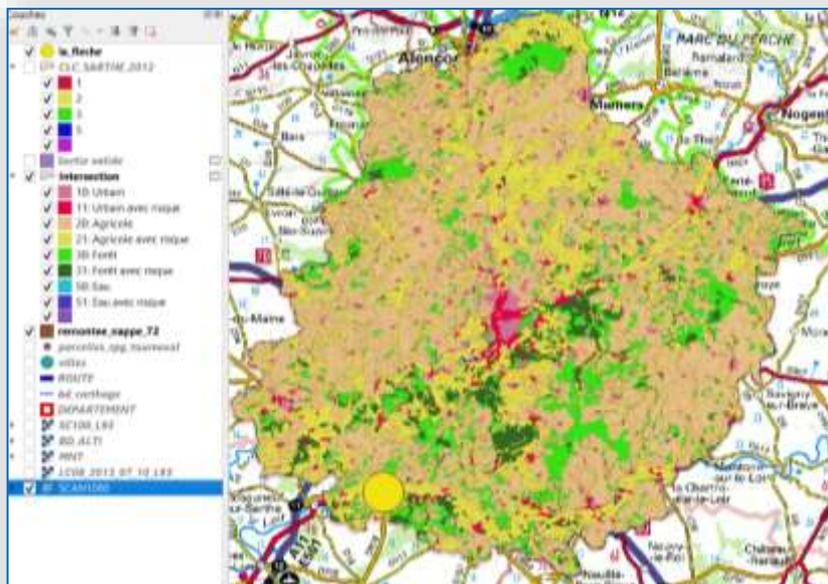
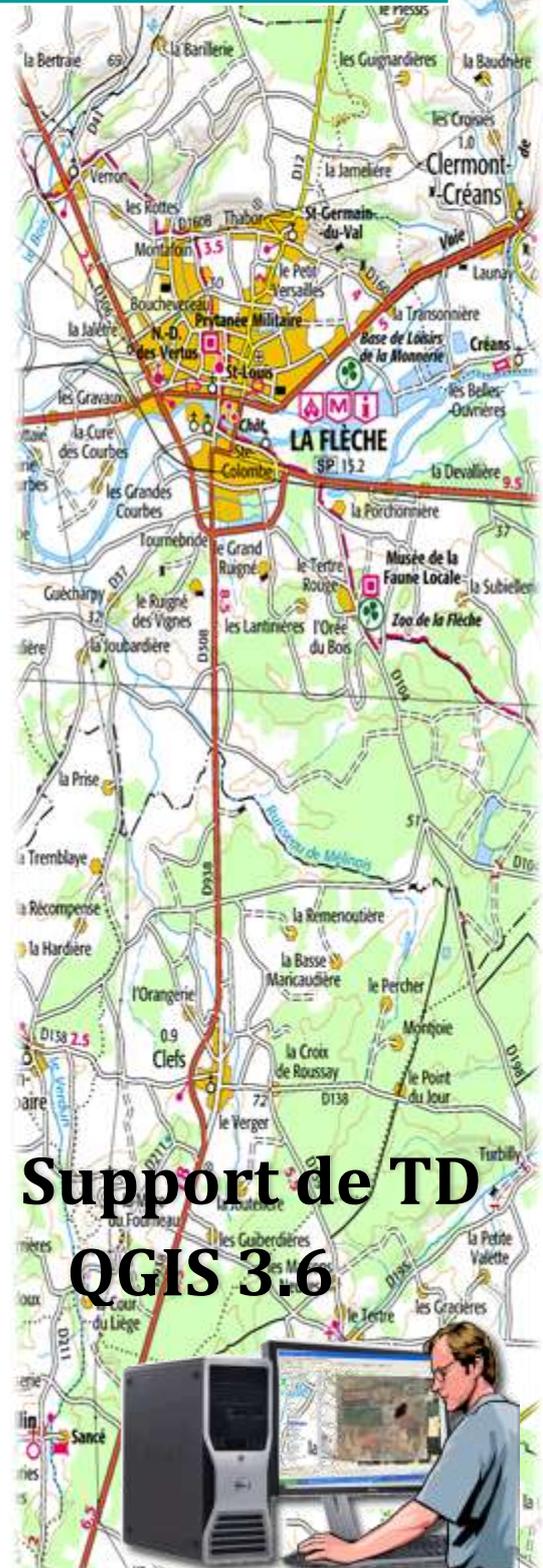




**Analyse spatiale en mode Raster avec QGIS 3.6**



Version de novembre 2020



Grande école européenne d'ingénieurs et de managers dans le domaine du vivant et de l'environnement

**Support de TD QGIS 3.6**

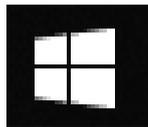




<b>1. Démarrage de QGIS</b>	<b>4</b>
<b>2. Structure Raster et logique générale des traitements Raster</b>	<b>6</b>
2.1. Retour sur la structure Raster	6
2.1.1. La structure matricielle des données Raster	6
2.1.2. Symbologie des Rasters	7
2.2. Logique générale des traitements Raster	7
2.2.1. Les traitements produisent un Raster en résultat	7
2.2.2. Fichier temporaire en résultat	8
2.2.3. Nom automatique des fichiers temporaires	8
2.2.4. Masquage géographique des couches Raster	10
2.2.5. Valeur spéciale « sans données » (NO DATA)	10
<b>3. Calculs mathématiques et requêtes avec la calculatrice Raster</b>	<b>12</b>
3.1. Calculs arithmétiques	12
3.2. Requêtes avec la calculatrice Raster	14
3.3. Requêtes Raster avec critères multiples	15
3.4. Masquage logique par formule	16
3.4.1. Avec la calculatrice Raster QGIS	16
3.4.2. Avec la calculatrice Raster SAGA	17
<b>4. Classification et reclassification de Raster</b>	<b>19</b>
4.1. Classification par table de valeurs	19
4.2. Différence entre couche classée et simple affichage catégorisée	21
<b>5. Croisement de couches Raster</b>	<b>23</b>
<b>6. Statistiques spatiales : statistiques zonales</b>	<b>27</b>
<b>7. Vectorisation et Rasterisation</b>	<b>30</b>
7.1. La vectorisation	30
7.2. La Rasterisation	32
<b>8. Interpolation de données ponctuelles</b>	<b>34</b>
4.9.1. Interpolation de données quantitatives par IDW	34
4.9.2. Interpolation de données qualitatives « au plus proche voisin »	39
<b>9. Analyse morphologique sur MNA</b>	<b>42</b>
9.1. Carte de pente	42
9.2. Carte d'exposition	45
9.3. Carte d'ombrage	46
9.4. Carte d'intervisibilité	47
<b>10. Analyse de distance</b>	<b>50</b>
10.1. Distance à vol d'oiseau	50
1.1. Distance pondérée avec coût de parcours	55

<b>11. Analyse de densité : carte de densité des aéroports en France .....</b>	<b>61</b>
<b>12. Opérations entre RASTER .....</b>	<b>64</b>
Fusion géographique de rasters.....	64
<b>13. Filtrage des Raster .....</b>	<b>66</b>
Traitement du bruit de signal : filtrage linéaire par la moyenne.....	66
Lissage géographique : filtrage non linéaire majoritaire.....	68

## 1. Démarrage de QGIS



Depuis le menu Windows : le menu de QGIS est QGIS 3.6

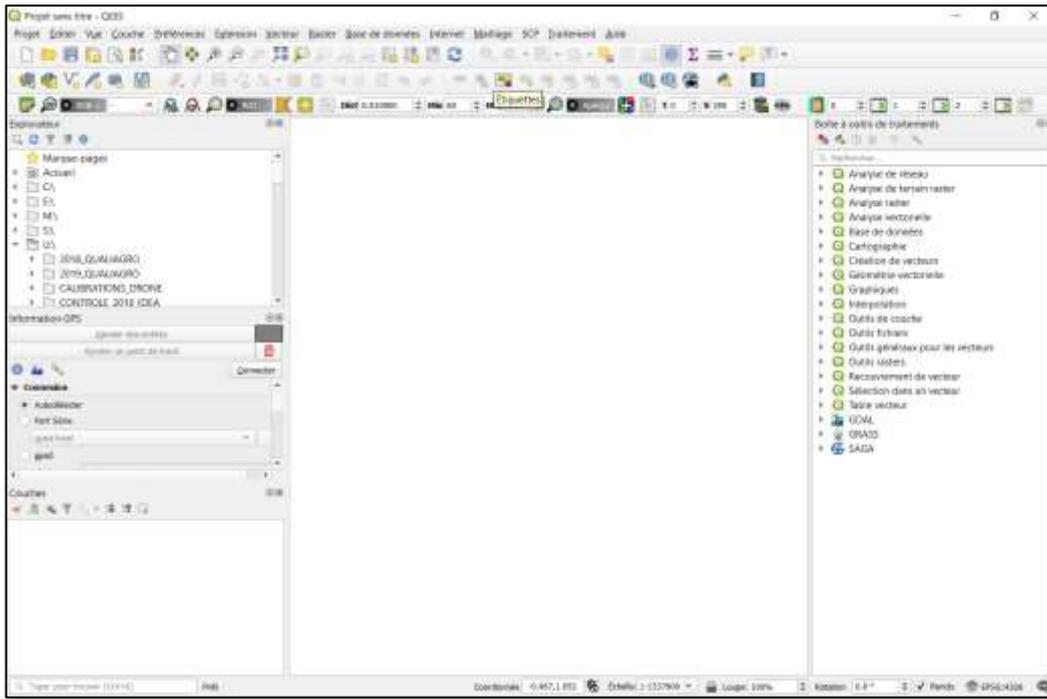


Lancer **QGIS Desktop 3.6.3 with GRASS**



Le TD a été préparé avec la Version **QGIS 3.6.3**

Installateur OsGeo: <https://download.osgeo.org/qgis/>



Télécharger le jeu de données « La Flèche » = fichier La\_Fleche.zip

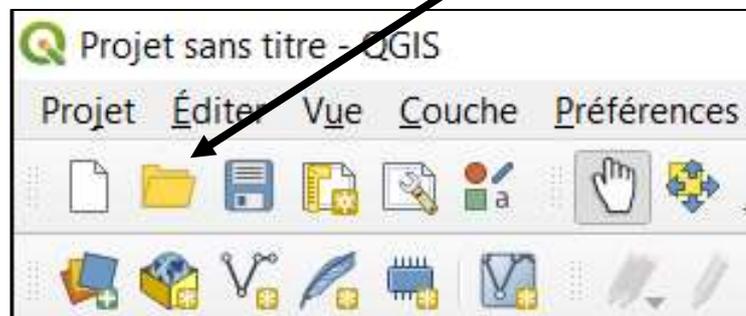
Décompresser le fichier ZIP dans votre disque de travail

Le dossier  **LA\_FLECHE** contient les données du TD

Depuis QGIS ouvrir le fichier de projet  **LA\_FLECHE.qgs** qui est à la racine du dossier « LA\_FLECHE »

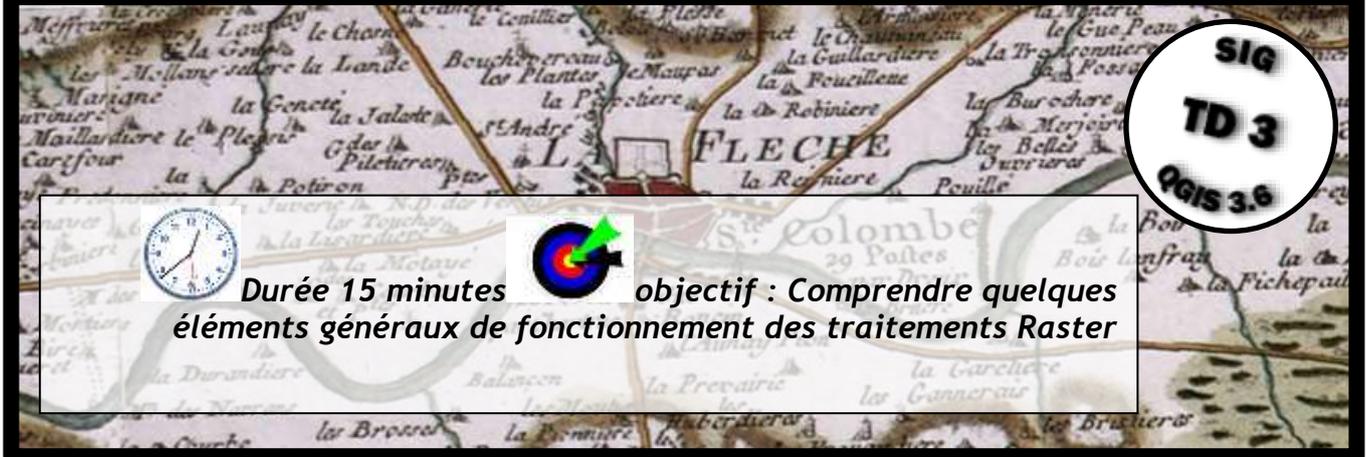
Menu → **Projet** → **Ouvrir**

Ou le bouton ouvrir 



 On peut aussi simplement double cliquer sur la\_fleche.qgs dans l'explorateur de fichiers Windows, pour lancer QGIS avec le projet.

## 2. Structure Raster et logique générale des traitements Raster



**SIG TD 3 QGIS 3.6**

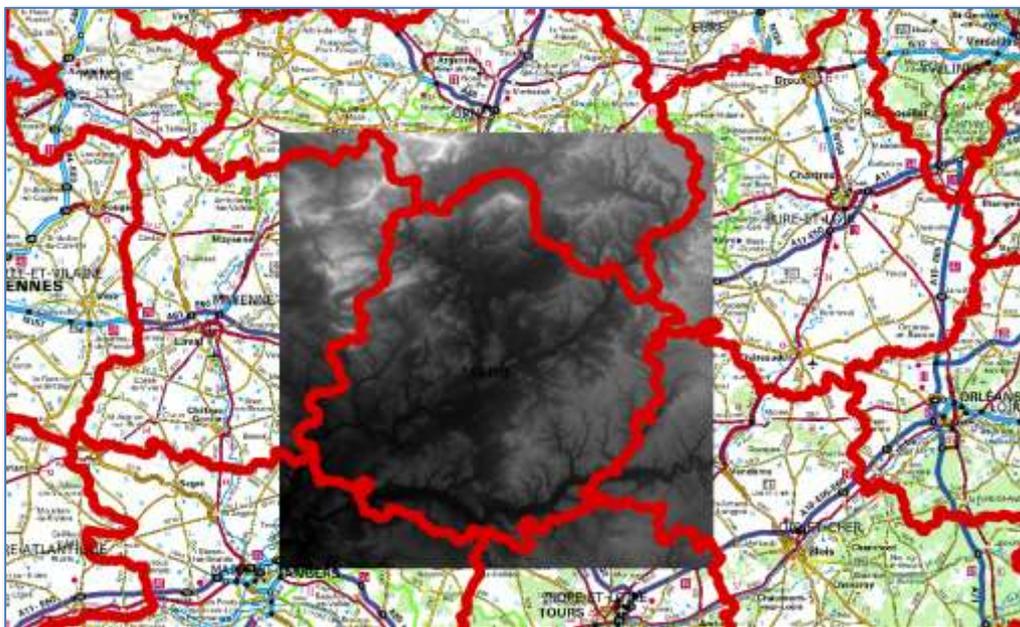
Durée 15 minutes **objectif : Comprendre quelques éléments généraux de fonctionnement des traitements Raster**

### 2.1. Retour sur la structure Raster

#### 2.1.1. La structure matricielle des données Raster

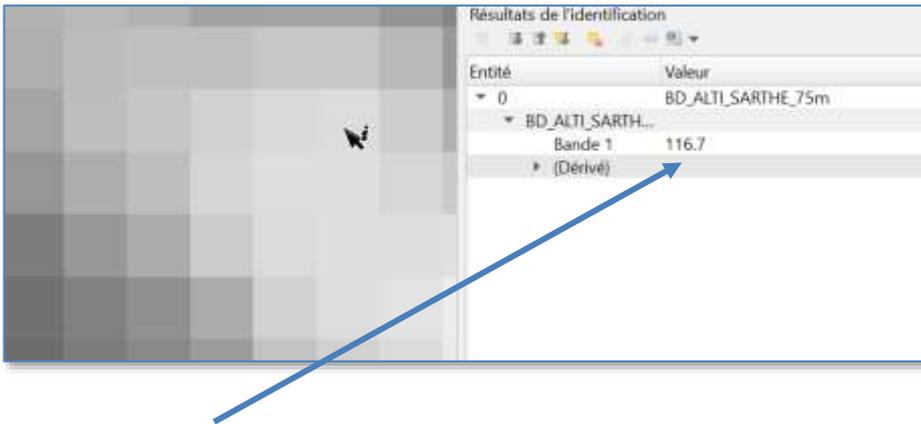


Ajouter `BD_ALTI_SARTHE_75m.tif` depuis `BD_ALTI\MNT` avec



Il s'agit du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'IGN à une résolution de 75 mètres. On parle aussi de MNA (Modèle Numérique d'Altitude) pour cette couche du relief.

Zoomer sur le MNT avec  et cliquer sur des pixels avec l'outils d'information 



Une valeur unique en chaque cellule de la matrice (pixel) c'est la structure classique des couches raster, il n'y a pas de tables attributaires.

### 2.1.2. Symbologie des Rasters

Voir le TD 1.1 en particulier comment représenter des données quantitatives et des données qualitatives des Rasters.

## 2.2. Logique générale des traitements Raster

### 2.2.1. Les traitements produisent un Raster en résultat



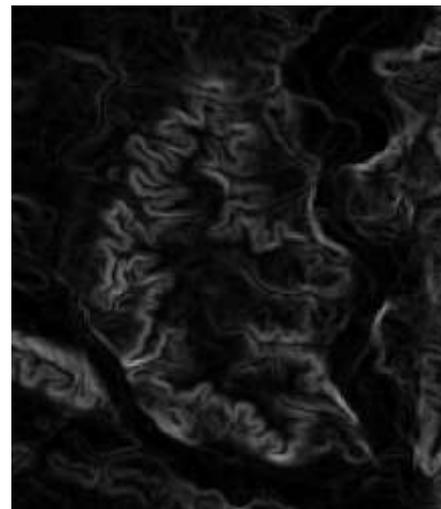
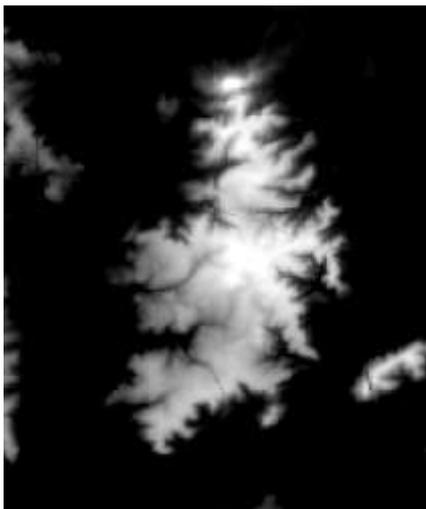
Calculez une carte de pente à partir du MNT précédent



Analyse de terrain raster



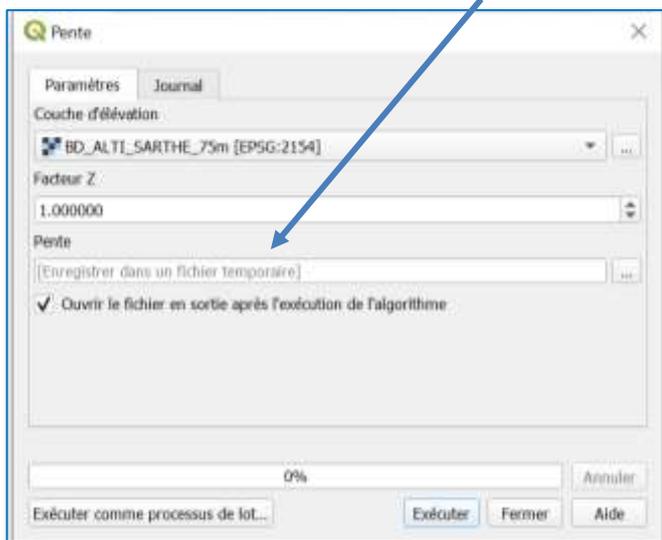
Pente



La plupart du temps un traitement raster aboutit à la création d'une nouvelle couche raster.

### 2.2.2. Fichier temporaire en résultat

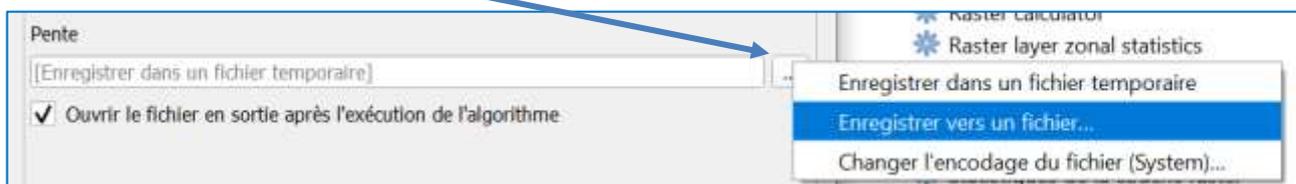
Dans le calcul de pente du point précédent, si on clique directement sur Exécuter, la couche de pente de résultat est créée dans un fichier temporaire, sans demander un nom.



C'est pratique car on n'a pas à entrer un nom de fichier résultat.

 Mais attention ces fichiers temporaires ne sont pas créés dans le dossier du projet, mais dans le dossier temporaire du profil utilisateur, ils sont plus susceptibles d'être oubliés ou effacés.

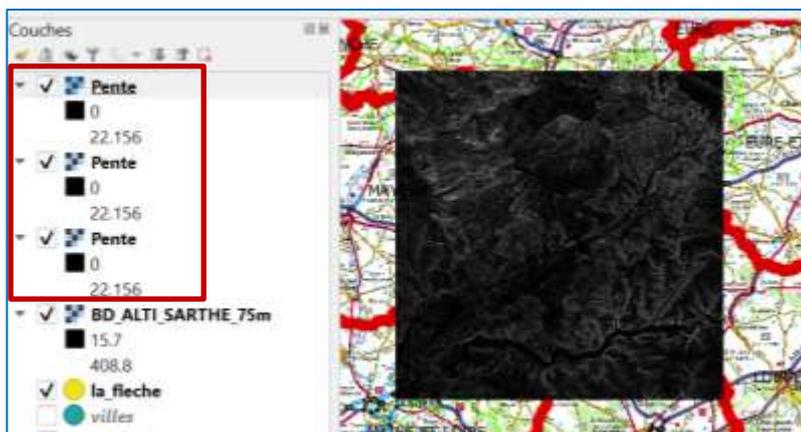
Si on pense conserver le résultat, mieux vaut le créer un fichier permanent en cliquant sur  sur



### 2.2.3. Nom automatique des fichiers temporaires

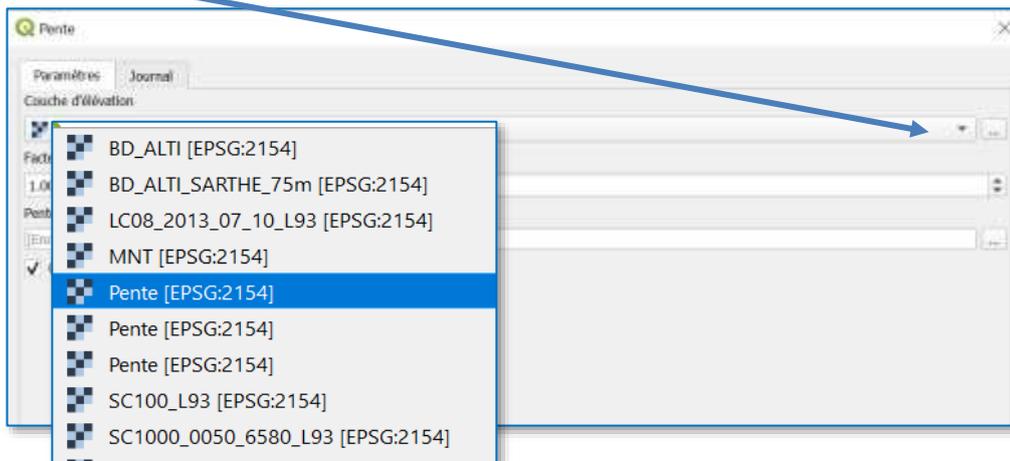
Quand on utilise un fichier temporaire en sortie d'un traitement raster, un **nom** lui est **automatiquement attribué**.

 Calculer 3 cartes de pente à partir du MNT « BD\_ALTI\_SARTHE\_75m.tif » en fichiers temporaires.



 Les trois cartes de pente calculées ont le même nom dans la liste des couches

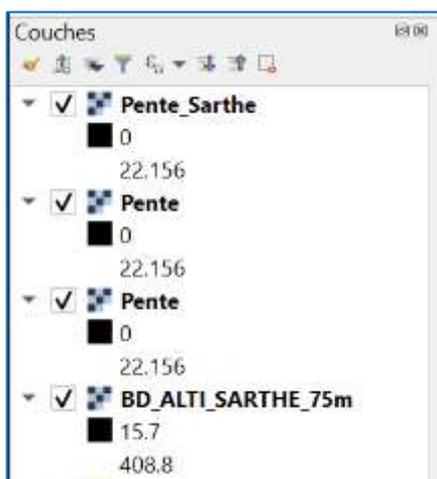
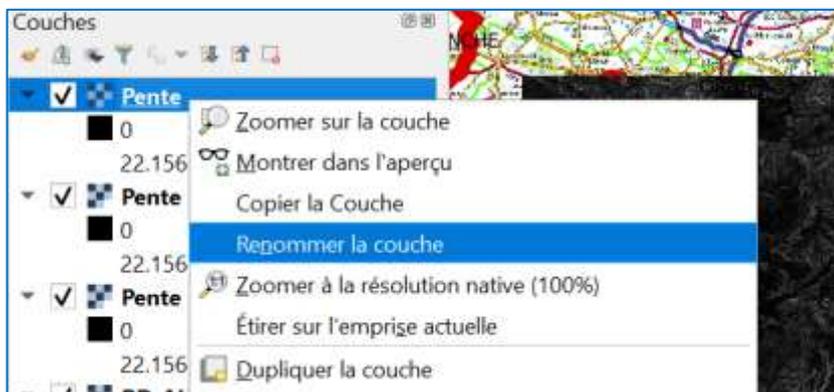
Relancer la fonction de calcul de pente et cliquer sur la liste des couches possibles en entrée



**⚠** On ne peut pas distinguer les 3 couches Pente qui ont le même nom, c'est une cause d'erreur on peut se tromper de couche en entrée d'un traitement.



