Belgeo

Revue belge de géographie

2 | 2021

Dynamiques des campagnes et adaptations aux enjeux contemporains (Nord et Sud)

Les enjeux érosifs dans le vignoble patrimonial à fortes pentes de Banyuls-sur-Mer (France)

The erosion issues in the steep slopes vineyard of Banyuls-sur-Mer (France)

Eric Rouvellac, Fabien Cerbelaud, Rémi Crouzevialle et Véronique Maleval

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/belgeo/48368>

DOI : 10.4000/belgeo.48368

ISSN : 2294-9135

Éditeur :

National Committee of Geography of Belgium, Société Royale Belge de Géographie

Référence électronique

Eric Rouvellac, Fabien Cerbelaud, Rémi Crouzevialle et Véronique Maleval, « Les enjeux érosifs dans le vignoble patrimonial à fortes pentes de Banyuls-sur-Mer (France) », *Belgeo* [En ligne], 2 | 2021, mis en ligne le 11 juin 2021, consulté le 14 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/48368> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/belgeo.48368>

Ce document a été généré automatiquement le 14 juin 2021.

Belgeo est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

Les enjeux érosifs dans le vignoble patrimonial à fortes pentes de Banyuls-sur-Mer (France)

The erosion issues in the steep slopes vineyard of Banyuls-sur-Mer (France)

Eric Rouvellac, Fabien Cerbelaud, Rémi Crouzevialle et Véronique Maleval

- 1 Dans le vignoble de Banyuls-sur-Mer, au sein des montagnes des Albères dans les Pyrénées orientales françaises (figure 1), nous nous intéressons aux dynamiques paysagères du vignoble. Celui-ci y est établi depuis des siècles, mais sa véritable expansion ne date que de la révolution industrielle et de son corollaire le chemin de fer, qui ont favorisé comme ailleurs une spécialisation des régions de productions agricoles, ici la vigne (Rouvellac, 2013 ; Delay, 2015 ; Rouvellac *et al.*, 2018). Actuellement cette dernière est concurrencée sur une étroite frange littorale par les extensions touristiques et balnéaires, mais surtout par le maquis résultant de la déprise rurale depuis l'épidémie de phylloxéra.
- 2 La lutte contre l'érosion dans un contexte de très fortes pentes a abouti à des aménagements qui ont conduit à une nature totalement transformée par l'homme, où les terroirs sont désormais artificiels par le jeu des terrasses et des fossés, recueillant l'eau pour lutter contre l'érosion, ce qui nous fait prendre conscience du rôle de cette dernière dans un contexte paysager et patrimonial particulier. Nous mettons actuellement sur pied une étude quantitative et qualitative de l'érosion des sols dans ce vignoble à très fortes pentes, pour laquelle nous sommes en relation avec les services de la Chambre d'agriculture des Pyrénées Orientales, et nous nous appuyons sur la technologie développée grâce à un drone quadrirotor DJI Inspire 1v2 pourvu d'une caméra de 16M de pixels la Zenmuse X5. Etant donné la localisation du terrain il était nécessaire d'utiliser un drone présentant une bonne résistance au vent et permettant une grande maniabilité. Nous adossons à ce dernier l'application Pix4d Capture qui nous permet de définir et de sauvegarder nos plans de vol. Depuis 2017, grâce à des survols réguliers de parcelles expérimentales gérées par le Groupement de Développement Agricole (GDA) du Cru Banyuls, nous élaborons des modèles

numériques de surface qui, comparés entre eux au fil du temps, permettent de calculer le volume de particules érodées, emportées par l'eau et les fortes pentes.

