HAL
open science

Épisodes pluvieux intenses, érosion des sols et viticulture

Stéphane Follain, François Colin

To cite this version:

Stéphane Follain, François Colin. Épisodes pluvieux intenses, érosion des sols et viticulture. Rencontres du Clos-Vougeot 2019 "Fluctuations climatiques et vignobles. Du Néolithique à l'actuel : impacts, résilience et perspectives", Oct 2019, Clos Vougeot, France. hal-03013726

HAL Id: hal-03013726

https://institut-agro-dijon.hal.science/hal-03013726

Submitted on 14 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Épisodes pluvieux intenses, érosion des sols et viticulture

Stéphane FOLLAIN (1) et François COLIN (2)

[1] Professeur de Science du Sol -AgroSup Dijon
stephane.follain@agrosupdijon.fr
Agroécologie, AgroSup Dijon, INRAe, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

[2] Professeur d'Hydrologie - Institut Agro Montpellier SupAgro
francois.colin@supagro.fr

Stéphane Follain et François Colin, 2020. Épisodes pluvieux intenses, érosion des sols et viticulture. In : Rencontres du Clos-Vougeot 2019, Fluctuations climatiques et vignobles du Néolithique à l'actuel : impacts, résilience et perspectives. Dir. J. PERARD et C. WOLIKOW. Chaire UNESCO Culture et Traditions du Vin, 337-347 pp.
ISSN : 2416-9838
ISBN : 978-2-918173-29-8

INTRODUCTION

Au niveau mondial, l'érosion des sols est aujourd'hui reconnue comme un processus majeur de dégradation des terres, selon un récent rapport spécial du GIEC sur le changement climatique et les terres[1]. Le premier effet de l'érosion est celui d'une perte de volume terreux, soit une perte de ressource en sol sur une entrée quantitative, qui est associée à une altération de leurs fonctions[2] dont les fonctions de production (chute de rendements, mortalités), de régulation de la qualité des eaux et de l'atmosphère. Cette perte continuelle en terres a été formalisée dans les travaux dirigés par Arjun Heimsath[3, 4] qui démontre qu'en condition de versant, il n'existe pas d'équilibre entre la fonction de production en sol par pédogenèse (très lente) et la fonction de perte en sol par érosion. Idée complétée par David Montgomery dans son ouvrage « Dirt:

[1] IPCC, 2019 - https://www.ipcc.ch/srccl/, site visité le 1er mars 2020.
[2] http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/fr/c/294324/, site visité le 1er mars 2020.
[3] Arjun M. Heimsath, William E. Dietrich, Kunihiko Nishiizumi et Robert C. Finkel, « The soil production function and landscape equilibrium », in Nature, Springer Nature, 1997, n° 388, p. 358–361.
[4] Arjun M. Heimsath, Roman A. DiBiase, Kelin Whipple, « Soil production limits and the transition to bedrock dominated landscapes », in Nature Geoscience, Springer Nature, 2012, n° 5, p. 210–214.

The Erosion of Civilizations »[5] dans lequel il conclue que ce déséquilibre est accentué par la mise en culture des terres et que le sol doit donc être considéré comme une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Conclusion convergente avec les estimations de David Pimentel qui estimait en 1995[6] que les surfaces continentales perdent près d'1% de terres arables par an et qu'à ce rythme, la réserve mondiale en terres cultivables sera épuisée d'ici 450 ans. C'est d'ailleurs pour compenser ce bilan déficitaire, associé à la mise en culture qu'historiquement des apports de terre (terrages, en Bourgogne) étaient réalisés dans certaines parcelles de la Côte depuis le Moyen Âge, jusqu'au tout début du XXe s., comme l'attestent les travaux publiés par Jean-Pierre Garcia et ses collègues [7,8,9].

