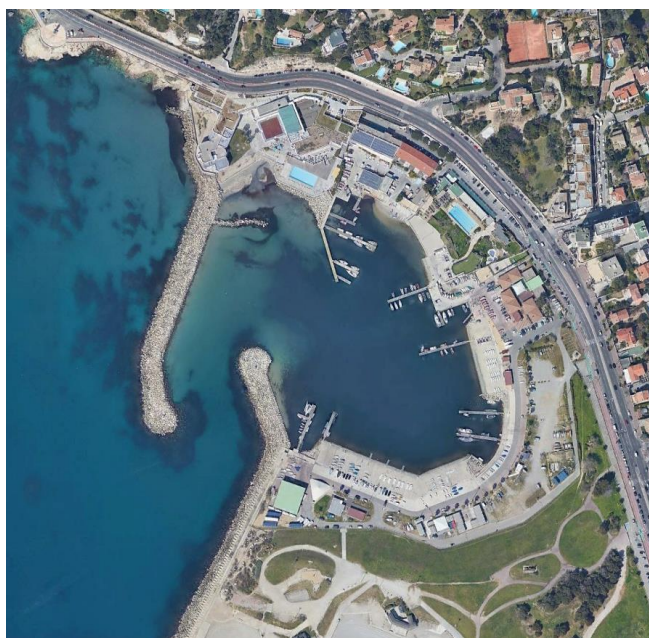


Zone portuaire de Brégaillon
 B.P 63
 83502 La Seyne/mer – France
 Tel : +33 (0)4 94 10 97 40
 Fax : +33 (0)4 94 94 42 27
 Email : contact@oceanide.net

Marina Olympique du Roucas Blanc

Etudes d'hydraulique numérique et dimensionnement des ouvrages à talus



Mission Complémentaire (MC) : Courantologie

1	Révision suite réunion de présentation du 20/04/2021	AL/NF	AL	BB	22/04/2021
0	Première émission	AL/NF	AL	BB	16/04/2021
Révision	Statut / Objet de la révision	Rédigé par	Revu par	Approuvé par	Date
NUMERO DE DOCUMENT : 19.7.080.R.003					

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	5
1. RAPPELS.....	5
1.1. REFERENTIELS.....	5
1.2. CONDITIONS OCEANO-METEOROLOGIQUES	5
2. MISE EN ŒUVRE DES MODELES NUMERIQUES.....	6
2.1. PRINCIPE DE MODELISATION.....	6
2.1.1. Propagation de la houle du large - TOMAWAC.....	6
2.1.2. Courantologie – TELEMAC 2D.....	6
2.1.3. Sédimentologie – SISYPHE	7
2.2. EMPRISE DES MODELES.....	7
2.3. BATHYMETRIES	8
2.3.1. Données topo-bathymétriques.....	8
2.3.2. Bathymétries modélisées.....	8
2.4. MAILLAGE	10
2.5. DESCRIPTION DES CONFIGURATIONS MODELISEES.....	12
2.5.1. Configuration actuelle	12
2.5.2. Configurations aménagées : Eléments communs	12
2.5.3. Configurations aménagées : Description des alternatives pour les buses.....	14
3. MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE	15
3.1. PROPAGATION DE LA HOULE.....	15
3.2. COURANTOLOGIE	16
3.2.1. Champ de courants.....	16
3.2.2. Traceurs numériques - Présentation	18
3.2.3. Renouvellement des eaux dans l'anse – Configuration actuelle	19
3.2.4. Echange entre l'anse et l'extérieur – Configuration actuelle	20
3.3. TRANSPORTS SEDIMENTAIRES	21
4. MODELISATION NUMERIQUE DE L'AMENAGEMENT	23
4.1. IMPACT SUR LA HOULE ET LES COURANTS	23
4.2. IMPACT SUR LE RENOUVELLEMENT DES EAUX DANS L'ANSE.....	25
4.3. IMPACT SUR L'ENTREE POTENTIELLE DE POSIDONIES DANS L'ANSE	26
4.3.1. Entrée potentielle depuis l'Ouest de l'anse	26
4.3.2. Entrée potentielle depuis le Sud de l'anse.....	27
4.3.3. Conclusions	28
4.4. CONCLUSIONS DE LA COURANTOLOGIE ET DE L'ANALYSE DES TRACEURS.....	28
4.5. IMPACT SUR LES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES.....	29

ANNEXES :

ANNEXE 1 : PRESENTATION DES MODELES – Maillages et bathymétries

ANNEXE 2.a : MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE - Résultats de la propagation de la houle

ANNEXE 2.b : MODELISATION NUMERIQUE DES CONFIGURATIONS AMENAGEES - Résultats de la propagation de la houle

ANNEXE 3.a : MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE - Résultats de la courantologie

ANNEXE 3.b : COMPARAISON DES CONFIGURATIONS - Résultats de la courantologie

ANNEXE 4.a : COMPARAISON DES CONFIGURATIONS - Résultats de la courantologie – Traceurs

ANNEXE 4.b : MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE - Résultats de la courantologie – Traceurs

ANNEXE 4.c : MODELISATION NUMERIQUE DU NOUVEL AMENAGEMENT avec 1 BUSE - Résultats de la courantologie – Traceurs

ANNEXE 4.d : MODELISATION NUMERIQUE DU NOUVEL AMENAGEMENT avec 2 BUSES - Résultats de la courantologie – Traceurs

ANNEXE 5 : MODELISATION NUMERIQUE DES CONFIGURATIONS AMENAGEES - Résultats de la sédimentologie

REFERENCES :

- [1] Mission de maîtrise d'œuvre relative aux travaux maritimes pour la modernisation, la rénovation et l'optimisation de la marina Olympique du Roucas Blanc – Rapport d'Etudes Préliminaires – INGEROP – Juillet 2020
- [2] Marina Olympique du Roucas Blanc – Etudes d'hydraulique numérique et dimensionnement des ouvrages à talus – Conditions hydrauliques de projet – OCEANIDE – 19.7.080.R.001 rev.0 – Juin 2020
- [3] Marina Olympique du Roucas Blanc – Etudes d'hydraulique numérique et dimensionnement des ouvrages à talus – Etudes d'Avant-Projet (AVP) – OCEANIDE – 19.7.080.R.002 rev.1 – Mars 2021
- [4] Agitation Préliminaire, note de présentation – OCEANIDE – 19.7.080.R.001_Agitation_rev2 – Août 2020
- [5] Guide enrochement – L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques – Version française du Rock Manual (2^e édition) – 2009 – CETMEF/CIRIA/CUR
- [6] "SHOM, 2015. MNT Bathymétrie de façade du Golfe du Lion - Côte d'Azur (Projet Homonim). http://dx.doi.org/10.17183/MNT_MED100m_GDL_CA_HOMONIM_WGS84")
- [7] Trait de côte Histolitt® (© IGN-SHOM 2009)
- [8] Dalles Litto3D® « PACA 2015 », IGN-SHOM
- [9] Marseille, anse du Roucas Blanc – Campagne bathymétrique du 19 juin 2020 - SEAWORKS

INTRODUCTION

Dans le cadre du Marché de maîtrise d'œuvre pour la réalisation de travaux maritimes pour la modernisation, la rénovation et l'optimisation de la marina olympique du Roucas Blanc, OCEANIDE intervient en tant **que bureau d'études spécialisé en hydraulique maritime** au sein du Groupement dont INGEROP est le mandataire.

Un précédent document a été émis concernant l'agitation et le dimensionnement des ouvrages maritimes dans le cadre du projet d'aménagement (réf. [3]).

Le présent rapport, correspondant à une mission complémentaire, s'intéresse à la courantologie au niveau de l'anse du Roucas Blanc, et plus spécifiquement aux phénomènes suivants :

- La circulation des masses d'eau, notamment pour analyser le renouvellement des eaux et les mouvements des feuilles de posidonie
- Le transport sédimentaire, afin d'étudier l'évolution des fonds

1. RAPPELS

1.1. REFERENTIELS

Les référentiels suivants ont été retenus :

- Altimétrie : 0 m NGF (IGN69)
- Planimétrie : RGF93 en projection Lambert 93 (EPSG 2154)

1.2. CONDITIONS OCEANO-METEOROLOGIQUES

Les conditions de niveau d'eau et de vent retenus pour les modélisations dans le cadre de la mission complémentaire ont été établis au démarrage de l'étude hydraulique (réf. [2]). Pour compléter ces éléments, les paramètres de houle (Hm0, Tp) pour les conditions usuelles (fréquences de 1 à 5%) ont été estimés à partir des statistiques du climat opérationnel des houles et mers de vent au large (cf. réf. [2]).

Les cas de calculs retenus sont présentés dans le tableau ci-après.

			Vent		Houle / Mer de vent			Niveau d'eau	
N° du cas	Incidence	Fréq.	Dir (°N)	V (m/s)	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Marée	Niveau (m NGF)
1	Mistral	5%	300	15	0.5	3.5	300	PHMA	0.37
2	Ouest	5%	260	7	1.95	6.5	260	PHMA	0.37
3	Ouest	1%	260	12	2.6	7.5	260	PHMA	0.37
4	Sud-Ouest	1%	210	6	2.2	8	230	PHMA	0.37
5	Sud-Est	5%	130	11	1.3	7	150	PHMA	0.37
6	Sud-Est	1%	130	15	2.35	8.5	150	PHMA	0.37

Tableau 1-1 : Cas de calculs de houle, de courantologie et de sédimentologie

2. MISE EN ŒUVRE DES MODELES NUMERIQUES

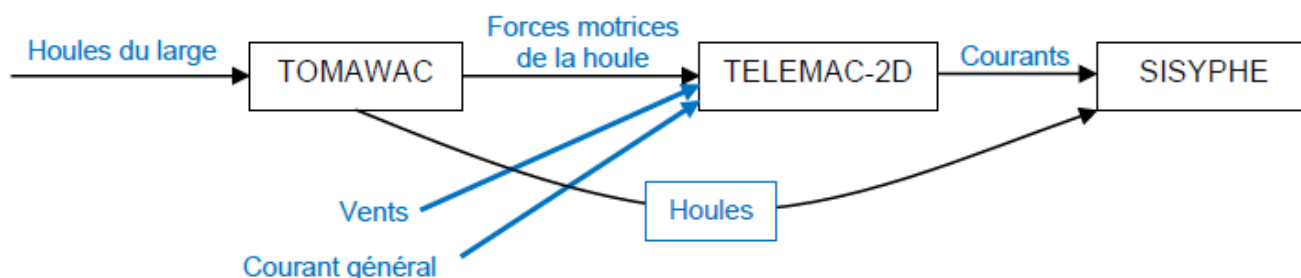
2.1. PRINCIPE DE MODELISATION

L'étude exploite la chaîne de modélisation **TELEMAC** du LNH. Elle se compose d'un ensemble de logiciels basés sur la technique des éléments finis. Ce système est dédié aux problèmes de mécanique des fluides environnementaux.

Les modules suivants sont utilisés :

- Un modèle spectral de propagation de la houle : **TOMAWAC**
- Un modèle de courantologie : **TELEMAC-2D**
- Un modèle de sédimentologie : **SISYPHE**

Ils sont couplés afin de permettre l'intégration des résultats précédents module par module. La chaîne de modélisation est schématisée ci-après.



Ainsi ces modules utilisent des données d'entrée et de forçages communes : les données bathymétriques, le trait de côte, l'emprise et le maillage sont les mêmes pour l'ensemble des modules de modélisation pour une même configuration.

2.1.1. Propagation de la houle du large - TOMAWAC

La modélisation de la propagation de la houle réelle (irrégulière) du large vers la côte est effectuée avec le module TOMAWAC. Ce logiciel modélise la propagation d'une houle multidirectionnelle en prenant notamment en compte les phénomènes de :

- Réfraction et gonflement de la houle (shoaling) dus à la bathymétrie
- Génération d'énergie par le vent
- Pertes d'énergie par déferlement de la houle et par frottement sur le fond

2.1.2. Courantologie – TELEMAC 2D

La modélisation du courant est effectuée avec le module TELEMAC-2D. Ce dernier prend notamment en compte les phénomènes suivants :

- L'influence du vent et de la pression atmosphérique
- La prise en compte des courants de houle par couplage avec les modules ARTEMIS ou TOMAWAC
- Le frottement sur le fond
- La propagation des ondes longues
- Les écoulements fluviaux et torrentiels
- Le potentiel générateur de la marée pour les grands domaines
- Les sources et puits de fluide et de quantité de mouvement dans le domaine de calcul
- L'entraînement par le courant et la diffusion d'un traceur

2.1.3. Sédimentologie – SISYPHE

Le module SISYPHE est utilisé pour modéliser le transport sédimentaire, sous l'impulsion des conditions hydrauliques préalablement calculées à l'aide des autres modules.

Le logiciel permet de simuler le transport par charriage (couche à proximité immédiate du fond) et l'évolution des fonds et de calculer le débit solide. Il permet aussi de modéliser le transport en suspension des particules fines.

2.2. EMPRISE DES MODELES

Il est rappelé que l'emprise des modèles est commune. Ses limites ont été choisies sur les bases suivantes :

- Extension du modèle jusqu'aux **grandes profondeurs** afin de pouvoir générer une houle du large non influencée par les fonds marins ;
- Extension du modèle aussi bien à l'**Ouest** qu'au **Sud** afin de pouvoir simuler des conditions de houle et de courant provenant des deux secteurs d'incidence ;
- Modèle de grande taille pour pouvoir tenir compte de la complexité du littoral.

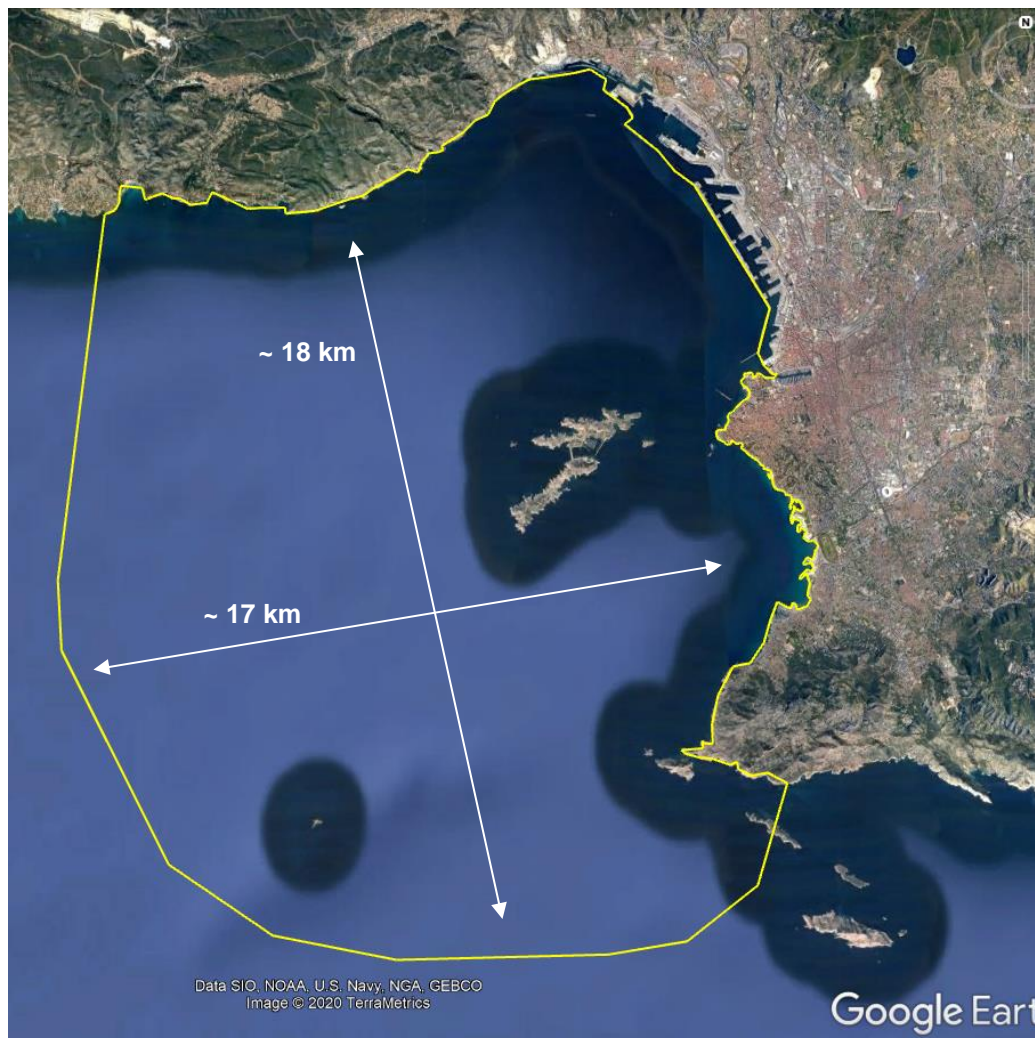


Figure 2-1 : Emprise commune des modèles (propagation, courantologie et sédimentologie)

2.3. BATHYMETRIES

2.3.1. Données topo-bathymétriques

Les données topo-bathymétriques exploitées pour mettre en œuvre les modèles numériques sont les suivantes :

- Pour le large et les profondeurs moyennes :
 - MNT bathymétrique de la façade du Golfe du Lion - Côte d'Azur fourni par le SHOM avec une résolution de l'ordre de 110m et datant de 2015 (réf. [6]) ;
 - Dalles bathymétriques Litto3D de l'IGN/SHOM (réf. [8]).
- Pour le littoral : trait de côte Histolitt® (réf. [7]) ;
- Au niveau de l'anse du Roucas Blanc pour l'état existant : levé bathymétrique 2020 effectué par SEAWORKS (réf. [9]) ;
- Pour les dragages du projet d'aménagement : plan de dragage retenu à l'issue de l'étude d'AVP (réf. [3]).

2.3.2. Bathymétries modélisées

Bathymétrie extérieure à l'anse :

La bathymétrie obtenue après compilation de toutes les données présentées ci-avant et intégration dans le modèle numérique est présentée sur les figures ci-après.

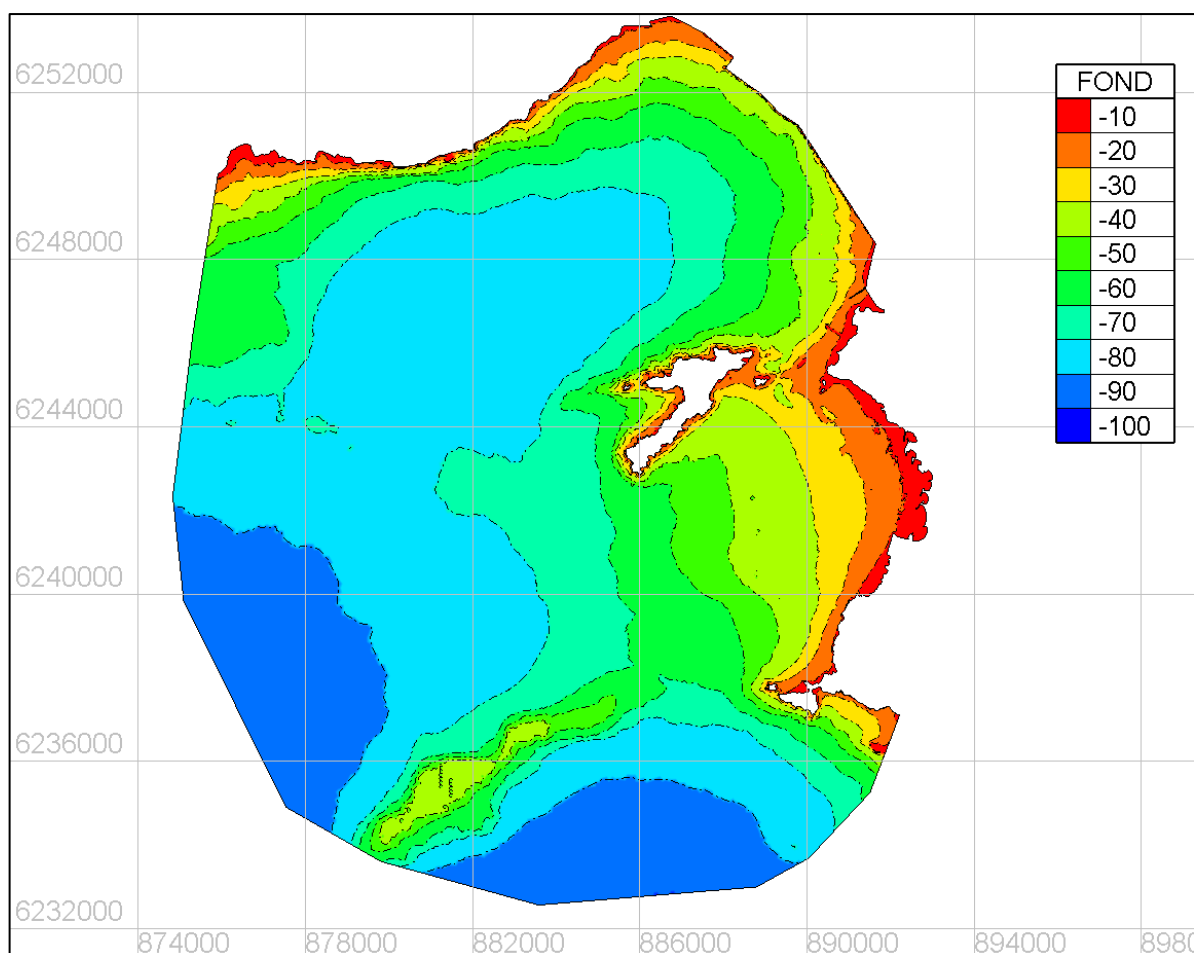


Figure 2-2 : Bathymétrie commune modélisée - Vue globale

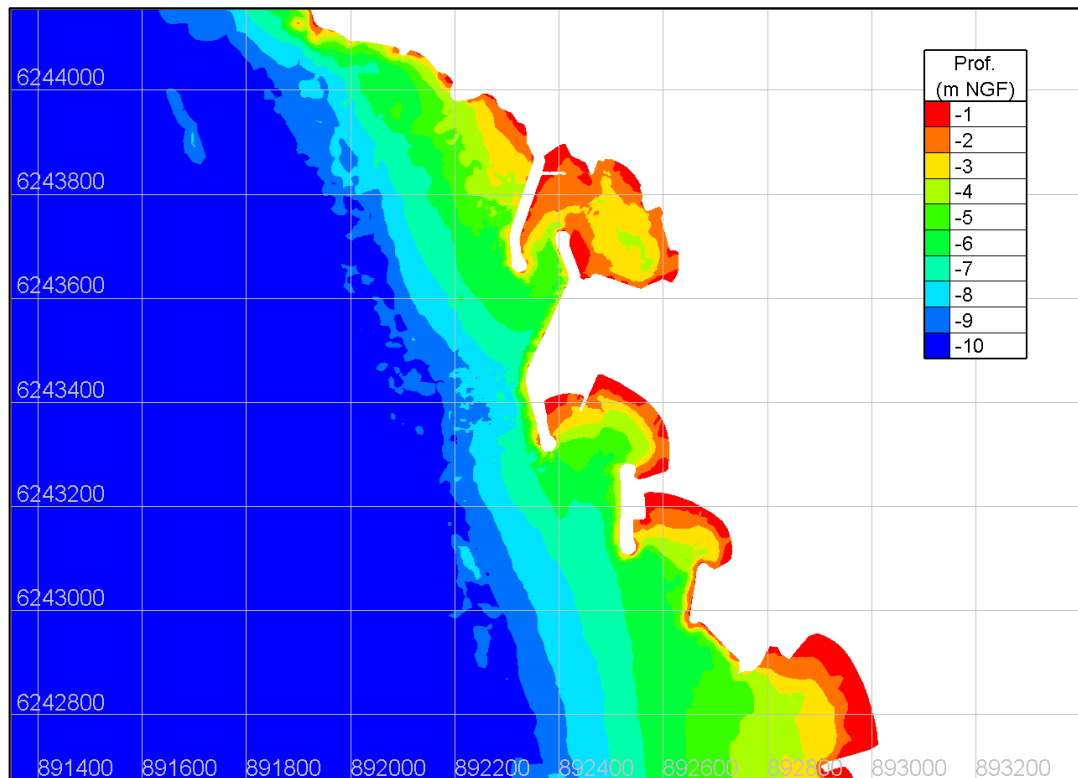


Figure 2-3 : Bathymétrie commune modélisée à l'extérieur de l'anse du Roucas – Zoom

Bathymétries à l'intérieur de l'anse :

La bathymétrie modélisée à l'intérieur de l'anse est différente entre l'état existant et aménagé, ces différences concernent les points suivants :

1. La suppression du petit épi en enrochements existant se situant devant l'hôtel (Nord-Ouest de l'anse), l'implantation du nouvel ouvrage tel que décrit précédemment, et l'aménagement du secteur Nord,
2. Le dragage dans une partie de l'anse et notamment dans la passe d'entrée.

(Cf. figure suivante où est indiqué globalement l'emplacement des modifications 1 et 2 ci-avant)

Les figures ci-dessous permettent de visualiser cette évolution de la bathymétrie.

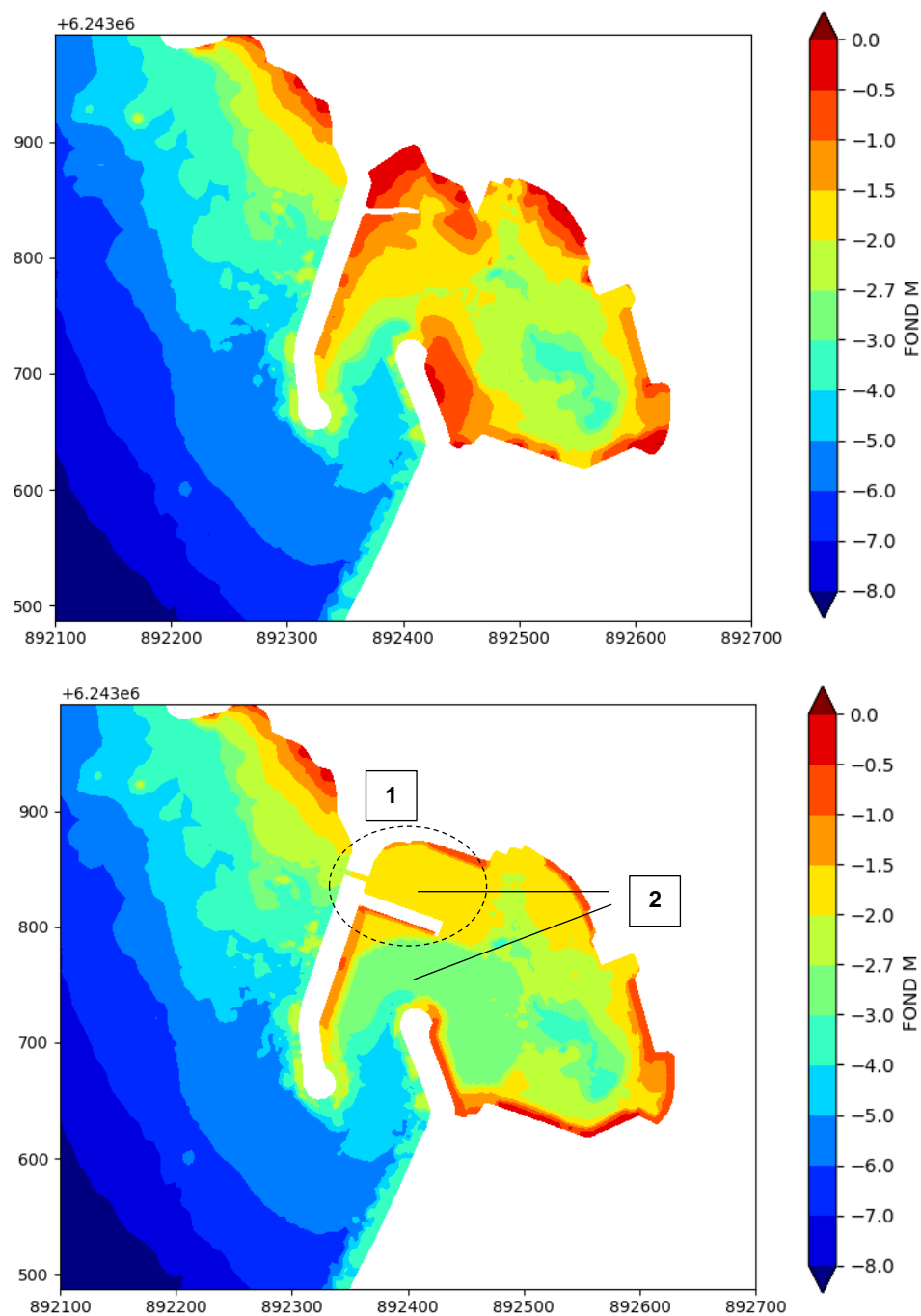


Figure 2-4 : Bathymétries modélisées – Etat actuel (en haut) et Projet d'aménagement (en bas)

2.4. MAILLAGE

L'intérêt d'utiliser une technique aux éléments finis est de représenter le terrain (bathymétrie, côte, faibles fonds, ...) par un assemblage de facettes triangulaires de taille et de forme variables, nommé "maillage".

La précision du modèle a été affinée au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'anse du Roucas Blanc.

La construction du maillage a ainsi été établie selon le principe suivant (cf. figures ci-après) :

- **Au large** - dans les fonds importants (>70m) où les calculs de propagation ne nécessitent pas une forte précision : mailles de 100m ;
 - **Profondeurs intermédiaires** - pour les profondeurs comprises entre -50m et -70m : mailles de 50m ;
 - **Bande littorale** – Dans les fonds inférieurs à 50m, raffinement du maillage afin de bien représenter le trait de côte et permettre une bonne prise en compte de l'évolution des fonds : mailles de 20m ;
 - **Secteur de l'anse du Roucas Blanc** :
 - Maillage plus précis en amont de l'anse : mailles de 10m ;
 - Maillage détaillé à l'entrée et dans l'anse : mailles de 3 à 5m ;
- ⇒ Les modèles numériques mis en place comportent environ 280 000 nœuds, soit environ 550 000 mailles.

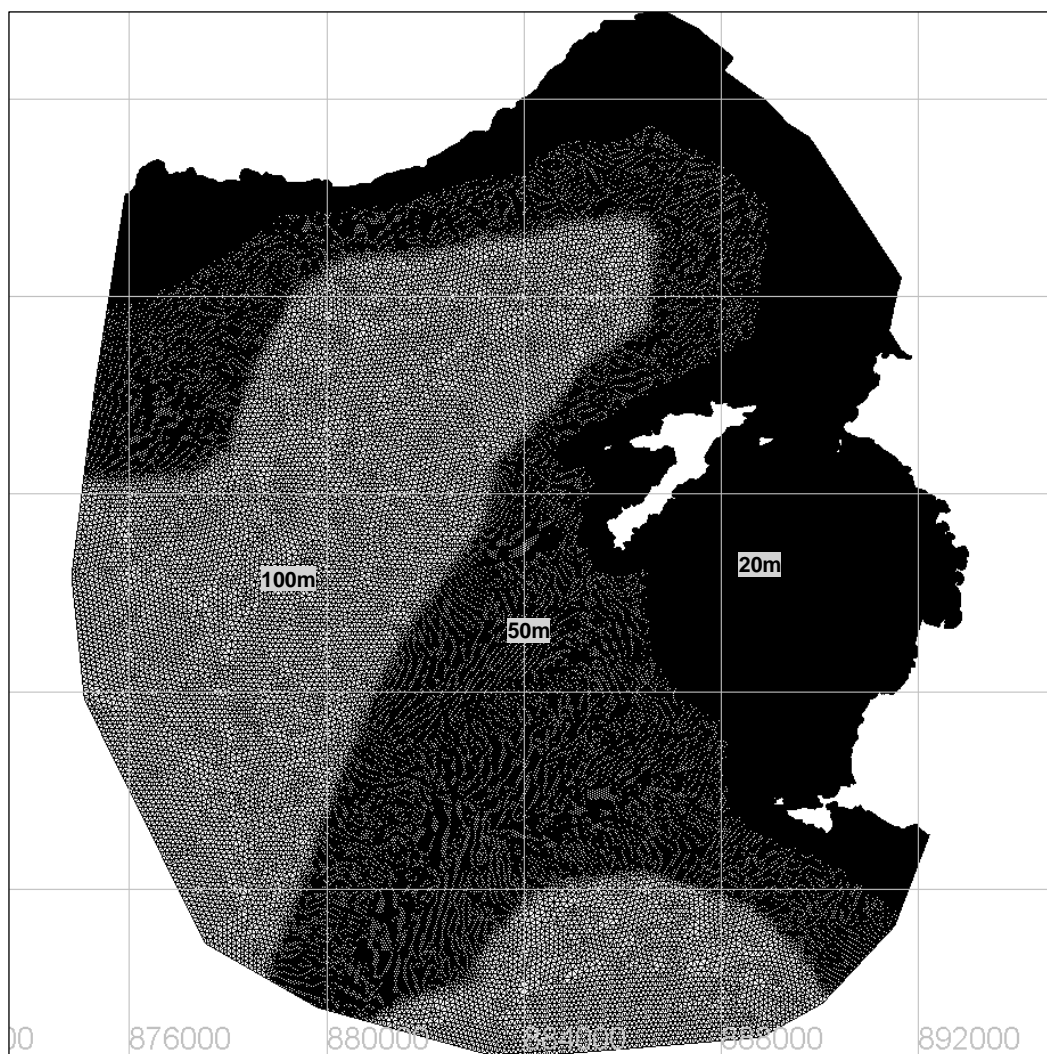


Figure 2-5 : Maillage numérique - Vue globale

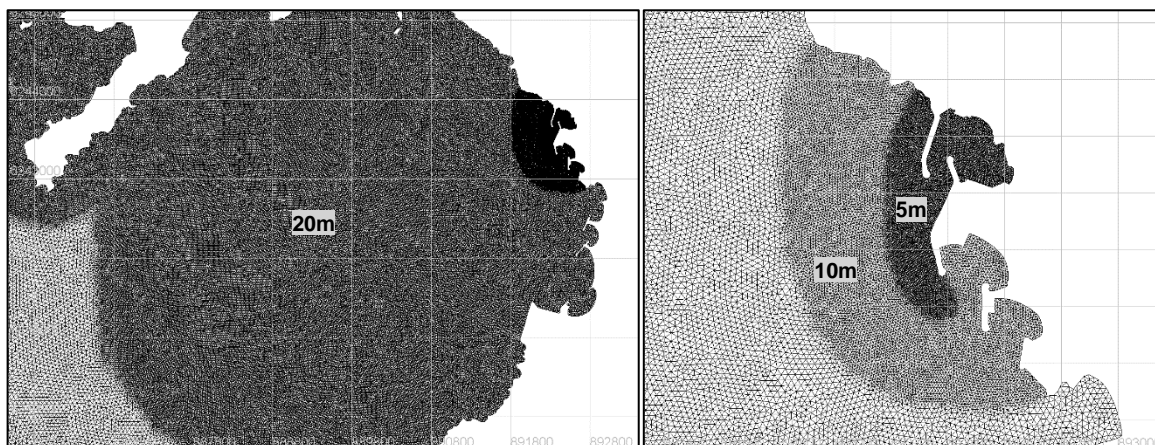


Figure 2-6 : Maillage numérique - Zooms

2.5. DESCRIPTION DES CONFIGURATIONS MODELISEES

Les modélisations sont réalisées pour 3 configurations :

- La configuration actuelle du site
- La configuration aménagée de l'anse avec 1 buse d'avivement
- La configuration aménagée avec 2 buses d'avivement

2.5.1. Configuration actuelle

La configuration actuelle est l'état existant, il n'est pas décrit plus en détail ici.

2.5.2. Configurations aménagées : Eléments communs

A l'issue des études d'AVP, il a été retenu un projet d'aménagement dont les principales caractéristiques sont les suivantes pour ce qui concerne les modifications du plan d'eau :

- Suppression du petit épi en enrochements actuel protégeant la plage Nord de l'hôtel
- Mise en place d'un épi de protection plus important :
 - Longueur : 75m - Largeur : environ 16m
 - Ouvrage de type quai poids avec un talus en enrochements côté large/passe
- Dragage d'une partie de l'anse, plusieurs secteurs sont concernés et les profondeurs de dragage sont adaptées (cf. figure 2-4 au paragraphe 2.3.2) :
 - Passe d'entrée et secteur Sud-Ouest à l'intérieur de l'anse : dragage à -2.7m NGF
 - Nord de l'anse et quelques secteurs localisés : dragage à -2.0m NGF
- Implantation d'un quai surélevé sur pieux pour tout le linéaire Nord de l'anse (cet aménagement n'est pas modélisé car il n'a pas d'influence sur les études hydrauliques)

Les figures de la page suivante sont des illustrations (données transmises par le Groupement) de ces aménagements.

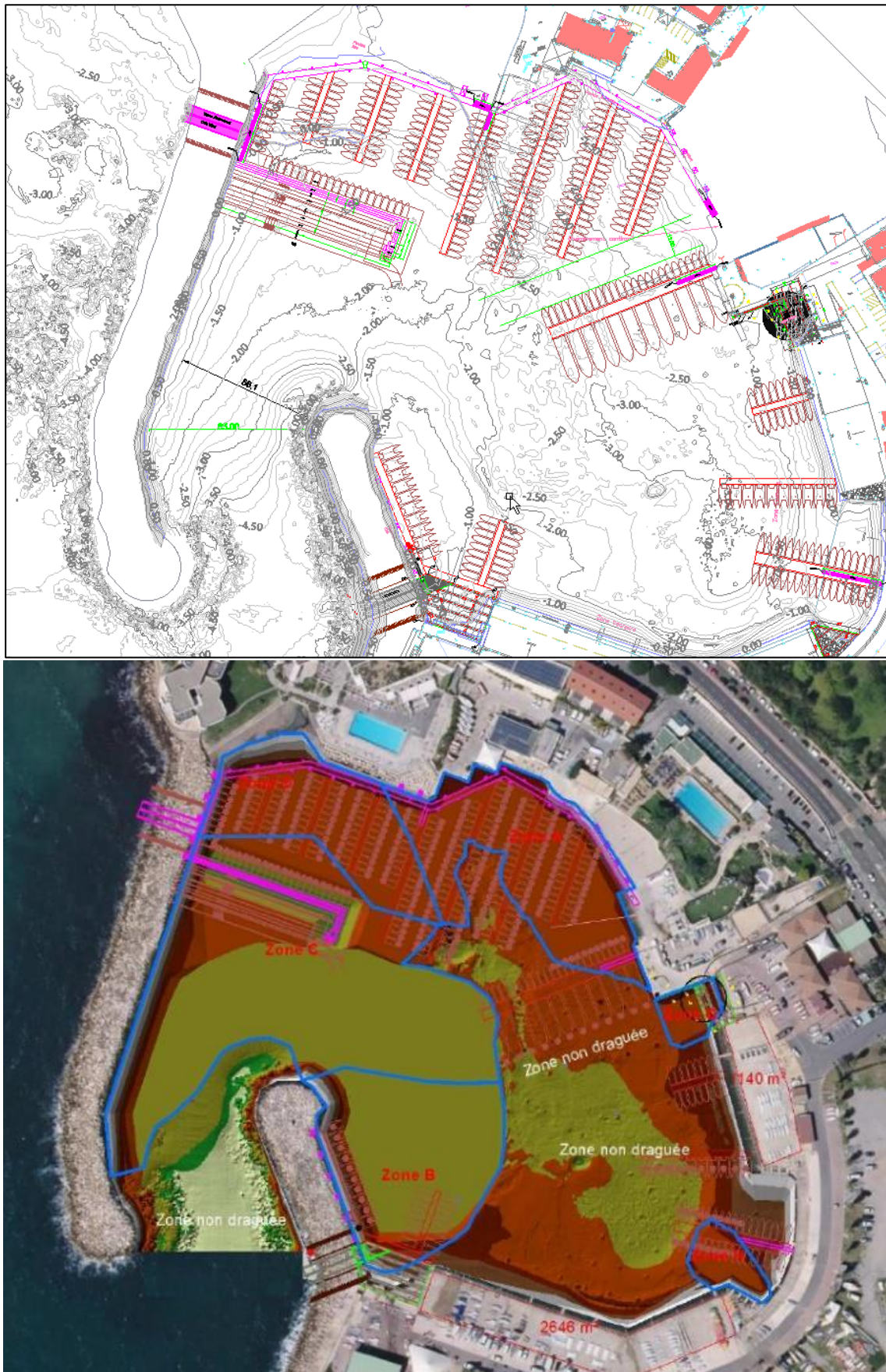


Figure 2-7 : Projet d'aménagement – Plan masse et plan de dragage

2.5.3. Configurations aménagées : Description des alternatives pour les buses

Implantation en plan

En plan, les buses seront localisées :

- Au Nord de la digue intérieure dans la digue principale
- A l'enracinement de la digue secondaire au Sud

Dans le cas aménagé avec une seule buse, il est choisi de modéliser la buse Nord afin d'étudier le renouvellement de l'eau du nouveau bassin créé entre la digue intérieure et la terre.

Dans le cas aménagé avec 2 buses, les buses sont positionnées de manière à favoriser une circulation plus générale dans le bassin, elles sont donc éloignées l'une de l'autre autant que possible.

Implantation sur la verticale dans les digues existantes

Pour l'implantation sur la verticale, il faut faire attention aux aspects suivants :

- Limitation de la transmission des vagues dans le bassin => haut des ouvertures sous le niveau d'eau
- Limitation de la pénétration des sédiments depuis l'extérieur pour diminuer la tendance à la sédimentation en sortie de buse côté bassin => bas des ouvertures au-dessus du niveau des fonds
- Limitation des herbes mortes de posidonies dans le bassin => bas des ouvertures au-dessus du niveau des fonds et haut des ouvertures sous le niveau d'eau
- Limitation du démontage des digues existantes
- Empêcher les nageurs / promeneurs d'y pénétrer

Dans cette optique, il a été retenu à l'AVP ce qui suit :

- Buse Nord côté hôtel :
 - Démontage existant à -2.15mNGF
 - 30cm de ballast
 - 2 buses de section rectangulaire de 3 x 1.5m d'ouverture intérieure (total de 9m²)
 - Haut de l'ouverture : +0.0mNGF
- Buse Sud côté passe :
 - Démontage existant à -3.15mNGF
 - 30cm de ballast
 - 2 buses de section rectangulaire de 3 x 1.5m d'ouverture intérieure (total de 9m²)
 - Haut de l'ouverture : -1.0mNGF

Les coupes de ces buses sont montrées ci-dessous et dans le cahier de plan de l'AVP.

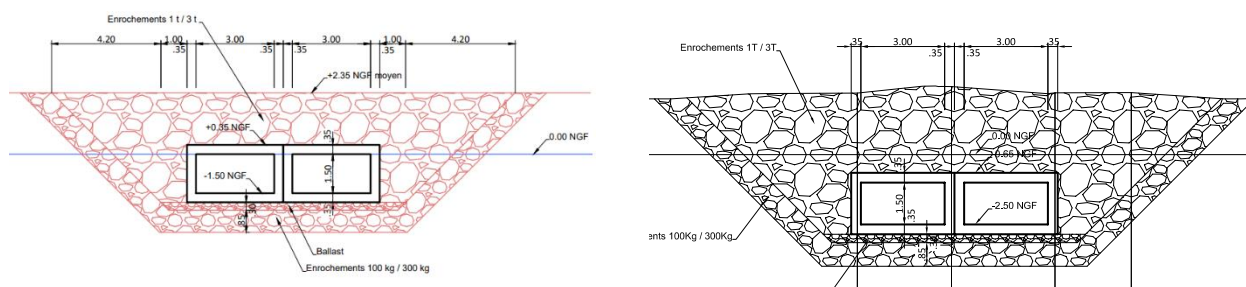


Figure 2-8 : Implantation sur la verticale des buses d'avivement (Buse Nord à gauche / Sud à droite)

3. MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE

3.1. PROPAGATION DE LA HOULE

Les figures ci-après illustrent la propagation de la houle du cas 3 (houle d'Ouest d'occurrence 1%) pour exemple.

L'intégralité des résultats graphiques est fournie en annexe 2.a.

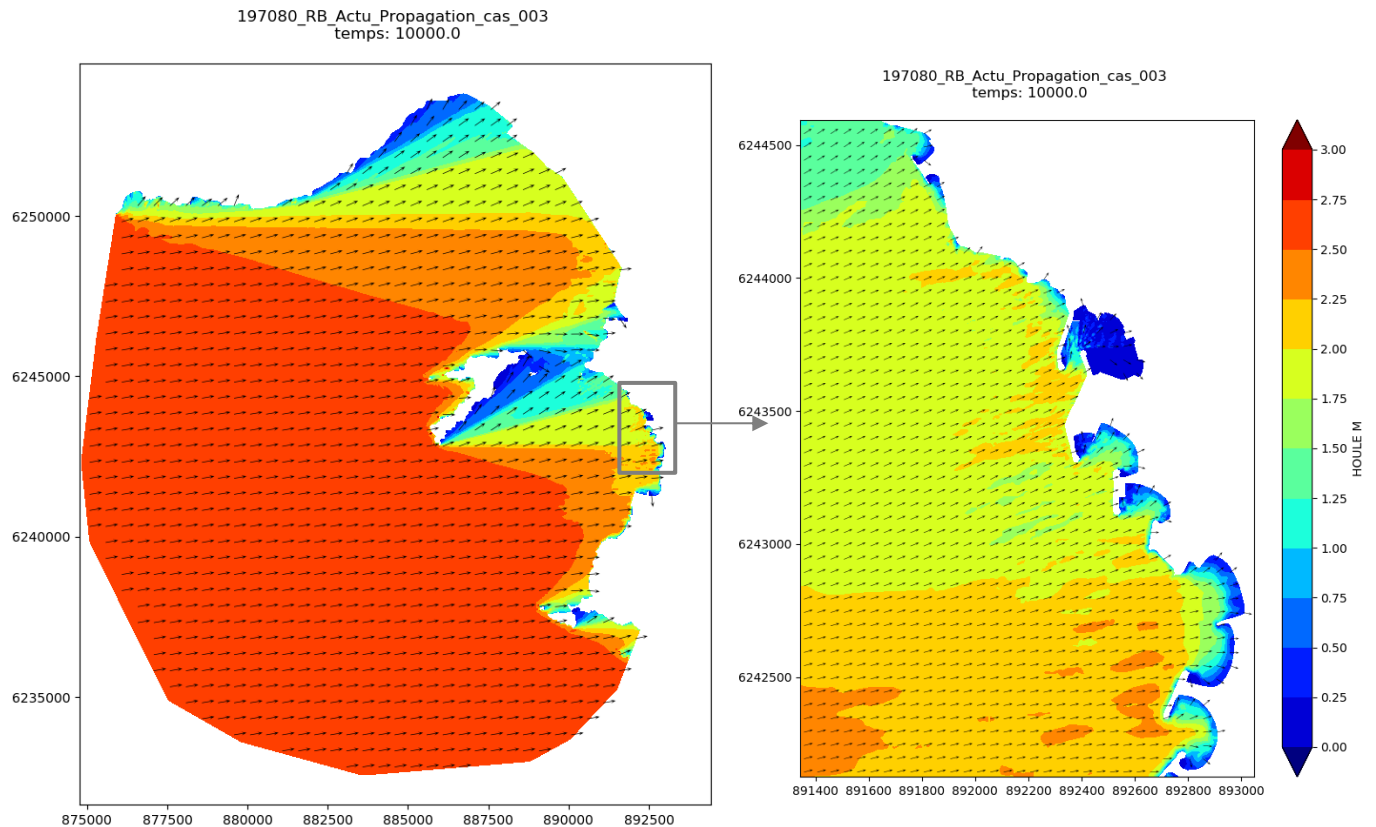


Figure 3-1 : Propagation de la houle - Configuration actuelle – Cas 3 (houle d'Ouest - 1%)

On observe que les houles d'Ouest sont peu atténuées au cours de leur propagation, et arrivent donc au droit de l'anse du Roucas Blanc avec une énergie encore importante.

Par contre, les houles de Sud-Est sont fortement atténuées avant d'atteindre le littoral du Prado (cf. figure ci-après) du fait :

- Des obstacles au Sud de la rade de Marseille, formés par le Cap Croisette et les îles situées juste à l'Ouest ;
- De la modification de l'orientation de houles au cours de leurs propagation (phénomène de réfraction).

Elles atteignent donc l'anse du Roucas Blanc avec des hauteurs H_s inférieures à 0.25 m, pour les conditions modélisées (fréquence 1% et 5%).

De même, par conditions de Mistral, l'anse du Prado est protégée par l'île du Frioul. Ainsi les houles atteignant l'anse du Roucas Blanc ont des hauteurs H_s inférieures à 0.5 m, pour les conditions modélisées (fréquence de 5%).

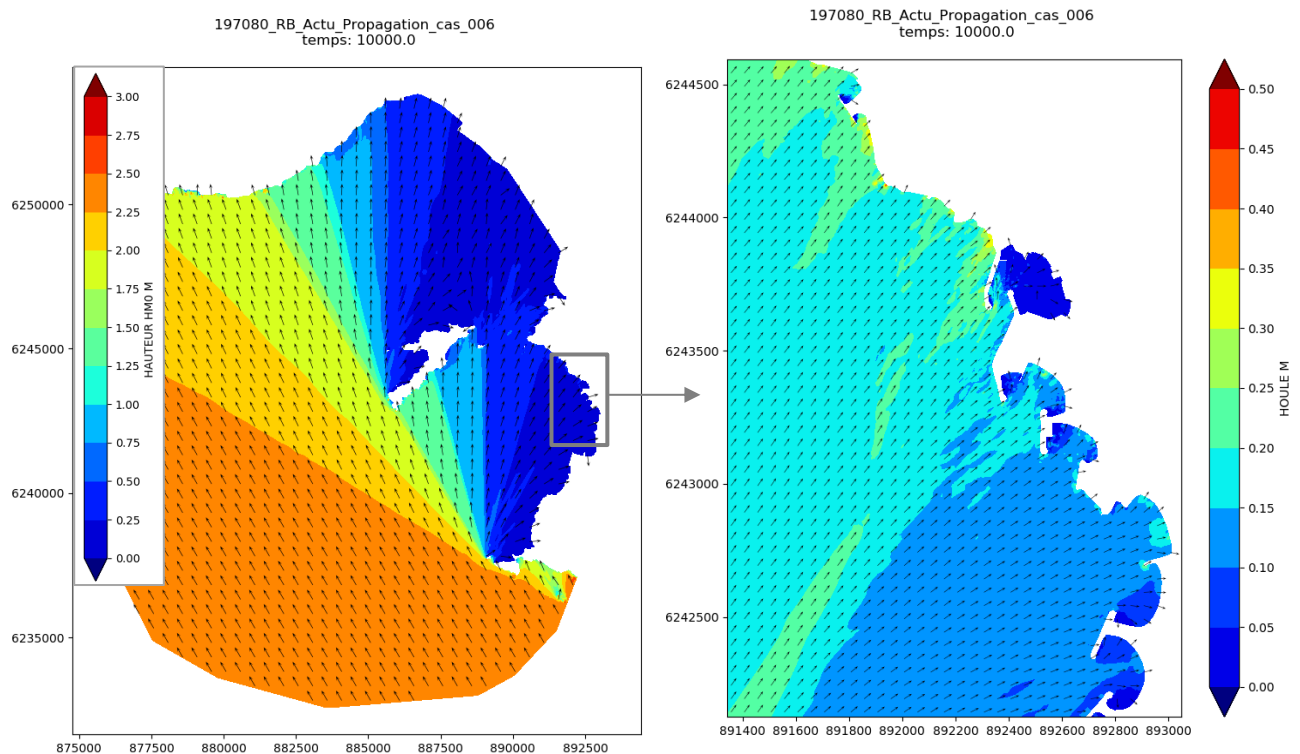


Figure 3-2 : Propagation de la houle - Configuration actuelle – Cas 6 (houle de Sud-Est - 1%)

3.2. COURANTOLOGIE

Les résultats de la modélisation du courant sont présentés sous deux formes :

- Le champ de vitesses montrant l'intensité et la direction du courant ;
- L'évolution de plusieurs traceurs numériques permettant de visualiser les mouvements des masses d'eau pour différents secteurs.

Ces résultats sont présentés dans les paragraphes suivants.

3.2.1. Champ de courants

L'ensemble des figures de résultats des calculs de courantologie est fourni en annexe 3.a.

Les figures ci-après illustrent les résultats obtenus pour les conditions de fréquence 1% d'incidence Ouest (cas 3) et Sud-Est (cas 6).

On observe que les conditions de Sud-Est modélisées génèrent peu de courant au droit de l'anse du Roucas Blanc. Il en est de même pour les conditions de Mistral 5% (cf. annexe 3.a).

Par contre, les conditions d'Ouest 1% et Sud-Ouest 1% génèrent des courants plutôt élevés devant l'anse du Roucas Blanc, ainsi que dans la passe. Ceci est dû aux fortes houles atteignant ce secteur, comme observé auparavant (§ 3.1).

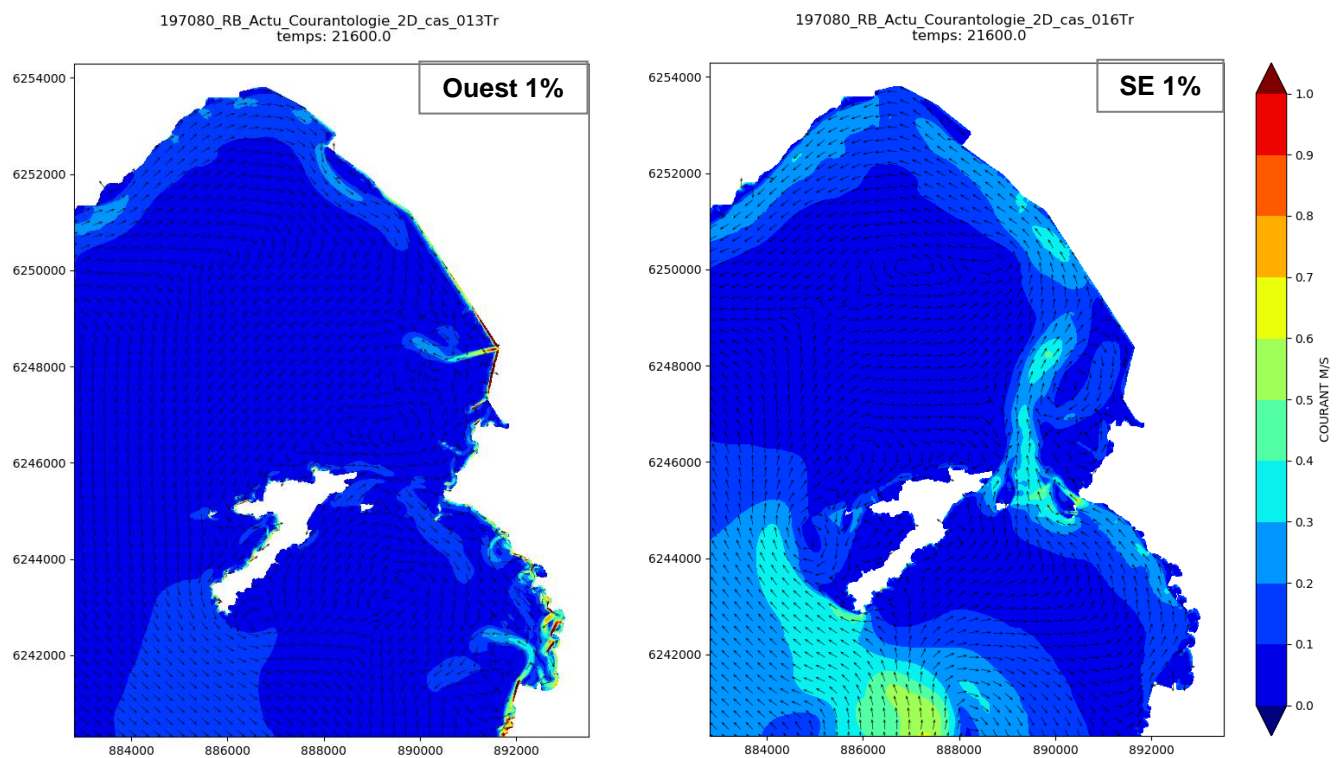


Figure 3-3 : Courantologie – Cas 3 (Ouest 1%) et 6 (Sud-Est 1%) – Vue globale

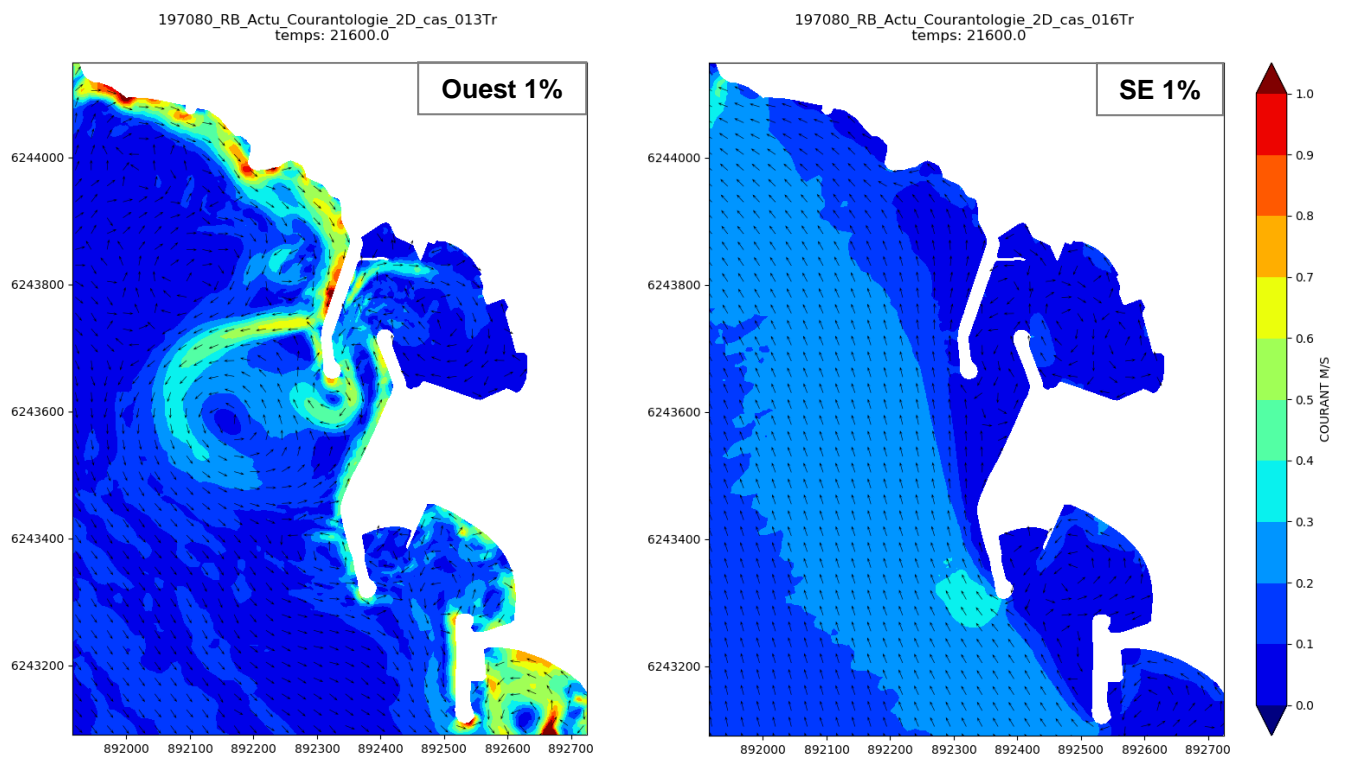


Figure 3-4 : Courantologie - Configuration actuelle – Cas 3 (Ouest 1%) et 6 (Sud-Est 1%) – Zoom sur l'anse du Roucas Blanc

3.2.2. Traceurs numériques - Présentation

Définition : un traceur numérique permet de visualiser la diffusion des particules d'eau en fixant la concentration du traceur à 100 au démarrage de la simulation sur une zone donnée, puis à suivre la dispersion de ce traceur sur l'ensemble du modèle. Un taux de concentration restant élevé est synonyme d'un faible renouvellement des masses d'eau, et à l'inverse une concentration chutant rapidement indique une dispersion et une circulation importante.

Dans le cadre de l'étude de courantologie pour l'anse du Roucas Blanc, trois traceurs ont été utilisés comme l'illustrent les figures ci-après :

- Un traceur dans l'anse pour étudier le renouvellement des eaux ;
- Deux traceurs à proximité immédiate de l'anse (traceur Ouest et traceur Sud) pour observer notamment les échanges avec l'anse et l'entrée potentielle des pollutions et feuilles mortes de posidonies.

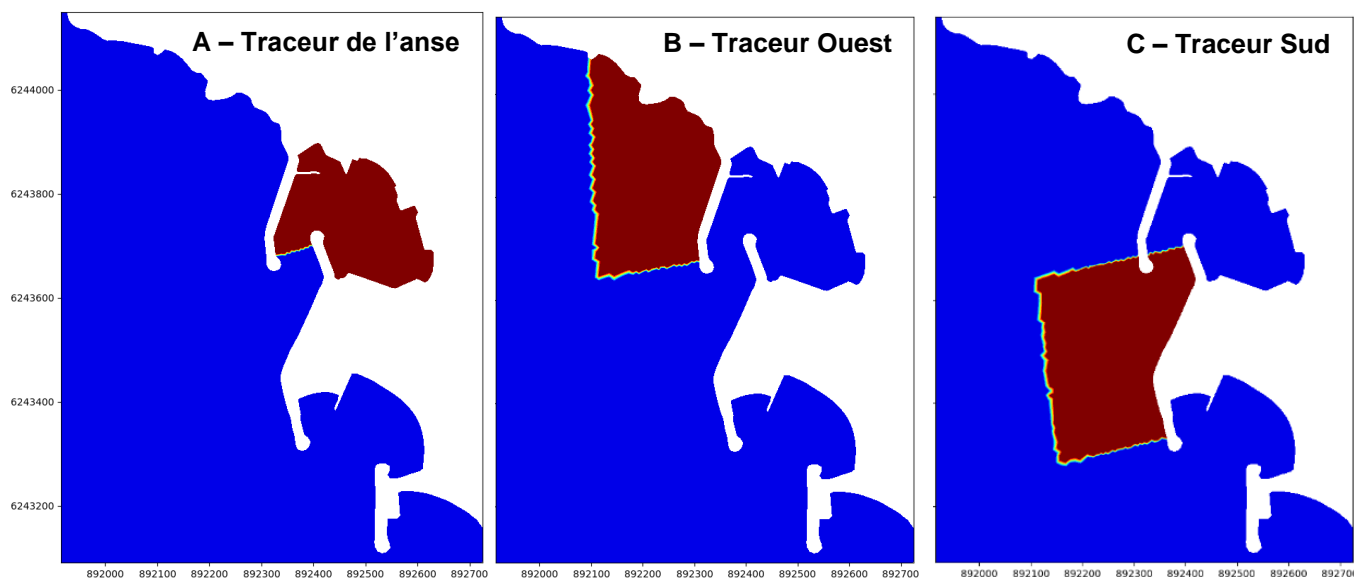


Figure 3-5 : Courantologie – Traceurs numériques mis en place

Note : Les traceurs modélisés correspondent à des particules d'eau qui suivent les courants. **La représentation de la circulation de Posidonies par ces traceurs est donc conservative car elle n'intègre pas la vitesse de chute de ces matériaux.**

L'ensemble des figures de résultats pour les 3 traceurs est fourni en annexe 4.b pour l'état actuel. Les figures des pages suivantes illustrent l'évolution de chacun des traceurs (pour quelques pas de temps) pour certaines conditions.

3.2.3. Renouvellement des eaux dans l'anse – Configuration actuelle

L'évolution du traceur dans l'anse, au bout de 6h de simulation, est de deux types :

- Pas ou très peu d'évolution :
 - Renouvellement globalement inférieur à 10 % ;
 - Observé avec les conditions de Sud-Est (cas 5 et 6) et de mistral 5% (cas 1) ;
- Renouvellement partiel : taux de renouvellement inférieur à 40% par conditions d'Ouest (cas 2 et 3) et de Sud-Ouest (cas 4).
 - ⇒ Seules les conditions de houle provenant du secteur Ouest à Sud-ouest génèrent des courants rentrant suffisamment dans l'anse pour engendrer un renouvellement des eaux. Cependant celui-ci reste limité en amplitude.

La figure ci-après illustre cette observation.

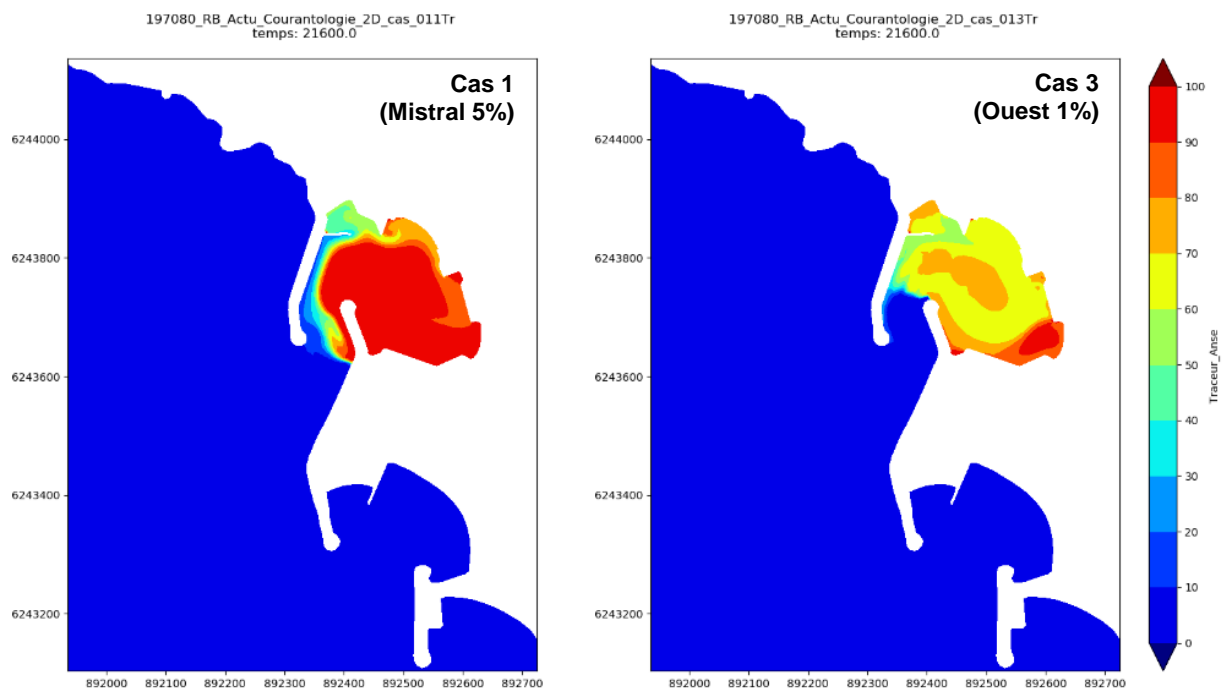


Figure 3-6 : Courantologie - Configuration actuelle – Evolution du traceur dans l'anse après 6h de simulation – Cas 1 et 3

3.2.4. Echange entre l'anse et l'extérieur – Configuration actuelle

L'évolution du traceur à l'Ouest de l'anse du Roucas Blanc suit essentiellement deux tendances :

- Pour la majorité des cas (Sud-Est, Sud-Ouest 1% et Ouest 5%), les eaux sont poussées vers l'Ouest et s'éloignent donc de la passe.
 - Avec les conditions de mistral 5% (cas 1) et d'Ouest 1% (cas 3), les eaux sont partiellement entraînées vers la passe et stagnent dans la passe sur une courte durée.
- ⇒ Selon certaines conditions de houle, une partie des matériaux se trouvant poche de l'anse du Roucas Blanc, telles que des posidonies mortes ou des sédiments fins en suspension, peut être apportée en entrée de l'anse par les courants, et par la suite être entraînée dans le bassin.

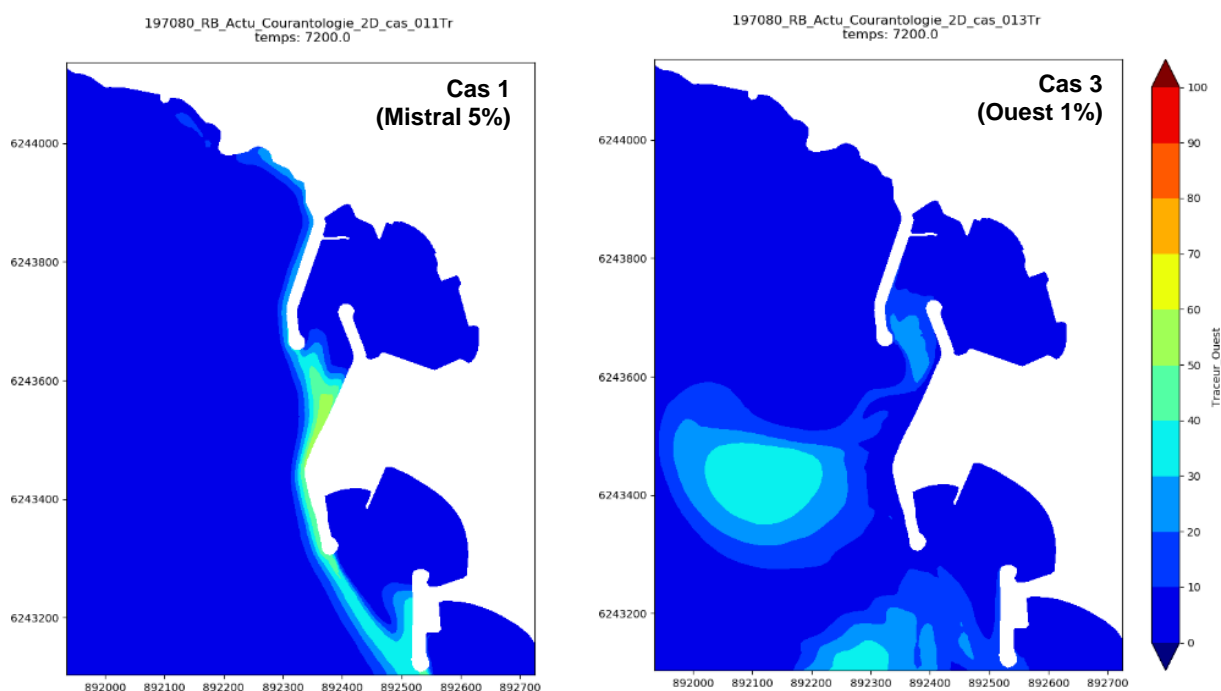


Figure 3-7 : Courantologie - Configuration actuelle – Evolution du traceur Ouest après 2h de simulation – Cas 1 et 3

Le traceur au Sud de l'anse du Roucas Blanc suit les évolutions suivantes :

- Pour les conditions de Sud-Est (cas 5 et 6) : une petite partie des eaux stagne dans la passe et la quantité de traceur y reste élevée (> 80%). De plus, pour les conditions de fréquence 1%, les eaux ont tendance à être poussées vers l'intérieur de la darse ;
 - Pour les conditions d'Ouest 5%, le même phénomène est observé avec une moindre quantité de traceur stagnant dans la passe et une faible proportion poussée vers l'intérieur de l'anse ;
 - Avec les conditions de mistral 5% (cas 1) : les eaux sont poussées vers le bassin le long de la digue Ouest.
- ⇒ Avec la majorité des conditions de houle modélisées, une partie des matériaux se trouvant au Sud de l'anse du Roucas Blanc, tels que des posidonies mortes ou des sédiments fins en suspension, tend à stagner dans la passe et peut être entraînée dans le bassin.

Ainsi l'évolution du traceur Sud illustre bien les phénomènes d'entrée de Posidonies dans l'anse du Roucas Blanc actuelle, et ceci pour différentes conditions océano-météorologiques :

- Par conditions d'Ouest et de Mistral, ils sont partiellement poussés vers l'intérieur de l'anse
- Par conditions de Sud-Est : les matériaux situés au droit de la passe tendent à stagner dans la passe

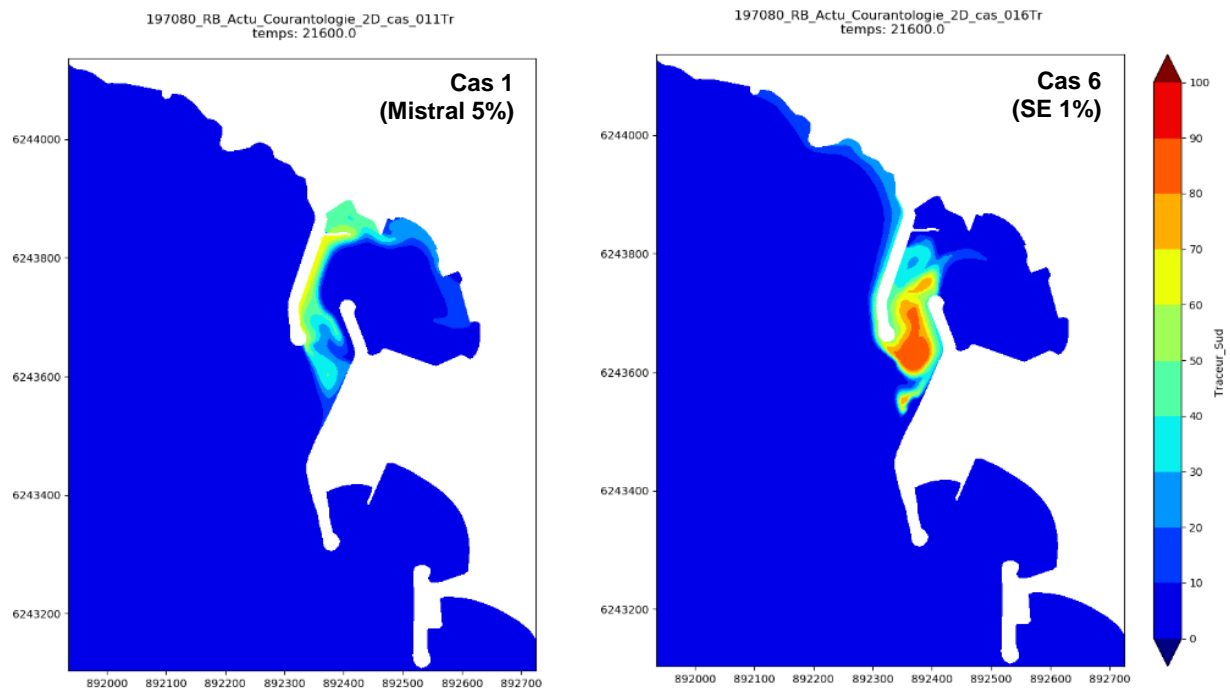


Figure 3-8 : Courantologie - Configuration actuelle – Evolution du traceur Sud après 6h de simulation – Cas 1 et 6

3.3. TRANSPORTS SEDIMENTAIRES

La représentation graphique de l'évolution des fonds due au transport sédimentaire permet de visualiser les zones d'engraissement et d'érosion (cf. annexe 5).

Les figures ci-après illustrent les résultats obtenus pour les conditions de fréquence 1% d'incidence Ouest (cas 3) et Sud-Est (cas 6).

On observe que les conditions de Sud-Est modélisées, ainsi que celles de Mistral, ne génèrent aucun transport sédimentaire au droit de l'anse du Roucas Blanc (cf. annexe 5).

Par contre, les conditions d'Ouest et Sud-Ouest génèrent des mouvements dans la passe du Roucas Blanc, dont en particulier :

- Un léger engraissement qui s'étend jusqu'à l'amont de l'épi actuel ;
- Un engraissement à l'Ouest du musoir de la jetée Est.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de la courantologie (cf. § 3.2.1) et avec la bathymétrie dans l'anse.

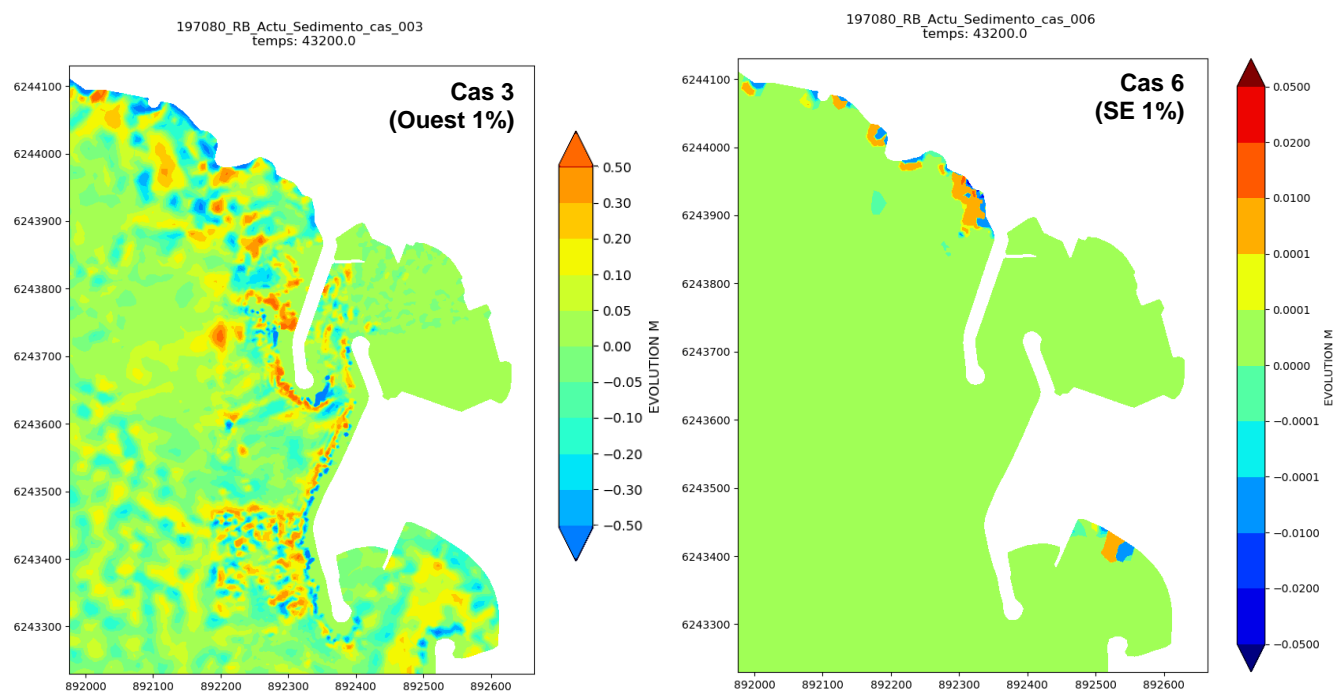


Figure 3-9 : Sédimentologie - Configuration actuelle – Evolution des fonds après 12h de simulation – Cas 3 et 6

4. MODELISATION NUMERIQUE DE L'AMENAGEMENT

4.1. IMPACT SUR LA HOULE ET LES COURANTS

Du fait du dragage à l'entrée de la darse, les houles en amont du nouvel épi sont légèrement plus fortes que dans la configuration actuelle (cf. annexe 2.b et figure ci-après).

L'aménagement n'a pas d'impact sur la houle à l'extérieur de l'anse.

L'impact sur l'agitation est estimé dans le rapport de référence [3], elle n'est pas rappelée dans ce rapport.

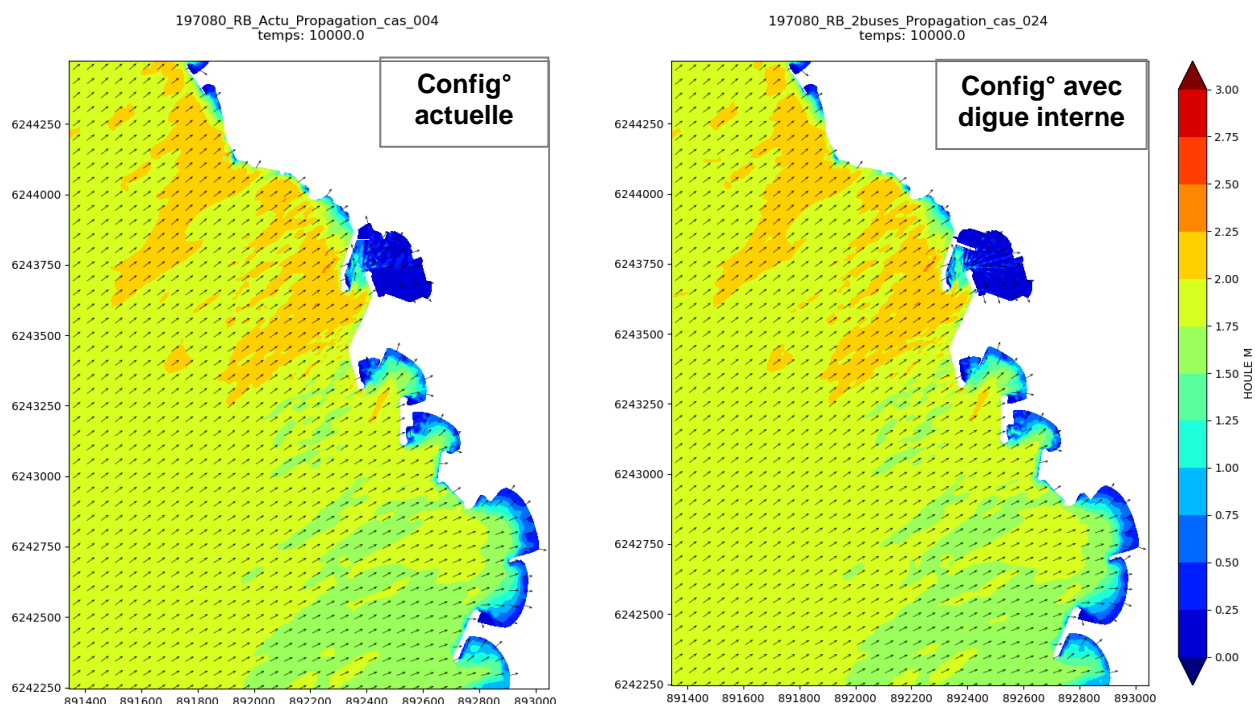


Figure 4-1 : Propagation de la houle – Cas 4 (houle de Sud-Ouest - 1%) – Impact de l'aménagement

Les courants dans l'entrée de la darse sont légèrement modifiés pour les conditions d'Ouest et Sud-Ouest. Par ailleurs, pour ces mêmes conditions, on observe une entrée du courant par la buse Nord et dans une moindre mesure par la buse Sud (cf. figure ci-après).

L'ensemble des résultats de courantologie sont présentés en annexe 3.b.

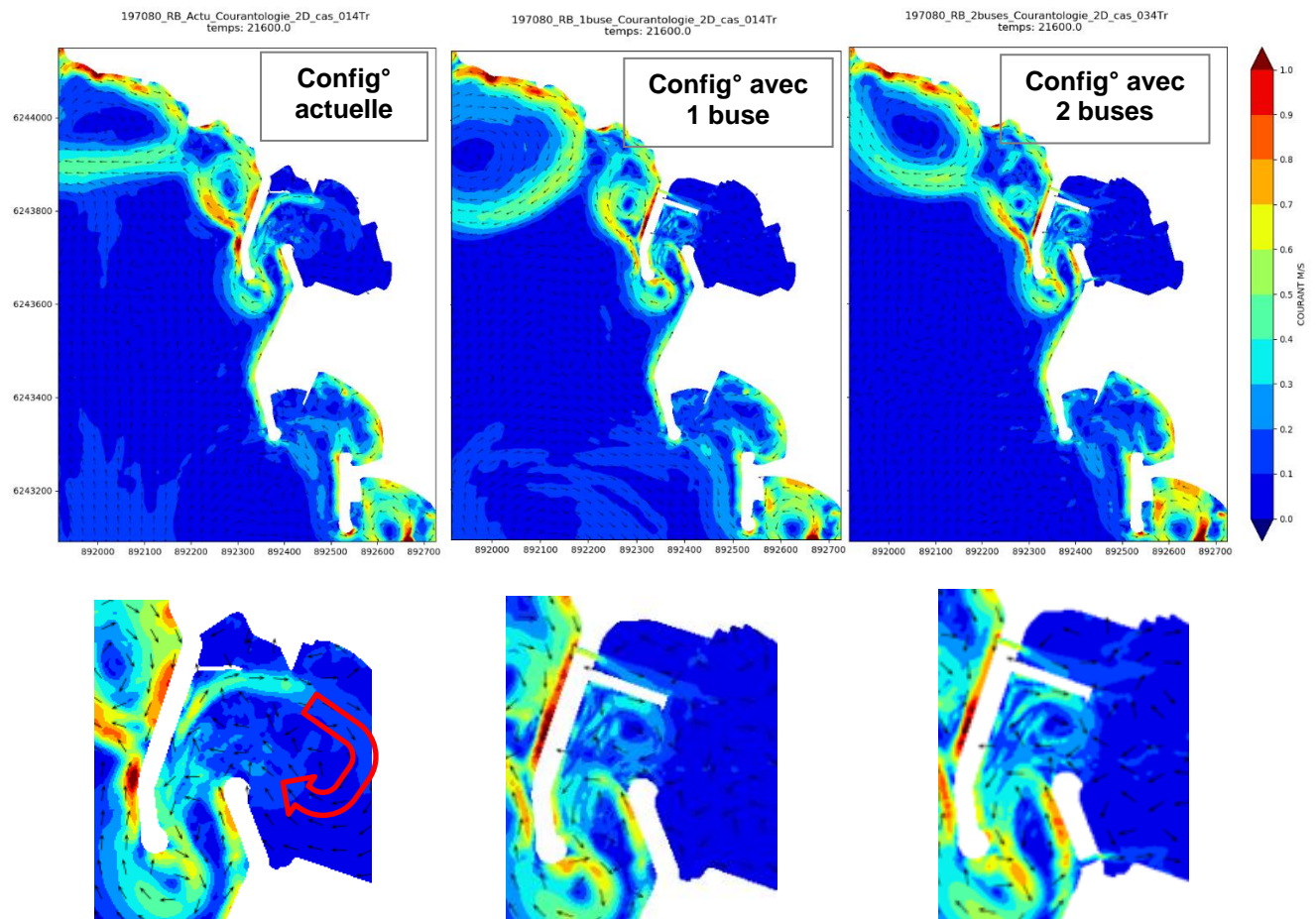



Figure 4-2 : Courantologie – Cas 4 (houle de Sud-Ouest - 1%) – Impact de l'aménagement

En conclusion :

- L'aménagement (avec 1 ou 2 buses) n'a pas d'impact significatif sur les courants à l'extérieur de l'anse.
- Le courant actuel interne par conditions d'Ouest, constaté par la DirMer, qui longe actuellement la digue Ouest puis la diguette et crée la recirculation dans le bassin Sud (boucle de courant existante ) est cassée avec l'aménagement. Ceci explique que la circulation espérée entre la buse Nord et Sud n'existe pas. Avec l'aménagement la boucle de recirculation est localisée devant la nouvelle digue interne.
- Les modélisations montrent que les courants dans les buses sont rentrants pour les états aménagés.
- Les courants en rentrant depuis les buses restent faibles (augmentation localisée de l'ordre de 0,1 m/s) et ne sont pas de nature à créer des conditions de navigation plus difficiles. Ils permettent de renouveler l'eau du bassin.

4.2. IMPACT SUR LE RENOUVELLEMENT DES EAUX DANS L'ANSE

L'ensemble des résultats d'évolution des traceurs sont présentés en annexe 4.a pour la comparaison des configurations, 4.c pour la configuration avec la buse Nord et 4.d pour la configuration avec les 2 buses.

Par conditions de Sud-Est, les buses n'ont pas d'impact sur le renouvellement.

Par Mistral, le renouvellement à l'arrière du nouvel épi est nettement amélioré par l'implantation de la buse au Nord de la grande jetée. Et l'ajout de la buse au Sud améliore très légèrement le renouvellement au Sud de la darse.

Par conditions d'Ouest et Sud-Ouest, les 2 buses ont un impact positif (cf. figure ci-après) :

- La buse au Nord améliore nettement le renouvellement dans la partie Nord et Centre de l'anse sur environ 2/3 du bassin. Par contre, le tiers Sud-Est n'est quasiment plus renouvelé, le bassin Sud est moins bien renouvelé que dans la situation actuelle.
- Avec l'ajout de la buse au Sud, on atteint un renouvellement quasi complet au bout de 6h de conditions d'Ouest ou Sud-Ouest de fréquence 1% (cas 3 et 4).

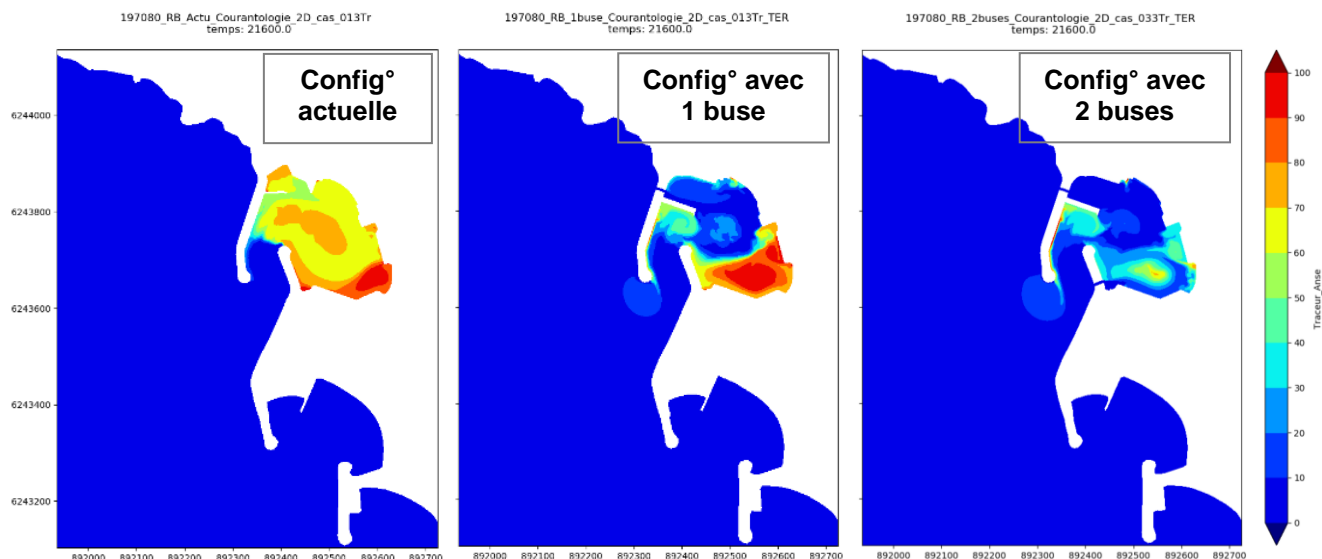


Figure 4-3 : Evolution du traceur dans l'anse après 6h de simulation – Cas 3 (Ouest 1%)

En conclusion :

- **La buse Nord est indispensable pour renouveler l'eau du nouveau bassin au Nord de la digue interne,** l'aménagement de l'anse sans cette buse amènerait une zone d'eau encore plus stagnante qu'aujourd'hui.
- **La buse Sud est indispensable pour renouveler l'eau de la zone Sud du bassin.**
- **Sans la buse Sud, l'eau du bassin Sud sera moins renouvelée qu'aujourd'hui** puisque la boucle de courant existante par conditions d'Ouest à l'intérieur de l'anse est cassée avec l'aménagement.
- **Avec les buses, la qualité de l'eau est améliorée sans pour autant créer des conditions de navigation plus difficile dans le bassin.**

4.3. IMPACT SUR L'ENTREE POTENTIELLE DE POSIDONIES DANS L'ANSE

4.3.1. Entrée potentielle depuis l'Ouest de l'anse

Par conditions de Mistral, d'Ouest et de Sud-Ouest, les modélisations numériques montrent une entrée du traceur Ouest au Nord de l'anse par la buse Nord (cf. figure ci-après). Ceci laisse supposer une potentielle pénétration de Posidonies se trouvant au Nord-Ouest de la grande jetée.