- 3 L'utilisation d'un drone et de la photogrammétrie (Colomina, 2014 ; Fonstad, 2013) pour travailler sur l'érosion est assez classique (Niethammer, 2012), surtout dans un contexte littoral (Desmazes, 2018). Elle l'est également pour travailler en agriculture (Lisein, 2017 ; Primicerio, 2012) ou en viticulture de précision (Pastonchi, 2020 ; Matese, 2015), néanmoins son usage pour étudier l'érosion en espace viticole est encore à l'état d'expérimentation (Follain, 2016 ; Noll, 2016).
- 4 De plus, le bassin versant élémentaire formé par les parcelles concernées a été équipé d'un bassin de rétention des sédiments érodés pour pouvoir étudier qualitativement la nature de ces particules. Ce bassin creusé directement dans les sédiments du bas de la parcelle mesure 2 m sur 1 m, avec une profondeur de 0,5 m en moyenne. Il est revêtu, tant sur son fond que sur ses parois, de fibre géotextile laissant passer l'eau. Les sédiments sont récupérés après chaque épisode pluvieux et en cours de traitement au sein de notre laboratoire. L'érosion des sols viticoles est un sujet d'étude récurrent, cependant dans le vignoble de Banyuls il n'a été traité que par 2 articles scientifiques aujourd'hui anciens (Michel, 1960 ; Gilabert *et al.*, 1976), et un rapport des DREAL (Direction Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) des régions PACA et Occitanie (2018). Dans d'autres vignobles des études ont vu le jour : Viguier (1993) dans le Vidauban varois ; Galéa *et al.* (1995) pour les vignobles de coteaux en général ; Marre (1998) et Ballif (1999), tous deux en Champagne ; Herbreteau *et al.* (2003) dans le Fronsadais ; Léonard *et al.* (2004) en Ardèche méridionale ; Andrieux (2006) en Languedoc ; Fox *et al.* (2006) au sein du Massif des Maures, dans le Var ; Antoni *et al.* (2006) à l'échelle du Languedoc-Roussillon ; Quiquerez *et al.* (2008) et Garcia *et al.* (2007), tous deux en Bourgogne ; Delanoue (2017) dans le centre - Val de Loire, ou bien Follain *et al.* (2018) en Bourgogne et dans l'Hérault. A chaque fois il s'agit d'identifier, de qualifier et parfois de quantifier l'érosion, tout en étudiant ou proposant des moyens de la combattre. Les moyens utilisés pour la quantification sont souvent astucieux, mais empiriques. Les études sur l'érosion en pays banyulenc de 1960 et de 1976 sont dans cette ligne, elles essayent d'approcher des volumes emportés grâce à des approximations intéressantes, mais sans moyens de mesure.
- 5 La technologie amenée par le drone, qui offre des possibilités d'évaluations précises des volumes érodés par un calcul différentiel entre deux modèles numériques de surface élaborés au cours du temps, représente une avancée importante dans ce domaine. Nous nous sommes demandé si les apports de la photogrammétrie par drone pouvaient confirmer ou pas les calculs plus ou moins empiriques du passé, et comment cette quantification pourrait être utile aux viticulteurs locaux. Nous sommes désormais en mesure de communiquer sur les premiers résultats concernant le volet quantitatif de nos recherches. Cette recherche vise à définir des scénarii possibles d'évolutions paysagères dans le contexte d'un vignoble très patrimonial grâce à ces aménagements anti-érosifs, très prisés pour ces paysages depuis l'école impressionniste de Collioure au XIX^e siècle, un contexte historiquement touché par l'érosion, la concurrence avec les activités balnéaires, l'enfrichement, mais aussi plus récemment par le défi de remplacer les produits phytosanitaires encore très utilisés pour désherber les sols. Ceci amènera, avec une population d'exploitants en grande majorité pluriactifs et âgés, à des transformations importantes dans des courts et moyens termes.

- 6 Nous travaillons avec le Groupement de Développement Agricole (GDA) du cru Banyuls et des Albères qui possède des parcelles expérimentales aménagées de manière différente pour lutter contre l'érosion, parcelles que nous allons présenter dans une première partie, tandis que la seconde expliquera la méthodologie et donnera de premiers résultats.

Des parcelles expérimentales représentatives du vignoble

- 7 Les quatre communes (Collioure, Port-Vendres, Banyuls-sur-Mer et Cerbère) où se situe le vignoble ont abrité jusqu'à 5 000 ha de vignes à la fin du XIX^e siècle, au moment de la crise phylloxérique qui les a détruites (Alcaraz, 1997). C'est également au cours des XVIII^e et XIX^e siècles que les aménagements antiérosifs caractéristiques du vignoble ont été construits à l'aide de terrasses sèches zébrées par les fossés collecteurs d'eau en forme de tridents, appelés de manière imagée en catalan « *peus de gall* » (pieds de coq) (figure 2).

Figure 1. Situation des appellations Banyuls et Collioure.

- 8 Ce contexte de fortes pentes et d'érosion récurrente n'a donné lieu localement qu'à trois études publiées, celles de Michel (1960), de Gilabert (1976), et des DREAL PACA et Occitanie (2018). La première observe les destructions et estime les quantités de sédiments arrachées aux parcelles après les épisodes pluvieux intenses et répétés de septembre et octobre 1959, à l'échelle du bassin-versant de la Baillaury, le fleuve côtier qui draine la commune de Banyuls-sur-Mer. Elle arrive à la conclusion que :
- « pour alimenter le débit de cette crue, il faut admettre les érosions suivantes dans le bassin de la Baillaury :

- 100 ha de bois, pour mémoire,
 - 2 200 ha de landes érodées sur un dixième de mm, 2 000 m³,
 - 1 200 ha de vignes érodées sur 3 cm, la moitié ayant été retenue sur les murettes, 180 000 m³,
- soit environ 360 000 tonnes de matériaux.

Ainsi donc, si le débit moyen en suspension a été de 25 g/l – et il ne semble pas qu'il ait pu être inférieur –, c'est que les vignes ont perdu 3 cm de sol en moyenne et les landes de l'ordre du dixième de mm. Mais, nous le répétons, ces chiffres nous paraissent vraisemblables, sans plus. Ils ne reposent que sur une vision d'ensemble du terrain et sur quelques comparaisons, non sur des mensurations précises ».

