Rapport Projet Professionnel Encadré – M1 Aléas Géologiques

L'imagerie Satellitaire d'EGMS peut-elle mettre en évidence des zones de forte Erosion ?

Léo DARSA - M1 AG, UM.

Encadrant : Philippe VERNANT – Géosciences Montpellier, UM.

Sommaire :

Introduction 3

Description des travaux 3

Récupération des données et clustering 3

Correction des séries temporelles et représentation 9

Corrélation 13

Corrélation avec la pluviométrie 13

Corrélation avec les pentes, végétations et la géologie 13

Résultat et analyse 20

Discussion 20

Table des figures :

Figure 1 : Dalles brutes récupérées sur EGMS 4

Figure 2 : Exemple de données fournies par EGMS pour un point 4

Figure 3 : Dalle EGMS découpée autour du canyon du Diable 5

Figure 4 : Dalle EGMS découpée autour de la combe de Mortiès 5

Figure 5 : Clusters pour la dalle Canyon du Diable 7

Figure 6 : Clusters pour la dalle Combe de Mortiès 7

Figure 7 : Cluster du canyon du Diable et sa zone tampon 8

Figure 8 : Cluster de la combe de mortiès et sa zone tampon 8

Figure 9 : Série temporelle moyenne pour la zone tampon (gauche) et série temporelle moyenne pour la zone tampon corrigée de sa tendance à la baisse. -Canyon du Diable 9

Figure 10 : Série temporelle moyenne pour la zone tampon (gauche) et série temporelle moyenne pour la zone tampon corrigée de sa tendance à la baisse. -Combe de Mortiè 10

Figure 11 : Séries Temporelles moyennes pour le cluster/zone en érosion, brute et corrigée (on y ajoute les séries temporelles moyenne de la zone tampon avant et après correction). -Canyon du Diable 11

Figure 12 : Séries Temporelles moyennes pour le cluster/zone en érosion, brute et corrigée (on y ajoute les séries temporelles moyenne de la zone tampon avant et après correction). -Combe de Mortiès 12

Figure 13 : Carte géologique des terrains observés sur les deux zones d'étude (canyon du Diable en haut et combe de Mortiès en bas). Source : BRGM 14

Figure 14 : Photo des pélites Permiennes au canyon du Diable 15

Figure 15 : Photo des argiles sombres de la combe de Mortiès 16

Figure 16 : Carte de la végétation (canyon du Diable). Source : CORINE Land Cover Copernicus 17

Figure 17 : Carte de la végétation (combe de Mortiès). Source : CORINE Land Cover Copernicus 18

Figure 18 : Carte de pente pour les deux zones d'intérêt (canyon du Diable en haut et combe de Mortiès en bas). Source : MNT : IGN, RGE ALTI 19

Introduction

Ce projet a pour but d'identifier des zones de forte érosion à partir des données EGMS. Nous travaillerons sur des dalles carrées EGMS de 100km de côté, à partir desquelles nous chercherons par une méthode de clustering automatique les zones où les pertes d'altitude sont les plus importantes. Une fois ces zones discriminées nous chercherons à corriger les vitesses verticales EGMS fournies sous forme de séries temporelles. Les corrections s'appuierons sur des moyennes de vitesses verticales obtenues sur des zones à priori stables autour des zones d'érosion. Une fois les données rassemblées et corrigées nous feront des corrélations avec des paramètres jouant un rôle sur l'érosion des terrains. Ces paramètres à corréler seront : la pluviométrie, la géologie, la végétation et la pente. Cette chaine de traitement utilisée pour étudier les zones en érosion sera appliqué sur deux zones témoins : Le canyon du Diable (34) et la Combes de Mortiès (34).

Cette chaine de traitement pourra être par la suite automatisée en méthode d'analyse systématique.

Description des travaux

Dans cette partie nous évoquerons la construction du projet à travers ses différentes étapes de travail.

Récupération des données et clustering

Le site web du programme Européen EGMS[1] fournis des données InSAR par dalles de 100km par 100km avec une densité de points maximale d'un point tous les 100m. Chaque point EGMS à une résolution de 50m par 50m.

[1] EGMS (copernicus.eu)

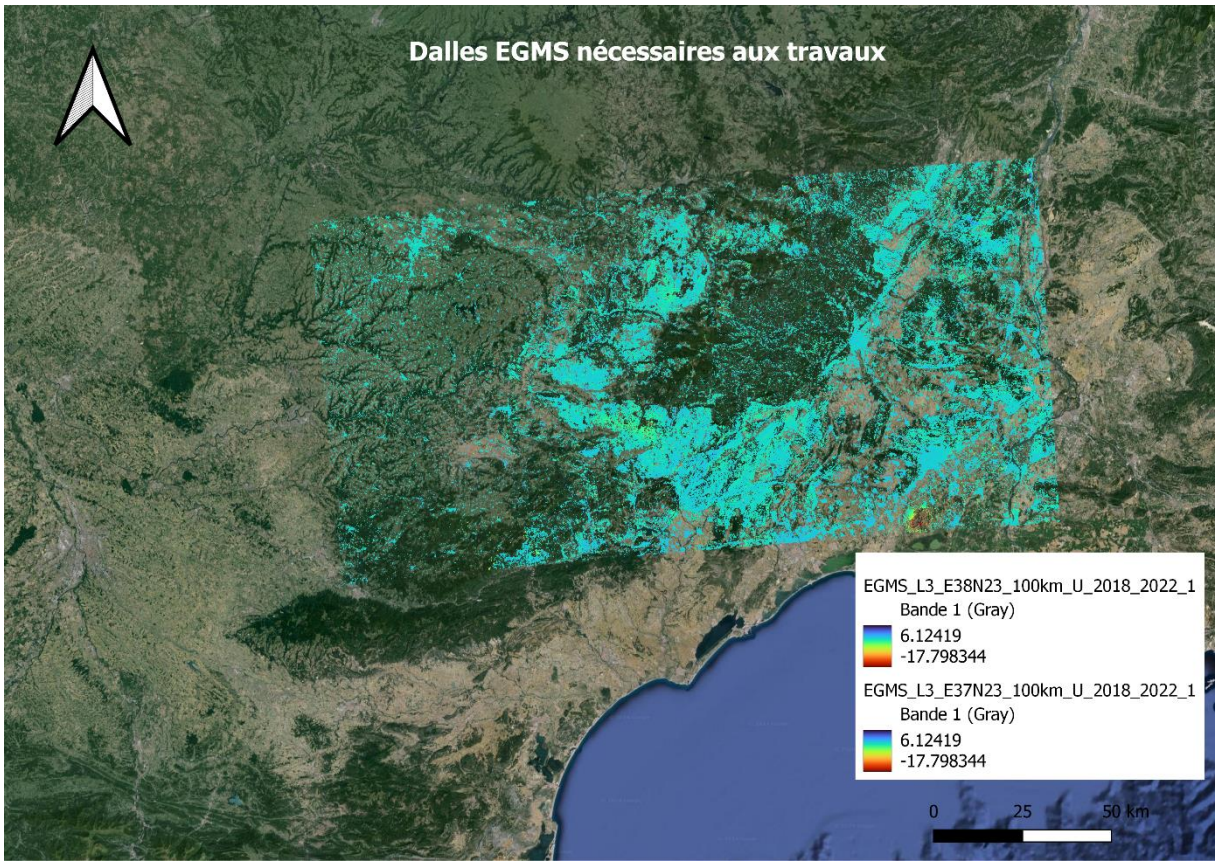


Figure 1 : Dalles brutes récupérées sur EGMS

Ces données comportent notamment les coordonnées des points, les vitesses moyennes pour chaque point en mm/an, des indicateurs statistiques ainsi que des variations d'altitudes pour chaque mesure (pour une date associée). Les mesures utilisées s'étendent de 2018 à aout 2022.

pid	easting	northing	height	rmse	mean_velocity	mean_velocity_std	acceleration	acceleration_std	seasonality	seasonality_std	20180106	20180112	20180118
40SMt2DpAo	3782650	2326150	558.7	1.5	-0.5	0.1	-0.22	0.09	0.8	0.1	-1	-2.3	-1.8

Figure 2 : Exemple de données fournies par EGMS pour un point

Les données peuvent donc être représentées et découpées à une dimension plus petite autour des zones d'intérêts pour augmenter la vitesse des calculs utilisés par la suite (Figures 3 et 4).