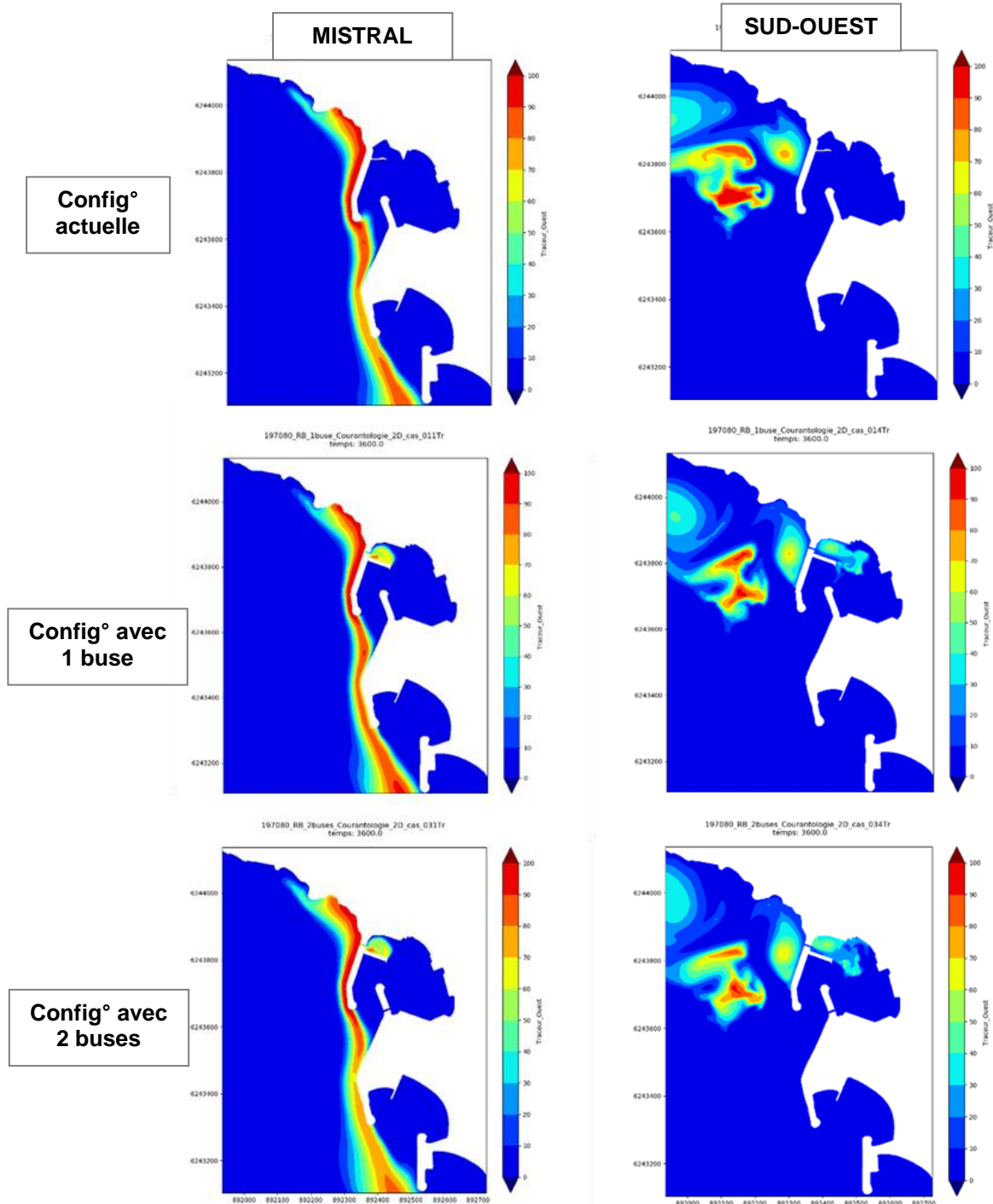


Figure 4-4 : Evolution du traceur Ouest après 1h de simulation – Cas 1 (Mistral 5%) et Cas 4 (SO 1%)

Par conditions de Sud-Est, ce traceur Ouest n'entre pas dans le bassin par la buse Nord, il est poussé vers le Nord-Ouest et s'éloigne donc de l'anse du Roucas Blanc.

4.3.2. Entrée potentielle depuis le Sud de l'anse

Par conditions d'Ouest, on observe une entrée du traceur Sud par la buse Sud, qui s'accumule ensuite au Sud de l'anse.

Par conditions de Mistral et de Sud-Est, ce traceur Sud n'entre pas dans le bassin par la buse Sud par la buse Nord (cf. figure ci-après).

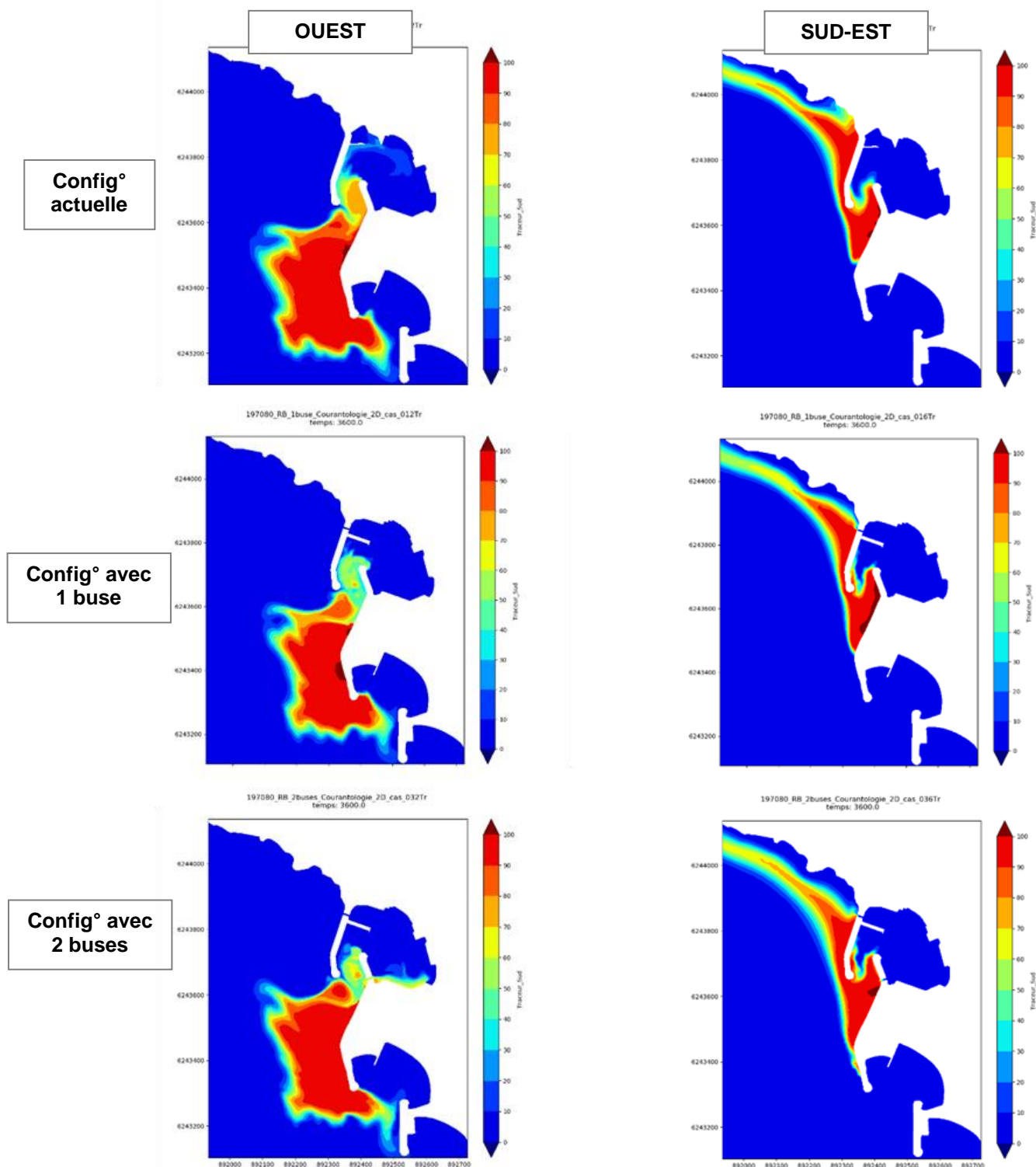


Figure 4-5 : Evolution du traceur Sud après 1h de simulation – Cas 2 (Ouest 5%) et Cas 6 (Sud-Est 1%)

4.3.3. Conclusions

En partant du principe que l'aménagement de l'anse est indissociable des ouvrages hydrauliques (les buses) pour permettre d'améliorer la qualité des eaux, il peut être conclu ce qui suit concernant l'entrée potentielle des feuilles mortes de posidonies dans l'anse :

- **C'est par la buse Nord que le risque d'entrée potentiel est le plus important car le traceur Ouest pénètre dans l'anse pour des conditions de Sud-Ouest, Ouest et Mistral et de qui représentent :**
 - 67% de vents au large (total secteur N210° - N60° au Planier)
 - 71,5% des houles au large (total secteur N210° - N60° au Planier)
- **On observe des entrées du traceur Sud par la buse Sud que pour les conditions de Sud-Ouest et Ouest. Le risque est donc plus limité puisque le Mistral ne génère pas d'entrée par la buse Sud. Par ailleurs, cette buse permet de renouveler l'eau du Sud du bassin.**

4.4. CONCLUSIONS DE LA COURANTOLOGIE ET DE L'ANALYSE DES TRACEURS

L'analyse des courants et des traceurs a mené aux conclusions suivantes :

- ⇒ Nous avons établi que les courants que créeront ces buses dans les bassins sont rentrants dans le bassin, plutôt faibles et d'impact limité en emprise. Ces buses ne permettront donc pas de créer des vitesses d'écoulement susceptibles de chasser les sédiments en suspension qui seront venus se déposer dans les zones calmes du bassin ou de les empêcher de s'y déposer.

En conséquence, les buses ne sont pas de nature à limiter la sédimentation. Par contre, l'avivement naturel pourra permettre d'améliorer la qualité des eaux du bassin, c'est ce qui est étudié avec les traceurs.

- ⇒ Un meilleur renouvellement des eaux est assuré pour la configuration aménagée en comparaison avec l'existant que si les 2 buses sont construites. Si seule la buse Nord est construite alors pour les conditions d'Ouest le renouvellement du Sud du bassin serait moins bon qu'aujourd'hui. C'est la buse Sud qui permet d'assurer le renouvellement dans le Sud du bassin.

- ⇒ C'est par la buse Nord que le risque d'entrée potentiel des feuilles mortes de posidonies est le plus important car le traceur Ouest pénètre dans l'anse pour des conditions de Sud-Ouest, Ouest et Mistral. On observe des entrées du traceur Sud par la buse Sud que pour les conditions de Sud-Ouest et Ouest. Le risque est donc plus limité puisque le Mistral ne génère pas d'entrée par la buse Sud

En conséquence :

- **Il paraît nécessaire d'anticiper la pénétration des feuilles mortes de Posidonies surtout par la buse Nord et d'imaginer un système pour le recueillir en sortie de buse côté bassin avant leur diffusion dans celui-ci. Une fois recueillies, une procédure d'évacuation du bassin serait à établir.**
- Il serait intéressant de croiser les résultats de cette modélisation à la localisation effective des nappes de mattes mortes de Posidonies et donc d'associer une **mission d'observation de l'évolution des nappes de mattes mortes** en parallèle de l'exploitation du bassin pour mieux anticiper leur gestion.

4.5. IMPACT SUR LES TRANSPORTS SEDIMENTAIRES

Tendance générale de la sédimentation par charriage venue depuis le large de l'anse :

Avec les aménagements, on retrouve les mêmes évolutions sédimentaires que dans la configuration actuelle, avec pour les conditions d'Ouest et de Sud-Ouest une légère augmentation de l'engraissement entre la passe et la nouvelle digue (cf. figures et tableau ci-après), dû au dragage réalisé dans ce secteur et à la modification des courants devant la digue interne.

Par ailleurs on observe une légère entrée de sédiments (cf. graphes en annexe 5) :

- Par la buse Nord pour les conditions d'Ouest 5%
- Par la buse Sud pour les conditions de Mistral, d'Ouest et Sud-Ouest

Il est rappelé que nous étudions la sédimentation par charriage venue depuis le large de l'anse et que les sources de sédimentation suivantes ne font pas l'objet de l'étude :

- Par décantation des MES venues du large dans les zones calmes du bassin
- Par transport dans les eaux pluviales lors des épisodes orageux et se déversant dans l'anse
- Par transport aérien par le vent depuis la ville ou les plages

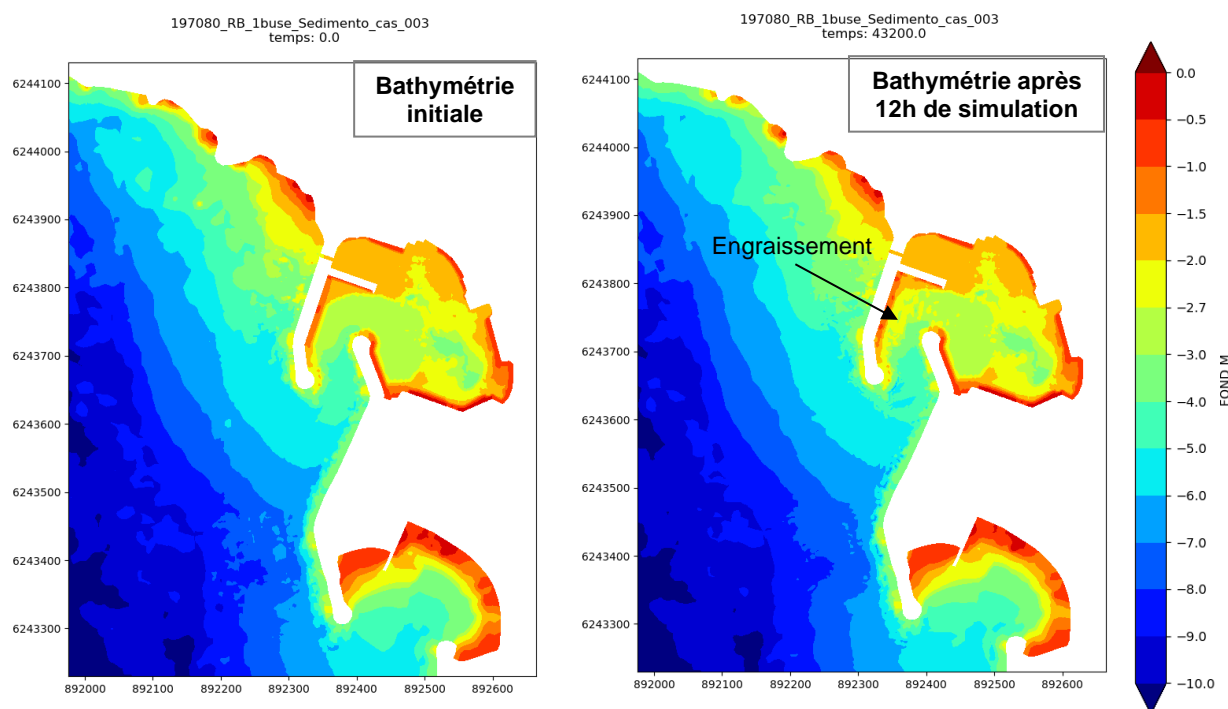


Figure 4-6 : Sédimentologie – Evolution des fonds pour la configuration avec 1 buse – Cas 3 (Ouest 1%)

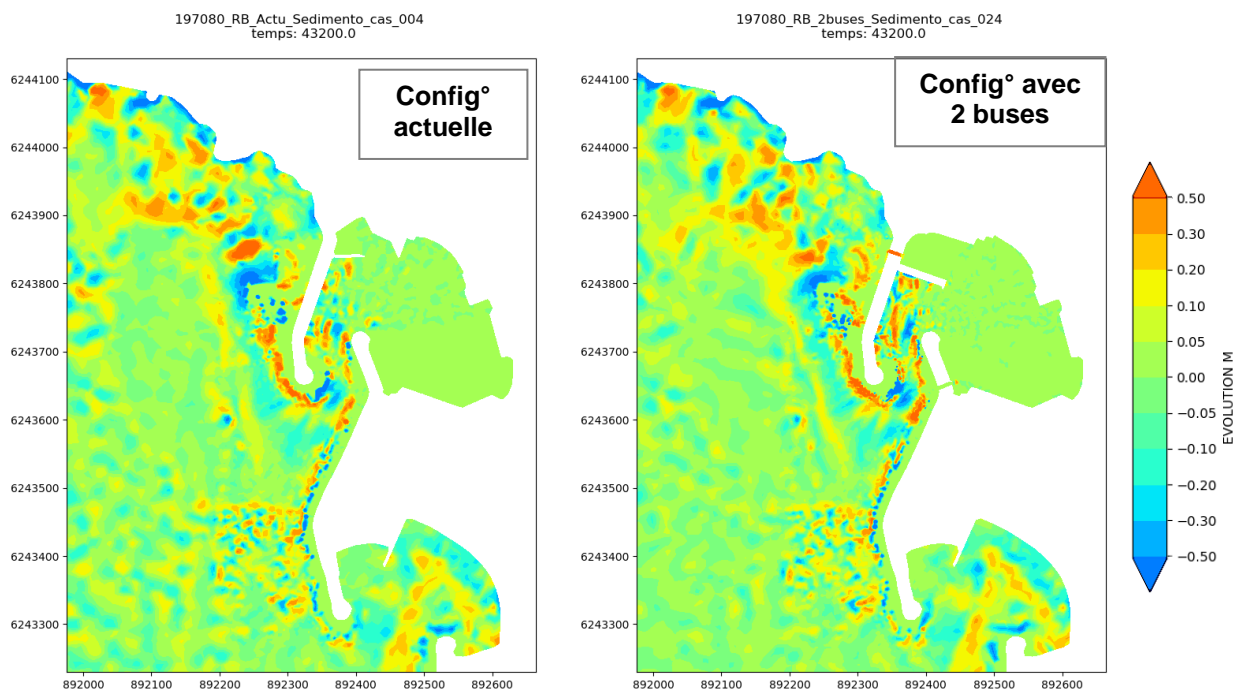


Figure 4-7 : Sédimentologie – Evolution des fonds après 12h de simulation – Cas 4 (SO 1%)

Sédimentation au Nord de la diguette interne :

L'accumulation de sable le long de la diguette existante, l'exposition directe aux agitations d'Ouest et Sud-Ouest de celle-ci et son état très dégradé (non structurée, très basse et avec des brèches) nous amènent à penser qu'une part significative de la sédimentation du bassin se localisant au Nord de la diguette est du sable transporté depuis la zone d'accumulation au Sud. Une autre part de la sédimentation de cette zone de calme est due au dépôt des MES, ce phénomène n'est pas étudié dans nos modélisations.

Avec l'aménagement, le transport au travers de la diguette interne n'existera plus par contre il restera la part de dépôt des MES. Au final, la sédimentation dans cette zone Nord sera améliorée.

Evolutions des fonds à l'extérieur du bassin :

A l'extérieur du bassin, l'aménagement n'a pas d'impact significatif.

Quantification des phénomènes d'érosion / sédimentation dans le bassin :

Afin de quantifier ces phénomènes, l'évolution moyenne des fonds à l'issue de la simulation (durée de 12h) a été extraite des résultats numériques pour les secteurs illustrés sur la figure ci-après. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-après.

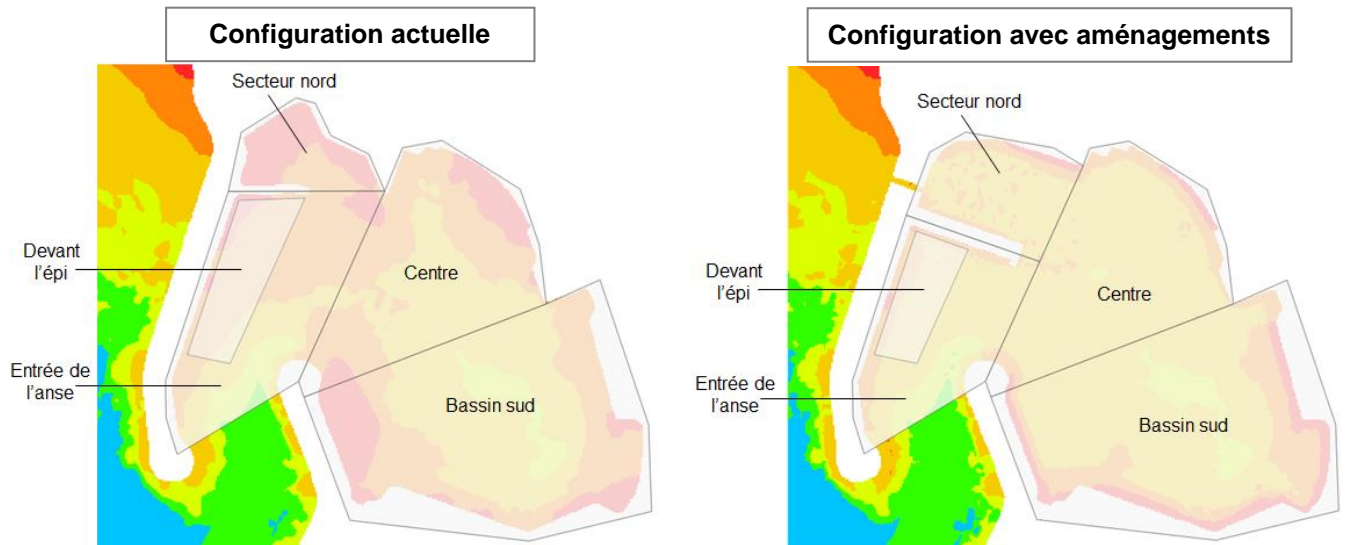


Figure 4-8 : Secteurs d'extraction de l'évolution moyenne des fonds

Etat actuel			Moy (mm)				
N° de cas	Conditions	Fréquence	Secteur Nord	Centre	Bassin Sud	Entrée anse	Devant l'épi
1	Mistral	5%	0	0	0	0	0
2	Ouest	5%	0	0	0	0	0
3	Ouest	1%	0	0	0	3	9
4	Sud-Ouest	1%	0	-1	0	1	5
5	Sud-Est	5%	0	0	0	0	0
6	Sud-Est	1%	0	0	0	0	0

Avec 1 buse			Moy (mm)				
N° de cas	Conditions	Fréquence	Secteur Nord*	Centre	Bassin Sud	Entrée anse	Devant l'épi
1	Mistral	5%	0	0	0	0	0
2	Ouest	5%	0	0	0	0	6
3	Ouest	1%	0	0	0	0	25
4	Sud-Ouest	1%	1	0	0	-2	36
5	Sud-Est	5%	0	0	0	0	0
6	Sud-Est	1%	0	0	0	0	0

* : hors sortie immédiate des buses

Avec 2 buses			Moy (m)				
N° de cas	Conditions	Fréquence	Secteur Nord*	Centre	Bassin Sud	Entrée anse	Devant l'épi
1	Mistral	5%	0	0	0	0	0
2	Ouest	5%	0	0	0	0	6
3	Ouest	1%	0	0	0	-1	21
4	Sud-Ouest	1%	0	0	0	-4	41
5	Sud-Est	5%	0	0	0	0	0
6	Sud-Est	1%	0	0	0	0	0

* : hors sortie immédiate des buses

Tableau 4-1 : Evolution moyenne des fonds par secteurs (si < 0 => érosion, si > 0 => engraissement)

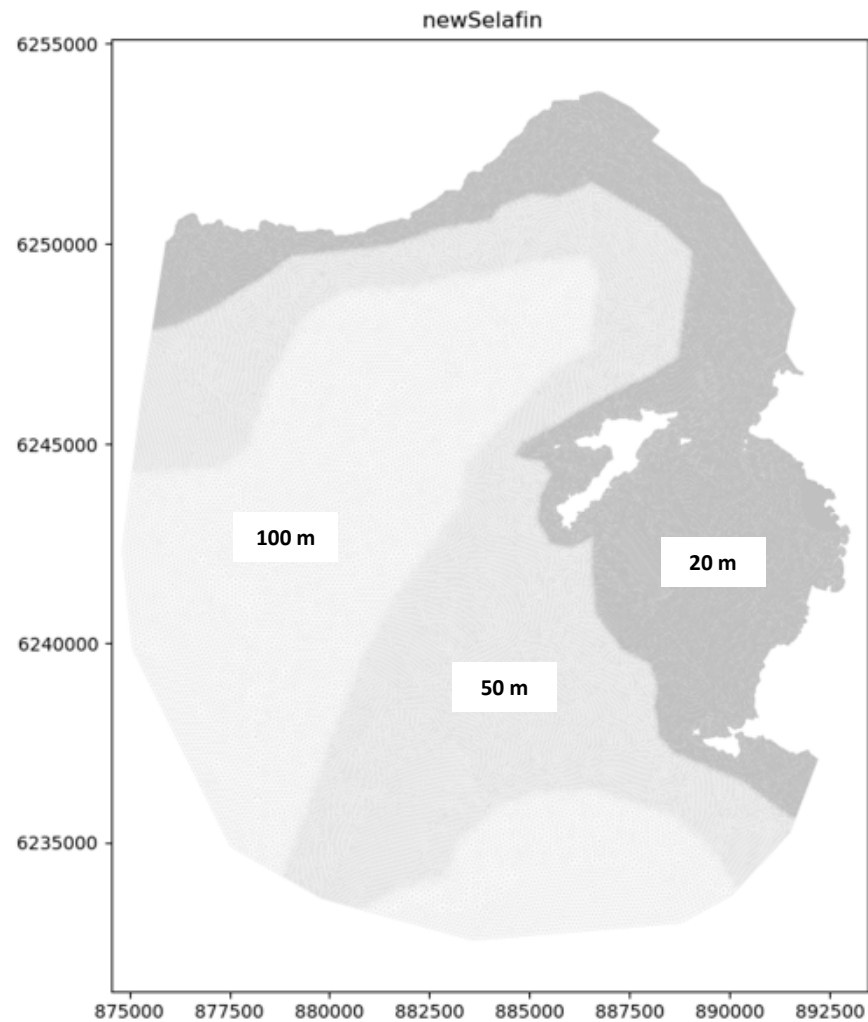
Les résultats montrent ce qui suit :

- **Pour les conditions de Mistral et de Sud-Est, les évolutions moyennes sont très faibles et il n'y a pas des différences significatives entre les états existant et aménagés quelques soient les zones du bassin.**
- **Pour les conditions d'Ouest et Sud-Ouest uniquement :**
 - Dans ces conditions, les évolutions moyennes sont négligeables pour tous les secteurs Nord, Centre et Sud. Il n'y a pas de différences significatives entre les états existant et aménagés.
 - La zone de la passe d'entrée (qui inclue la petite zone dénommée « Devant l'épi ») qui était en très légère sédimentation pour l'état existant, ne s'engraisse plus.
 - La zone localisée devant la digue interne « Devant l'épi » s'engraisse pour tous les états étudiés, la tendance à l'engraissement devant la nouvelle digue semble plus importante qu'aujourd'hui.

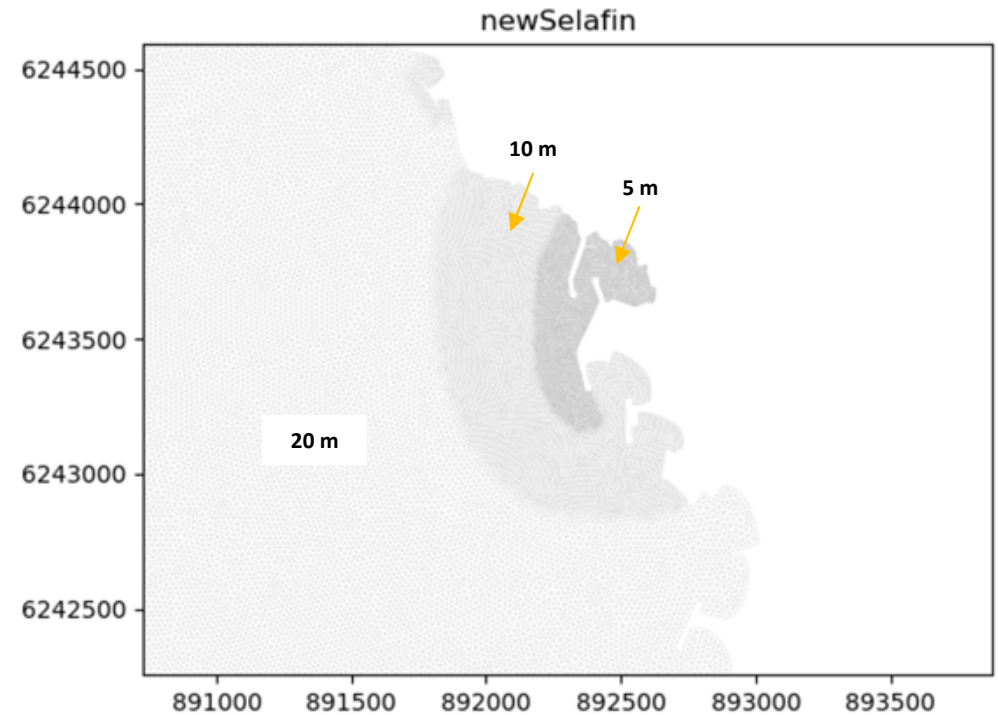
ANNEXE 1

PRESENTATION DES MODELES

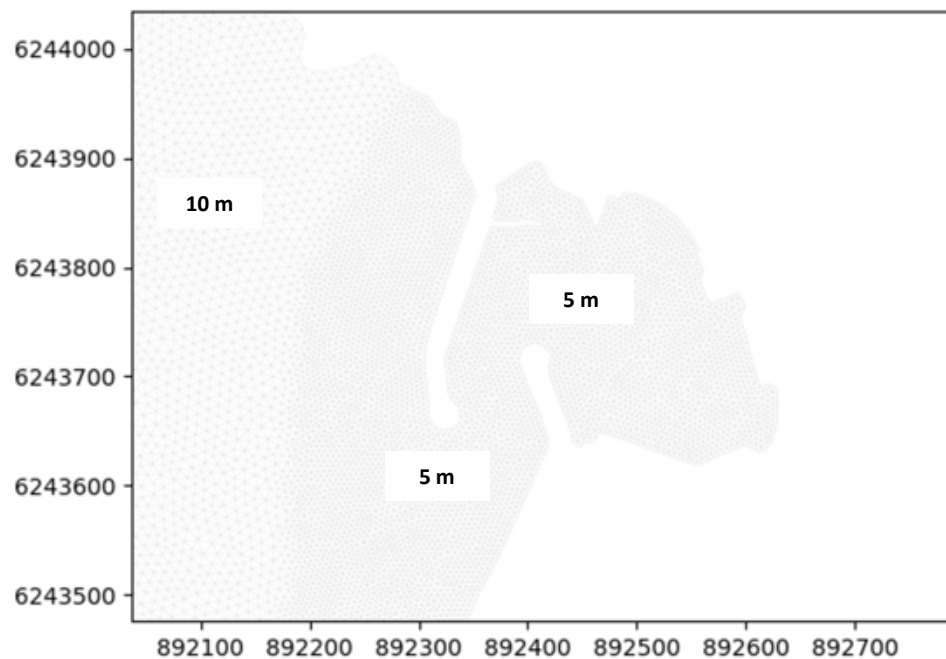
Maillages et bathymétries



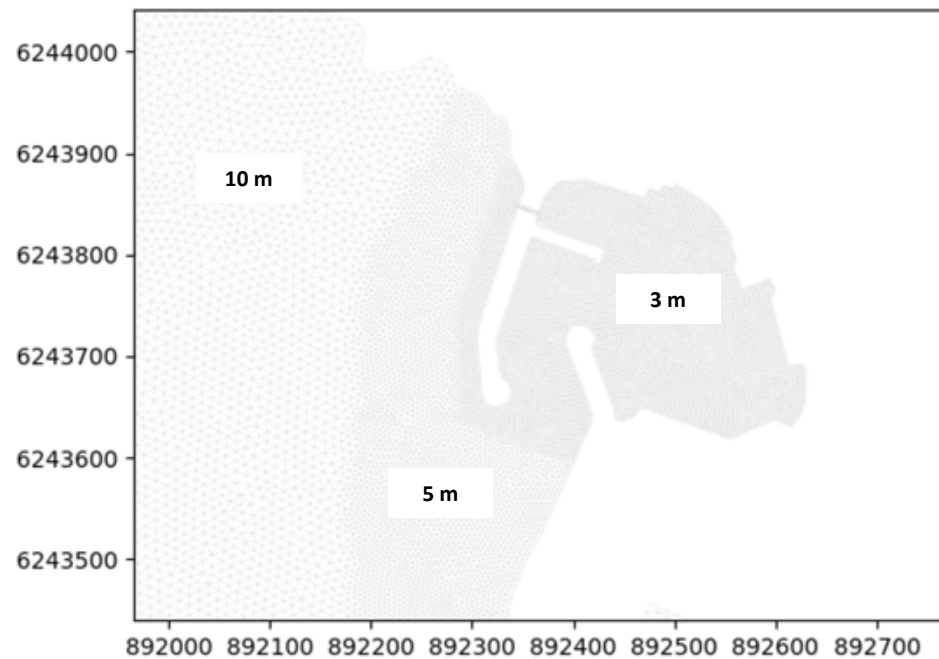
Vue globale



Zoom

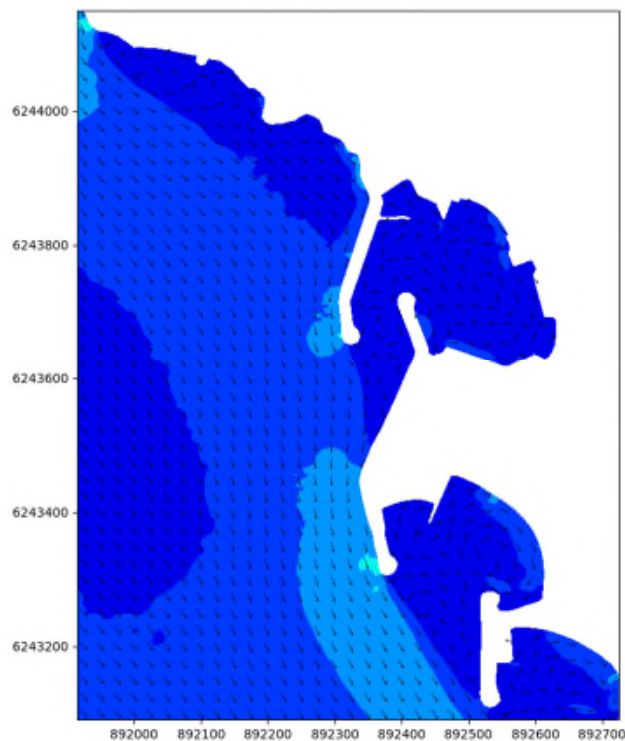


Configuration actuelle



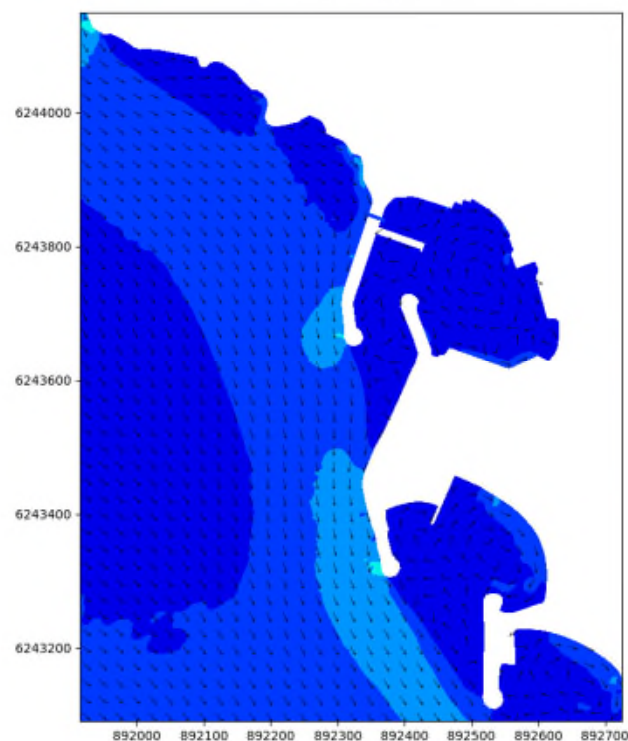
Configuration aménagée
(avec 1 ou 2 buses)