L'érosion des sols est aussi l'un des processus de dégradation des terres le plus documenté dans l'histoire de l'Humanité. Dans de nombreux travaux de recherche, qu'il s'agisse de synthèses scientifiques centrées sur la méditerranée[10,11], ou bien de compilations d'archives d'origines géographiques diverses, comme celles compilées par Markus Dotterweich[12], c'est souvent une origine multifactorielle qui est mis en avant pour expliquer les phénomènes érosifs, avec comme facteurs explicatifs prépondérants les interactions entre l'anthropisation des systèmes et le caractère exceptionnel de phénomènes climatiques, tel les événements pluvieux intenses. Aujourd'hui, en France métropolitaine, ces phénomènes climatiques intenses représentent toujours une contrainte forte pour les populations et les producteurs, le plus souvent en contexte méditerranéen[13]. Ce qui est nouveau, c'est que dans le futur le risque érosif et les pertes en terres

[5] David R. Montgomery, Dirt: The Erosion of Civilizations, University of California Press, Berkeley, CA, 2007, 295 p.
[6] David Pimentel et al., « Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation. », in Science, New Series, 1995, volume 267, n° 5201, p. 1117–1123.
[7] Jean-Pierre Garcia, « Données nouvelles pour l'histoire de la construction des terroirs viticoles de Bourgogne, cinquante ans après l'oeuvre de Roger Dion », in J.-R. Pitte (dir.), « Le bon vin entre terroir, savoir-faire et savoir-boire : actualité de la pensée de Roger Dion », CNRS Editions, 2010, p. 287–303.
[8] Jean-Pierre Garcia, « Les sols viticoles de Bourgogne : élaboration naturelle et construction humaine », in Revue des oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques, 2011, n° 141, p. 62–64.
[9] Jean-Pierre Garcia, Thomas Labbé, Amélie Quiquerez, « La préservation et la pérennisation des sols viticoles en Bourgogne du Moyen Âge à nos jours », in Actes des Rencontres du Clos Vougeot 2017, 2018.
[10] John Bintliff, « Time, process and catastrophism in the study of Mediterranean alluvial history: A review », in World Archaeology, Taylor & Francis Group, 2002, volume 33, n° 3: Ancient ecodisasters, p. 417–435.
[11] Tjeerd H. van Andel, Eberhard Zangger, Anne Demitrack, « Land Use and Soil Erosion in Prehistoric and Historical Greece », in Journal of Field Archaeology, Taylor & Francis Group, 1990, volume 17, n° 4, p. 417–435.
[12] Markus Dotterweich, « The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation—A global synopsis », in Geomorphology, Elsevier , 2013, n° 201, p. 1–34.
[13] Jesus Rodrigo-Comino, « Five decades of soil erosion research in "terroir". The State-of-the-Art », in Earth-Science Reviews, Elsevier, 2018, n° 179, p. 436–447.

associés à ces évènements pluvieux intenses risquent d'empirer sous l'effet des changements climatiques, inquiétant par la même des territoires jusqu'alors moins vulnérables.

LES EVENEMENTS PLUVIEUX INTENSES

Un événement de pluie est borné par des limites dans l'espace et le temps, en deçà et au delà desquelles il pleut ou il ne pleut pas, et qui dépendent du point de vue de l'observateur. Ainsi, la pluie peut être perçue sur une période de temps comme une succession de gouttes d'eau, une lame d'eau cumulée (*i.e.* un volume d'eau par unité de surface), ou des isohyètes de pluie (*i.e.* des cartes d'iso-valeurs de lame d'eau). Les pluviographes permettent de mesurer une durée correspondant à une hauteur d'eau précipitée donnée et, en faisant le rapport, d'estimer une intensité de pluie au cours du temps. Ce type de mesure historique, à caractère ponctuel, peut aujourd'hui être généralisé par les données issues des radars météorologiques, comme ceux du réseau ARAMIS[14] de Météo France qui présente une résolution spatiale de 1 km et une résolution temporelle de 5 min.