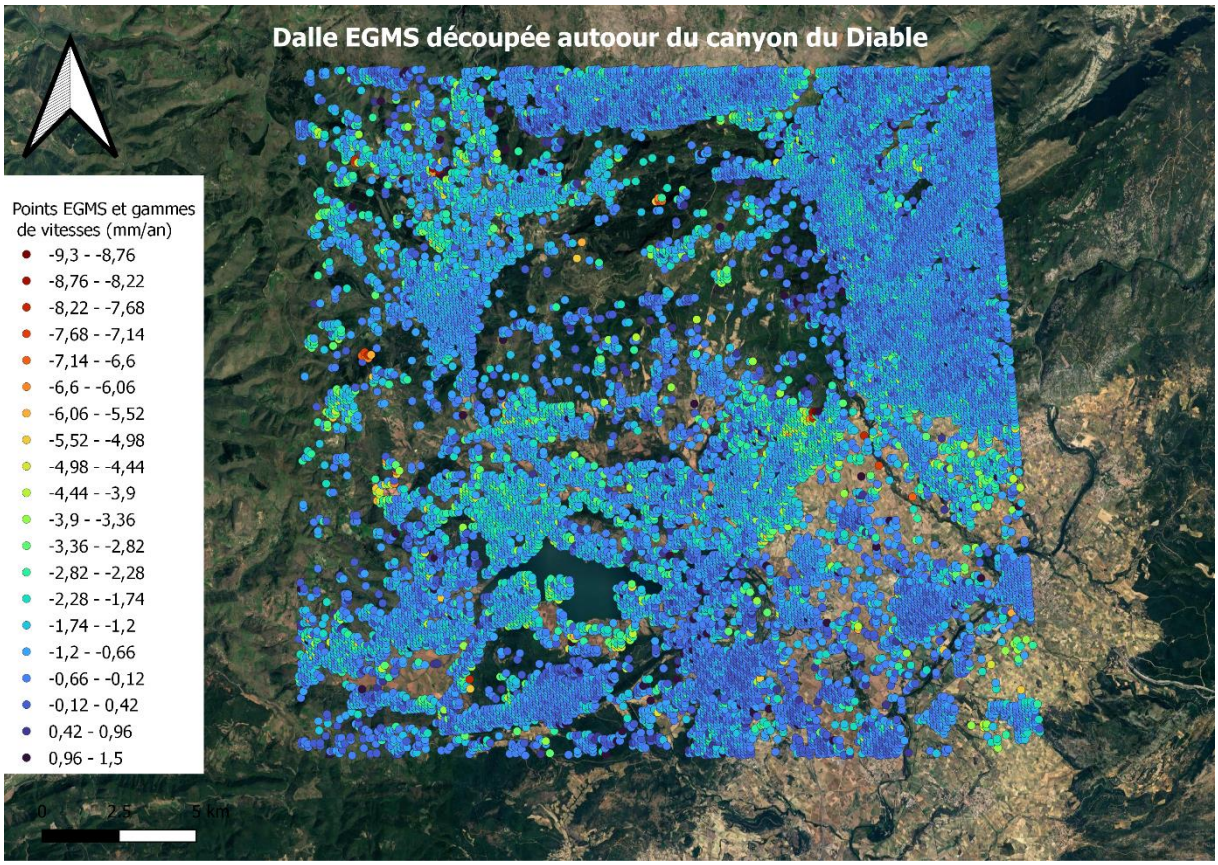


Figure 3 : Dalle EGMS découpée autour du canyon du Diable

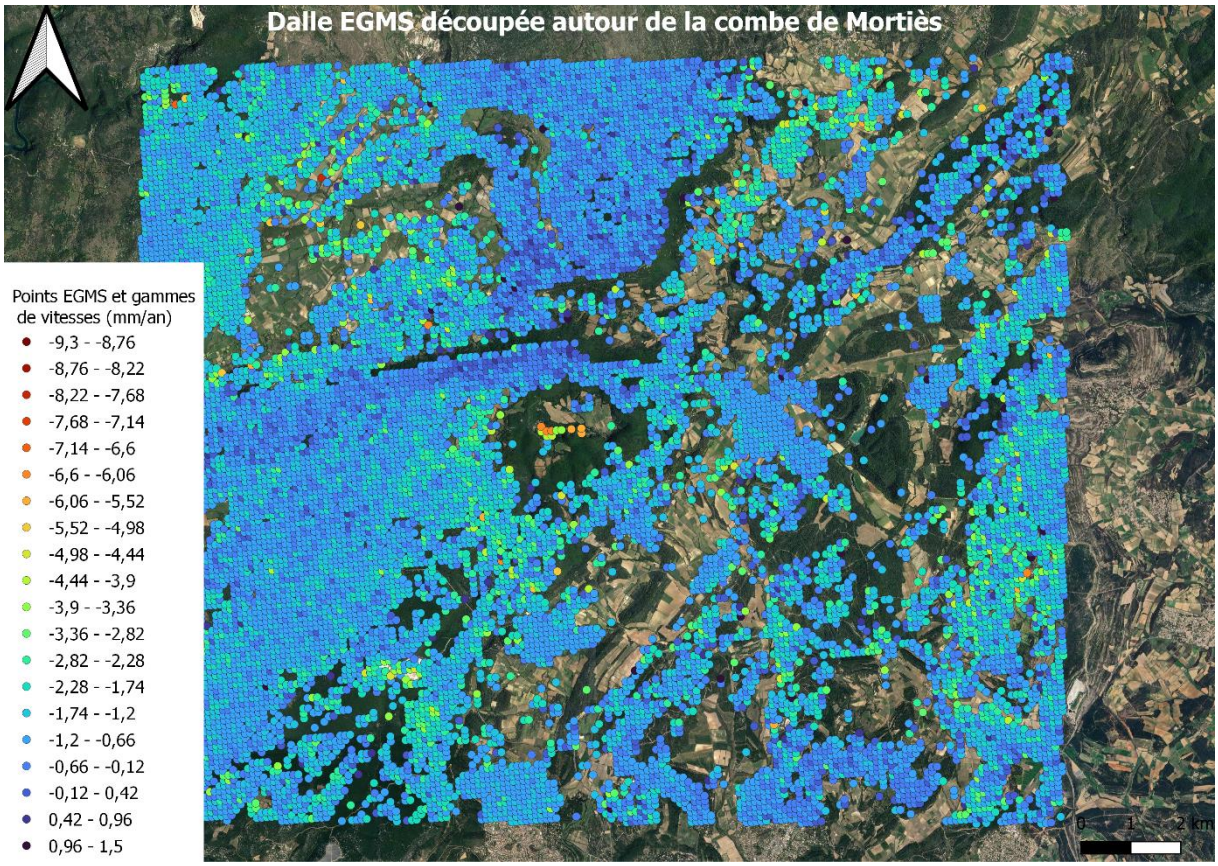


Figure 4 : Dalle EGMS découpée autour de la combe de Mortiès

Ce sont sur ces données et points EGMS que l'on organise le clustering. Le but est d'isoler des clusters de points ayant des vitesses verticales négatives (perte d'altitude) significatives. L'algorithme employé pour identifier des clusters au sein des dalles EGMS s'appuie sur quatre paramètres :

- La distance minimale entre les points EGMS, ici 150m pour lier les points voisins en diagonale sachant que les points voisins hors diagonales sont distants de 100m.
- Une valeur de vitesse verticale cible, -7mm/an pour la zone du canyon du Diable et -4mm/an pour la dalle autour du pic St-Loup et la combe de Mortiès.
- Une marge autour de la valeur de vitesse cible pour ne pas perdre des points proches des vitesses voulues, ici ± 0.5mm/an
- Le nombre de points minimum pour créer un cluster, 5 pour la zone du canyon du Diable et 4 pour la zone de la combe de Mortiès.

En fournissant ces contraintes à notre méthode de clustering on espère obtenir des clusters moins biaisés que ceux créés manuellement et choisis par nos interprétations visuelles.

L'algorithme de clustering automatique employé permet d'obtenir des polygones autour des points dans les clusters formés. Autour de ces polygones de cluster on ajoute une zone tampon afin de prélever des points proches mais à priori stables (hors de la zone d'érosion) pour apporter des corrections basées sur des moyennes de ces points (voir plus loin).

Dans le code, il est possible de sélectionner un cluster qui nous intéresse parmi ceux identifiés par l'algorithme. Pour ce faire le code peut accueillir des points dans un fichier et reconnaitre si les points des fichiers sont placés dans un cluster et si oui dans lequel. Il est aussi possible, grâces aux étiquettes que l'on peut visualiser une fois les clusters représentés, de choisir le cluster via son numéro.

On extrait ensuite les points contenus dans le polygone de cluster et celui de la zone tampon choisis. Dans le cadre de notre étude nous choisissons donc d'extraire les points pour les clusters du canyon du Diable (Figure 7) et de la combe de Mortiès (Figure8). Une fois ces points récupérés et visualisés il sera donc possible d'analyser leurs séries temporelles.

