

Etude de dangers Digue de la Leysse - SE 2

Compléments à l'Etude de Dangers 2019 / Sécurisation
SE2.2 aval

Notice hydraulique
I.001085.001 – DIGP-ERE 2022-1438-02



Etude de dangers Digue de la Leysse - SE 2

Compléments à l'Etude de Dangers 2019 / Sécurisation SE2.2 aval

Notice hydraulique

I.001085.001 – DIGP-ERE 2022-1438-02

MAÎTRE D'ŒUVRE	Groupeement SUEZ Consulting / CNR /
-----------------------	--

CONTRÔLE QUALITÉ	NOM	DATE	SIGNATURE
RÉALISÉ PAR	Emilio CORRALES	21/12/2022	
VÉRIFIÉ PAR	Luc DURON	21/12/2022	
APPROUVÉ PAR	Yoann LAFFONT	21/12/2022	

INDICE DU DOCUMENT	DATE	DÉSIGNATION DE LA RÉVISION
-01	21/12/2022	Version initiale
-02	27/03/2023	Modifications cartes ; à la suite des commentaires de Safege (tracé de la digue SE 2.4).

Sommaire

1	Objet du document	5
2	Données d'entrée – hypothèses de fonctionnement	6
2.1	Données hydrologiques.....	6
2.1.1	<i>Données Hydrolac</i>	<i>6</i>
2.2	Cote aval - Lac du Bourget.....	7
2.3	Fonctionnement du bras de décharge	7
3	Présentation du modèle hydraulique	9
3.1	Code de calculs : Telemac-2D	9
3.2	Emprise, maillage et frontières du modèle	9
3.3	Bathymétrie du modèle	10
3.4	Calage du modèle hydraulique.....	10
4	Scénarios hydrauliques (cartographies)	12
4.1	Scénario 1 : fonctionnement nominal	13
4.2	Scénario 2 : défaillance fonctionnelle.....	16
4.3	Scénario 3 : défaillance structurelle	20
4.3.1	<i>Hypothèses sur les caractéristiques de la brèche</i>	<i>20</i>
4.3.2	<i>Dynamique de la mise en eau pour le scénario 3</i>	<i>24</i>
4.4	Profil en long de la ligne d'eau	29
5	Conclusion.....	30

Liste des figures

Figure 1 : Plan de situation des digues du système d'endiguement SE2 (SE2.2 et SE2.4 en état projet)	5
Figure 2 : Hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leyse	7
Figure 3 : prise d'eau Figure 4 : Bras de décharge Figure 5 : Leyse « aval »	8
Figure 6 : Vue en plan du modèle hydraulique et de ses frontières	9
Figure 7 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 1	13
Figure 8 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 1.....	14
Figure 9 : Venues d'eau maximales pour le scénario 1	15
Figure 10. Ecart entre la LE Sc2 et LE Sc1.	16
Figure 11 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 2	17
Figure 12 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 2.....	18
Figure 13 : Venues d'eau maximales pour le scénario 2	19
Figure 14. Hydrogrammes pour la Q200 de la Leyse	20
Figure 15 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 3	21
Figure 16 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 3.....	22
Figure 17 : Venues d'eau maximales pour le scénario 3	23
Figure 18 : Hydrogramme au pont du Tremblay (Q200 – Sc3) avec le repérage des 4 extractions temporelles	24
Figure 19 : Hauteur d'eau à t=95400s (pour le scénario 3)	25
Figure 20 : Hauteur d'eau à t=99000s (pour le scénario 3)	26
Figure 21 : Hauteur d'eau à t=102600s (pour le scénario 3)	27
Figure 22 : Hauteur d'eau à t=106200s (pour le scénario 3)	28
Figure 23. Profil en long des lignes d'eau (Sc1, Sc2 et Sc3).....	29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition retenue des débits par le bras de décharge (sans défaillance)	8
Tableau 2 : Comparaison modèle 2D et laisses pour la crue de 1990 (Source :[1])	10
Tableau 3 : Coefficients de frottement retenus	10
Tableau 4 : Synthèse des 3 scénarios	12
Tableau 5. Débitance de l'ouvrage de décharge par surverse seulement (avec hypothèse conservative)	16
Tableau 6 : Détails des temps des extractions réalisées.....	24
Tableau 7. Cote au pont du Tremblay.....	29

Documents associés

- [1] Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement du bassin Chambérien, Etude de Dangers, SE2, CNR, Mars 2019
- [2] Mission de maîtrise d'œuvre pour les travaux de la protection contre les inondations et restauration de la Leyse aval, Etude d'Avant-projet modificatif, CNR, DIGP 2020-680A, 21/10/2020
- [3] Bras de décharge de la Leyse, Modélisation numérique de l'ouvrage de prise, HydroCosmos, 2003
- [4] Eléments hydrologiques et hydrauliques préparatoires à l'étude de restauration des systèmes d'endiguement sur le bassin Chambérien, Notice sommaire de présentation, Hydrolac, 2015

1 Objet du document

Le présent document détaille les hypothèses et les modélisations hydrauliques réalisées pour l'addendum à l'étude de dangers (Etat projet) du système d'endiguement SE2. Après un rappel des données d'entrée, en particulier sur les débits de crue et le fonctionnement du bras de décharge, le modèle hydraulique utilisé est décrit. Ce modèle a servi de base à l'estimation du niveau de protection en simulant plusieurs régimes permanents puis a été utilisé pour simuler les scénarios EDD.

La Figure 1 présente les digues de premier rang constituant le système d'endiguement SE2 (SE2.1, SE2.2, SE2.3 et SE2.4). Les sub-systèmes SE2.2 et S.E2.4 sont considérés en Etat Projet.

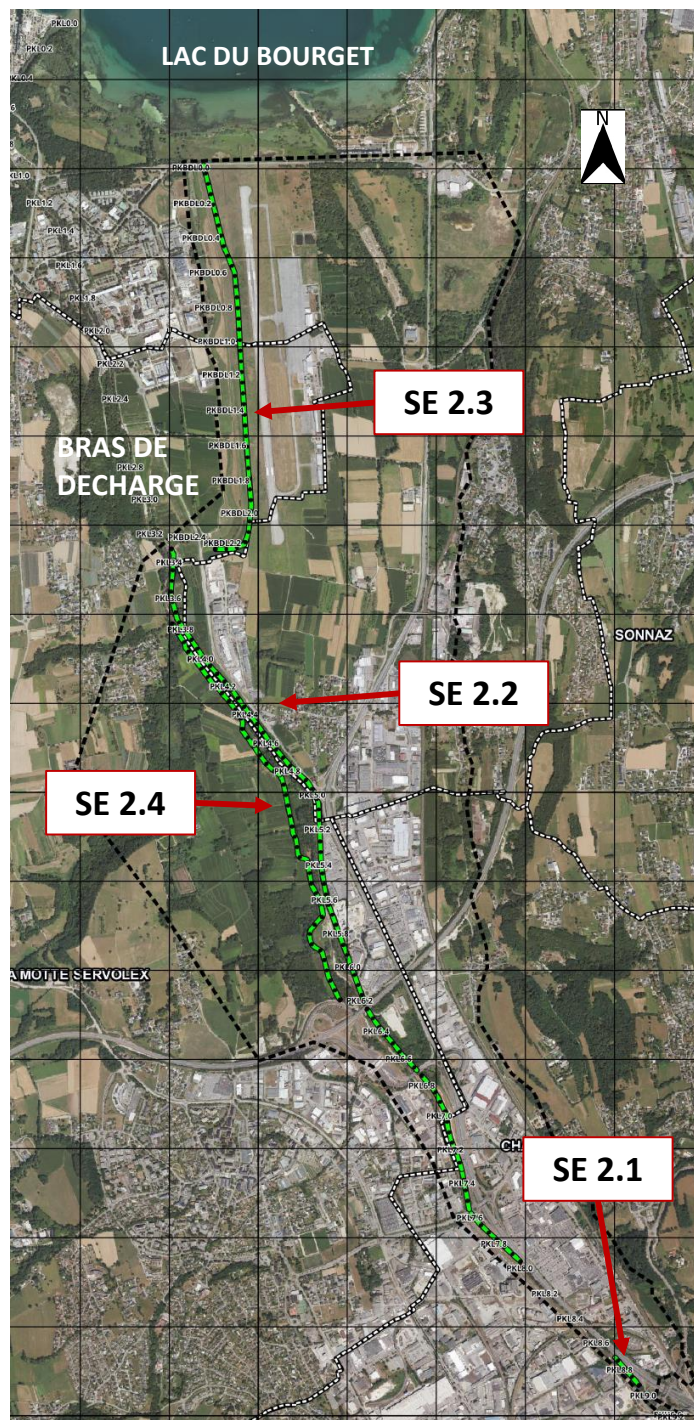


Figure 1 : Plan de situation des digues du système d'endiguement SE2 (SE2.2 et SE2.4 en état projet).

2 Données d'entrée – hypothèses de fonctionnement

Cette partie a pour objectif de préciser : les valeurs des débits retenues pour les simulations hydrauliques ainsi que leur occurrence, les hydrogrammes de crues associés et la répartition du bras de décharge simulée.

2.1 Données hydrologiques

La station hydrométrique du pont du Tremblay est gérée par la DREAL (Auvergne-Rhône-Alpes) et constitue une station de référence pour la Leysse.

Néanmoins les débits de cette station n'ont pas été réutilisés en l'état. En concertation avec le CISALB et les services de l'État, il a été décidé que la présente étude se base sur les résultats hydrologiques Hydrolac qui ont servi en particulier aux calculs des Etudes de dangers précédentes [1], à l'AVP de la Leysse aval [2], à l'établissement du Schéma Directeur et qui ont été critiqués (en particulier les débits de la Leysse, en aval des projets d'aménagement). Ces données Hydrolac ont été propagées sur le modèle CNR complet intégrant les travaux de la Leysse médiane et le projet de la Leysse aval (en phase PRO à la date du jour). Ces confortements modifient donc l'hydrologie au pont du Tremblay (situé en aval de ces confortements) en reportant plus de débit dans le cours de la Leysse.

2.1.1 Données Hydrolac

2.1.1.1 Points d'injection

Sur le modèle CNR complet (voir l'annexe 6 de l'EDD du SE2 [1]), les hydrogrammes Hydrolac ont été propagés aux points suivants :

- La Leysse au pont des Barillettes (pont de la RD912) ;
- L'Hyères au pont de la RD1006 ;
- L'Albanne à sa confluence avec la Leysse en aval du pont de Serbie ;
- Le Nant Petchi à sa confluence avec la Leysse ;
- Le Nant du Forézan à sa confluence avec l'Hyères à Cognin ;
- Le Nant Bruyant à sa confluence avec la Leysse en amont de l'A43.

L'injection du Ruisseau des Marais a été placée en aval de l'A43, au niveau du seuil déversant de Pré-Marquis.

Les ruissellements intermédiaires sont injectés au droit du Nant Pétchi et du Varon.

2.1.1.2 Hydrogrammes

Les hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leysse sont rappelés sur la Figure 2.

