

Digitalisation, squelettisation et calcul des paramètres morphologiques des filandres des estuaires de la Slack de la Canche, de l'Authie et de la Somme sur QGIS

Lola Vigliano (Office français de la biodiversité / Parc naturel marin des
estuaires picards et de la mer d'Opale)
Novembre 2023





Rédaction : Lola Vigliano (Office français de la biodiversité - OFB / Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale – PNM EPMO)

Contribution et relecture : Guillaume Fauveau (Office français de la biodiversité - OFB / Délégation de façade maritime Manche – Mer du Nord) et Carole Perron (Office français de la biodiversité - OFB / Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale – PNM EPMO).

Citation :

Vigliano, L., 2023. Digitalisation, squelettisation et calcul des paramètres morphologiques des filandres des estuaires de la Slack, de la Canche, de l'Authie et de la Somme sur QGIS. Office français de la biodiversité / Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale. 50 p.

Contacts :

carole.perron@ofb.gouv.fr

guillaume.fauveau@ofb.gouv.fr

parcmarin.epmo@ofb.gouv.fr

SOMMAIRE

I. Introduction	1
II. Numérisation des filandres	2
II.1 Numérisation des filandres de largeur supérieure à 2 mètres	2
II.2 Numérisation des filandres de largeur inférieure à 2 mètres	7
II.1 Obtention d'une unique couche filandres	10
III. Squelettisation des filandres.....	14
III.1 Squelettisation	14
III.2 Obtention d'une unique couche squelette	20
IV. Découpe des filandres et du squelette	24
IV.1 Découpe des filandres	24
IV.1 Découpe du squelette	26
V. Calcul des paramètres morphologiques	29
V.1 Surface	29
V.2 Longueur	29
V.3 Largeur.....	30
V.4 Pente.....	40
VI. Autres paramètres étudiés	41
VI.1 Localisation.....	41
VI.2 Type de chenal.....	41
VI.3 Intégration des données de végétation.....	42
VII. Conclusion	44
VIII. Bibliographie	45
IX. Annexes	46

Tables des illustrations

FIGURES

<i>Figure 1 : Numérisation de la limite haute de l'estran, zoom sur la Baie de Somme</i>	<i>3</i>
<i>Figure 2 : Etapes de création des filandres polygones.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 3 : Première étape pour la création d'un polygone sur les filandres interconnectées.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 4 : Délimitation des îlots (en vert) à l'intérieur du complexe filandre</i>	<i>5</i>
<i>Figure 5 : Résultat final de la découpe des filandres interconnectés</i>	<i>5</i>
<i>Figure 6 : Etapes de la découpe des filandres contenant des îlots</i>	<i>6</i>
<i>Figure 7 : Filandres numérisées (largeur > 2 m), zoom sur la baie de Somme</i>	<i>7</i>
<i>Figure 8 : Numérisation des filandres de largeur inférieure à 2 m (en bleu)</i>	<i>8</i>
<i>Figure 9 : Exemple d'une entité petite filandre.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 10 : Filandres numérisées (largeur < 2 m), zoom sur la Baie de Somme.....</i>	<i>9</i>

Figure 11 : Résultat final de la numérisation des filandres en baie de Somme.....	10
Figure 12 : Résultat de la mise en tampon des petites filandres.....	11
Figure 13 : Exemple de chevauchements entre la couche polygones des grosses filandres et la couche tampon des petites filandres.....	11
Figure 14 : Résultat de la différence entre la couche tampon et la couche de filandres polygones.....	11
Figure 15 : Entités sélectionnées à fusionner afin d'obtenir une entité unique par filandre.....	12
Figure 16 : Résultat de la création d'une unique couche filandre, zoom sur la Baie de Somme	13
Figure 17 : Résultat de coupe	14
Figure 18 : Points générés tous les 1 m le long des bordures des filandres (en noir).....	14
Figure 19 : Résultat de la création des polygones de Voronoï.....	15
Figure 20 : Résultat de la conversion des polygones de Voronoï en lignes.....	15
Figure 21 : Nouvelle couche générée, qui résulte de la sélection des lignes des polygones de Voronoï situés dans les grandes filandres	15
Figure 22 : Modeleur graphique QGIS pour les étapes 2 à 5	16
Figure 23: Exemple de sélection (23A) puis suppression (23B) des parties du squelette inutiles.....	17
Figure 24 : Effet « dent de scie » aux extrémités des filandres.....	17
Figure 25 : Résultat de la suppression de l'effet « dent de scie »	17
Figure 26 : Exemple d'un accrochage d'une extrémité du squelette à une petite filandre.....	18
Figure 27 : Modeleur graphique pour les étapes 6 à 7.ii.....	18
Figure 28 : Etapes d'accrochage à la main d'une extrémité du squelette à une petite filandre : sélection du sommet du squelette (26A) et accrochage au sommet de la petite filandre (26B) ; résultat de l'accrochage (26C).	19
Figure 29 : Exemple d'une correction d'erreur d'accrochage à la main : sélection d'un sommet (27A), déplacement du sommet (27B et 27C), résultat (27D).	19
Figure 30 : Résultat final de la squelettisation des filandres, zoom sur la Baie de Somme	20
Figure 31 : Etapes d'accrochage de parties de squelette au chenal principal	21
Figure 32 : Sélection d'une entité filandre depuis la couche polygones.....	21
Figure 33 : Capture d'écran de l'utilisation de l'outil « sélection par localisation »	22
Figure 34 : Entités du squelette à fusionner.....	22
Figure 35 : Résultat de la création d'une unique couche squelette, zoom sur la Baie de Somme.....	23
Figure 36 : Exemple de découpe d'un chenal de filandre : chenal avant découpe (36A), découpe du chenal selon l'embouchure (en rouge, figure 36B) et résultat de découpe (36C).....	24
Figure 37 : Exemple d'entités à fusionner.....	25
Figure 38 : Résultat final de la découpe des filandres en Baie de Somme.....	25
Figure 39 : Résultat de la découpe du squelette par l'outil intersection	26
Figure 40 : Résultat de l'application de l'outil « de morceaux multiples à morceaux uniques »	26
Figure 41 : Sélection (41A) puis suppression (41B) des entités ne faisant pas partie du milieu du chenal des filandres.....	27
Figure 42 : Exemples d'entités multiples dans le squelette des filandres (42A) et résultat de la fusion des	

entités (42B)	27
Figure 43 : Résultat de la découpe du squelette, zoom sur la Baie de Somme.....	28
Figure 44 : Mise à jour du champ surface	29
Figure 45 : Utilisation de l'outil « Joindre les attributs par localisation »	30
Figure 46 : Très grandes filandres de la Baie de Somme (en jaune).....	31
Figure 47 : Squelette des très grosses filandres sélectionné (en jaune).....	31
Figure 48 : Modeleur graphique pour les étapes 3.i à 3.iii.	32
Figure 49 : Exemple de lignes à supprimer (en jaune).....	33
Figure 50 : Sélection des filandres (en jaune).....	33
Figure 51 : Utilisation de l'outil "Joindre les attributs par localisation (résumé)"	34
Figure 52 : Utilisation de l'outil "Joindre les attributs par localisation"	35
Figure 53 : Ouverture de la couche de lignes perpendiculaires au chenal des filandres (en rose).....	36
Figure 54 : Exemple de correction et suppression des lignes perpendiculaires au chenal des filandres (en rouge).....	36
Figure 55 : Exemple d'entités ne comportant pas de champ largeur à supprimer	37
Figure 56 : Exemples d'entités petites filandres à supprimer (en jaune).....	38
Figure 57 : Mise à jour du champ "Largeur_mean" sur les entités sélectionnées.....	39
Figure 58 : Sélection des petites filandres (en rouge).....	39
Figure 59 : Sélection des chenaux principaux, exemple en baie d'Authie.....	41
Figure 60 : Sélection des chenaux secondaires, exemple en baie d'Authie	42
Figure 61 : Résultat de l'intersection entre la couche tampon des filandres et la couche de données séries du projet VEGELITES dans l'estuaire de la Slack.....	43
Figure 62 : Résultat de la jointure avec les données VEGELITES, un champ par type de série a été ajouté, avec la donnée de surface.....	43

I. Introduction

Les filandres sont les chenaux transversaux à l'axe principal d'un estuaire. Ce sont des zones d'interface entre la slikke et le schorre qui permettent la circulation périodique de la mer au sein des prés salés. Elles possèdent de nombreuses fonctions écologiques qui jouent un rôle important pour le fonctionnement écologique de l'estuaire : connexion d'annexes hydrauliques à l'axe fluvial, stockage et déstockage de vases en fonction du régime fluvial, corridor pour les espèces animales et végétales, zones productives de zoobenthos et zones d'alimentation, zones de refuge et de reproduction pour les poissons et les oiseaux (Lesourd et *al.*, 2012).

En 2023, le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNM EPMO) a engagé un travail de numérisation des filandres de ses estuaires (Slack, Canche, Authie et Somme) afin d'améliorer la connaissance de ces écosystèmes particuliers. Ce travail aura ainsi permis le calcul de différents paramètres morphologiques des filandres dans le but de les caractériser et de les catégoriser (Vigliano et Perron, 2023).

Ce rapport a pour objectif de présenter la méthodologie qui a été utilisée pour numériser et calculer les paramètres morphologiques des filandres des estuaires de la Slack, de la Canche, de l'Authie et de la Somme sur le logiciel QGIS.

II. Numérisation des filandres

Pour numériser de manière la plus précise possible les filandres des estuaires du PNM EPMO, deux méthodologies complémentaires ont été adoptées :

1. La numérisation des filandres de largeur supérieure à 2 mètres sous forme de polygones (délimitation des bordures de chaque filandres);
2. Numérisation des « petites » filandres, de largeur inférieure à 2 mètres, sous forme d'une couche de polylignes.

II.1 Numérisation des filandres de largeur supérieure à 2 mètres

Dans le cadre du projet HABISSE¹ (porté par le PNM), une délimitation de la limite haute de l'estran a été réalisée. Pour la baie de Somme, cette délimitation a été réalisée sur fond de photographies aériennes des estuaires du 17 avril 2022 (issues du projet RESOBLO²). Pour les autres baies (baie de la Slack, baie de Canche, baie d'Authie), c'est l'Ortho littorale V2³ (2012) qui a été utilisée, avec des corrections apportées à partir des photographies aériennes RESOBLO quand cela était nécessaire. Ce travail a été réalisé par Guillaume FAUVEAU (chargé de mission géomatique et gestion des données marines, Délégation de façade maritime Manche - Mer du Nord de l'Office français de la biodiversité). Cette délimitation a été réalisée par création d'une couche vecteur de type lignes. La délimitation de l'estran a été réalisée jusqu'aux filandres ayant une largeur de 2 mètres ou plus.

Ce travail a donc permis d'obtenir une délimitation précise des bordures des grandes filandres (Figure 1).

¹ Projet HABISSE : <https://parc-marin-epmo.fr/editorial/connaitre-les-sables-et-vasieres-couverts-par-les-marees>

² Projet RESOBLO : <https://parc-marin-epmo.fr/editorial/etudier-les-activites-de-loisir>

³ Ortho littorale : <https://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/ortho-littorale-a1101.html>

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE





Limite de l'estran : zoom sur la Baie de Somme



Figure 1 : Numérisation de la limite haute de l'estran, zoom sur la Baie de Somme

La suite du travail présenté dans ce document a été réalisée par Lola Vigliano, avec l'accompagnement de Guillaume Fauveau.

Sur la base de la couche de la limite haute de l'estran, une découpe des filandres sous forme de couche de polygones a pu être réalisée, dont voici les étapes :

1. Création d'une couche gpkg vecteur de géométrie polygone, nommée « grandes_filandres » ;
2. Edition de cette couche  ;
3. Outil « ajouter une entité polygonale »  ;
4. Activation des outils « accrochage »  et « activer le tracé »  ;

5. Clics sur les limites des embouchures des filandres (figures 2A et 2B), puis clic gauche pour valider le polygone (figure 2C) ;



Figure 2 : Etapes de création des filandres polygones

6. Répétition de cette opération pour toutes les filandres ;
7. Pour les filandres interconnectées, cette opération a été plus complexe et a nécessité des étapes supplémentaires :
 - i. Avec les outils « accrochage » et « activer le tracé », clic sur les deux extrémités de l'embouchure du complexe filandre (figure 3A), puis clic sur les extrémités de chaque embouchure « intermédiaire » (figure 3B). On a obtenu ainsi un gros polygone (figure 3C) qu'il a fallu découper par les îlots intermédiaires ;

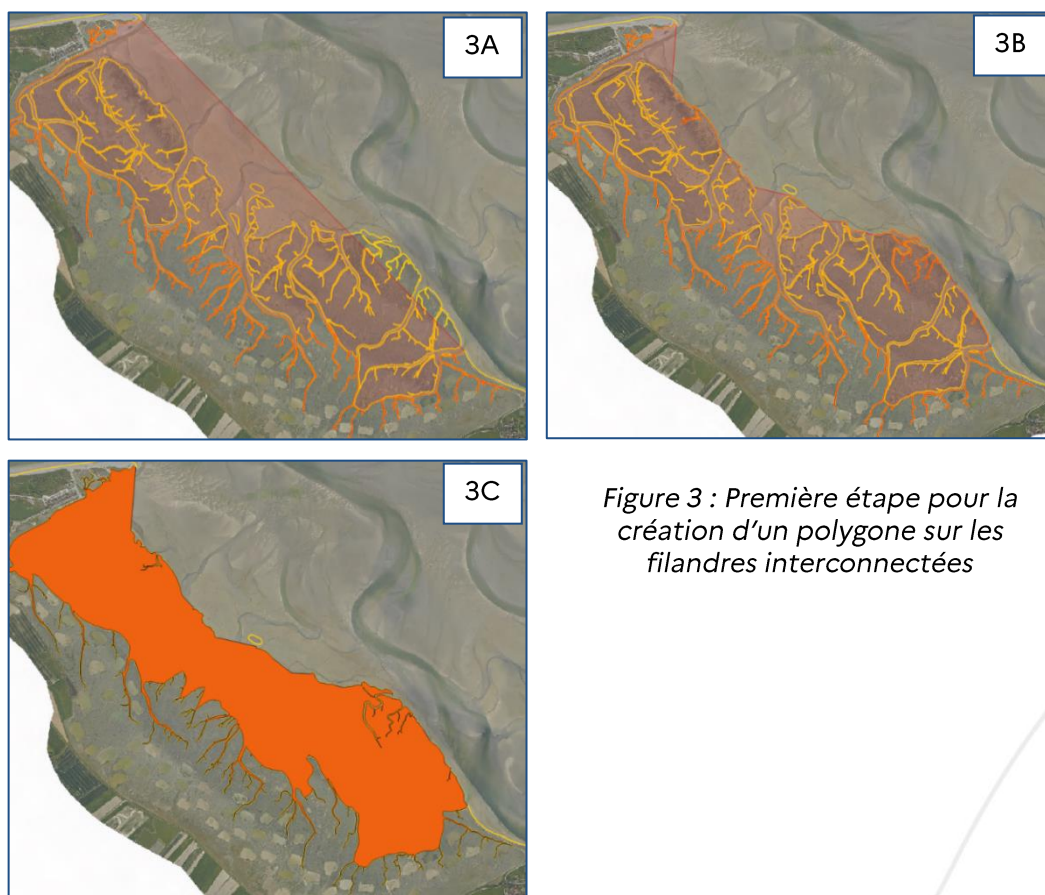


Figure 3 : Première étape pour la création d'un polygone sur les filandres interconnectées

- ii. Pour découper ce polygone (figure 3C) par les îlots situés à l'intérieur de celui-ci, une couche temporaire de géométrie type polygone a été créée, et, par ajout d'entités, les îlots à l'intérieur du complexe ont été délimités, avec les outils « accrochage » et « activer le tracé » (Figure 4) ;

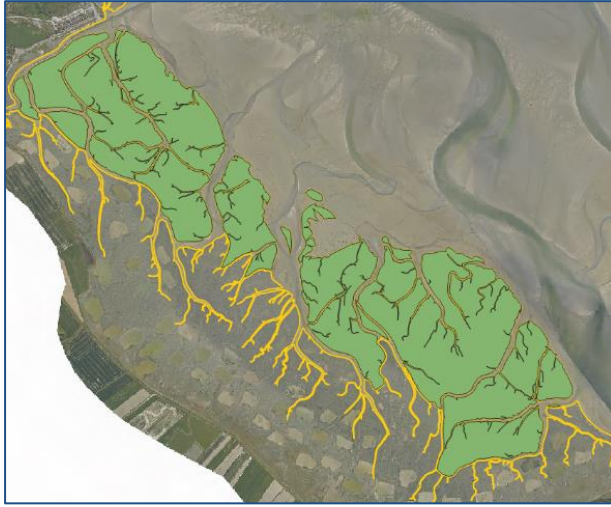


Figure 4 : Délimitation des îlots (en vert) à l'intérieur du complexe filandre


- iii. Enfin, la première couche (figure 3C) a été découpée par la couche délimitant les îlots (Figure 4) grâce à l'outil  Différence (Figure 5) ;



Figure 5 : Résultat final de la découpe des filandres interconnectés

8. La même méthode a été appliquée pour les filandres contenant des îlots dans leurs chenaux (Figure 6) ;

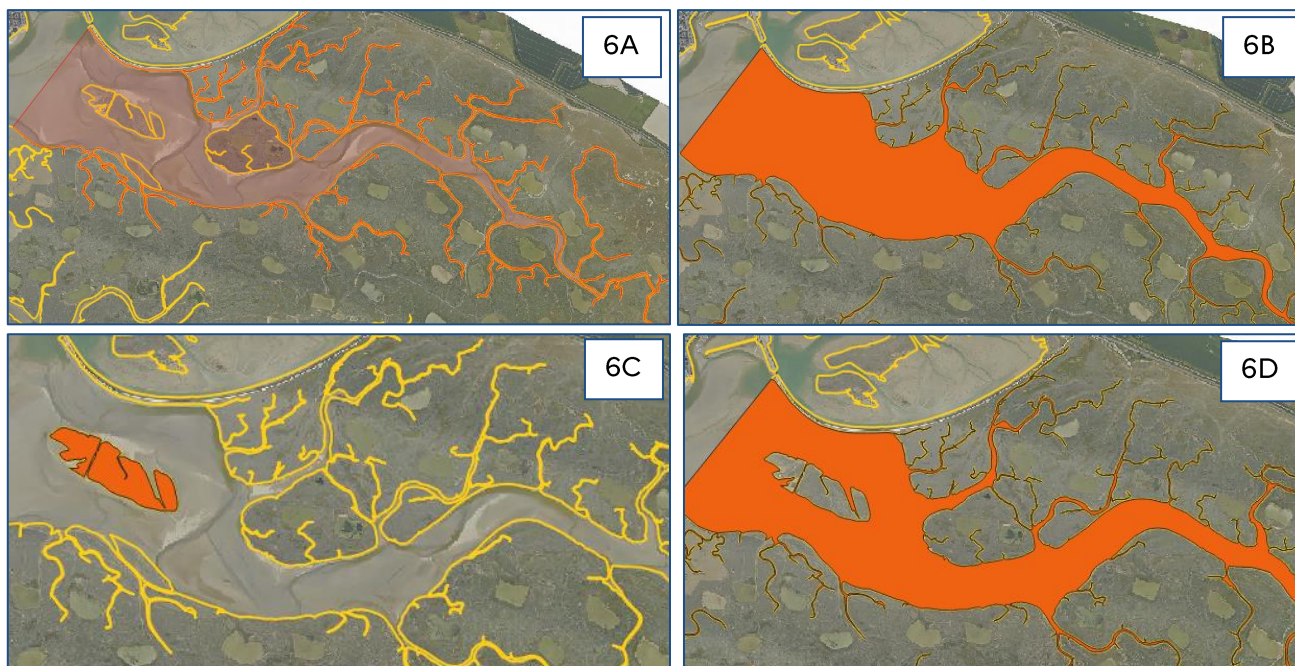


Figure 6 : Etapes de la découpe des filandres contenant des îlots

9. Enregistrement des modifications.

La Figure 7 représente le résultat final de la numérisation des grandes filandres pour la baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Résultat de la numérisation des grandes filandres : zoom sur la Baie de Somme