Figure 2. Carte des pentes des quatre communes des appellations Banyuls Collioure et aménagement des vignes en *peus de gall*.

Crédit pour la carte : F. Cerbelaud, R. Crouzevialle, Umr Géolab – Université de Limoges

Crédit pour la photo : GDA Groupe de Développement Agricole du cru Banyuls

- La deuxième publication revient sur les crues des 20 et 21 septembre 1971 après les fortes pluies tombées entre les 19 et 24 septembre de la même année et les dégâts de ravinements en amont du village de Cosprons, commune de Port-Vendres : 159 mm enregistrés le 19, 250 le lendemain, avec la Baillaury passée d'un débit nul à 471 m³/s entre 0h et 7h25 à Banyuls. Mais les auteurs ne quantifient pas les quantités érodées.
- Ils s'attardent par contre sur un petit barrage, construit en 1856 pour atténuer les effets des crues du ruisseau du Val de Pintas sur la gare de Port-Vendres, qui a permis d'y mesurer l'importance de l'érosion.

« La retenue du Val de Pintas collecte les eaux écoulées sur une surface de 690 000 m². Elle est actuellement remblayée par des matériaux roulés. (...) Nous avons pu évaluer le volume de la retenue à 17 000 m³ et le volume du remblayage détritique à 12 000 m³. La part des matériaux encombrant la retenue est sensiblement égale à la quantité arrachée aux pentes du bassin-versant depuis la mise en eau du barrage ; cela représente une érosion de 0,007100 m³ par m² en 116 ans (nous sommes en 1971, ndlr), soit une couche de terrain de 7,1 mm. Ce chiffre peut paraître faible à première vue. Mais les trois-quarts de la surface du bassin-versant n'ont que très peu souffert de cet enlèvement de matière en raison d'une bonne protection végétale ; c'est donc le quatrième quart qui aurait vu disparaître en 116 ans une épaisseur de terrain de l'ordre de 28,4 mm. Il convient de corriger cette estimation par l'examen de la granulométrie du dépôt. Le premier centile est constitué par des blocs de l'ordre de 80 cm. On peut attribuer l'arrachage de ces gros blocs à l'érosion des berges du ruisseau du Val de Pintas lors des fortes crues. La matrice fine, argiles et limons, constitue environ 55 % du volume total. Elle provient, semble-t-il, en grande partie des vignes où le sol en forte pente, privé artificiellement de strate

herbacée tout au long de l'année, est soumis à une érosion "épidermique" importante. »

- 11 Une troisième étude des DREAL PACA et Occitanie (2018) prend en compte les principaux abats d'eaux méditerranéens à Banyuls-sur-Mer depuis celui de 1959 pour recenser les phénomènes érosifs et proposer des plans d'action, mais ne contient pas une étude quantitative des volumes érodés.
- 12 Nous sommes donc en présence d'estimations de volumes érodés qui pourront être comparées avec les résultats issus de notre méthode. Notons que depuis au moins une cinquantaine d'année l'introduction des désherbants chimiques a remplacé le travail du sol très chronophage et coûteux en main-d'œuvre, mais favorisant l'érosion lui aussi (Rouvellac, 2013, *op. cit.*). La terre n'est plus remontée à la morte saison, cette pratique tombant en désuétude depuis l'après-guerre. On la retrouve dans des écrits comme ceux de Ferrer (1930), et quasiment plus par après.
- 13 Avec l'aide du GDA du cru Banyuls, nous avons accès aux parcelles expérimentales cultivées sous les conseils de la Chambre d'agriculture départementale. Ces parcelles sont divisées en deux parties. La parcelle 1, d'une superficie de 1990 m², est cultivée dans le cadre de murets et de *peus de gall* traditionnels. Cette comparaison à des pattes de coq s'explique par la forme en trident que dessine une rigole principale et ses adjacentes, celles-ci étant parementées par des pierres et des dalles en schistes pour ne pas être sur creusées par les eaux de ruissellement collectées. Ces rigoles s'appellent aussi localement des agouilles. Ce système de *peus de gall* assure une haute densité de drainage, tout en étant strié de terrasses de culture pour lutter contre les trop fortes pentes ; elles sont en moyenne de 44 % sur cette parcelle. L'autre parcelle (parcelle 2 d'une superficie de 1170 m²) a été dessinée au bulldozer, sans équipement construit, où d'étroites terrasses ont été façonnées sans mur de soutènement, épousant les courbes de niveaux mais sans que le reprofilage de la pente (de 38 % en moyenne) en ait été touché (figure 3).

Figure 3. Les parcelles survolées dans le Vall de Pompo, au fond, la ville de Banyuls et la Méditerranée.