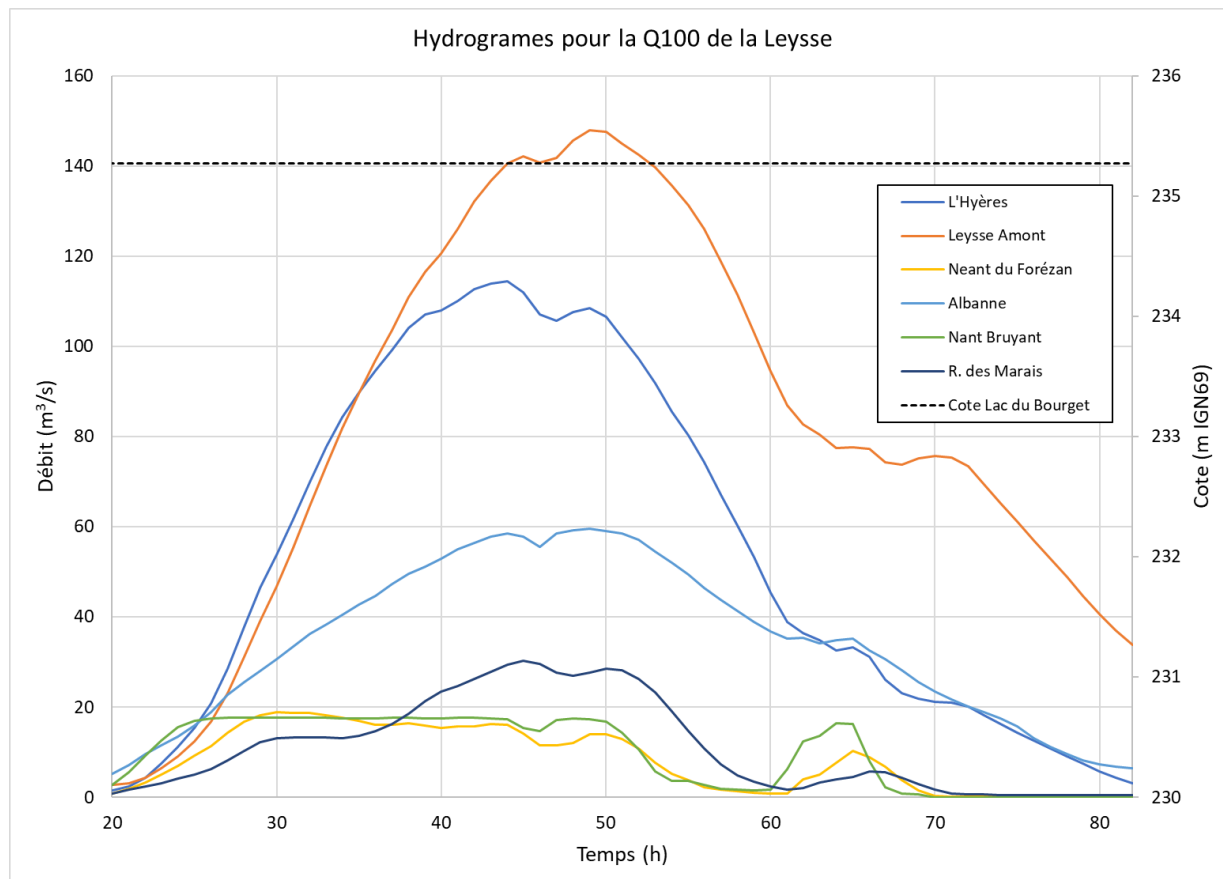


Figure 2 : Hydrogrammes Hydrolac pour la Q100 de la Leysse

Ces données Hydrolac correspondent aux dernières études hydrologiques disponibles, mais elles mériteraient à l'avenir d'être mises à jour pour intégrer également les données de crues récentes. Ces données Hydrolac semblent plutôt conservatives et sont basées sur l'épisode pluvieux de février 1990 multiplié par un facteur de 1.2 (voir [4]).

2.2 Cote aval - Lac du Bourget

Le Lac du Bourget représente la condition limite aval du modèle hydraulique. Afin de garder une cohérence avec les EDD précédentes, les valeurs suivantes ont été retenues pour la Q100 et Q200 de la Leysse.

Z100 = 235.27 m IGN69.

Z200 = 235.38 m IGN69.

2.3 Fonctionnement du bras de décharge

Le bras de décharge des crues de la Leysse est un aménagement de protection contre les crues. Il fait partie d'un ensemble d'ouvrages préconisés dans le schéma directeur des aménagements nécessaires pour la protection contre les crues du bassin chambérien approuvé en 2000. Achievé en 2008, l'ouvrage a pour objectif de protéger le Bourget du lac et Savoie Technolac des crues de la Leysse ainsi que l'aérodrome jusqu'à l'événement d'occurrence centennale.



Figure 3 : prise d'eau



Figure 4 : Bras de décharge



Figure 5 : Leysse « aval »

L'ouvrage est constitué par :

- une prise d'eau connectée à la Leysse (et dont l'objectif est de dériver une partie des débits de la rivière),
- un chenal bordé de digues (et dont le terrassement permet le transit de l'eau jusqu'au lac du Bourget).

Le chenal possède différents faciès avec un lit mineur et un lit majeur de formes différentes selon les tronçons.

L'ouvrage est prévu pour ponctionner dans la Leysse les surplus de débits pouvant entraîner des dégâts à l'aval.

1. Jusqu'à 110 m³/s, l'eau reste intégralement dans le lit de la Leysse.
2. Au-delà de 110 m³/s et jusqu'à 280 m³/s, l'eau s'écoule dans le lit de la Leysse et une **partie surverse par-dessus les clapets** de la prise d'eau.
3. Au-delà de 280 m³/s et jusqu'à 370 m³/s, **les clapets s'abaissent progressivement** pour augmenter le débit dans le bras de décharge afin de conserver un débit maximum dans la Leysse de 240 m³/s.
4. Sur les 370 m³/s, 240 m³/s restent dans le lit de la Leysse et 130 m³/s transitent dans l'ouvrage (**ouvrage tout ouvert**).

L'étude HydroCosmos [3] a permis de déterminer la répartition des débits entre la Leysse et le bras de décharge. Les débits associés sont rappelés dans le Tableau 1.

Débit de la Leysse amont [m ³ /s]	Débit dans le chenal de décharge [m ³ /s]	Débit de la Leysse aval [m ³ /s]
110	0.5	110
160	11	149
190	18	172
230	30	200
260	39	221
280	45	235
300	60	240
340	100	240
370	133	237

Tableau 1 : Répartition retenue des débits par le bras de décharge (sans défaillance)

3 Présentation du modèle hydraulique

Le modèle hydraulique Telemac-2D a été repris des précédentes études [1][2]. La modélisation de l'ouvrage du bras de décharge suit la répartition de débits présentée dans la partie 2.3.

3.1 Code de calculs : Telemac-2D

Le code de calculs utilisé pour la présente étude est **Telemac-2D**, il permet de simuler des écoulements à surface libre en 2D (la vitesse étant moyennée sur la verticale). Ainsi, à chaque point du maillage, la hauteur d'eau et les vitesses selon l'axe X et Y sont calculées. Le maillage est non structuré, ce qui permet d'affiner la modélisation dans les zones d'intérêt. La version Telemac utilisée est la **v7p2r0**.

3.2 Emprise, maillage et frontières du modèle

La Figure 6 présente l'emprise du modèle utilisé et ses frontières (amont en débit imposé et aval en niveau).

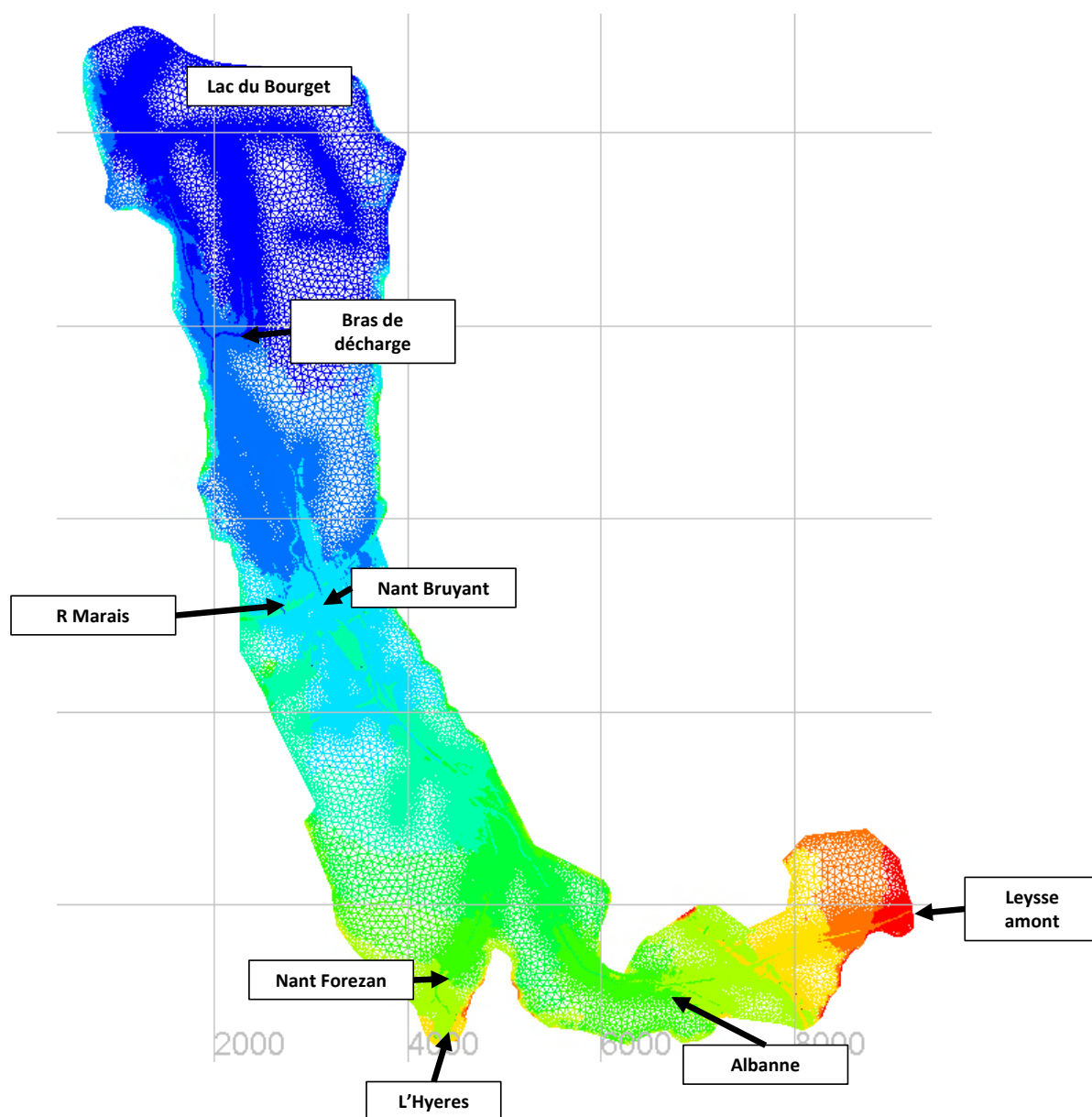


Figure 6 : Vue en plan du modèle hydraulique et de ses frontières

Le maillage du modèle comporte 79 823 nœuds pour 158 890 éléments. La taille des mailles (longueur des arêtes des triangles) varie de 0.5m à plus de 100m (la moyenne se situe autour de 8.5m).

3.3 Bathymétrie du modèle

La bathymétrie de la Leysse aval date de 2008 (levés Hydrotopo) et les données du bras de décharge de 2016 (DOE _ - dossier de ouvrages exécutés FAMY -). Les données de la plaine sont issues du LIDAR DREAL 2013.

En amont du pont du Tremblay, le projet de confortement de la Leysse aval a été intégré et aucune surverse ne sera observée sur ce secteur pour la crue de dimensionnement (Q100).

La crête de la digue SE2.2 (en rive droite à l'amont de la 43) a été vérifiée et mise à jour avec le plan de recollement (FAMY, 2018).

En rive gauche, à l'aval de la 43 jusqu'à PKL 5.56, les travaux déjà réalisés sont intégrés à partir du plan de recollement (FAMY, 2018).

D'autre part, le SE2.4 (en RG) entre le PKL 5.6 et la confluence avec le ruisseau des Marais et le SE2.2 (RG) entre le pont de la 43 et le pont du Tremblay ont été intégrés en état projet. A cette fin, le scénario Sc3 Solution base de l'AVP de la Leysse Aval a été pris comme référence.

3.4 Calage du modèle hydraulique

Le calage du modèle hydraulique n'a pas été modifié par la présente étude. Le calage du modèle repose donc sur les calculs réalisés sur la crue de 1990 comme présenté dans l'annexe 6 de l'EDD SE2 (voir [1]).

Les niveaux d'eau calculés sur le secteur sont comparés aux laisses de crue de 1990 dans le Tableau 2 et le résultat du calage est rappelé dans le Tableau 3.

