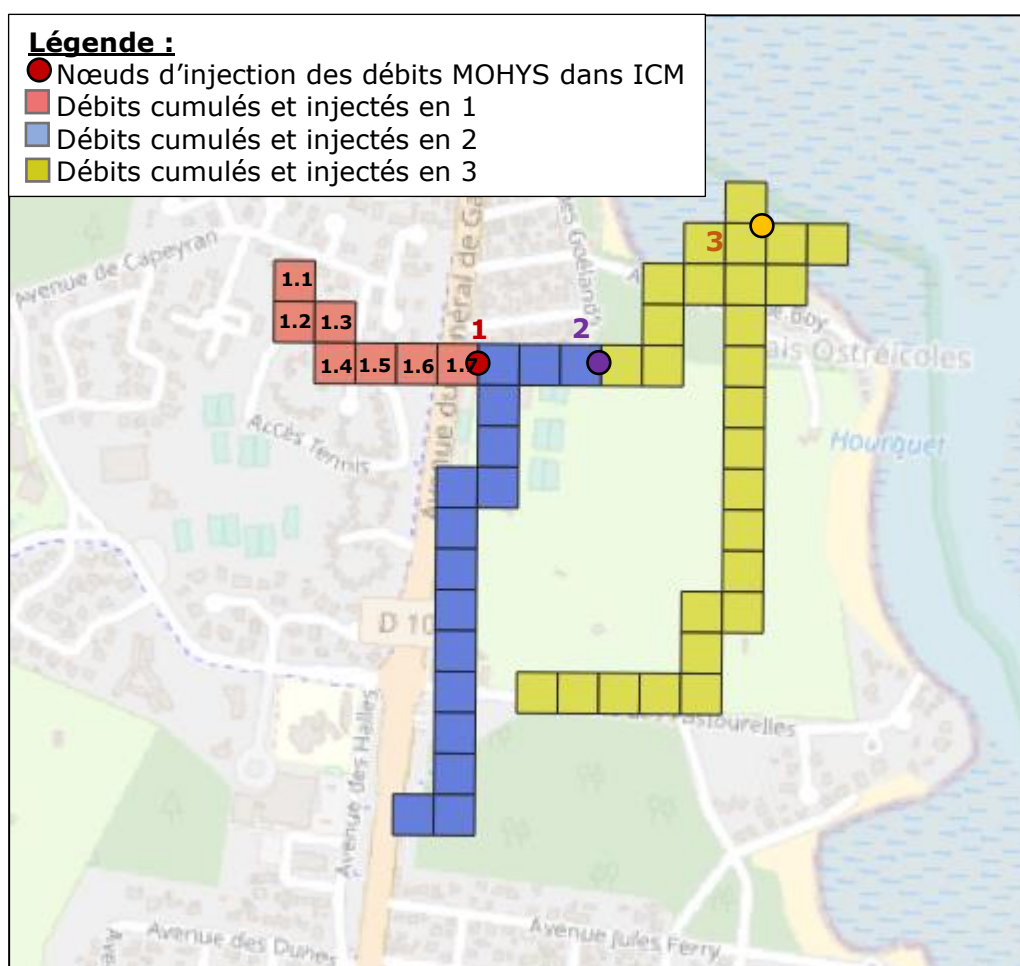
Le modèle MOHYS, réalisé par le BRGM pour le SIBA, est un modèle hydrogéologique, reposant sur un maillage, calé à partir des points d'observations des nappes et cours d'eau.

Il permet de simuler les débits des cours d'eau ainsi que les débits d'échanges entre nappes et rivières entre 2014 et 2022. Les résultats fournis sont sous forme de débit par maille au pas de temps mensuel, avec une valeur à chaque fin de mois. **Les débits négatifs correspondent à des résurgences (nappe vers rivière) et les débits positifs à des infiltrations (rivière vers nappe).**

Les échanges de la nappe vers la rivière (résurgences) ont été intégrés à la modélisation ICM sous forme d'injection de débit au droit de certains nœuds dans les cours d'eau. 312 nœuds ont été identifiés comme pertinents pour l'injection de débit, en fonction notamment des maillages hydrauliques. Entre chacun de ses nœuds, le cumul des débits a été calculé. Sur ICM, les débits cumulés des résurgences ont ensuite été injectés dans les nœuds identifiés.

La figure ci-après présente un exemple de la méthode appliquée, avec les mailles du modèle MOHYS colorées en fonction du nœud d'injection de débit auquel elles sont associées.

Figure 18 - Exemple d'intégration des données MOHYS



Le tableau ci-après détaille deux exemples de calculs de débits cumulés réalisés sur les mailles en rouge de la figure précédente (1.1 à 1.7) sur un pas de temps mensuel :

- L'exemple 1 illustre le cas d'une résurgence de nappe : le débit cumulé calculé est négatif et serait donc intégré dans ICM sous forme d'injection de débit positif au point 1 ;
- L'exemple 2 illustre le cas d'une infiltration : le débit cumulé calculé est positif et ne serait donc pas intégré dans ICM.

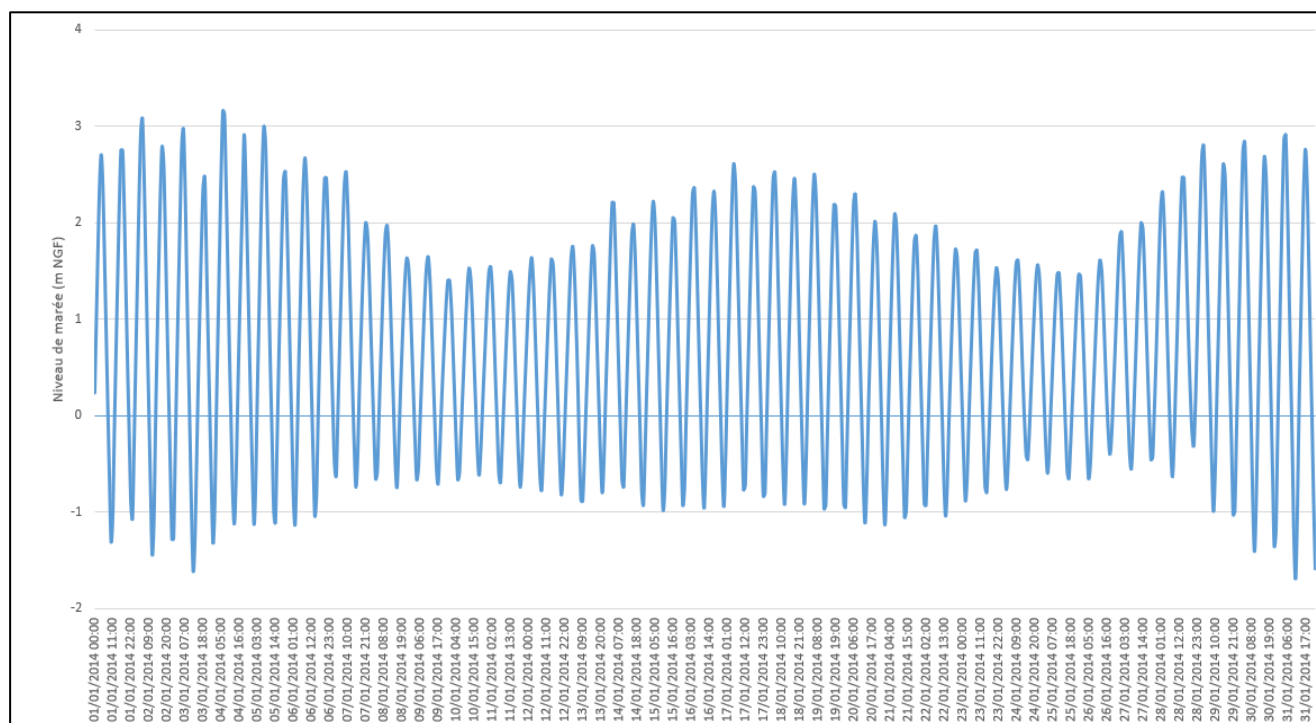
Tableau 21 - Exemples de calculs de débits cumulés au point 1 sur un pas de temps mensuel

	Débit par maille (m3/j)							Débit cumulé au point 1 (m3/j)	Débit intégré dans ICM au point 1 (m3/j)
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7		
Exemple 1	-50	-30	+60	+100	+10	-10	-180	-100	+100
Exemple 2	-20	+10	+90	+130	+50	-10	-80	+170	0

6.1.5. Marées / Submersion marine

Pour la période 2014, les niveaux de marées sont issus du marégraphe d'Eyrac à Arcachon. Ces mêmes niveaux sont appliqués à tous les exutoires du modèle.

Figure 19 - Niveau au marégraphe d'Eyrac à Arcachon en janvier 2014 (source : SHOM)



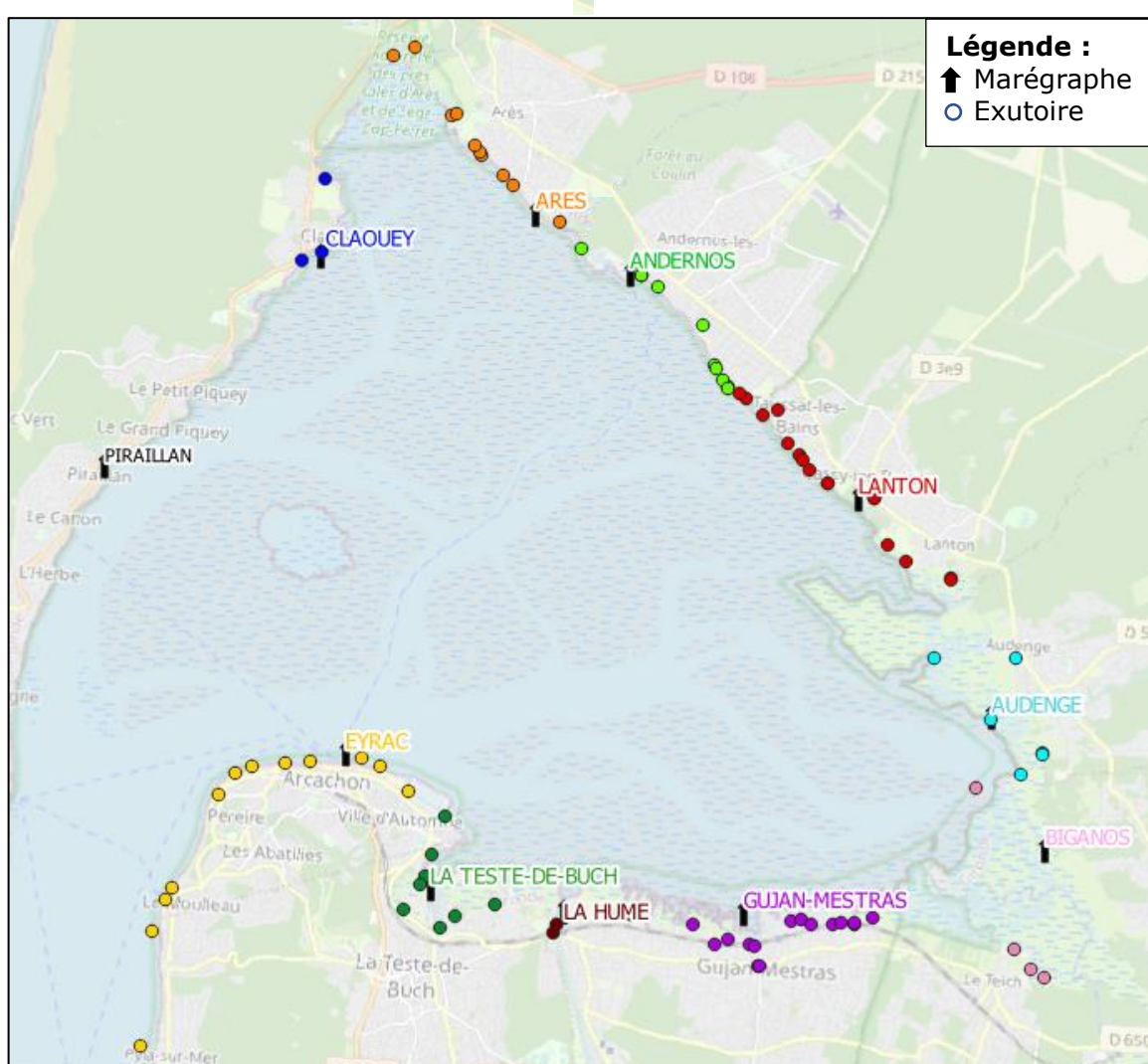
Pour les périodes 2020 et 2021, les niveaux de marées sont issus des 11 marégraphes SEAMAFOR. Ces niveaux sont répartis aux exutoires selon leur proximité avec les 11 stations. La figure ci-après illustre cette répartition : chaque couleur correspond à un marégraphe.

Le tableau ci-dessous précise les maxima de marée atteints pour les périodes simulées.

Tableau 22 - Cotes maximales enregistrées au droit des marégraphes du bassin et appliquées dans les modèles

Période	Cote maximale (m NGF)	Date du maximum
Janvier 2014	3.16	04/01/2014 à 6h
Mai 2020	3.09	09/05/2020 à 20h
Décembre à février 2021	3.22	01/02/2021 à 7h

Figure 20 – Répartition des niveaux de marées pour 2020 et 2021



En mai 2020, le niveau de marée le plus haut est enregistré le 09/05/2020 à 20h00 au marégraphe ARES et atteint 3.08 m NGF. Le niveau minimum à cette heure est enregistré à Eyrac avec 2.57 m NGF.

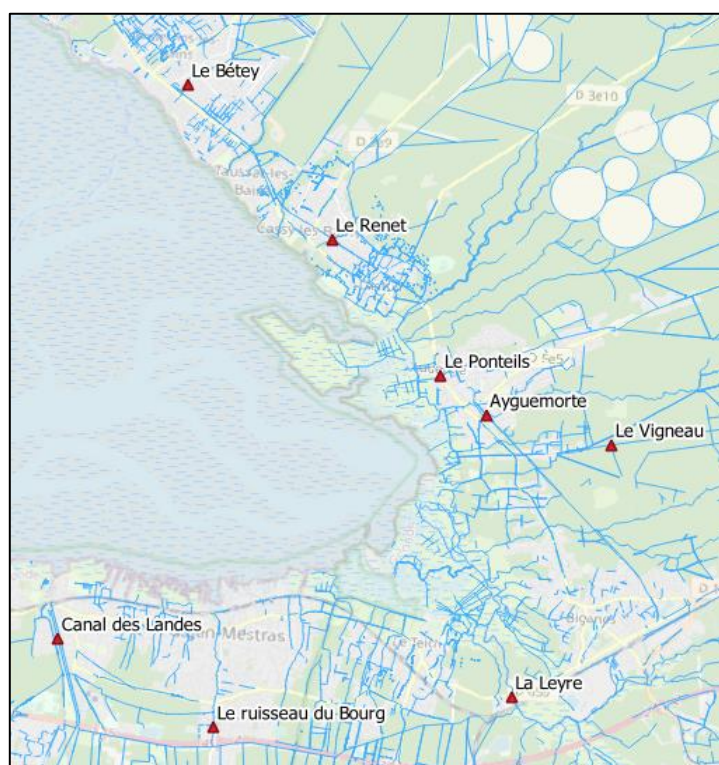
En janvier/février 2021, le niveau de marée le plus haut est enregistré le 01/02/2021 à 8h00 au marégraphe BIGANOS et atteint 3.22 m NGF. Le niveau minimum à cette heure est enregistré à Eyrac avec 2.84 m NGF.

