



NOTE TECHNIQUE :

IMPACT HYDRAULIQUE DU PROJET D'AMENAGEMENT DE L'ANCIENNE GRAVIERE DES GABELINS COMMUNE D'AITON

SOMMAIRE

Contenu

1.	Préambule	3
2.	Contexte de l'hydrosystème en Combe de Savoie.....	4
2.1	Données hydrologiques.....	4
2.2	Le lit de l'Isère en Combe de Savoie.....	4
2.2.1	Conséquences sur la sécurité publique.....	5
2.2.2	Conséquences sur l'environnement	5
2.2.3	La restauration du lit de l'Isère	6
2.2.4	Travaux de restauration conduits.....	7
2.3	Modèle hydraulique existant & connaissances associées	9
2.3.1	Vision d'ensemble.....	9
2.3.2	Vision détaillée au droit du site des Gabelins.....	20
3.	Construction du nouveau modèle hydraulique	23
3.1	Emprise du modèle	23
3.2	Topographie du modèle	24
3.3	Topographie du plan d'eau des Gabelins	25
3.4	Ouvrages hydrauliques.....	27
3.5	Maillage du modèle	28
3.6	Calage du modèle	29
4.	Exploitation du nouveau modèle hydraulique	33
5.	Conclusion	34

1. PREAMBULE

Le plan d'eau dit des « Gabelins » situé sur la commune d'Aiton est une ancienne gravière creusée dans les années 1990, lors de la réalisation de l'autoroute A430 reliant Grenoble à Albertville. Cette gravière a été excavée dans le lit majeur du lit endigué de l'Isère et de l'Arc en Combe de Savoie.

En l'état actuel ce plan d'eau, d'une profondeur moyenne d'environ 11.5m possède un intérêt écologique réduit avec des berges abruptes et une très forte homogénéité des fonds.

Dans le cadre du projet de création du Tunnel Européen Lyon Turin ci-après dénommé « TELT » et de ses activités récurrentes, EIFFAGE a besoin de mettre en dépôt définitif des déchets inertes et recherche des sites pouvant accueillir des matériaux inertes excédentaires.

EIFFAGE a identifié le plan d'eau des Gabelins comme un site potentiel et envisage de créer une Installation de Stockage de Déchets Inertes ci-après dénommée « ISDI ». Le SISARC a également besoin de zones de dépôts en eau pour accueillir les terres issues des opérations d'entretien ou de restauration qu'il conduit sur les cours d'eau de son territoire.

Conscient de l'intérêt conjoint de trouver des zones de dépôt de matériaux inertes pour leurs besoins respectifs, EIFFAGE et SISARC ont décidé de mettre en commun leurs moyens afin qu'EIFFAGE obtienne, sur le site des Gabelins et pour leurs intérêts mutuels, l'autorisation d'exploiter une ISDI.

Le projet d'aménagement de cette ancienne gravière conduit à modifier la topographie du lit majeur de l'Isère en Combe de Savoie. Dans une logique de bonne gestion des risques d'inondation il a lieu d'objectiver l'impact de ce réaménagement sur les conditions d'écoulements en lit majeur.

Sur ce sujet il convient de noter que le projet d'aménagement ne conduit aucunement à un comblement total de la gravière, la topographie du terrain reste donc en dessous du terrain naturel qui existait avant le creusement de la gravière.

Pour ses besoins internes le SISARC a été amené à construire et exploiter des logiciels de modélisation hydrauliques. Ce travail a été réalisé en utilisant des logiciels libres de droits que sont HEC-RAS et TELEMAC 2D.

La présente note explicite l'impact du projet de réaménagement du plan d'eau des Gabelins sur les conditions hydrauliques en lit majeur de l'Isère.

2. CONTEXTE DE L'HYDROSYSTEME EN COMBE DE SAVOIE

2.1 Données hydrologiques

Les données hydrologiques utilisées sont toutes issues de l'étude hydrologique du PPRI de la Combe de Savoie.

Le PPRI identifie que les crues de l'Isère et de l'Arc peuvent être générées par deux types de perturbations :

- des **perturbations océaniques** qui vont essentiellement entraîner une forte réponse hydrologique sur les massifs du val d'Arly et du Beaufortain : ces situations entraînent des crues de l'Isère à Albertville, conjuguée avec des contributions plutôt modérées de l'Arc ;
- des **perturbations dites de retour d'Est**, caractérisées par de très fortes précipitations sur les hauts bassins versants frontaliers italiens. Les effets deviennent redoutables dès lors que ces pluies se conjuguent avec une fonte nivale accélérée : ces configurations vont essentiellement entraîner des crues de l'Arc avec une contribution plus modérée de l'Isère à Albertville.

Dans le présent rapport, les scénarios étudiés de crues de l'Isère en aval d'Albertville correspondent à une perturbation océanique provoquant une forte crue de l'Arly et de l'Isère amont (scénario le plus pénalisant pour le tronçon en amont de la Confluence, et l'inondation des Gabelins).

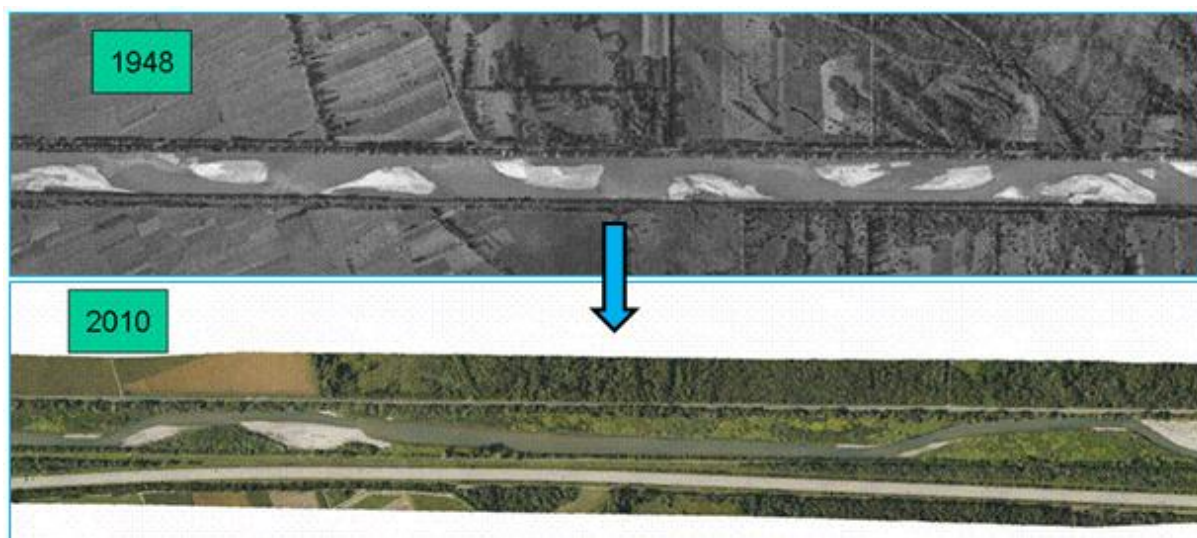
Les débits à l'entrée de la Combe de Savoie, pour les différents temps de retour associés à ces scénarios de perturbations océaniques sont décrits dans le Tableau 1.

Débits (m3/s)	Isère	Arc
Q10	495	300
Q30	670	350
Q50	890	450
Q100	1180	600

2.2 Le lit de l'Isère en Combe de Savoie

Depuis les années 1990, le lit de l'Isère est le siège d'une métamorphose importante qui modifie totalement son style alluvial.

Cette métamorphose transforme un milieu initialement à forte dynamique occupée par des bancs de galets qui sont des habitats favorables aux espèces pionnières, en un milieu figé siège d'une végétation terrestre ou d'espèces envahissantes. Ce phénomène porte le nom de « dynamique de lit amoindri ».



Aujourd'hui, l'Isère ne parvient ni à entretenir ni à régénérer la totalité de l'espace intra-digue. La dynamique de lit amoindri est préjudiciable, tant pour la sécurité publique que pour la biodiversité et l'environnement.

2.2.1 Conséquences sur la sécurité publique

Vis-à-vis des risques d'inondation la dynamique de lit amoindri est très préjudiciable. Du fait des atterrissements la capacité du lit endigué s'est fortement restreinte abaissant les seuils de débit avant surverse au-dessus des digues.

Dans toute la partie centrale de la Combe (secteur du Pont de Grésy-sur-Isère), la réduction de la capacité du lit atteint des proportions tout à fait inédites, même en se plaçant à l'échelle des 150 années d'existence de l'endiguement.

De plus, la présence des atterrissements végétalisés sera inévitablement à l'origine d'embâcles de grandes dimensions qui seront autant de source pour des scénarios accidentels : sollicitations accrues des digues conduisant à leur défaillance, destruction de pont etc ...

D'une manière générale, les atterrissements :

- ont une incidence forte sur le coût des travaux de confortement des digues (interventions de plus en plus régulières et de plus en plus délicates à réaliser) ;
- rendent difficile le dimensionnement des travaux d'amélioration du système d'endiguement (contrôle des surverses).

2.2.2 Conséquences sur l'environnement

D'un point de vue environnemental, les conséquences de l'évolution ne sont pas moins connues, ni moins dommageables.

L'évolution actuelle du lit de l'Isère a pour conséquence la banalisation croissante des habitats aquatiques. Le lit se résume en effet de plus en plus en un chenal unique en forme de U (transition très brutale avec la digue d'un côté et les atterrissements de grande hauteur de l'autre) et les annexes hydrauliques tendent à disparaître (bras secondaires...).

La situation est plus particulièrement critique sur le tronçon en amont de la confluence de l'Arc, avec la disparition quasi-totale des bras secondaires.

Sur le tronçon aval, des bras secondaires restent présents encore aujourd'hui mais les inquiétudes sont réelles sur leur pérennité. Cette évolution négative des habitats a des répercussions sur les populations piscicoles.

Par ailleurs, les travaux réalisés depuis plusieurs décennies, en particulier par le Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA), mettent en évidence la perte de biodiversité des atterrissements en place.

Ceux-ci évoluent naturellement hors intervention humaine, vers des groupements de bois dur au détriment des espèces dites pionnières qui sont naturellement et historiquement les espèces remarquables présentes dans le lit, et qui sont aujourd'hui pour la plupart protégées.

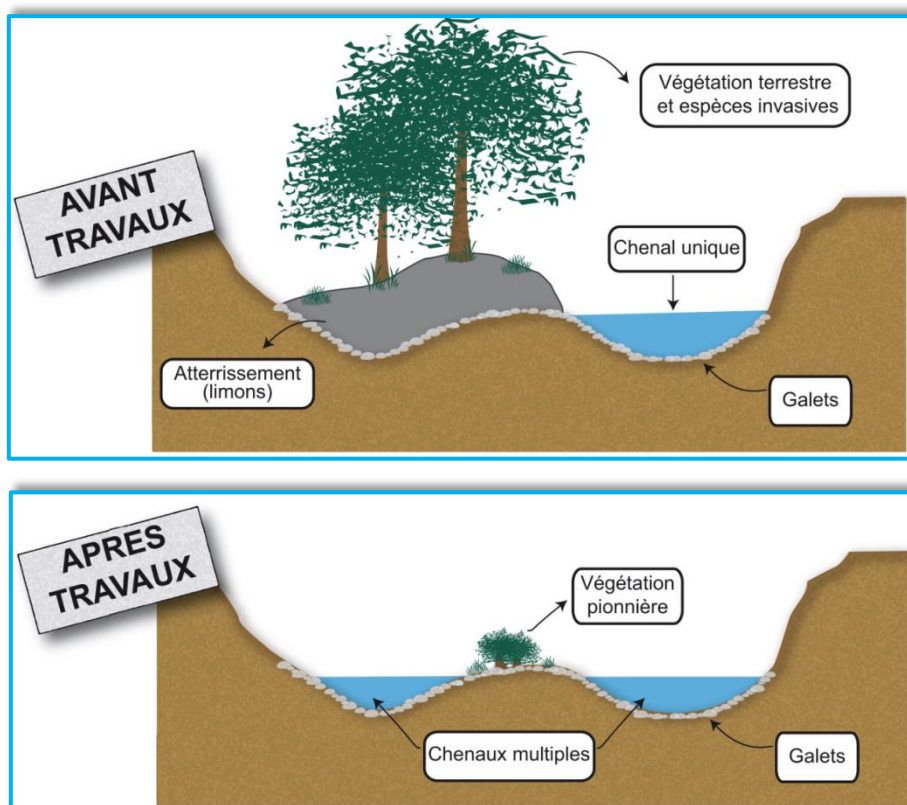
De plus, les atterrissements sont colonisés par des espèces exotiques envahissantes, parmi lesquelles la renouée du Japon, ou encore le Solidage du Canada qui constitue dans certains bras secondaires comblés des communautés monospécifiques.

2.2.3 La restauration du lit de l'Isère

Au regard de ce diagnostic, notamment incompatible avec les objectifs de « bon état écologique » de la Directive Européenne sur l'Eau, le projet de restauration du lit endigué de l'Isère a été initié. L'Isère, ayant dépassé son seuil de résilience, des interventions mécaniques sont nécessaires pour parvenir à cet objectif.

Concrètement les interventions mécaniques consistent dans un premier temps à déboiser les atterrissements, puis se poursuivent par le terrassement et l'export des matériaux limoneux. Pour finir, un remodelage des bancs de galets, notamment afin d'assurer la réouverture de bras secondaires fonctionnels, peut être effectué en fonction de la géométrie du toit des galets découverte après enlèvement des limons.

Les coupes visibles ci-dessous illustrent les principes de restauration du lit de l'Isère.