Les chroniques (ou séries) pluviométriques sont des relevés permettant de déterminer l'ensemble des événements pluvieux survenus sur une période donnée en une position donnée de l'espace géographique (station). L'analyse statistique de ces chroniques permet de définir pour chaque station la notion de « Fréquence » associée aux événements pluvieux, le plus communément représentée par les courbes « Intensité–Durée–Fréquence » (IDF). Pour chaque événement, les intensités maximales de pluie (« Intensité » en $mm.h^{-1}$) peuvent être déterminées pour différents intervalles de temps (« Durée » en h). Pour chaque Durée, les *n* plus fortes valeurs d'Intensités sont classées par ordre décroissant (avec *n* le nombre d'année de la chronique[15]). A partir de ces valeurs classées, une Fréquence de non-dépassement est calculée, soit de manière empirique soit par ajustement d'une loi statistique connue, la plus utilisée étant la loi de Gumbel[16]. La Période de Retour (en année) d'une Intensité sur une Durée est définie comme l'inverse de la Fréquence. Ce dernier paramètre, aussi nommé temps de retour ou temps de récurrence peut être appréhendé sous une acception pratique en termes de récurrence comme

[14] Jacques Parent-du-Châtelet, « Aramis, le réseau français de radars pour la surveillance des précipitations », in La Météorologie - Spécial Observation - Volume II, Société météorologique de France, Paris, 2003, n° 40, p. 44–52.

[15] Pour certains auteurs, les *n* plus fortes valeurs sont choisies comme les plus fortes valeurs de chacune des *n* années de la chronique. Bernard Chocat, Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, 4ème édition, Editeurs Hermès - Lavoisier, 1997, 1124 p.

[16] Nicholas. H. Bingham, Charles M. Goldie et J. L. Teugels, Regular Variation, Cambridge, Cambridge University Press, coll. « Encyclopedia of Mathematics and its Applications », 1re édition, 1989, n° 27, 516 p.

la « moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure ». Cette définition produite dans le Glossaire International d'Hydrologie[17], nous permet d'apprécier le caractère critique de ce paramètre dont la détermination est largement dépendante de la station de mesure, de la profondeur temporelle de la chronique et de la finesse des ajustements statistiques.

Quoiqu'il en soit, le temps de retour reste l'un des meilleurs estimateurs du caractère extrême des évènements pluvieux. C'est pourquoi, nombre de scientifiques travaille à la détermination de ces temps de retours soit sur la base de phénomènes enregistrés, soit sur la base de phénomènes simulés lorsque les données enregistrées sont insuffisantes. Si nous reprenons les simulations réalisées dans le cadre du projet de recherche SHYREG[18], mené sous l'égide de l'Irstéa et de Météo France, nous constatons que pour un temps de retour de 50 ans, la majorité du territoire français présente des cumuls de pluie événementiel inférieurs à 150 mm sur une durée de 24 h, les cumuls intermédiaires sont essentiellement localisés sur l'arc méditerranéen, alors que les cumuls les plus élevés, soit plus de 300 mm de précipitation sur une durée de 24 h, sont essentiellement observés sur le massif des Cévennes et en Corse. Pour ces dernières régions, les plus fortes précipitations sont imputables aux épisodes dits « cévenols ».

Les épisodes cévenols sont de nature orographique. En début d'Automne, d'importantes masses d'air chaud et humide, renouvelées, en provenance de la mer Méditerranée s'élèvent depuis le Golfe du Lion sur les reliefs des Cévennes, entrainées par de forts vents de secteurs Sud-Est (souvent associés à une situation dépressionnaire sur le Sud-Ouest Atlantique). Le refroidissement rapide de ces masses d'air chaud et humide induit une condensation et provoque des précipitations de plusieurs centaines de mm sur des durées comprises entre 24 et 72 h. D'après Météo France[19], ces épisodes cévenols, additionnés aux autres phénomènes orageux, conduisent trois à six fois par an en moyenne, à des précipitations intenses (plus de 200 mm en 24 h) sur les régions méditerranéennes. Notre mémoire collective se souvient encore des événements cévenols ou méditerranéens récents et mortels que sont les événements qui ont frappé Nîmes (1988), Vaison-la-Romaine (1992), Sommières (2002) et Draguignan (2010),

[17] OMM-N° 385 - Organisation météorologique mondiale, 2012 (ISBN 978-92-63-03385-8)
[18] Patrick Arnaud, Yoann Aubert, Didier Orange, Philippe Cantet, Catherine Fouchier, Nathalie Folton, « Estimation de l'aléa hydrométéorologique par une méthode par simulation. La méthode SHYREG : Présentation – Performances – Base de données », in La Houille Blanche, EDP Sciences, 2014, n° 2, p. 20–26.
[19] Météo France, Portail « Pluies extrêmes en France métropolitaine et en outre-mer », http://pluiesextremes.meteo.fr, site visité le 1er mars 2020.

pour ne citer qu'eux. Sur une entrée historique, citons les précipitations du 19 au 23 septembre 1890 qui ont provoqué une crue historique de l'Ardèche, avec 971 mm sur 5 jours mesuré à la station de Montpezat.