Dans ce cas on peut renommer la couche dans la liste des couches (cela ne renomme pas le fichier sur le disque), pour cela cliquer avec le bouton droit sur la couche et choisir « **Renommer la couche** » ici par ex. « Pente Sarthe »



### 2.2.4. Masquage géographique des couches Raster



Limiter le MNT précédent au contour du département de la Sarthe

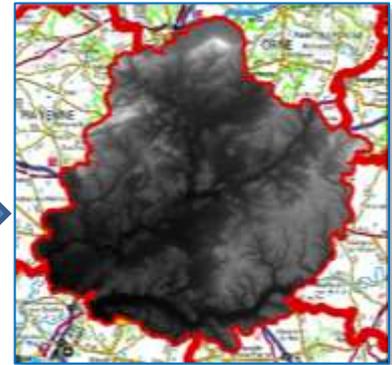
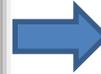
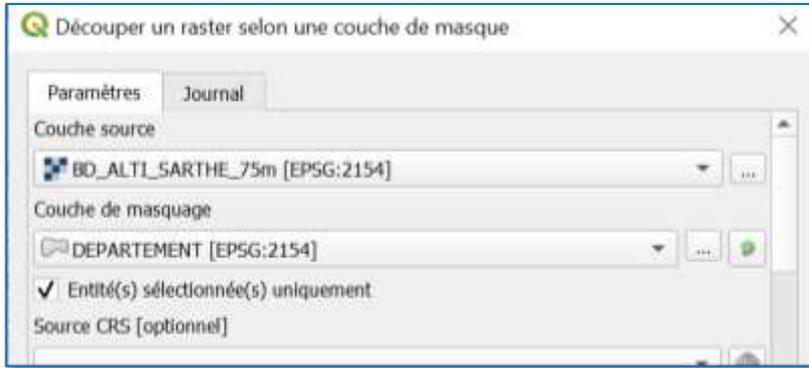


GDAL

Extraction raster



Découper un raster selon une couche de masque



La couche  **Découpé (masque)** est ajoutée  
Les pixels en dehors du département de la Sarthe ont été effacés, on parle de masquage

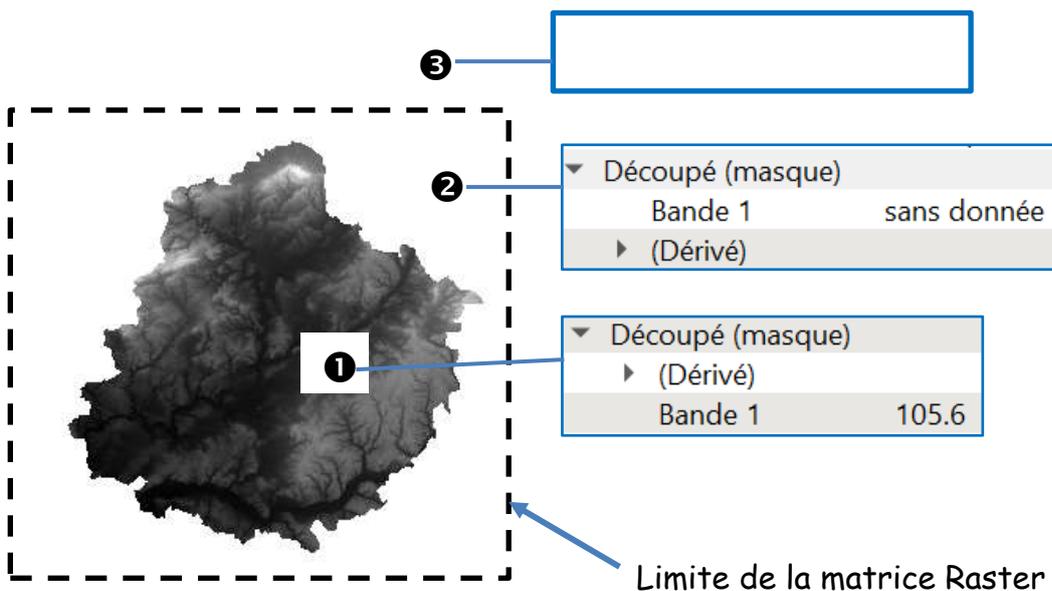
### 2.2.5. Valeur spéciale « sans données » (NO DATA ou NULL)



Regarder les valeurs des pixels en différents points du MNT précédent

Sur la couche masquée précédente, après avoir sélectionner la couche dans la liste de gauche, cliquer en différents points de la carte avec l'outil d'indentification  pour regarder la valeur des pixels.

Cliquer en ① en ② puis en ③ avec  et regarder les valeurs



Même si la limite du Raster masqué semble être le contour du département de la Sarthe, un raster reste une matrice rectangulaire, c'est ce que l'on voit dans les cliques des 3 zones ci-dessus.

En zone ❶ les pixels ont des valeurs correspondent aux altitudes, en ❸ il n'y a pas de valeur car on est en dehors de la matrice Raster et en ❷ il y a partout une valeur particulière « sans donnée » ou « no data » on est encore dans la matrice, mais ce sont les pixels qui ont été effacés lors du masquage.



Lors d'un masquage raster, les pixels « effacés » existent toujours, mais leur valeur est affectée à la valeur spéciale « sans donnée » qui est affichée par défaut en transparent et qui n'est pas prise en compte dans les calculs. Lors d'opérations entre plusieurs couches **« NO DATA » est un élément absorbant.**

*En algèbre un élément absorbant est un élément qui transforme tous les autres éléments en l'élément absorbant lorsqu'il est combiné avec eux*

Comme le zéro dans la multiplication : « une valeur » X 0 = toujours zéro

144 <opérateur quelconque> NO\_DATA = NO\_DATA

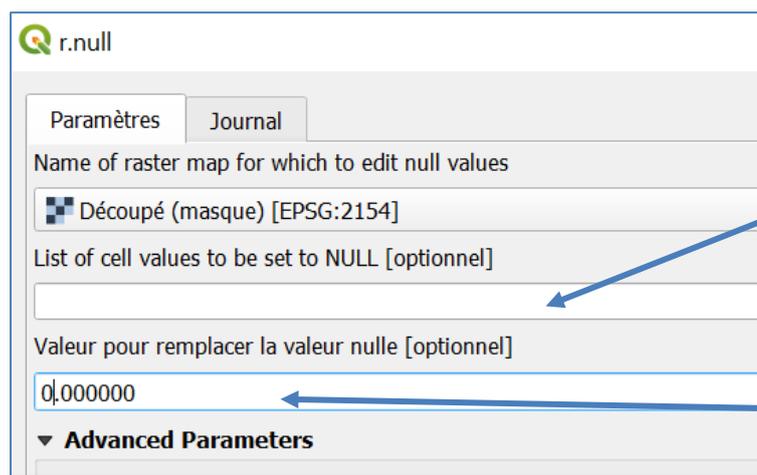
N'importe quoi combiné avec « no data » donnera toujours « no data »

Il est parfois utile de recoder des valeurs « sans données » en « 0 » par exemple ou inversement, surtout dans le cas où on pensait qu'une opération mettrait une valeur de fond en « sans données » mais qu'elle met « 0 » à la place.

Le fonction GRASS « r.null » permet de le faire



Recoder dans votre couche précédente le fond qui est à « sans données » en « 0 »



Ici si on veut faire l'opération inverse : remplacer une valeur (ou plusieurs) par « sans données »

Remplace, les « sans données » par « 0 »

Cliquer dans la couche résultat sur les pixels à l'extérieur du département et constater que l'on a bien « 0 » là où l'on avait « sans données » précédemment.



Voir aussi le point 3.4.2. avec les opératrices de « calculatrices Raster », dans les formules arithmétiques une division par zéro « 0/0 » correspondra à « sans données »

### 3. Calculs mathématiques et requêtes avec la calculatrice Raster



#### 3.1. Calculs arithmétiques



Ajouter la couche RAF18\_Sarthe.tif depuis le dossier BD\_ALT\MNT

Le Référentiel altimétrique France 2018 (RAF18) est une grille de conversion des altitudes entre altitude par rapport au niveau moyen de la mer (NMM) telle qu'elle figure sur les cartes IGN et l'altitude (hauteur) HAE (hauteur au-dessus de l'ellipsoïde) telle que donnée par les GPS.

$$A = h - N$$

A est l'altitude orthométrique du lieu (NMM)

h est la hauteur ellipsoïdale du lieu = altitude par rapport à l'ellipsoïde

et N est la hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde en ce lieu (RAF18) on parle aussi d'écart à l'ellipsoïde.



Calculer la hauteur par rapport à l'ellipsoïde HAE en partant du MNT du point 2.2.3. qui est en NMM et du RAF18

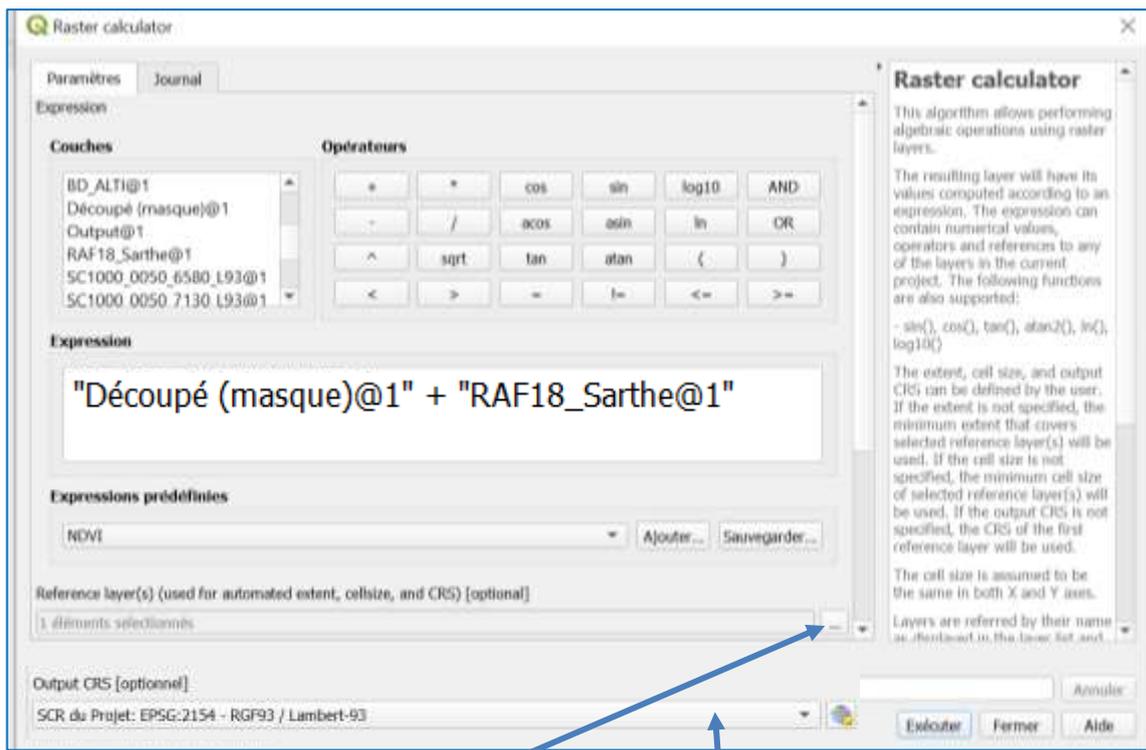
Utiliser pour cela la calculatrice Raster de QGIS



Analyse raster



Raster calculator

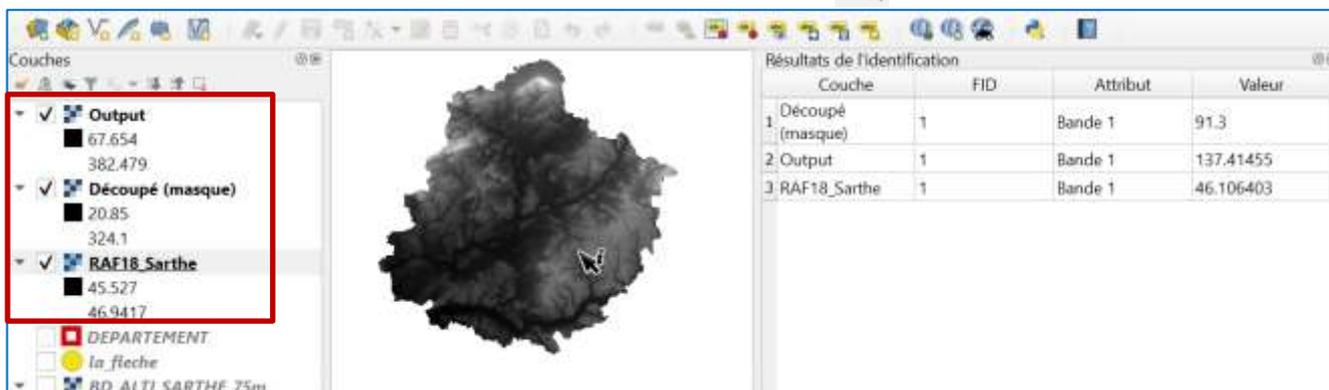


 Choisir comme couche de référence BD\_ALTI\_SARTHE\_75m.tif (sert pour calculer l'étendue géographique du résultat) à préciser sinon message d'erreur.

Fixer le SCR (Output CRS) de sortie à Lambert 93

 Remarquer la syntaxe des Raster dans les formules de la calculatrice comme par exemple : "RAF18\_Sarthe@1"  
Le nom des couches est entre guillemets.  
@1 signifie le premier canal (bande) du raster.

La couche résultat « Output » est créée  
Cocher les 3 couches : Output, Découpé (masque) et RAF18\_Sarthe  
Identifier les 3 couches avec un cliquer droit avec l'outil  en un point du MNT



Output = masque + RAF18 le calcul est-il juste ?



Il existe dans QGIS plusieurs autres fonctions de « Calculatrice Raster » dans les différentes boîtes d'outils :



GDAL

▼ Divers raster



Calculatrice Raster



SAGA

▼ Raster calculus



Raster calculator



GRASS

Raster (r.\*)



r.mapcalc.simple

### 3.2. Requêtes avec la calculatrice Raster

Une formule de requête est une **formule** non pas arithmétique mais **logique** au sens booléen du terme, c'est-à-dire dont le résultat est Vrai ou Faux (1 ou 0).

Dans la calculatrice Raster on peut aussi saisir des formules logiques.



Rechercher toutes les zones de la Sarthe de plus de 100m d'altitude NMM dans la couche masquée du MNT de la Sarthe.

En blanc apparaissent toutes les zones où le critère est Vrai (1)

⚠ Bien préciser la couche de référence sinon message d'erreur

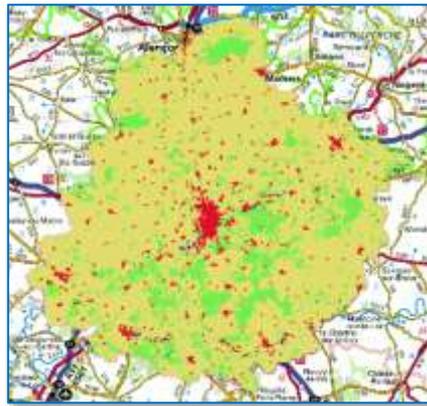
### 3.3. Requêtes Raster avec critères multiples



Ajouter la couche corine\_raster\_simple.tif depuis CORINE\_LAND\_COVER

Il s'agit d'une version raster de la carte d'usage des terres « Corine Land Cover » uniquement sur le premier poste de la légende Corine :

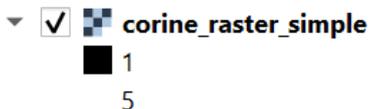
- 1 1 : Urbain
- 2 2 : Espaces agricoles
- 3 3 : Forêts
- 4 : Zones humides
- 5 5 : Eaux continentales



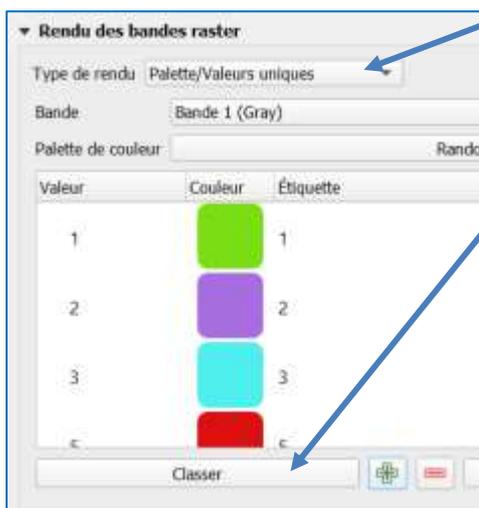
Changer la légende colorée conformément à la carte ci-dessus



Comme on a vu au TD 1.1 la légende QGIS par défaut de ce type de raster avec un nombre fini de valeur, n'est pas très adaptée, car c'est un dégradé de gris :



En effet cette légende est un dégradé avec uniquement les valeurs min et max (1 et 5), dans Symbologie changer pour Type de rendu « Valeurs uniques »



Cliquer sur Classer pour ajouter automatiquement toutes les valeurs uniques



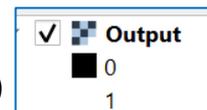
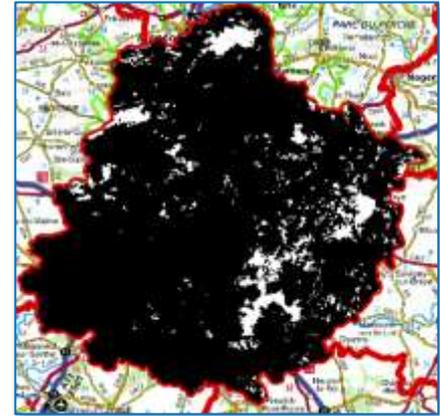
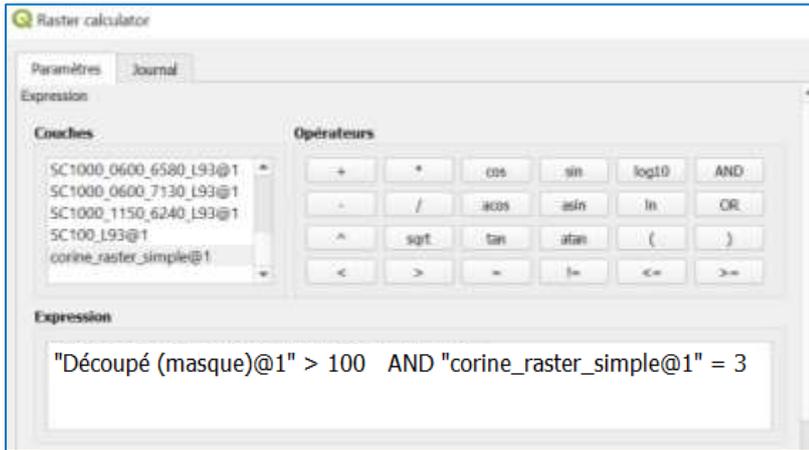
Il arrive sur certains rasters que l'ajout automatique avec le bouton « Classer » introduise des valeurs inexistantes, dans ce cas ajouter les valeurs une à une avec  plutôt qu'avec Classer.

Changer finalement les couleurs



Rechercher toutes les zones de forêt qui sont à plus de 100m d'altitude

Il s'agit d'une requête à deux critères utilisant deux couches Raster.



En blanc apparaissent toutes les zones où les deux critères sont Vrai (1)

Bien préciser la couche de référence sinon message d'erreur

### 3.4. Masquage logique par formule

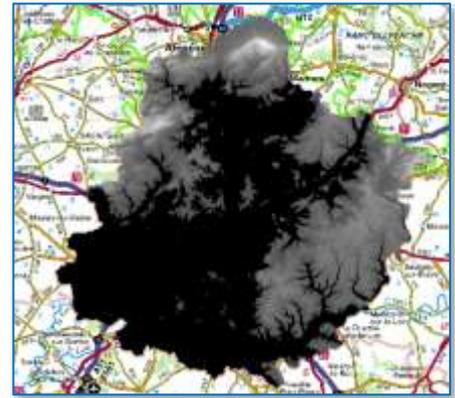
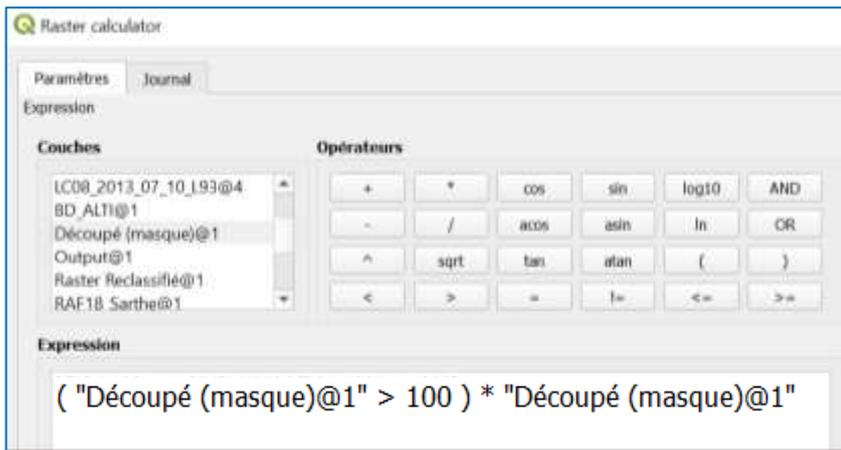
On a vu au point 2.2.4 le masquage géographique qui permet « d'effacer » les pixels à l'extérieur d'une zone géographique définie par des polygones d'une couche, on va voir un autre type de masquage où l'on va « effacer » les pixels en fonction d'un critère (vrai / faux) dans une formule logique.



A partir du MNT de la Sarthe masqué, vous allez appliquer un second masquage afin « d'effacer » les pixels d'altitude inférieure à 100m, les pixels au-dessus de 100m doivent conserver leur valeur initiale.

#### 3.4.1. Avec la calculatrice Raster QGIS

Analyse raster Raster calculator



Les zones en noir ont été « effacées »



Analysons la formule : ( "Découpé (masque)@1" > 100 ) \* "Découpé (masque)@1"

( "Découpé (masque)@1" > 100 ) est une formule logique booléenne qui renvoie :  
**1** pour les pixels d'altitude > 100 et **0** sinon.

En multipliant ce résultat par la couche d'altitude (Découpé) on multiplie l'altitude par 1 ou 0 selon les pixels. Là où multiplie par 1 on conserve la valeur d'altitude et par 0 on l'efface, plus exactement on la met à zéro.



Cela peut poser un problème que la valeur d'effacement soit « 0 » en effet selon peut correspondre dans certains cas à une valeur qui existe déjà dans la couche et cela entrainera des confusions. Il serait préférable d'utiliser la valeur « no data » (sans valeur) qui est justement une valeur réservée pour cet usage.



Pour ce faire voyons une variante de notre formule avec la calculatrice Raster SAGA.

### 3.4.2. Avec la calculatrice Raster SAGA



→ SAGA → Raster calculus → Raster calculator



Dans la calculatrice raster de SAGA, le nom des couches est remplacé par une variable : **a** pour la couche principale (Main input layer) et ensuite **b, c, d ...** pour les couches suivantes si elles existent dans la liste Additional layers.



Calculatrice SAGA accepte les formules avec des conditions de type **IF THEN ELSE**



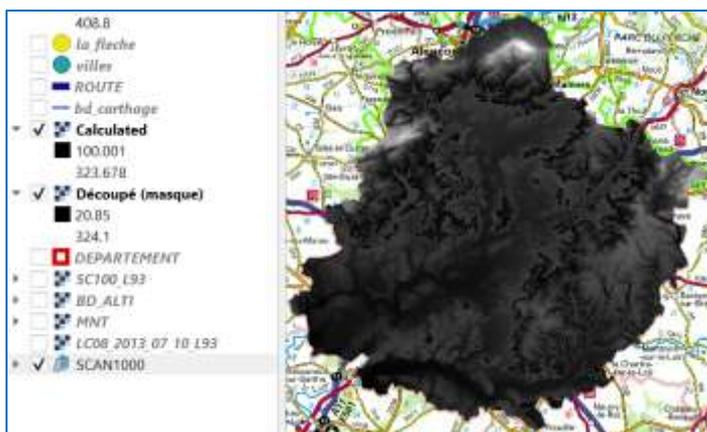
Dans notre formule **a** correspond donc à la couche « Découpé (masque) » qui est le MNT de la Sarthe masqué.

**ifelse(a > 100, a, 0/0)**

Si l'altitude est supérieure à 100 la calculatrice renvoie **a** donc l'altitude elle-même sinon elle renvoie **0/0** c'est une astuce de syntaxe pour qu'elle mette « no data » (division par zéro non permise)



Les pixels « no data » (sans donnée) sont affichés par défaut en transparent. Les trous dans la carte correspondent donc aux altitudes inférieures ou égales à 100 m.



**⚠** Décocher l'affichage de la couche « Découpé (masque) »  
 Sinon comme ci-contre on pourrait croire que la formule n'a pas marché, c'est juste que les pixels no data de la couche calculée étant transparents on voit aussi la couche du dessous.

## 4. Classification et reclassification de Raster



Durée 10 minutes



objectif : Savoir créer un Raster classé et voir à quoi peut servir un raster classé

### 4.1. Classification par table de valeurs



Classer le MNT masqué de la Sarthe en 3 classes :

- 20 - 100 m valeur de classe 1
- 100 - 200 m valeur de classe 2
- 200 - 325 m valeur de classe 3



Analyse raster



Reclassification par table

Cliquer sur  pour créer / éditer la table de classification

	Minimum	Maximum	Valeur
1.	20	100	1
2.	100	200	2
3.	200	325	3

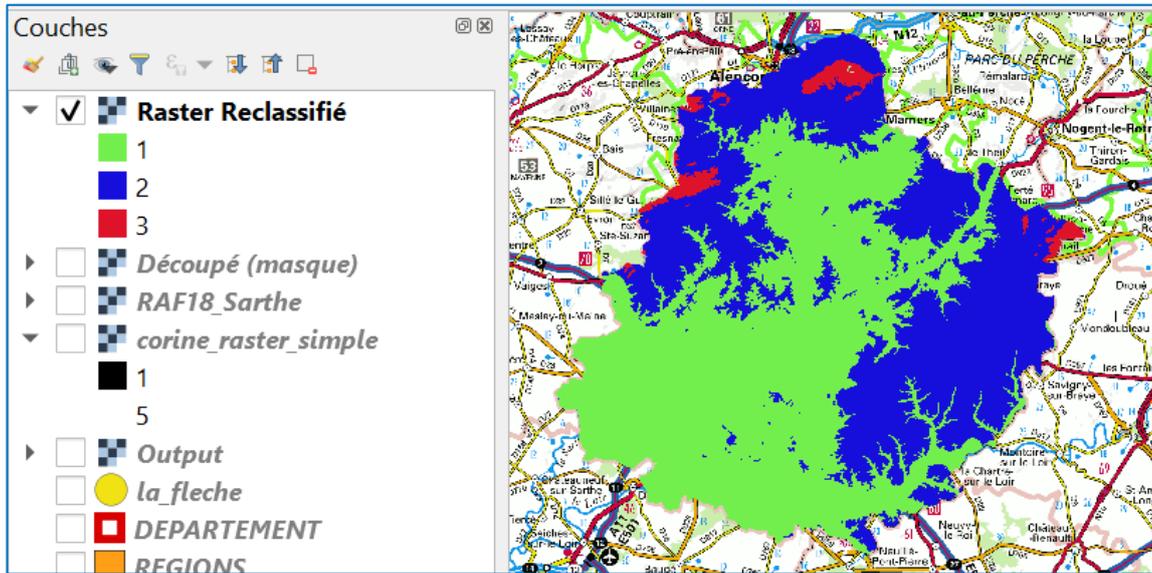
La table associe à chaque intervalle défini (mini - maxi) une nouvelle valeur dans le raster résultat.