6.2. DONNEES DE COMPARAISON POUR LE CALAGE

6.2.1. Mesures de hauteurs et courbes de tarage

Le SIBA dispose de 8 stations de mesures de hauteurs sur des cours d'eau, localisées sur la figure ci-après.

Figure 21 - Localisation des stations de mesures de hauteurs du SIBA



Des courbes de tarage, fournies par le SIBA, permettent de calculer les débits dans les cours d'eau en fonction des hauteurs mesurées si celles-ci sont comprises dans un certain intervalle.

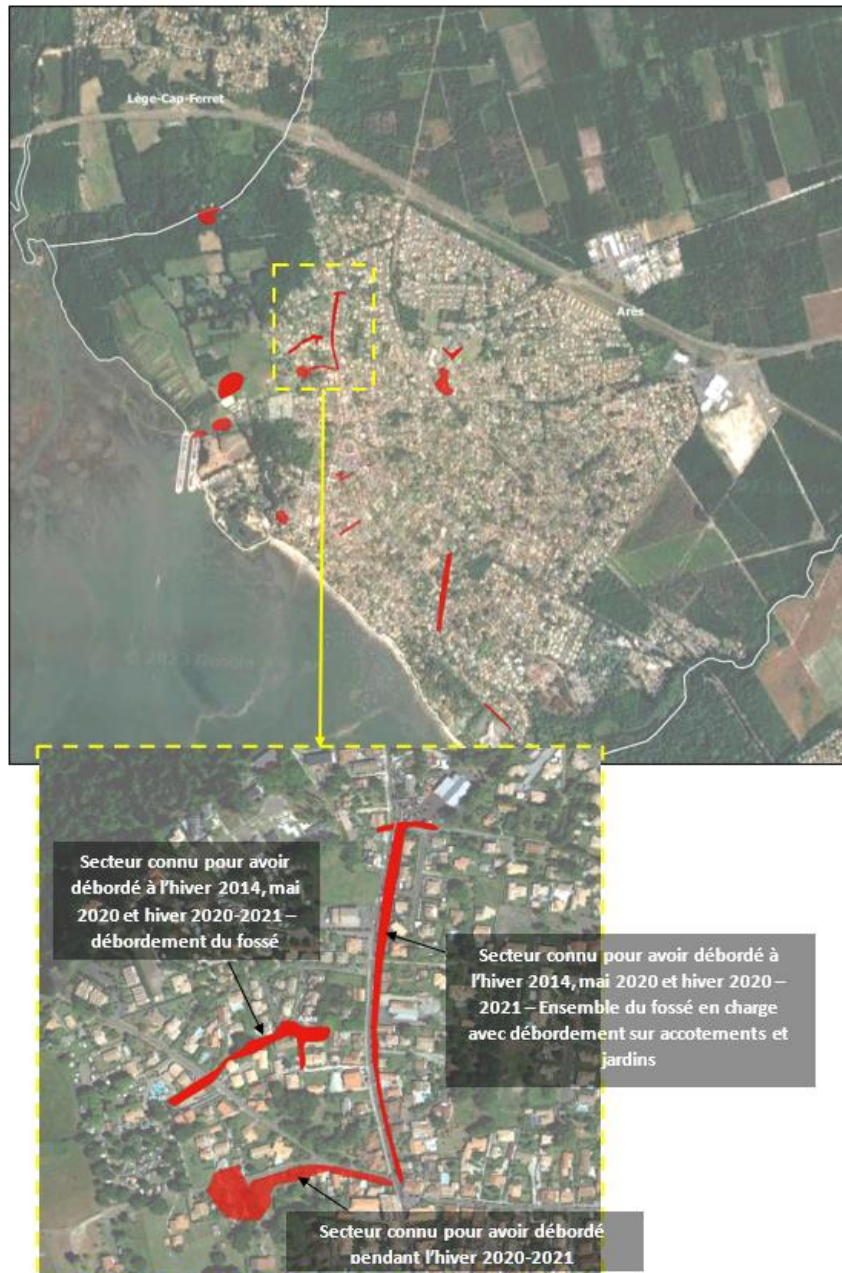
Le figure ci-après synthétise la disponibilité des hauteurs et débits pour les événements de calage retenus. Les stations de mesures ayant été installées après 2016, aucune mesure n'est disponible pour la période de janvier 2014.

6.2.2. Zones d'inondation connues

Les zones d'inondation connues et transmises par le SIBA sous la forme de polygones SIG permettent de réaliser un calage qualitatif qui s'ajoute au calage fait à partir des données de hauteurs mesurées en station (cf. 6.2.1). La couche SIG envoyée par le SIBA mentionnait pour chaque zone, l'événement pluvieux à son origine, ainsi qu'un commentaire précisant les circonstances du débordement ou toute information complémentaire relevée sur le terrain.

La figure suivante présente, à titre d'exemple, un extrait des emprises inondées transmises par le SIBA sur la commune d'Arès.

Figure 23 – Vue des zones d'inondation transmises par le SIBA sur la commune d'Arès et zoom sur trois emprises spécifiques



7. RESULTATS DU CALAGE

Le **calage** consiste à **ajuster les paramètres hydrologiques et hydrauliques des sous-modèles pour s'approcher au plus près des données observées**, c'est-à-dire des **mesures de hauteurs et calculs de débits associés aux droit des capteurs** en rivière, et des **emprises des zones d'inondation connues** (cf. 6.2).

Cette démarche a été effectuée de manière itérative et de nombreux échanges avec le SIBA tout au cours de cette phase a permis d'améliorer la représentativité du modèle hydraulique. Une visite de terrain a également été effectuée au cours de cette étape pour visualiser certains secteurs pour lesquels les résultats de modélisation n'étaient pas satisfaisants en première approche.

Nota. Le calage a été effectué sur la base des données de hauteurs mesurées en rivière et des enveloppes d'inondation fournies par le SIBA pour crues de mai 2020 et celles de l'hiver 2020-2021 pour l'ensemble des modèles (cf. 6.2), à l'exception de celui du Pyla et Arcachon. En effet, sur ces deux communes, les événements de historiques de 2020 et 2021 n'ont pas occasionné de dégâts dans une proportion semblable à celle des autres secteurs de la zone d'étude. De plus, aucune station de mesure n'existe dans l'emprise de ce modèle. Par conséquent, le calage des zones d'inondation s'est appuyé sur la comparaison des résultats de simulations obtenus pour la pluie de projet de référence du SIBA, de période de retour 30 ans, avec les secteurs d'inondation du Schéma Directeur des Eaux Pluviales.

7.1. COMPARAISON DES DEBITS ET HAUTEURS MESURES ET SIMULES AU DROIT DES STATIONS DE MESURE

Les résultats de calage des points de mesure sont présentés par station (cf. 6.2.1) et par événement.

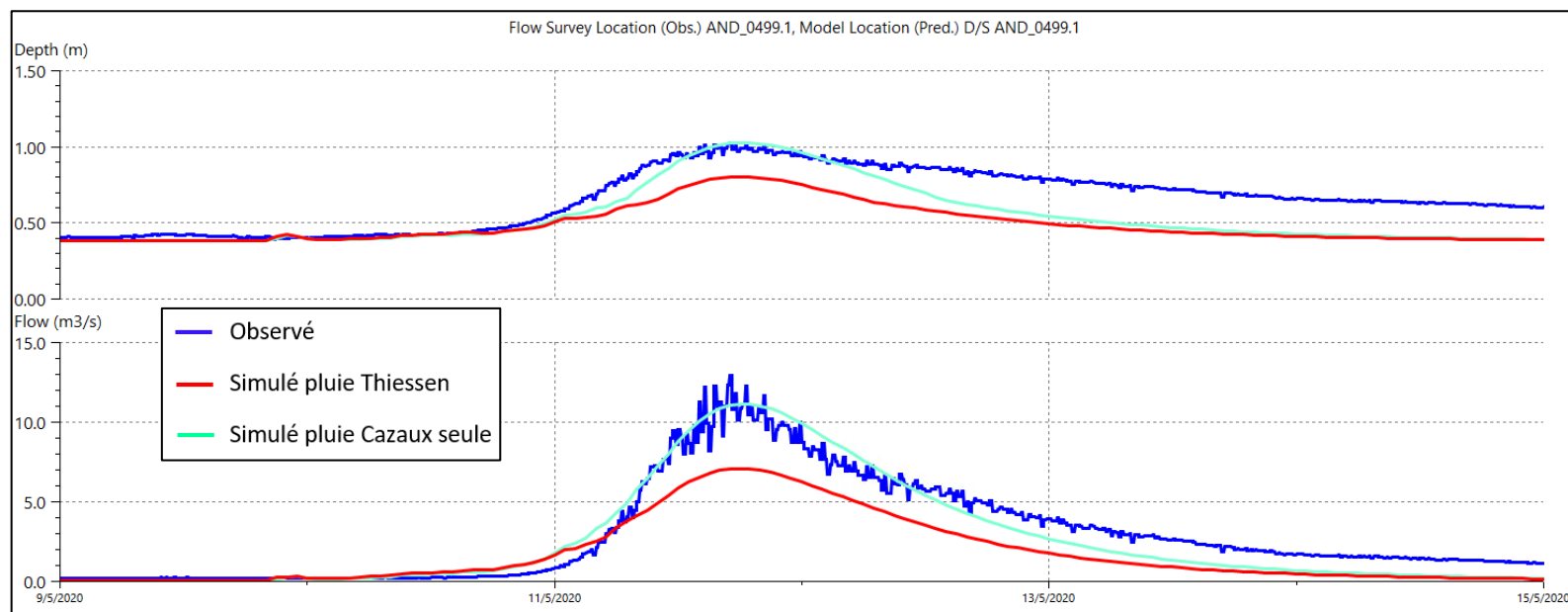
Dans les graphiques de hauteurs et de débits, les **grandeurs mesurées sont en bleu**, et les **résultats de simulation sont en rouge**.

7.1.1. Station du Renet à Lanton

Mai 2020

La Figure 24 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du Renet pour l'événement de mai 2020.

Figure 24 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Renet pour l'événement de mai 2020



AND_0499.1	V (m³)			Q (m³/s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	1 514 104	931 340	-38%	12.92	7.08	-45%	1.03	0.80	-22
Mai 2020 - Cazaux	1 514 104	1 370 961	-9%	12.92	11.17	-14%	1.03	1.03	0

PROLOG INGENIERIE

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

- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

Usuellement, les pluies simulées sont spatialisées, elles sont construites via la **méthode de Thiessen** à partir des données des pluviomètres Météo France situés dans ou à proximité de la zone d'étude. Dans notre cas, la pluie de Thiessen a été construite à partir des données validées des **trois pluviomètres Météo France** de **Cazaux, Lège-Cap-Ferret et Bordeaux Mérignac** (cf. chapitre 6.1.1).

Les **résultats de calage** obtenus dans les simulations réalisées avec cette pluie spatialisée sont toutefois **médiocres** sur ce point de mesure (cf. Figure 24). En effet, le débit et la hauteur mesurée sont faibles vis-à-vis des valeurs mesurées et ce, malgré l'ensemble des ajustements réalisés. Cela s'explique par une probable **mauvaise représentation spatiale de la pluie pour cet événement orageux de mai 2020**.

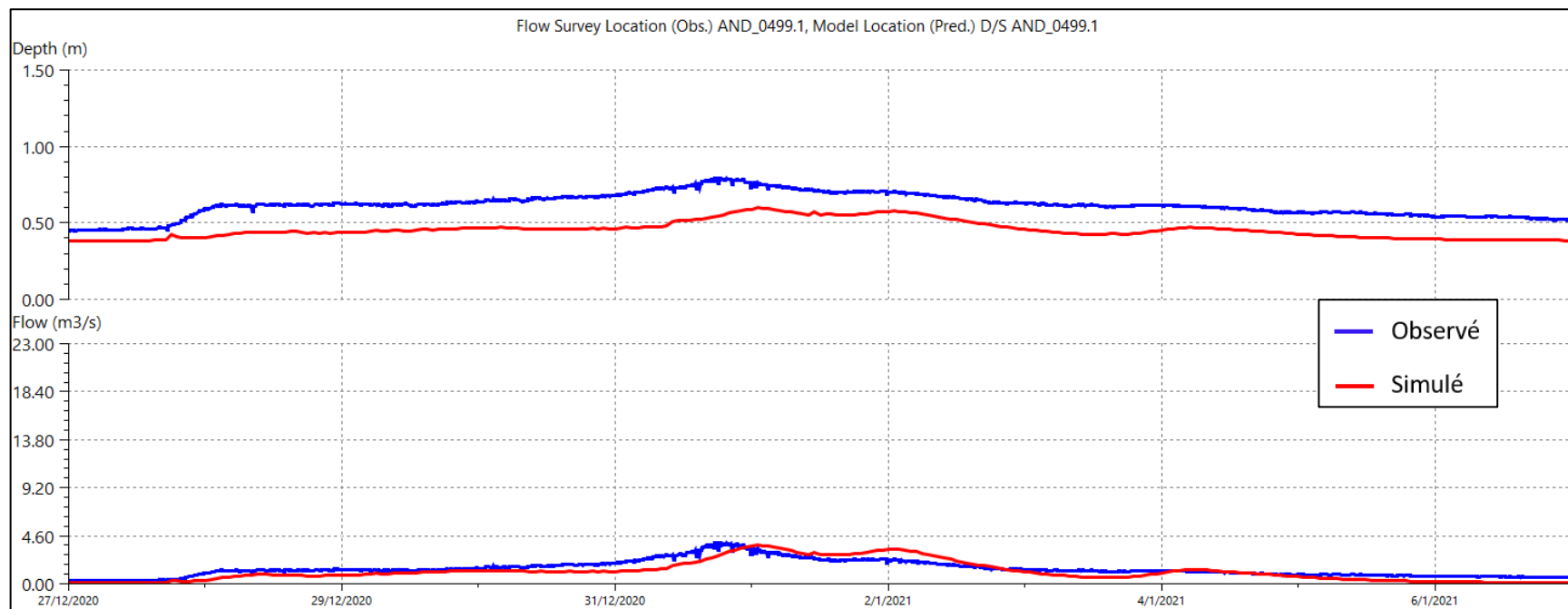
Par définition, les dépressions orageuses sont constituées de foyers locaux de pluie denses et mobiles. Ces foyers ne couvrent pas nécessairement la totalité de la zone d'étude ce qui constitue une limite à l'emploi de la méthode de Thiessen au vu de la faible densité de pluviomètre présents. La station de mesure du Renet et son bassin d'apports sont situés dans le polygone d'influence du pluviomètre de Lège. La pluie appliquée à cet endroit découle donc majoritairement de la série de ce pluviomètre, dont les cumuls sont bien moins importants que celui de Cazaux par exemple. Lorsqu'on fait le test d'appliquer seulement la série de pluie de Cazaux sur l'ensemble de la zone d'étude, on obtient de bien meilleurs résultats au droit de ce point de mesure (cf. Figure 24). Les écarts visibles entre les valeurs mesurées et calculées par le modèle découlent donc a priori non pas de problème de calage du modèle, mais de représentation de la pluie d'entrée, particulièrement difficile à reproduire avec les seules données à disposition. Ces problèmes de représentation de pluie de mai 2020 sont directement liés aux problèmes soulevés lors de l'analyse de cet événement dans le chapitre 4.3.2.

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 25 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du Renet pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage sont bons. Les écarts en volumes, débits et hauteurs sont compris dans les marges de validité usuelles.

Figure 25 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Renet pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



AND_0499.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	1 364 285	1 124 129	-18%	3.96	3.71	-6%	0.79	0.60	-19

↳ Conclusion

Le calage de ce point de mesure est très satisfaisant pour les deux pluies retenues.