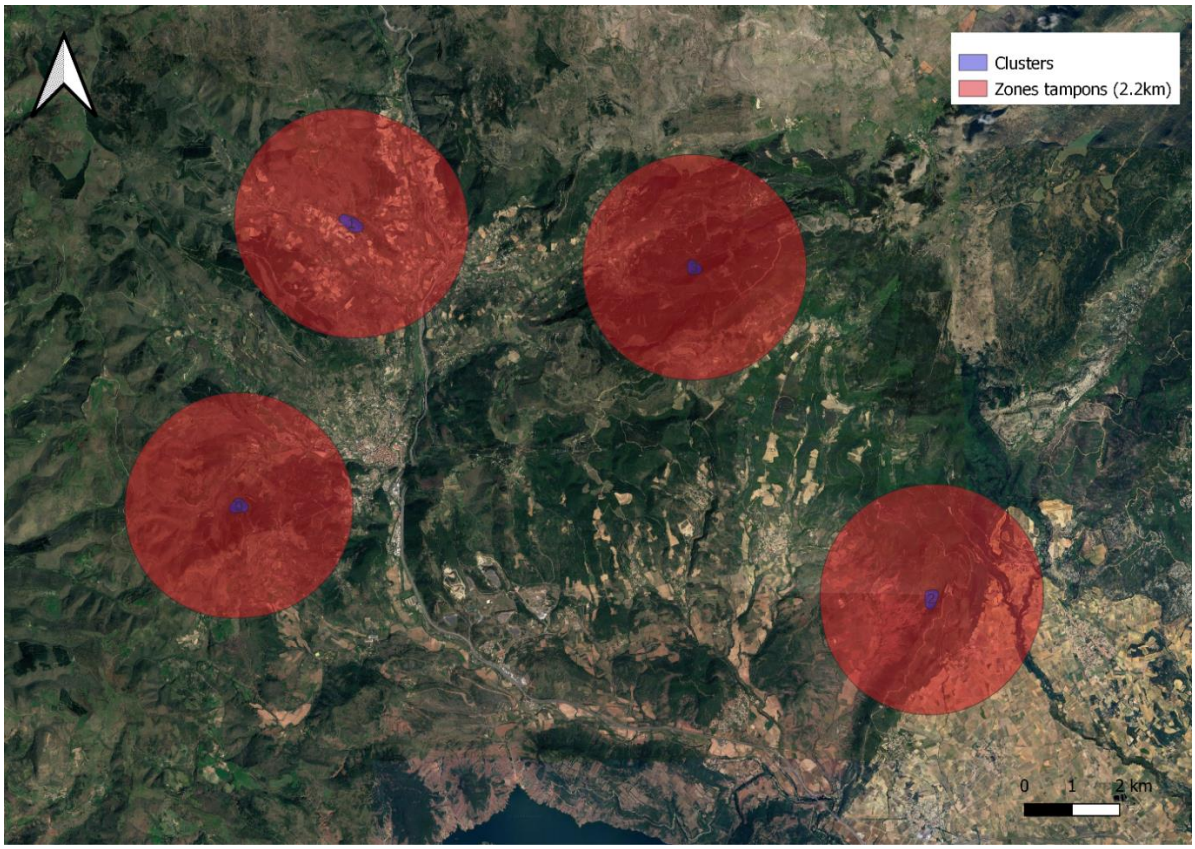


Figure 5 : Clusters pour la dalle Canyon du Diable

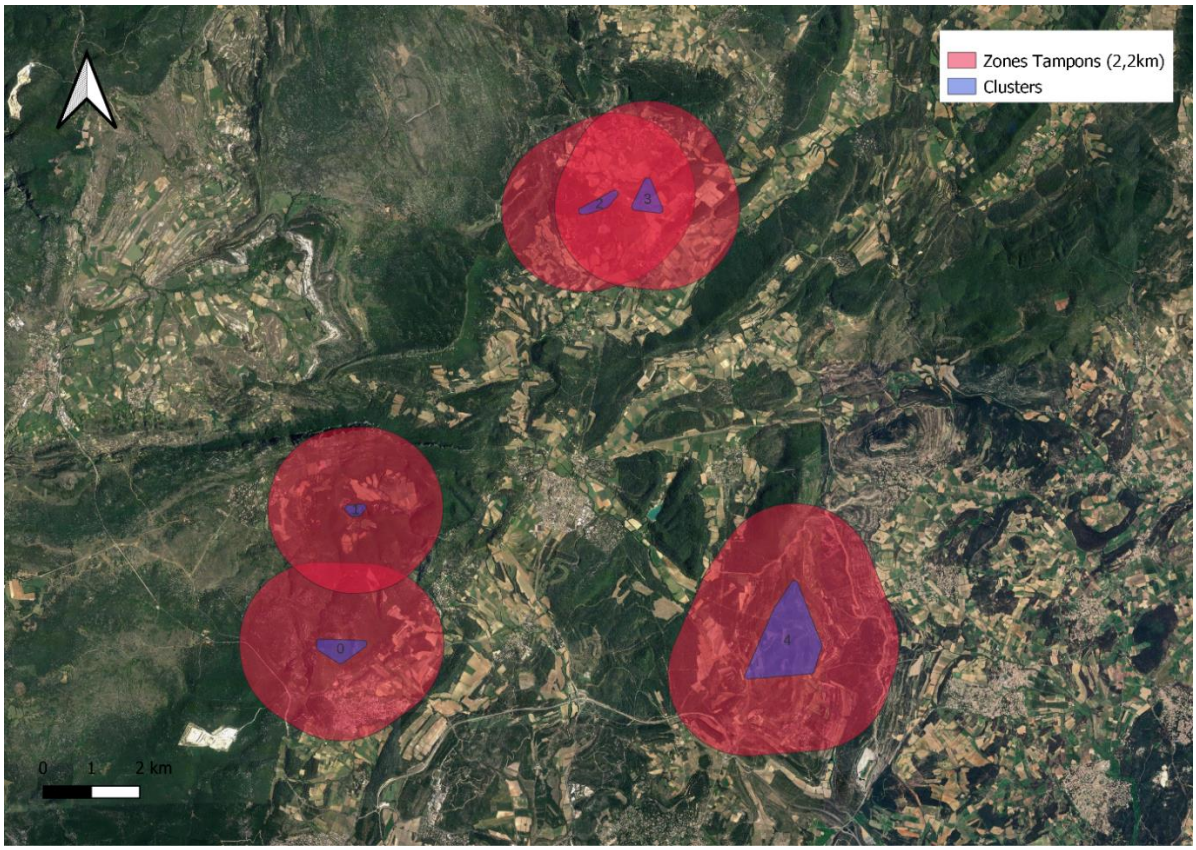


Figure 6 : Clusters pour la dalle Combe de Mortiès

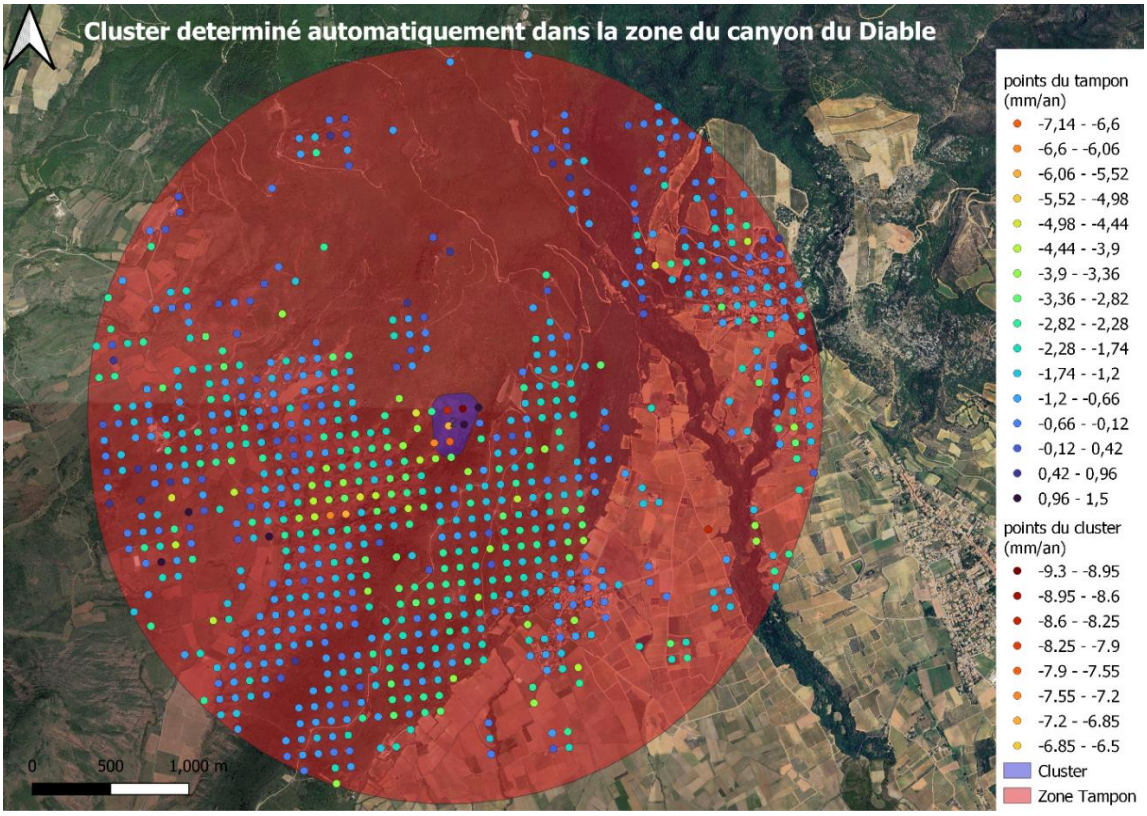


Figure 7 : Cluster du canyon du Diable et sa zone tampon

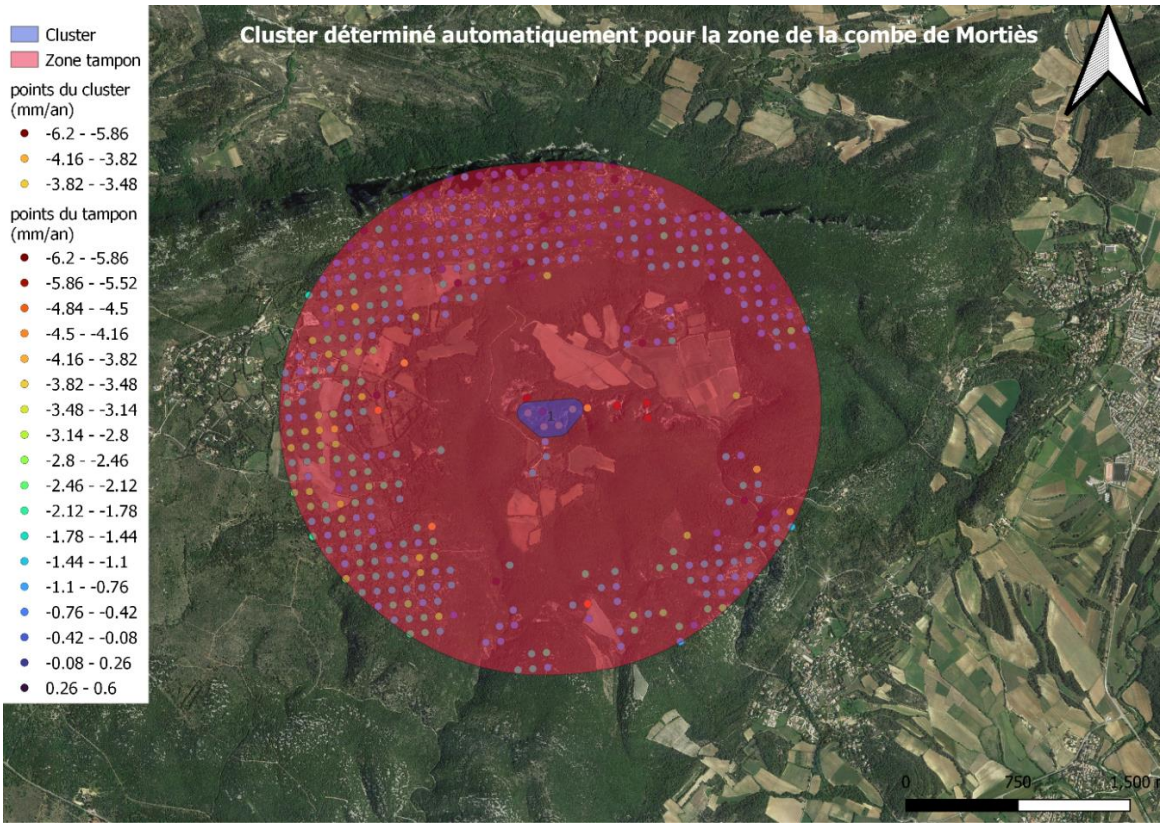


Figure 8 : Cluster de la combe de Mortiès et sa zone tampon

Correction des séries temporelles et représentation

Le code créé permet donc à partir d'une dalle EGMS, d'obtenir des clusters, dessiner des zones tampons autour, choisir un de ces clusters et d'en extraire les points contenus. Un second code faisant appel à deux fonctions codées séparément permet de représenter les séries temporelles des points du cluster choisi et de les corriger à partir des moyennes effectuées sur les points de la zone tampon.

Ainsi on récupère les points de la zone tampon et on représente la tendance moyenne de ces points en série temporelle. Cette zone tampon étant à priori stable nous lui retranchons sa tendance à la baisse à priori fausse en lui retirant la pente de sa régression linéaire. Cette subsidence est sensée être liée à un biais de mesure et/ou une tendance régionale qui sort des observations locales que l'on recherche dans cette étude.