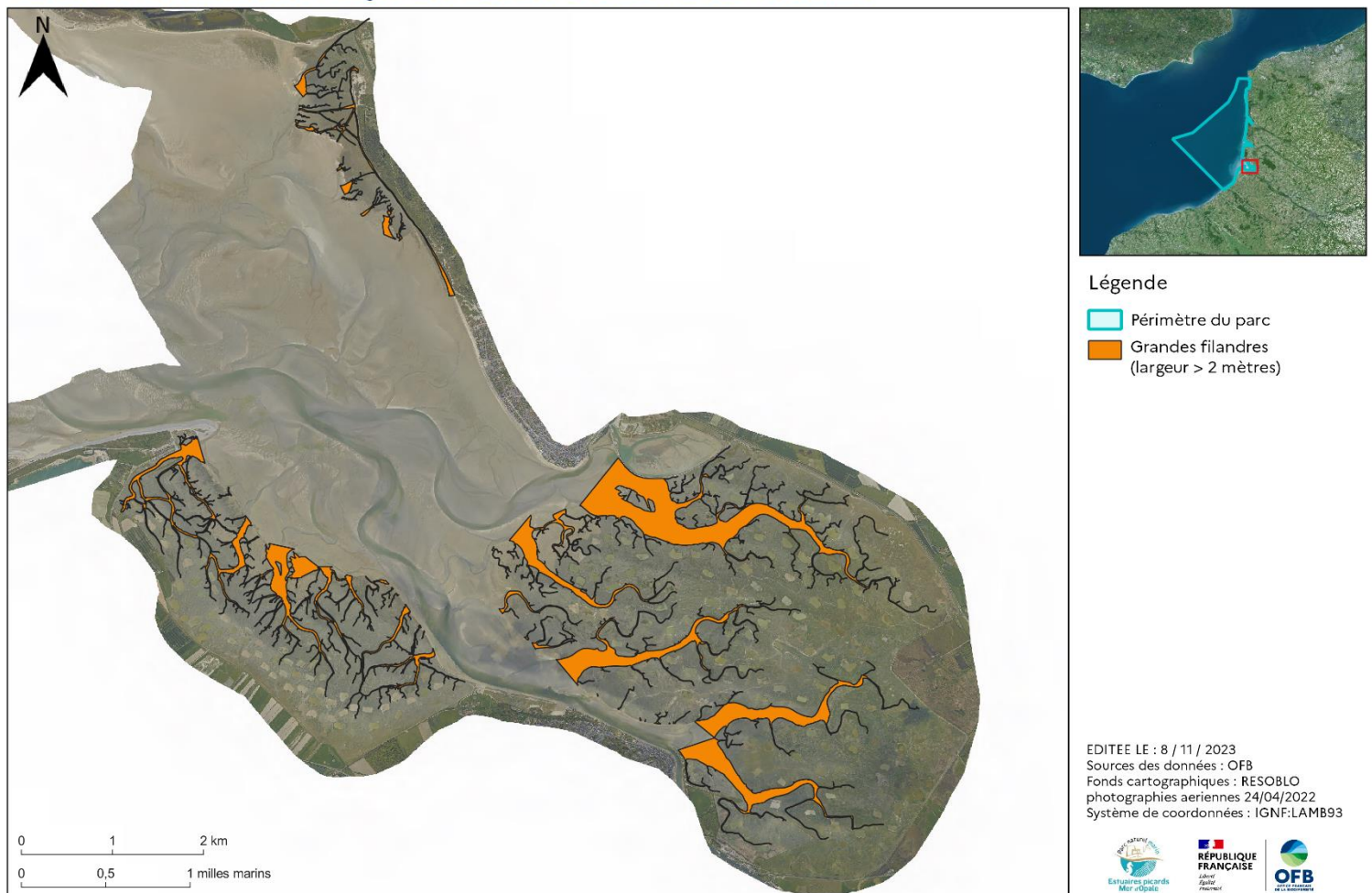


Figure 7 : Filandres numérisées (largeur > 2 m), zoom sur la baie de Somme

II.2 Numérisation des filandres de largeur inférieure à 2 mètres

Les « petites » filandres étant en nombre assez conséquent, il a été choisi de les numériser sous forme d'une couche de polylignes afin d'éviter un travail trop chronophage, tout en ayant un résultat précis.

Les étapes qui ont permis la numérisation des petites filandres sont les suivantes :


1. Création d'une couche gpkg vecteur de géométrie polyligne, nommée « petites_filandres » ;
2. Numérisation des filandres en mode édition de couche grâce à l'outil « ajout d'entités linéaires » , en se basant sur le milieu du chenal de chaque filandre à une échelle de 1:500 (Figure 8) ;



Figure 8 : Numérisation des filandres de largeur inférieure à 2 m (en bleu)


3. Fusion des ramifications de chaque petite filandre en une seule entité, avec les outils sélection et « fusionner les entités sélectionnées »  (Figure 9);



Figure 9 : Exemple d'une entité petite filandre

4. Enregistrement des modifications.

La Figure 10 présente le résultat final de la numérisation des petites filandres pour la baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Résultat de la numérisation des petites filandres : zoom sur la Baie de Somme

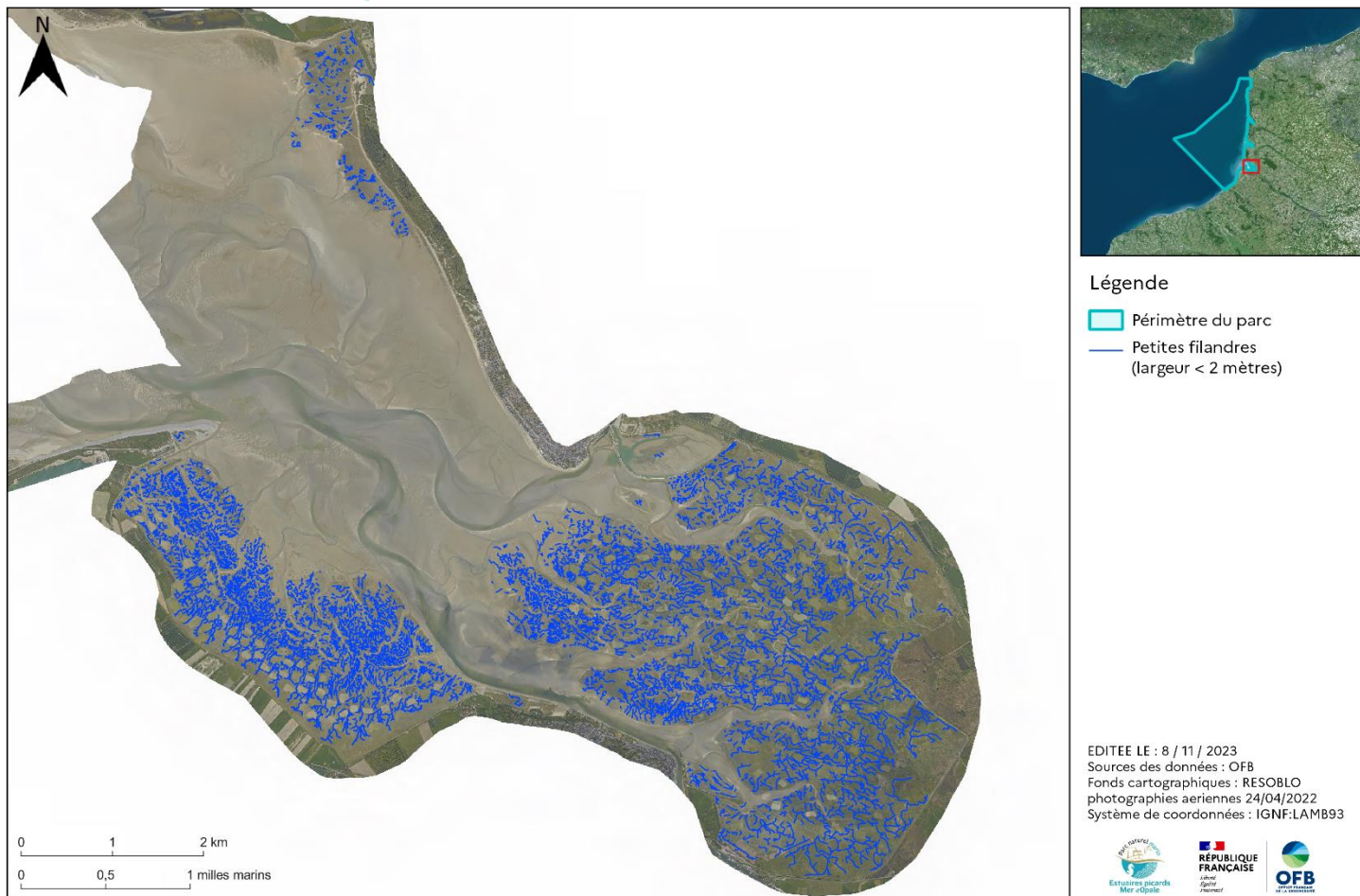


Figure 10 : Filandres numérisées (largeur < 2 m), zoom sur la Baie de Somme

Il y a ainsi deux couches de filandres numérisées obtenues par ce travail : une couche « polygones » pour les filandres de largeur supérieure à 2 mètres et une couche « polygones » pour les filandres de largeur inférieure à 2 mètres (Figure 11).

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Résultat de la numérisation des filandres : zoom sur la Baie de Somme

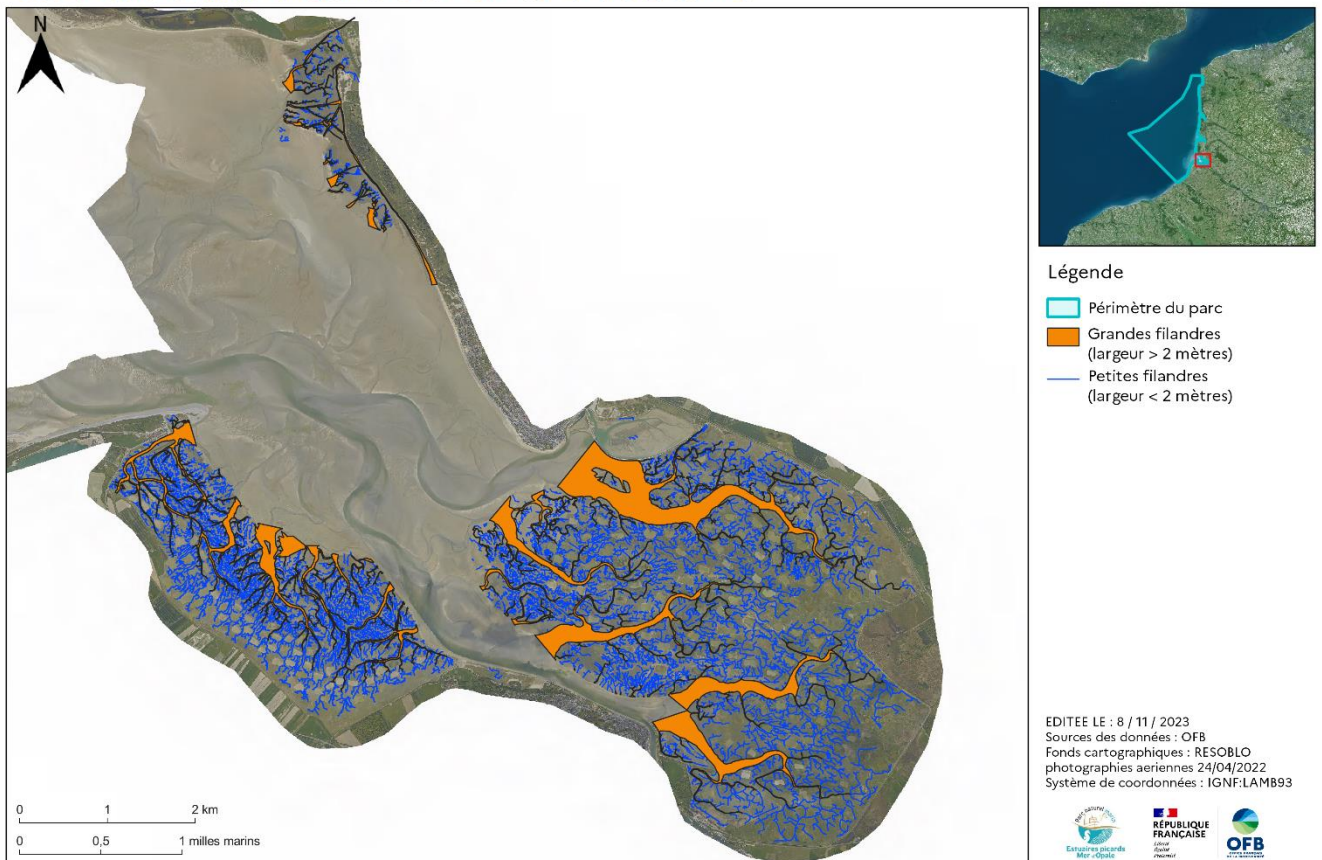


Figure 11 : Résultat final de la numérisation des filandres en baie de Somme

II.1 Obtention d'une unique couche filandres

Nous avons donc obtenu par les étapes précédentes deux couches de filandres complémentaires :

- Une couche de géométrie polygones, « grandes_filandres », englobant toutes les filandres de largeur supérieure à 2mètres ;
- Une couche de géométrie polygones, « petites_filandres », englobant toutes les filandres de largeur inférieure à 2 mètres.

L'objectif ici est de rassembler les deux couches en une seule afin d'obtenir une unique couche filandre.

Voici les étapes qui ont permis cette fusion :

1. Conversion de la couche « petites_filandres » en une couche polygone :

- i. Création d'une zone tampon de largeur de 1 mètre (valeur approximative de la largeur des petits filandres) avec l'outil  Tampon (Figure 12) ;

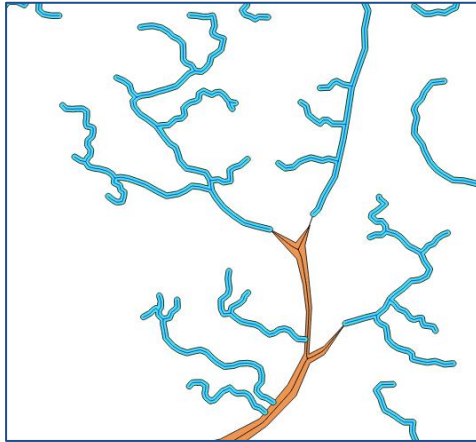



Figure 12 : Résultat de la mise en tampon des petites filandres

- ii. Utilisation de l'outil  Différence afin d'enlever les chevauchements entre la couche des grosses filandres (polygones) et la couche tampon des petites filandres (Figure 13), avec comme couche source la couche tampon créée précédemment et comme couche de superposition la couche « grandes_filandres » (Figure 14) ;

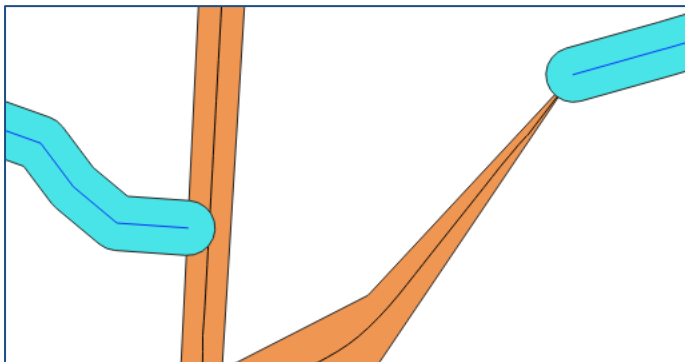


Figure 13 : Exemple de chevauchements entre la couche polygones des grosses filandres et la couche tampon des petites filandres

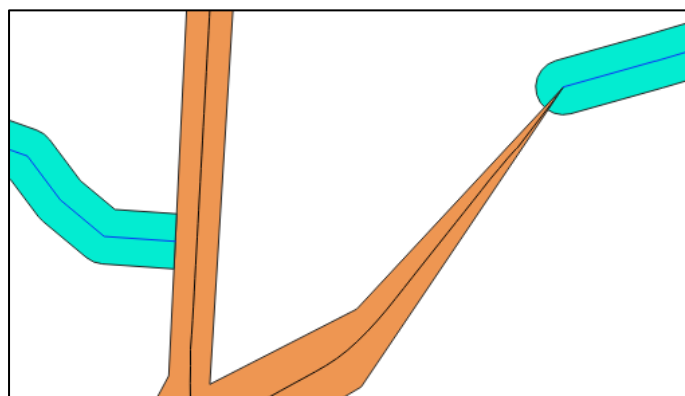



Figure 14 : Résultat de la différence entre la couche tampon et la couche de filandres polygones

2. Fusion de cette nouvelle couche avec la couche « grandes_filandres », grâce à l'outil  Fusionner des couches vecteur ;
3. Enregistrement de la couche au format gpkg sous le nom « filandres_regroupées » ;
4. Fusion des entités afin d'obtenir une entité par filandre :
 - i. Sélection des entités à fusionner (Figure 15) ;

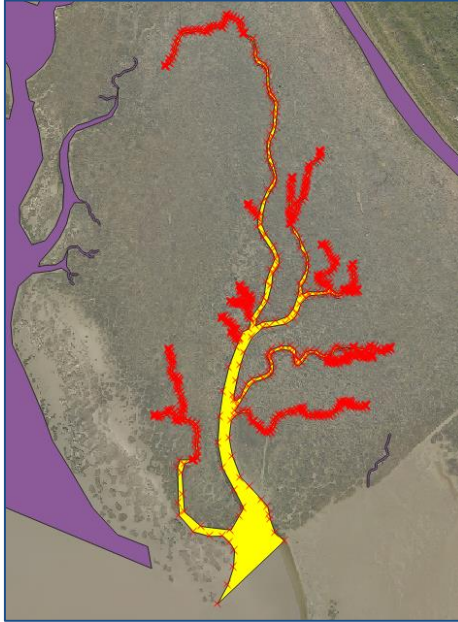



Figure 15 : Entités sélectionnées à fusionner afin d'obtenir une entité unique par filandre

- ii. Fusion des entités en mode édition grâce à l'outil « fusionner les entités sélectionnées » ; 
5. Enregistrement sous une nouvelle couche gpkg sous le nom « filandres_fusionnées ».

La figure 28 présente le résultat de la création d'une couche unique de filandres en Baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Filandres de la Baie de Somme



Figure 16 : Résultat de la création d'une unique couche filandre, zoom sur la Baie de Somme

III. Squelettisation des filandres

Dans le but de pouvoir calculer certains paramètres morphologiques des filandres (longueur, largeur), il a été nécessaire de créer un squelette pour les grandes filandres, qui ont été numérisées sous forme de polygones. Le squelette correspond à une ligne centrée sur les chenaux des filandres.

Pour créer un squelette de manière précise, la méthode qui a été adoptée est basée sur la création de diagrammes de Voronoï (<http://ageoguy.blogspot.com/2010/12/squelettisation.html>).