Les événements pluvieux intenses renvoient une image négative, essentiellement à cause de la mortalité associée ainsi que des dégâts occasionnés sur les biens et les infrastructures. Cependant il est utile de rappeler que ces mêmes évènements sont parfois espérés pour leurs effets bénéfiques. En effet, en contexte méditerranéen, ces événements représentent une part importante des précipitations annuelles et constituent de fait un apport d'eau critique pour les cultures et les systèmes biologiques. De plus, ces événements pluvieux sont associés à des crues importantes des cours d'eau. Là encore, ces crues sont craintes et parfois espérées. Dans de nombreux périmètres de production, comme c'est le cas par exemple à l'embouchure de l'Orb (Hérault), ces crues permettent une submersion naturelle des vignobles, submersions essentielles pour lutter contre la salinisation du vignoble[20].

LES EVENEMENTS PLUVIEUX INTENSE ET L'EROSION DES SOLS

L'érosion est définie dans le dictionnaire de géologie[21] par Alain Foucault et Jean-François Raoult comme « l'ensemble des processus qui enlèvent tout ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief. Ces processus d'érosion sont nombreux : processus chimiques, physiques ou mécaniques avec désintégration des matériaux puis déplacement des débris par un fluide ou un autre agent ». Parmi les agents du déplacement, citons la gravité, le vent, l'eau et l'homme *via* les actions de travail du sol. Même si elle n'est pas développée dans cet article, gardons à l'esprit que l'érosion liée au travail de sol, communément nommée « érosion aratoire » ou « érosion mécanique », représente dans certains contextes une forme d'érosion des plus sévère.

Dans le cas des évènements pluvieux intenses, ce sont les processus d'érosion physique responsables du détachement, du transport et de la sédimentation des particules de sol sous l'action de l'eau (érosion hydrique) qui sont impliqués. Cette érosion hydrique combine en

[20] Aplena Elen Bless, Salinisation des terres agricoles dans les zones côtières : analyse des sols et des eaux, de l'échelle du paysage à celle de l'agrégat de sol, Thèse de Doctorat de Montpellier SupAgro, 2019.
[21] Alain Foucault, Jean-François Raoult, Dictionnaire de géologie, 6eme édition, Collection UniverSciences, Dunod Editeur, Paris, 2005, 382 p.

réalité différentes formes d'érosion, agissant à différentes échelles de temps et d'espace. Dans tous les cas, l'érosion hydrique survient lorsque l'énergie de l'eau dépasse la résistance du sol. Aux premiers moments de l'événement de pluie, c'est d'abord le processus nommé « splash », liée à l'impact des gouttes de pluie qui provoque une déstructuration des agrégats de sol. L'énergie cinétique de la pluie est souvent utilisée pour quantifier l'érosivité des pluies[22]. Même si ce terme reste difficile à estimer, notamment dépendant de la taille, du nombre et de la vitesse des gouttes de pluie, de nombreux auteurs s'accordent à le relier à l'intensité de la pluie suivant des relations non linéaires[23]. Le splash est donc d'autant plus important que l'intensité de pluie est forte et la stabilité structurale des sols est faible. Suite à la désagrégation, les particules de sol détachées tendent à boucher la porosité de la surface des sols, créant ainsi des conditions moins favorables à l'infiltration de l'eau et par la même plus favorables à son accumulation en surface, sous la forme de flaques (processus de flaquage).

