

EVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ÉROSION À L'ÉCHELLE RÉGIONALE (SEINE MARITIME)



Table des matières

INTRODUCTION

I. MODÉLISATION DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ÉROSION

1. RELIEF ET PENTE
2. OCCUPATION DU SOL
3. BATTANCE
4. ÉROSIVITÉ DU RUISELLEMENT
5. ÉRODIBILITÉ DU MATERIAU PARENTAL
6. CALCUL DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ÉROSION

II. INTÉGRATION DES RÉSULTATS ET CARTOGRAPHIE

CONCLUSION

INTRODUCTION

CARTE DE LOCALISATION DE LA SEINE MARITIME

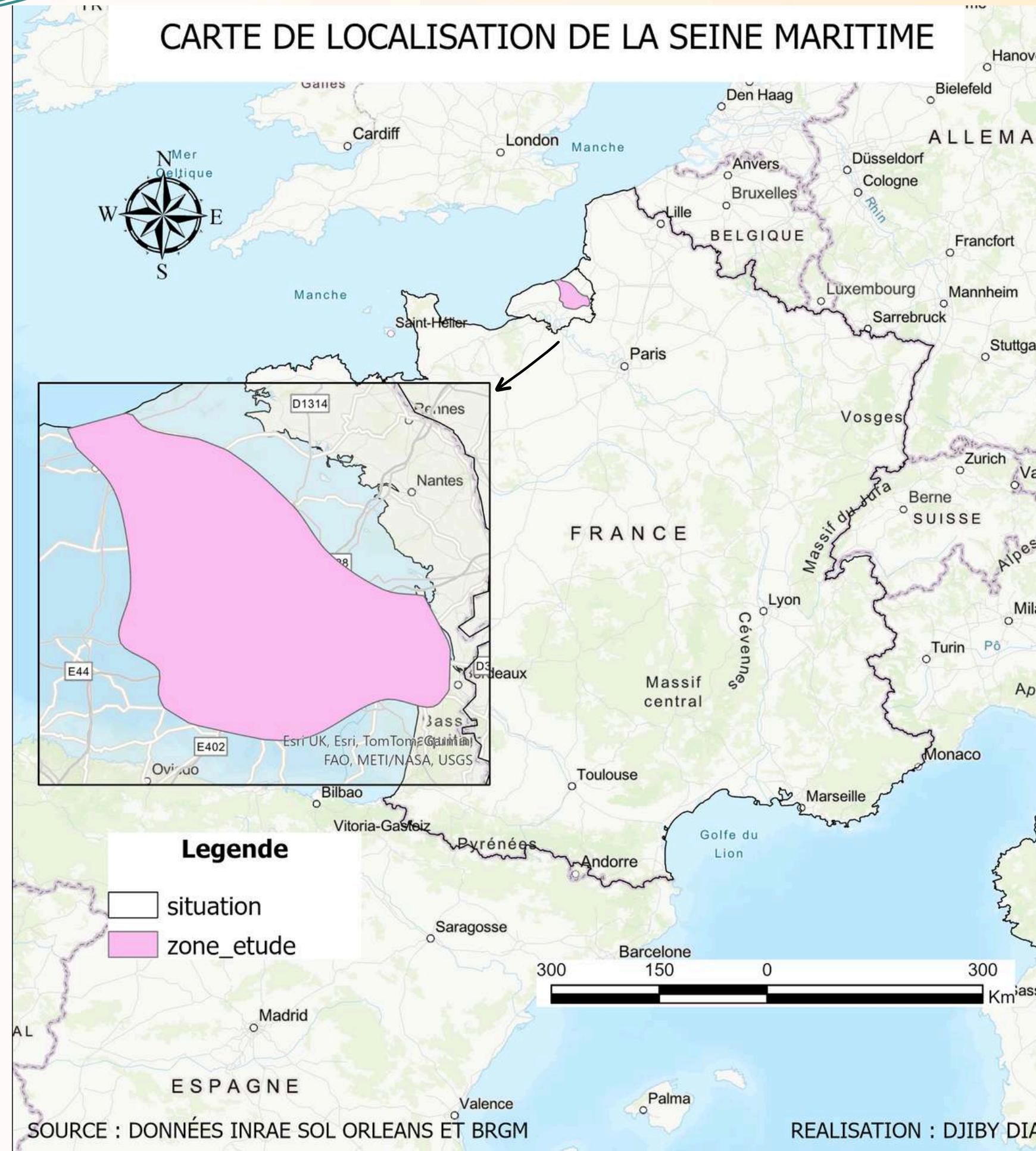


Figure 1 : Carte de localisation de la Seine Maritime

Ce rapport présente une analyse de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle régionale en s'appuyant sur les outils de Systèmes d'Information Géographique et plus particulièrement sur le logiciel ArcGIS Pro. L'objectif est d'appliquer un modèle développé par l'INRAE d'Orléans afin d'identifier les zones les plus vulnérables du département de la Seine-Maritime.

L'étude s'appuie sur plusieurs facteurs déterminants dans les processus d'érosion : la topographie, l'occupation du sol, la susceptibilité des sols à la battance, l'érosivité du ruissellement et l'érodibilité des matériaux géologiques.

La démarche consiste à extraire et traiter différents indicateurs à partir d'un modèle numérique de terrain et de données géographiques thématiques, puis à les combiner sous forme raster à l'aide d'un raisonnement expert. L'ensemble de ces étapes permet de produire une cartographie fine de la sensibilité des sols, utile pour la gestion durable du territoire et la mise en place de mesures de prévention.

La figure 1 montre la localisation de la zone d'étude. Située en Normandie, la Seine-Maritime présente un environnement contrasté, mêlant plateaux agricoles, vallons encaissés et espaces naturels variés. Cette carte sert de point d'entrée à l'analyse spatiale menée dans ce travail.

1. RELIEF ET PENTE

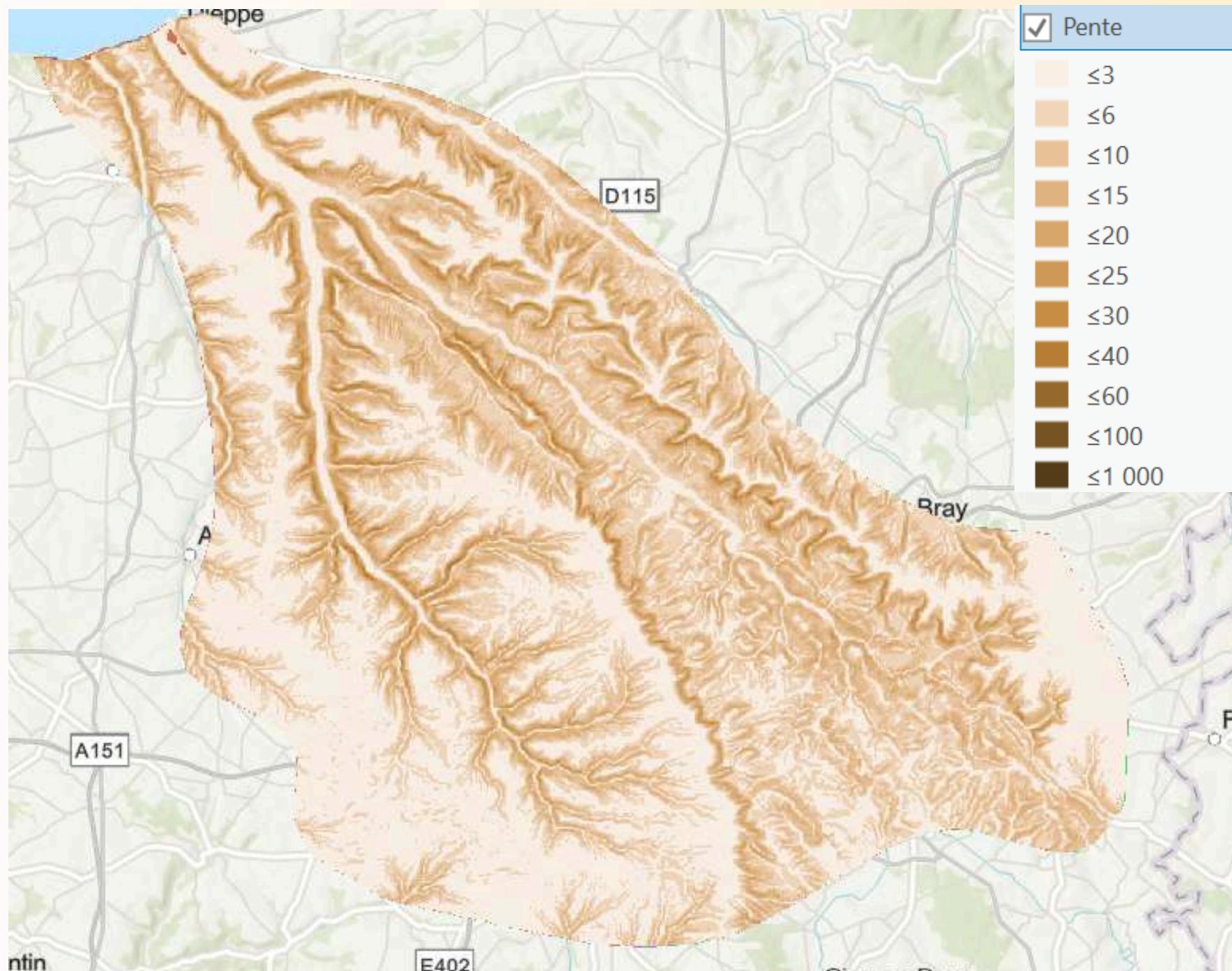
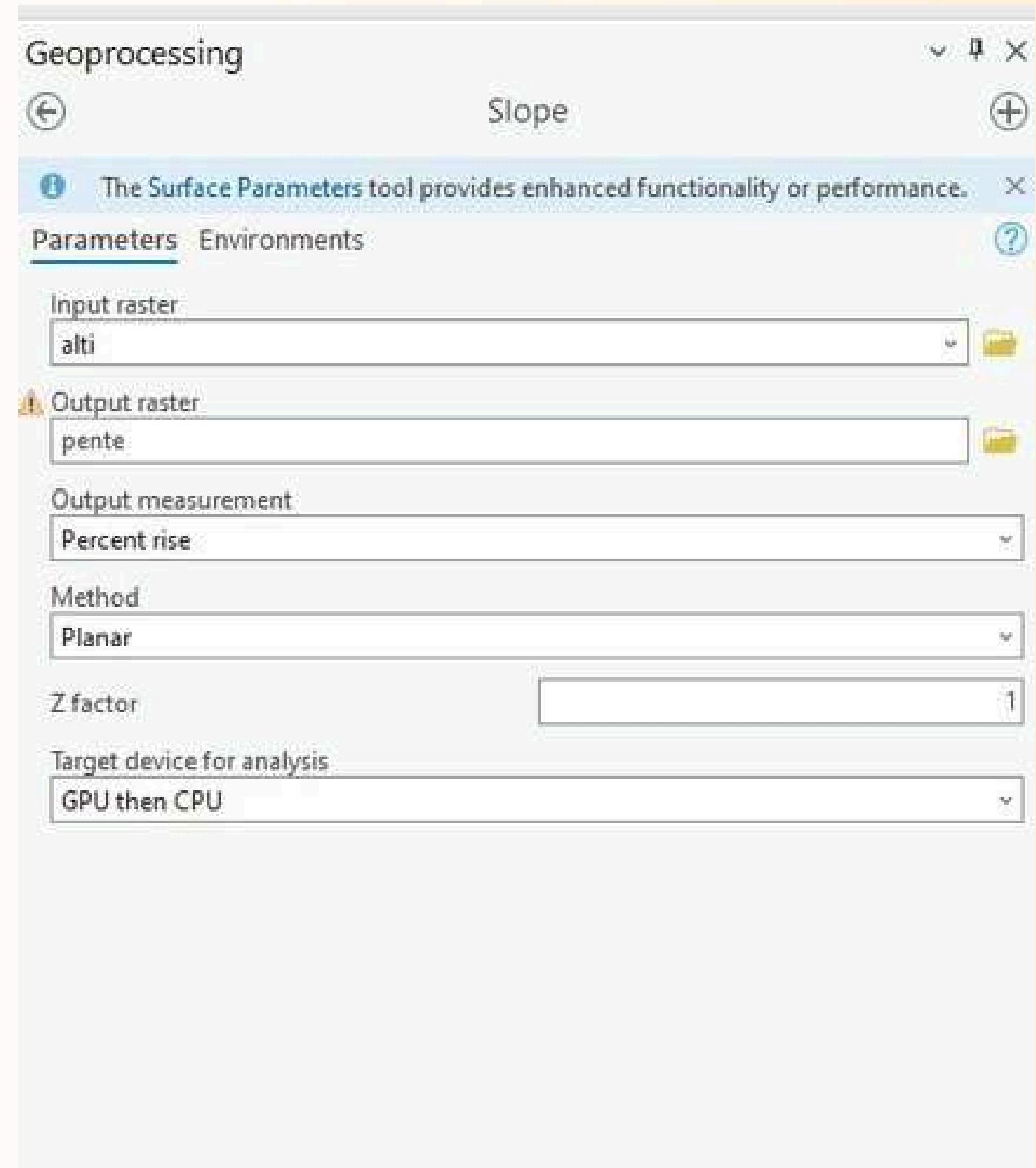


Figure 2 : Carte des pentes

L'étude du relief et de la pente constitue un élément fondamental pour appréhender le fonctionnement spatial du territoire analysé. Pour ce travail, une couche altimétrique a servi de base de référence et a également été utilisée comme masque, afin de limiter les traitements aux zones disposant d'informations exploitables.

À partir du MNT, les pentes ont été calculées en pourcentage grâce aux outils du module Spatial Analyst. Cette opération permet de traduire les variations d'altitude en gradients de pente, essentiels pour évaluer les phénomènes liés à l'érosion et pour appuyer les réflexions d'aménagement du territoire.

La carte obtenue, intégrée au reste des données géographiques, met en lumière les contrastes topographiques présents sur la zone d'étude. La légende positionnée sur la droite précise les différentes classes de pente, ce qui facilite la lecture et la compréhension des dynamiques de relief.



Pour produire la carte des pentes sur l'emprise d'étude, l'outil Slope a été mobilisé depuis la fenêtre de géotraitement. Le MNT (alti) a été utilisé comme raster source, et le résultat a été enregistré sous le nom pente. Le calcul a été paramétré pour exprimer les valeurs en pourcentage (Percent Rise), avec une méthode de calcul plane (Planar), adaptée aux analyses à l'échelle régionale.

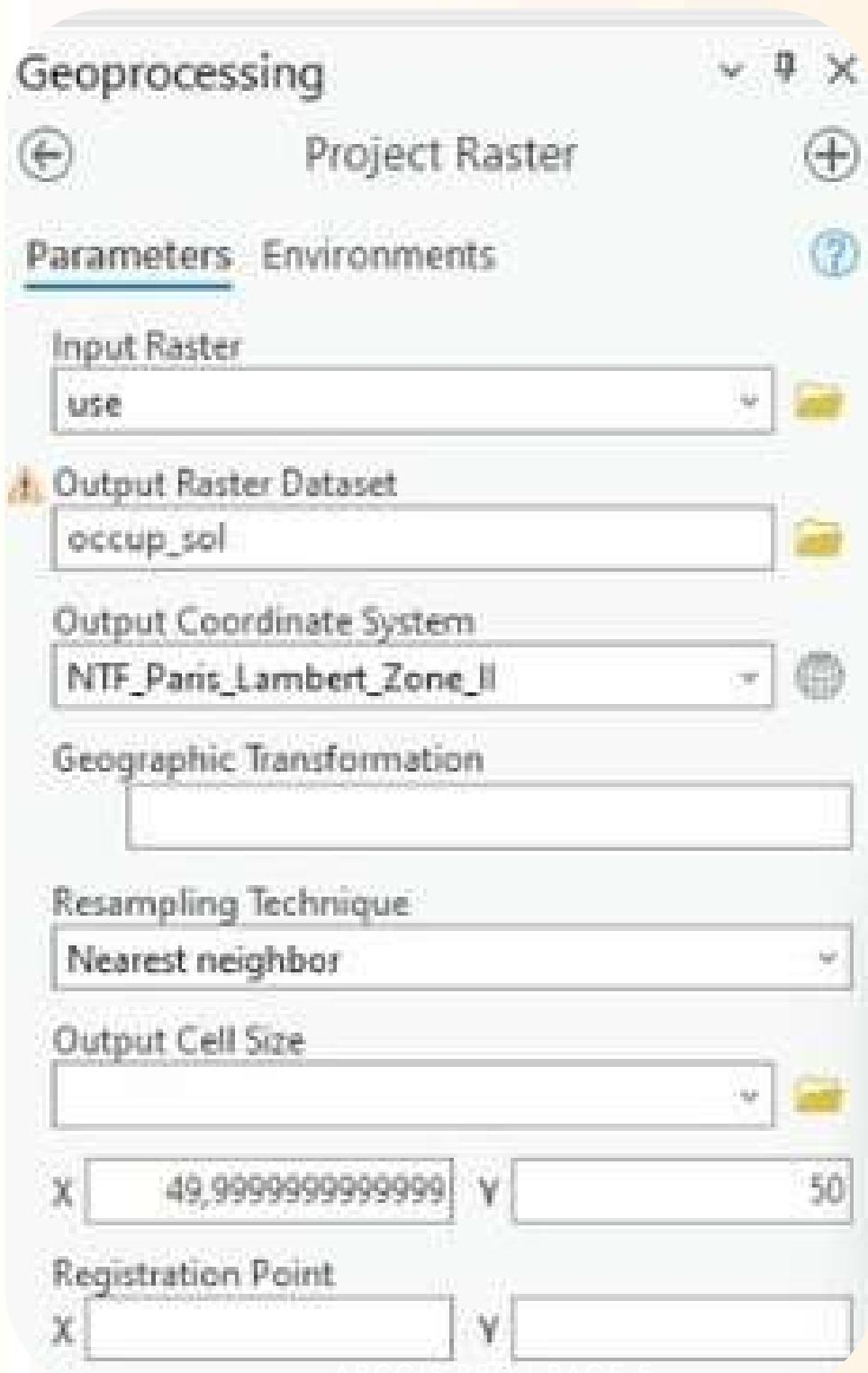
Le facteur Z a été maintenu à 1, ce qui signifie qu'aucune correction verticale n'a été appliquée. L'accélération matérielle étant activée par défaut, le traitement s'est appuyé en priorité sur le GPU, avec bascule possible vers le CPU si nécessaire.