Nom	Z_Laisse90	Z_Modèle_2D	Ecart (m) Modèle 2D - Laisses	Ecart en valeur absolue (m) modèle 2D - Laisse
Pont du Tremblay (limni)	241.53	241.30	-0.23	0.23
Passerelle Université	237.65	237.63	-0.02	0.02
Passerelle Prieuré	235.50	235.61	0.11	0.11

Tableau 2 : Comparaison modèle 2D et laisses pour la crue de 1990 (Source :[1])

Zone	Coefficient de Strickler (frottement)
Leysse (rivière)	36 m ^{1/3} /s
Leysse (berges/talus herbacés)	16 m ^{1/3} /s
Bras de décharge	25 m ^{1/3} /s
Lit majeur	16 à 48 m ^{1/3} /s (selon occupation du sol)

Tableau 3 : Coefficients de frottement retenus

3.5 Hypothèse du fond du lit

Une hypothèse de fonds fixes a été prise dans l'étude hydraulique ainsi que dans l'EDD précédente.

La Leysse n'a pas un régime torrentiel sur l'ensemble de son cours. Cependant, afin d'écarter le risque d'augmentation de la ligne d'eau des mesures préventives doivent être mises en œuvre. En particulier, il convient de mettre en place un suivi régulier de l'évolution des fonds ; concrètement, nous proposons que ce suivi s'articule comme suit :

- Levé bathymétrique tous les 5 ans ou après chaque crue morphogène
- Comparaison avec les fonds fixes pris comme hypothèse de l'étude EDD SE2.2,
- Bilan en termes de volumétrie des matériaux,
- Simulation hydraulique : suivant interprétation de ce bilan et sa répartition spatiale.

En parallèle, un retour aux fonds fixes mentionnés ci-avant doit être mise en œuvre si un engravement était constaté au droit de certains secteurs jugés critiques (amont du bras de décharge, par exemple et déversoir de Pré-Marquis en RG, amont du pont du Tremblay, etc.).

4 Scénarios hydrauliques (cartographies)

Dans le cadre de l'EDD du SE2.2 aval, les scénarii suivants sont définis :

ID	Scénario	Période de retour	Présence de brèche ?
1	Fonctionnement nominal	100 ans	Non
2	Défaillance fonctionnelle	100 ans	Non
3	Défaillance structurelle	200 ans	Oui (SE2)

Tableau 4 : Synthèse des 3 scénarios

Pour chacun des scénarios, les cartographies (vue en plan) suivantes sont réalisées :

1. Hauteur d'eau maximale (en m),
2. Vitesse scalaire maximale (en m/s),
3. Venues d'eau maximales (avec 3 niveaux) : obtenues en croisant la hauteur d'eau et la vitesse scalaire.

Note : Les cartographies sont focalisées sur le système d'endiguement SE 2. A cette fin les résultats du modèle hydraulique ont été découpés avec l'aide d'un polygone de découpage (trait noir pointillé) qui englobe le secteur d'intérêt de l'étude.

4.1 Scénario 1 : fonctionnement nominal

La cartographie de la hauteur d'eau maximale du scénario 1 est présentée sur la Figure 7. Cette cartographie montre une légère inondation de la zone protégée sur la partie aval, ceci est dû au fait que la cote de lac est légèrement supérieure à la cote de la route D1201A. A ce même endroit, la vitesse est inférieure à 0.5 m/s comme le montre la Figure 8 (car l'inondation se fait par le lac dont la cote est supposée constante).