Ainsi on obtient une série temporelle moyenne pour la zone tampon qui ne présente pas de perte d'altitude mais seulement des variations, que l'on peut qualifier de cycliques, d'ordre saisonnières (Figure 9 et 10).

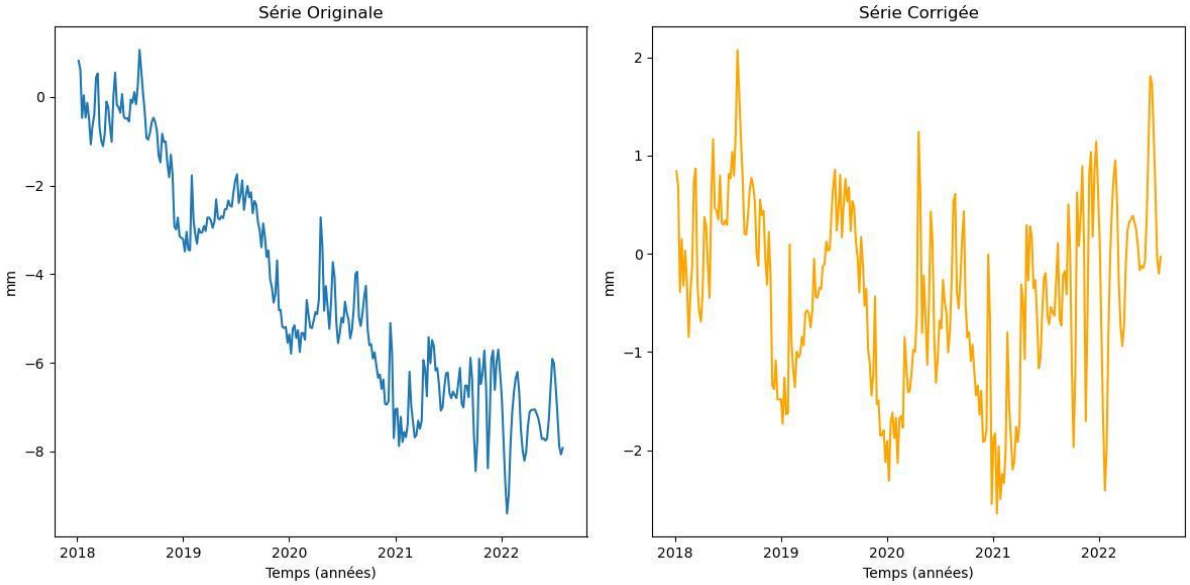


Figure 9 : Série temporelle moyenne pour la zone tampon (gauche) et série temporelle moyenne pour la zone tampon corrigée de sa tendance à la baisse. -Canyon du Diable

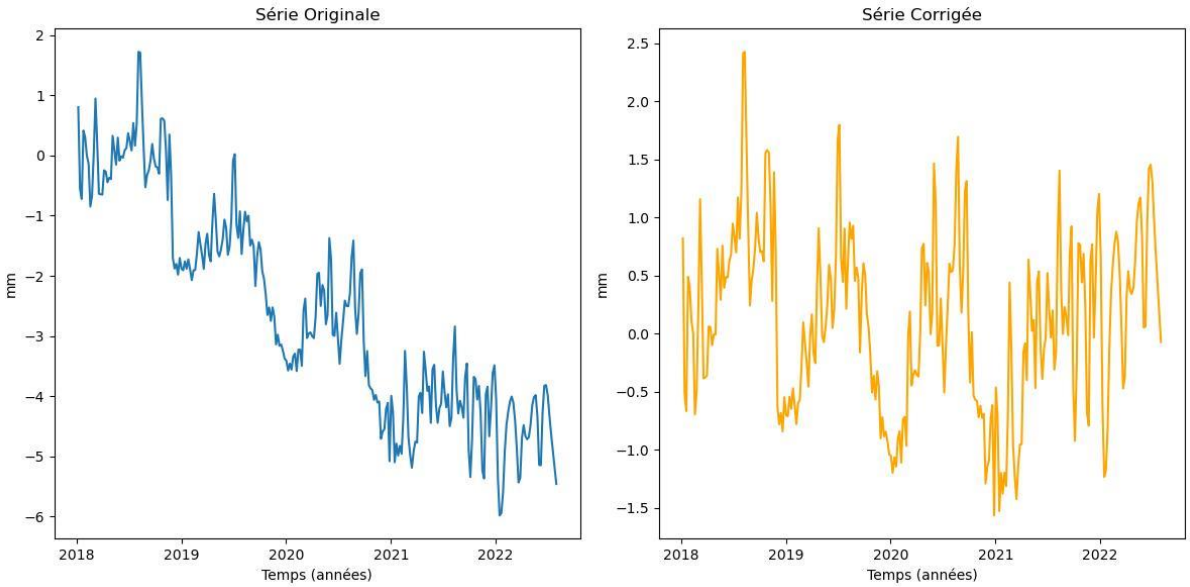


Figure 10 : Série temporelle moyenne pour la zone tampon (gauche) et série temporelle moyenne pour la zone tampon corrigée de sa tendance à la baisse. -Combe de Mortiès

La tendance obtenue par la droite de régression linéaire sur la zone tampon stable peut donc être retirée à la série temporelle du cluster pour ne garder que la perte d'altitude liée à la supposée érosion et donc se séparer de la subsidence biaisée sur les données régionales.

On retire aussi la variation cyclique « saisonnière » observée sur la zone tampon stable afin de ne garder que le signal lié à une supposée érosion.