Exécuter

Pour appliquer la table



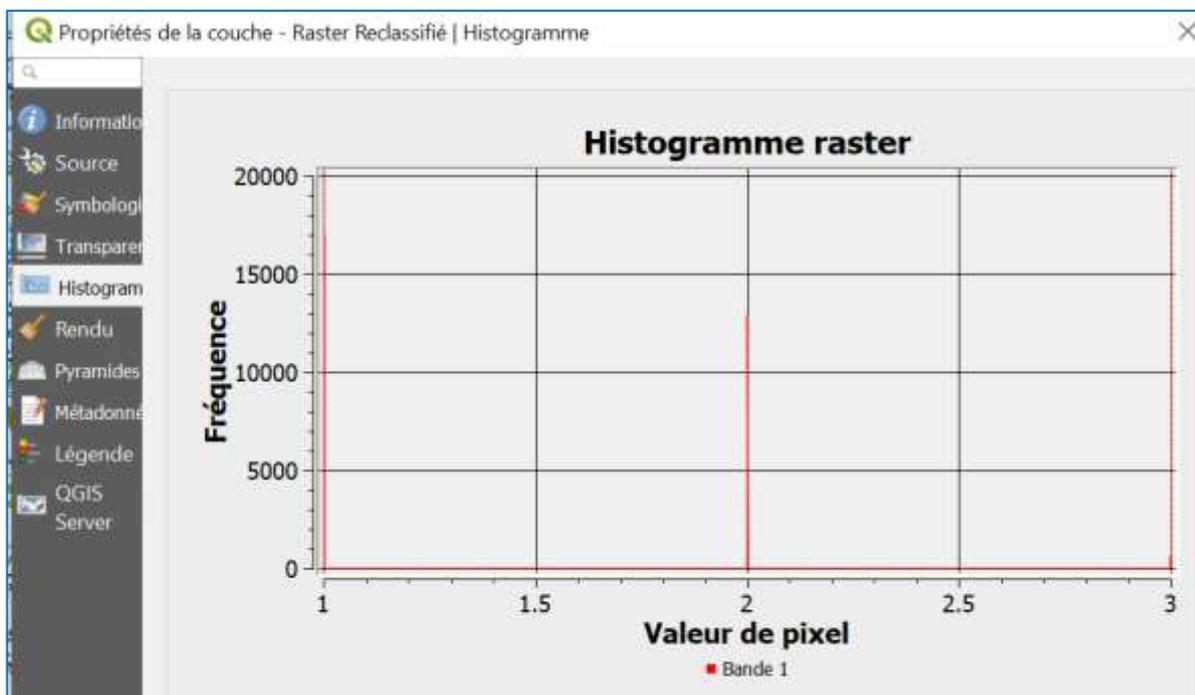
Changer la légende conformément à la carte ci-dessous (Catégorisée)



On voit bien que le raster résultat ne contient que les valeurs : 1, 2 ou 3, vous pouvez aussi le contrôler en cliquant dans la carte avec l'outil d'identification 



Vous pouvez aussi le vérifier en consultant dans les propriétés de la couche, l'histogramme des valeurs :



## 4.2. Différence entre couche classée et simple affichage catégorisée

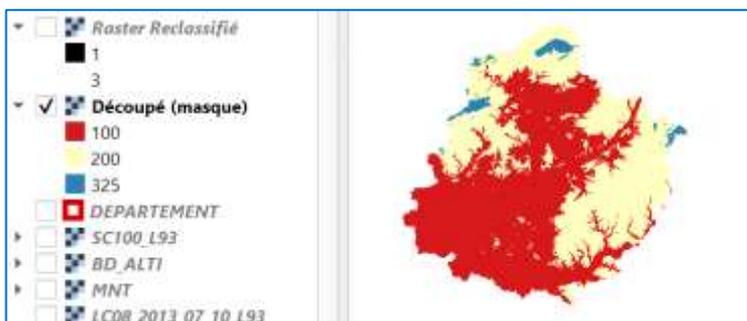
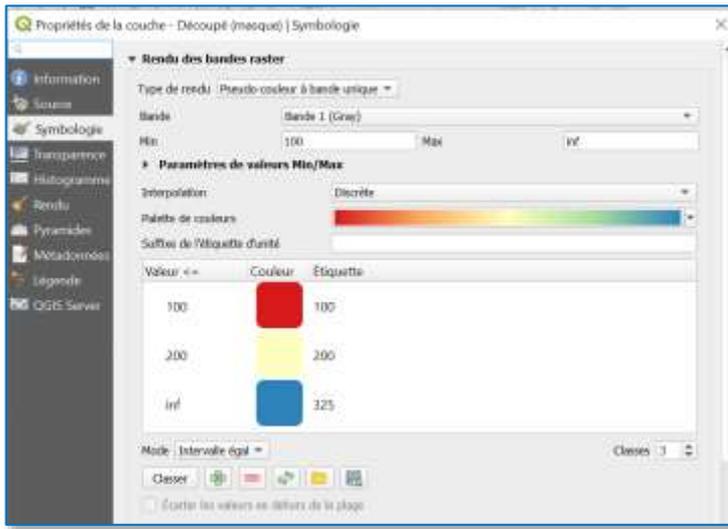


Faire un affichage sur le MNT de la Sarthe masqué, pour un rendu identique au MNT en 3 classes du point 4.1.

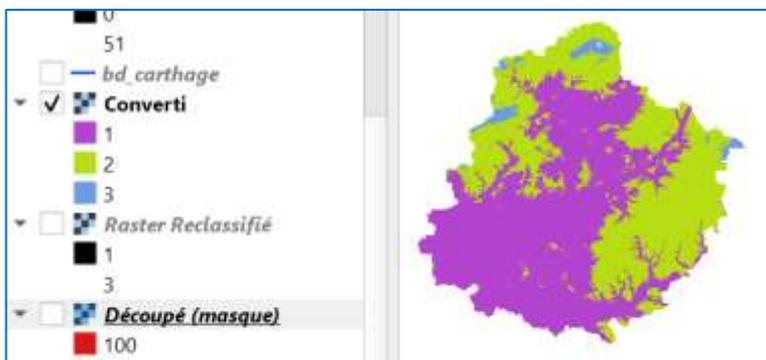
Symbologie pseudo-couleur à bande unique

Interpolation discrète

3 classes intervalle égal avec les mêmes bornes



Le rendu visuel est absolument identique à la carte en 3 classes du point 4.1 ci-dessous



Si le rendu des « zones » est identique la carte « Découpé (masqué) » chaque pixel conserve sa valeur d'altitude.



Quelle est la surface totale occupée par les pixels de chacune des 3 classes ?  
peut-on la calculer indifféremment à partir des deux cartes ?

Utiliser la fonction :

 →  Analyse raster →  Rapport sur les valeurs uniques de la couche raster

Sur la carte en 3 classes du point 4.1.

Nombre total de pixels: 1863189		
Valeur	Nombre de pixels	Surface (m <sup>2</sup> )
1	616789	3470074622.760489
2	466852	2626524269.7016
3	24760	139300551.1764148

On a bien la surface totale de chaque classe = en fait le nombre pixel ayant la même valeur.

**Surface = nombre de pixels X (résolution d'un pixel)<sup>2</sup>**

Puis sur la carte du point 4.2 non classée « Découpé (masque) »

Nombre total de pixels: 1863189		
Nombre de pixels NODATA: 754630		
Valeur	Nombre de pixels	Surface (m <sup>2</sup> )
20.8	1	5626.031953813199
20.81	2	11252.0639076264
20.82	5	28130.15976906599
20.84	24	135024.7668915168
20.85	15	84390.47930719798
20.86	7	39382.22367669239
. . .		
339.6	1	5626.031953813199
340.1	2	11252.0639076264
340.6	1	5626.031953813199
341	1	5626.031953813199
341.3	1	5626.031953813199
341.4	1	5626.031953813199

On obtient les surfaces des valeurs d'altitude qui sont dans les pixels, comme on a des valeurs réelles, il y a peu de pixels qui ont exactement la même valeur et ces valeurs sont sans aucun lien avec les 3 classes affichées.



**Ce qu'il faut en conclure** : Si on s'intéresse à des **classes** de valeurs d'un raster, si on veut seulement **visualiser** leur étendu sur la carte, on peut se contenter d'une **légende** sans changer les pixels. Par contre, dès que l'on voudra faire des **calculs** en lien avec ces classes (surfaces, croisement de couches) il faudra créer un **nouveau raster** qui contient des pixels avec les codes des classes : 1, 2 ou 3 dans notre exemple.

## 5. Croisement de couches Raster

**Durée 10 minutes**  **objectif : Comprendre le fonctionnement du croisement de couches en mode Raster avec la calculatrice Raster** 



Croiser la carte d'altitudes en 3 classes avec Corine Land Cover Raster



L'objectif de ce croisement est de matérialiser spatialement (carte) toutes les **combinaisons de superposition** des deux informations (classe altitude X occupation du sol) qui existent sur le territoire, pixel à pixel.

4 classes Corine



3 classes altitude



Si toutes les superpositions existent on aurait alors **3 X 4 = 12 combinaisons** de valeurs possibles, par exemple pour la classe Corine « 1 » (Urbain) on pourrait avoir :

- 1 sur la classe d'altitude 1 (20 - 100 m)
- 1 sur la classe d'altitude 2 (100 - 200 m)
- 1 sur la classe d'altitude 3 (200 - 325 m)



12 est un maximum théorique, certaines combinaisons peuvent ne pas exister sur ce terrain.

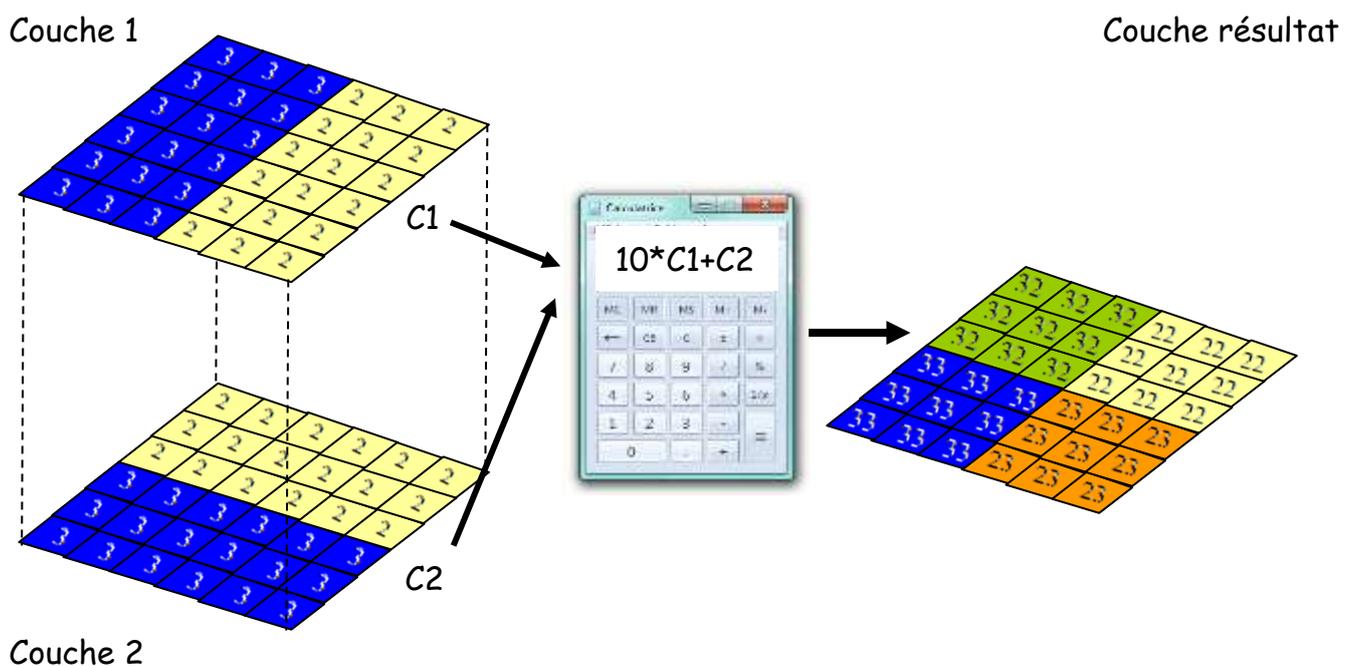
Le croisement de couches est différent du mode vecteur, car **en raster il n'y a pas de géométrie**, que des pixels, on ne peut donc pas intersecter des polygones (voir TD 3).

Croiser deux couches rasters va alors revenir à combiner de manière arithmétique les valeurs des deux couches pixel à pixel. La **combinaison** est donc ici **sur les valeurs** et non pas sur la géométrie (pas de géométrie en raster)

La combinaison de valeurs est un calcul arithmétique qui est réalisé grâce à la calculatrice raster. Il faut trouver une formule arithmétique permettant de générer, **de manière unique**, toutes les combinaisons des deux variables initiales.

On utilisera la formule : ***Corine \* 10 + classe\_altitude***

*Dans le résultat le chiffre des dizaines représente l'occupation du sol et le chiffre des unités la classe d'altitude*



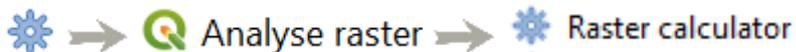
A cause de la nature combinatoire de la méthode il est indispensable de limiter le nombre de classes (modalités) dans chaque couche en entrée, on ne fait un **croisement que sur des couches classées**.

Attention dans votre formule : chaque code final doit correspondre à une **combinaison unique des deux variables**.



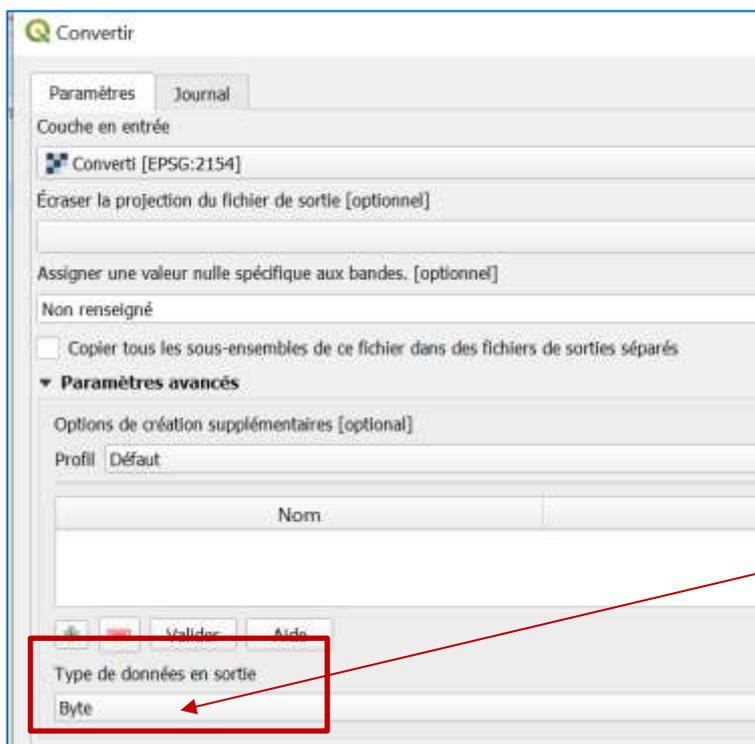
Que se passe-t-il s'il y a plus de 10 modalités dans une des couches en entrée ?

On utilise la calculatrice Raster pour faire le croisement de couche :



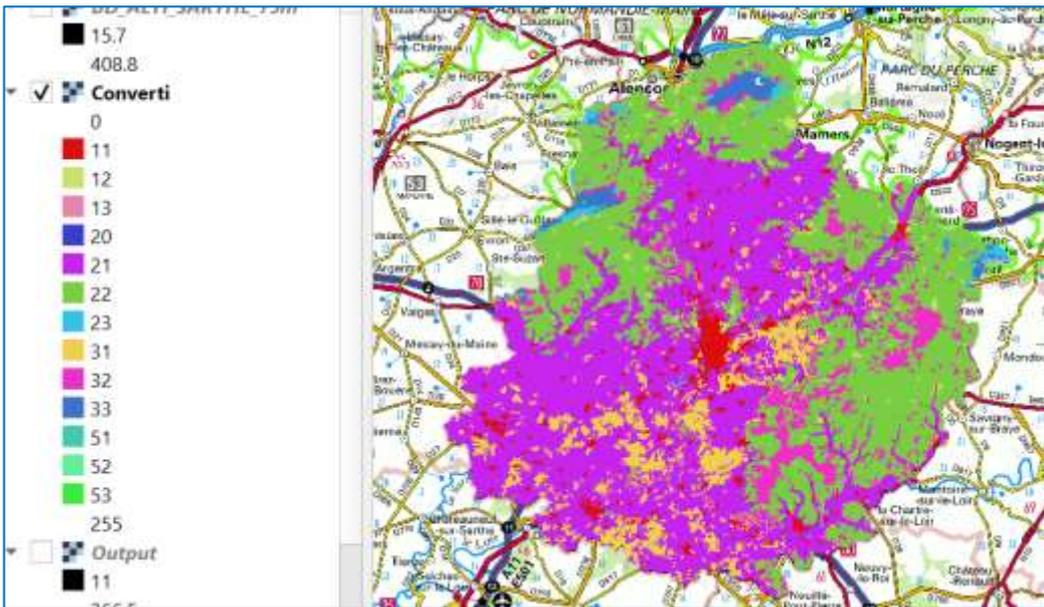
Faire une légende par valeur unique.

⚠ La couche créée est de type flottant (voir propriétés de la couche), la légende par valeur unique beug quelque fois avec les couches réelles, on va la convertir en une couche Byte (entier entre 0 et 255)



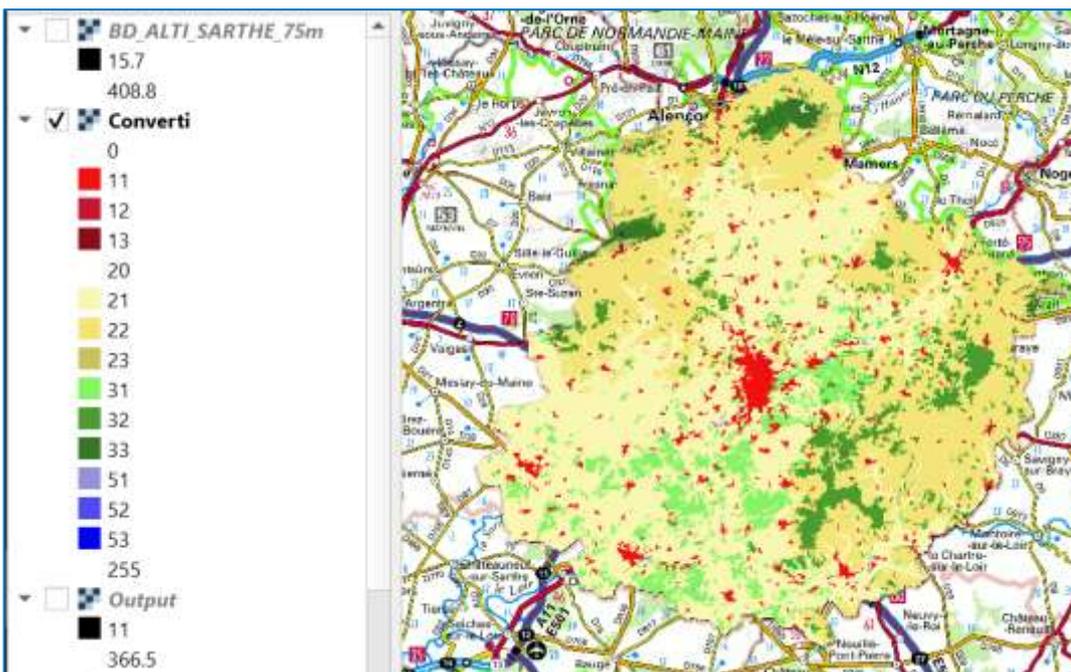
Choisir comme  
Type de données en sortie  
**Byte**

La couche convertie avec une légende par valeurs uniques.



Réaliser une légende permettant de visualiser facilement vos deux variables, par exemple avec la couleur Corine pour l'occupation du sol et un dégradé de cette couleur pour montrer les différentes classes d'altitudes :

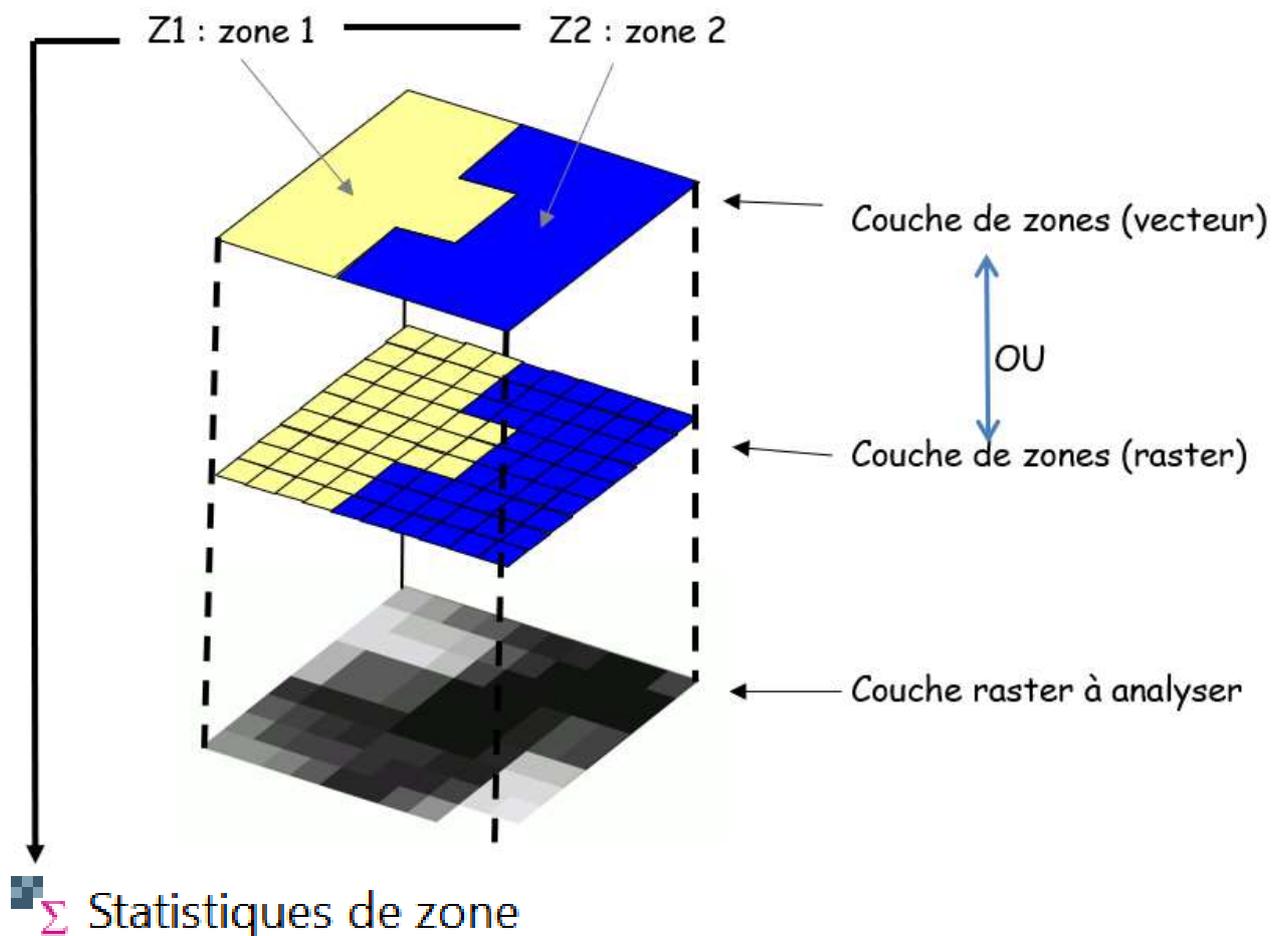
- |   |    |    |  |    |  |    |   |   |
|---|----|----|--|----|--|----|---|---|
| <table border="0"> <tr><td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #f08080;"></td><td>11</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ff4500;"></td><td>12</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ff0000;"></td><td>13</td></tr> </table> |    | 11 |  | 12 |  | 13 | } | Zones urbaines en rouge avec un dégradé représentant l'altitude |
|   | 11 |    |  |    |  |    |   |   |
|   | 12 |    |  |    |  |    |   |   |
|   | 13 |    |  |    |  |    |   |   |



## 6. Statistiques spatiales : statistiques zonales



Les statistiques zonales sont les statistiques d'une couche raster, calculées dans les zones géographiques définies dans une autre couche (vecteur ou raster).





Calculer et cartographier l'altitude moyenne par canton, dans le département de la Sarthe.