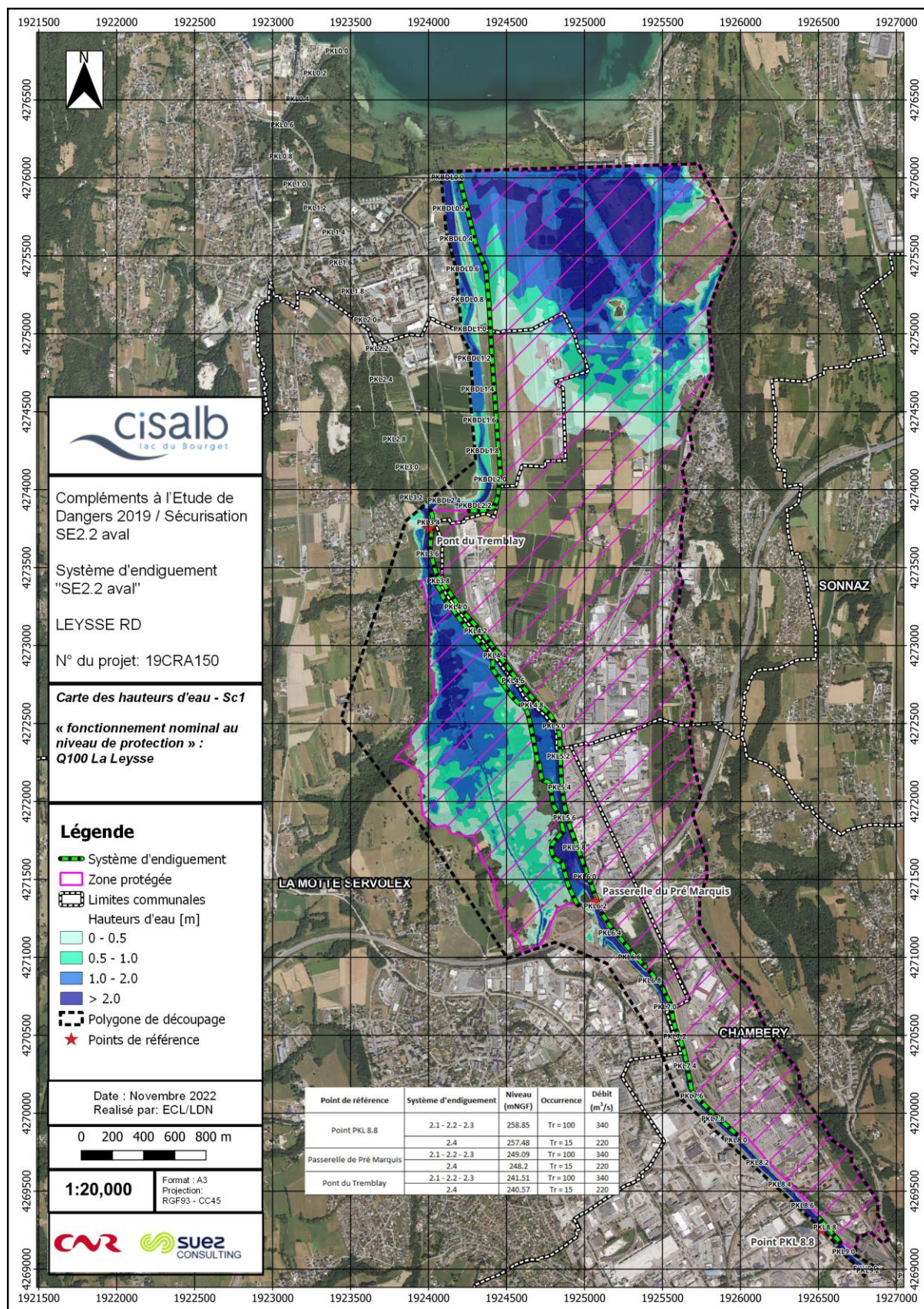


Figure 7 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 1

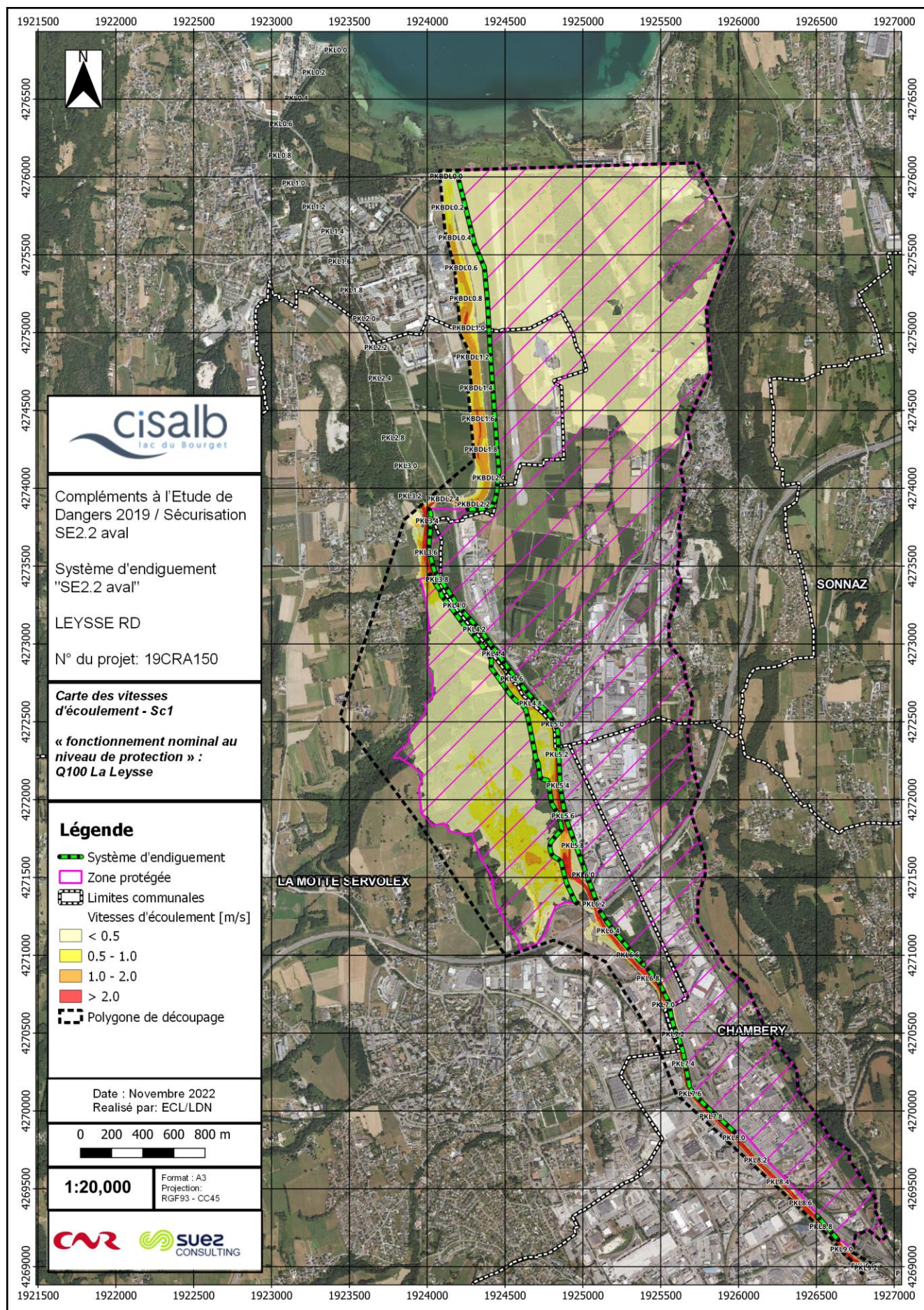


Figure 8 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 1

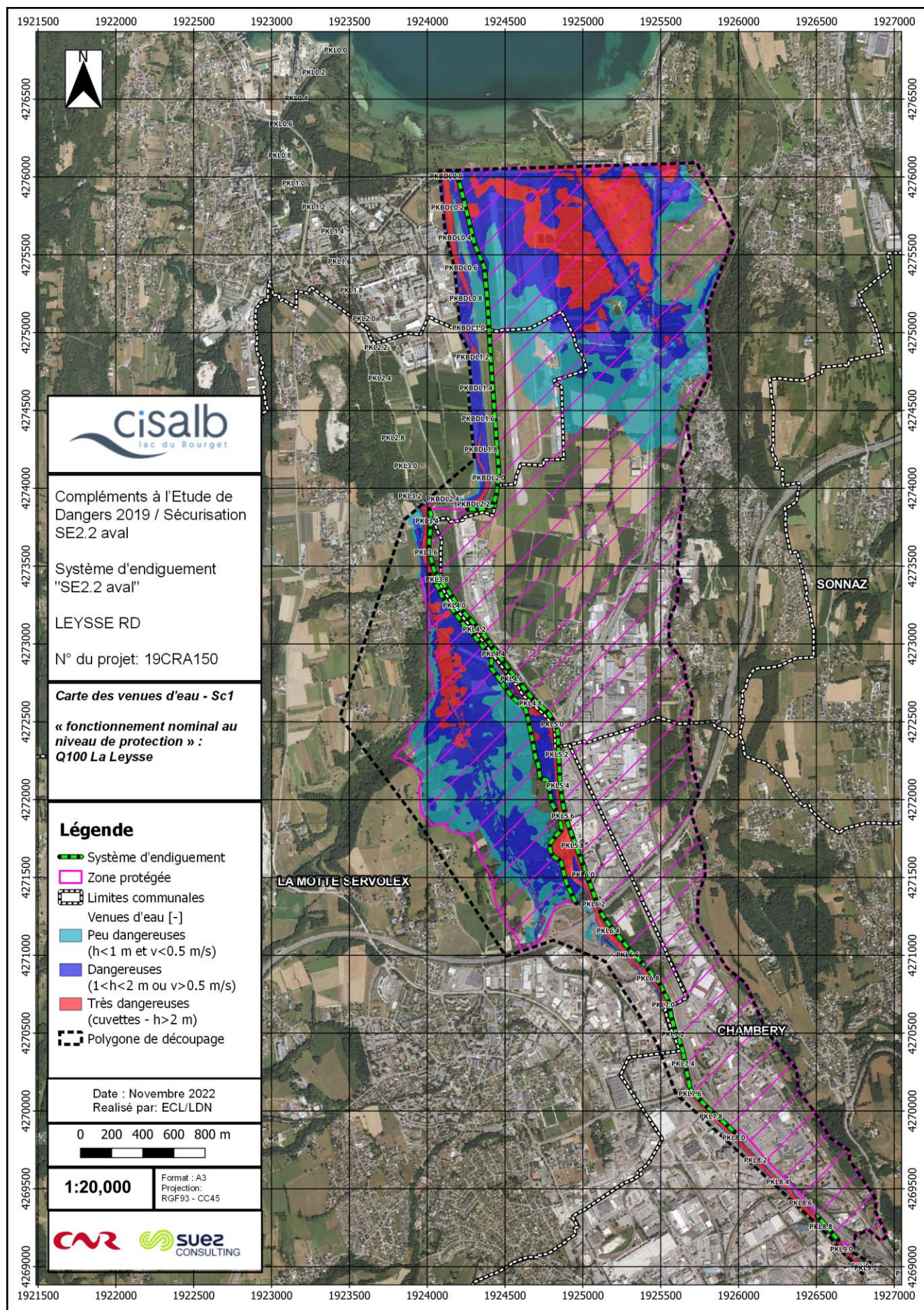


Figure 9 : Venues d'eau maximales pour le scénario 1

4.2 Scénario 2 : défaillance fonctionnelle

Le scénario 2 de la défaillance fonctionnelle (les clapets du bras de décharge restent en position levée), évalue les venues d'eau dans la zone protégée sans rupture (comme précisé dans l'annexe 1 de l'arrêté du 7 Avril 2017). Le bras de décharge tiendra seulement compte d'une surverse par-dessus les clapets en prenant la valeur avant l'ouverture attendue des clapets (hypothèse conservatrice car la charge sur l'ouvrage augmente si on n'ouvre pas l'ouvrage). Ainsi, le débit maximum dans le bras de décharge sera de 45 m³/s, comme le montre le tableau suivant :

Débit de la Leysse amont [m³/s]	Débit dans le chenal de décharge [m³/s]	Débit de la Leysse aval [m³/s]
110	0.5	110
160	11	149
190	18	172
230	30	200
260	39	221
280	45	235
300	45	255
340	45	295
370	45	325

Tableau 5. Débitance de l'ouvrage de décharge par surverse seulement (avec hypothèse conservatrice)

La défaillance fonctionnelle du bras de décharge lors d'une crue Q100 ne représente pas un impact sur le champ d'inondation. Cependant, à l'aval de l'ouvrage on peut constater un impact sur la ligne d'eau (écart max 53 cm) dû à l'augmentation du débit que transite sur la Leysse. (Voir Figure 10).

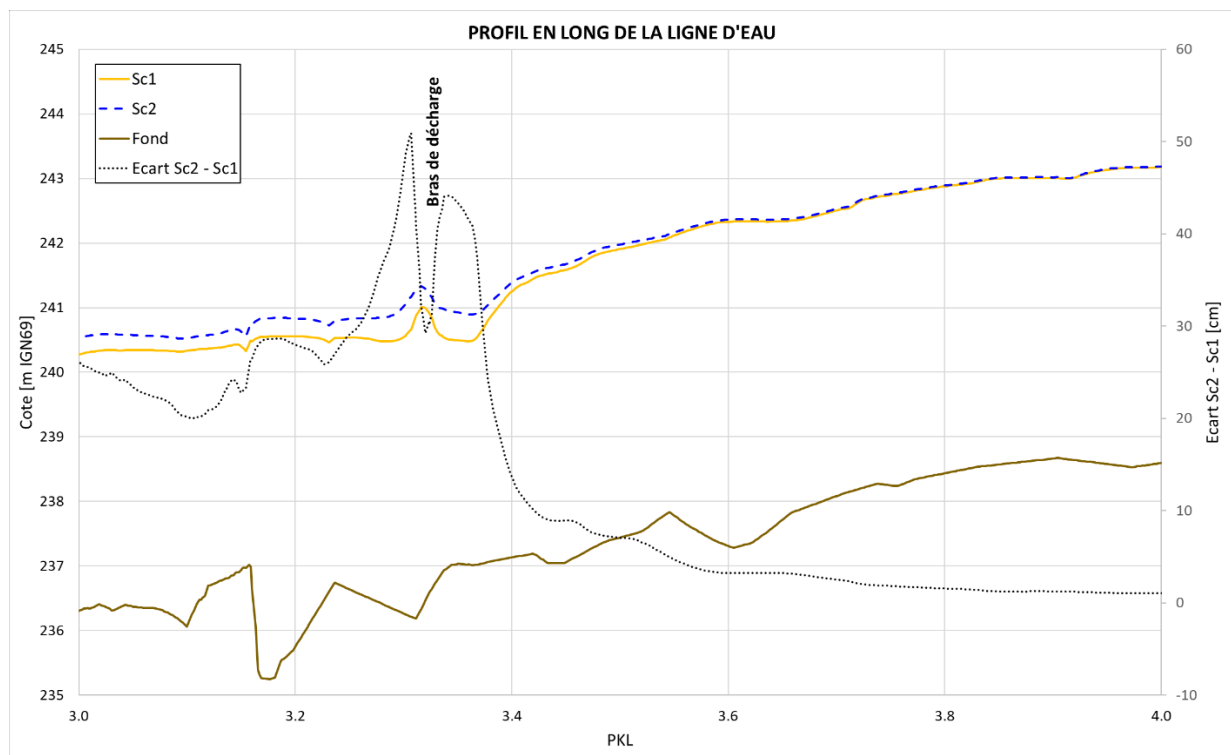


Figure 10. Ecart entre la LE Sc2 et LE Sc1.