Le raster final met en évidence la distribution spatiale des gradients de pente, un indicateur essentiel pour comprendre les processus d'érosion et le comportement des versants dans la zone étudiée.

Figure 3 : Géotraitement Pente



2. OCCUPATION DU SOL



Dans le cadre de cette analyse, la couche décrivant l'occupation du sol a d'abord été reprojectée dans le système Lambert II étendu (NTF Paris / Lambert Zone II, EPSG 27572), afin de garantir une parfaite compatibilité géographique avec les autres données utilisées pour l'étude.

Une fois cette harmonisation effectuée, huit catégories d'occupation du sol ont été sélectionnées puis transformées en raster, étape nécessaire pour la suite des traitements spatiaux et pour l'intégration au modèle.

La carte et le tableau associés illustrent ces différentes classes, leurs codes correspondants, ainsi que les principales opérations de reprojection et de préparation réalisées.

codes associés	classes
100	Terrains artificiels
210	Terres arables
220	Cultures permanentes
231	Pâturages et prairies
240	Terres agricoles hétérogènes
310	Forêts et broussailles
330	Terres nues
400	Surfaces d'eau et zones humides



Figure 4 : Géotraitements Project Raster

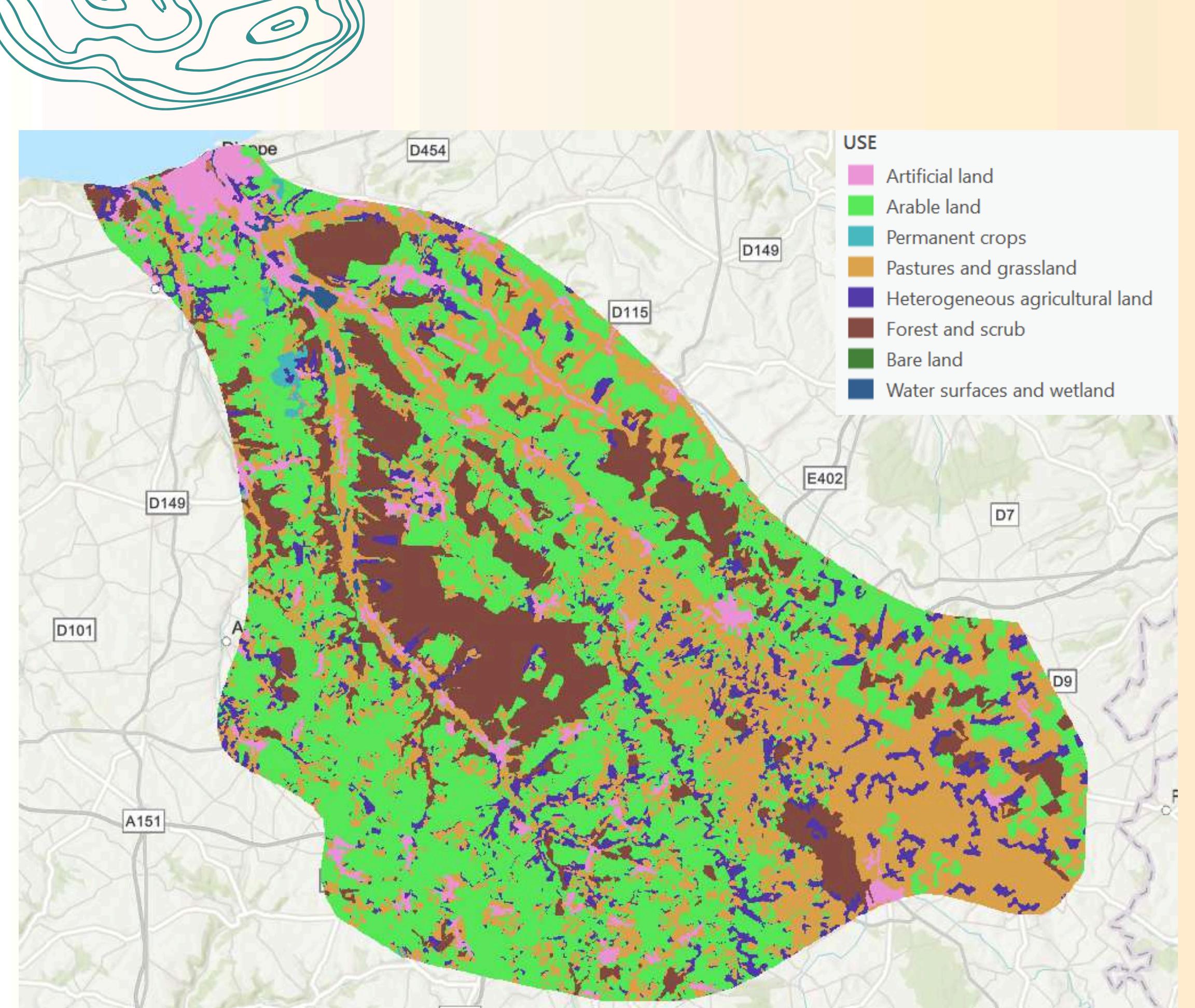


Figure 5 : Carte des occupations du sol

Cette carte met en évidence la répartition des usages du sol en Seine-Maritime, un facteur clé de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle régionale.

Les terres arables, largement dominantes, correspondent aux zones les plus sensibles à l'érosion, en particulier lorsqu'elles sont situées sur des versants. À l'inverse, les forêts et zones de broussailles jouent un rôle protecteur en limitant le ruissellement et la perte de sol. Les prairies présentent une sensibilité intermédiaire, tandis que les zones artificialisées et les surfaces en eau ont une influence localisée.

L'ensemble révèle une mosaïque paysagère traduisant une sensibilité à l'érosion spatialement contrastée sur le territoire.

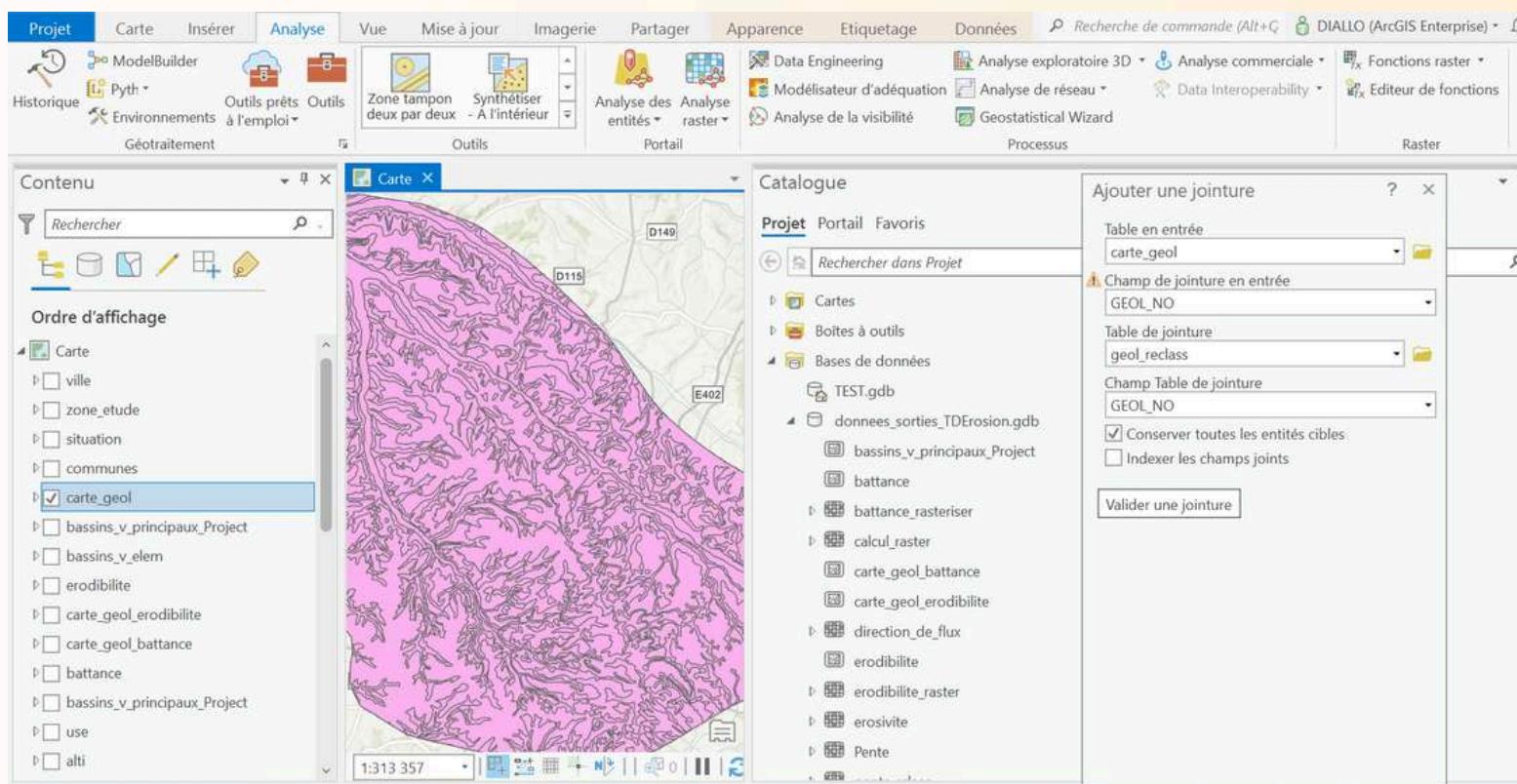


3. BATTANCE

Le facteur lié à la sensibilité des sols à la battance a été construit à partir des connaissances existantes sur le comportement des matériaux géologiques soumis à l'impact des pluies, notamment leur tendance à former une croûte de surface. Dans la table geol_reclass, le champ battance attribue à chaque unité une valeur comprise entre 0 (absence d'information) et 5 (sensibilité maximale). Un second champ, GEOL_NO, sert quant à lui d'identifiant pour les différentes formations géologiques.

Afin d'associer ces niveaux de sensibilité aux entités présentes dans la couche carte_geol, une jointure a été effectuée entre cette couche et la table geol_reclass en utilisant le champ GEOL_NO comme clé commune. Cette étape a permis de transférer les valeurs de battance vers les entités géologiques correspondantes. Elle constitue une étape essentielle pour pouvoir reclassifier les données et produire la carte finale des sensibilités dans le cadre de l'analyse de l'érosion des sols.

Ci-dessous, le processus de jointure :



OBJECTID_1 *	Shape *	OBJECTID	GEOL_NO	LITHOLOGIE	OBJECTID	GEOL_NO	BATTANCE
596	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
601	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
608	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
647	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
653	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
656	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
660	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
667	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
668	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
669	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
674	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
677	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
678	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
699	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
725	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
758	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
762	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
773	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
781	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5

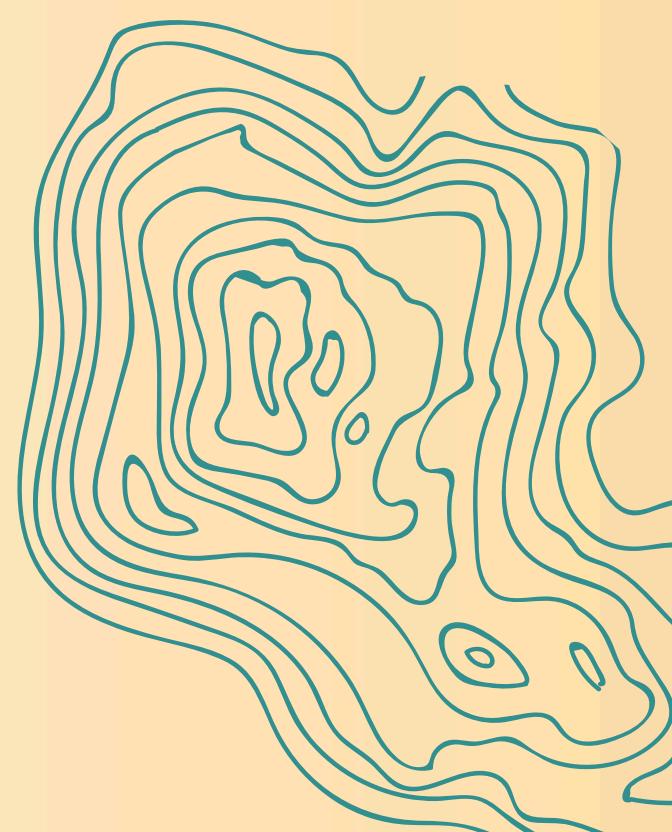


Figure 6 : Jointure attributaire

Les formations les plus vulnérables à la battance sont les **limons de plateaux**, qui obtiennent une valeur de 5, correspondant **au niveau de sensibilité le plus élevé**

	OBJECTID_1 *	Shape *	OBJECTID	GEOL_NO	LITHOLOGIE	OBJECTID	GEOL_NO	BATTANCE
77	596	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
78	601	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
79	608	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5
80	647	Polygon	<Null>	1	Limons de plateaux	1	1	5

Après l'intégration des valeurs de battance, la carte géologique a été reclassée puis simplifiée en regroupant, via l'outil Fusionner (Dissolve), les polygones voisins appartenant à une même classe de battance. La couche `carte_geol_battance` a servi d'entrée, avec le champ battance comme critère de fusion. Enfin, une symbolologie en dégradé a été appliquée afin de représenter clairement les différents niveaux de sensibilité. Le schéma ci-dessous illustre les principales étapes du procédé.