Avec ces corrections on espère, sur la série temporelle moyenne des points du cluster, isoler le signal (la perte d'altitude) lié à l'érosion (Figure 11 et 12).

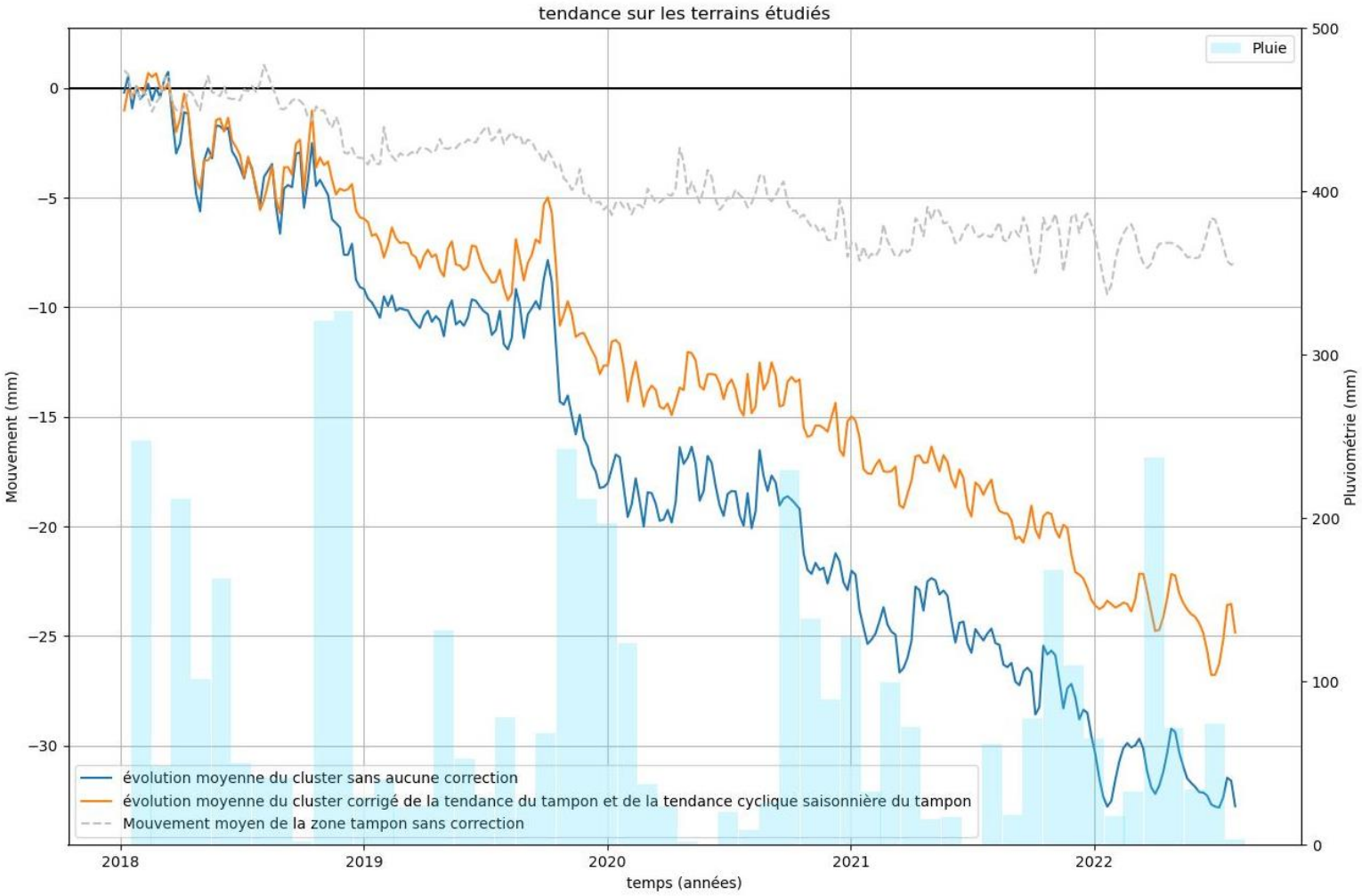


Figure 11 : Séries Temporelles moyennes pour le cluster/zone en érosion, brute et corrigée (on y ajoute la série temporelle moyenne de la zone tampon brute). - Canyon du Diable

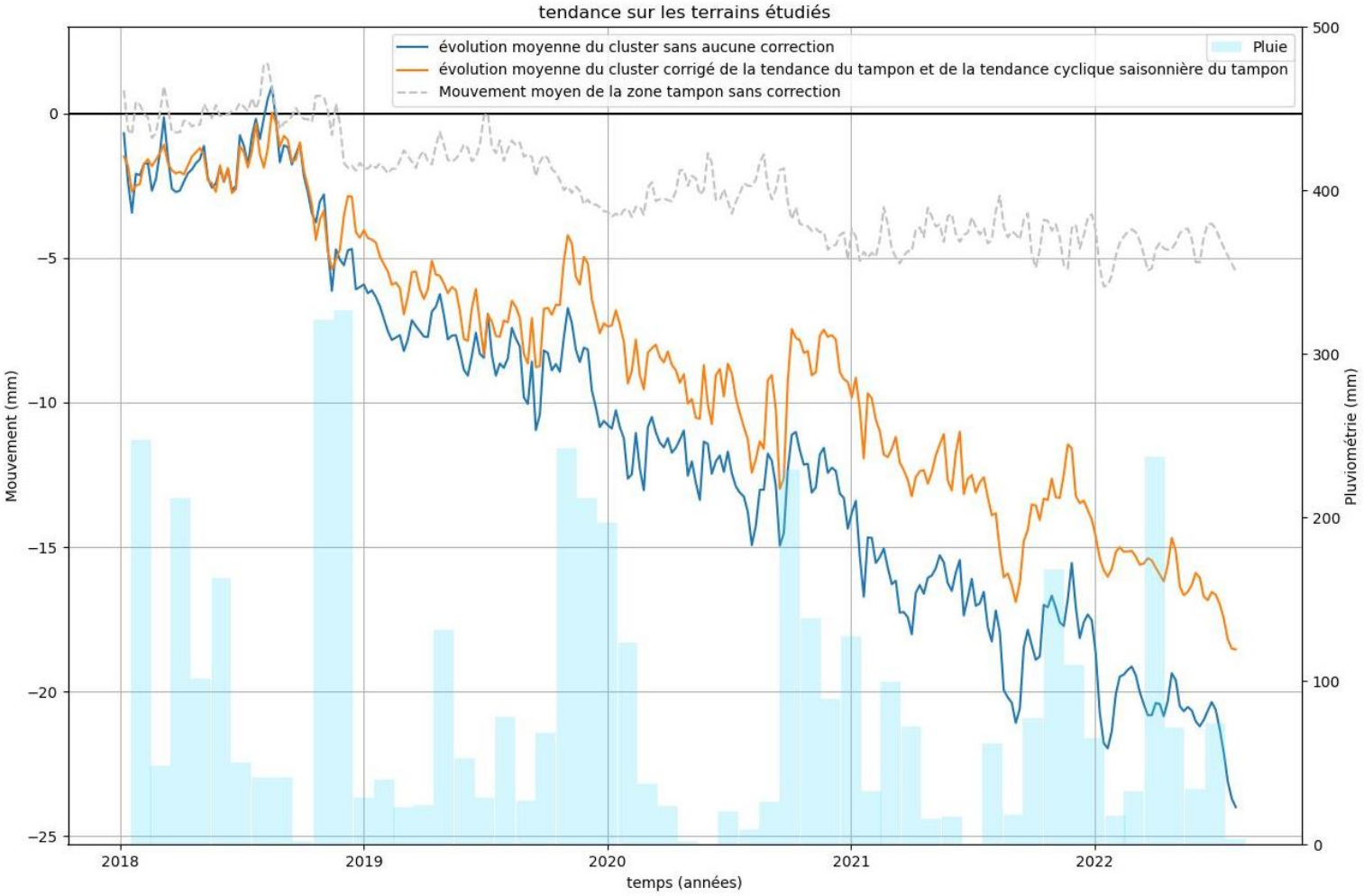


Figure 12 : Séries Temporelles moyennes pour le cluster/zone en érosion, brute et corrigée (on y ajoute la série temporelle moyenne de la zone tampon brute).

- *Combe de Mortiès*

Corrélation

La corrélation entre les clusters d'érosion et des paramètres impactant l'érosion à pour but de vérifier que pour les clusters trouvés et choisis, un maximum de paramètres indiquent qu'en effet les zones étudiées présentent bel et bien une capacité à subir une forte érosion.

Corrélation avec la pluviométrie

La pluie est l'agent érosif dans la région, cette dernière est connue pour ses épisodes Cévenols. Il est donc primordial d'essayer de vérifier si les mois pluvieux sont corrélés à des pertes d'altitudes plus significatives qu'en période plus sèches.