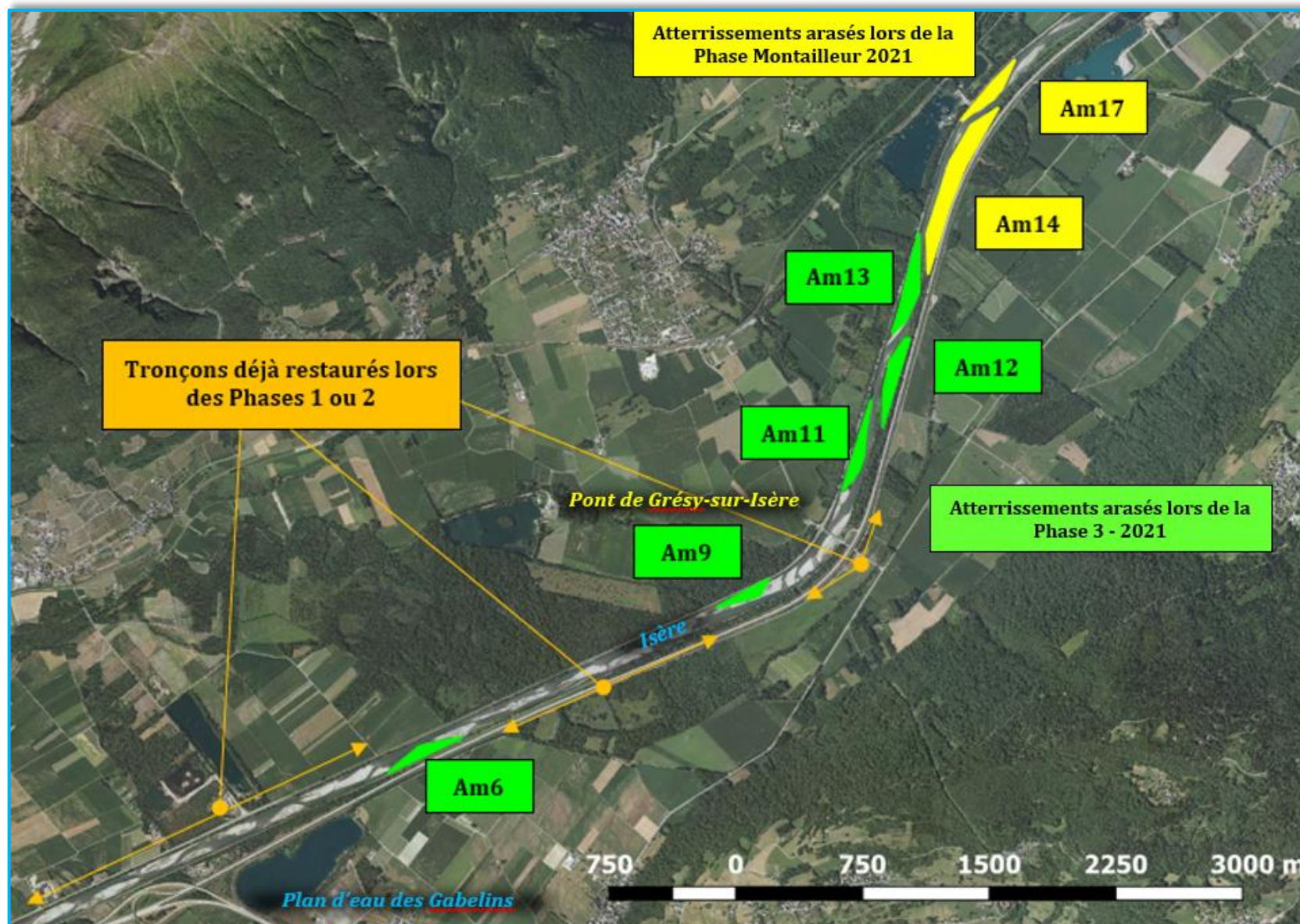
2.2.4 Travaux de restauration conduits

Dans le cadre du PAPI2 de la Combe de Savoie, 4 phases de chantier ont déjà été conduites sous maîtrise d'ouvrage du SISARC :

- **Phase 1** : janvier 2017 et avril 2017 – 153 300m³ de limons ;
- **Phase 2** : septembre 2017 et avril 2018 – 217 000m³ de limons ;
- **Phase 2bis** : septembre 2018 et décembre 2018 – 75 750m³ de limons ;
- **Phase 2020 – Opération Cruet** : septembre 2020 et avril 2021 – 46 850m³ de limons ;
- **Phases 2021 – Phase 3 & Montailleux** : septembre 2021 et avril 2022 – 300 000m³ de limons ;

⇒ **Total de 792 900m³ de limons terrassés & exportés**

Le feuillet A4 ci-après illustre sur une vue en plan les phases de travaux de restauration du lit déjà réalisées.



2.3 Modèle hydraulique existant & connaissances associées

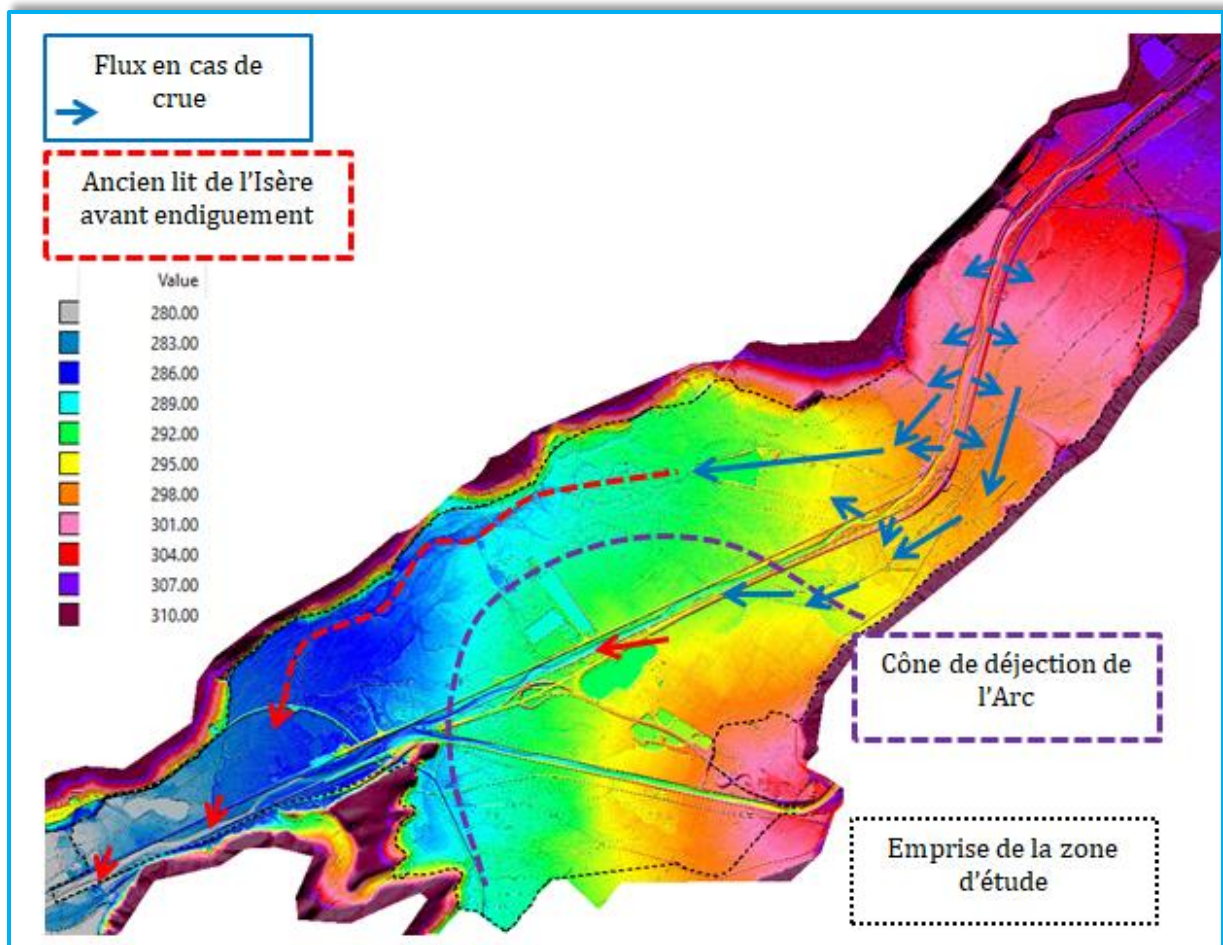
2.3.1 Vision d'ensemble

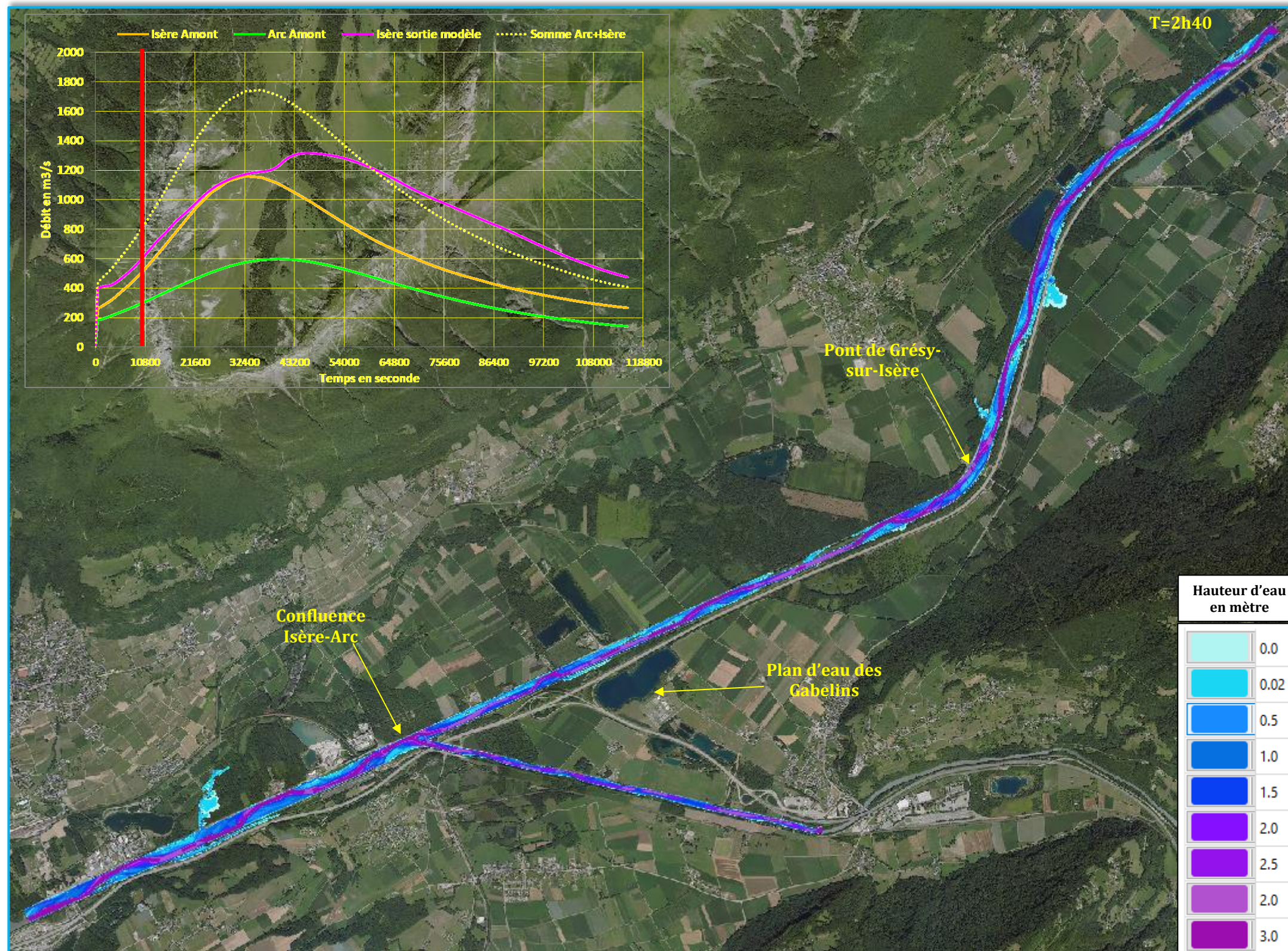
Un modèle 2D complet de l'Isère et de son lit majeur en Combe de Savoie a été construit sous TELEMAC 2D entre le pont de Frontenex et le pont de Saint Pierre d'Albigny. Cet outil permet de disposer d'une vision à l'échelle de la partie centrale Combe de Savoie des mécanismes de propagation des crues de l'Isère et de l'Arc.

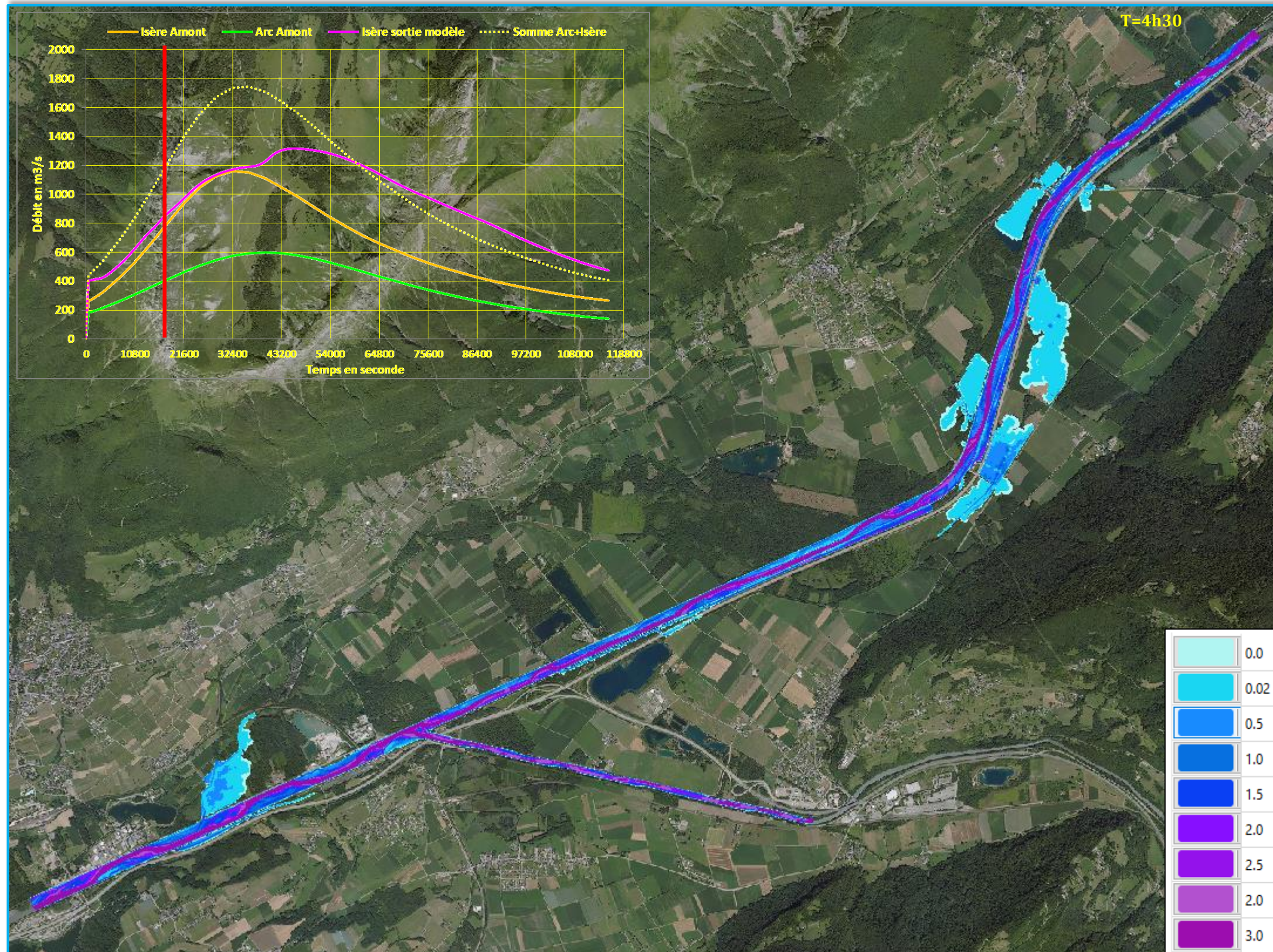
En dehors de tout scénario de défaillance des digues, la propagation des crues au sein du secteur d'étude peut être synthétisée comme suit (voir Figure ci-dessous) :