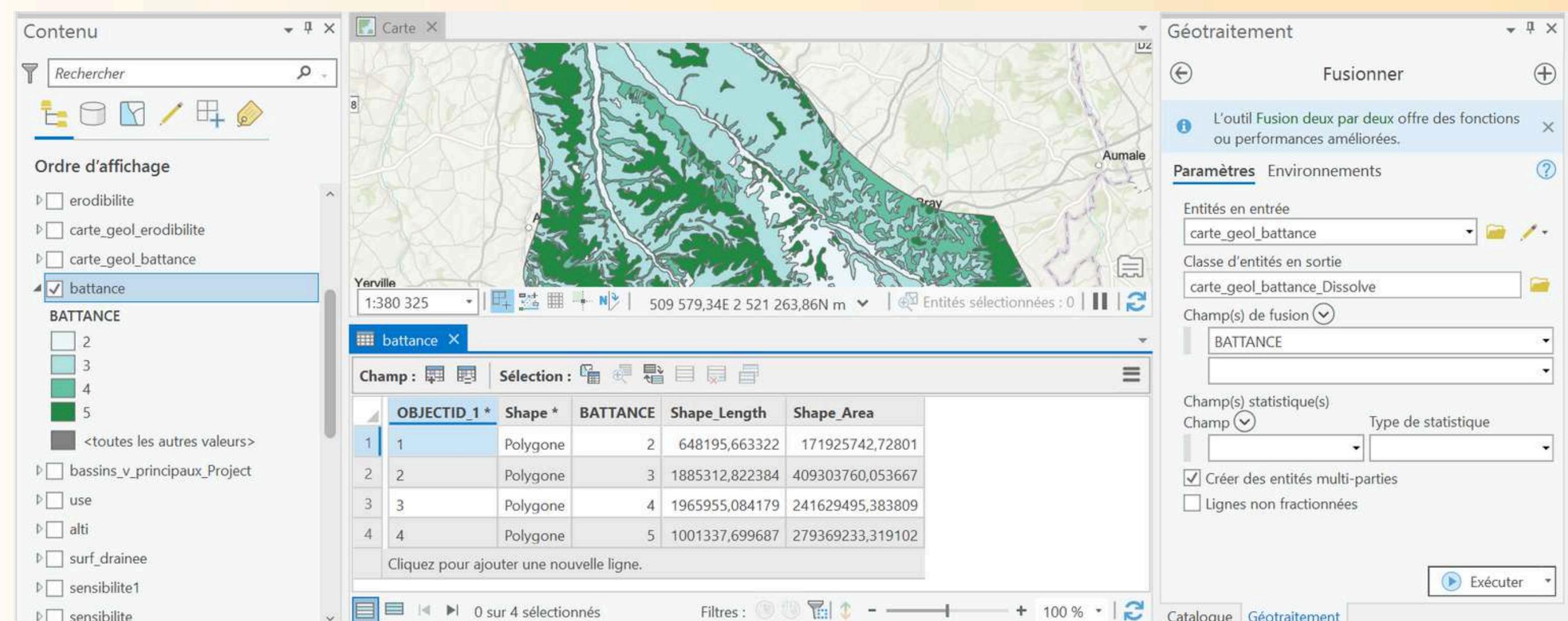


Figure 7 : Fusion avec l'attribut BATTANCE

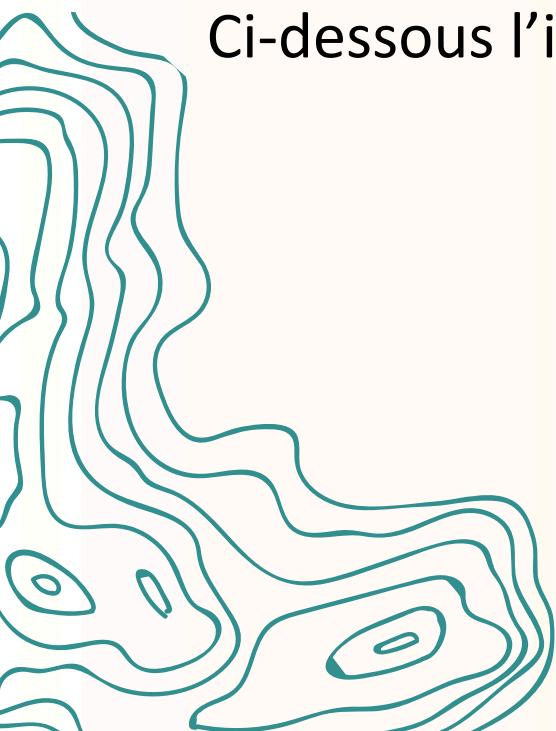
Les données de battance étant initialement représentées sous forme vectorielle, une conversion en raster a été nécessaire afin de les intégrer aux traitements réalisés en mode raster. Cette transformation a été effectuée à l'aide de l'outil Polygones vers raster accessible depuis les outils de conversion. Le champ battance a été utilisé pour la rasterisation, avec une taille de cellule fixée à 50, en cohérence avec la couche de référence alti.

Une fois le raster obtenu, la symbologie a été adaptée pour représenter correctement les différentes classes de battance, puis la couche vectorielle initiale a été retirée du projet.

Voilà le processus de rasterisation :

1. Aller dans Outils de conversion > Vers raster > Polygones vers raster
2. Sélectionner 'carte_geol_battance' comme couche d'entrée.
3. Choisir le champ 'battance' pour la conversion.
4. Définir la taille des cellules à 50, identique à la couche 'alti'.
5. Appliquer une symbologie adaptée au raster obtenu.
6. Supprimer la couche vectorielle du projet.

Ci-dessous l'image de résultat :



Entités en entrée

battance

Champ de valeurs

BATTANCE

Jeu de données raster en sortie

battance_rasteriser

Type d'attribution de cellule

Centre de cellule

Champ de priorité

NONE

Taille de cellule

50

Build raster attribute table (Créer la table attributaire)

Figure 8 : Rasteriser un shapefield

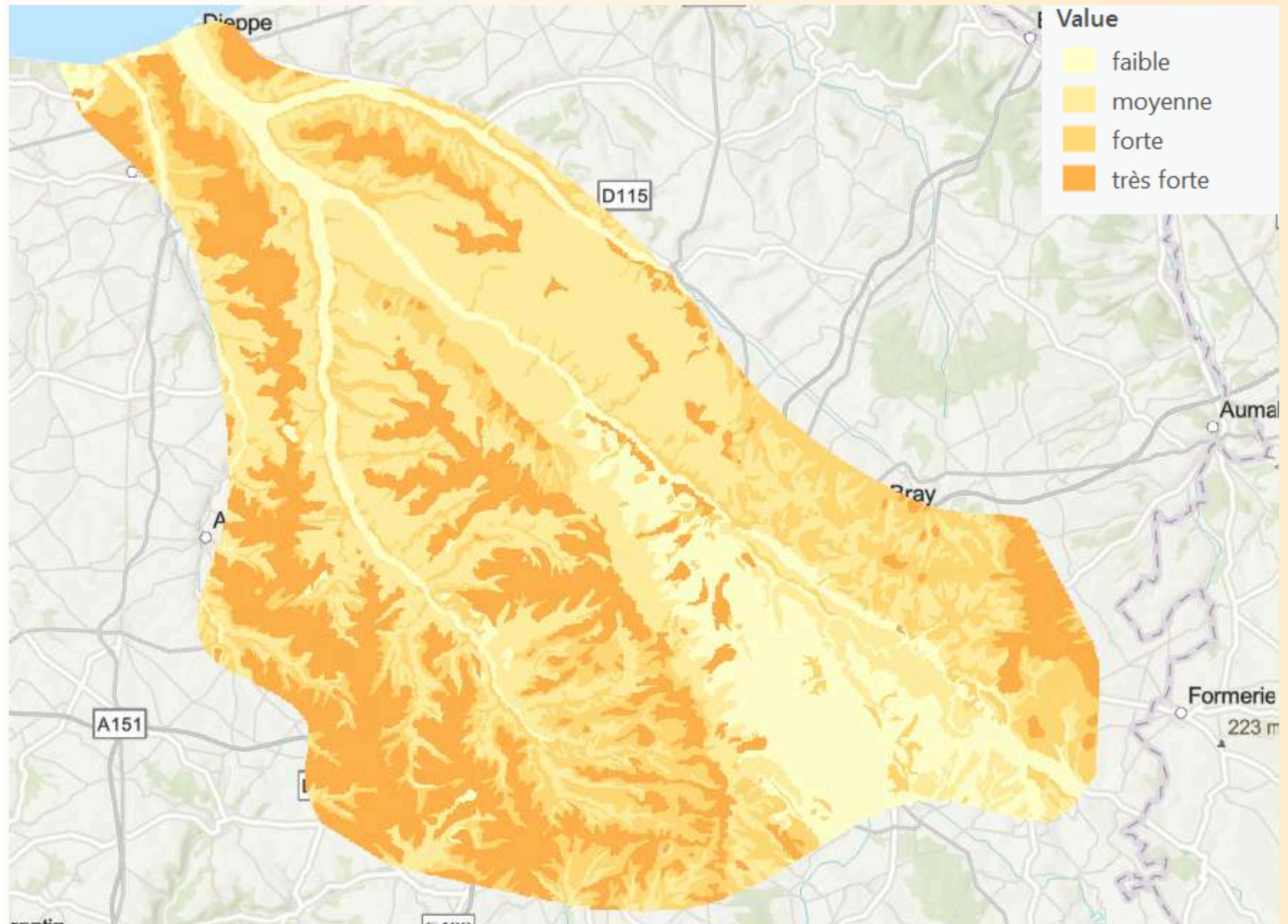


Figure 9 : Carte de Battance de la Seine - Maritime

Cette carte met en évidence une sensibilité à la battance plus marquée dans la partie ouest de la Seine-Maritime, où dominent des classes forte à très forte. Ces secteurs correspondent principalement aux plateaux limoneux, dont les sols sont particulièrement sensibles à la formation de croûtes de battance sous l'effet des précipitations.

À l'inverse, l'est du département présente une battance globalement plus faible à moyenne, traduisant des sols mieux structurés ou moins vulnérables.

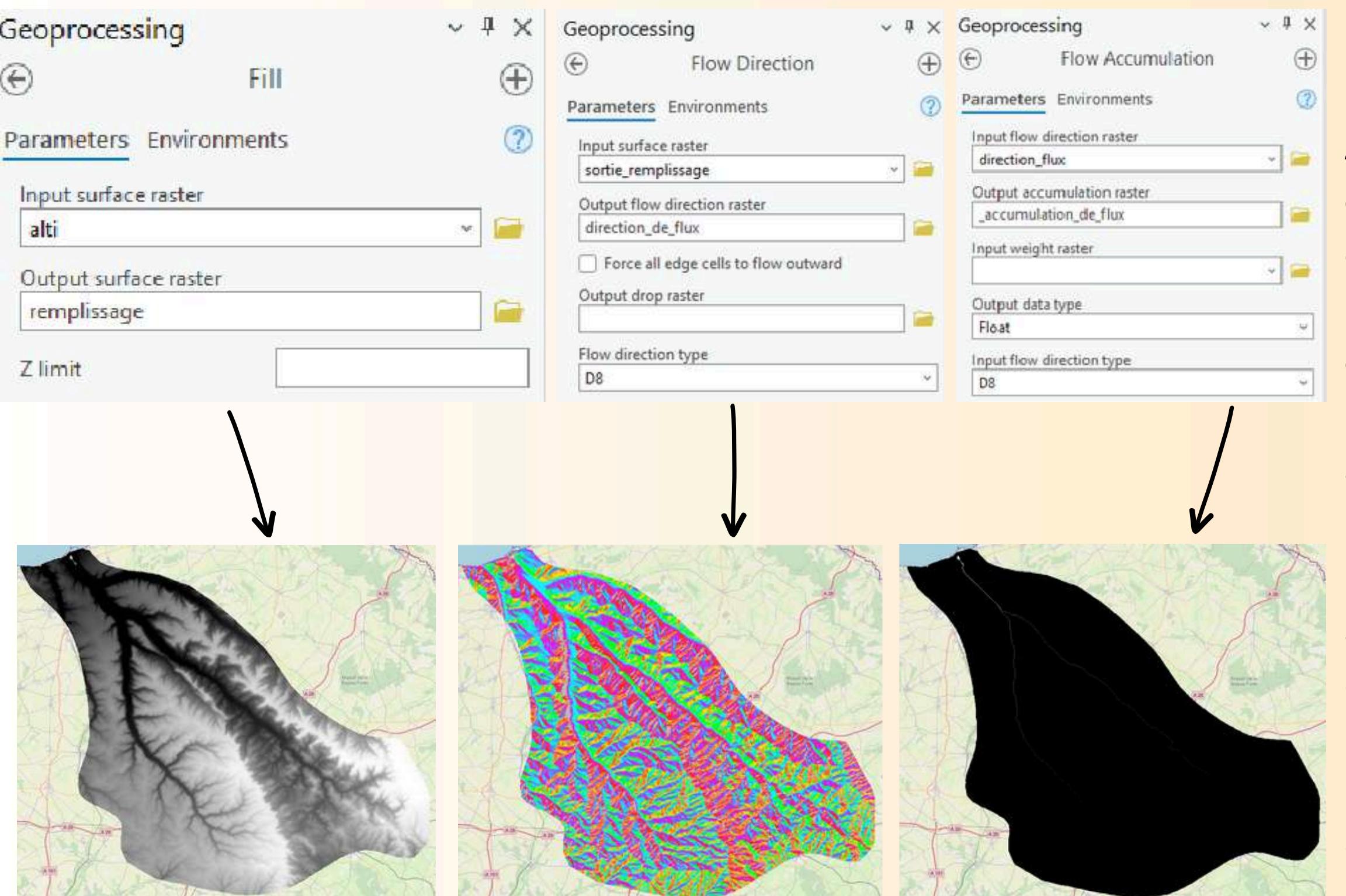
Cette répartition spatiale révèle un gradient ouest-est, soulignant un risque accru de ruissellement et d'érosion superficielle dans les zones les plus battantes.

4. ÉROSIVITÉ DU RUISELLEMENT

ETAPE 1

ETAPE 2

ETAPE 3



L'évaluation de l'érosivité du ruissellement repose sur la relation entre la pente et l'importance des surfaces drainées, conformément au modèle utilisé. En effet, une augmentation de la pente combinée à une surface drainée plus étendue se traduit par une intensification du potentiel érosif.

Avant de procéder à la reclassification de la pente, le calcul des surfaces drainées a été réalisé en plusieurs étapes. Dans un premier temps, les imperfections du Modèle Numérique de Terrain ont été corrigées par le comblement des dépressions à l'aide de l'outil **Remplissage**. Le MNT corrigé a ensuite servi de base au calcul de la direction d'écoulement grâce à l'outil **Direction de flux**. Enfin, l'accumulation de flux, représentant les surfaces drainées, a été obtenue avec l'outil **Accumulation de flux**, en utilisant la direction de flux comme donnée d'entrée. Le raster résultant a été enregistré sous le nom `surf_drainee`. Les figures ci-dessous illustrent les différentes étapes du traitement ainsi que les résultats obtenus.

Figure 10 : Geoprocessing de fill, flow direction et flow accumulation

Pour achever le calcul de l'érosivité du ruissellement, le raster de pente a été reclassé en fonction d'un modèle d'érosivité défini par classes d'intervalles. Cette étape a été réalisée à l'aide de l'outil Reclassification, disponible dans les outils du Spatial Analyst. Elle a permis d'attribuer à chaque classe de pente une valeur correspondant à son niveau d'érosivité.

- (0 - 1 %) → 1
- (1 - 2 %) → 2
- (2 - 5 %) → 3
- (5 - 10 %) → 4
- (10 - 15 %) → 5
- (15 - 30 %) → 6
- (30 - 75 %) → 7
- (75 - 100 %) → 8

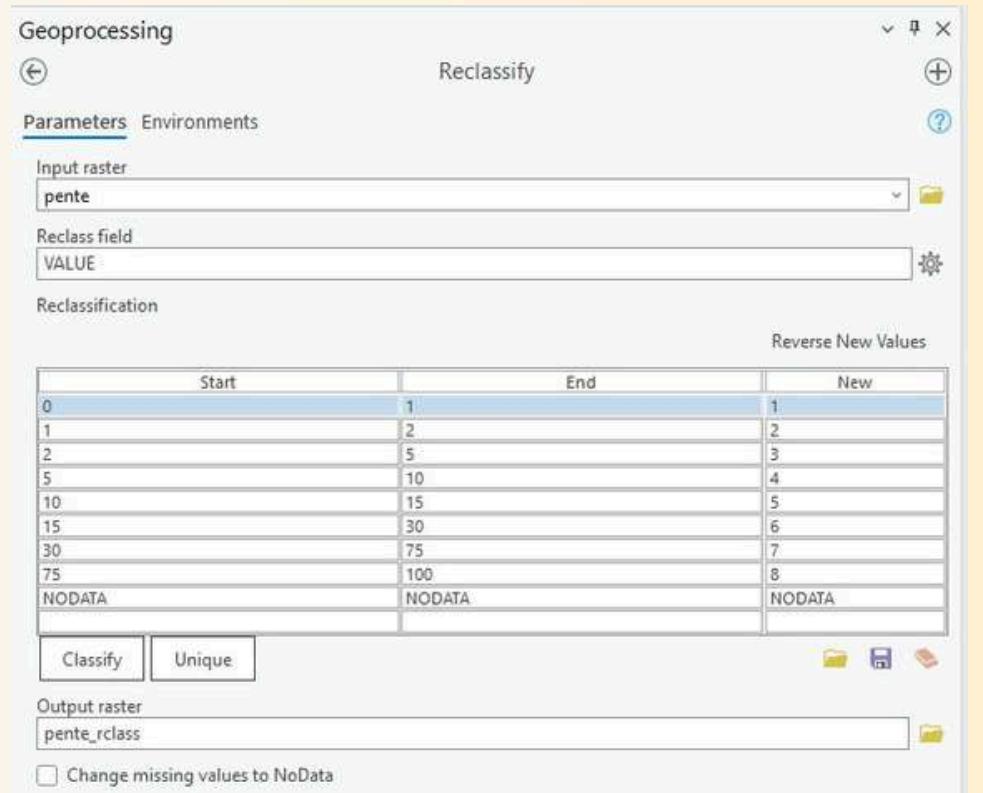


Figure 11 : Reclassification de la pente

Le raster issu de cette opération a été enregistré sous le nom pente_rclass. La symbologie a ensuite été adaptée afin de représenter la progression de l'érosivité à l'aide d'une palette graduée et d'une légende harmonisée. Les figures ci-dessous présentent les principales étapes de la reclassification ainsi que le résultat final obtenu.