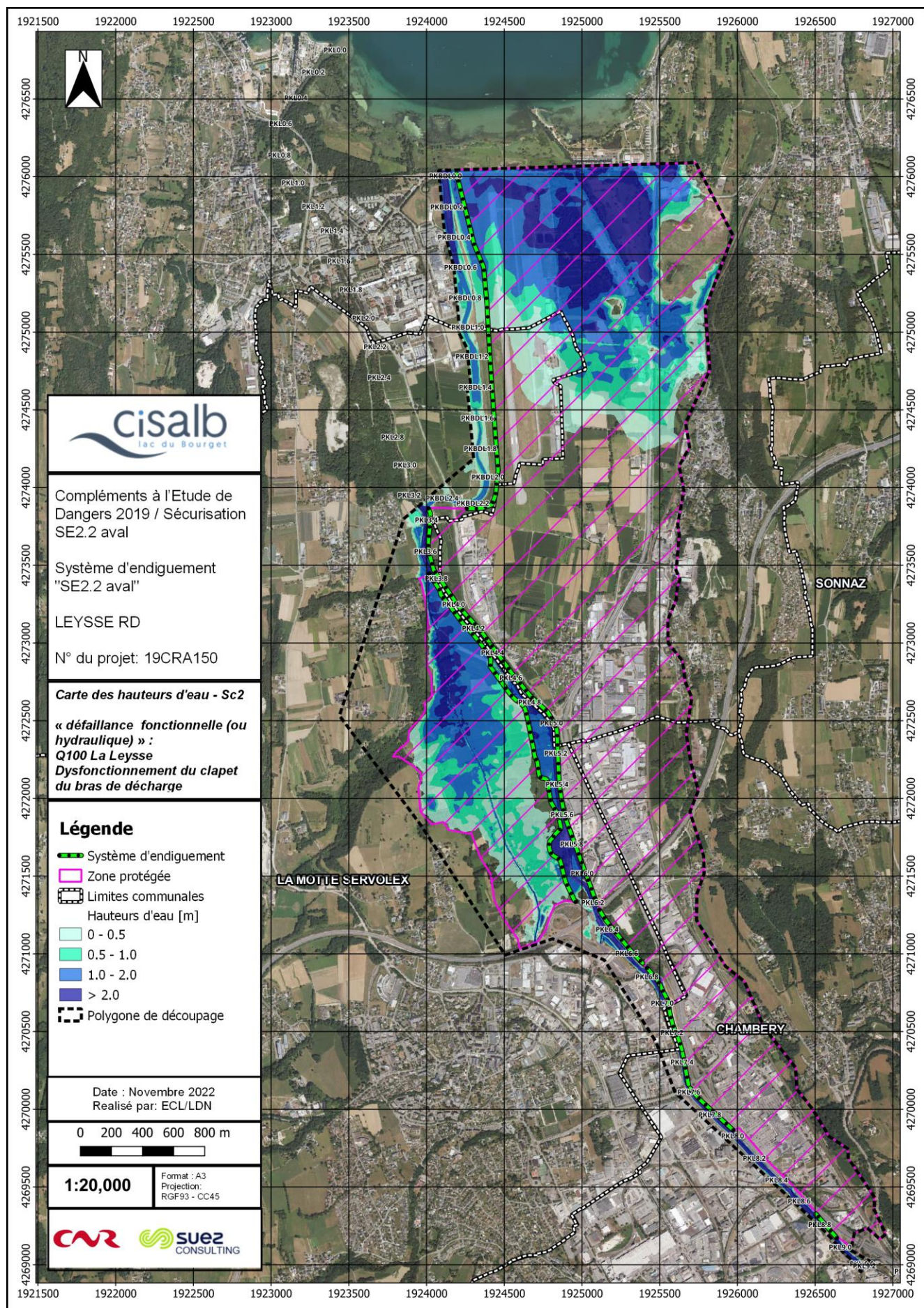


Figure 11 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 2

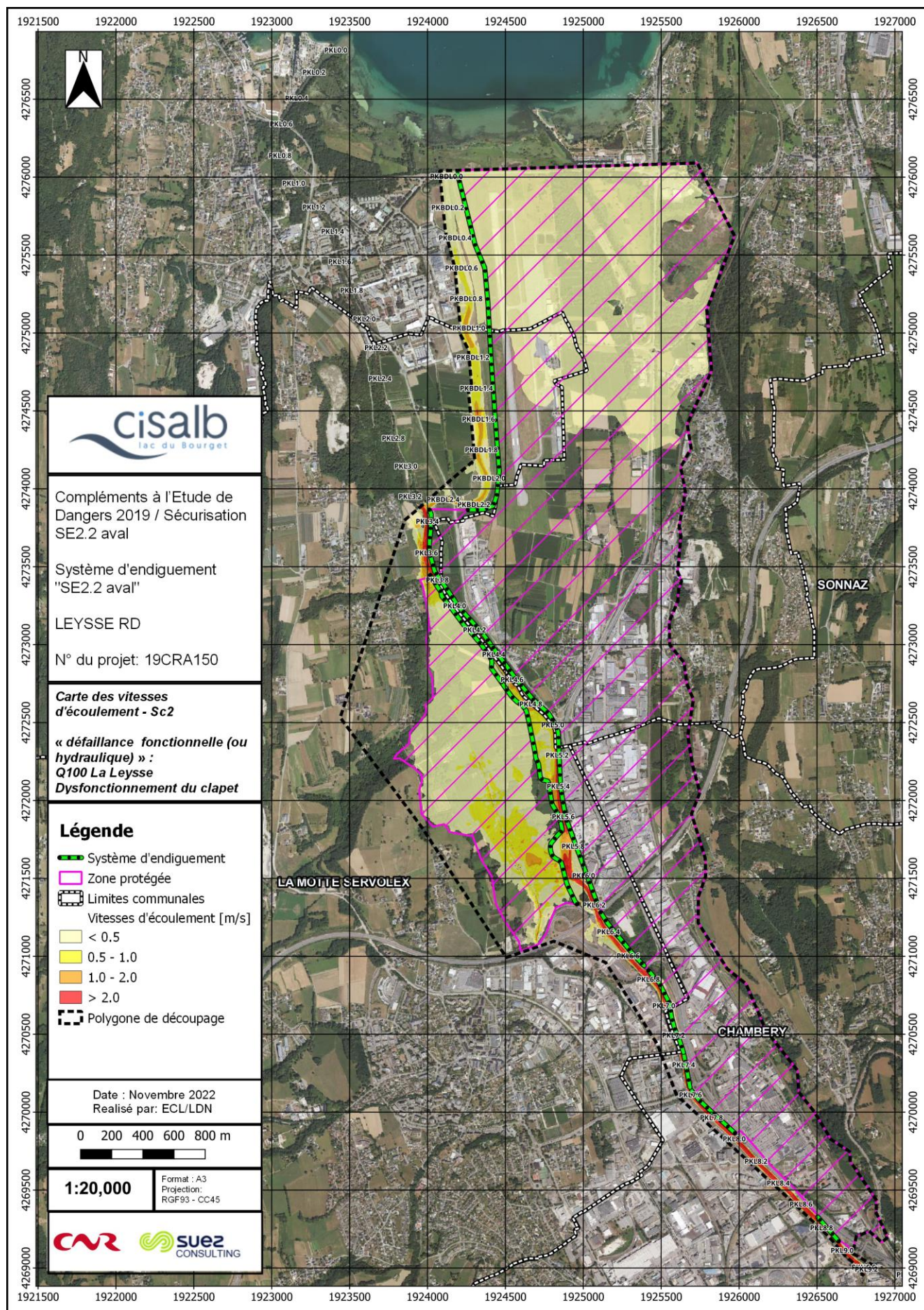


Figure 12 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 2

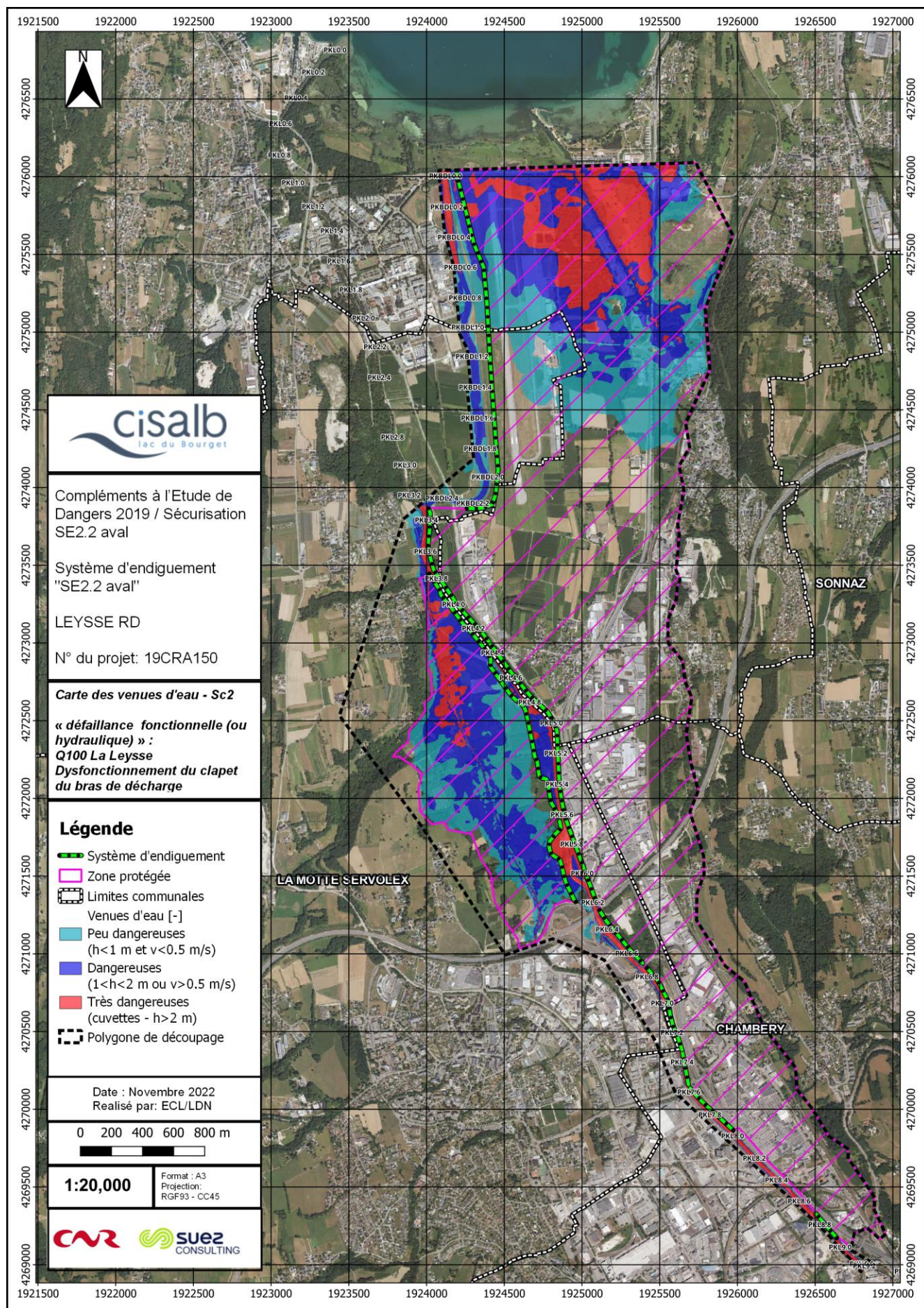


Figure 13 : Venues d'eau maximales pour le scénario 2

4.3 Scénario 3 : défaillance structurelle

4.3.1 Hypothèses sur les caractéristiques de la brèche

Les principaux paramètres (le temps de rupture et la largeur) retenus pour la modélisation des brèches, correspondent aux mêmes hypothèses retenues dans les précédentes EDDs. Ces paramètres sont décrits ci-dessous :

- Crue : Une crue Q200 a été identifiée comme une crue qui présent un débordement en rive droite,
- Début de la brèche : lorsque le début de la submersion apparaît (rupture par surverse),
- Abaissement de la crête jusqu'à l'atteinte du terrain naturel aval,
- Largeur des brèches : La largeur de 20m a été confirmé par une étude historique des brèches (voir [1]).
- Temps de rupture : Dans le TRI cette durée varie entre 1h30 et 2h. Sachant que sur les cours d'eau d'Isère et de Haute Savoie, cette durée est plus proche de 30 min, nous avons décidé de retenir une valeur moyenne de 1h.
- Localisation de la brèche : PKL 6.4, en rive droite de la Leysse.