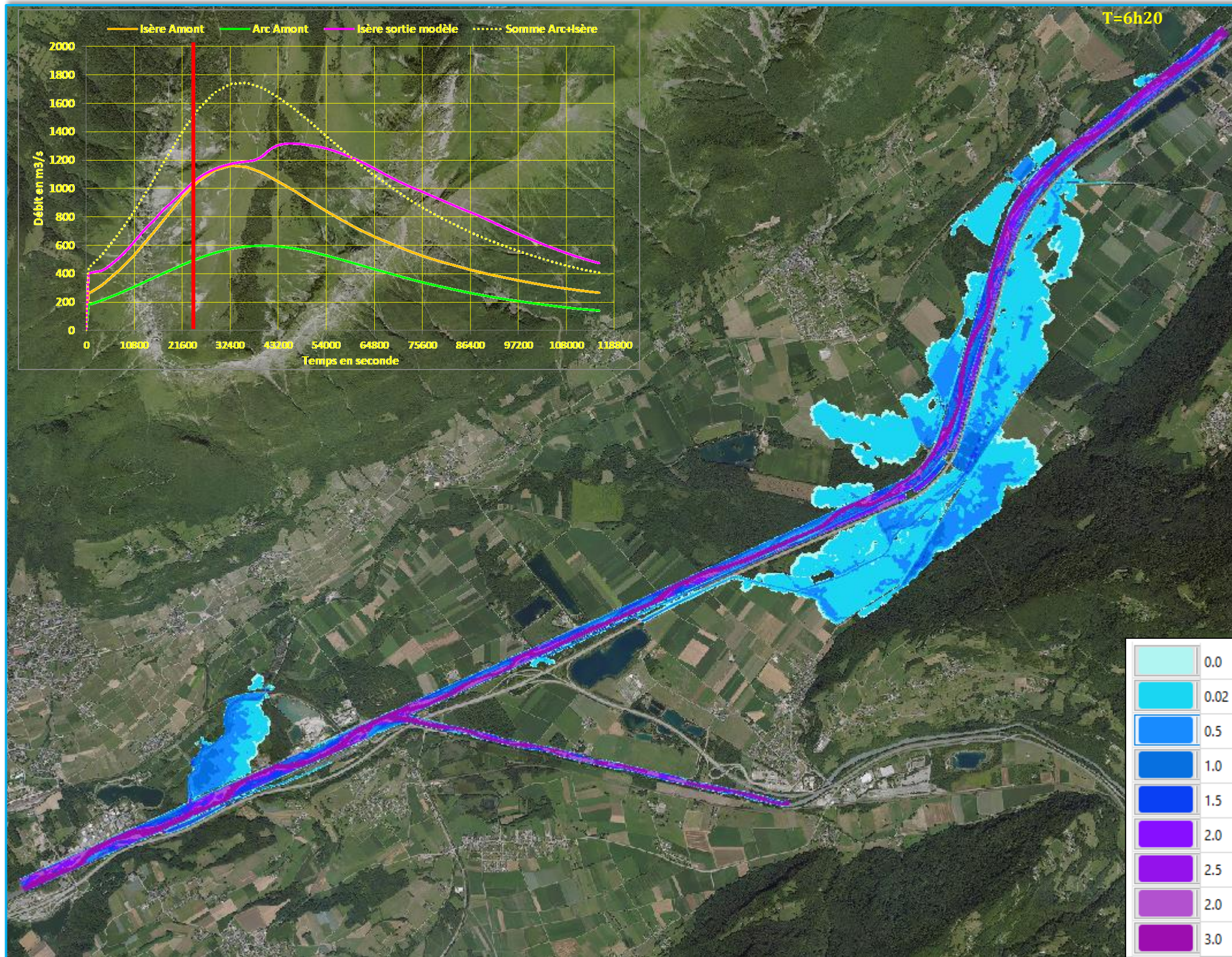
- Le lit de l'Isère a une capacité hydraulique décroissante d'amont vers l'aval entre le pont de Frontenex et le pont de Grésy-sur-Isère ;
- Les premiers débordements dans la plaine interviennent à partir de crues de période de retour de l'ordre de 5 ans par des refoulements de l'Isère au travers des digues via l'intermédiaire des ouvrages permettant aux ruisseaux affluents de rejoindre l'Isère (« digues poreuses »).
 - ⇒ Des superficies assez importantes peuvent ainsi être inondées avant même que des surverses n'interviennent sur les digues ;
- La progression et l'étendue des flux débordés en lit majeur dépendent de l'importance de la crue. En situation de lit non restauré, à partir des crues de période de retour 20 ans les surverses au-dessus des digues dans le secteur du pont de Grésy-sur-Isère deviennent très importantes et l'inondation du lit majeur se généralise ;
- Les flux débordés en rive droite se propagent dans le lit majeur et s'écoulent dans l'ancien lit de l'Isère jusqu'à la voie SNCF, puis rejoignent le lit de l'Isère au niveau de la zone d'activité de Saint-Pierre d'Albigny ;
- Les flux débordés en rive gauche se propagent dans la plaine d'Aiton, viennent buter sur le cône de déjection de l'Arc et sur les infrastructures autoroutières et rejoignent pour partie le lit de l'Isère un peu en amont de la Confluence Arc Isère.

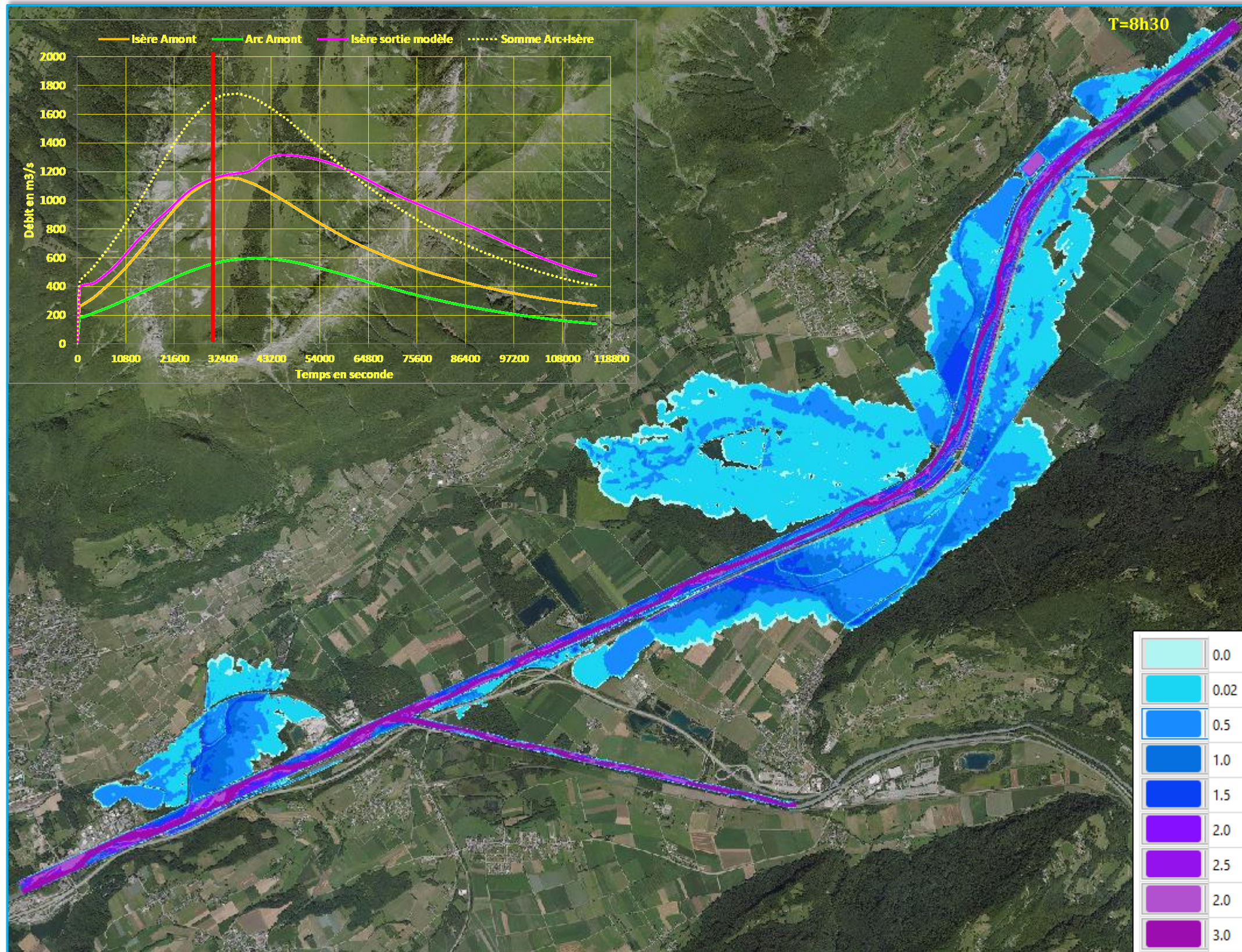
L'inondation du secteur plan d'eau des Gabelins est contrôlée par les débordements qui interviennent en amont du Pont de Grésy. Les feuillets A3 ci-après illustrent de façon synthétique le déroulé de la crue à l'échelle de la zone d'étude élargie.