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_011Tr
temps: 21600.0



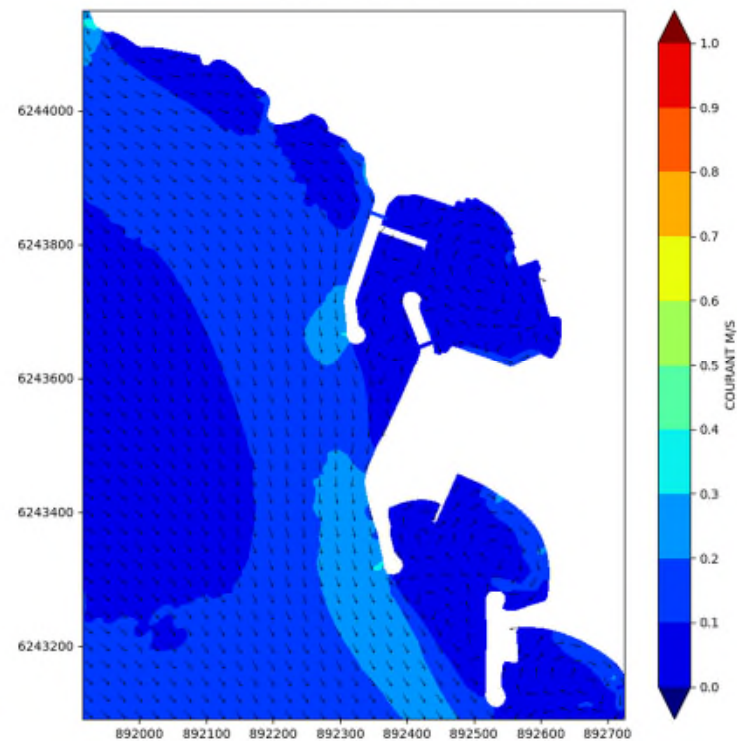
Configuration actuelle

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_011Tr
temps: 21600.0



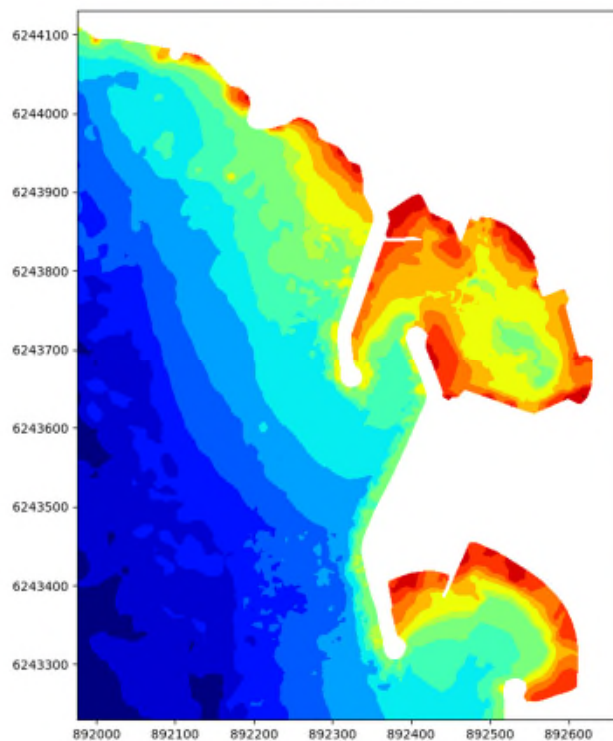
**Configuration aménagée
avec 1 buse**

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_031Tr
temps: 21600.0



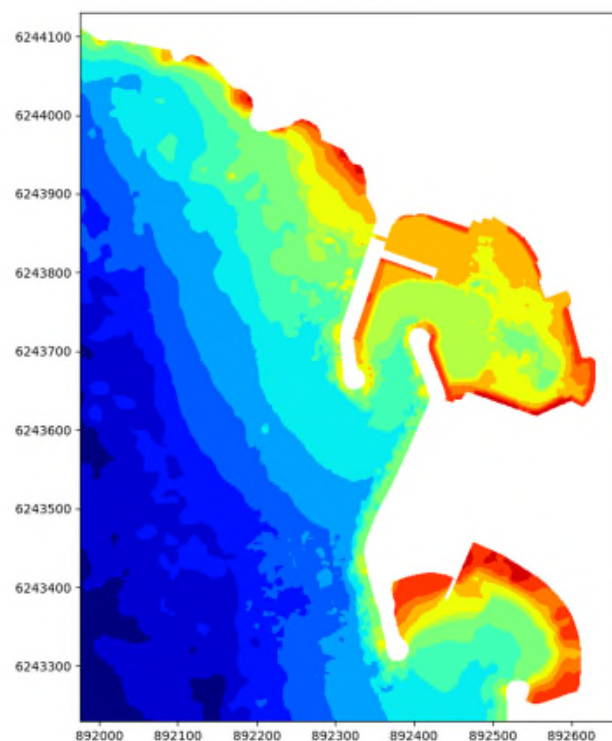
**Configuration aménagée
avec 2 buses**

197080_RB_Actu_Sedimento_cas_003
temps: 0.0



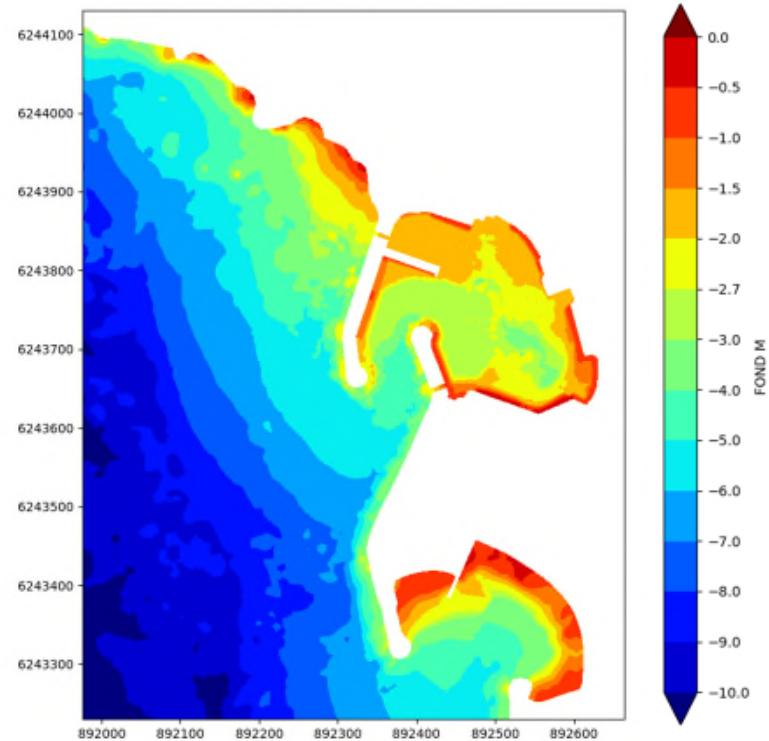
Configuration actuelle

197080_RB_1buse_Sedimento_cas_003
temps: 0.0



**Configuration aménagée
avec 1 buse**

197080_RB_2buses_Sedimento_cas_023
temps: 0.0

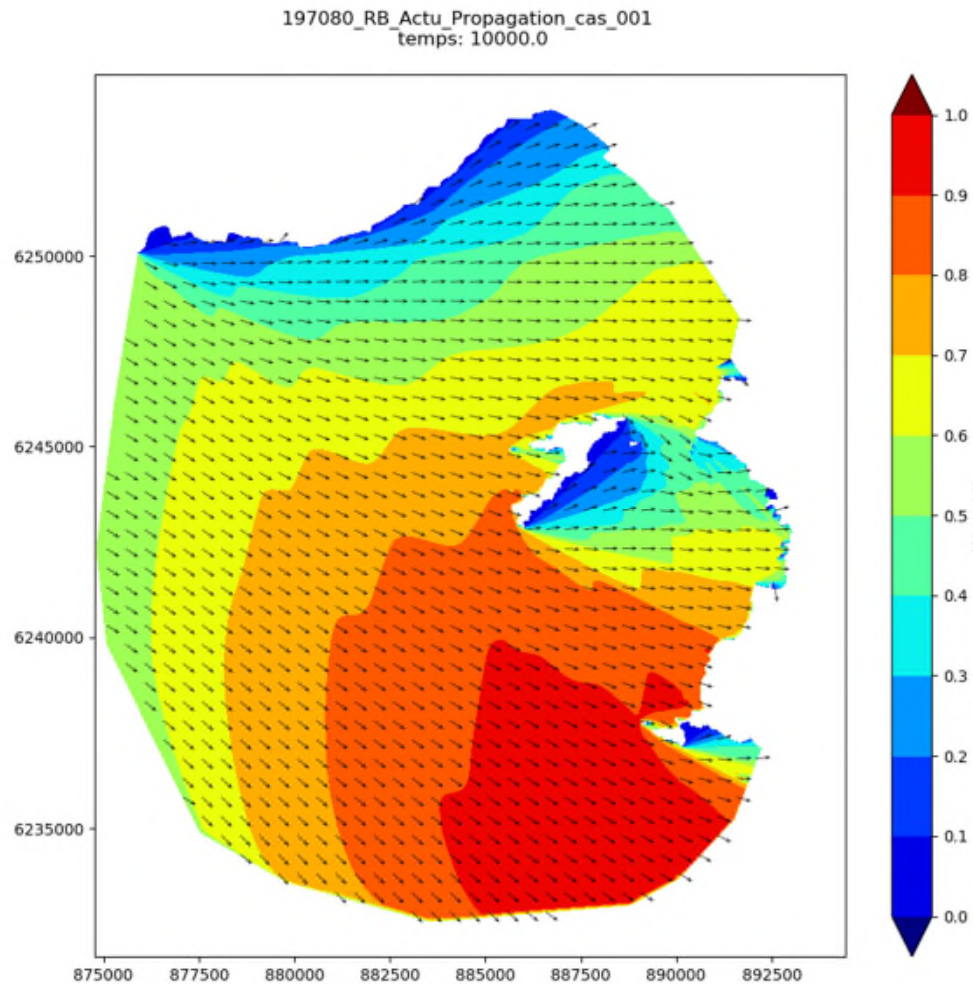


**Configuration aménagée
avec 2 buses**

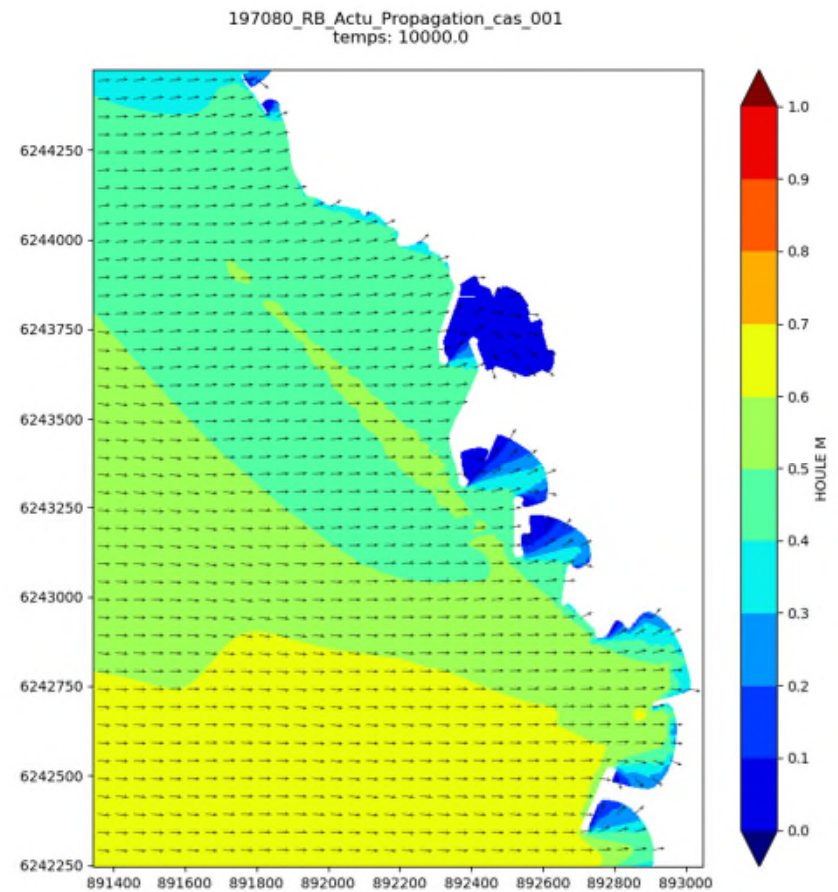
ANNEXE 2.a

MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE

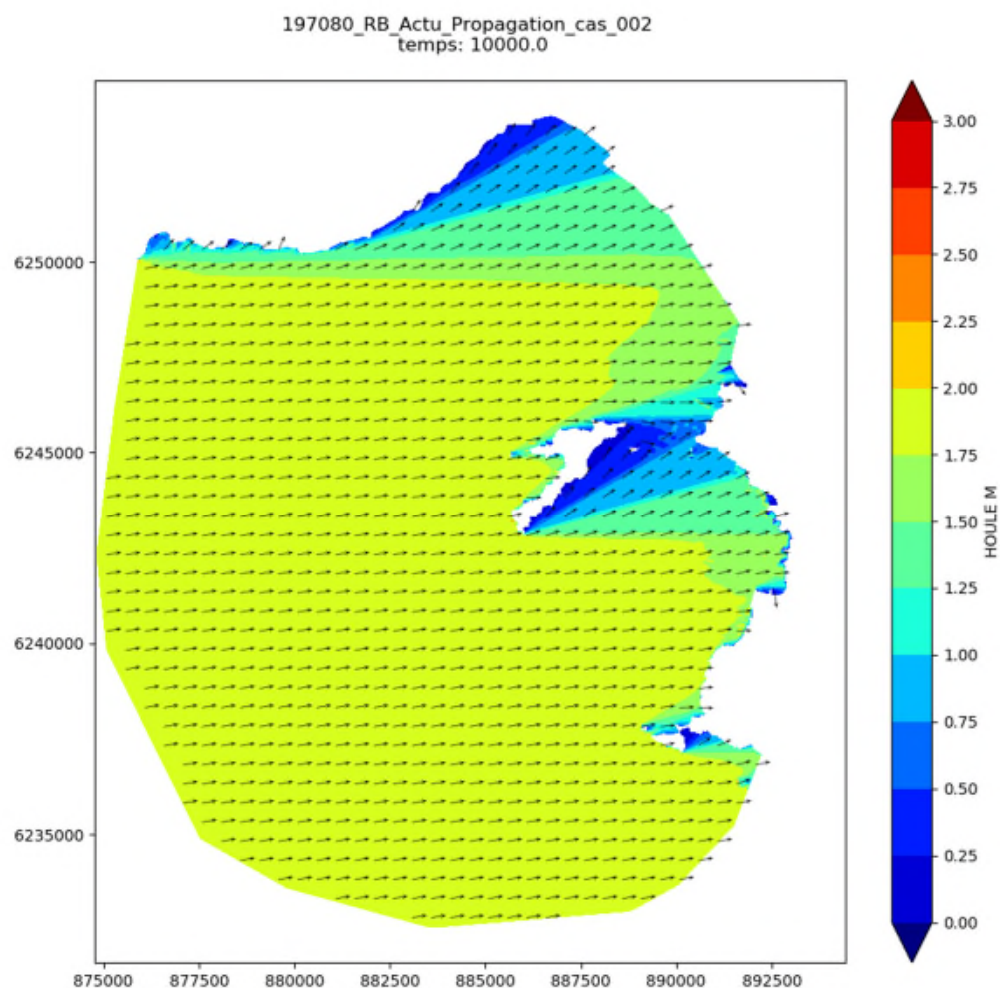
Résultats de la propagation de la houle



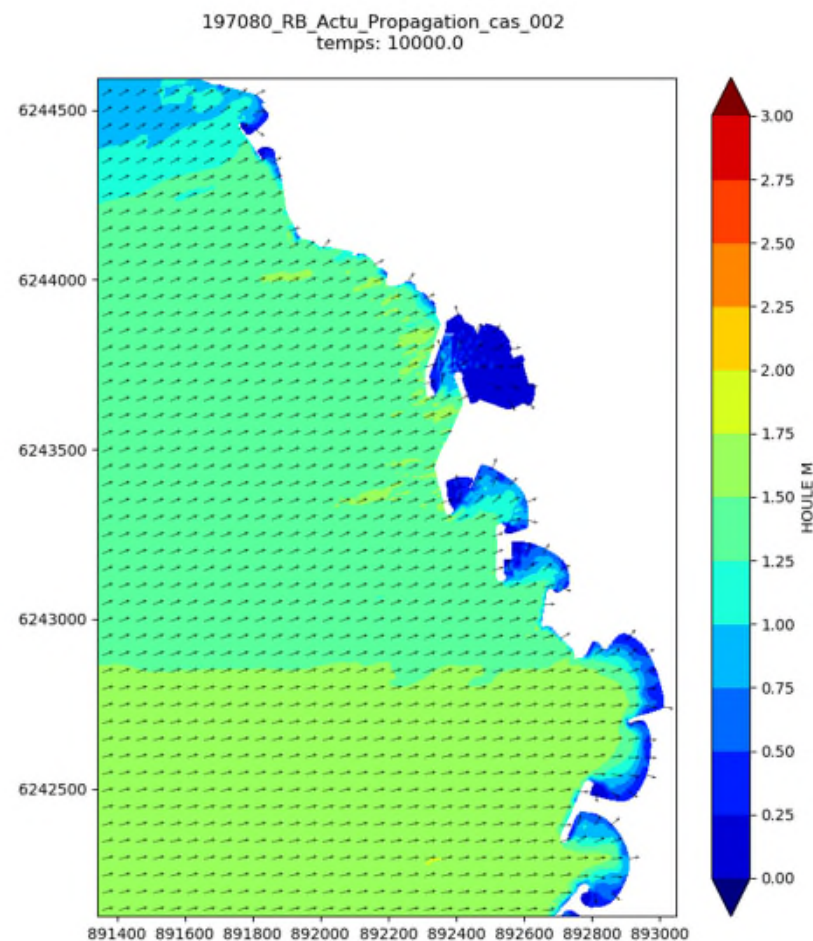
Vue globale



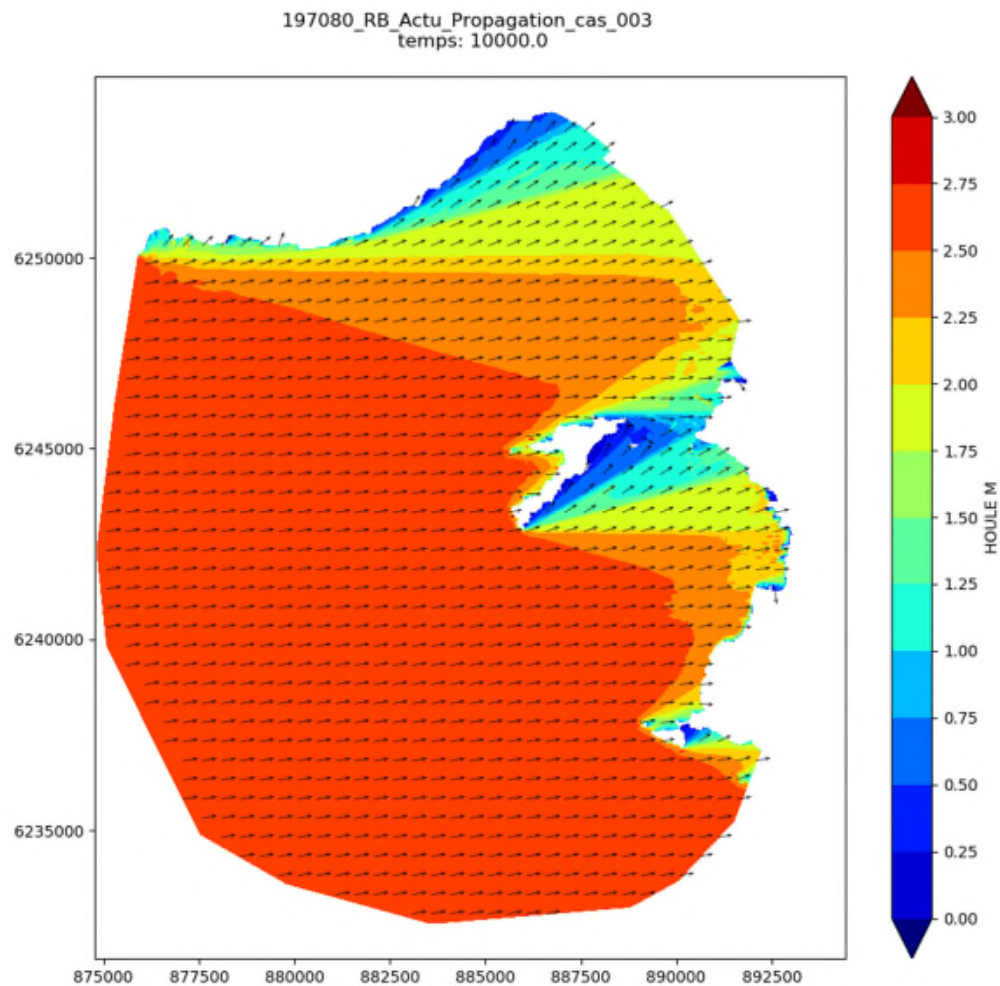
Zoom sur le littoral du Prado



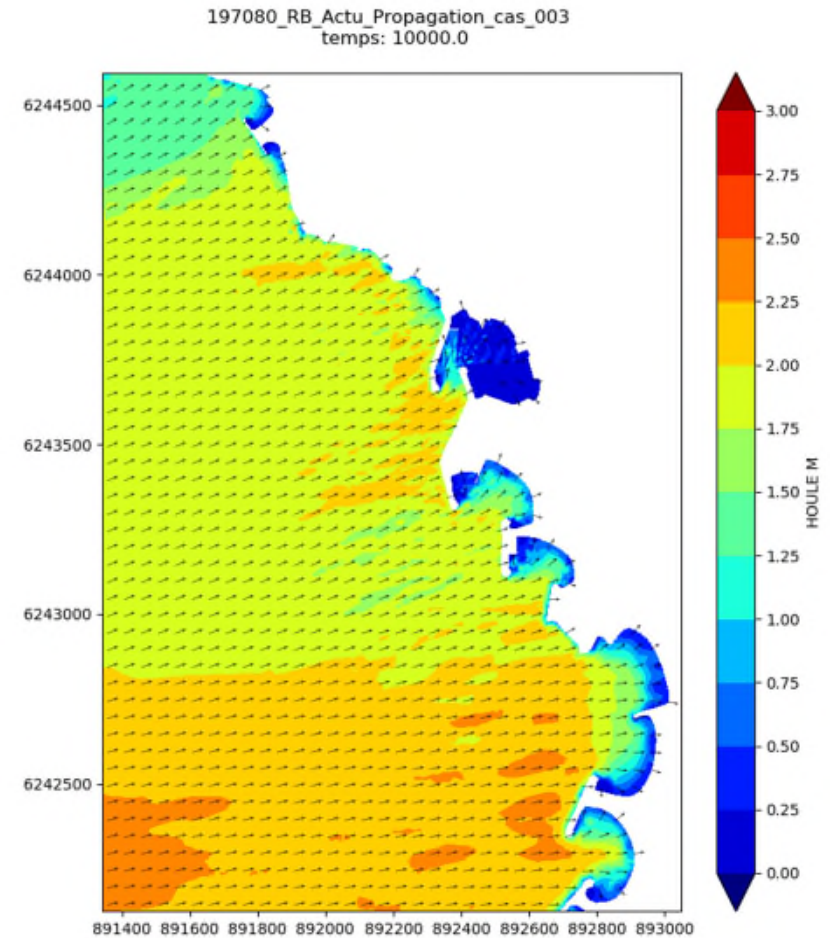
Vue globale



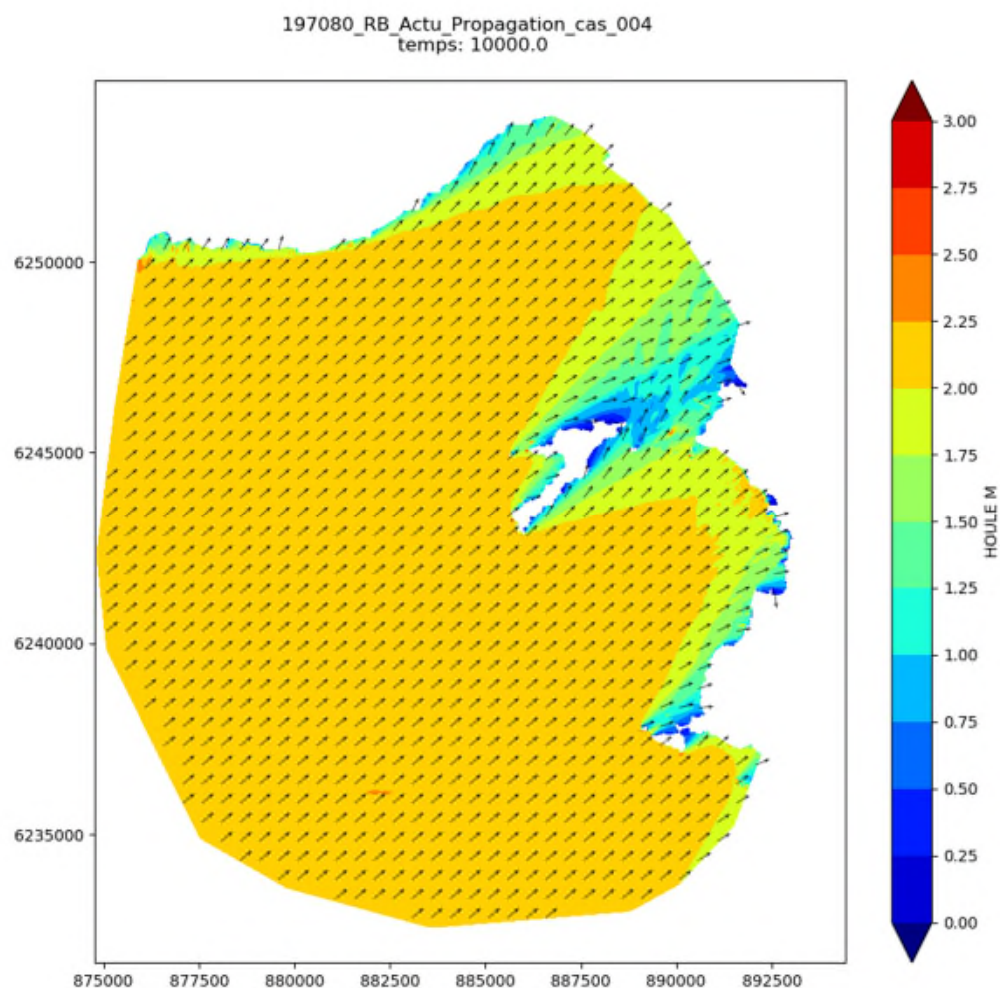
Zoom sur le littoral du Prado



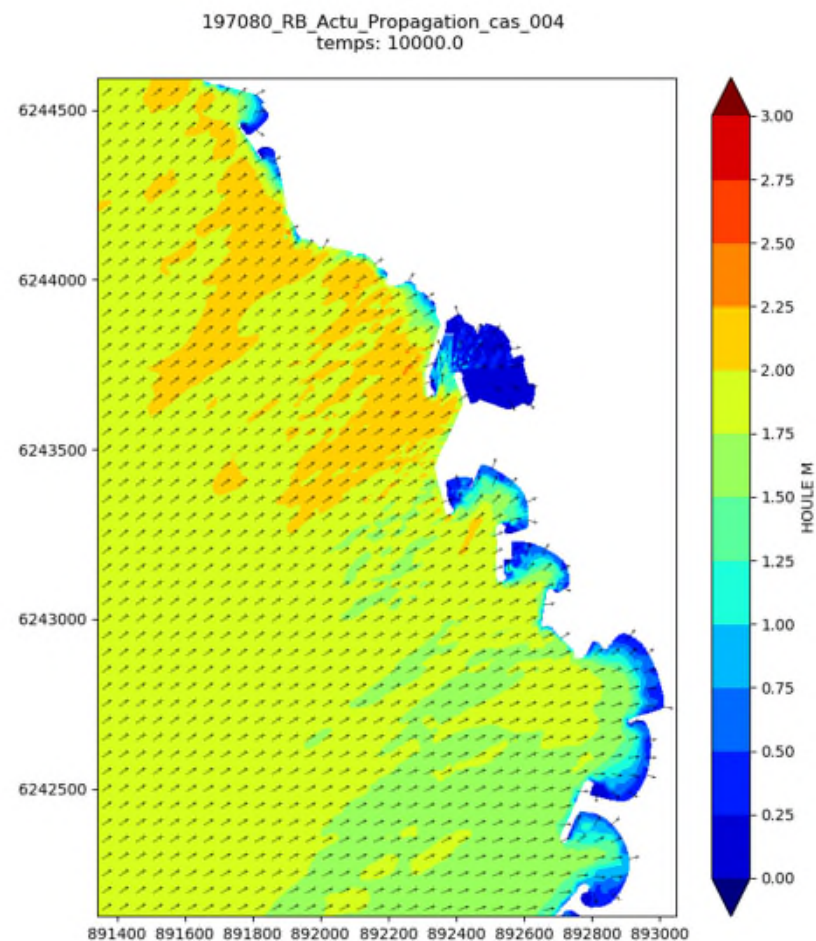
Vue globale



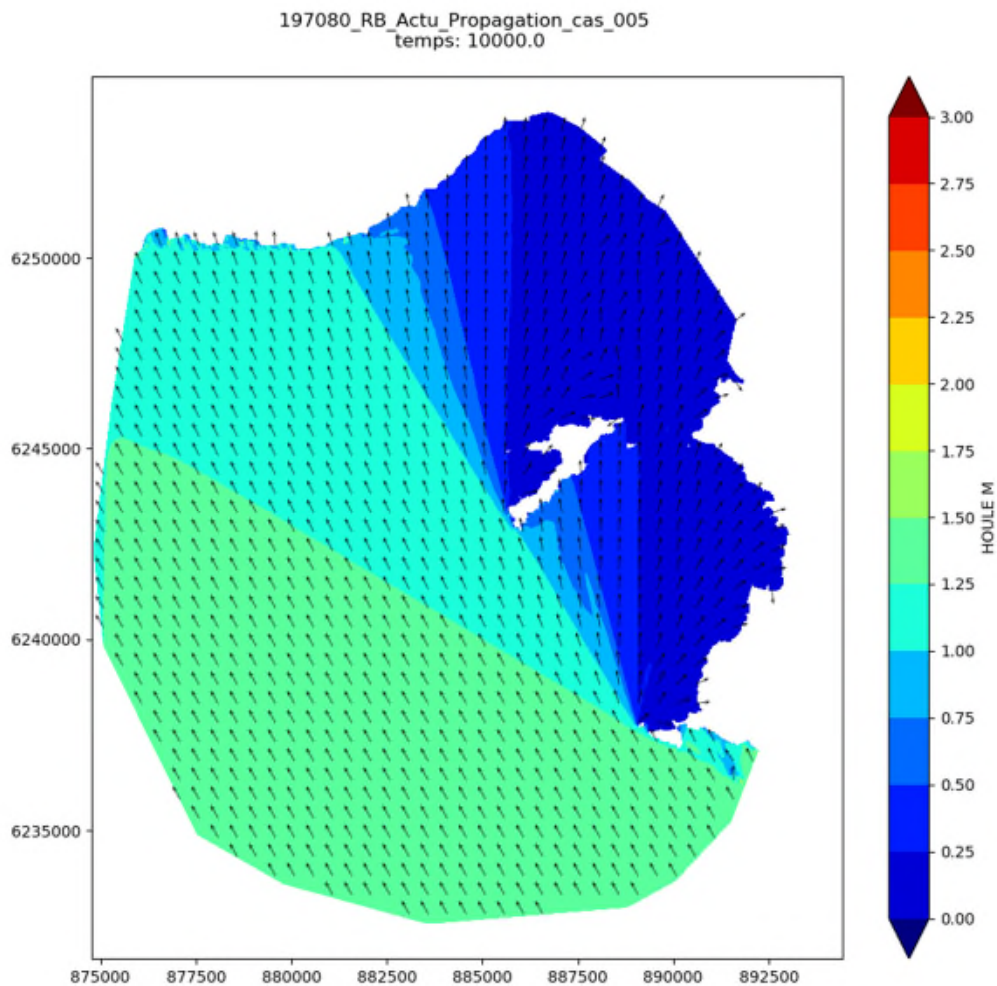
Zoom sur le littoral du Prado



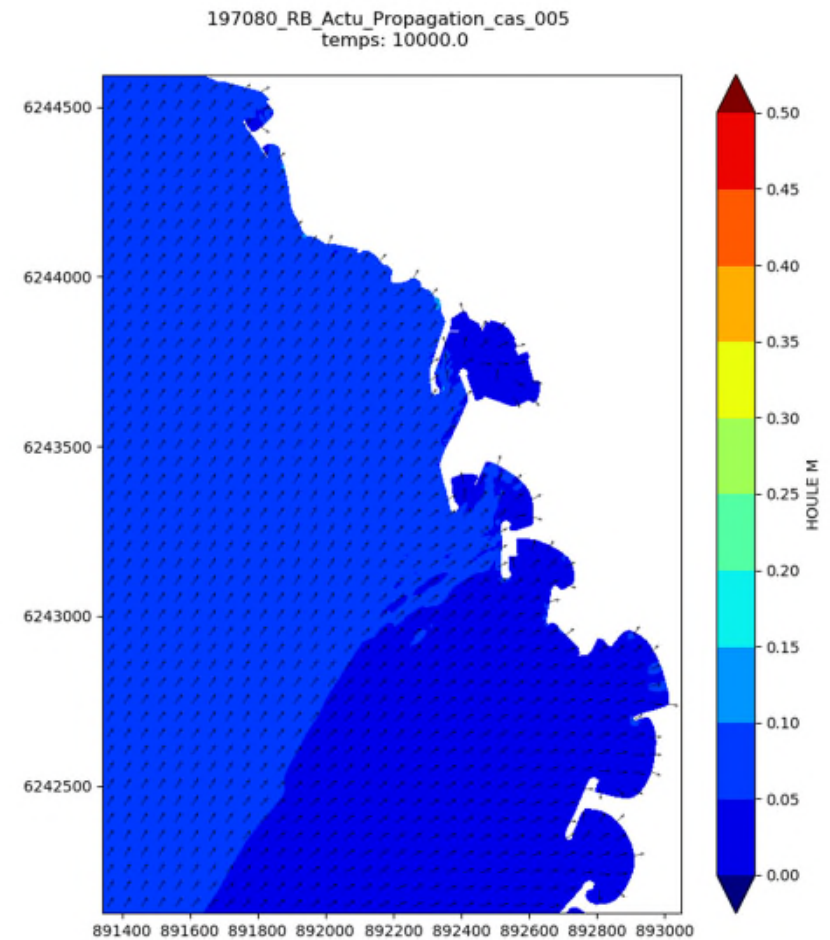
Vue globale



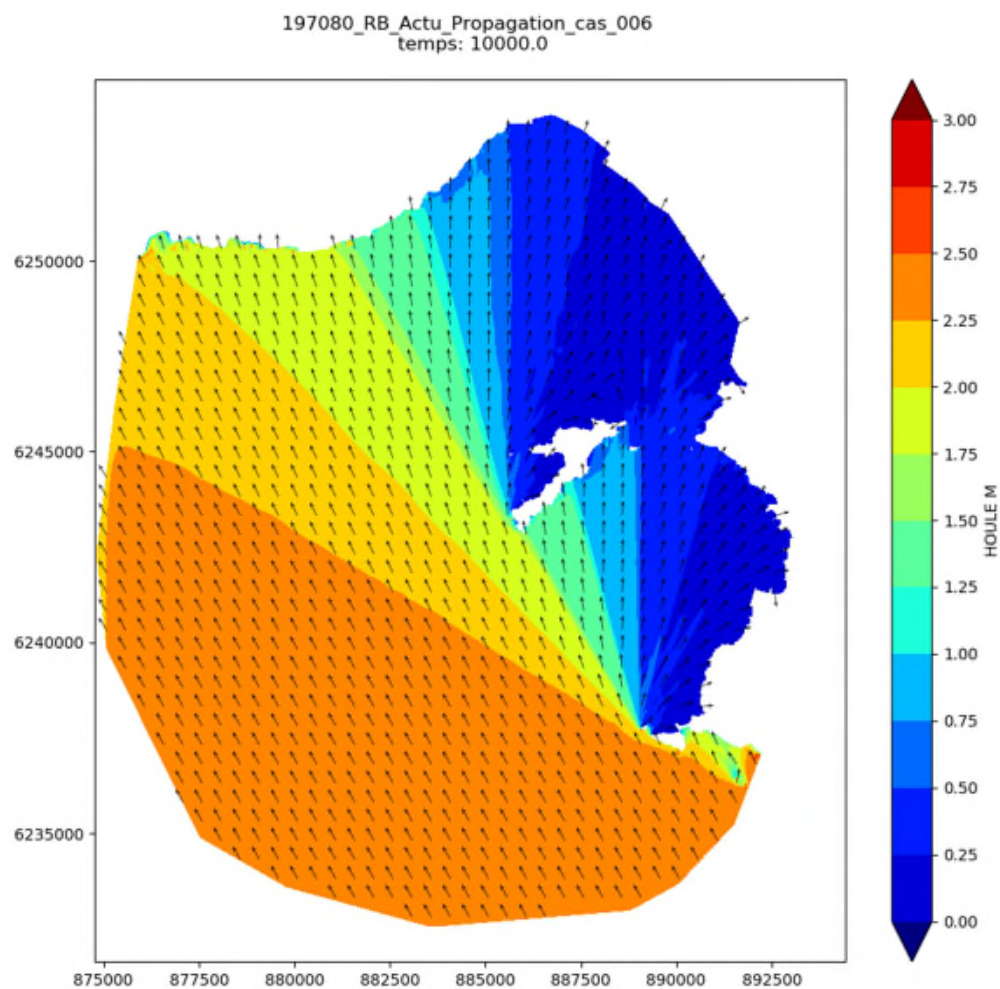
Zoom sur le littoral du Prado



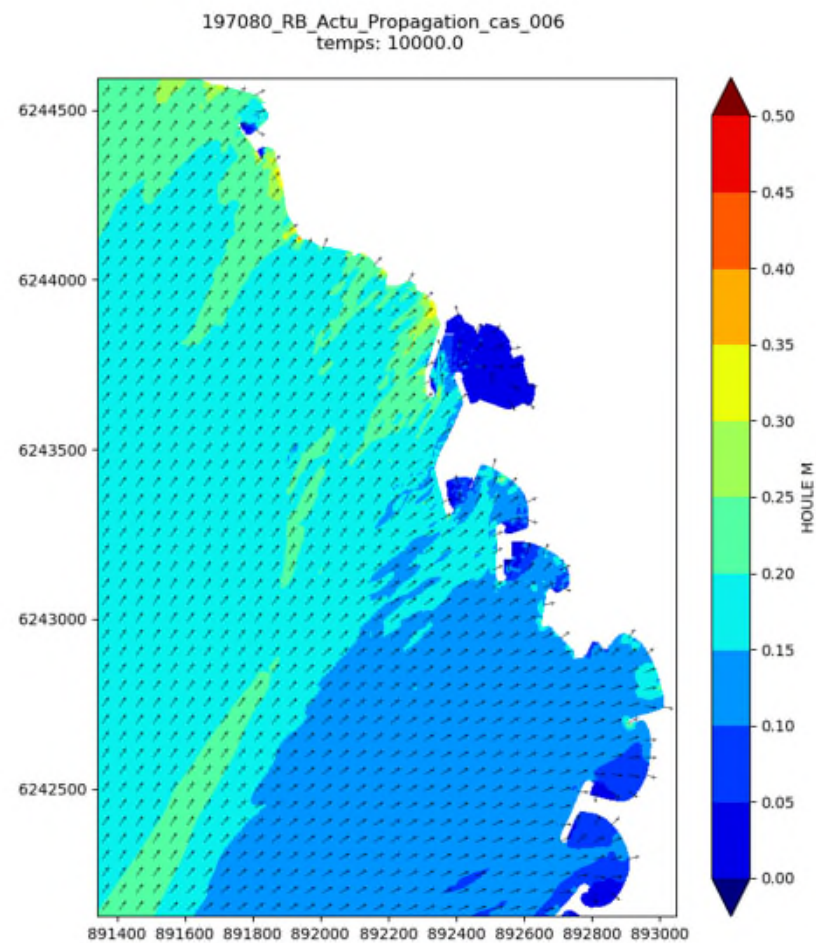
Vue globale



Zoom sur le littoral du Prado



Vue globale

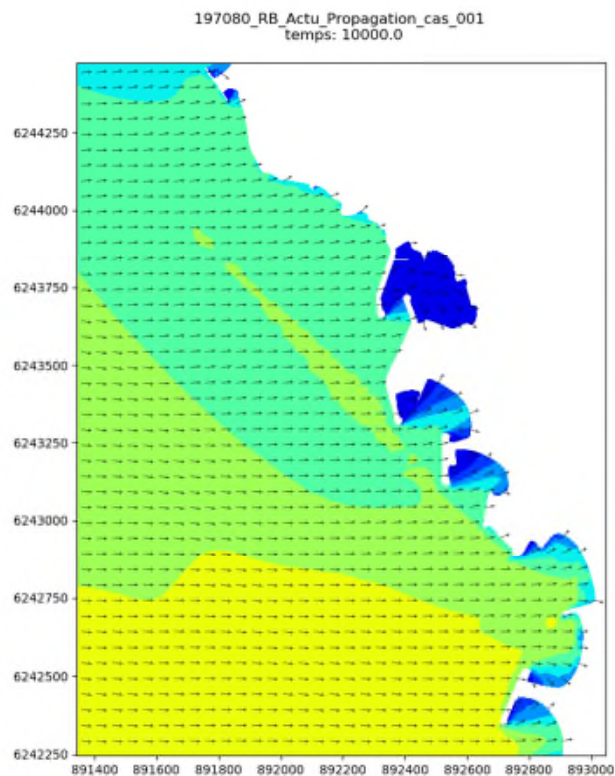


Zoom sur le littoral du Prado

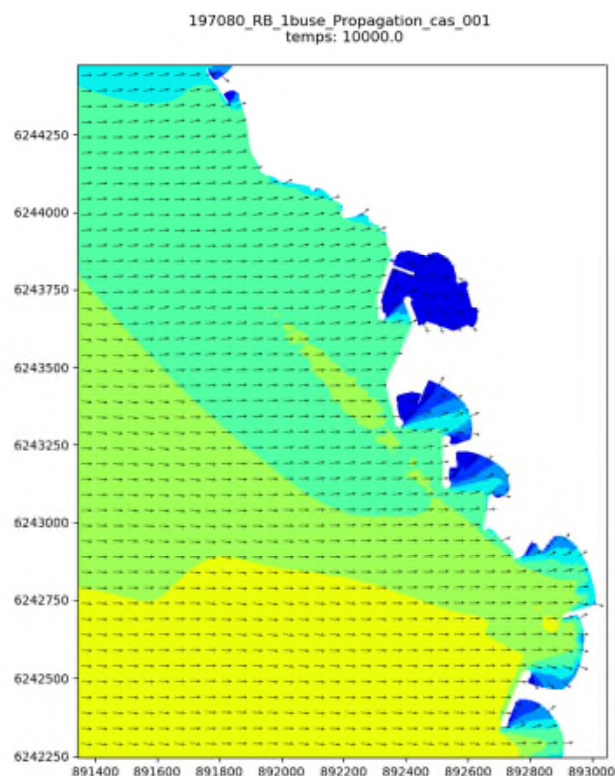
ANNEXE 2.b

MODELISATION NUMERIQUE DES CONFIGURATIONS AMENAGEES

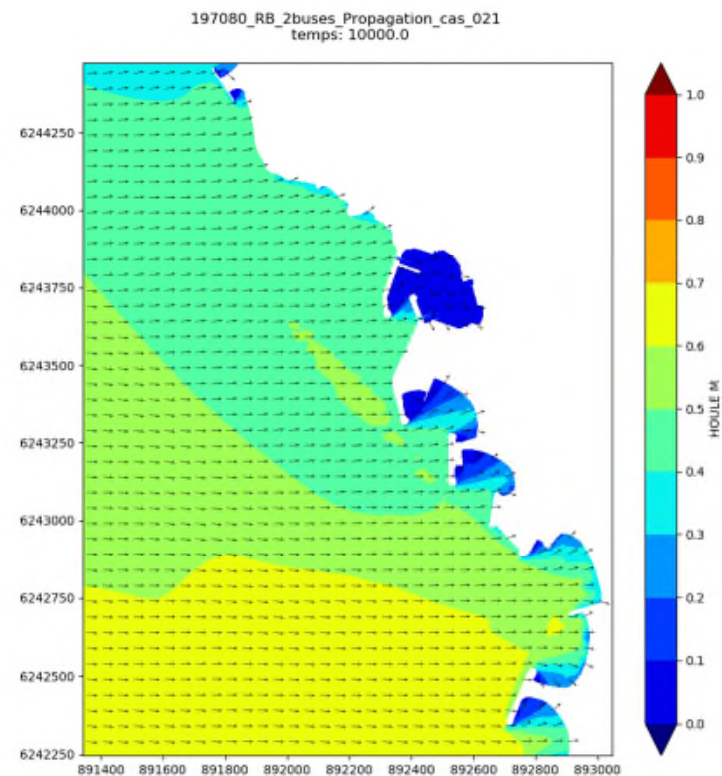
Résultats de la propagation de la houle



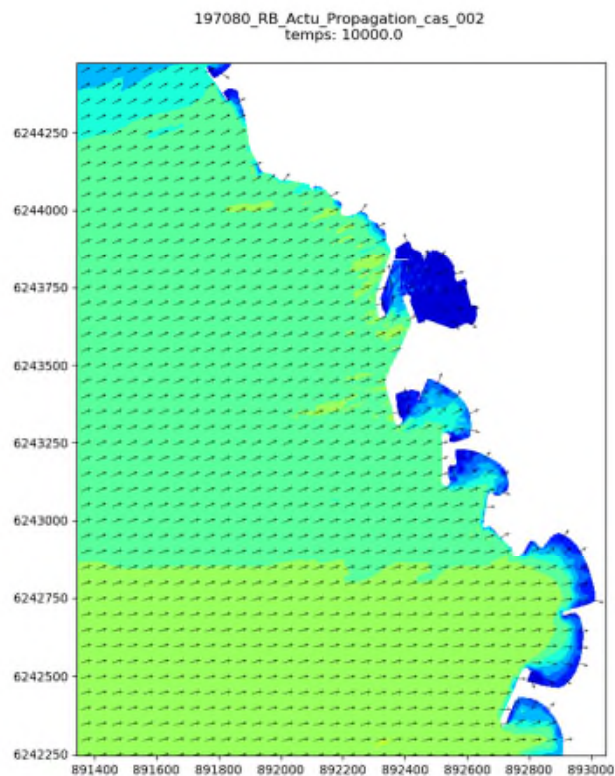
Configuration actuelle



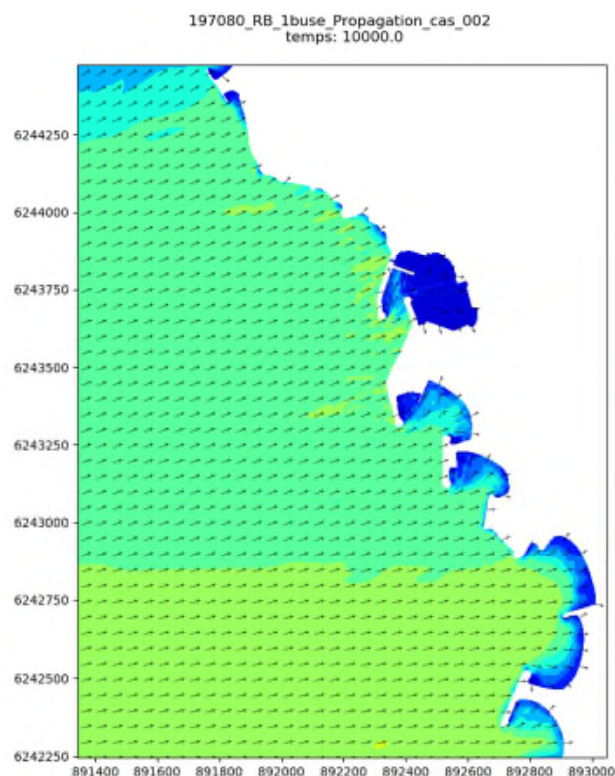
**Configuration aménagée
avec 1 buse**



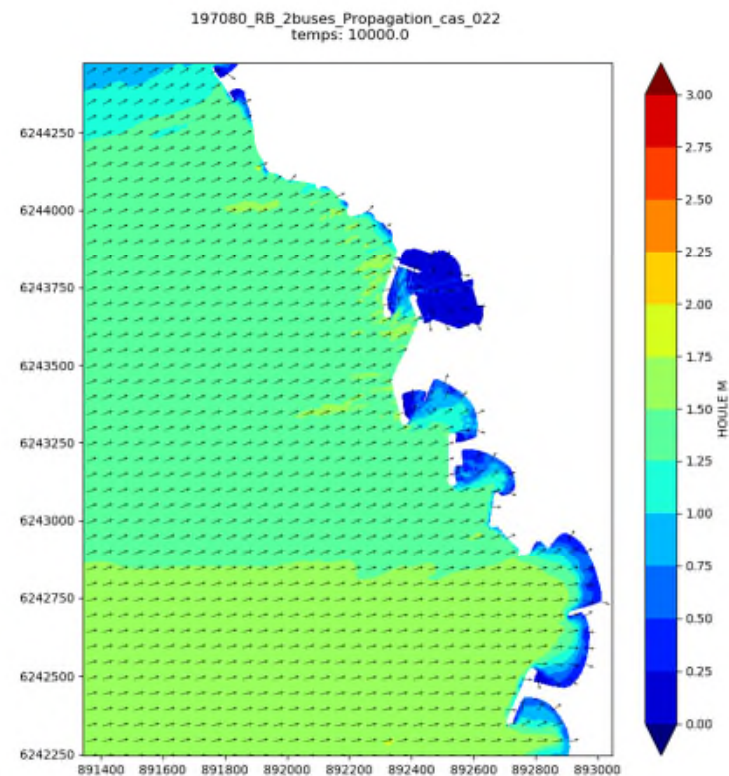
**Configuration aménagée
avec 2 buses**



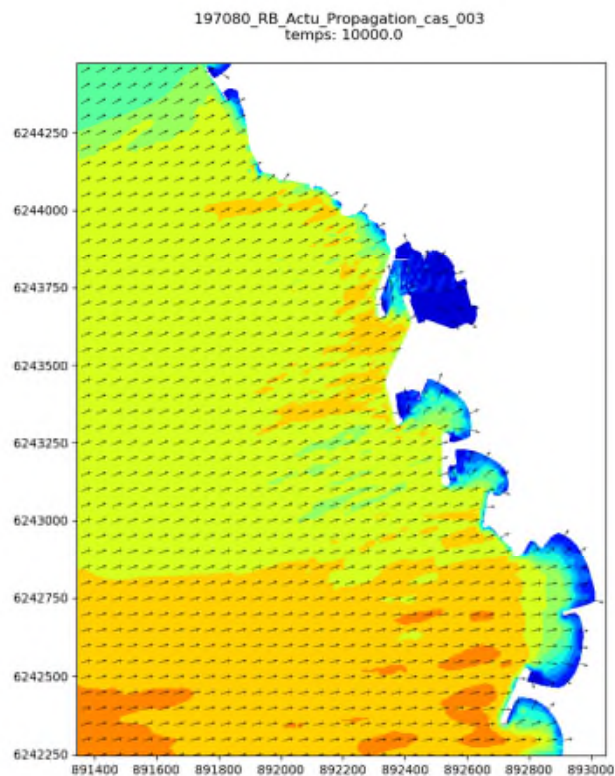
Configuration actuelle



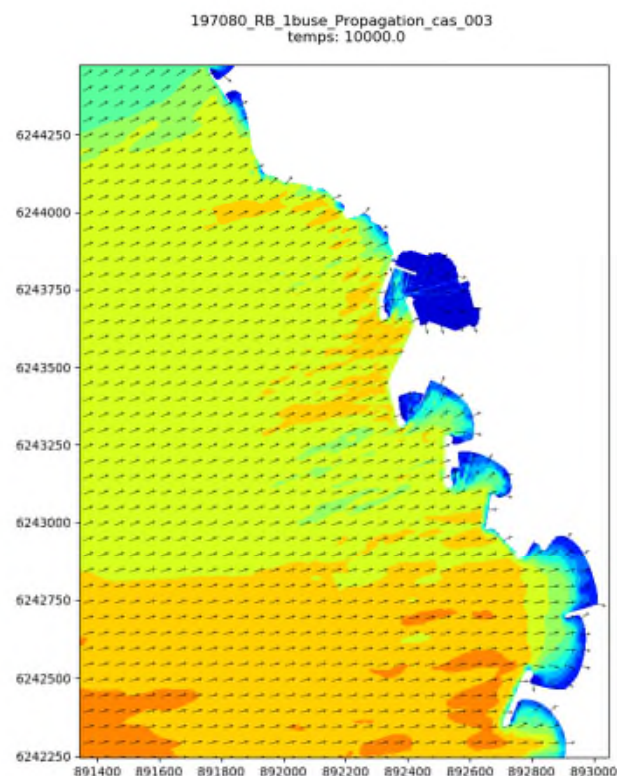
**Configuration aménagée
avec 1 buse**



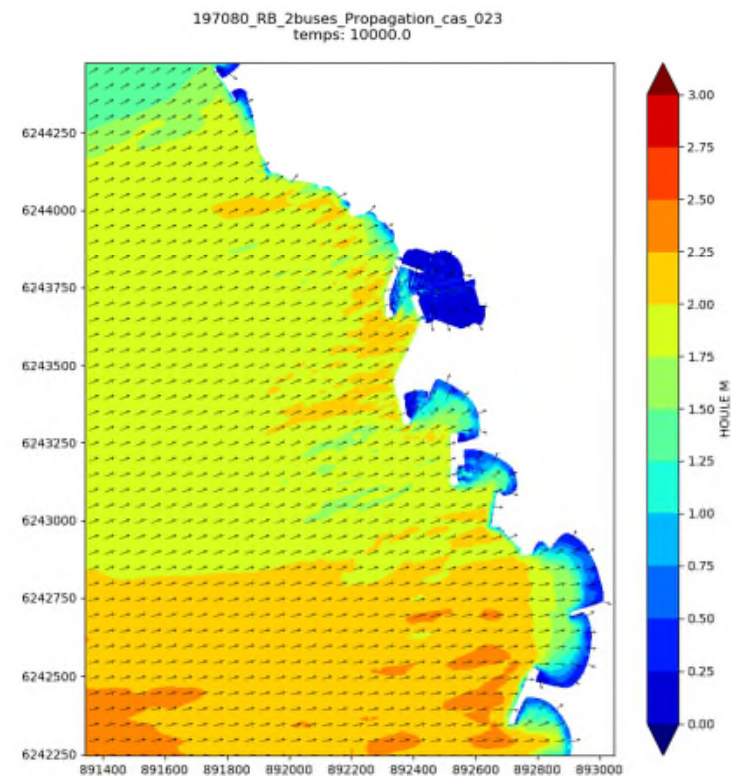
**Configuration aménagée
avec 2 buses**



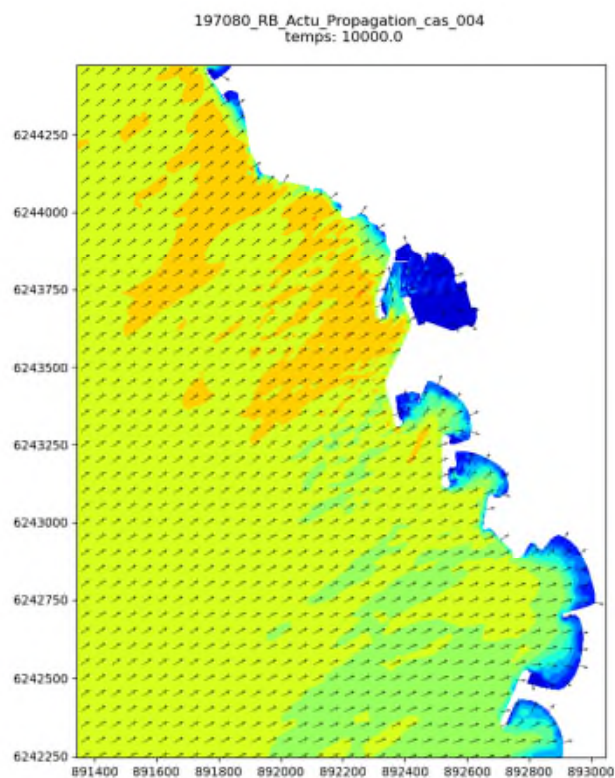
Configuration actuelle



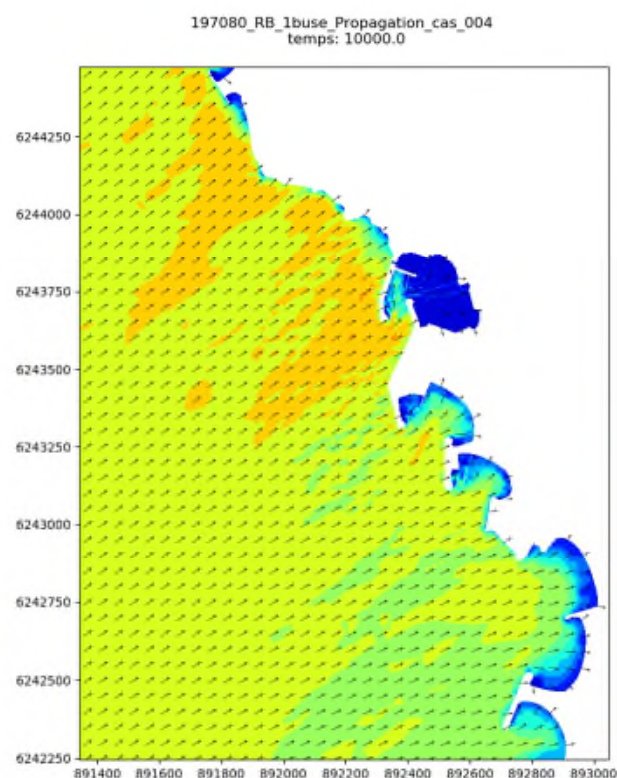
**Configuration aménagée
avec 1 buse**



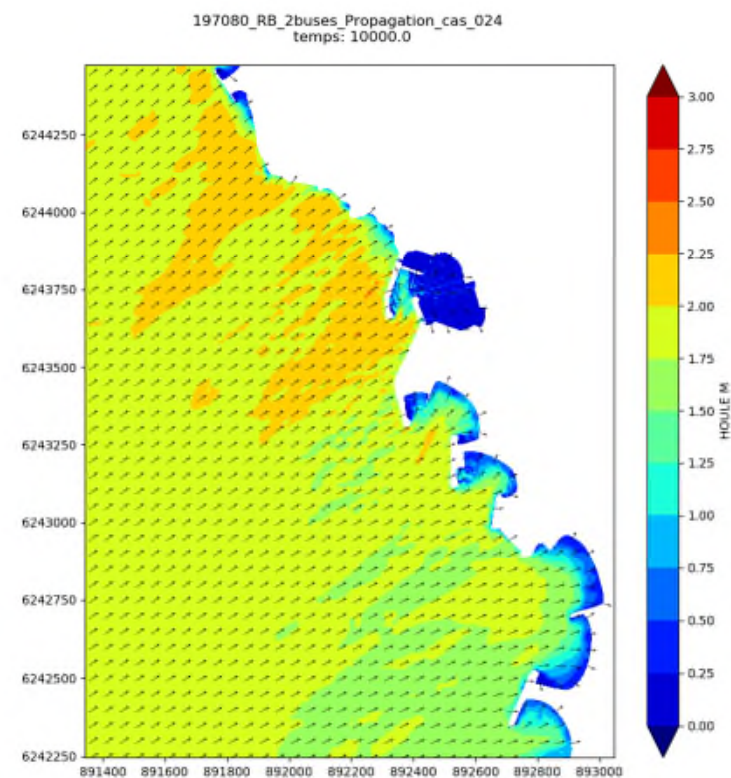
**Configuration aménagée
avec 2 buses**



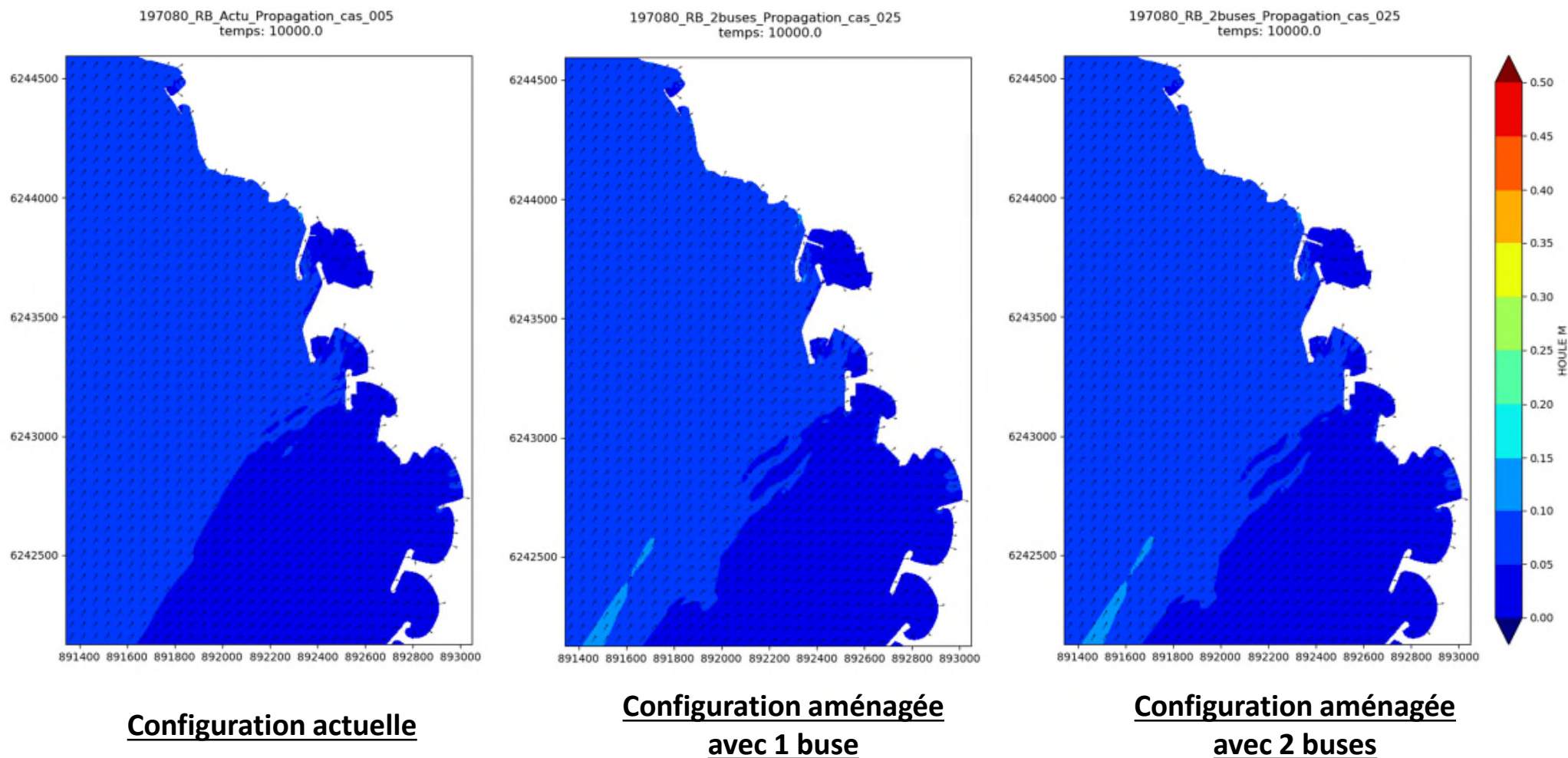
Configuration actuelle

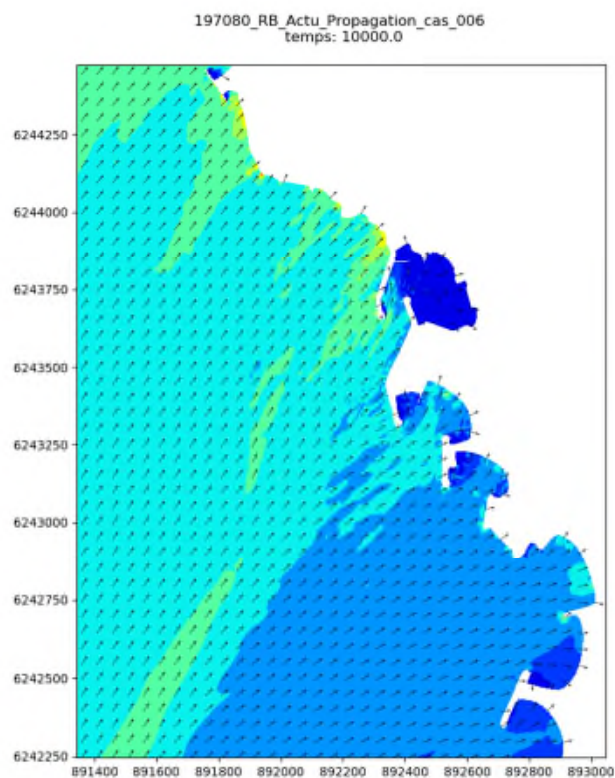


**Configuration aménagée
avec 1 buse**

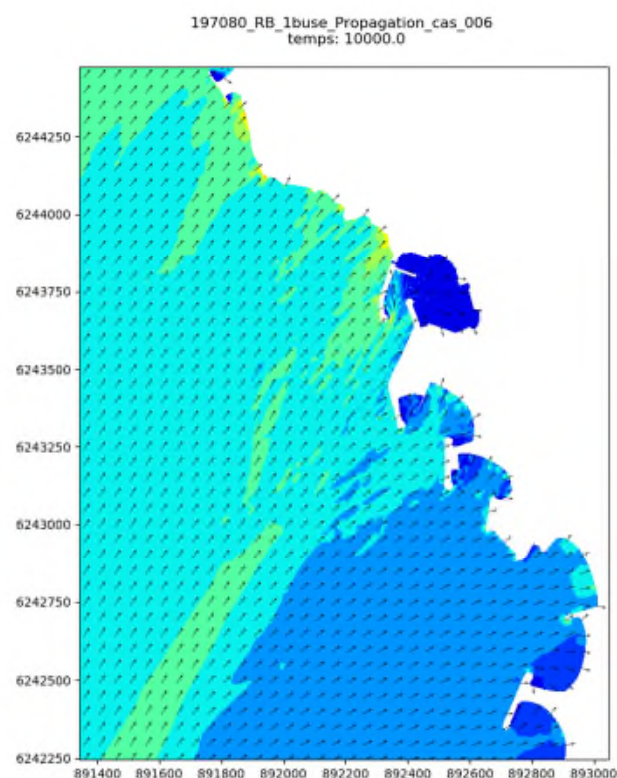


**Configuration aménagée
avec 2 buses**

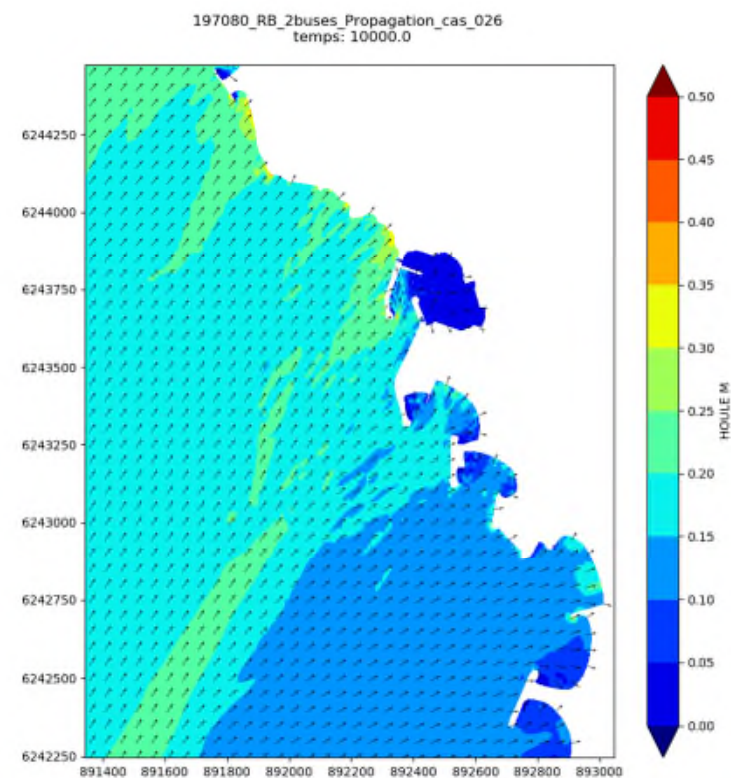




Configuration actuelle



**Configuration aménagée
avec 1 buse**

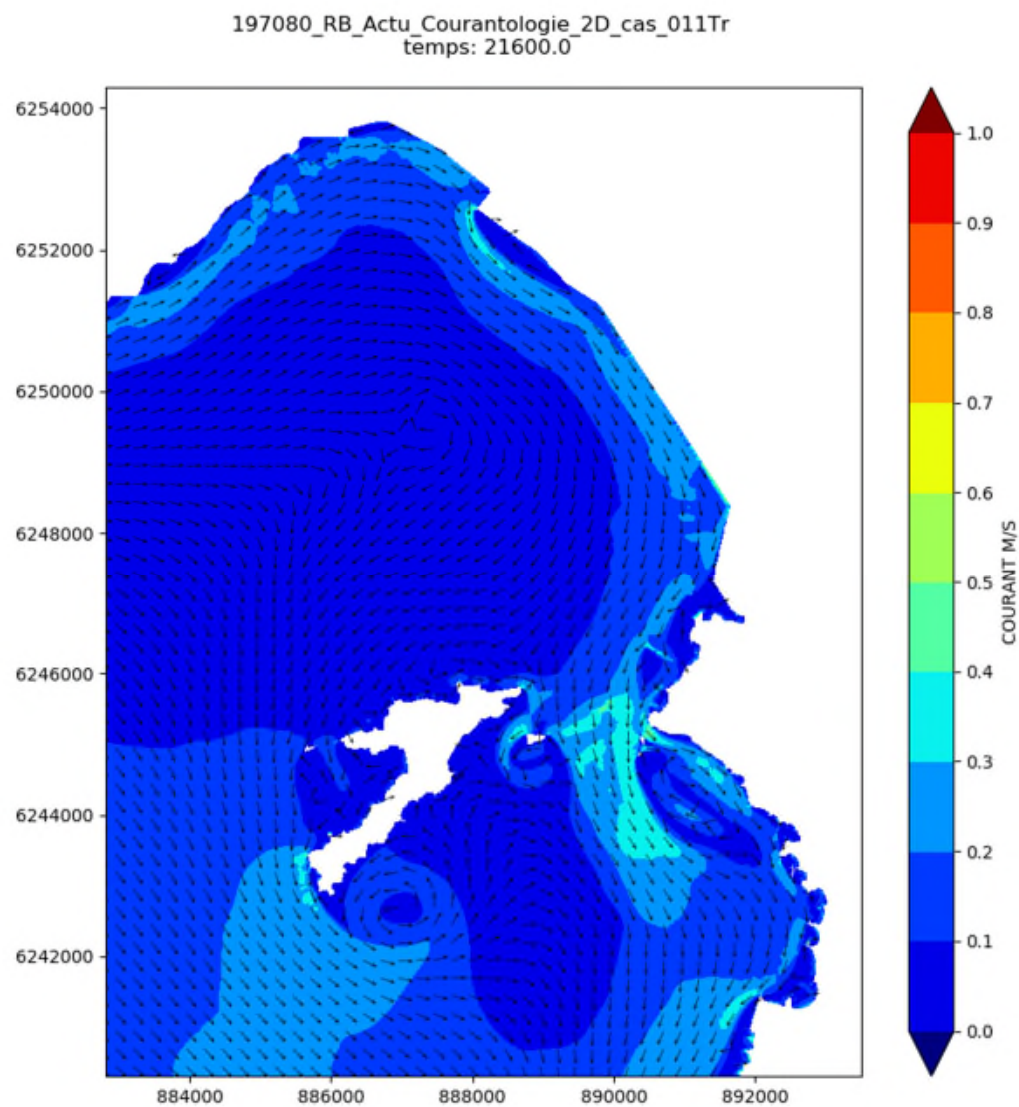


**Configuration aménagée
avec 2 buses**