Puis, au regard de la durée et de l'intensité de la pluie, les flaques grandissent et se connectent entre elles, jusqu'à créer les conditions du détachement et du transport des particules *via* un ruissellement en condition de fine lame d'eau : c'est là l'érosion diffuse. Enfin, en condition d'événement intense, à la faveur des conditions topographiques locales, les masses d'eau accumulées en surface vont pouvoir se concentrer, prendre de la vitesse et par dissipation de l'énergie cinétique, détacher de nouvelles particules de sol. Les objets qui résultent de cette forme d'érosion nommée « érosion concentrée » sont des incisions du relief : des griffes et des rigoles pour les incisions de petite dimension qui peuvent être effacées par un travail de sol, des ravines pour les incisions de plus grande dimension (souvent plus de 20 cm de profondeur).
Dans les deux cas, le moteur de l'érosion hydrique est constitué par l'énergie du ruissellement, dont la composante potentielle est proportionnelle au gradient d'altitude et dont la composante cinétique, proportionnelle au carré de la vitesse, est atténuée par les forces de frottement.

LES TENDANCES POUR L'AVENIR

Aujourd'hui, le risque d'érosion des terres viticoles est élevé. D'une part car elles sont soumises à de forts aléas climatiques locaux liés à des précipitations orageuses et orographiques souvent violentes. D'autre part car elles affichent une forte vulnérabilité, liée à la distribution géographique des vignobles, souvent localisés en condition de relief, mais aussi liée aux

[22] Calvin W. Rose, « Soil detachment caused by rainfall. », in Soil Science, 1960, n° 89, p. 28-35
[23] Albert I.J.M van Dijk, Leendert A. Bruijnzeel, Colin J. Rosewell, « Rainfall intensity–kinetic energy relationships: a critical literature appraisal », in Journal of Hydrology, Elsevier, 2002, n° 261 (1-4), p. 1–23.

caractéristiques physico-chimiques des sols viticoles, souvent pauvres en matière organique, de faible stabilité structurale et exposés aux tassements (rappelons que le tassement peut être défini comme une réduction du volume poral des sols qui a pour conséquence la limitation de l'infiltration et de la percolation et donc favorable au ruissellement). En référence, les taux d'érosion établis selon la méthode dite du « déchaussement des pieds de vigne »[24] sur un ensemble de parcelles viticoles de l'Hérault et de Bourgogne[25, 26 , 27] sont de l'ordre de 10 à 15 $t.ha^{-1}.an^{-1}$, soit une perte moyenne d'environ 1 mm de sol par an. Ces valeurs, sont trois fois supérieures à l'érosion moyenne des sols cultivés d'Europe (3,6 $t.ha^{-1}.an^{-1}$) et dix fois supérieures à l'érosion moyenne des sols européens (1,2 $t.ha^{-1}.an^{-1}$) telles que calculées par Olivier Cerdan[28] en 2010. Pour ces raisons, sur ces positions, les pertes en terre peuvent être critiques si des pratiques viticoles ou des dimensionnements parcellaires inappropriées sont adoptées. Nous pensons là, plus particulièrement, à l'orientation des rangs selon la ligne de plus grande pente qui est favorable à la concentration des flux, aux sols nus exposés au splash ou encore au non-respect des temps ressuyage qui génère le tassement des sols à dominantes texturales limoneuse et argileuse.

Il est aujourd'hui admis que dans le futur la dégradation de terres augmentera sous l'effet des changements climatiques et humains. Le défi pour les viticulteurs résidera donc en l'adoption de stratégies leur permettant de s'adapter à ces différents changements, tout en conciliant performance du système de production et conservation des ressources[29]. Dans cette optique, si l'on analyse l'aléa « événements intenses » au regard du risque « érosion », nous devons admettre qu'il existe aujourd'hui une incertitude forte sur ce que seront les régimes de pluies