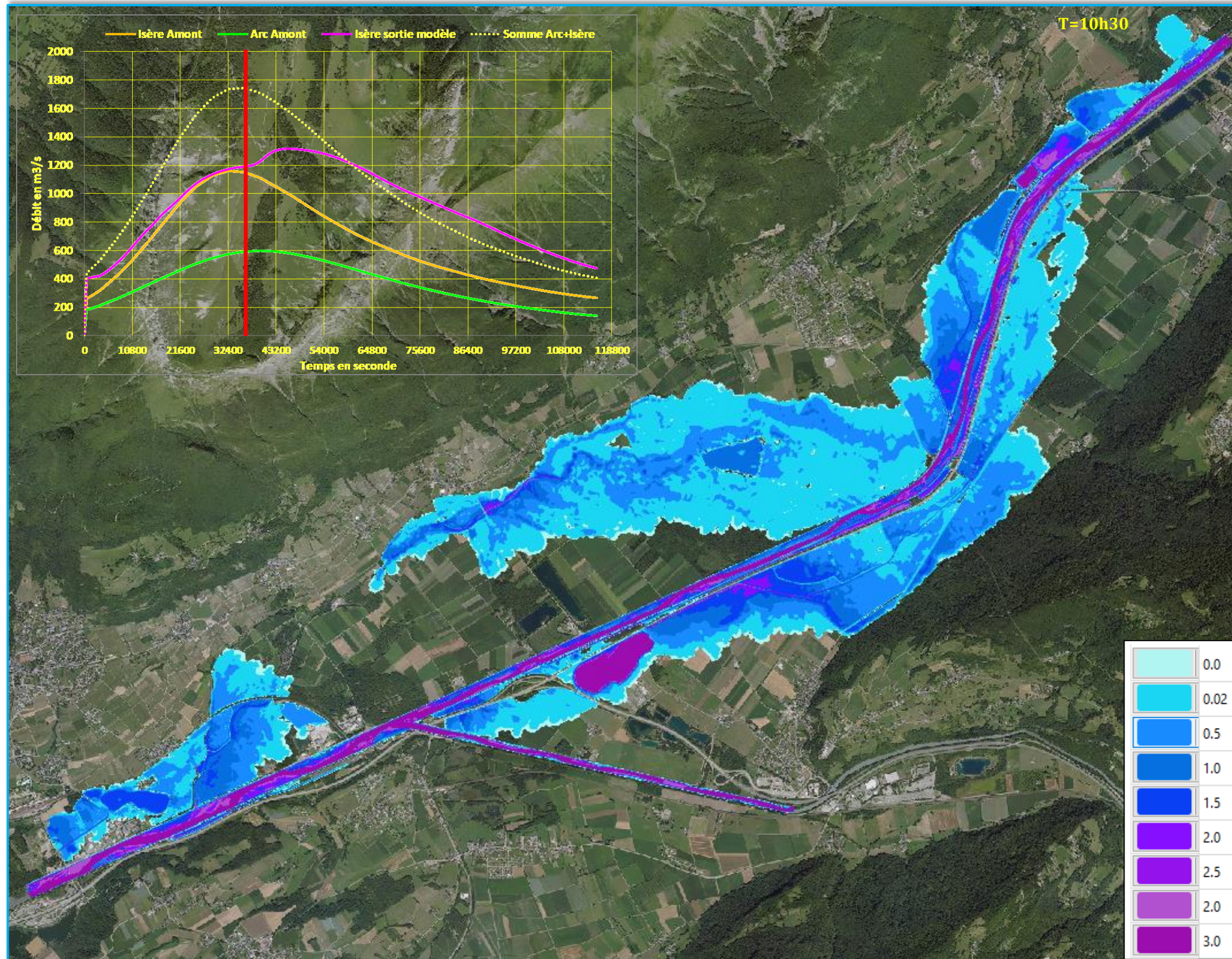


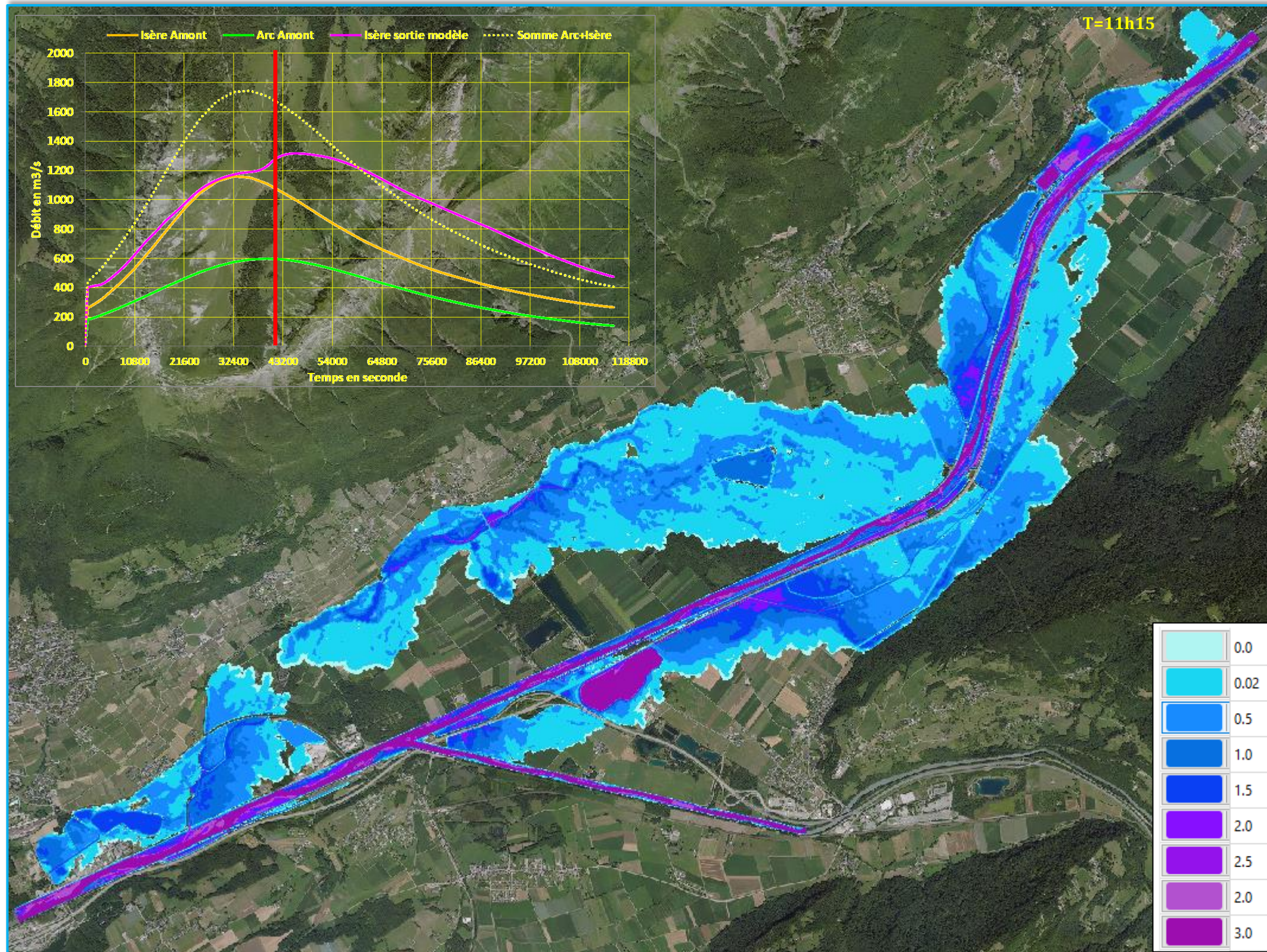


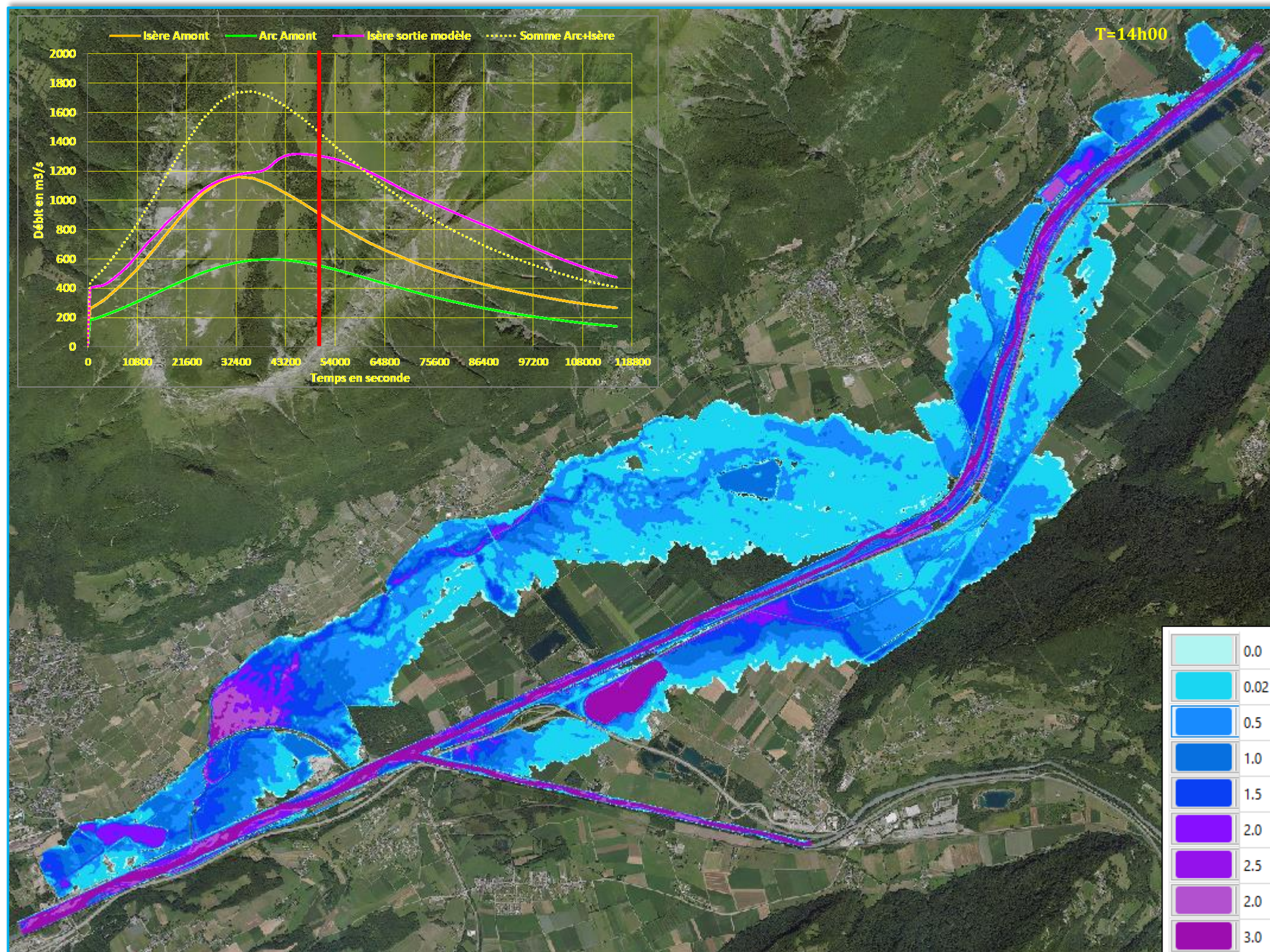


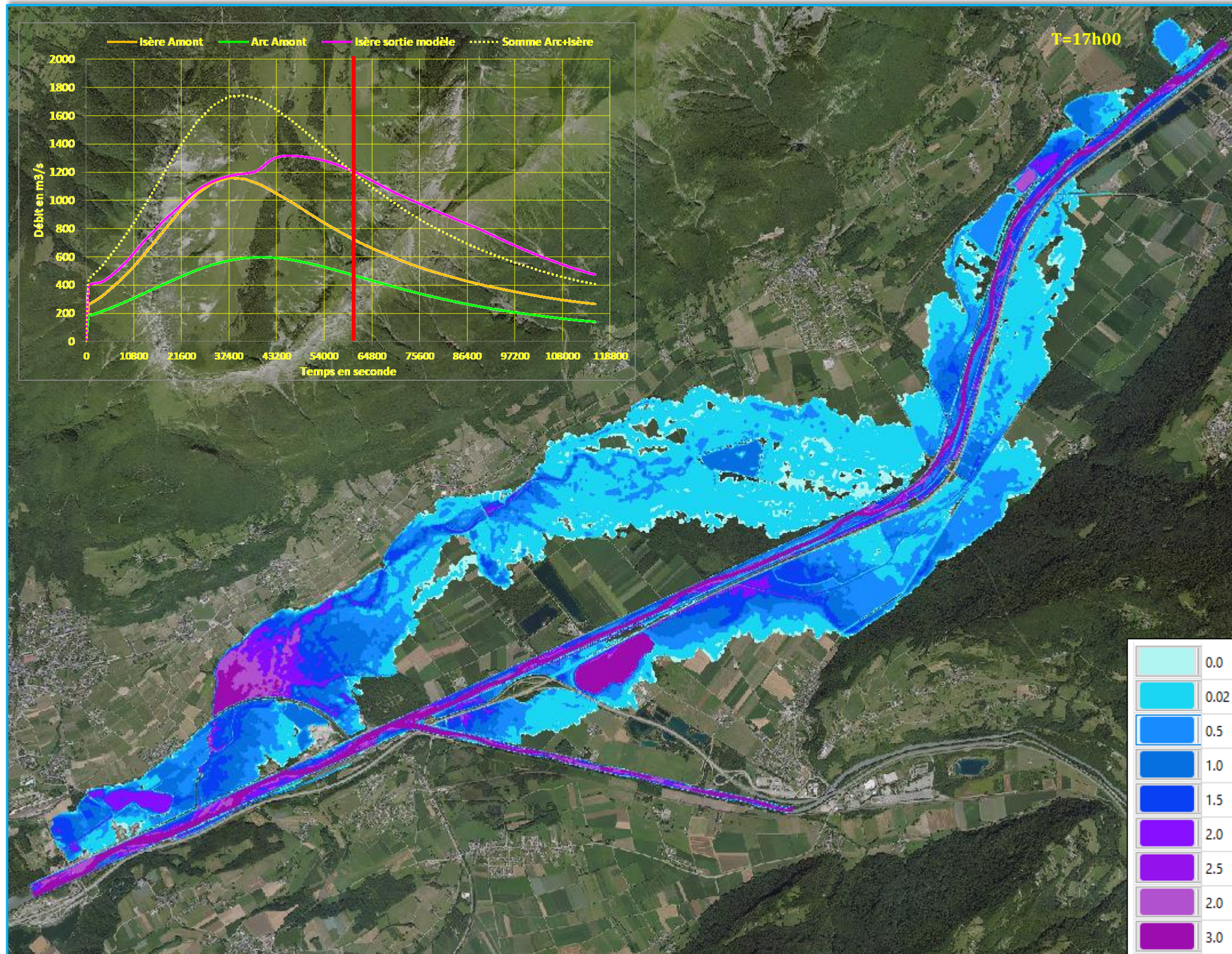


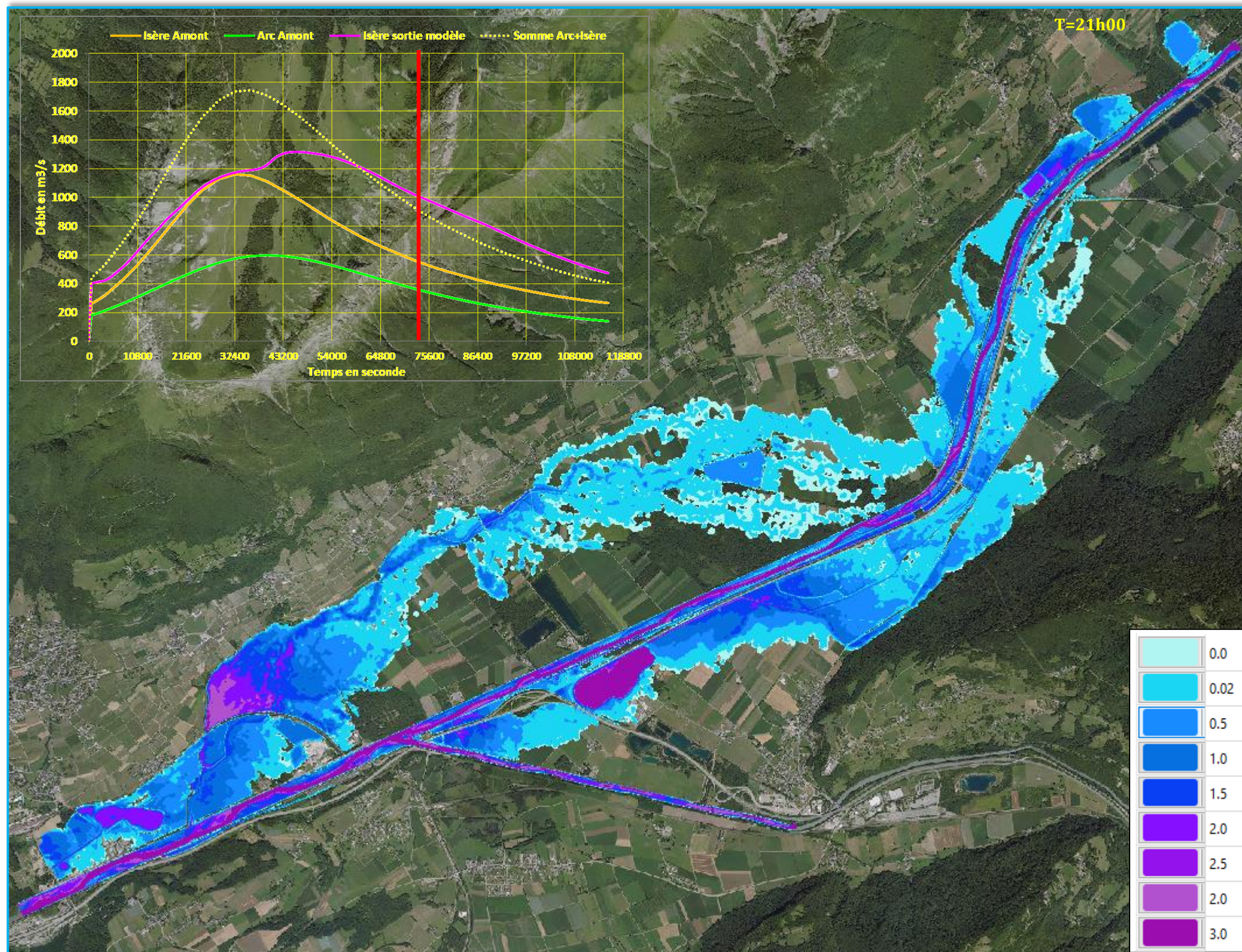












Le scénario illustré ci-dessus est celui d'une crue centennale intervenant dans un lit de l'Isère non restauré.

Les outils de modélisation mis en œuvre ont permis de quantifier plus précisément les effets positifs de la restauration du lit de l'Isère en termes de propagation des crues et de ralentissement dynamique.

La restauration conduit notamment à reculer l'occurrence des débits provoquant les premières surverses sur les digues ce qui diffère le début du remplissage massif du lit majeur (il est rappelé qu'un premier remplissage est susceptible d'intervenir compte tenu de la « porosité » de la digue au droit des ouvrages de franchissement, mais il ne sature pas les champs d'expansion de crue de manière prématurée).

Avec un lit restauré, ce lit majeur se remplit plus tardivement dans la chronique de crue et il est alors actif et pleinement efficace pour tamponner la pointe des crues les plus dommageables notamment pour l'aval (période de retour supérieure à 50ans). Après restauration du lit, le ralentissement dynamique obtenu est ainsi du même ordre de grandeur que celui obtenu en lit non-restauré (200m³/s).

Dans une configuration de lit non restauré, le remplissage du lit majeur intervient très tôt, aussi malgré des débordements très importants, le ralentissement dynamique n'est pas pleinement fonctionnel pour les crues rares, car le lit majeur est déjà plein au passage du débit de pointe dans le lit endigué.

Dans cette configuration, il y a en effet une synchronisation des horloges de propagations des débits de pointes en lit endigué et en lit majeur, qui se révèle préjudiciables à la réalité du ralentissement dynamique liées à la traversée de la Combe de Savoie.

L'absence de restauration du lit endigué constitue le scénario qui entraînent les aléas les plus importants (notamment en termes de durée de submersion) sur le secteur du plan d'eau des Gabelins.

De fait afin de conserver une approche la plus sécuritaire possible c'est le scénario d'une crue centennale intervenant dans un lit non-restauré qui est retenu pour objectiver l'impact du réaménagement du plan d'eau des Gabelins.