Méthodologie de la recherche

- 14 Il s'agit d'obtenir par photogrammétrie des modèles numériques de surface (MNS) à très hautes résolutions desquels on retire la canopée et au maximum les ceps, géoréférencés par des positionnements GNSS de précision centimétrique. Ces modèles permettent à la fois :
 - 15 - de déterminer les caractéristiques morphométriques des parcelles : pentes, direction des écoulements, convexité, concavité qui permettent de mettre en avant les zones les plus exposées à l'érosion des sols ;
 - par comparaison diachronique entre deux modèles établis à des dates différentes (les points de repère restent en place), d'évaluer précisément les quantités érodées (ou d'accumulation) et la localisation des zones les plus sensibles.
- 16 Il apparaît donc intéressant de comparer les résultats avec des parcelles ayant des caractéristiques dissemblables dans une unité de temps, de lieu, de climat semblable, mais avec des paramètres culturels différents.
- 17 Nous avons choisi d'utiliser le drone Inspire 1v2 de DJI pour réaliser les prises de vue nécessaires à l'établissement des MNS. Le choix de ce drone quadrirotor est justifié par la topographie marquée par une pente entre 30 et 45 % en moyenne sur les trois parcelles du GDA, par la superficie de 6000 m² au total et la présence régulière de vents forts sur Banyuls et sa région. Ce drone dispose d'une bonne résistance au vent grâce à sa vitesse de pointe à un peu plus de 70 km/h et à son autonomie de 20 minutes par temps calme qui, lors de prises de vues par vent fort, diminue du fait de l'énergie nécessaire pour conserver la trajectoire définie mais reste d'une petite quinzaine de minutes. L'Inspire 1v2, tout en restant un drone abordable et relativement compact (1800 € drone + 3 batteries + caméra de base Zenmuse X3 12M pixel), permet de répondre à nos besoins pour cette étude. Afin d'obtenir des images avec la résolution la plus élevée possible nous avons acheté un nouveau support de caméra et une Zenmuse X5 (16M pixel). Cette dernière étant plus lourde, le temps de vol du drone est réduit de 4-5 min en moyenne, mais elle nous a permis d'obtenir des MNS d'une résolution de 2 cm² pour une altitude de vol de 25 m. Nous avons expérimenté la technique de prise de vues aériennes avec une perche télescopique sur une petite ravine escarpée au Maroc lors du programme de recherche SIGMED en 2013. Cette expérimentation nous a convaincus de l'utilité de passer sur un matériel type drone pour des superficies importantes.
- 18 En ce qui concerne la période de prise de vues nous avons réalisé des missions à différents moments de l'année (février, avril, juin) et nous avons choisi de travailler sur les missions d'acquisition réalisées juste après la taille de la vigne en hiver (février-mars) afin que les feuilles et l'herbe ne perturbent pas les résultats obtenus et nous permettent d'avoir une vision du sol la plus fine possible. En effet, les vignes sur le territoire de Banyuls sont taillées en gobelet, c'est-à-dire qu'elles sont proches du sol et assez larges, cette taille étant une nécessité pour obtenir un rendement correct étant donné la faible profondeur de sol. Lors du passage du drone la densité et l'ombre des feuilles et des branches ne nous permettent pas de prendre des photos du sol sous les vignes, ce qui limite fortement la possibilité de travailler sur des MNS hors canopée puis des MNT. Sur la parcelle 2 le GDA ne désherbe pas, dans le but de travailler sur les rendements hors utilisation du glyphosate. L'herbe assez haute recouvre presque

totalelement le sol et ne nous permet pas non plus d'obtenir des modèles précis. Ces éléments nous imposent donc de réaliser les prises de vues dans des conditions optimales juste après la taille.

- 19 La technique de photogrammétrie Structure from Motion (SfM) est une méthode très efficace pour obtenir des modèles morphométriques de précision (Brunier, 2016). Basée sur des prises de vues avec recouvrement, la reconstruction de structure 3D estimée à partir des paramètres de prise de vue de ces séquences d'images et la reconnaissance de pixels similaires par les techniques géométriques des vues multiples, la photogrammétrie SfM tend à reproduire la vision stéréoscopique humaine. Nous implantons au sol des points de repères (fer à bétons) dont les coordonnées ont été prises avec un GPS différentiel Trimble Geo7x qui nous permet par post-traitement d'avoir une précision centimétrique en X, Y et en Z. Ces points de repères fixes (entre 10 et 12 par parcelle) sont disposés de manière à « quadriller » les zones étudiées et nous permettent de géoréférencer les modèles avec précision mais aussi de les recalcr entre eux après chaque mission.
- 20 Nous réalisons les vols d'acquisition de photos en automatique et nous utilisons actuellement pour cela l'application gratuite Pix4D Capture (même si nous envisageons de passer au logiciel UGCS qui permet de maintenir une altitude de vol relative constante) car elle nous permet de définir une hauteur de vol, que nous avons fixée à 25 m dans notre cas en raison de l'inclinaison des parcelles, un taux de recouvrement des photos que nous voulons de 80 % et un angle de caméra de 90° pour éviter les effets de distorsion. L'application nous permet de sauvegarder les plans de vol afin de les réutiliser pour avoir les emprises les plus proches possibles entre les missions, elles ne sont pas parfaitement identiques car le vent et la qualité de la réception GNSS ont une influence, souvent minime, sur la trajectoire du drone. Nous réalisons deux passages croisés sur chaque parcelle pour essayer de compenser les effets d'exposition (teinte de photo qui varie) et d'ombre.
- 21 Nous travaillons ensuite avec le logiciel Agisoft Métashape pour générer les modèles. Le logiciel aligne et recalc les photos entre elles en utilisant l'angle de la prise de vue et les informations de la caméra contenues dans les métadonnées des photos, puis il reconnaît les pixels similaires, appelés points de rattachement, afin de modéliser la zone survolée en produisant un nuage de point dense. Pour aider à l'alignement des photos nous entrons les informations de localisation des points de repères et nous les identifions sur les photos (figure 4).