Les écarts observés entre les données mesurées et calculées par le modèle pour l'événement de mai 2020 reconstitué par la méthode de Thiessen sont considérés comme dus à une mauvaise spatialisation de la pluie et non à un défaut d'ajustement du modèle numérique.

7.1.2. Station du Ponteil à Audenge

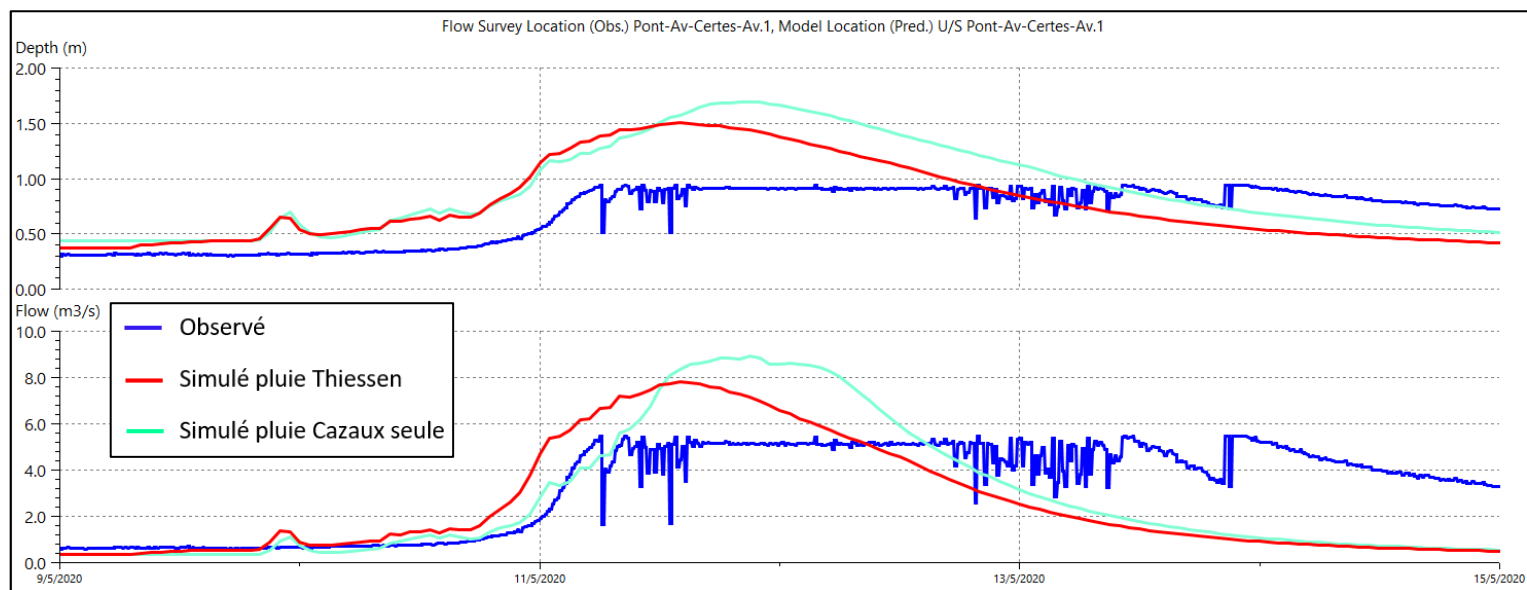
↳ Mai 2020

La Figure 26Figure 24 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du Ponteil pour l'événement de mai 2020.

Nota : Situé proche de la station du Renet, mais à la limite entre les deux polygones d'influence de Cazaux et Lège-Cap-Ferret dans la méthode de Thiessen, l'exercice de représenter à la fois les résultats de calage obtenus pour la pluie de Thiessen et pour la pluie de Cazaux seul a été de nouveau testé. Les écarts obtenus entre ces 2 hypothèses sont moins marqués, car même pour le scénario utilisant la méthode de Thiessen, l'influence du pluviomètre de Cazaux sur le bassin d'apport de la station est plus forte.

L'observation des données mesurées montre que **le capteur a été manifestement submergé pendant la crue**. Ce dysfonctionnement **invalide les valeurs maximales de débits, hauteurs et volumes** observés et ne permet pas de calage fiable sur ce point pour l'événement de mai 2020.

Figure 26 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Ponteil pour l'événement de mai 2020



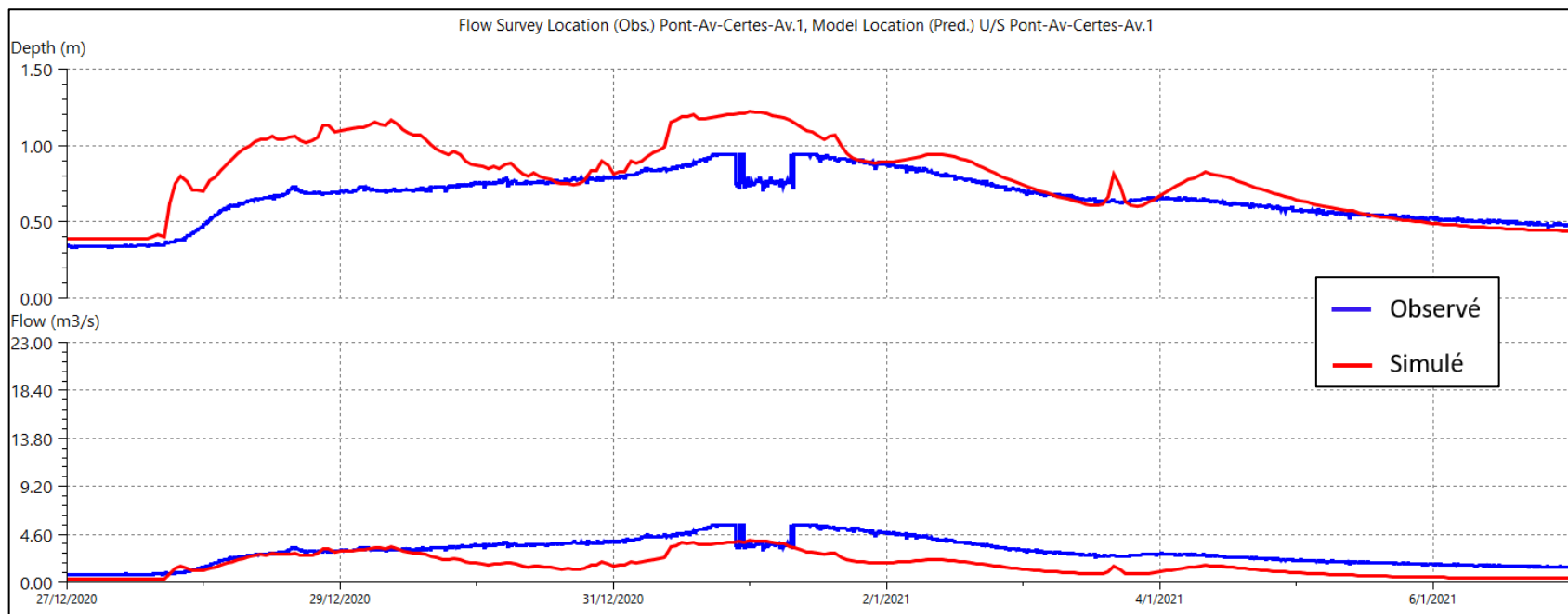
Pont-Av-Certes-Av.1	V (m³)			Q (m³/s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	1 713 290	1 362 054	-21%	5.49	7.83	43%	0.94	1.50	56
Mai 2020 - Cazaux	1 713 290	1 456 323	-15%	5.49	8.94	63%	0.94	1.70	76

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 27 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du Ponteil pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage sont moyens. Toutefois, ici encore, le capteur semble avoir été submergé pendant le pic de crue, ce qui invalide les maxima observés. Le calage ne peut donc être mené à bien complètement sur ce point.

Figure 27 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Ponteil pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



Pont-Av-Certes-Av.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	2 780 902	1 591 528	-43%	5.488	4.000	-27%	0.94	1.12	18

↳ Conclusion

Les dysfonctionnements du capteur pendant les pics de crue, en particulier pour l'événement de mai 2020, empêche l'analyse fiable des résultats de calage. On estime toutefois, au vu de l'allure général des courbes, en particulier sur les phases de montées, que les grandeurs simulées sont relativement cohérentes vis-à-vis des grandeurs observées.

7.1.3. [Station de l'Ayguemorte à Audenge](#)

↳ Mai 2020

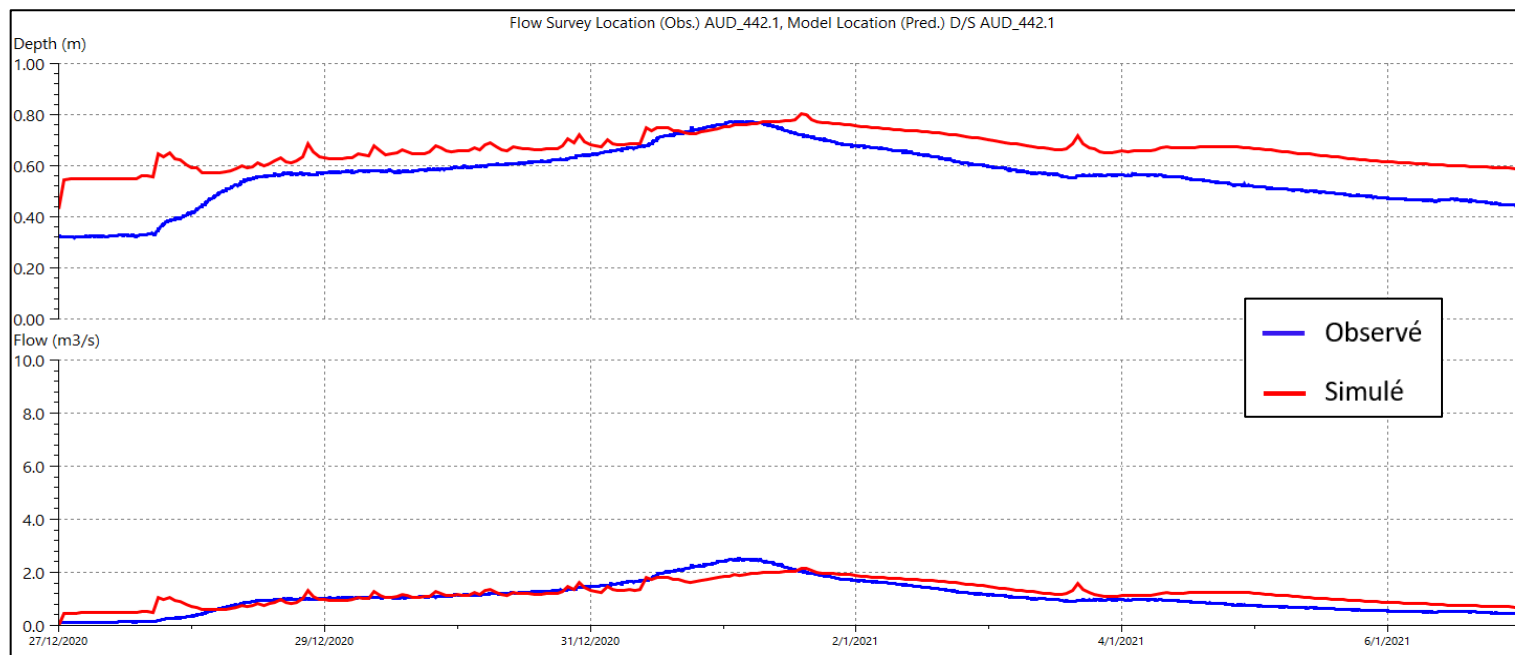
Aucune donnée mesurée n'est disponible pour réaliser le calage de ce point de mesure pour la crue de mai 2020.

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 28 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station d'Ayguemorte pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage obtenus sur ce point pour l'événement considéré sont bons. Les écarts constatés entre données mesurées et simulées sont inférieures à 15%, avec notamment 3 cm d'écart seulement en termes de hauteur.

Figure 28 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station d'Ayguemorte pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



AUD_442.1	V (m³)			Q (m³/s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	976 997	1 080 615	11%	2.52	2.16	-14%	0.77	0.80	3

↳ Conclusion

Le calage apparaît satisfaisant sur ce point pour l'événement retenu de l'hiver 2020-2021. Il n'a en revanche pas pu être fait pour l'événement de mai 2020 à cause de l'absence de mesure à cette période.

7.1.4. [Station banque hydro de la Leyre amont à Salles](#)

↳ Mai 2020

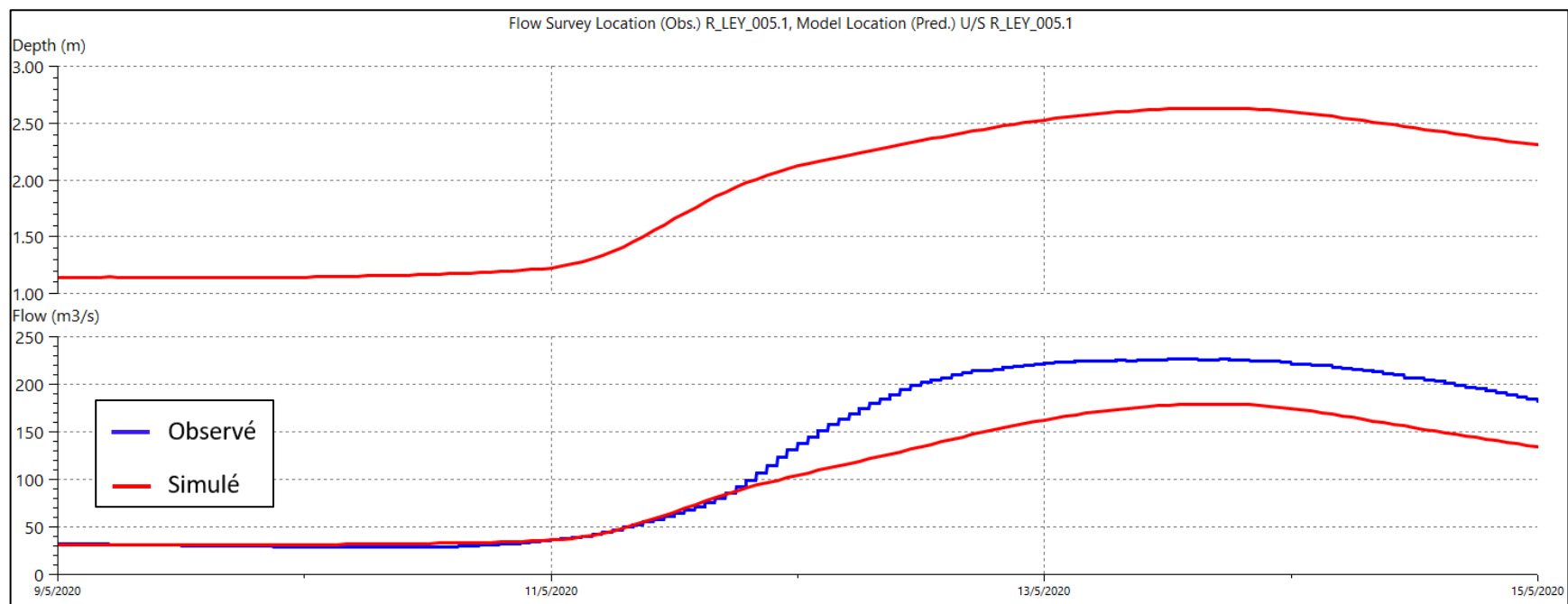
La Figure 29 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station de la Leyre amont pour l'événement de mai 2020.