III.1 Squelettisation

Les différentes étapes qui ont permis la squelettisation des grandes filandres sont les suivantes :

1. Découpe de la couche « limite_haute_estran » par la couche « grandes_filandres » (outil **Couper**) afin de créer une couche ligne qui comprend seulement le contour des grosses filandres (Figure 17) ;



Figure 17 : Résultat de coupe

2. Génération de points tous les 1 mètres le long des bordures des filandres (Figure 24) : outil **Points le long d'une géométrie** avec comme couche source la couche générée à l'étape précédente (figure 12), et une distance de 1 mètre ;

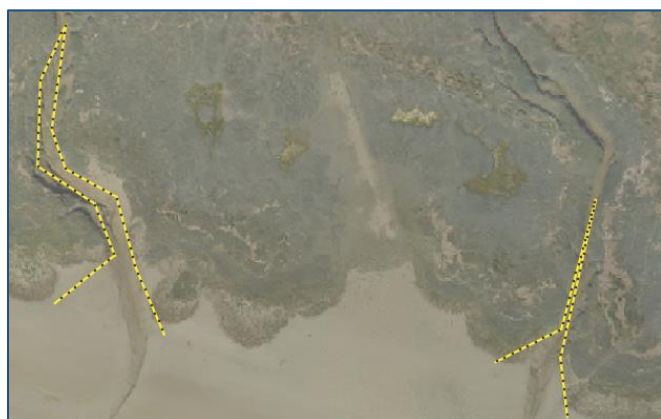


Figure 18 : Points générés tous les 1 m le long des bordures des filandres (en noir)

3. Création des polygones de Voronoï : outil **Polygones de Voronoï** sur la couche de points générée précédemment (Figure 19) ;

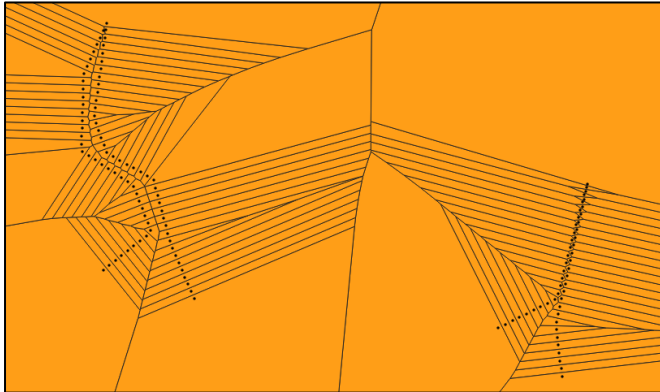



Figure 19 : Résultat de la création des polygones de Voronoï

4. Conversion des polygones de Voronoï en lignes: outil  **Polygones vers lignes** à appliquer sur la couche polygones de Voronoï (Figure 20) ;

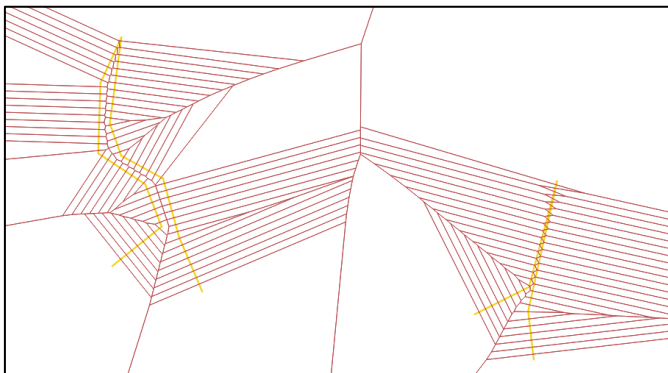




Figure 20 : Résultat de la conversion des polygones de Voronoï en lignes

5. Sélection des lignes qui serviront au squelette :

- i. Outil  **Exploder des lignes** appliqué sur la couche ligne des polygones de Voronoï (figure 15) ;
- ii. Outil  **Sélection par localisation** appliqué sur la couche de lignes explosées créée précédemment, sélection des lignes se situant à l'intérieur de la couche « grandes_filandres » ;
- iii. Sauvegarde des entités sélectionnées dans une couche gpkg, en décochant le champ « fid » avant d'enregistrer (Figure 21) ;

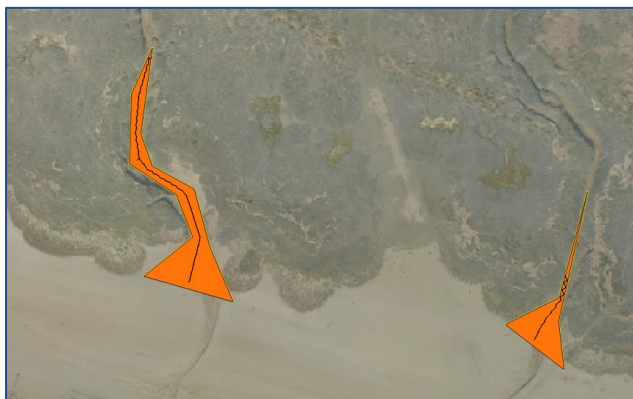





Figure 21 : Nouvelle couche générée, qui résulte de la sélection des lignes des polygones de Voronoï situés dans les grandes filandres

- iv. Application de l'outil  **Regrouper** sur cette couche ;
- v. Application de l'outil  **De morceaux multiples à morceaux uniques** sur la couche créée précédemment, et conversion cette nouvelle couche en couche gpkg permanente sous le nom « squelettisation » (décocher le champ « fid ») ;

Les étapes décrites précédemment (2 à 5) ont été réalisées de manière automatisée grâce au modeleur graphique de QGIS . Un modèle a été réalisé par Guillaume Fauveau (Figure 22).

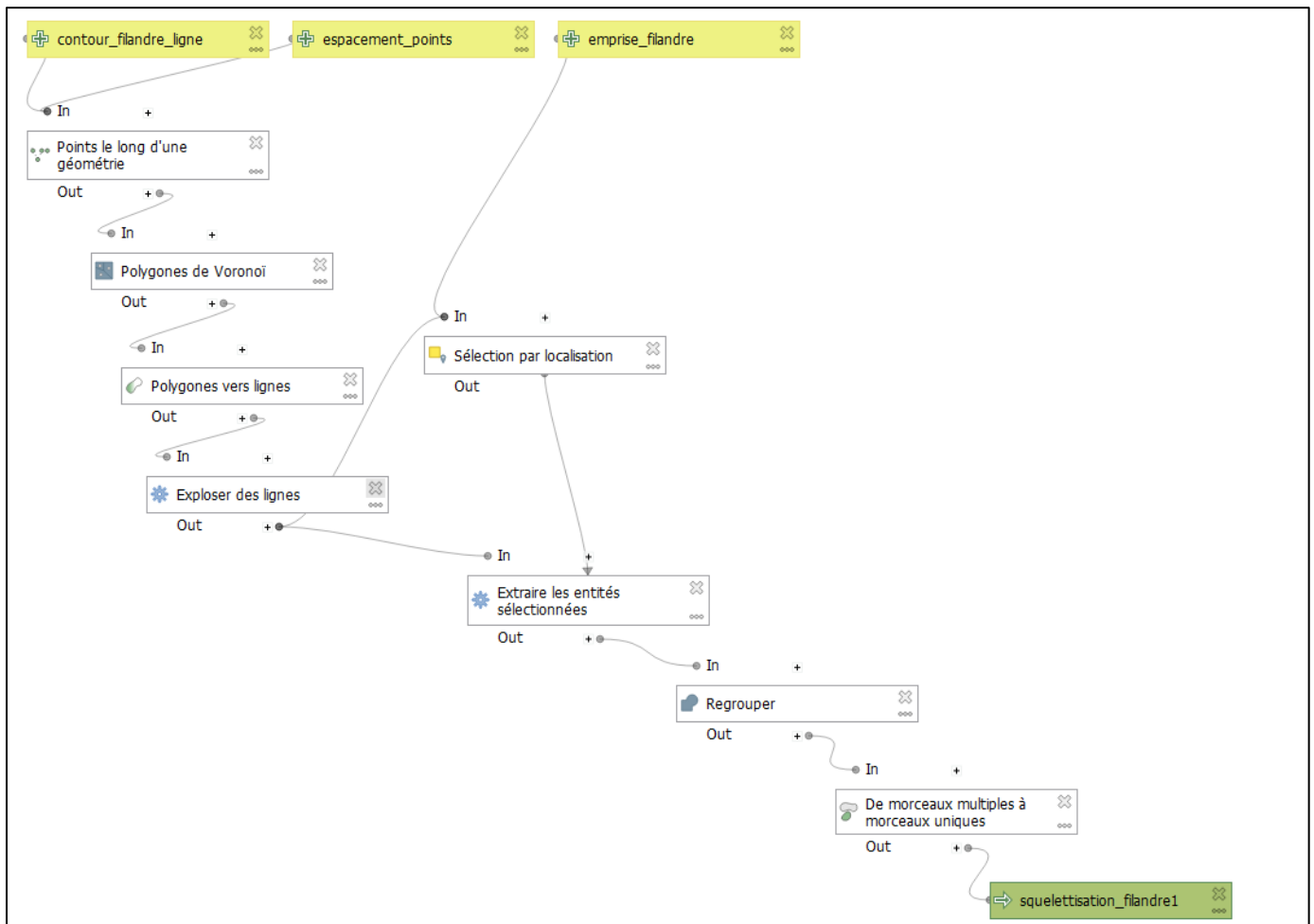






Figure 22 : Modeleur graphique QGIS pour les étapes 2 à 5

Ce modèle a en effet permis, à partir de la couche d'entrée créée à l'étape 1, de la couche « grandes_filandres » et d'un espacement de point défini, d'obtenir le résultat de l'étape 5.v. en cliquant sur le bouton « exécuter le modèle » .

- vi. Suppression à la main des parties du squelette qui ne passent pas au milieu des chenaux avec les outils « sélectionner les entités »  (figure 23A) puis « supprimer les entités sélectionnées »  (figure 23B) avec le mode édition de couche activé  ;

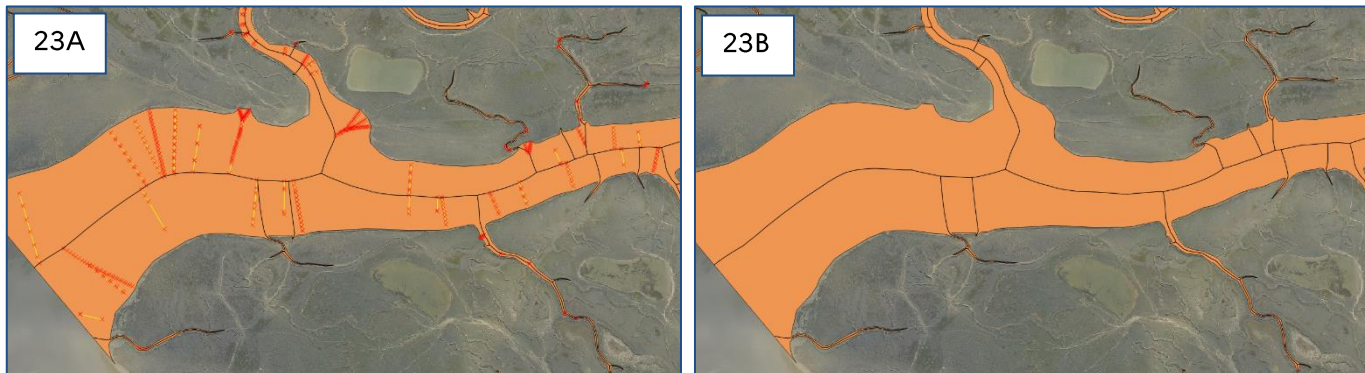


Figure 23: Exemple de sélection (23A) puis suppression (23B) des parties du squelette inutiles

6. Suppression de l'effet « dent de scie » aux extrémités des filandres (Figure 24) :



Figure 24 : Effet « dent de scie » aux extrémités des filandres




- i. Application de l'outil  **Regrouper** sur la couche « squelettisation » ;
- ii. Puis utilisation de l'outil  **Simplifier** appliqué sur la couche regroupée (Figure 25) ;



Figure 25 : Résultat de la suppression de l'effet « dent de scie »

- iii. Enregistrement de cette nouvelle couche au format gpkg en écrasant le fichier « squelettisation ».

7. Accrochage des extrémités du squelette aux petites filandres :

- i. Outil  **De morceaux multiples à morceaux uniques** ;



- ii. Outil  **Accrocher les géométries à la couche**, avec comme couche source la couche «squelettisation» et comme couche de référence la couche «petites_filandres»: 4,5m de tolérance, accrocher les points terminaux aux points terminaux uniquement (Figure 26);



Figure 26 : Exemple d'un accrochage d'une extrémité du squelette à une petite filandre

Les étapes décrites précédemment (6 à 7.ii.) ont été réalisées de manière automatisée grâce au modeleur graphique de QGIS . Un modèle a été réalisé par Guillaume Fauveau (Figure 27)

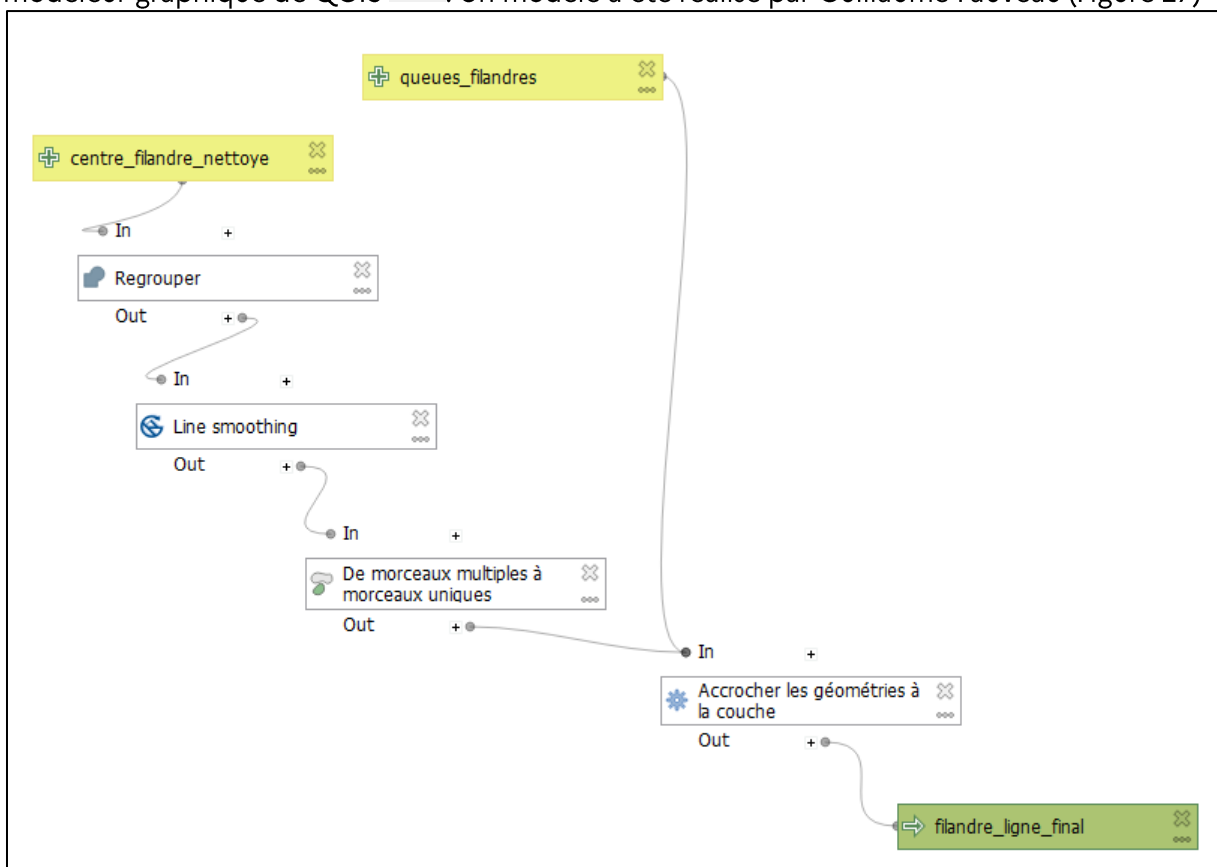




Figure 27 : Modeleur graphique pour les étapes 6 à 7.ii.

Ce modèle permis, à partir de la couche de squelette nettoyée (étape 5.vi.) et de la couche « petites_filandres », d'obtenir le résultat de l'étape 7.ii. en cliquant sur le bouton « exécuter le modèle » .

- iii. Enregistrement de la nouvelle couche générée au format gpkg en écrasant le fichier «squelettisation»
- iv. Correction des erreurs et des accrochages qui ne se sont pas faits : en mode édition de couche avec l'outil d'accrochage, utilisation de l'outil de nœud  (Figure 28 et Figure 29);

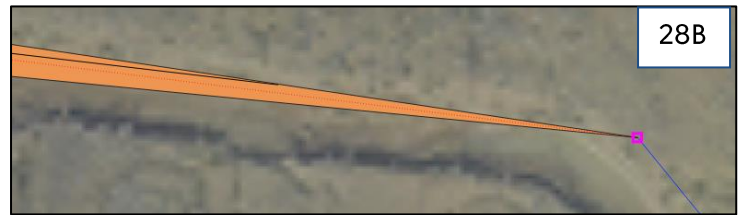
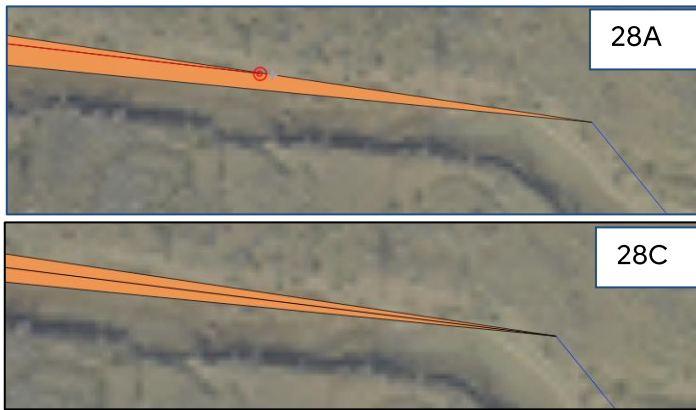


Figure 28 : Etapes d'accrochage à la main d'une extrémité du squelette à une petite filandre : sélection du sommet du squelette (26A) et accrochage au sommet de la petite filandre (26B) ; résultat de l'accrochage (26C).

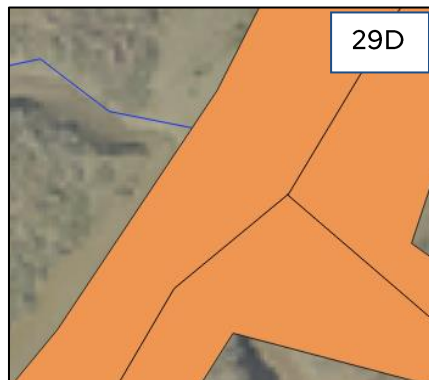
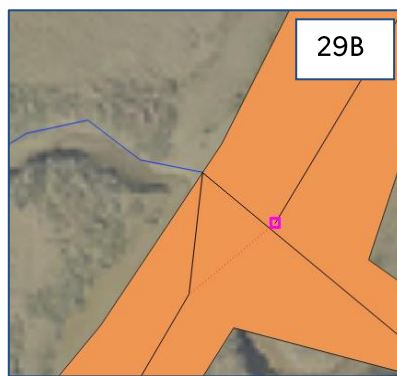
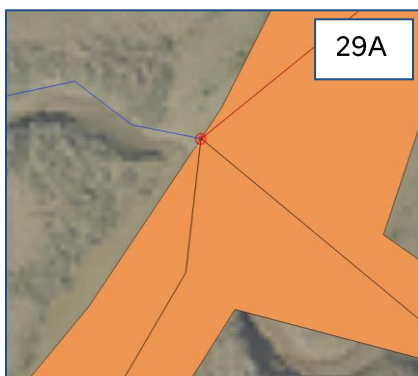


Figure 29 : Exemple d'une correction d'erreur d'accrochage à la main : sélection d'un sommet (27A), déplacement du sommet (27B et 27C), résultat (27D).