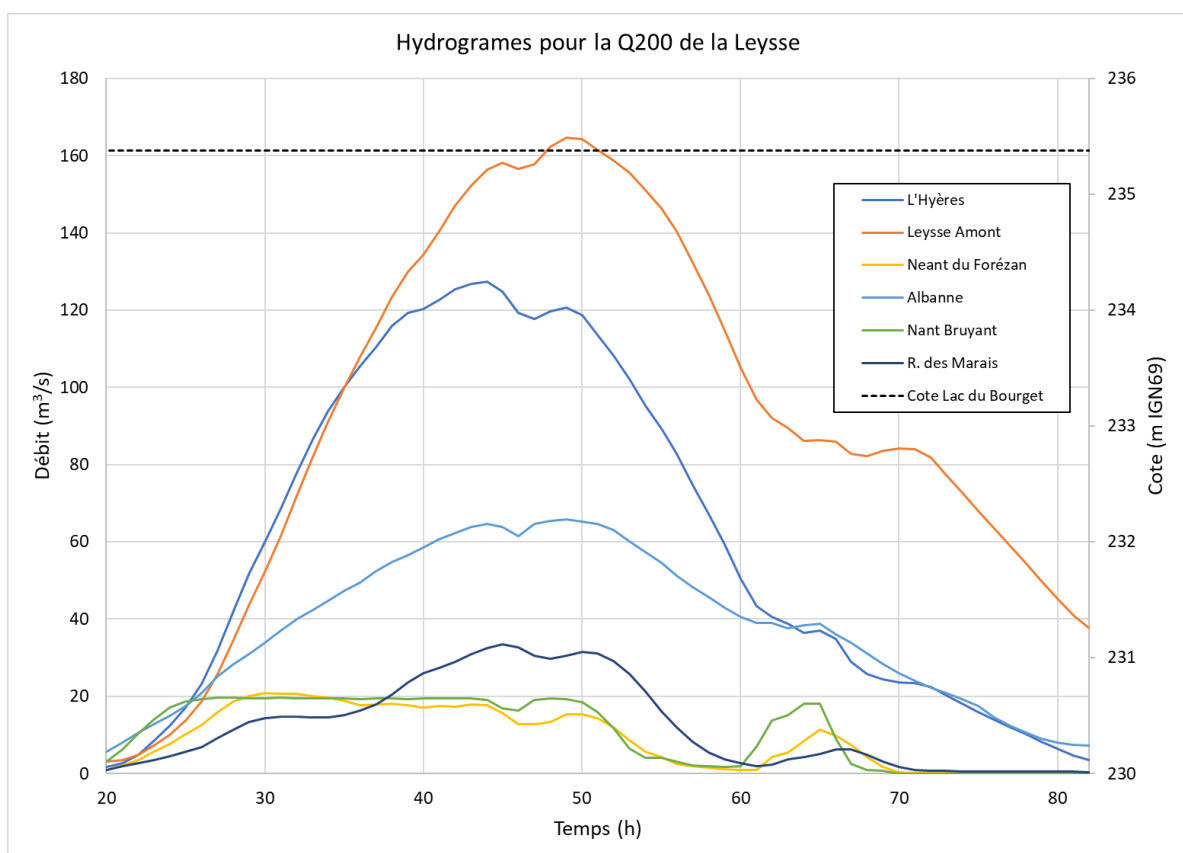


Figure 14. Hydrogrammes pour la Q200 de la Leysse

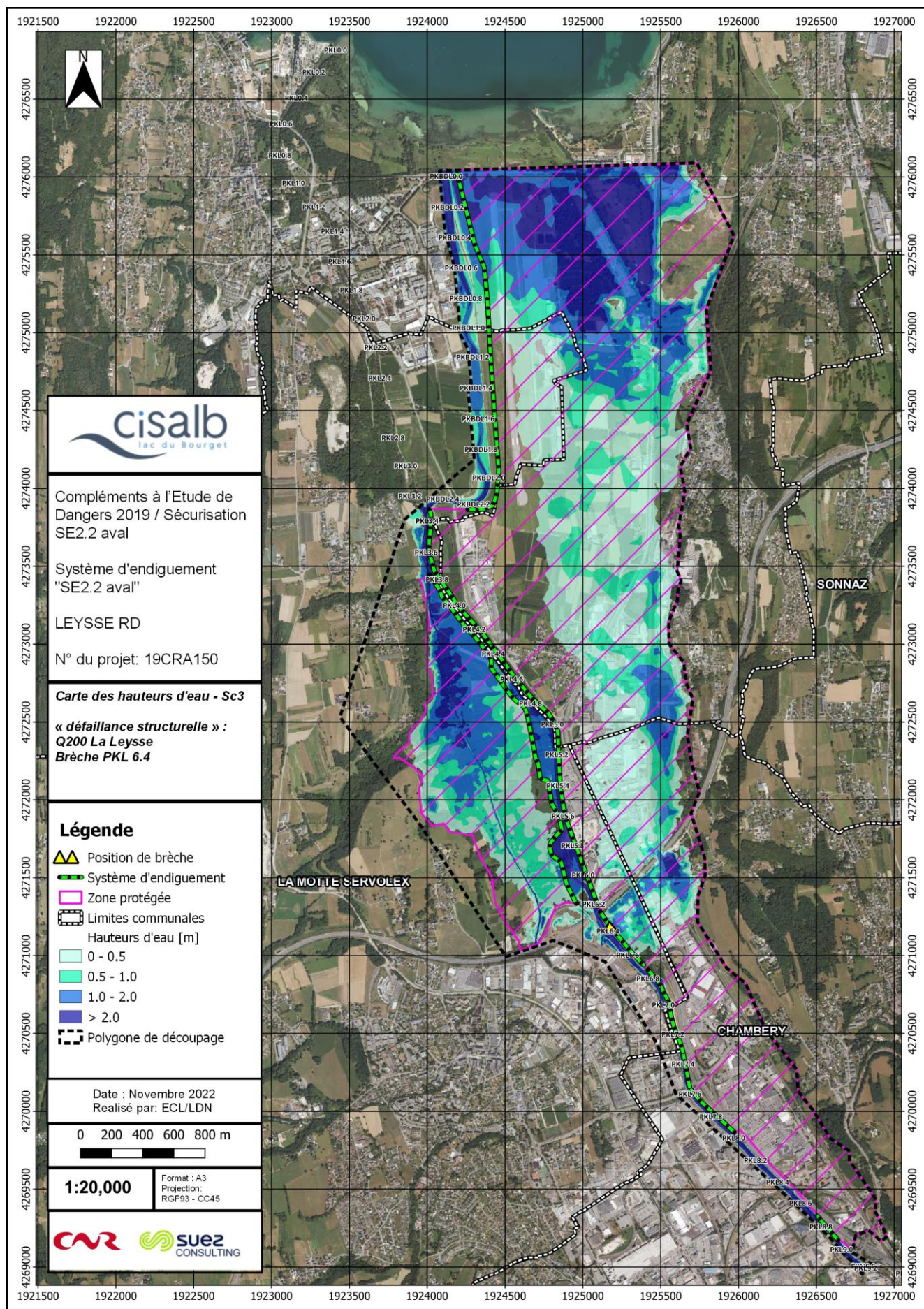


Figure 15 : Hauteur d'eau maximale pour le scénario 3

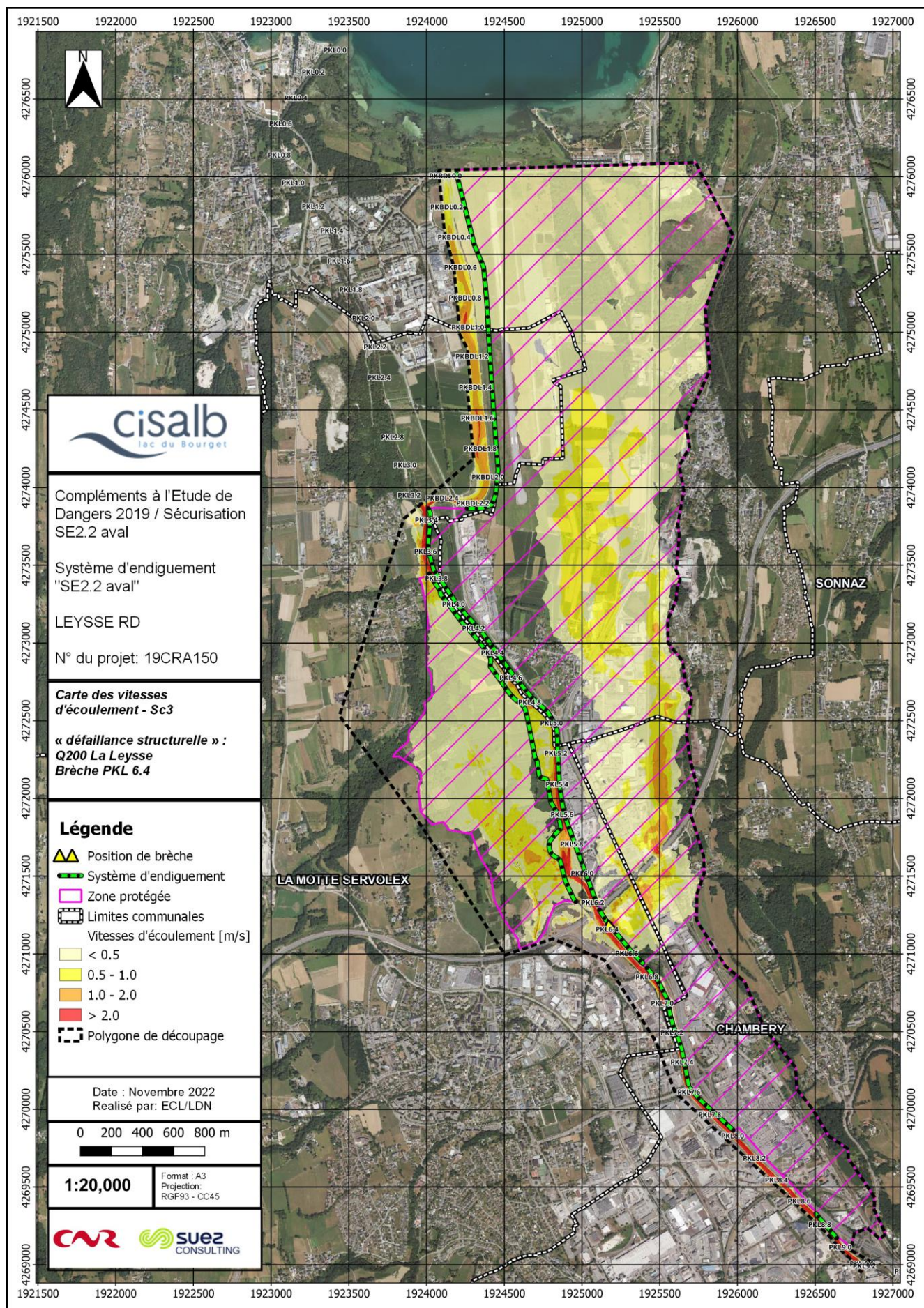


Figure 16 : Vitesse scalaire maximale pour le scénario 3

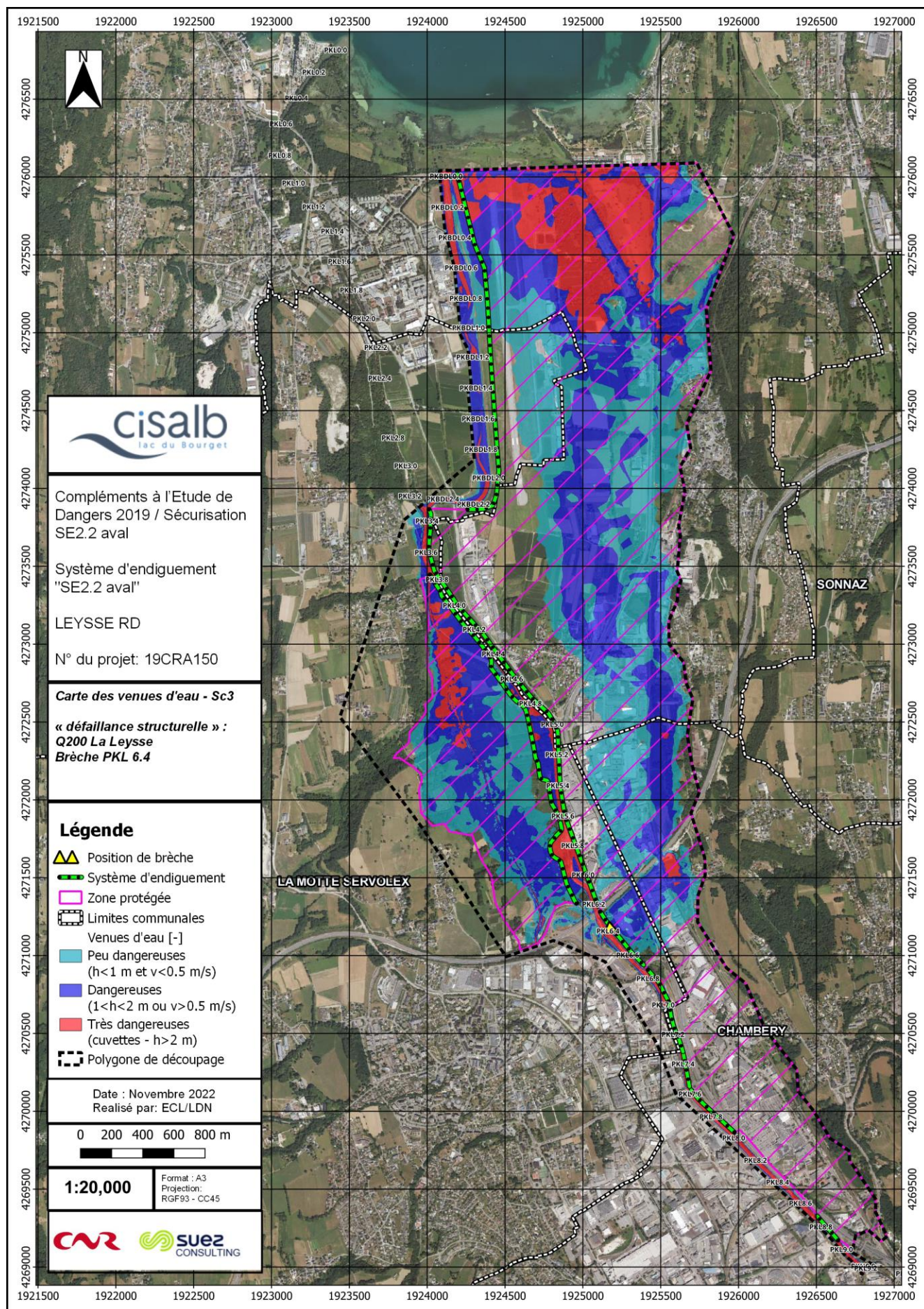


Figure 17 : Venues d'eau maximales pour le scénario 3

4.3.2 Dynamique de la mise en eau pour le scénario 3

Le scénario 3 a été étudié de plus près pour comprendre comment se fait la mise en eau de la zone protégée (en RD de la Leysse). Pour différents temps à partir de la création de la brèche (à $t=26.5$ heures), les hauteurs d'eau ont été extraites et sont présentées sur les figures suivantes. Les temps retenus sont présentés dans le Tableau 6 et correspondent à une situation particulière (voir la colonne description).

Pour rappel, la brèche se produit en 1h, on notera par ailleurs qu'à la fin de la rupture (1h après le début de la rupture), l'eau a déjà traversé l'A41 via la rue de Belle Eau. Ensuite l'eau coule vers le nord. Au but de 3h après le l'apparition de la brèche, l'eau rejoint le champ d'inondation provenant du lac, dans le secteur de l'aéroport de Chambéry.

Date depuis début hydrogramme [JjHhMMmin]	Temps [s]	Description	Figure correspondante
1j02h30min	95400	Début rupture	Figure 19
1j03h30min	99000	Fin rupture (début +1h)	Figure 20
1j04h30min	102600	Début rupture + 2h	Figure 21
1j05h30min	106200	Début rupture + 3h	Figure 22

Tableau 6 : Détails des temps des extractions réalisées

La figure suivante présente l'hydrogramme extrait du modèle (au pont du Tremblay) avec les 4 temps différents d'extraction.