Figure 4. Superposition des photos numériques au-dessus de la parcelle 1.

Interface du logiciel Métashape avec dans la partie gauche les photos et les points de repères, dans la partie centrale le mesh drapé avec en bleu les emprises et l'emplacement des photos prises par le drone, dans la partie basse la visualisation des photos qui permet d'aller identifier les points de repères.

- 22 Le logiciel nous permet ensuite de réaliser une classification du nuage avec les points sols et sursols. Cette classification automatique peut être modifiée par l'utilisateur. Nous décidons de conserver uniquement les points sols tout en sachant que la base du pied des ceps est classée dans ces points. Nous générons alors un mesh géoréférencé qui correspond à notre MNS hors canopée de haute résolution comme en témoigne l'ombrage réalisé sur ce dernier (figure 5).

Figure 5. Ombrage du modèle numérique de surface de la parcelle 1.

- 23 C'est à partir de ces modèles que nous allons pouvoir travailler sur l'érosion. En effet, en utilisant le logiciel libre SAGA GIS dédié aux traitements spatiaux, à l'analyse de modèle numérique et fournisseur d'algorithmes géoscientifiques dans QGIS, nous réalisons un découpage des modèles par l'emprise vectorielle de notre parcelle (Shapes->Shapes-Grid Tools->Clip Grid with Polygon). Par la suite nous réalisons un ré-échantillonnage par la méthode du plus proche voisin en utilisant la résolution du modèle le plus ancien comme cible (Grid->Tools->Resampling). Une fois que nous avons la même emprise et la même résolution pour les modèles concernés nous réalisons une soustraction (Grid->Calculus->Grid Difference) (figure 6), ce qui nous permet d'aboutir à un modèle dont les valeurs positives correspondent aux accumulations et les valeurs négatives à l'érosion (figure 7).

Figure 6. Superposition des deux modèles en vue d'une soustraction entre celui d'avril 2017 et celui de mars 2019.

Pour plus de lisibilité les modèles présentés correspondent en réalité aux ombrages réalisés sur les modèles, et les points rouges mis en évidence par les flèches orange symbolisent les points de repères fixe qui nous permettent de superposer et de géoréférencer les modèles.

Figure 7. Résultat de la soustraction de MNS avec accumulation et érosion en mètres.

Résultats et interprétation

- 24 La figure 7 montre que les zones d'accumulation sont situées sans surprise dans les fossés de drainage (les aguouilles), et sous les murets, tous deux endiguant en partie l'érosion. Cette dernière est logiquement plus forte en haut de la parcelle plus pentue, et s'annule vers le centre et le bas. Nous pouvons formuler l'hypothèse que les murets jouent un rôle de freins à l'érosion au centre, hypothèse à examiner à nouveau lors de prochaines mesures.
- 25 Quantitativement, les volumes mesurés en avril 2017 et mars 2019, grâce à la fonction idoine de Métashape qui fonctionne en comblant les trous du modèle, représentent respectivement 25 336 et 25 317 m³, soit 19 m³ érodés pour une parcelle (la n° 1) de 1990 m². Cela donne 0,0095 m³ ou une hauteur de 1 cm de sédiments érodés par m² pour un total de 460 mm de précipitations entre les deux données images. Si nous nous référons maintenant à l'étude empirique publiée en 1960 au sujet des précipitations de l'automne 1959, il est question de 180 000 m³ de sédiments emportés sur 1 200 ha de vignes, soit 0,0150 m³ par m² pour un total de 800 mm de précipitations en deux mois seulement, septembre et octobre 1959. Il conviendrait de mettre en regard aussi l'intensité des précipitations, ce que nous ne maîtrisons pas ici, vu que nous ne connaissons pas les durées de plus fortes intensités, celles où sont atteints ou dépassés les 8 mm/h.
- 26 Néanmoins, ces deux valeurs très proches sont intéressantes, validant l'approche empirique développée par Michel (1960), et validant aussi pour l'instant la méthodologie que nous avons mise en place.