8. Enregistrement des modifications.

La Figure 30 présente le résultat finalisé de la squelettisation des filandres en baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Résultat de la squelettisation des filandres : zoom sur la Baie de Somme

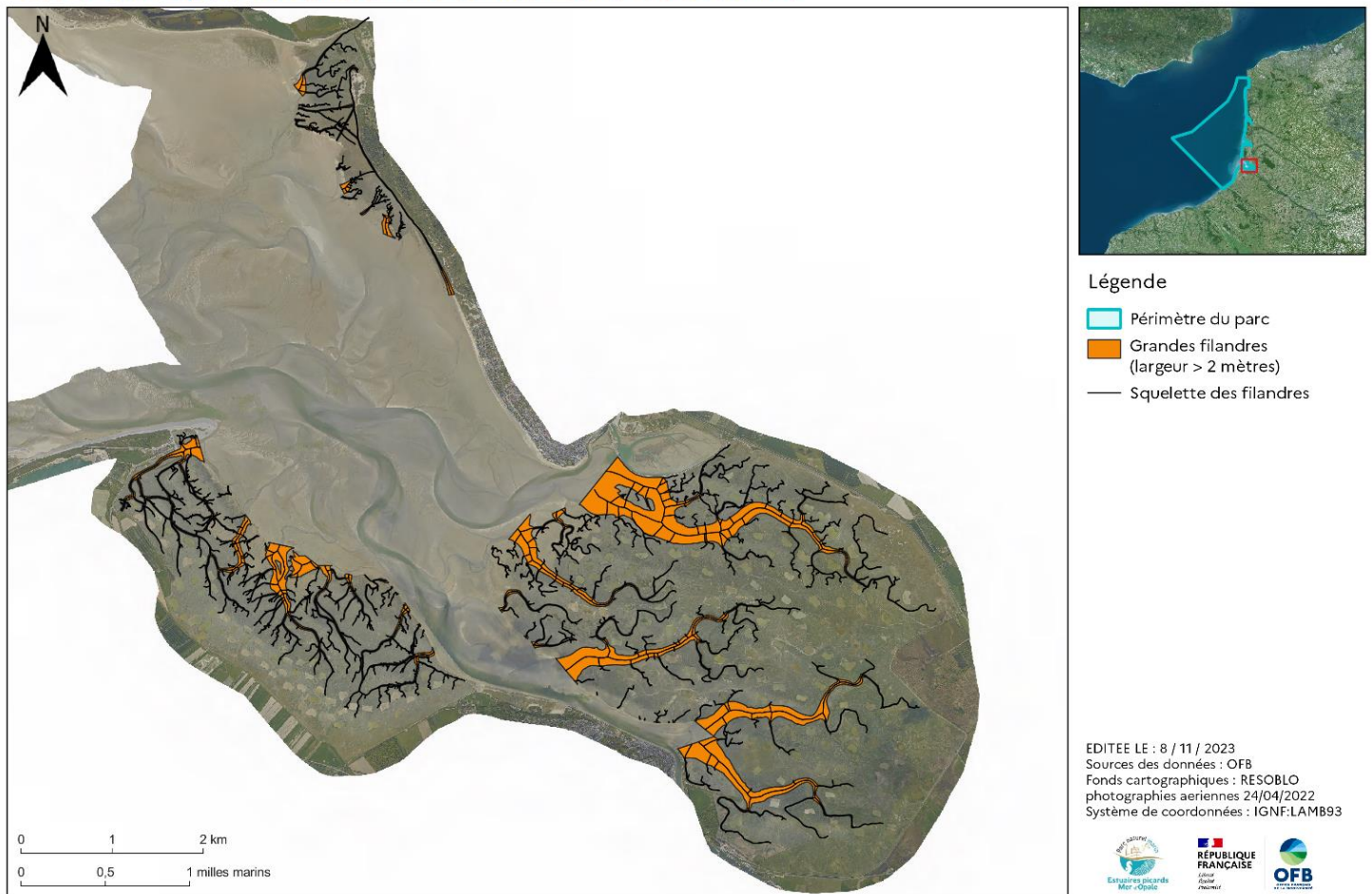





Figure 30 : Résultat final de la squelettisation des filandres, zoom sur la Baie de Somme

III.2 Obtention d'une unique couche squelette

Nous avons obtenu dans la partie précédente, une couche de géométrie polygones correspondant au squelette des grandes filandres, « squelettisation ». Le squelette des petites filandres correspond à la couche de numérisation de celles-ci « petites_filandres » (les petites filandres ayant été numérisées par une couche de polygones).

Afin d'obtenir une unique couche squelette, permettant de calculer les valeurs de longueurs et de largeur sur chaque filandre, les couches « squelettisation » et « petites_filandres » ont été fusionnées en une seule couche.

Voici les étapes qui ont permis cette fusion :

1. Fusion de la couche « petites_filandres » et « squelettisation », grâce à l'outil  **Fusionner des couches vecteur** ;
2. Accrochage des squelettes des petites filandres au chenal principal, en mode édition, grâce à l'outil de nœud  mode « accrochage » activé  (Figure 31) ;

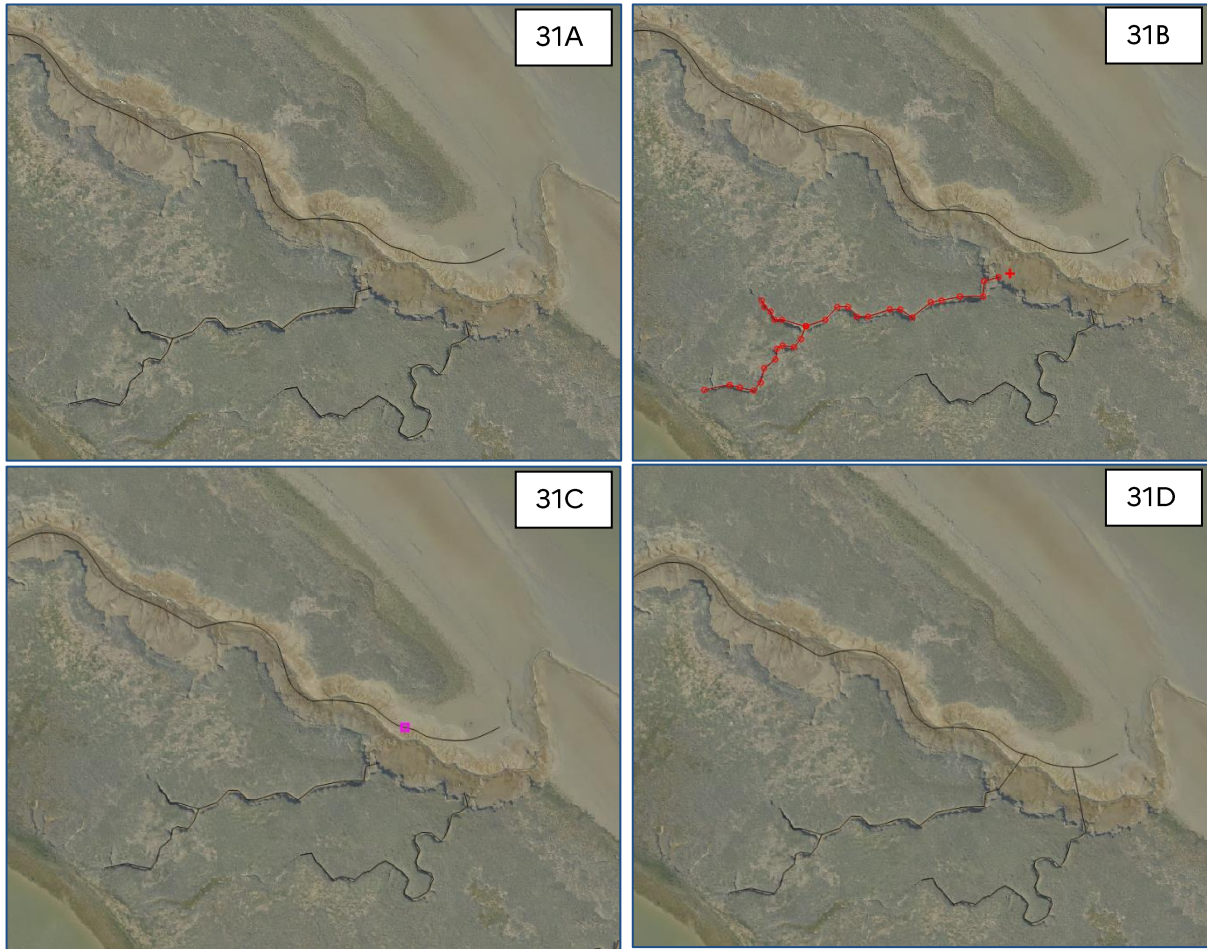


Figure 31 : Etapes d'accrochage de parties de squelette au chenal principal

3. Fusion des entités du squelette en une seule entité par filandre :
 - i. Sélection d'une entité filandre depuis la couche « filandres_fusionnées » (Figure 32) ;

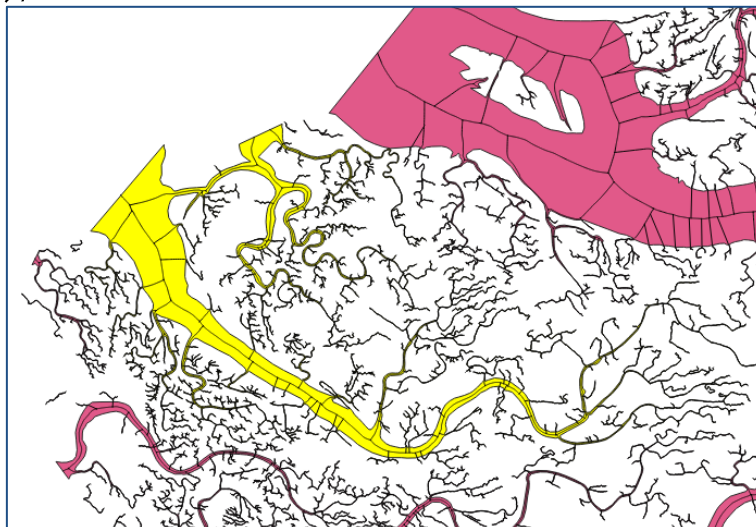



Figure 32 : Sélection d'une entité filandre depuis la couche polygones

- ii. Utilisation de l'outil  **Sélection par localisation** : sélection des entités de la couche « squelettisation » à l'intersection et à l'intérieur de la couche « grandes_filandres », « entité sélectionnées uniquement » coché (Figure 33) ;

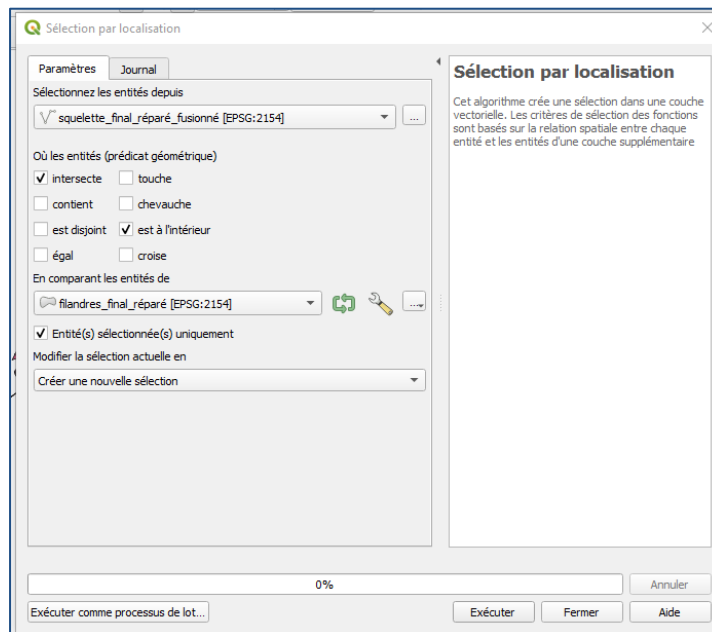



Figure 33 : Capture d'écran de l'utilisation de l'outil « sélection par localisation »

- iii. Fusion des entités ainsi sélectionnées dans la couche « squelettisation », grâce à l'outil « fusionner les entités sélectionnées »  (Figure 34) ;

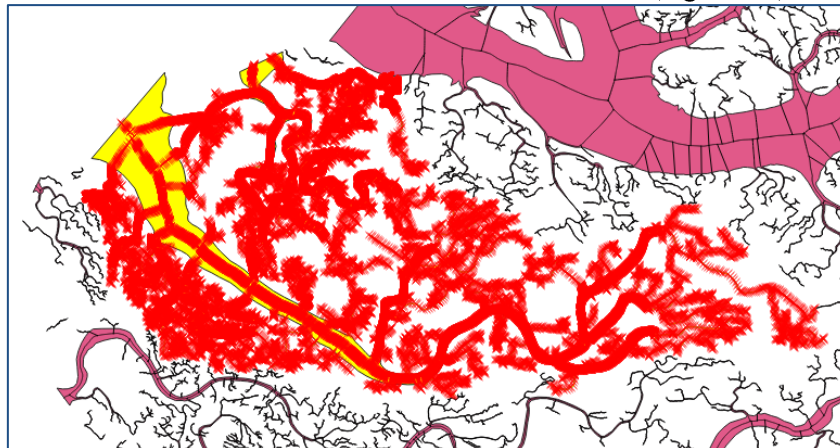


Figure 34 : Entités du squelette à fusionner

- iv. Répétition de cette opération pour chaque filandre.
4. Enregistrement de la couche au format gpkg sous le nom « squelette_entier ».

La Figure 35 montre le résultat de la création d'une unique couche squelette en Baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Squelette des filandres de la Baie de Somme



Figure 35 : Résultat de la création d'une unique couche squelette, zoom sur la Baie de Somme




IV. Découpe des filandres et du squelette

Pour obtenir les paramètres morphologiques calculés sur chaque chenal de filandre, une découpe des filandres et du squelette a été nécessaire.

IV.1 Découpe des filandres

La couche sur laquelle la découpe des filandres a été appliquée est la couche « filandres_regroupées ». Afin d'éviter un travail trop chronophage, seules les filandres de largeur supérieure à deux mètres ont été découpées.

Voici les différentes étapes qui ont permis la découpe des filandres :

1. Duplication de la couche « filandres_regroupées » et enregistrement de la copie au format gpkg sous le nom « filandres_découpées » ;
2. Activation du mode édition de couche  sur la couche « filandres_découpées » ;
3. Utilisation de l'outil « séparer les entités » , avec le mode accrochage  activé ;
4. Découpe des filandres selon l'embouchure de chaque chenal (Figure 36) ;

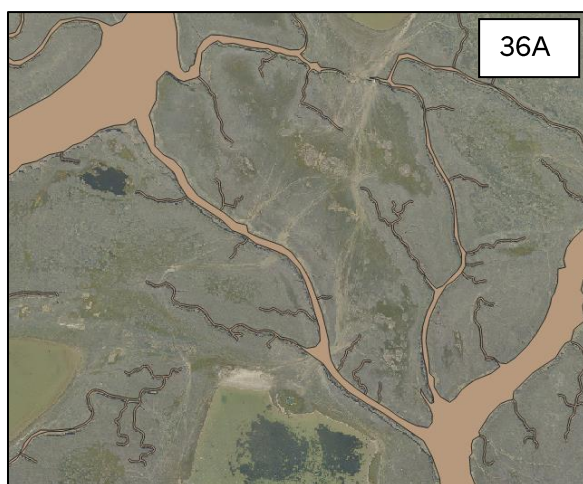


Figure 36 : Exemple de découpe d'un chenal de filandre : chenal avant découpe (36A), découpe du chenal selon l'embouchure (en rouge, figure 36B) et résultat de découpe (36C)

5. Fusion d'entités : certaines entités sont à fusionner, comme les petites embouchures (37A) avec le reste des petites (37B), il faut donc les fusionner pour n'en faire qu'une seule entité :

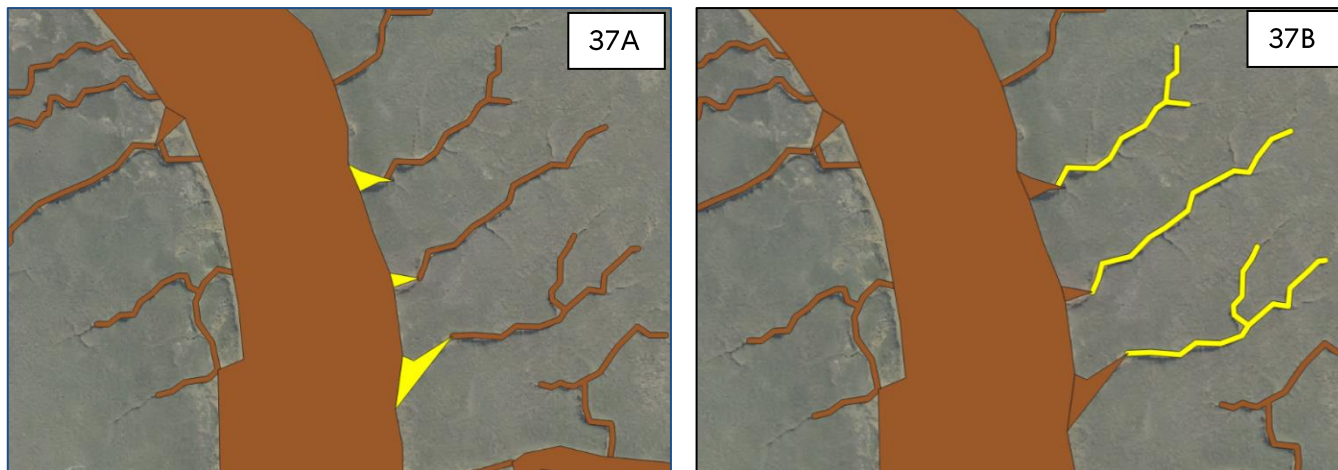




Figure 37 : Exemple d'entités à fusionner

- i. En mode édition de couche, sélection des entités à fusionner  ;
 - ii. Puis fusion des entités grâce à l'outil « fusionner les entités sélectionnées »  ;
6. Enregistrement des modifications.

La Figure 38 montre le résultat final de la découpe des filandres en Baie de Somme.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE Filandres de la Baie de Somme



Figure 38 : Résultat final de la découpe des filandres en Baie de Somme

IV.1 Découpe du squelette

La couche sur laquelle la découpe du squelette a été réalisée est la couche « squelette_entier ».

Voici les étapes qui ont permis la découpe du squelette :



1. Découpe de la couche « squelette_entier » par la couche de « filandres_découpées » grâce à l'outil  **Intersection...** (Figure 39) ;



Figure 39 : Résultat de la découpe du squelette par l'outil intersection

Un champ « fid2 » dans la table attributaire du squelette a été créé suite à cette étape. Il correspond à l'identifiant des polygones filandres qui ont servi à la découpe du squelette. Le champ « fid » des filandres correspond donc au champ « fid2 » du squelette découpé.