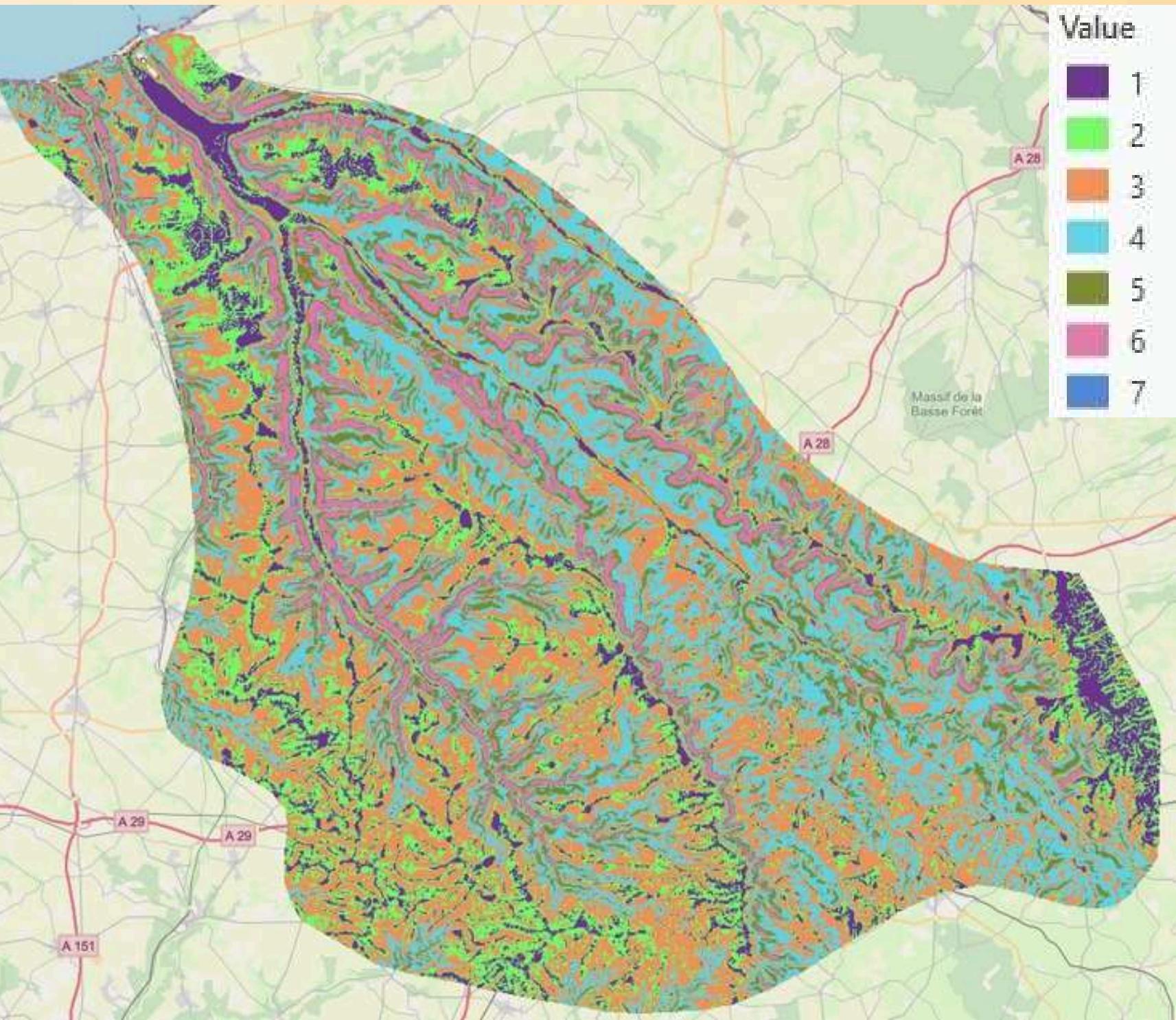


Figure 12 : Carte de la pente reclassifiée



Pour calculer le nombre de cellules raster correspondant à une surface d'un hectare, il est d'abord nécessaire de connaître la dimension d'une cellule. Dans ce cas, la taille d'une cellule est de 50 m × 50 m, ce qui représente une surface de 2 500 m².

Un hectare correspondant à 10 000 m², le nombre de cellules nécessaires pour couvrir cette surface est obtenu par le calcul suivant : 10 000 m² ÷ 2 500 m² = 4. Ainsi, un hectare est équivalent à quatre cellules raster de 50 mètres de côté.

Application des règles dans la calculatrice raster

En appliquant ces règles à l'échelle du raster, les seuils de surface drainée peuvent être exprimés en nombre de cellules. Ainsi, une surface comprise entre 3 et 20 hectares correspond à un intervalle allant de 12 cellules (3 ha × 4 cellules par hectare) à 80 cellules (20 ha × 4 cellules par hectare). De même, toute surface drainée dépassant 20 hectares est associée à un nombre de cellules supérieur à 80.

Ces correspondances ont permis de compléter l'expression utilisée dans la calculatrice raster.

Voici l'expression complétée pour la calculatrice raster :

```
Con(("surf_drainee" > 12) & ("surf_drainee" <= 80) & ("pente_rclass" <= 6),
    "pente_rclass" + 1,
    Con(("surf_drainee" > 80) & ("pente_rclass" < 6),
        "pente_rclass" + 2,
        Con(("surf_drainee" > 80) & ("pente_rclass" == 6),
            "pente_rclass" + 1,
            "pente_rclass"
        )
    )
)
```

Cette étape a permis d'ajuster les classes de pente en intégrant l'effet de l'érosivité du ruissellement, évaluée à partir des surfaces drainées. Les zones présentant une surface drainée modérée ou élevée voient leur classe de pente augmentée respectivement d'un ou de deux niveaux, tandis que les cellules dont la pente dépasse 30 % ne sont pas modifiées. Les cartes ci-dessous illustrent les pentes avant et après reclassification, avec une symbolologie identique afin de faciliter la comparaison des résultats.

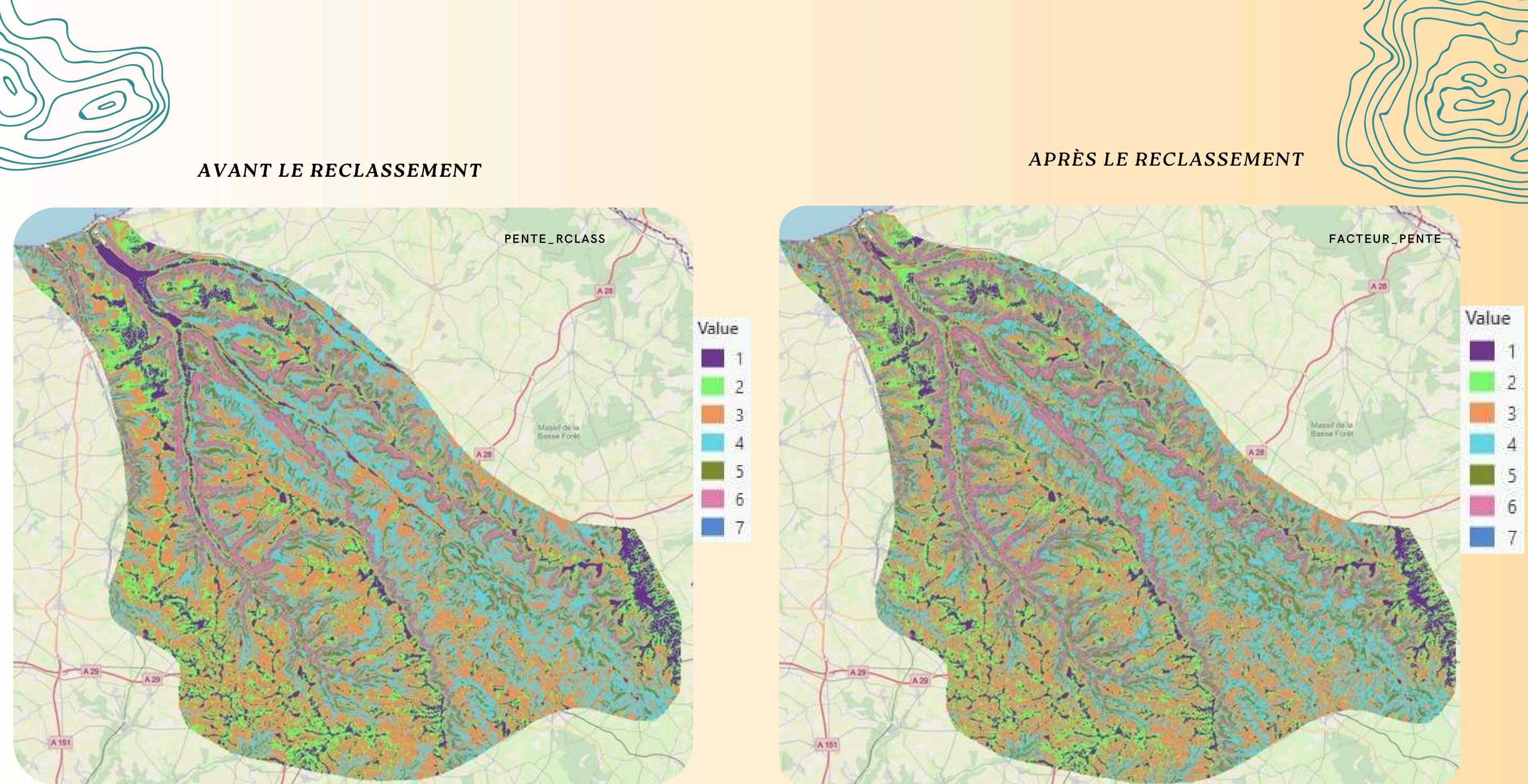


Figure 13 : Carte des pentes avant et après reclassement

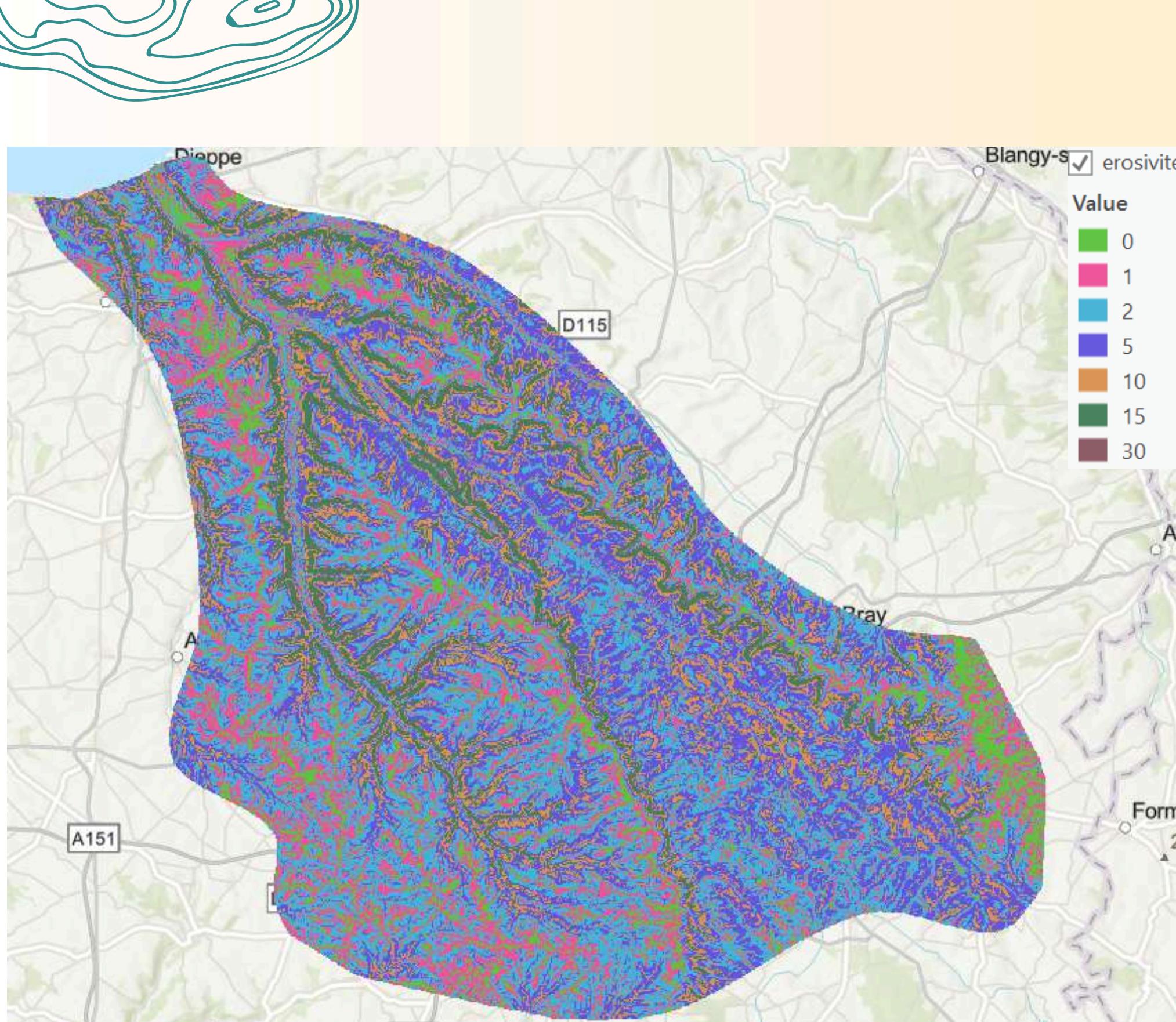


Figure 14 : Carte de l'érosivité

Afin d'exprimer le facteur_pente sous la forme d'une « pente équivalente » compatible avec le modèle d'érosion, un reclassement inverse a été réalisé à l'aide de l'outil Reclassification. Les classes initiales ont ainsi été converties en valeurs de pente exprimées en pourcentage, par exemple : la classe 1 correspond à 0 %, la classe 2 à 1 %, jusqu'à la classe 7 qui représente une pente de 30 %. Le raster issu de cette opération a été enregistré sous le nom erosivite. L'absence de la classe 8 est cohérente avec les données de départ, la pente maximale observée ne dépassant pas 56 %, ce qui correspond à la classe 7 du modèle.