La couche des cantons de France est **CANTON.SHP** dans **GEOFLA\_FRANCE**

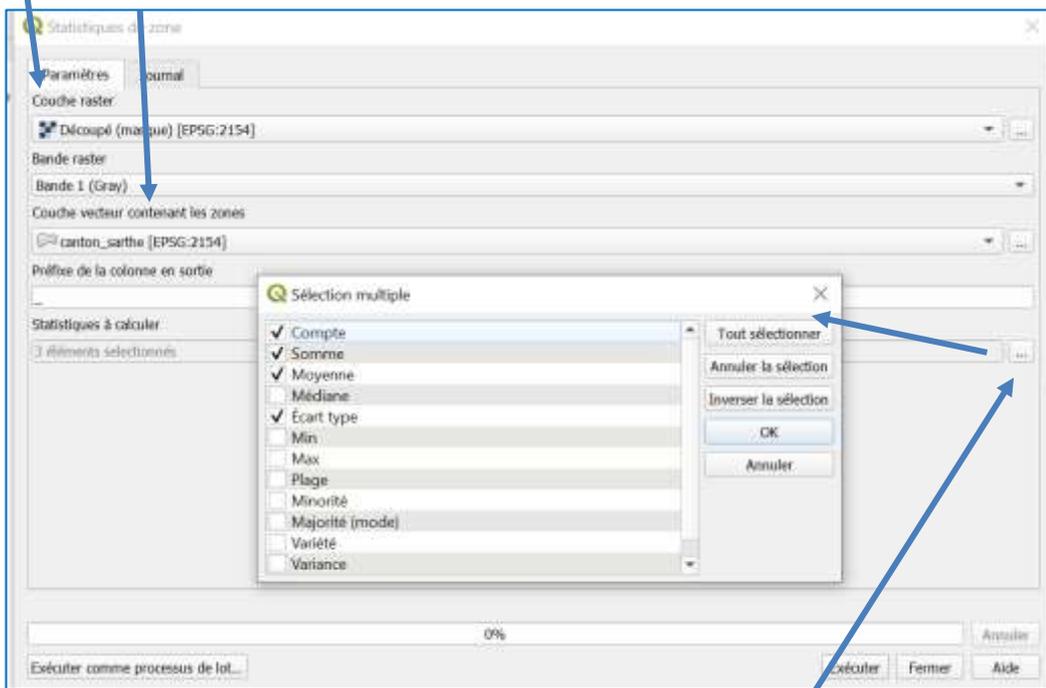
Commencer par créer une couche des cantons uniquement de la Sarthe



⚙️ → 📊 Analyse raster → 📐 Σ Statistiques de zone

La couche Raster du MNT de la Sarthe

La couche vecteur des cantons de la Sarthe



Choisir les statistiques à calculer ...

Exécuter pour lancer le calcul

Après calcul ouvrir la table des cantons de la Sarthe :

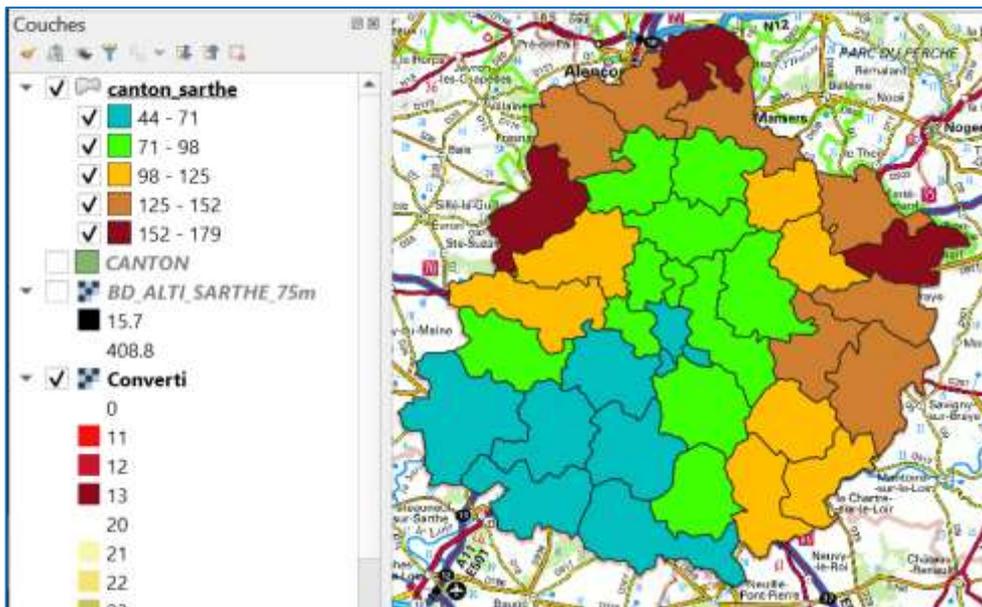
A droite de la table de nouvelles colonnes ont été ajoutées, ce sont les statistiques de l'altitude pour chaque canton.

EPT	NOM_DEPT	CODE_REG	NOM_REGION	_count	_sum	_mean	_stdev
1	SARTHE	52	PAYS DE LA LOI...	29774	2393489.47521...	80.3885764499...	19.5358158970...
2	SARTHE	52	PAYS DE LA LOI...	32495	4190298.31983...	128.952094778...	42.8792476047...
3	SARTHE	52	PAYS DE LA LOI...	38240	2215135.46215...	57.9271825877...	17.1997518225...
4	SARTHE	52	PAYS DE LA LOI...	57456	2801654.25937...	48.7617352299...	13.1324852600...

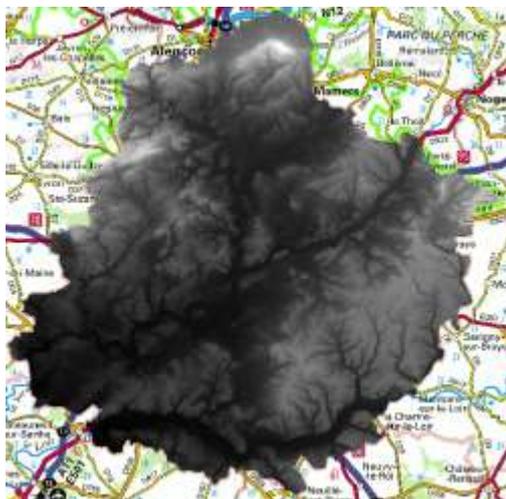
Le champ `_count` représente le nombre de pixels du MNT trouvés dans le canton.



Légende par dégradés de couleurs de l'altitude moyenne par canton en 5 classes



Comparer avec le MNT d'origine, est-ce logique ?



-  **Découpé (masque)**
-  20.85
-  324.1

## 7. Vectorisation et Rasterisation



Durée 10 minutes



objectif : Connaître les outils de conversion pour passer de vecteur à raster et inversement

### 7.1. La vectorisation



Vectoriser la carte du point 5 « croisement de couches » Corine X classes altitude.



La couche Raster qui est vectorisée doit toujours être une **couche classée** avec un nombre de modalités limitées, pour que des « plages » de taille suffisante se dessinent, sinon QGIS essaiera de faire un contour vecteur autour de chaque pixel et cela risque de le faire planter.

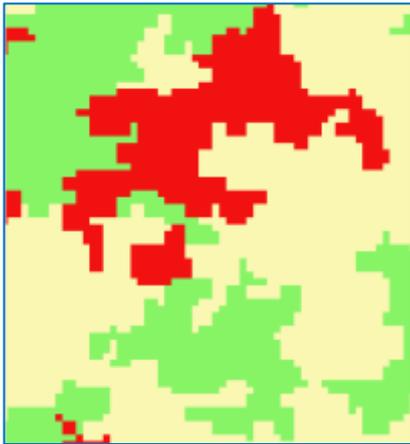


La couche à vectoriser

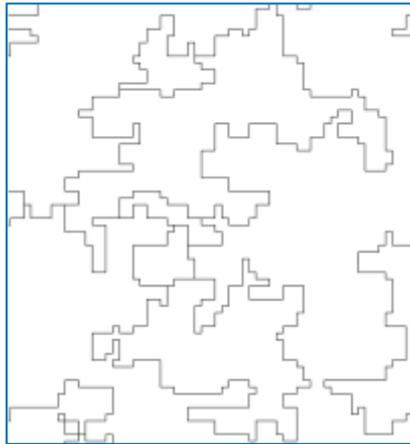
Type Area = polygone

Laisser décocher pour que QGIS utilise la topologie des polygones

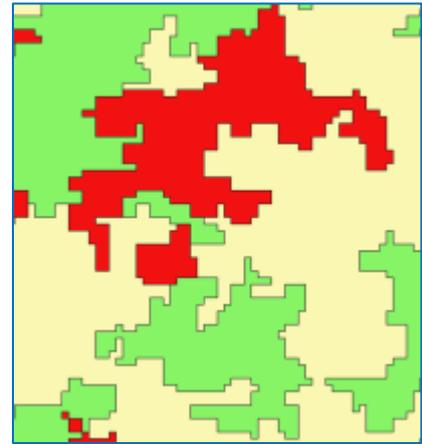
Comparer le vecteur obtenu avec la couche raster de départ :



Couche raster

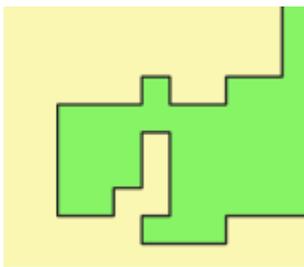


couche vecteur



vecteur sur raster

Remarquer que le contour vecteur suit le contour des pixels, on parle d'effet « marche d'escalier » ou « aliasing effect »

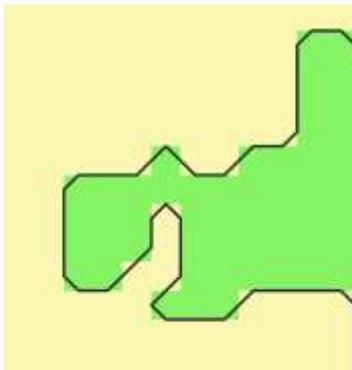


Refaire la vectorisation mais en « lissant » le contour

Pour cela utiliser la même fonction mais en cochant l'option

Smooth corners of area features

Dans ce cas QGIS généralise un peu les contours, ils ne suivent plus exactement les pixels, cela donne des contours un peu plus « naturels »



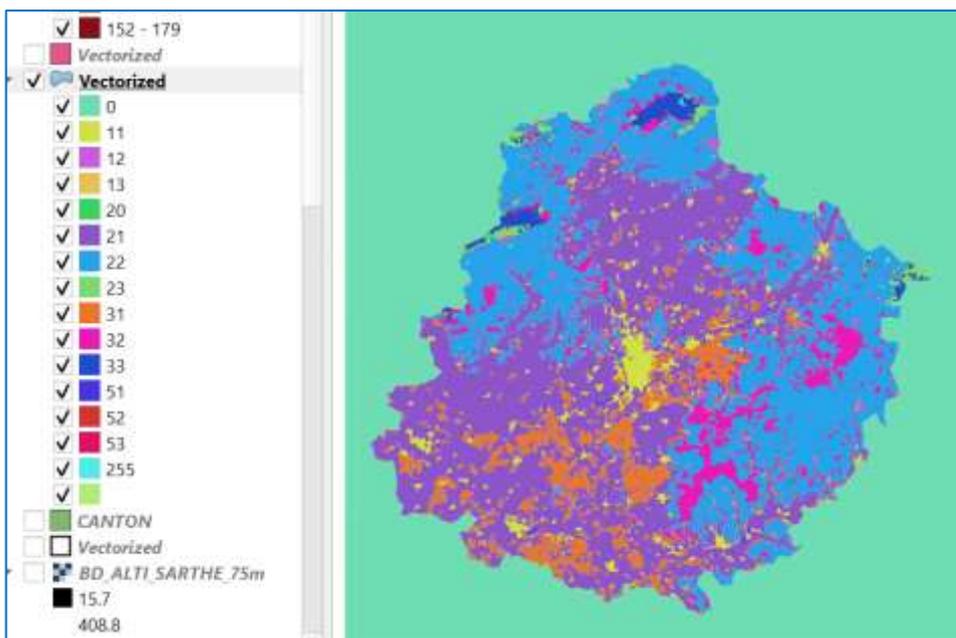


Faire une légende colorée « Catégorisée » de votre couche vectorisée.

Ouvrir la table de la couche vecteur, remarquer le champ « value »

	fid	cat	value	label
1	2831	2790	11	
2	2830	2841	11	
3	2829	2853	32	
4	2828	2839	22	

Le champ « value » contient les valeurs des pixels de la couche raster de départ, donc nos codes du croisement de couches : Corine X altitude



Le contour des polygones a été mis en transparent



La vectorisation d'une couche classée est souvent l'étape finale d'un traitement Raster.

## 7.2. La Rasterisation

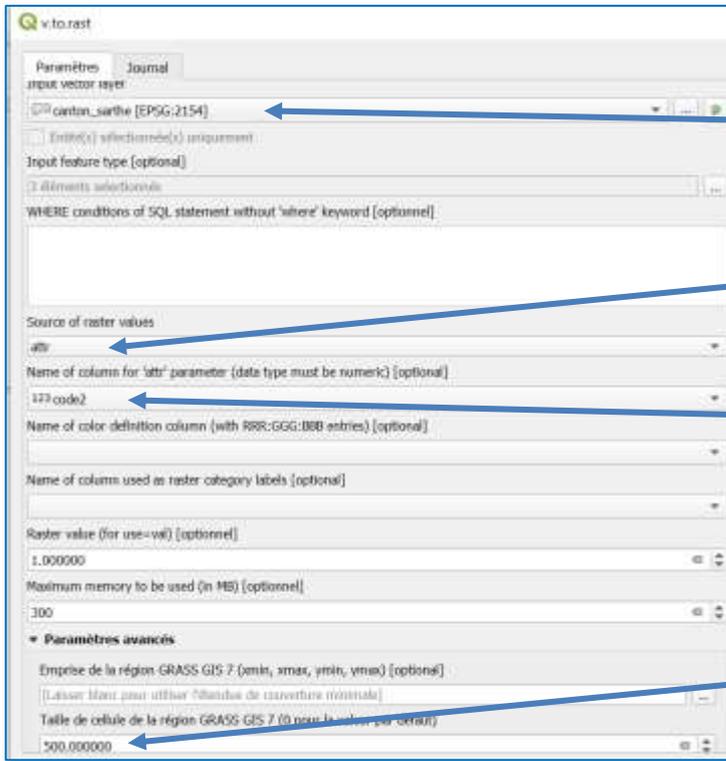


Rasteriser la couche des cantons de la Sarthe en utilisant le champ « CODE\_CANT » qui donne le code INSEE DU canton, avec une résolution de 500m

Utiliser la fonction



**⚠** Il y a une difficulté pour utiliser le champ CODE\_CANT pour vectoriser, essayer de comprendre de quoi cela vient et comment le résoudre.



Choisir la couche vecteur en entrée

attr = attribut = on prend les valeurs qui vont être données aux pixels dans un champ de la table.

Ici on précise ce champ  
Il faut absolument préciser ce champ

Dans paramètres avancés  
On Taille la taille du pixel = résolution  
Ici 500m

Le nord des cantons de la Sarthe rasteriser, remarquer l'effet « pixel » qui est dû à la résolution grossière (500 m), on peut affiner en diminuant la valeur de cette résolution, mais cela augmentera la taille.



**💡** On est souvent amené à vectoriser ou rasteriser pour mettre deux couches dans le même format pour un traitement qui ne permet pas de mélanger vecteurs et rasters.

## 8. Interpolation de données ponctuelles



 **Durée 15 minutes**  **objectif : Apprendre interpoler des données ponctuelles dans un raster continu dans l'espace, voir les méthodes pour les données quantitatives d'une part et pour les données qualitatives d'autre part.**

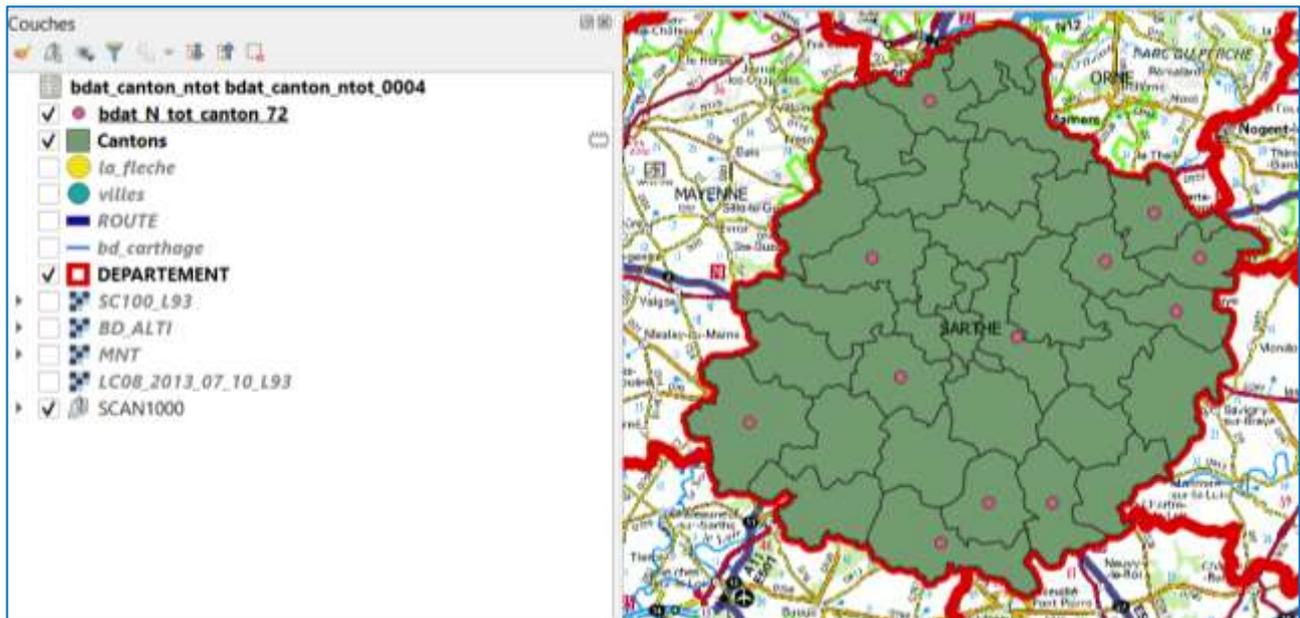
**SIG TD 4 QGIS 3.6**

### 4.9.1. Interpolation de données quantitatives par IDW

Base de Données des Analyses de Terre

Afficher les données de la BD\_AT du département de la Sarthe.

Dossier : LA\_FLECHE » DIVERS » ● **bdat\_N\_tot\_canton\_72**



Il s'agit d'un extrait de la base de données des analyses de terre : Azote total des sols agrégé par canton.

Le champ « N\_t » est la valeur moyenne en azote total de l'horizon de surface des sols dans tout le canton.

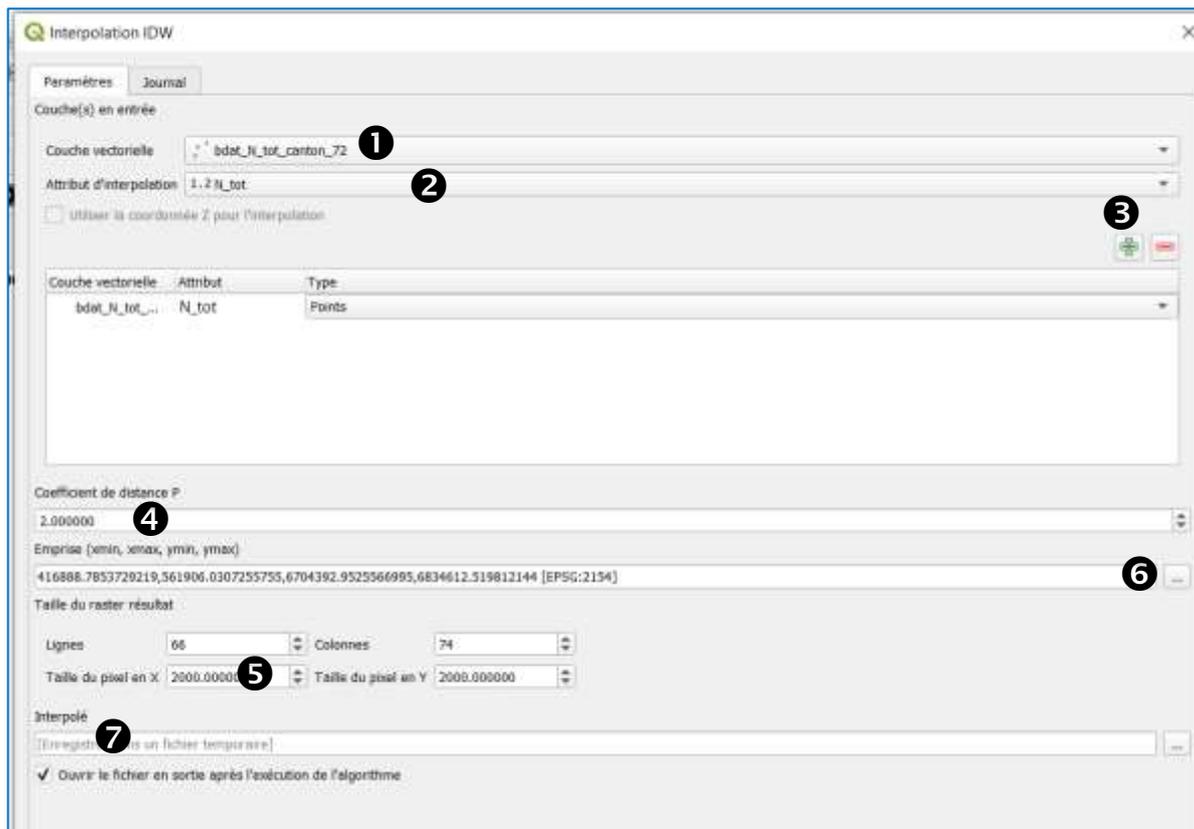


Utiliser la fonction d'interpolation IDW pour interpoler N\_tot

(Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation)



Fixer le zoom de l'écran sur tout le département de la Sarthe.



1 : choisir la couche de points exportée : bdat\_N\_tot\_cantonç72

2 : choisir le champ à interpoler : N\_tot

3 : Bouton Ajouter  pour ajouter l'attribut dans la liste

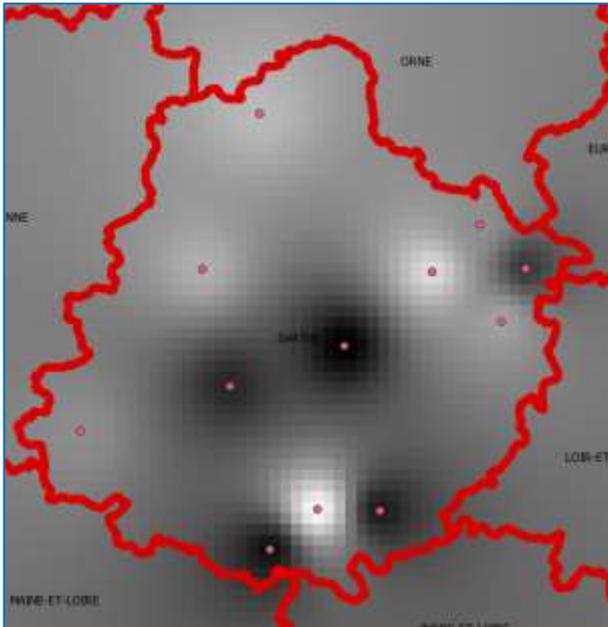
4 : Fixer le coefficient de distance (2 par défaut) c'est le poids de la distance inverse

5 : Fixer la résolution (taille de la cellule) : 2000 mètres

6 : Utiliser l'emprise courante du canevas (correspond à tout le département).

7 : choisir le nom fichier résultat ou temporaire

8 : Exécuter

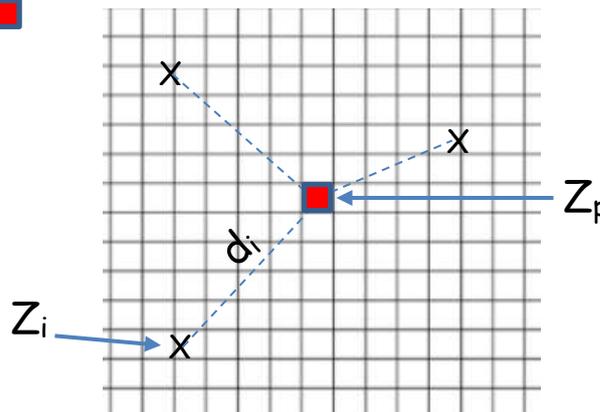


On obtient une matrice (RASTER)

La formule pour le calcul IDW = Inverse Distance Weighted.

$Z_p$  la valeur calculée dans une cellule (pixel) est la **moyenne pondérée** des  $Z_i$  points de mesure autour du pixel considéré. ■

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^{Nb \text{ points}} \left( \frac{Z_i}{d_i^{\text{puissance}}} \right)}{\sum_{i=1}^{Nb \text{ points}} \left( \frac{1}{d_i^{\text{puissance}}} \right)}$$



Puissance = facteur de distance

La moyenne est pondérée par l'inverse de la distance à une puissance choisie.



Plus la puissance est grande plus les points les plus proches ont du poids dans le calcul de la moyenne.



Choisir une résolution adéquate pour le résultat



Attention IDW est une moyenne, elle ne peut donc s'appliquer qu'à des variables quantitatives pas aux variables qualitatives, il faut être prudent car des variables qualitatives peuvent être codées en valeurs numériques et confondues avec des données quantitatives.