Nota. Nous ne disposons que des données de débits au droit de station de la Banque Hydro (informations station cf.4.1.2). Le calage ne peut donc être mené sur la hauteur.

Les résultats de calage sont bons sur ce point de mesure, sur les grandeurs de volume et de débits, avec un écart d'environ 20% Les écarts sont compris **dans les marges de validité usuelles.**

Notons de plus que les valeurs calculées au droit du point de mesures du SIBA un peu plus en aval sur la Leyre (résultats présentés dans le chapitre suivant) ont quant à elles tendance à être supérieures aux observations. Le paramétrage retenu permet donc d'obtenir un calage globalement satisfaisant au droit de ces 2 points de mesures.

Figure 29 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station Banque Hydro de la Leyre amont pour l'événement de mai 2020



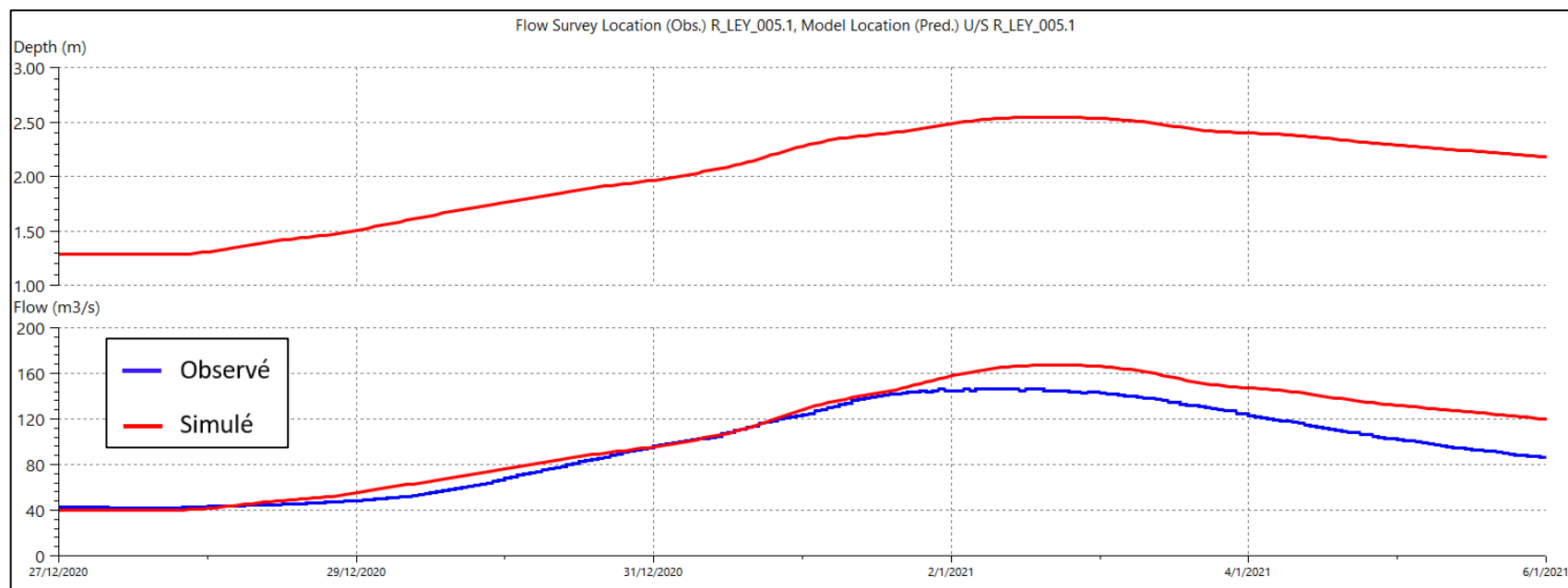
R_LEY_005.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	65 105 430	51 448 236	-21%	227.00	179.38	-21%			

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 30 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station de la Leyre amont pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage obtenus sur ce point pour l'événement considéré sont bons sur ce point de mesure. Les écarts constatés entre volumes et débits de pointe observés et simulés sont inférieures à ou égaux 15%.

Figure 30 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre amont pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



R_LEY_005.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	82 704 256	93 404 290	13%	146.00	167.55	15%			

PROLOG INGENIERIE

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

- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

↳ Conclusion

Les écarts entre les maxima de volume et débit mesurés au droit de la station Hydro et ceux calculés par le modèle sont considérés comme acceptables pour la crue de mai 2020 et pour la séquence 2 de pluie de l'hiver 2020-2021. Le calage est considéré comme bon sur ce point de mesure.

7.1.5. [Station de la Leyre aval entre Biganos et le Teich](#)

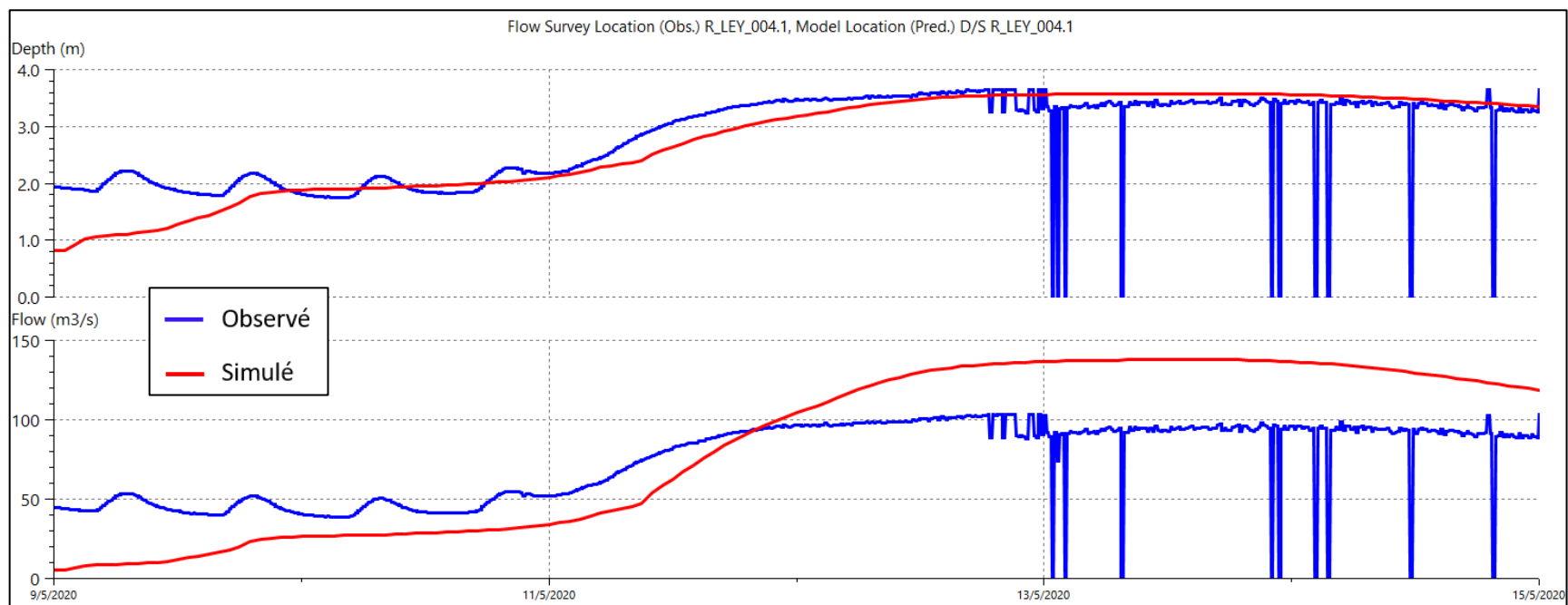
↳ Mai 2020

La Figure 31 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station de la Leyre aval pour l'événement de mai 2020.

Le capteur a manifestement dysfonctionné pendant le pic de crue. Les maxima de mesure ne peuvent donc être considérés comme valides. Le calage ne peut donc être véritablement mené sur ce point.

Toutefois la tendance des mesures semble correctement reproduite par le modèle hydraulique.

Figure 31 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre aval pour l'événement de mai 2020



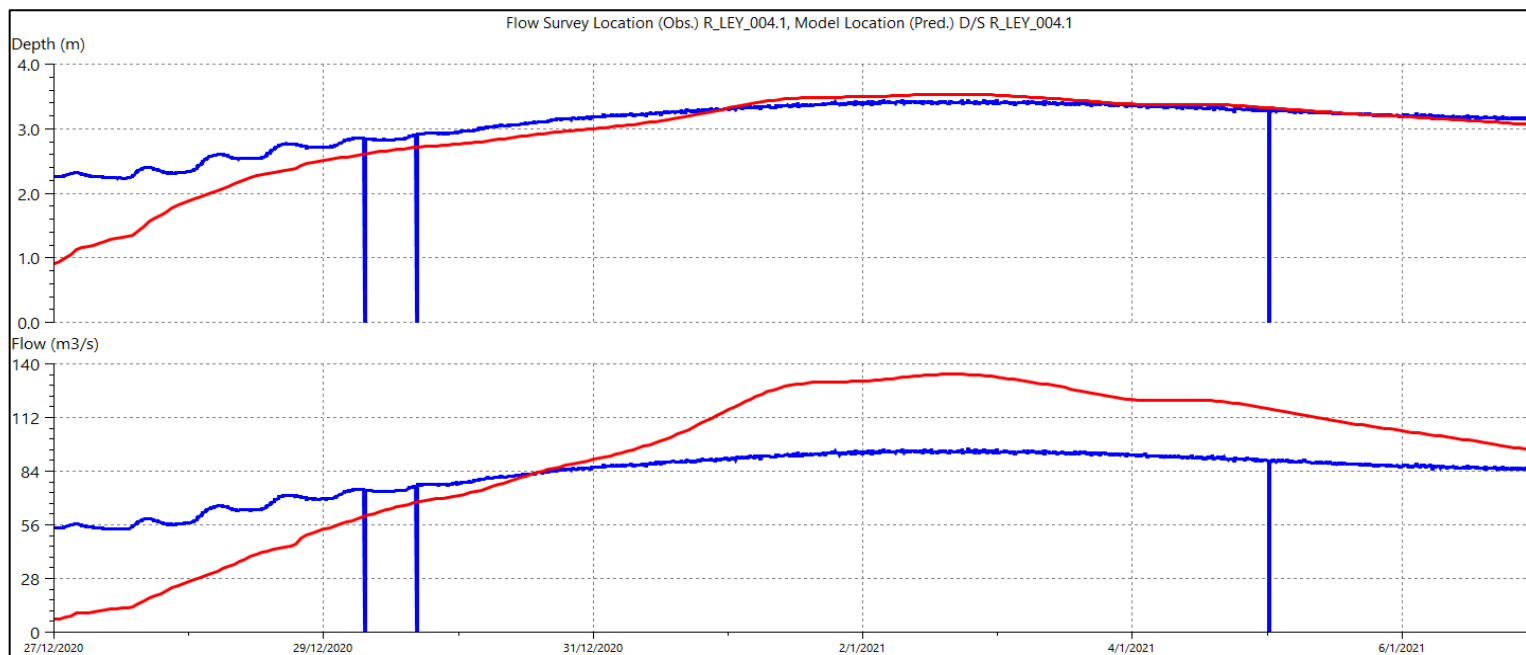
R_LEY_004.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	38 469 302	43 333 133	13%	103.34	138.07	34%	3.65	3.58	-7

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 32 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station de la Leyre aval pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage obtenus sur ce point pour l'événement considéré sont globalement bons. Les écarts constatés en termes de volume et de hauteur sont très faibles. L'écart observé entre débit de pointe mesuré et simulé est un peu plus marqué mais demeure acceptable. Par ailleurs on observe, comme pour la pluie de mai 2020, des fluctuations en début de simulation et quelques pas de temps à 0 qui viennent un peu brouiller la mesure. Sans remettre en doute complètement les données observées, elles incitent à la prudence vis-à-vis de ces résultats.

Figure 32 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station de la Leyre aval pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



R_LEY_004.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	78 585 020	88 056 671	12%	95.38	134.65	41%	3.44	3.54	10

PROLOG INGENIERIE

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

- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

↳ Conclusion

Le dysfonctionnement du capteur lors de l'événement de mai 2020 invalide les valeurs maximales mesurées sur ce point de mesure. L'analyse de la validité des grandeurs simulées ne peut être réalisée de manière fiable. Au vu de l'allure générale des courbes toutefois, on ne relève pas d'incohérence tangible dans les résultats du modèle.

En ce qui concerne l'événement de l'hiver 2020-2021, les résultats de calage obtenus sont plutôt bons, malgré, ici encore des fluctuations et ratés de mesure ponctuels qui interrogent sur la fiabilité de la mesure.

7.1.6. [Station du ruisseau du Bourg à Gujan-Mestras](#)

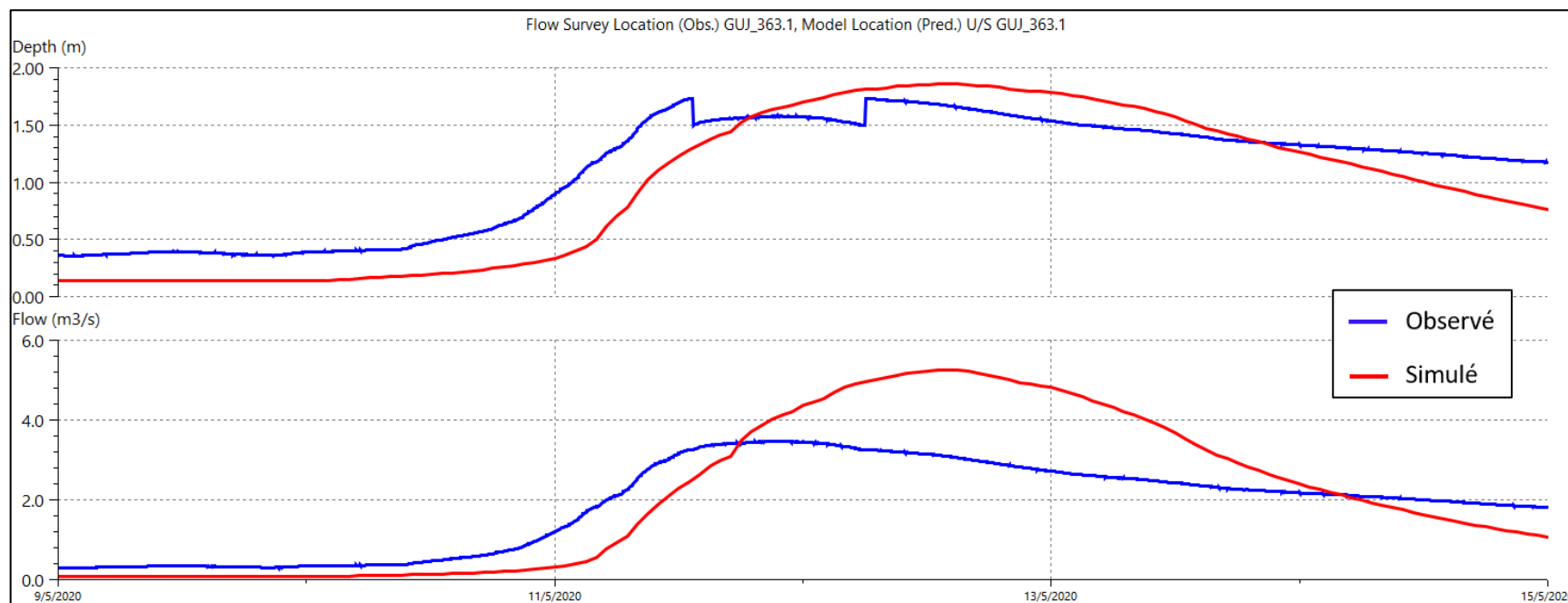
↳ Mai 2020

La Figure 33 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du ruisseau du Bourg pour l'événement de mai 2020.