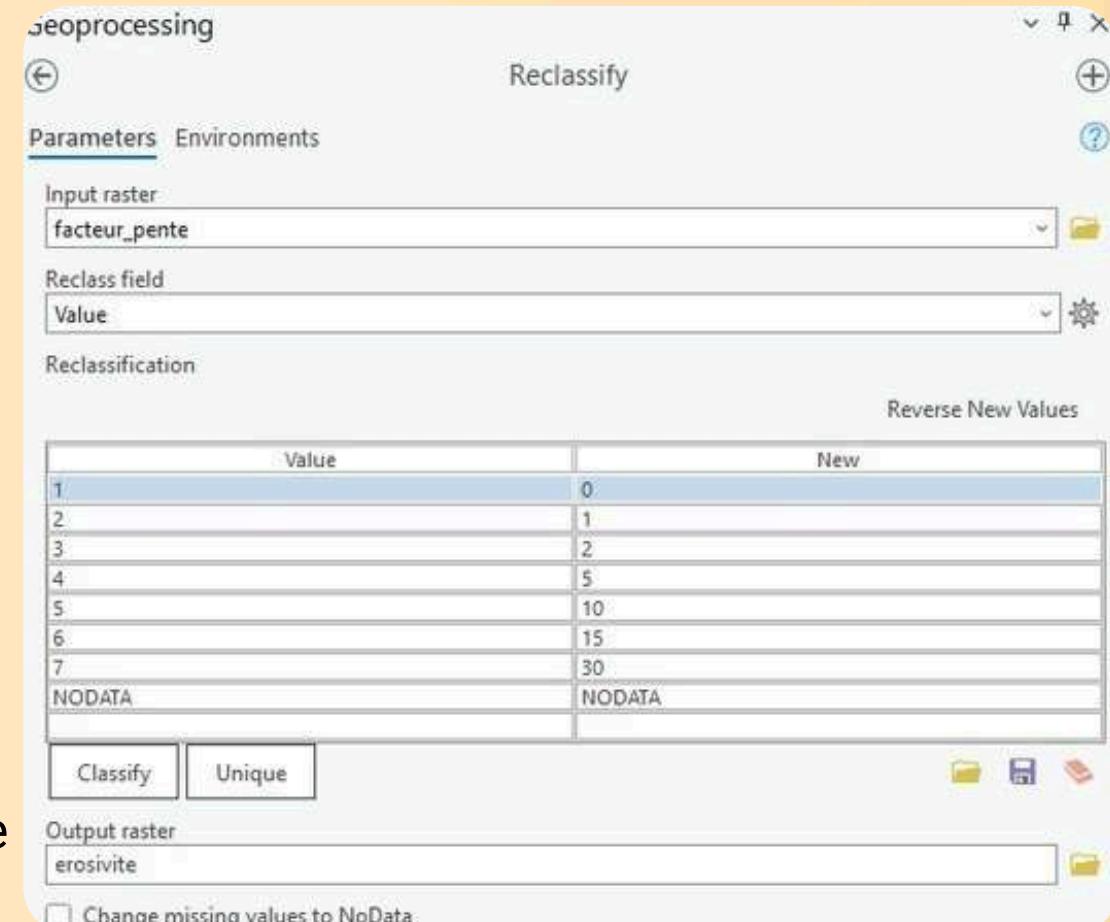


Figure 15 :
Reclassification de
la facteur_pente

5. ÉRODIBILITÉ DU MATÉRIAUX PARENTAL

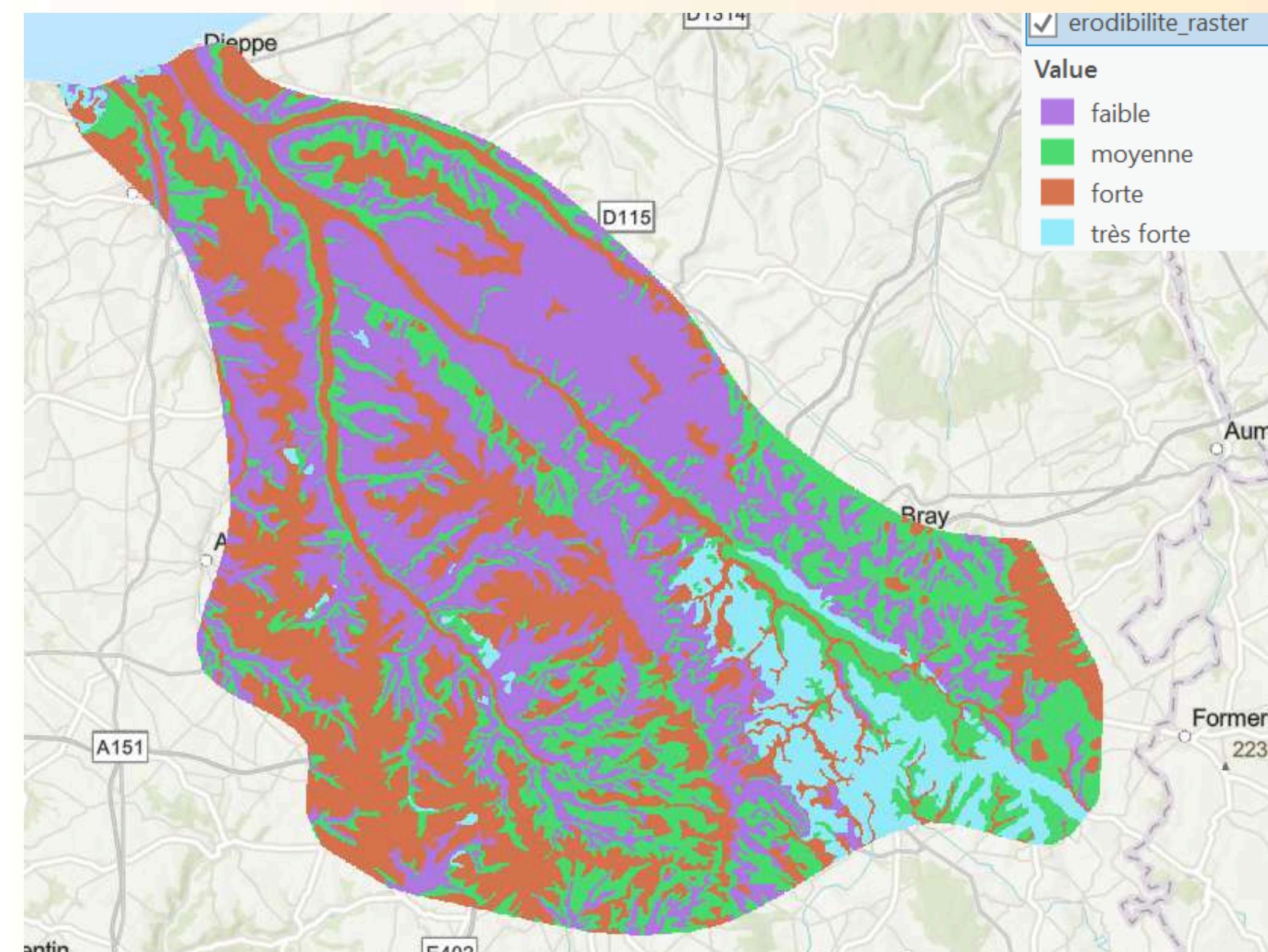
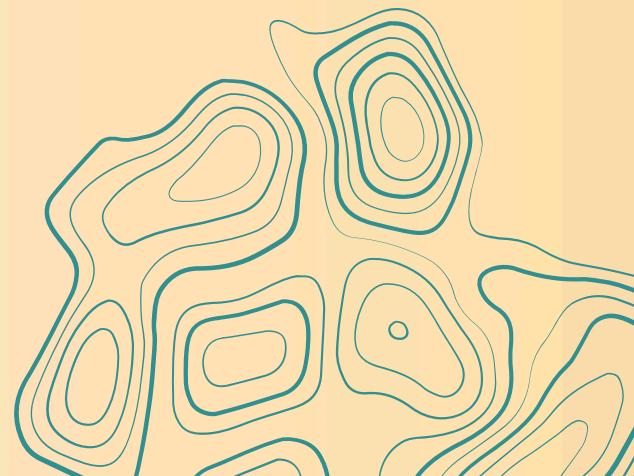
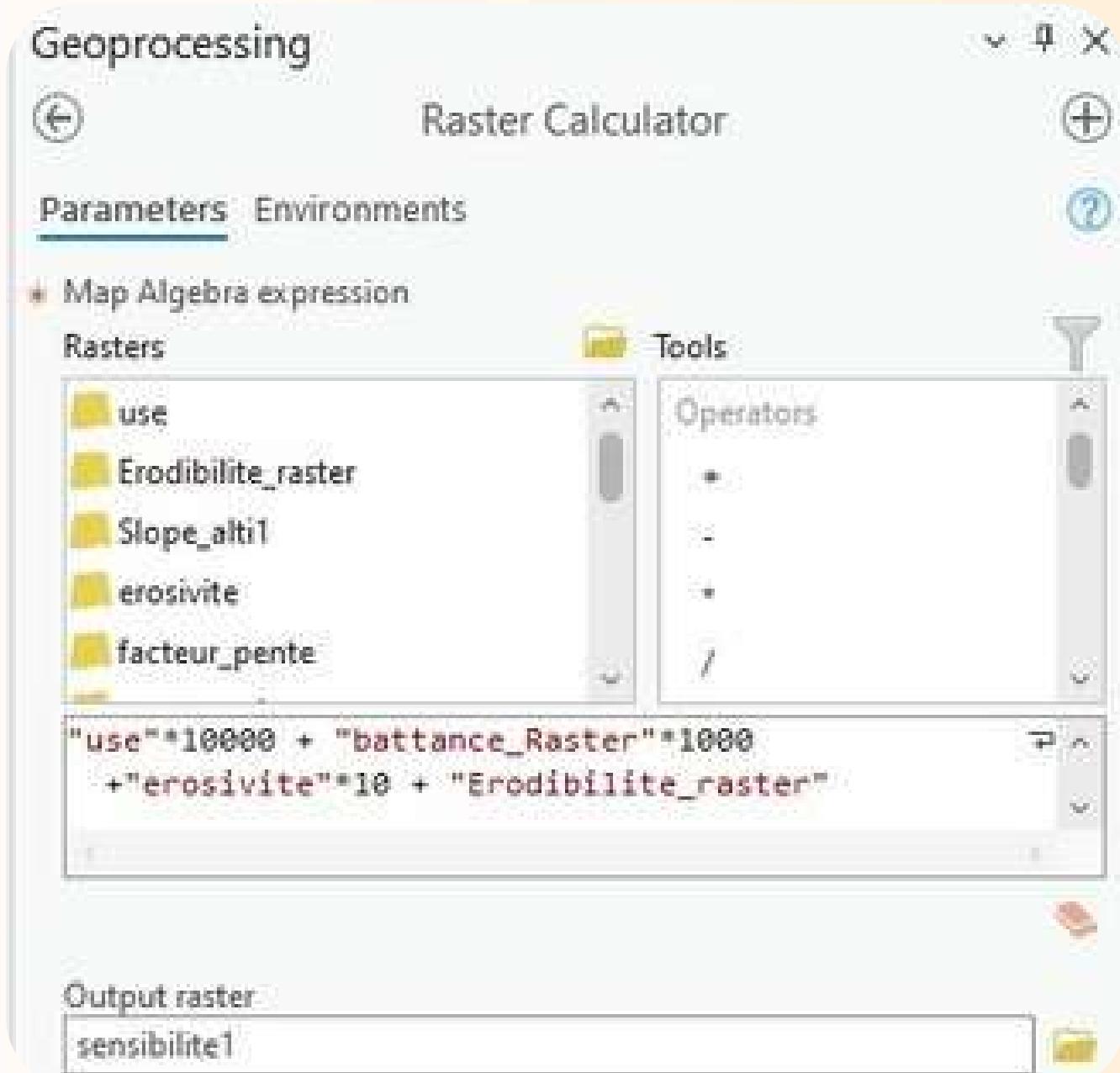


Figure 16: Carte de l'érodibilité du matériau parental

Pour estimer l'érodibilité du matériau parental, un facteur essentiel pour mesurer la vulnérabilité du sol à l'arrachement, une démarche analogue à celle utilisée pour la battance a été adoptée. L'érodibilité dépend directement de la nature lithologique du sol et est renseignée dans la table **geol_reclass.dbf**, où chaque type de sol se voit attribuer une valeur comprise entre 0 (absence d'information) et 5 (érodibilité très élevée). À partir de ces données, un raster nommé erodibilite a été généré afin de représenter spatialement cette caractéristique. Ce raster constitue un élément clé pour l'intégration de l'érodibilité dans le modèle global d'évaluation de la sensibilité des sols à l'érosion. La figure à gauche illustre le résultat obtenu.



6. CALCUL DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L’ÉROSION



Pour déterminer la sensibilité des sols à l’érosion, les différentes couches raster correspondant aux paramètres du modèle à savoir l’occupation du sol (**use**), la battance, l’érosivité (**erosivite**) et l’érodibilité (**erodibilite**) ont été combinées. Cette opération permet d’attribuer à chaque pixel une valeur unique reflétant la combinaison spécifique de ces facteurs.

La calculatrice raster (Outils Spatial Analyst > Algèbre spatiale) a été utilisée pour appliquer la formule suivante :

$$\text{"use"} * 10000 + \text{"battance"} * 1000 + \text{"erosivite"} * 10 + \text{"erodibilite"}$$

Le raster résultant, nommé **sensibilite1**, contient des codes uniques correspondant aux différentes combinaisons de paramètres. Ces codes sont ensuite reliés aux classes de sensibilité à l’érosion définies dans la table **smodel** via l’attribut **SENSITIVIT**. Ce fichier constitue ainsi la base pour la reclassification finale et la production de la cartographie de sensibilité.

Figure 17 : Calcul de la sensibilité des sols à l’érosion

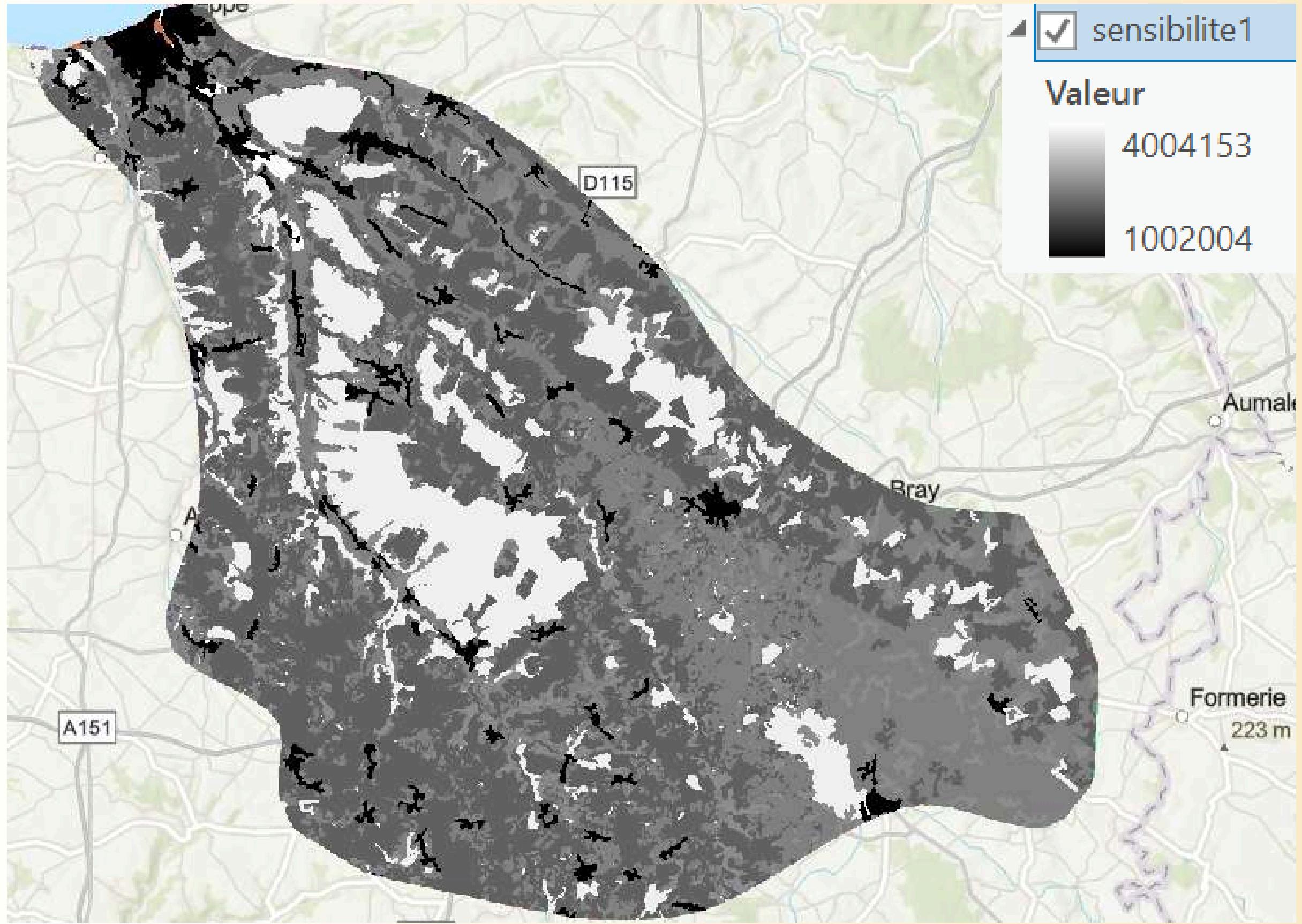
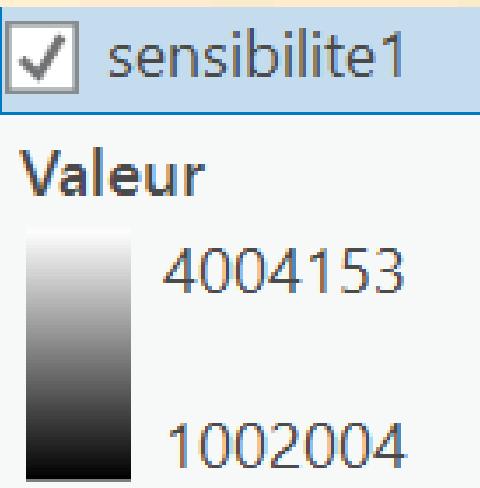


Figure 18 : Carte de sensibilité1 des sols à l'érosion



Cette carte représente la sensibilité potentielle des sols à l'érosion à l'échelle régionale, issue de la combinaison de l'occupation du sol, de la battance, de l'érosivité du ruissellement et de l'érodibilité des matériaux parentaux. Les valeurs les plus élevées indiquent des secteurs plus vulnérables, généralement associés aux zones à **pentes marquées, à forte concentration des écoulements et à des sols intrinsèquement sensibles**. À l'inverse, les zones à faible sensibilité correspondent majoritairement à des secteurs peu pentus ou bénéficiant d'une couverture du sol protectrice.