## Masquer le résultat par le contour du département de la Sarthe

Q Découper un raster selon une couche de masque

Paramètres Journal

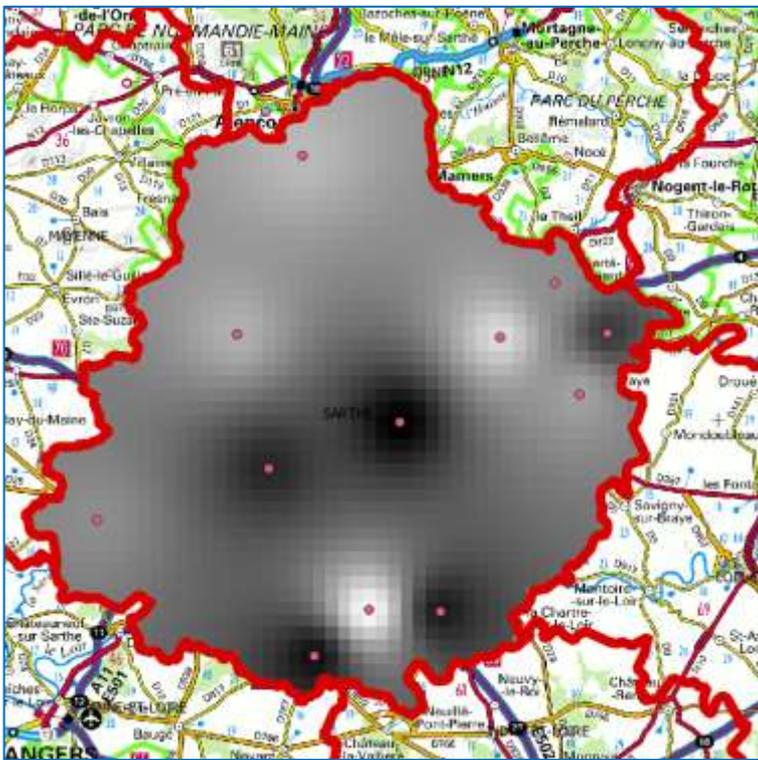
Couche source  
Interpolé [EPSG:2154]

Couche de masquage  
DEPARTEMENT [EPSG:2154]

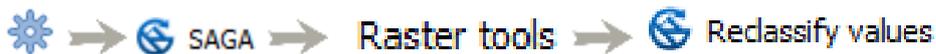
Entité(s) sélectionnée(s) uniquement

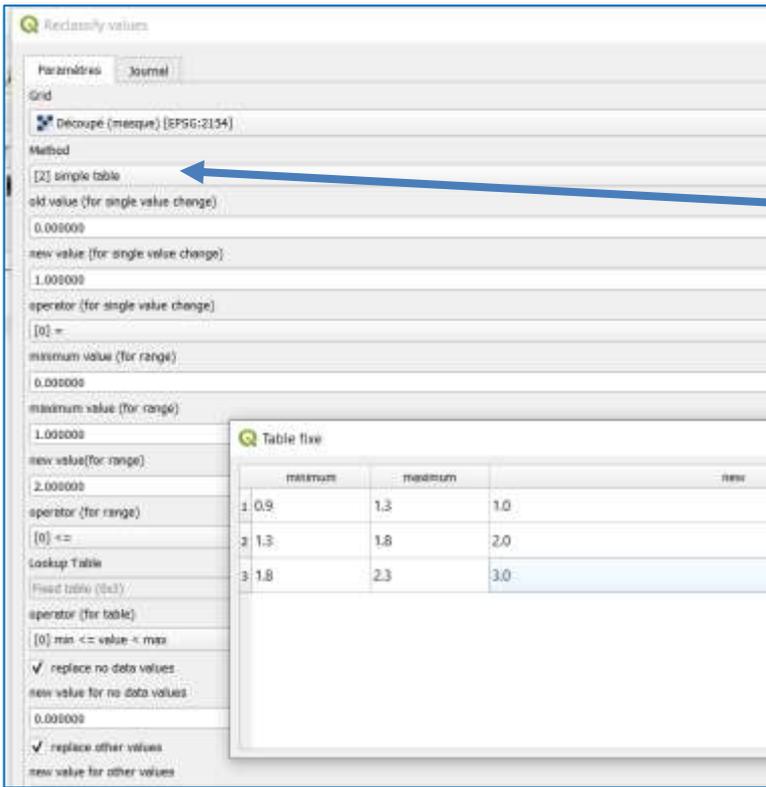
Source CRS [optionnel]

Target CRS [optionnel]



Faire 3 classes

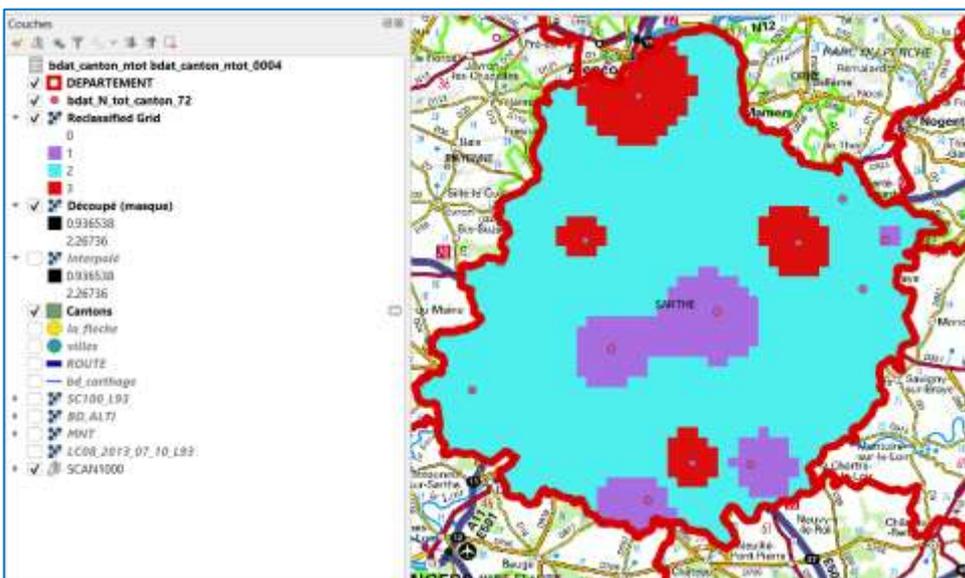




La couche de profondeur masquée

Méthode 2 simple table

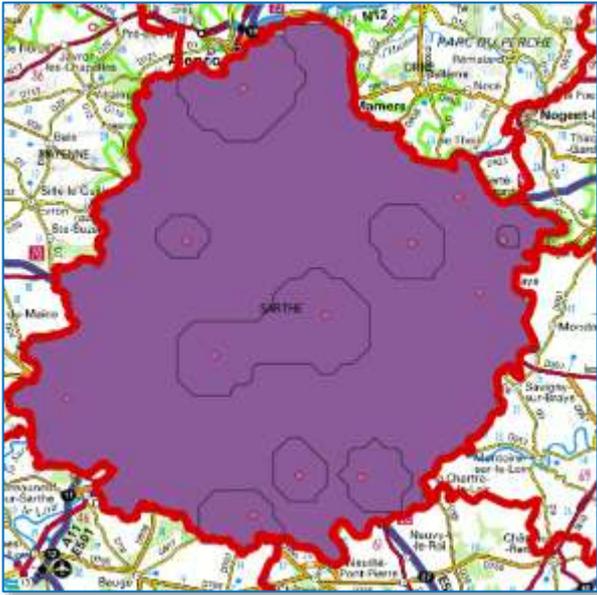
Cliquer sur LookUp Table pour créer la table LookUp de Reclassement



Vectoriser le résultat

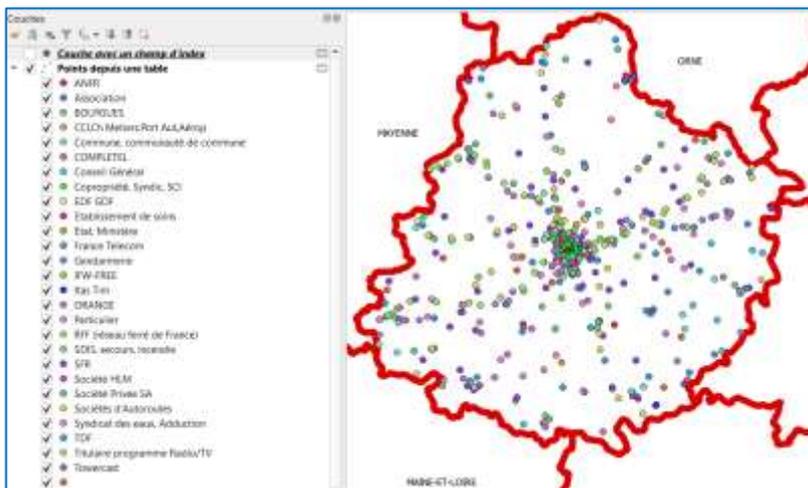


GRASS → Raster (r.\*) → r.to.vect



#### 4.9.2. Interpolation de données qualitatives « au plus proche voisin »

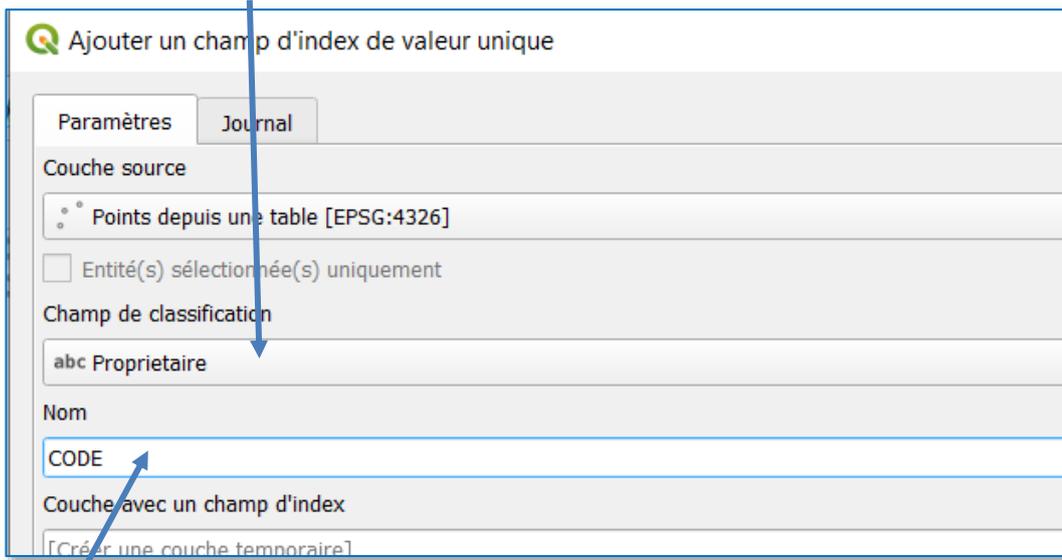
Afficher les antennes GSM du département de la Sarthe, avec une légende par catégories en fonction du « Propriétaire »



Le champ Propriétaire est un texte, nous allons le transformer en un code numérique de classe (code qualitatif), car l'outil d'interpolation demande une valeur numérique.

⚙️ ➡️ 📍 Table vecteur ➡️ ⚙️ Ajouter un champ d'index de valeur unique

Choisir le champ « Propriétaire » comme champ de classification



« CODE » sera le nouveau champ créé qui contiendra un code unique par propriétaire.

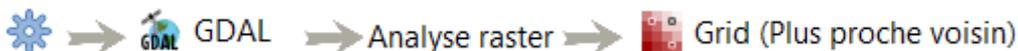
● **Couche avec un champ d'index** est créée.

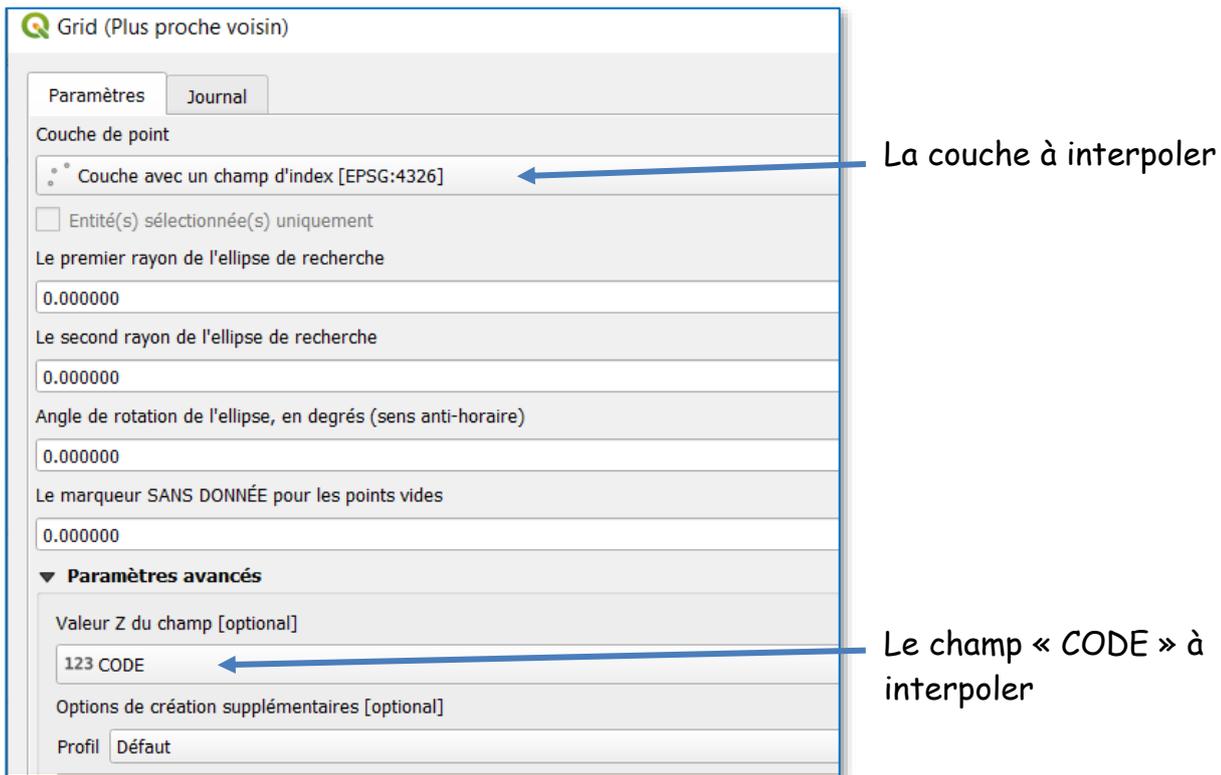
Regardez sa table : « SFR » par exemple a été recodé en « 2 » dans le champ « CODE »

	Hauteur_m	Propriétaire	CODE
e	17	SFR	2
	14.7	Copropriété, Sy...	9
ble	46.6	SFR	2
...	36	Syndicat des ea...	5

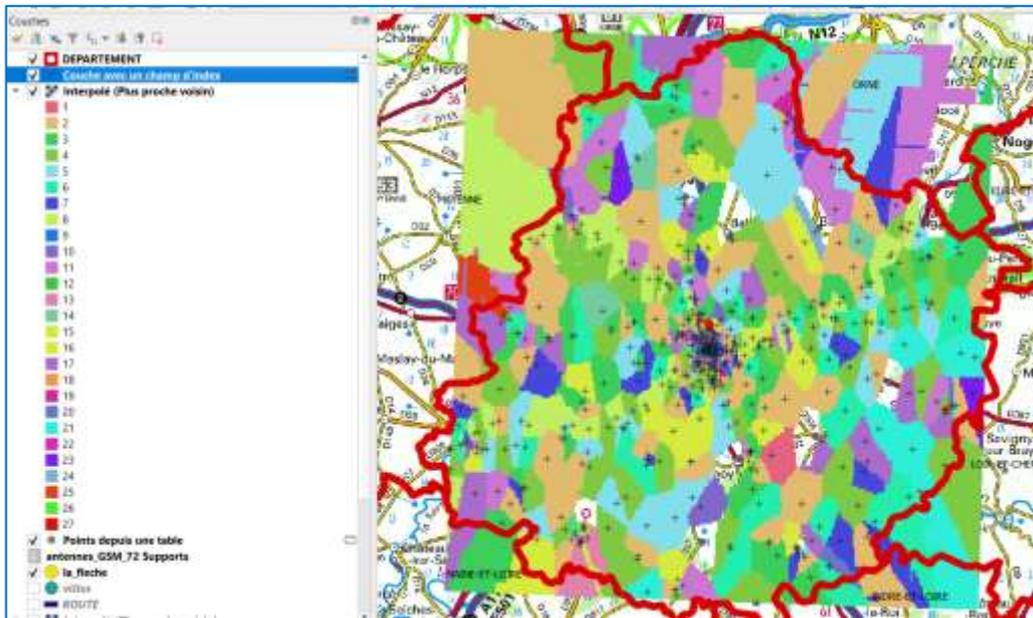
Vous allez maintenant « interpoler » par la méthode « au plus proche voisin » ou nearest neighbour

Zoomez à l'échelle du département de la Sarthe.





Chaque pixel se voit affecté la valeur de « CODE » la plus proche dans l'espace.



⚠ Bien que le champ « CODE » soit numérique c'est une information qualitative, il ne faut surtout pas utiliser des méthodes d'interpolation de type IDW, qui repose sur un calcul de moyenne, mais la technique du plus proche voisin.

💡 Ce type de zonage (découpage) ressemble au diagramme de Voronoï (Thiessen) vu au TD3 « analyse spatiale en mode vecteur ».

## 9. Analyse morphologique sur MNA



Durée 15 minutes



objectif : Apprendre à calculer des variables dérivées de l'altitude dans un MNT, telles que : la pente, l'exposition ...

Les fonctions de base d'analyse morphologique sur MNA (Modèle Numérique d'Altitude) dans QGIS sont dans :

→ Analyse de terrain raster

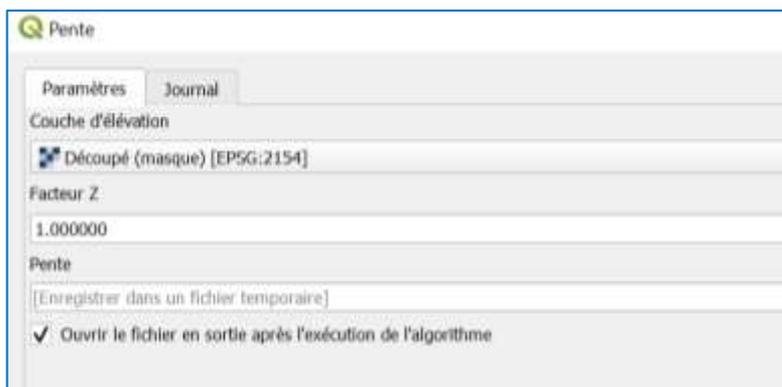
- Analyse de terrain raster
  - Courbes hypsométriques
  - Exposition
  - Index de rugosité
  - Ombrage
  - Pente
  - Relief

### 9.1. Carte de pente



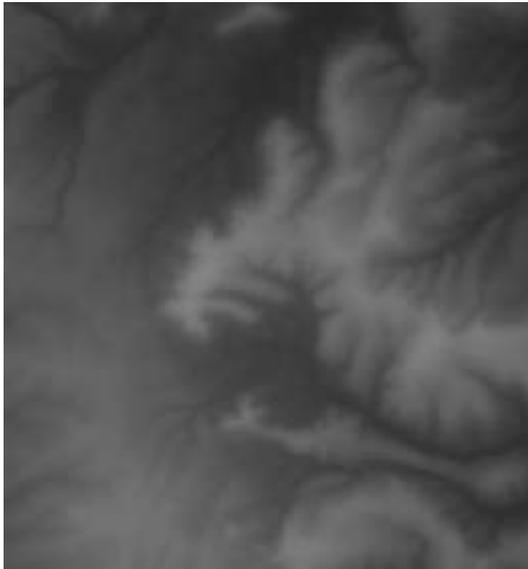
Calculer la carte de pente du MNT de la Sarthe masqué

→ Analyse de terrain raster → Pente



Le résultat est en degré

Le facteur Z c'est pour le cas où les altitudes ne sont pas dans les mêmes unités que les coordonnées X et Y (généralement des mètres).



Carte d'altitude



Carte de pente

Remarquer l'aspect dit en « spaghetti » de la carte de pente, du fait des zones contrastées sous forme de lignes tortueuses qui correspondent aux ruptures de pente, les zones sombres homogènes correspondant aux zones plus plates.

La pente est calculée par la dérivée première de l'altitude.

(dérivée = différence en discret)

Grille résultat contient l'intensité du gradient maximum (pente) dans le voisinage du pixel.

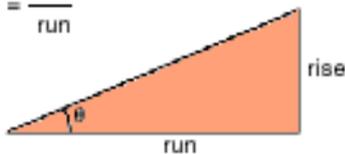
95	110	60
88	100	80
90	95	70

Le voisinage est défini par les 8 pixels adjacents.

La direction du gradient donne l'orientation de la pente (cf exposition)

Degree of slope =  $\theta$       Percent of slope =  $\frac{\text{rise}}{\text{run}} * 100$

$\tan \theta = \frac{\text{rise}}{\text{run}}$



Une pente peut être calculée en degrés ou en pourcentage.

100% correspond à un angle de 45°.

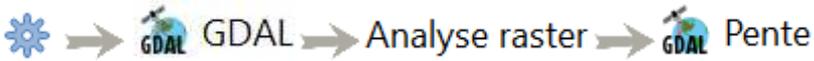
Quand l'angle  $\theta$  tend vers 90°, la pente en pourcentage tend vers l'infini.

Degree of slope =	30	45	76
Percent of slope =	58	100	375

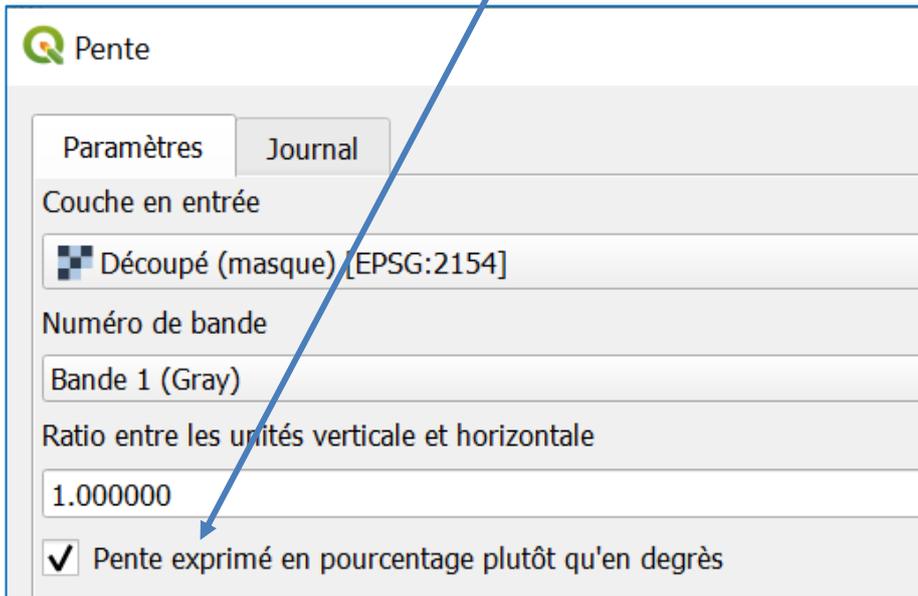


Calculer la carte de pente du MNT de la Sarthe masqué, en pourcentage

La fonction précédente ne le permet pas, on va utiliser la fonction :



Il y a dans cette fonction, l'option de calcul en pourcentage :



L'apparence de la couche calculée est identique, seule la gamme des valeurs change.

En degrés

**Pente**  
 0  
 31.1971

En pourcentage

**Pente**  
 0  
 60.5553



Combien y a-t-il d'hectares de surfaces agricoles dans le département de la Sarthe d'après Corine Land Cover

Valeur	Nombre de pixels	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface ha
2	488393	4886169382.27	488617



Combien y a-t-il d'hectares de surfaces agricoles sur des pentes supérieurs à 3%

Valeur	Nombre de pixels	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface ha
2	385242	2168774041.7	216877

## 9.2. Carte d'exposition



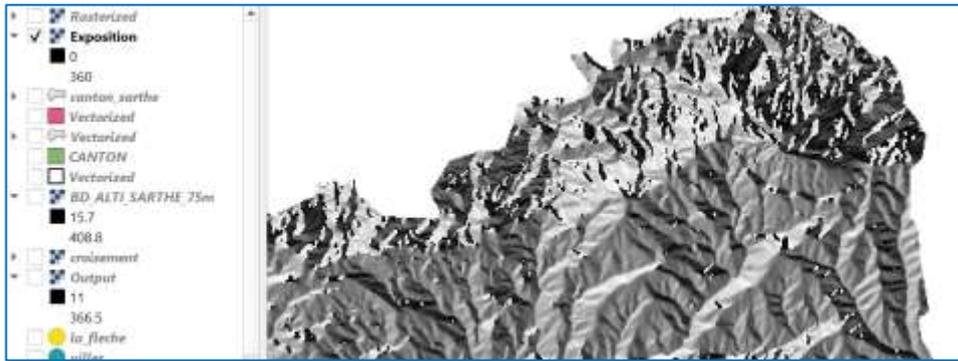
Calculer la carte d'exposition du MNT de la Sarthe masqué



Analyse de terrain raster



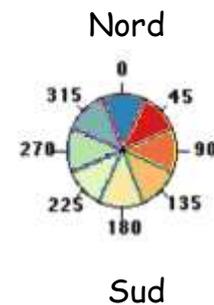
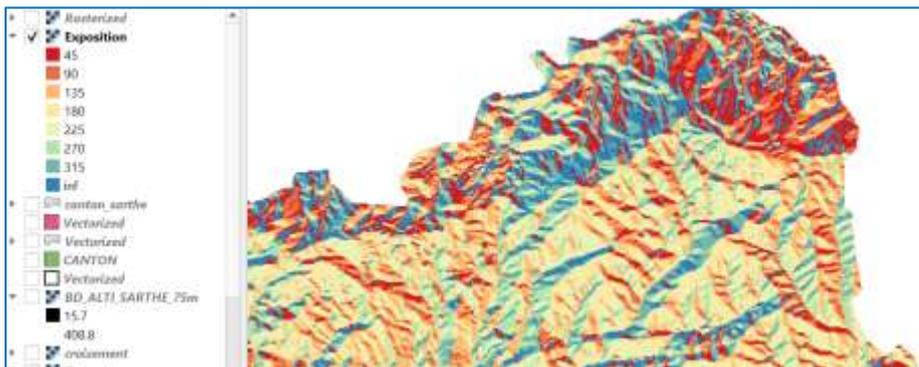
Exposition



Le résultat est un angle entre 0 et 360°, donnant l'orientation de la plus grande pente.



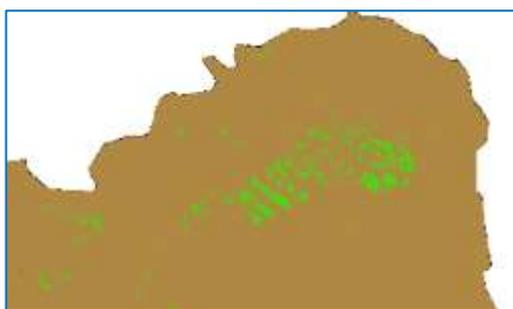
Changer la légende : pseudo-couleurs à bande unique, Discrète, 8 intervalles égaux, avec une palette spectrale



Les 8 classes correspondent aux 8 directions cardinales



Cartographier les forêts qui sont exposées « Sud », on considérera l'exposition « Sud » entre 157.5° et 202.5°



### 9.3. Carte d'ombrage



Calculer la carte d'ombrage du MNT de la Sarthe masqué



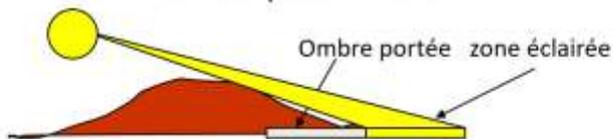
Analyse de terrain raster



Ombrage

Mettre un angle vertical de 20° pour accentuer les ombres portées.

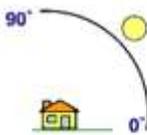
L'Ombrage calcule l'éclairage en chaque cellule de la grille, en fonction du relief et de la position du soleil



L'azimut est la direction angulaire du soleil, mesurée à partir du nord en degrés dans le sens horaire.

de 0 à 360.