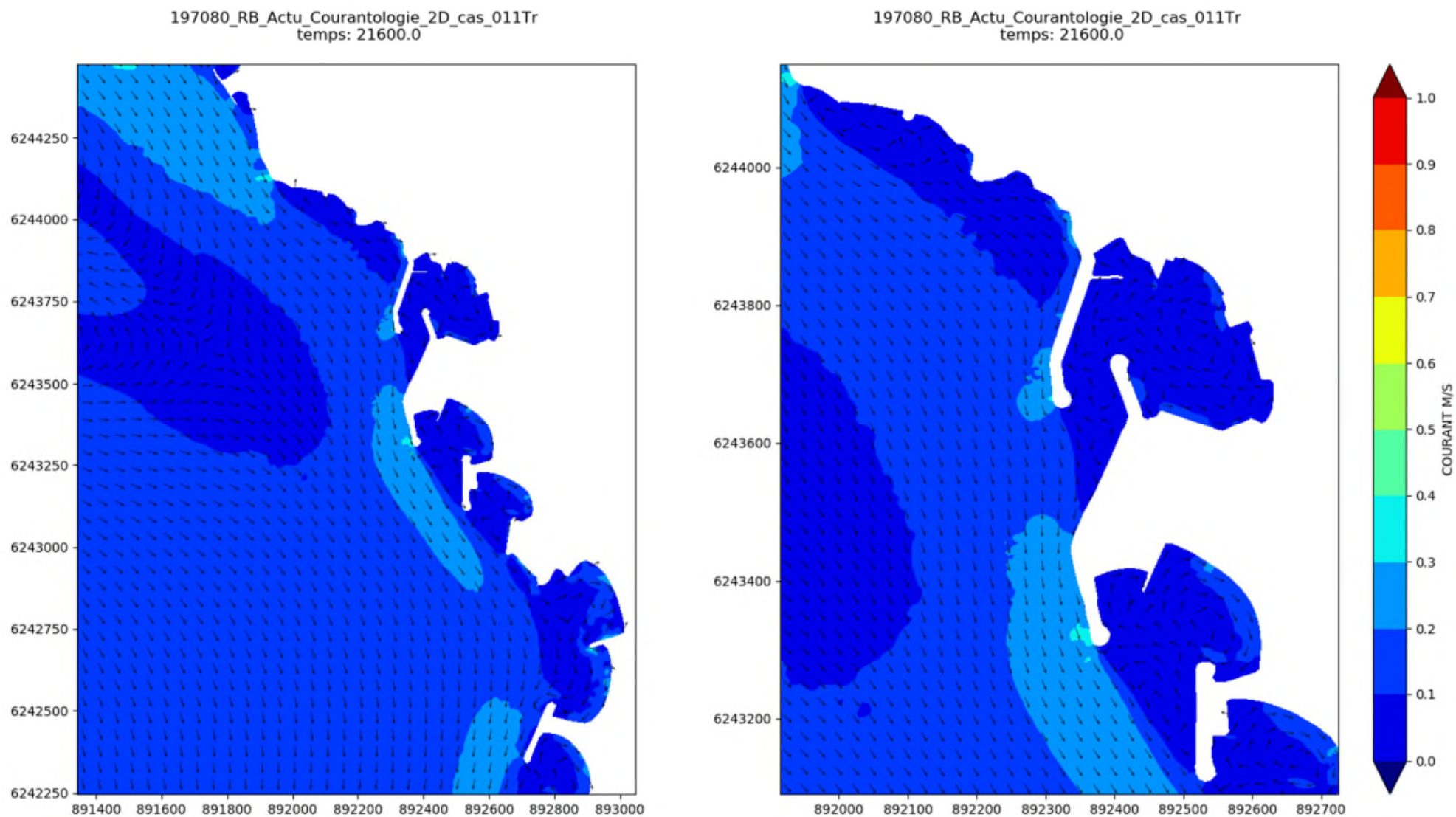
ANNEXE 3.a

**MODELISATION NUMERIQUE DE LA
CONFIGURATION ACTUELLE**

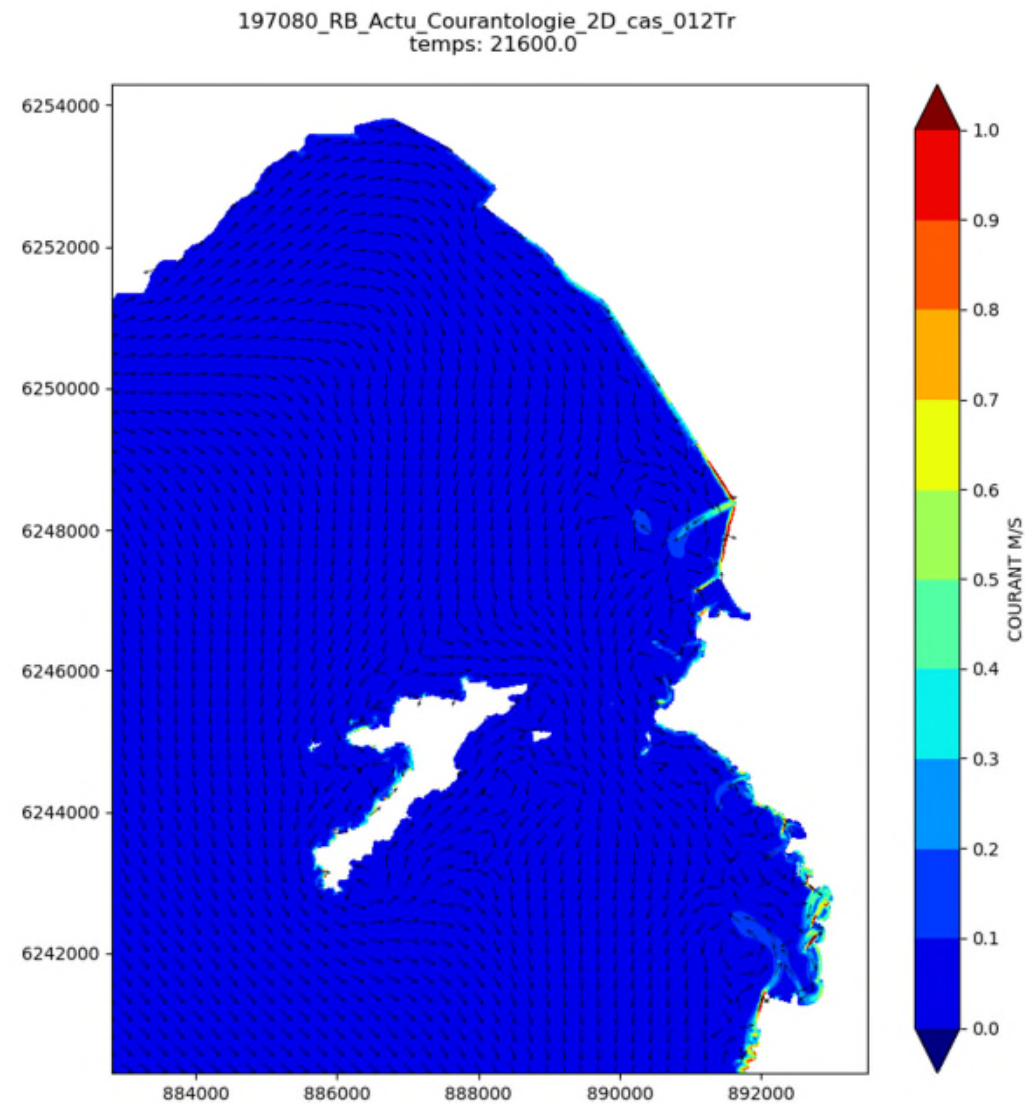
Résultats de la courantologie



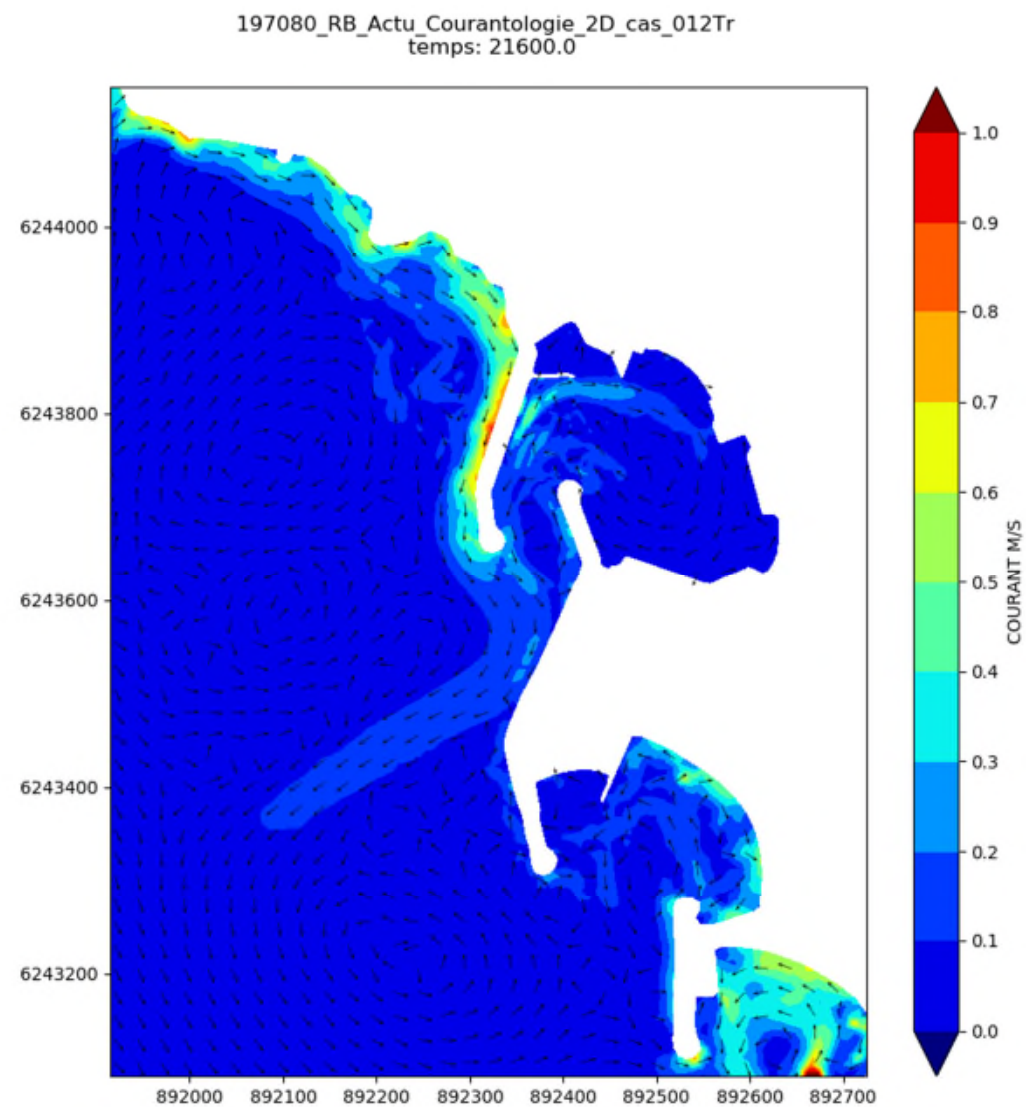
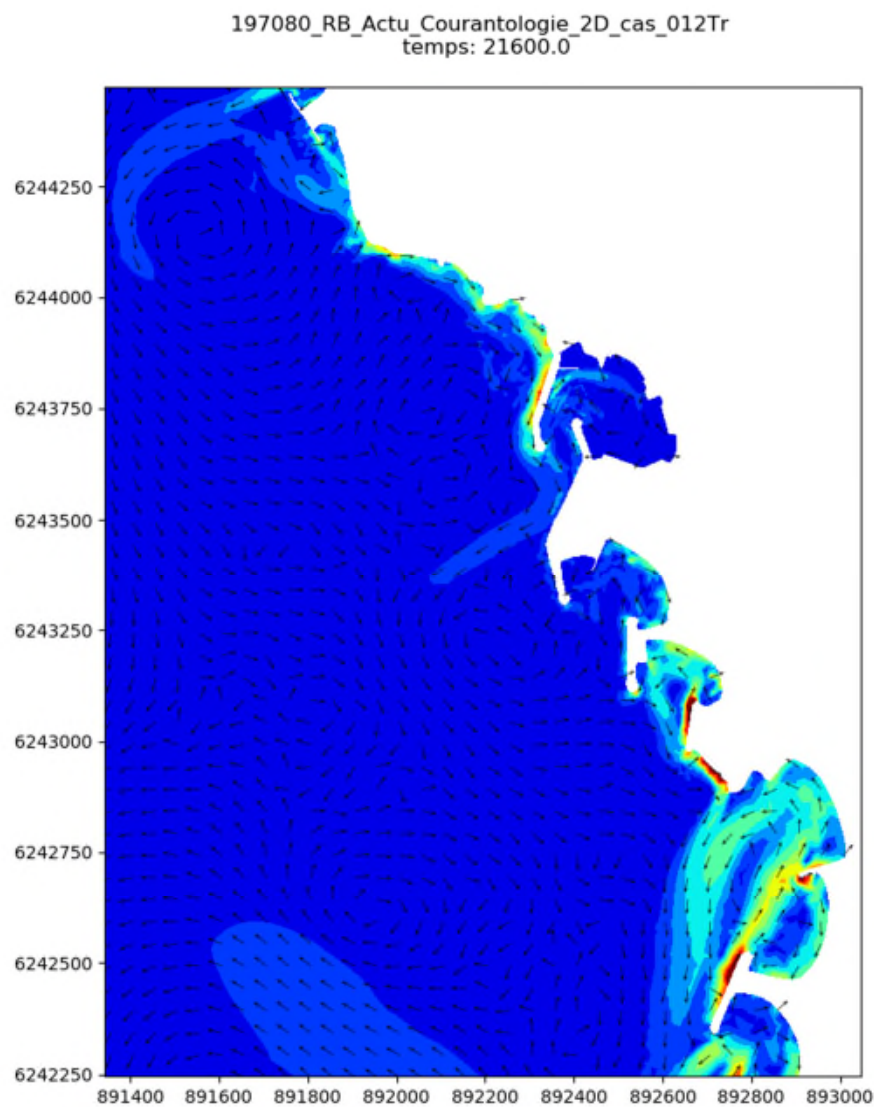
Vue globale



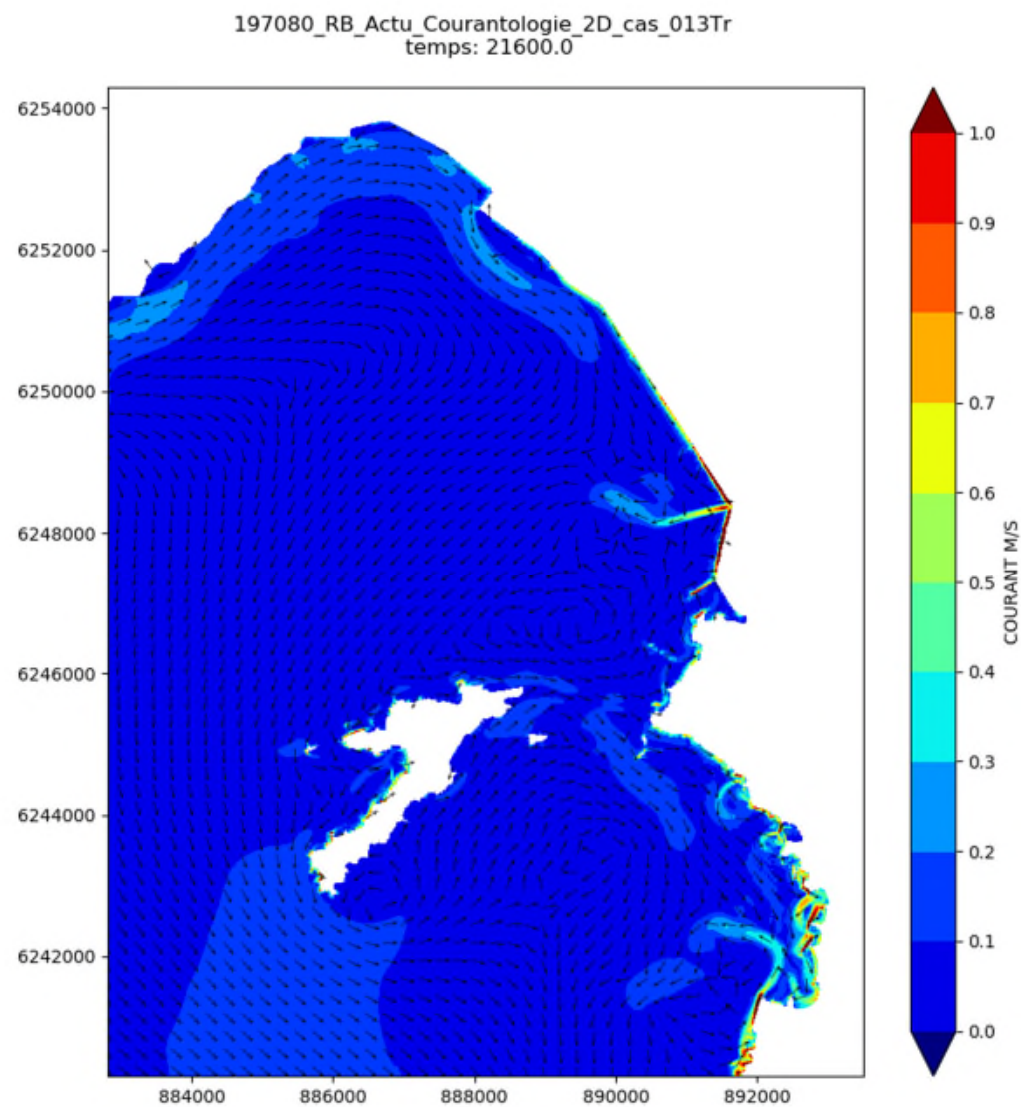
Zoom sur la zone d'étude



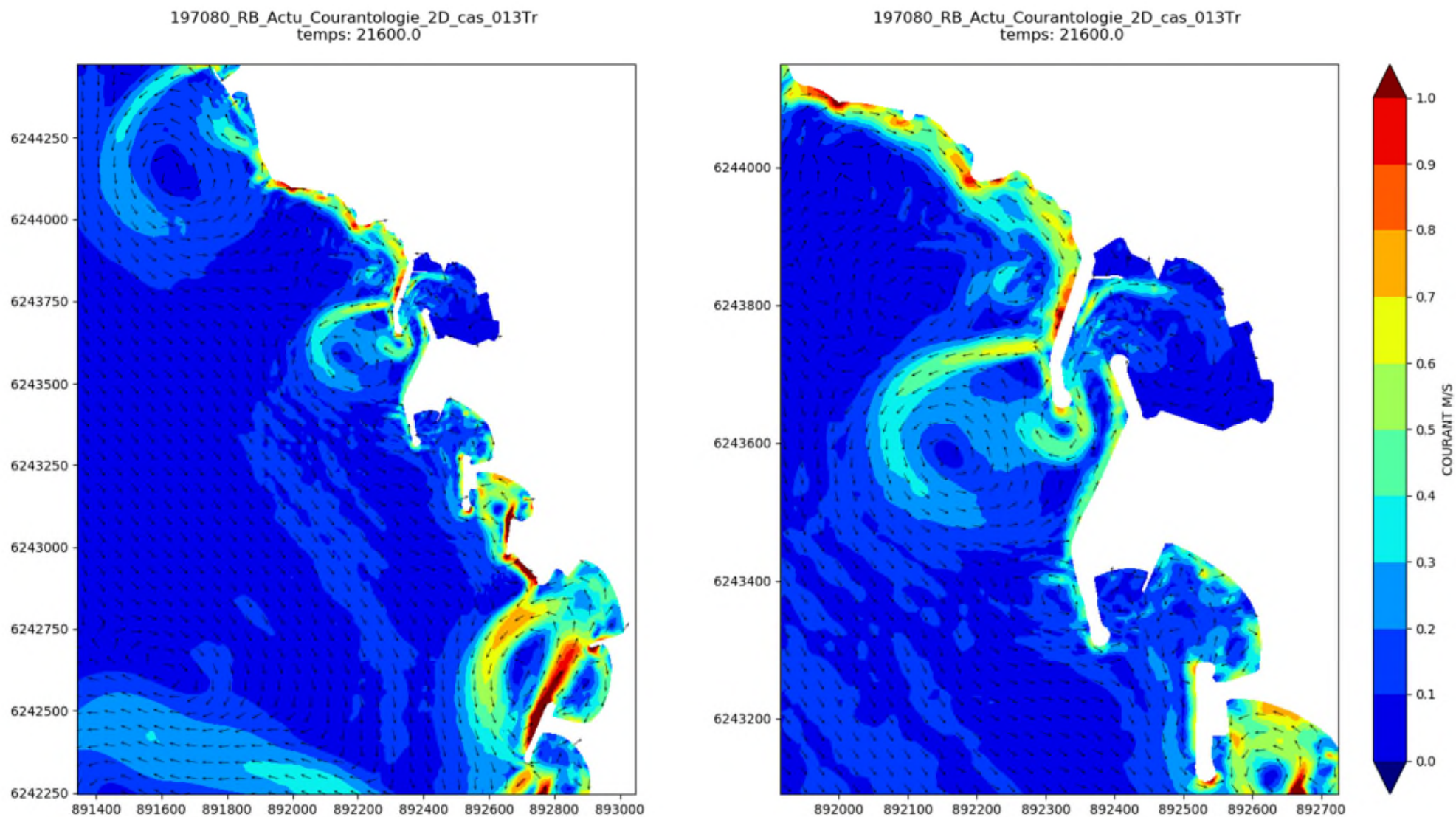
Vue globale



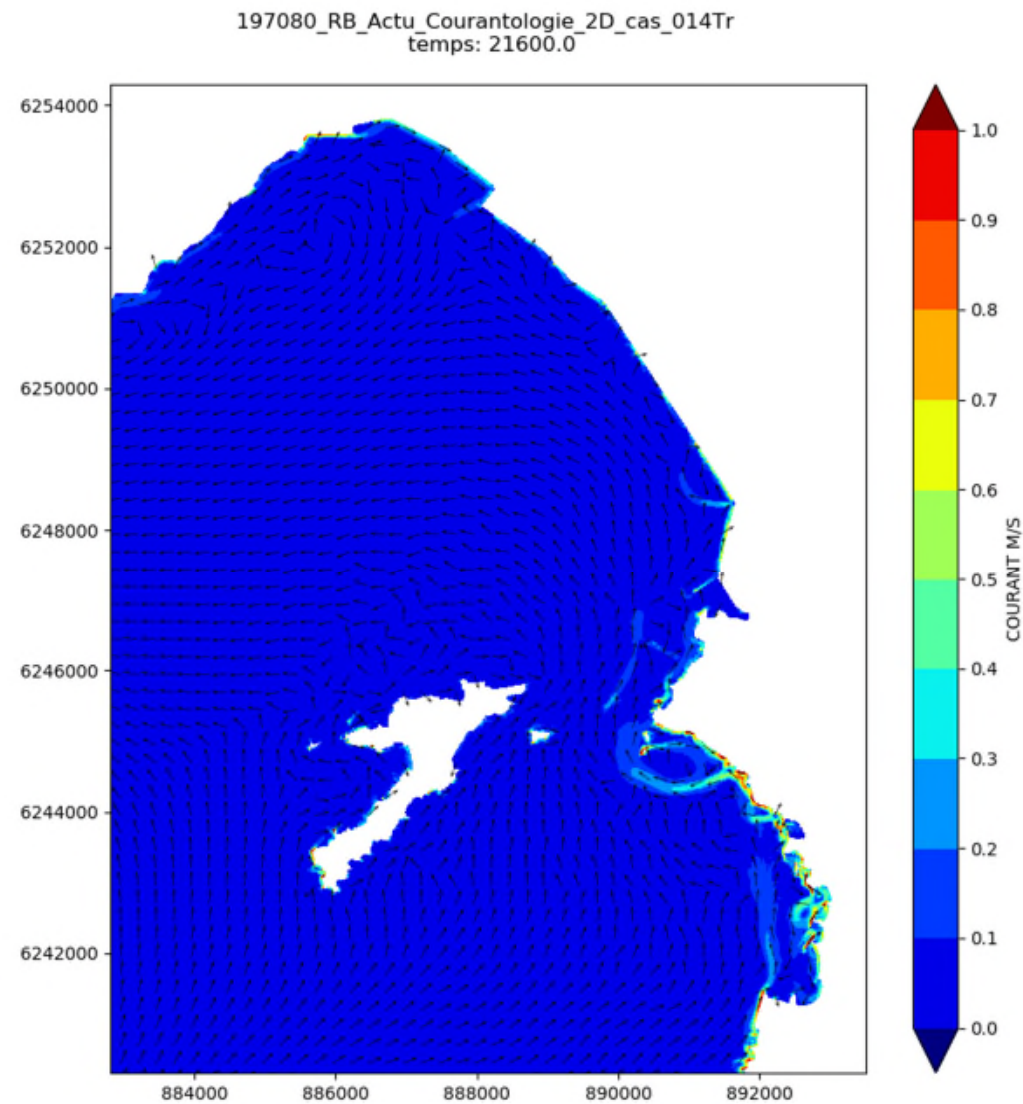
Zoom sur la zone d'étude



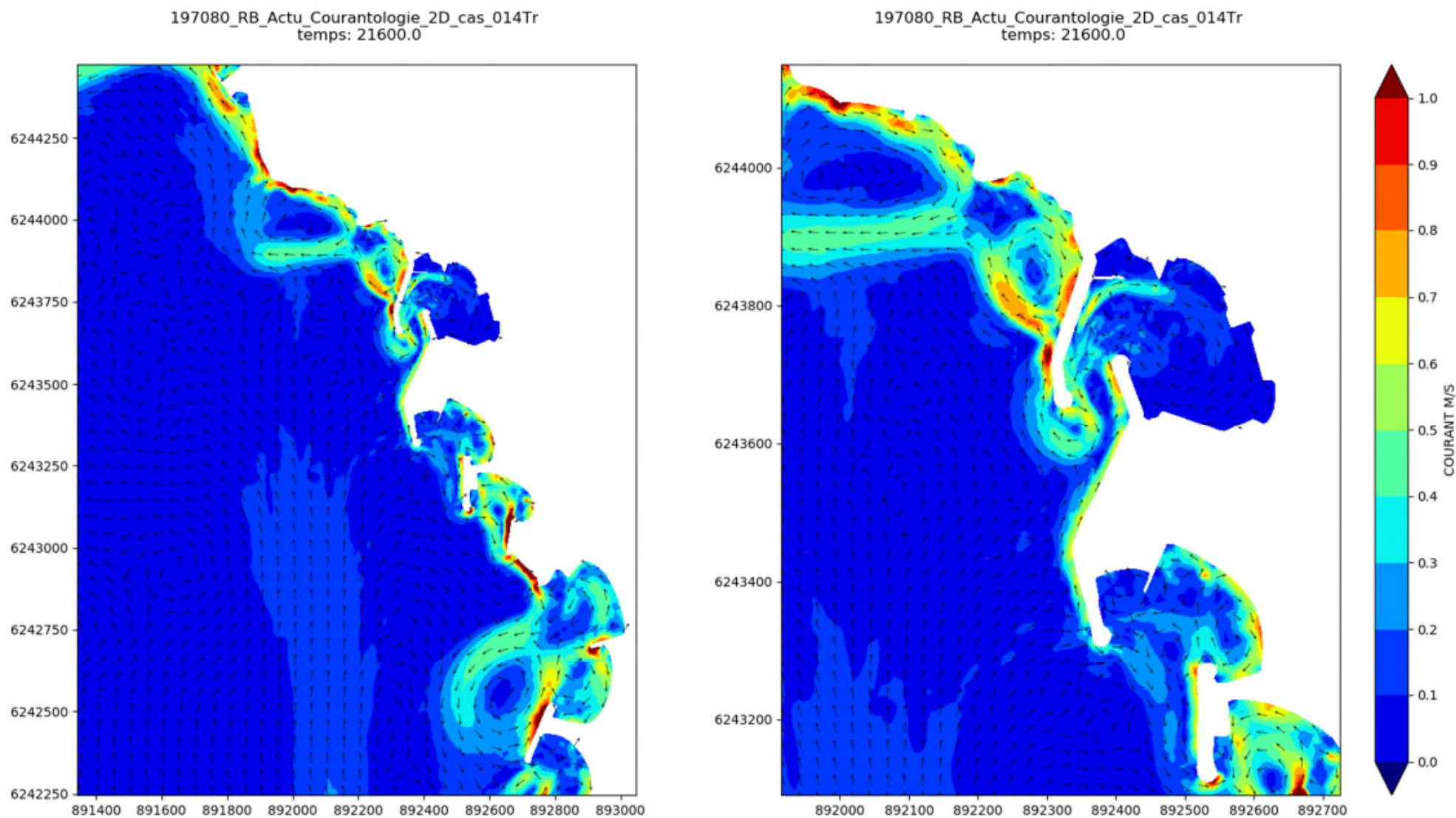
Vue globale



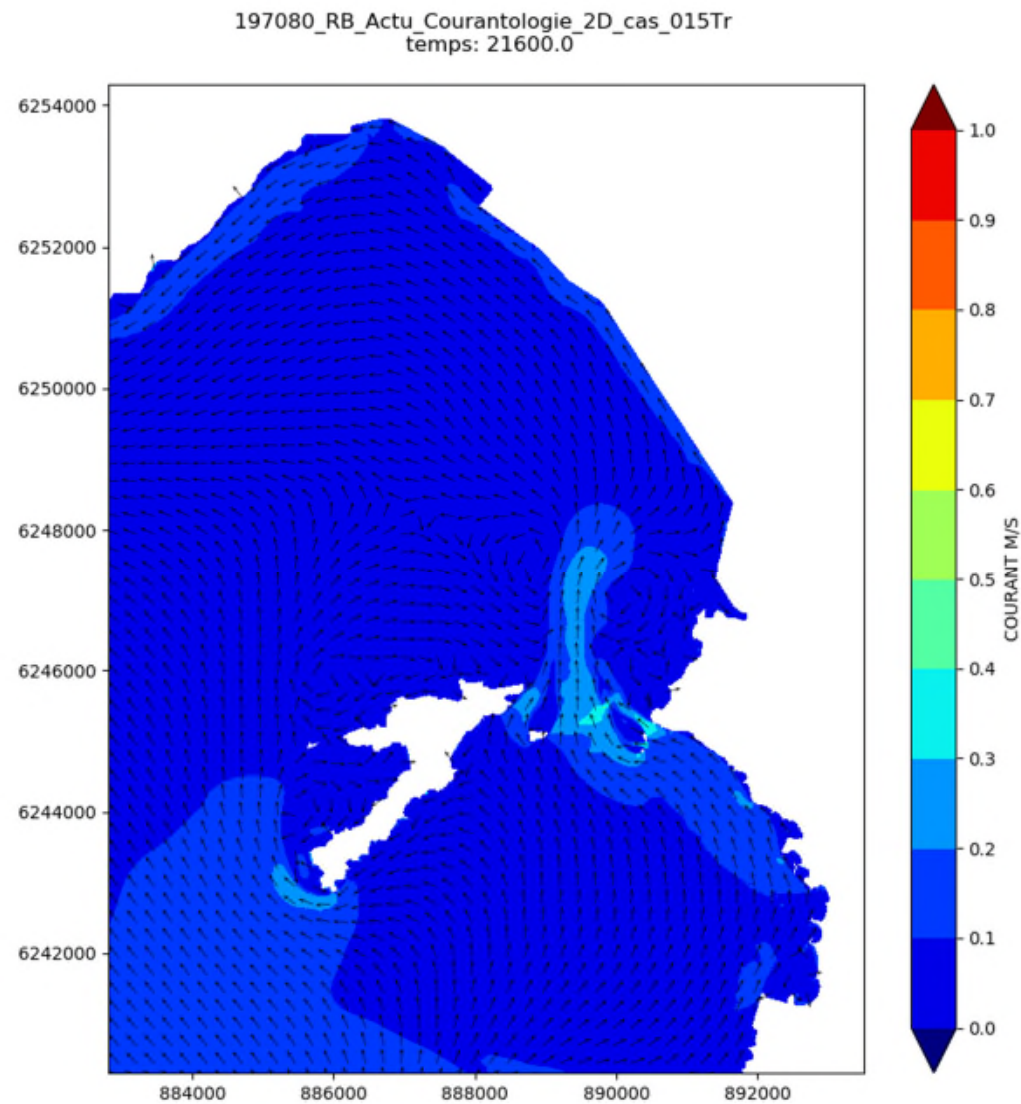
Zoom sur la zone d'étude



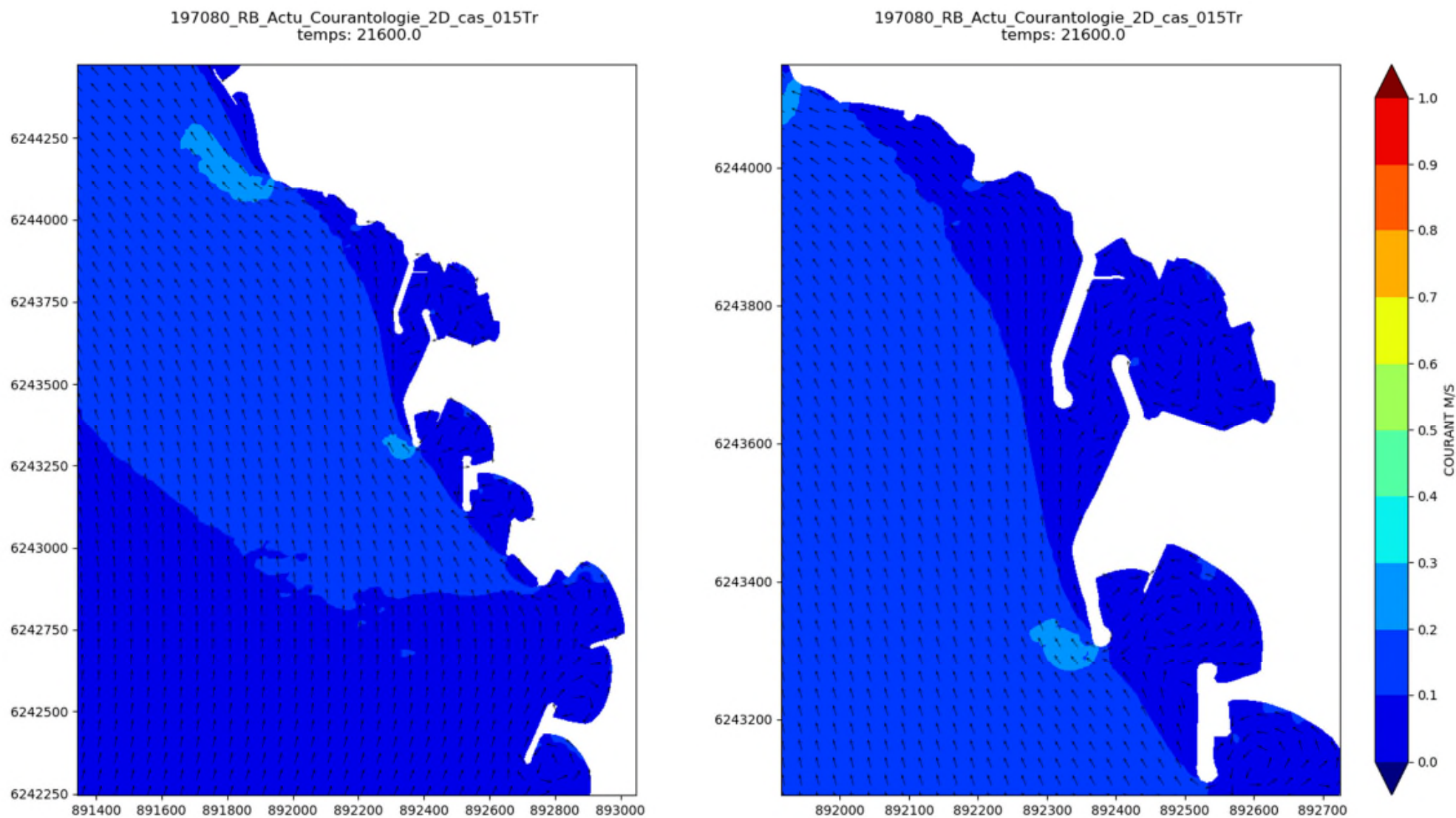
Vue globale



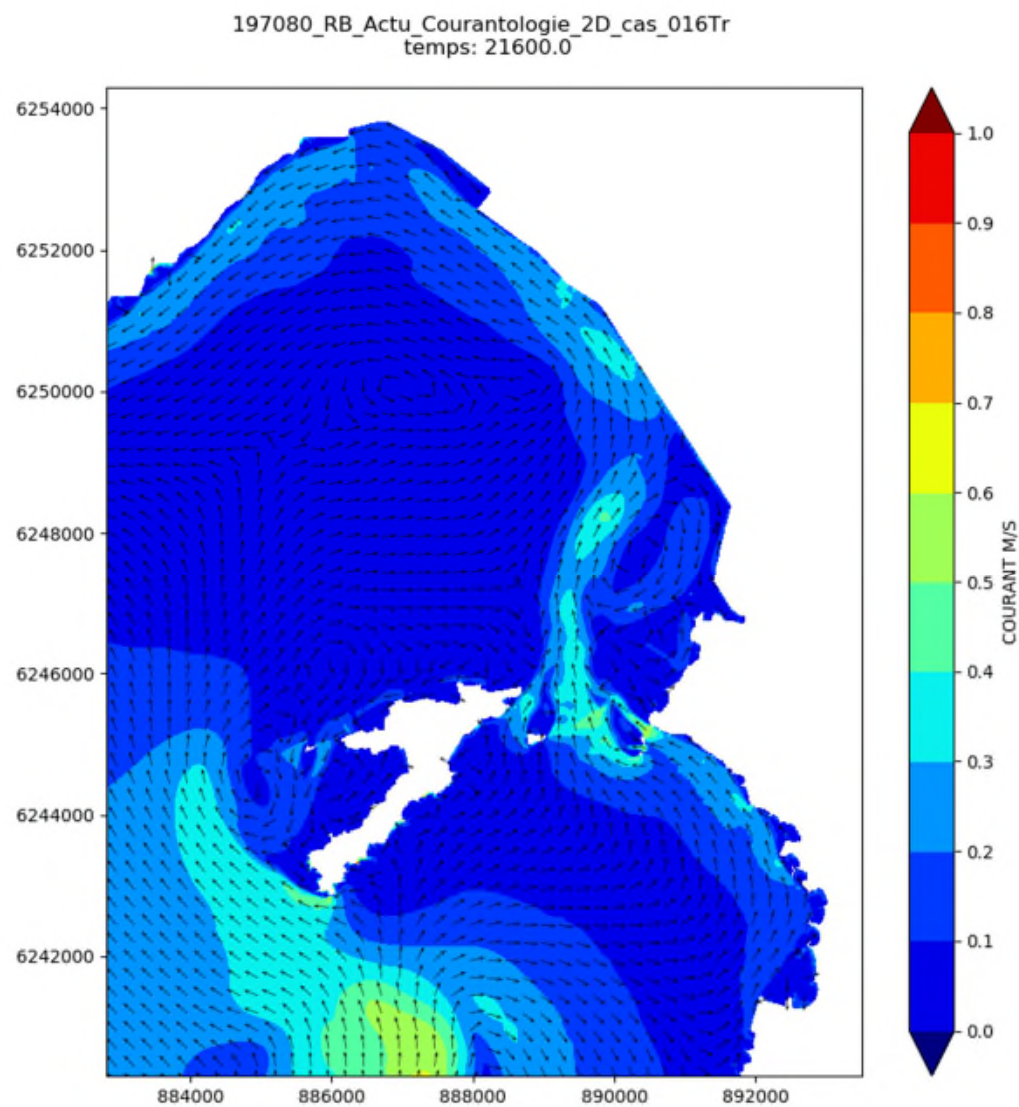
Zoom sur la zone d'étude



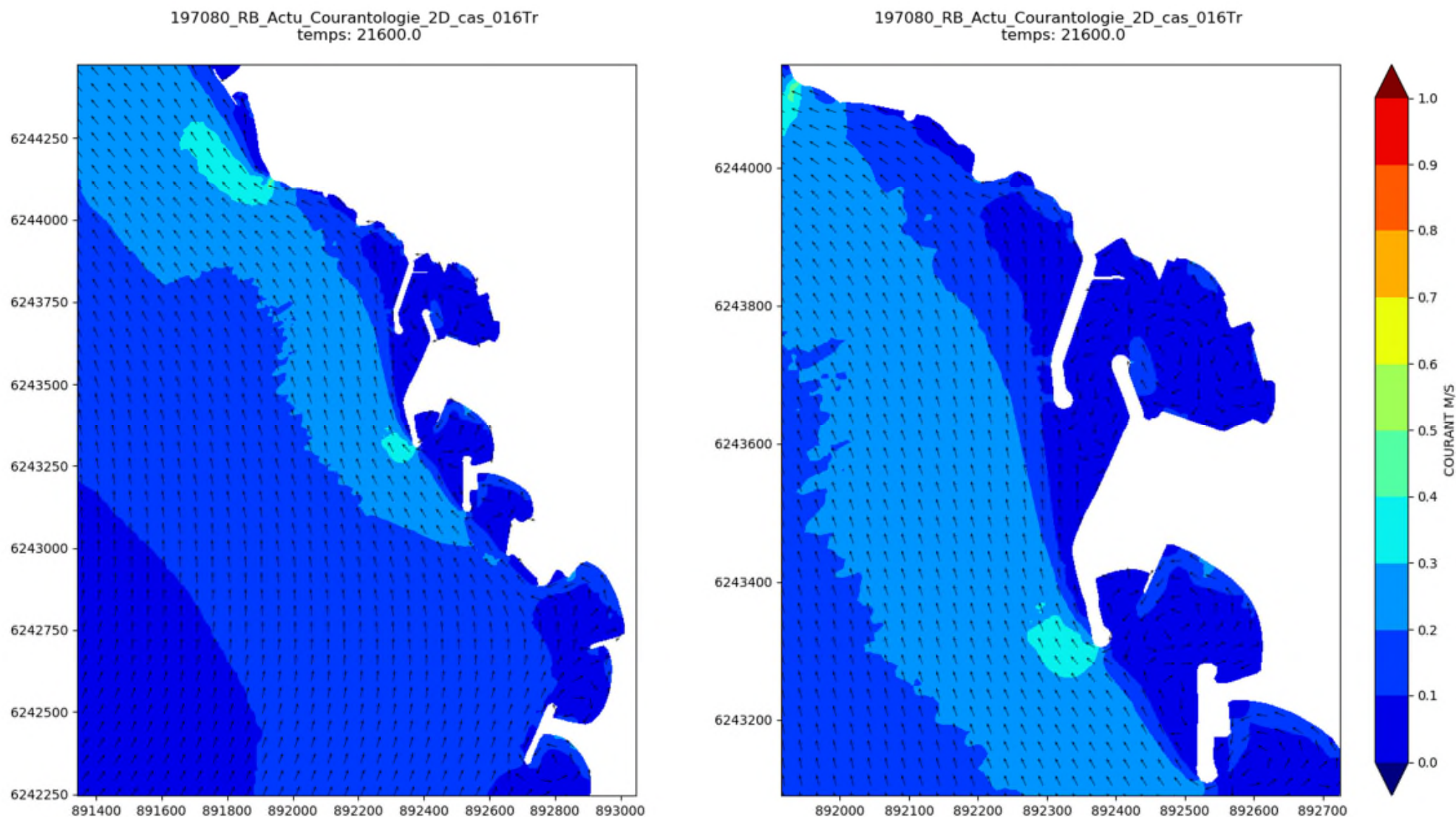
Vue globale



Zoom sur la zone d'étude



Vue globale

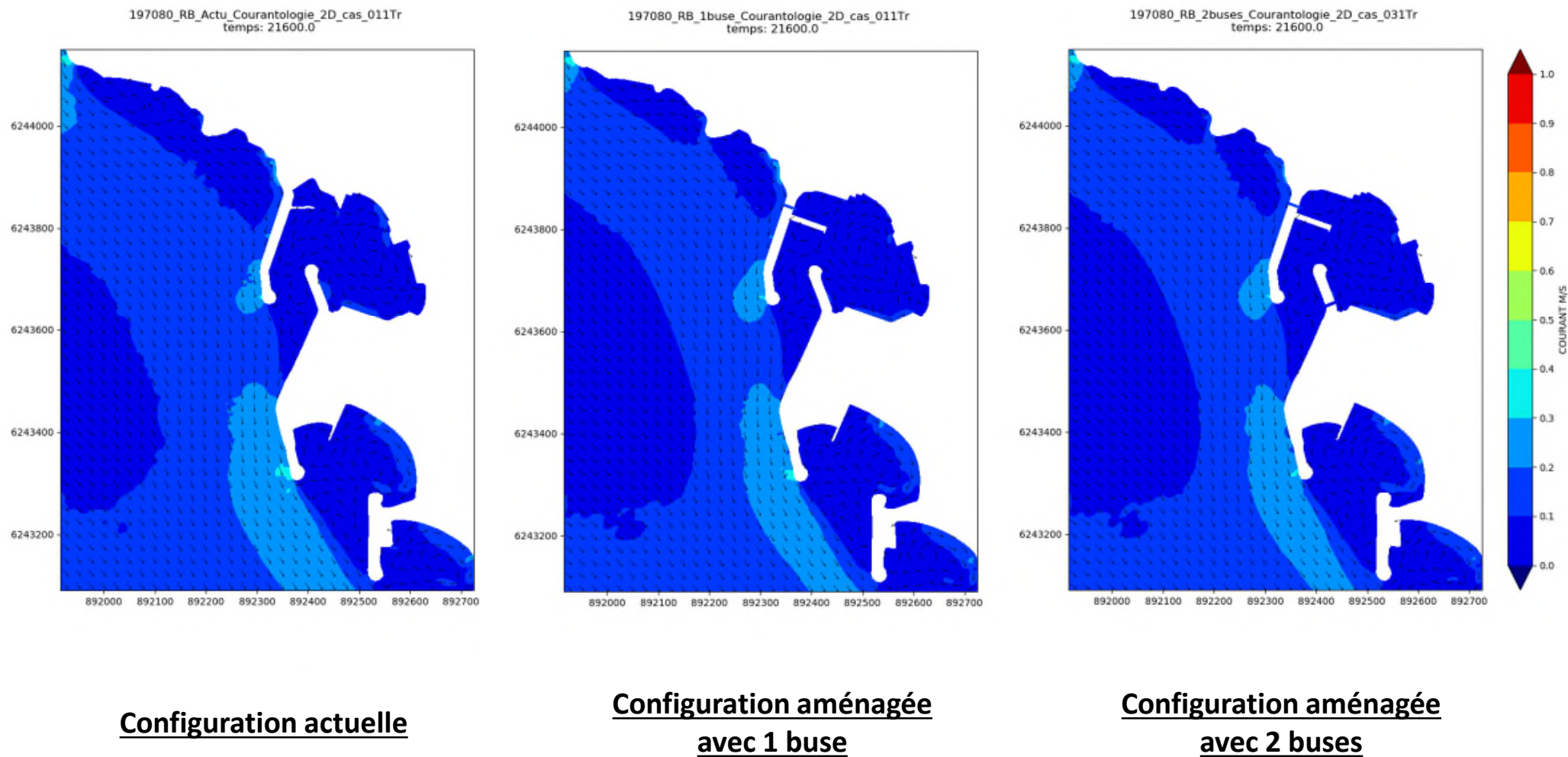


Zoom sur la zone d'étude

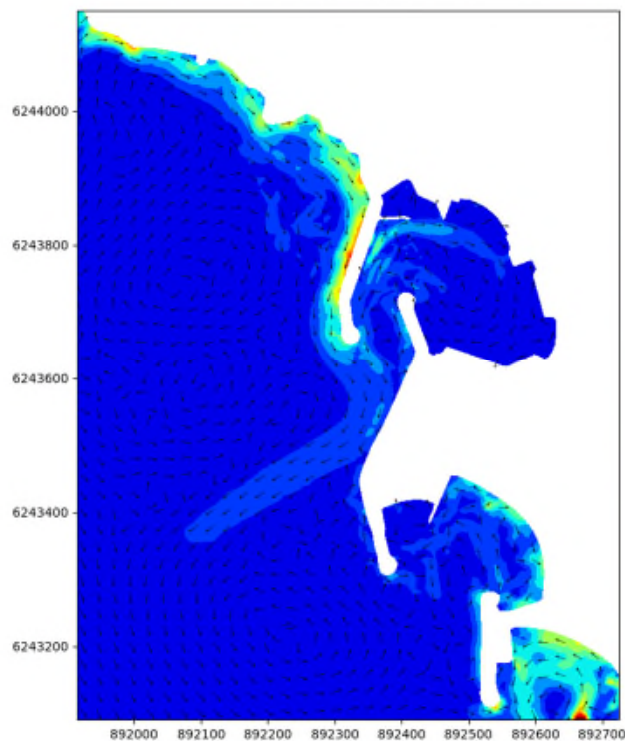
ANNEXE 3.b

**COMPARAISON DES
CONFIGURATIONS**

Résultats de la courantologie

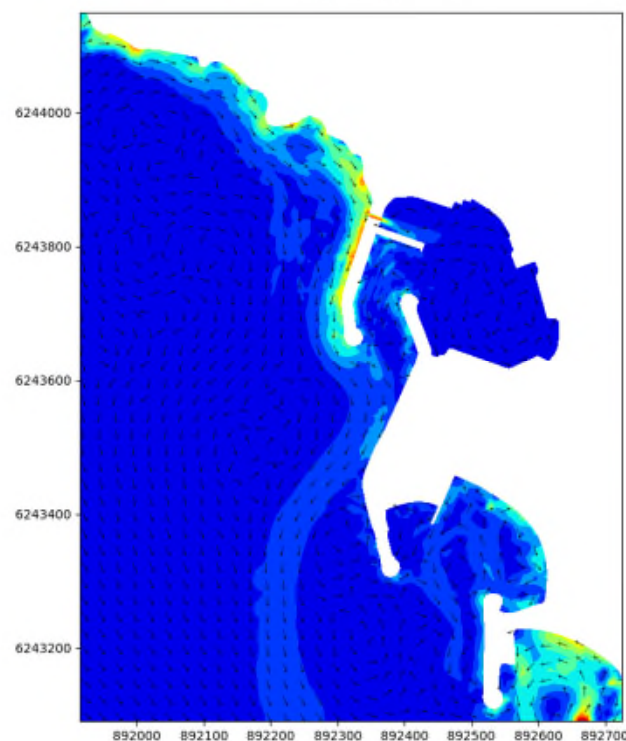


197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 21600.0



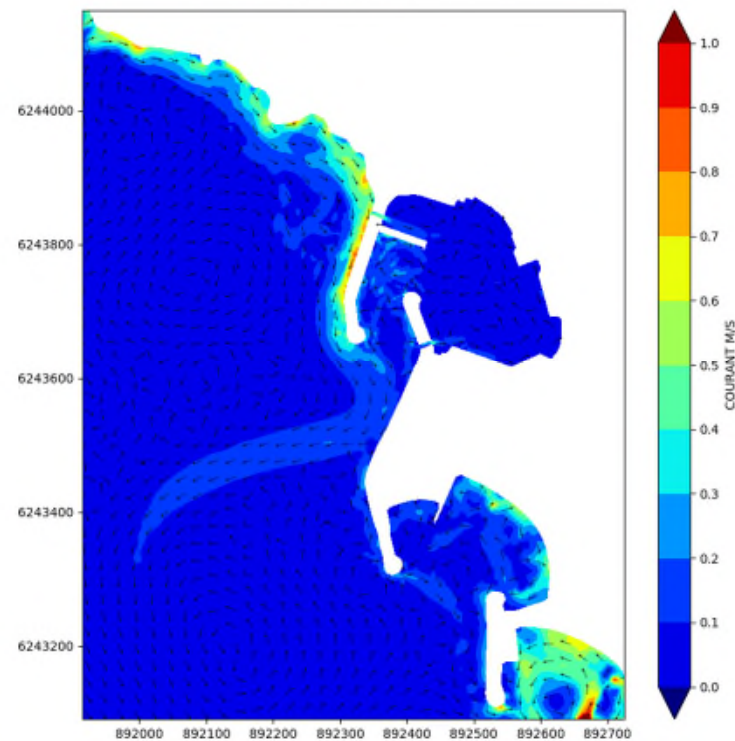
Configuration actuelle

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 21600.0



**Configuration aménagée
avec 1 buse**

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_032Tr
temps: 21600.0

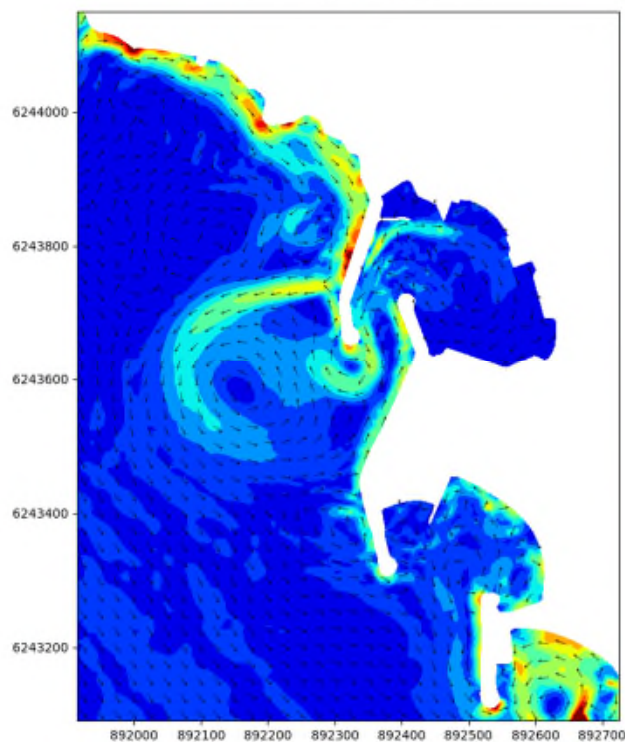


**Configuration aménagée
avec 2 buses**

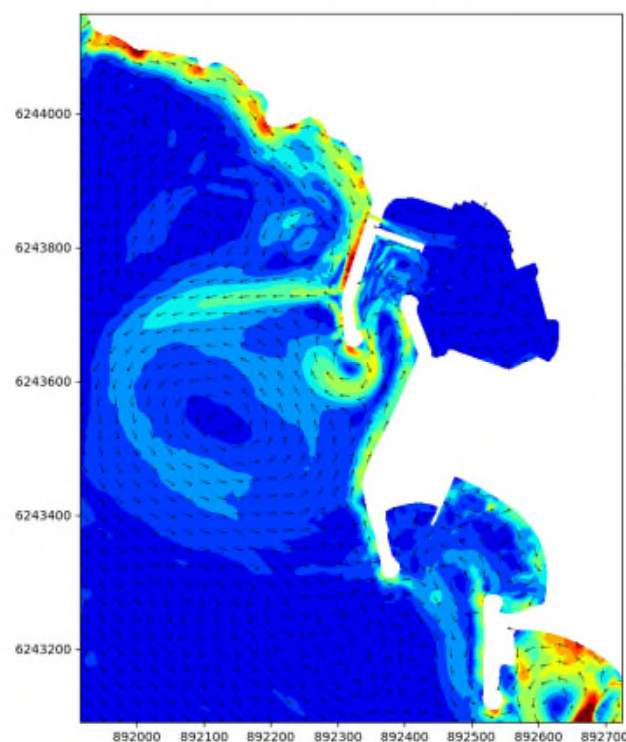
197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_013Tr
temps: 21600.0

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_013Tr_TER
temps: 21600.0

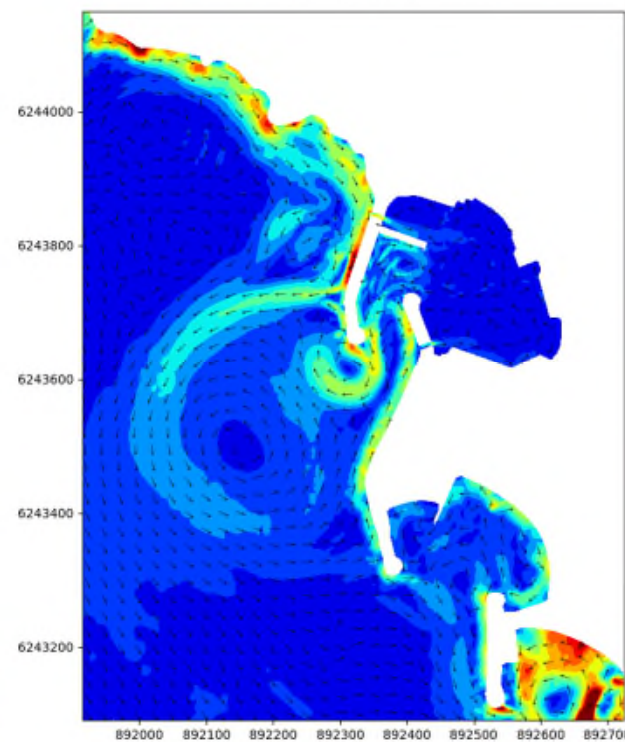
197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 21600.0



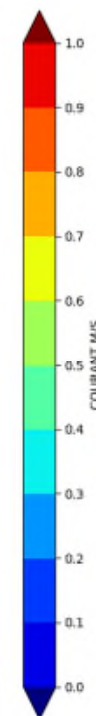
Configuration actuelle



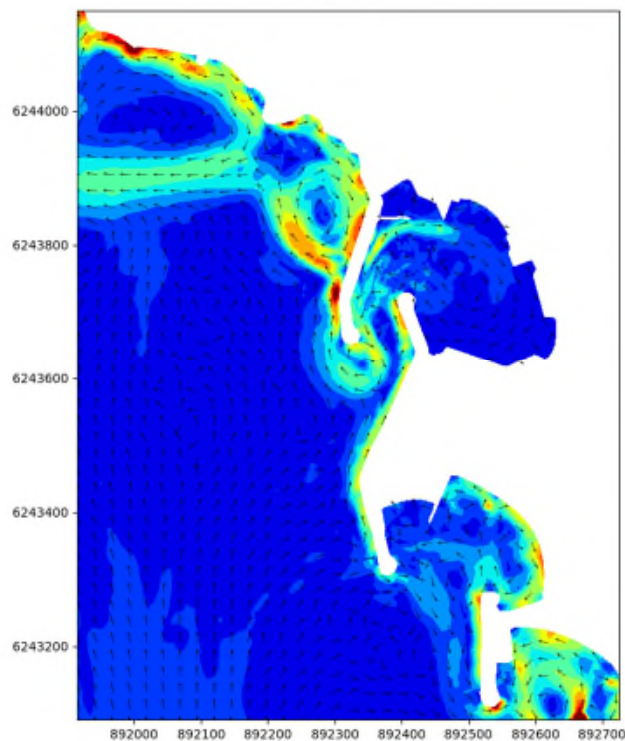
**Configuration aménagée
avec 1 buse**



**Configuration aménagée
avec 2 buses**

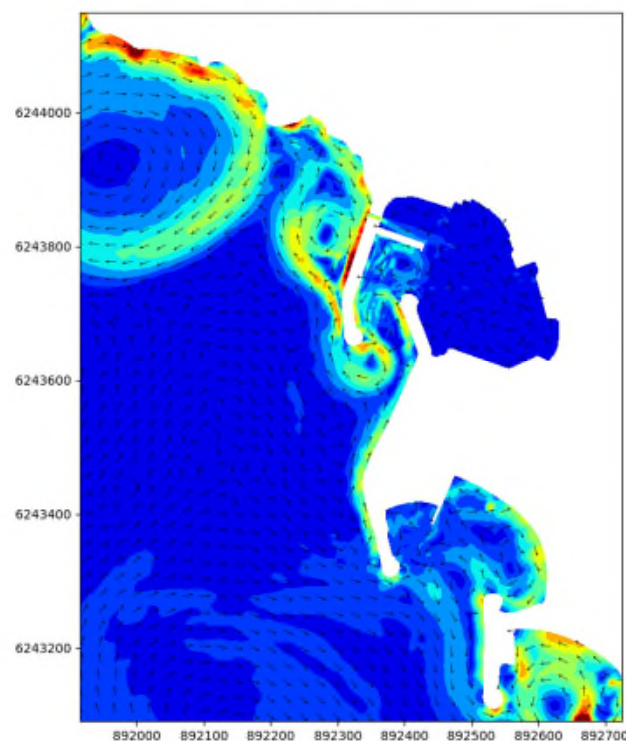


197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_014Tr
temps: 21600.0



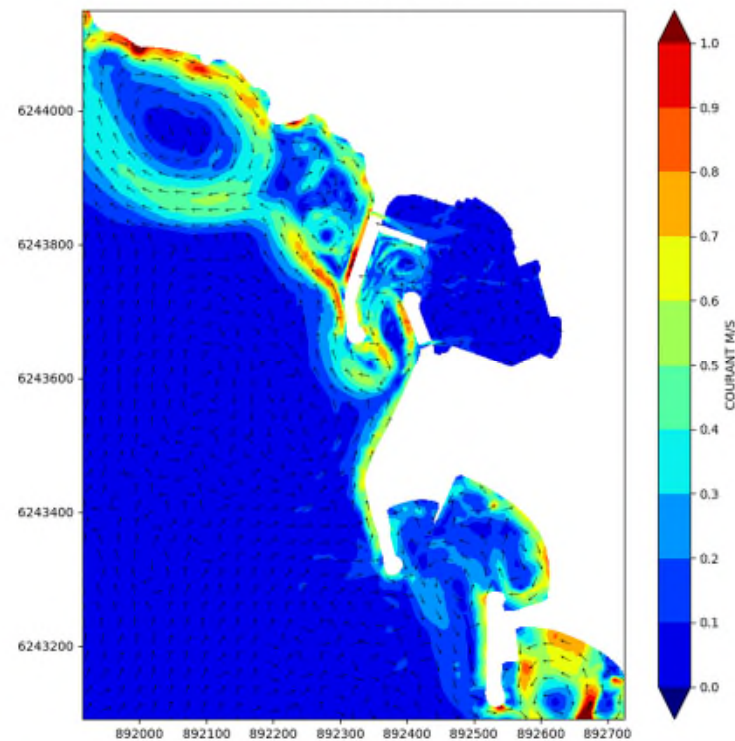
Configuration actuelle

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_014Tr
temps: 21600.0



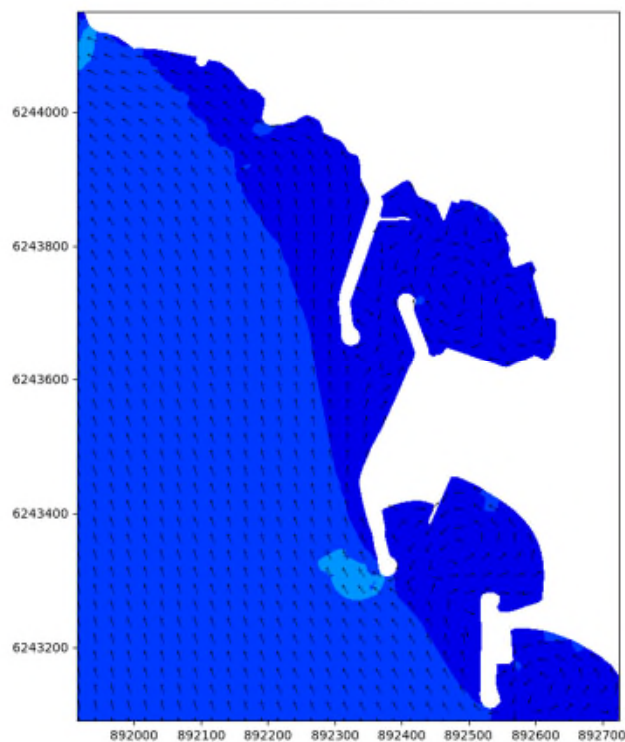
**Configuration aménagée
avec 1 buse**

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 21600.0



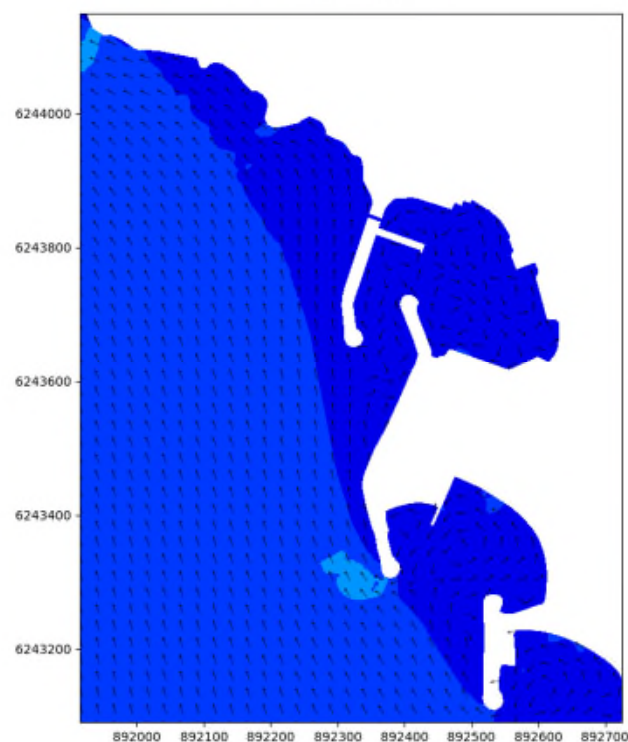
**Configuration aménagée
avec 2 buses**

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_015Tr
temps: 21600.0



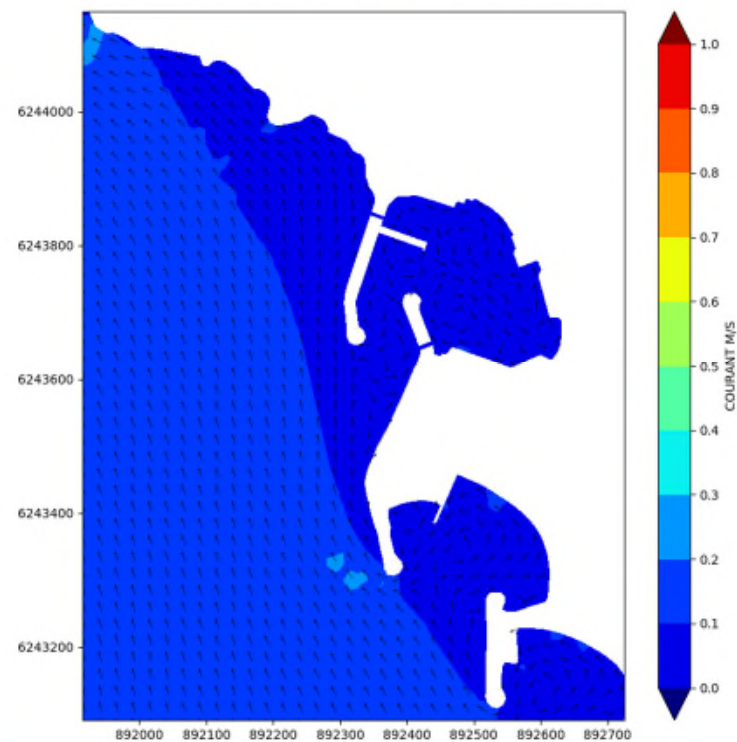
Configuration actuelle

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_015Tr
temps: 21600.0

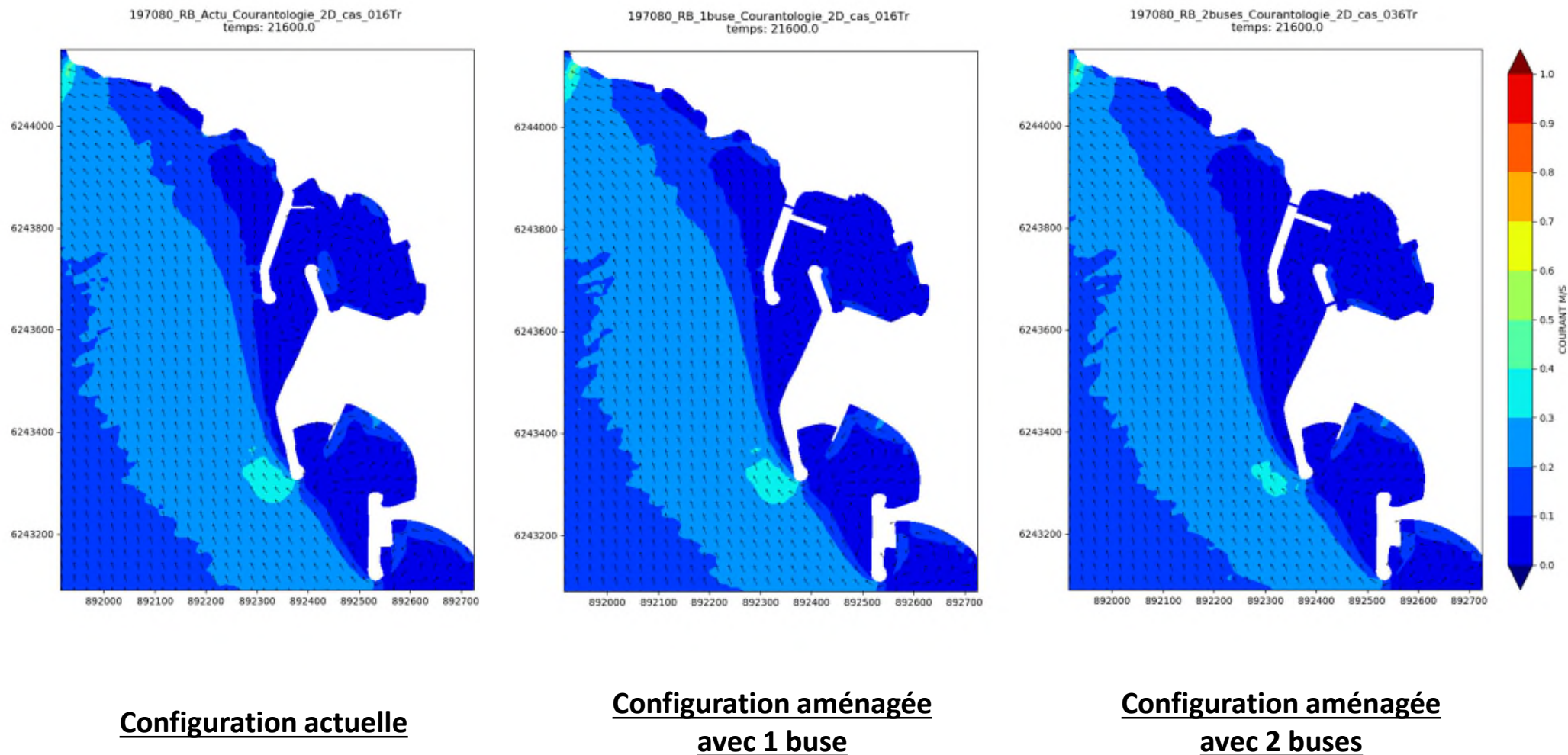


**Configuration aménagée
avec 1 buse**

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_035Tr
temps: 21600.0



**Configuration aménagée
avec 2 buses**



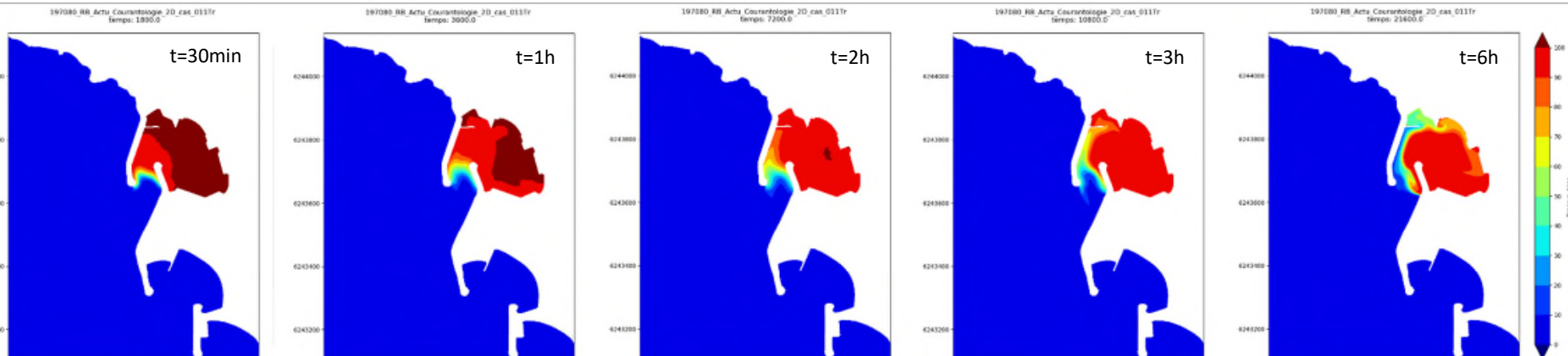
ANNEXE 4.a

COMPARAISON DES CONFIGURATIONS

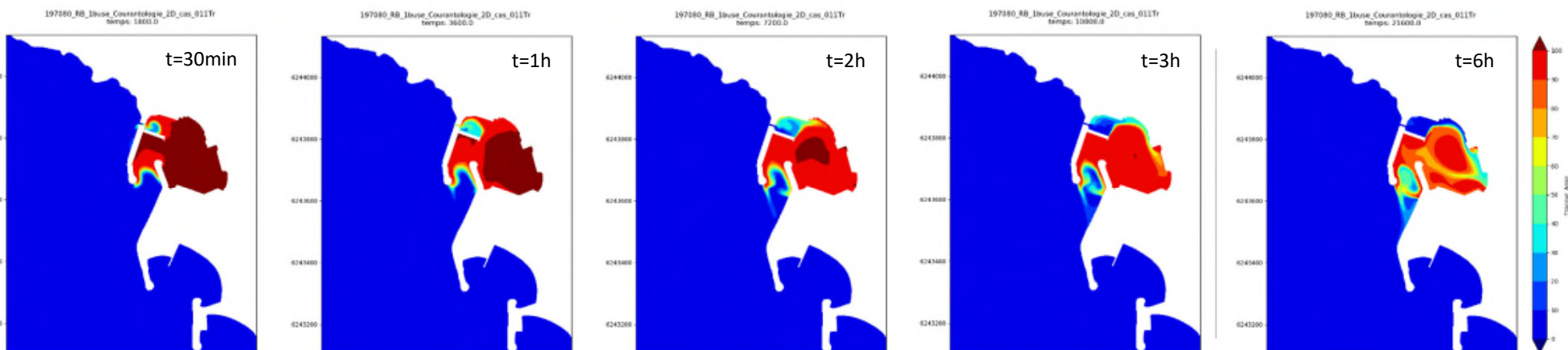
Résultats de la courantologie - Traceurs