Le capteur de hauteur a dysfonctionné au moment de la pointe de crue. La valeur de hauteur ne peut donc en principe être considérée comme valide. Néanmoins, l'allure générale des courbes simulées et en particulier la montée semble cohérente avec les mesures.

Le débit de pointe semble légèrement surestimé sur ce point de mesures.

Figure 33 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du ruisseau du Bourg pour l'événement de mai 2020



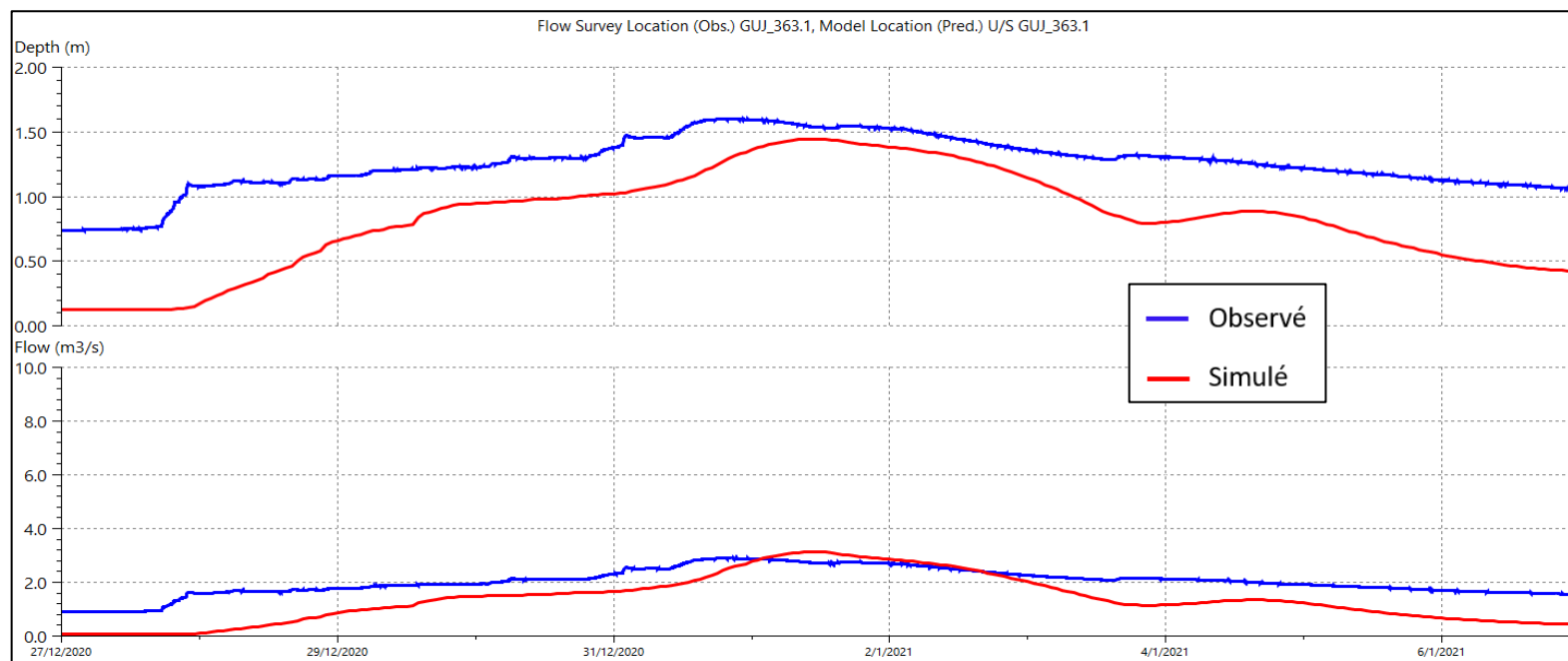
GUJ_363.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	965 870	1 101 952	14%	3.47	5.26	51%	1.73	1.86	13

↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 34 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du ruisseau du Bourg à Gujan-Mestras pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage obtenus sur ce point pour l'événement considéré sont globalement bons. Les écarts apparaissent à peu près équilibrés avec une petite sous-estimation du volume simulé par rapport à la mesure, mais à contrario, un débit de pointe très légèrement surestimé. Enfin, la hauteur simulée est un petit peu inférieure à la grandeur observée. L'écart global est faible et le calage est considéré comme satisfaisant sur ce point.

Figure 34 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du ruisseau du Bourg pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



GUJ_363.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	1 780 789	1 254 378	-30%	2.90	3.13	8%	1.60	1.45	-16

↳ Conclusion

Le dysfonctionnement du capteur de hauteur lors de l'événement de mai 2020 complique l'analyse des résultats au droit de cette sonde de mesure. Au vu de l'allure générale des courbes cependant, considérant en particulier la similarité des aspects des courbes observées et simulées en phase de montée, on estime que le calage est correct sur ce point.

Pour l'événement de l'hiver 2020-2021, le calage apparaît satisfaisant.

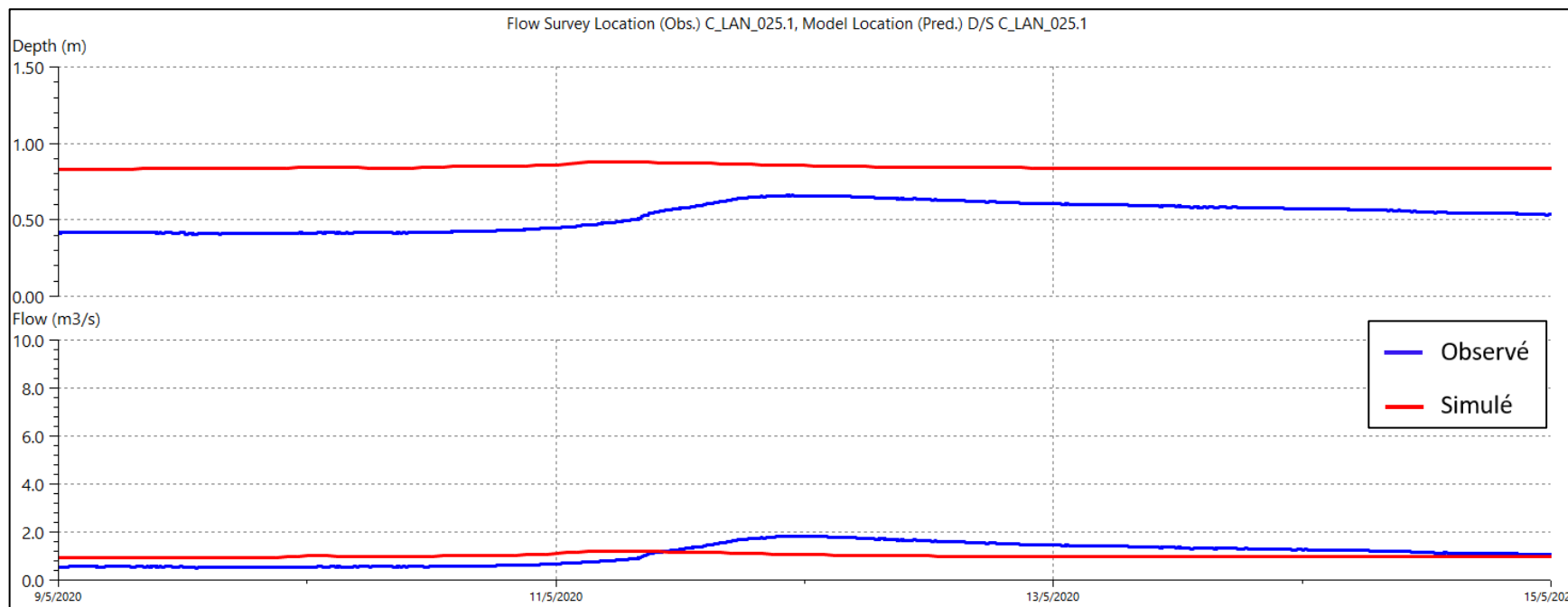
7.1.7. [Station du Canal des Landes à Gujan-Mestras](#)

↳ Mai 2020

La Figure 35 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du ruisseau du Bourg pour l'événement de mai 2020.

Le calage sur ce point de mesure est correct. Les écarts entre valeurs mesurées et simulées sont acceptables.

Figure 35 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du Canal des Landes amont pour l'événement de mai 2020



C_LAN_025.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Mai 2020 - Thiessen	565 150	522 323	-8%	1.82	1.22	-33%	0.66	0.48	-18

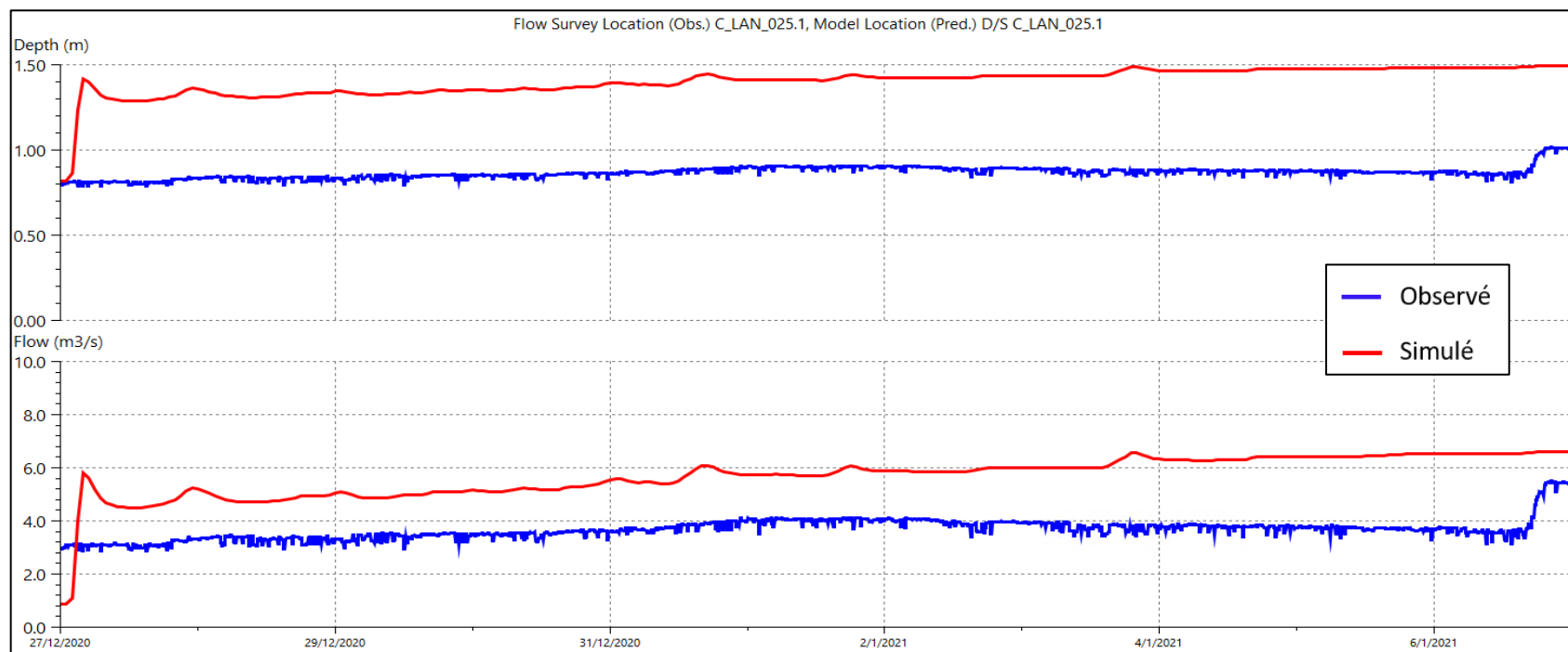
↳ Séquence 2 – Hiver 2020-2021

La Figure 36 présente la comparaison des hauteurs et débits simulés et observés au droit de la station du canal des Landes pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 retenue.

Les résultats de calage obtenus sur ce point pour l'événement considéré sont médiocres sur ce point. Toutefois, un doute existe sur la fiabilité de la donnée sur ce point pour cet événement au regard des fluctuations de la mesure et de l'allure générale de la courbe.

De plus, ce point de mesures est fortement impacté par la gestion des vannes d'alimentation du canal. Leur position réelle sur la période simulée n'étant pas connue, le calage de ce point ne peut pas être amélioré.

Figure 36 - Débit (Flow) et hauteur (Depth) observés et mesurés à la station du canal des Landes pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021



C_LAN_025.1	V (m ³)			Q (m ³ /s)			H (m)		
	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (%)	Mesuré	Simulé	Ecart (cm)
Séquence 2 hiver 2020_2021	3 133 923	4 821 794	54%	4.13	6.56	59%	0.91	1.49	58

↳ Conclusion

Le calage est excellent en volume sur ce point de mesure pour la pluie de mai 2020. Les résultats obtenus sur les maxima de débit et de hauteurs sont également considérés comme satisfaisants.

Pour la séquence 2 de l'hiver 2020-2021 en revanche, les résultats de calage obtenus sont médiocre sur ce point. La qualité de la donnée semble toutefois également médiocre, et l'absence de donnée sur la position réelle des vannes d'alimentation du canal ne permettent pas d'améliorer le calage effectuée pour cette pluie.

7.2. COMPARAISON DES EMPRISES INONDEES CONNUES ET CALCULEES PAR LES MODELES SUR LA ZONE D'ETUDE

Au vu du faible nombre de points de mesures en rivière par rapport à l'emprise modélisée et de l'absence de points de mesure en réseau EP, **la majorité du travail de calage s'est appuyé sur la comparaison des emprises inondées calculées avec les contours des zones d'inondation recensées par le SIBA** pour les événements de calage (cf. 6.2.2).

Durant ce **travail itératif**, plusieurs envois de résultats intermédiaires, sous la forme de couches des hauteurs de submersions maximales calculées ont été faits au SIBA, afin de mettre à profit les retours d'expérience et la connaissance du terrain de ses agents.

Au total, ce sont 75 zones d'inondations qui ont été prises en compte dans le calage des modèles pour la crue de mai 2020 et 85 zones pour l'hiver 2020-2021. Dans un souci de lisibilité, seuls quelques exemples de résultats obtenus sont décrits dans la suite.

La Figure 37 présente le calage des zones d'inondation situées à proximité du Camping des Abberts et de la rue du Général de Gaulle pour la pluie de mai 2020. En rouge figurent les enveloppes d'inondation communes transmises dans un premier temps par le SIBA. Les éléments oranges représentent les compléments d'informations apportés au cours des différentes itérations de calage effectuées. La figure montre également les hauteurs d'eau maximales calculées pour la pluie de mai 2020 à l'issue du calage.

La Figure 38 présente les mêmes éléments pour le calage de la zone d'inondation de la piste cyclable située en parallèle de l'avenue d'Arès à Andernos, cette-fois dans le cadre des crues de l'hiver 2020-2021.