[24] Jérôme Brenot, Quantification de la dynamique sédimentaire en contexte anthropisé. L'érosion des versants viticoles de Côte d'Or. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, 2007.
[25] Jérôme Brenot, Quantification de la dynamique sédimentaire en contexte anthropisé. L'érosion des versants viticoles de Côte d'Or. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Dijon, 2007.
[26] Jérôme Brenot, Amélie Quiquerez, Christophe Petit, Jean-Pierre Garcia, « Erosion rates and sediment budgets in vineyards at 1-m resolution based on stock unearthing (Burgundy, France) », in Geomorphology, Elsevier, 2008, n° 100, p. 345–355.
[27] Jean-Baptiste Paroissien, Philippe Lagacherie, Yves Le Bissonnais, « A regional-scale study of multi-decennal erosion of vineyard fields using vine-stock unearthing-burying measurements », in Catena, Elsevier, 2010, n° 82, p. 159–168.
[28] Olivier Cerdan, Gérard Govers, Yves Le Bissonnais, Kristof Van Oost, Jean Poesen, Nicolas Saby, Anne Gobin, Andréa Vacca, John Quinton, Karl Auerswald, Andreas Klik, Frans J.P.M. Kwaad, Damien Raclot, Ion Ionita, Jerzy Rejman, Svetla Rousseva, Tatiana Muxart, Maria José Roxo, Tomas Dostal, 2010. Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. Geomorphology 122, 167–177.
[29] Etienne Fayolle, Facteurs pédoclimatiques et production viti-vinicole : contribution à une approche pédofonctionnelle du terroir à Saint-Emilion, Thèse de Doctorat de Montpellier SupAgro, 2019, 170 p + cartes + annexes.

dans les prochaines décades[30, 31]. Néanmoins, les hypothèses les plus robustes sont : i) une diminution de la quantité totale annuelle des précipitations, ii) une variation de la distribution des pluies sur le temps de l'année, iii) une diminution des temps de retour.

Dans le même temps, l'hypothèse avérée d'une augmentation des températures, s'accompagnera sans nul doute d'une augmentation de l'évaporation et d'une augmentation de la transpiration. Ces tendances sont d'ailleurs confirmées dans certains vignobles du Sud de la France, où plus que le déficit structurel des précipitations, c'est l'augmentation des pertes en eau du sol vers l'atmosphère qui est à l'origine des déficits en eau utilisable pour la vigne[32]. Ces conditions d'assèchement critique des sols ont pour première conséquence la sénescence des couverts enherbées en fin d'été et début d'automne, période où les événements pluvieux intenses sont les plus courants. En substance, l'avenir sera certainement celui d'une augmentation du nombre et de l'intensité des événements pluvieux intenses, impactant des sols en moyenne moins humectés et à des moments où les enherbements seront moins denses.

LES CONSEQUENCES POUR LA VITICULTURE

Ces prochaines décades, le monde viticole devra faire face à de nombreux changements et nous savons que certainement la question de l'érosion des sols n'apparaitra pas comme étant la plus critique ou prioritaire à moyen terme. Cependant, il nous semble nécessaire de rappeler la dimension identitaire et patrimoniale des sols viticoles. Protéger nos terroirs ne pourra se faire sans adoption d'une stratégie globale de conservations des sols et d'optimisation de la ressource en eau. En effet, ces deux ressources sont étroitement liées. Pour preuve, préserver les sols de l'érosion hydrique permettra le maintien des horizons organo-minéraux, lieu de stockage des matières organique des sols et de l'activité biologique et en partie garant de leur stabilité structurale et, en même temps, la maximisation de la recharge en eau des sols, souvent insuffisante ces dernières années. Ces facteurs conjugués sont cruciaux pour la pérennisation de conditions favorables pour l'alimentation hydrique et minérale de la vigne et donc facteur

[30] Linyin Cheng et Amir AghaKouchak. « Nonstationary Precipitation Intensity-Duration-Frequency Curves for Infrastructure Design in a Changing Climate. », in Scientific Report, Nature, 2014, n° 4 – 7093, p.1-6.

[31] Eric Gaume, Marco Borga, Maria Carmen Llassat, Said Maouche, Michel Lang, Michalis Diakakis, « Mediterranean extreme floods and flash floods », in The Mediterranean Region under Climate Change. A Scientific Update, Coll. Synthèses, IRD Editions, 2016, p.133-144.