2. Utilisation de l'outil  **De morceaux multiples à morceaux uniques**, afin de séparer les embranchements du squelette en plusieurs entités distinctes (Figure 40) ;

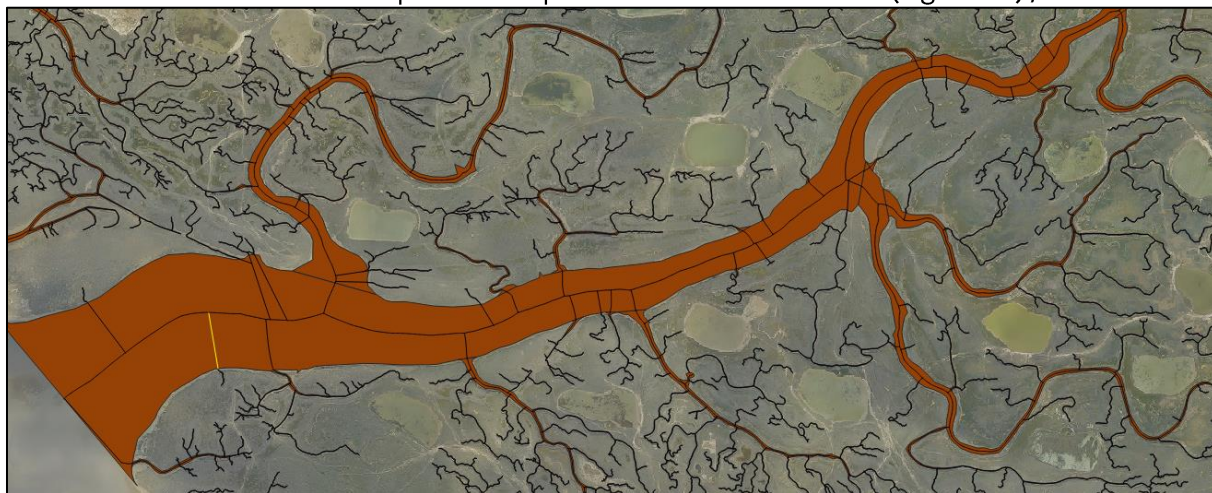


Figure 40 : Résultat de l'application de l'outil « de morceaux multiples à morceaux uniques »

3. Sélection puis suppression des entités inutiles (Figure 41) ;

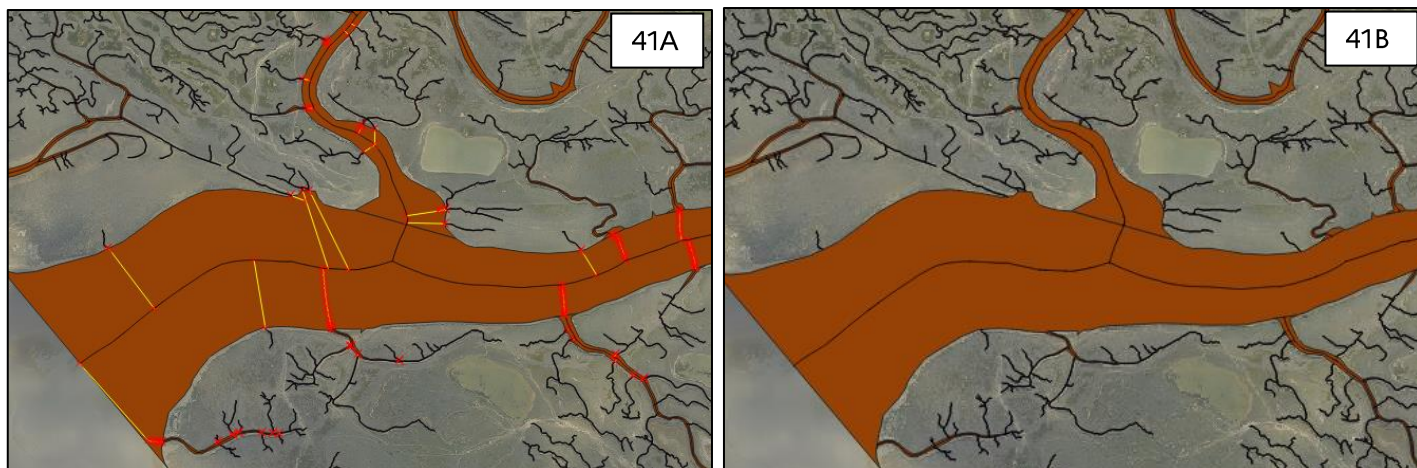



Figure 41 : Sélection (41A) puis suppression (41B) des entités ne faisant pas partie du milieu du chenal des filandres

4. Regroupement des entités : les entités du squelette ainsi découpé et épuré doivent être regroupées en une seule entité par polygone de filandre découpé. Pour cela, l'outil  Regrouper... est utilisé en utilisant le champ « fid2 » comme champ de regroupement (Figure 42);

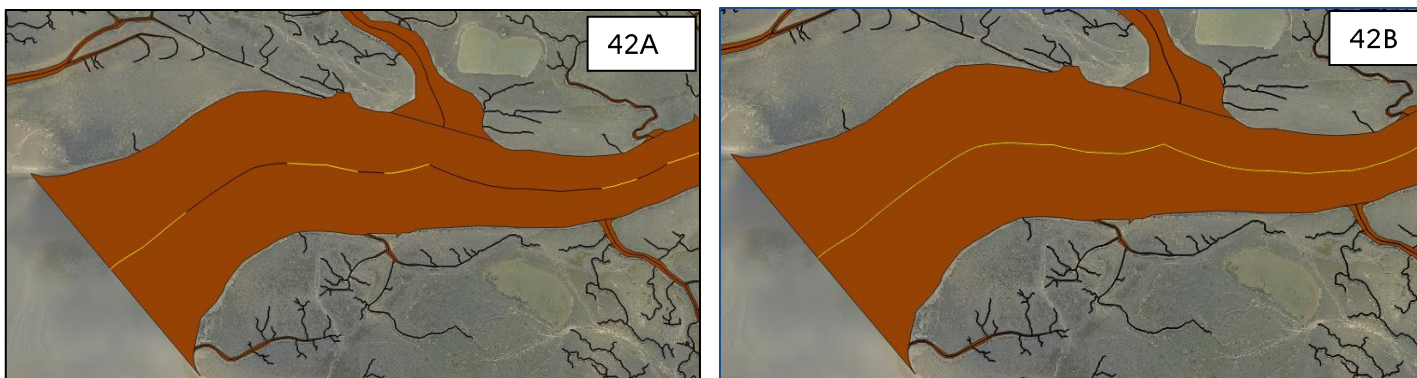


Figure 42 : Exemples d'entités multiples dans le squelette des filandres (42A) et résultat de la fusion des entités (42B)

5. Enregistrement de la couche au format gpkg sous le nom « squelette_découpé ».

La Figure 43 montre le résultat final de la découpe du squelette.

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE

Résultat de la découpe du squelette des filandres : zoom sur la Baie de Somme



Figure 43 : Résultat de la découpe du squelette, zoom sur la Baie de Somme

V. Calcul des paramètres morphologiques

La couche de travail dans laquelle les différents paramètres morphologiques des filandres ont été calculés est la couche « filandres_découpées ». La table attributaire de cette couche servira donc de base de données sur les filandres du PNM EPMO.

V.1 Surface

Les calculs de surface ont pu se faire directement sur la couche « filandres_découpées », grâce à une formule qui peut être appliquée sur une couche de polygones.

Voici les étapes qui ont permis de calculer la surface des filandres :

1. Ajout d'un champ « Surface»  dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées », en mode édition de couche ;
2. Mise à jour du champ « Surface » avec la formule \$area (Figure 44) ;

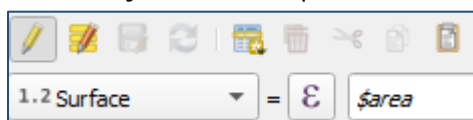



Figure 44 : Mise à jour du champ surface

3. Enregistrement des modifications.

V.2 Longueur

Le calcul de longueur s'est effectué sur la couche « squelette_découpé », grâce à une formule qui peut être appliquée sur une couche de polylignes. Les valeurs de longueur obtenues ont été ensuite ajoutées dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées ».

Voici les étapes qui ont permis de calculer la largeur des filandres :

1. Ajout d'un champ « Longueur » dans la table attributaire de la couche « squelette_découpé » ;
2. Mise à jour du champ « Longueur » avec la Formule \$length ;
3. Jointure des attributs de ce champ à la couche « filandres_découpées » : utilisation de l'outil  **Joindre les attributs par localisation...**, avec comme couche de base « filandres_découpées », comme couche de jointure « squelette_découpé », « contient » et « intersecte » cochés, champ à ajouter : « Longueur » et type de jointure « prendre uniquement les attributs de l'entité qui a le plus grand chevauchement (un à un) » (Figure 45) ;

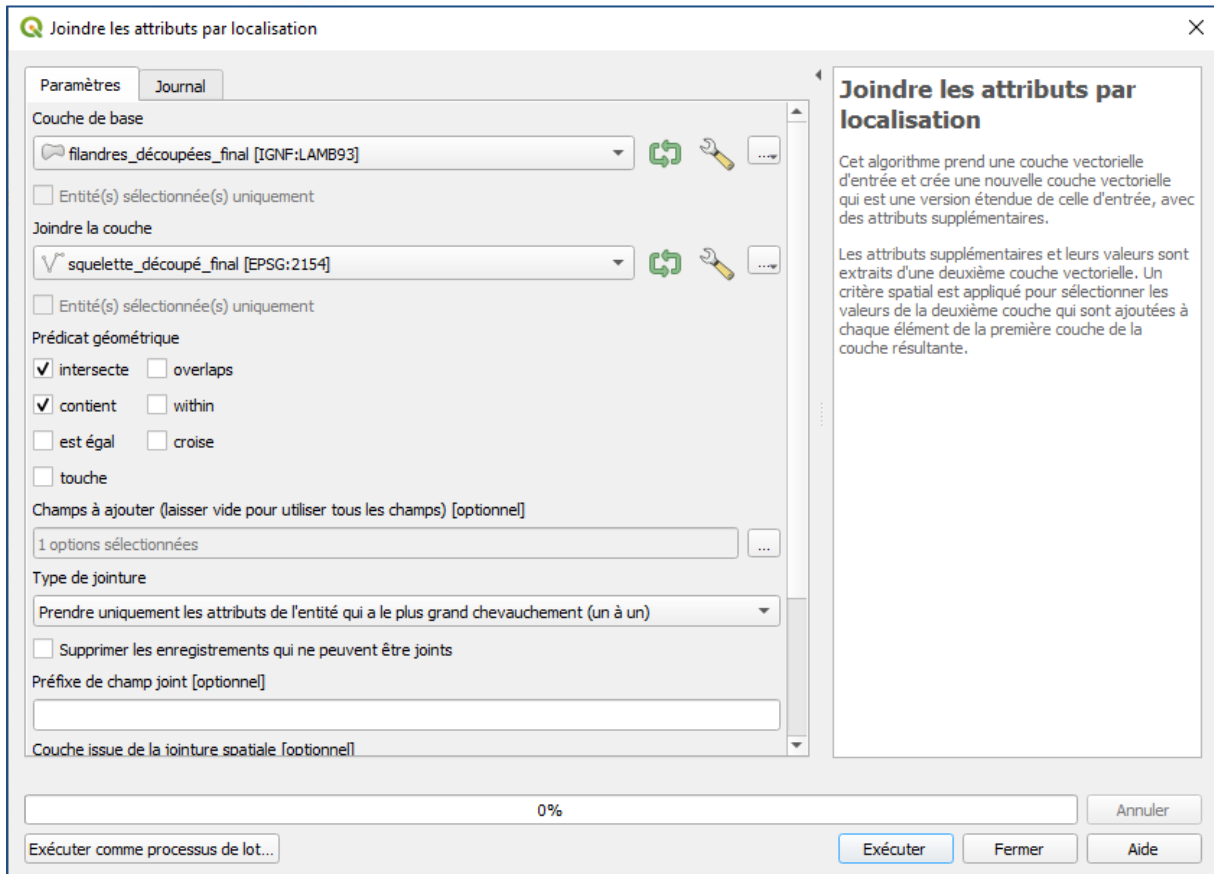


Figure 45 : Utilisation de l'outil « Joindre les attributs par localisation »

4. Enregistrement de cette nouvelle couche en écrasant la couche « filandres_découpées ».

V.3 Largeur

Les calculs précis de largeur ont été réalisés uniquement sur les filandres de largeur supérieure à 2m (couche « grandes_filandres »). En effet, les petites filandres ayant été générées par une couche tampon de 0,5m de part et d'autre du chenal principal (cf. partie II.1), on considèrera donc que leur largeur est de 1m.

Le principe du calcul de la largeur des grandes filandres repose sur la génération de lignes perpendiculaires au chenal principal tous les 10 mètres. La longueur de ces lignes sera ensuite calculée, et l'on pourra ainsi obtenir la largeur moyenne, médiane, minimale et maximale des filandres.

La méthode adoptée ici s'inspire des méthodes décrites dans les sources suivantes :

<https://portailsig.org/content/segmenter-une-couche-d-elements-lineaires-de-type-polygone-avec-arccmap.html>

<https://archeomatic.wordpress.com/2012/10/20/qgis-1-8-calculer-lorientation-dune-polyligne/>

<https://georezo.net/forum/viewtopic.php?id=99999>

Pour appliquer cette méthode, il a été nécessaire de séparer les filandres en plusieurs classes de taille pour faciliter la génération et le tri des lignes perpendiculaires.

Calcul de largeur des très grandes filandres, uniquement présentes en Baie de Somme (Figure 46) :

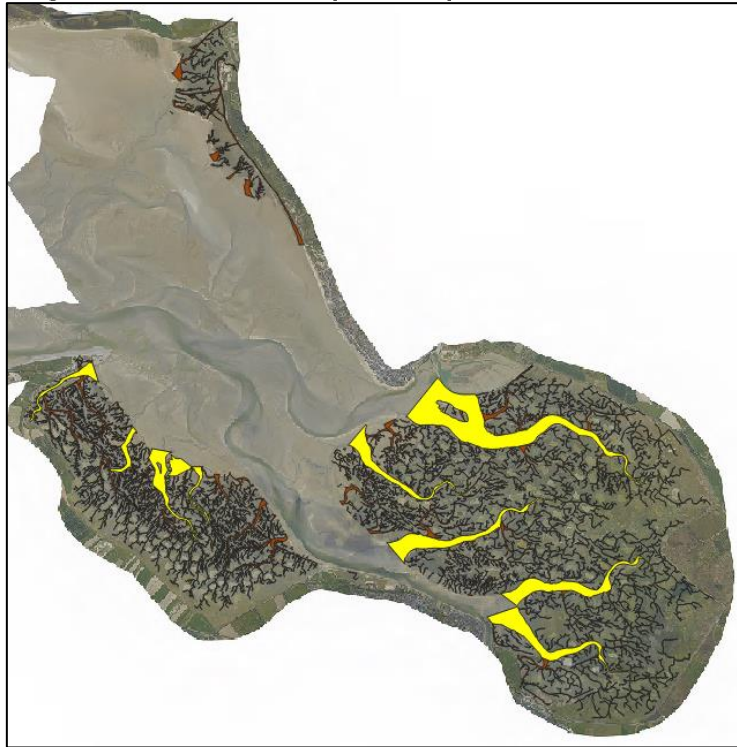


Figure 46 : Très grandes filandres de la Baie de Somme (en jaune)




1. Sélection du squelette découpé des très grandes filandres (couche « squelette_découpé ») avec l'outil sélection  (Figure 47) ;



Figure 47 : Squelette des très grosses filandres sélectionné (en orange)

2. Enregistrement du squelette sélectionné dans une couche temporaire ;
3. Création de lignes perpendiculaires sur la couche temporaire générée précédemment :

- i. Outil  **Division des lignes par longueur maximale**, génération tous les 10 mètres, longueur des lignes 600 mètres ;
- ii. Ajout des champs dans la table attributaire de cette couche : azimuth, x1, x2, y1, y2, wkt ;
- iii. Mise à jour de ces champs avec les formules suivantes :
 - Azimuth (en radian) : $\text{azimuth}(\text{point}_n(\text{\$geometry},1), \text{point}_n(\text{\$geometry},2))$
 - $x1 : \$x_at(0) + \cos(\text{"azimuth"}) * 300$
 - $x2 : \$x_at(0) - \cos(\text{"azimuth"}) * 300$
 - $y1 : \$y_at(0) - \sin(\text{"azimuth"}) * 300$
 - $y2 : \$y_at(0) + \sin(\text{"azimuth"}) * 300$
 - $wkt : \text{concat}(\text{"LINESTRING(' || "x1" || ' || "y1" || ' ; || ' || "x2" || ' || "y2" || ')'})$

Les étapes décrites précédemment (3.i. à 3.iii.) ont été réalisées de manière automatisée grâce au modeleur graphique de QGIS . Un modèle a été réalisé par Guillaume Fauveau (Figure 48)

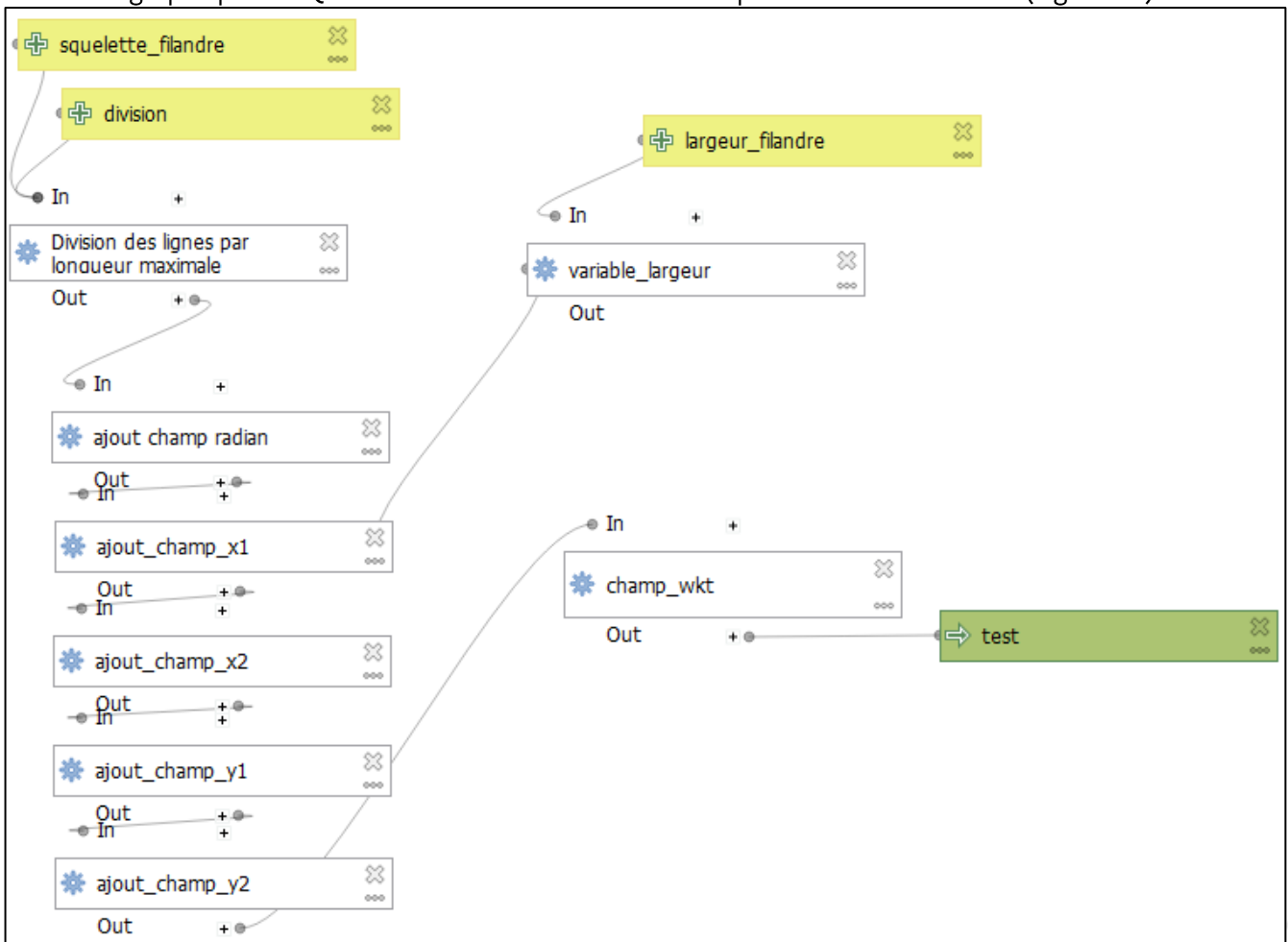






Figure 48 : Modeleur graphique pour les étapes 3.i à 3.iii.