- 27 La quantification du volume érodé à l'échelle du bassin versant du Vall de Pintas réalisée en 1971 a abouti à $0,0071 \text{ m}^3 \text{ par m}^2$, soit deux fois moins, sur une période très longue, plus d'un siècle. Il ne faut pas oublier que cette partie du territoire de la commune de Port-Vendres n'a jamais été totalement viticole depuis la mi-XIX^e siècle, date de la construction de la retenue ayant servi au calcul d'estimation de la quantité érodée. Les bois, le maquis, les pâtures assurent un couvert continu qui freine bien évidemment le processus érosif, d'où cette estimation logiquement plus réduite.
- 28 Il faut prendre du recul vis-à-vis de ces premiers résultats parce que le calcul ne sera pertinent qu'à partir de l'année 2021 qui sera notre deuxième mission dans de bonnes conditions (prise de vue en mars après la taille ; nous devions y aller en 2020 mais le confinement ne nous l'a pas permis). En effet sur l'image le résultat est obtenu à partir de MNT à des dates différentes dans l'année (mi-avril en 2017 et fin février en 2019), et sur le plus ancien de la végétation est présente, d'où une érosion surévaluée par la disparition de plantes entre les deux missions dans certaines zones comme dans la ravine la plus à l'est.
- 29 L'autre constat que nous pouvons faire concerne les pieds de vignes : on les remarque sur le modèle résultant comme une accumulation qui peut en réalité n'être que le résultat d'une classification légèrement différente entre les 2 modèles sur Métashape. C'est pourquoi nous travaillons aussi sur l'élimination des pieds de vignes pour obtenir un MNT du sol nu. Pour cela nous avons créé sous QGIS une couche vectorielle en repérant chaque pied de vigne par un point et nous réalisons ensuite un tampon de 20 cm autour de ce point et supprimons dans ces tampons, avec SAGA GIS, les informations d'altitude des modèles. Nous terminons en interpolant les modèles à trous par krigeage avant de répéter les opérations précédemment décrites pour réaliser la soustraction des modèles. La figure 8 présente une zone test sur laquelle nous expérimentons cette méthode afin de mesurer les écarts de volumes érodés avec et sans les pieds de vignes.

Figure 8. Travail avec le logiciel SAGA pour le calcul des volumes érodés.

Les cercles blanchâtres correspondent aux tampons réalisés autour des pieds de vigne après l'interpolation par krigeage.

Conclusion

- 30 L'étude de 1959 arrive à une estimation de 0,0150 m³ de terre érodée au m², celle de 1971 à 0,0071 m³ au m², et enfin nos propres calculs réalisés à l'aide d'un drone aboutissent à 0,0095 m³ au m². Si on prend en compte un territoire encore très soumis au travail du sol en 1959, face à un bassin-versant gagné par le maquis, une végétation fermée, en 1971, on peut expliquer en partie sûrement la différence des résultats. Nos calculs, intermédiaires, montrent que nous sommes apparemment dans des valeurs qui correspondent à la réalité des abats d'eau méditerranéens de la région banyulenne.
- 31 En milieu viticole de fortes pentes, peu d'études quantitatives aussi précises avec cette méthode ont encore vu le jour et peuvent se recouper, en partie, avec des études précédentes, fussent-elles plus empiriques. Les résultats méritent d'être corroborés par les années suivantes, et doivent être davantage mis en relation avec le régime des précipitations. A ce sujet, la pose d'un piège à sédiments depuis le printemps 2019 va également assurer une étude qualitative des matériaux enlevés par les pluies.
- 32 Mieux comprendre l'érosion du vignoble de fortes pentes de Banyuls-sur-Mer peut permettre de mieux gérer le capital pédologique fragile de ces terroirs. En effet, comprendre le rôle de l'érosion dans l'agronomie délicate de ces parcelles aide à mieux appréhender les défis que représente une alternative durable à l'utilisation des herbicides, et à gérer une appellation vieillissante avec des débouchés productifs et rentables toujours à maintenir pour pouvoir pérenniser la viticulture locale, le tout pour perpétuer une activité intégrée du territoire, avec une filière vitivinicole et une filière balnéaire complémentaire, afin de préserver un patrimoine remarquable.

BIBLIOGRAPHIE

ALCARAZ F. (1997), « Feixes, agouilles et peus de gall : le dispositif anti-érosion du vignoble de Banyuls. Étude des pratiques d'entretien des terrasses de culture », *Montagnes méditerranéennes*, 5, pp. 21-26.