Figure 37 - Exemple 1 de calage des zones d'inondation - Camping des Abberts et rue du Général de Gaulle à Arès pour la pluie de mai 2020

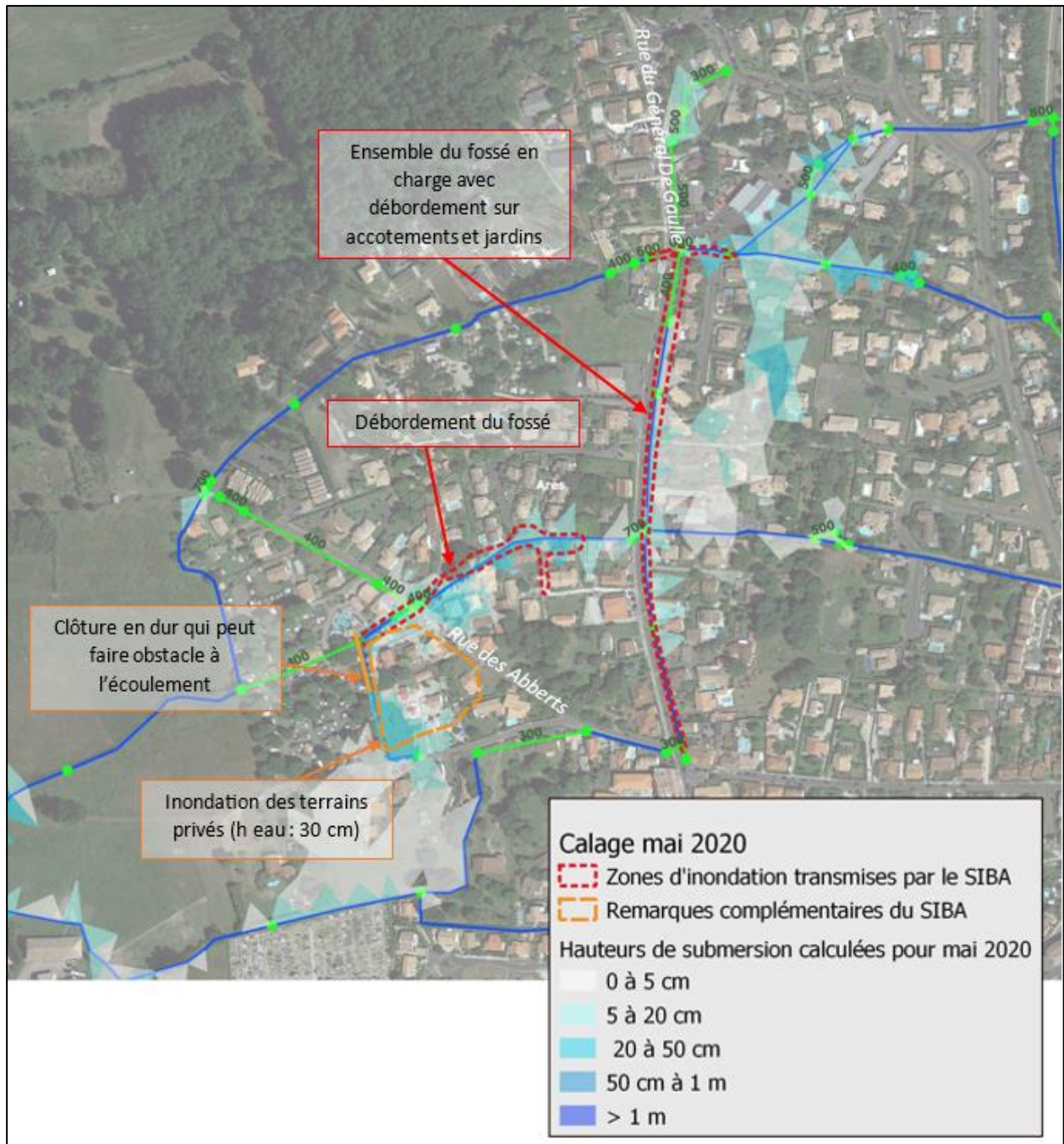
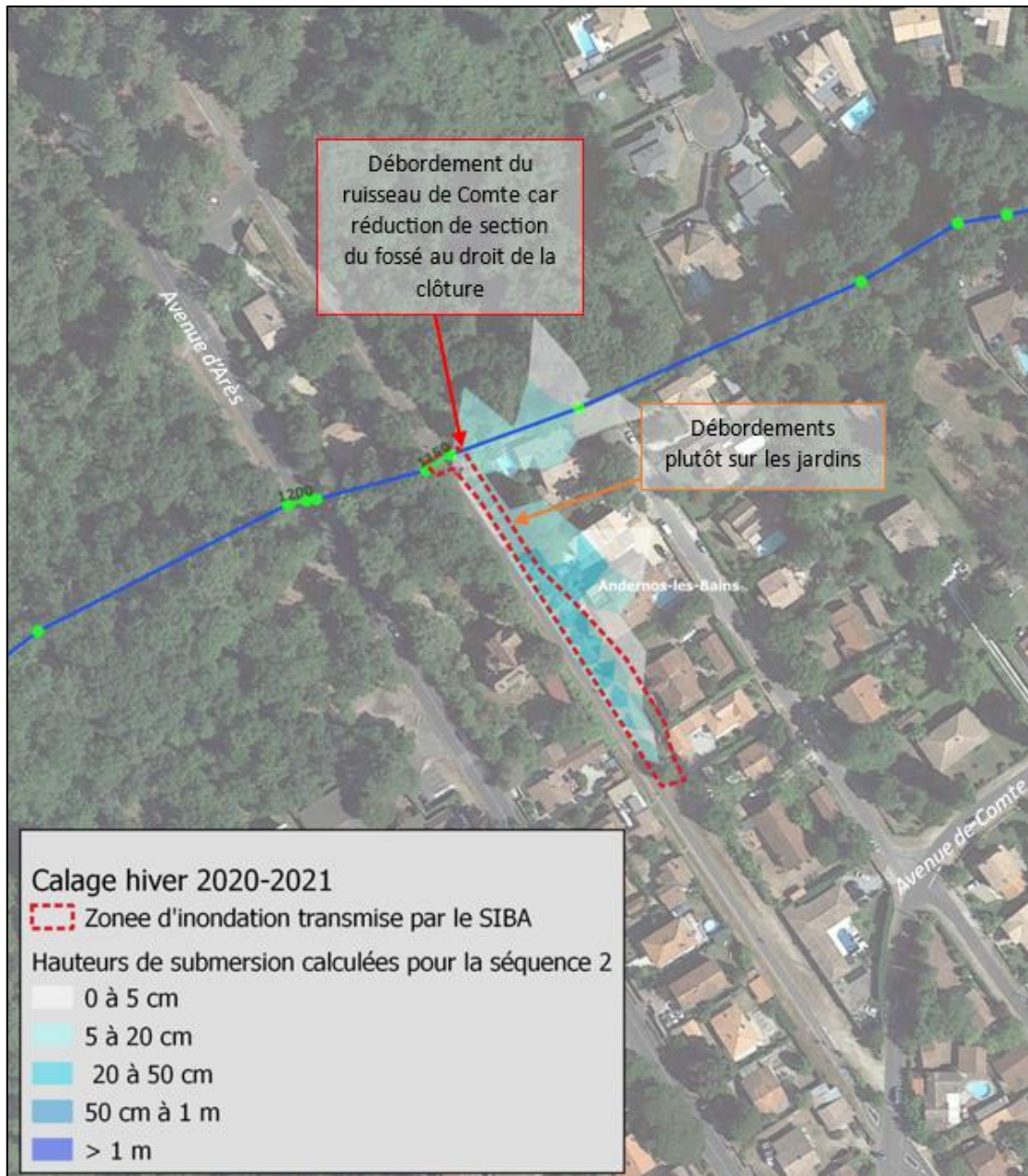


Figure 38 - Exemple 2 de calage des zones d'inondation – Piste cyclable de l'avenue d'Arès à Andernos-les-Bains pour la pluie de l'hiver 2020-2021



8. SYNTHÈSE GÉNÉRALE DU CALAGE ET LIMITES

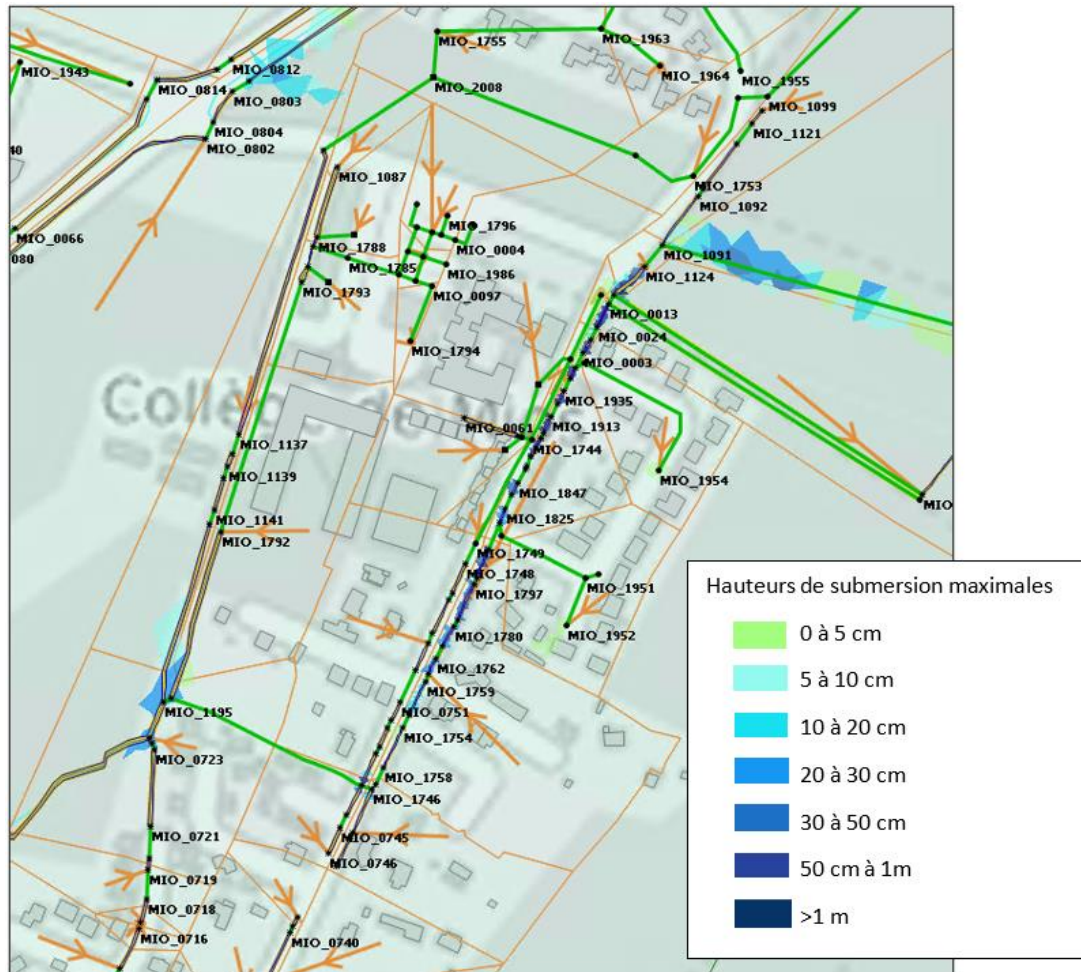
Dans l'ensemble, le calage des modèles au droit des points de mesures et des emprises inondées apparaît satisfaisant. Les modèles permettent de représenter de manière satisfaisante le fonctionnement hydraulique à l'échelle de la totalité de la zone gérée par le SIBA.

Toutefois, la **globalité de ces modèles**, l'**échelle de calcul** des inondations et la **précision des données d'entrée** qu'elle induit, **n'a pas permis de représenter fidèlement les débordements sur certains secteurs ciblés** de la zone d'étude.

C'est en particulier le cas au droit du collège et de l'école élémentaire de Mios, inondés par les débordements du ruisseau d'Andron en mai 2020. Sur ce secteur, la modélisation ne produit des inondations qu'au niveau de la voirie de la rue de Pujeau (cf. Figure 39), mais ne parvient pas à recréer les enveloppes inondables qui ont touché les bâtiments du collège, du gymnase et de l'école notamment.

Sur ce secteur qui a connu une forte urbanisation ces dernières années, le MNT utilisé dans la modélisation, qui date de 2016, ne semble pas représentatif de la topographie de 2020. Les écarts de modélisation peuvent être directement liés à cette problématique.

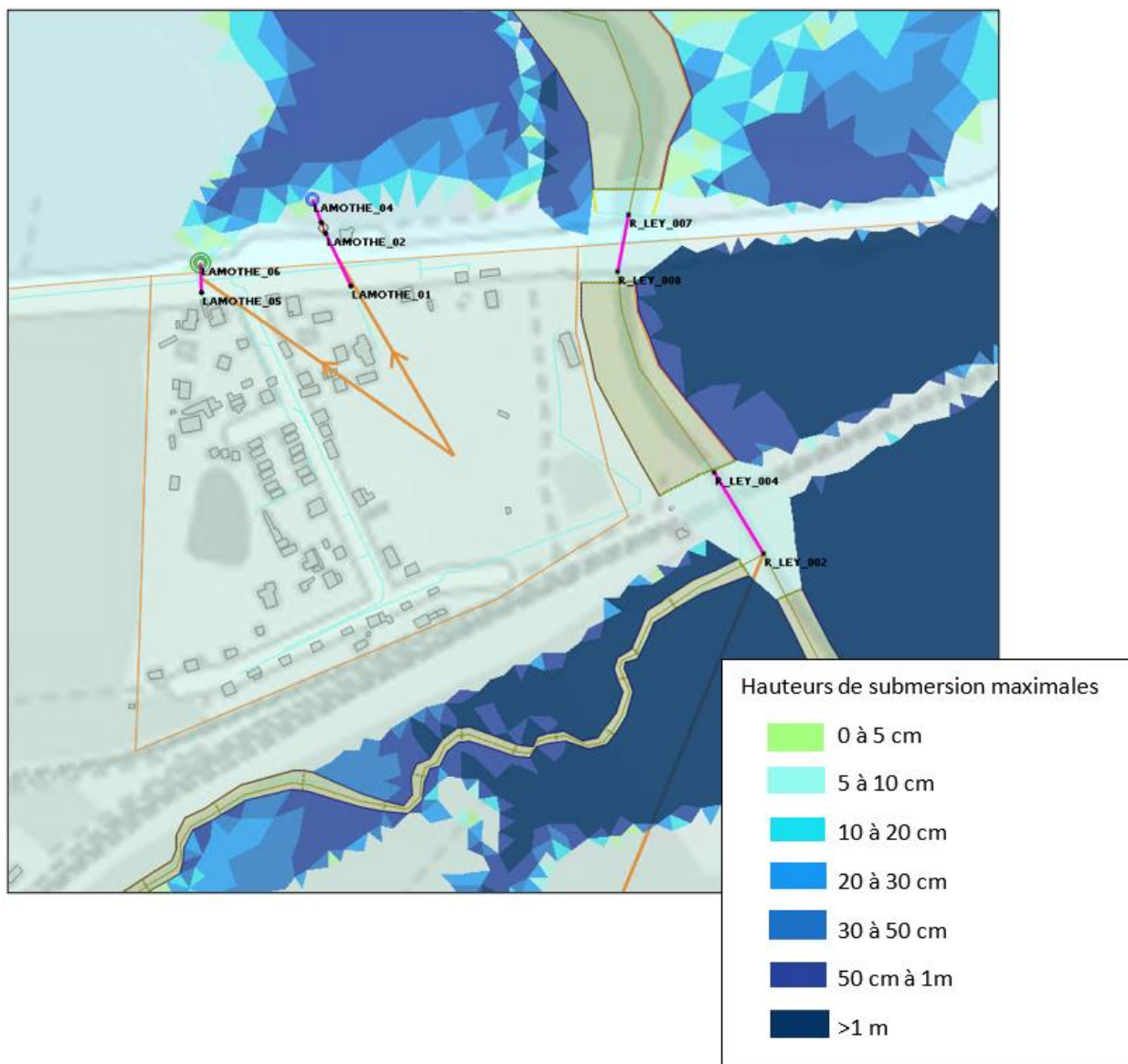
Figure 39 - Vue des résultats du modèle OTHERS pour la pluie de mai 2020 au droit du collège de Mios



L'avenue de Lamothe au Teich fait également partie des secteurs sur lesquels la modélisation n'a pas permis de représenter fidèlement les zones d'inondation identifiées par les équipes du SIBA. Ce quartier excentré a été inondé en raison de difficultés d'évacuation des eaux pluviales liées au niveau important de la Leyre en aval lors de l'orage de mai 2020 et lors de l'hiver 2020-2021. Ici encore, malgré les ajustements réalisés, ces débordements n'ont pu être reproduits (cf. Figure 40).