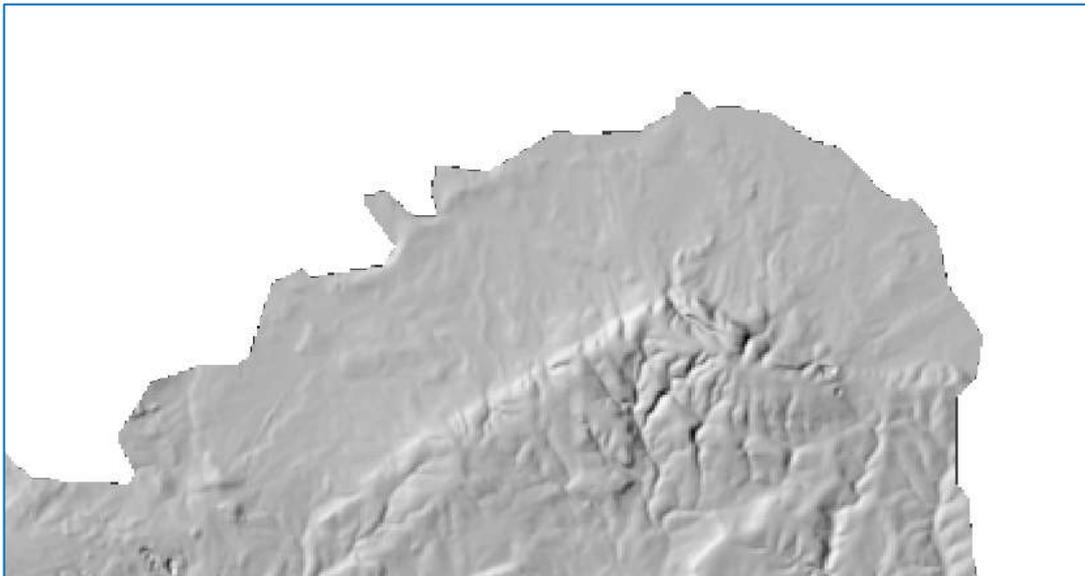
Un azimut de 90 représente l'est.



L'altitude représente l'angle du soleil au-dessus de la ligne d'horizon.

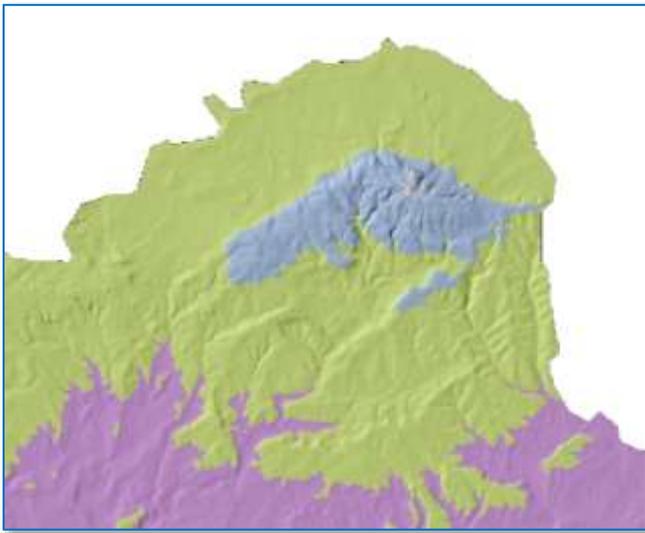
Les unités sont représentées en degrés.

de 0 (à l'horizon) à 90 degrés (au-dessus).





Combiner avec un effet de transparence la carte en 3 classes d'altitudes (en couleur) avec cette carte d'ombrage.



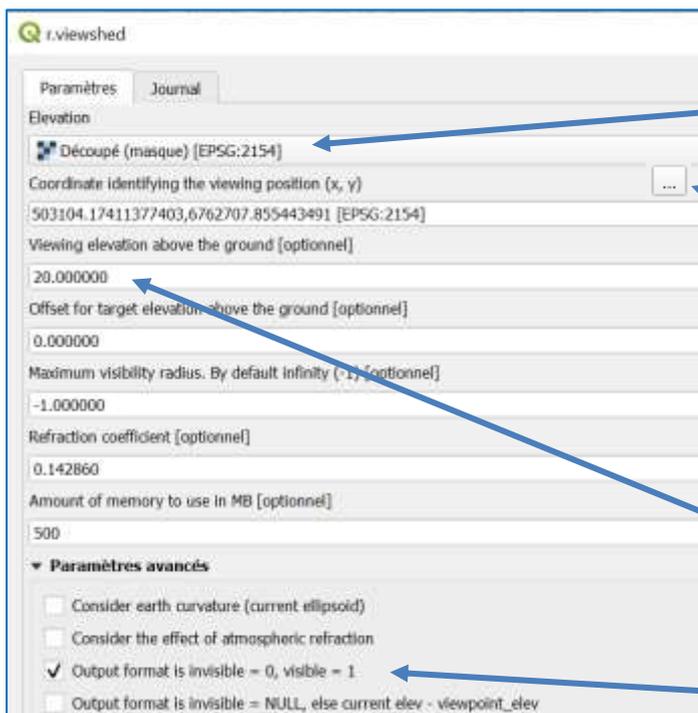
On parle généralement d'une carte en pseudo-relief pour ce genre de carte.

## 9.4. Carte d'intervisibilité



Cartographier les zones depuis lesquelles une éolienne de 20m de haut installée sur la commune de Parigné-L'évêque au sud-est du Mans, est potentiellement visible en fonction du relief (on négligera à cette étape l'angle apparent de l'éolienne)

GRASS → Raster (r.\*) → r.viewshed



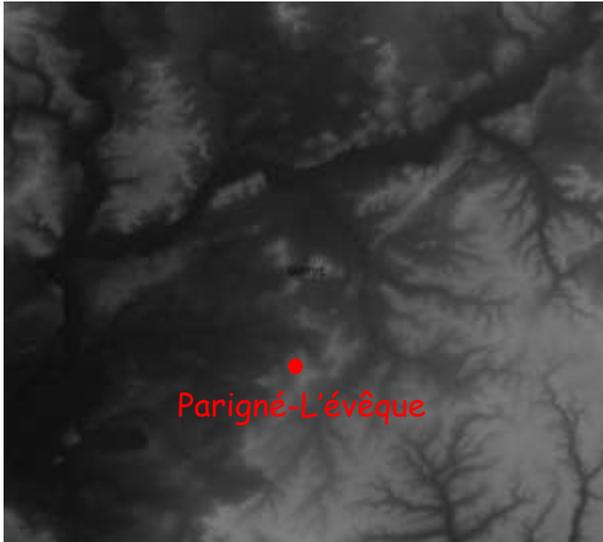
La couche du MNT de la Sarthe

Cliquer sur [...] puis cliquer sur la carte sur la commune de Parigné-L'évêque

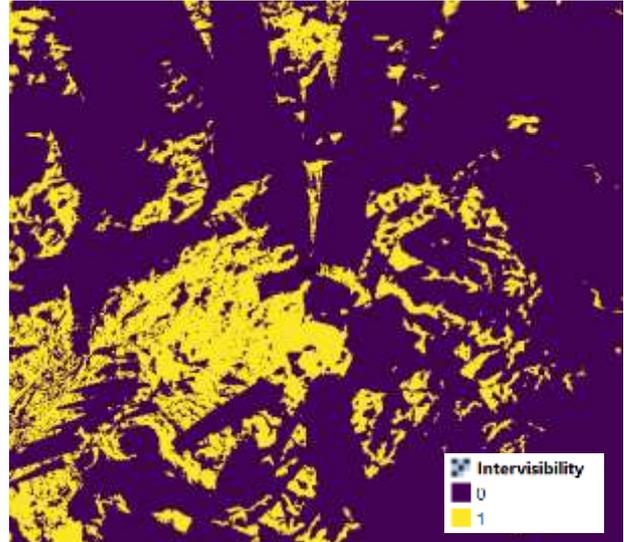


20 m de haut

Cocher pour un résultat binaire : Visible / invisible



Le MNT

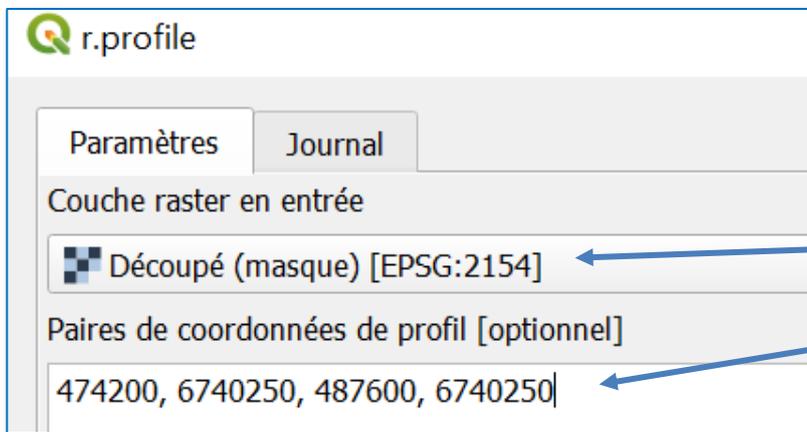


La carte d'intervisibilité

### 9.4. Profil / Coupe topographique



Sur la couche du MNT de la Sarthe

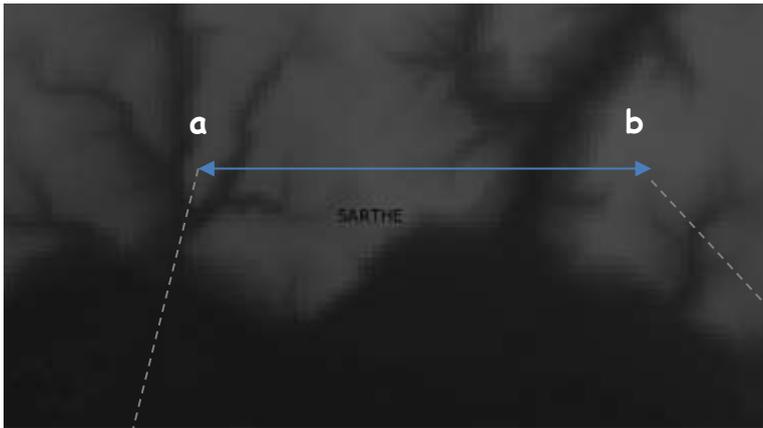


La couche raster à analyser

Coordonnées de la ligne  
 $X_a, Y_a, X_b, Y_b$

Le résultat est un fichier texte, avec 2 colonnes, à lire comme un fichier CSV dans un tableur.

La première colonne représente la distance depuis le premier point (a) et la seconde colonne est la valeur du pixel lu sur chaque pixel le long du profil, donc ici l'altitude.



Il existe aussi dans QGIS plusieurs extensions qui permettent de faire des profils encore plus facilement, comme par exemple l'extension « Profile Tool »

✓  Profile tool

A screenshot of the Profile Tool interface in QGIS. The top part shows a grayscale map with a red profile line. Below the map is the Profile Tool window, which includes a graph of the profile, a table of data, and various settings. The graph shows a red line representing the profile, with a vertical line indicating the current position. The y-axis is labeled 'Height' and ranges from 40 to 100. The x-axis is labeled 'Distance' and ranges from 0 to 4000. The current position is X: 1655.567 and Y: 96.6. The maximum elevation is 102.40 and the minimum is 35.30. The interface also includes a 'Table' tab, 'Settings' tab, and various options like 'Interpolated profile', 'Show cursor', and 'Link mouse position on graph with canvas'.

## 10. Analyse de distance



Durée 20 minutes



objectif : Savoir calculer des cartes de distances par rapport à des objets et les utiliser pour modéliser des problématiques par exemple de déplacement, d'accessibilité, d'impact ...

### 10.1. Distance à vol d'oiseau



En partant de la couche Corine raster, créer une carte raster qui donne la distance à vol d'oiseau en tout point du département de la Sarthe vers la zone urbaine la plus proche.



GRASS

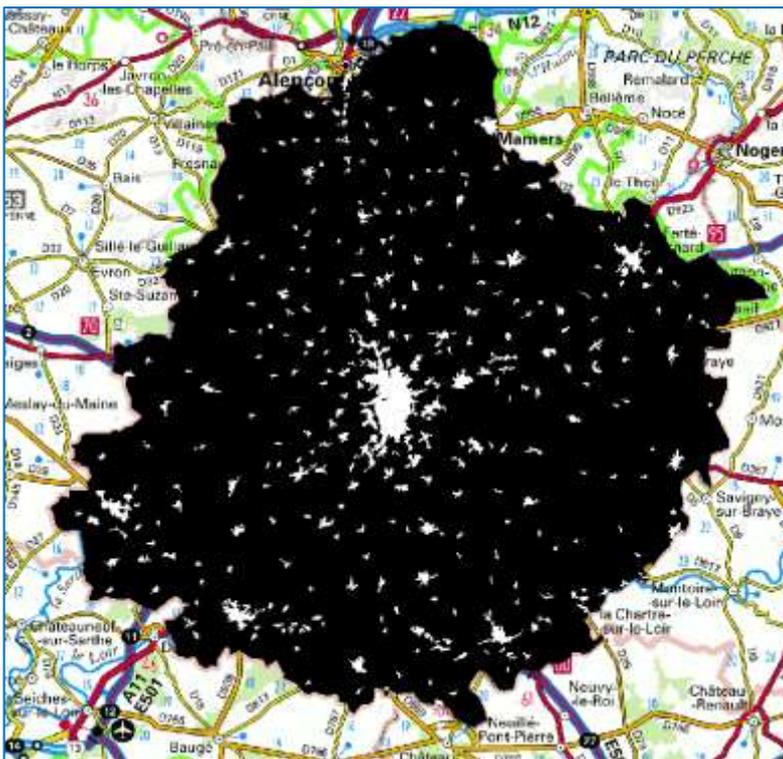


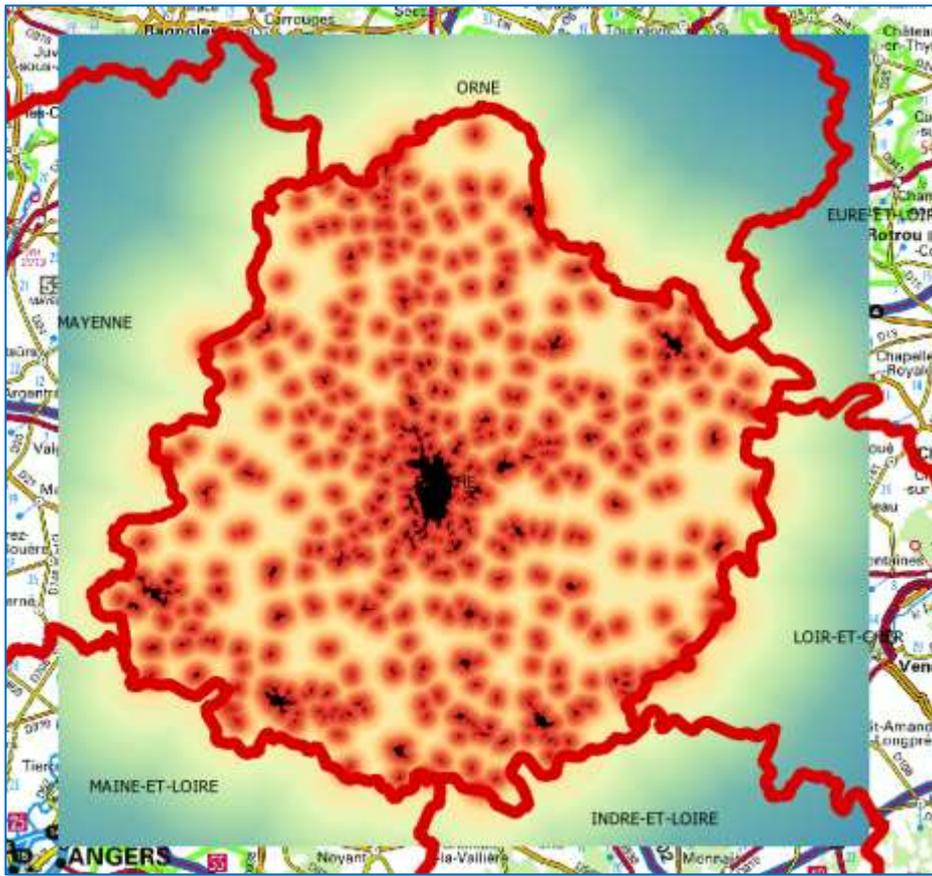
Raster (r.\*)



r.grow.distance

Calcul des zones urbaines en raster à partir de Corine Land Cover  
le fond noir (non urbain) doit être NO DATA comment faire ?

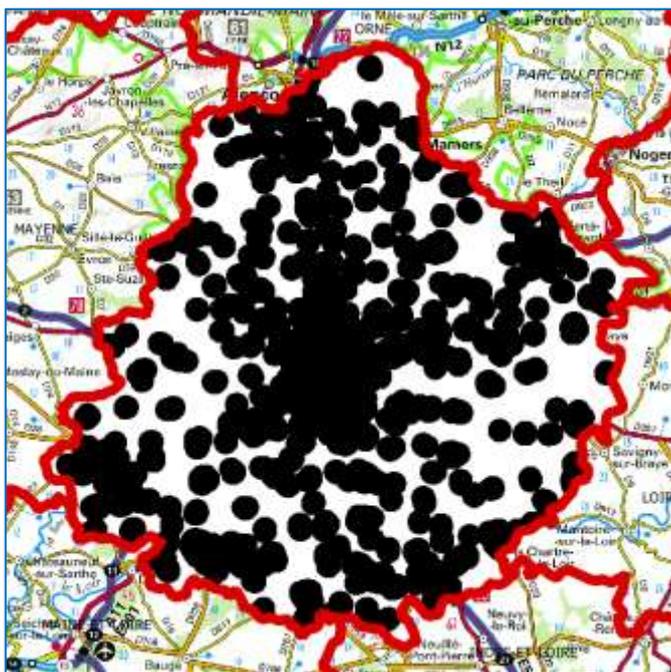




Carte de la distance à vol d'oiseau en m, aux zones urbaines en noire



A partir de la carte précédente, cartographier les espaces qui sont à plus de 2 km d'une zone urbaine (masquer par le contour du département)



En blanc les espaces à plus de 2 km d'une zone urbaine



Quel pourcentage de la surface totale du département est couvert par ces espaces à plus de 2 km d'une zone urbaine ?

Carte des espaces à plus de 2 km :

Nombre total de pixels: 1861818			
Nombre de pixels NODATA: 754080			
Valeur	Nombre de pixels	Surface (m <sup>2</sup> )	
0	704383	3965799440	
1	403355	2270959170	2271 km <sup>2</sup>

Surface du département de la Sarthe : 6236 km<sup>2</sup> (couche département)

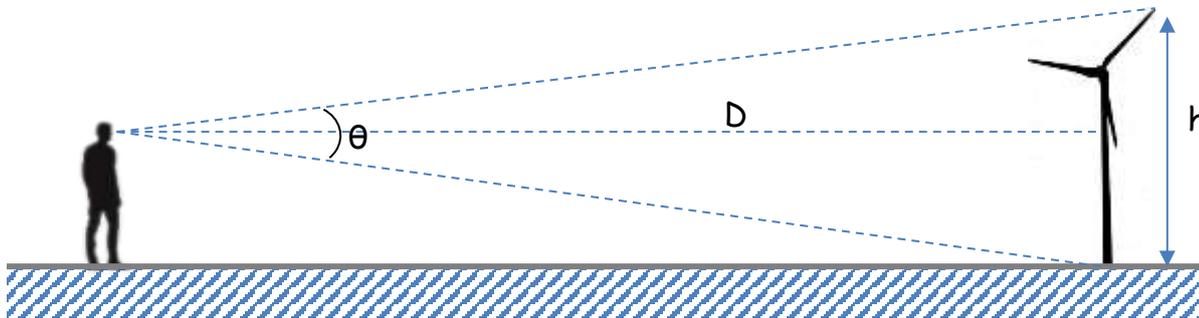
Le pourcentage est donc :  $2271 / 6236 * 100 = 36.42 \%$



Il était indispensable de masquer la carte par le département, car comme la mesure de surface n'est en fait qu'un comptage du nombre de pixels présent dans tout le raster, si on n'avait pas masqué on aurait intégré dans le calcul des pixels en dehors du département de la Sarthe et la surface aurait été faussée.



Cartographier l'angle apparent  $\theta$  en degré, d'une éolienne de 80m de hauteur, installée sur la commune de la Flèche, pour le territoire du département de la Sarthe.



$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{h/2}{D}$$

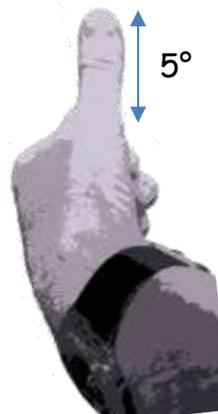
$$\theta = 2 * \arctan\left(\frac{h}{2D}\right)$$



Que représente cet angle apparent, dans le champ visuel : Bras tendu devant soi, le pouce donne une appréciation de cet angle :



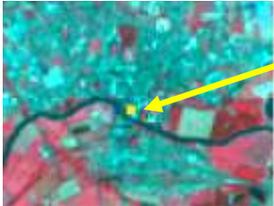
1° à 1.5°



5°

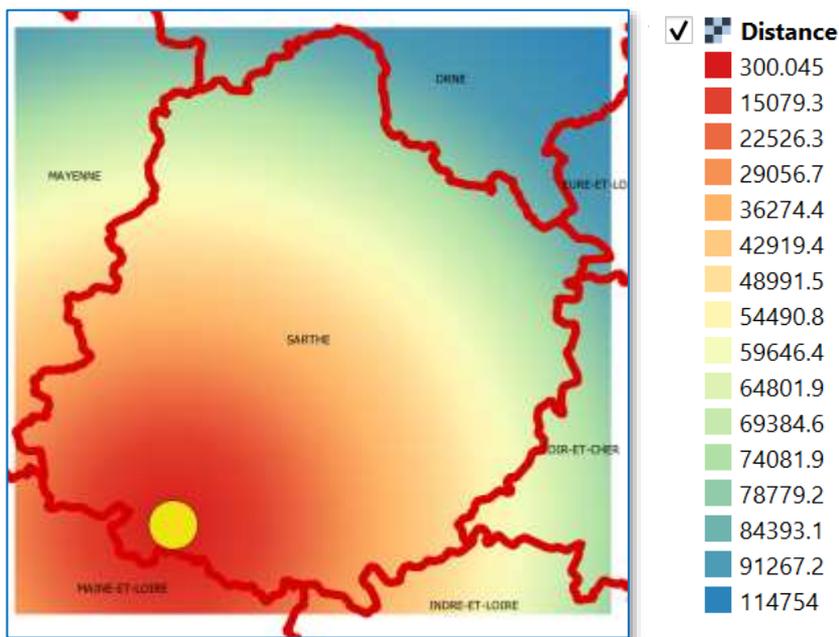
💡 Commencer par créer une version raster de la couche de La Flèche (1 et NODATA), 100m de résolution (car la fonction distance demande un raster)

⚙️ → 🌿 GRASS → Vecteur (v.\*) → 🌿 v.to.rast



Attention il y a seulement un petit pixel qui est créé dans la couche raster sur La Flèche et le reste est à « No Data », car la couche vecteur ne contient qu'un seul point sur la ville.

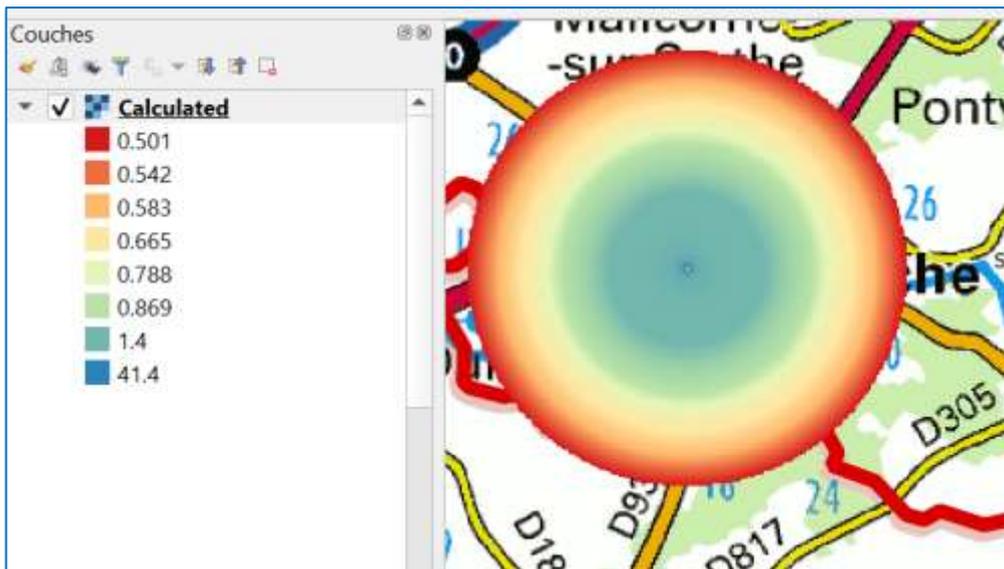
Calculer un raster de distance en m à vol d'oiseau à partir du point raster de La Flèche (résolution 100m)



Calculer, à partir de ce raster, un autre raster correspondant à l'angle apparent  $\theta$  en degrés avec la formule de la page précédente.

⚠️ Attention la fonction atan() de QGIS renvoie des radians.

Seuiller (effacer) tous les angles inférieurs à un demi-degré (les mettre à no data) on considèrera que l'éolienne n'est pratiquement plus visible en dessous de  $0.5^\circ$

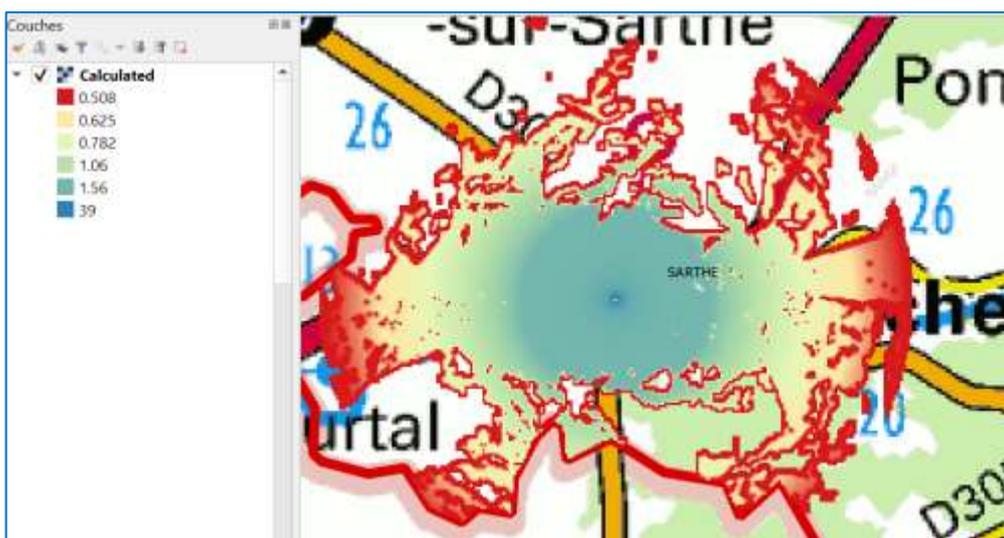


Angle apparent en degrés ( $> 0.5^\circ$ ) de l'éolienne en degrés, centré sur La Flèche

Croiser maintenant cette carte avec une carte de visibilité de l'éolienne en fct du relief.