ANDRIEUX P. (2006), *Effets des pratiques culturales sur le ruissellement et l'érosion. Vigne, sol et environnement, une rencontre profession-recherche en Languedoc-Roussillon (Montpellier 2006)*, 4 p., www.monpellier.inra.fr/vignesolenv/actes/ANDRIEUX.pdf

ANTONI V., LE BISSONNAIS Y., THORETTE J., ZAIDI N., LAROCHE B., BARTHES S., DAROUSSIN J. & ARROUAYS D. (2006), « Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au 1/250 000 et confrontation aux enjeux locaux », *Étude et Gestion des Sols*, 13, 3, pp. 201-222.

BALLIF J.L. (1999), *Ruissellement et érosion en Champagne sur sols de vignes et de cultures, observations, mesures, prévisions et remèdes*, Paris, Editions Johanet, 158 p.

- BRUNIER G., FLEURY J., ANTHONY E.J., POTHIN V., VELLA C. *et al.* (2016), « Structure-from-Motion photogrammetry for high-resolution coastal and fluvial geomorphic surveys », *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 22, Groupe français de géomorphologie (GFG), pp. 147-161.
- COLOMINA I., MOLINA P. (2014) "Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, pp. 79-97.
- DELANOUE G. (2017), « Érosion des sols viticoles et impact sur la physiologie de la vigne », *Gestion durable des sols viticoles dans un contexte d'agroécologie*, 30 nov. 2017 – Cheverny, DRAAF, région Centre-Val de Loire, FEADER, pp. 19-32.
- DELAY E. (2015), *Réflexions géographiques sur l'usage des systèmes multi agents dans la compréhension des processus d'évolution des territoires viticoles de fortes pentes : le cas de la Côte Vermeille et du Val di Cembra*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Limoges, UMR 6042 GEOLAB, 424 p.
- DESMAZES F., GARCIN M., METEREAU V., GOUGUET L. & LEROUX J. (2018), « Utilisation des drones pour la caractérisation des phénomènes d'érosion éolienne des dunes du littoral Atlantique. Exemple des Pays de Monts », *Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil*, Conference Paper, pp. 353-362.
- DREAL Paca (G. VERRHIEST) et DREAL Occitanie (C. DOLLÉ) (2018), *Ruissellement dans l'arc méditerranéen, territoire test - Banyuls-sur-Mer*, 26 p., http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_banyuls_vf.pdf
- FERRER G. (1930), « Le vignoble de Banyuls-sur-Mer », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Sud-Ouest Européen*, 1-2, pp. 185-192.
- FOLLAIN S., FAYOLLE E., NOLL D. & QUIQUEREZ A. (2018), « Érosion des sols viticoles et adaptation aux changements : vulnérabilité, diagnostic et stratégie d'adaptation. De l'adaptation des pratiques à la réorganisation des vignobles », *Revue des œnologues et des techniques vitivinicoles et œnologiques*, Union nationale des œnologues France Bourgogne-Publications, pp. 12-15, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01894637>
- FONSTAD M.A., DIETRICH J.T., COURVILLE B.C., JENSEN J.L. & CARBONNEAU P.E. (2013), "Topographic structure from motion : a new development in photogrammetric measurement", *Earth surface processes and landforms*, 38, 4, pp. 421-430.
- FOX D., MARTIN C., GROSSO J. & MORSCHER J. (2006), « Étude et cartographie de l'érosion des sols dans un vignoble du sud-est de la France », *Étude de géographie physique*, XXXIII, pp. 23-32.
- GALEA G., RAMEZ P. (1995), *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion en vignoble de coteau. Guide à l'usage des aménageurs*, édition CEMAGREF, Lyon, 126 p.
- GARCIA J.-P., BRENOT J., QUIQUEREZ A. & PETIT C. (2007), « Érosion des sols viticoles par les événements orageux (Vosne-Romanée) : quels risques pour le futur ? », *Global warming, which potential impacts on the vineyards ?*, 28-30 mars 2007, pp. 1-10, https://chaireunescovinetculture.ubourgogne.fr/colloques/actes_clima/Actes/Article_Pdf/Garcia.pdf
- GILABERT C., REGAGNON J.-P. (1976), « L'érosion actuelle dans les Albères (Pyrénées-Orientales) », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 47, 3, pp. 249-260.
- HERBRETEAU V., BOUCHETAL B., COMMAGNAC L., LEE A. & CHERY P. (2003), « Évaluation de la sensibilité à l'érosion des zones viticoles. Influence des pratiques culturales (exemple du Fronsadais) », *LARGE*, ENITA de Bordeaux, pp. 31-38.
- LEONARD M., BALLAIS J.-L. (2004), « Relation entre érosion hydrique et système de production en moyenne montagne méditerranéenne : exemple du vignoble sur le bassin versant du Gazel

(Ardèche méridionale – France) », *Bulletin du Réseau Érosion*, pp. 478-488, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01569845v1>

LISEIN J., PINEUX N., PIERROT-DESEILLIGNY M., DEGRE A. & LEJEUNE P. (2017), « Détection de l'érosion dans un bassin versant agricole par comparaison d'images multidates acquises par drone », *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 213-214, pp. 133-141.