Une fois le raster **sensibilite1** généré, une jointure a été réalisée avec la table **smodel** afin d'attribuer à chaque pixel sa classe de sensibilité à l'érosion correspondante. Cette opération s'est appuyée sur le champ **value** du raster comme clé de correspondance et sur le champ **total** de la table **smodel** comme référence.

Après la jointure, la symbologie a été ajustée pour faciliter l'interprétation : les cinq classes ordinaires de sensibilité, allant de très faible à très forte, ont été représentées par un dégradé d'une seule couleur, tandis que les classes nominales ont reçu des couleurs distinctes (par exemple, 10 pour les zones urbanisées et 12 pour les zones humides). Cette cartographie permet ainsi de visualiser clairement la répartition spatiale de la sensibilité des sols à l'érosion sur l'ensemble de la zone étudiée.

Il convient de préciser que les valeurs des pixels restent celles issues du champ **value** du raster initial. De plus, la classe 11 n'apparaît pas, car aucune valeur du raster **sensibilite1** ne correspond aux critères définissant cette classe dans la table **smodel**.

The screenshot shows the ArcGIS 'Add Join' dialog on the left and a joined table view on the right.

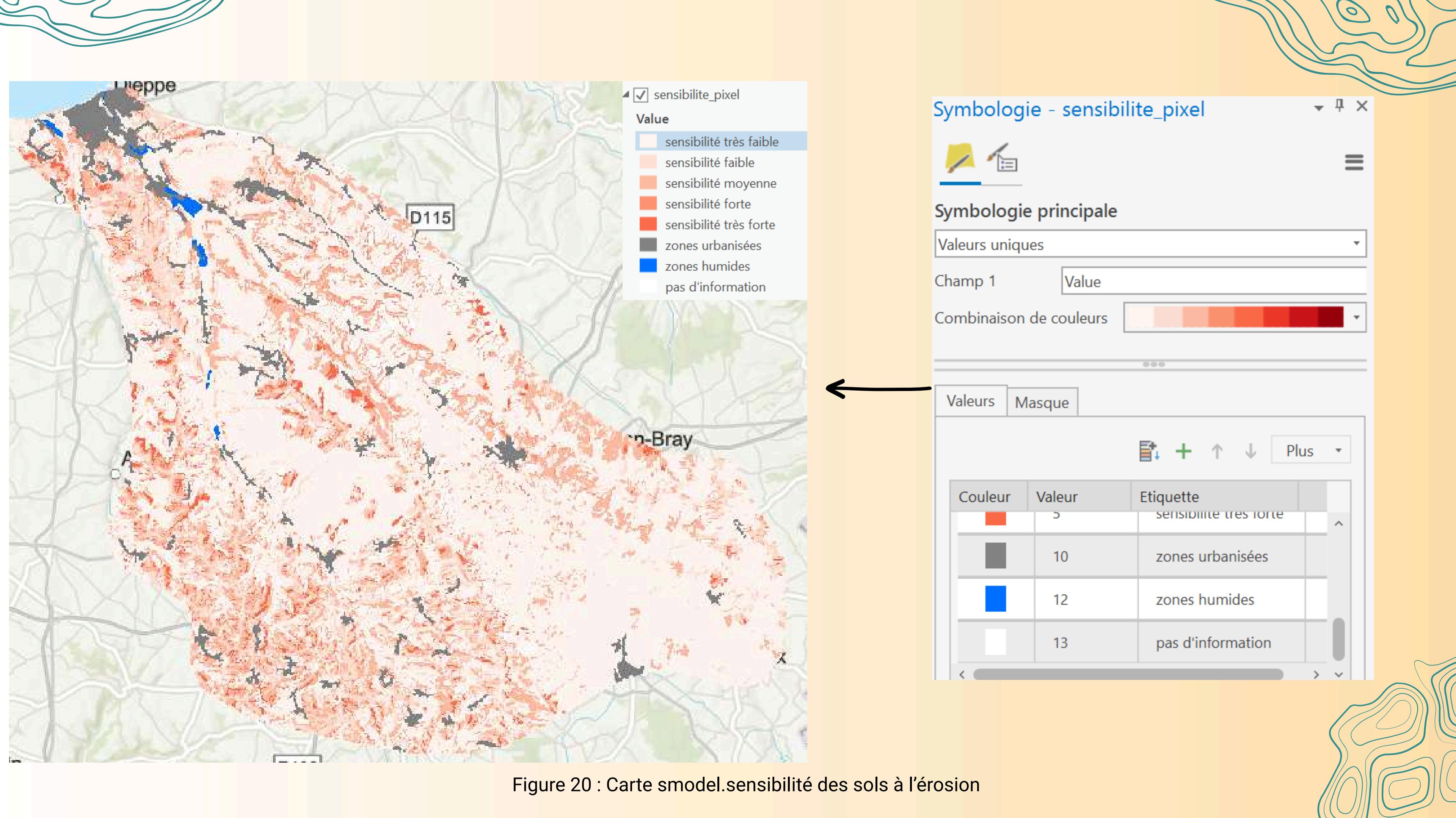
Add Join Dialog:

- Input Table:** sensibilite1
- Input Field:** Value
- Join Table:** smodel
- Join Field:** TOTAL
- Checkboxes:** Keep all input records (checked), Index join fields (unchecked)

Joined Table View: The table is titled 'sensibilite1' and contains the following columns: VAT_sensibilite1.OBJECTID, VAT_sensibilite1.Value, VAT_sensibilite1.Count, OBJECTID, USE, CRUSTING, SLOPACC, ERODIBILIT, SENSITIVIT, and TOTAL. The table has 153 rows, indexed from 145 to 153. An arrow points from the 'Value' field in the 'Add Join' dialog to the 'Value' column in the table view.

	VAT_sensibilite1.OBJECTID	VAT_sensibilite1.Value	VAT_sensibilite1.Count	OBJECTID	USE	CRUSTING	SLOPACC	ERODIBILIT	SENSITIVIT	TOTAL
145	82	2103302	415	471	210	3	30	2	3	2103302
146	83	2103303	1	472	210	3	30	3	4	2103303
147	97	2203012	4	729	220	3	1	2	1	2203012
148	98	2203022	70	735	220	3	2	2	2	2203022
149	99	2203052	74	741	220	3	5	2	2	2203052
150	100	2203102	61	747	220	3	10	2	3	2203102
151	101	2203152	31	753	220	3	15	2	3	2203152
152	102	2203302	1	759	220	3	30	2	3	2203302
153	139	2313002	614	1011	231	3	0	2	1	2313002

Figure 19 : Jointure sensibilite1 + smodel



II. INTÉGRATION DES RÉSULTATS ET CARTOGRAPHIE

Les unités spatiales d'intégration (USI) sont des zones géographiques délimitées qui permettent de regrouper, synthétiser et analyser des données spatiales. Elles servent à résumer des informations détaillées, comme les pixels d'un raster, afin de caractériser un territoire de manière globale. Les USI peuvent correspondre à des entités administratives (communes, départements) ou à des unités naturelles (bassins versants), et elles sont indispensables pour comparer les résultats à différentes échelles et soutenir la prise de décision.

Dans l'évaluation de la sensibilité des sols à l'érosion, plusieurs types de données peuvent être intégrés comme USI :

- Entités administratives : utiles pour comparer la sensibilité des sols et pour les décisions locales ou régionales.
- Bassins versants élémentaires (BVE) : essentiels pour étudier les processus d'érosion liés au ruissellement et à la dynamique des flux d'eau.
- Couches raster issues des analyses précédentes :
 - Relief et pente : les données reclassées peuvent être résumées par USI pour évaluer l'impact des déclivités.
 - Occupation du sol : les différentes classes (agricoles, urbaines, forestières, etc.) peuvent être agrégées pour estimer leur influence.
 - Battance : ce paramètre, qui reflète la tendance des sols à former une croûte de surface, peut être synthétisé pour identifier les zones vulnérables.
 - Érosivité du ruissellement : permet d'évaluer l'intensité du ruissellement pour chaque USI.
 - Érodibilité du matériau parental : les niveaux liés à la lithologie peuvent être résumés par des indicateurs moyens ou dominants.
 - Sensibilité des sols à l'érosion : le raster final permet de calculer la sensibilité dominante ou la répartition des classes par USI.

Pour caractériser la sensibilité des sols à l'érosion au niveau communal, j'ai choisi de retenir la valeur dominante de sensibilité, car les données sont qualitatives et ne se prêtent pas à des résumés statistiques classiques tels que la moyenne ou l'écart-type. Cette valeur dominante est issue du raster 'sensibilite1'.

Les valeurs de ce raster ne correspondent toutefois pas directement aux classes de sensibilité, car elles résultent de la combinaison de plusieurs paramètres : occupation du sol, battance, érosivité et érodibilité. Pour rectifier cela, un reclassement des pixels a été effectué à partir du fichier ASCII 'reclass_smodel.txt', qui établit les correspondances entre les valeurs du raster et les classes de sensibilité.

L'importation de ce fichier dans ArcGIS Pro s'est faite via l'outil Reklasser par fichier ASCII (Outils Spatial Analyst > Reclassement > Reklasser par fichier ASCII), permettant d'automatiser le processus et de garantir la cohérence des données. Le raster de sortie, nommé 'sensibilite', contient désormais des valeurs correctement reclassées, offrant une représentation fiable de la sensibilité des sols à l'érosion.

La capture d'écran ci-dessous illustre le processus, suivie de la carte finale de sensibilité par pixel.

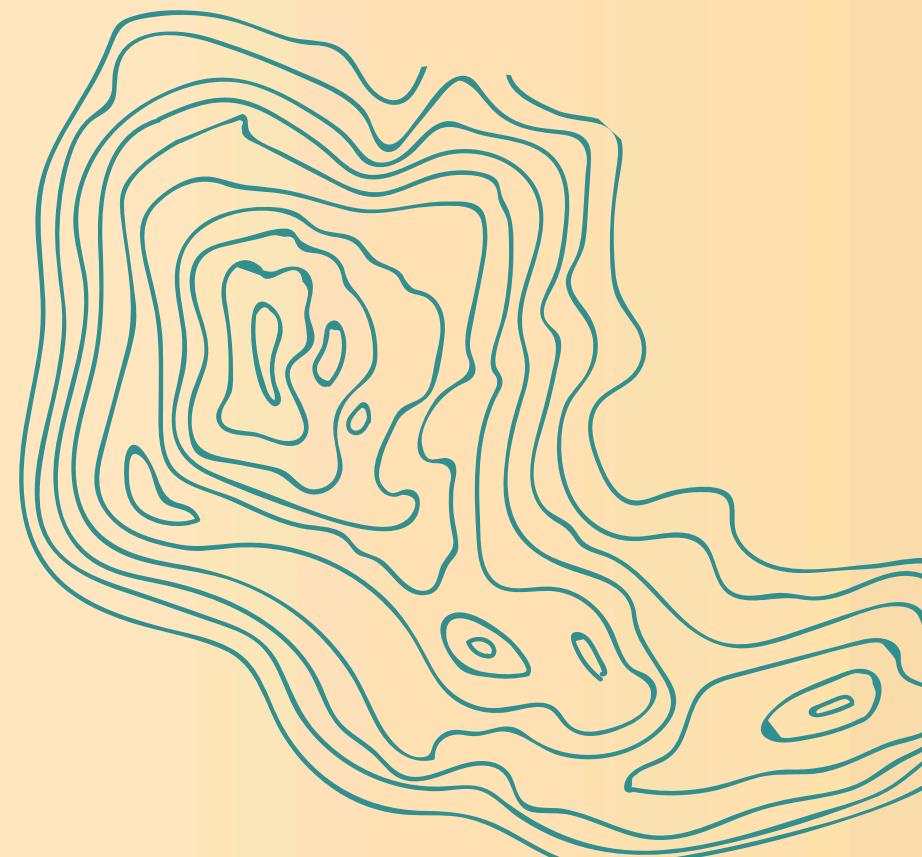
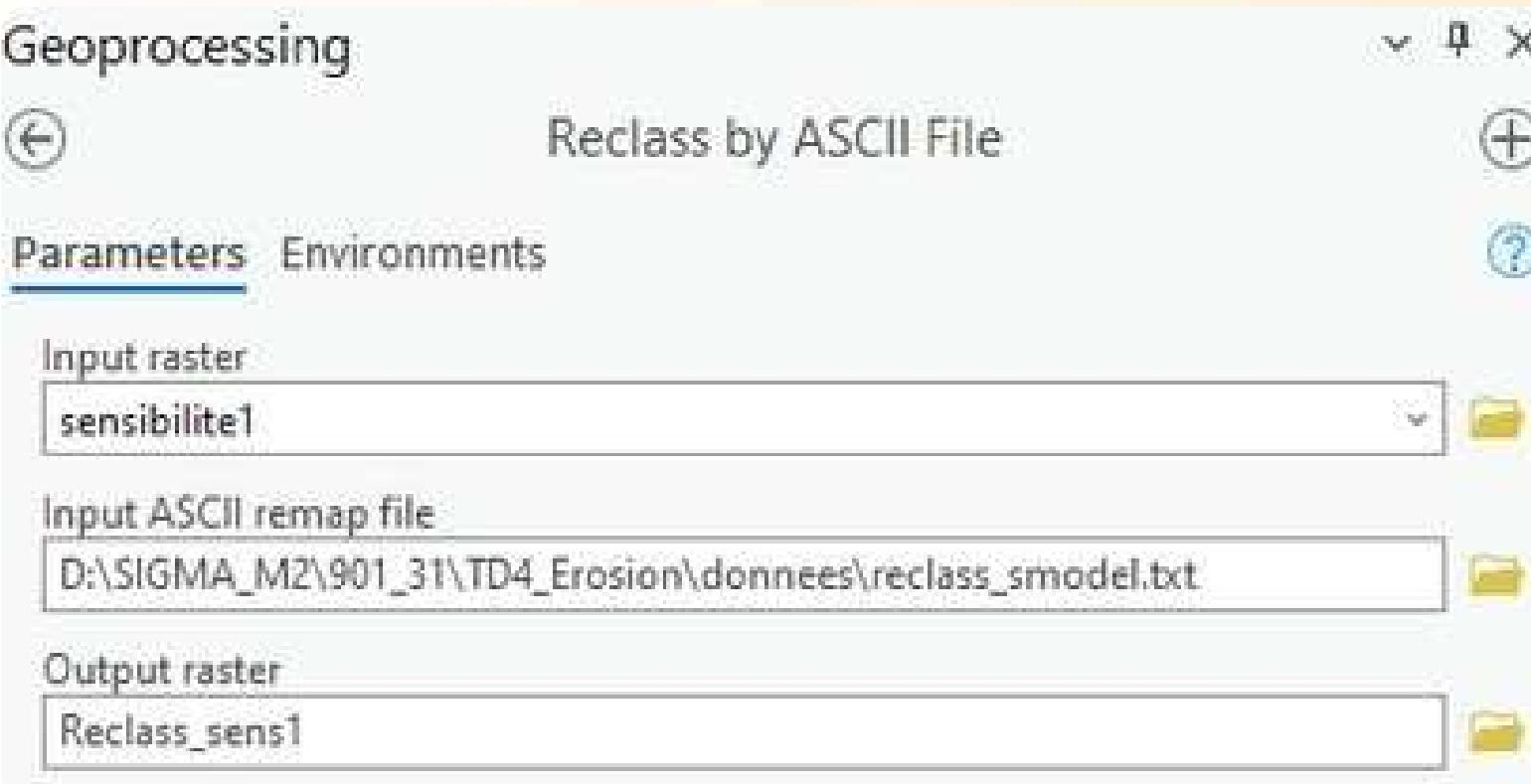


Figure 21 : Geoprocessing Reclass by ASCII File

Ci-dessous, le diagramme du processus de l'ensemble des traitements précédents.