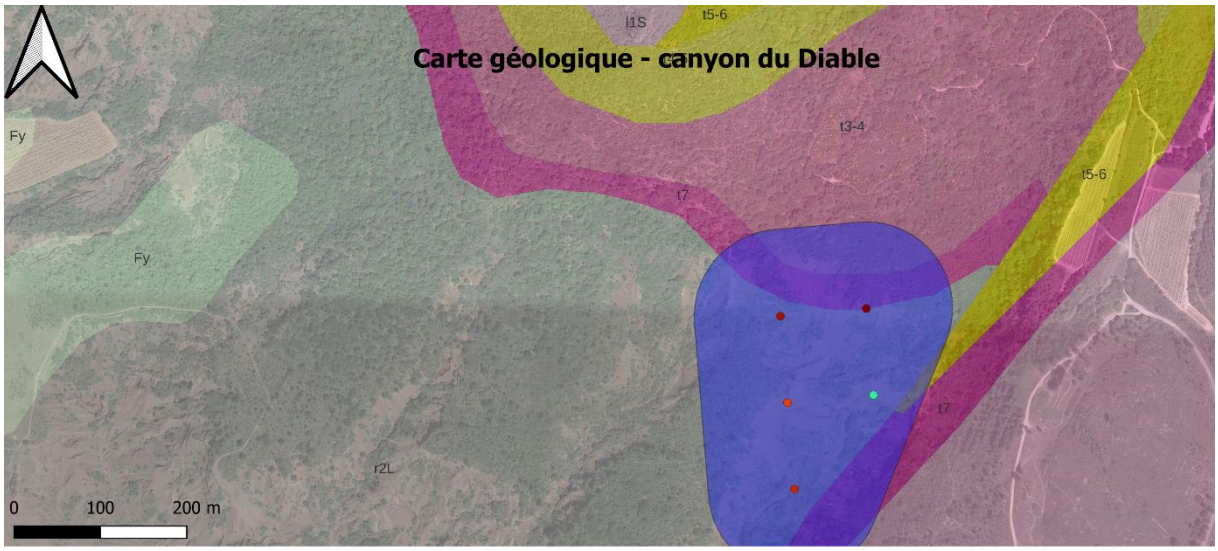
La pluviométrie enregistrée entre 2018 et aout 2022 au Pas de l'Escalette à été ajoutée aux séries temporelles. Il est donc possible de vérifier la corrélation entre cumuls de pluies importants et érosion des sols (Voir Figure 11 et 12). Les épisodes pluvieux sont bien corrélés avec des périodes de perte d'altitude. On note, notamment pour la combe de Mortiès, que lors des épisodes pluvieux la réponse du sol est souvent un gain d'altitude dans un premier temps. Il pourrait s'agir d'un gonflement des sols et une réponse des nappes sous-terraines (hors biais atmosphériques sur les mesures).

Corrélation avec les pentes, végétations et la géologie

La nature des terrains communique des informations très importantes quant à leur réponse aux évènements érosifs. C'est pour cela que l'on tente de corréler la présence de sols sujets à l'érosion avec la présence de cluster obtenus à partir de nos travaux.

<u>Géologie :</u>

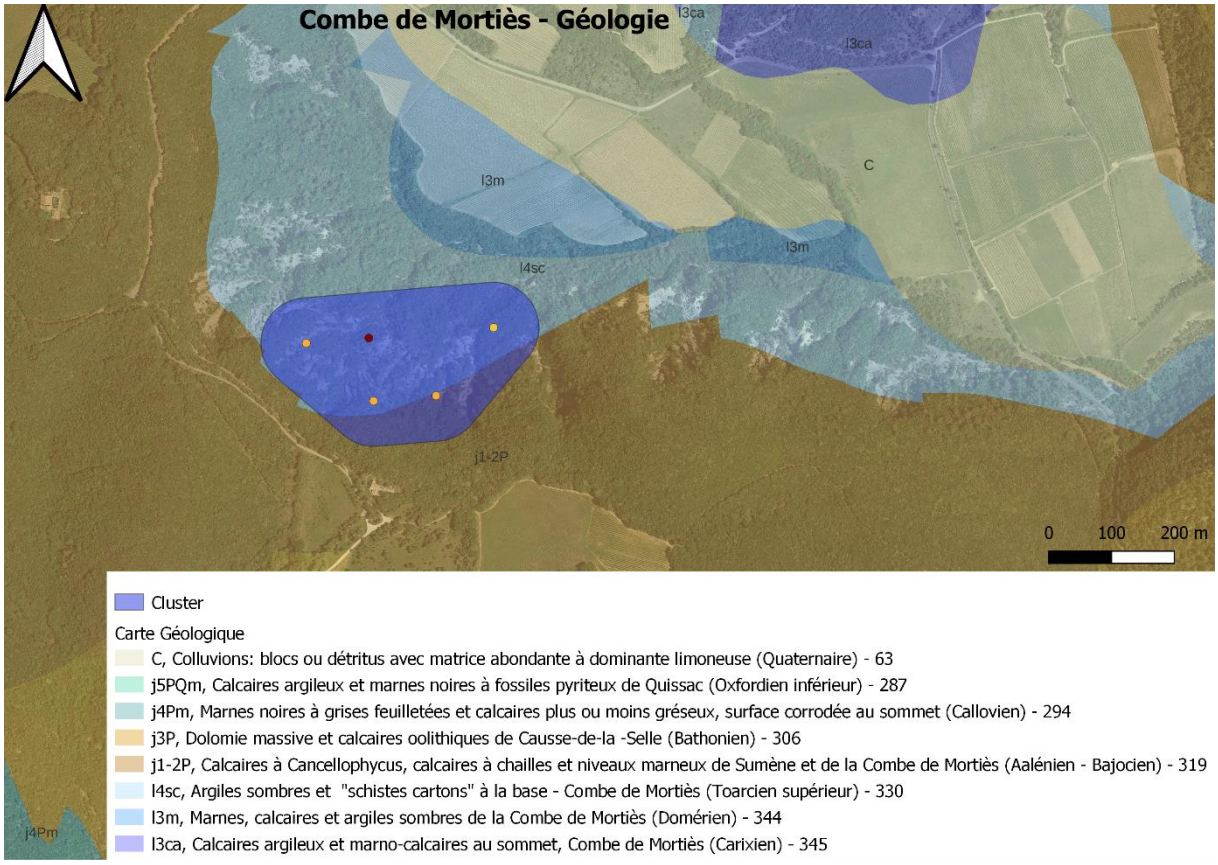
En effet, pour les sites étudiés les terrains sont prédisposés à des phénomènes d'érosion. Les Pélites permiennes du canyon du Diable (Figure 13 et 14) constituent un sol friable et meuble tout comme les marnes grises et les argiles sombres du toarcien que l'on retrouve dans la combe de Mortiès (Figure 13 et 15).



Cluster

Carte géologique

- Fy, Blocs, galets et graviers de calcaires siliceux, de grès, de quartz, de lydiennes, de porphyrites et de débris basaltiques (Terrasses glaciaires Würm) - 50
- l4m, Marnes grises et calcaires marneux (Pliensbachien - Toarcien) - 329
- l2S, Calcaires biodétritiques à chailles et dolomie, surface perforée au sommet - Pas de l'Escalette - Domaine du Seuil caussenard (Sinémurien) - 354
- l1S, Dolomie ("dolomie cubique") et calcaires dolomitiques en petits bancs parfois très fossilifères et traces de dessication fréquentes (Hettangien) - 362
- t7, Calcaire, dolomie, grès et argiles (Rhétien) - 372
- t5-6, Argiles bariolées, niveaux gréso-dolomitiques, gypse (Carnien - Norien) - 373
- t4-5, Grès et barre carbonatée (essentiellement dolomitique) médiane (Ladinien - Norien) - 377
- t3-4, Argiles et grès moyens (Anisien - Ladinien) - 378
- r2L, Pélites et argilites rouges et conglomérats de base - "Ruffes" de Lodève, grès et argilites rouges à niveaux à ossements - Ensemble Viala inférieur, bas



Cluster

Carte Géologique

- C, Colluvions: blocs ou détritus avec matrice abondante à dominante limoneuse (Quaternaire) - 63
- j5PQm, Calcaires argileux et marnes noires à fossiles pyriteux de Quissac (Oxfordien inférieur) - 287
- j4Pm, Marnes noires à grises feuilletées et calcaires plus ou moins gréseux, surface corrodée au sommet (Callovien) - 294
- j3P, Dolomie massive et calcaires oolithiques de Causse-de-la -Selle (Bathonien) - 306
- j1-2P, Calcaires à Cancellophycus, calcaires à chailles et niveaux marneux de Sumène et de la Combe de Mortiès (Aalénien - Bajocien) - 319
- l4sc, Argiles sombres et "schistes cartons" à la base - Combe de Mortiès (Toarcien supérieur) - 330
- l3m, Marnes, calcaires et argiles sombres de la Combe de Mortiès (Domérien) - 344
- l3ca, Calcaires argileux et marno-calcaires au sommet, Combe de Mortiès (Carixien) - 345

Figure 13 : Carte géologique des terrains observés sur les deux zones d'étude (canyon du Diable en haut et combe de Mortiès en bas). Source : BRGM

Figure 14 : Photo des pélites Permiennes au canyon du Diable

Figure 15 : Photo des argiles sombres de la combe de Mortiès

Végétation :

Les végétaux jouent un rôle stabilisateur dans les sols par leur emprise racinaire qui fixe le sol superficiel et parfois plus profondément, mais aussi en protégeant le sol de la pluie qui tombe. Dans certains cas de figure les végétaux drainent aussi les sols trop humides. C'est pour cela que nous tentons de corréler l'absence de végétaux ou leur faible densité avec nos clusters pour expliquer l'érosion de ces zones. La corrélation est satisfaisante pour le canyon du Diable où le terrain est peu couvert par des végétaux (Figure 16). Pour la combe de Mortiès la zone est cartographiée comme un terrain couvert par une forêt de feuillus. On pourra ici remettre en cause la précision de cette carte car les zones les plus pentues sont dépourvues d'arbre et de végétaux plus globalement (vérification sur le terrain).