MARRE A. (1998), « Rythmes et bilan de l'érosion en domaine méditerranéen – extrait de l'érosion entre nature et société », in VEYRET Y. (COORD.), *Dossiers d'images économiques du monde*, 22, Paris, SEDES. pp. 221-235.

MATESE A., TOSCANO P., DI GENNARO S.F., GENESIO L., VACCARI F.P., PRIMICERIO J. et al. (2015), "Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture", *Remote Sensing*, 7, 3, pp. 2971-2990.

MICHEL A. (1960), « La forte pluviosité de l'automne 1959 à Banyuls, conséquences sur l'érosion des sols », *Revue forestière française*, 4, pp. 257-266.

NIETHAMMER U., JAMES M.R., ROTHMUND S., TRAVELLETTI J. & JOSWIG M. (2012), "UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide : Evaluation and results", *Engineering Geology*, 128, pp. 2-11.

NOLL D. (2016) *Utilisation des images aériennes à très haute résolution pour documenter des cas d'érosion suite à des événements pluvieux intenses ou récurrents*, Journée technique VITINNOV « Viticulture de précision : les capteurs à la loupe ».

PASTONCHI L., DI GENNARO S., TOSCANO P. & MATESE A. (2020), *Comparison between satellite and ground data with UAV-based information to analyse vineyard spatio-temporal variability*, XIIIth International Terroir Congress, Adelaide, Australia.

PRIMICERIO J., DI GENNARO S.F., FIORILLO E. et al. (2012), "A flexible unmanned aerial vehicle for precision agriculture", *Precision Agriculture*, 13, pp. 517-523.

QUIQUEREZ A., BRENOT J., GARCIA J.-P. & PETIT C. (2008), "Soil degradation caused by a high-intensity rainfall event : implications for medium-term soil sustainability in Burgundian vineyards", *CATENA*, 73, 1, Elsevier, pp. 89-97, Doi : 10.1016/j.catena.2007.09.007.

ROUVELLAC E. (2013), *Le terroir, essai d'une réflexion géographique à travers la viticulture*, HDR en géographie, Université de Limoges, UMR 6042 GEOLAB, 2 vol. , 226 et 233 p.

ROUVELLAC E., CERBELAUD F. & CROUZEVIALE R. (2018), « Estabilidad o inestabilidad de los terroirs en los viñedos de Banyuls-sur-Mer (Pirineos Orientales, Francia) », XIIth International terroir congress, Zaragoza, Espagne, 18-22 juin 2018, <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/25/contents/contents.html>

VIGUIER J.M. (1993), *Mesure et modélisation de l'érosion pluviale : application au vignoble de Vidauban (Var)*, Thèse de doctorat en géologie, Université d'Aix-Marseille, 335 p.

RÉSUMÉS

Dans le vignoble de Banyuls-sur-Mer, au sein des montagnes des Albères dans les Pyrénées orientales, les pentes très fortes et les précipitations méditerranéennes aboutissent à une forte érosion qui préoccupe les vignerons depuis des siècles. Méthodologiquement, à l'aide de modèles numériques de surface puis de terrain obtenus avec un drone par photogrammétrie, géoréférencés par des positionnements GNSS de précision centimétriques, nous pouvons mesurer la quantité de terrain érodé entre deux missions, et les mettre en regard avec les précipitations.

A partir de deux zones tests aménagées différemment face à l'érosion, nous avons pu faire des premiers calculs et les comparer à des études empiriques anciennes.

In the Banyuls-sur-Mer vineyard, in the Alberes mountains in the eastern Pyrenees, the very steep slopes and Mediterranean precipitations lead to severe erosion which has preoccupied winegrowers for centuries. Methodologically, using very high-resolution digital terrain models, georeferenced by centimetric precision GNSS positions, and using a drone to build them, we can measure the amount of soil eroded between two missions, and compare them with precipitations. From two test areas arranged differently to erosion, we were able to make initial calculations and compare them to old empirical studies.

INDEX

Mots-clés : érosion, fortes pentes, drone, modèle numérique de terrain, vignoble de Banyuls-sur-Mer

Keywords : erosion, steep slopes, drone, Digital Elevation Model, Banyuls-sur-Mer vineyard

AUTEURS

ERIC ROUVELLAC

Professeur de géographie - Université de Limoges - UMR CNRS 6042 Géolab,
eric.rouvellac@unilim.fr

FABIEN CERBELAUD

Ingénieur d'études - Université de Limoges - UMR CNRS 6042 Géolab, fabien.cerbelaud@unilim.fr

RÉMI CROUZEVALLE

Ingénieur d'études - Université de Limoges - UMR CNRS 6042 Géolab, remi.crouzevalle@unilim.fr

VÉRONIQUE MALEVAL

Maître de conférences HDR - Université de Limoges - UMR CNRS 6042 Géolab,
veronique.maleval@unilim.fr