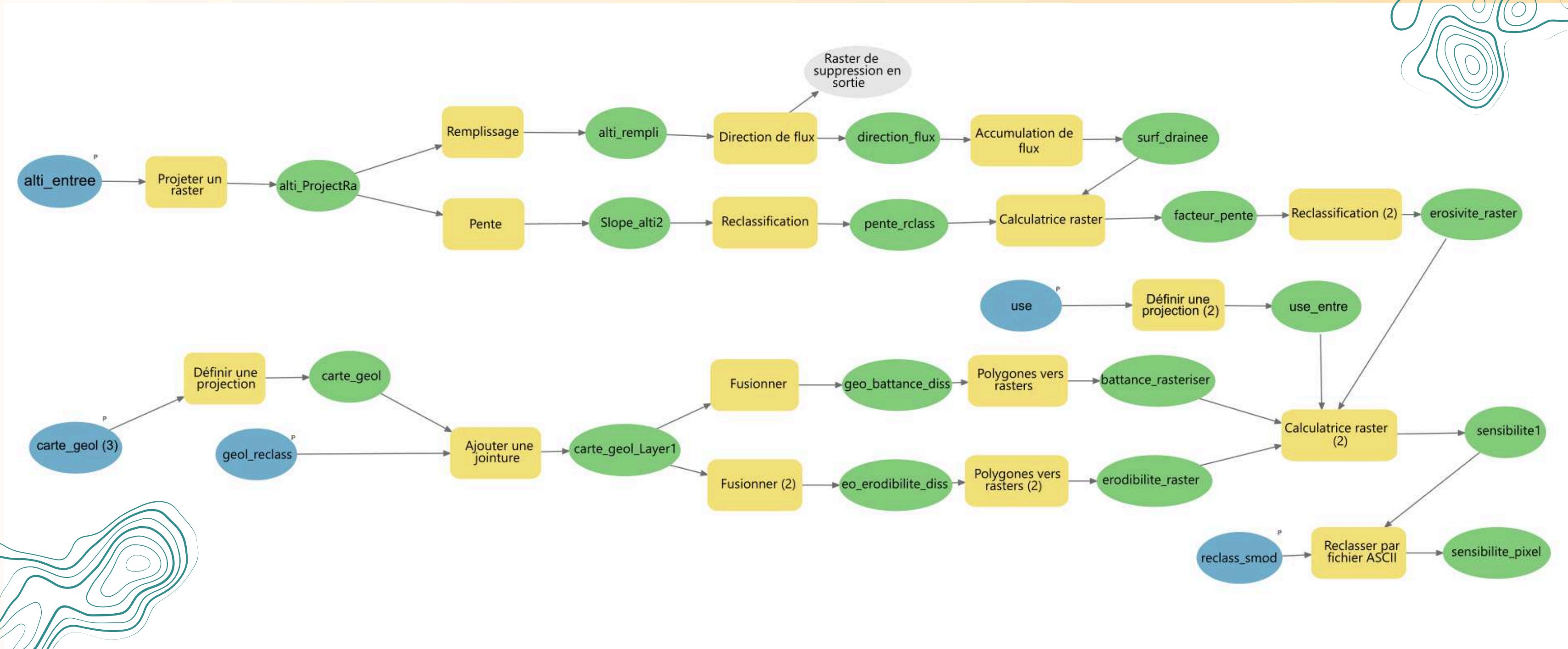
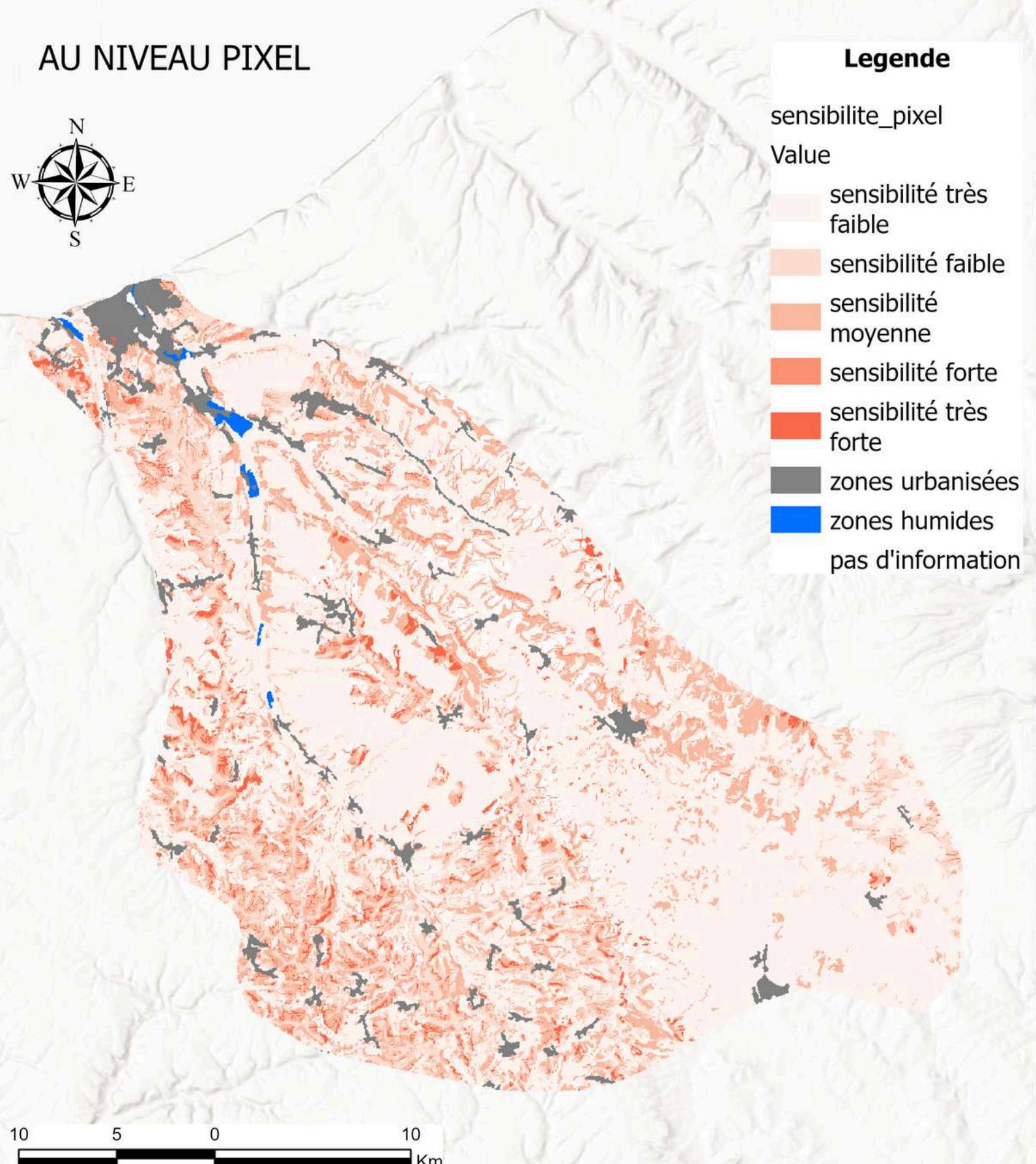


Figure 22 : Schéma de traitement du modeleur

CARTOGRAPHIE DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ÉROSION AU NIVEAU PIXEL



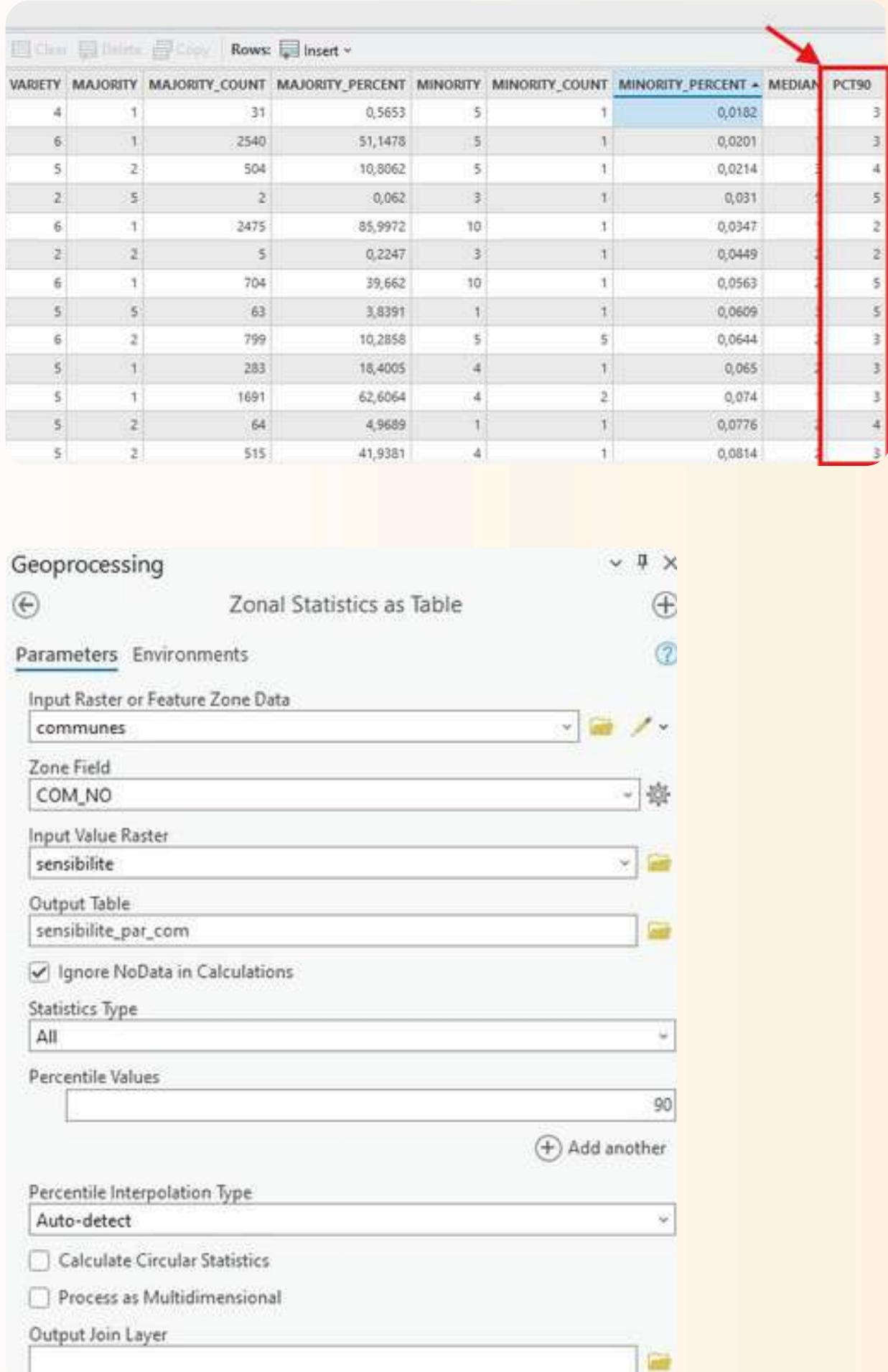
SOURCE : DONNÉES INRAE SOL ORLEANS ET BRGM

REALISATION : DJIBY DIALLO

Figure 23 : Carte de la sensibilité par pixel

La carte de la sensibilité des sols à l'érosion par pixel met en évidence une **forte hétérogénéité spatiale** de la sensibilité à l'érosion sur l'ensemble du territoire. La finesse de la résolution raster permet d'identifier des **variations locales marquées**, avec une alternance de zones à sensibilité faible, moyenne et forte, souvent liées aux contrastes de pente, à la nature des sols et à l'occupation du sol.

Cette représentation détaillée révèle l'existence de **secteurs ponctuels particulièrement vulnérables**, parfois imbriqués au sein de zones globalement moins sensibles, ce qui souligne l'intérêt de cette échelle pour un **diagnostic précis des processus érosifs**. Toutefois, la grande richesse de l'information peut rendre la lecture plus complexe pour une approche globale, limitant son usage direct pour la planification à large échelle.



La caractérisation de la sensibilité des sols à l'érosion au niveau communal s'appuie sur la **valeur dominante de sensibilité** pour chaque unité administrative. Cette méthode permet de déterminer, pour chaque commune, la classe de sensibilité la plus représentée, facilitant ainsi la comparaison entre territoires et la localisation des secteurs les plus vulnérables.

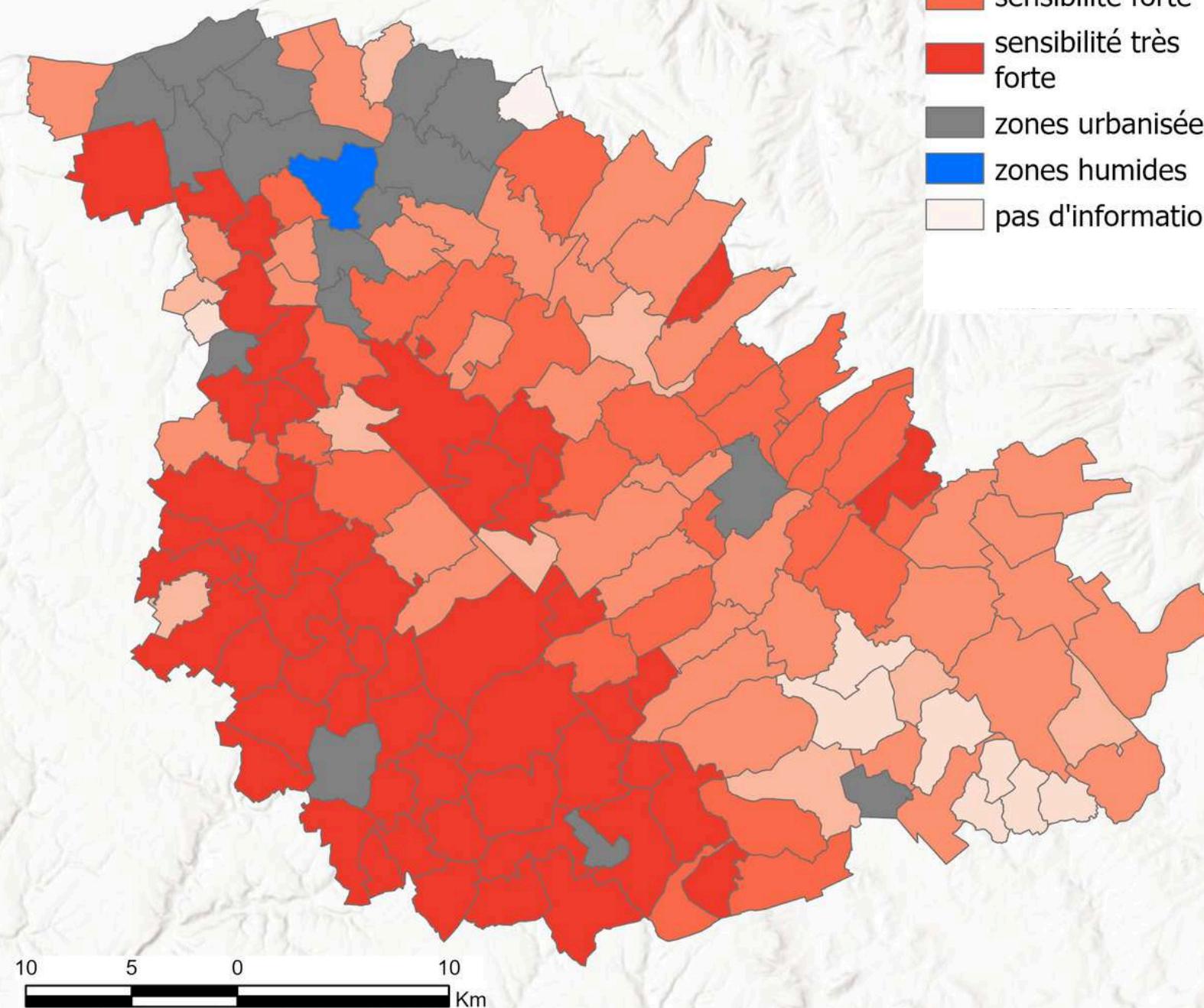
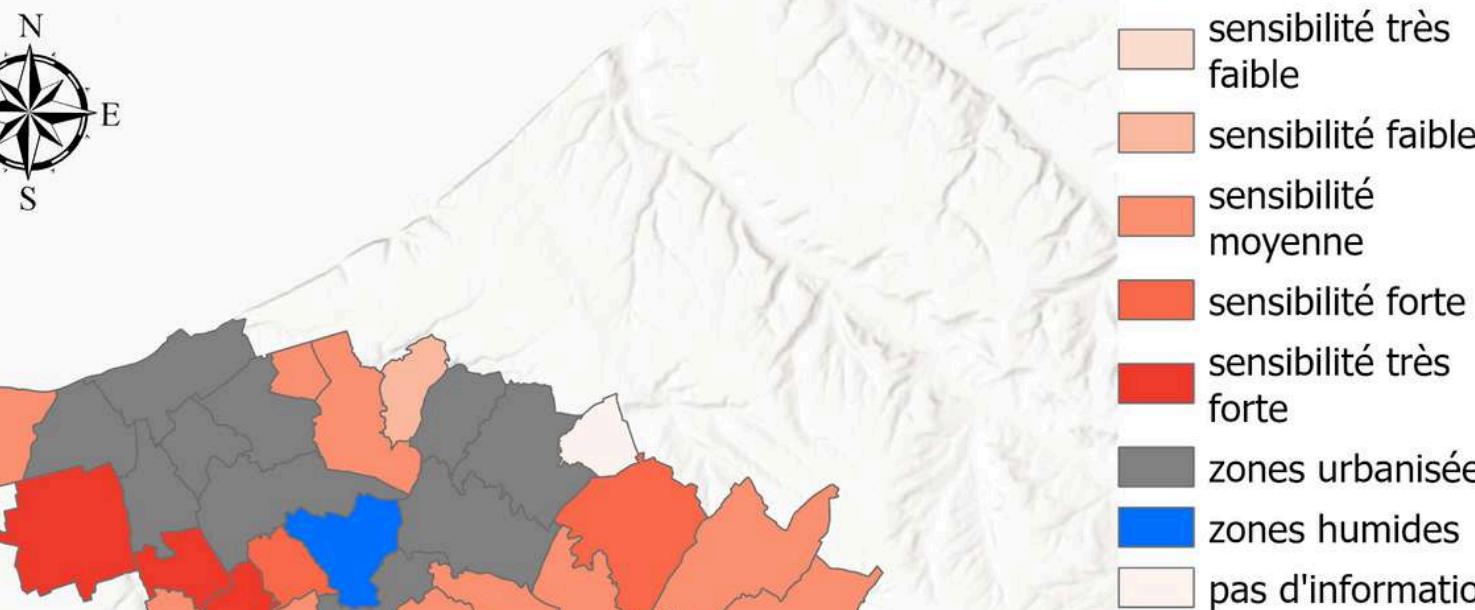
Le calcul a été réalisé à l'aide de l'outil Statistiques zonales (table) (Outils Spatial Analyst > Zonaux > **Statistiques zonales** (table)). La couche vectorielle des communes a été utilisée comme zone d'analyse, avec le champ **com_no** servant d'identifiant unique. Le raster sensibilite, contenant les classes finales de sensibilité des sols à l'érosion, a été sélectionné comme raster de valeurs. Les pixels de type **NoData** ont été exclus afin d'assurer la fiabilité des résultats.