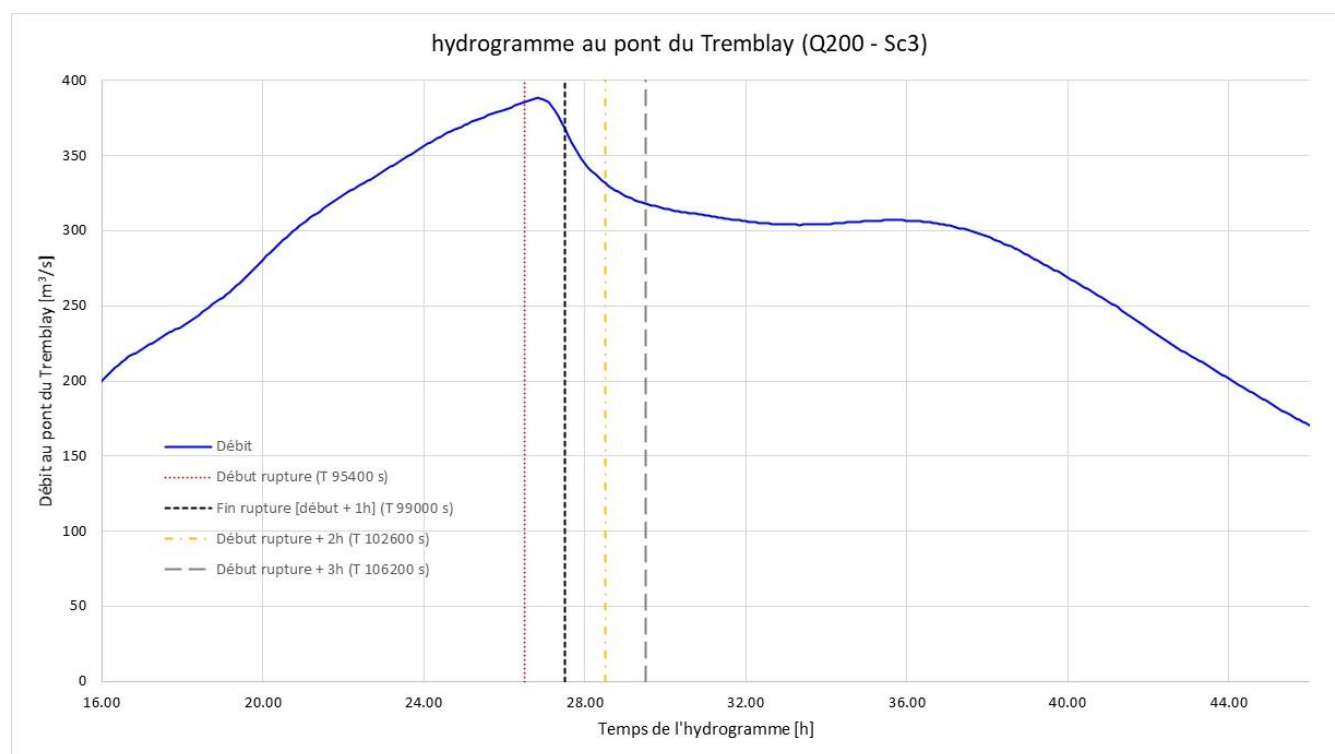


Figure 18 : Hydrogramme au pont du Tremblay (Q200 – Sc3) avec le repérage des 4 extractions temporelles

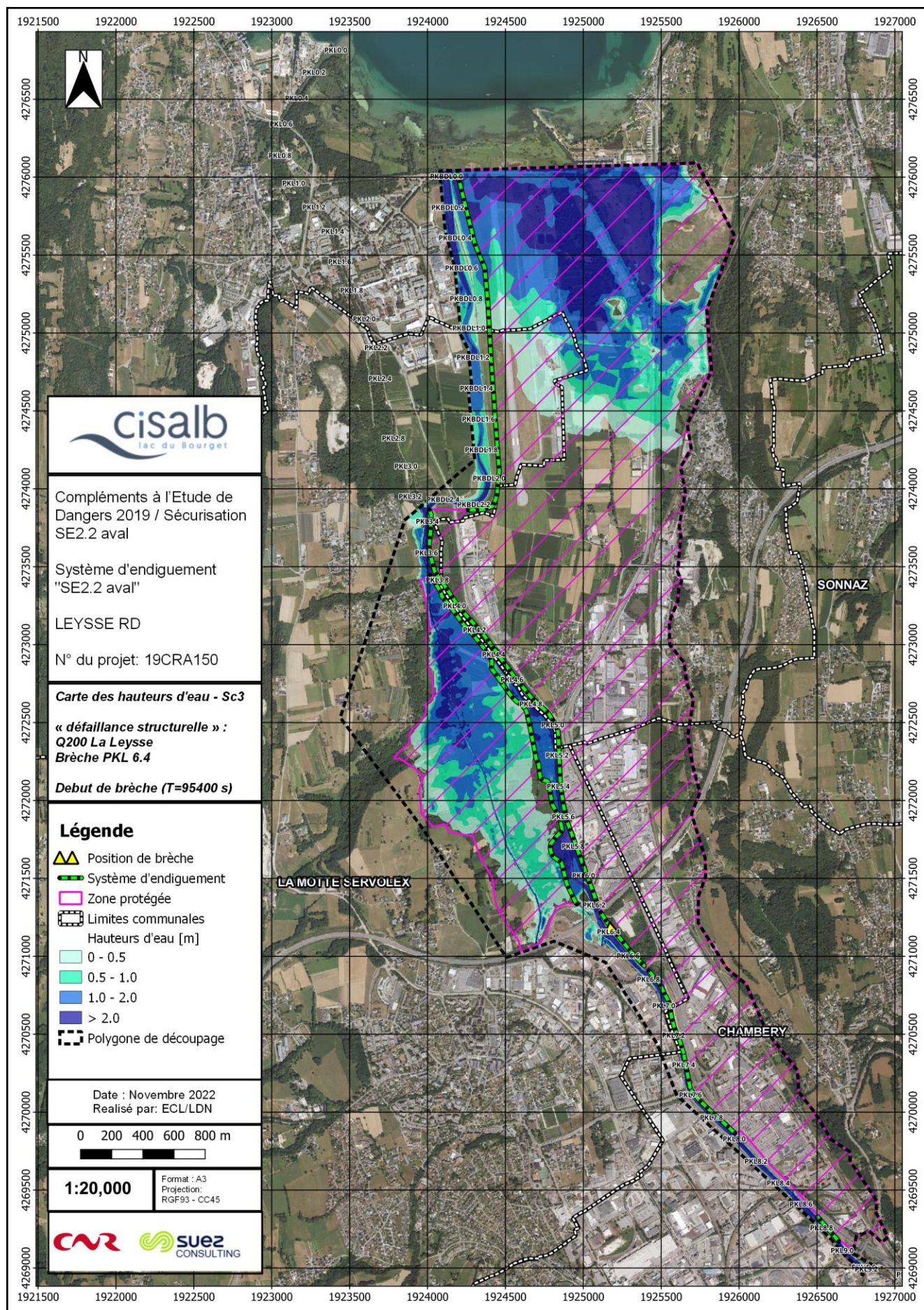


Figure 19 : Hauteur d'eau à t=95400s (pour le scénario 3)

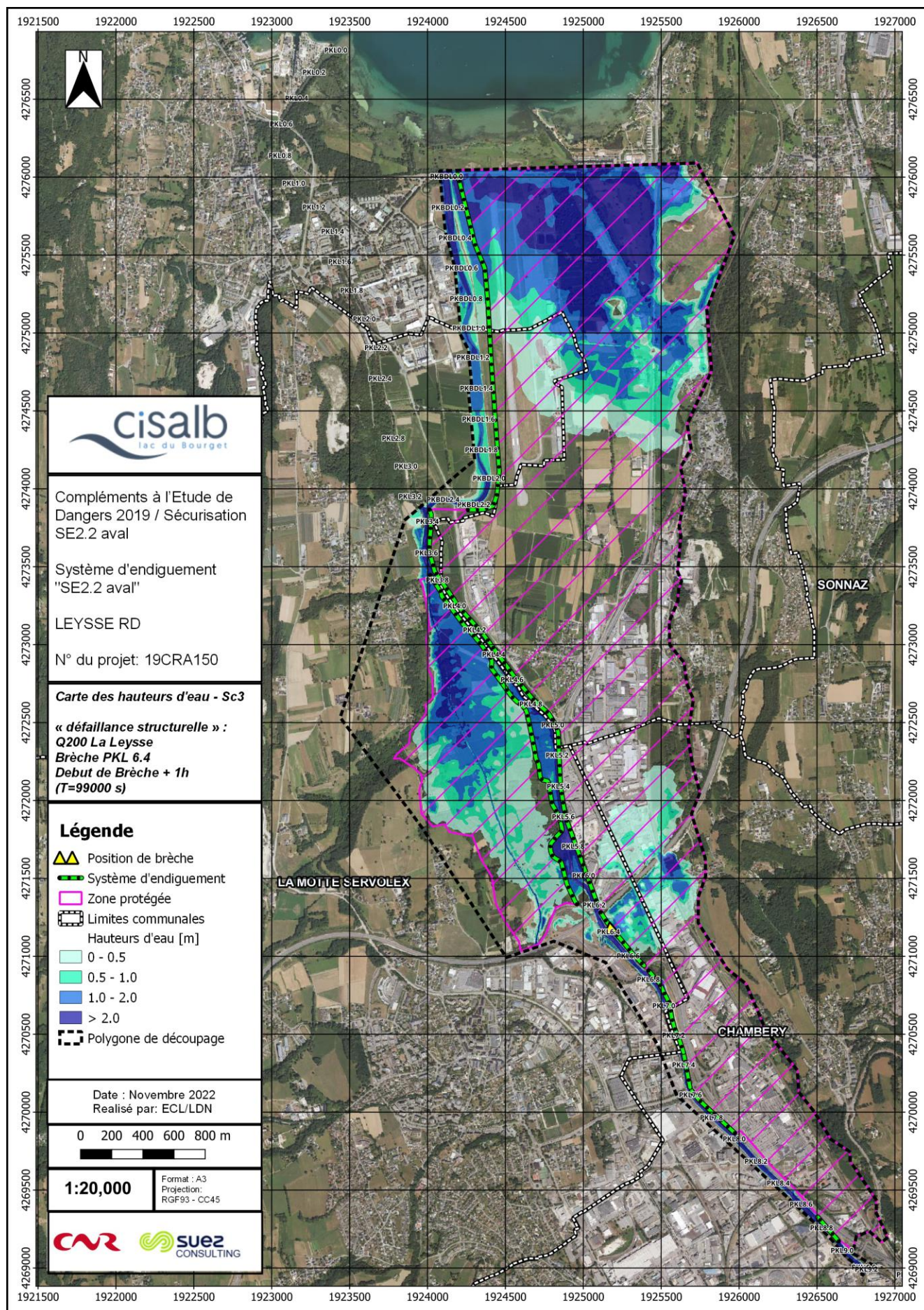


Figure 20 : Hauteur d'eau à t=99000s (pour le scénario 3)