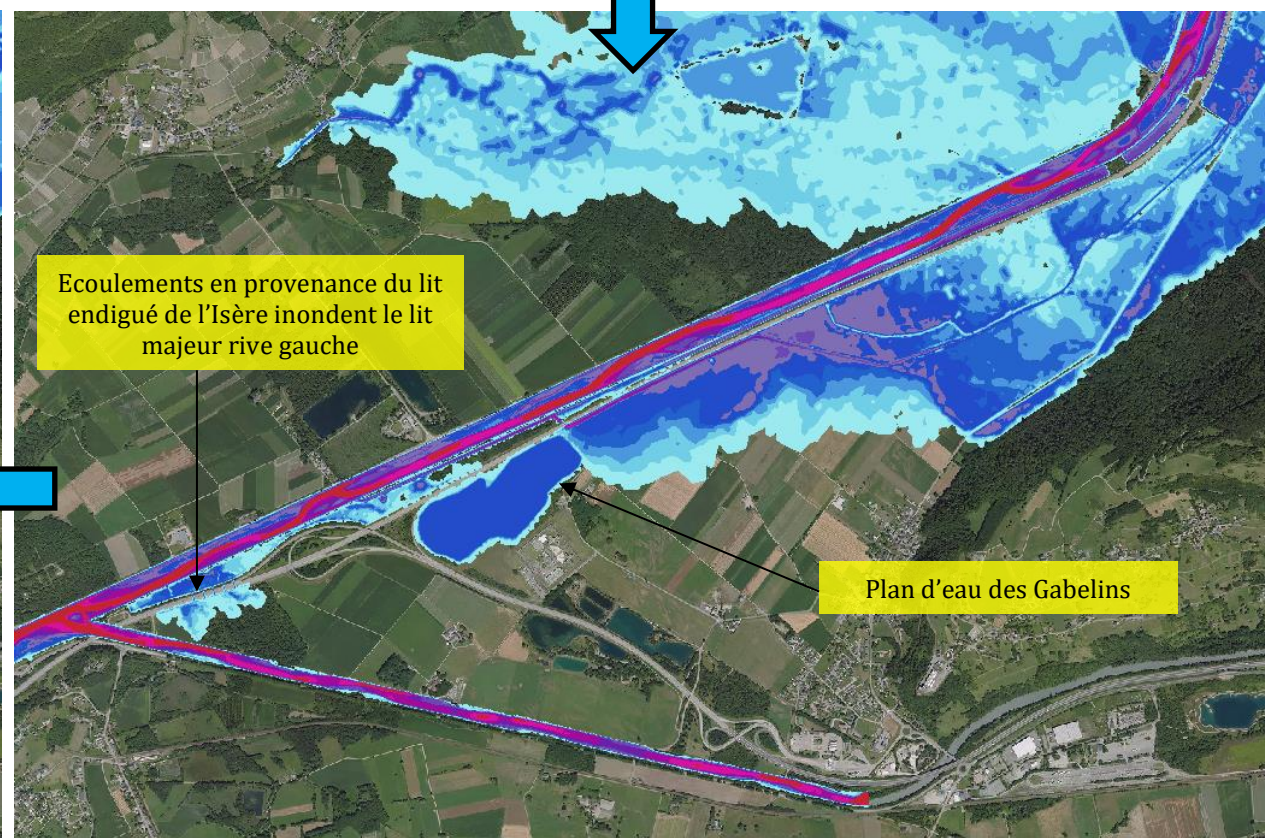
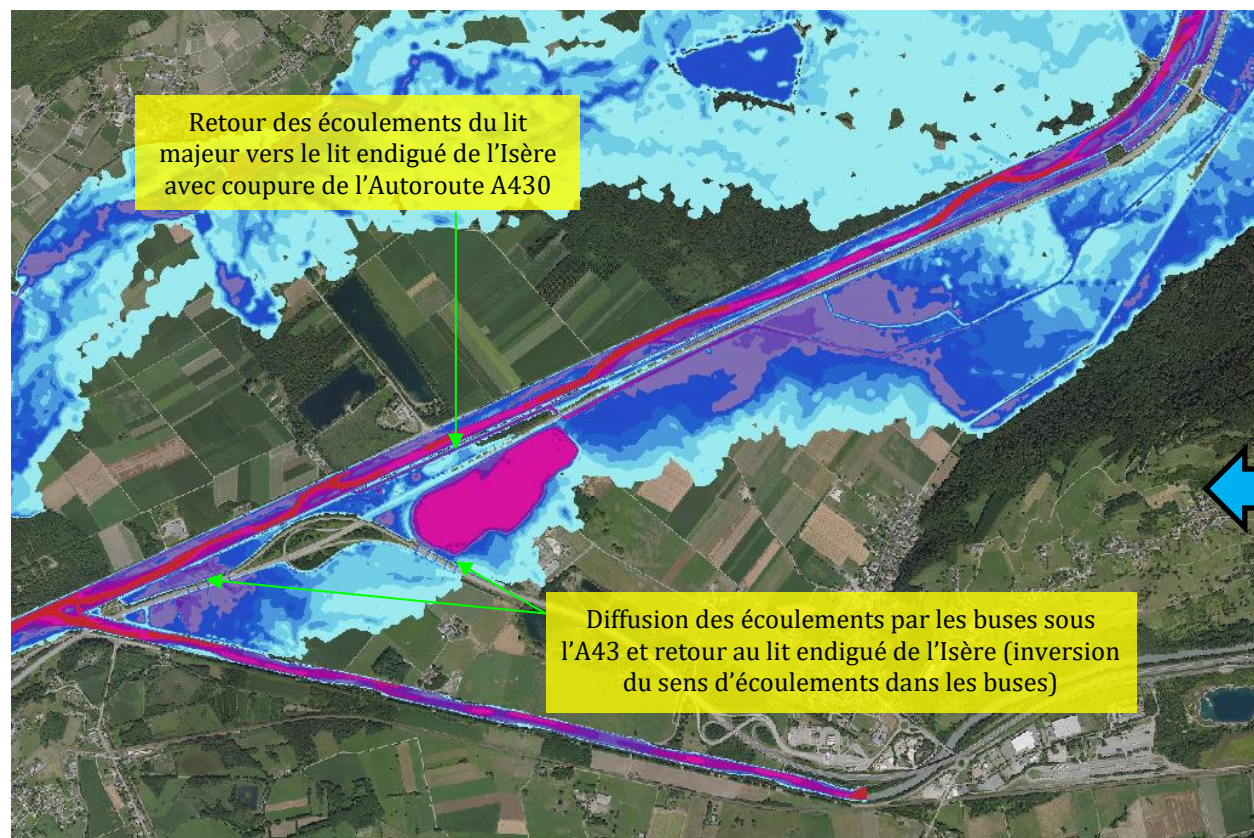
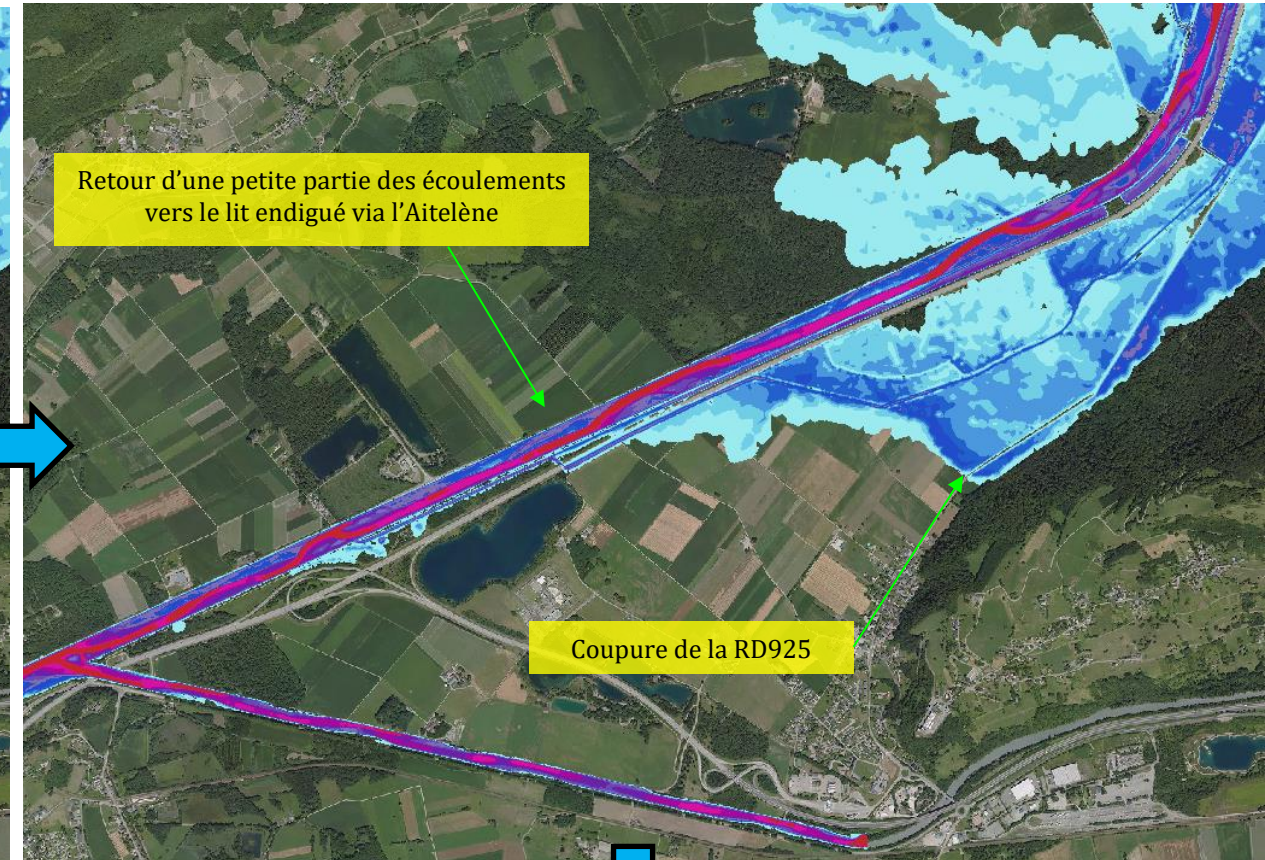
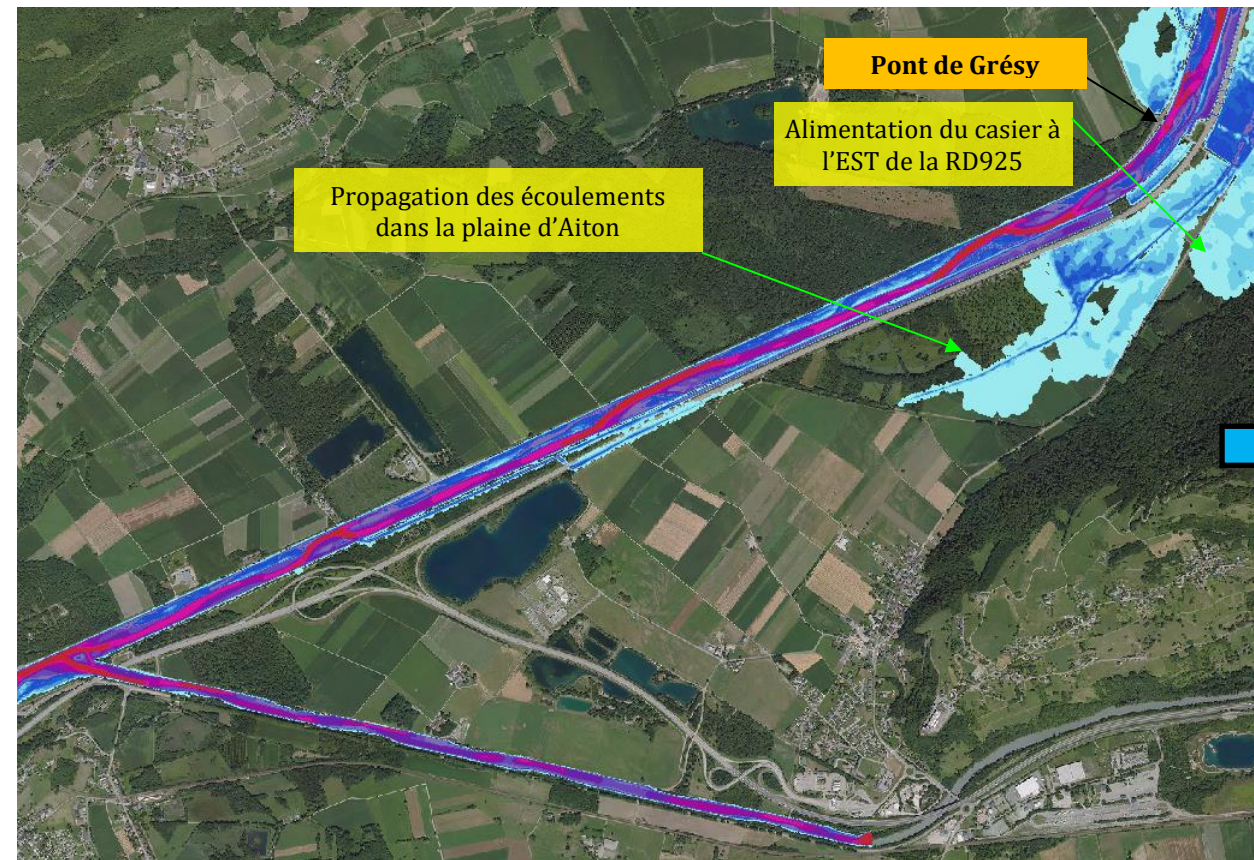
2.3.2 Vision détaillée au droit du site des Gabelins

Les flux débordés rive gauche au niveau du pont de Grésy-sur-Isère diffusent à travers l'autoroute A430 qui est poreuse du fait de la présence de plusieurs buses Ø1900 et de passage à faune.

Les flux qui diffusent à travers l'autoroute A430 viennent temporairement buter sur la route départementale RD222. L'accumulation en amont de la RD222 est suffisante pour provoquer la surverse au-dessus de l'infrastructure routière. Le point bas se situant à l'intersection des RD222 et RD925 (cote 298.2m NGF) la surverse concerne alors ces deux infrastructures.

Une fois les surverses sur les RD222 et RD925 actives les écoulements se propagent dans la plaine d'Aiton et viennent buter sur le cône de déjection de l'Arc et le remblai de l'autoroute A43.

Les écoulements atteignent ensuite le plan d'eau des Gabelins, puis retournent à l'Isère en coupant l'A430 et en transitant sous les buses de l'A43.



Compte tenu de ces éléments de connaissance, dans une logique de réduction de l'impact hydraulique du projet, les lignes directrices suivantes ont été intégrées au réaménagement du plan d'eau des Gabelins afin de préserver les axes d'écoulements identifiés :

- L'aménagement du plan d'eau des Gabelins ne doit pas impacter les écoulements à travers les buses présentes sous l'autoroute direction Maurienne ;
- La plateforme de l'autoroute A430 en direction d'Albertville, est en surverse du fait des écoulements en provenance des débordements intervenant dans le secteur du pont de Grésy-sur-Isère.
A proximité de la plateforme autoroutière le niveau des remblais lié à l'aménagement du plan d'eau doit permettre de conserver la majorité du linéaire susceptible d'être l'objet de surverse (500m).