Ce modèle permis, à partir de la couche de squelette sélectionnée (étape 2.), d'une longueur de division (10 m) et d'une largeur (600 m), d'obtenir le résultat de l'étape 3.iii. en cliquant sur le bouton .

- iv. Enregistrement de la couche au format csv ;
- v. Ouverture de la couche par  **Ajouter une couche de texte délimité...**, géométrie « well kown text », SCR Lambert93 ;
- vi. Enregistrement de la couche au format gpkg « lignes_perp1 » ;
- vii. Découpe de cette couche par la couche « filandres_découpées » avec l'outil  **Couper...** ;
- viii. Enregistrement de cette nouvelle couche en écrasant la couche « lignes_perp1 »

- ix. Suppression et correction des lignes perpendiculaires avec l'outil de nœud  (Figure 49) ;

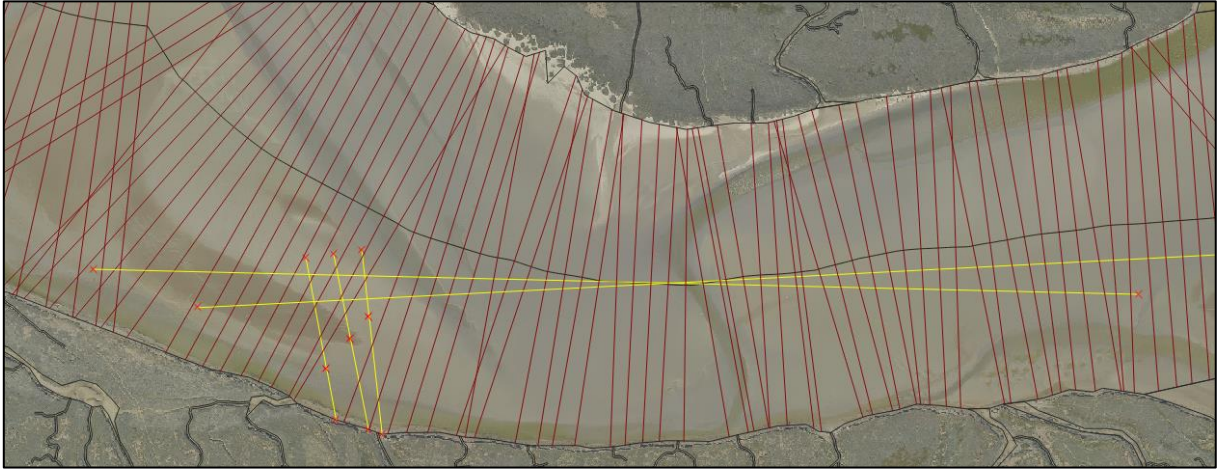


Figure 49 : Exemple de lignes à supprimer (en jaune)

- i. Ajout du champ « Largeur » dans la table attributaire de la couche « lignes_perp1 » ;
 - ii. Mise à jour du champ « Largeur » avec la formule \$length puis enregistrement des modifications.
4. Ajout des données largeur dans la couche « filandres_découpées » :
- i. Sélection des filandres concernées (Figure 50) ;

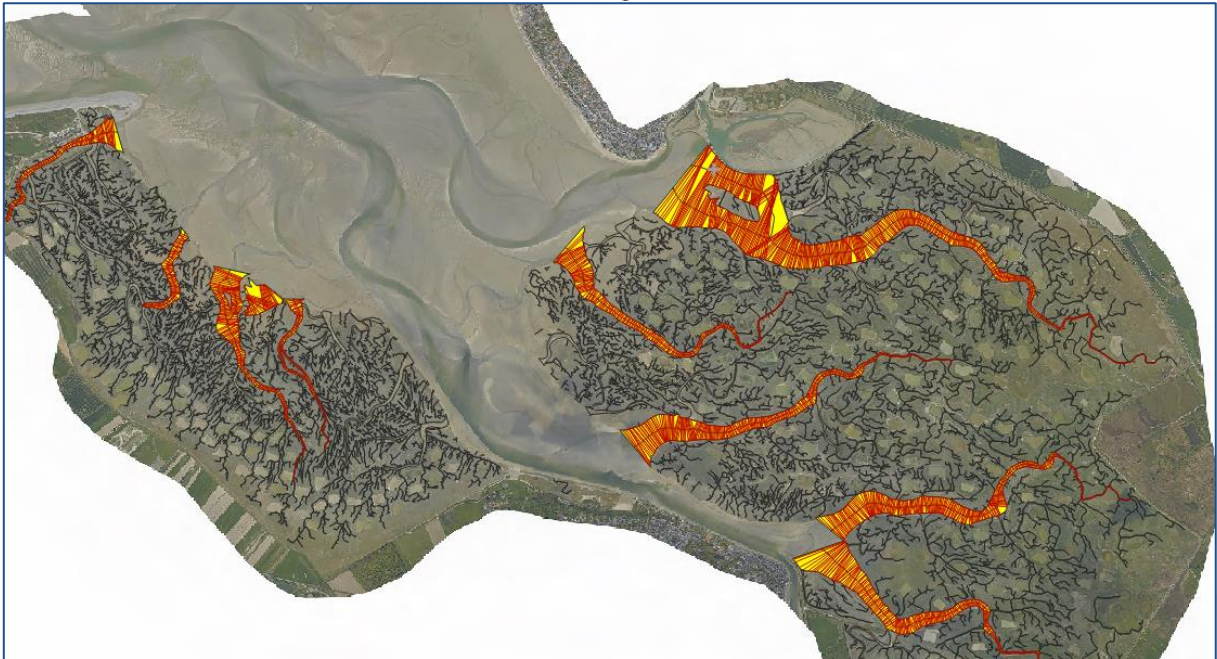



Figure 50 : Sélection des filandres (en jaune)

- ii. Outil  Joindre les attributs par localisation (résumé) : avec comme couche source « filandres_découpées » et comme couche de jointure « lignes_perp1 ». « entités sélectionnées uniquement » et « intersecte » cochés. Champs à résumer : « Largeur ». Résumés à calculer : min, max, médiane, moyenne ; écart-type (Figure 51) ;

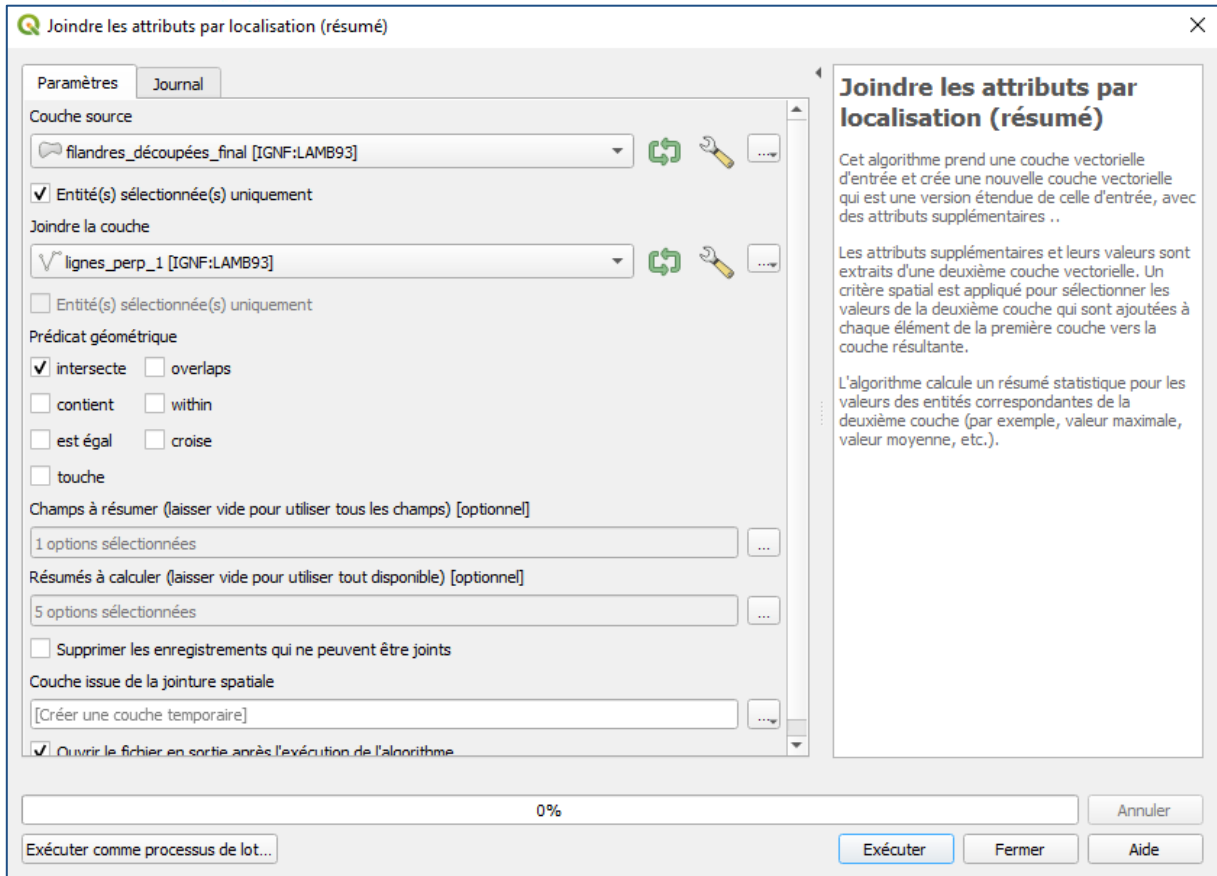



Figure 51 : Utilisation de l'outil "Joindre les attributs par localisation (résumé)"

- iii. Outil  **Joindre les attributs par localisation...** : couche source « filandres_découpées », couche de jointure la couche temporaire issue de l'étape précédente, prédicat géométrique « est égal ». Champs à ajouter : Largeur_min, Largeur_max, Largeur_mean, Largeur_median, Largeur_stddev (Figure 52) ;

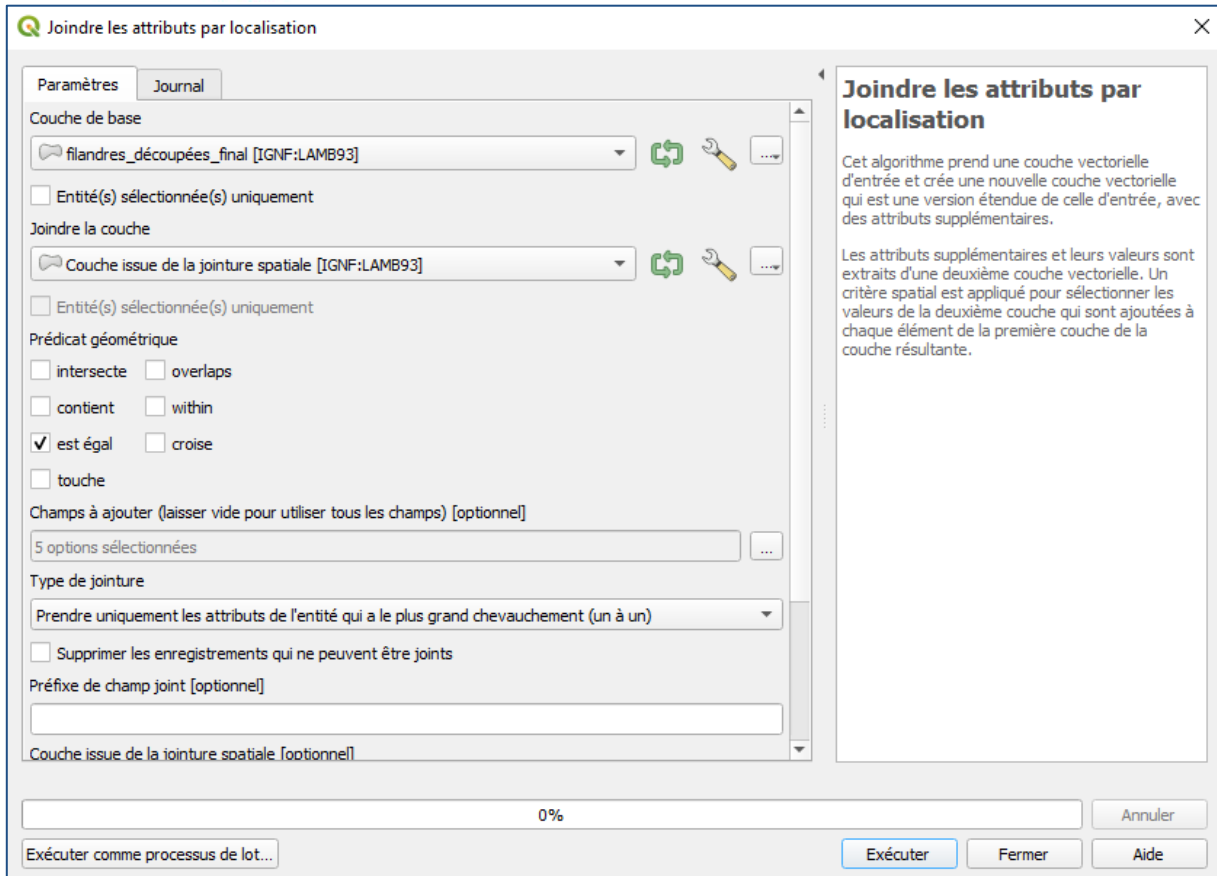




Figure 52 : Utilisation de l'outil "Joindre les attributs par localisation"


- iv. Enregistrement de cette nouvelle couche générée en écrasant la couche « filandres_découpées ».

Calcul de largeur des filandres restantes (hors petites filandres de largeur de 1 mètre) :

1. Sélection du squelette des filandres restantes :
 - i. Outil  **Sélection par localisation...** avec comme couche source « squelette_découpé », prédicat géométrique « intersecte », en comparant avec les entités de la couche « grandes_filandres » ;
 - ii. Désélection des squelettes des très grandes filandres ;
 - iii. Enregistrement des entités sélectionnées dans une couche temporaire.
2. Génération de lignes perpendiculaires au squelette (sur la couche temporaire générée à l'étape précédente) :
 - i. Outil  **Division des lignes par longueur maximale**, génération tous les 10 mètres, longueur des lignes 60 mètres ;
 - ii. Ajout des champs dans la table attributaire de cette couche : azimuth, x1, x2, y1, y2, wkt ;
 - iii. Mise à jour de ces champs avec les formules suivantes :
 - Azimuth (en radian) : `azimuth(point_n($geometry,1), point_n($geometry,2))` ;
 - `x1 : $x_at(0)+ cos("azimuth")*30 ;`
 - `x2 : $x_at(0)- cos("azimuth")*30 ;`
 - `y1 : $y_at(0)- sin("azimuth")*30 ;`
 - `y2 : $y_at(0)+ sin("azimuth")*30 ;`
 - `wkt : concat('LINESTRING(' || "x1" || ',' || "y1" || ',' || "x2" || ',' || "y2" || '))`.

De la même manière que pour le calcul de largeur des très grandes filandres, ces étapes (2.i. à 2.iii.) ont pu être réalisées de manière automatisée grâce au modeleur graphique (Figure 48).

- iv. Enregistrement de la couche au format csv ;

- v. Ouverture de la couche par  Ajouter une couche de texte délimité... , géométrie « well known text », SCR Lambert93 (Figure 53) ;

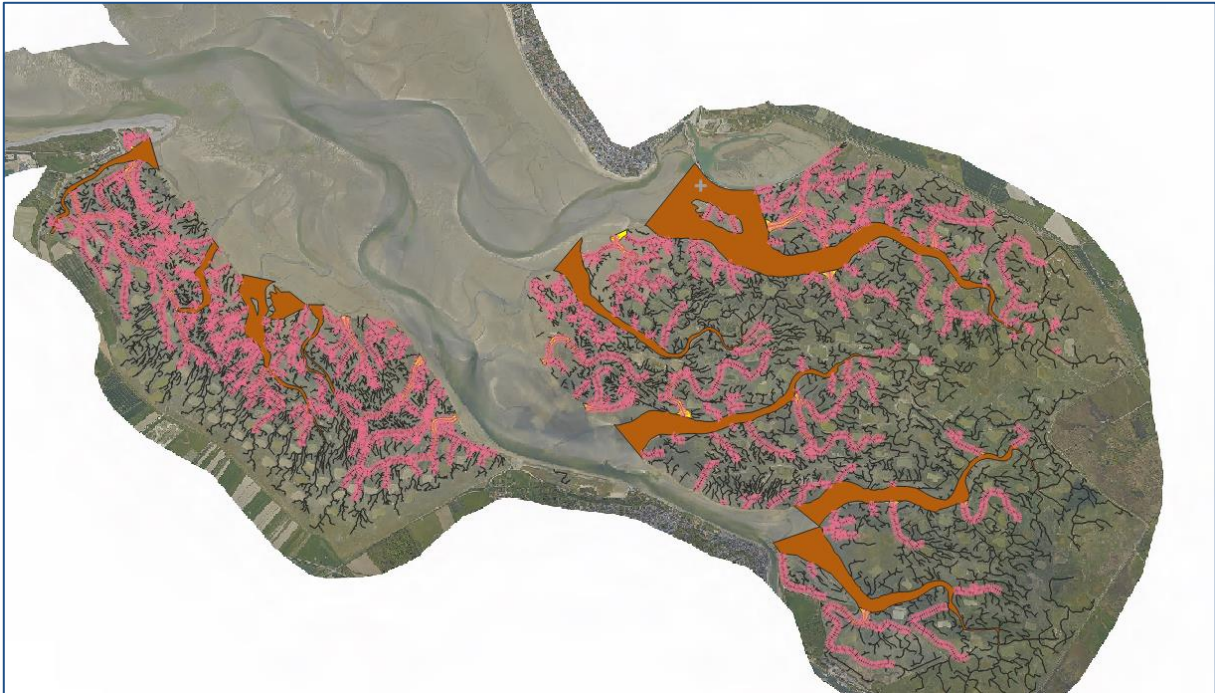





Figure 53 : Ouverture de la couche de lignes perpendiculaires au chenal des filandres (en rose)

- vi. Enregistrement de la couche au format gpkg sous le nom « lignes_perp2 » ;
- vii. Sélection des filandres polygones concernés avec l'outil  Sélection par localisation... : sélection depuis la couche « filandres_découpées » intersectant avec le squelette des filandres restant (couche temporaire générée à l'étape 1) ;
- viii. Découpe de la couche « lignes_perp2 » par la couche « filandres_découpées » avec l'outil  Couper... , en cochant « entités sélectionnées uniquement » ;
- ix. Enregistrement de cette nouvelle couche en écrasant le fichier « lignes_perp2 »
- x. Correction/suppression des lignes perpendiculaires avec l'outil édition de sommet  (Figure 54) ;