Traceur dans l'anse

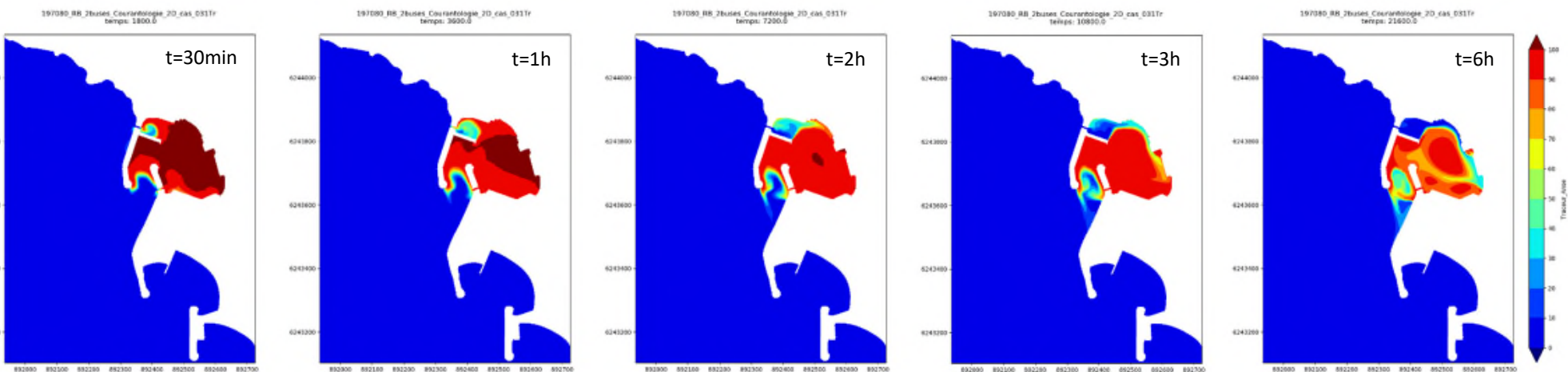
Configuration actuelle



Configuration avec 1 buse



Configuration avec 2 buses



Configuration actuelle

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_033Tr
temps: 1800.0

t=30min

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_033Tr
temps: 3600.0

t=1h

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_033Tr
temps: 7200.0

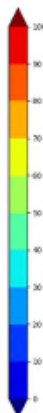
t=2h

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_033Tr
temps: 10800.0

t=3h

197080_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_033Tr
temps: 21600.0

t=6h



Configuration avec 1 buse

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 1800.0

t=30min

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 3600.0

t=1h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 7200.0

t=2h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 10800.0

t=3h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 21600.0

t=6h



Configuration avec 2 buses

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 1800.0

t=30min

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 3600.0

t=1h

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 7200.0

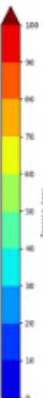
t=2h

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 10800.0

t=3h

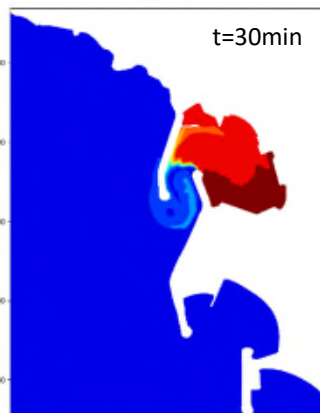
197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_033Tr_TER
temps: 21600.0

t=6h

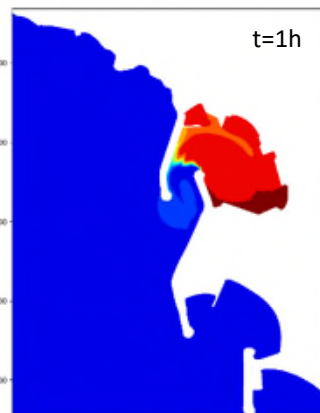


Configuration actuelle

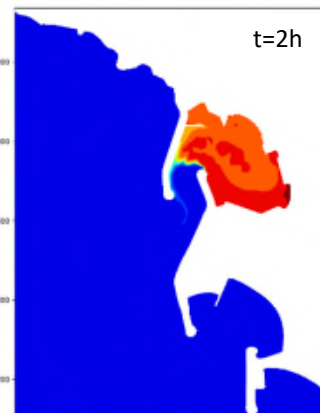
197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 1800.0



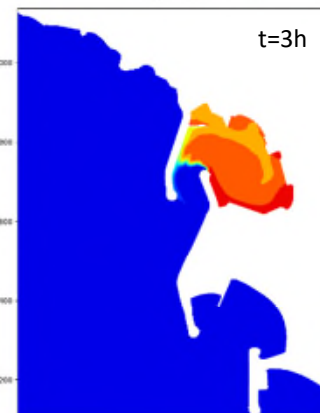
197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 3600.0



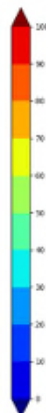
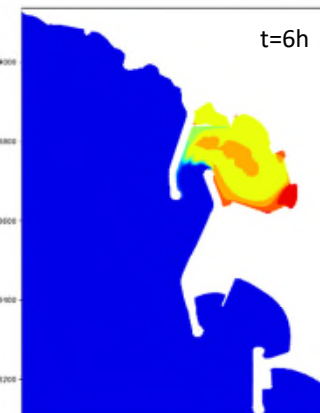
197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 7200.0



197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 10800.0

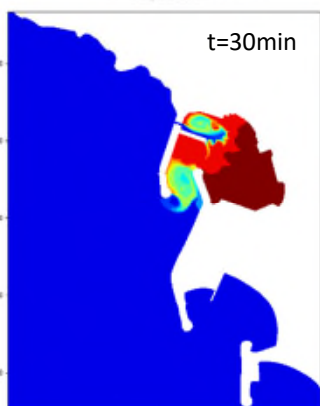


197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 21600.0

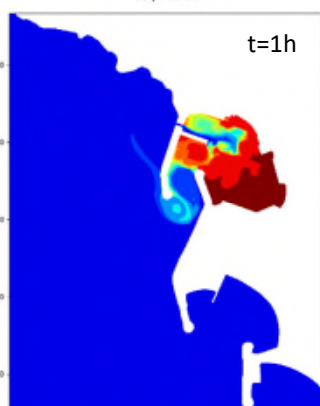


Configuration avec 1 buse

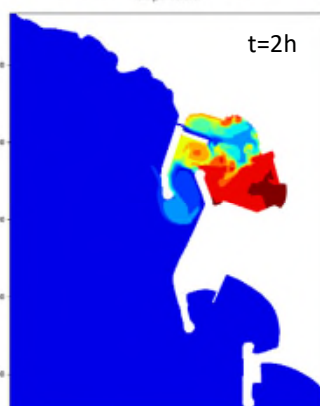
197080_RR_1buse_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 1800.0



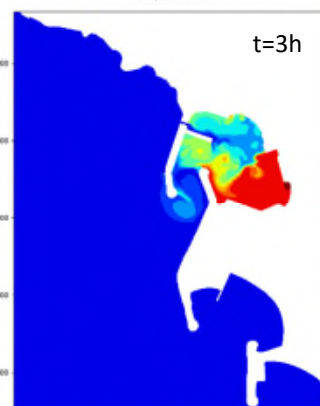
197080_RR_1buse_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 3600.0



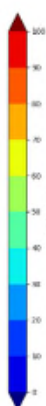
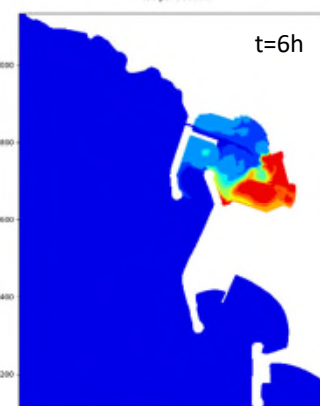
197080_RR_1buse_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 7200.0



197080_RR_1buse_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 10800.0



197080_RR_1buse_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 21600.0

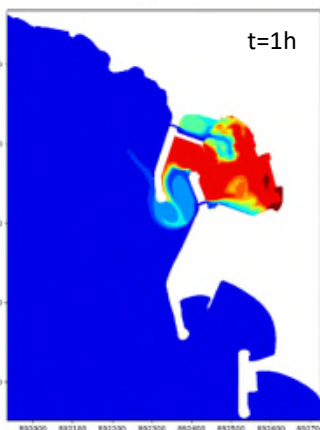


Configuration avec 2 buses

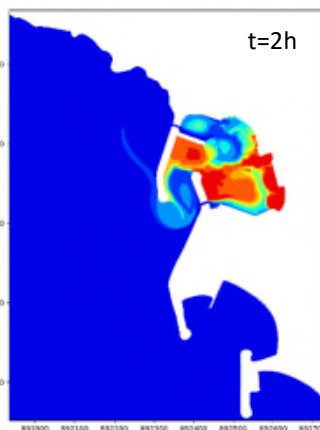
197080_RR_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 1800.0



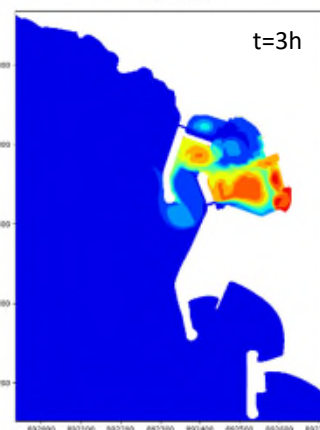
197080_RR_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 3600.0



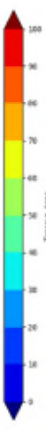
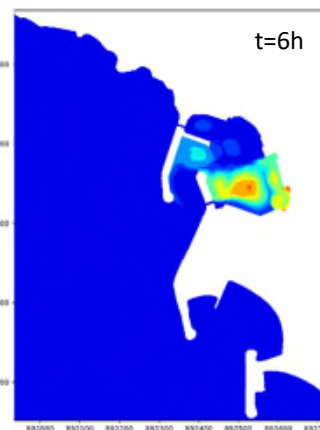
197080_RR_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 7200.0



197080_RR_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 10800.0



197080_RR_2buses_Courantologie_2D_cas_034Tr
temps: 21600.0



Configuration actuelle

197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 1800.0

t=30min

197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 3600.0

t=1h

197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 7200.0

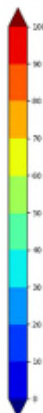
t=2h

197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 10800.0

t=3h

197080_RR_Actu_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 21600.0

t=6h



Configuration avec 1 buse

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 1800.0

t=30min

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 3600.0

t=1h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 7200.0

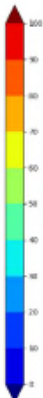
t=2h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 10800.0

t=3h

197080_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 21600.0

t=6h



Configuration avec 2 buses

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 1800.0

t=30min

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 3600.0

t=1h

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 7200.0

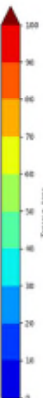
t=2h

197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 10800.0

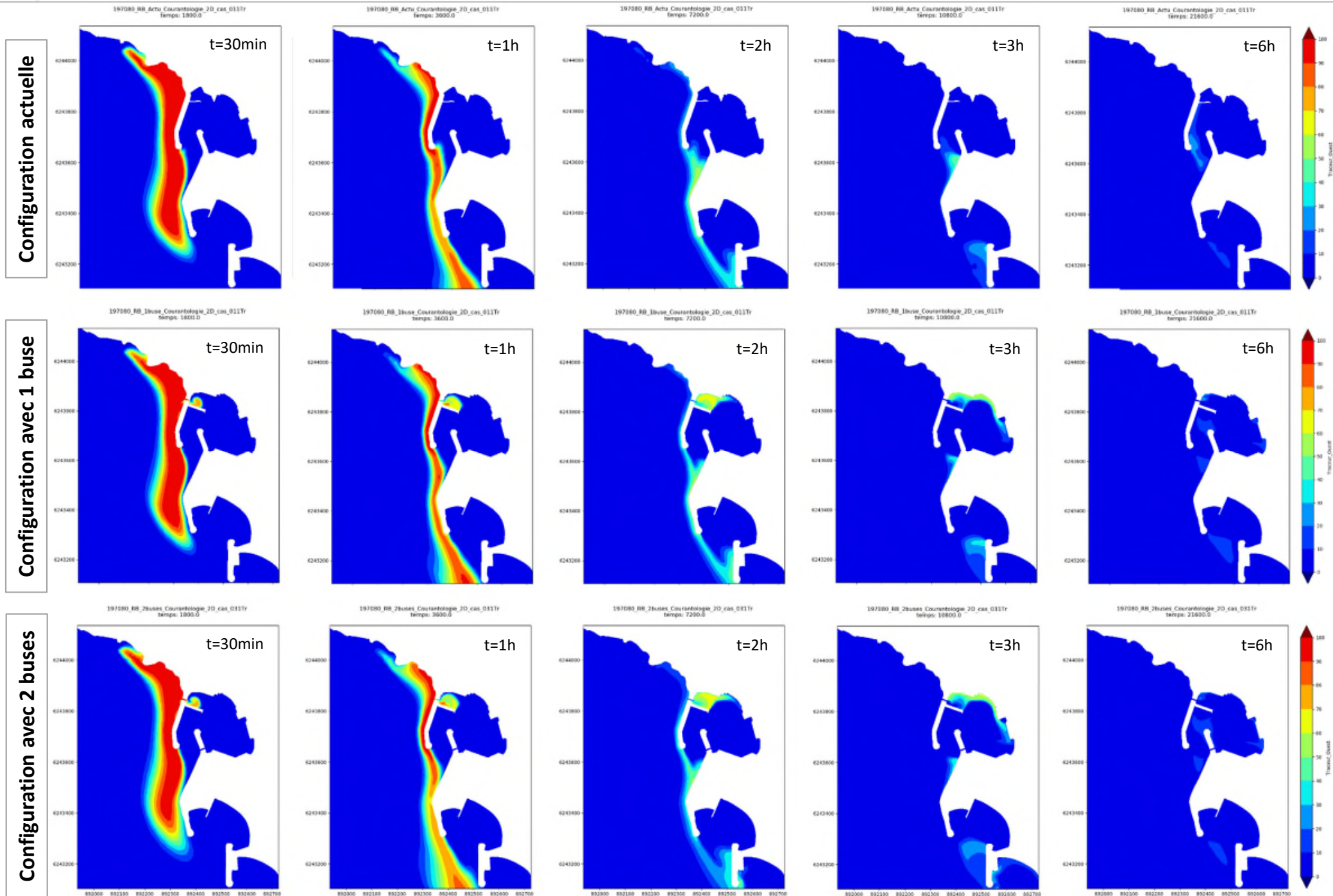
t=3h

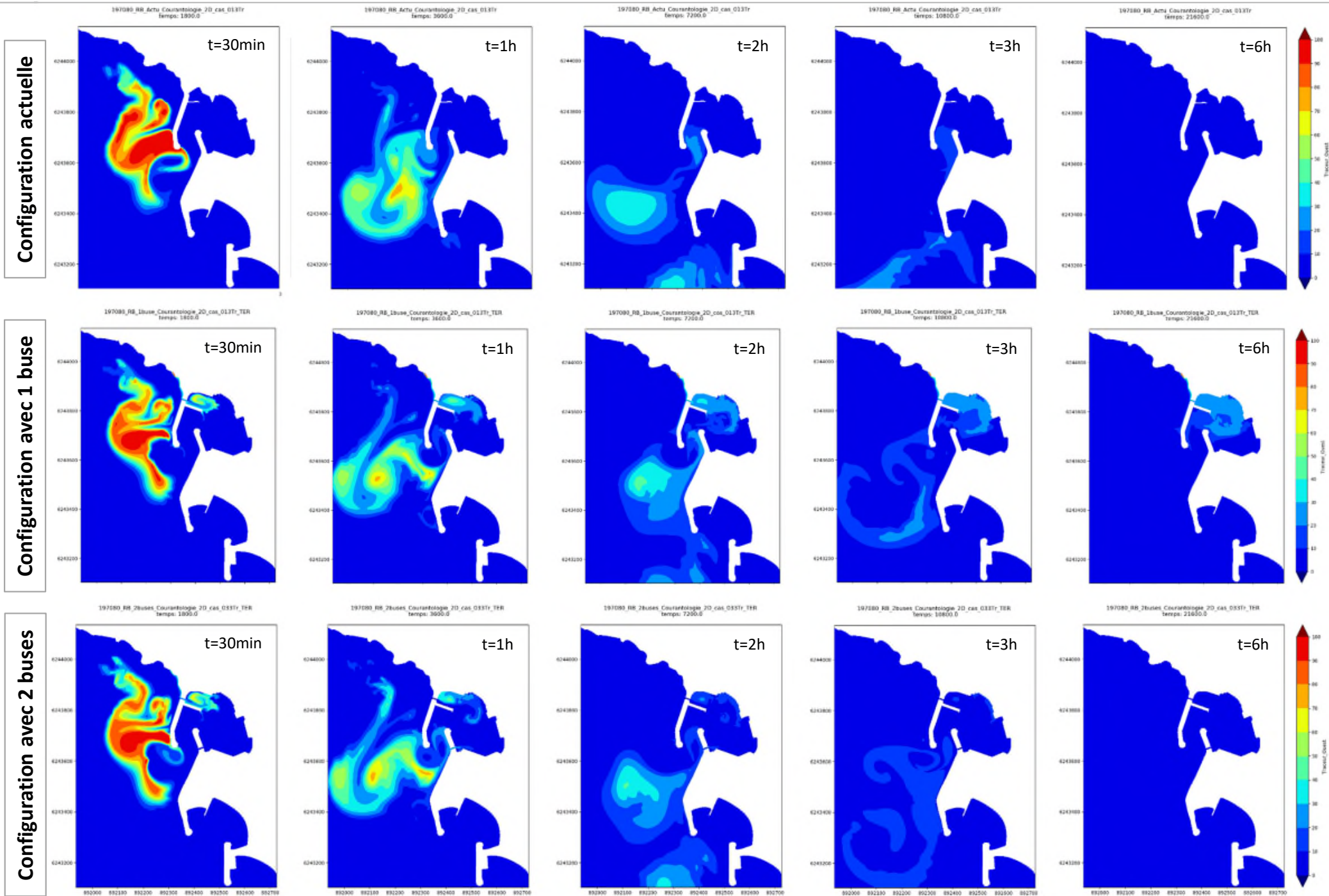
197080_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_016Tr
temps: 21600.0

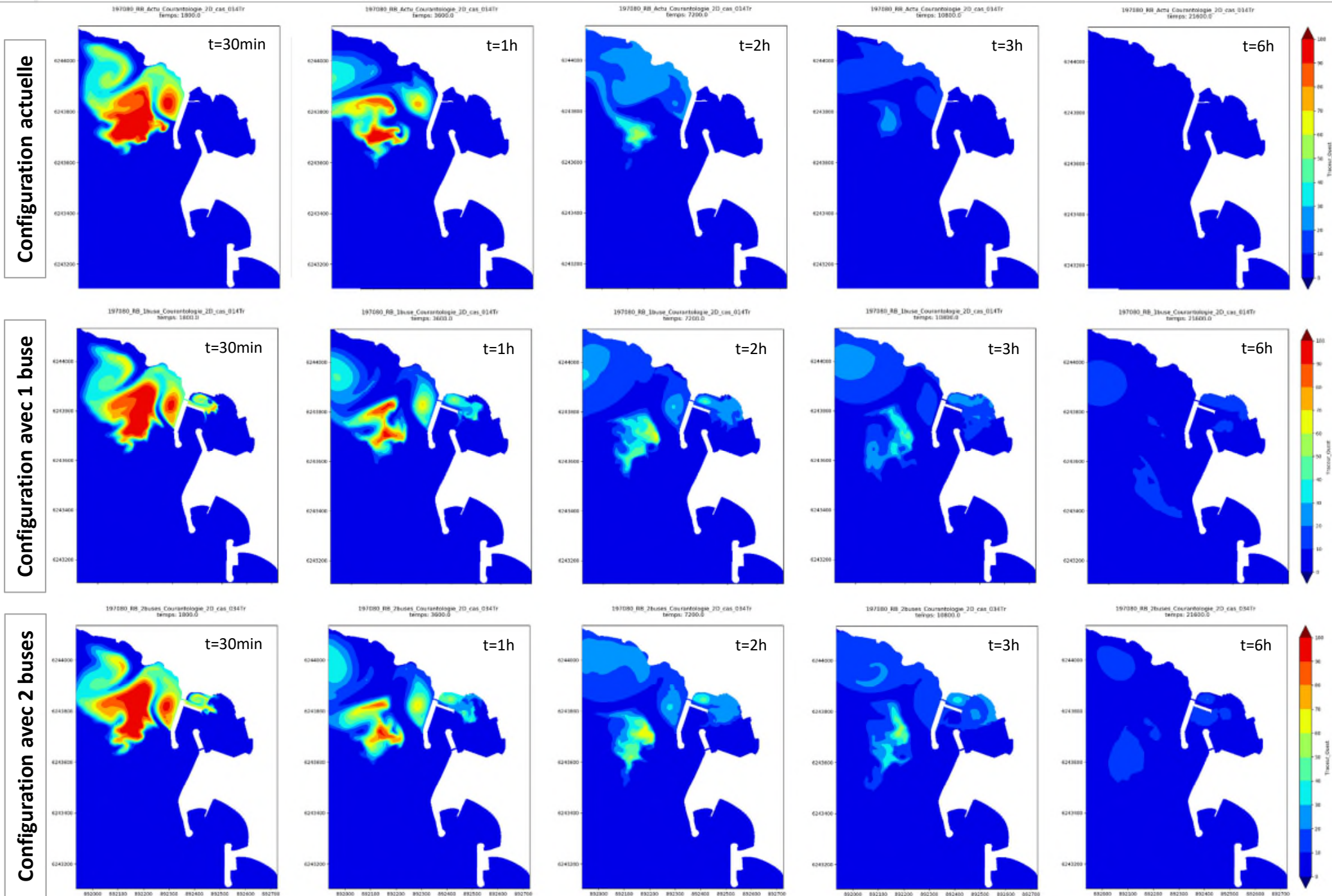
t=6h



Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

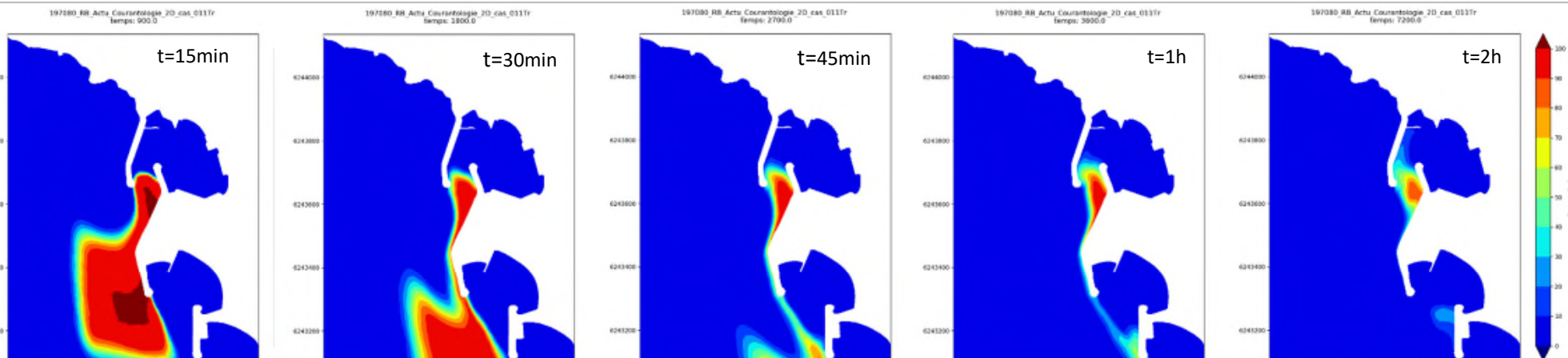




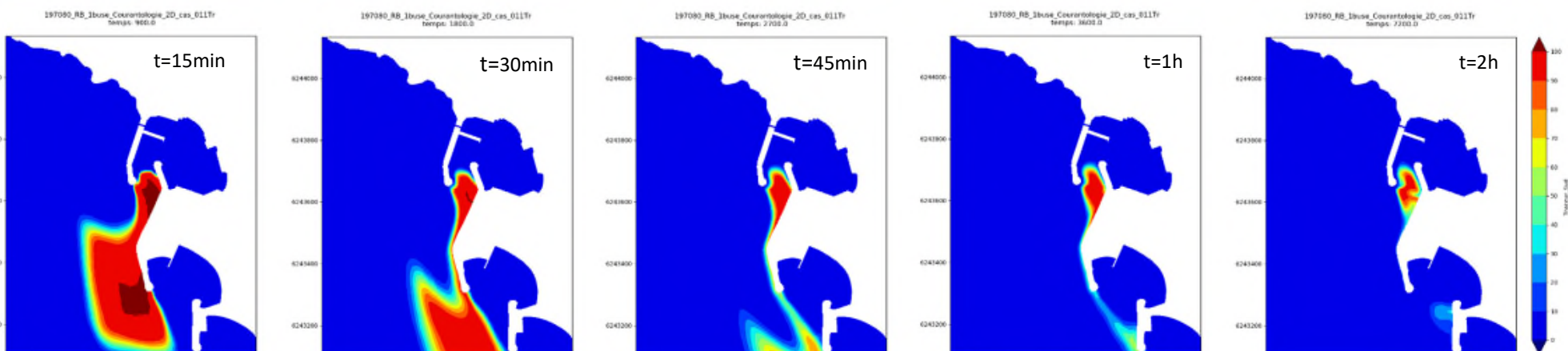


Traceur extérieur au Sud de l'anse

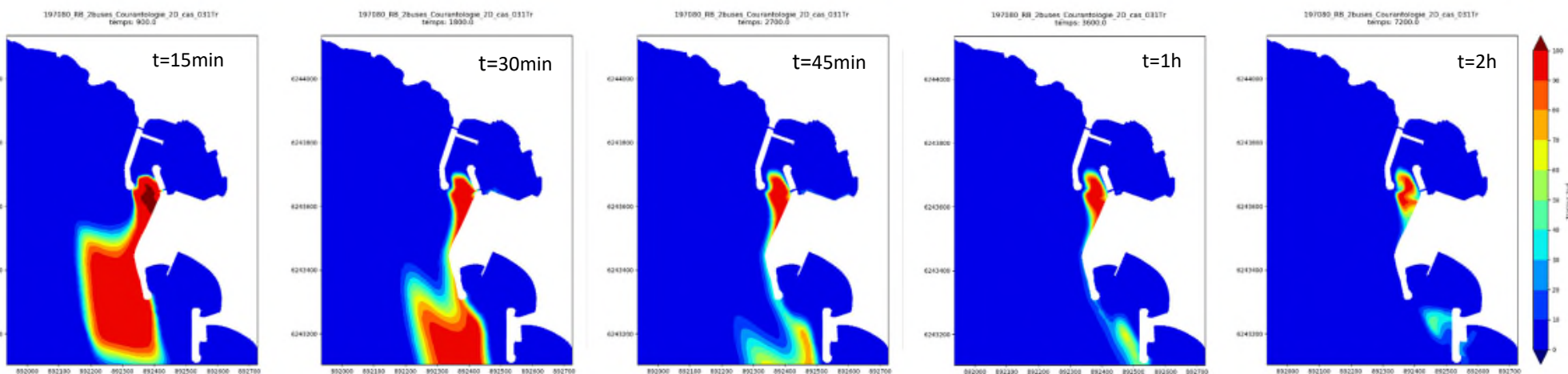
Configuration actuelle



Configuration avec 1 buse



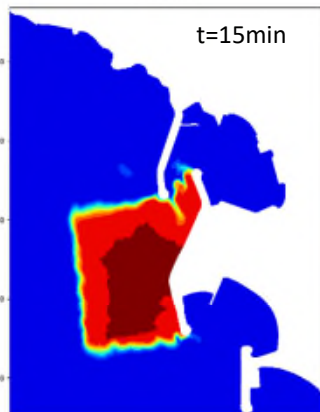
Configuration avec 2 buses



Configuration actuelle

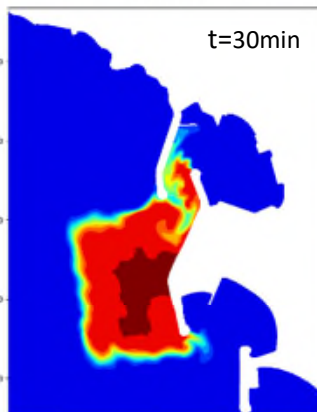
197580_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 900.0

t=15min



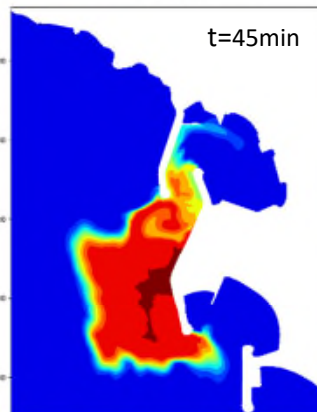
197580_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 1800.0

t=30min



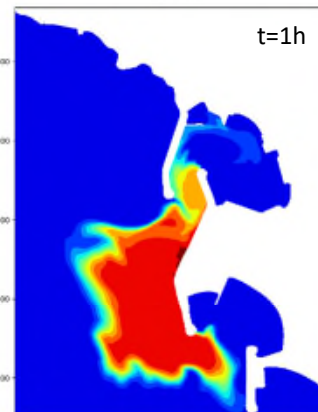
197580_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 2700.0

t=45min



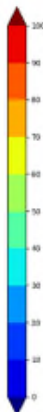
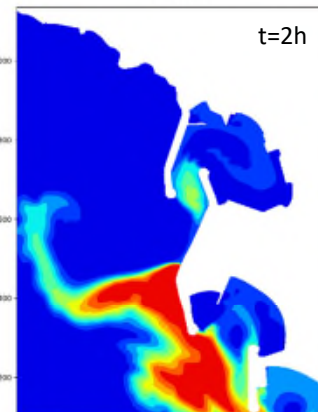
197580_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 3600.0

t=1h



197580_RB_Actu_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 7200.0

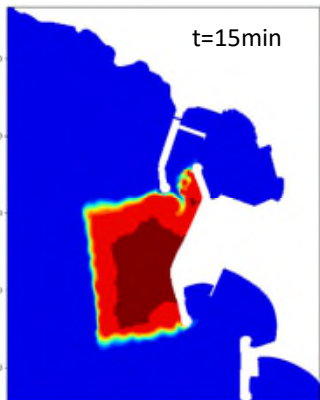
t=2h



Configuration avec 1 buse

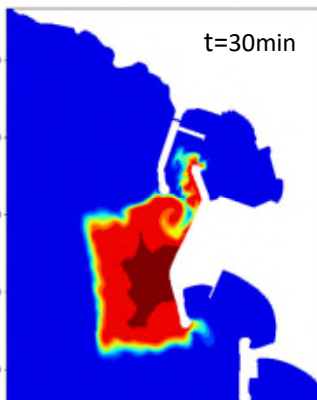
197090_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 900.0

t=15min



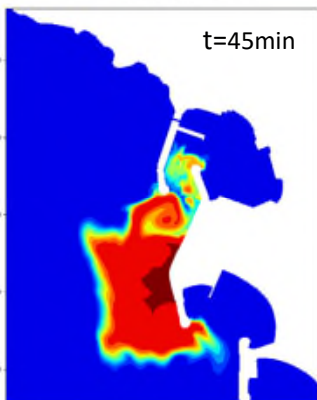
197090_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 1800.0

t=30min



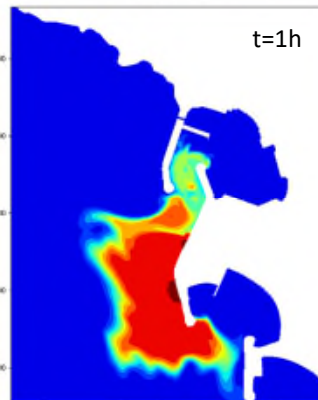
197090_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 2700.0

t=45min



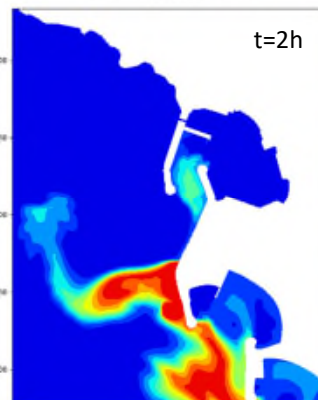
197090_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 3600.0

t=1h



197090_RB_1buse_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 7200.0

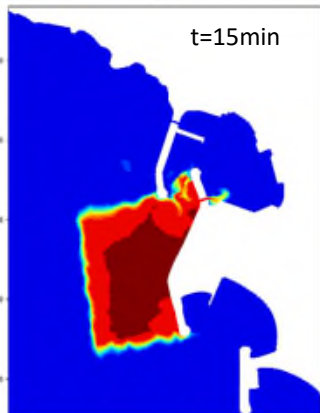
t=2h



Configuration avec 2 buses

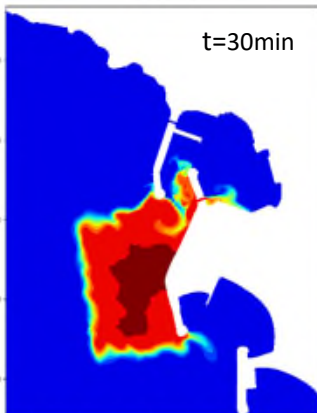
197580_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 900.0

t=15min



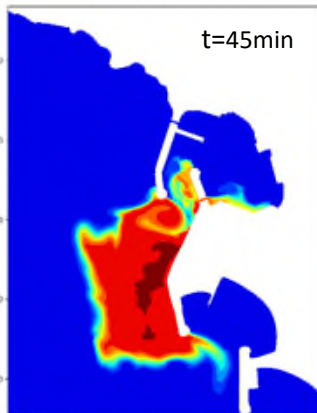
197580_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 1800.0

t=30min



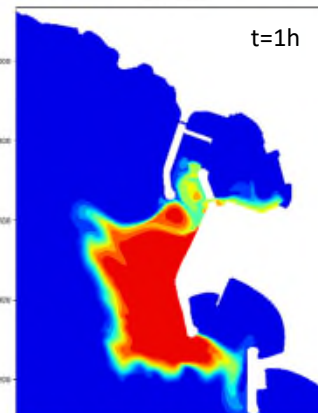
197580_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 2700.0

t=45min



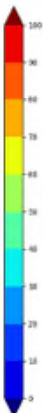
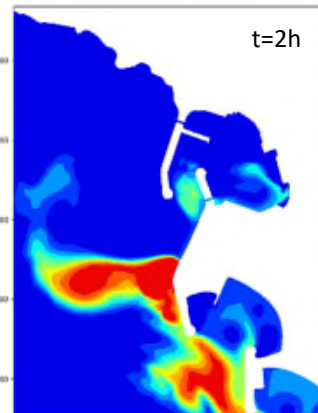
197580_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 3600.0

t=1h

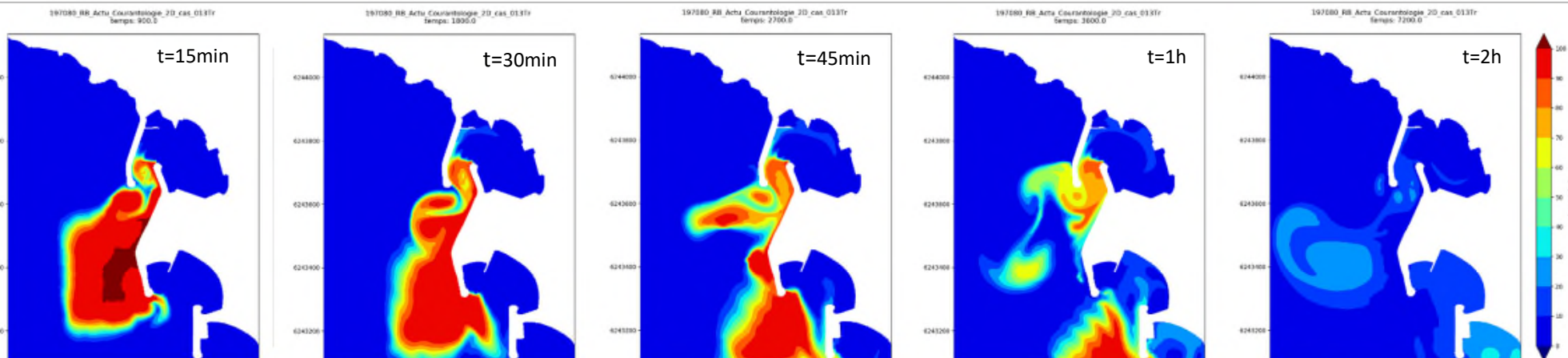


197580_RB_2buses_Courantologie_2D_cas_012Tr
temps: 7200.0

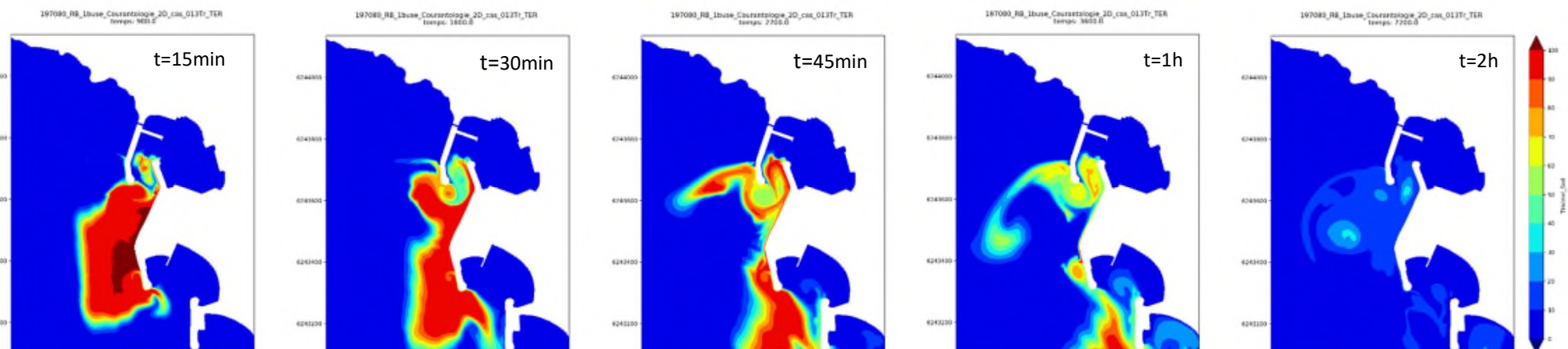
t=2h



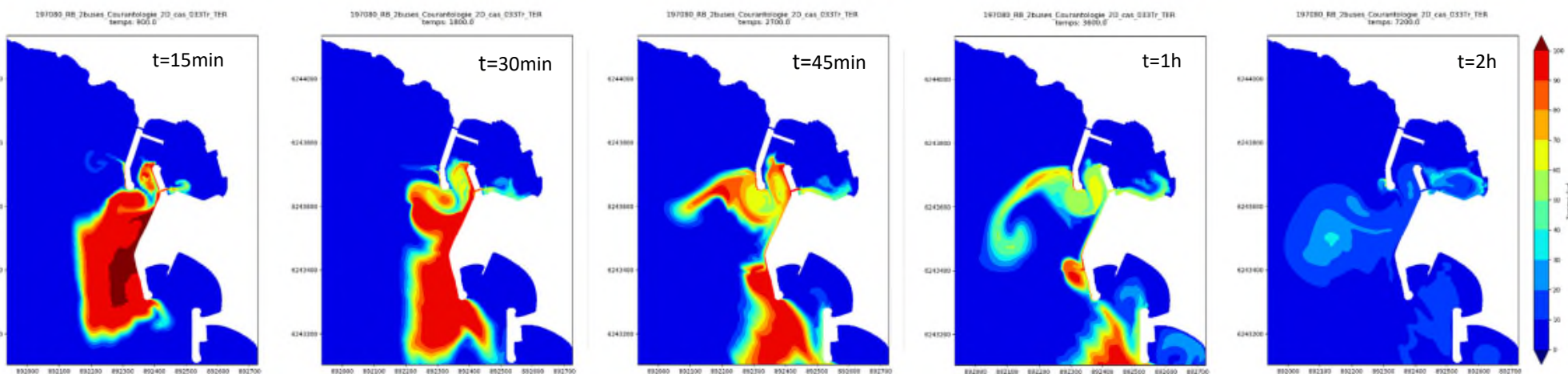
Configuration actuelle



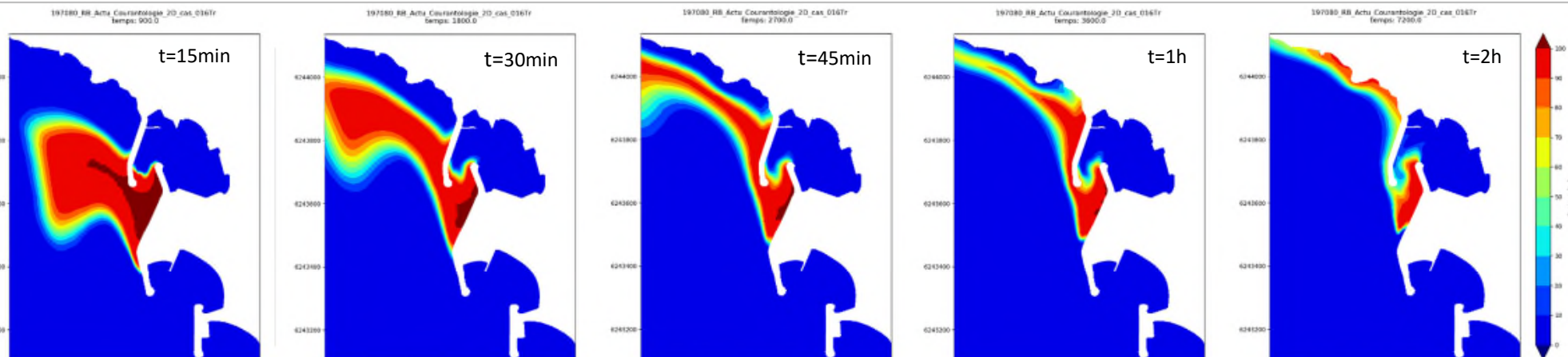
Configuration avec 1 buse



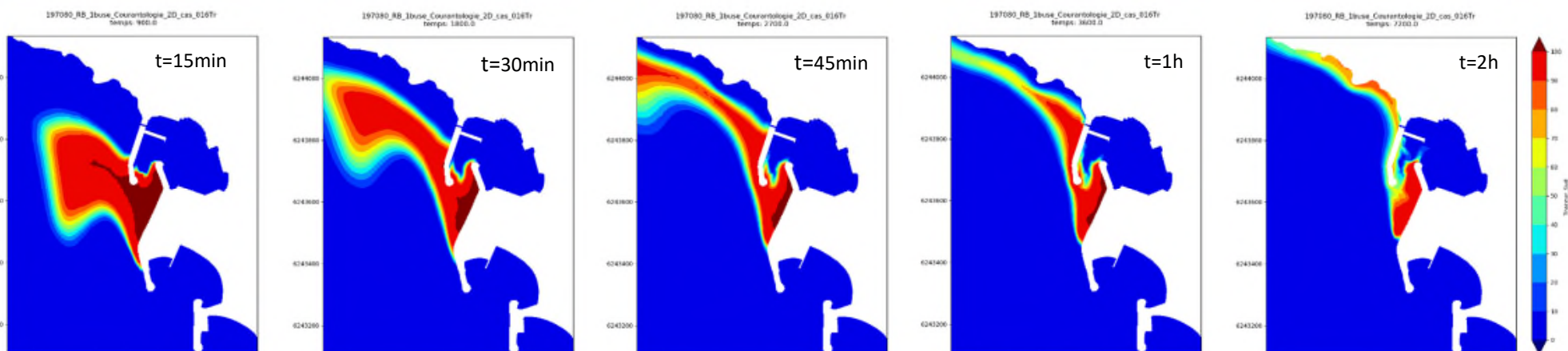
Configuration avec 2 buses



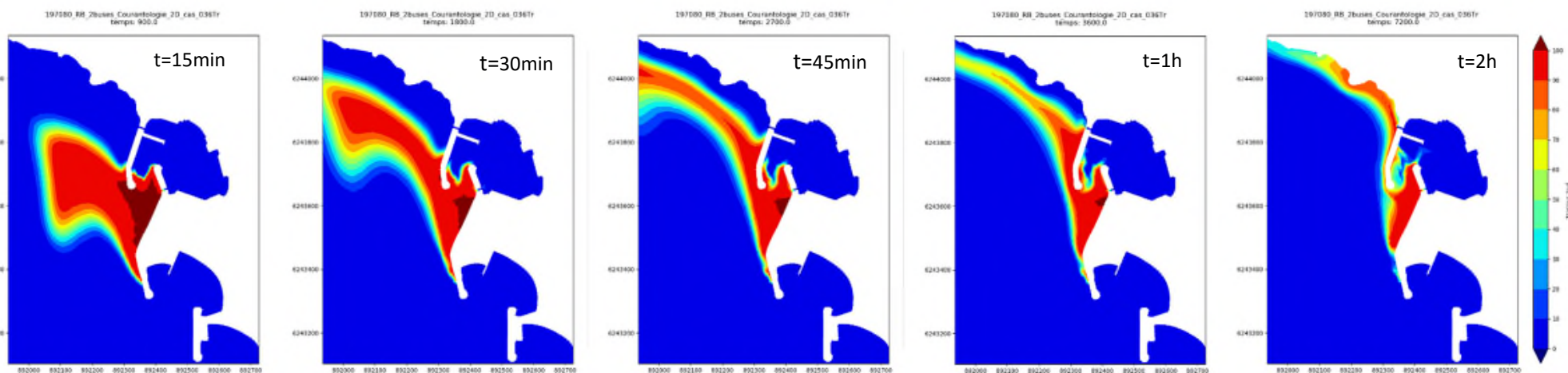
Configuration actuelle



Configuration avec 1 buse



Configuration avec 2 buses



ANNEXE 4.b

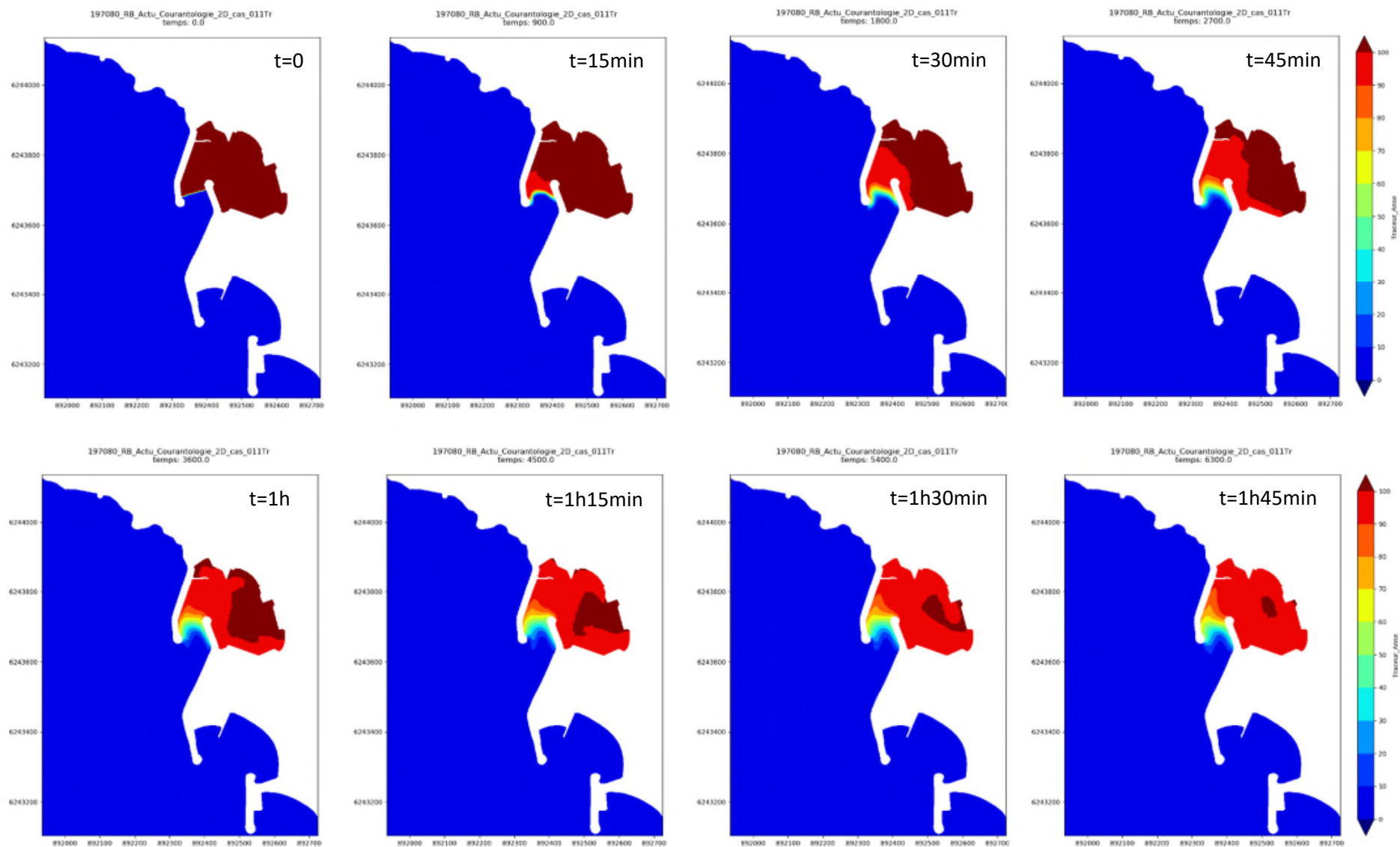
MODELISATION NUMERIQUE DE LA CONFIGURATION ACTUELLE