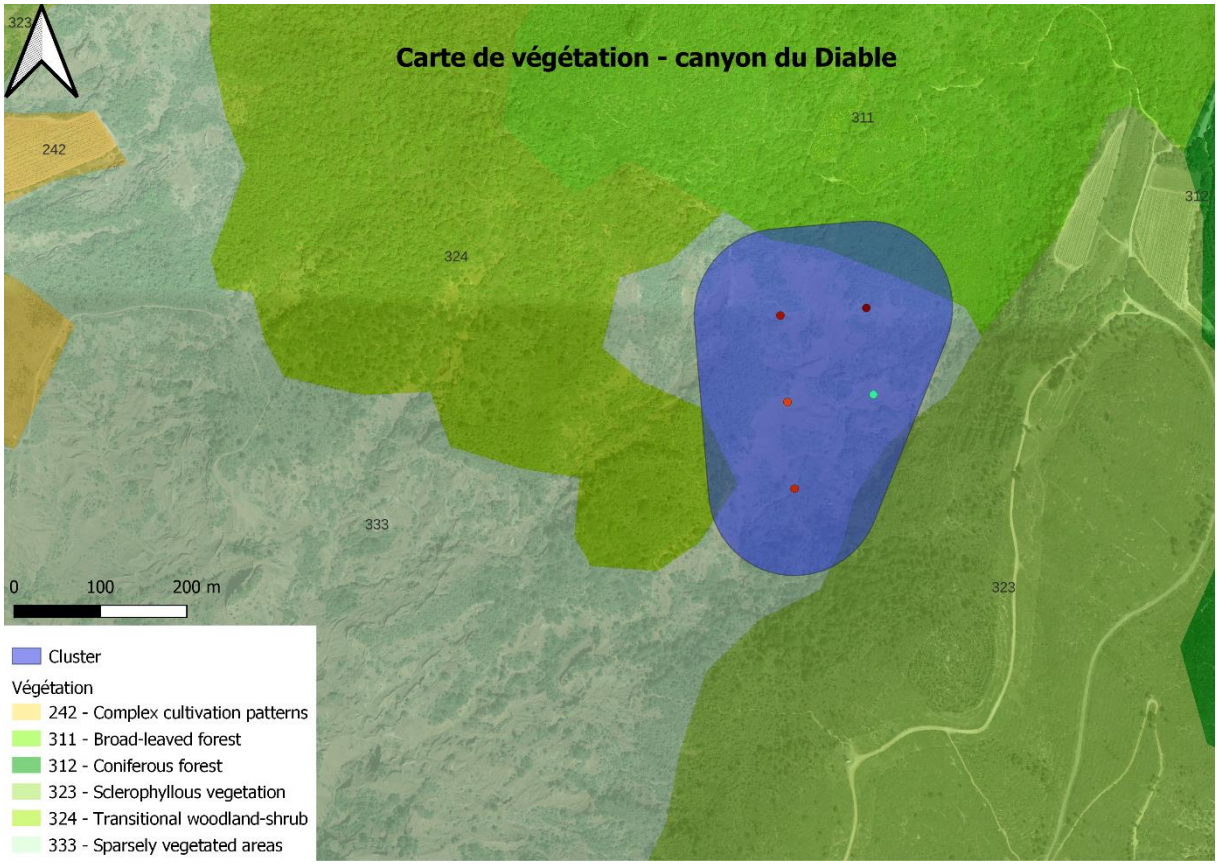


Figure 16 : Carte de la végétation (canyon du Diable). Source : CORINE Land Cover Copernicus

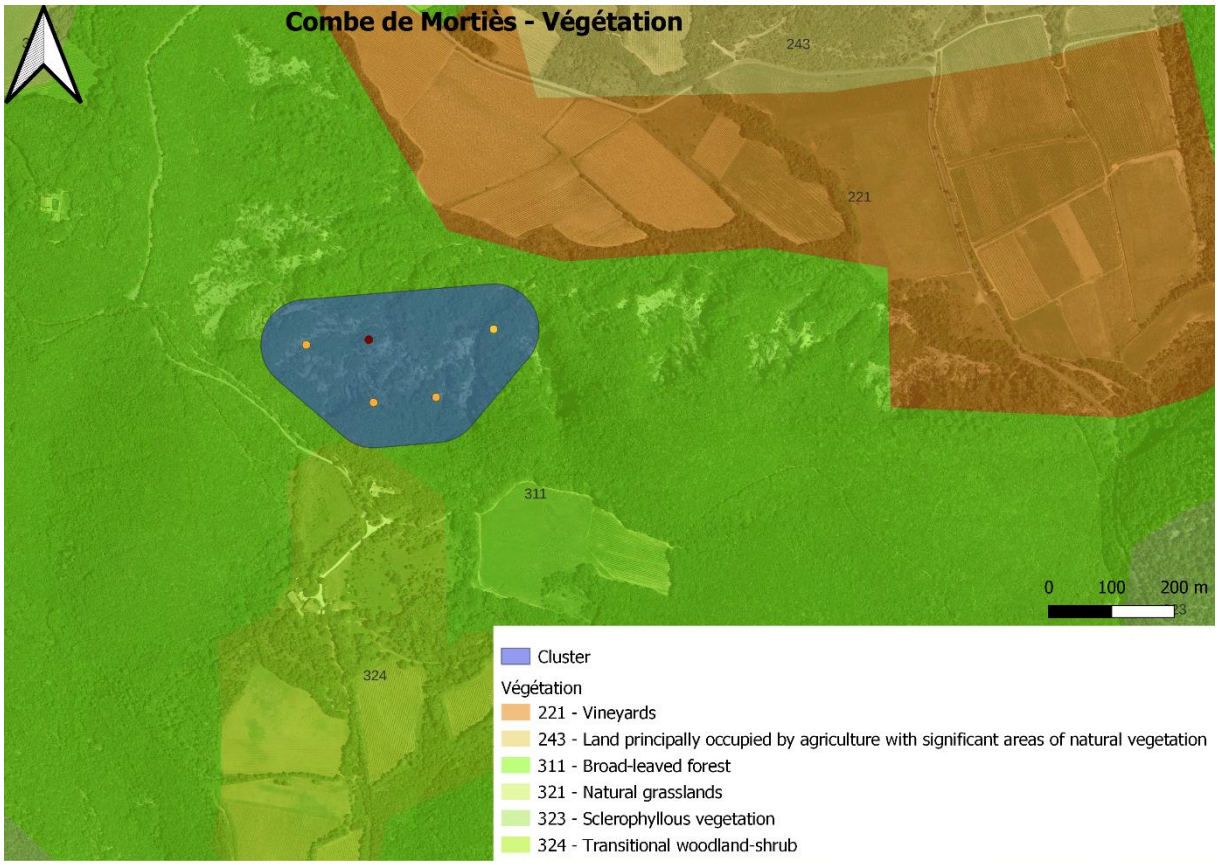


Figure 17 : Carte de la végétation (combe de Mortiès). Source : CORINE Land Cover Copernicus

<u>Pentes :</u>

L'érosion des terrains friables ou meubles est accentuée par la pente sur laquelle ils reposent. Les données de pentes sont donc à corréler avec les clusters de zone en érosion afin de vérifier si la pente joue bien un rôle dans l'érosion de ces terrains. Cette hypothèse se vérifie en observant des cartes de pentes (Figure 17), où, pour les deux cas d'étude les clusters d'érosion se situent dans les zones les plus pentues.