3. CONSTRUCTION DU NOUVEAU MODELE HYDRAULIQUE

3.1 Emprise du modèle

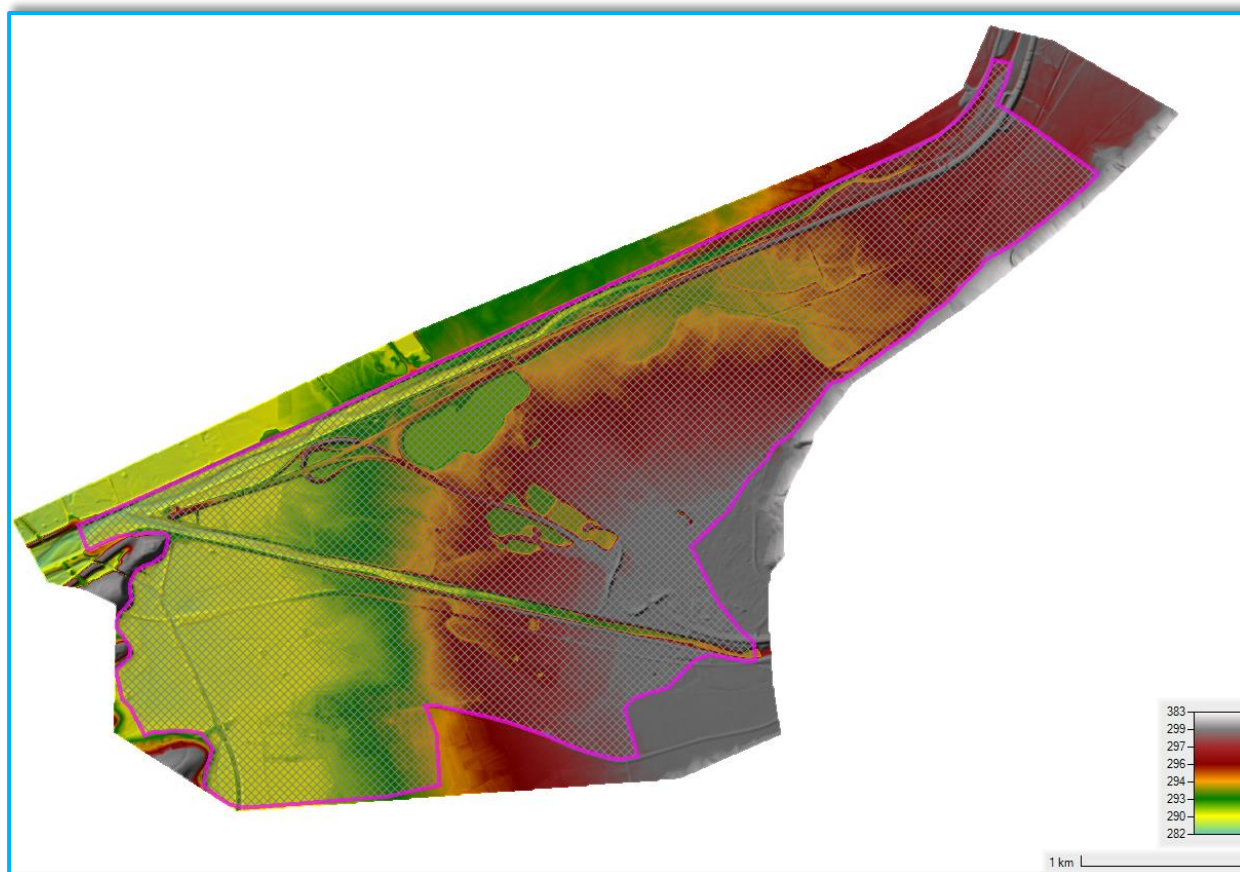
Le modèle hydraulique développé sous Telemac 2D dont les résultats sont illustrés ci-dessus, a été réalisé à l'échelle d'un secteur beaucoup plus large que le plan d'eau des Gabelins, il dépasse donc largement la taille minimale requise pour l'étude du seul site des Gabelins.

De plus, le maillage (point de calcul) produit pour les besoins de ce grand modèle n'est pas suffisamment fin pour intégrer les modifications liées au réaménagement du plan d'eau des Gabelins. Finalement, la construction (et la modification) du maillage pour un modèle Telemac2D n'est pas une opération facile.

En conséquence, un modèle d'emprise plus réduite et permettant une bonne prise en compte des différences topographiques existantes entre l'état initial et l'état « projet » du plan d'eau des Gabelins a été construit sous HECRAS.

Celui-ci s'étend entre le pont de Grésy-sur-Isère et la confluence avec l'Arc. Il couvre le lit majeur rive gauche de l'Isère et rive droite de l'Arc (besoin ultérieur spécifique au SISARC). Compte tenu des faibles débordements intervenant en rive droite sur l'Isère à l'aval du pont de Grésy, le lit majeur rive droite de l'Isère n'est pas représenté.

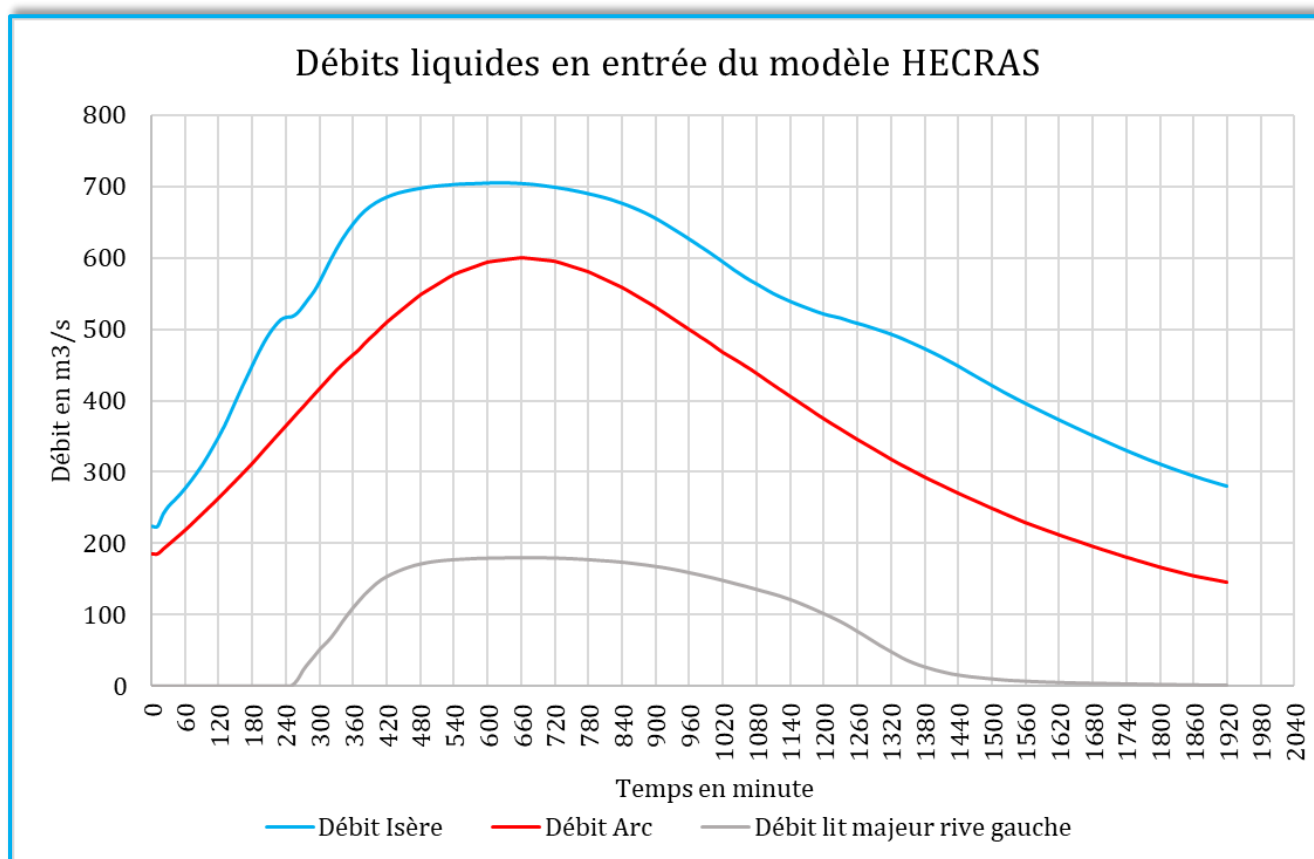
L'emprise du modèle est visible sur la figure ci-dessous, la topographie du terrain étant visible sous le maillage.



Les conditions aux limites de ce modèle HECRAS ont été extraites des résultats du modèle Telemac2D, à savoir :

- Hydrogramme de crues dans le lit endigué de l'Isère au pont de Grésy ;
- Hydrogramme de crues dans le lit endigué de l'Arc à Aiton ;
- Hydrogramme de crues dans le lit majeur rive gauche de l'Isère au pont de Grésy ;
- Niveau d'eau en fonction du temps au droit du pont Royal.

Le graphique ci-dessous illustre les débits injectés aux différentes extrémité amont.



3.2 Topographie du modèle

Les données topographiques suivantes - identiques à celles utilisées dans le modèle Telemac2d - ont été combinées pour produire la topographie de la zone d'étude :

- LIDAR lit majeur sur l'ensemble de la zone d'étude - juin 2013 - DREAL Rhône Alpes et Orthophotoplan associé - MNT maille carrée 1m et semis de point sol (précision : $\pm 50\text{cm}$ en XY ; $\pm 20\text{cm}$ en Z) ;
⇒ Ce **LIDAR 2013** a permis de disposer d'une topographie détaillée de la plaine de l'Isère entre les deux versants montagneux.
- LIDAR sur le lit endigué- mars 2014 - DDT73 Orthophotoplan associé - MNT maille carrée 1m et semis de point sol (précision : $\pm 25\text{cm}$ en XY ; $\pm 10\text{cm}$ en Z) ;
⇒ Ce **LIDAR 2014** a permis de disposer d'une topographie détaillée des parties émergées du lit de l'Isère (bancs de galets et atterrissements) et des digues de l'Isère ;
- Lit vif : Bathymétrie construite à partir de différents levés et complétée par la connaissance à dire d'expert du site.

Cet état topographique correspond à une situation de lit non restauré. Elle n'est donc pas parfaitement représentative de la situation actuelle du lit de l'Isère compte tenu des travaux de restauration du lit conduit depuis 2016 (voir §2.2.4).

Néanmoins comme explicité ci-avant, c'est la situation de lit non restauré qui constitue le scénario le plus défavorable pour l'inondation du lit majeur rive gauche de l'Isère dans le secteur du plan d'eau des Gabelins.

Il est donc sécuritaire de raisonner avec cet état topographique.

La restauration du lit de l'Isère impacte les caractéristiques suivantes du lit endigué :

- Sa géométrie : le terrassement et l'export des limons formant les atterrissements permet de retrouver la section du lit endigué avant l'installation dynamique de lit amoindri ;
- La rugosité lit : suppression d'un couvert végétal très dense (forte rugosité) au profit de bancs de galets peu végétalisés (faible rugosité).

La restauration du lit de l'Isère est un projet qui s'inscrit dans la durée puisque :

- pour des logiques techniques, financière et de réduction des impacts sur les milieux naturels la totalité du linéaire ne peut pas être restaurée en une seule et unique phase de chantier ;
- qu'au cours de la conduite d'une phase de chantier certains aléas (volumes supplémentaires par rapports aux estimations initiales) peuvent conduire à ce qu'un ou plusieurs atterrissements ne puissent être traités dans le calendrier initialement envisagé ;
- une fois le lit restauré, celui-ci sera amené à évoluer. Le déplacement des bancs de galets entraînera une modification de sa géométrie, et le développement plus ou moins importants de la végétation modifiera sa rugosité.

Des actions conjuguant des interventions mécaniques et le levier hydrologique (épisodes morphogènes) devront notamment être mises en œuvre pour limiter la réinstallation des atterrissements et pérenniser l'état du lit.

Les interventions mécaniques ne pourront cependant pas concerner la totalité des bancs de façon simultanées, les caractéristiques du lit seront donc fluctuantes.

La géométrie du lit restauré n'est donc pas figée et celle-ci sera soumise à des fluctuations autour d'un « état moyen ».