La carte de visibilité pour une éolienne de 80m (position La Flèche) en fonction du relief



Croisement final des deux cartes

## 1.1. Distance pondérée avec coût de parcours



Créer une carte du temps de parcours, en heure, pour un randonneur à pied, pour rejoindre en ligne droite, un point quelconque du département de la Sarthe, à partir de la ville de La Flèche. Vous considérerez une vitesse de marche de **5 km.h<sup>-1</sup>**, Vous tiendrez compte d'un surcoût pénalisant cette vitesse en fonction du relief et de la nature des espaces traversés (urbain, agricole, forêt et eau).

On va utiliser la fonction :  →  GRASS → Raster (r.\*) →  r.walk.rast

 Les temps sont en secondes et les distances en mètres dans cette fonction.

5 km.h<sup>-1</sup> = 1.39 m.s<sup>-1</sup> soit il faut  $\frac{1}{1.39} = \underline{0.72 \text{ secondes pour parcourir 1 mètre}}$

Formule du calcul :

$$T = a * dH + b * dV_{uphill} + c * dV_{moderate\_downhill} + d * dV_{steep\_downhill}$$

T : le temps de déplacement en secondes

dH distance parcourue à l'horizontale et les dV à la verticale

a : temps de parcours de 1 m sur une surface plane (inverse de la vitesse)

b, c et d : secondes additionnelles dues au mouvement verticaux en fonction du relief

$$\text{coût total} = T + \text{lambda} * \text{friction\_costs} * dH$$

Le coût total en secondes = temps final du parcours, intègre en plus de T, un temps additionnel en fonction de la difficulté de déplacement liée par exemple au type d'occupation du sol.

friction\_costs sera une couche de coût que l'on va créer.

Créer une couche raster de surcoût en secondes supplémentaires (par rapport à la vitesse de base de 5 km.h<sup>-1</sup>) pour parcourir un mètre, qui sont liées au mode d'occupation du sol :

Vous estimerez la vitesse en fonction du mode d'occupation du sol à :

Occupation sol	vitesse
Urbain :	5 km.h <sup>-1</sup>
Agricole :	2.5 km.h <sup>-1</sup>
Forêt :	1.25 km.h <sup>-1</sup>
Eau	0.625 km.h <sup>-1</sup>

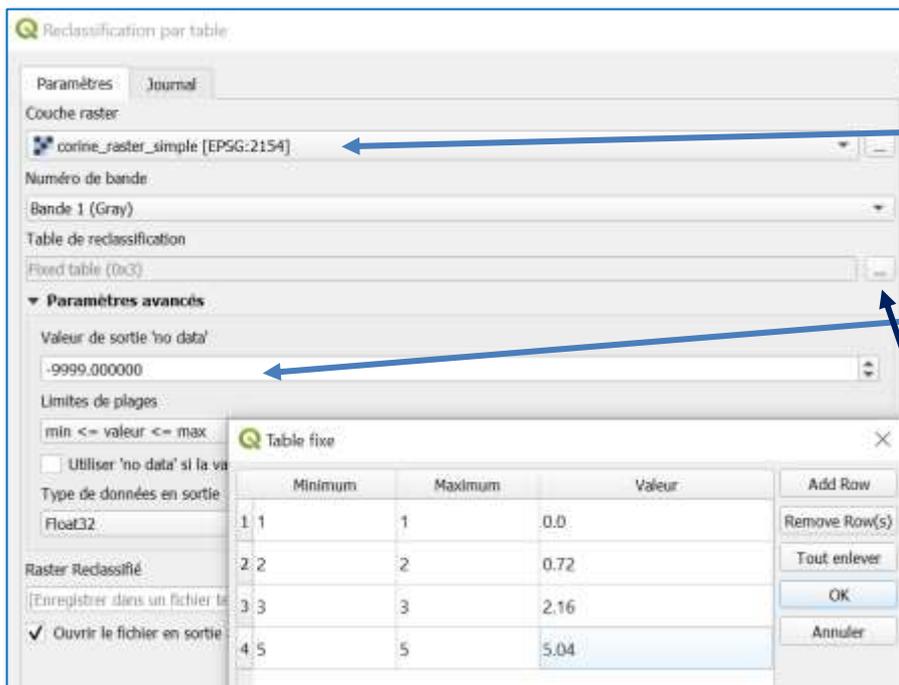
Estimer le surcout en secondes par mètre pour chacun des modes, par rapport à la vitesse de base de 5 km.h<sup>-1</sup>

Occupation sol	vitesse km.h <sup>-1</sup>	vitesse m.s-1	s.m <sup>-1</sup>	surcout
Urbain (1) :	5	1.39	0.72	0
Agricole (2) :	2.5	0.695	1.44	0.72
Forêt (3) :	1.25	0.347	2.88	2.16
Eau (5) :	0.625	0.173	5.76	5.04

Pour l'eau on estime une vitesse qui correspondrait au contournement de la masse d'eau.

Recoder Corine Land Cover en surcout par reclassification

 →  Analyse raster →  Reclassification par table



Corine\_raster\_simple en entrée

Choisir min <= valeur <= max

Cliquer sur  et saisir la table de recodage

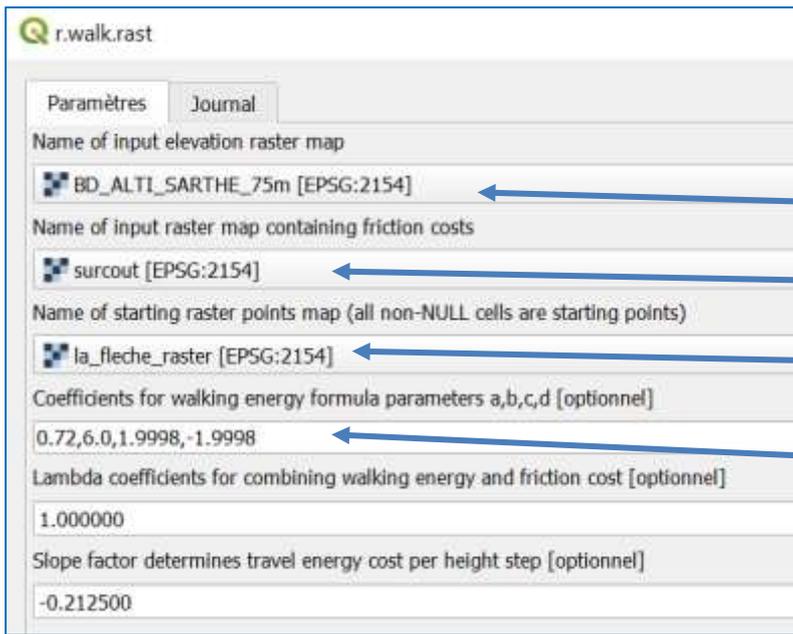
Renommer la couche résultat en « surcout »

Créer une version raster de la couche de La Flèche (1 et NODATA), (car la fonction demande un raster) renommer la, en « la\_fleche\_raster »

 →  GRASS → Vecteur (v.\*) →  v.to.rast

Calculer le temps de parcours (résultat en secondes)

 →  GRASS → Raster (r.\*) →  r.walk.rast



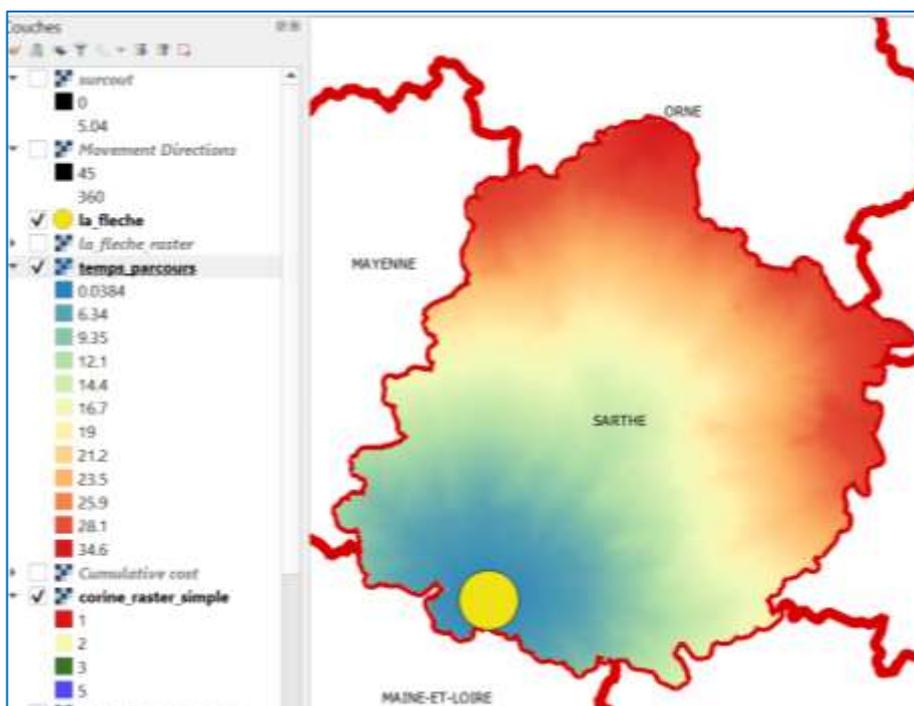
Le MNT pour le relief

La couche de surcout lié à l'occupation du sol

La couche La Flèche en raster

Les coefficient voire formule  
Remarquer la valeur du coef «a»  
**a = 0.72 cela correspond à nos 5 km.h-1 sur terrain plat**

Recalculer le résultat en HEURES (couche de référence BD\_ALTI\_SARTHE\_75m)



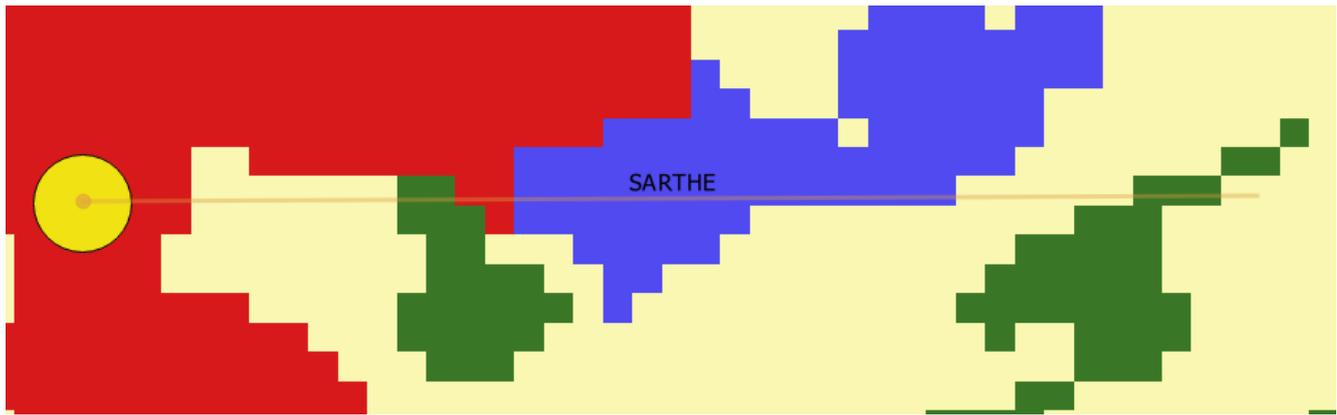
La carte du temps de parcours en heures



Faire un second calcul sans tenir compte de la couche de coût, pour cela mettre le facteur lambda à zéro, puis comparer les deux résultats.



Analyser le résultat sur un transect de 4 km de long à l'est de La Flèche.



La carte Corine Land Cover sur le transect de 4 km à l'est de La Flèche

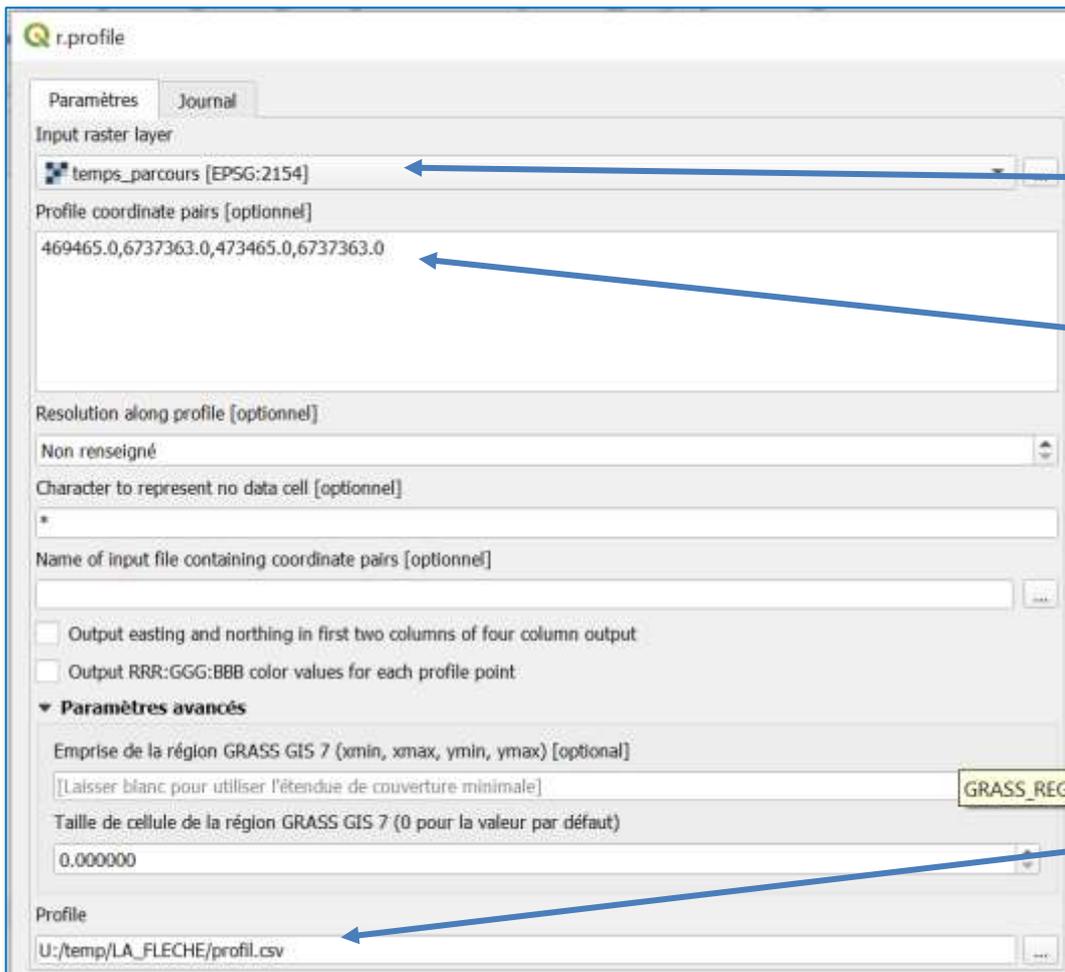
Utiliser la fonction r.profile pour extraire les valeurs d'un raster le long d'une ligne, afin d'en faire des graphiques.



Repérer sur la carte les coordonnées Lambert de la ville de La Flèche, affichées en bas de l'écran ou avec un clic droit avec l'outil d'identification 

Coordonnées de La Flèche : **469465.0, 6737363.0**

Tracer un profil horizontal de 4 km donc jusqu'à : **473465.0, 6737363.0**



La couche raster à analyser

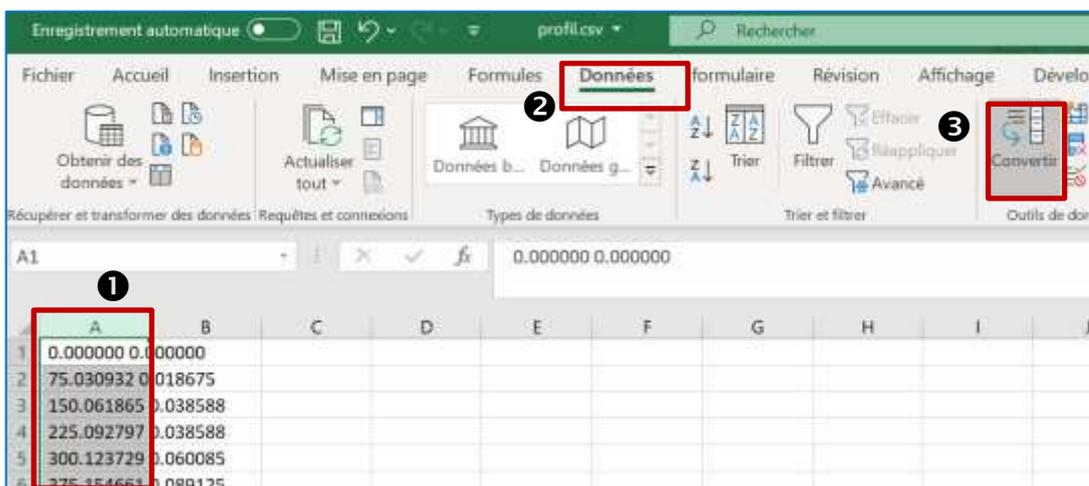
Coordonnées de la ligne

Nom du fichier résultat (texte)

Ouvrir le fichier résultat profil.csv dans un tableur comme Excel



Il y a deux colonnes séparées par un espace dans le fichier, sélectionner la colonne A puis cliquer sur Données -> convertir



Afin de mettre en forme les données sous la forme d'un tableau.

Choisir : Délimité > séparateur Espace

On obtient un tableau avec 2 colonnes :

A	B	C	D
	0	0	
	75.030932	0.018675	
	150.061865	0.038588	
	225.092797	0.038588	
	300.123729	0.060085	
	375.154661	0.089125	
	450.185594	0.128914	
	525.216526	0.128914	

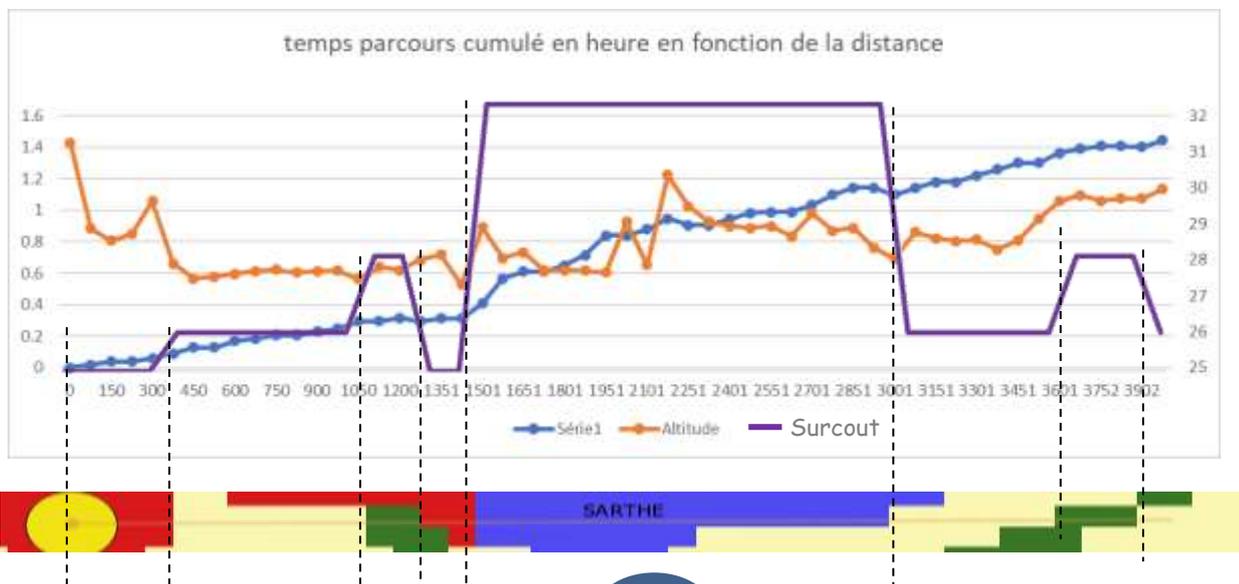
La première colonne représente la distance depuis La Flèche pour la mesure (la résolution était ici de 75m) et la seconde colonne est la valeur du pixel lu à cette position donc pour nous le temps de parcours en heures.

Tracer un graphique du temps de parcours en fonction de la distance le long du profil



💡 Remarquer les inflexions de pente liées aux changements de conditions (Occupation du sol, relief)

Extraire de la même façon la topographie (MNT) et la valeur de surcout et faire des graphiques.



## 11. Analyse de densité : carte de densité des aéroports en France



**Durée 5 minutes**  **objectif : Savoir calculer des cartes rasters de densité d'une mesure**



Ajouter `airport_europ.shp` depuis `Divers\BATCH` avec  
Ajouter `France_FR.SHP` depuis `GEOFLA_FRANCE`

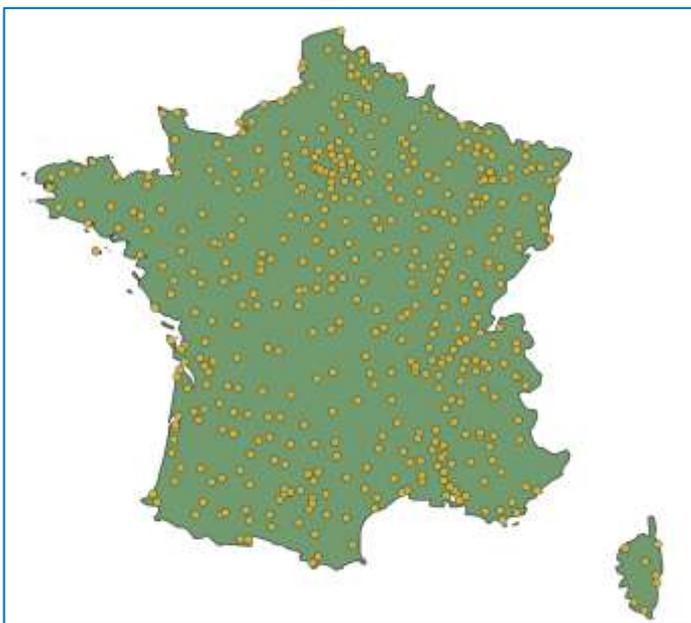


Créer une carte de FRANCE raster, de résolution kilométrique, de la densité des aéroports sur le territoire européen.

Le champ « CNTR\_CODE » contient le code de pays, FR pour la France



Commencer par créer une couche ShapeFile en Lambert 93 qui ne contient que les aéroports français



Puis calculer la carte de densité (carte de chaleur) avec :

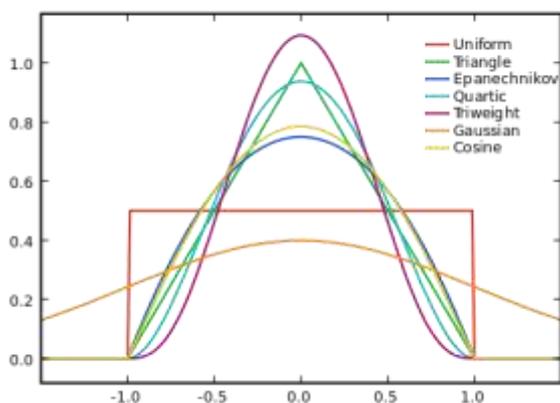
⚙️ → 📍 Interpolation → 🌡️ Carte de chaleur (Estimation par noyau)

(En anglais on parle de heatmap)

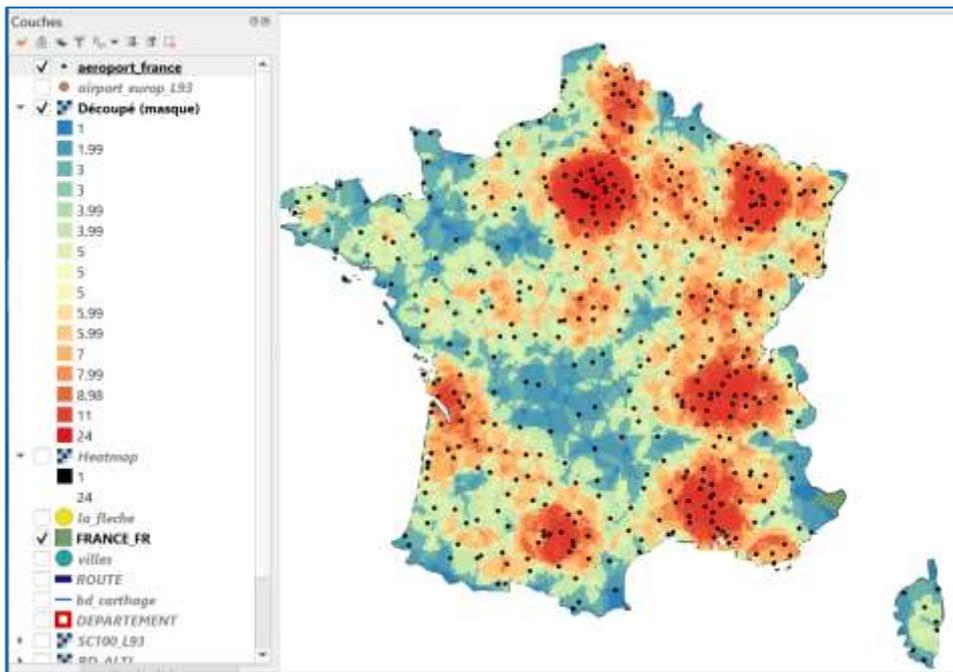
The screenshot shows the 'Carte de chaleur (Estimation par noyau)' dialog box in QGIS. Annotations with blue arrows point to specific settings:

- La couche SHP en entrée**: Points to the 'Couche de point' field containing 'aeroport\_france [EPSG:2154]'.
- Le rayon de calcul autour du pixel = 50 km**: Points to the 'Rayon' field set to '50000.000000'.
- Résolution du raster de sortie = 5 km**: Points to the 'Taille du pixel en X' and 'Taille du pixel en Y' fields, both set to '5000.000000'.
- Kernel Uniforme**: Points to the 'Kernel shape' dropdown menu, which is set to 'Uniforme'.