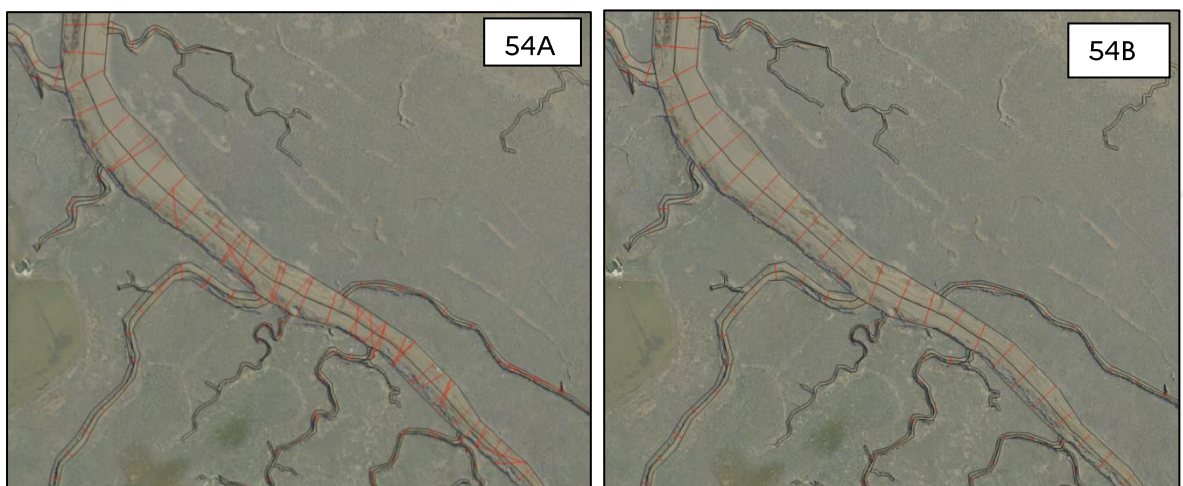


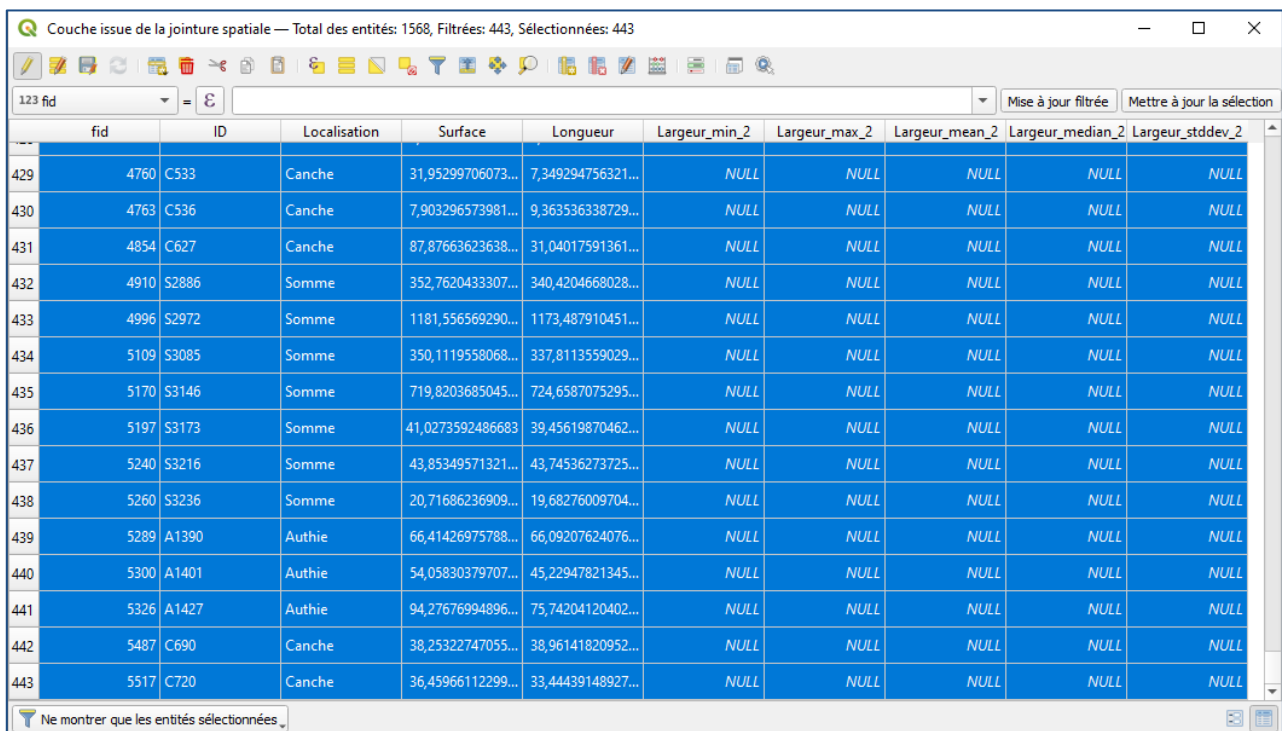


Figure 54 : Exemple de correction et suppression des lignes perpendiculaires au chenal des filandres (en rouge)

- xi. Ajout du champ « Largeur » dans la table attributaire de la couche « lignes_perp2 » ;
 - xii. Mise à jour du champ « Largeur » avec la formule \$length puis enregistrement des modifications.
3. Ajout des données largeur dans la couche « filandres_découpées » :
- i. Sélection des filandres polygones concernés par les lignes perpendiculaires générées précédemment avec l'outil  **Sélection par localisation...** , avec comme couche source « filandres_découpées », prédicat géométrique « intersecte » et en comparant avec les entités de la couche « lignes_perp2 » ;
 - ii. Outil  **Joindre les attributs par localisation (résumé)** : avec comme couche source « filandres_découpées » et comme couche de jointure « lignes_per2 ». « Entités sectionnées uniquement » coché, prédicat géométrique « intersecte ». Champs à résumer : « Largeur ». Résumés à calculer : min, max, médiane, moyenne ; écart-type ;
 - iii. Suppression des entités qui ne comportent pas de champ « Largeur » (Figure 55) et des entités correspondant aux petites filandres avec les outils de sélection et de suppression (Figure 56) ;




fid	ID	Localisation	Surface	Longueur	Largeur_min_2	Largeur_max_2	Largeur_mean_2	Largeur_median_2	Largeur_stddev_2
429	4760	C533	Canche	31,95299706073...	7,349294756321...	NULL	NULL	NULL	NULL
430	4763	C536	Canche	7,903296573981...	9,363536338729...	NULL	NULL	NULL	NULL
431	4854	C627	Canche	87,87663623638...	31,04017591361...	NULL	NULL	NULL	NULL
432	4910	S2886	Somme	352,7620433307...	340,4204668028...	NULL	NULL	NULL	NULL
433	4996	S2972	Somme	1181,556569290...	1173,487910451...	NULL	NULL	NULL	NULL
434	5109	S3085	Somme	350,1119558068...	337,8113559029...	NULL	NULL	NULL	NULL
435	5170	S3146	Somme	719,8203685045...	724,6587075295...	NULL	NULL	NULL	NULL
436	5197	S3173	Somme	41,0273592486683	39,45619870462...	NULL	NULL	NULL	NULL
437	5240	S3216	Somme	43,85349571321...	43,74536273725...	NULL	NULL	NULL	NULL
438	5260	S3236	Somme	20,71686236909...	19,68276009704...	NULL	NULL	NULL	NULL
439	5289	A1390	Authie	66,41426975788...	66,09207624076...	NULL	NULL	NULL	NULL
440	5300	A1401	Authie	54,05830379707...	45,22947821345...	NULL	NULL	NULL	NULL
441	5326	A1427	Authie	94,27676994896...	75,74204120402...	NULL	NULL	NULL	NULL
442	5487	C690	Canche	38,25322747055...	38,96141820952...	NULL	NULL	NULL	NULL
443	5517	C720	Canche	36,45966112299...	33,44439148927...	NULL	NULL	NULL	NULL

Figure 55 : Exemple d'entités ne comportant pas de champ largeur à supprimer



Figure 56 : Exemples d'entités petites filandres à supprimer (en jaune)

- iv. Outil  Joindre les attributs par localisation... : avec comme couche source « filandres_découpées » et comme couche de jointure la couche temporaire issue de l'étape précédente. Prédicat géométrique « est égal ». Champs à ajouter : Largeur_min_2, Largeur_max_2, Largeur_mean_2, Largeur_median_2, Largeur_stddev_2;
- v. Sélection des entités comportant des valeurs dans les champs « Largeur_min_2 », « Largeur_max_2 », « Largeur_mean_2 », « Largeur_median_2 », « Largeur_stddev_2 » dans la table attributaire de la couche générée précédemment ;
- vi. Mise à jour des champs « Largeur_min », « Largeur_max », « Largeur_mean », « Largeur_median », « Largeur_stddev » avec les formules suivantes, **uniquement sur les entités sélectionnées**, avec l'outil « Mettre à jour la sélection » (Figure 57) :
 - Largeur_min = Largeur_min_2 ;
 - Largeur_max = Largeur_max_2 ;
 - Largeur_mean = Largeur_mean_2 ;
 - Largeur_median = Largeur_median_2 ;
 - Largeur_stddev = Largeur_stddev_2.

Couche issue de la jointure spatiale — Total des entités: 5516, Filtrées: 5516, Sélectionnées: 1119

1.2 Largeur_mean = 1.2 Largeur_mean_4

	Longueur	Largeur_min	Largeur_max	Largeur_mean	Largeur_median	Largeur_stddev	Largeur_min_2	Largeur_max_2	Largeur_mean_2	Largeur_median_2
1	326,3554954758...	1,98612	93,89121	NULL	NULL	NULL	1,986120	93,891210	49,607103	60,898660
2	68,68869543962...	3,483477011052...	60,45584961212...	NULL	NULL	NULL	3,483477	60,455850	30,305137	24,574831
3	174,6730740228...	17,44684191055...	40,16750398235...	NULL	NULL	NULL	17,446842	40,167504	27,619786	27,308817
4	25,21518701603...	8,539355878569...	52,30762875536...	NULL	NULL	NULL	8,539356	52,307629	26,678401	19,188219
5	310,943364409816	1,047944589956...	90,45288065867...	NULL	NULL	NULL	1,047945	90,452881	25,904129	18,391744
6	421,5651225975...	2,094451299093...	103,3844673859...	NULL	NULL	NULL	2,094451	103,384467	25,703672	5,949391
7	24,30743864919...	0,805631383281...	67,26546323504...	NULL	NULL	NULL	0,805631	67,265463	24,121848	4,294449
8	322,6000801131...	12,51724998268...	75,47051821678...	NULL	NULL	NULL	12,517250	75,470518	23,497471	17,024326
9	1162,595854228...	4,635939005770...	147,7169329490...	NULL	NULL	NULL	4,635939	147,716933	23,307171	12,594701
10	991,8482089509...	8,599487890379...	69,78165666025...	NULL	NULL	NULL	8,599488	69,781657	22,859350	20,316531
11	682,8352137151...	2,226222459610...	69,61289367738...	NULL	NULL	NULL	2,226222	69,612894	22,069511	20,315405
12	84,9966922369603	5,170701421101...	46,81832050770...	NULL	NULL	NULL	5,170701	46,818321	21,323743	9,110469
13	5,419188848895...	20,77387350932...	20,77387350932...	NULL	NULL	NULL	20,773874	20,773874	20,773874	20,773874
14	1166,617458625...	1,371118490434...	54,35260085813...	NULL	NULL	NULL	1,371118	54,352601	20,581633	17,996791
15	666,614799113229	5,62169700061413	51,73899907862...	NULL	NULL	NULL	5,621697	51,738999	20,553223	16,649158

Montrer toutes les entités

Figure 57 : Mise à jour du champ "Largeur_mean" sur les entités sélectionnées

- vii. Suppression des champs « Largeur_min_2 », « Largeur_max_2 », « Largeur_mean_2 », « Largeur_median_2 », « Largeur_stddev_2 » dans la table attributaire ;
- viii. Enregistrement de cette couche en écrasant le fichier « filandres_découpées ».

Calcul des largeurs des petites filandres :

1. Sélection des entités ne comportant pas de champ largeur dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées » (Figure 58) ;

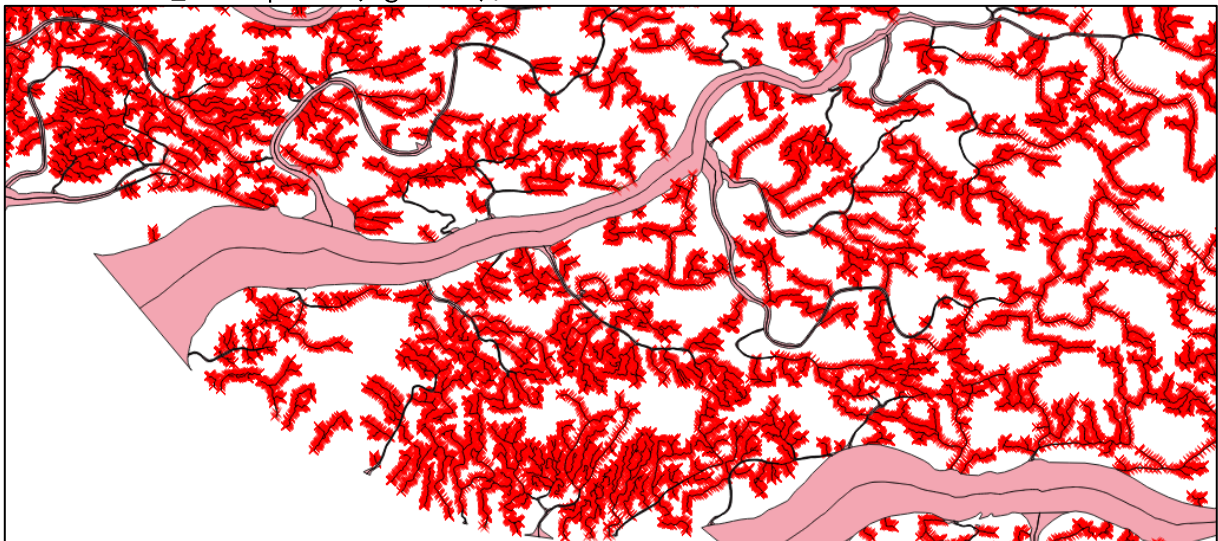




Figure 58 : Sélection des petites filandres (en rouge)

2. Mise à jour des champs « Largeur_min », « Largeur_max », « Largeur_mean », « Largeur_median », « Largeur_stddev » avec les formules suivantes, **uniquement pour les entités sélectionnées**, avec l'outil « Mettre à jour la sélection » :
 - Largeur_min = 1 ;
 - Largeur_max = 1 ;
 - Largeur_mean = 1 ;
 - Largeur_median = 1 ;
 - Largeur_stddev = 0.
3. Enregistrement des modifications.

V.4 Pente

Le calcul de pente des filandres s'effectue grâce aux données issues du Modèle Numérique de Terrain. La pente a été calculée uniquement sur les grandes filandres (de largeur supérieure à 2 mètres), le modèle n'étant pas assez précis pour permettre de calculer de manière pertinente la pente des petites filandres (de largeur inférieure à 2 mètres).

Voici les étapes qui ont permis de calculer la pente des grandes filandres :

1. Sélection des entités ayant une largeur différente de 1 dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées » (les entités ayant une largeur égale à 1 correspondant aux petites filandres) ;
2. Utilisation de l'outil  **Statistiques de zone** : couche source « filandres_découpées », « entité(s) sélectionnée(s) uniquement » coché, couche raster « vrt_estuaires_picards », statistiques à calculer « Minimum » et « Maximum » ;
3. Création d'un champ « Dénivelé » dans la table attributaire de la couche générée précédemment ;
4. Mise à jour du champ « Dénivelé » avec la formule "_min"-"_max", puis enregistrement des modifications ;
5. Ajout des données « Dénivelé » dans la couche « filandres_découpées » grâce à l'outil  **Joindre les attributs par localisation...** : couche de base « filandres_découpées », joindre la couche « statistiques de zone », prédicat géométrique « est égal », champs à ajouter « Pente » et type de jointure « Prendre uniquement les attributs de l'entité qui a le plus grand chevauchement (un à un) » ;
6. Ajout d'un champ « Pente » puis mise à jour de ce champ avec la formule « abs("Pente"/"Longueur") » ;
7. Enregistrement de la couche générée à l'étape précédente en écrasant la couche « filandres_découpées ».

VI. Autres paramètres étudiés

D'autres paramètres nécessaires à la description des filandres ont été ajoutés à la table attributaire, tels que leur localisation (baie de Salck, baie de Canche, baie d'Authie, baie de Somme), le type de chenal (principal, secondaire, tertiaire...) et les végétations présentes sur les berges.

VI.1 Localisation

La localisation (baie de Slack, de Canche, d'Authie ou de Somme) a été ajoutée à la table attributaire de la couche des filandres.

Voici les étapes qui ont permis de renseigner ce paramètre :

1. Ajout d'un champ « Localisation » dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées » ;
2. Sélection des filandres de la Baie de Slack ;
3. Mise à jour du champ « Localisation » avec la formule 'Slack' sur les entités sélectionnées uniquement ;
4. La même opération a été réalisée pour les filandres des autres baies.

VI.2 Type de chenal

Le chenal d'une filandre peut être classé en différents types :

- Principal : chenal le plus important du chevelu considéré, débouchant directement sur la slikke ;
- Secondaire : chenal débouchant sur le chenal principal ;
- Tertiaire : chenal débouchant sur le chenal secondaire ;
- etc.

Le type de chenal de chaque entité filandre de la couche « filandres_découpées » a donc été renseigné dans la table attributaire.