Sur ce secteur très spécifique, la totalité des réseaux et fossés n'a pas pu être modélisée vu l'échelle importante des modèles réalisés.

Figure 40 - Vue des résultats du modèle OTHERS pour la pluie de mai 2020 au droit de l'avenue de Lamothe au Teich



Pour être à même de modéliser finement ces emprises inondables au droit de secteurs ciblés, des **modélisations de détail seront nécessaires**. Ce travail devra s'appuyer notamment sur la collecte de données de terrain précises :

- Des campagnes topographiques de géomètre pour actualiser l'altitude du terrain naturelle (susceptible d'avoir évolué depuis la construction des données Lidar 2016) et lever les données relatives au réseau EP annexes,
- Des campagnes de mesure temporaires en réseau pour affiner le calage des modèles, en particulier en milieu urbain.

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

9. ATLAS CARTOGRAPHIQUE

Le présent rapport s'accompagne d'un **atlas cartographique** présentant les **résultats de simulation** obtenus pour **différents scénarios d'événements**. Les scénarios construits s'attachent à représenter un **large échantillon de conditions de pluie, de marée et de nappes**, se voulant représentatif des spécificités climatologiques du territoire du Bassin d'Arcachon.

9.1. EVENEMENTS MODELISES

9.1.1. Principe général

En plus des événements historiques des hivers 2013-2014, 2020-2021 et de l'orage de mai 2020 (cf. 4), un certain nombre d'**événements synthétiques, combinant des pluies synthétiques, des conditions de nappes et des contraintes aval de marée différentes ont été simulés**.

La méthodologie envisagée s'appuie sur la construction de **deux types de scénarios d'événements, représentatifs des situations réelles rencontrées autour du bassin** et qui n'impactent pas le réseau et les cours d'eau de la même manière.

- Des scénarios de type hivernal, combinant :
 - des **pluies synthétiques longues** intégrant une période de pluie saturant les sols (sur 48h) et une période de pluie plus soutenue (sur 24h²),
 - une **condition de nappes hivernales** avec des débits de résurgence correspondant aux maximums des données MOHYS du BRGM calculés sur les mois d'hiver,
 - des **marégrammes synthétiques de niveau maximal statistiques haut et moyen** pour représenter deux conditions de contrainte au droit des exutoires des modèles dans le Bassin d'Arcachon.

Ces événements hivernaux maximiseront la réponse des grands bassins versants ruraux et donc les débits dans les cours d'eau de la zone d'étude.

Est proposé également de représenter **trois scénarios hivernaux tempétueux** reprenant les caractéristiques d'un **scénario hivernal classique, à l'exception des conditions de marée**. Le **marégramme** utilisé est celui de la **tempête réelle Xynthia**, appliqué aux exutoires du modèle. La prise en compte de ce marégramme permet de simuler une surcote importante dans le bassin.

- Des **scénarios de type estival ou orageux**, combinant :
 - des **pluies synthétiques courtes** de 4h, en double-triangle, avec une durée intense de 15 minutes³,

² Ces 24 heures correspondent environ au temps de concentration maximal des bassins versants ruraux de la zone d'étude (en excluant les grands bassins amont de la Leyre qui représentent un cas particulier).

³ Ces 15 minutes correspondent au temps de réponse moyen des bassins versants urbains de la zone d'étude.

- une **condition de nappes estivale** avec des débits de résurgence correspondant aux maximums des données Mohys du BRGM calculés sur les mois d'été,
- des **marégrammes synthétiques de niveau maximal statistiques haut et moyen** pour représenter deux conditions de contrainte au droit des exutoires des modèles dans le Bassin d'Arcachon.

Ces événements estivaux maximiseront la réponse des bassins versants urbains, de plus petite taille et donc les débits dans les réseaux de ville.

9.1.2. Caractéristiques des pluies de projet

Les pluies de projet synthétiques ont été construites sur la base des données statistiques du pluviomètre de Cazaux.

↳ Pluies hivernales

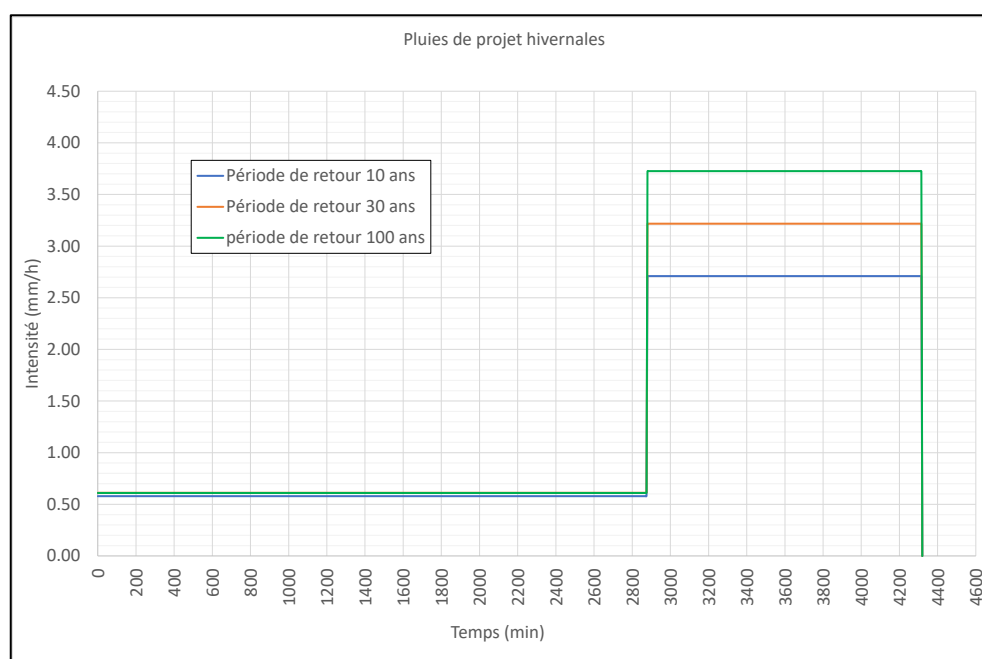
Les caractéristiques des pluies hivernales construites sont détaillées dans le tableau ci-après.

Tableau 23 : Caractéristiques des pluies de projet hivernales

Période de retour	durée de saturation	Intensité sur la durée de saturation (mm/h)	Durée intense	Intensité sur la durée intense (mm/h)	Cumul total de la pluie sur la durée intense (mm)	Cumul total de la pluie sur 72h (mm)
10 ans	48h	0.58	24h	2.71	65.03	92.84
30 ans	48h	0.61	24h	3.22	77.22	106.60
100 ans	48h	0.61	24h	3.73	89.44	118.73

Les hyétogrammes construits sont présentés sur la figure ci-après.

Figure 41 : Hyétogrammes des pluies de projet hivernales



Pluies estivales

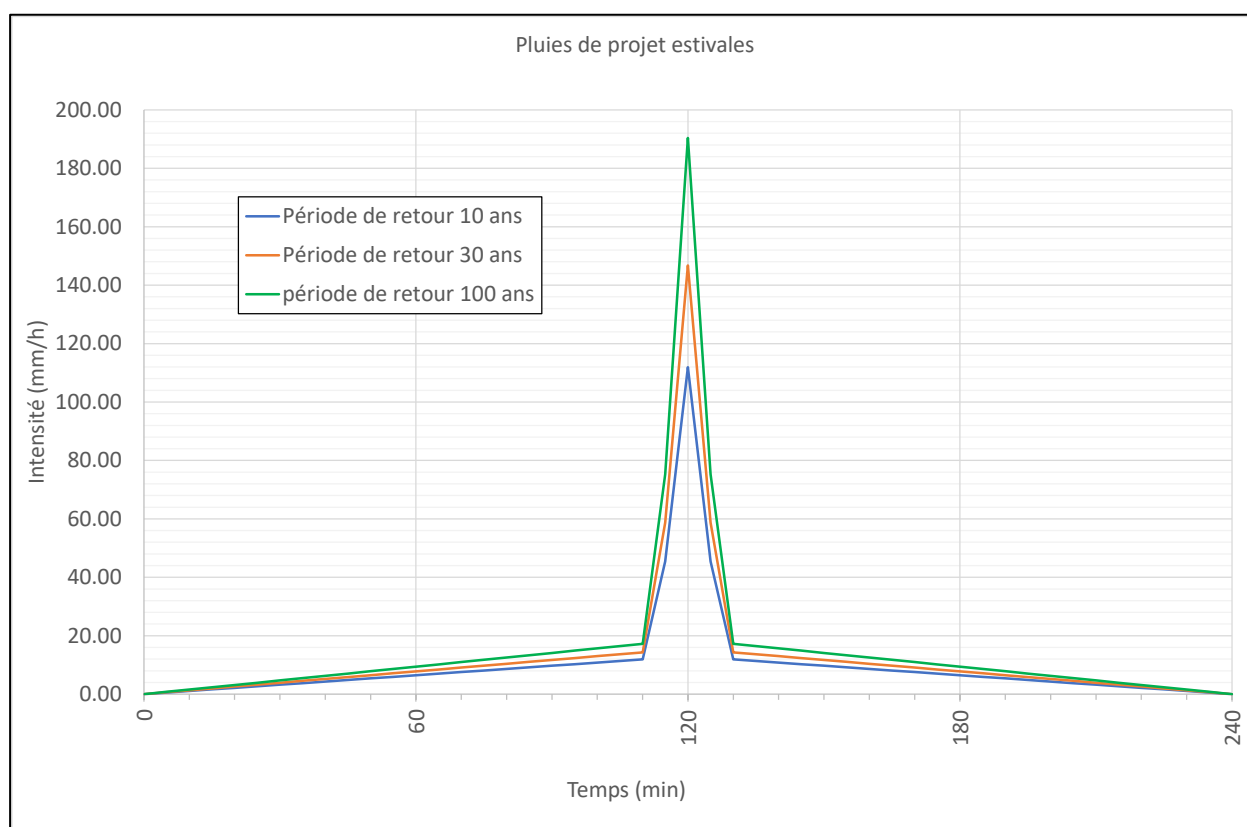
Les pluies estivales sont des pluies doubles triangles dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-après.

Tableau 24 : Caractéristiques des pluies de projet estivales

Période de retour	durée intense	Intensité maximale sur la durée intense (mm/h)	Durée totale	Cumul total (mm)
10 ans	15 min	111.91	4h	38.32
30 ans	15 min	146.73	4h	47.61
100 ans	15 min	190.36	4h	59.08

Les hyétogrammes construits sont présentés sur la figure ci-après.

Figure 42 : Hyétogrammes des pluies de projet estivales



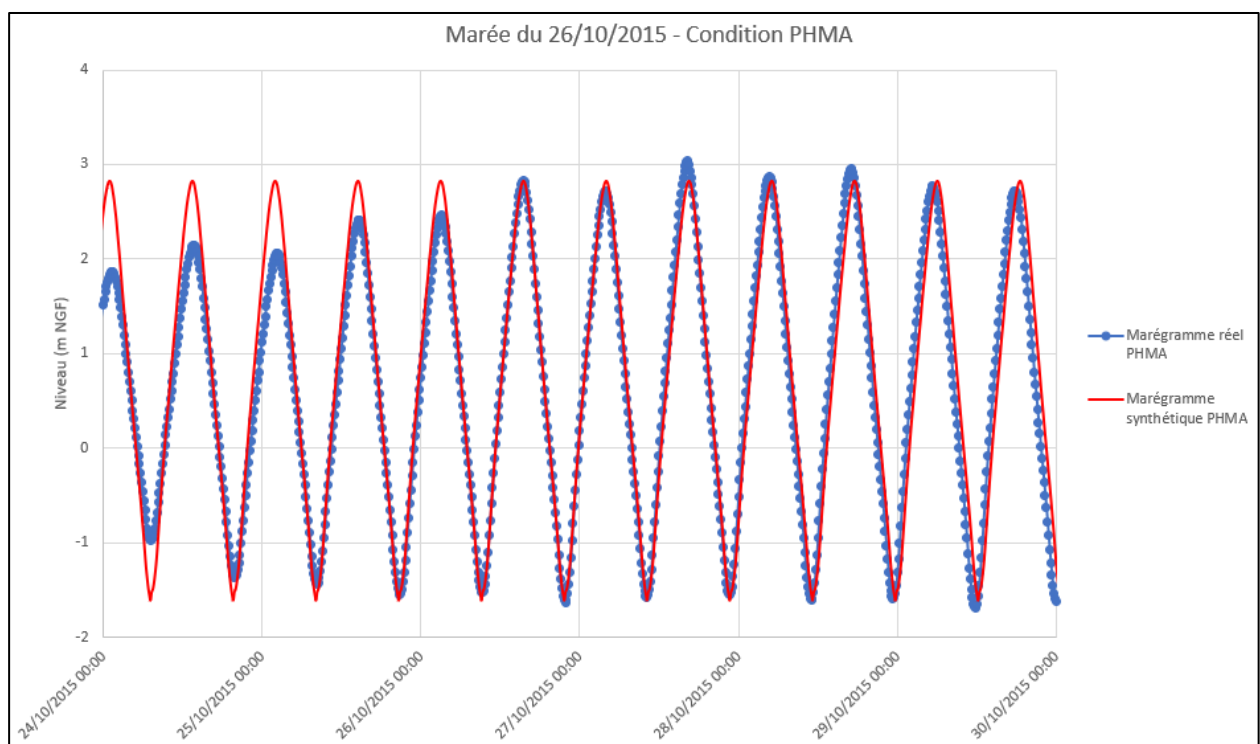
9.1.3. Marégrammes utilisées

9.1.3.1. *Marégrammes synthétiques*

Deux marégrammes synthétiques ont été construits pour représenter les **deux types de conditions de marée aux exutoires** :

- **Une condition haute de marée**, traduite par un marégramme synthétique atteignant pour chaque pic, la valeur des **Plus Hautes Marées Astronomiques (PHMA) à Eyrac**, à savoir 4.91 m CM ou 2.93 m NGF (en rouge sur la figure ci-dessous).

Figure 43 - Marégramme synthétique de condition de marée haute



- **Une condition moyenne de marée**, traduite par un marégramme synthétique atteignant au droit de chaque pic, **la valeur médiane de l'ensemble des maxima journaliers enregistrés au marégraphe d'Eyrac entre 2001 et 2022, soit 1.966 m NGF** (cf. figure ci-dessous).