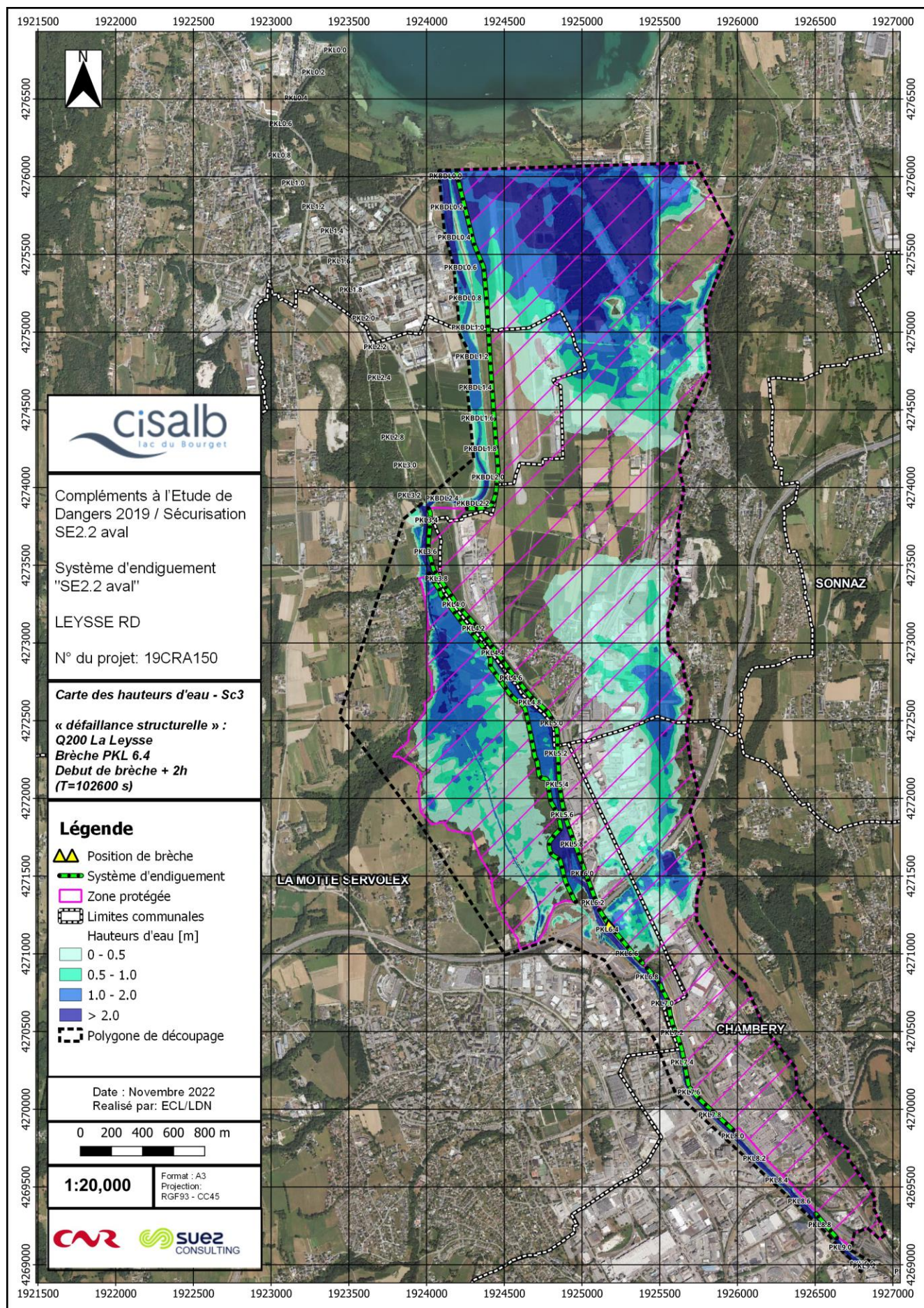


Figure 21 : Hauteur d'eau à t=102600s (pour le scénario 3)

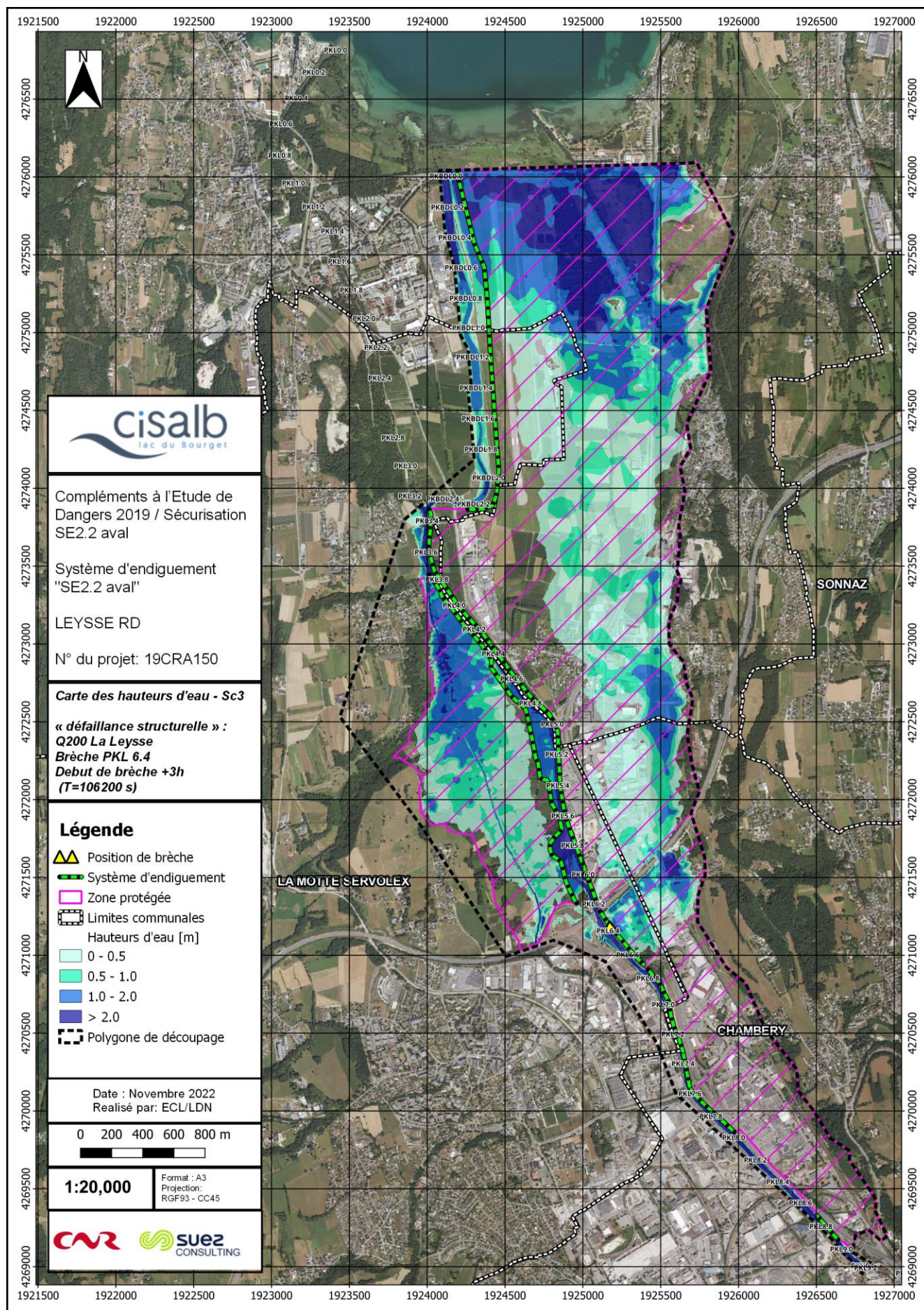


Figure 22 : Hauteur d'eau à t=106200s (pour le scénario 3)

4.4 Profil en long de la ligne d'eau

L'image suivante présentent les lignes d'eau pour les trois scenarii ainsi que le fond du lit et la crête de la digue en rive droite issue du plan de recollement.

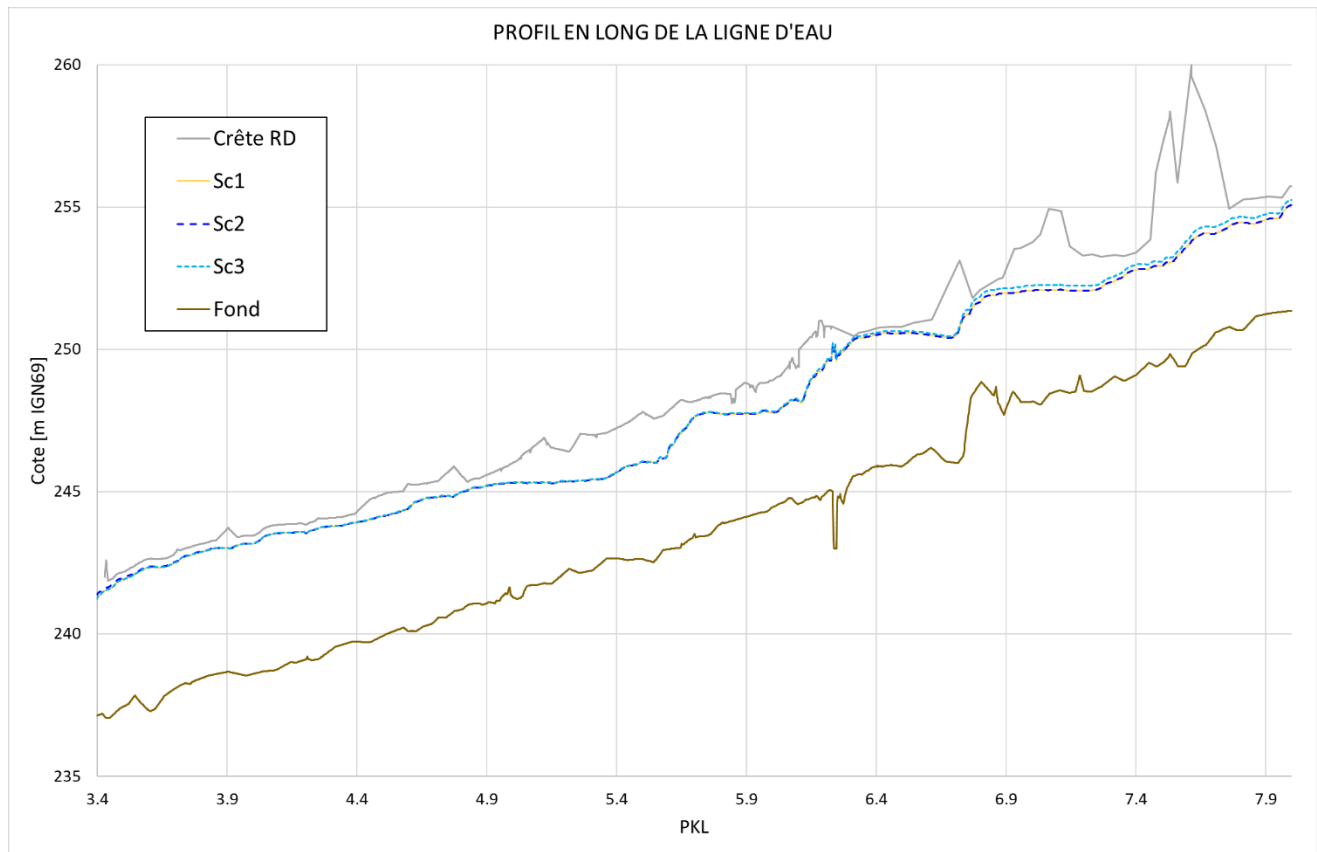


Figure 23. Profil en long des lignes d'eau (Sc1, Sc2 et Sc3)

Les cotes atteintes au sur le point de référence (Pont du Tremblay) pour chaque scenarii, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7. Cote au pont du Tremblay

Scenario	Pont du Tremblay [Cote m IGN69]
Sc1	241.509
Sc2	241.602
Sc3	241.515
Q200 (Sans brèche)	241.664

5 Conclusion

Afin d'assurer une cohérence entre les précédentes études et l'étude de dangers du système d'endiguements objet de ce rapport, le dernier modèle hydraulique CNR (Telemac-2D) du secteur a été repris.

Les scénarios de l'EDD ont été simulés sur le modèle hydraulique :

1. Fonctionnement nominal à Q100
2. Défaillance fonctionnelle (du clapet du bras de décharge) à Q100
3. Défaillance structurelle à Q200 (brèche)

Le scénarios 1 et 2 sont équivalents en champ d'inondations puisque défaillance fonctionnelle de l'ouvrage du bras de décharge n'amène pas de surverse. Cependant, la ligne d'eau à l'aval de l'ouvrage, dans la Leysse, est plus haute, du l'augmentation du débit qui coule sur la Leysse.

Le scénario 3 avec une brèche sur le SE2.2 en Q200 a été étudié plus en détails pour analyser la dynamique de mise eau de la zone protégée.

L'énergie au cœur des territoires

2 rue André Bonin
69316 LYON CEDEX 04 - FRANCE
Tél. : +33 (0) 472 00 69 69

cnr.tm.fr

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