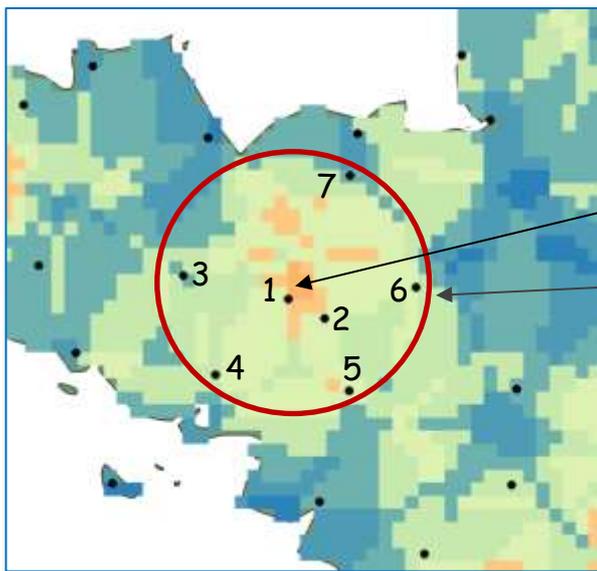
Le kernel définit la forme du voisinage pour lissage spatial du calcul



Masquer par le contour de la France et Faire une légende par dégradés de couleurs de type carte de chaleur (du bleu au rouge)



Cliquer sur quelques pixels du résultat et analyser la valeur en fonction du nombre de points avoisinant à 50 km de rayon :



Pixel de valeur « 7 »

Cercle de 50 km de rayon autour du pixel

Avec le kernel uniforme le résultat correspond au comptage des aéroports dans le rayon de 50 km



Modifier votre carte pour avoir une densité ramenée à un nombre d'aéroports pour 10 000 km<sup>2</sup>



Tester l'effet d'un kernel « triangulaire » comparer les valeurs prédites sur le même pixel avec les deux kernels.

Il existe une fonction équivalente dans la boîte à outils SAGA :



SAGA → Raster creation tools → Kernel density estimation

## 12. Opérations entre RASTER

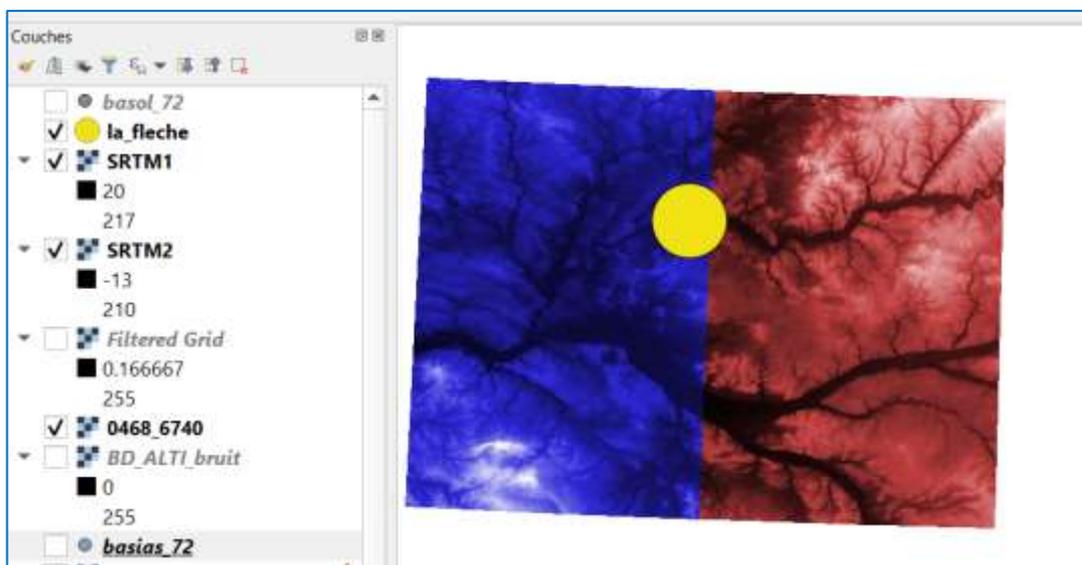


### Fusion géographique de rasters



Ajouter les deux couche SRTM1.tif et SRTM2.tif depuis BD\_ALTI/MNT

SRTM = Shuttle Radar Topography Mission, est une mission RADAR de la navette spatiale de la NASA qui a réalisée un MNT du monde en l'an 2000, d'une résolution de 1 seconde d'arc pour les données les plus précises, ces données sont téléchargeables sur le site [EARTHEXPLORER](http://earthexplorer.usgs.gov) de l'USGS, sous la forme de DALES :



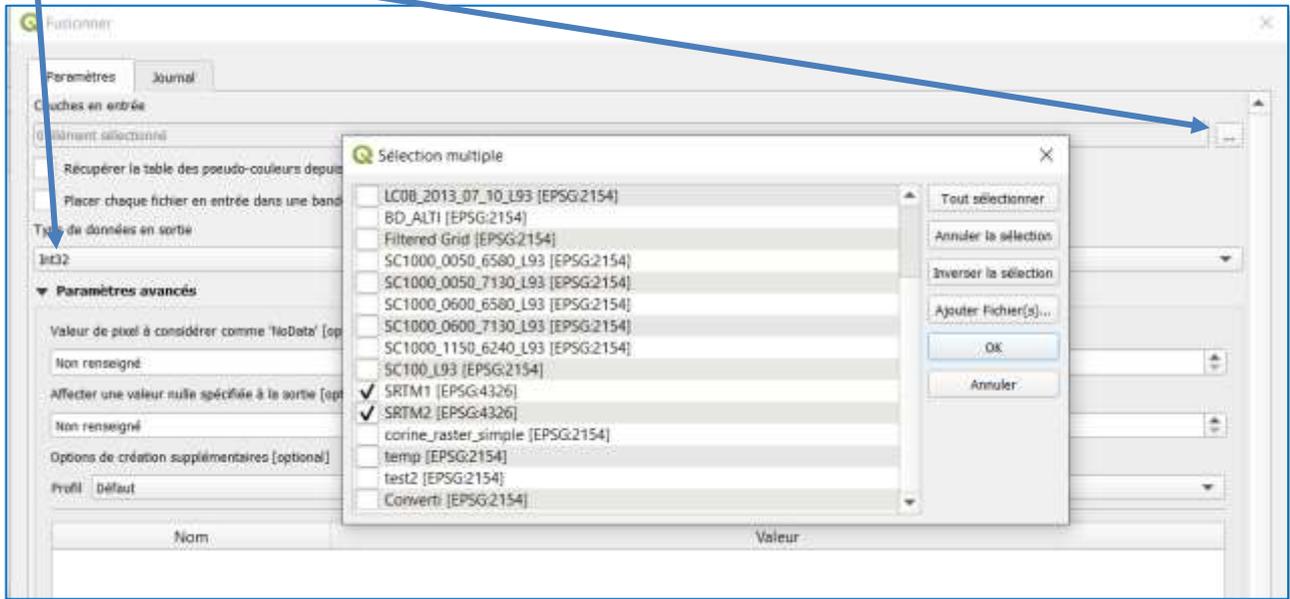
Dale SRTM1 en rouge et dale SRTM2 en bleu (option colorisation dans la légende)

Pour de nombreuses opérations il n'est pas pratique que les données soient séparées dans deux fichiers. Par exemple rechercher l'altitude maximale sur la zone affichée ici suppose de la chercher dans le SRTM1 puis dans le SRTM2 et enfin de comparer les deux. Pour éviter cela, nous allons fusionner dans un même fichier les deux SRTM :



Format int32 (les données sont en entier)

Cliquer sur [...] pour choisir les deux fichiers en entrée SRTM1 et SRTM2

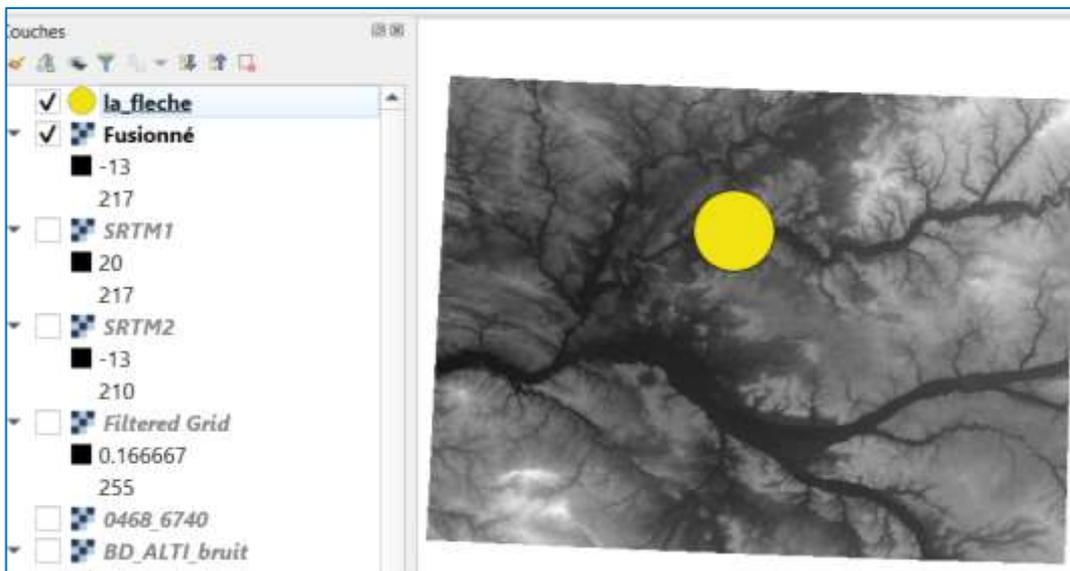


Donner un nom pour le fichier résultat en cliquant sur [...]



**Exécuter** pour lancer le traitement

On voit que le fichier résultat « Fusionné » couvre bien l'étendu de SRTM1 et SRTM2.



### 13. Filtrage des Raster



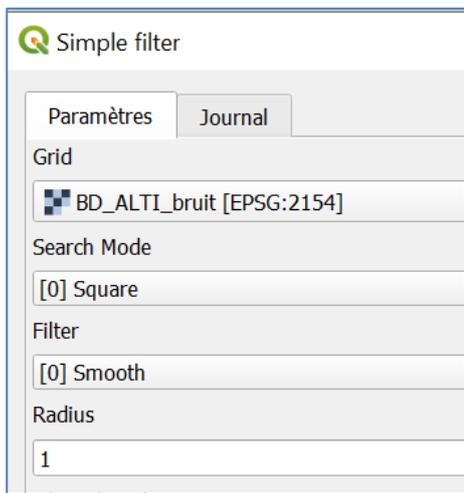
#### Traitement du bruit de signal : filtrage linéaire par la moyenne



Ajouter la couche BD\_ALTI\_BRUIT.TIF depuis BD\_ALTI/MNT

Remarquer les points noirs et blancs qui apparaissent de manière aléatoire dans la donnée, il s'agit d'un bruit parasite, on parle de bruit poivre et sel (salt and pepper) pour ce genre de bruit : des valeurs extrêmes qui apparaissent très claires ou très foncées. On va atténuer ce bruit par un filtrage par la moyenne. Appliquer un filtrage simple avec :

⚙️ → SAGA → Raster filter → Simple filter

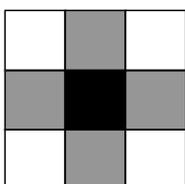


Voisinage carré

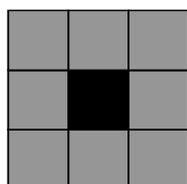
Type de filtre = Smooth = lissage = moyenne locale

Ragon du voisinage = 1 = matrice 3x3

Le type de filtre « Smooth » ou filtre de lissage est un calcul de moyenne dans le **voisinage** de chaque pixel, ce voisinage est composé en plus du pixel lui-même (en noir) des 4 (V4) ou 8 (V8) pixels adjacents comme ci-dessous (en gris) :



voisinage V4

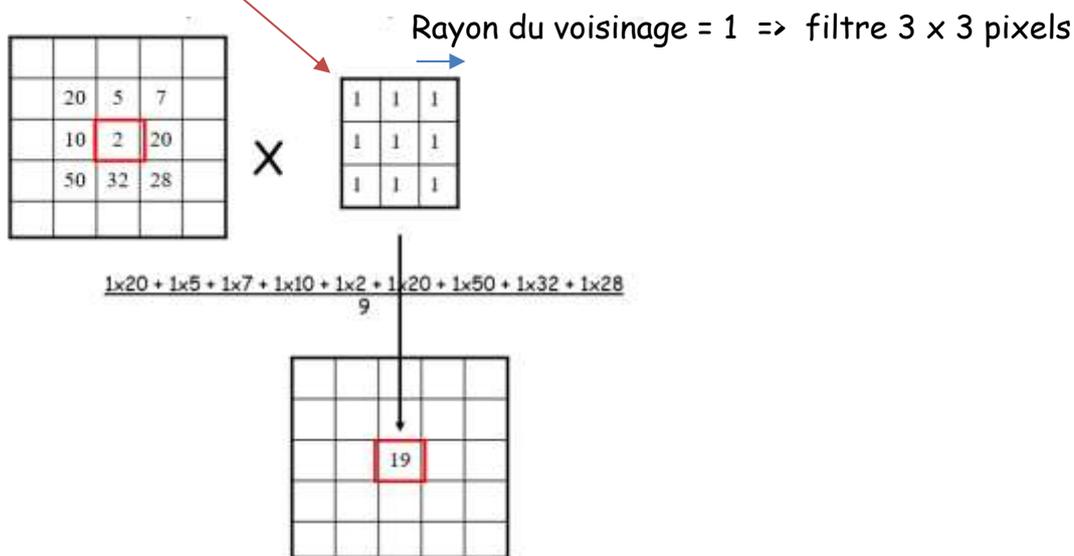


voisinage V8

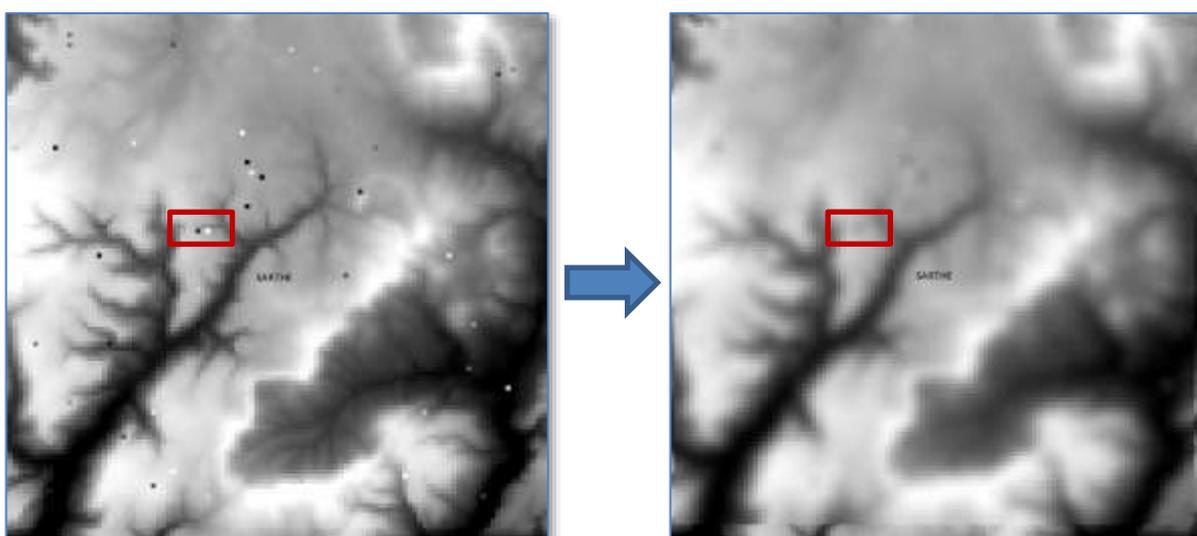
Le filtrage consiste en un calcul à partir des pixels du voisinage et du pixel lui-même, dont le résultat va être affecté au pixel considéré au centre (en noir).

Si ce calcul peut se ramener à une **combinaison linéaire** des pixels de départ, on parle alors de **filtrage linéaire** et dans le cas opposé de **filtrage non linéaire**.

Les **coefficients** de la combinaison linéaire constituent le **Filtre**



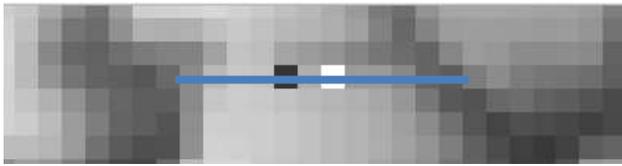
Ici tous les coefficients sont à 1, le calcul est une simple moyenne de pixels du voisinage. Comme tout calcul de moyenne, cela a pour effet de diminuer les valeurs fortes ou faibles, donc bien adapté pour réduire ce type de bruit. On parle de **Filtre de lissage**, ou **passer-bas** (laisse passer les basses fréquences)



BD\_ALTI\_BRUIT.TIF

résultat filtré par une moyenne 3x3

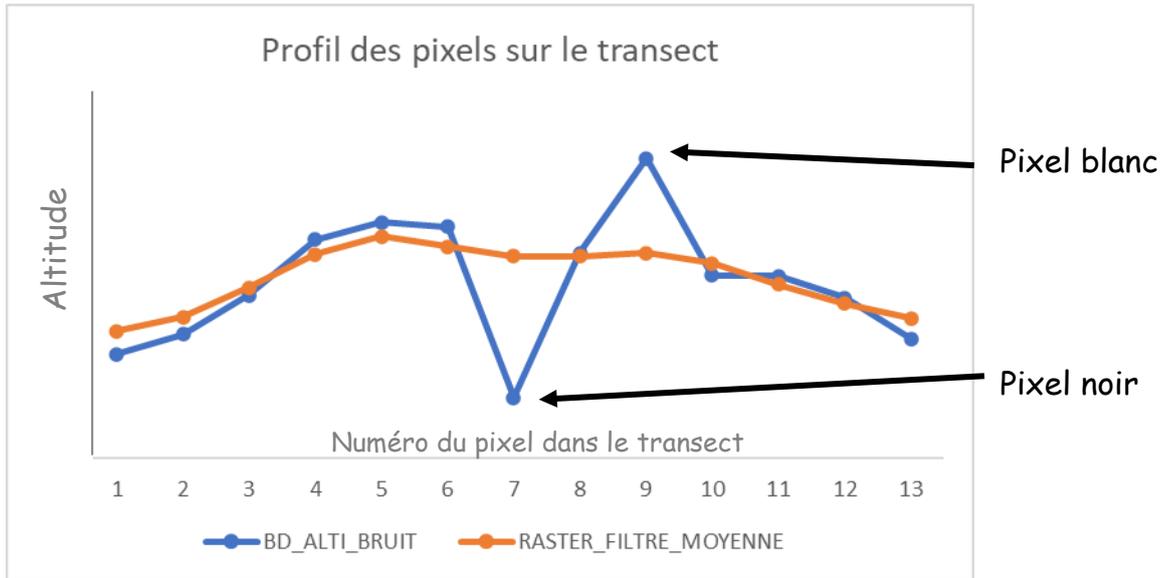
Calculer et tracer un profil dans le cadre rouge passant sur les deux pixels de bruit.



BD\_ALTI\_BRUIT.TIF (zoom cadre rouge)



résultat filtré par une moyenne 3x3



💡 Remarquer la forte atténuation des points de bruit noir et blanc, mais remarquer aussi l'effet global de flou.

⚠️ **Attention ce type de filtrage (filtrage linéaire) n'a de sens que sur des données quantitatives, ne pas l'appliquer sur des données qualitatives.** (Pas de moyenne des choux et des carottes). Il faut se méfier car comme dans les rasters toutes les données sont sous forme de nombres, les données qualitatives sont aussi représentées par des codes numériques, c'est à nous de savoir si un nombre représente une information qualitative ou quantitative.

### Lissage géographique : filtrage non linéaire majoritaire

Filtre majoritaire

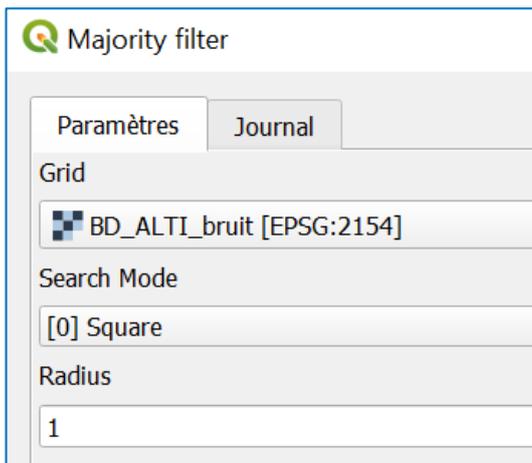
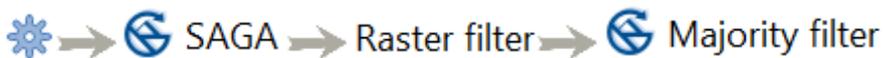


Ajouter la couche corine\_raster\_simple.tif depuis CORINE\_LAND\_COVER

On va chercher à simplifier la forme des zones d'occupation du sol et à éliminer les tout petits espaces non représentatifs, par un filtrage.

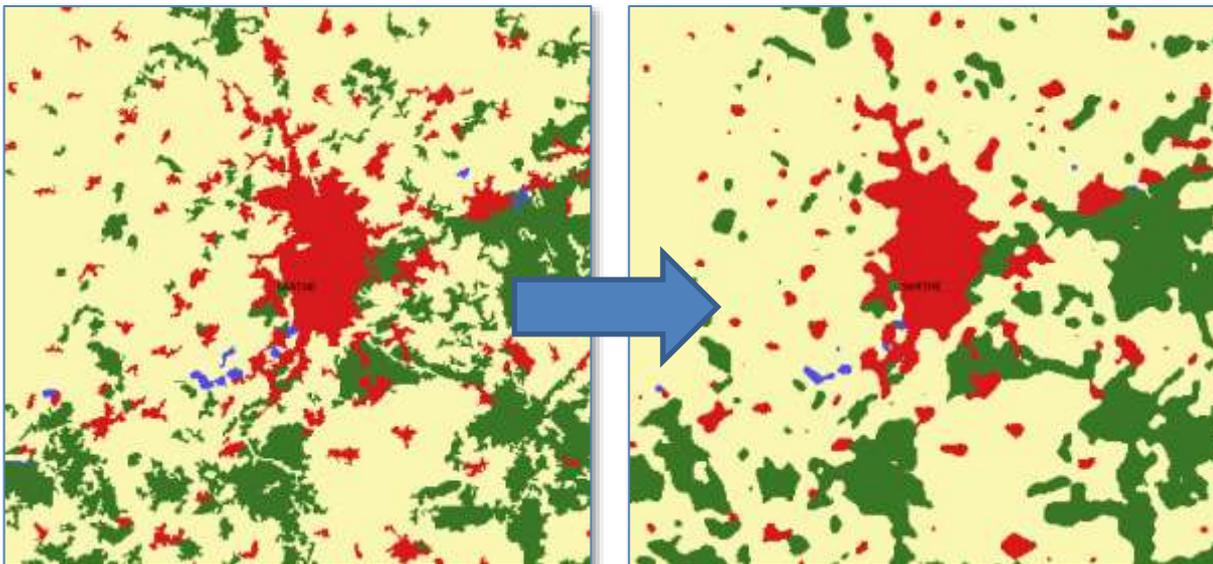


Lisser la couche corine\_raster\_simple par un filtre majoritaire 5x5



Prendre un rayon de 1 (voisinage 3X3)

La valeur qui est affectée au pixel central est la valeur majoritaire parmi les 9 pixels du voisinage 3X3, les valeurs peu fréquentes isolées sont donc éliminées, on parle de lissage spatial. C'est un filtrage non linéaire, car ne peut pas se ramener à une combinaison linéaire.



Corine\_raster\_simple

raster filtré majoritaire 5x5

💡 Remarquer la simplification du contour des plages et la disparition des plages de petite surface.

⚠ Sur un raster avec des codes qualitatifs, comme Corine ici, ne jamais appliquer un filtrage linéaire car cela n'a pas de sens (**pas de moyenne des choux et des carottes**)

<b>1. Démarrage de QGIS</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Structure Raster et logique générale des traitements Raster</b> .....	<b>6</b>
2.1. Retour sur la structure Raster.....	6
2.1.1. La structure matricielle des données Raster .....	6
2.1.2. Symbologie des Rasters.....	7
2.2. Logique générale des traitements Raster.....	7
2.2.1. Les traitements produisent un Raster en résultat .....	7
2.2.2. Fichier temporaire en résultat .....	8
2.2.3. Nom automatique des fichiers temporaires .....	8
2.2.4. Masquage géographique des couches Raster .....	10
2.2.5. Valeur spéciale « sans données » (NO DATA).....	10
<b>3. Calculs mathématiques et requêtes avec la calculatrice Raster</b> .....	<b>12</b>
3.1. Calculs arithmétiques .....	12
3.2. Requêtes avec la calculatrice Raster .....	14
3.3. Requêtes Raster avec critères multiples .....	15
3.4. Masquage logique par formule.....	16
3.4.1. Avec la calculatrice Raster QGIS.....	16
3.4.2. Avec la calculatrice Raster SAGA .....	17
<b>4. Classification et reclassification de Raster</b> .....	<b>19</b>
4.1. Classification par table de valeurs.....	19
4.2. Différence entre couche classée et simple affichage catégorisée.....	21
<b>5. Croisement de couches Raster</b> .....	<b>23</b>
<b>6. Statistiques spatiales : statistiques zonales</b> .....	<b>27</b>
<b>7. Vectorisation et Rasterisation</b> .....	<b>30</b>
7.1. La vectorisation .....	30
7.2. La Rasterisation .....	32
<b>8. Interpolation de données ponctuelles</b> .....	<b>34</b>
4.9.1. Interpolation de données quantitatives par IDW.....	34
4.9.2. Interpolation de données qualitatives « au plus proche voisin » .....	39
<b>9. Analyse morphologique sur MNA</b> .....	<b>42</b>
9.1. Carte de pente .....	42
9.2. Carte d'exposition.....	45
9.3. Carte d'ombrage .....	46
9.4. Carte d'intervisibilité .....	47
<b>10. Analyse de distance</b> .....	<b>50</b>
10.1. Distance à vol d'oiseau .....	50
1.1. Distance pondérée avec coût de parcours .....	55
<b>11. Analyse de densité : carte de densité des aéroports en France</b> .....	<b>61</b>
<b>12. Opérations entre RASTER</b> .....	<b>64</b>
Fusion géographique de rasters.....	64
<b>13. Filtrage des Raster</b> .....	<b>66</b>
Traitement du bruit de signal : filtrage linéaire par la moyenne.....	66
Lissage géographique : filtrage non linéaire majoritaire .....	68