Figure 44 – Maxima journaliers de marée classés entre 2001 et 2022 au marégraphe d'Eyrac

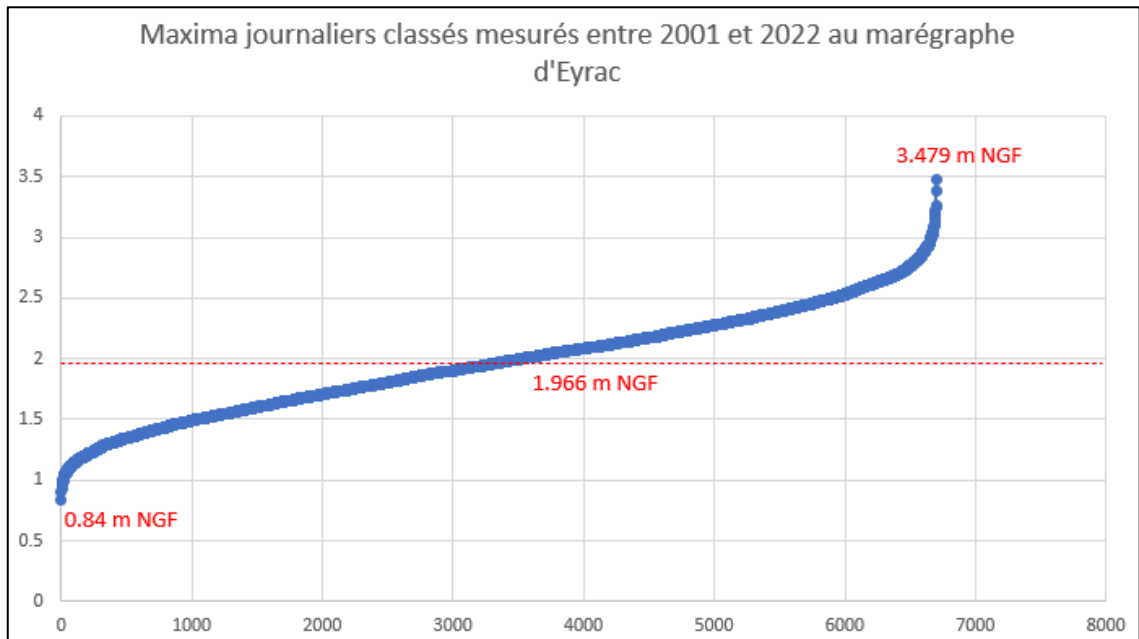
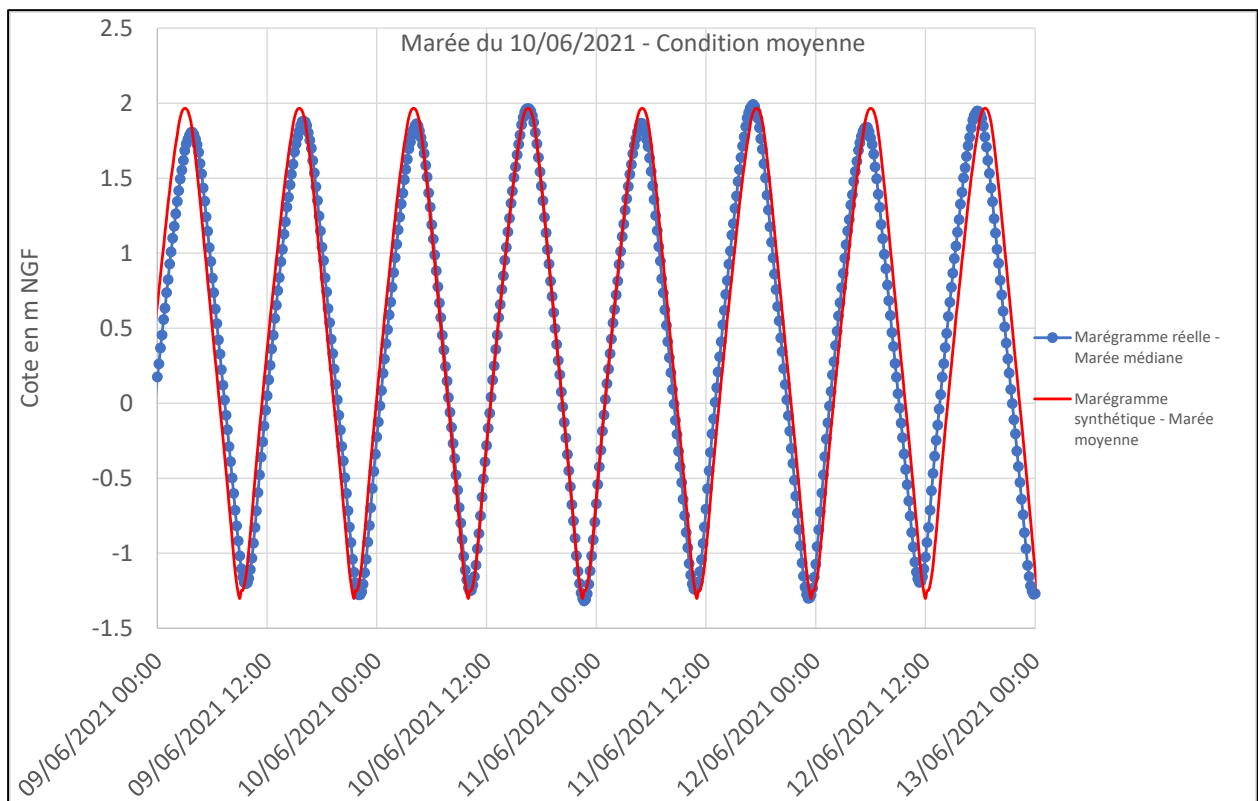


Figure 45 - Marégramme synthétique de condition de marée moyenne



Il a été choisi de prendre en compte ce marégramme plutôt que celui associé au PMME (1,42 m NGF). En effet, la valeur de pic PMME est dépassée environ 90% du temps sur

PROLOG INGENIERIE

Etudes des cours d'eau côtiers et concomitance des événements pluvieux et de submersion marine
- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

l'ensemble de la chronique enregistrée à Eyrac en 2001 et 2022, ce qui correspond à un événement de basses eaux, assez peu fréquent. A noter que la cote médiane des maxima journaliers, de 1,966 m NGF, correspond à un niveau supérieur aux fils d'eau pour environ 80 % des exutoires de la zone d'étude.

Pour ces deux données d'entrée, il a été choisi d'utiliser des marégrammes synthétiques car ce dernier reproduit à l'identique tous les cycles et notamment les niveaux maximums. Ils ont néanmoins été construits à partir de données réelles extraites de périodes où les niveaux de PHMA et de marée moyennes ont été atteintes.

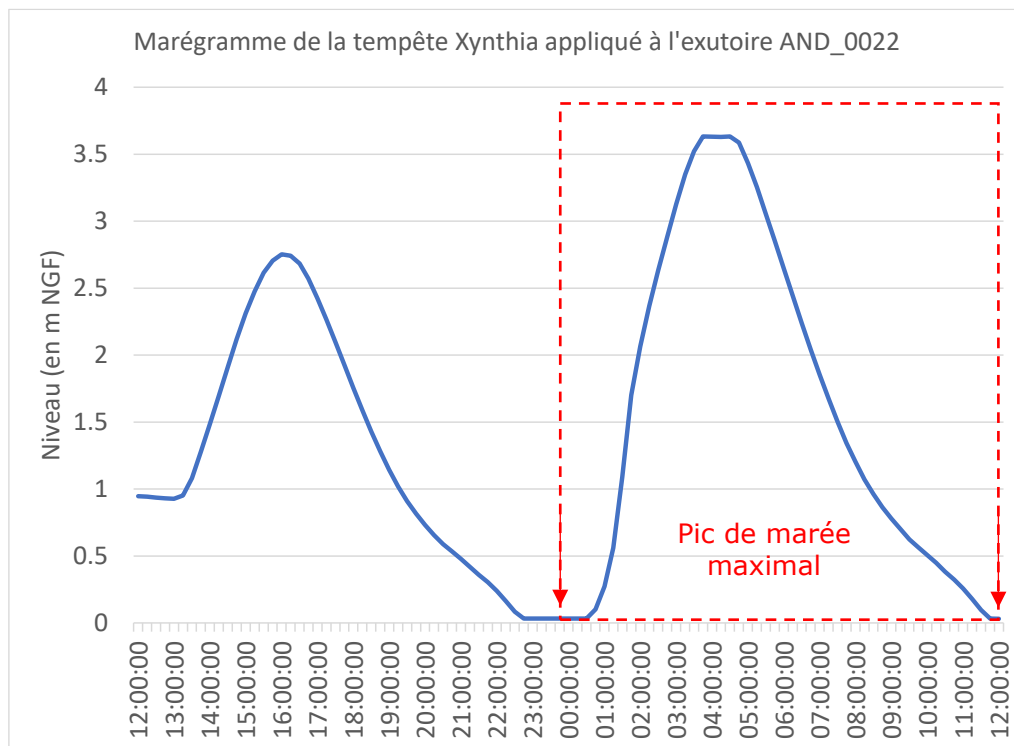
Cette méthode permet d'appliquer une contrainte aval cohérente pour tous les bassins versants, qu'ils aient un temps de réponse rapide (pour les bassins versants urbains) ou de plusieurs jours (Leyre).

Toutefois, étant donné l'échelle macroscopique du modèle et la diversité des temps de réponse des bassins versants modélisés, le pic de marée haute ne pourra pas être concomitant avec l'ensemble des rejets.

9.1.3.2. Marégramme de la tempête Xynthia

Les marégrammes de la tempête Xynthia à appliquer au droit de chacun des exutoires modélisés ont été calculés par le BRGM. Un exemple pour l'exutoire AND_022 est présenté sur la figure ci-après.

Figure 46 : Exemple de marégramme de la tempête Xynthia appliqué au droit du nœud AND_022



Les scénarios tempête envisagés (cf. 9.1.1) associent un événement pluvieux synthétique à un événement de marée réellement survenu à une date précise, en l'occurrence ici l'événement Xynthia survenu les 27 et 28/02/2010. Pour s'affranchir de la différence de référence temporelle existant entre la condition de pluie et la condition de marée et se positionner dans une situation défavorable du point de vue de la concomitance entre les débits de pointe des cours d'eau et réseaux EP modélisés et les niveaux dans le bassin, le marégramme appliqué pour représenter l'événement Xynthia est construit de la manière suivante :

1. L'analyse des chroniques de niveaux de la tempête Xynthia reconstituées par le BRGM au droit des différents exutoires des modèles permet d'identifier la plage de données correspondant au pic maximal de niveau (cf. carré rouge figure ci-dessus).
2. L'étude des simulations hivernales réalisées permet d'estimer globalement l'atteinte du pic de débit au exutoires de la majorité des réseaux urbains autour du milieu de journée du troisième jour de pluie, qui correspond au jour où l'intensité est maximale (cf. 9.1.2).
3. Le marégramme Xynthia « synthétique » retenu consiste en la répétition du pic de marée identifié sur une semaine, avec positionnement d'un des maxima au milieu du troisième jour de pluie.

9.1.4. Synthèse des scénarios simulés

Le tableau ci-après liste l'ensemble des scénarios d'événements simulés.

Tableau 25 : Tableau de synthèse des évènements simulés

Type d'évènement		Pluies			Conditions nappe (Injections des résultats du modèle Mohys)	Conditions aux limites aval		
		Scénario saisonnier	Forme pluie	Période de retour		Conditions aux limites aval - Marégrammes	Surcote tempétueuse à Eyrac au moment de la marée haute	% d'exutoire soumis à la marée
Evènements réels	Réel hiver 2013-2014 : Du 25/01/2014 au 02/02/2014	Hivernal	Réelle	Entre 5 et 10 ans	Nappes réelles MOHYS	Marégramme réel Maximum de 3,219 m NGF le 2 février 2014	environ 35 cm	94%
	Réel mai 2020 : Du 09/05/2020 au 16/05/2020	Mixte	Réelle	estimée entre 50 et 100 ans	Nappes réelles MOHYS	Marégramme réel Maximum de 2,615 m NGF le 9 mai 2020	17 cm	91%
	Réel hiver 2020-2021 : Du 27/12/2020 au 07/01/2021	Hivernal	Réelle	Entre 5 et 20 ans pour la séquence modélisée	Nappes réelles MOHYS	Marégramme réel Maximum de 2,505 m NGF le 31 décembre 2020	30 cm	91%
Synthétique	Hivernal	Double rectangle 72h	10 ans	Nappes hautes hivernales	Marégramme synthétique - Cote moyenne	-	82%	
			30 ans					
			100 ans					
			10 ans		Marégramme synthétique - Cote PHMA	-	93%	
			30 ans					
			100 ans					
			10 ans					Marégramme de la tempête Xynthia
30 ans								
100 ans								
Synthétique	Estival	Double triangle 4h	10 ans	Nappes hautes estivales	Marégramme synthétique - Cote moyenne	-	82%	
			30 ans					
			100 ans					
			10 ans		Marégramme synthétique - Cote PHMA	-	93%	
			30 ans					
			100 ans					

PROLOG INGENIERIE

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

- Rapport de partie 2-

R22-416-01_V0.2_Partie-2

09/2023

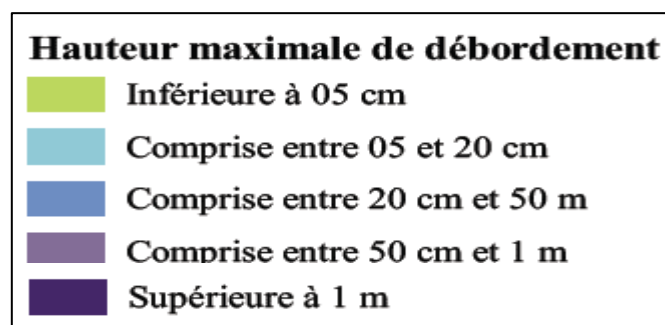
9.2. CARTOGRAPHIES

La modélisation des événements définis au chapitre précédent permet d'accéder aux hauteurs de submersion maximales sur le maillage de surface 2D.

Les résultats bruts de simulation du débordement ont été traités à l'aide du logiciel de SIG QGIS afin d'obtenir les couches SIG de classes de hauteurs maximales.

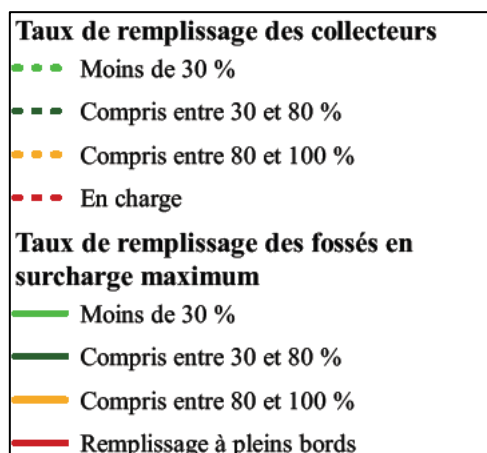
Un travail de lissage des couches produites a été réalisé, afin de restreindre le poids des fichiers géomatiques produits en sortie et de réduire l'effet de « crénelage » lié à l'interpolation des résultats bruts de modélisation hydraulique.

A l'issue de ces traitements, les cartographies de hauteurs maximales ont été créées selon les classes suivantes :



Sur ces cartes, sont également affichés les résultats suivants :

- Taux de remplissage des conduites et des cours d'eau selon la symbologie suivante :



- Niveau maximal appliqué aux exutoires :

Exutoire

- ◆ Exutoire avec clapet *3.0 m : Niveau maximal*
- △ Exutoire sans clapet *appliqué à l'exutoire (m NGF)*

Deux échelles de rendu sont proposées pour l'ensemble des cartographies produites :

- Des cartes à l'échelle 1/5000^{ème} qui avec un planchage adapté permettent de couvrir chacune des communes ;
- Des cartes au format A3 qui permettent de visualiser les résultats sur l'emprise de chaque sous-modèle. Les échelles de ces cartes varient entre 1/15 000^{ème} et 1/100 000^{ème} en fonction des secteurs.

Toutes les cartographies sont transmises sous forme d'atlas numérique au format pdf.