La table de sortie, nommée **sensibilite_par_com.dbf**, compile les résultats pour toutes les communes, avec notamment la valeur dominante de sensibilité enregistrée dans le champ **PCT90**. L'analyse de cette table permet d'identifier les communes les plus exposées à l'érosion, offrant ainsi un outil pertinent pour la planification et la priorisation des actions de gestion des risques.

Les étapes du traitement ainsi que la carte de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle communale sont présentées ci-après.

Figure 24 : Geoprocessing statistique zonale

CARTE DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ÉROSION PAR COMMUNE



La carte de la sensibilité des sols à l'érosion par commune met en évidence une structuration **spatiale claire des niveaux de sensibilité à l'échelle administrative**. Elle montre une prédominance des classes de sensibilité **moyenne à très forte** sur une large partie du territoire, reflétant l'influence combinée des facteurs naturels (pente, lithologie, ruissellement) et de l'occupation du sol.

Lagrégation des données à l'échelle communale permet de **simplifier l'information raster** tout en conservant les tendances majeures, facilitant ainsi la **lecture globale et la comparaison entre communes**. Cette approche est particulièrement adaptée à **l'aide à la décision publique**, en lien avec les échelles institutionnelles de gestion des risques.

Toutefois, cette généralisation peut **masquer des contrastes intra-communaux**, notamment dans les communes étendues. L'intégration des **zones urbanisées et des zones humides** apporte néanmoins un cadre spatial pertinent pour l'analyse des enjeux d'aménagement et de protection des sols.

Figure 25 : Carte de la sensibilité par communes



La comparaison entre la **carte de sensibilité des sols à l'érosion par pixel** et celle par **commune** met en évidence des différences notables dans la représentation des données. La carte par pixel offre un **niveau de détail très fin**, révélant des variations locales importantes, avec des contrastes marqués entre zones à forte et faible sensibilité, parfois même à l'intérieur d'une même commune. Elle est particulièrement adaptée pour des analyses précises et la planification d'interventions ciblées.

À l'inverse, la carte de sensibilité dominante par commune **agrège les informations à l'échelle administrative**, ce qui simplifie la lecture et facilite les comparaisons entre communes. Cependant, cette approche a pour conséquence de **lisser les variations locales**, pouvant **masquer certaines zones à risque** à l'intérieur des territoires communaux.

En résumé, ces deux cartes sont **complémentaires** : la carte par pixel fournit un diagnostic détaillé, tandis que la carte par commune est plus pertinente pour **la planification stratégique et la prise de décisions à l'échelle administrative**.

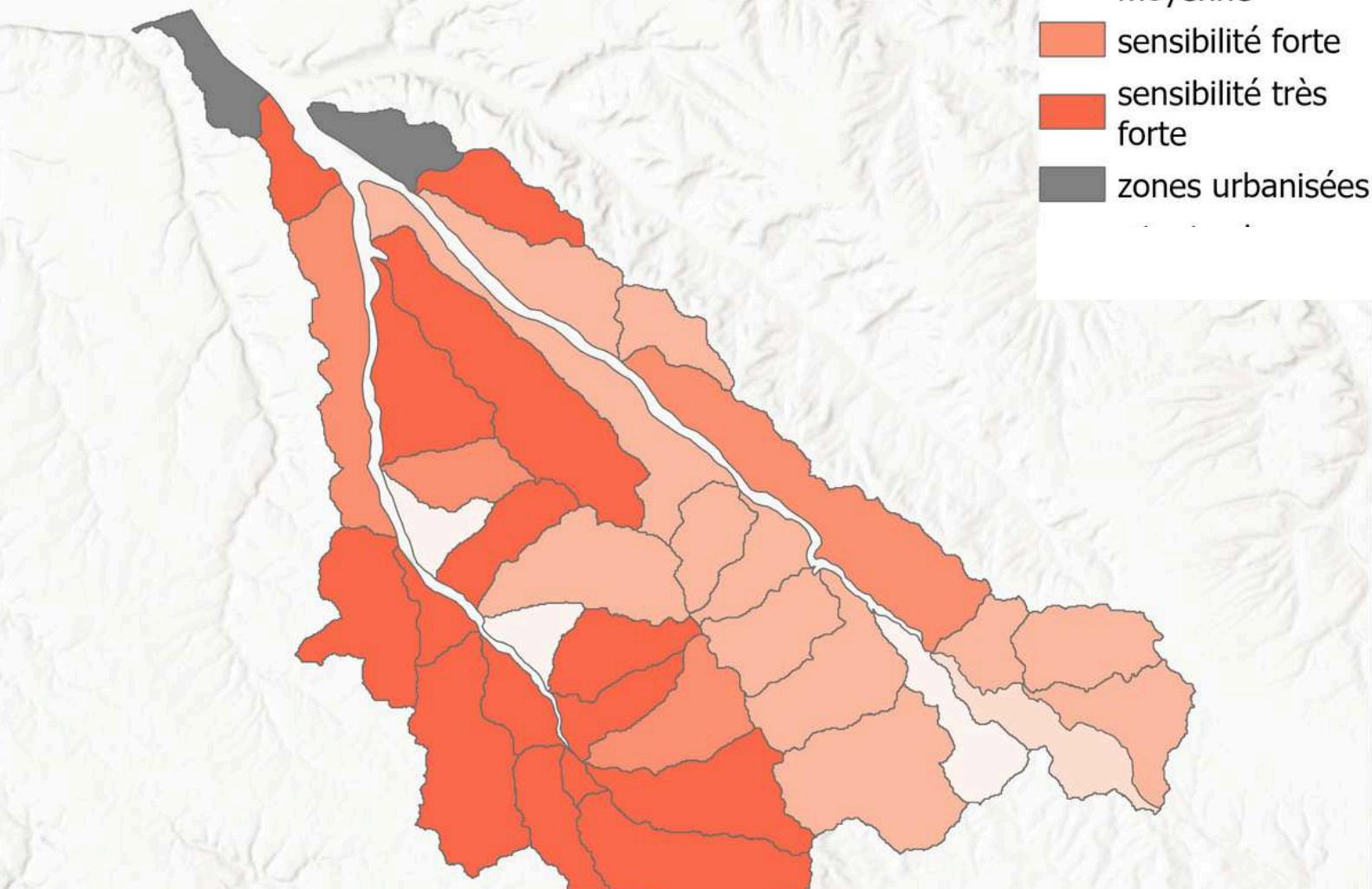
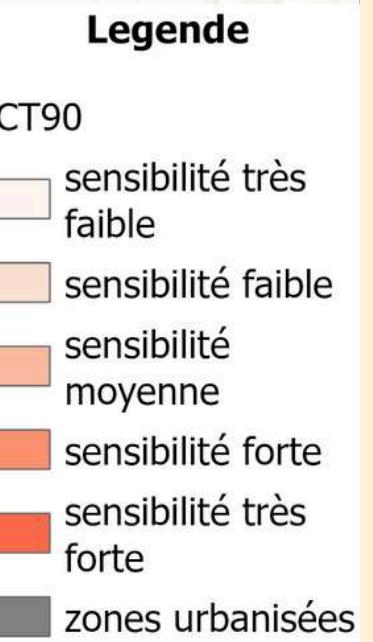
Pour l'évaluation de la sensibilité à l'érosion au niveau des bassins versants, la même approche que celle utilisée pour les communes a été appliquée. La valeur dominante de sensibilité a été calculée pour chaque bassin versant à partir du raster de sensibilité reclassé.

L'outil Statistiques zonales a été mobilisé, en prenant les BVE comme unités spatiales d'intégration. Cette méthode permet d'obtenir une vue globale des zones les plus vulnérables à l'érosion à l'échelle des bassins.

Deux cartes principales ont été produites à partir de cette analyse :



CARTE DE LA SENSIBILITÉ À L'ÉROSION DES BASSINS VERSANTS ELEMENTAIRES



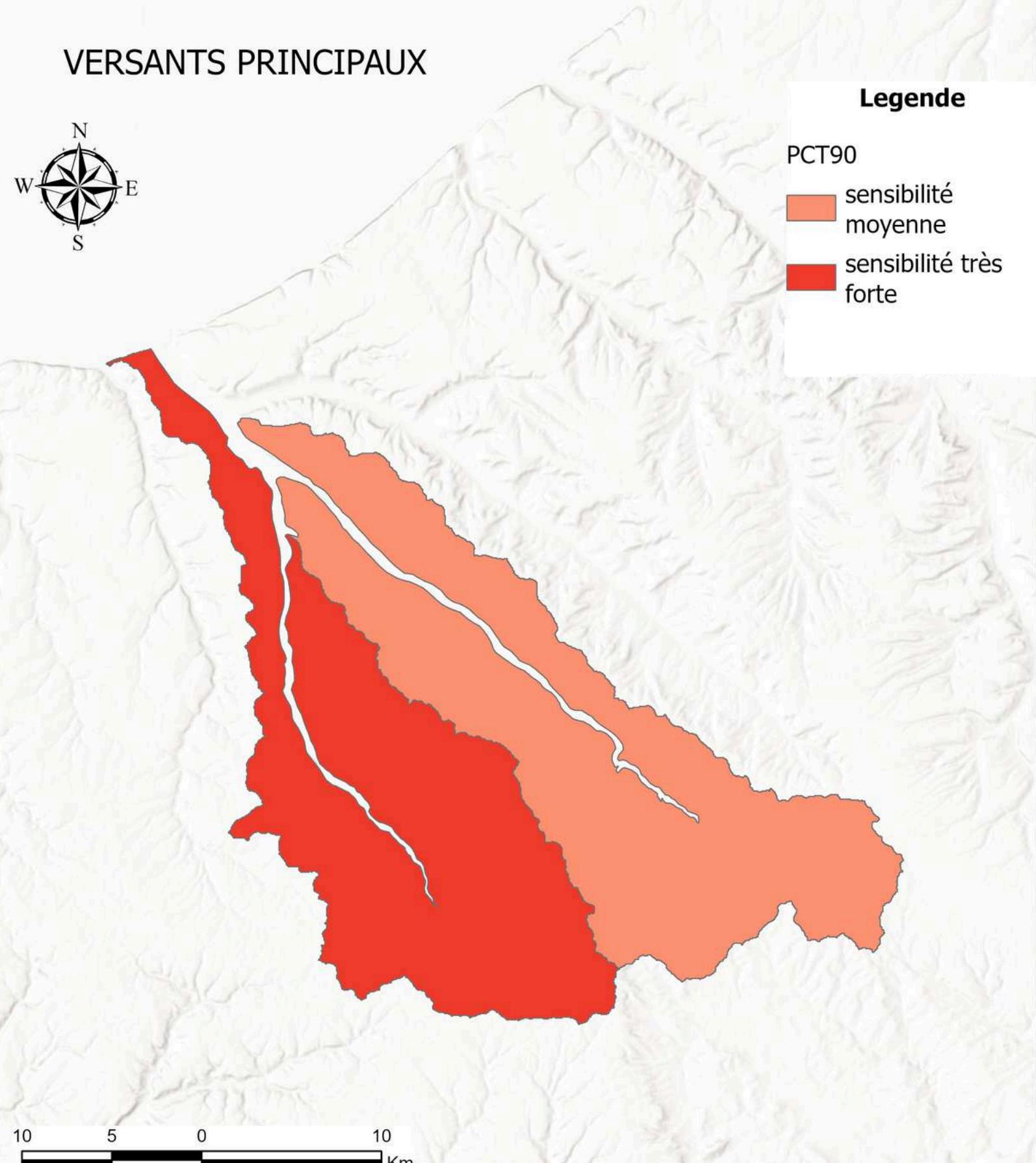
La carte de la sensibilité à l'érosion des bassins versants élémentaires offre une lecture **fine et fonctionnelle** des processus érosifs, en s'appuyant sur des unités spatiales cohérentes du point de vue hydrologique. Elle met en évidence une **forte variabilité des niveaux de sensibilité** au sein d'un même bassin principal, soulignant le rôle déterminant des conditions locales telles que la pente, la nature des sols et l'organisation du réseau de drainage.

Cette échelle d'analyse est particulièrement adaptée à l'étude des **dynamiques de ruissellement et de concentration des écoulements**, qui conditionnent l'intensité des phénomènes d'érosion. Elle permet ainsi d'identifier avec précision des **zones critiques**, susceptibles de générer des transferts importants de sédiments vers l'aval.

En ce sens, cette carte constitue un **outil opérationnel essentiel** pour la mise en place d'actions ciblées de prévention (aménagements anti-érosifs, pratiques agricoles adaptées, gestion des écoulements), en cohérence avec le fonctionnement naturel des bassins versants.

Figure 26 : Carte de la sensibilité des BV_elémentaires

CARTE DE LA SENSIBILITÉ À L'ÉROSION DES BASSINS VERSANTS PRINCIPAUX



SOURCE : DONNÉES INRAE SOL ORLEANS ET BRGM

REALISATION : DJIBY DIALLO

La carte de la sensibilité à l'érosion des bassins versants principaux propose une **vision synthétique et intégrée** de la vulnérabilité des sols à l'échelle régionale. En regroupant les informations à un niveau spatial plus large, elle fait apparaître des **tendances dominantes** de sensibilité à l'érosion, permettant de distinguer les bassins les plus exposés des secteurs relativement moins vulnérables.

Cette approche met en évidence l'influence des **grandes structures topographiques et hydrologiques** sur les processus d'érosion, en dépassant les variations locales pour se concentrer sur le fonctionnement global des systèmes de drainage. Si cette généralisation entraîne une **perte de détail** par rapport aux bassins versants élémentaires, elle est particulièrement pertinente pour la **planification stratégique**, notamment dans le cadre de politiques de gestion intégrée des bassins, de prévention des risques naturels et de protection des sols à long terme.

Ainsi, cette carte constitue un **niveau de lecture complémentaire**, indispensable pour articuler les actions locales avec des orientations de gestion à plus grande échelle.

Figure 27 : Carte de la sensibilité des BV_principaux

CONCLUSION

La comparaison des quatre cartes finales par pixel, par commune, par bassin versant élémentaire et par bassin versant principal illustre clairement l'influence de l'échelle d'analyse sur la représentation de la sensibilité des sols à l'érosion. La carte par pixel fournit un niveau de détail très fin, capturant les variations locales de sensibilité et permettant de repérer des zones à risque précis. Cependant, cette granularité peut rendre l'interprétation complexe pour des décisions à grande échelle.

La carte par commune, en agrégant les informations au niveau des unités administratives, offre une lecture simplifiée et facilite la prise de décision pour les autorités locales. Cette approche masque toutefois les disparités intracommunales et peut uniformiser des zones présentant des contrastes significatifs à l'échelle fine.

De manière similaire, la carte par bassin versant élémentaire met en évidence des zones homogènes sur le plan fonctionnel, en lien avec la dynamique hydrologique, ce qui est particulièrement utile pour des interventions ciblées sur la gestion des eaux et des sols. Enfin, la carte par bassin versant principal donne une vue d'ensemble des grandes tendances régionales, adaptée à la planification stratégique à large échelle, mais pouvant atténuer la détection des zones à forte variabilité locale.

En somme, chaque carte présente des avantages et des limites : la précision des représentations fines (par pixel ou par bassin élémentaire) complète la lisibilité et la pertinence des cartes agrégées (par commune ou par bassin principal). Cette approche multi-échelles s'avère donc essentielle pour une gestion efficace et adaptée des risques d'érosion des sols.