Résultats de la courantologie - Traceurs

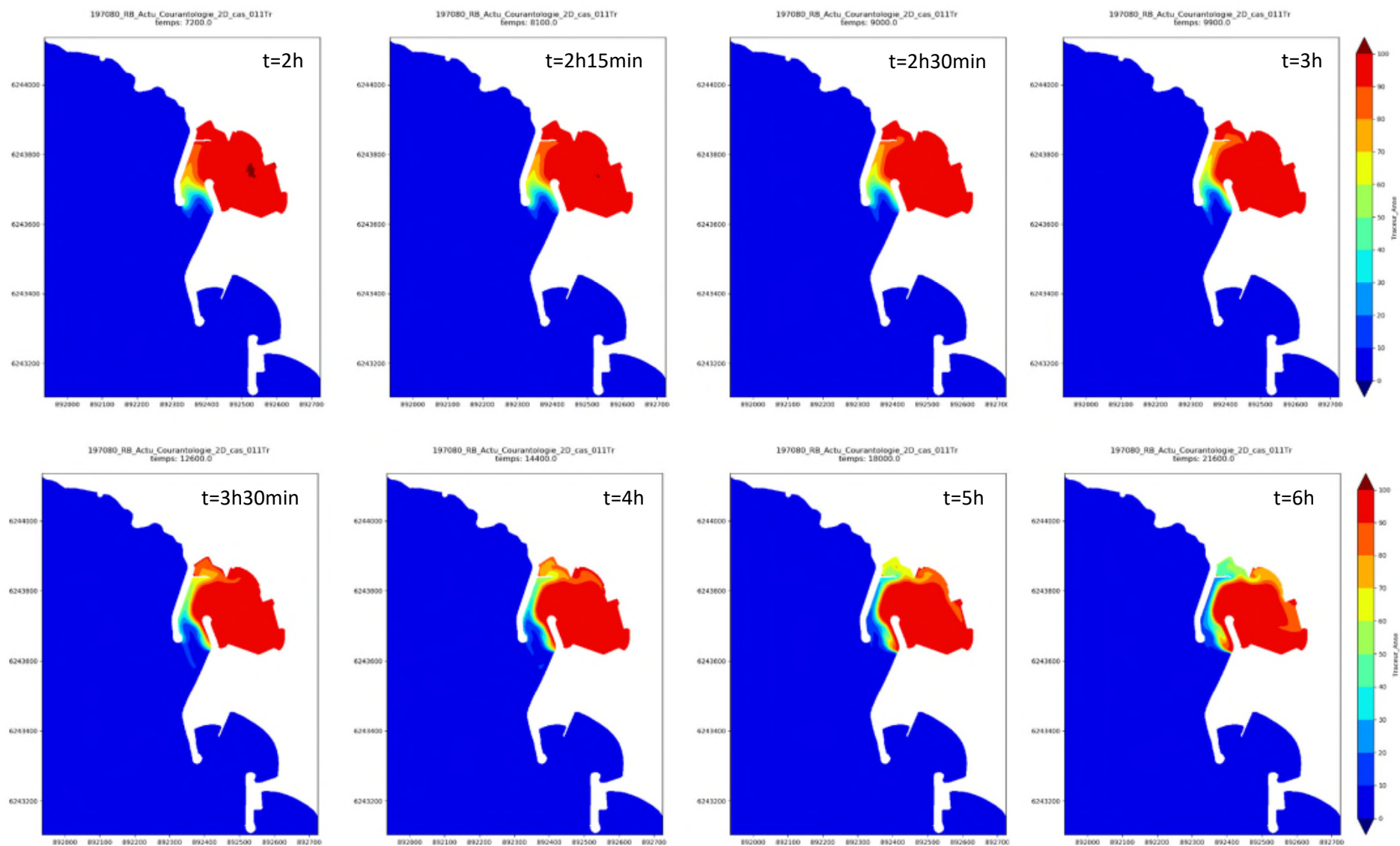
CAS 1

Traceur dans l'anse

CAS 1 – TRACEUR ANSE



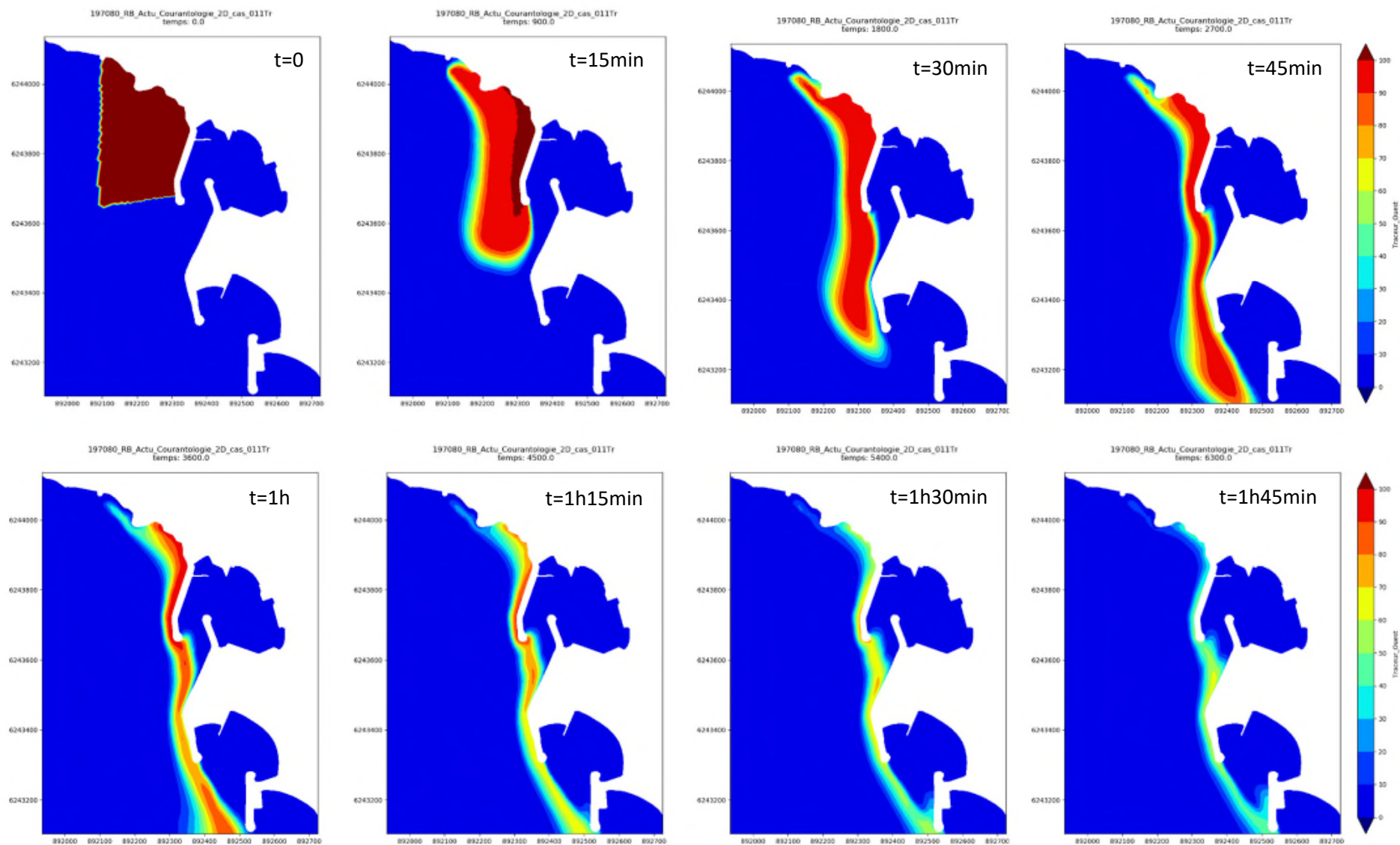
CAS 1 – TRACEUR ANSE



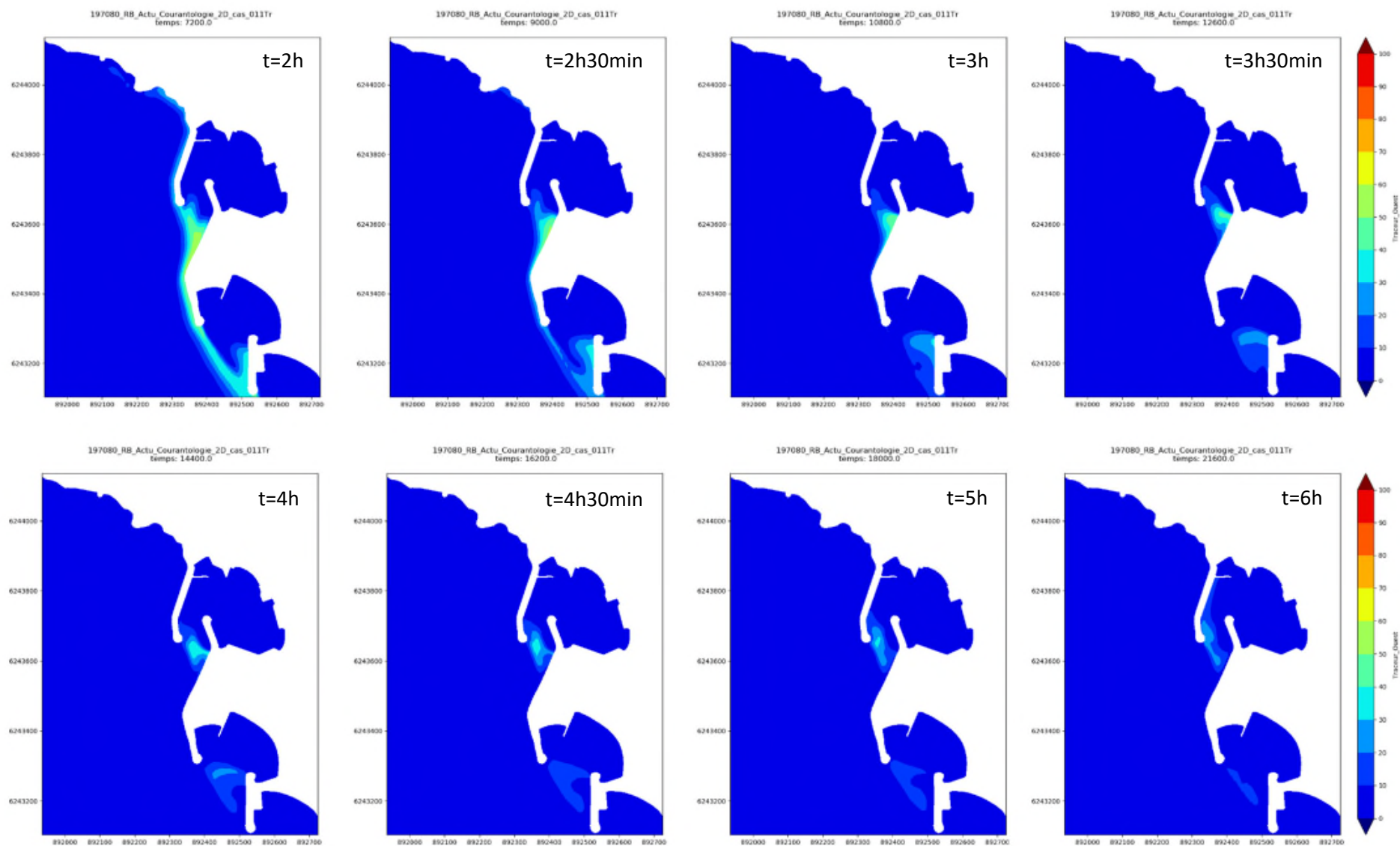
CAS 1

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 1 – TRACEUR OUEST



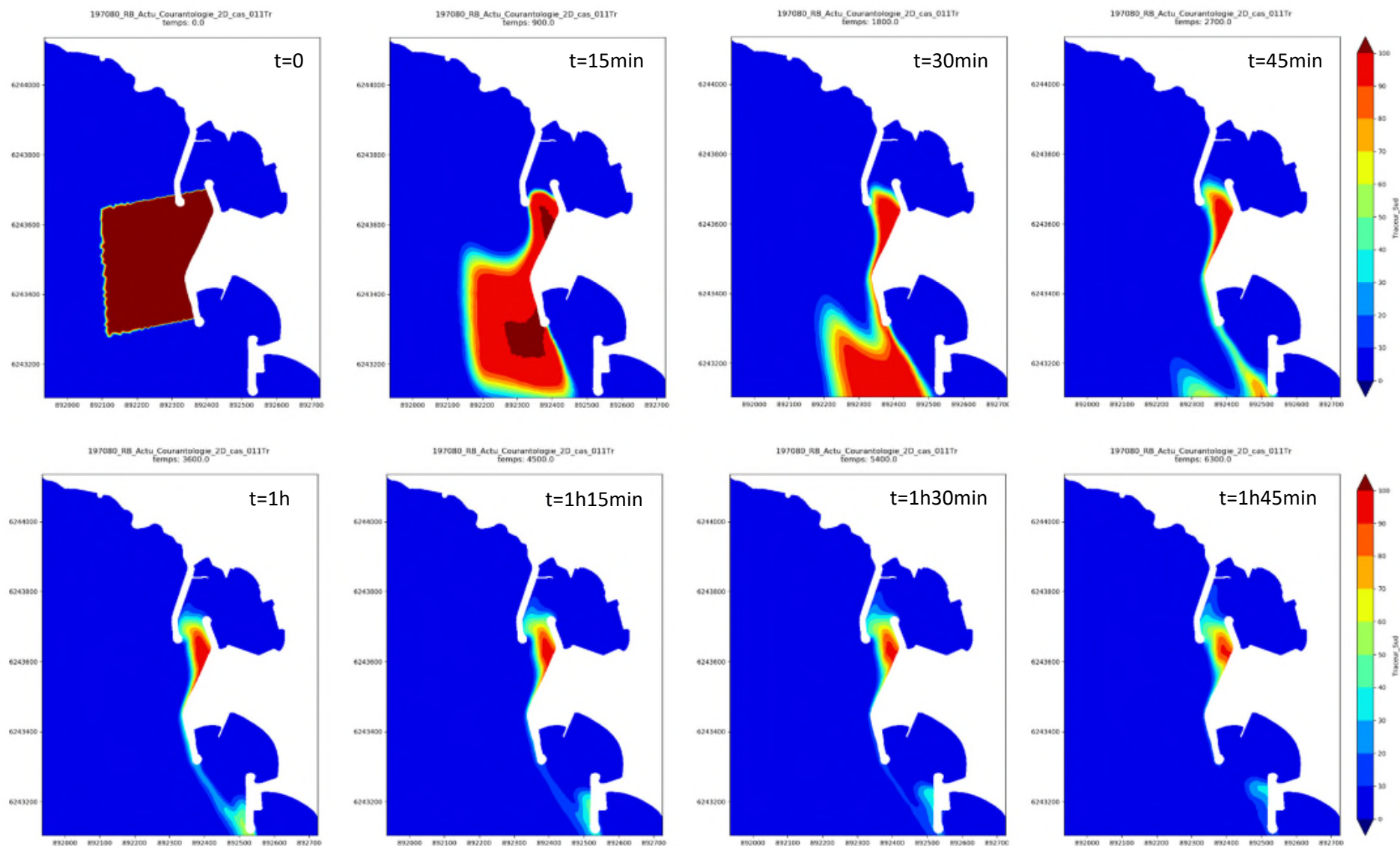
CAS 1 – TRACEUR OUEST



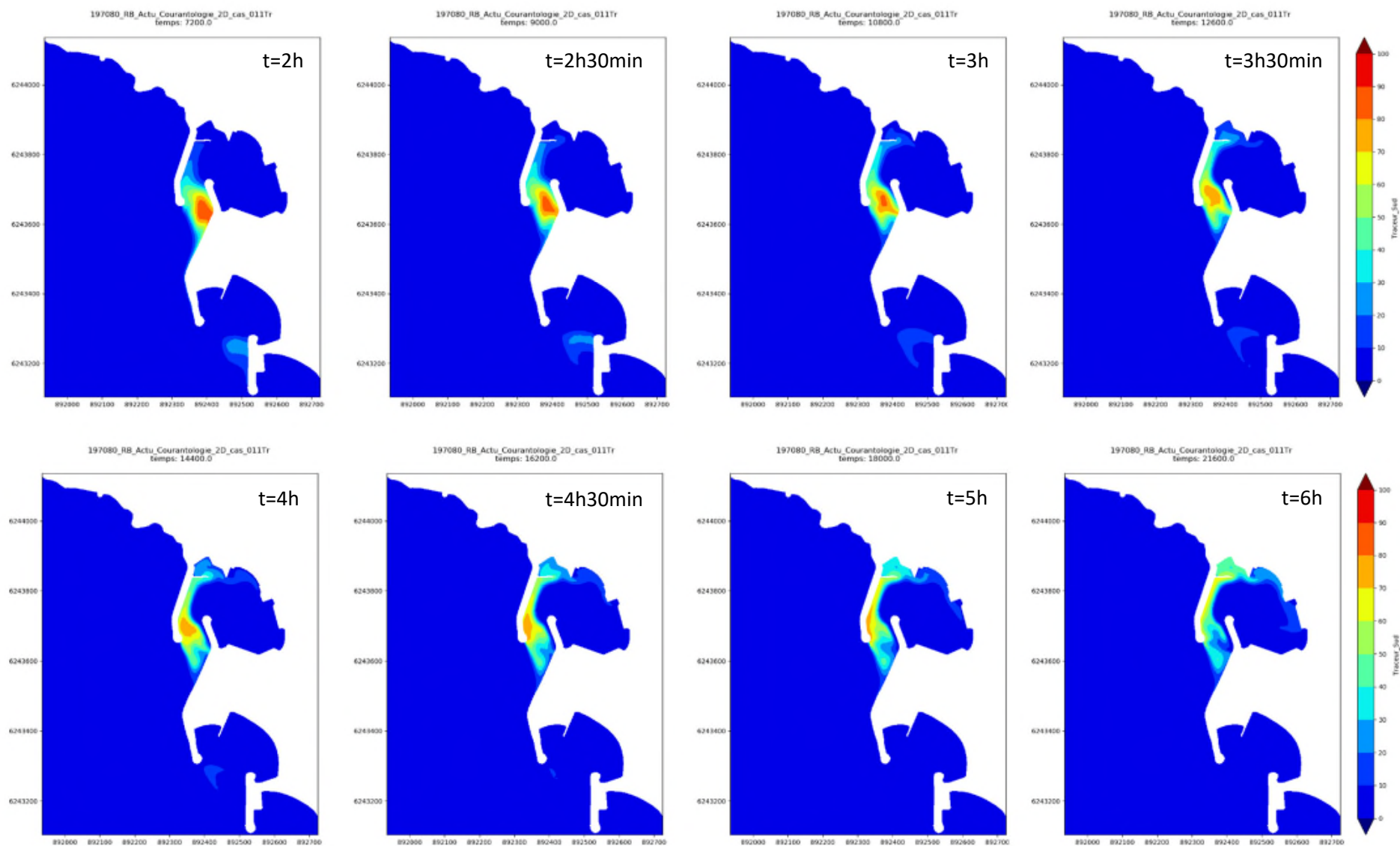
CAS 1

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 1 – TRACEUR SUD



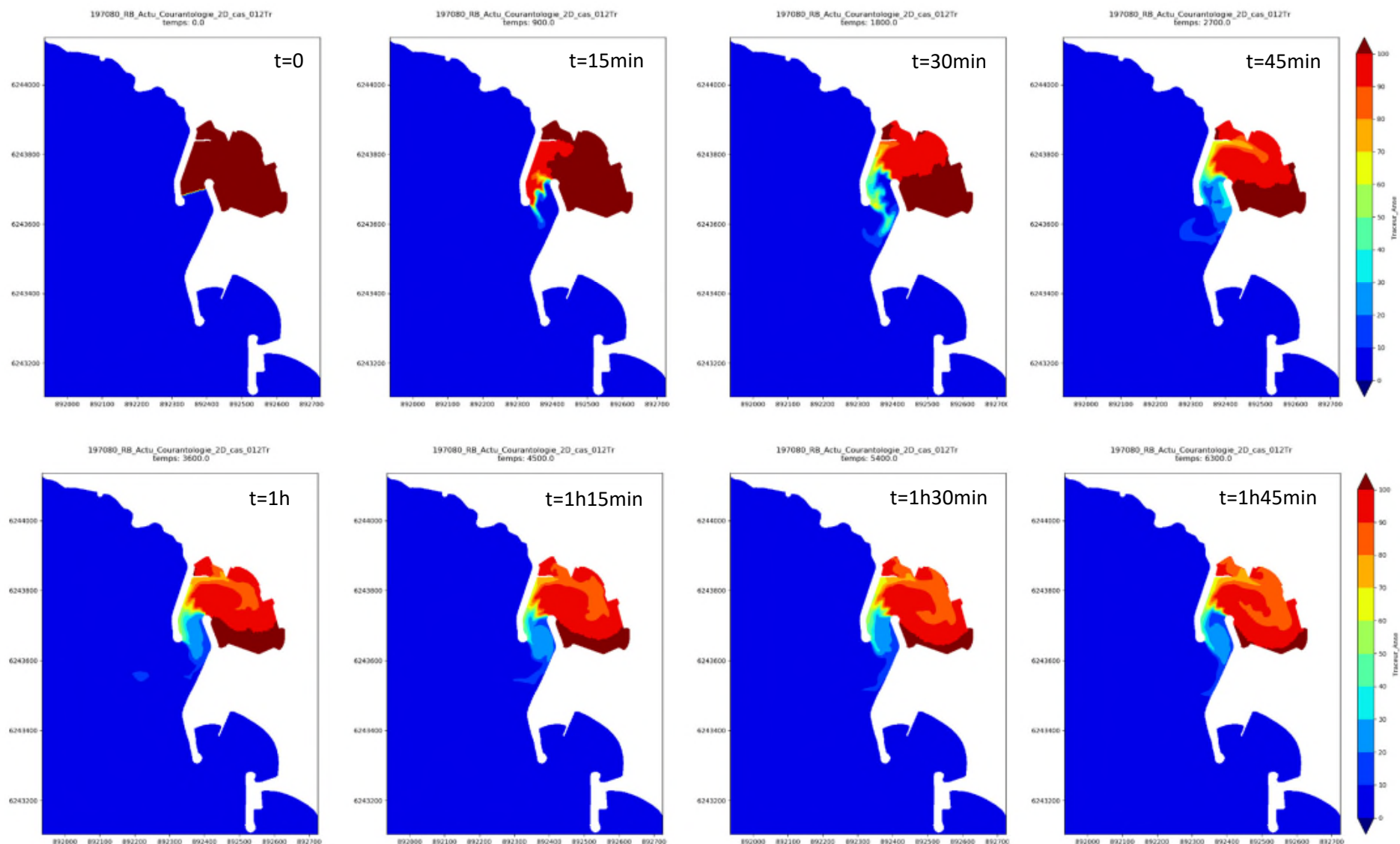
CAS 1 – TRACEUR SUD



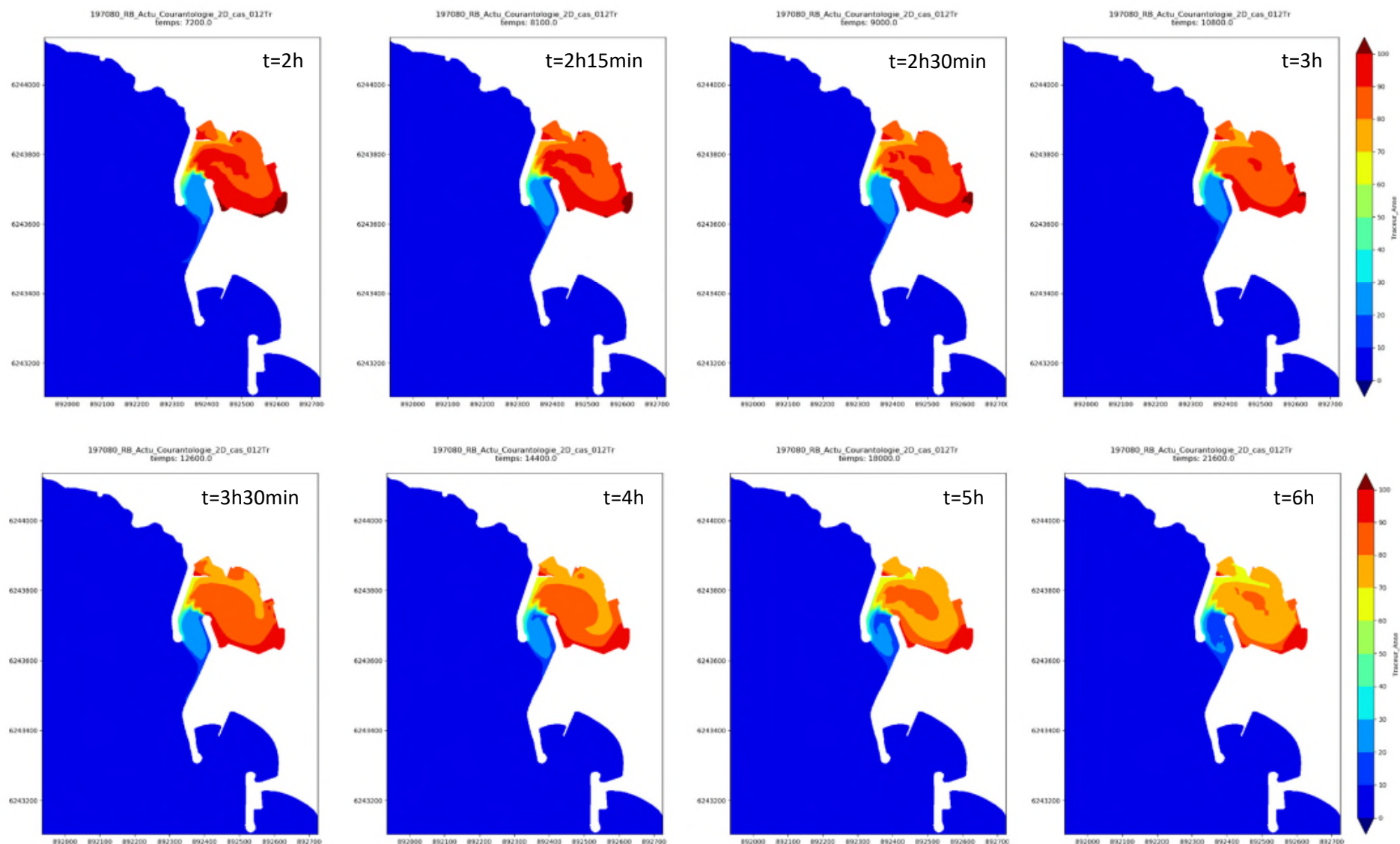
CAS 2

Traceur dans l'anse

CAS 2 – TRACEUR ANSE



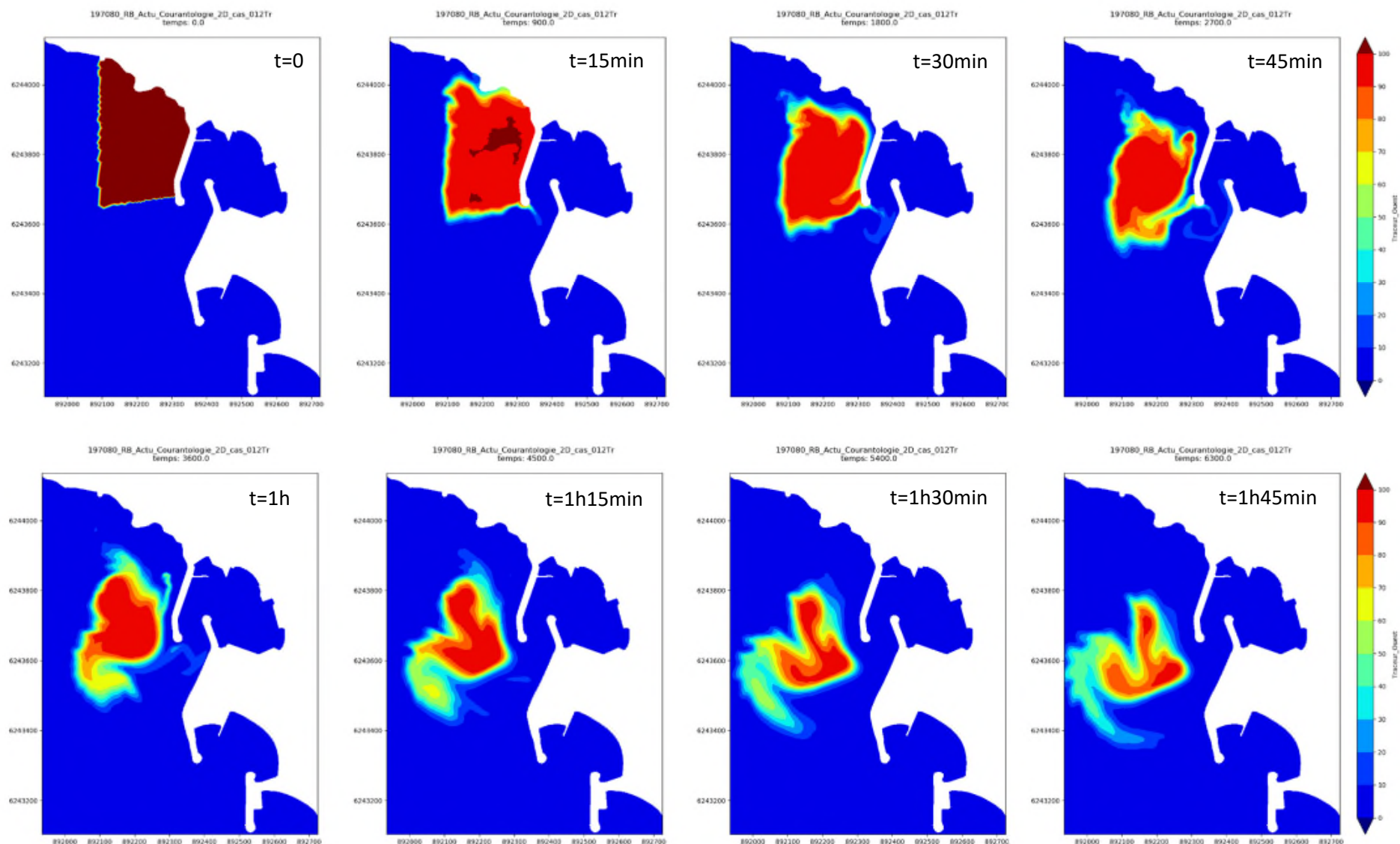
CAS 2 – TRACEUR ANSE



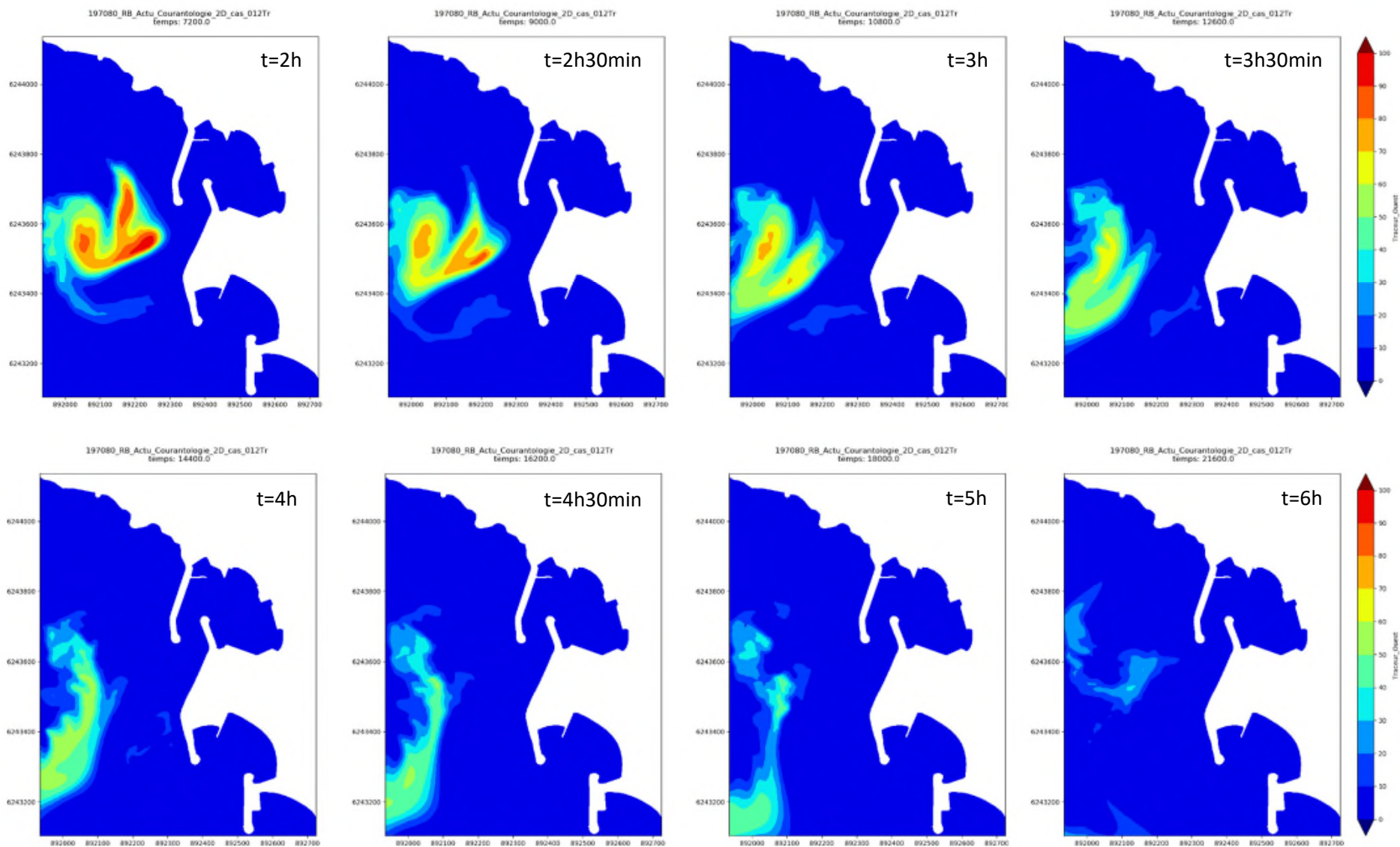
CAS 2

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 2 – TRACEUR OUEST



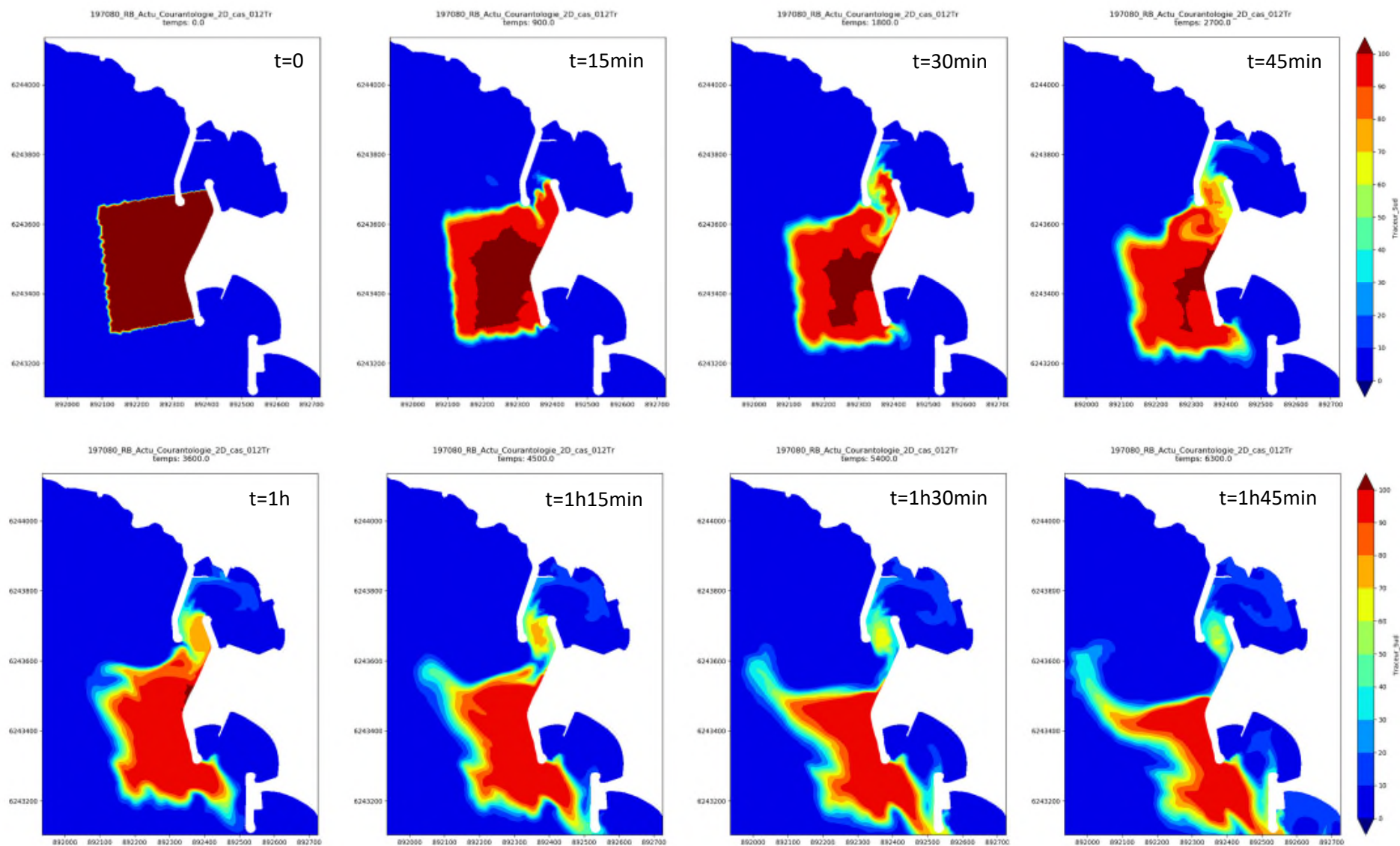
CAS 2 – TRACEUR OUEST



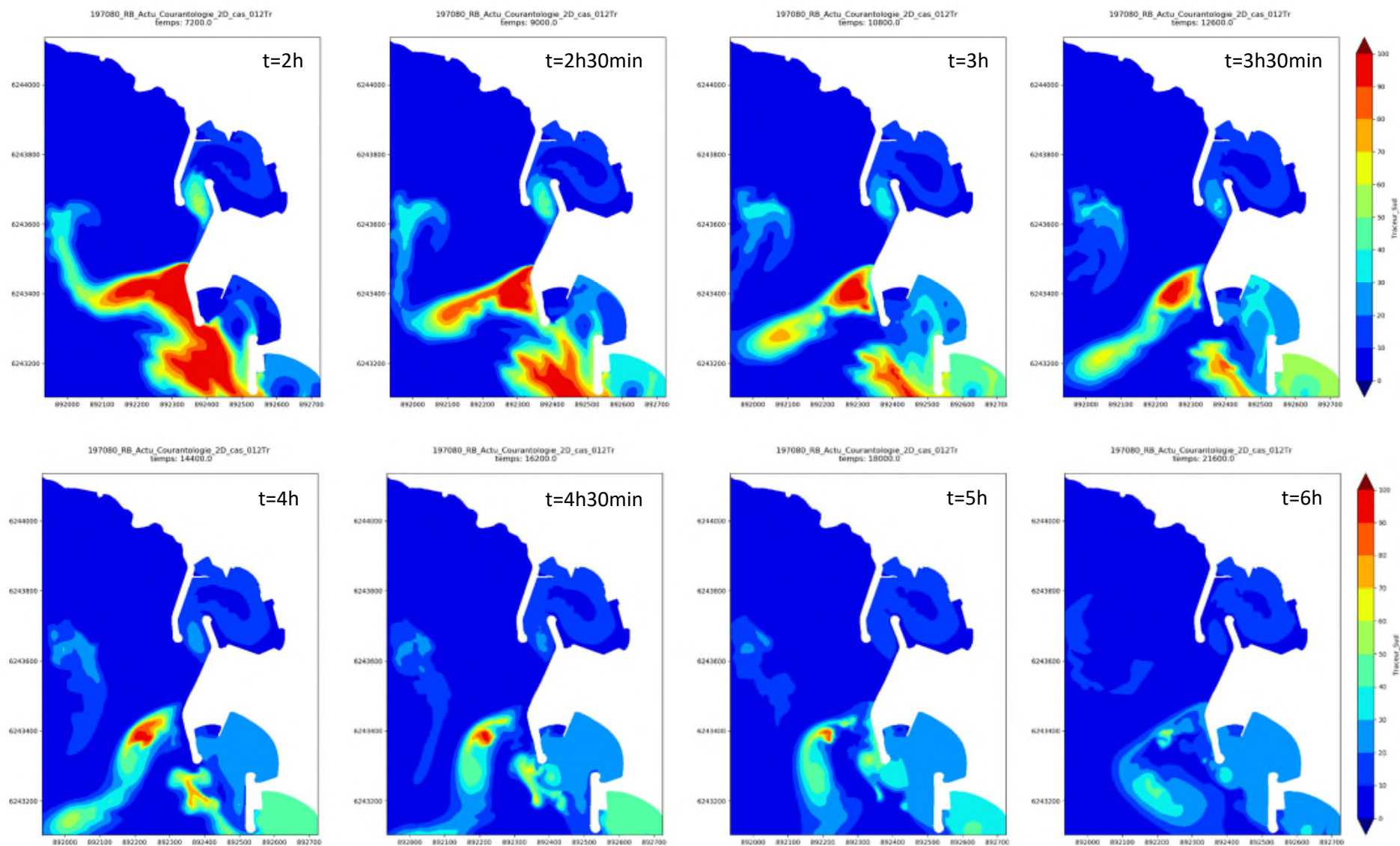
CAS 2

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 2 – TRACEUR SUD



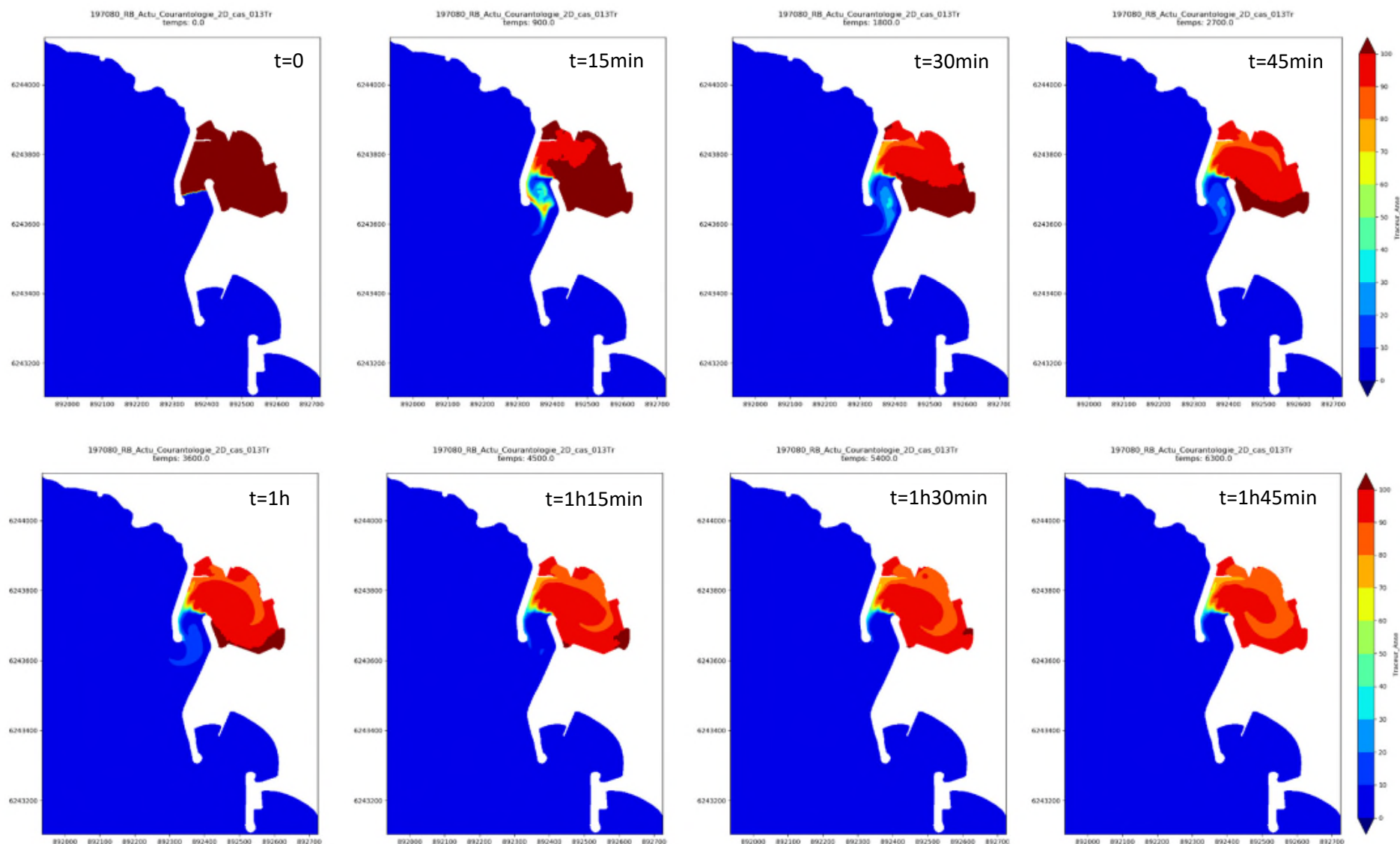
CAS 2 – TRACEUR SUD



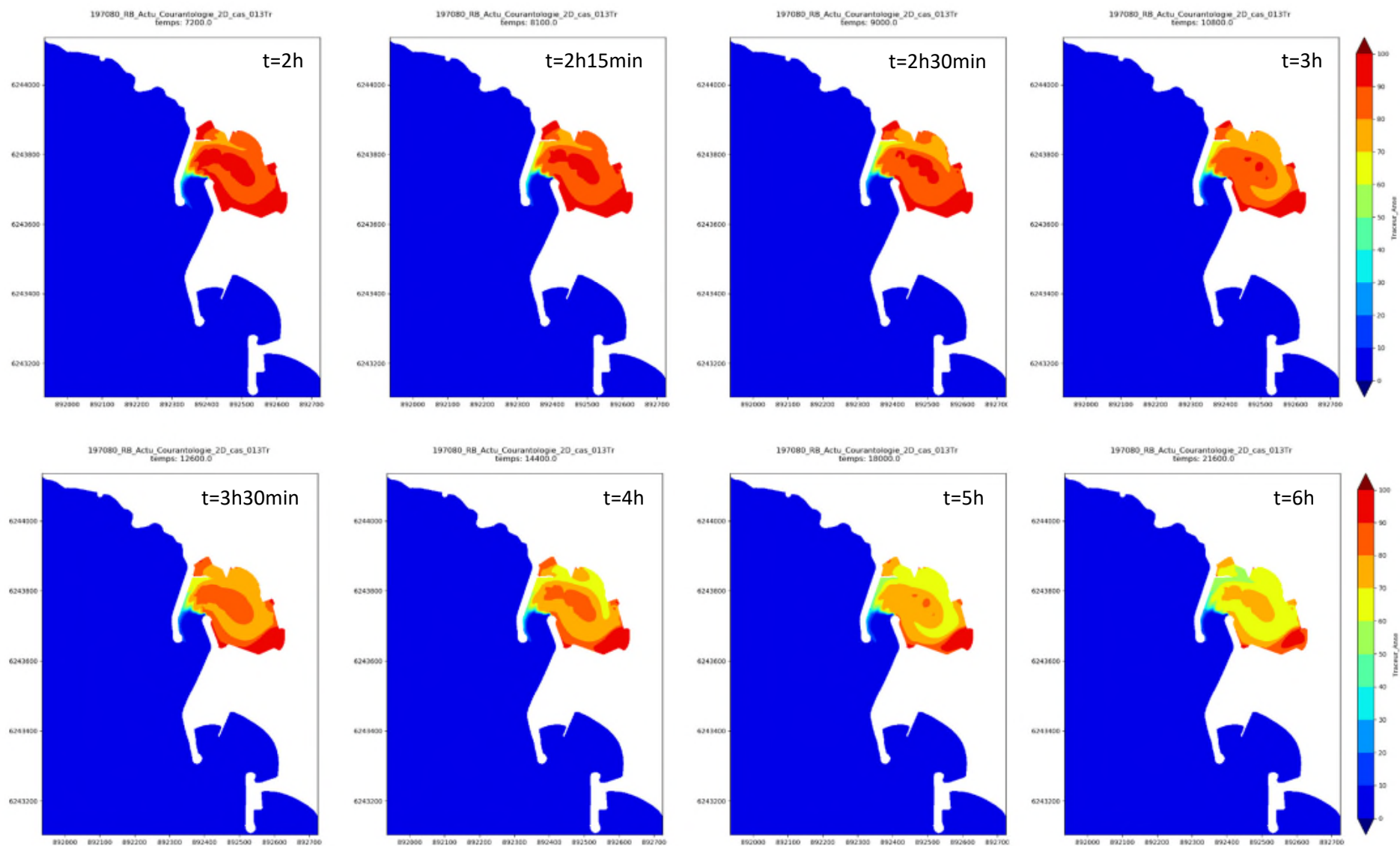
CAS 3

Traceur dans l'anse

CAS 3 – TRACEUR ANSE



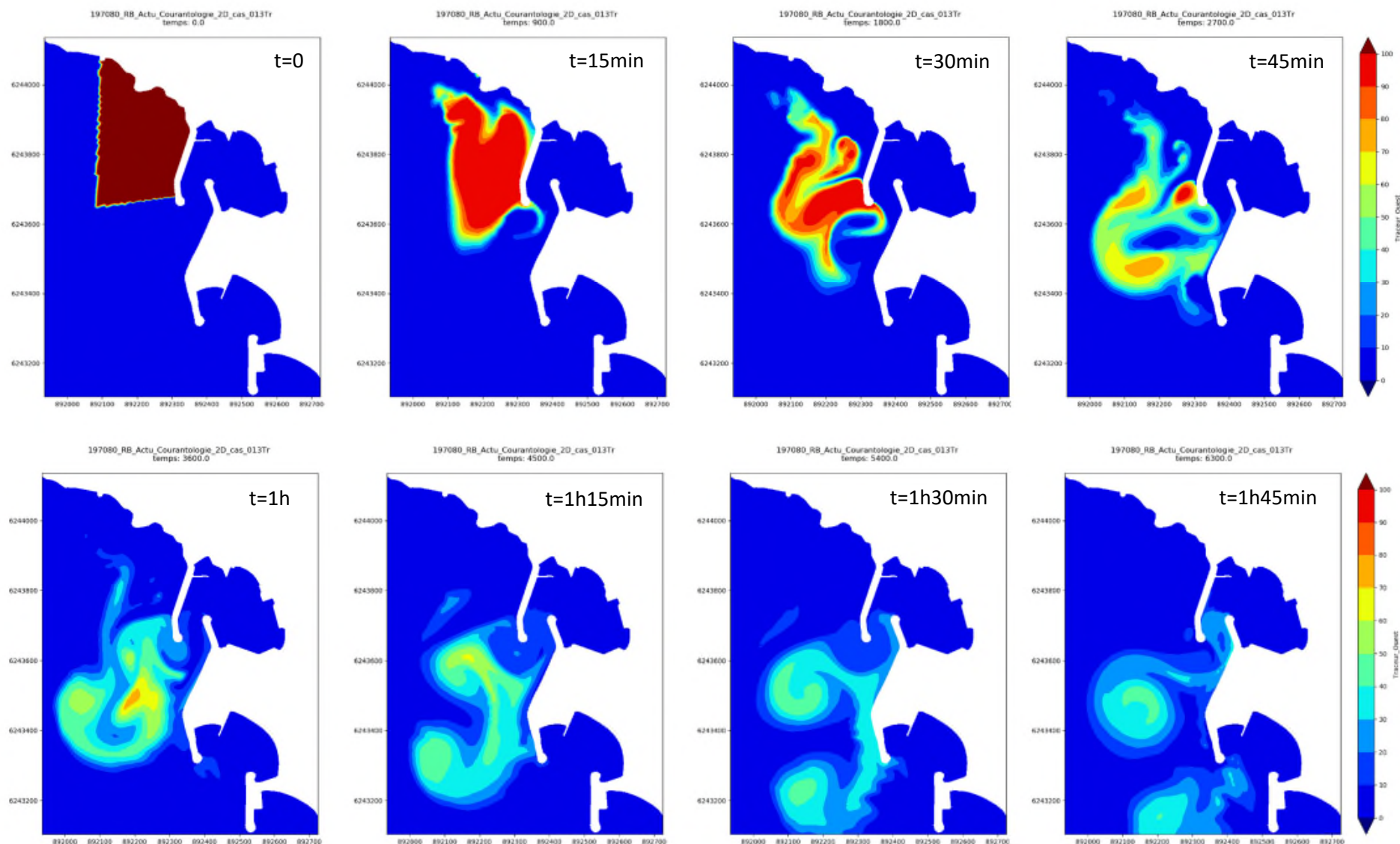
CAS 3 – TRACEUR ANSE



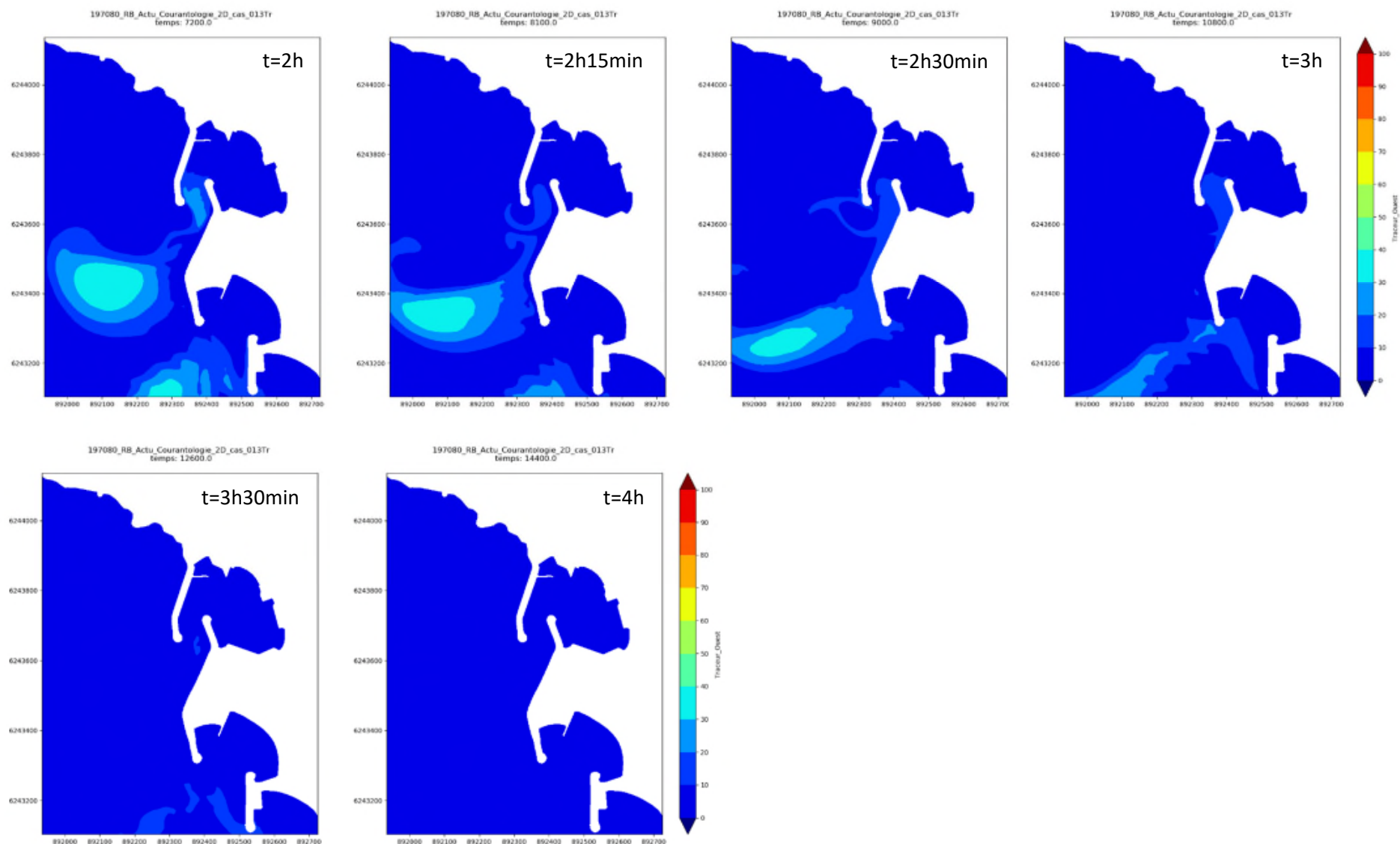
CAS 3

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 3 – TRACEUR OUEST



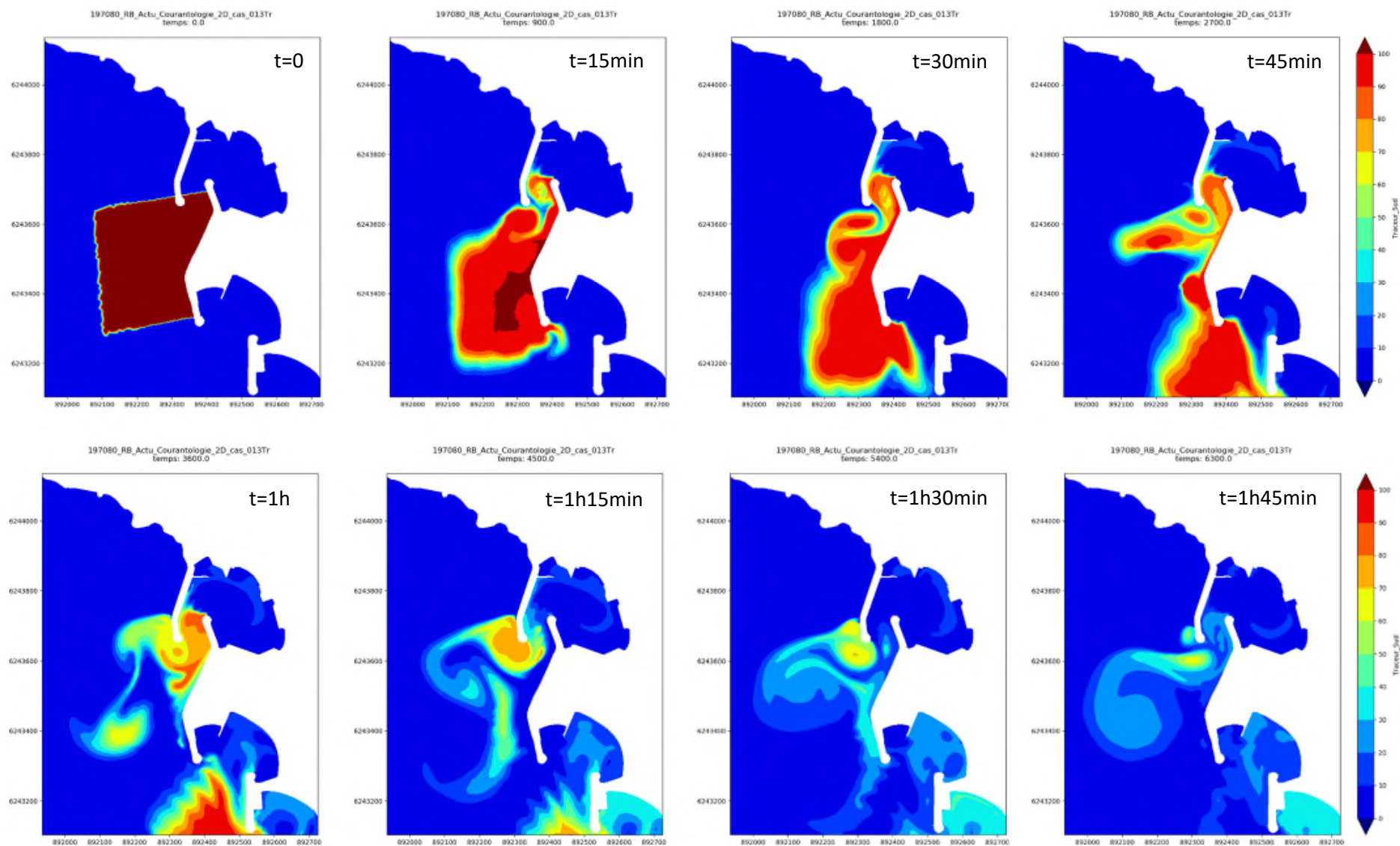
CAS 3 – TRACEUR OUEST



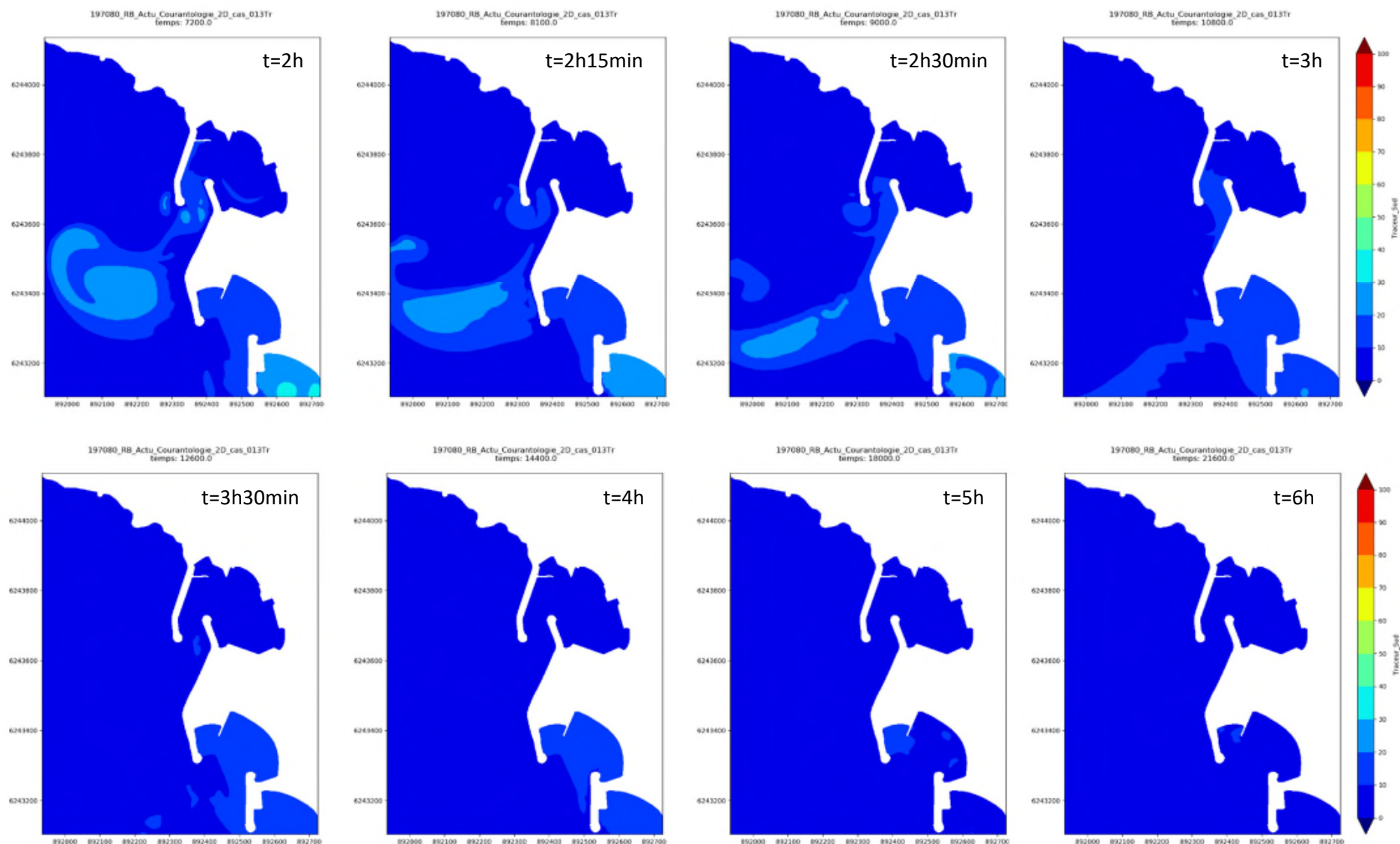
CAS 3

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 3 – TRACEUR SUD



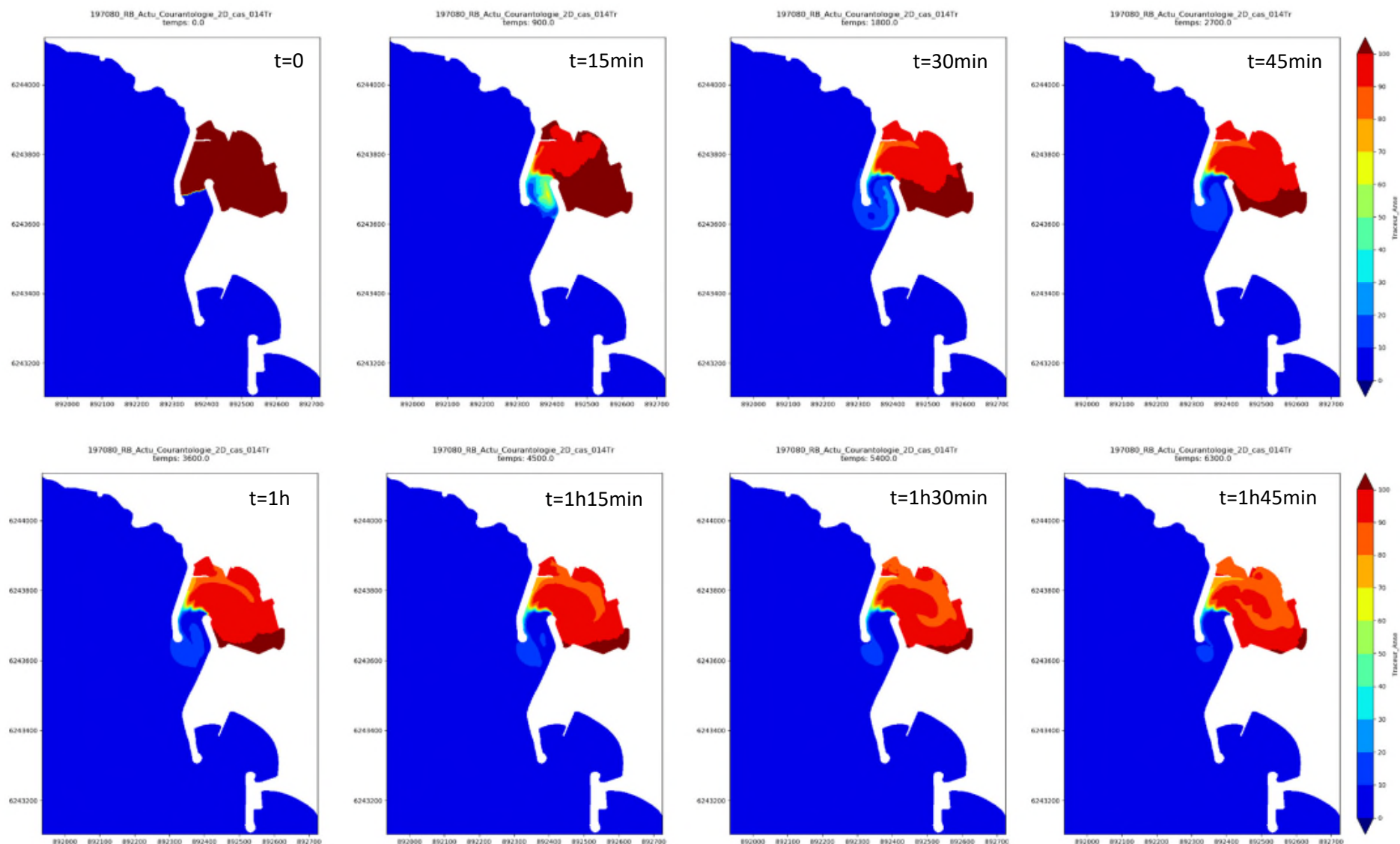
CAS 3 – TRACEUR SUD



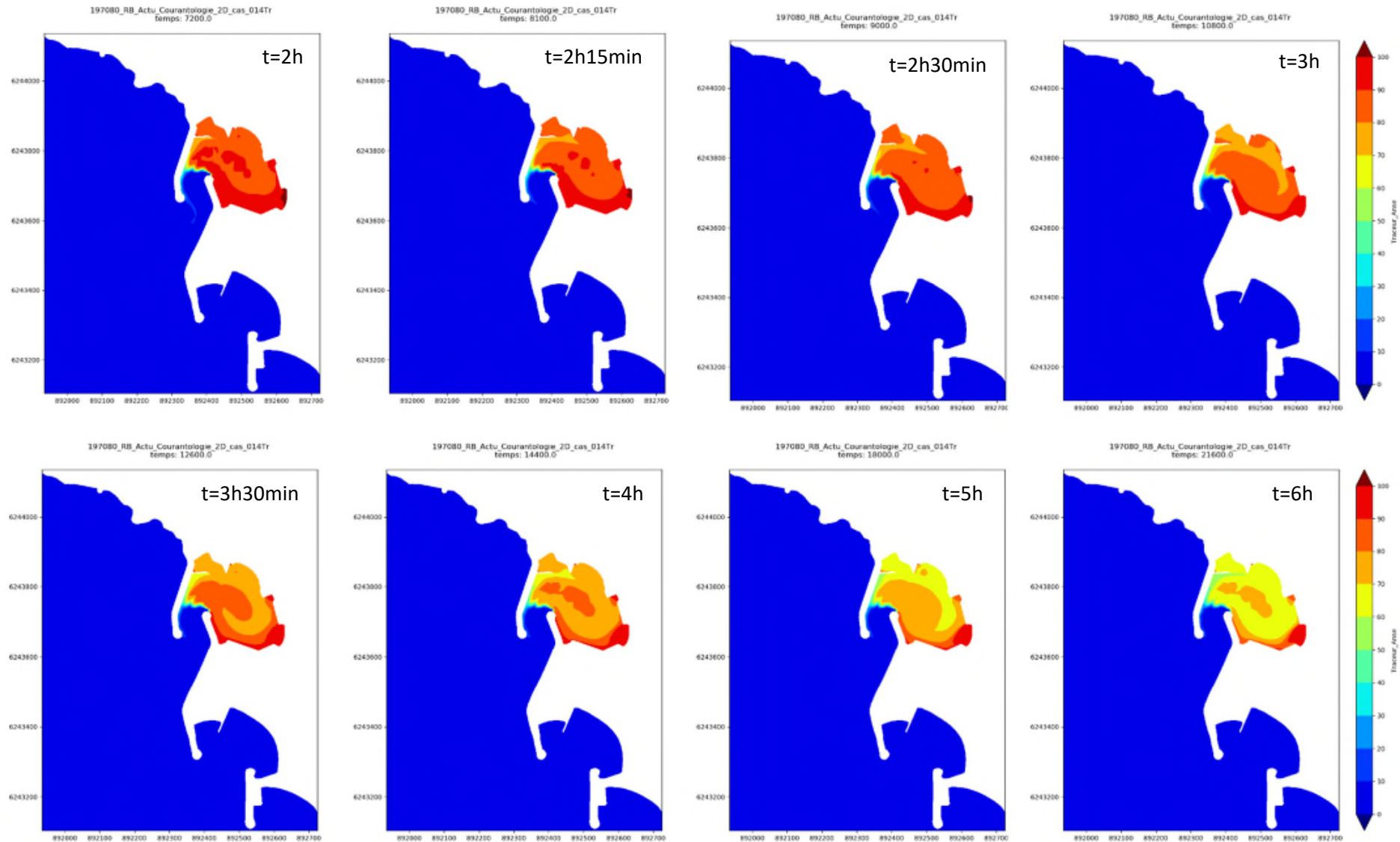
CAS 4

Traceur dans l'anse

CAS 4 – TRACEUR ANSE



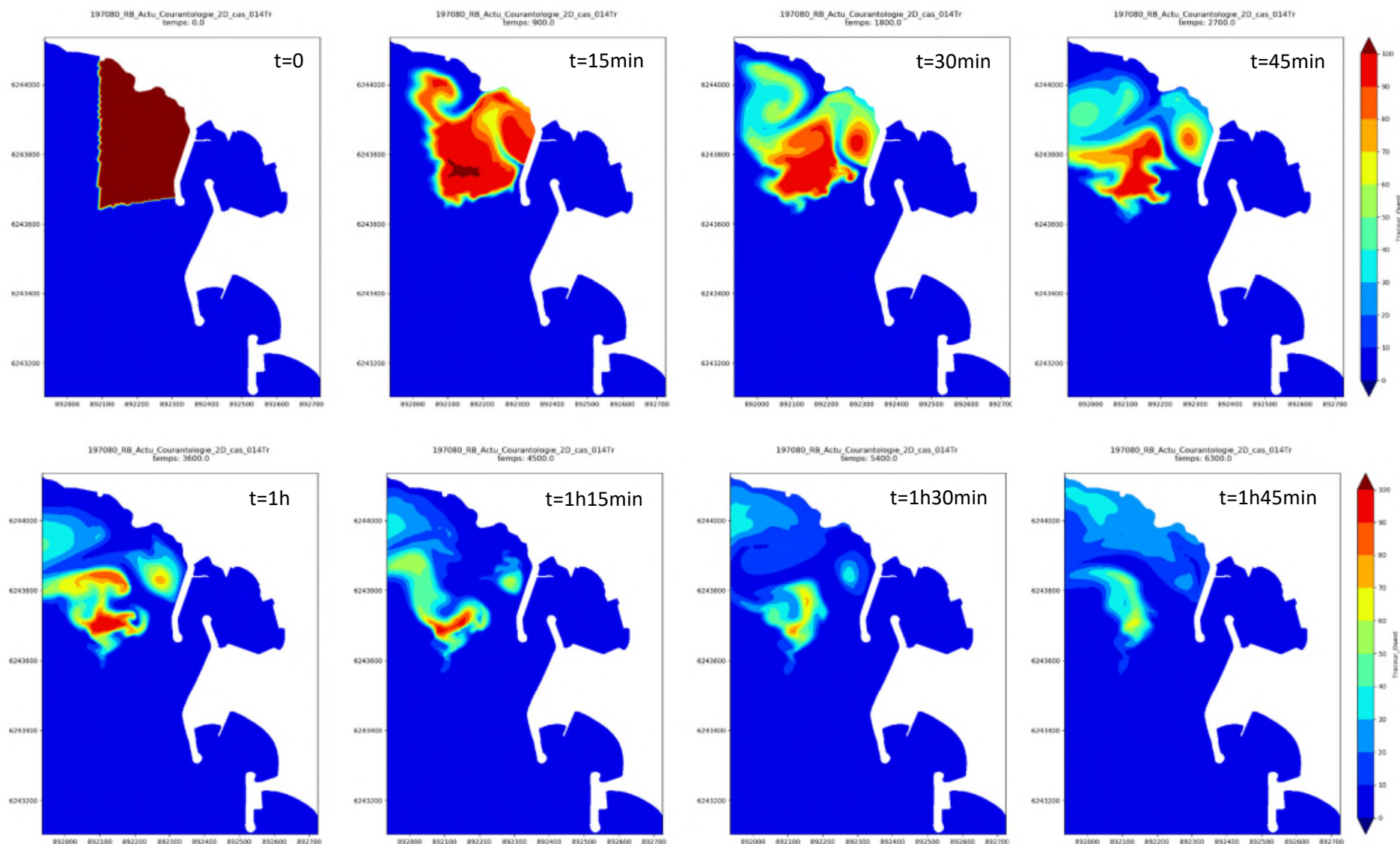
CAS 4 – TRACEUR ANSE



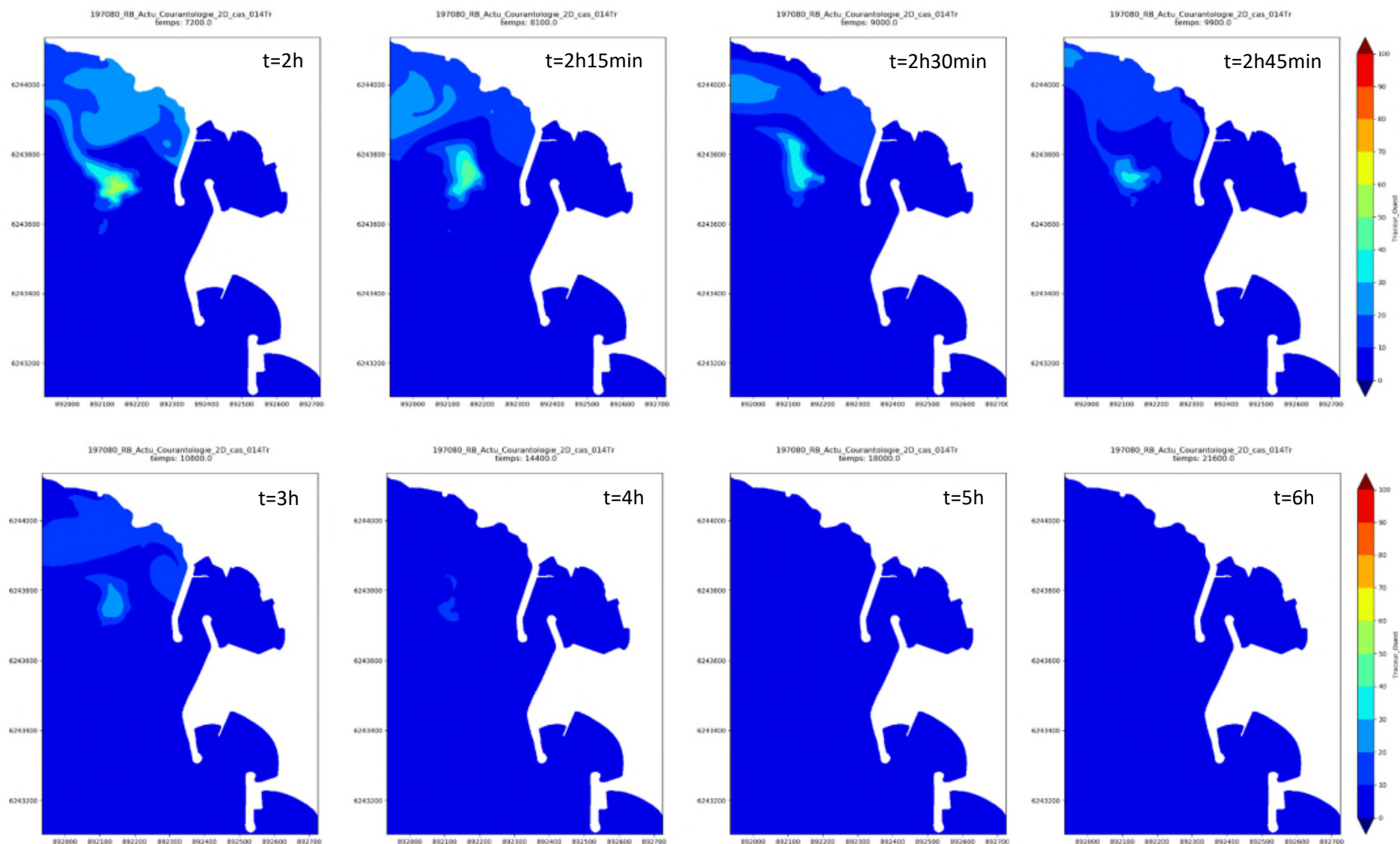
CAS 4

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 4 – TRACEUR OUEST



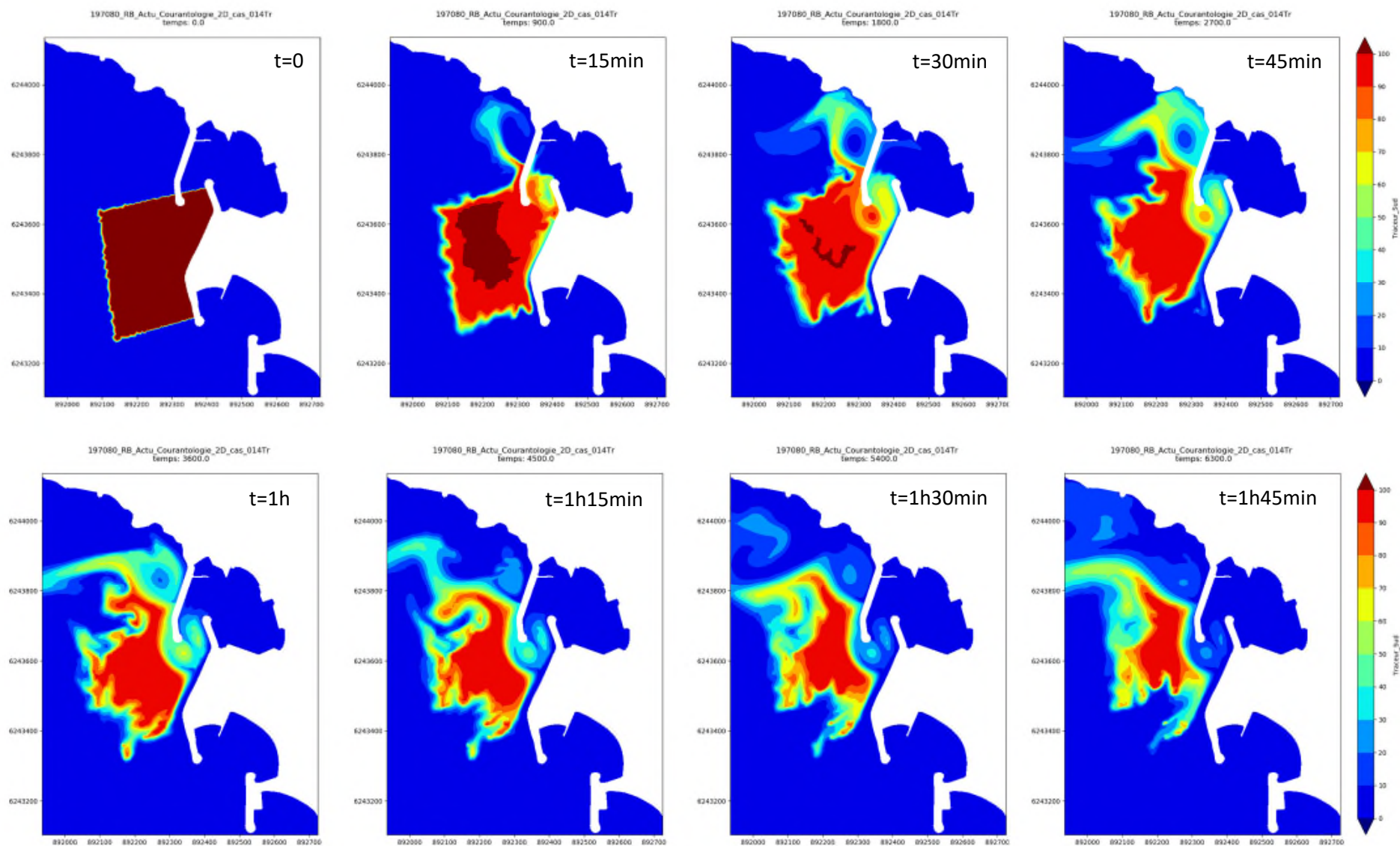
CAS 4 – TRACEUR OUEST



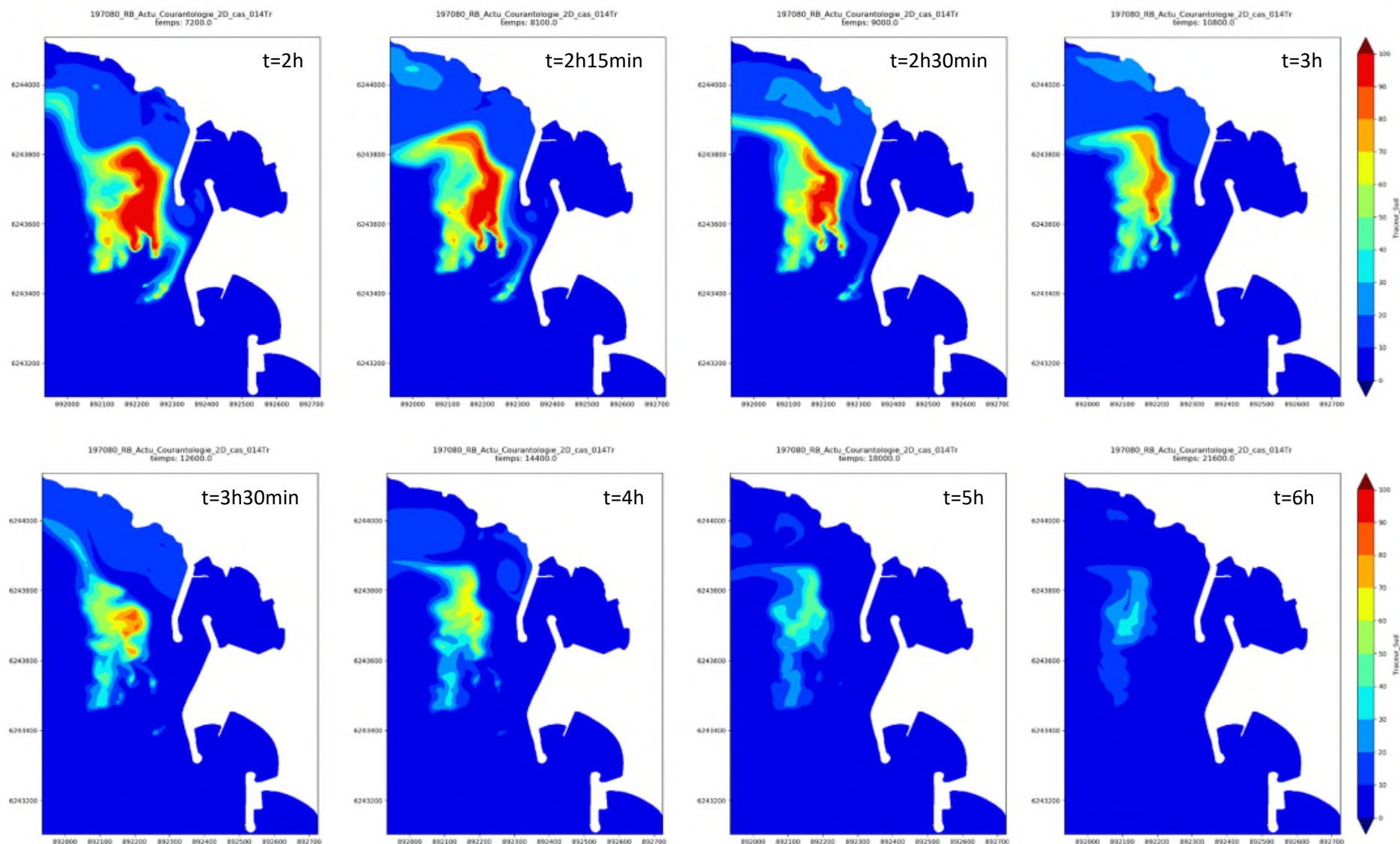
CAS 4

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 4 – TRACEUR SUD



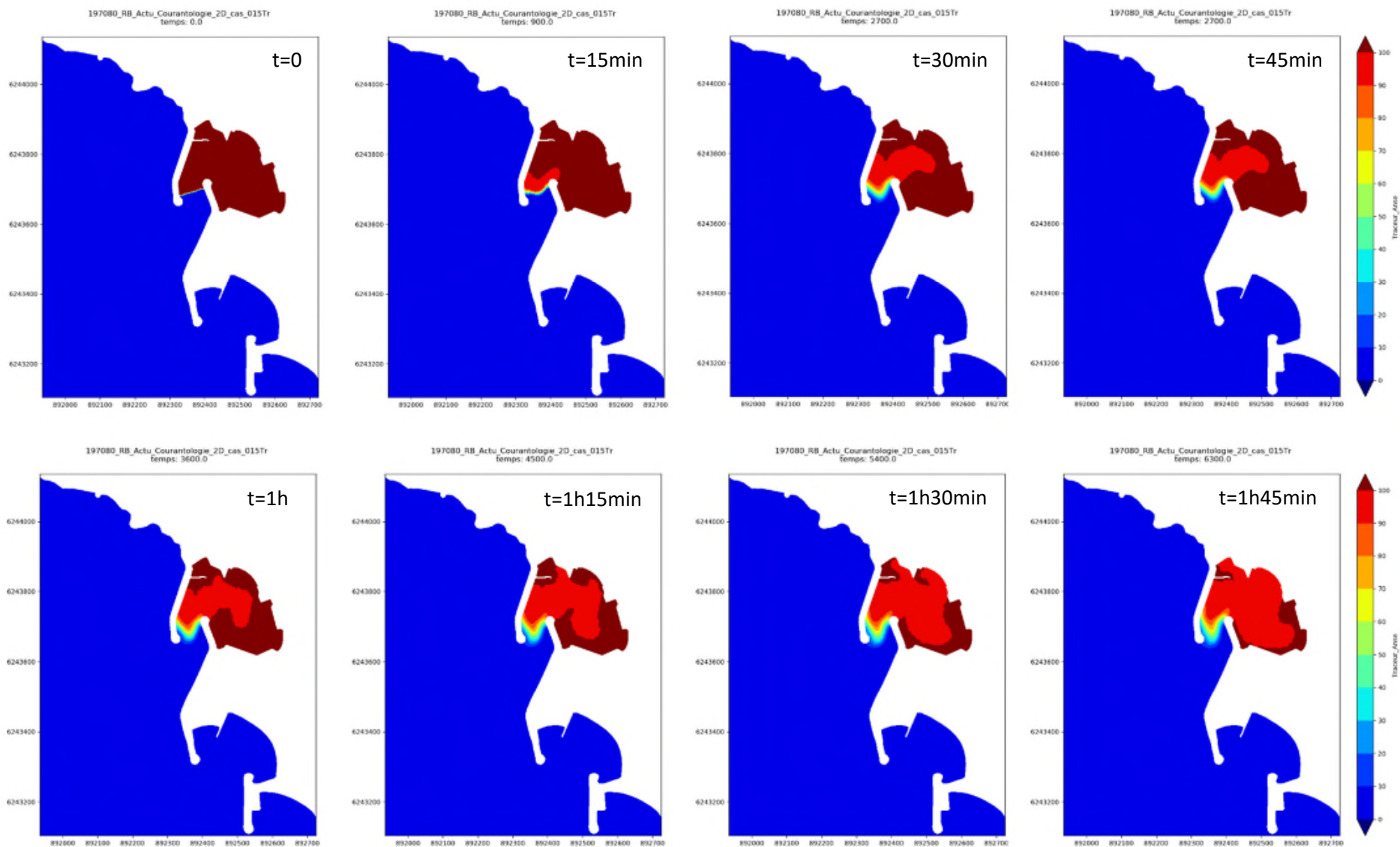
CAS 4 – TRACEUR SUD



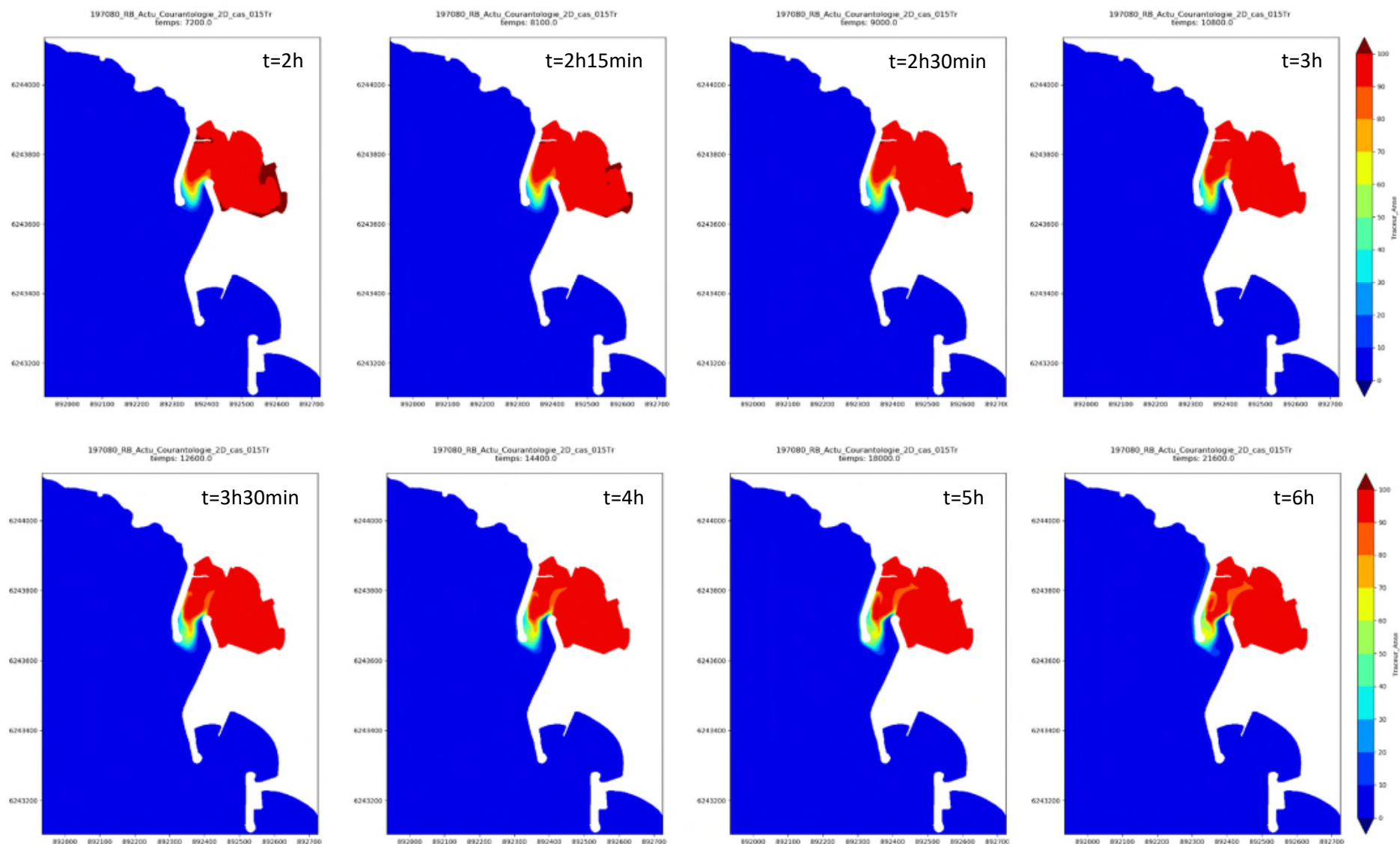
CAS 5

Traceur dans l'anse

CAS 5 – TRACEUR ANSE



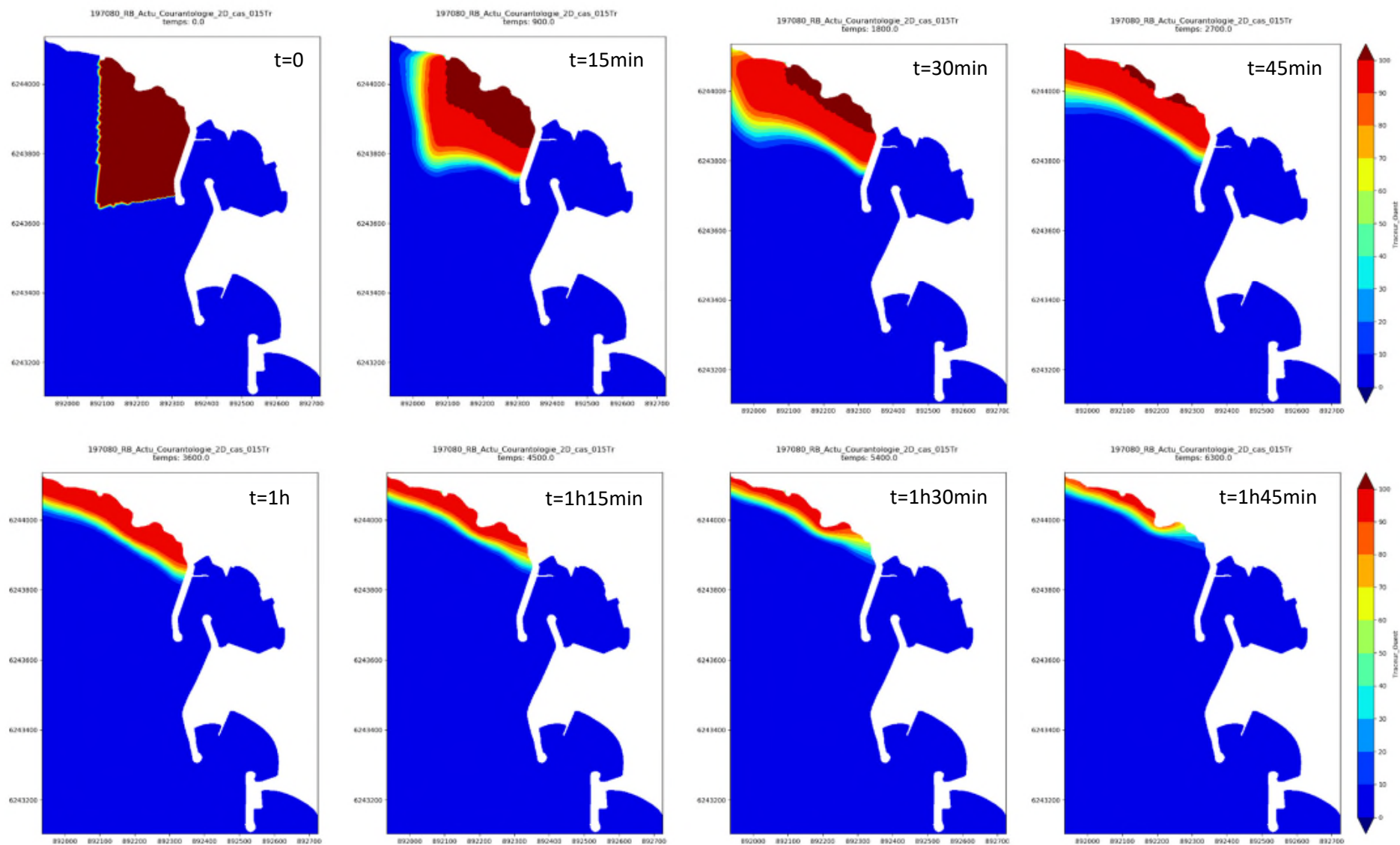
CAS 5 – TRACEUR ANSE



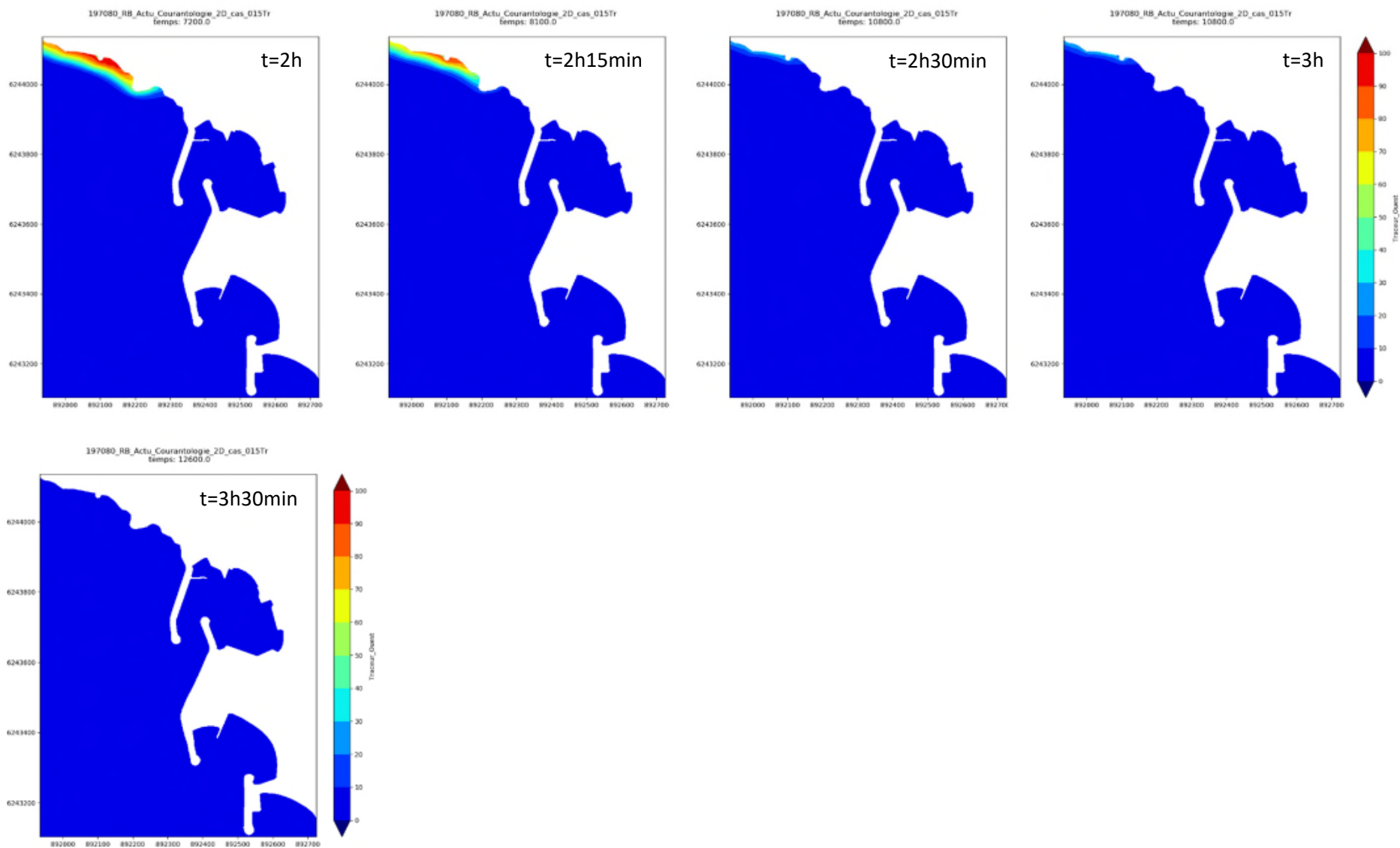
CAS 5

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 5 – TRACEUR OUEST



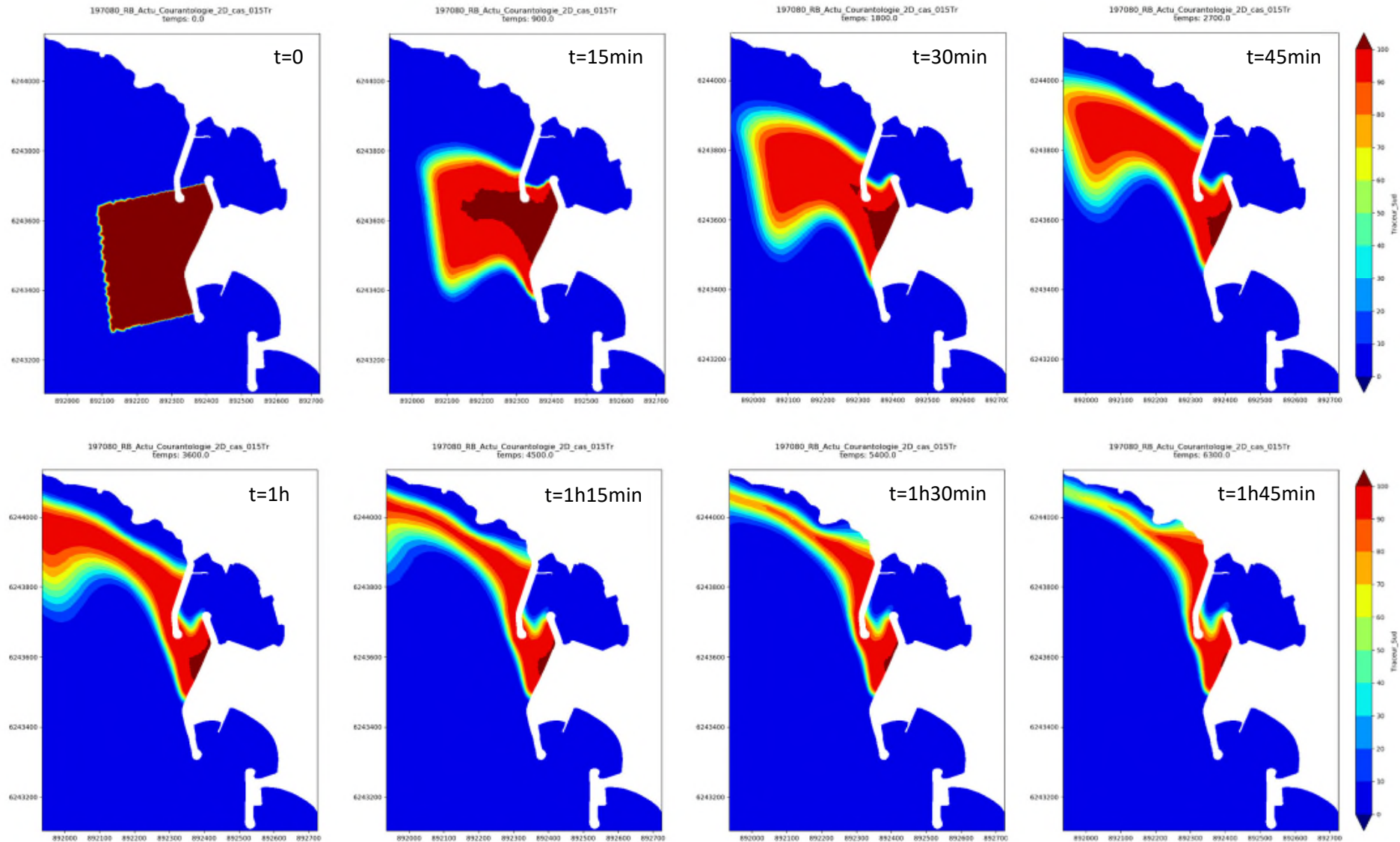
CAS 5 – TRACEUR OUEST



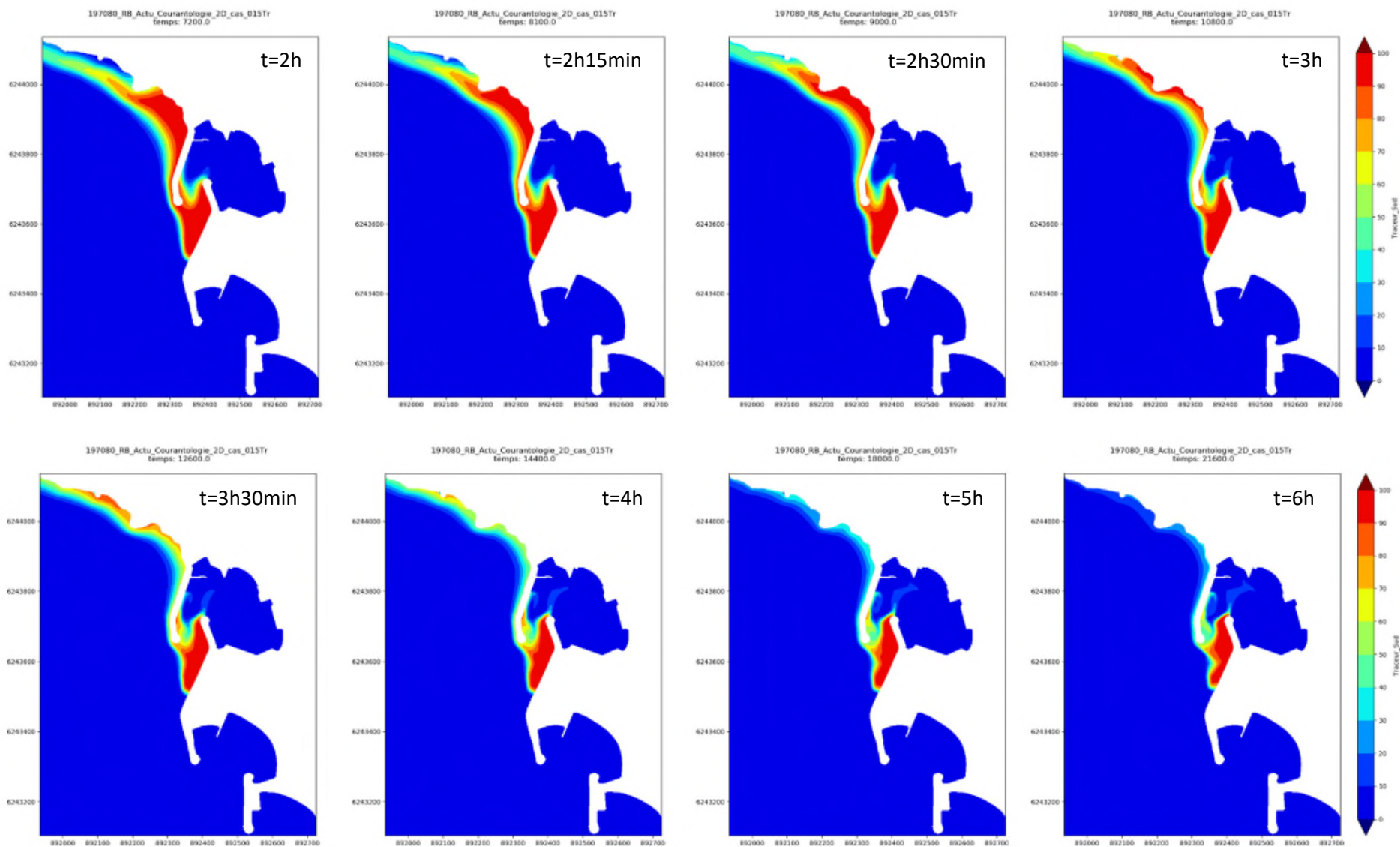
CAS 5

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 5 – TRACEUR SUD



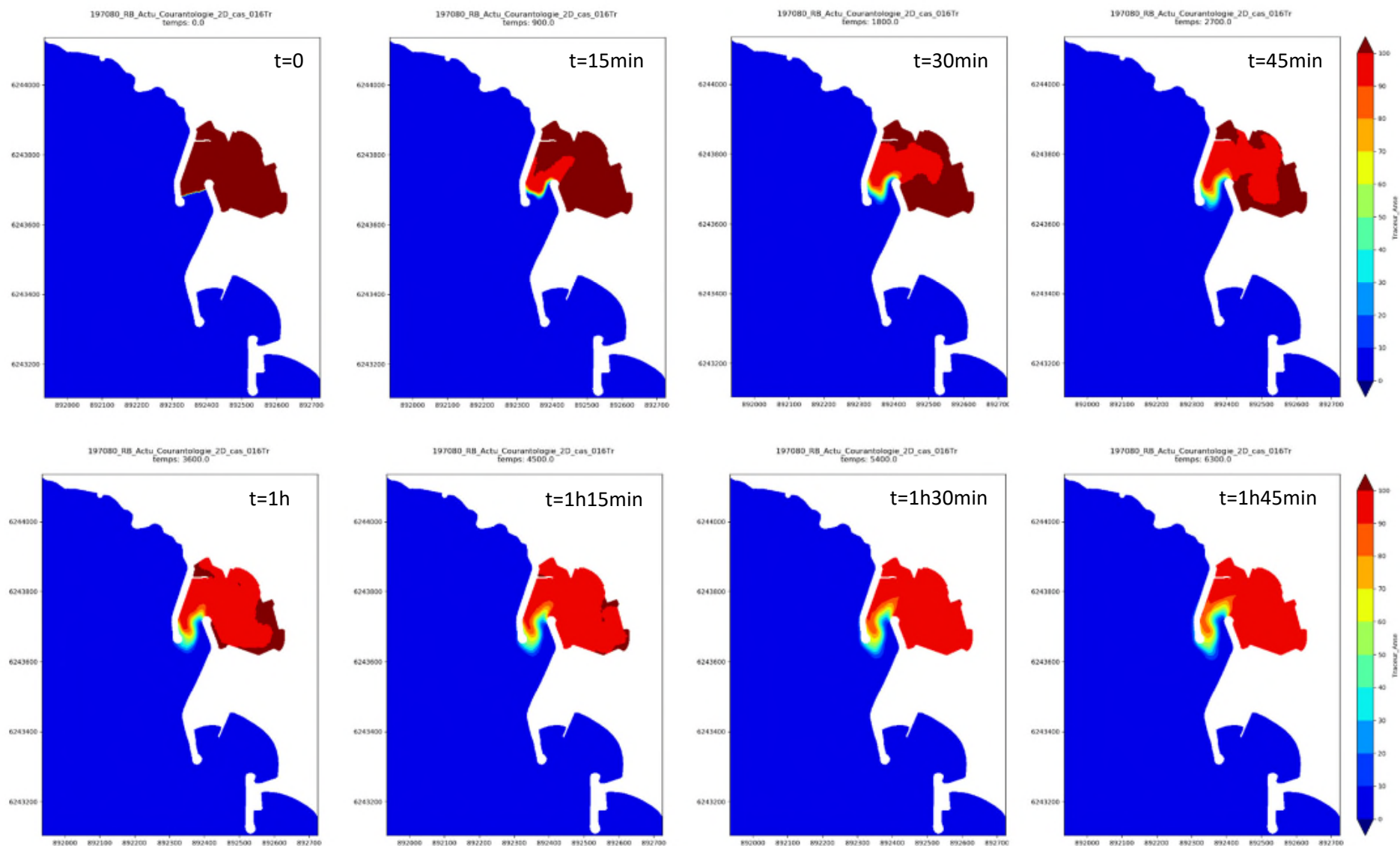
CAS 5 – TRACEUR SUD



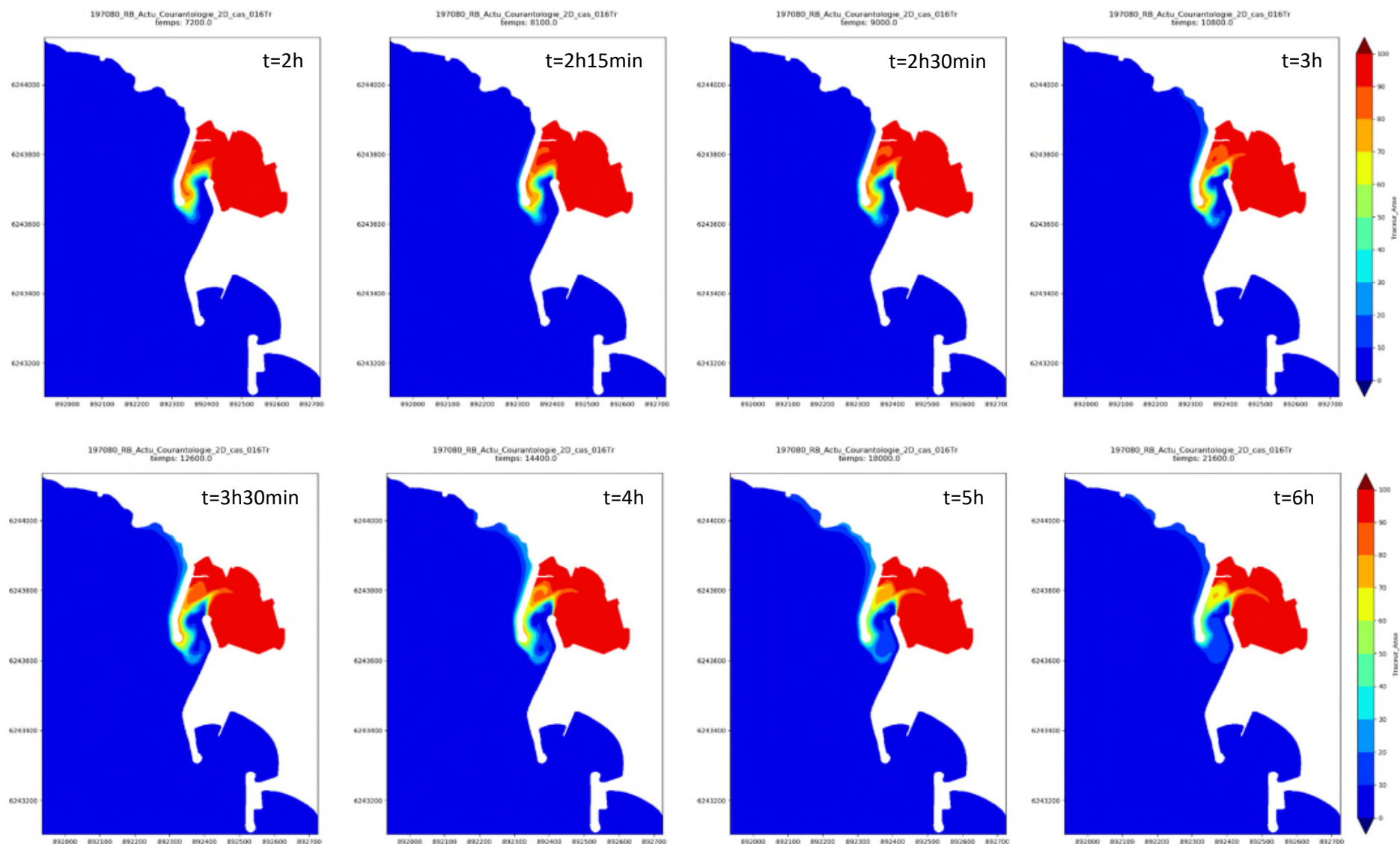
CAS 6

Traceur dans l'anse

CAS 6 – TRACEUR ANSE



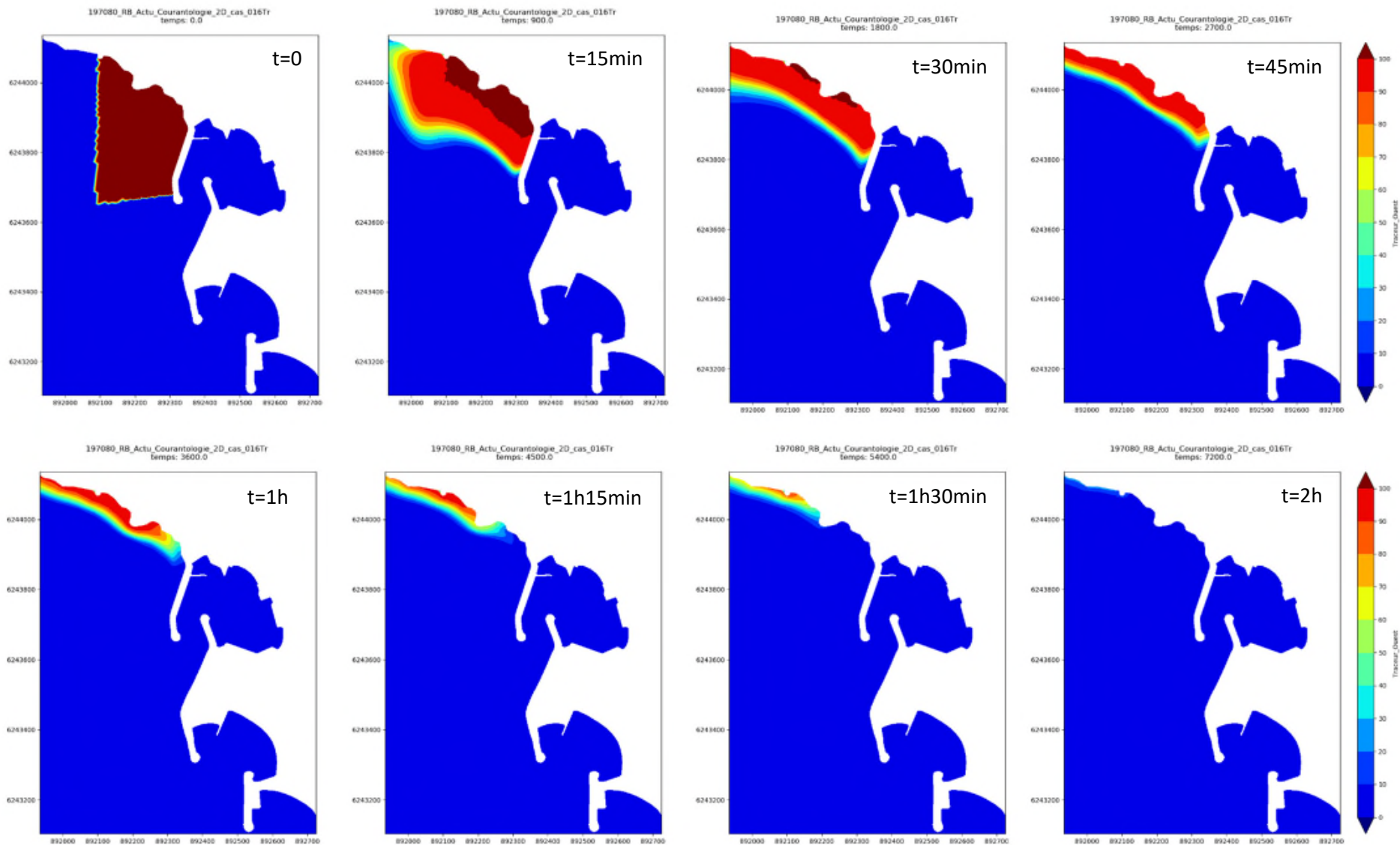
CAS 6 – TRACEUR ANSE



CAS 6

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

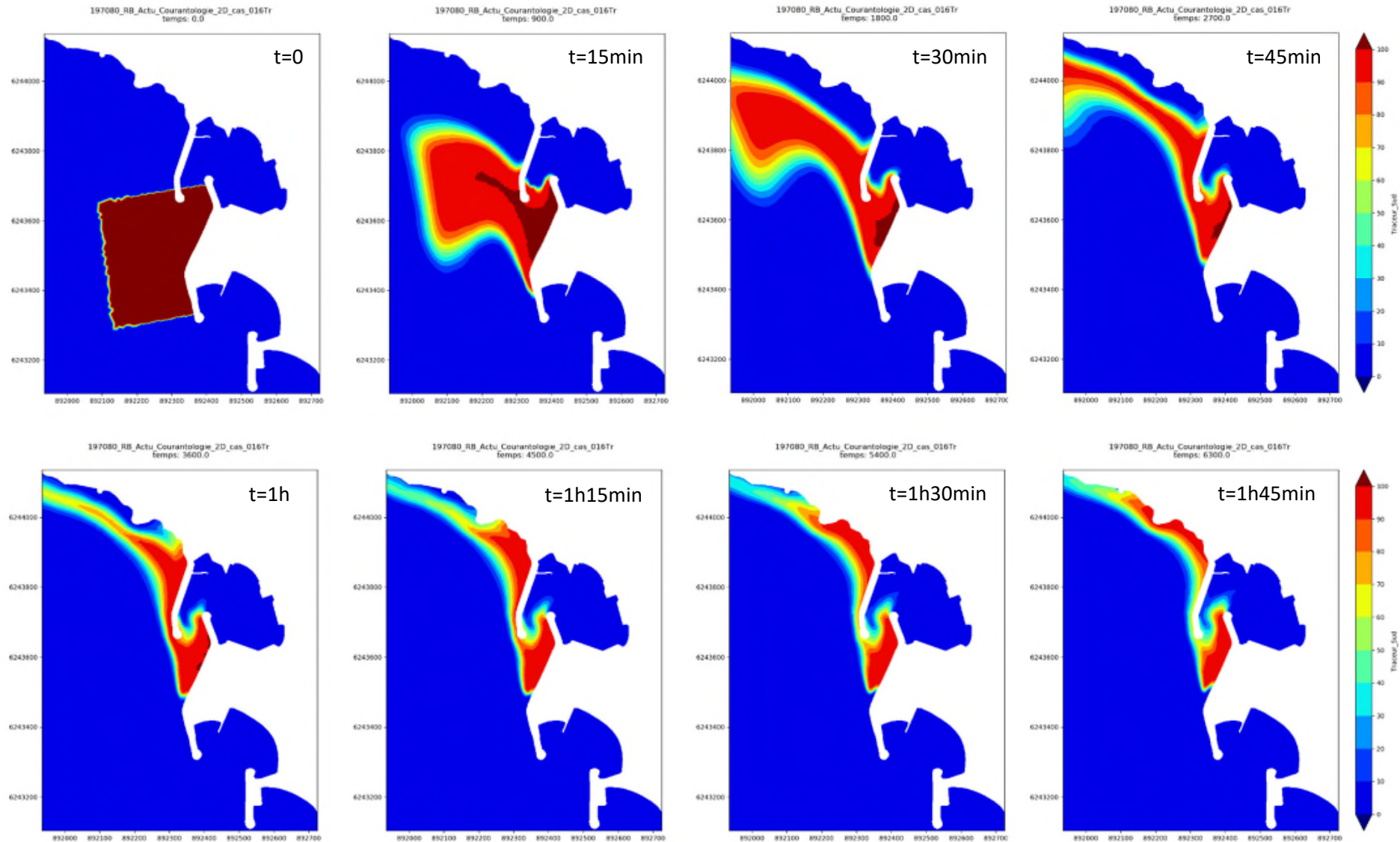
CAS 6 – TRACEUR OUEST



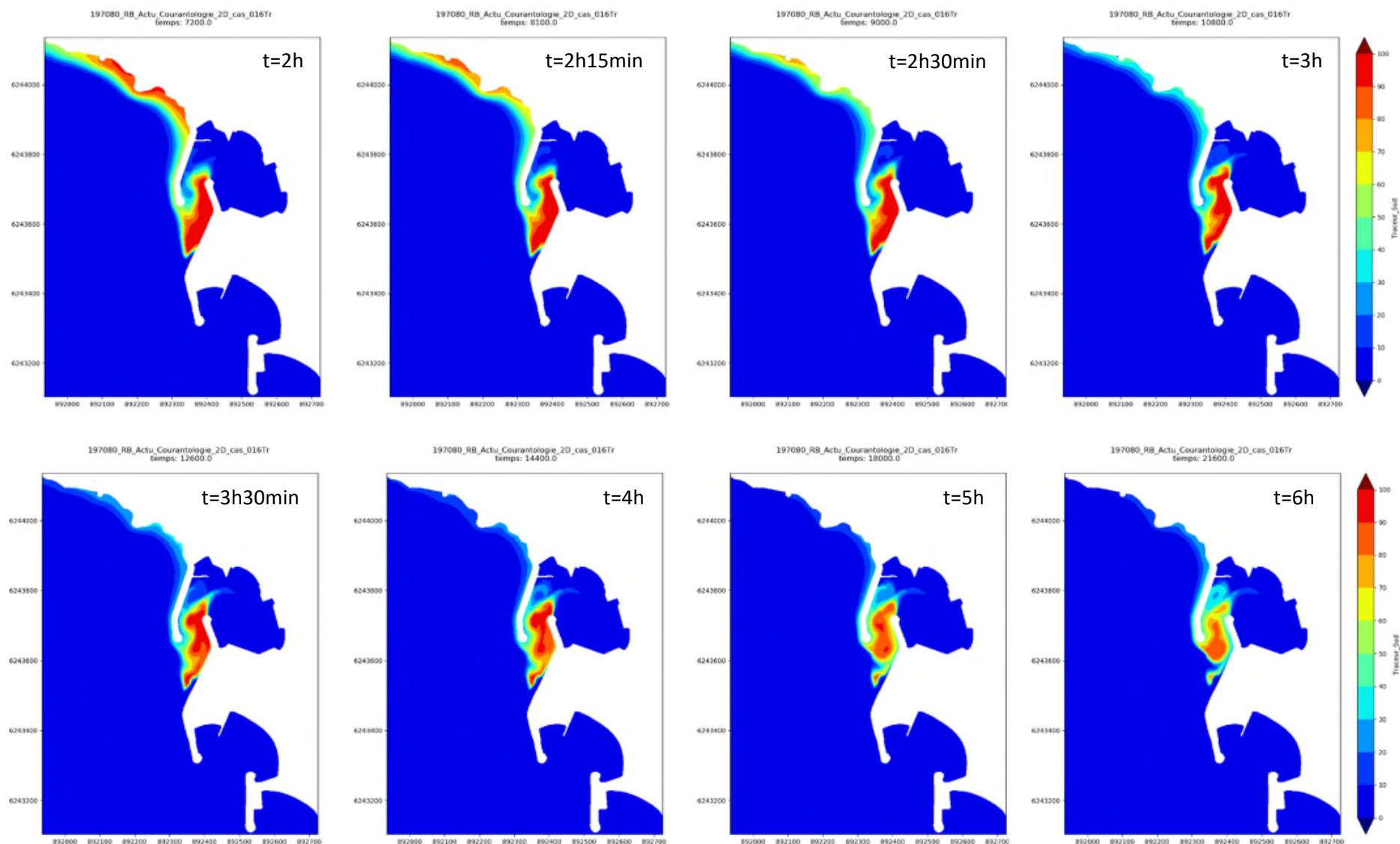
CAS 6

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 6 – TRACEUR SUD



CAS 6 – TRACEUR SUD



ANNEXE 4.c

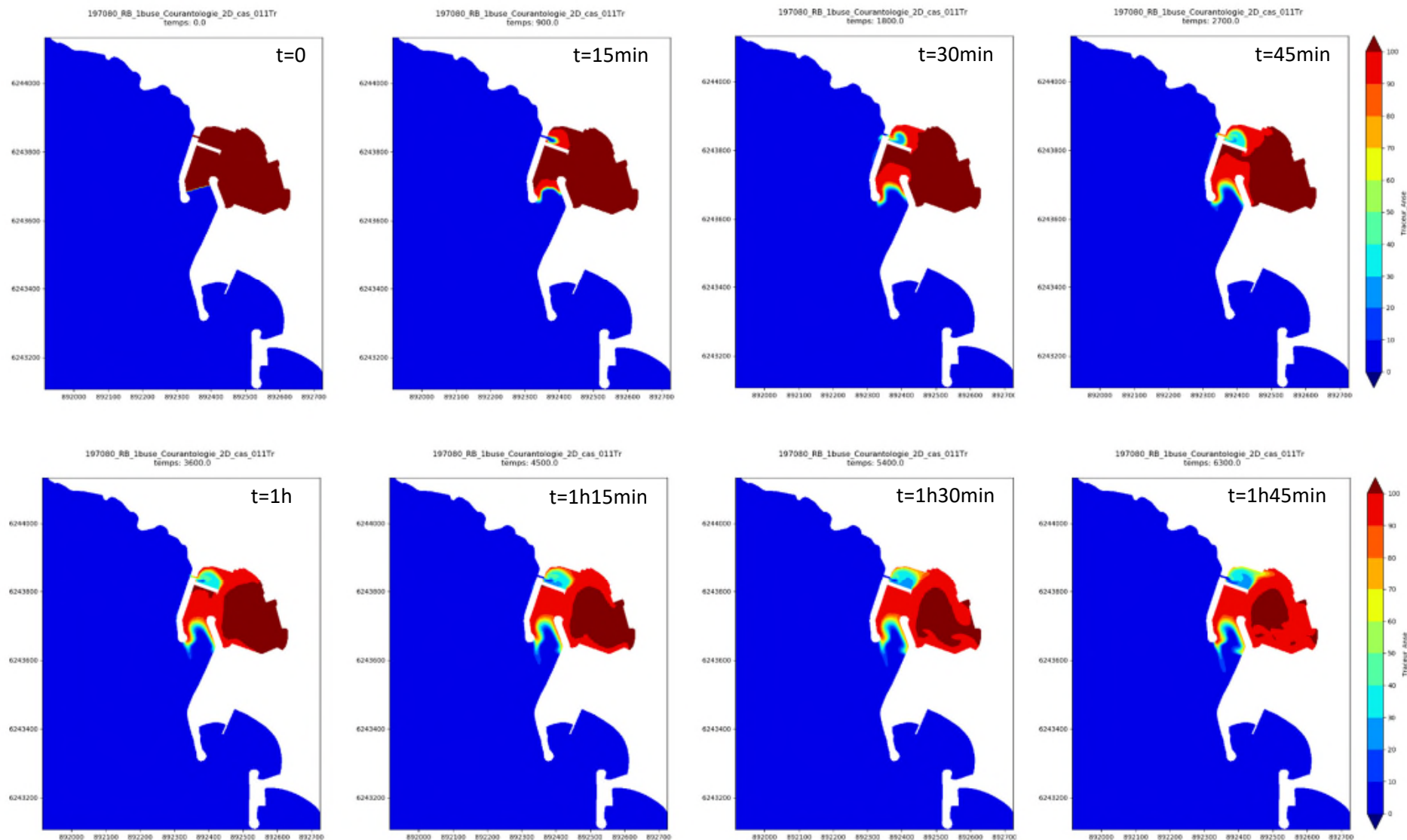
MODELISATION NUMERIQUE DU NOUVEL AMENAGEMENT avec 1 BUSE