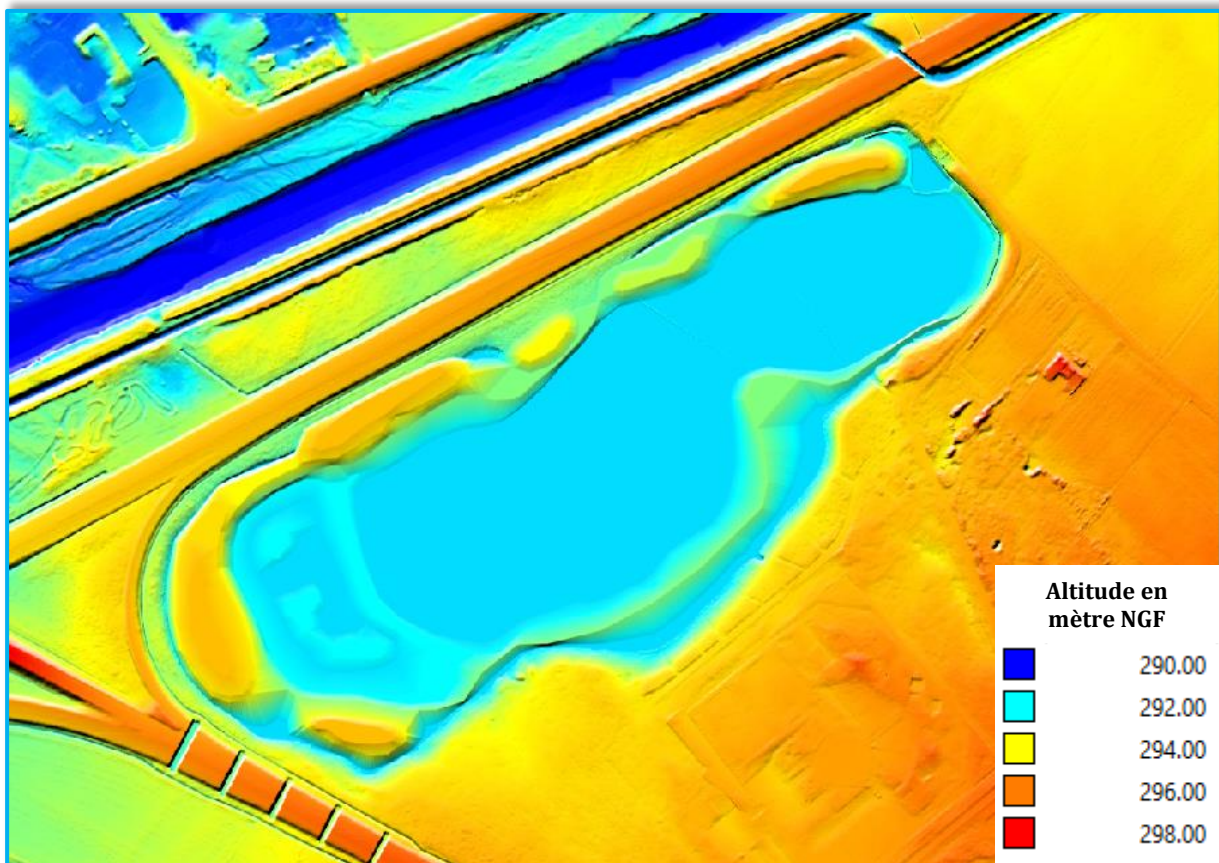
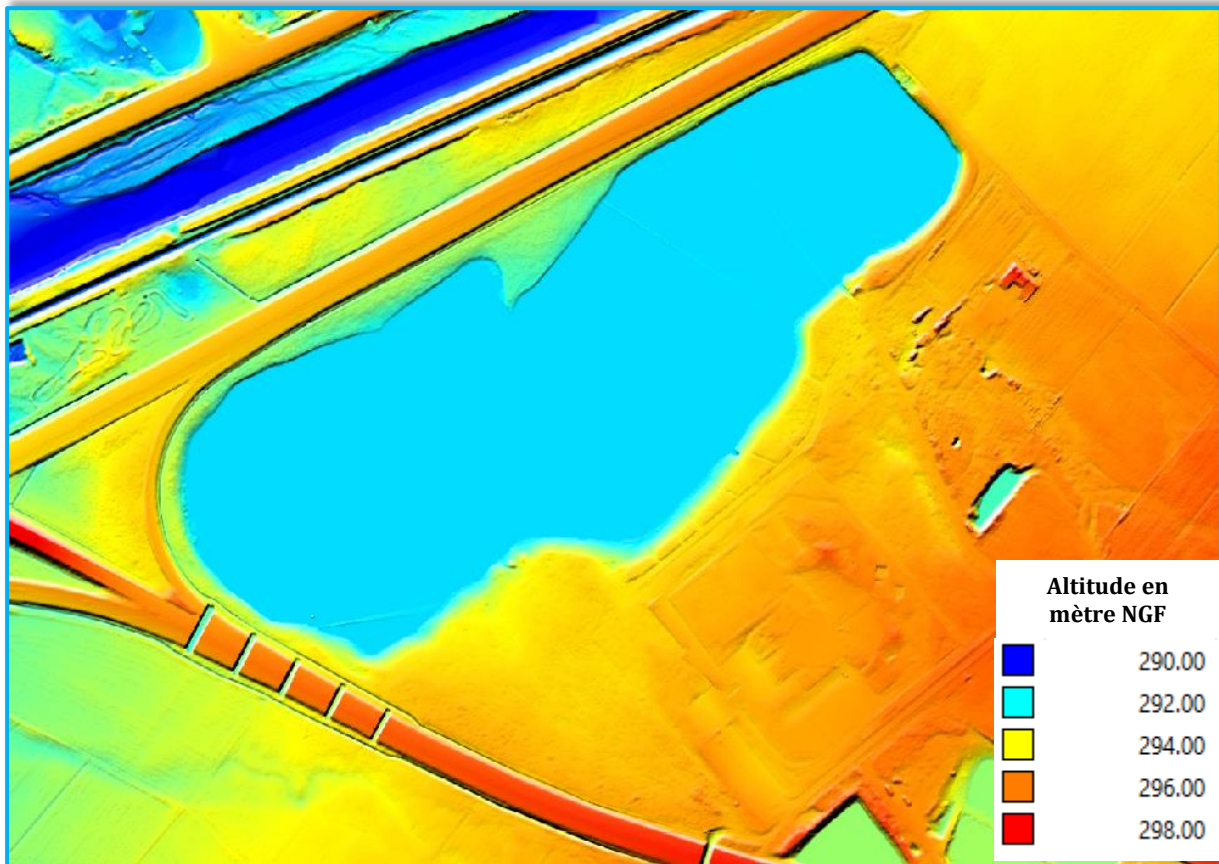
Ces fluctuations concerneront la géométrie du lit et sa rugosité, il est donc là encore sécuritaire de raisonner avec un lit de l'Isère non-restauré qui constitue la situation la plus défavorable pour l'inondation du lit majeur.

3.3 Topographie du plan d'eau des Gabelins

Avant aménagement le plan d'eau des Gabelins couvre une surface supérieure à 19ha. Dans le cadre de la modélisation de l'état initial, le niveau du plan d'eau au démarrage de la crue est fixé à 291.5m NGF, valeur observée lors de la réalisation du LIDAR 2013.

Cette valeur correspond à un niveau légèrement supérieur au niveau d'eau moyen (291.2m NGF) ce qui est cohérent avec le cas d'un scénario de crue rare (niveau de la nappe plus haut que la moyenne).

La topographie de l'état projetée suite au réaménagement du plan d'eau a été fourni par le bureau d'étude TERE0. Comme pour l'état initial le niveau du plan d'eau au démarrage de la crue est fixé à 291.5m NGF. Les figures ci-dessous illustre l'état avant/après réaménagement.



3.4 Ouvrages hydrauliques

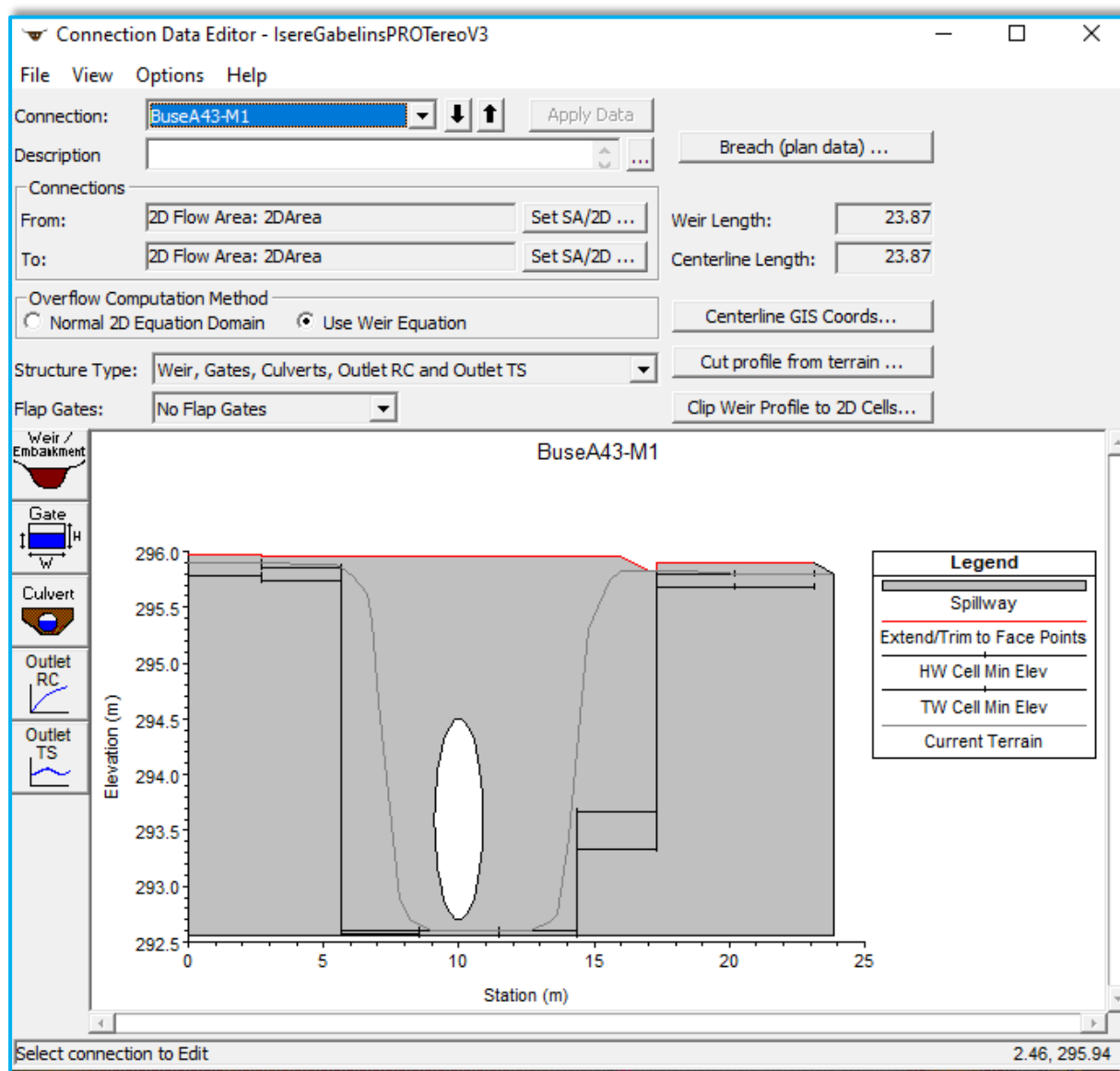
La plupart des remblais transversaux présents dans la plaine de l'Isère sont équipés d'ouvrages hydrauliques permettant l'écoulement des cours d'eau affluents de l'Isère.

Au sein de la zone d'étude, les remblais transversaux sont donc « poreux » pour assurer l'écoulements des cours d'eau affluents c'est notamment des plateformes autoroutières qui intègrent des buses ou des passages à faune.

Les ouvrages traversant de l'autoroute A430 rive gauche de l'Isère, ils sont composés de :

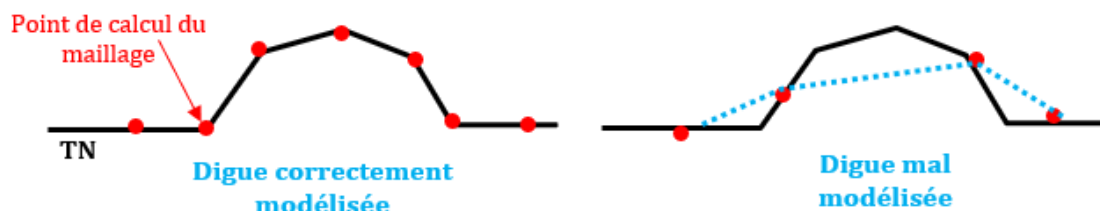
- Deux **passages-à-faune** : un au niveau de l'ouvrage traversant du Villard et un second à 435 m en aval du pont de Grésy ;
- Quinze **buses** dont, 5 Ø1900 au nord du pont de Grésy-sur-Isère et 10 buses Ø1800 plus au sud.
- Le pont cadre assurant l'écoulement du ruisseau de l'Aitelène.

Ces éléments (et leur caractéristiques géométriques) ont été intégrés au modèle 2D sous la forme d'ouvrages hydrauliques.



3.5 Maillage du modèle

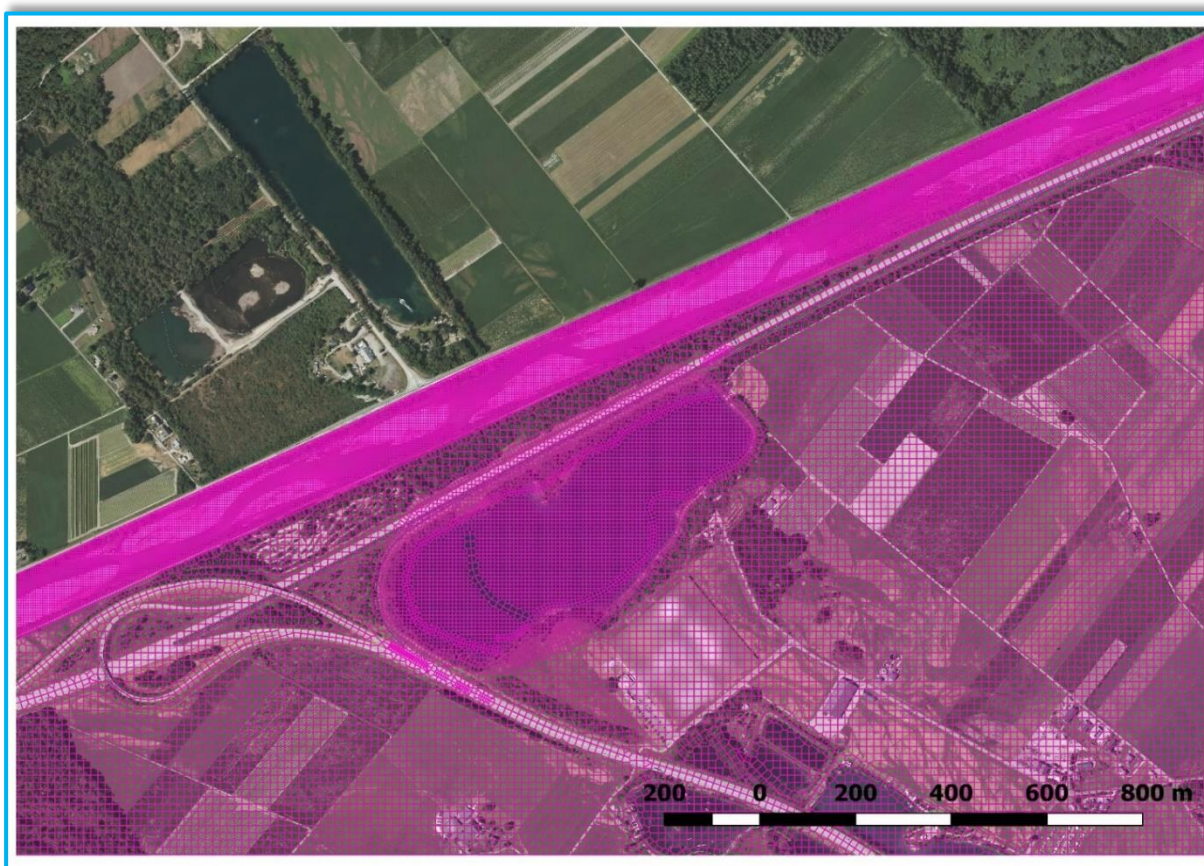
L'utilisation d'un modèle 2D repose sur l'utilisation d'un maillage. Ce maillage constitue les points de calcul du modèle et contient notamment le relief de la zone d'étude. L'identification des éléments structurant du relief (voir ci-avant) est nécessaire pour que les points de calculs soient positionnés de façon à représenter correctement la topographie du secteur (voir exemple ci-dessous dans le cas d'une digue).



Le maillage doit en effet être un compromis entre le nombre d'éléments et les temps de calcul. Un nombre élevé d'élément représente finement la topographie mais conduit à des temps de calculs très élevés.

Un faible nombre d'éléments permet de réduire les durées de calcul mais peut contenir des très fortes approximations de la topographie et donc à une diffusion erronée des écoulements.

Le maillage a été construit de manière à intégrer les éléments topographiques structurant du relief (route, digue, canaux etc.). Aussi des lignes de forces ont été positionnées sur les éléments de remblais structurants et le maillage a été affiné en plusieurs endroits.