Voici les étapes qui ont permis de renseigner ce paramètre dans la couche de filandres découpées :

1. Ajout du champ « Type_chenal » dans la table attributaire de la couche « filandres_découpées » ;
2. Sélection des chenaux principaux (chenal débouchant directement sur la slikke) avec l'outil de sélection (Figure 59) ;

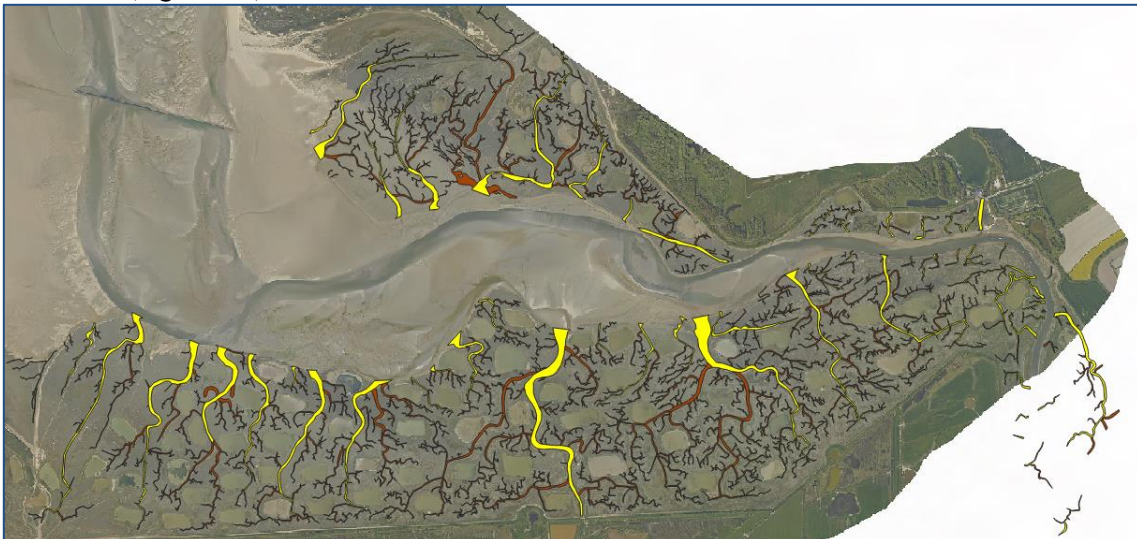


Figure 59 : Sélection des chenaux principaux, exemple en baie d'Authie

3. Mise à jour du champ « Type de chenal » avec la formule 'Principal' sur les entités sélectionnées uniquement ;

4. Sélection des chenaux secondaires (débouchant sur le chenal principal) avec l'outil de sélection (Figure 60) ;

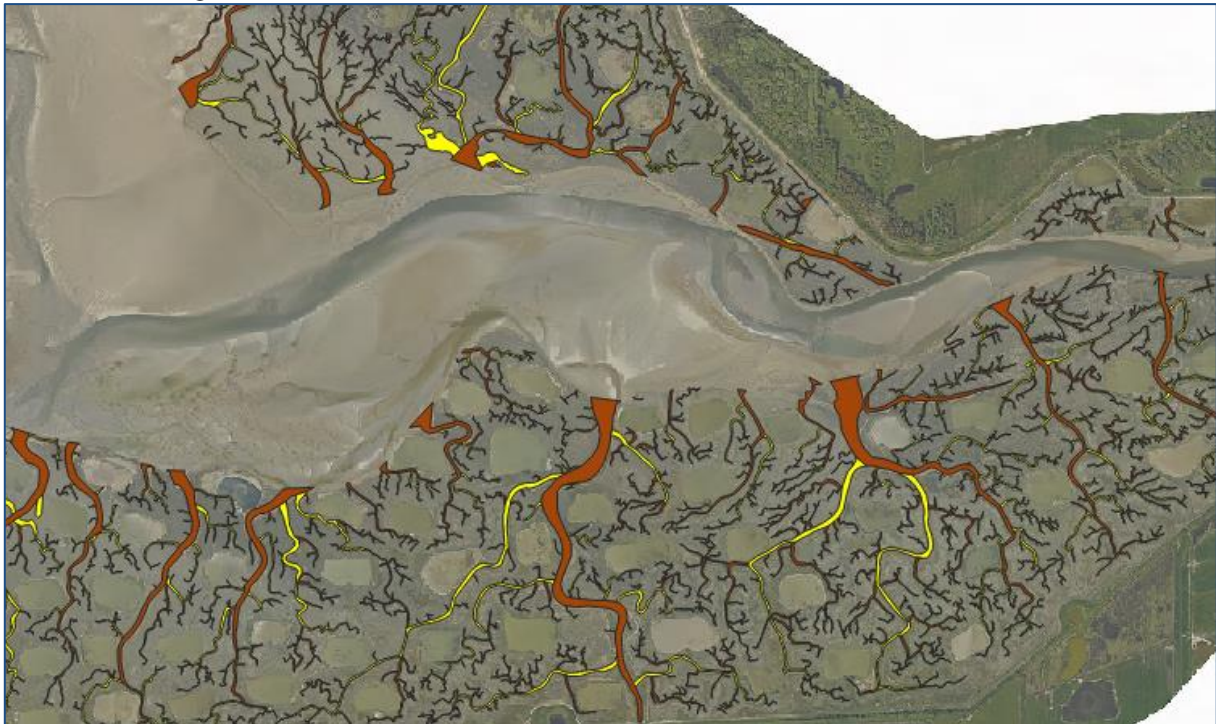


Figure 60 : Sélection des chenaux secondaires, exemple en baie d'Authie

5. Mise à jour « Type de chenal » avec la formule 'Secondaire' sur les entités sélectionnées uniquement ;
6. La même méthode a été appliquée pour les chenaux tertiaires, quaternaires, etc. ;
7. Enregistrement des modifications.

VI.3 Intégration des données de végétation

Des cartographies des végétations des estuaires du PNM EPMO ont été produites via le projet VEGELITES⁴. L'objectif ici est d'obtenir les types de végétations présentes sur les berges des filandres, dans une zone de 10 m de part et d'autre du chenal. La zone de 10 m a été choisie en accord avec le protocole sur l'étude des fonctionnalités des prés salés sur l'ichtyofaune (Le Luherne et al., 2018).


Deux couches SIG produites par le projet VEGELITES ont été exploitées :


- la couche des séries de végétations
- la couche des associations phytosociologiques

Pour chaque entité filandre, l'objectif était d'ajouter dans la table attributaire chaque série de végétation et chaque association phytosociologique présente dans une bande de 10 m, ainsi que leur surface occupée dans cette bande.



Pour cela, les étapes suivantes ont été réalisées :

1. Sélection des filandres de la baie de Slack depuis la couche « filandres_découpées » grâce à l'outil

de sélection  , puis enregistrement des entités sélectionnées dans une couche « filandres_découpées_slack » ;

2. Génération d'une zone tampon de 10 m sur la couche « filandres_découpées_slack » avec l'outil  Tampon... ;

⁴ Projet VEGELITES : <https://parc-marin-epmo.fr/editorial/connaitre-les-vegetations-habitats-des-estuaires>

3. Application de l'outil  **Différence...**, avec comme couche source la couche tampon générée précédemment et comme couche de superposition la couche « filandres_découpées_slack » ;
4. Application de l'outil  **Intersection...** entre la couche générée précédemment et la couche VEGELITES série pour l'estuaire de la Slack, en sélectionnant uniquement le champ « Serie » comme champ à garder pour la couche VEGELITES (Figure 61) ;

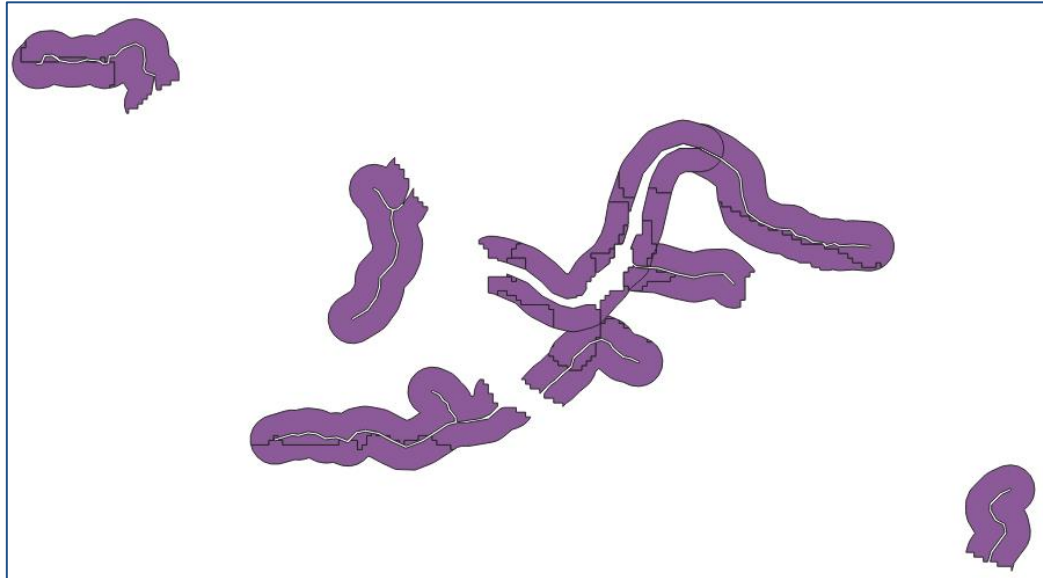


Figure 61 : Résultat de l'intersection entre la couche tampon des filandres et la couche de données séries du projet VEGELITES dans l'estuaire de la Slack

5. Enregistrement de la couche générée sous le nom « serie_vegetation_filandres_slack » ;
6. En mode édition de couche, ajout d'un champ « surf_serie » et mise à jour de ce champ avec la formule \$area ;
7. Enregistrement des modifications ;
8. Exporter la couche au format xlsx et ouverture du fichier sous le logiciel Excel ;
9. Création d'un tableau croisé dynamique avec en ligne le champ « ID », en colonne le champ « serie » et en somme des valeurs le champ « surf_serie » ;
10. Enregistrement du tableau croisé dynamique en .csv ;
11. Ouverture du fichier csv dans QGIS en texte délimité sans géométrie ;
12. Jointure de la table à la couche « filandres_découpées » : dans « Propriétés » de la couche « filandres_découpées », menu « jointure », joindre la couche csv en utilisant le champ « ID » comme champ de jointure (Figure 62) ;

	Surface	Longueur	Largeur_min	Largeur_max	Largeur_mean	Largeur_mediam	Largeur_stddev	Pente	Type_chenal	Zone	dune	fond_d_estuaire_hydrophile	laisses_d_estuaires	schorre_inferieur	schorre_moyen
1	55,84257863680603	55,20512213345849	1	1	1	1	0	NULL	Principal	Slack Nord	17,646	922,245	303,216	NULL	NULL
2	94,62196348254373	94,13801430993041	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire	Slack Nord	550,947	1625,686	NULL	NULL	NULL
3	49,20851638760881	48,855256157396084	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire	Slack Nord	833,174	NULL	13,843	246,948	NULL
4	41,6196894673069	40,96455749486045	1	1	1	1	0	NULL	Principal	Slack Nord	NULL	932,753	NULL	NULL	NULL
5	529,3420881707425	134,25597890471795	1,261483845062...	5,389025720202...	3,958206700941...	4,392040542495...	-1,151087225414...	-1,15	Principal	Slack Nord	318,261	957,577	992,257	287,707	117,56
6	84,621428668941	82,54052005922247	1	1	1	1	0	NULL	Principal	Slack Sud	NULL	NULL	NULL	NULL	1731,304
7	84,62028417712666	78,5514294608341	1	1	1	1	0	NULL	Principal	Slack Nord	473,989	NULL	NULL	NULL	1124,02
8	135,63324081864766	126,50974341740773	1	1	1	1	0	NULL	Principal	Slack Sud	737	NULL	NULL	NULL	1893,606

Figure 62 : Résultat de la jointure avec les données VEGELITES, un champ par type de série a été ajouté, avec la donnée de surface

13. Enregistrement de la couche en écrasant le fichier « filandres_découpées » ;
14. Les mêmes séries d'opérations ont été appliquées pour les autres estuaires et pour les données d'associations phytosociologiques.

VII. Conclusion

Le travail réalisé a permis de digitaliser toutes les filandres des estuaires de la Slack (annexe 1), de la Canche (annexe 2), de l'Authie (annexe3) et de la Somme (annexe 4) sous une même couche de type polygone (« filandres_découpées »). Chaque entité de cette couche correspond à une filandre. La couche produite contient 5 476 entités qui correspondent donc à 5 476 filandres situés au sein du PNM EPMO.

Cette digitalisation a permis de calculer les paramètres morphologiques suivants pour chaque filandre : surface, longueur, largeur et pente.

Le type de chenal (principal, secondaire, tertiaire, etc.), la localisation (Somme, Authie, Canche, Slack) ont pu également être précisés.

Ainsi, la table attributaire de la couche finale des filandres contient les champs suivants :

- ID
- Localisation
- Type_chenal
- Surface
- Longueur
- Largeur_min
- Largeur_max
- Largeur_mean
- Largeur_median
- Largeur_stddev
- Pente
- Un champ par série
- Un champ par association phytosociologique

Un extrait de la table attributaire est disponible en annexe 5.

Toutes les données produites par ce travail sont analysées dans un rapport dédié (Vigliano et Perron, 2023).

VIII. Bibliographie

Archeomatic, 2012. QGIS 1.8: Calculer l'orientation d'une polyligne. En ligne. <<https://archeomatic.wordpress.com/2012/10/20/qgis-1-8-calculer-lorientation-dune-polyligne/>>. Consulté en avril 2023.

GeoRezo, 2016. QGIS 2.12: Tracer des lignes à partir des coordonnées des extrémités. En ligne. <<https://georezo.net/forum/viewtopic.php?id=99999>>. Consulté en avril 2023.

Lesourd S., Bessineton C., Carpentier A., Chouquet B., Cuvilliez A., Duhamel S., Julve P., Lecarpentier T., Marion C., Morel F., 2012. Synthèse des apports du projet DEFHFIS. Projet DEFHFIS : Dynamique des écosystèmes et fonctionnement hydromorphologique des filandres en Seine. Projet Seine-Aval 4, 52p.

Résibois M., 2013. Ségmenter une couche d'éléments linéaires de type polygone avec ArcMap. En ligne <<https://portailsig.org/content/segmenter-une-couche-d-elements-lineaires-de-type-polygone-avec-arcmap.html>>. Consulté en avril 2023.

Rolland J., 2010. Squelettisation : du diagramme de Voronoï à la squelettisation de polygone. En ligne. <<http://ageoguy.blogspot.com/2010/12/squelettisation.html>>. Consulté en avril 2023.

Vigliano, L., Perron, C., 2023. Etat des lieux et caractérisation des filandres dans les estuaires de la Slack, de la Canche, de l'Authie et de la Somme. Office français de la biodiversité / Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale. 163 p.

IX. Annexes

Annexe 1 : Filandres de la Baie de la Slack

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE
Filandres de la Baie de Slack



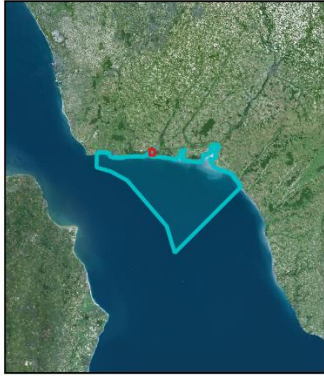
Légende
 Périmètre du parc
 Filandres



EDITEE LE : 8 / 11 / 2023
 Sources des données : OFB
 Fonds cartographiques : RESOBLO
 photographies aériennes 24/04/2022
 Système de coordonnées : IGF: LAMB93

Annexe 2 : Filandres de la Baie de Canche

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE
Filandres de la Baie de Canche

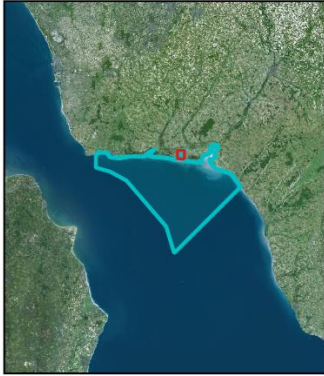


Légende
 Périmètre du parc
 Filandres



EDITEE LE : 8 / 11 / 2023
 Sources des données : OFB
 Fonds cartographiques : RESOBLO
 photographies aériennes 24/04/2022
 Système de coordonnées : IGNF:LAMB93

Annexe 3 : Filandres de la Baie d'Authie



Légende
 Périmètre du parc
 Filandres

PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE
 Filandres de la Baie d'Authie



EDITEE LE : 8 / 11 / 2023
 Sources des données : OFB
 Fonds cartographiques : RESOBLO
 photographies aériennes 24/04/2022
 Système de coordonnées : IGF:LA1MB93

Annexe 4 : Filandres de la Baie de Somme



Légende
 Périmètre du parc
 Filandres

EDITEE LE : 8 / 11 / 2023
 Sources des données : OFB
 Fonds cartographiques : RESOBLO
 photographies aériennes 24/04/2022
 Système de coordonnées : IGN:FLAMB93



PARC NATUREL MARIN DES ESTUAIRES PICARDS ET DE LA MER D'OPALE
 Filandres de la Baie de Somme



Annexe 5 : Extrait de la table attributaire de la couche « filandres_découpées »

filandres_découpées — Total des entités: 5476, Filtrés: 5476, Sélectionnées: 0

fid	ID	Localisation	Surface	Longueur	Largeur_min	Largeur_max	Largeur_mean	Largeur_median	Largeur_stddev	Pente	Type_chenal
1	546 S2774	Somme	749772,550941475	5905,63268034...	1,066919	682,495347	136,961906	94,527772	145,732253	-4,98	Principal
2	1014 S1014	Somme	3656,518211649...	3667,613838896...	1	1	1	1	0	NULL	Quaternaire
3	1115 S1115	Somme	3397,843278693...	3406,947421985...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
4	4063 S2614	Somme	237671,3090637...	3075,488323917...	0,53856	273,510714	77,245544	55,617923	65,529939	-4,1	Principal
5	1050 S1050	Somme	2924,514530269...	2933,231402824...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
6	4271 S2825	Somme	41740,85073837...	2898,595727938...	3,507274411954...	59,92839890647...	14,24977355225...	10,68513193276...	10,39380826336...	-3,4	Principal
7	5074 S3050	Somme	228996,9165237...	2874,434022100...	0,844271	342,649655	81,273253	59,191484	75,299767	-4,14	Principal
8	5556 S1102	Somme	2776,222041684...	2746,718534187...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
9	5041 S3017	Somme	236561,2683590...	2738,173814653...	1,382266	421,469589	82,536485	61,018918	84,620079	-4,52	Principal
10	4124 S2675	Somme	156143,8078411...	2612,195711572...	1,399192	333,645674	58,523915	33,553455	60,589975	-4,59	Principal
11	5054 S3030	Somme	2548,078624892...	2520,76642473582	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
12	4876 S2852	Somme	128911,1606212...	2367,484562672...	0,36817	240,294828	60,309152	31,041235	63,071623	-3,64	Principal
13	635 S635	Somme	2330,88659451995	2337,825031138...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
14	1022 S1022	Somme	2299,354840907...	2306,447379577...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
15	1104 S1104	Somme	1883,185137212...	1888,649474476...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
16	3912 S2462	Somme	38068,59299936...	1771,453392244...	3,172954	119,848077	21,90668	16,305198	20,809497	-3,35	Principal
17	4094 S2645	Somme	25119,80372439...	1712,672008329...	0,715841821919...	142,0970793998...	14,47321715615...	9,548347018692...	18,03686571742...	-2,96	Secondaire
18	1067 S1067	Somme	1704,806251690...	1710,361535680...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
19	1339 S1339	Somme	1701,278078052...	1705,997056718...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
20	869 S869	Somme	1686,032594882...	1691,121189132...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
21	1048 S1048	Somme	1594,307587353...	1600,286342967...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
22	1031 S1031	Somme	1590,225542459...	1592,788312031...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
23	870 S870	Somme	1574,811698503...	1578,277366402...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
24	615 S615	Somme	1516,780002356...	1520,350297703...	1	1	1	1	0	NULL	Tertiaire
25	4044 S2595	Somme	17490,87672826...	1502,085906854...	0,449453320190...	115,0412501035...	11,82910658830...	8,35556353094301	15,04368185031...	-3,46	Secondaire
26	1089 S1089	Somme	1492,015132573...	1496,738157703...	1	1	1	1	0	NULL	Quaternaire
27	4029 S2580	Somme	25458,75156576...	1465,629133626...	0,279758714736...	59,27223371140...	17,79651102545...	17,25338949028...	10,06400943791...	-3,66	Secondaire
28	3842 S2392	Somme	27283,93769414...	1449,609673069...	2,756212151264...	77,80481733001...	18,68887062166...	15,5015291706...	13,77426209905...	-3,31	Principal
29	1328 S1328	Somme	1406,918680394...	1412,749964587...	1	1	1	1	0	NULL	Secondaire
30	1559 S1559	Somme	1356,900573138...	1360,668147203...	1	1	1	1	0	NULL	Quaternaire

Office français de la biodiversité

Parc naturel marin des estuaires picards et de la Mer d'Opale
Chemin de la Warenne Ecault
62360 Saint Etienne au Mont
www.ofb.gouv.fr
www.parc-marin-epmo.fr