Résultats de la courantologie - Traceurs

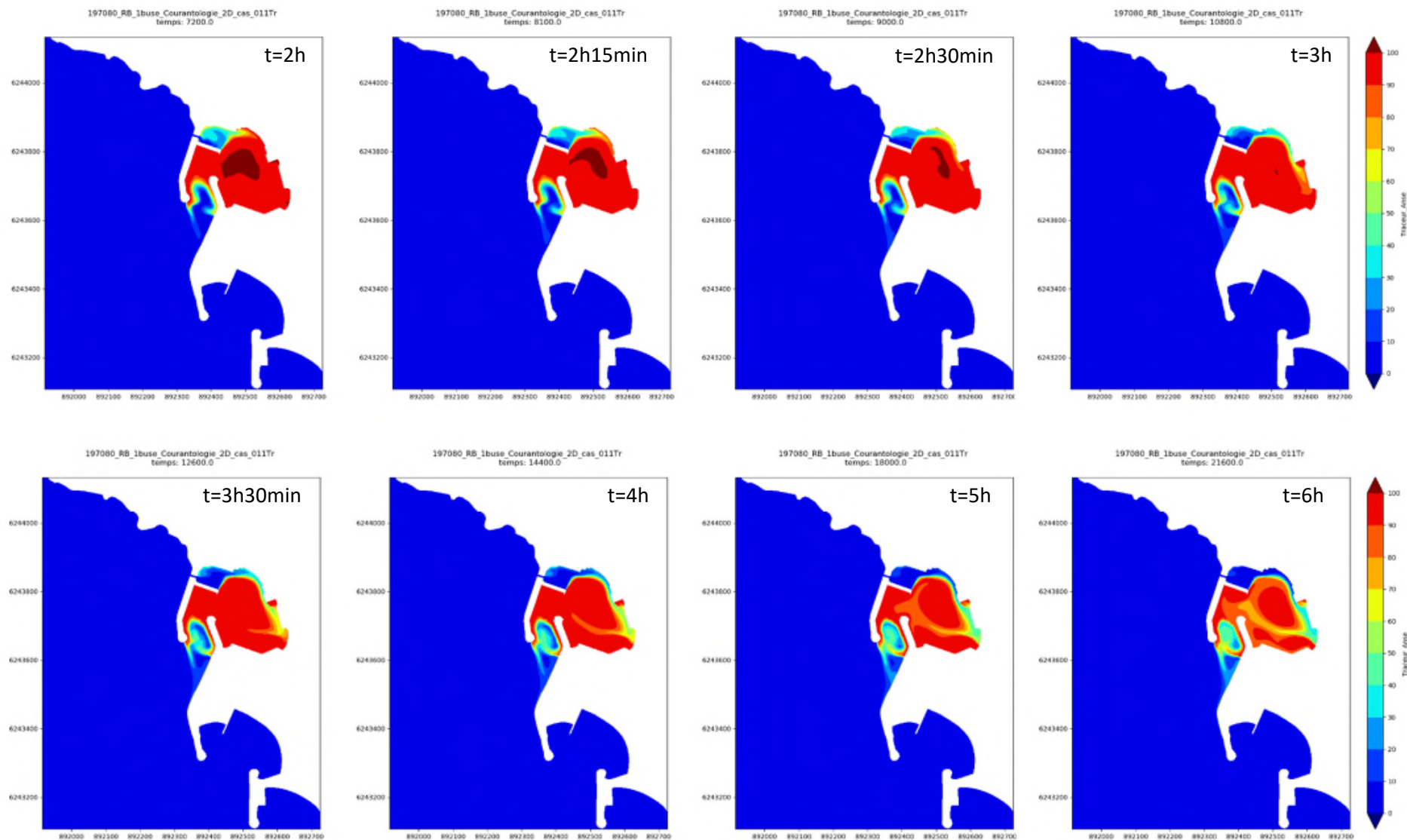
CAS 1

Traceur dans l'anse

CAS 1 – TRACEUR ANSE



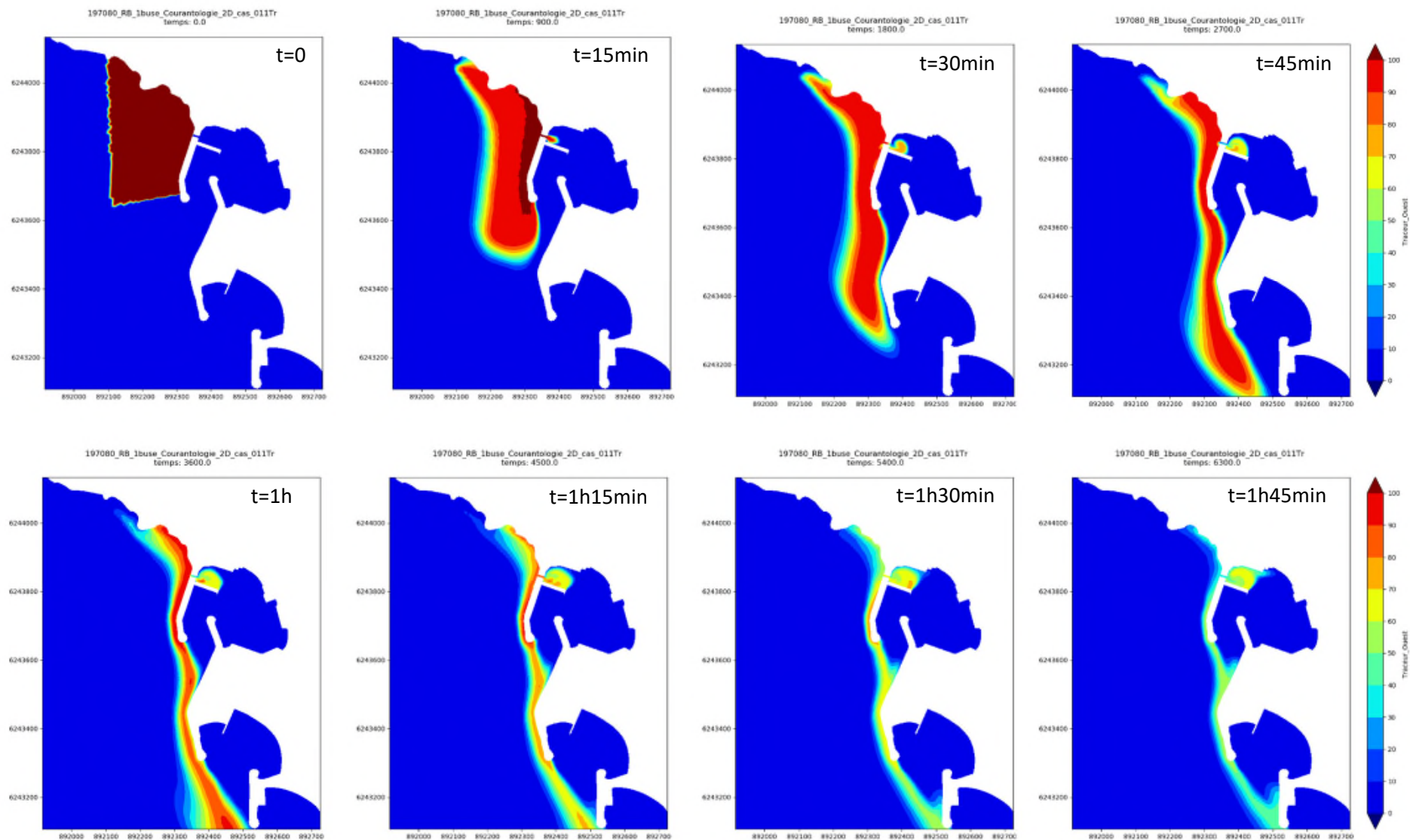
CAS 1 – TRACEUR ANSE



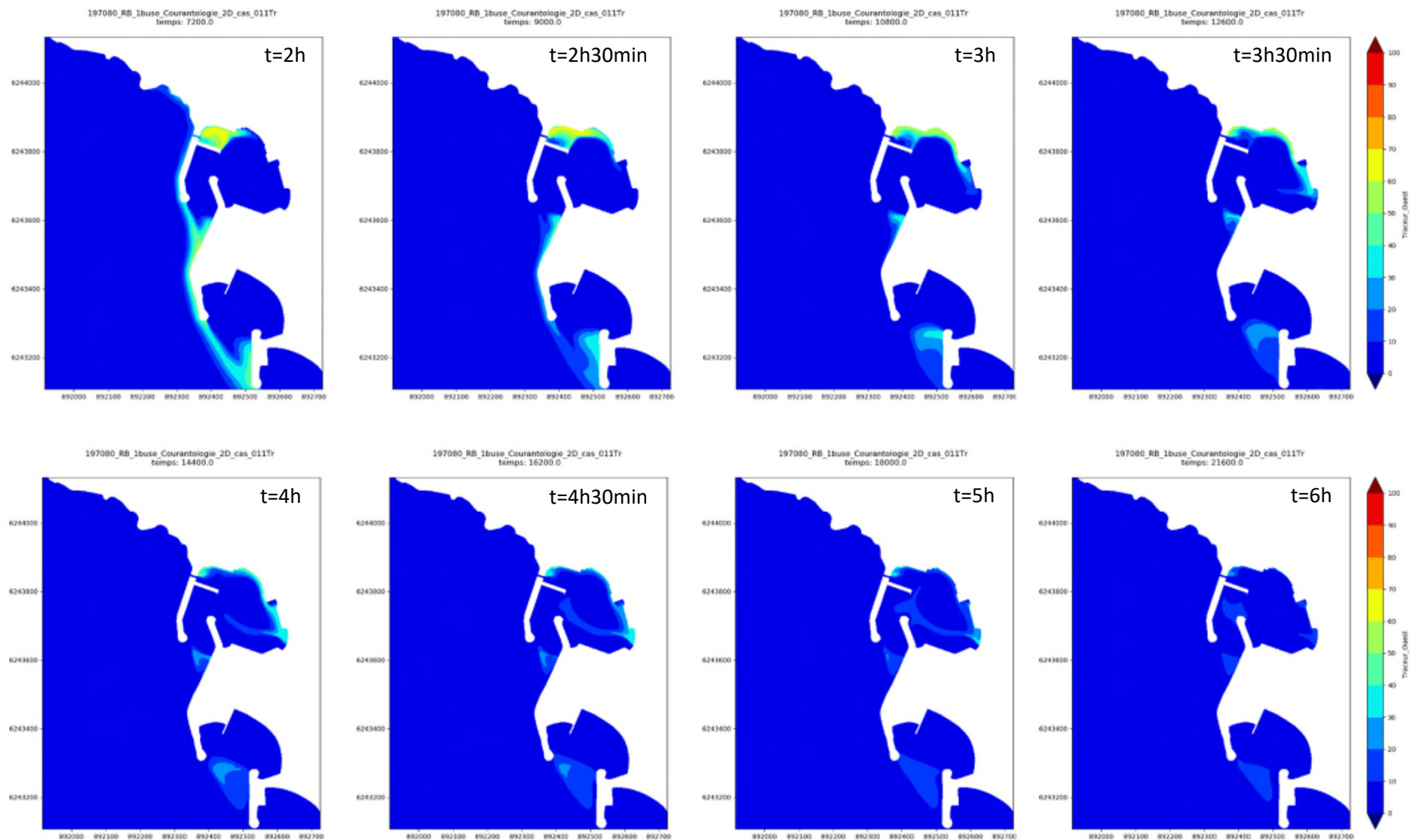
CAS 1

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 1 – TRACEUR OUEST



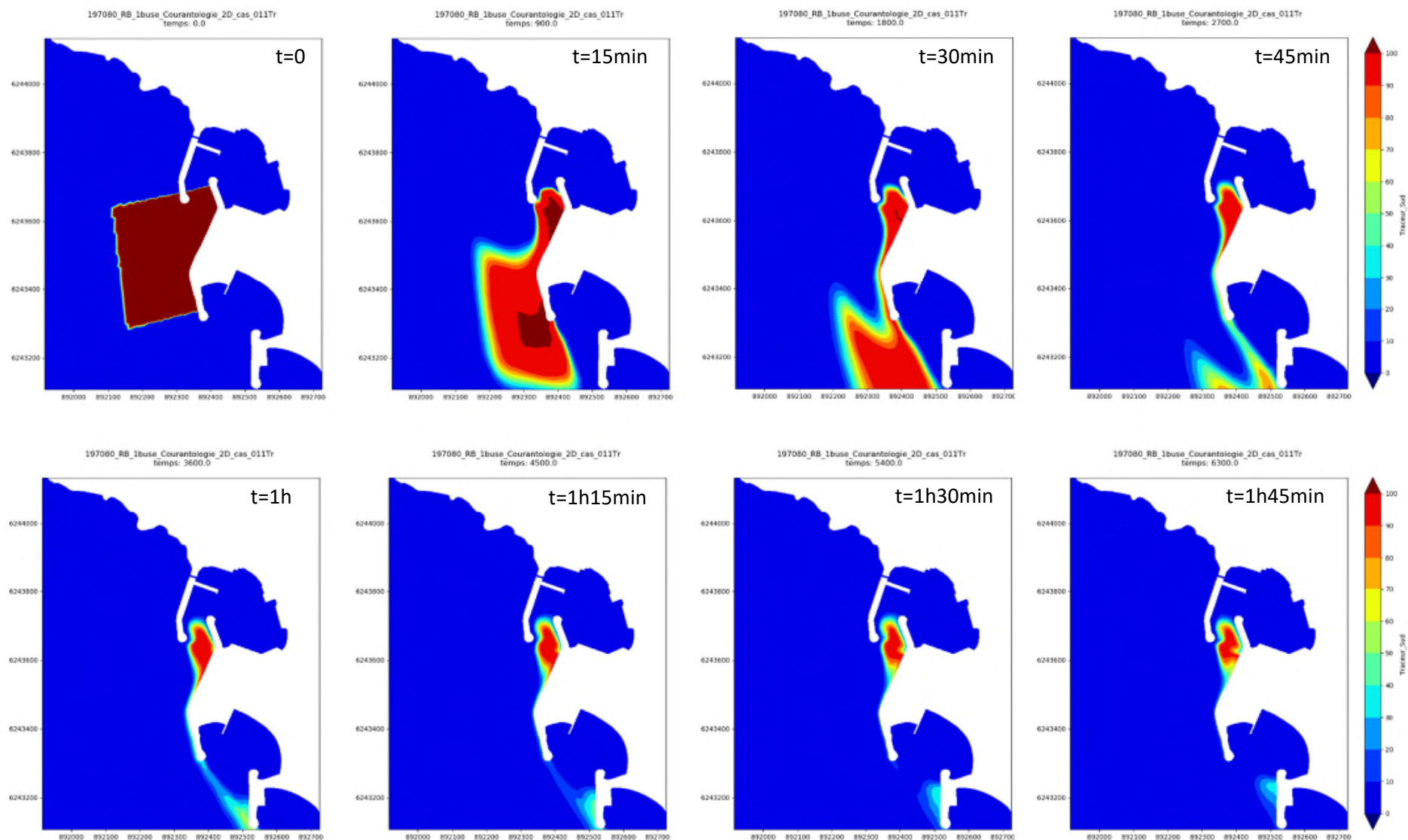
CAS 1 – TRACEUR OUEST



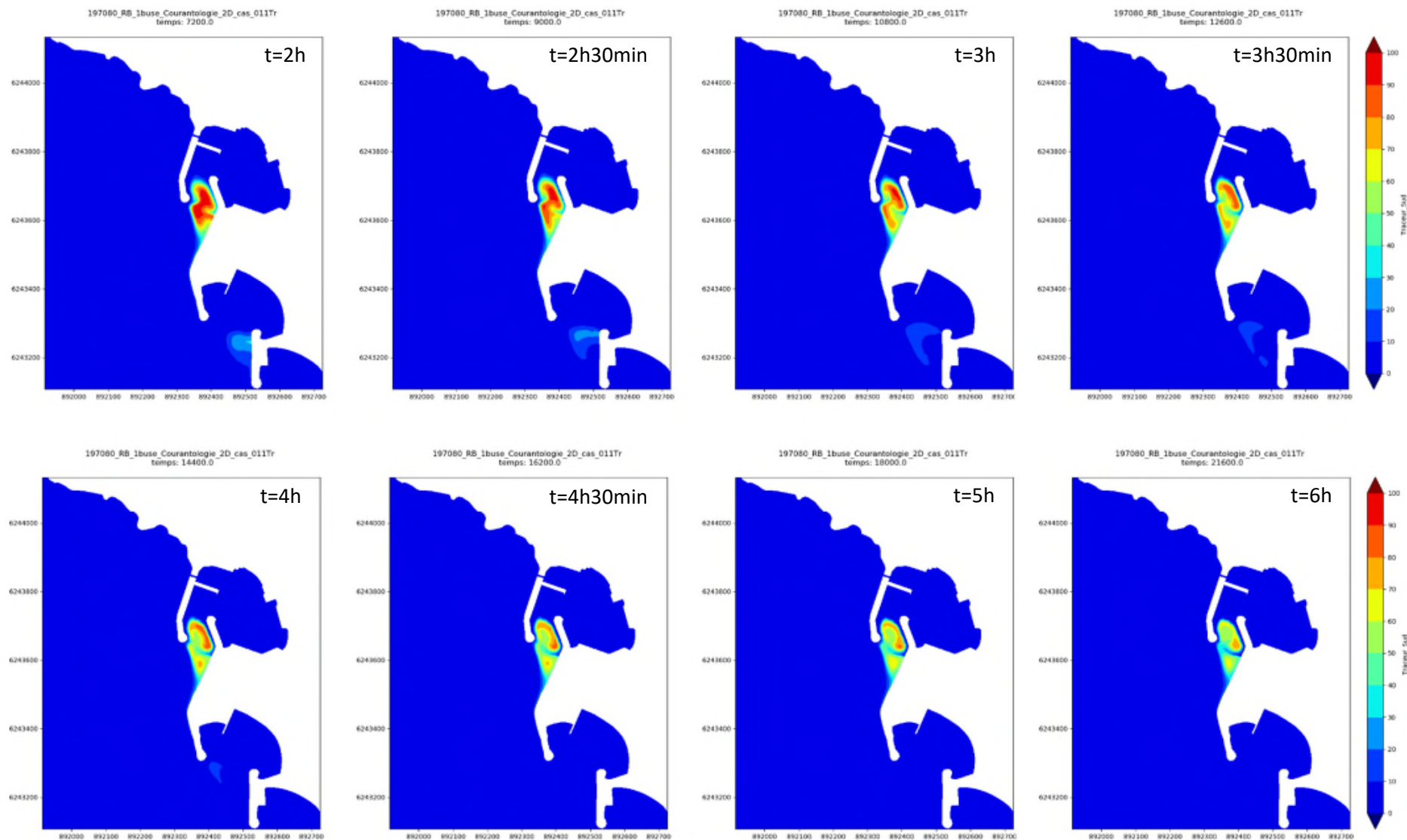
CAS 1

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 1 – TRACEUR SUD



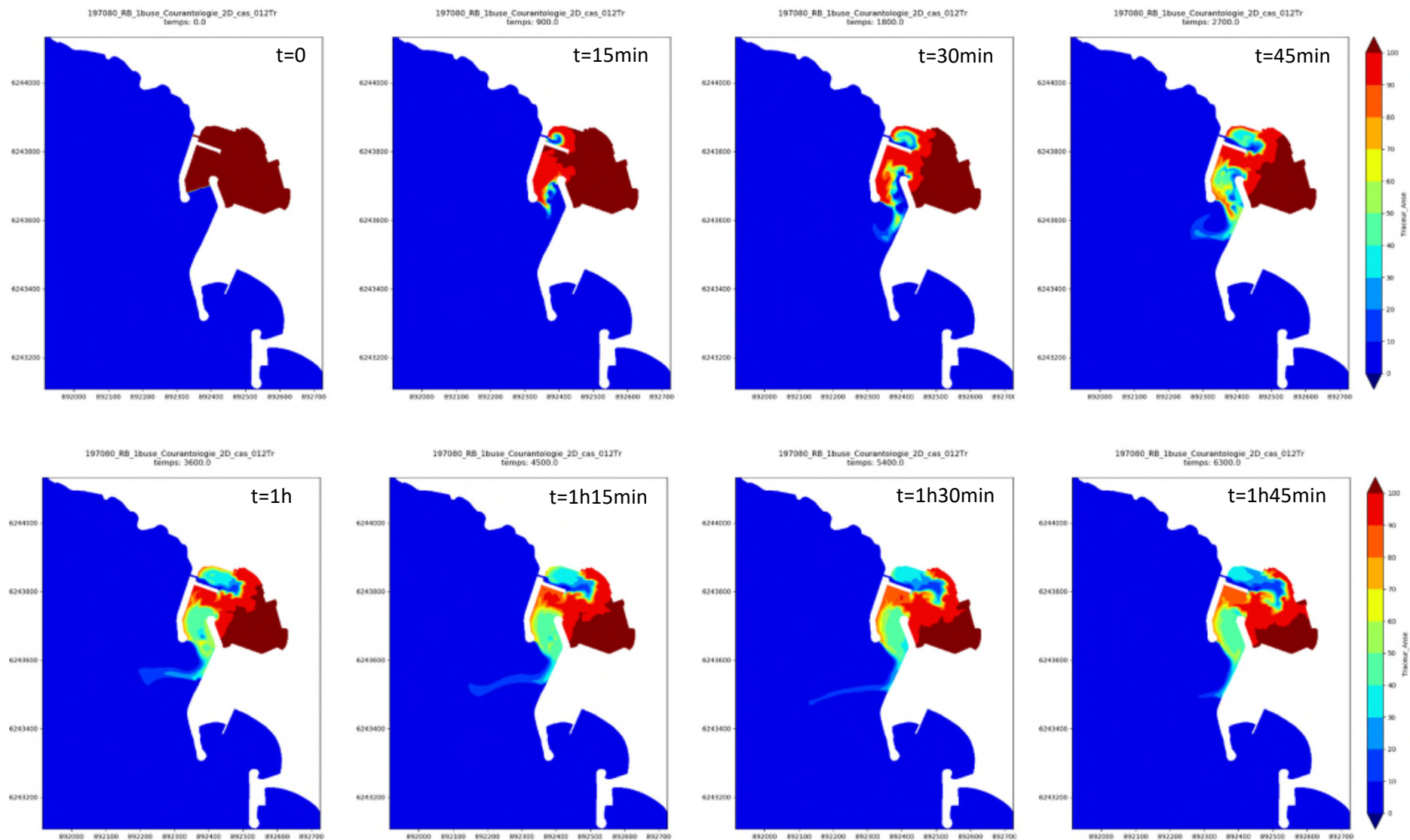
CAS 1 – TRACEUR SUD



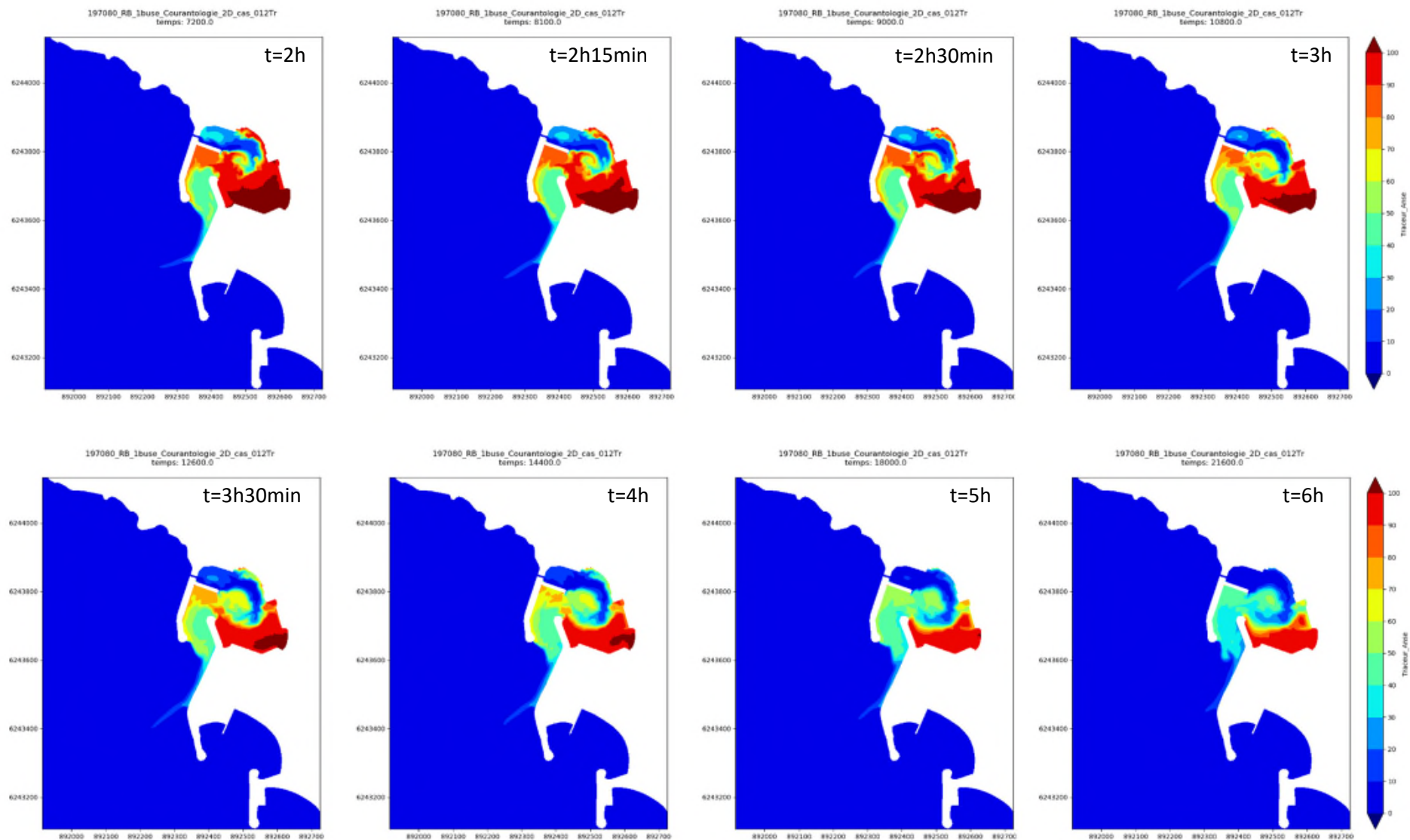
CAS 2

Traceur dans l'anse

CAS 2 – TRACEUR ANSE



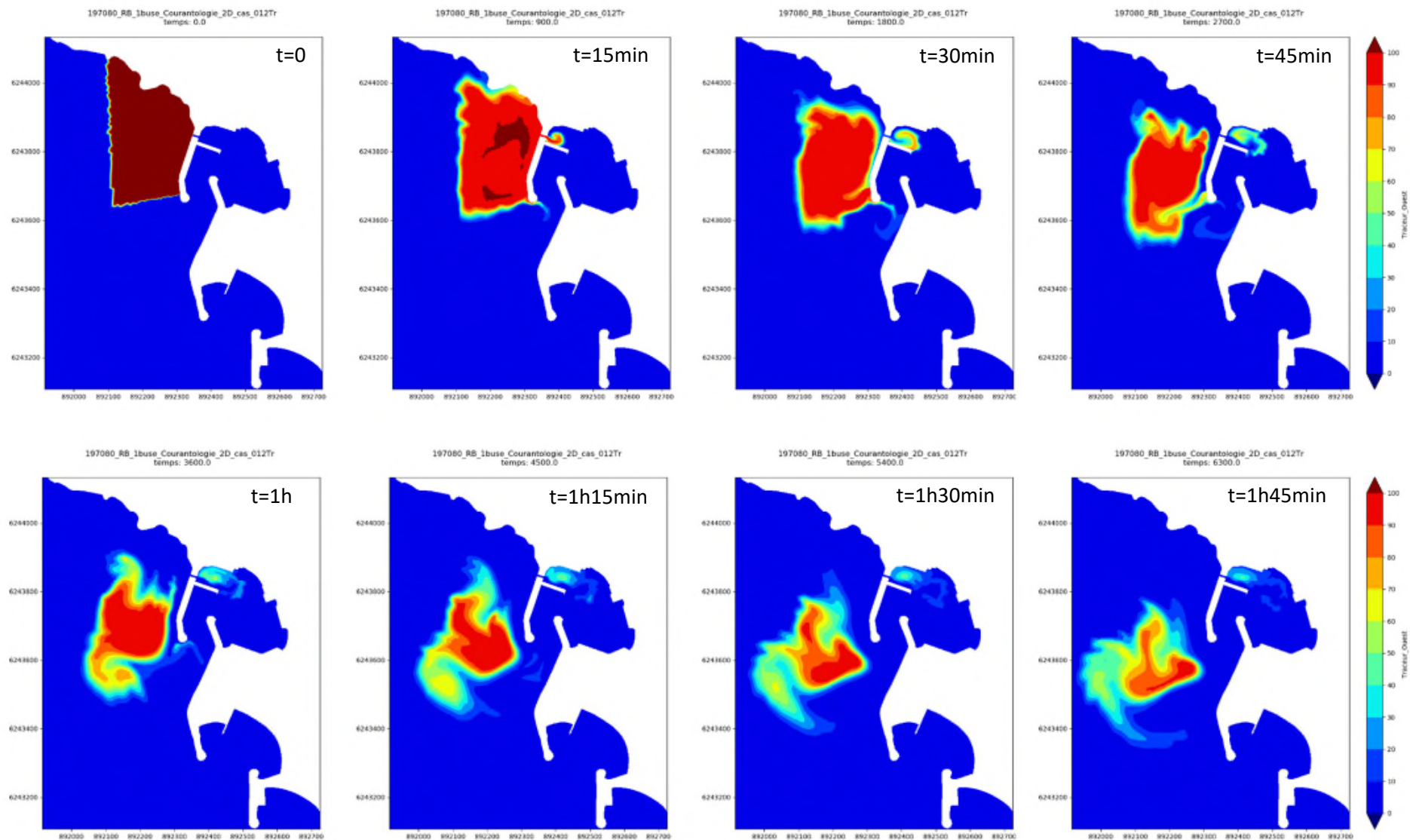
CAS 2 – TRACEUR ANSE



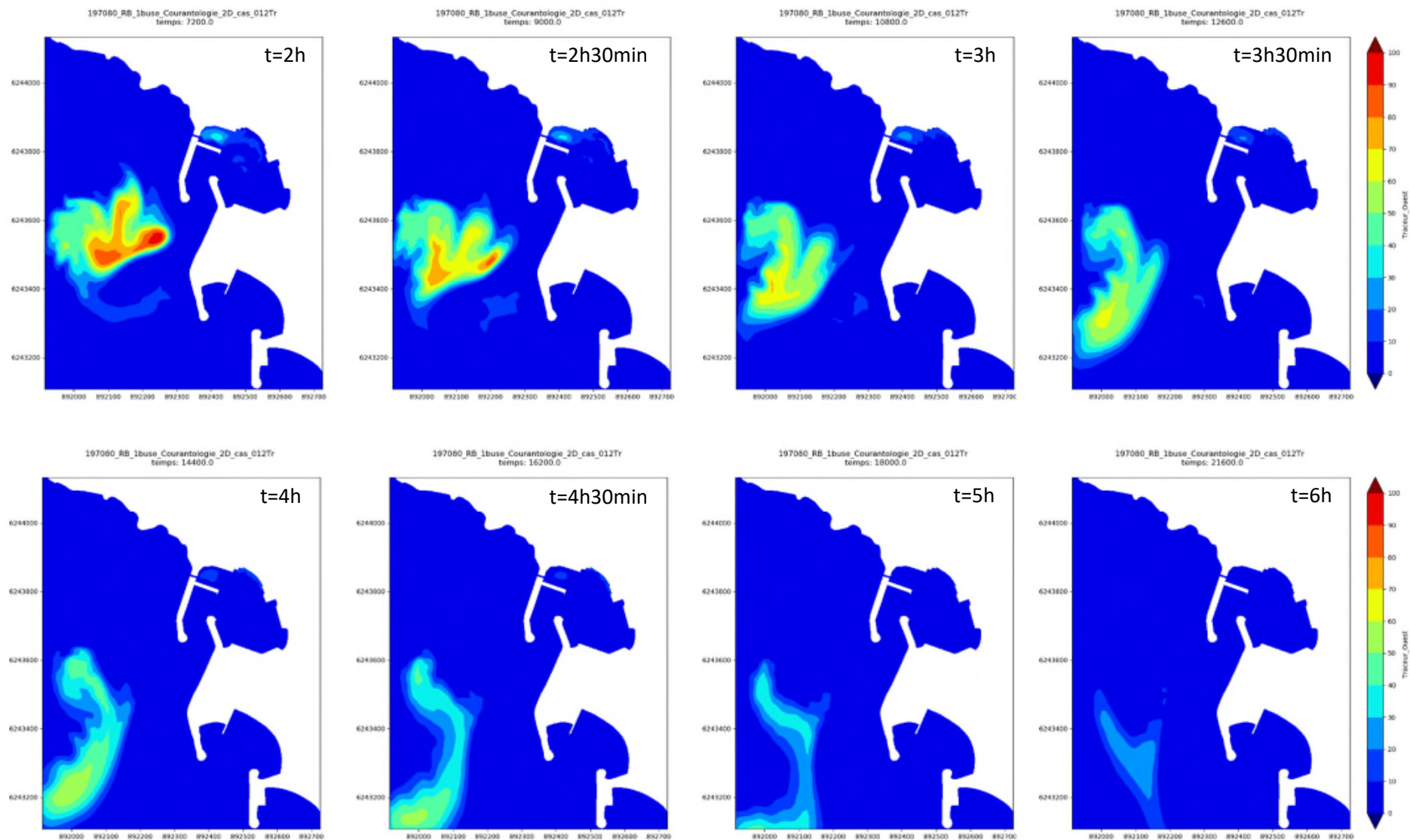
CAS 2

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 2 – TRACEUR OUEST



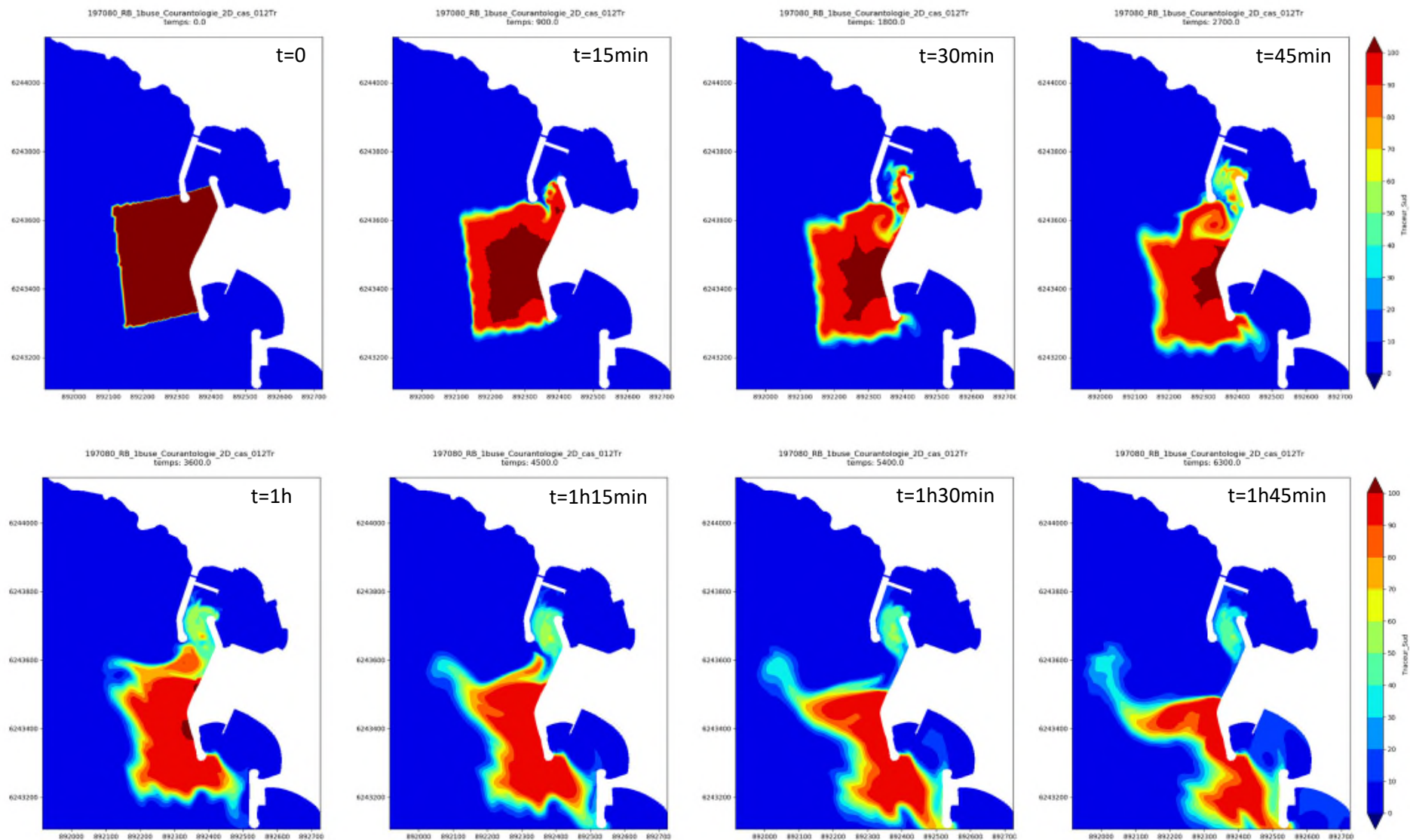
CAS 2 – TRACEUR OUEST



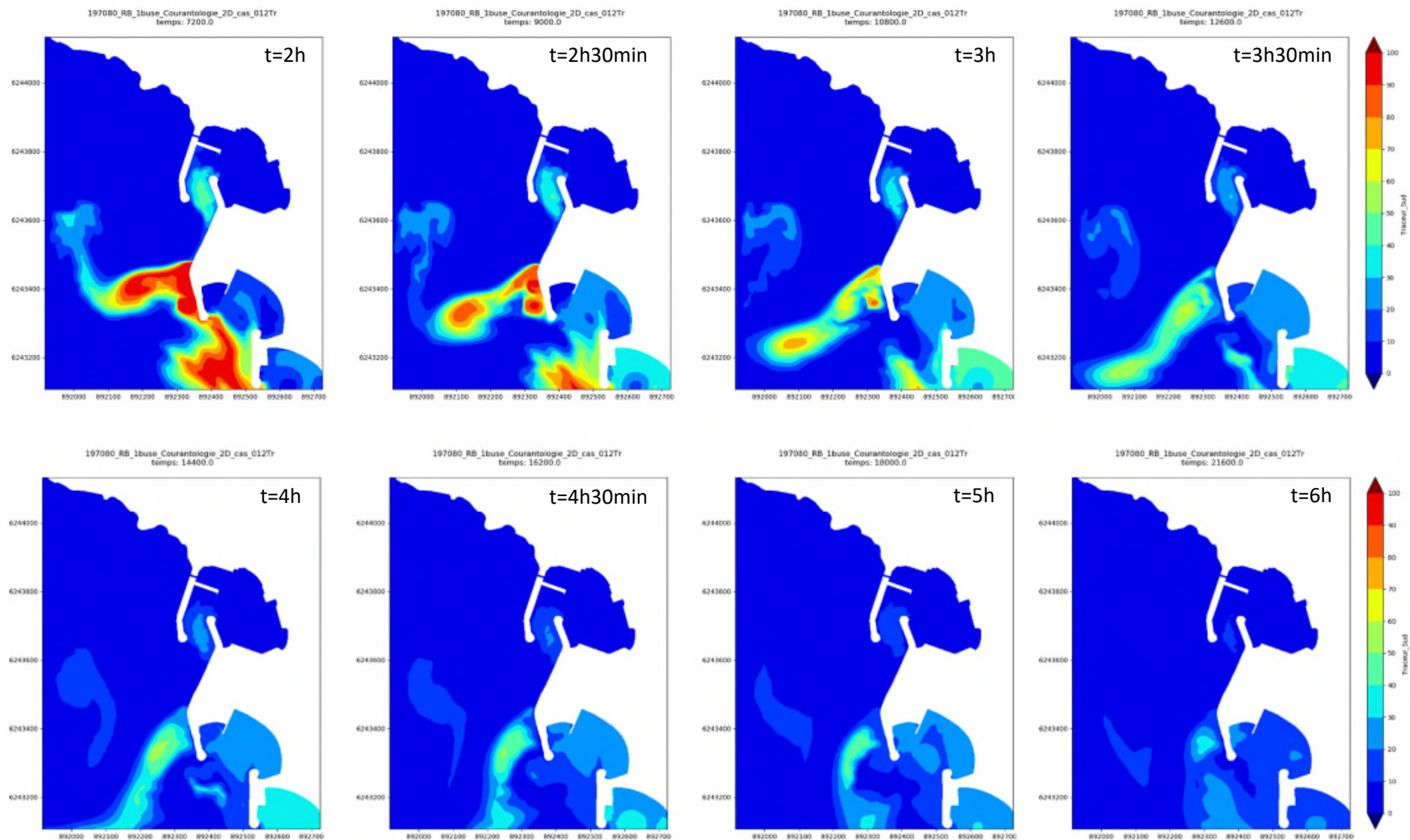
CAS 2

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 2 – TRACEUR SUD



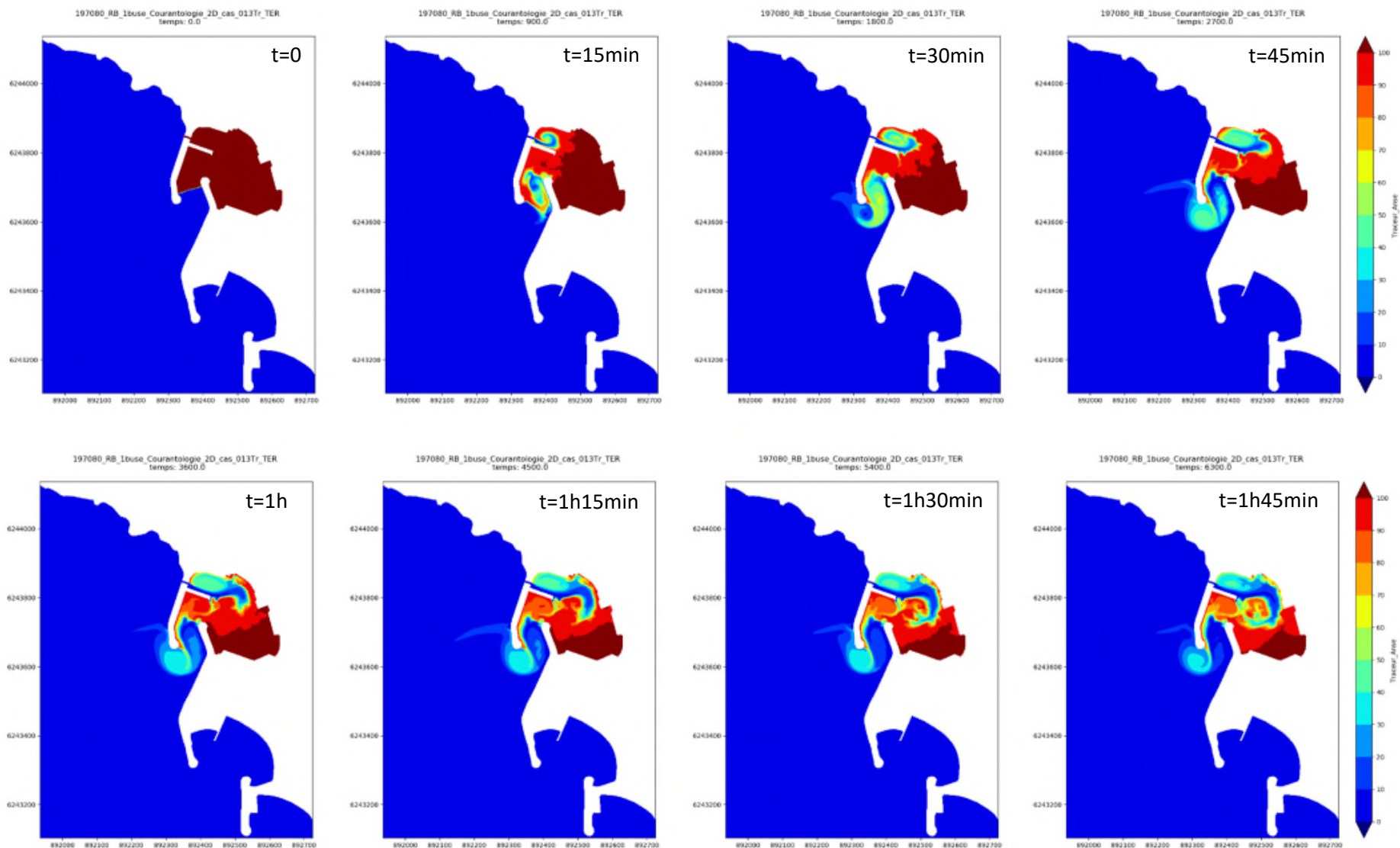
CAS 2 – TRACEUR SUD



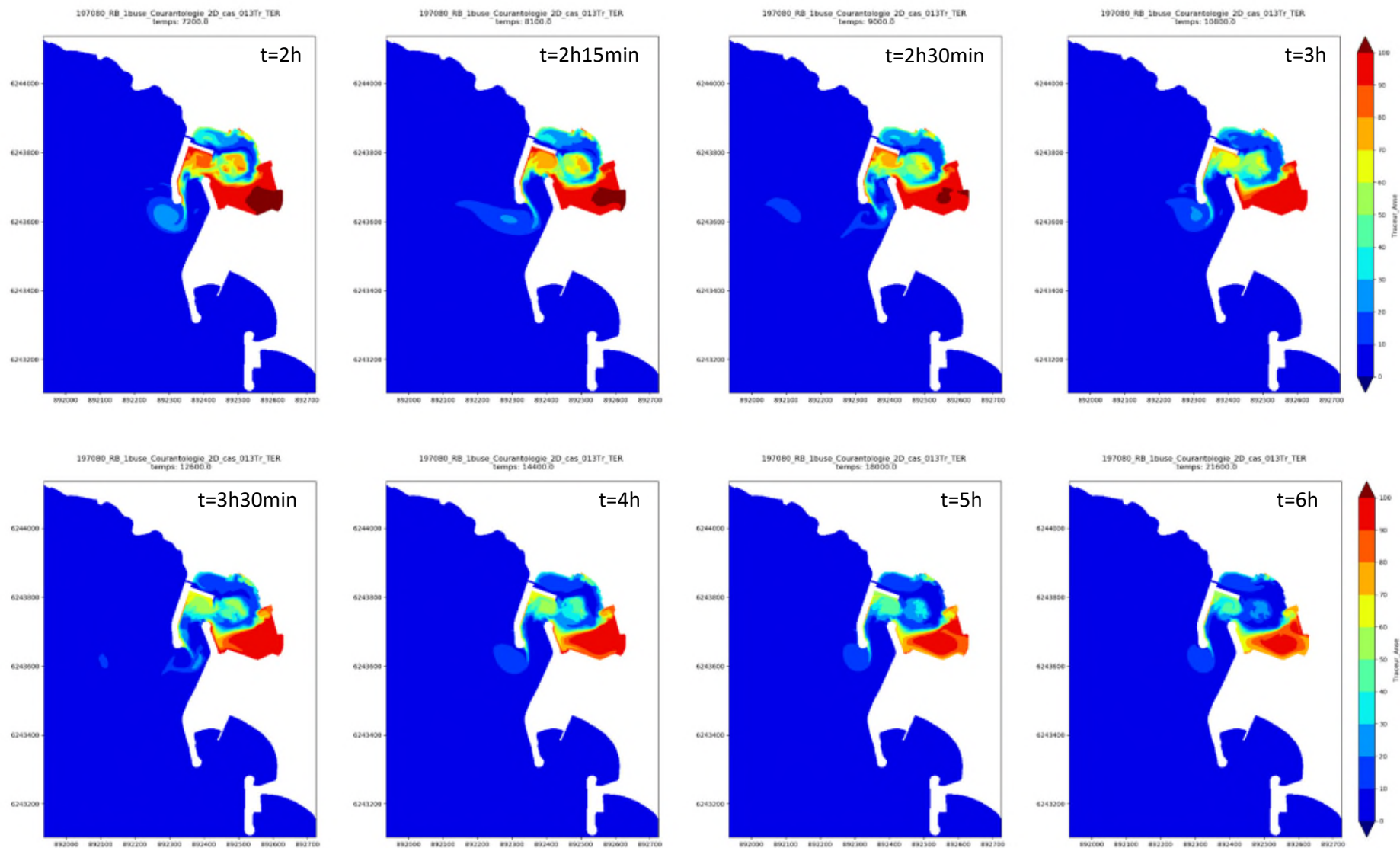
CAS 3

Traceur dans l'anse

CAS 3 – TRACEUR ANSE



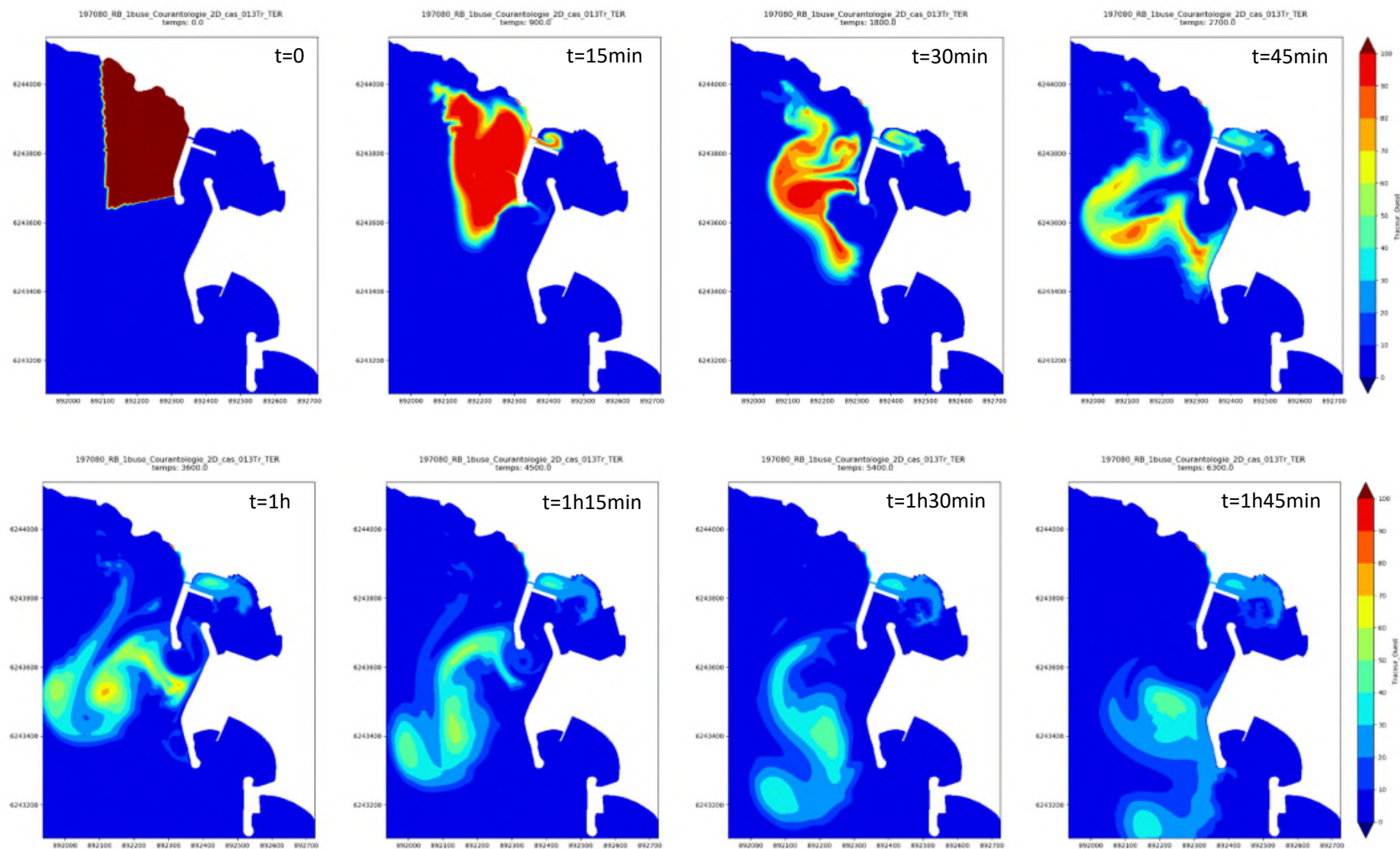
CAS 3 – TRACEUR ANSE



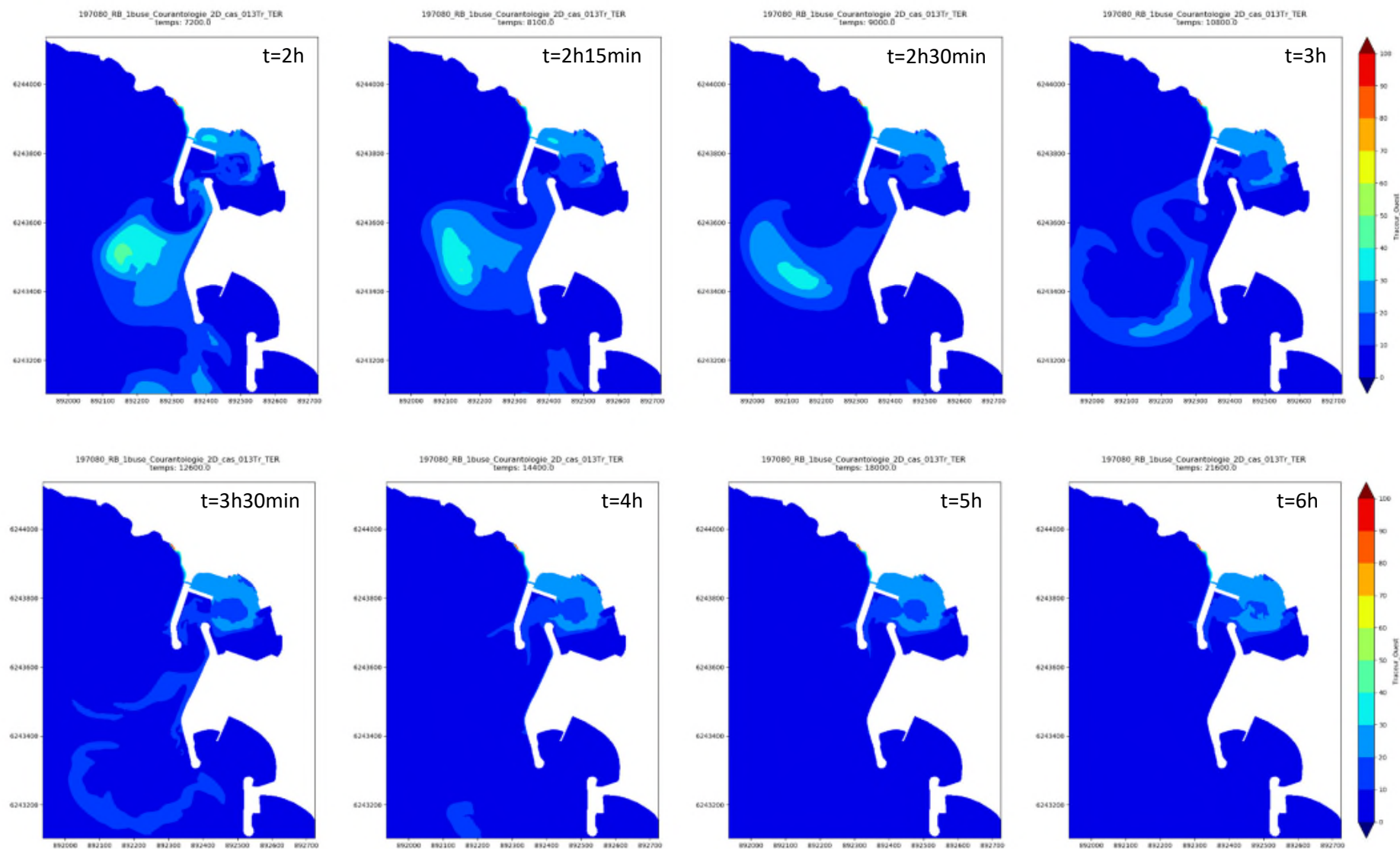
CAS 3

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 3 – TRACEUR OUEST



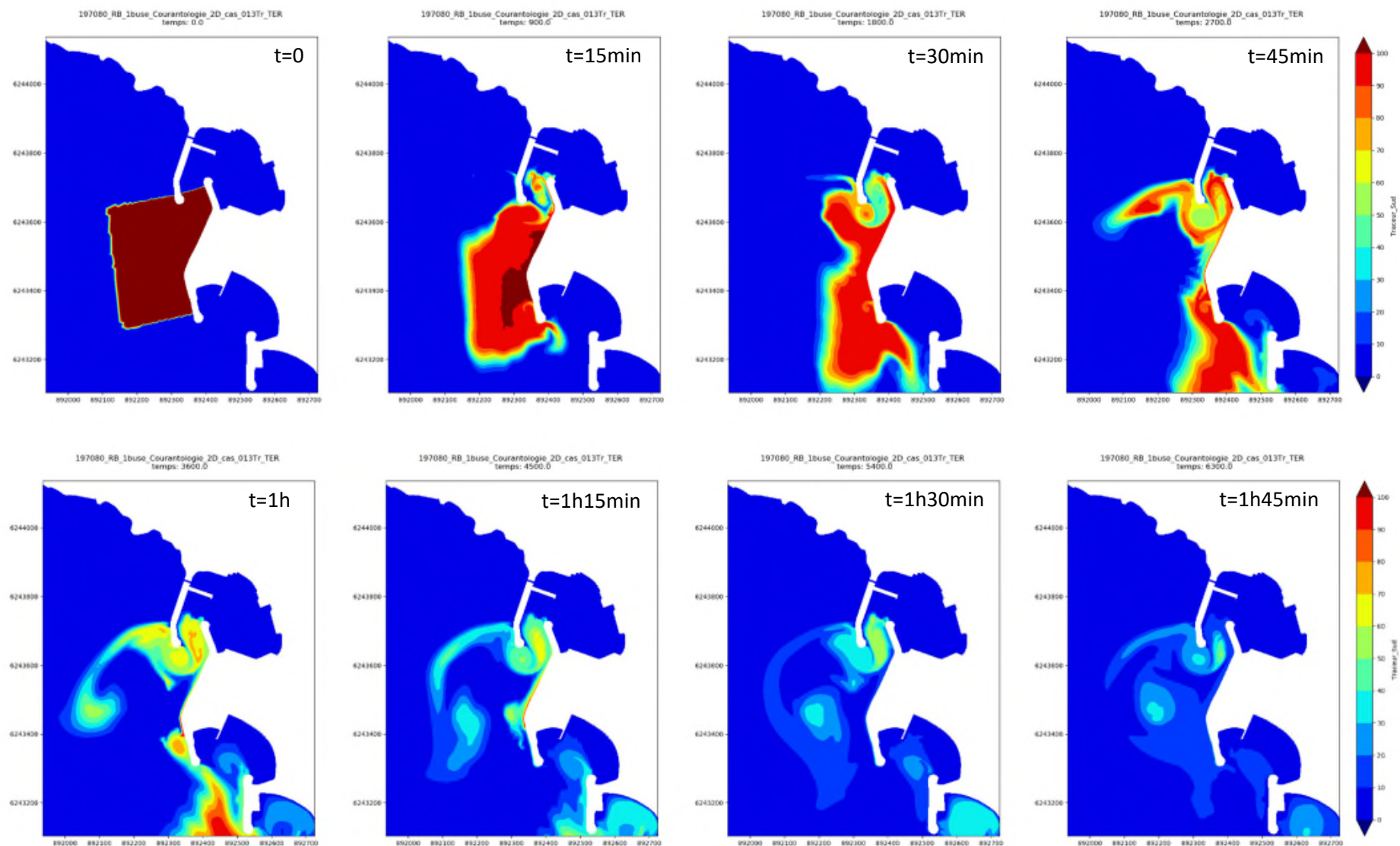
CAS 3 – TRACEUR OUEST



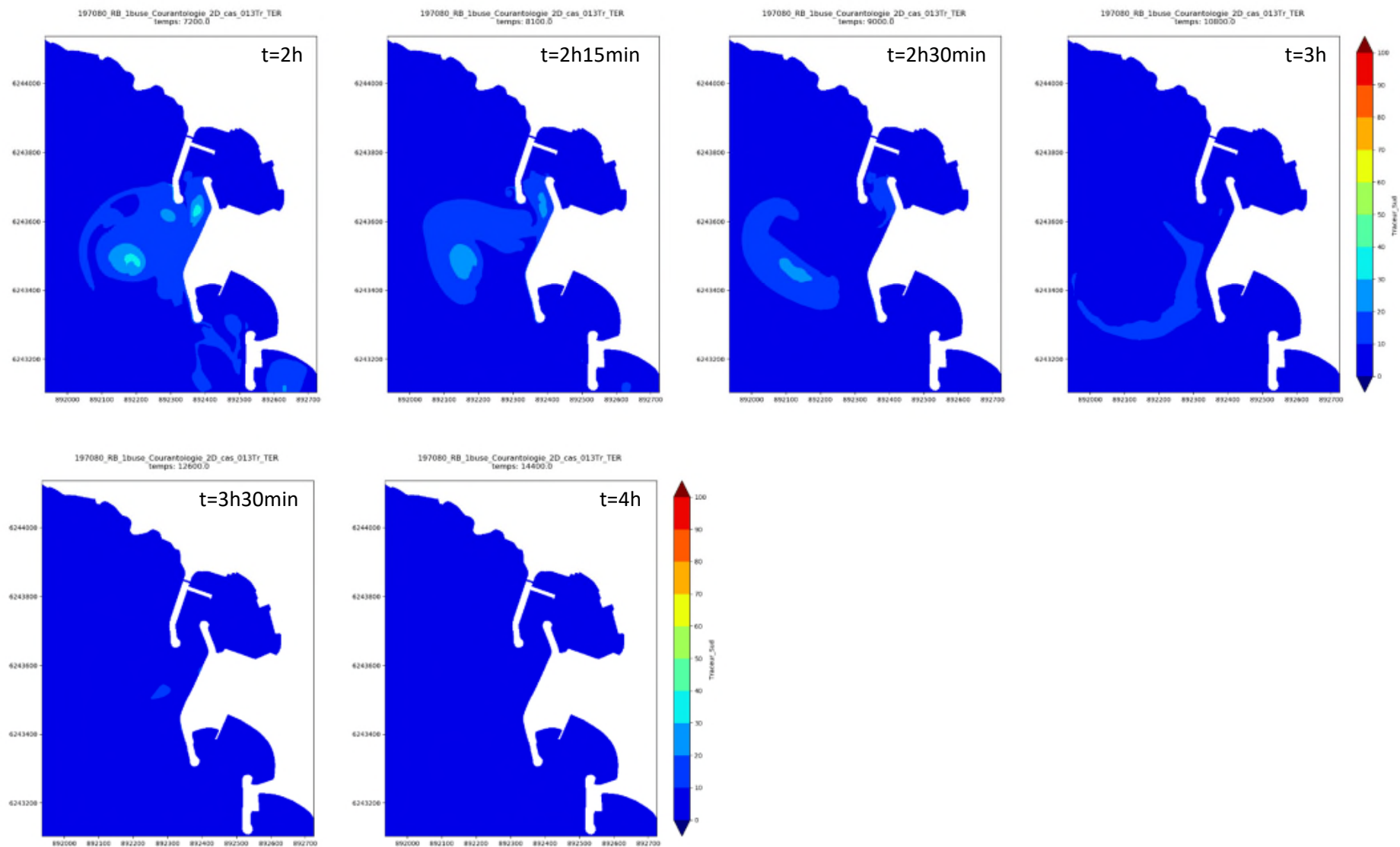
CAS 3

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 3 – TRACEUR SUD



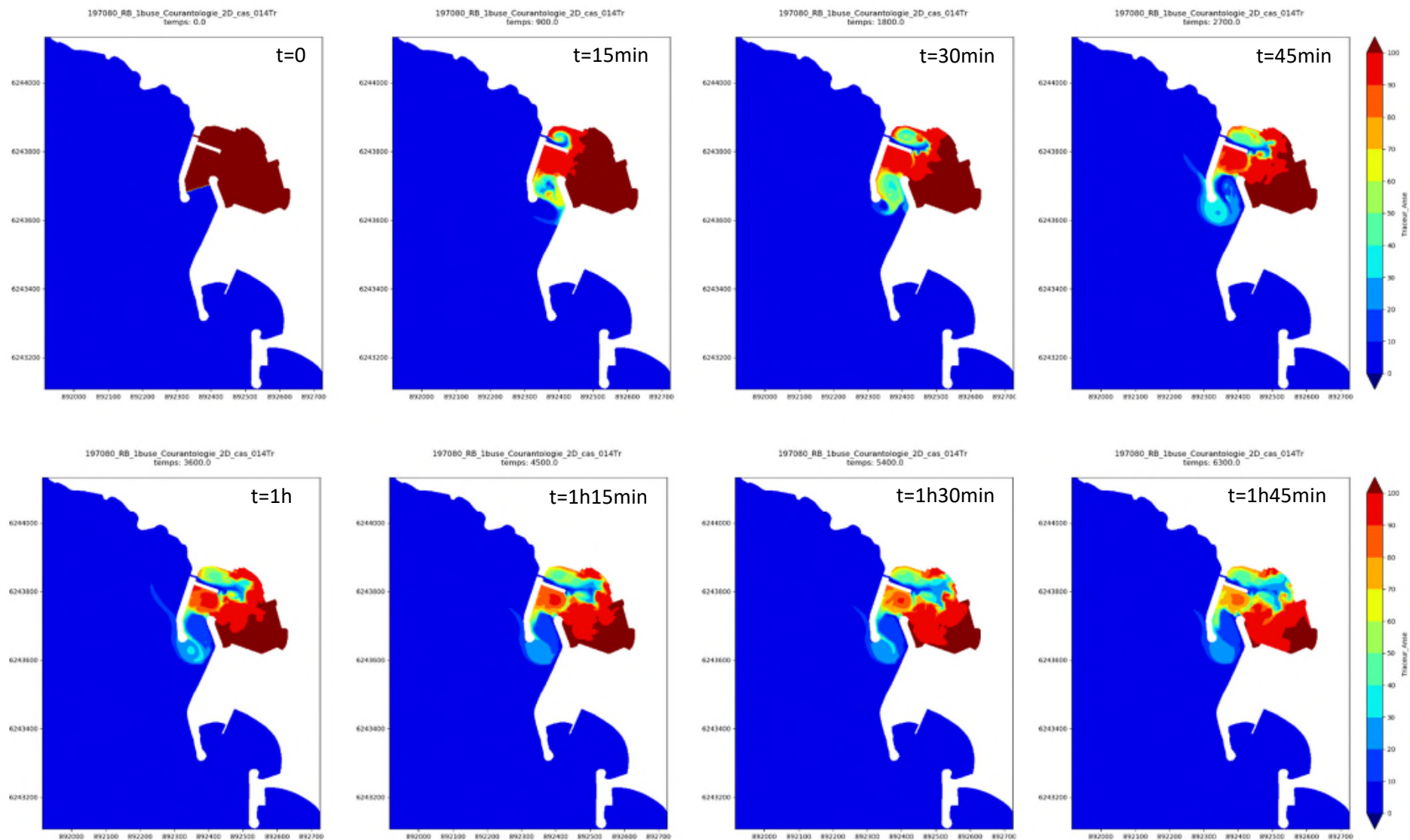
CAS 3 – TRACEUR SUD



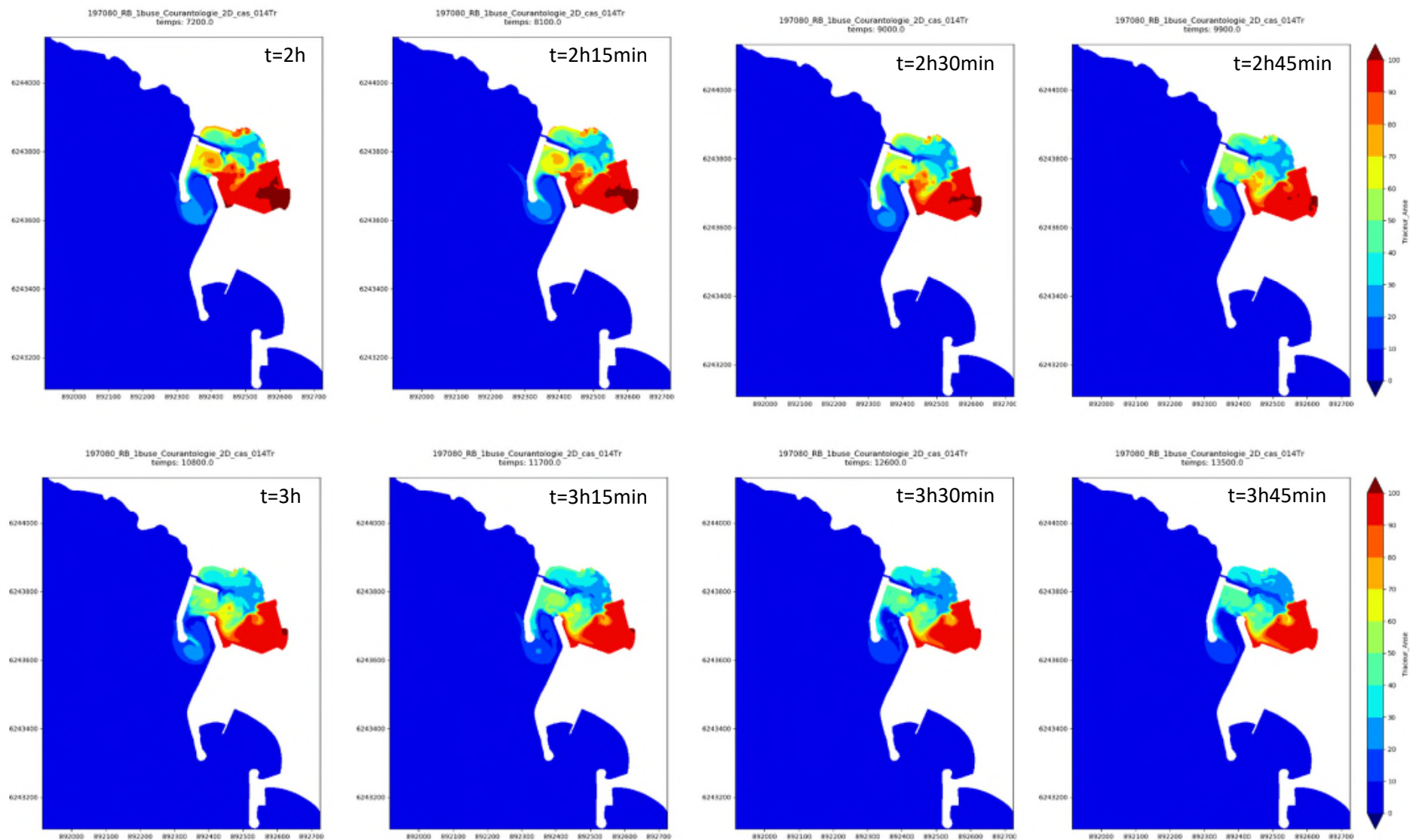
CAS 4

Traceur dans l'anse

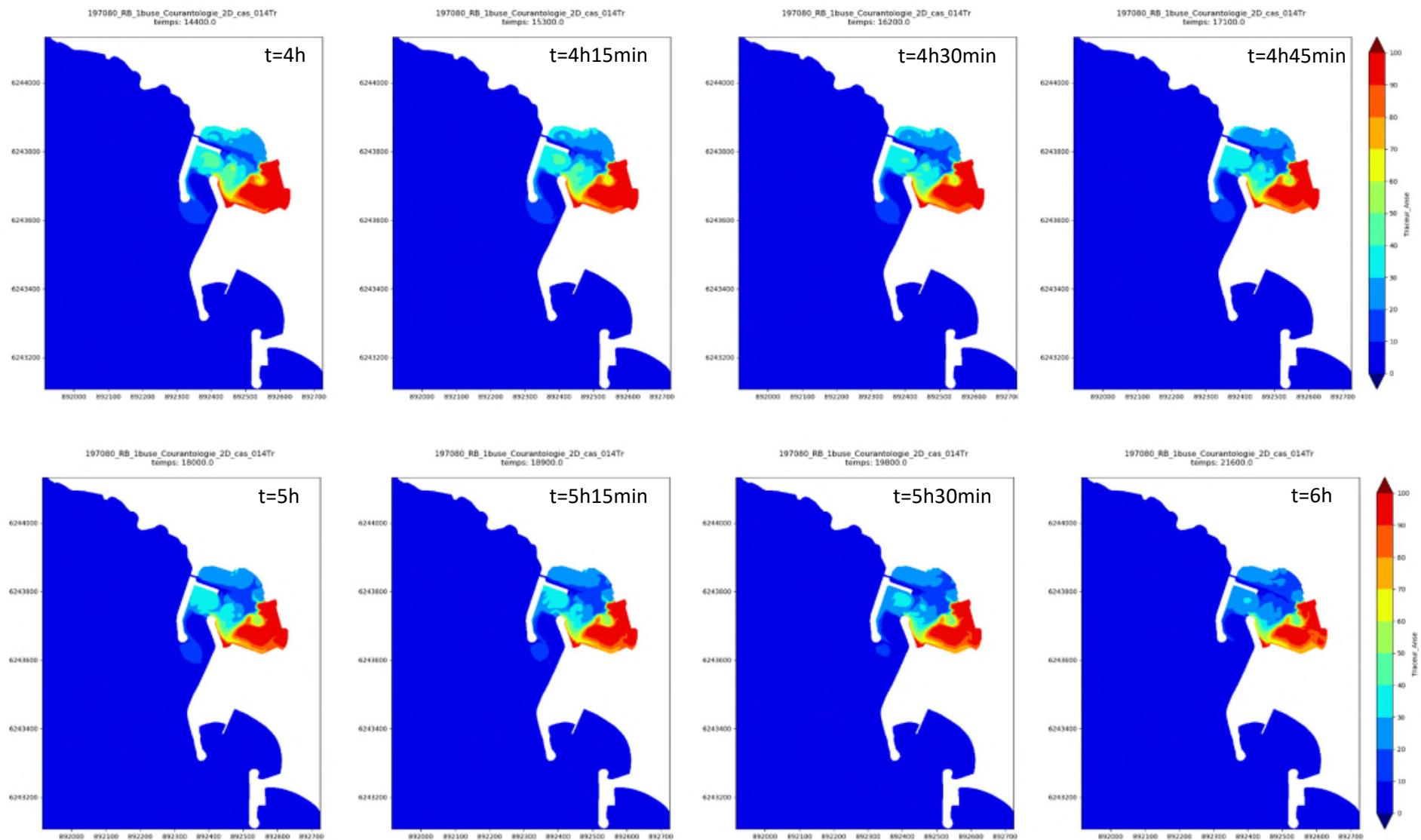
CAS 4 – TRACEUR ANSE



CAS 4 – TRACEUR ANSE



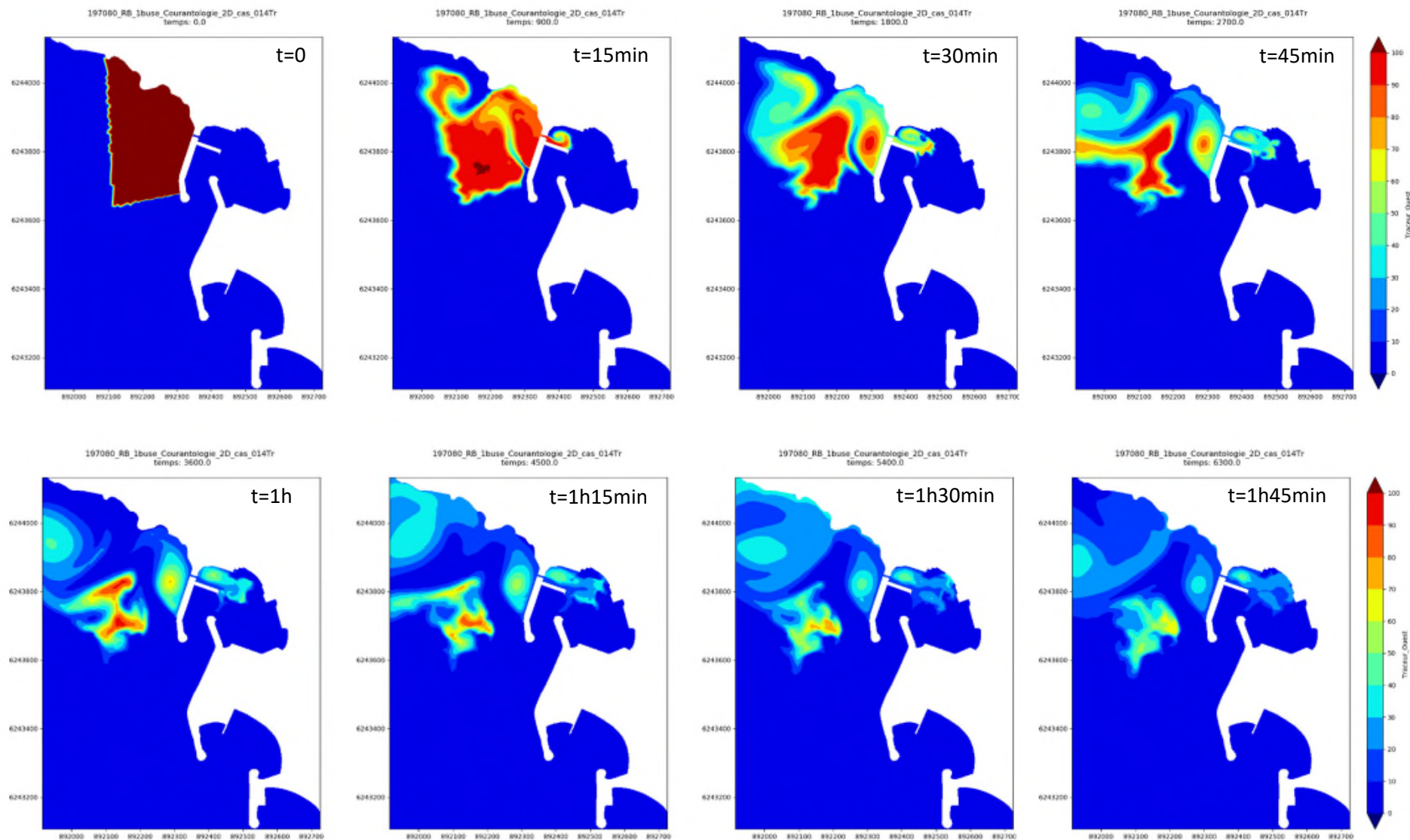
CAS 4 – TRACEUR ANSE



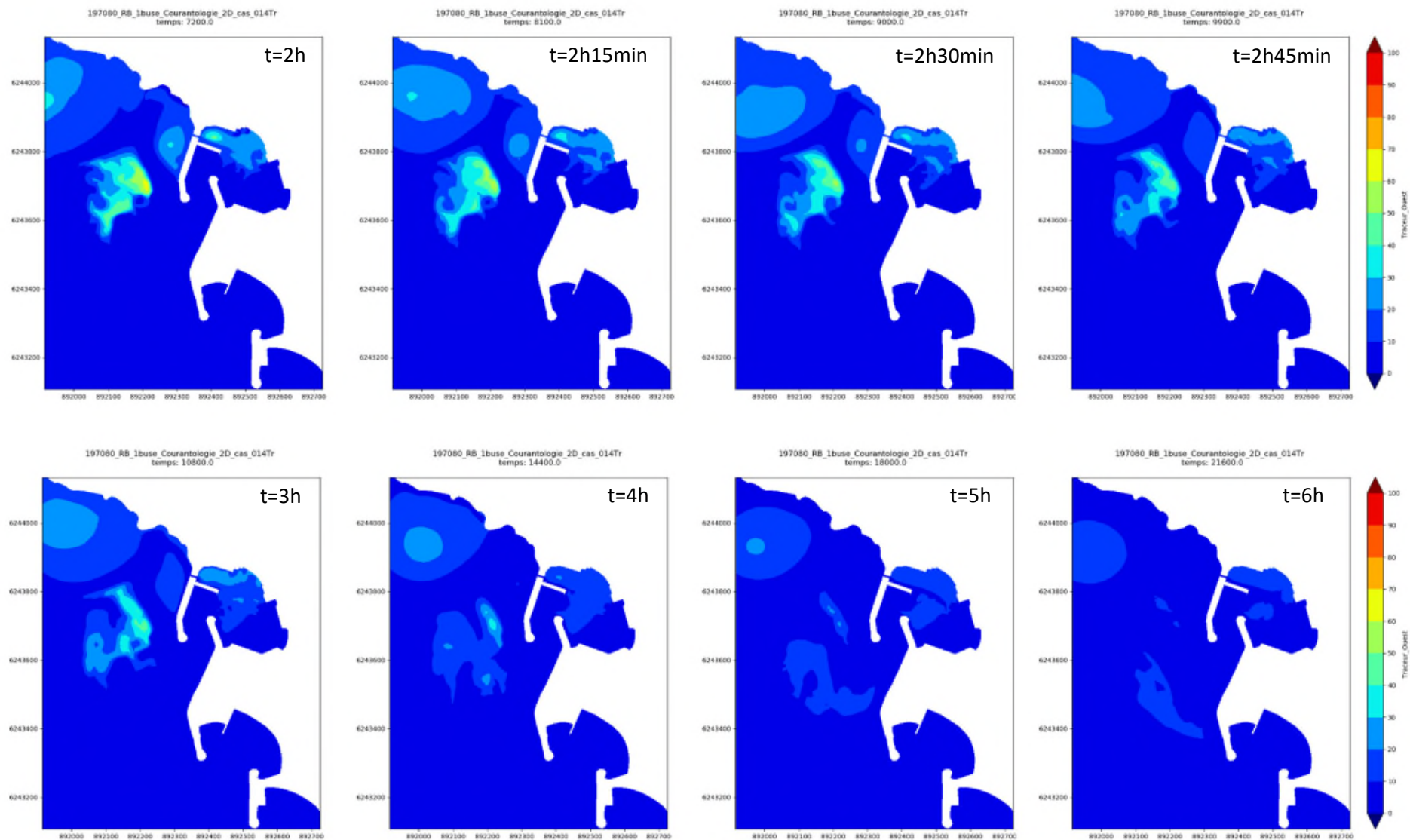
CAS 4

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 4 – TRACEUR OUEST



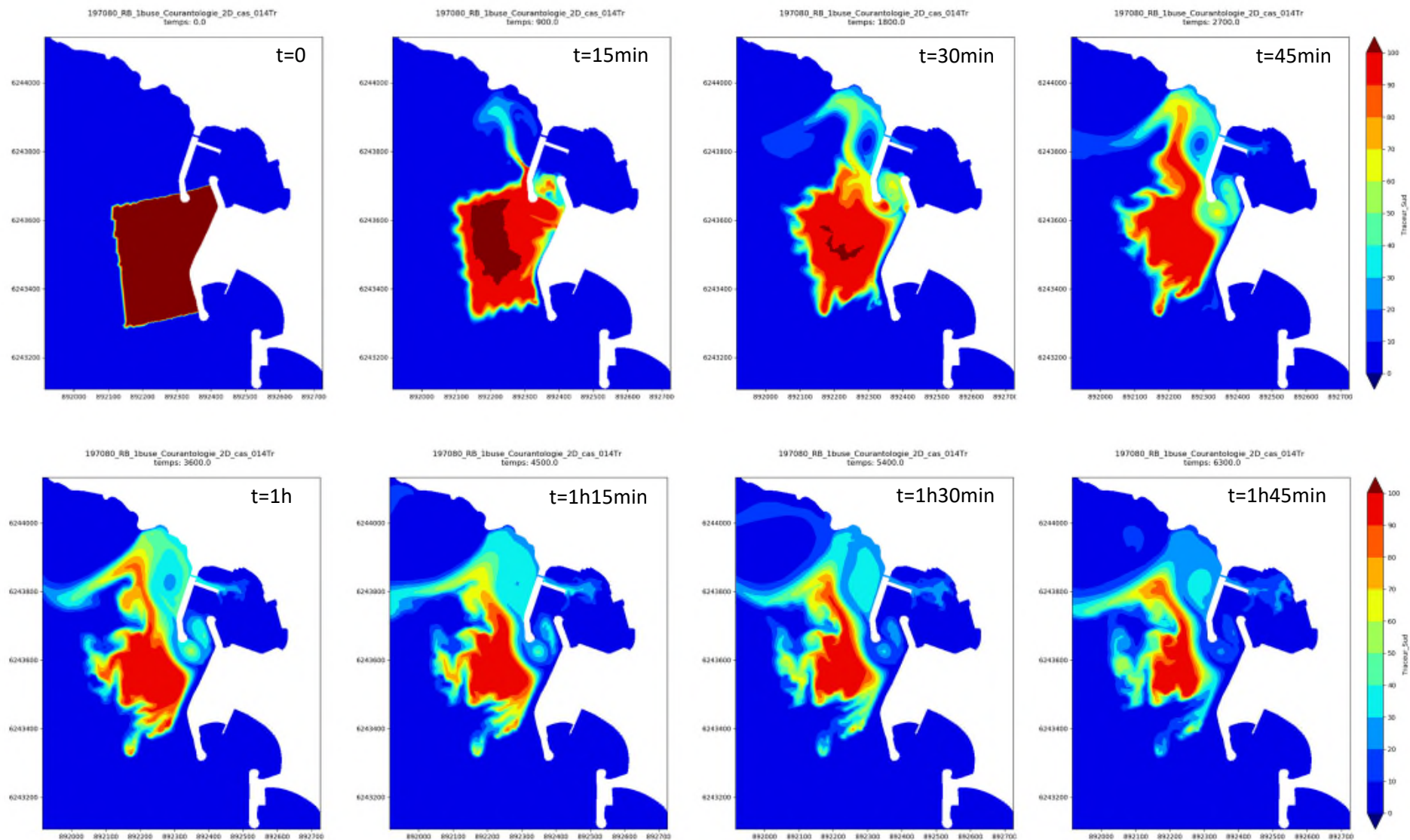
CAS 4 – TRACEUR OUEST



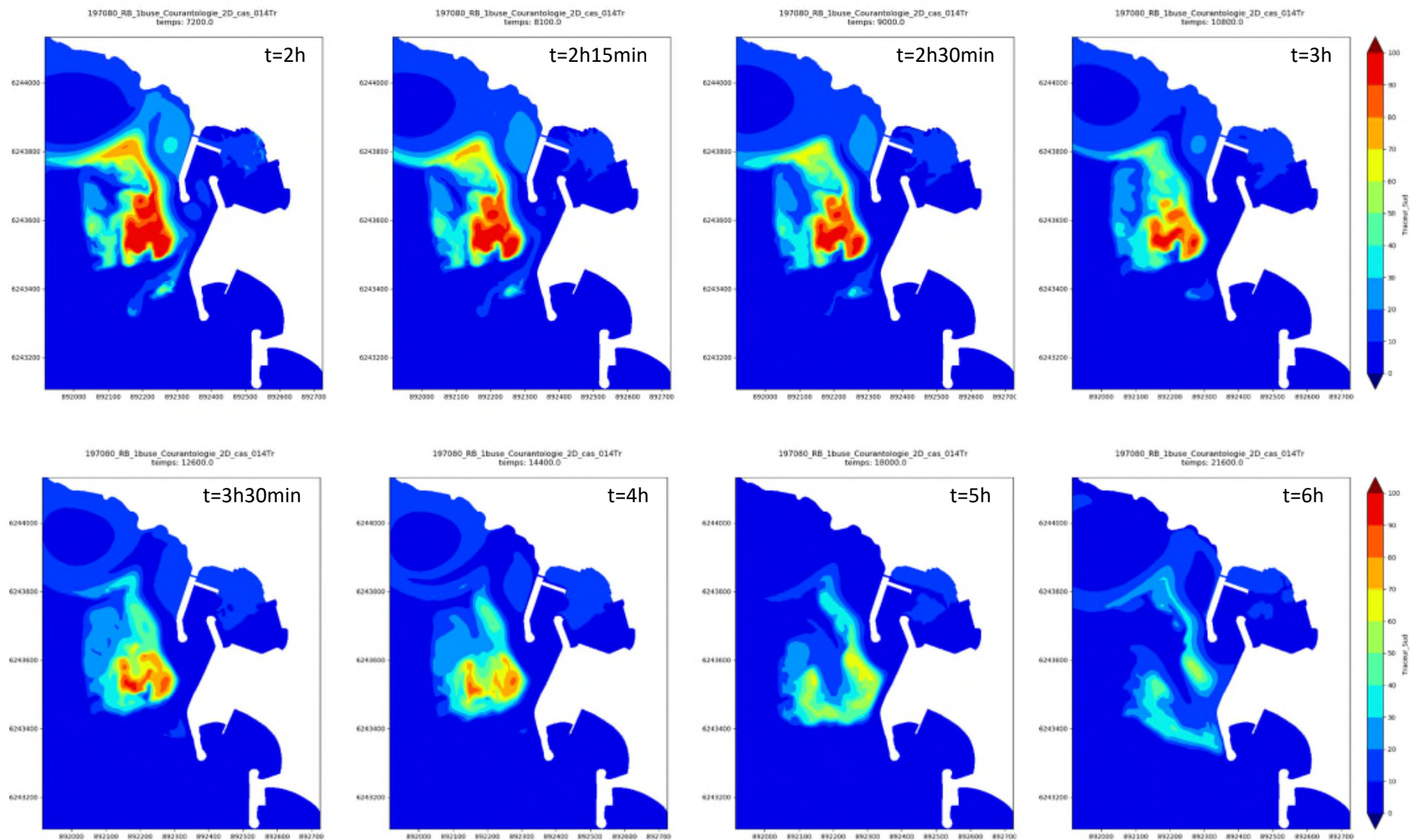
CAS 4

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 4 – TRACEUR SUD



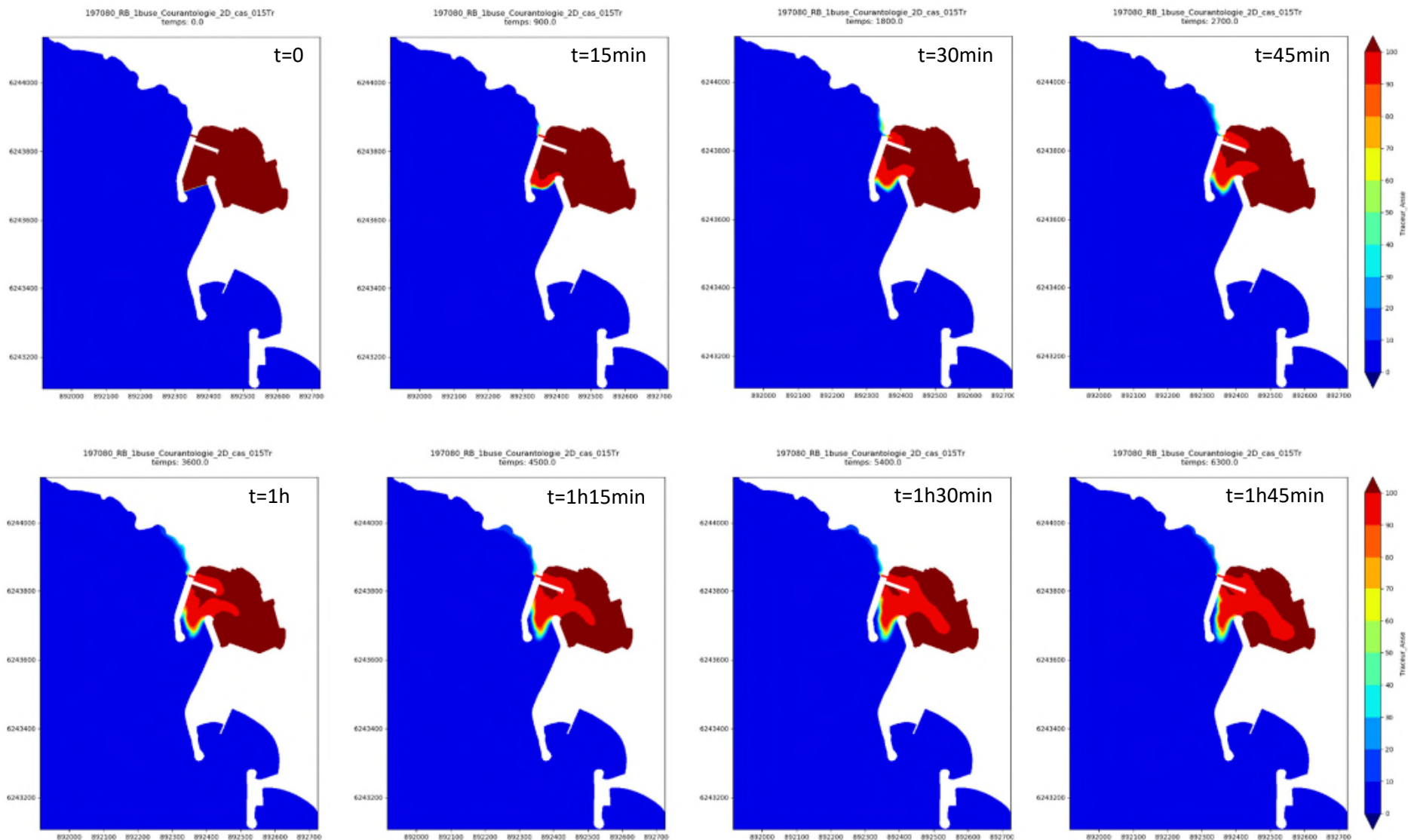
CAS 4 – TRACEUR SUD



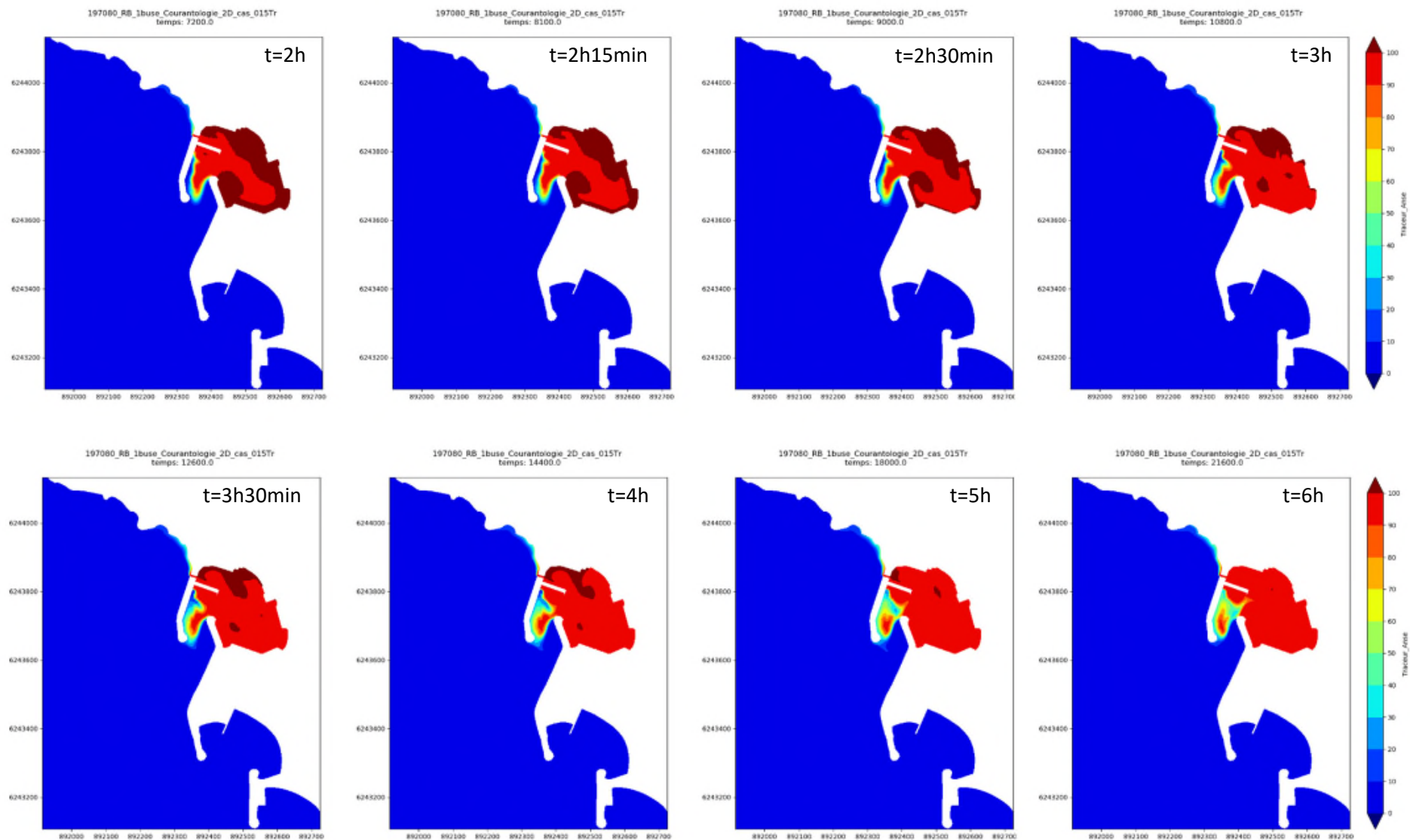
CAS 5

Traceur dans l'anse

CAS 5 – TRACEUR ANSE



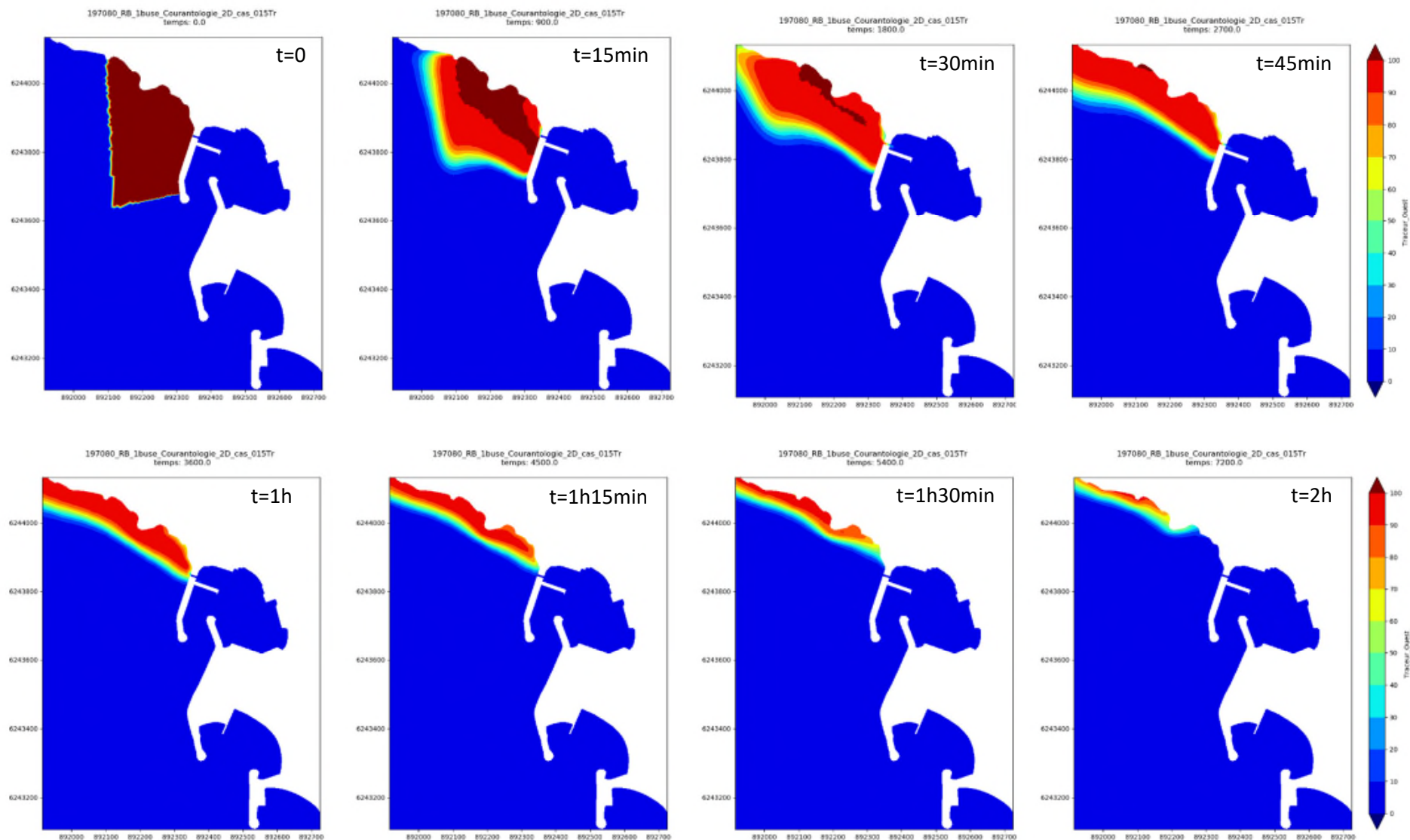
CAS 5 – TRACEUR ANSE



CAS 5

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

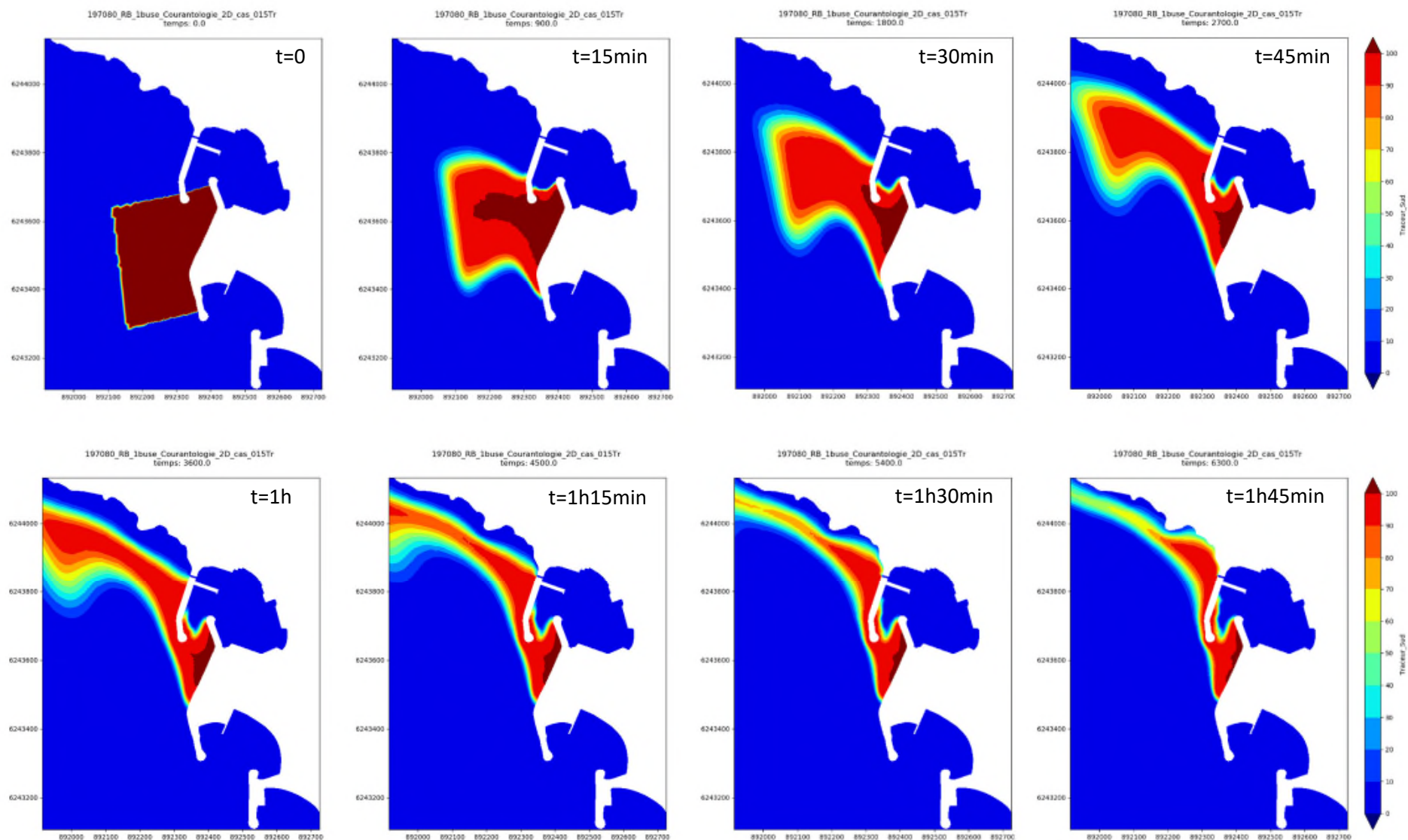
CAS 5 – TRACEUR OUEST



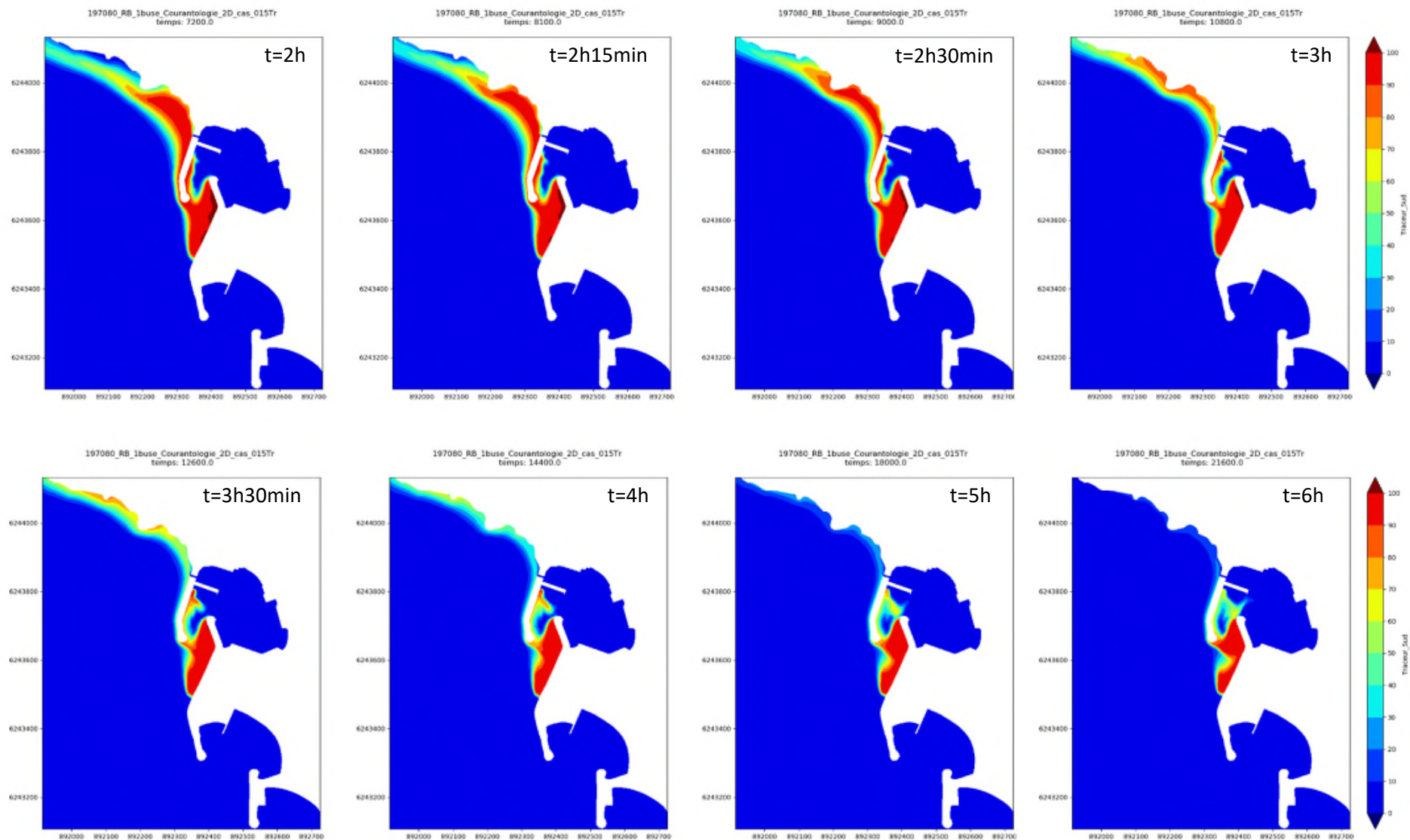
CAS 5

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 5 – TRACEUR SUD



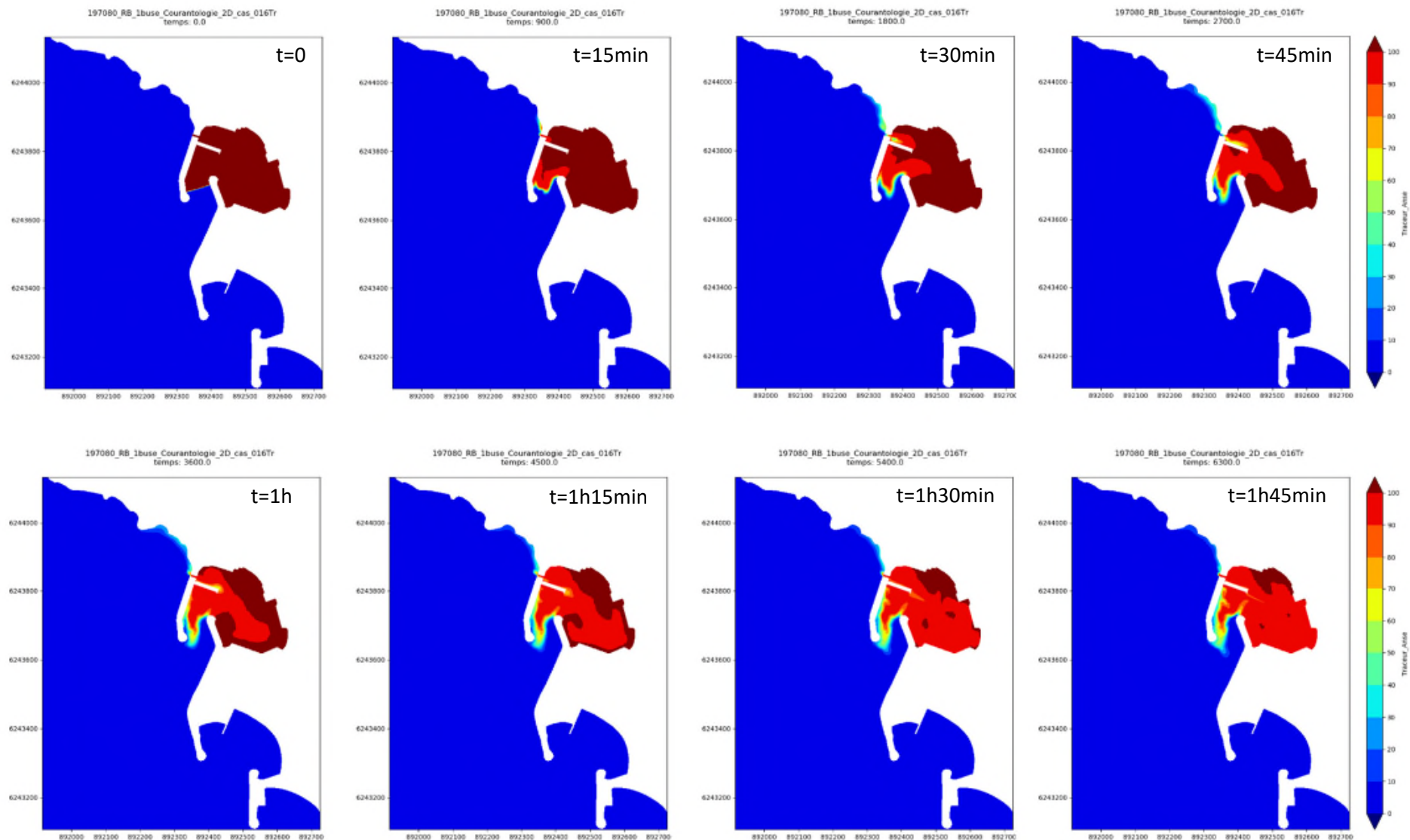
CAS 5 – TRACEUR SUD



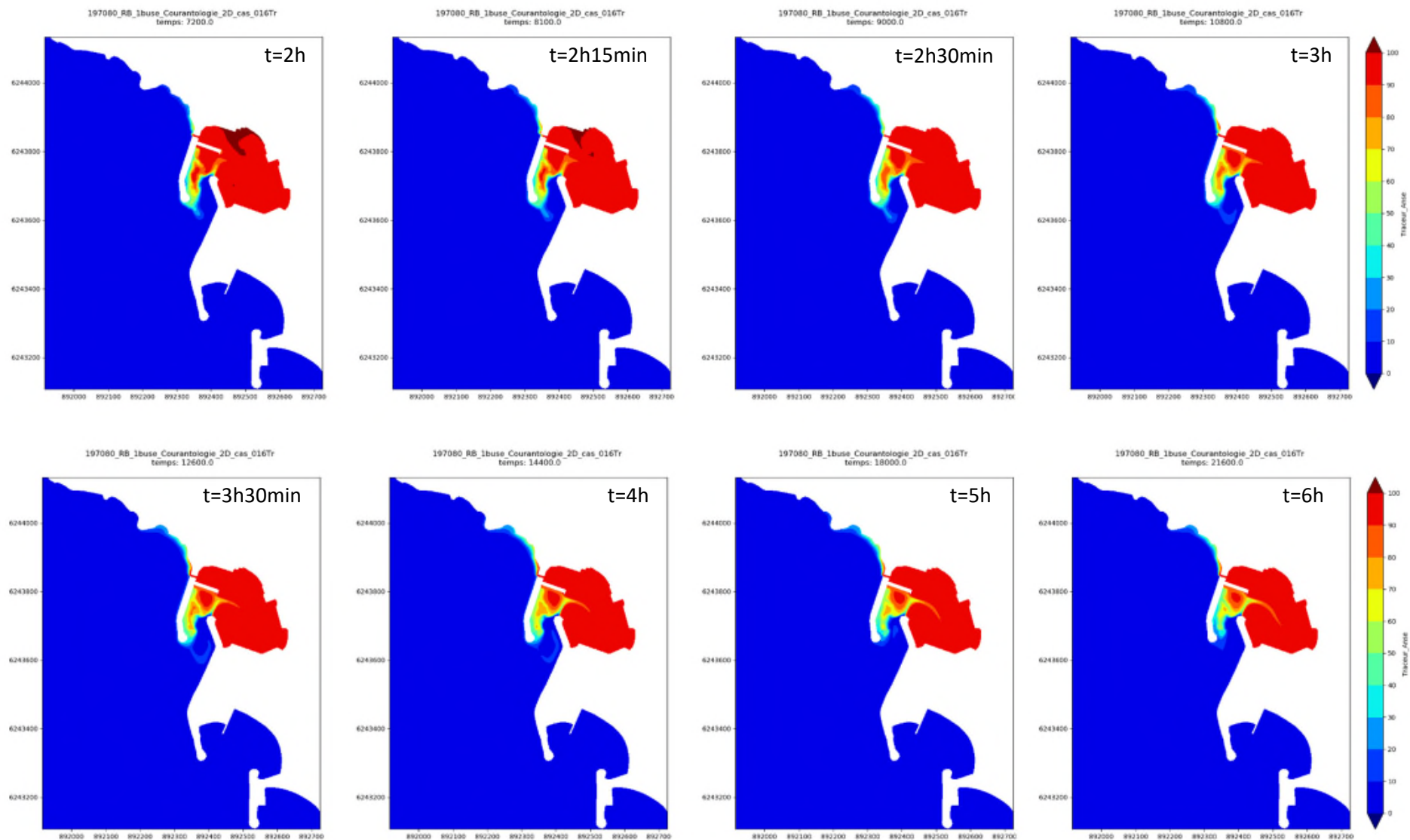
CAS 6

Traceur dans l'anse

CAS 6 – TRACEUR ANSE



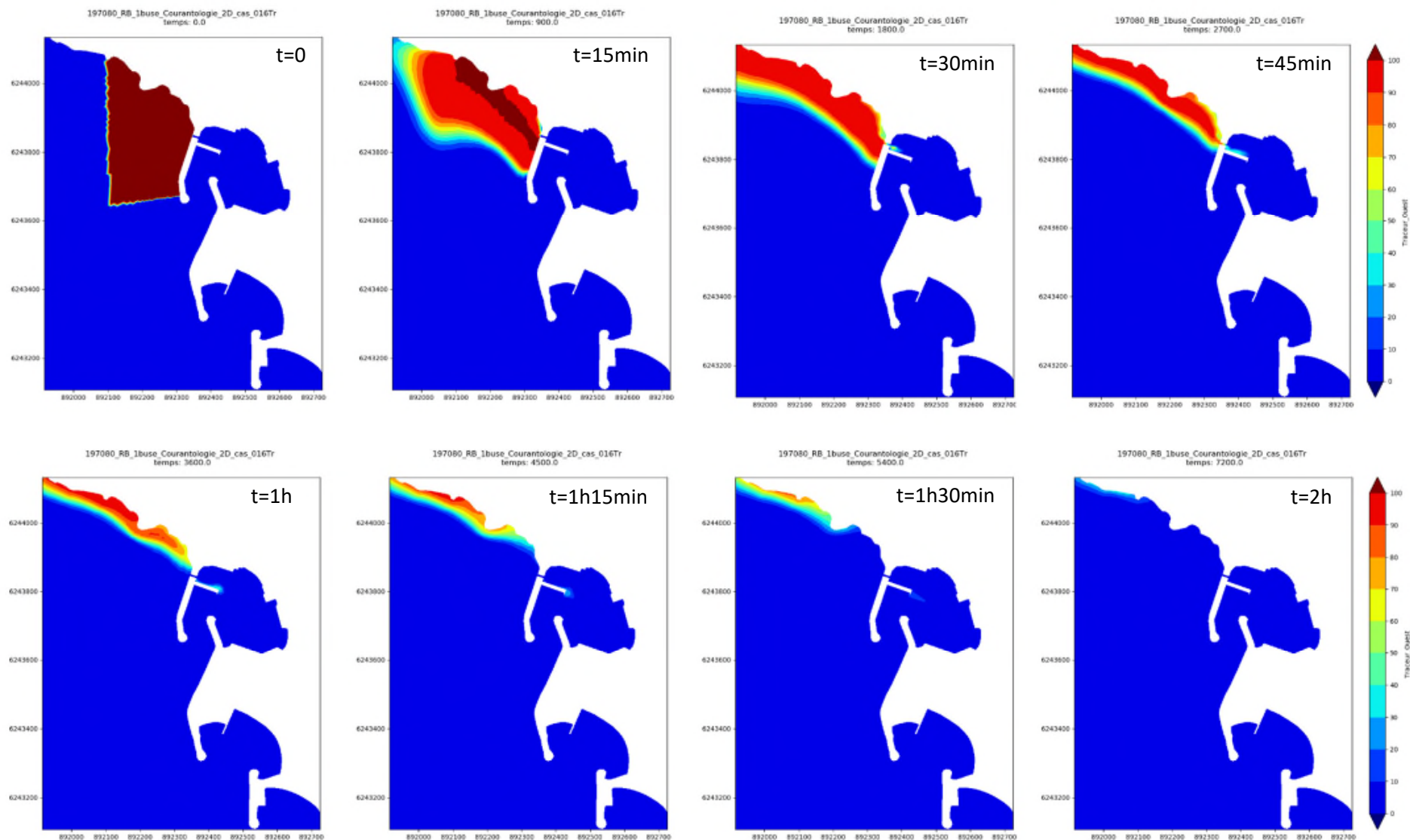
CAS 6 – TRACEUR ANSE



CAS 6

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

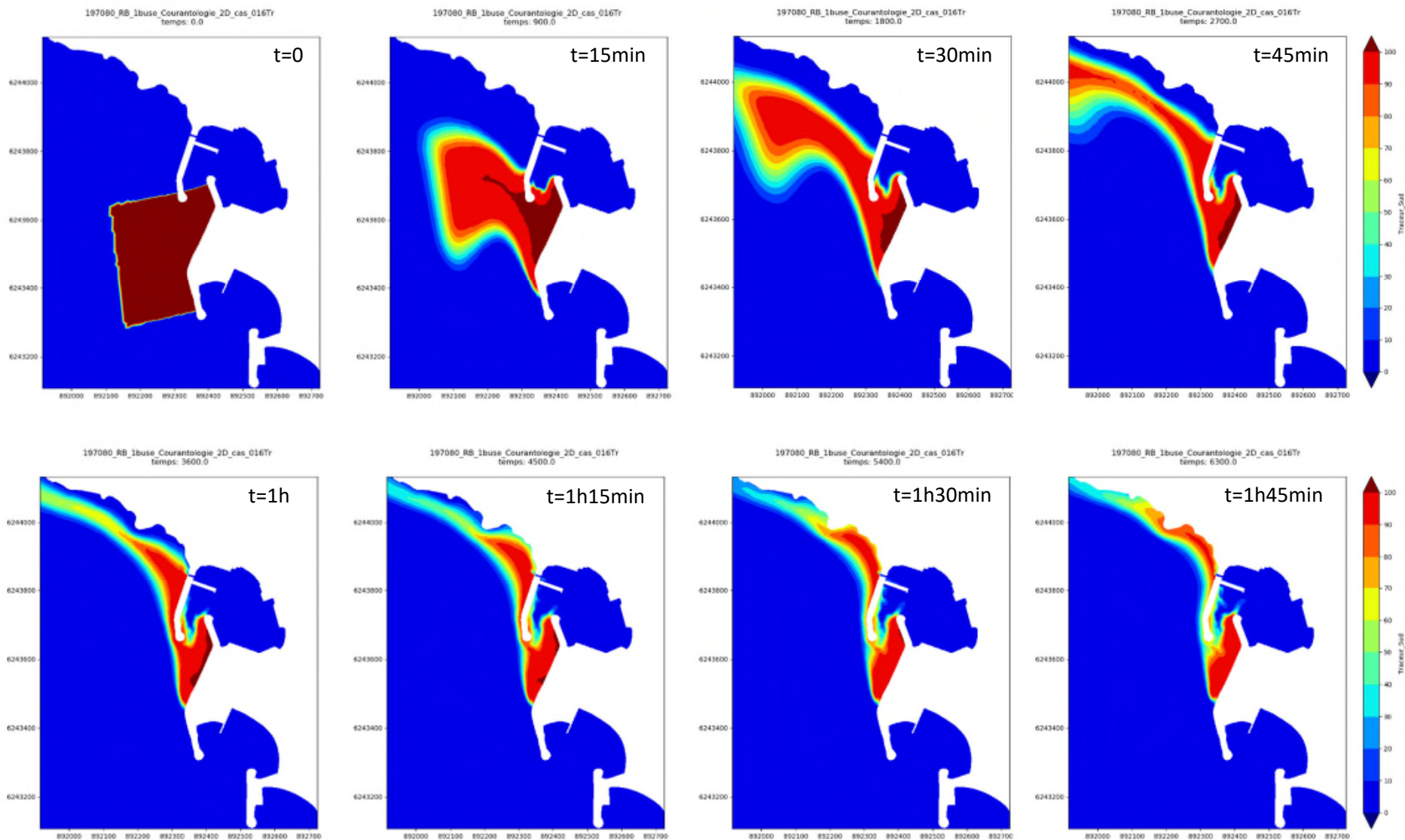
CAS 6 – TRACEUR OUEST



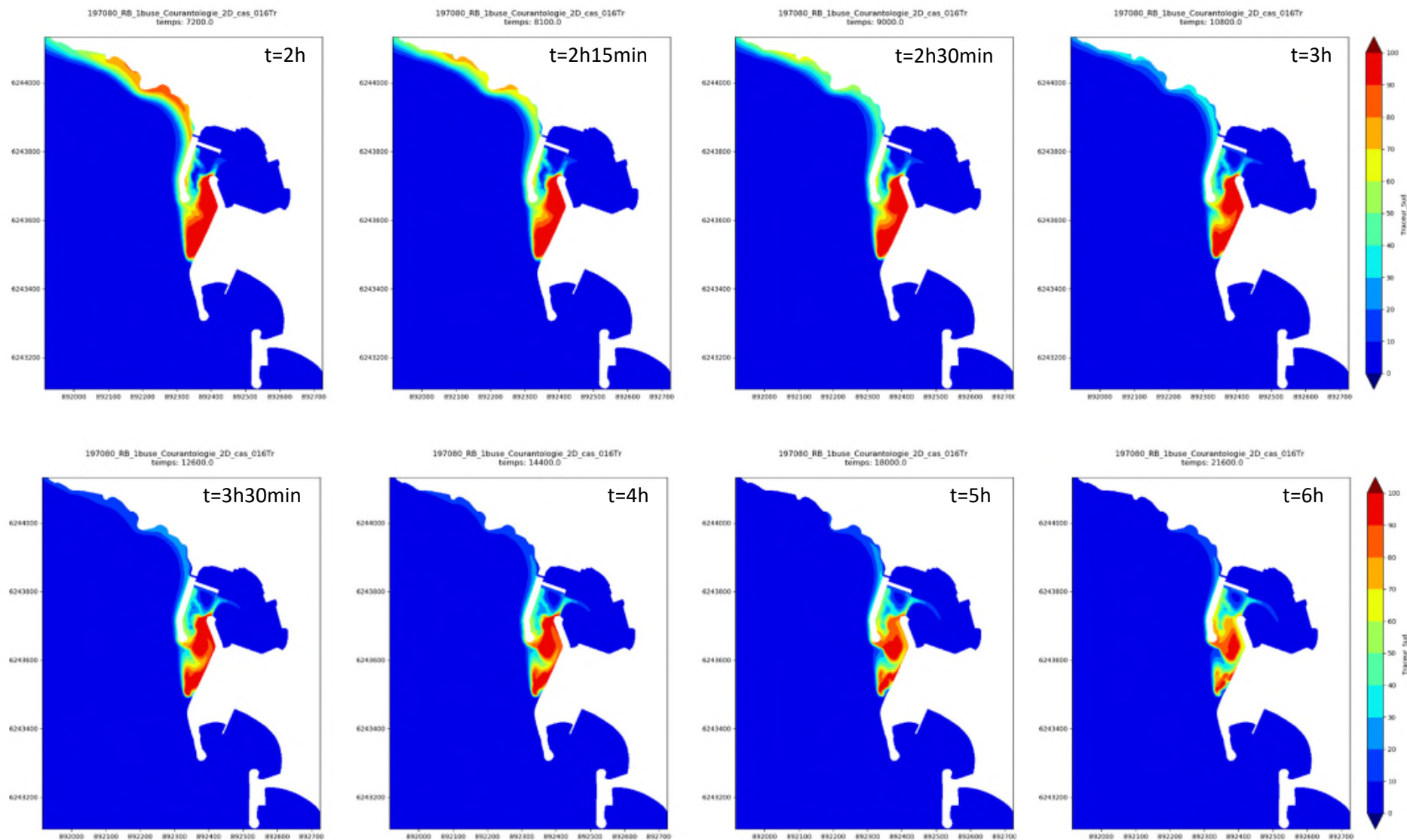
CAS 6

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 6 – TRACEUR SUD



CAS 6 – TRACEUR SUD



ANNEXE 4.d

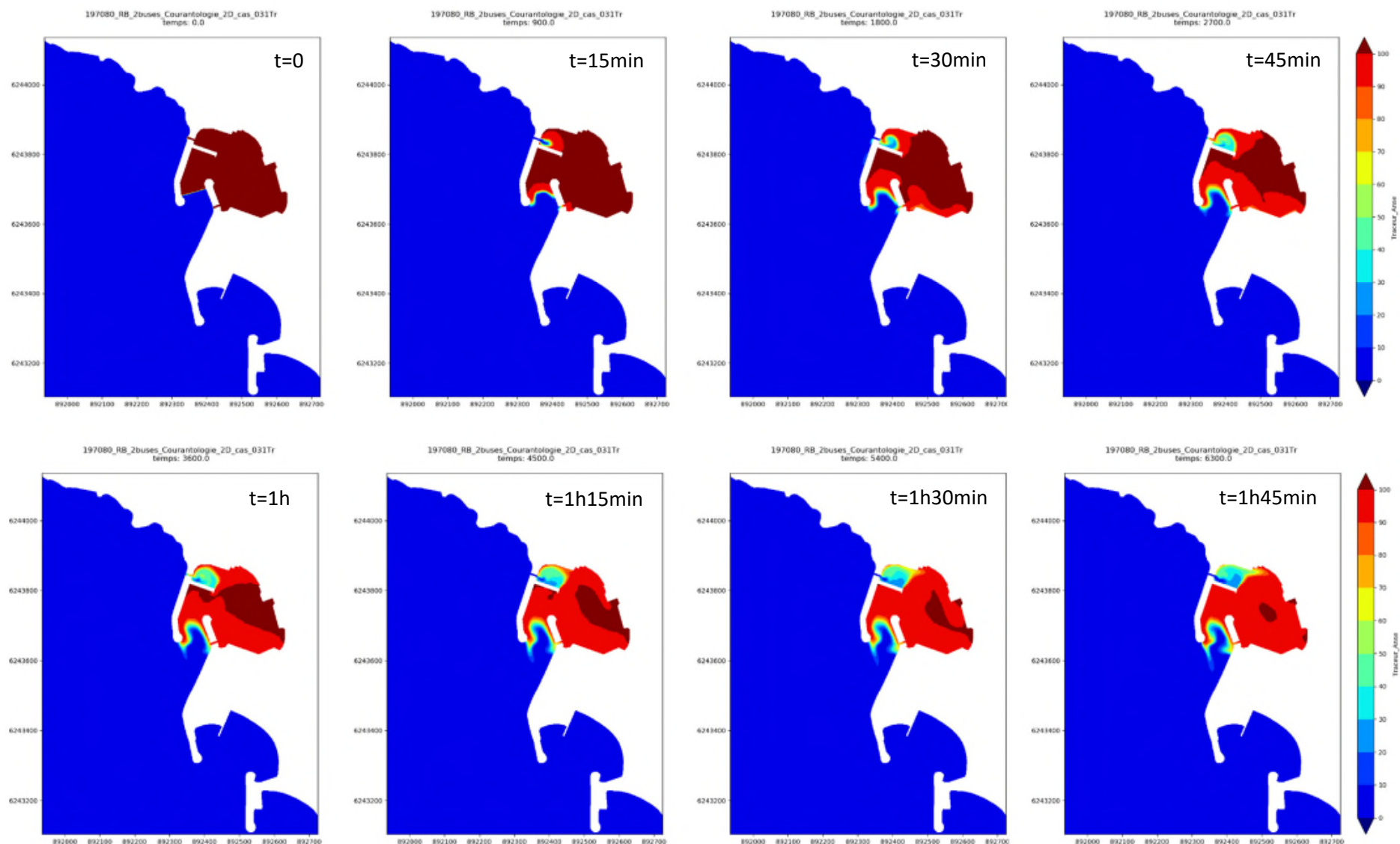
MODELISATION NUMERIQUE DU NOUVEL AMENAGEMENT avec 2 BUSES