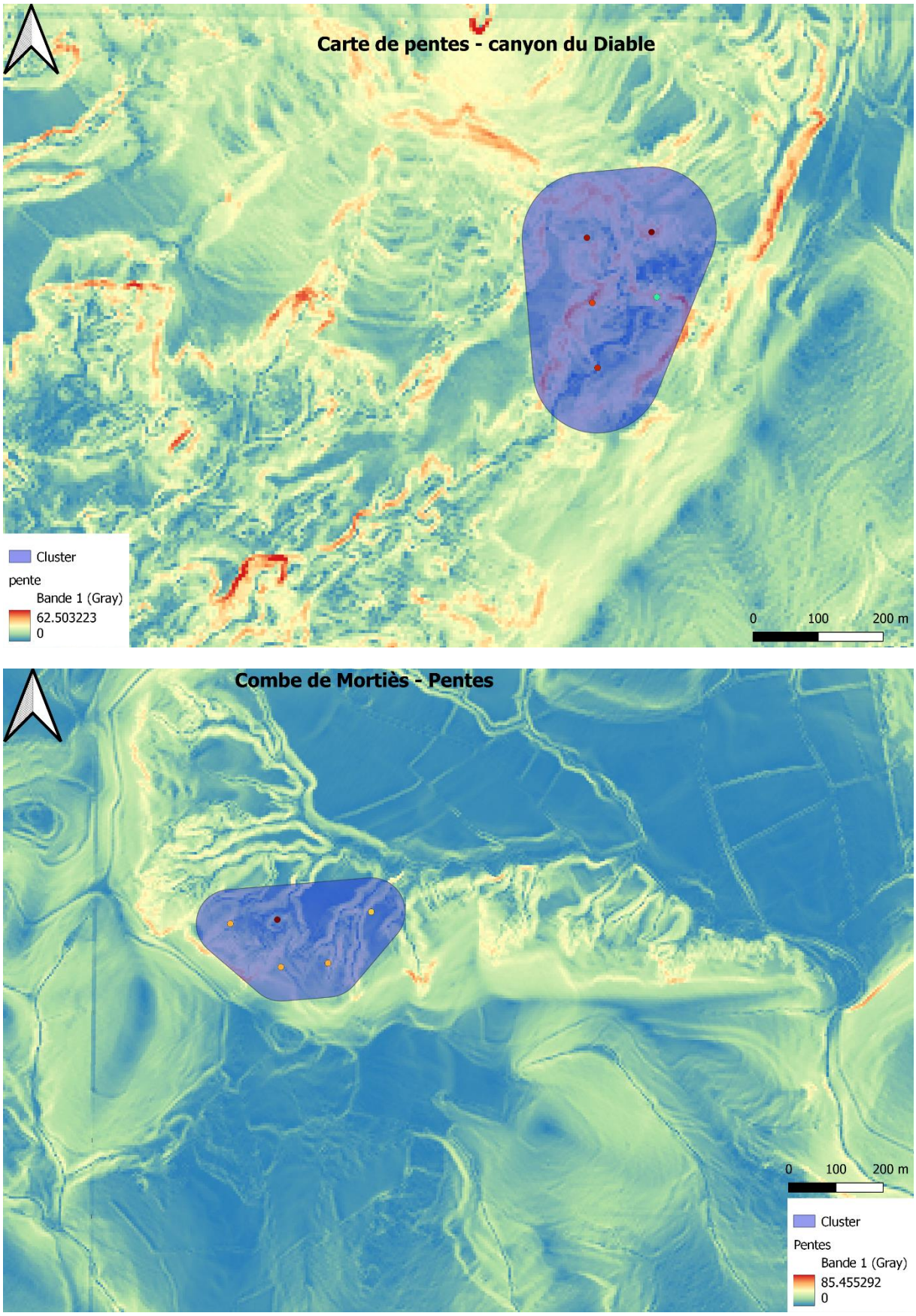


Figure 18 : Carte de pente (en degrés) pour les deux zones d'intérêt (canyon du Diable en haut et combe de Mortiès en bas). Source : MNT : IGN, RGE ALTI

Résultat et analyse

Les travaux menés permettent donc de mettre en évidence des zones soumises à l'érosion à partir de données EGMS. Nous pouvons également corréler ces résultats avec des paramètres influant sur l'érosion, ce faisant, on se rend compte que ces paramètres se corrèlent bien avec les zones d'érosion trouvées. Ainsi tout porte à croire que pour les zones choisies avec le clustering sur les données EGMS, on observe bien des zones de forte érosion.

Ce faisant, le code pour le clustering reposant sur des valeurs cibles de vitesses verticales et des distances entre les points EGMS, peut faire ressortir sous forme de clusters des zones de glissement de terrain. Dans le cas d'un glissement de terrain il est possible que les paramètres de corrélations, notamment la végétation et la géologie, ne soient pas caractéristiques de zones en « simple érosion » et ainsi pourraient être écartés. Pour les terrains choisis, du canyon du Diable et de la combe de Mortiès, une vérification sur le terrain (lors de la prise des photos, Figures 14 et 15) a permis de déterminer qu'il n'y avait pas de glissement de terrain visible dans les pélites permiennes du canyon du Diable et les argiles sombres de la combe de Mortiès. On mentionnera aussi que les carrières sont des zones sujettes à la perte de sol et donc identifiables avec EGMS, les connaissant nous pouvons aisément les retirer.

Discussion

En réalisant les travaux présentés il apparait qu'il est possible d'identifier des zones de forte érosion à partir des données EGMS. Cependant, des points de discussion apparaissent et des perspectives de poursuite des travaux se dessinent.

La première limite réside dans le choix des vitesses EGMS seuils pour déterminer une zone d'érosion forte ainsi que la détection de ces vitesses seuils dans le bruit ambiant (par l'algorithme et manuellement). Ces choix impactent donc les résultats du clustering.

La technique de clustering algorithmique employée est limitée quant aux contraintes sur le nombre de points dans les clusters et sur les distances maximales entre deux points. Dans cet algorithme il existe des conflits entre les paramètres qui ne sont pas toujours tous respectés. On peut imaginer pour la suite une amélioration de l'algorithme utilisé. Jusqu'ici les problèmes de clustering ont été réglés par une optimisation des paramètres pour qu'ils soient tous respectés, seulement cela empêche de réaliser des clusters dans n'importe quelle combinaison de valeur de vitesses cibles et/ou de distances et nombre de points… Les distances maximales entre les points n'ayant pas toujours été respectées pour la dalle EGMS autour de la combe de Mortiès il a fallu supprimer tous les clusters ayant une superficie trop importante (car points trop éloignés reliés) et ne garder ceux qui respectaient les conditions.

Il semble aussi important d'évoquer la correction sur les séries temporelles des clusters. Leur correction est basée sur des moyennes des zones tampons situées autours.

Cependant, les zones tampons comportent elles aussi par endroits des points descendants influant dans la moyenne. En retranchant la moyenne de vitesse verticale descendante des zones tampons aux clusters on retire donc du signal de perte d'altitude au cluster et non pas uniquement un biais « régional ». Il faudrait trouver une zone sans points descendants à cause d'érosion pour une correction plus correcte. On comprend donc que la correction à partir des tampons n'est pas toujours idéale car ces derniers perdent aussi parfois de l'altitude à cause de l'érosion.

Les données de pluviométrie choisies sont celles enregistrées au Pas de l'Escalettes. L'impact de la distance entre le Pas de l'Escalette et les zones d'études choisies est discutable. Ce choix est justifié par la complétude des données, la durée d'enregistrement satisfaisante et la disponibilité de ces données. C'est la seule station locale qui présentait des données satisfaisantes et disponibles pour nos travaux.

La précision des outils peut être une limite à la performance de nos analyses. Par exemple la cartographie de la végétation pourrait être affinée pour identifier les zones sans couvert végétal même sur des surfaces limitées. Pour la combe de Mortiès la zone est entièrement catégorisée en forêt de feuillus malgré des zones dégarnies de végétation dans les pentes. Sans vérifications cela pourrait mener à des erreurs d'interprétations.

Pour ce qui est des clusters sur des glissements de terrain nous pouvons envisager de les discriminer en étudiant les composantes verticales et horizontales d'EGMS (Est-Ouest disponibles). On pourrait identifier le déplacement du glissement là où une zone d'érosion forte ne devrait pas présenter de déplacements horizontaux. La géologie des terrains si elle est incompatible avec une forte érosion (perte de matière en réponse à la pluie) peut aussi être un argument de discrimination pour catégoriser un cluster comme glissement. Il est envisageable d'utiliser la végétation dans le même but, un cluster sur fort couvert végétal peut aussi être un indice de glissement. La somme de ces analyses peut faire apparaitre un outil pour différencier érosion et glissement.

La poursuite de ces travaux pourrait être une automatisation totale de la chaine de traitement jusqu'ici faite de manière séquentielle et partiellement manuelle. Après l'identification de cluster automatique utilisée on pourrait penser à une corrélation automatique avec les paramètres de pentes, végétation, géologie et pluviométrie. On obtiendrait en sortie des clusters uniquement associés à une forte érosion et éliminer, entre autres, les glissements notamment avec ces paramètres mais aussi avec les données EGMS horizontales. Ce faisant les corrélations ne seraient plus visuelles mais numériques et automatiques, ce qui à grande échelle et sur plusieurs clusters serait un grand gain de temps.

Une telle méthode d'identification des zones de forte érosion serait un produit final qui pourrait être mis à disposition facilement pour les services d'aménagements du territoire, assureurs, gestion des risques…

Sources :

- EGMS (EGMS (copernicus.eu)) : Dalles EGMS
- IGN (geoservices.ign.fr/rgealti) : MNT RGE ALTI
- Copernicus Land cover CORINE (land.copernicus.eu) : Carte de végétation
- BRGM (infoterre.brgm.fr) : Carte Géologique de la France
- Hydroportail (hydro.eaufrance.fr) : Données Pluviométriques, Pas de l'Escalette

Remerciements :

- Philippe VERNANT – Géosciences Montpellier, UM.
- Stéphane DOMINGUEZ – Géosciences Montpellier, UM.
- Guillaume BANTON – M1 AG, UM.