[32] Elen A. Bless, François Colin, Armand Crabit, Nicolas Devaux, Olivier Philippon et Stéphane Follain, « Landscape evolution and agricultural land salinization in coastal area: A conceptual model. », in Science of the Total Environment, Elsevier, 2018, n° 625, p. 647–656.

de la qualité de la production[33]. Par ailleurs, une entrée trop souvent délaissée concerne la thermique des sols. Au regard des flux de chaleurs entre le compartiment sol et le compartiment atmosphérique, conserver un volume terreux, le plus important possible, permettra une meilleure atténuation dans le sol des fluctuations climatiques atmosphériques[34]. Ici, l'effet désiré est celui de la conservation de l'inertie thermique des sols qui permet sur le temps de la saison un lissage dans les sols des périodes les plus froides et des périodes les plus chaudes, ou sur le temps de la journée une réduction des écarts thermiques journaliers. En d'autres termes, le maintien de conditions pédologiques stables permettra à l'avenir de garantir le maintien de conditions (eau, nutriments, chaleur) plus favorables pour la vigne, soit l'augmentation de la capacité de résistance et de résilience des vitisystèmes.

Il est nécessaire de préciser les deux catégories de leviers d'action pouvant être mobilisés dans la stratégie globale tels que formulés par Follain et al.[35]. La première catégorie regroupe l'ensemble des pratiques qui réduisent la sensibilité des terres à l'érosion soit en minimisant l'érosivité des pluies, soit en diminuant l'érodibilité des sols. Dans le premier cas, la pluie ne pouvant être modifiée, l'objectif sera donc de diminuer tout ou partie de l'effet splash. Pour y parvenir, il est couramment préconisé de dissiper l'énergie cinétique des pluies par l'installation d'enherbements sur les durées les plus longues possibles. Quand cela n'est pas réalisable, le plus souvent par manque d'eau pour l'installation puis le maintien des couverts ou par crainte de concurrence non désirable avec la vigne, une alternative peut être l'installation d'un mulch ou la gestion de l'état de surface dont la pierrosité, c'est-à-dire la charge en éléments grossiers pierreux supérieurs à 2 mm[36]. Dans le second cas, l'ambition est d'augmenter l'agrégation des sols. L'augmentation de cette agrégation s'accompagnera la plupart du temps d'une augmentation de la porosité, elle-même favorable au maintien de l'infiltrabilité et d'une augmentation de la stabilité structurale, c'est-à-dire de la capacité des agrégats à résister à un

[33] Etienne Fayolle, Stéphane Follain, Philippe Marchal, Philippe Chéry, François Colin, « Identification of environmental factors controlling wine quality: A case study in Saint-Emilion Grand Cru appellation, France. », in Science of the Total Environment, Elsevier, 2019, n° 694, p. 133718.
[34] Daniel Hillel, Introduction to Environmental Soil Physics, in Academic Press Incorporation, Abridged edition, 2003, p. 498
[35] Stéphane Follain, Etienne Fayolle, Dorothéa Noll, Amélie Quiquerez, « Érosion des sols viticoles et adaptation aux changements. Vulnérabilité, diagnostic et stratégie d'adaptation. » in La Revue des Œnologues, 2018, n°166, p. 12–15.
[36] Stéphane Follain, Rossano Ciampalini, Guillaume Coulouma, Armand Crabit, François Garnier, « The effects of redistribution processes on rock fragment variability within a vineyard topsoil in Mediterranean France. », in Geomorphology, Elsevier, 2012, n° 175–176, p. 45–53.

stress, qu'il soit physique, chimique ou mécanique[37]. Il est formellement démontré qu'à tous autres constituants identiques par ailleurs, l'augmentation de la stabilité structurale est étroitement liée à la teneur en matière organique des sols[38, 39]. Aussi, toutes pratiques en capacité à augmenter le stock en matières organiques des sols (engrais verts, fumures, etc.) devraient être considérées comme positives.

La seconde catégorie de leviers regroupe l'ensemble des actions complémentaires à envisager lorsque les actions du premier groupe ne sont pas réalisables ou suffisantes. Dans ce cas, l'objectif n'est plus de limiter la production de sédiment mais de limiter le transfert des sédiments dans l'espace, c'est à dire empêcher que les particules ne soient transportées sur une grande distance des positions topographiques les plus hautes vers les positions topographiques les plus basses. Sur une entrée scientifique, nous savons que les flux hydro-sédimentaires en condition de paysage agricole sont fortement modulés par les éléments structurant l'espace, qui constituent autant de voies de transferts préférentiels, de freins et de barrières. L'ensemble de ces éléments structurants du paysage gouvernent la connectivité hydro-sédimentaire[40, 41] du système. Dans le cas de la lutte contre l'érosion hydrique, il est donc question de contrôler et de moduler cette connectivité hydro-sédimentaire du système. Sur une entrée opérationnelle, pour y parvenir, il est important de limiter la progression de la lame d'eau ruisselante et donc d'installer des freins aux écoulements et d'augmenter la capacité d'infiltration des sols. Là, très souvent, l'installation de bandes enherbées en périphérie des parcelles offre des résultats satisfaisants car ces structures constituent de véritables pièges à sédiments[42].