Résultats de la courantologie - Traceurs

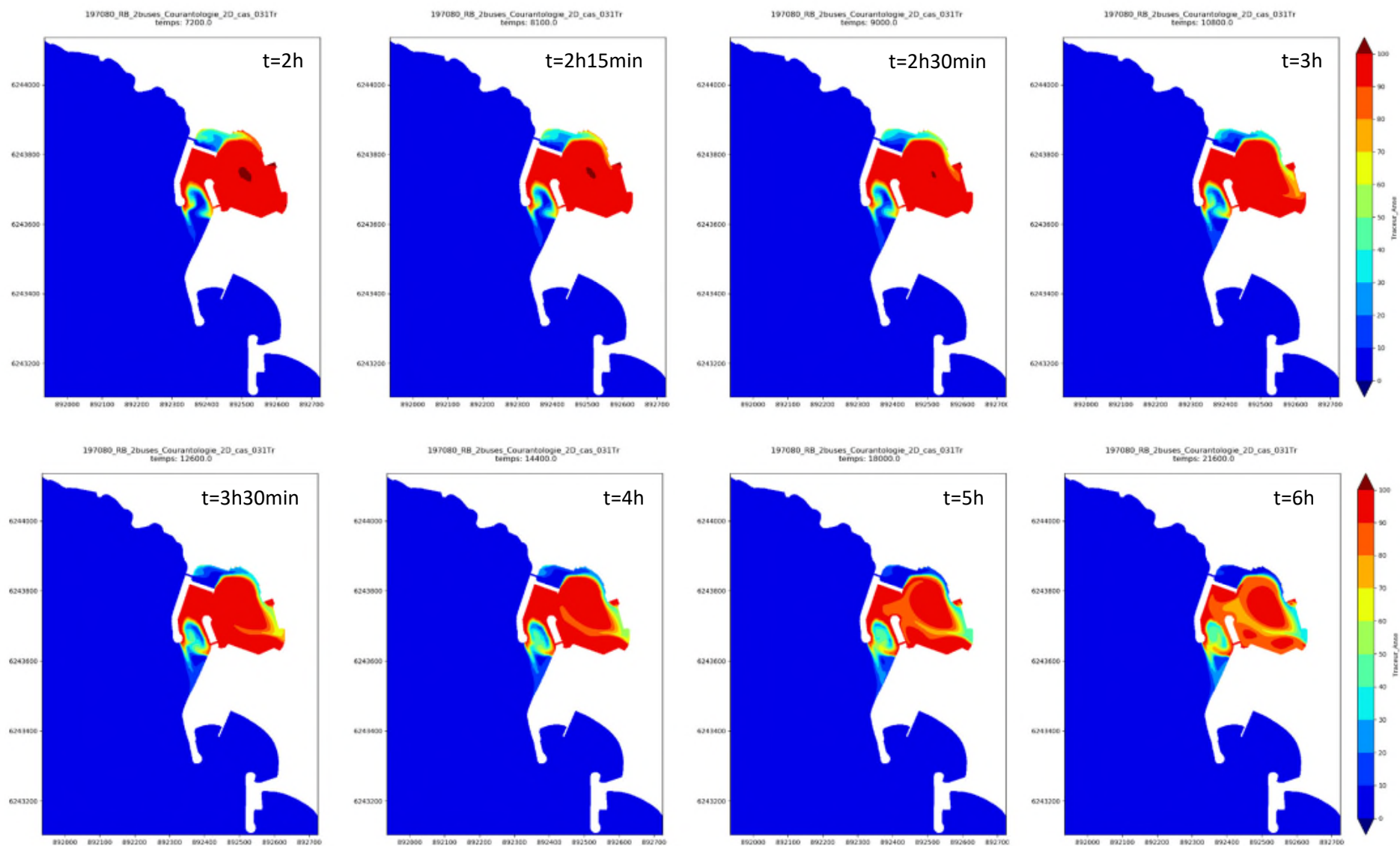
CAS 1

Traceur dans l'anse

CAS 1 – TRACEUR ANSE



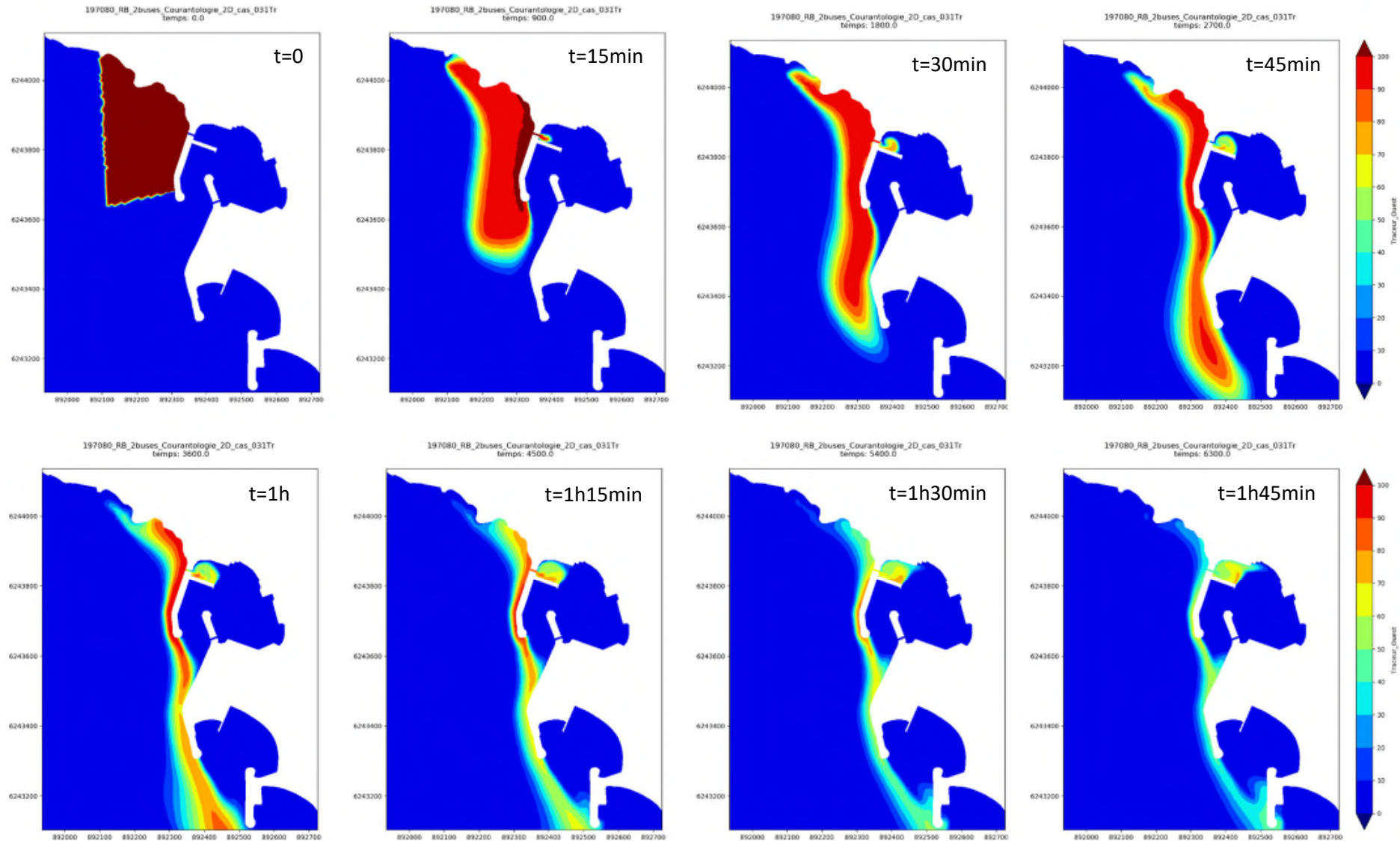
CAS 1 – TRACEUR ANSE



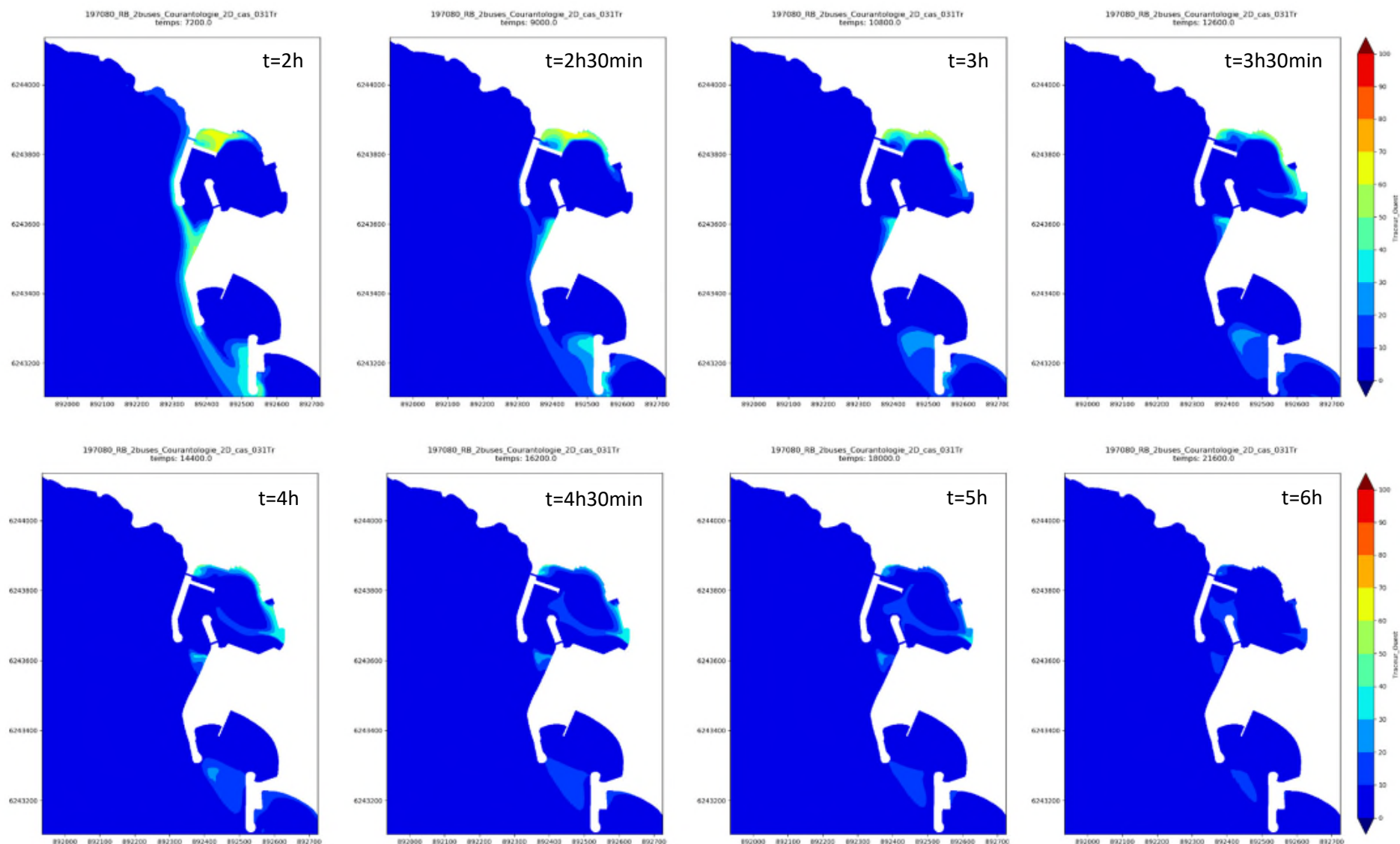
CAS 1

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 1 – TRACEUR OUEST



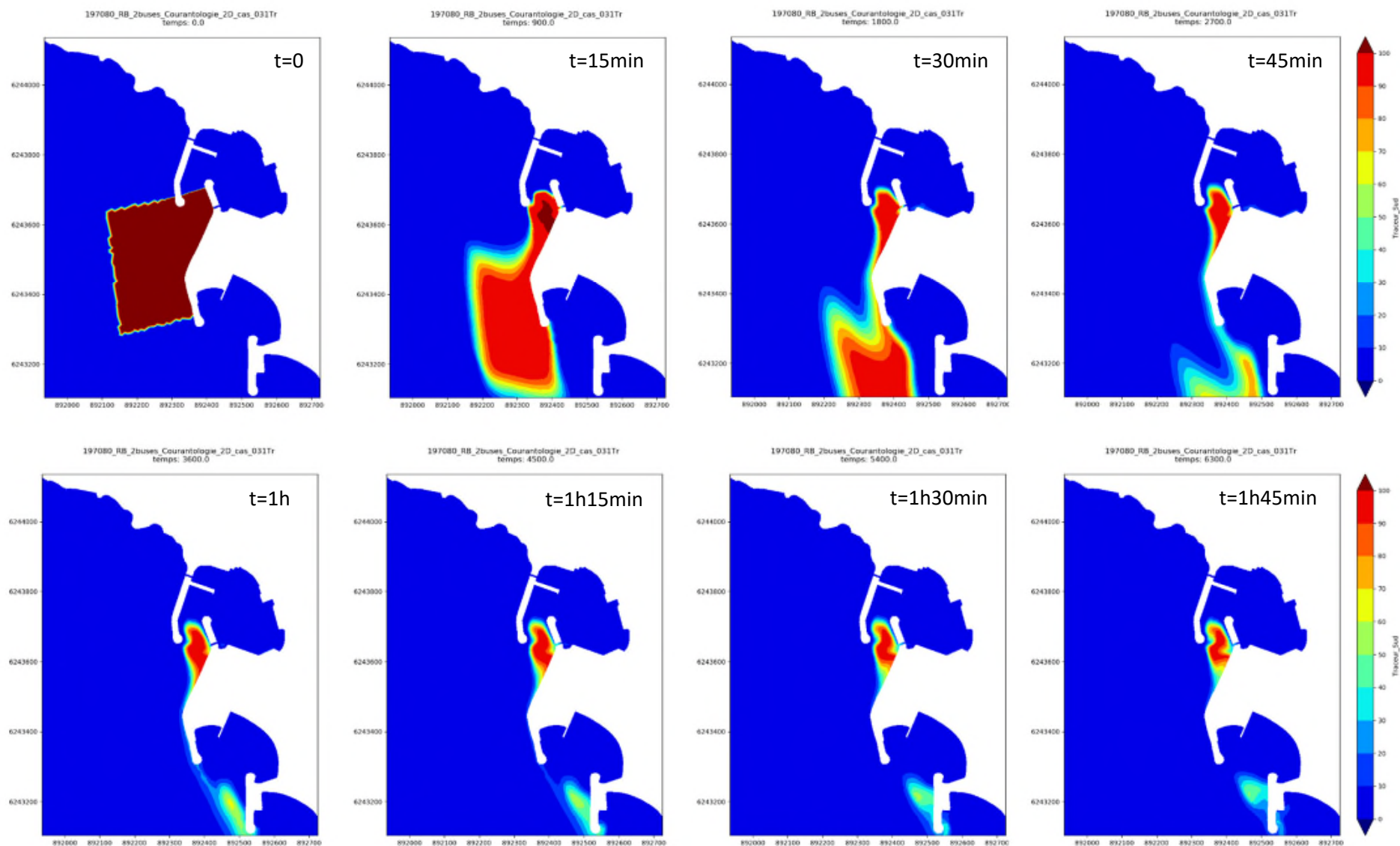
CAS 1 – TRACEUR OUEST



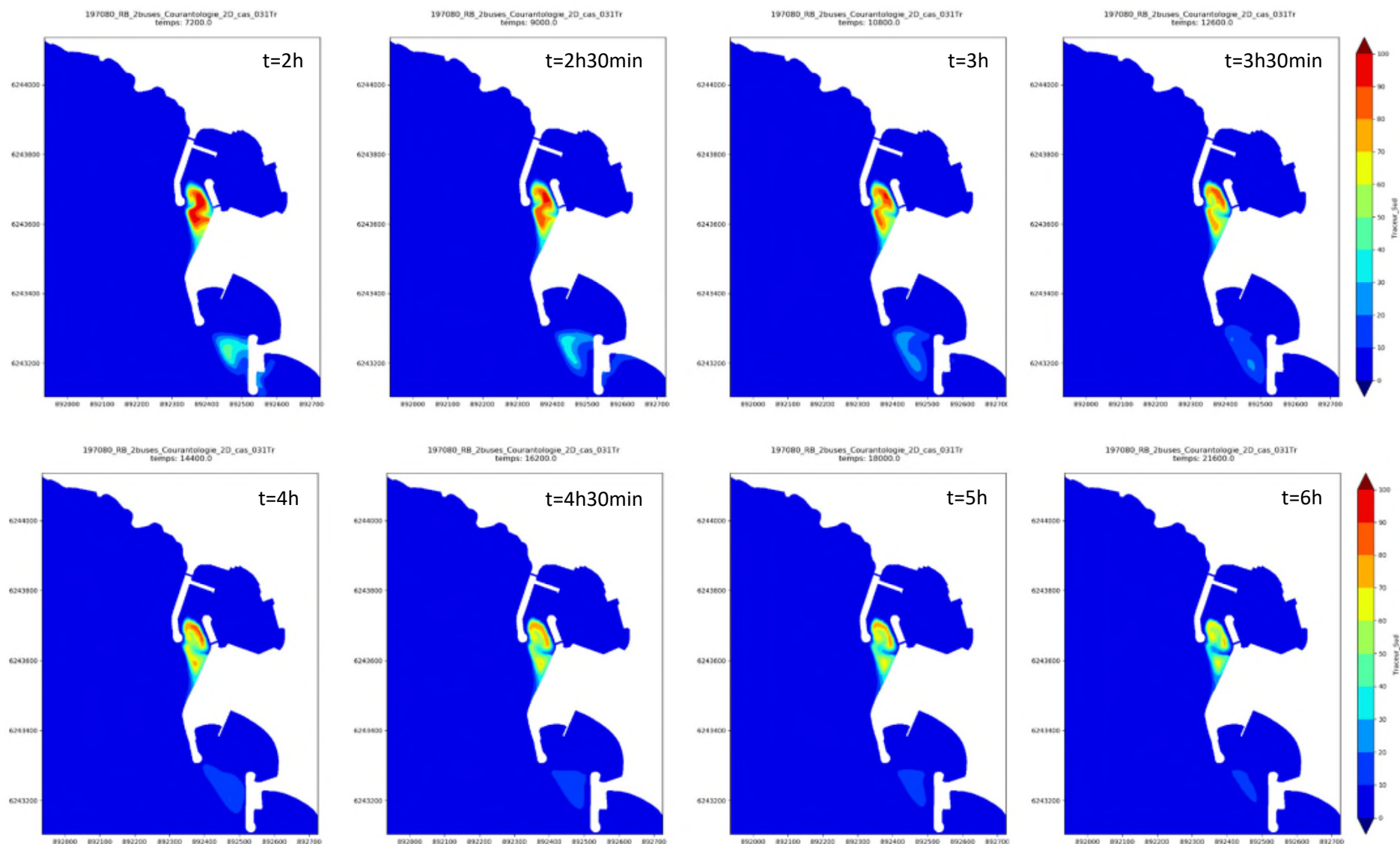
CAS 1

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 1 – TRACEUR SUD



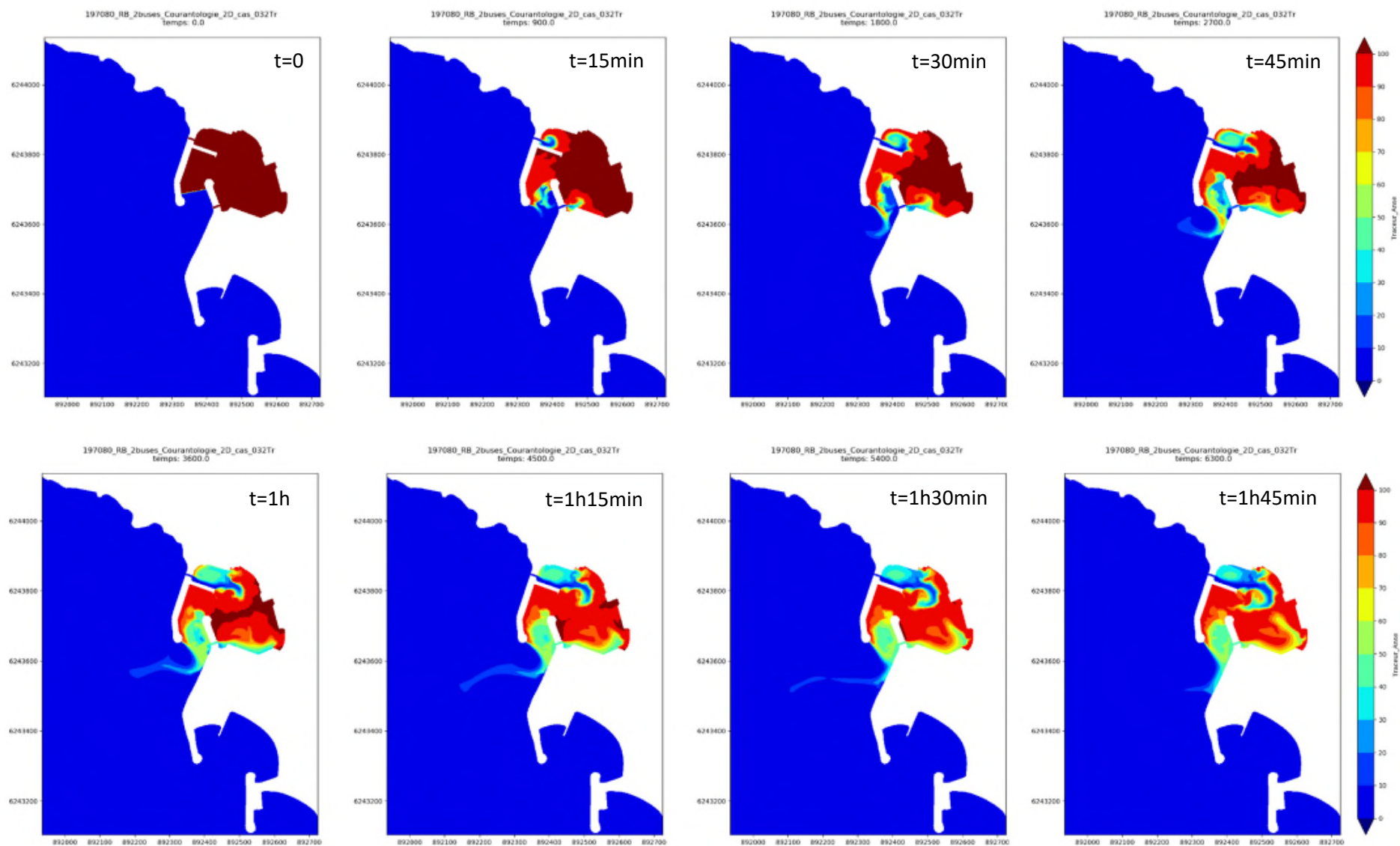
CAS 1 – TRACEUR SUD



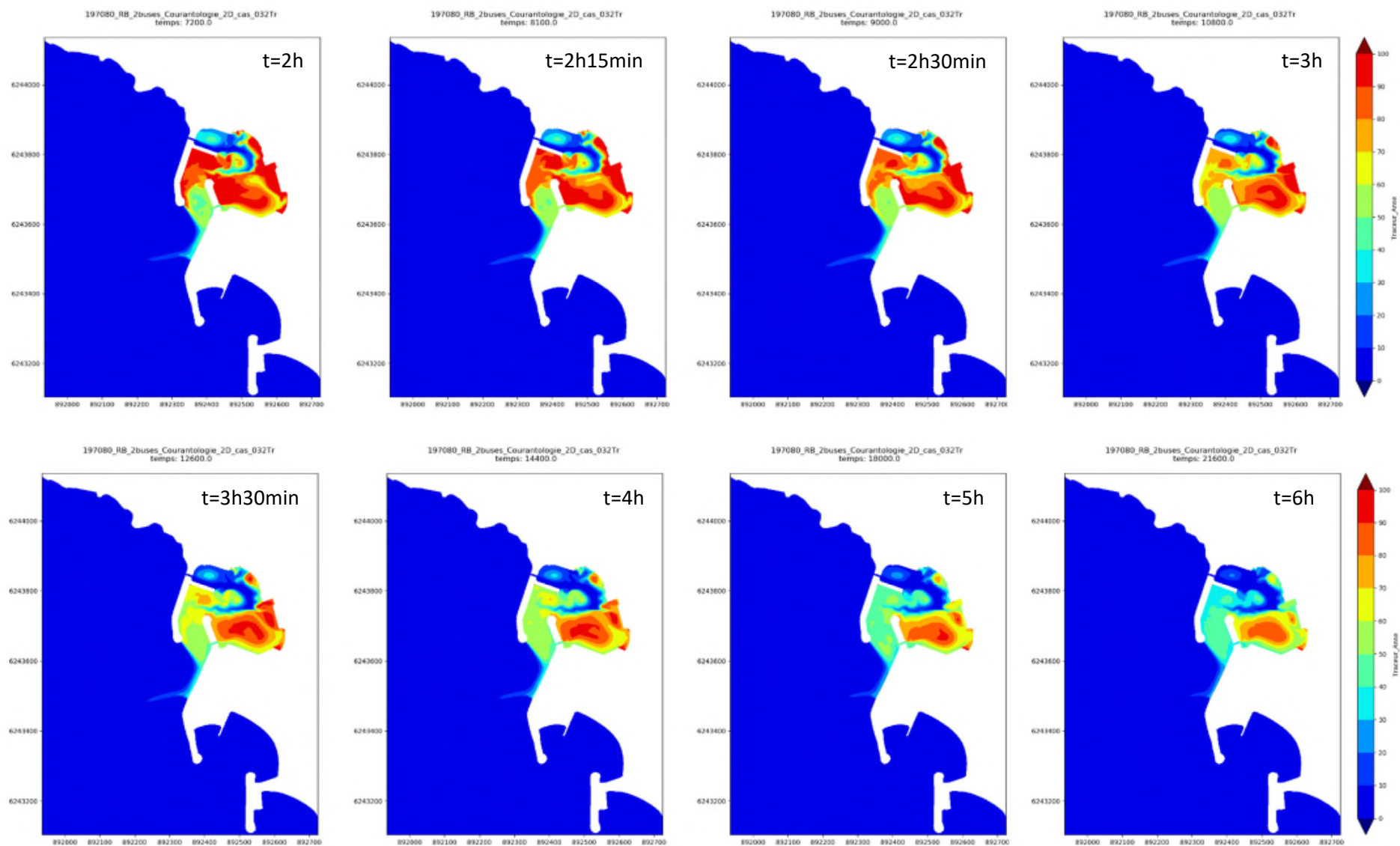
CAS 2

Traceur dans l'anse

CAS 2 – TRACEUR ANSE



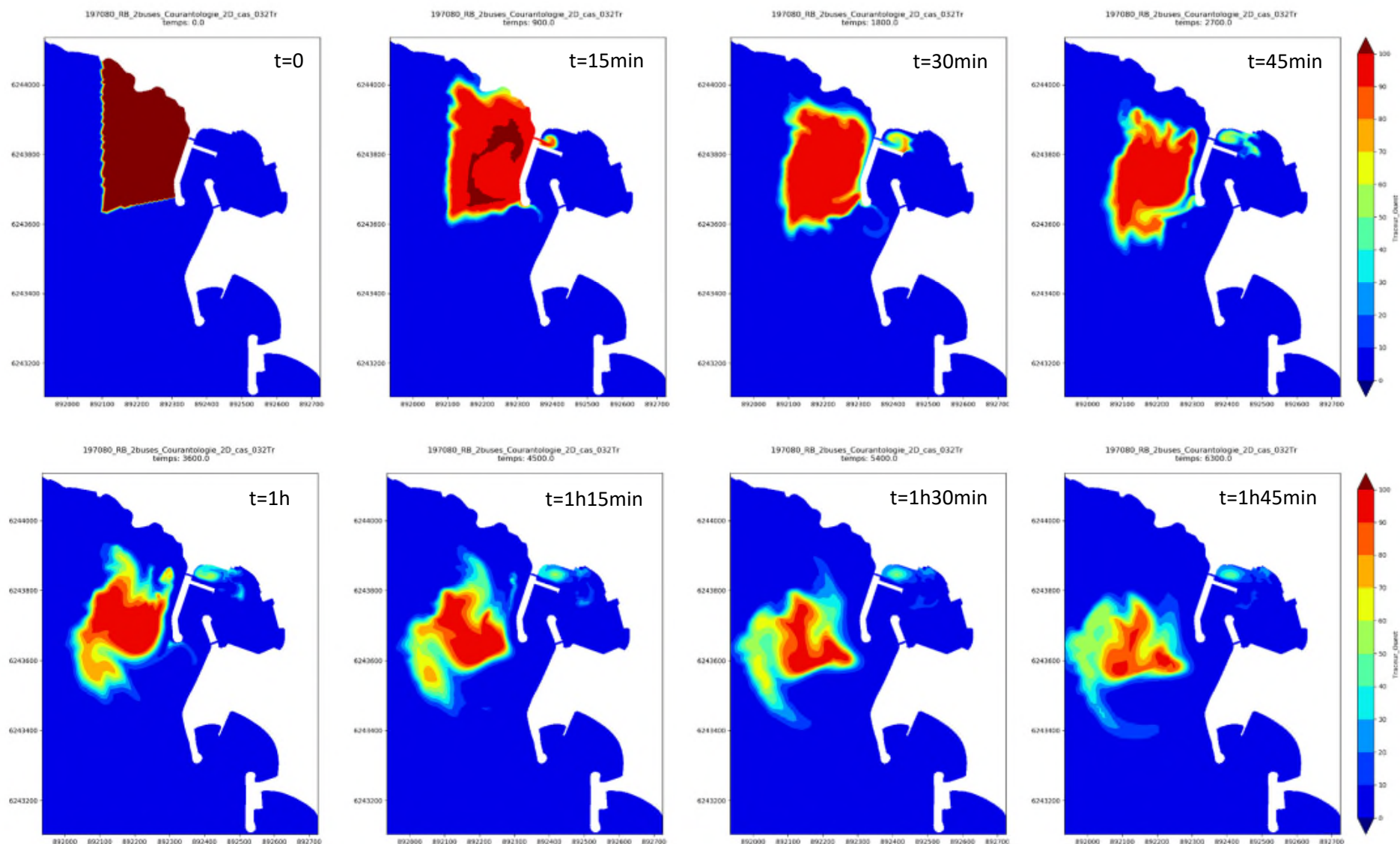
CAS 2 – TRACEUR ANSE



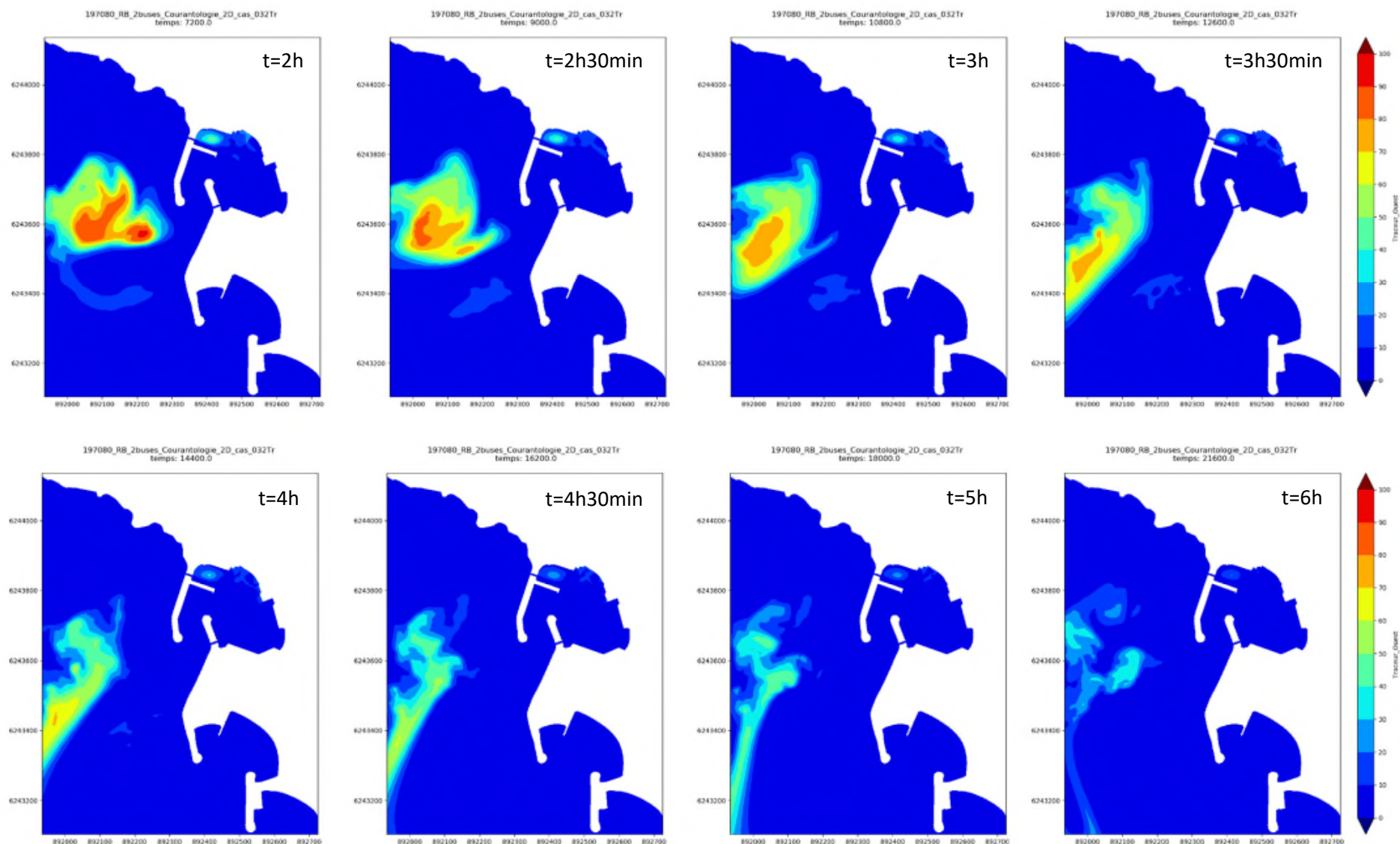
CAS 2

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 2 – TRACEUR OUEST



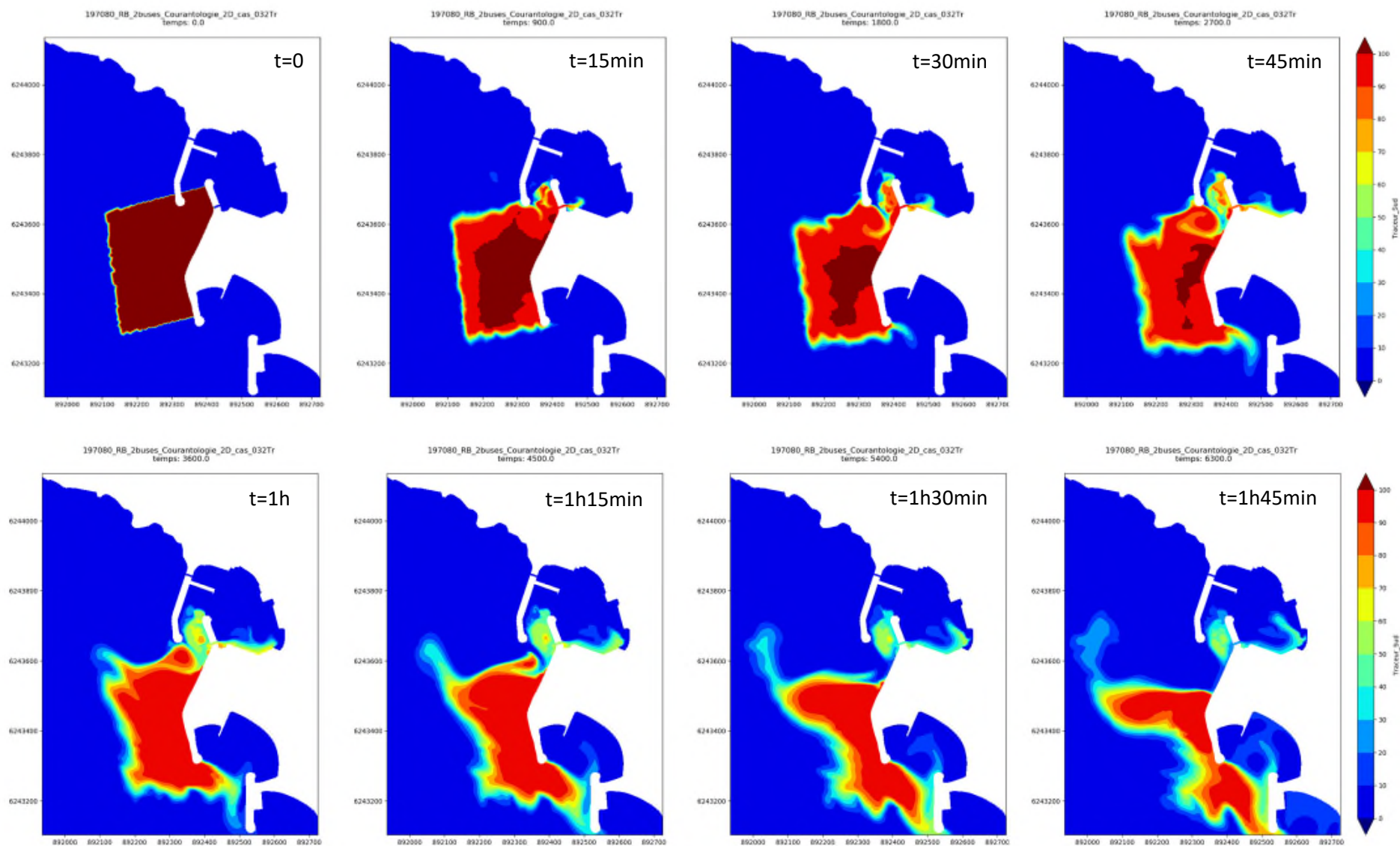
CAS 2 – TRACEUR OUEST



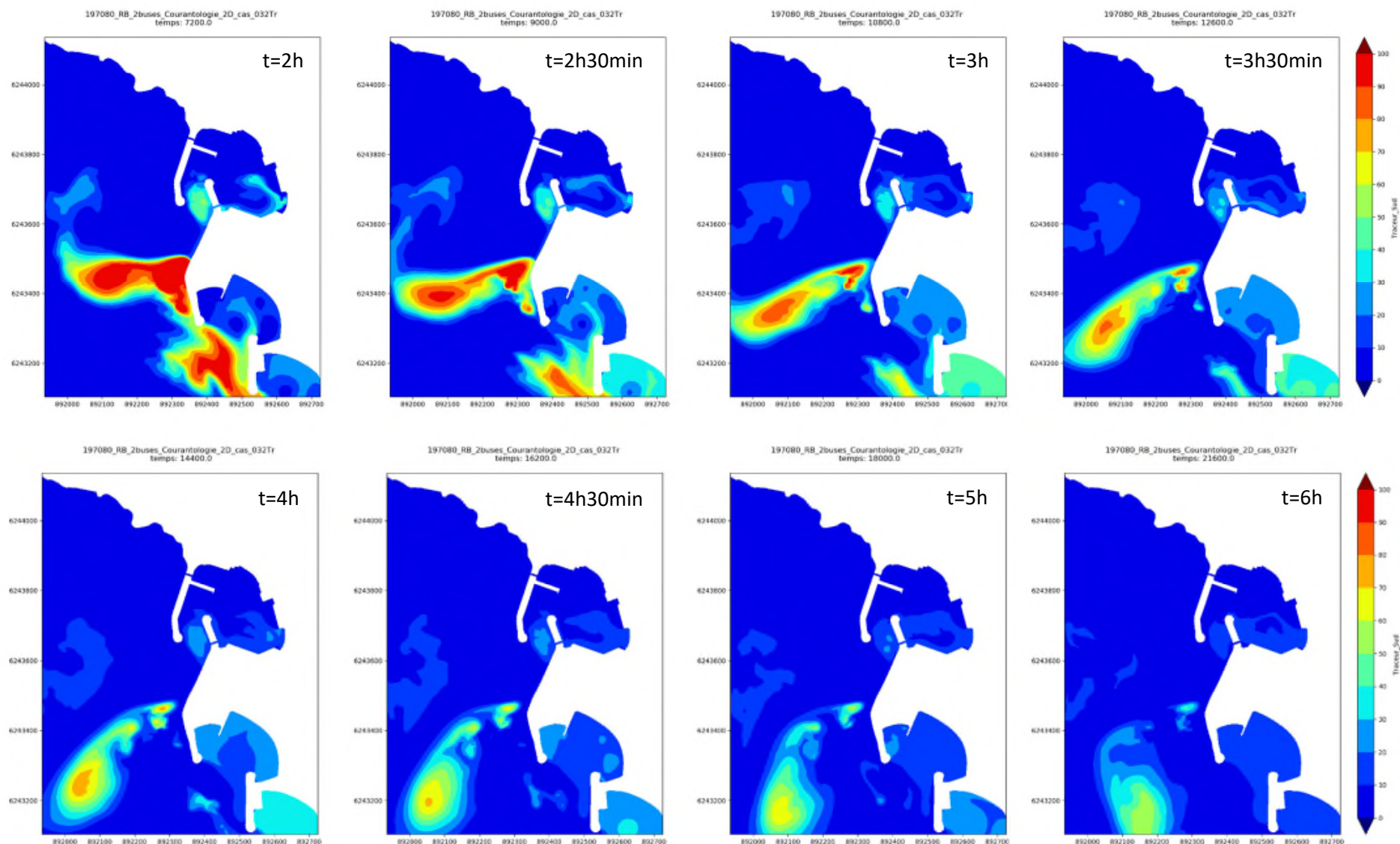
CAS 2

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 2 – TRACEUR SUD



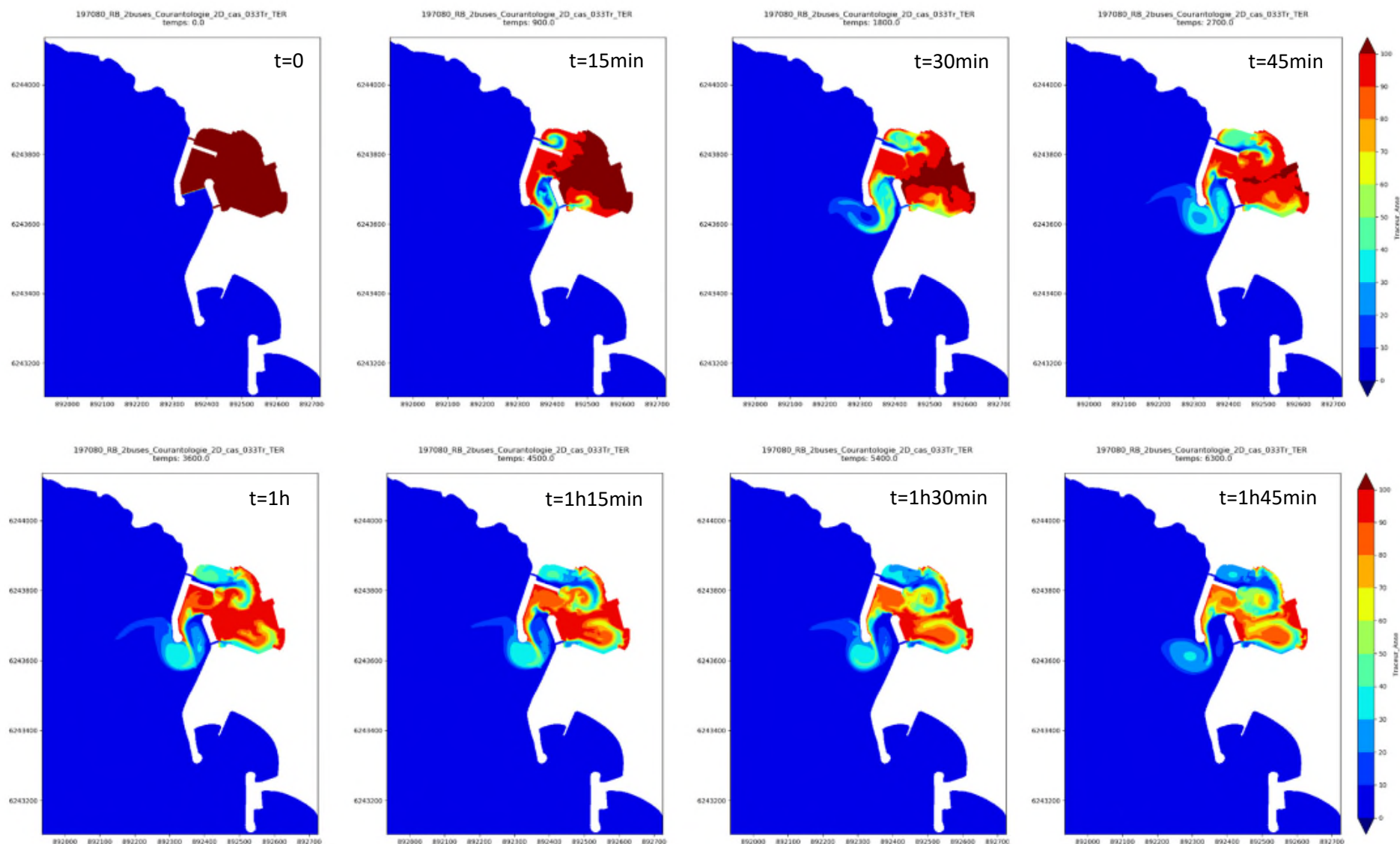
CAS 2 – TRACEUR SUD



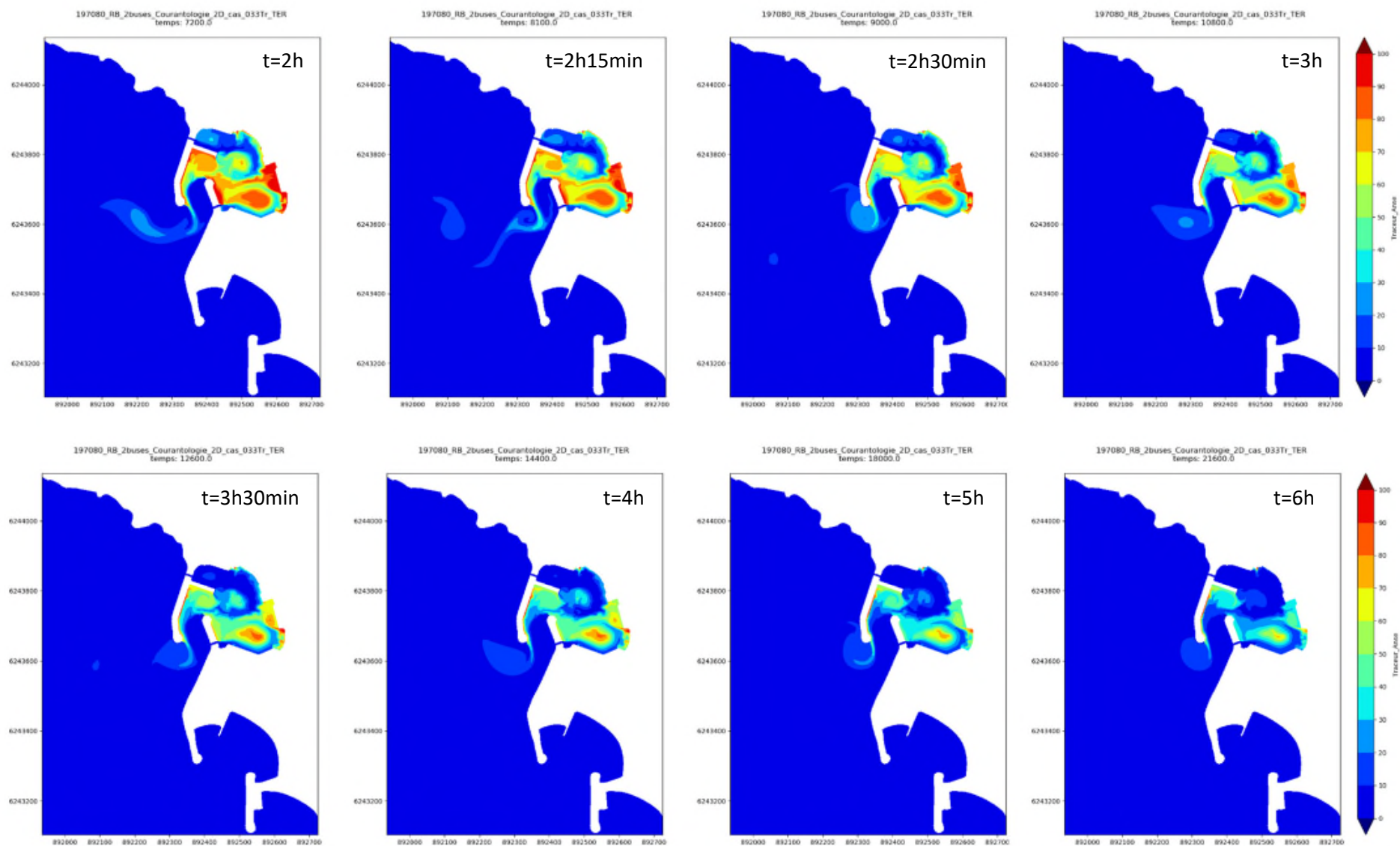
CAS 3

Traceur dans l'anse

CAS 3 – TRACEUR ANSE



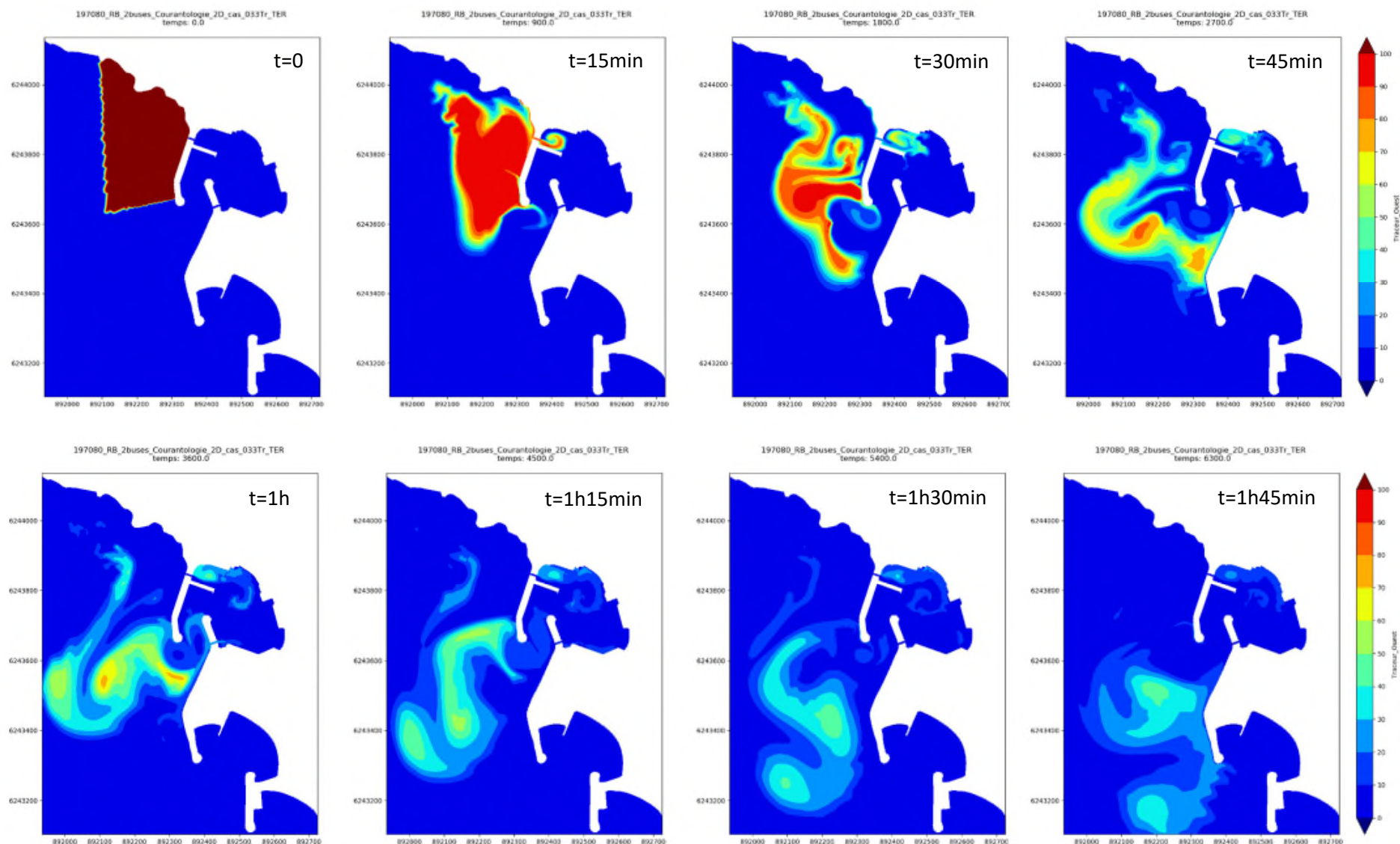
CAS 3 – TRACEUR ANSE



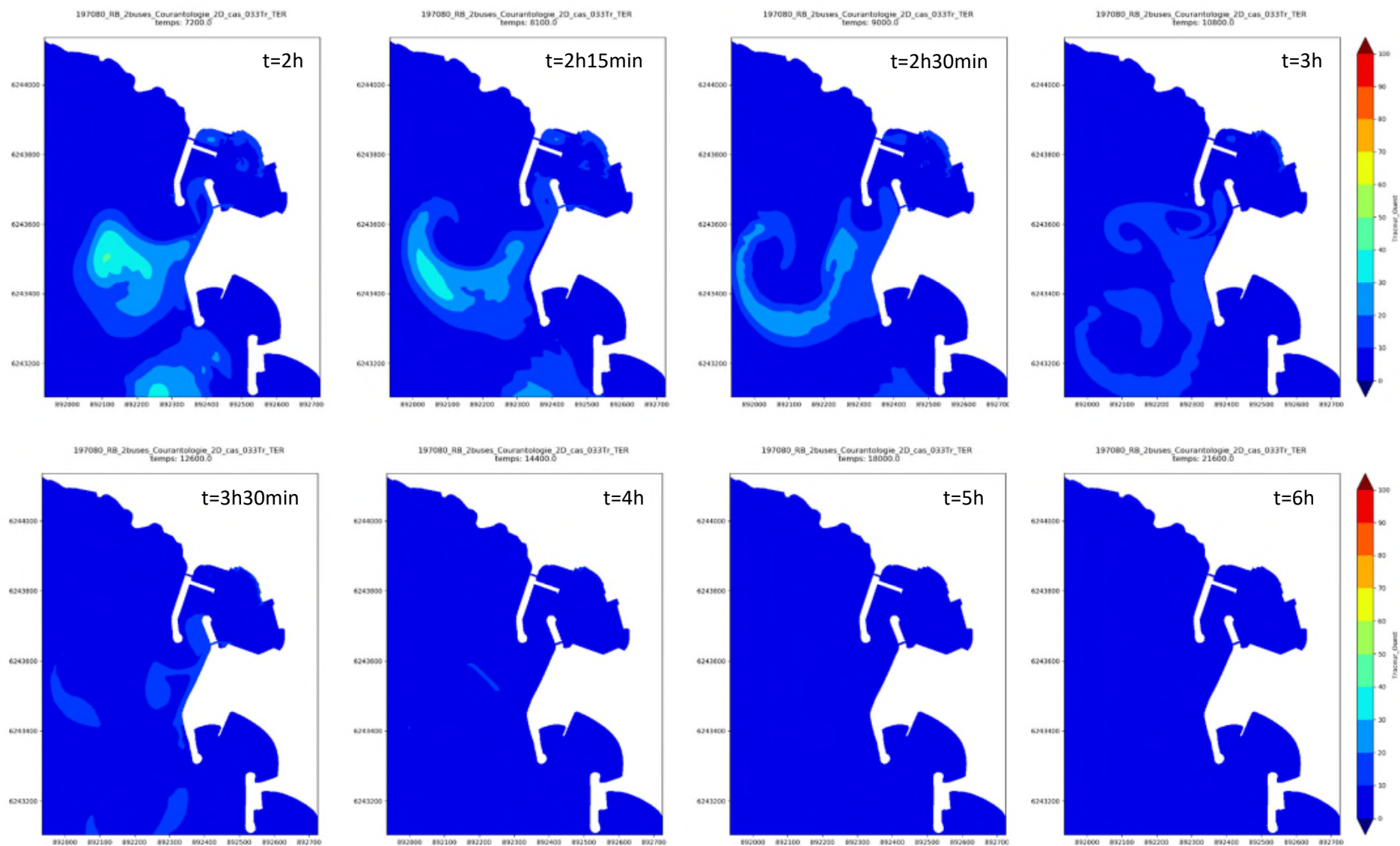
CAS 3

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 3 – TRACEUR OUEST



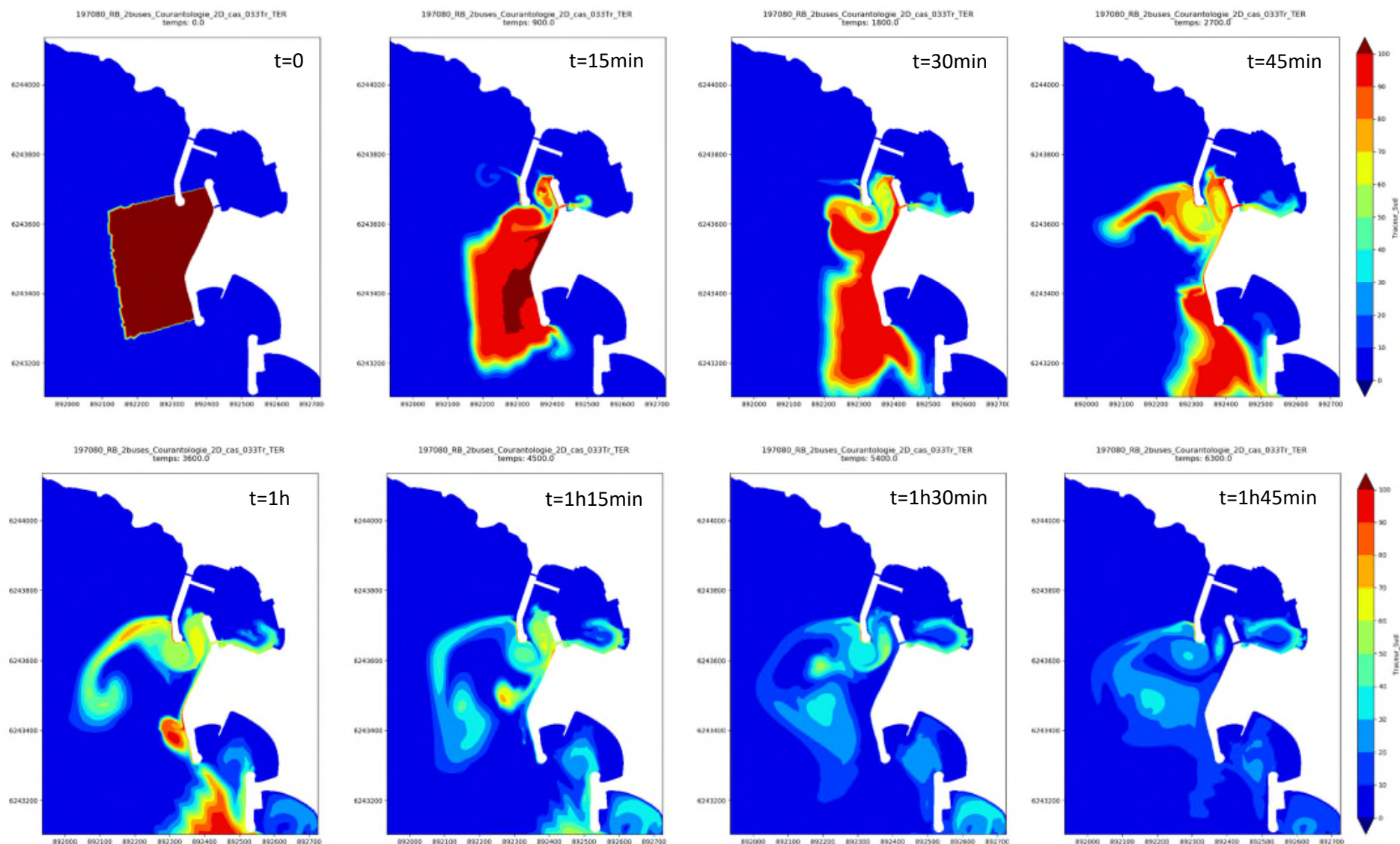
CAS 3 – TRACEUR OUEST



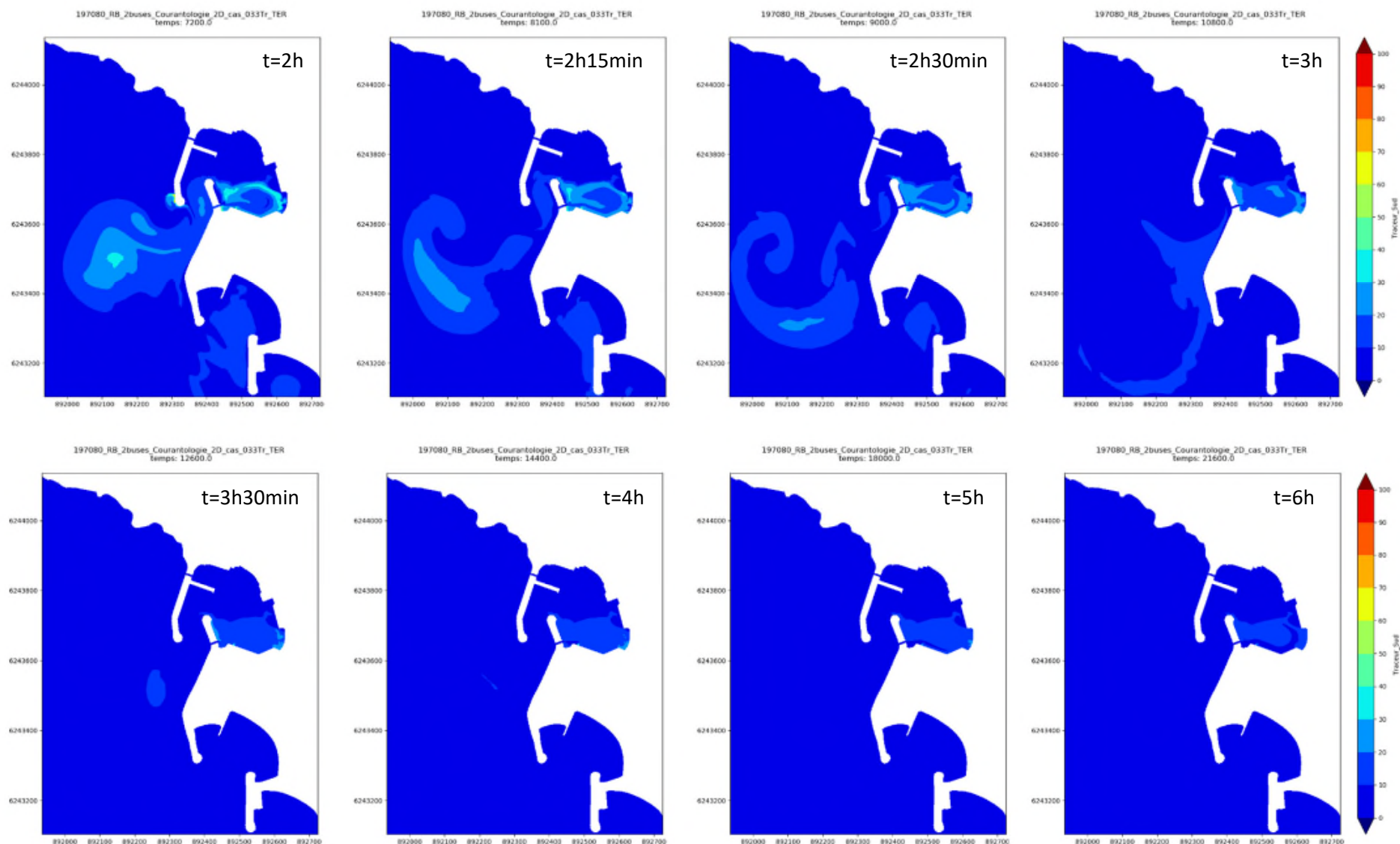
CAS 3

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 3 – TRACEUR SUD



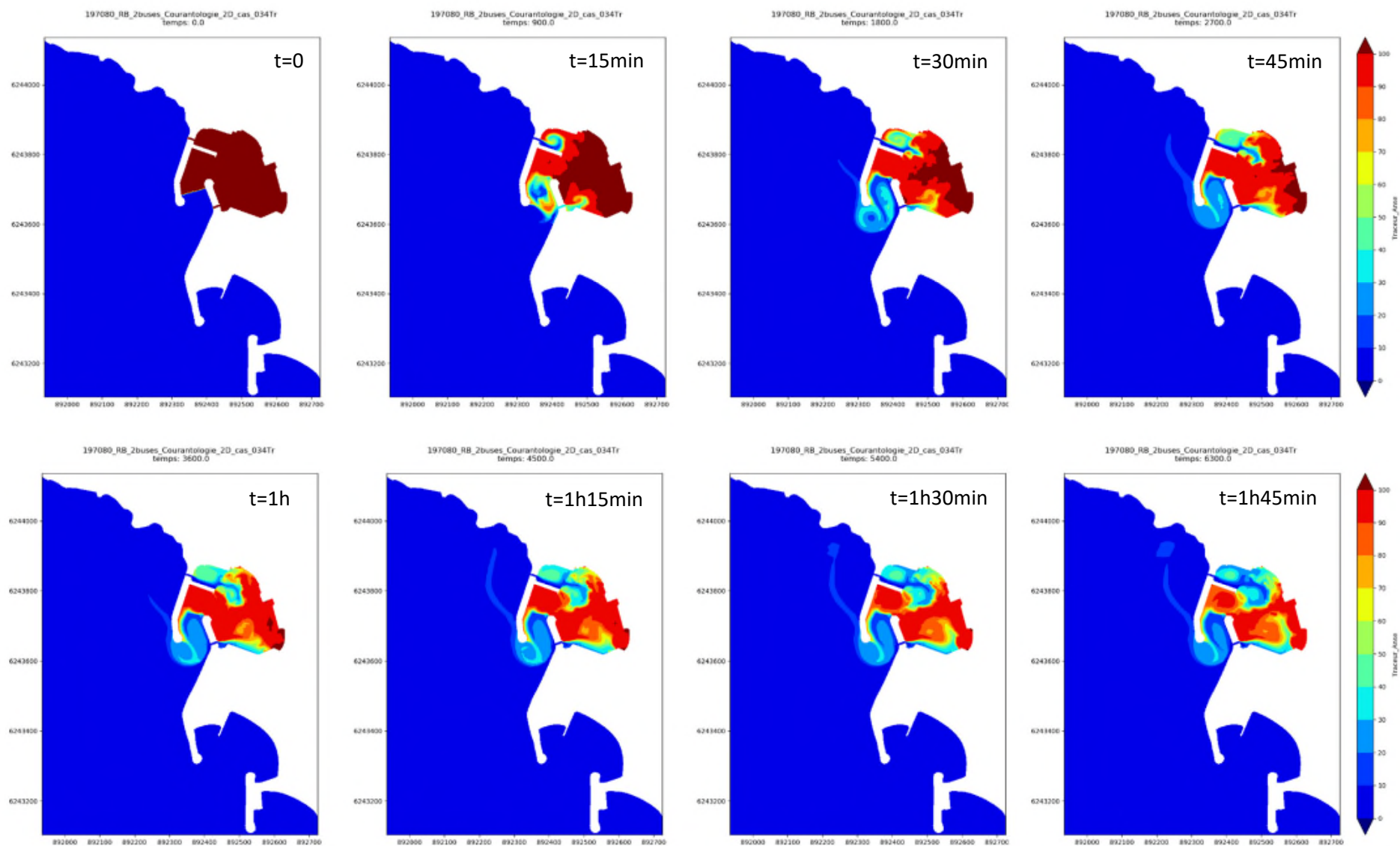
CAS 3 – TRACEUR SUD



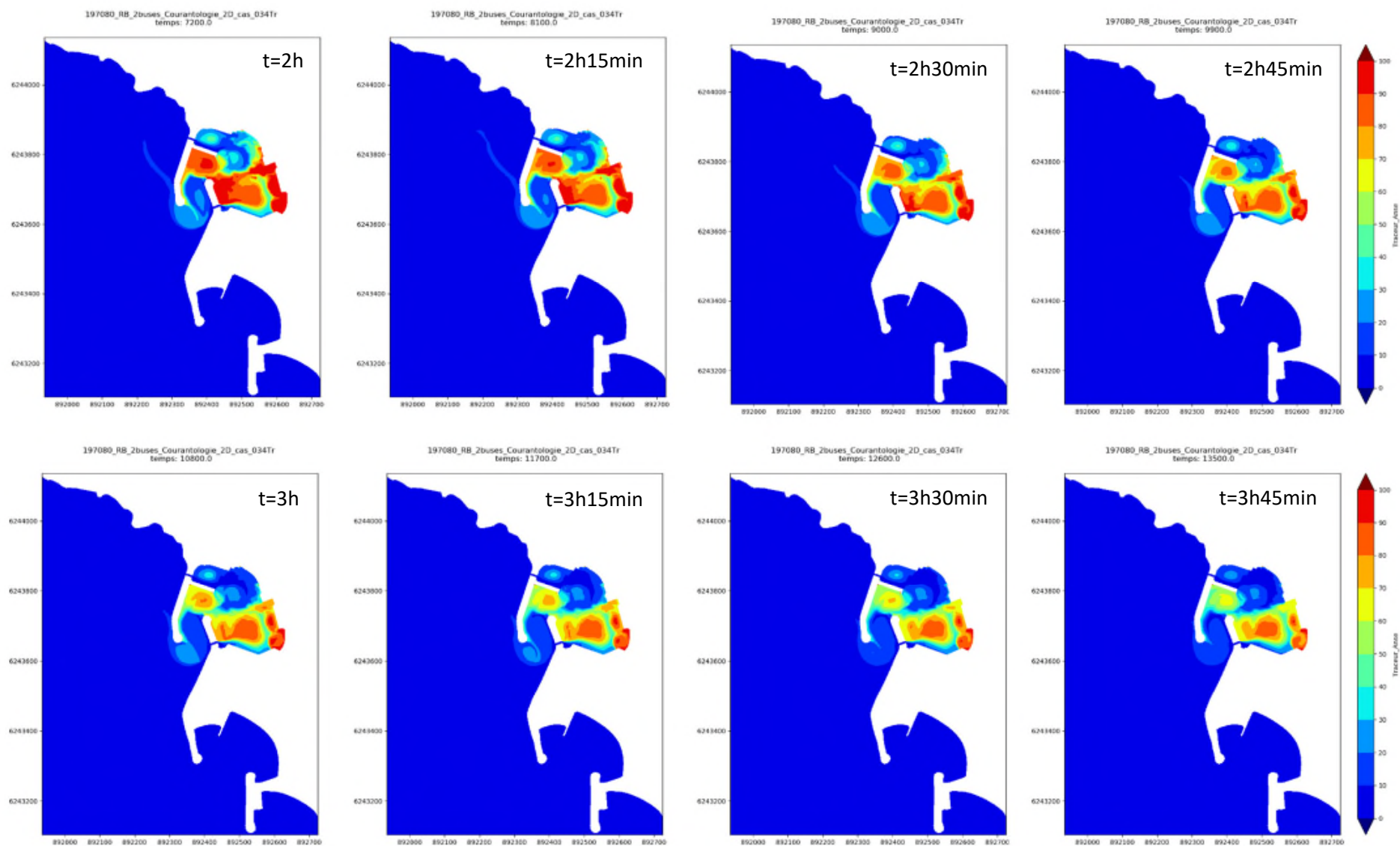
CAS 4

Traceur dans l'anse

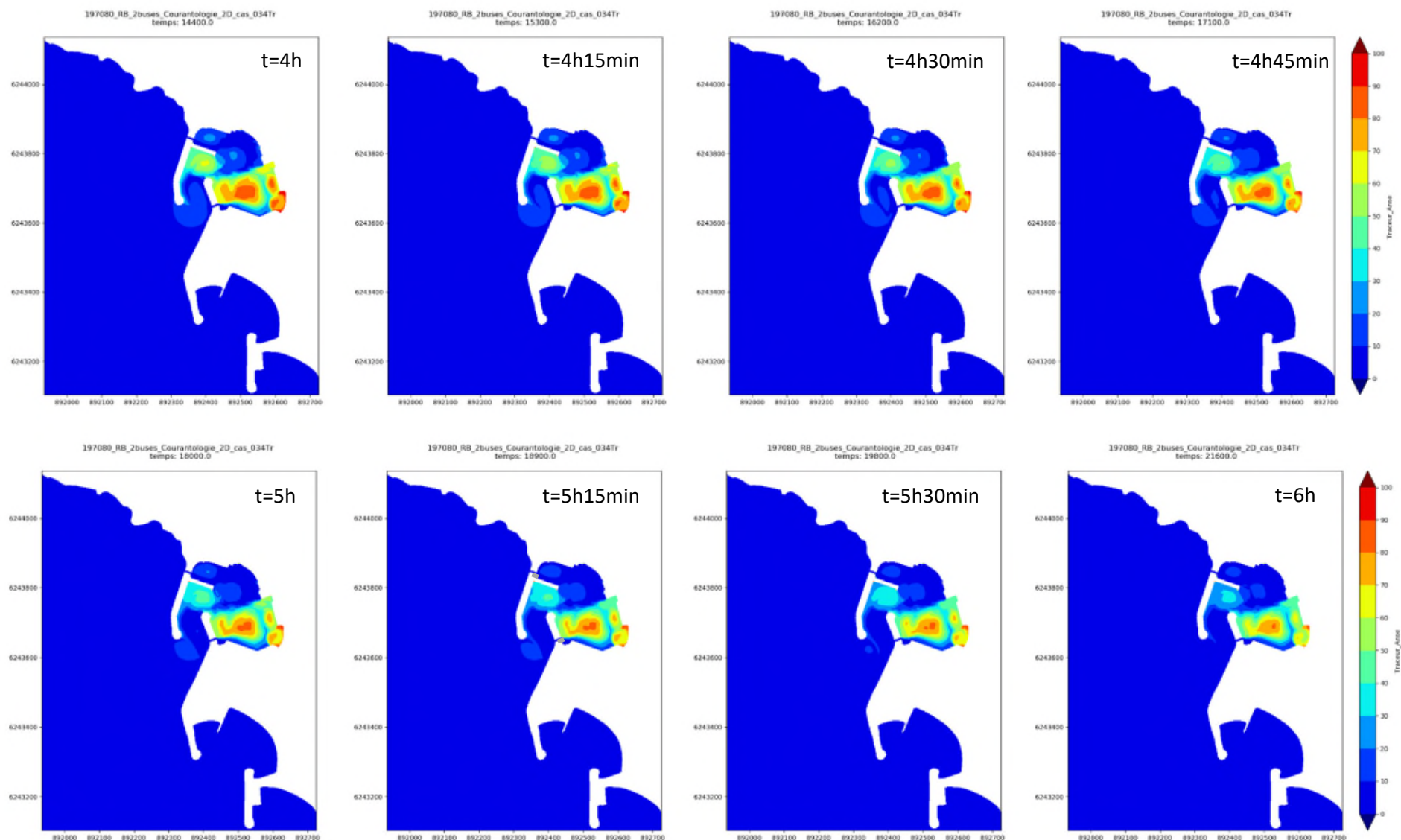
CAS 4 – TRACEUR ANSE



CAS 4 – TRACEUR ANSE



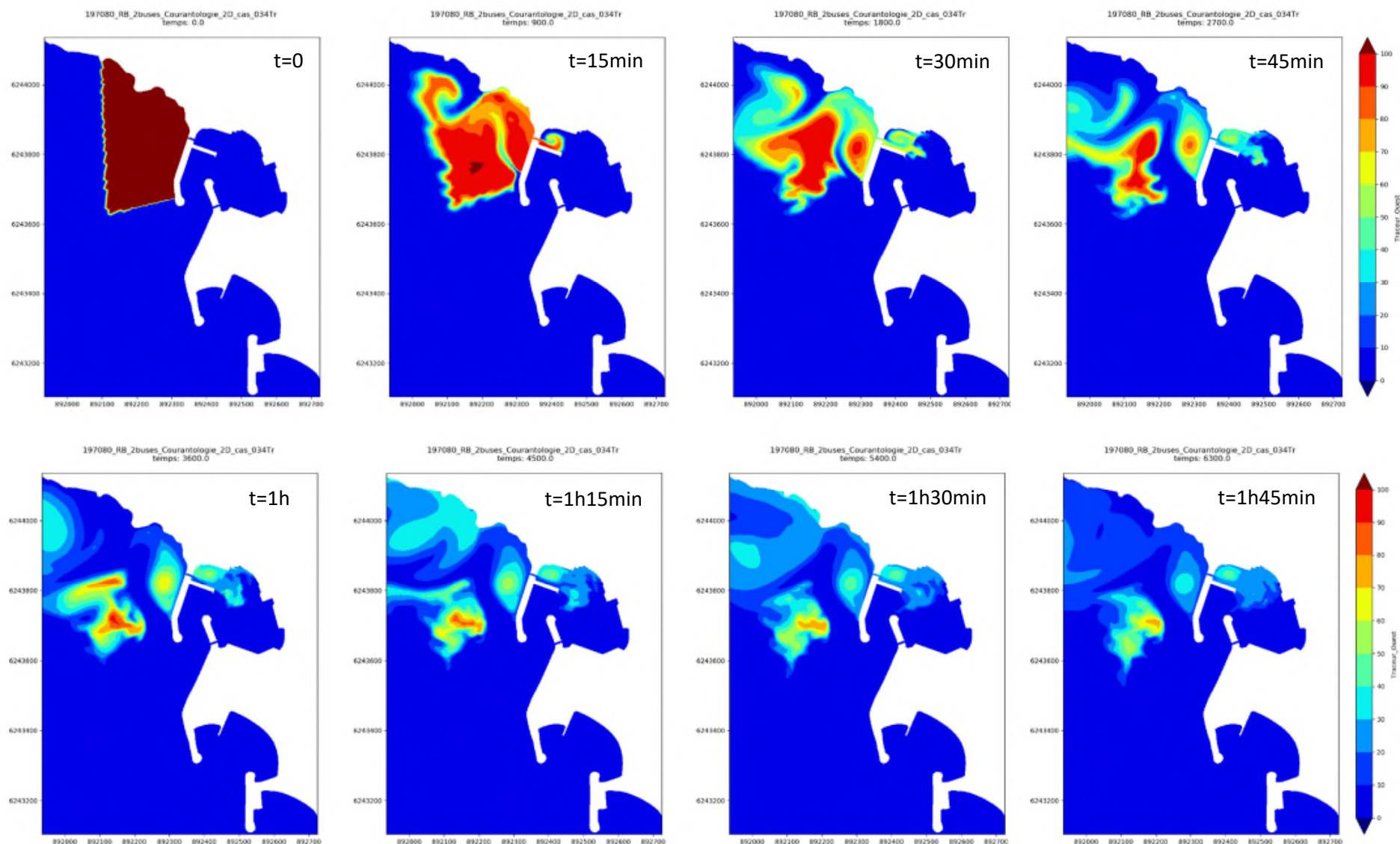
CAS 4 – TRACEUR ANSE



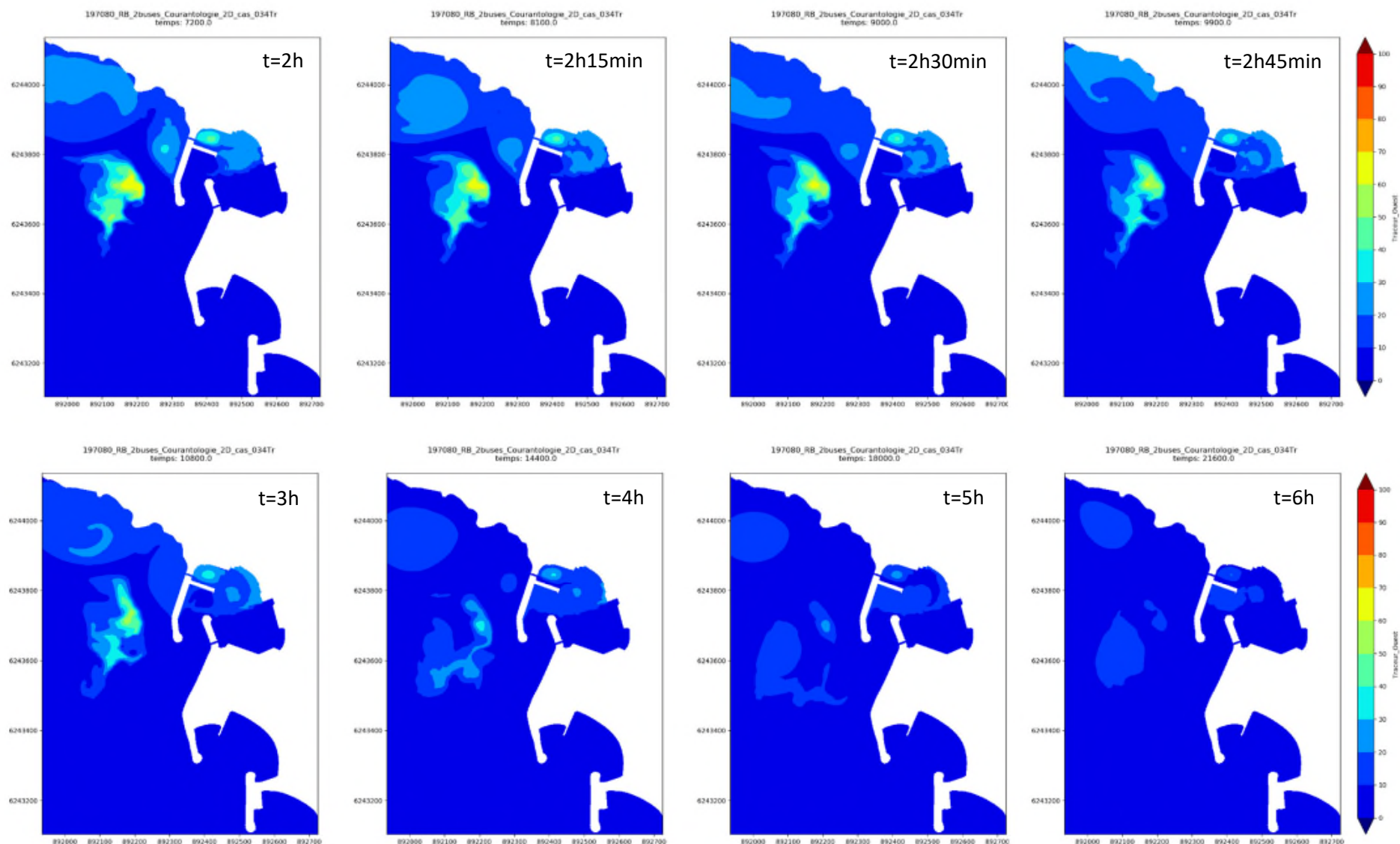
CAS 4

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 4 – TRACEUR OUEST



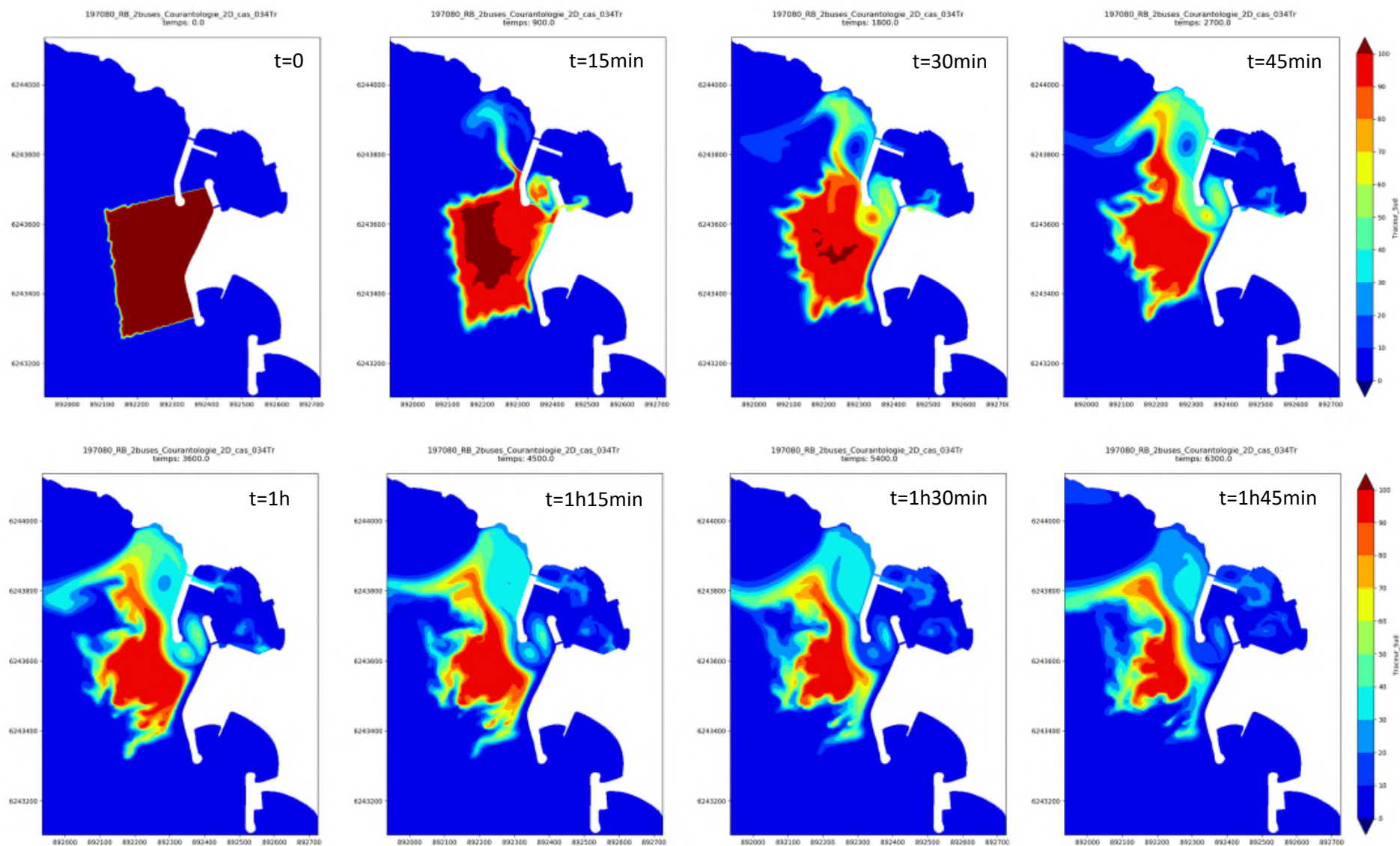
CAS 4 – TRACEUR OUEST



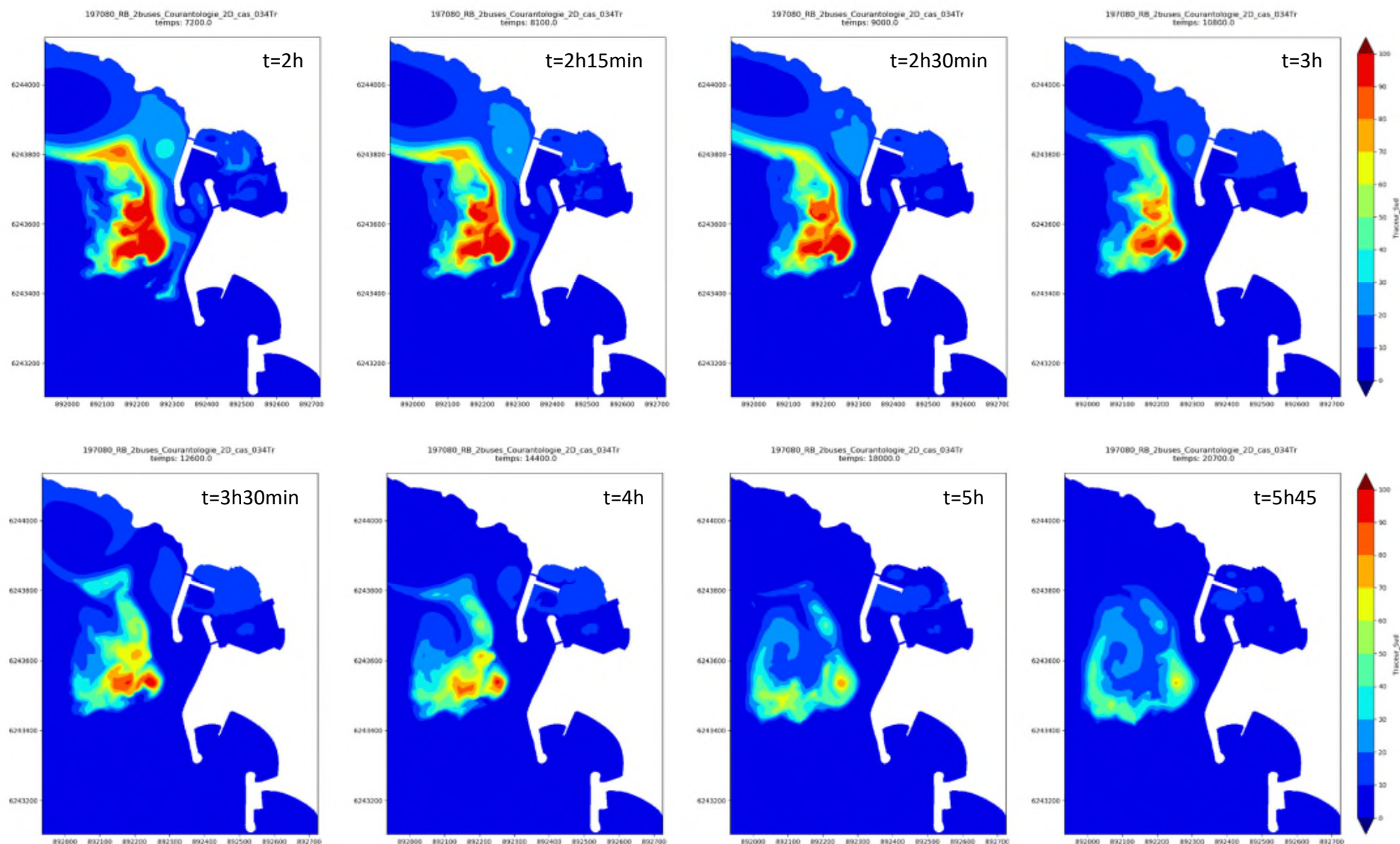
CAS 4

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 4 – TRACEUR SUD



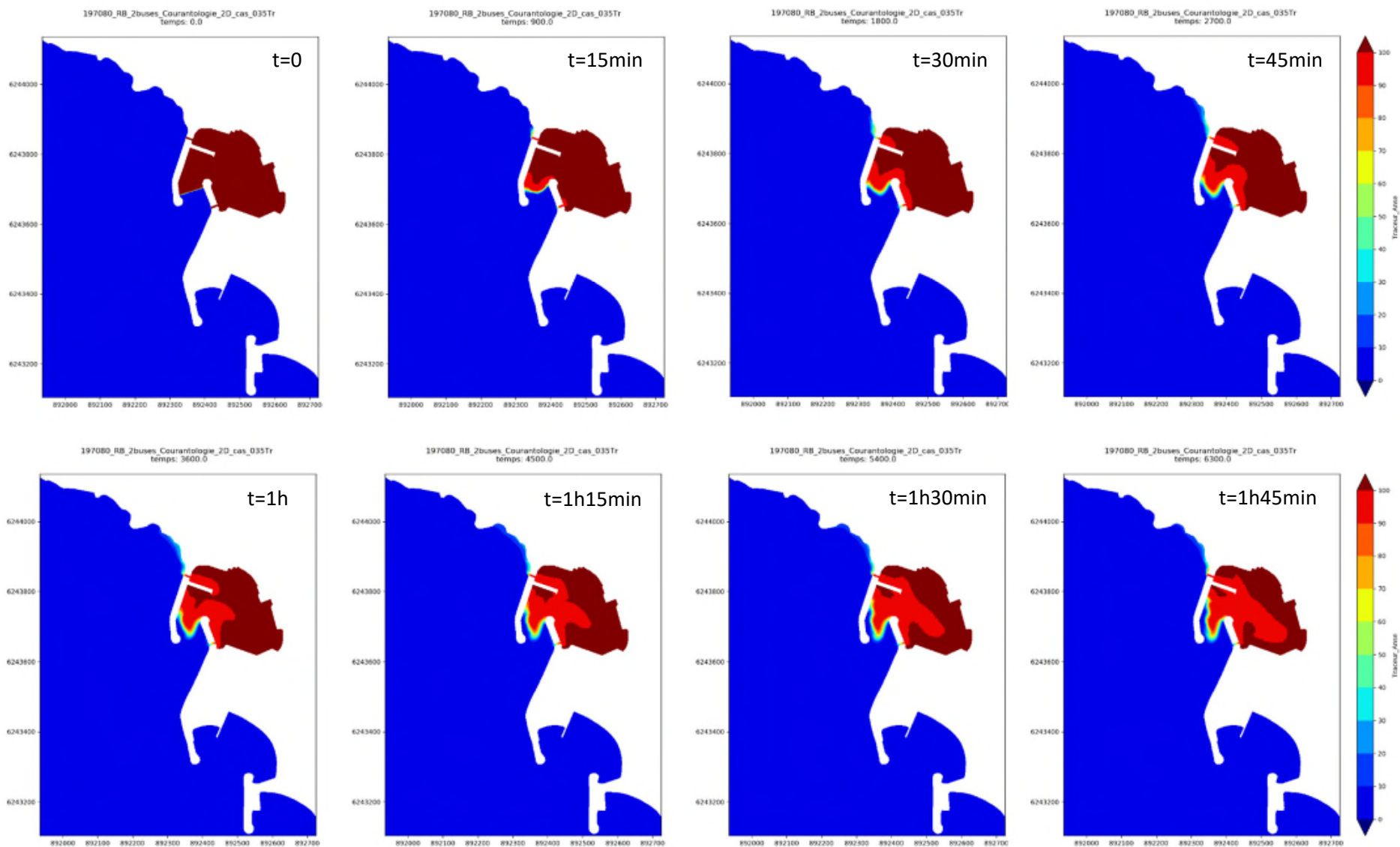
CAS 4 – TRACEUR SUD



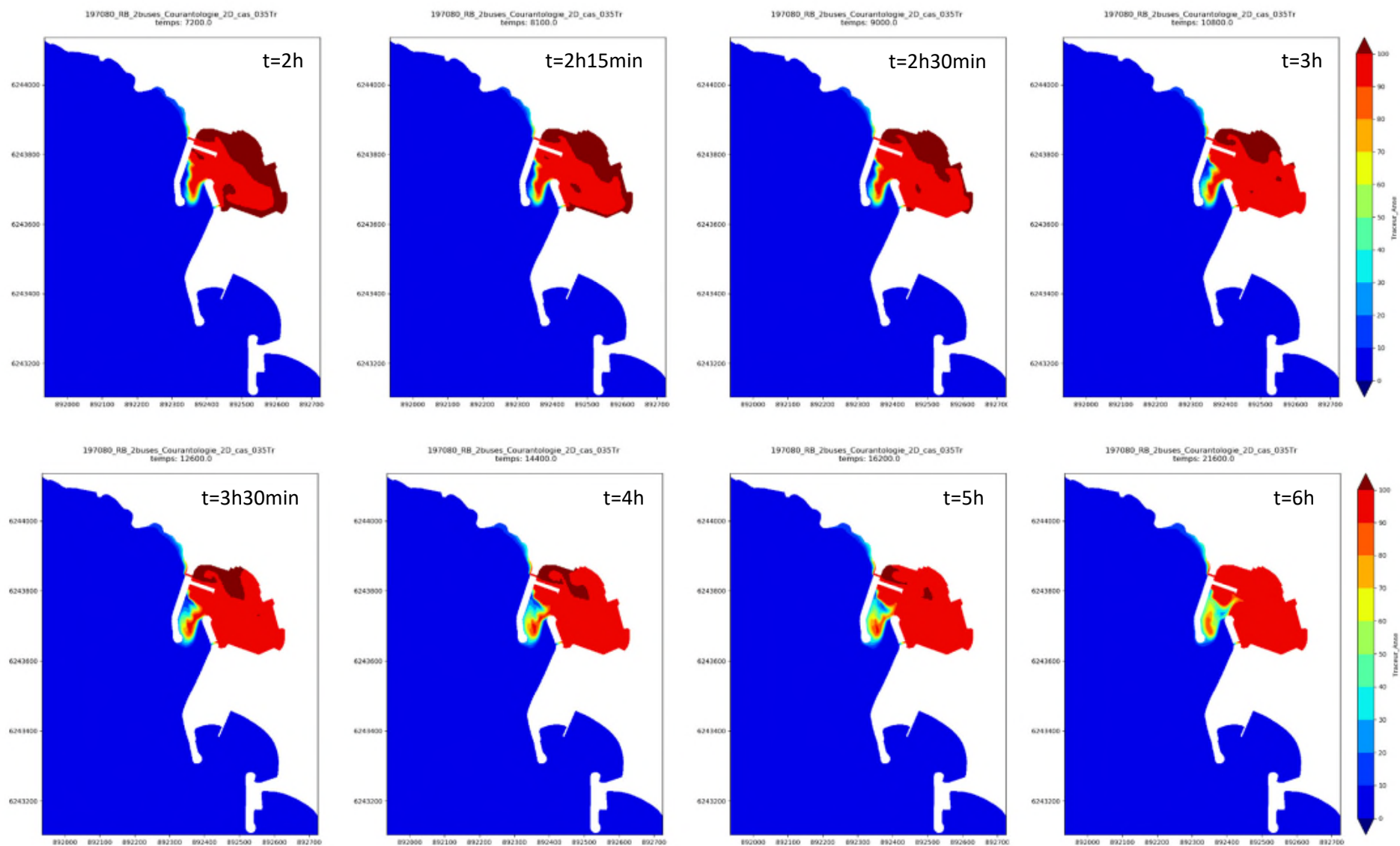
CAS 5

Traceur dans l'anse

CAS 5 – TRACEUR ANSE



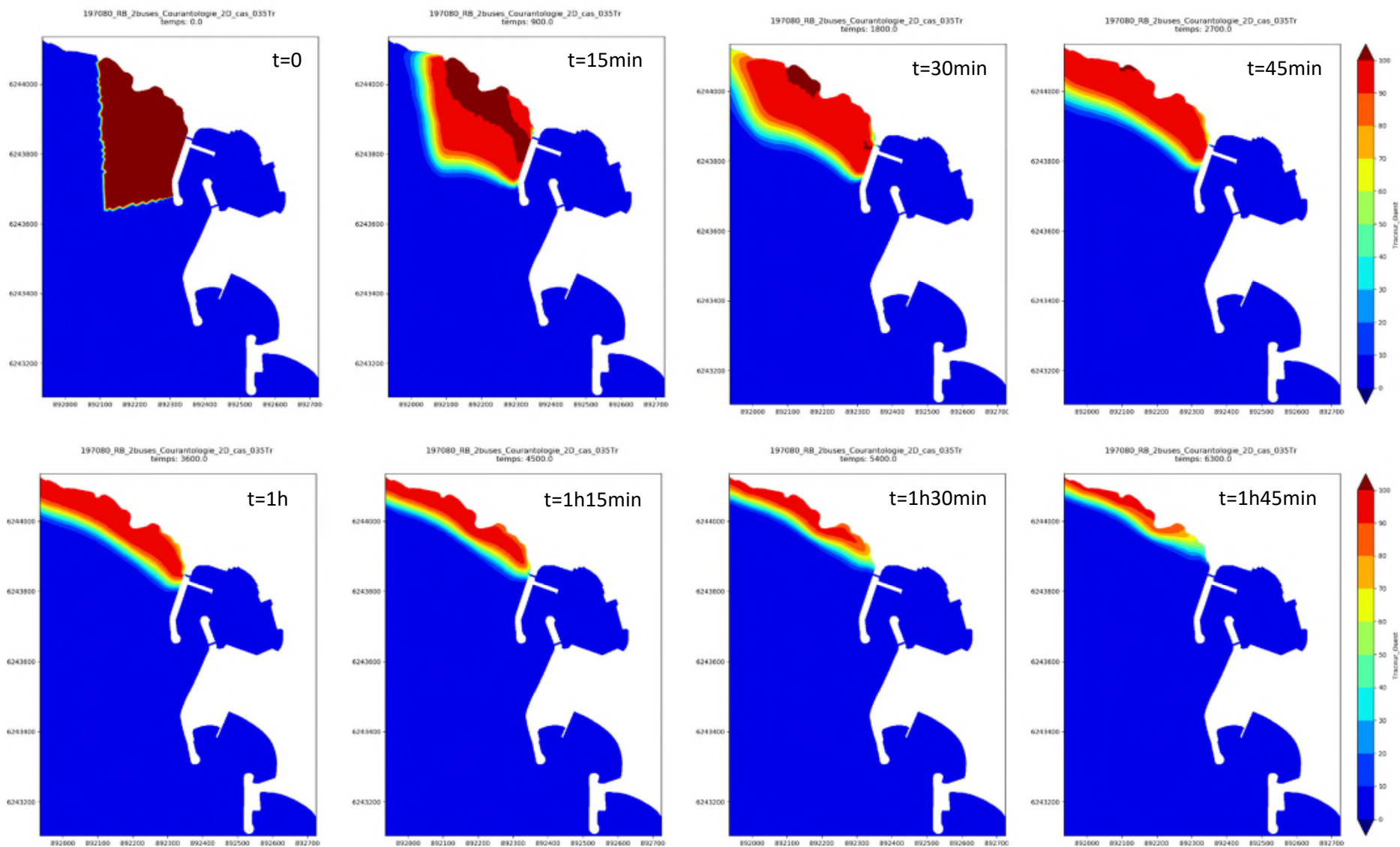
CAS 5 – TRACEUR ANSE



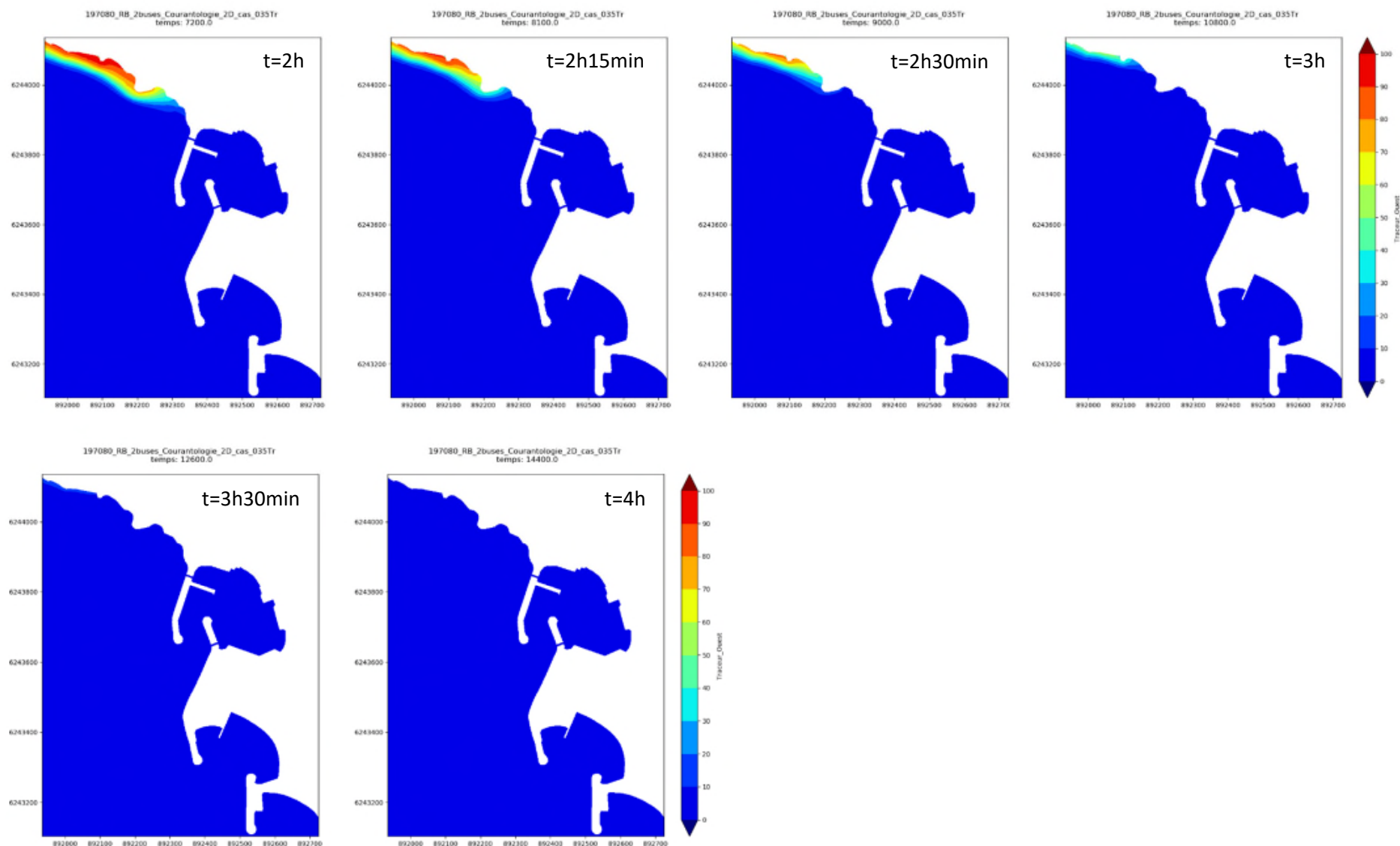
CAS 5

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 5 – TRACEUR OUEST



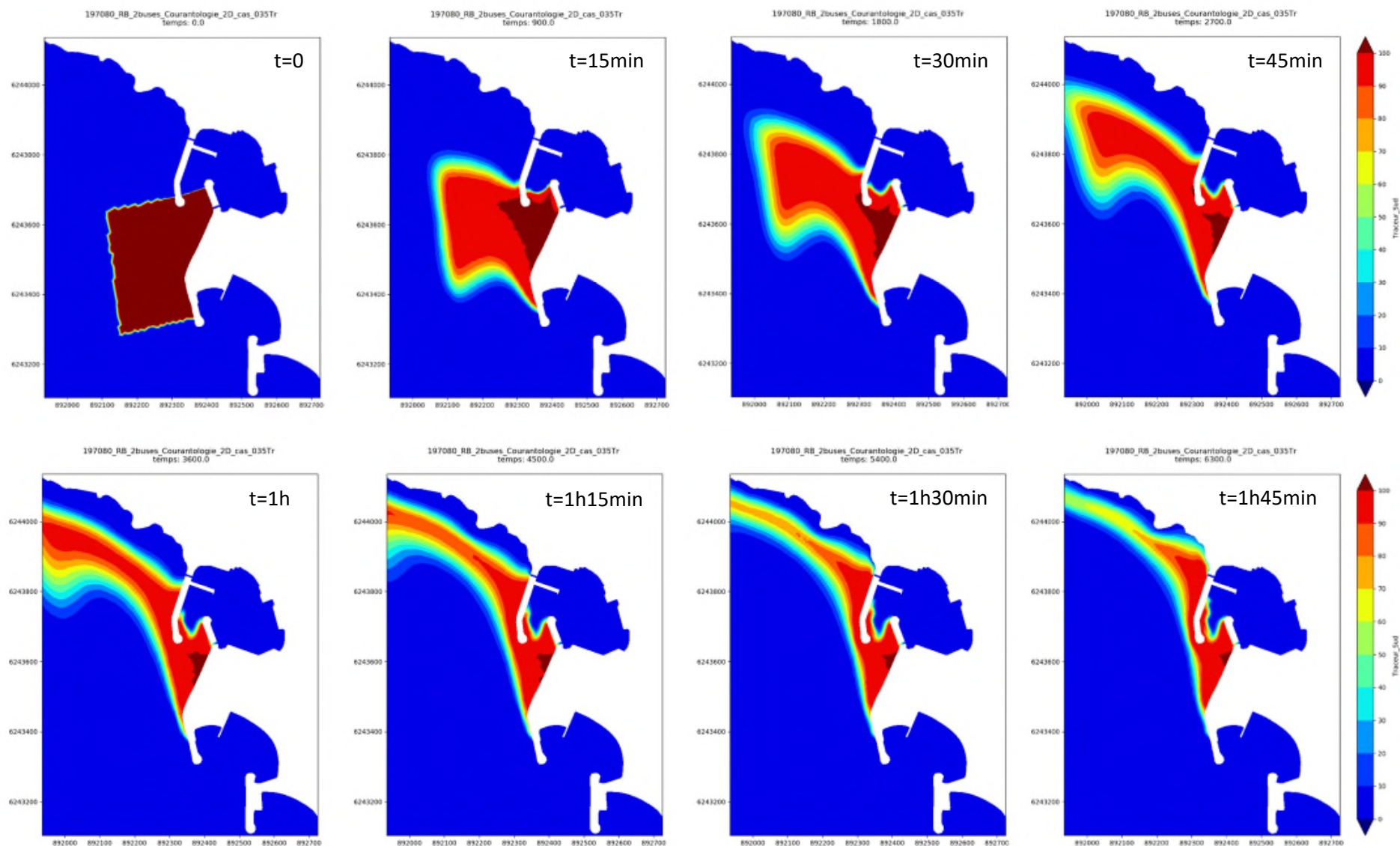
CAS 5 – TRACEUR OUEST



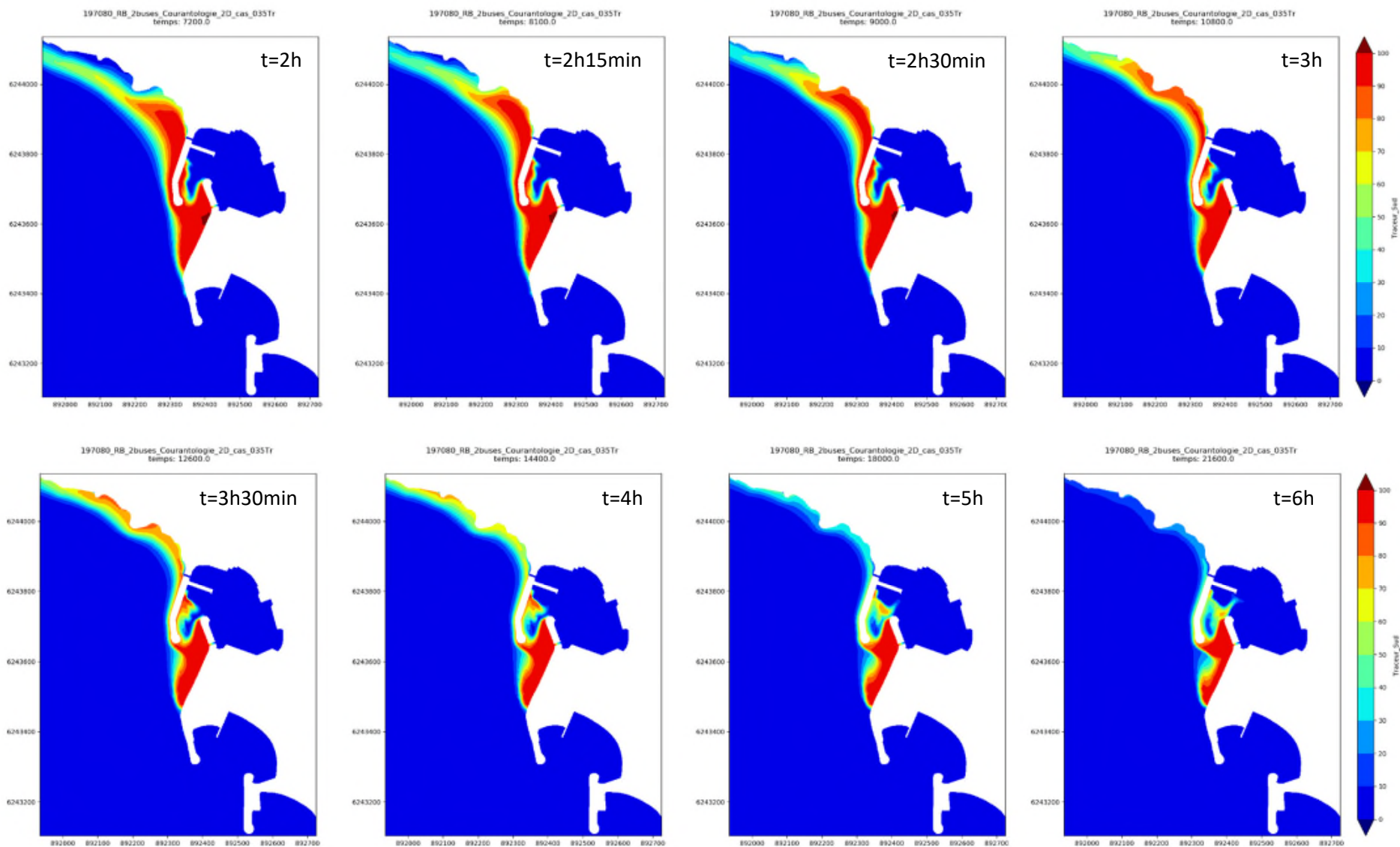
CAS 5

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 5 – TRACEUR SUD



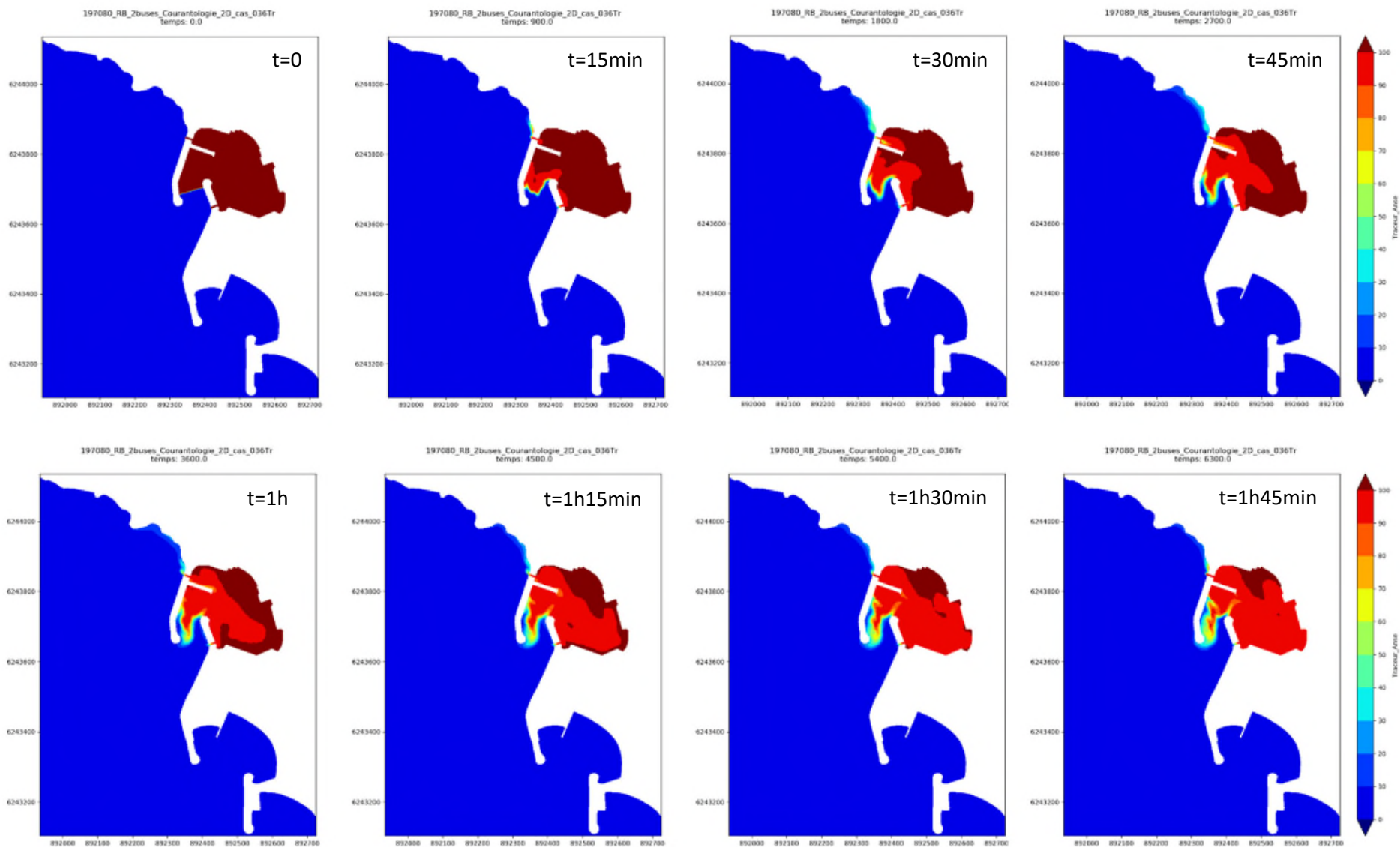
CAS 5 – TRACEUR SUD



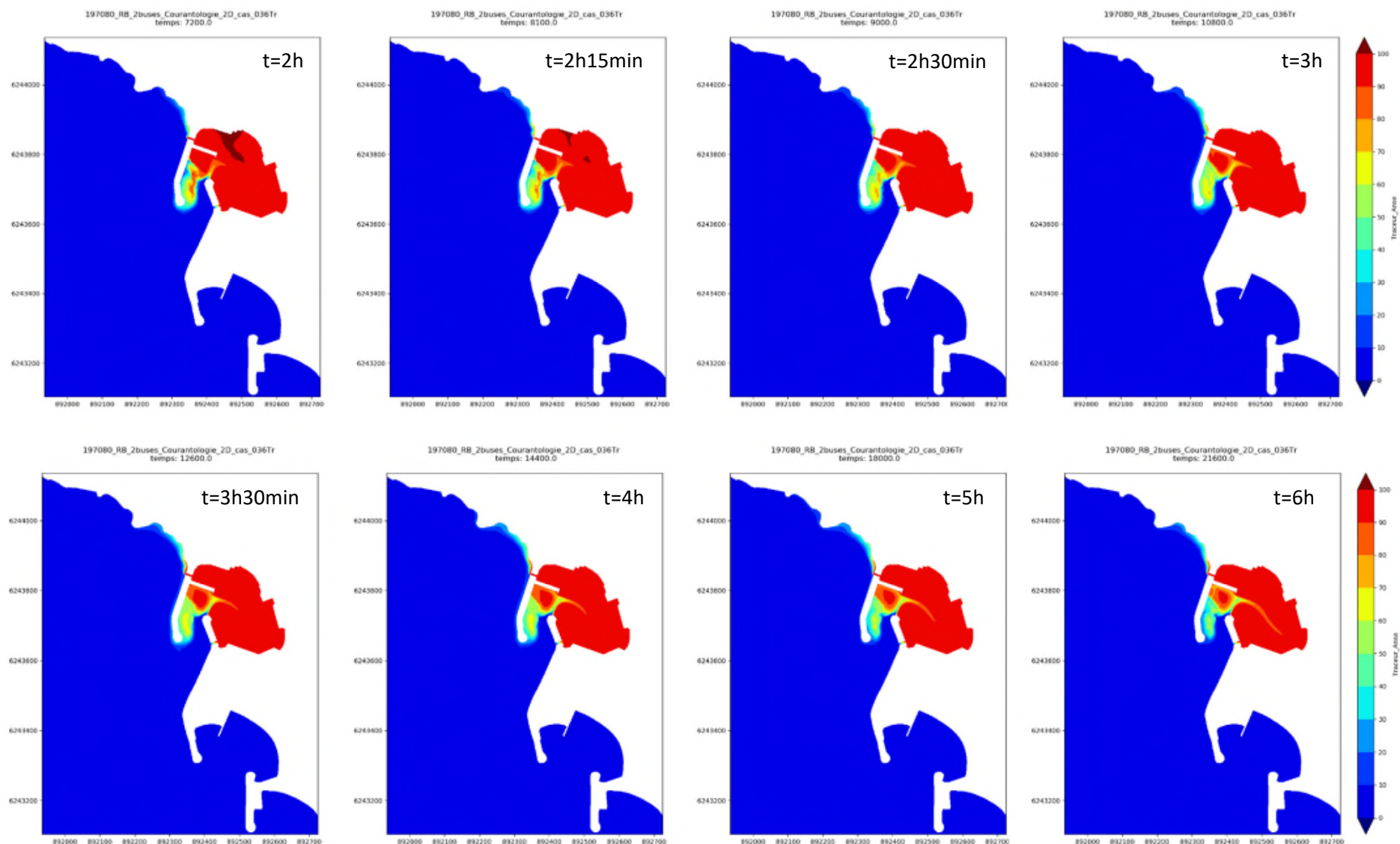
CAS 6

Traceur dans l'anse

CAS 6 – TRACEUR ANSE



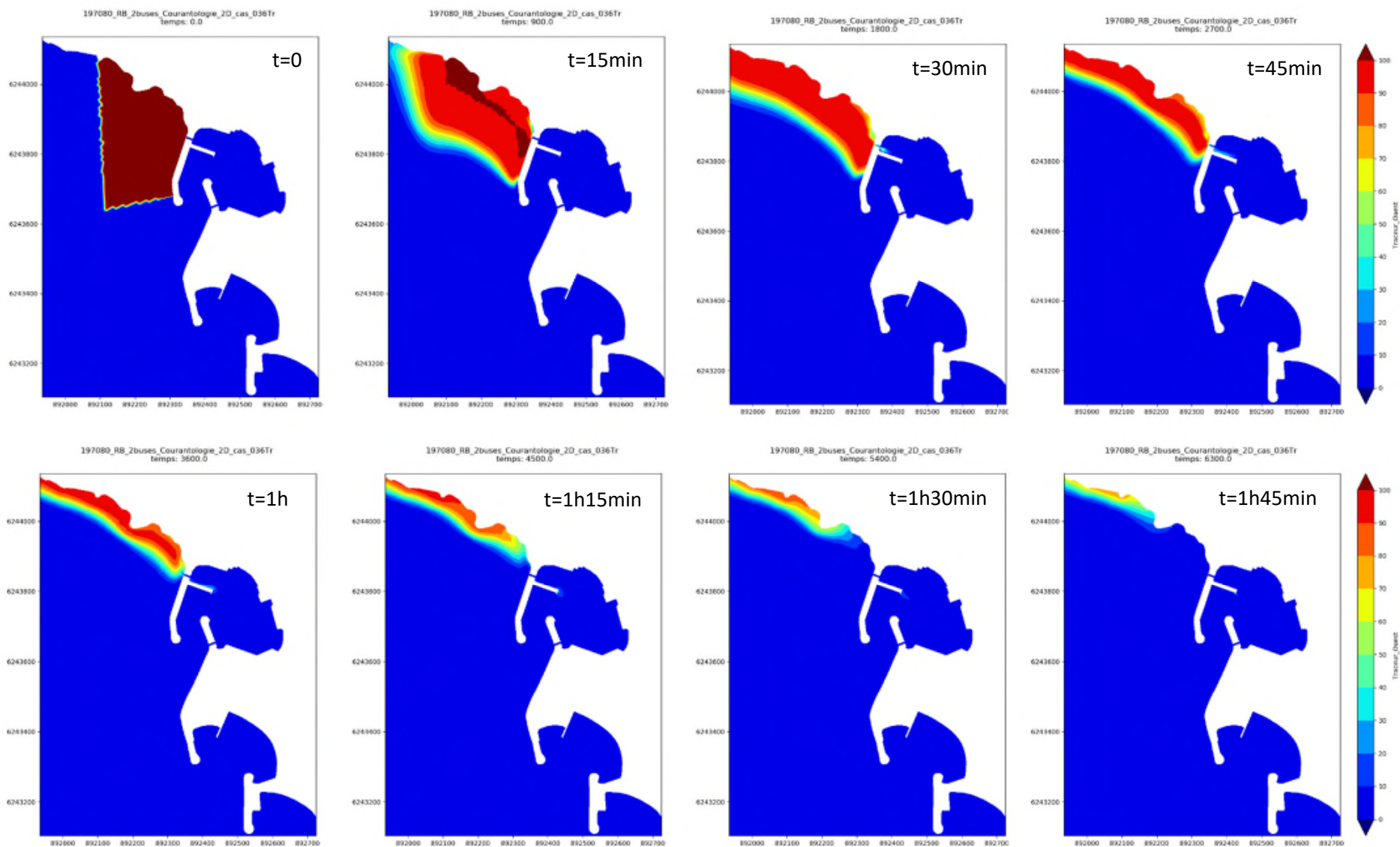
CAS 6 – TRACEUR ANSE



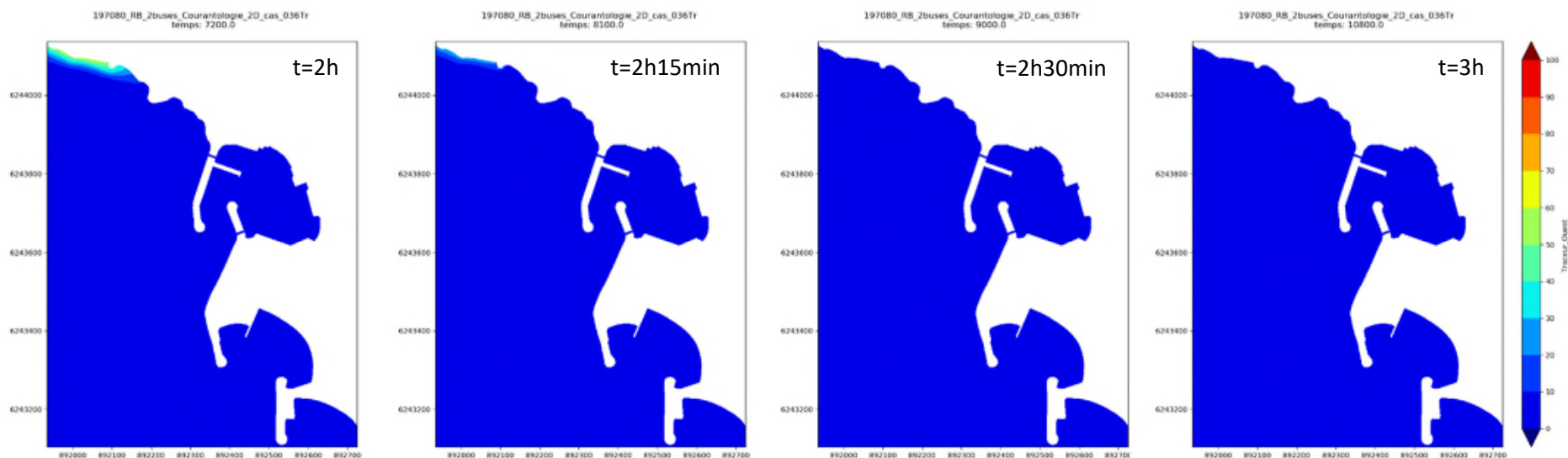
CAS 6

Traceur extérieur à l'Ouest de l'anse

CAS 6 – TRACEUR OUEST



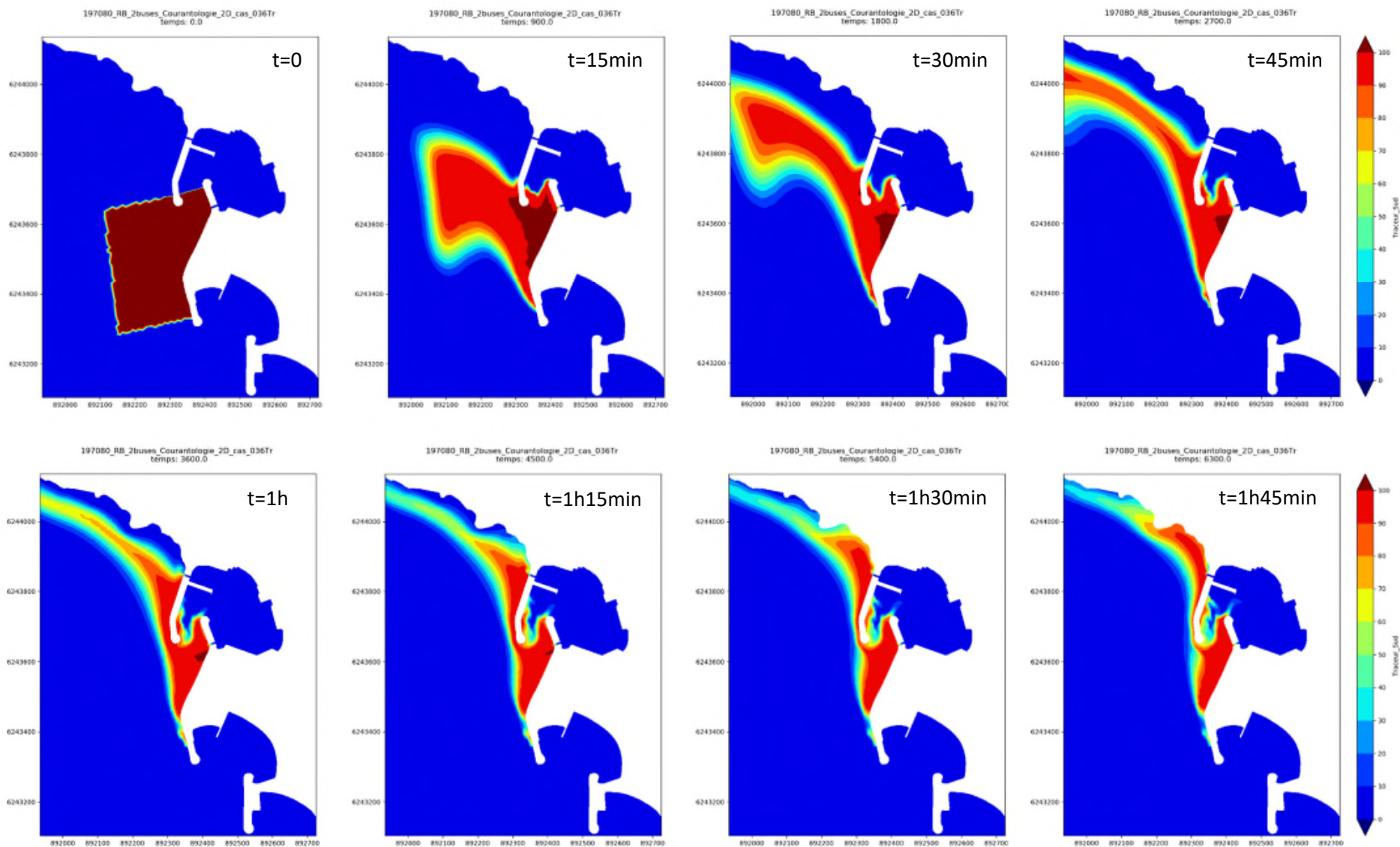
CAS 6 – TRACEUR OUEST



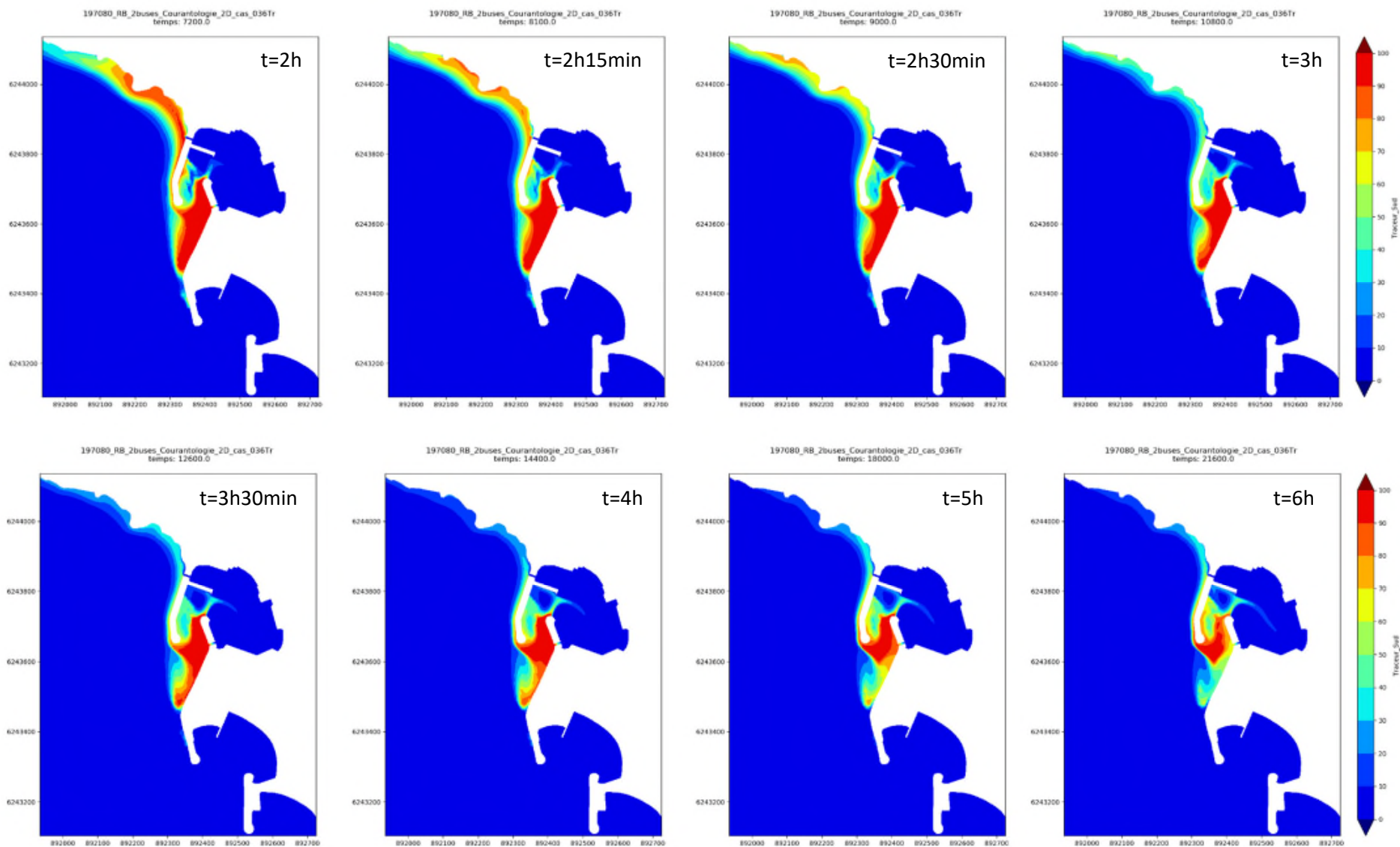
CAS 6

Traceur extérieur au Sud de l'anse

CAS 6 – TRACEUR SUD



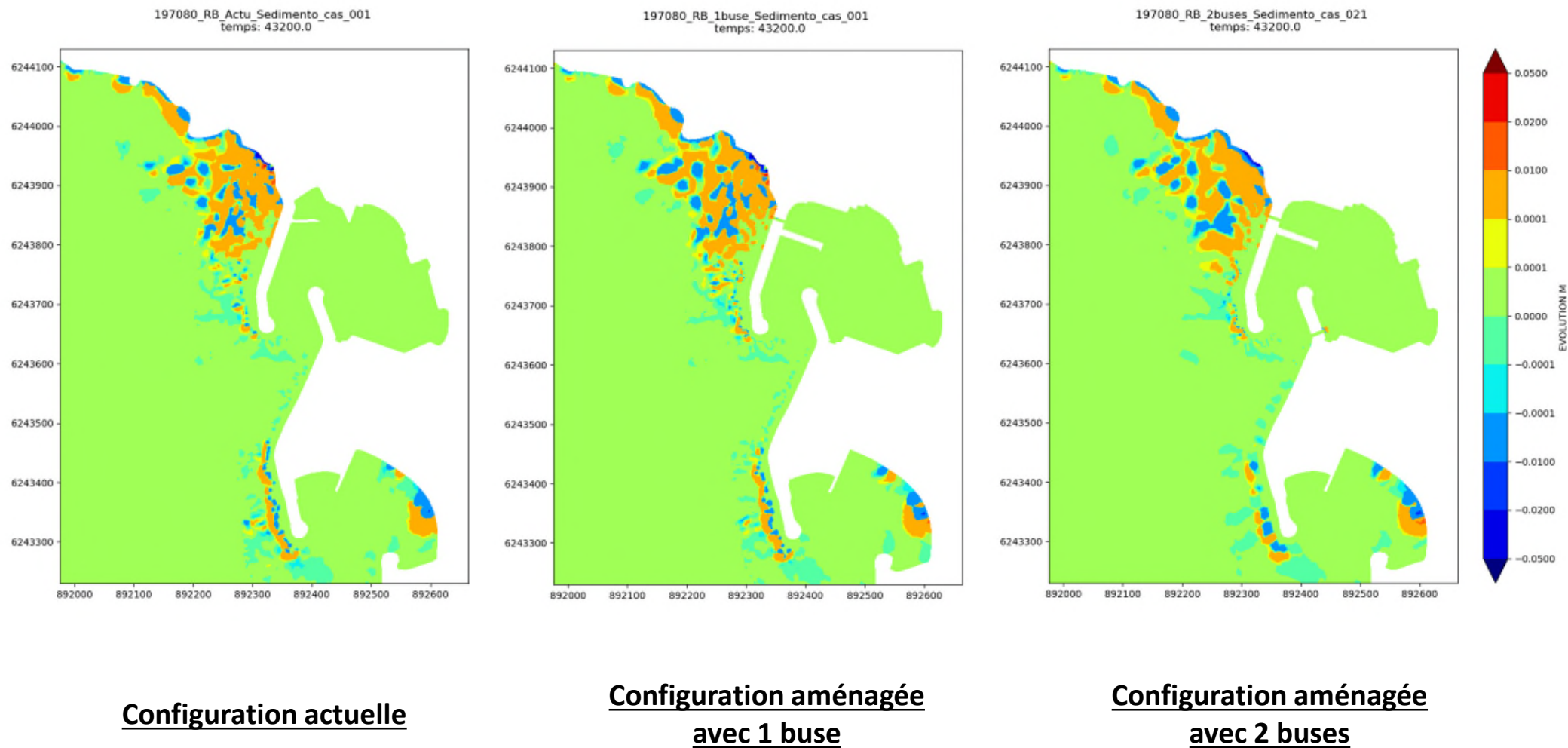
CAS 6 – TRACEUR SUD

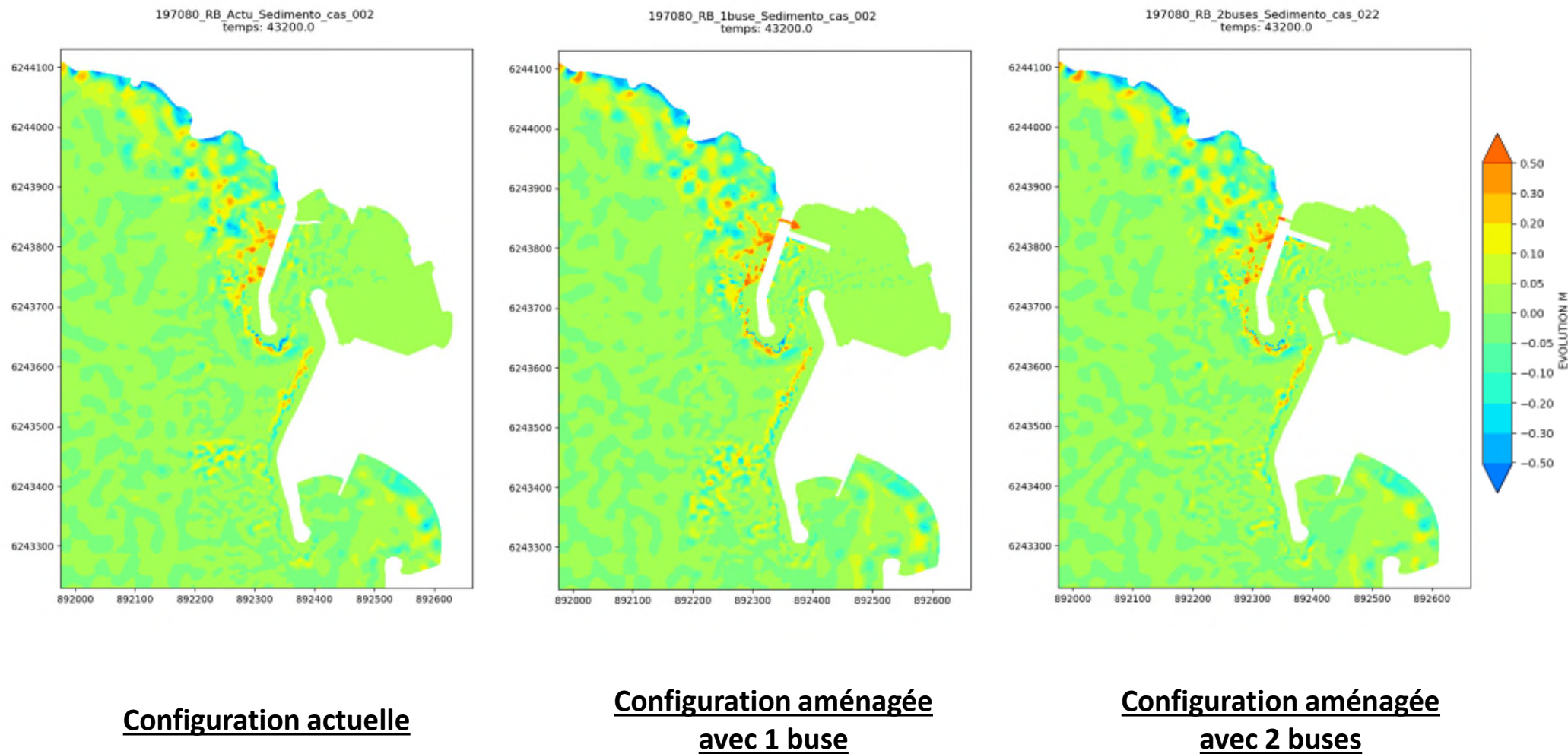


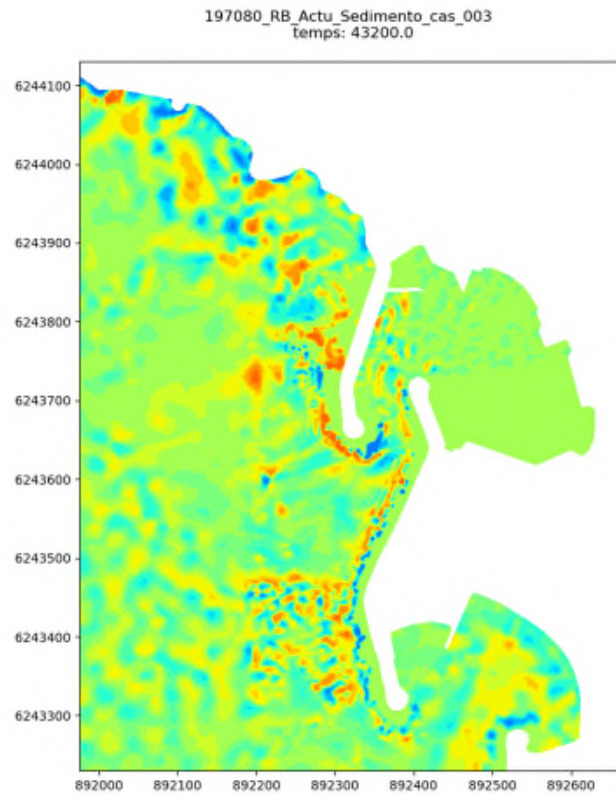
ANNEXE 5

MODELISATION NUMERIQUE DES CONFIGURATIONS AMENAGEES

Résultats de la sédimentologie



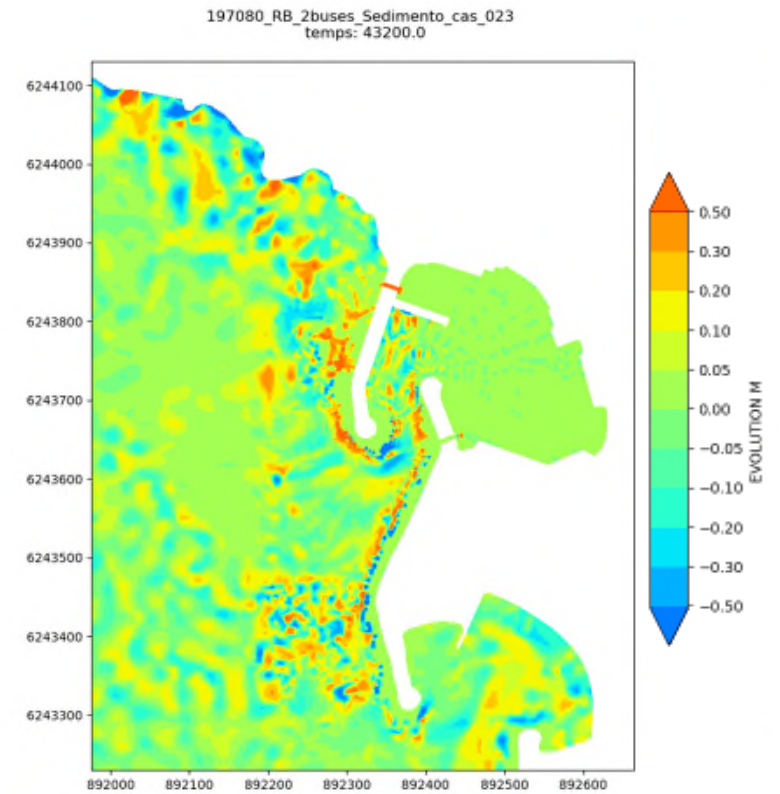




Configuration actuelle



**Configuration aménagée
avec 1 buse**



**Configuration aménagée
avec 2 buses**