Le maillage constitue un des paramètres qui peut influencer les résultats d'un modèle 2D. L'état topographique du plan d'eau des Gabelins réaménagé est bien différent de celui initial. L'absence

d'élément de relief dans le cadre du plan d'eau initial ne nécessitant pas nécessairement un maillage spécifique.

Aussi afin de limiter tout biais lié à une évolution du maillage entre l'état initial et l'état projet, le maillage a été construit de manière à représenter correctement l'état projet et ces remblais et l'architecture de ce maillage a été conservée pour la simulation de l'état initial (la topographie ayant bien évidemment été modifiée).

3.6 Calage du modèle

Note : L'ensemble des calculs (calage & simulations §4) ont été effectués en résolvant sur le domaine 2D les équations d'écoulement à surface libre moyennée sur la profondeur (hypothèse que la composante verticale de la vitesse est faible par rapport aux deux composantes horizontales). L'option de calcul « SWE-ELM » a ainsi été sélectionnée sous HECRAS.

Comme cela avait été le cas avec le modèle Telemac2D, le calage du nouveau modèle HECRAS du modèle hydraulique a été réalisé en ajustant le paramètre de rugosité afin de faire correspondre les lignes d'eau simulées avec des lignes d'eau observées.

La loi de rugosité utilisée dans le modèle hydraulique est la loi de Manning. Comme détaillé ci-après, le modèle hydraulique a été calé à partir du fil d'eau :

- du LIDAR 2014 pour les écoulements à débits courants ;
- à partir des laisses de crues levé en mai 2015 (crue légèrement supérieure à la décennale pour l'Isère à Albertville), pour des débits de crues ;

Comme dans nombre d'études hydrauliques, peu/aucun n'élément ne permet de disposer de références historiques (laisses de crues) permettant le calage des coefficients de rugosité pour le lit majeur. Les valeurs retenues en lit majeur pour le modèle sont donc celles suggérées par la littérature.

Pour caler les différents coefficients de Manning dans le lit vif, les résultats du modèle ont été comparés à la ligne d'eau du LIDAR 2014. Les données sur le fil d'eau sont continues et précises et les conditions hydrauliques sur l'Isère et l'Arc connues et stables.

En effet, le LIDAR 2014 a été réalisé avec les conditions de débits (relativement constantes, pour une rivière totalement influencée par des aménagement hydroélectriques) suivantes :

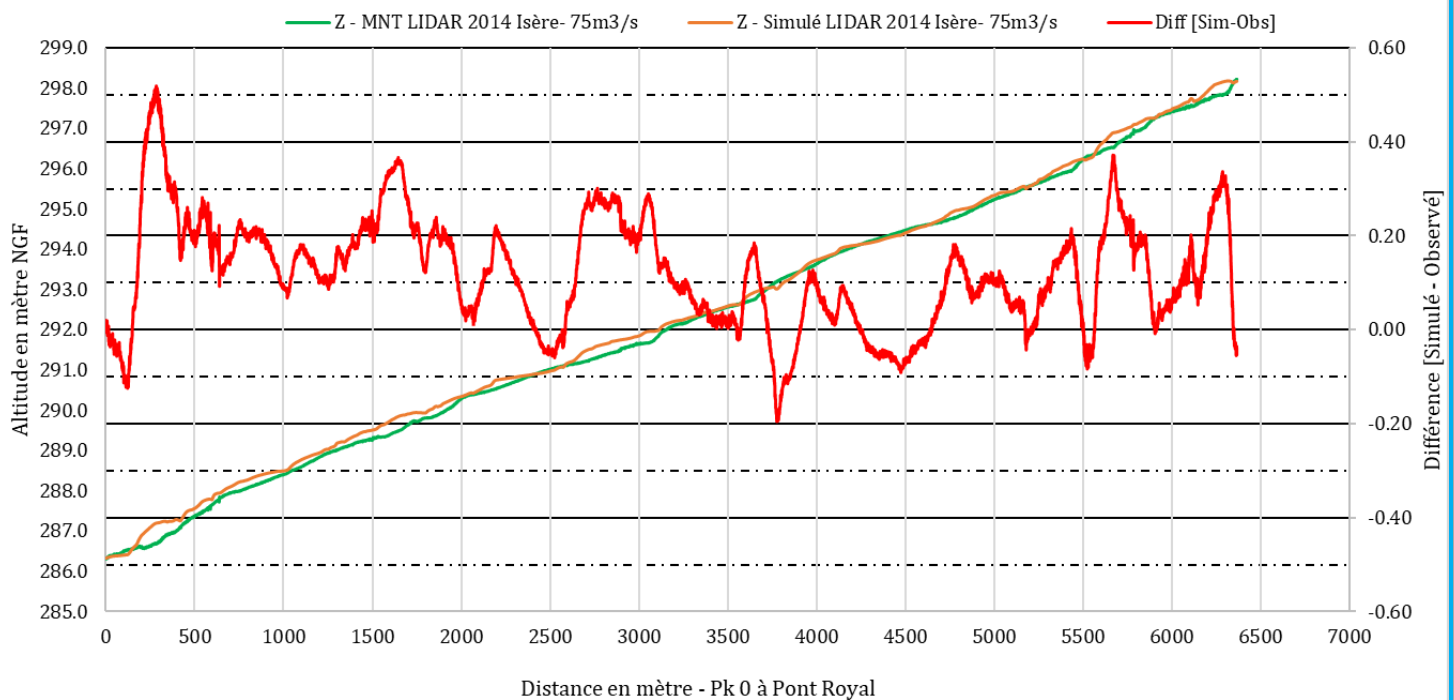
- $Q_{\text{Isère}} = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ (mesuré aux stations de Conflans-Isère Tarentaise- et Pallud-Arly)
- $Q_{\text{Arc}} = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (mesuré à la station d'Aiguebelle)

La comparaison des résultats de la modélisation et du LIDAR 2014 sont très satisfaisants avec une erreur moyenne absolue de seulement 14cm (voir Tableau 3).

	Différence Simulé-Observé (m)
Moyenne	0.12
Moyenne absolue	0.14
Minimum	-0.19
Maximum	0.52
1 ^{er} quartile	0.04
Médiane	0.12
3 ^{ème} quartile	0.20

Le graphique détaillant les résultats du calage de la ligne d'eau du lit mineur est visible ci-dessous.

Simulé vs Observé - Isère - LIDAR 2014



Le calage par rapport au LIDAR 2014 permet de s'assurer que la ligne d'eau en lit mineur est correctement représentée. Cette vérification est effectuée pour des débits courants non représentatifs d'une situation en crues.

De plus, pour le lit endigué, la rugosité des atterrissements végétalisés ne peut pas être calée pour ces débits courants car ceux-ci ne sont pas submergés et n'influencent donc que très peu l'écoulement.

Afin de valider le modèle il est pertinent d'exploiter des données issues de relevées effectués lors d'une crue, notamment si celle-ci entraîne la submersion des atterrissements.

Dans le cas de l'Isère en Combe de Savoie, la crue de mai 2015 constitue l'épisode récent le plus intéressant et pertinent pour la validation du modèle. La topographie du lit utilisée dans le modèle hydraulique (combinaison des données LIDAR 2014 et 2013) est bien représentative de l'état du lit endigué lors de la survenance de la crue.

La crue et son déroulement sont bien documentés. Des laisses de crues ont pu être levées sur les deux rives suite à l'épisode du 1^{er} mai 2015 et un important reportage photo permet de disposer d'éléments sur la propagation des flux débordés en lit majeur.

La période de retour du débit de pointe de la crue du 1^{er} mai 2015 pour l'Isère à Albertville est estimée à supérieure à celui de la crue décennale et cet épisode a entraîné la submersion notable de la majorité des atterrissements du lit endigué dans la zone d'étude.

Les débits de la crue de mai 2015 sont globalement connus pour l'Isère en amont de la confluence avec l'Arc. Néanmoins, compte tenu des évolutions morphologiques qui ont affecté le lit de l'Arly la courbe de tarage hauteur-débit de la station de Pallud présente de fortes incertitudes sur cet épisode. Ainsi, les débits calculés pour l'Arly à Pallud sont validés comme douteux par le SPC Alpes du Nord sur la majorité de l'épisode.

Le travail réalisé par le SISARC dans le cadre de la construction du modèle Telemac2D a montré que la situation modélisée avec des débits injectés pour l'Isère à Albertville diminué de 10 à 20%

(par rapport au débit de pointe considéré comme douteux par le SPC) semble beaucoup plus représentative des constats de terrain effectués durant l'épisode (laisse de crue, reportage photo etc.).

En conséquence comme, le débit de pointe injecté à l'amont dans le modèle HECRAS pour simuler le niveau maximum atteint en mai 2015 est de XXm³/s.

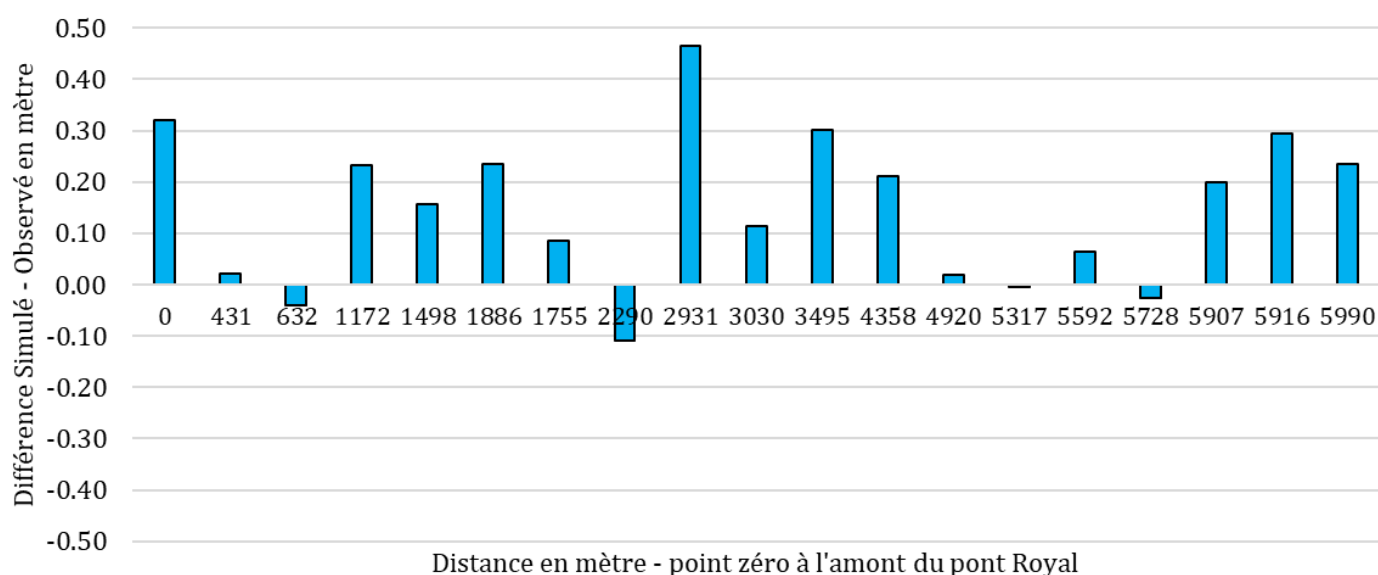
A l'échelle du linéaire d'étude entre le pont de Grésy-sur-Isère et le pont Royal, 19 laisses de crues ont été levées suite à l'épisode de mai 2015. Les résultats des modélisations sont bien en accord avec les laisses de crues observés sur le terrain et le calage est jugé satisfaisant.

L'écart entre les résultats des simulations et les laisses de crue est compris entre ± 30 cm (l'écart moyen absolu est de l'ordre de 16cm).

	Différence Simulé-Observé (m)
Moyenne	0.15
Moyenne absolue	0.16
Minimum	-0.11
Maximum	0.47

La ligne d'eau modélisée est légèrement supérieure aux niveaux relevés pour les laisses de crue mesurées, ce qui va dans le sens de la sécurité (alimentation plus importante du lit majeur).

Simulé vs Observé - Isère - Mai 2015



Les coefficients de Strickler utilisés dans le modèle 2D sont les suivants :

Localisation	Code (sur figure ci- dessous)	Coefficient de Manning (s/m ^{1/3})
Atterrissement végétalisés	1	0.080
Boisement en lit majeur	2	0.0667
Lit mineur - Isère	3	0.022
Lit Confluence	4	0.022
Lit mineur – Arc aval	5	0.026
Autre surface	6	0.040
Lit mineur – Arc aval	7	0.030



4. EXPLOITATION DU NOUVEAU MODELE HYDRAULIQUE

Le modèle construit et calé, a ensuite été exploité afin de simuler le scénario de crue centennale de l'Isère provoquée par une perturbation océanique avec un lit non-restauré pour :

- **L'état initial** du plan d'eau des Gabelins : surface d'environ 19ha avec un niveau d'eau de 291.5m NGF au démarrage de la crue ;
- **L'état aménagé** du plan d'eau des Gabelins : avec un niveau d'eau de 291.5m NGF au démarrage de la crue ;

La figure ci-dessous illustre la différence entre le niveau d'eau maximum simulé à l'état aménagé et celui obtenu en situation initiale. L'écart maximum constaté reste cantonné à l'environnement proche du plan d'eau des Gabelins et il se traduit par un réhaussement de la ligne de +3cm !

Cette valeur est clairement négligeable puisque en cas de crue centennale le niveau du plan d'eau des Gabelins, passe de 291.5m à 295.4m. La hausse du niveau d'eau générée par une crue centennale est donc de +3.70m. La surélévation qui serait générée par l'aménagement du plan d'eau représente moins de 1% de cette valeur.

De plus, un réhaussement de +3cm est inférieur à l'ordre de grandeur des incertitudes inhérentes à tout travail de modélisation : incertitudes sur les débits, sur la topographie initiale, sur les apports des affluents, risque d'embâcle, impossibilité de prendre en compte la mobilité du lit (érosion des atterrissements et fond mobiles) etc.



L'absence d'évolutions des caractéristiques de l'écoulement (hauteur, vitesses) dans l'environnement du plan d'eau des Gabelins se traduit aussi par l'absence d'évolution dans la répartition des flux. Les débits transitant dans les buses ou les débits de de surverse sur l'A430 ne subissent aucune évolution d'ampleur du fait de l'aménagement projeté sur le plan d'eau des Gabelins.

5. CONCLUSION

L'étude hydraulique présentée dans le document permet de conclure que le projet de réaménagement du plan d'eau des Gabelins ne présente aucun impact sur l'écoulement des crues de l'Isère et de l'Arc en Combe de Savoie.

Les évolutions mises en évidence par le travail de modélisation réalisé sont clairement marginales et ne peuvent être considérées comme significatives. Ceci d'autant plus compte tenu du fait qu'elles sont largement comprises dans l'ordre de grandeur des incertitudes inhérentes à tout travail de modélisation.

Cela traduit aussi le fait que la topographie projetée après réaménagement du plan d'eau des Gabelins ne modifie pas les conditions d'écoulements actuelles, ce qui témoigne de la bonne intégration de la contrainte hydraulique au projet.