Lorsque cela n'est pas suffisant, il est important de concevoir un dimensionnement parcellaire apte à contenir les eaux de ruissellement et à favoriser le dépôt des sédiments sur les versants,

---

[37] Yves Le Bissonnais, « Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology », in European Journal of Soil Science, Wiley, 1996, n° 47, p. 425–437.
[38] Yves Le Bissonnais, Dominique Arrouays, « Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. » in European Journal of Soil Science, Wiley, 1997, n° 48, p. 39–48.
[39] Claire Chenu, Yves Le Bissonnais, Dominique Arrouays, « Organic matter infuence on clay wettability and soil aggregate stability. » in Soil Science Society of America Journal, SSSA-Wiley, 2000, n° 64, p. 1479–1486.
[40] Louise J. Bracken, Jacky Croke, « The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. », in Hydrological Processes, Wiley, 2007, n° 21, p. 1749–1763.
[41] Louise J. Bracken, John Wainwright, Genevieve A. Ali, Doerthe Tetzlaff, Mark William Smith, Sim M. Reaney, André G. Roy, « Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas. », in Earth-Science Reviews, Elsevier, 2013, n° 119, p. 17–34.
[42] Silvio J. Gumière, Yves Le Bissonnais, Damien Raclot, Bruno Cheviron, « Vegetated filter effects on sedimentological connectivity of agricultural catchments in erosion modelling: a review. », in Earth Surface Processes and Landforms, Wiley, 2011, n° 36, p. 3–19.

évitant ainsi une perte en terre vers les parcelles en aval ou plus encore vers le réseau hydrographique[43, 44, 45]. Cette seconde catégorie, remet donc sur le devant de la scène, l'importance de la structuration des paysages, de la répartition spatio-temporelle des usages des terres et de la complexité des vignobles dans la gestion des flux d'eau[46,47,48,49] et de sédiments[50,51, 52].

Au cours du temps, les paysages viticoles se sont transformés et structurés par la construction de limites parcellaires linéaires telles les banquettes, les talus et les chemins. Parfois, ces limites ont été complexifiées par l'ajout de terrasses, de meurgers, de murets et de fossés pour s'accommoder du relief, contraindre les chemins de l'eau et contenir les pertes en terres. Les évolutions contemporaines des vignobles ont souvent mené à une simplification des mosaïques paysagères complexes et fonctionnelles. Aujourd'hui, il nous appartient de reconstruire ces fonctionnalités pour assurer la durabilité et l'adaptabilité du système de production.

[43] Rossano Ciampalini, Stéphane Follain, Yves Le Bissonnais, « LandSoil: a model for the analysis of the impact of erosion on agricultural landscape evolution », in Geomorphology, Elsevier, 2012, n° 175–176, p. 25–37.
[44] Mélodie David, Stéphane Follain, Rossano Ciampalini, Yves Le Bissonnais, Alain Couturier, Christian Walter, « Simulation of medium-term soil redistributions for different land use and landscape design scenarios within a vineyard landscape in Mediterranean France. » in Geomorphology, Elsevier, 2014, n° 214, p. 10–21.
[45] Stéphane Follain, Géomorphologie des sols cultivés. Des modèles d'évolution à la conservation des sols., Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Montpellier, 2015, 117 p.
[46] François Colin, Sylvain Guillaume, Bruno Tisseyre, « Small catchment agricultural management using decision variables defined at catchment scale and fuzzy rule based system: A Mediterranean vineyard case study. », in Water Resources Management, Springer, 2011, n° 25, p. 2649–2668.
[47] François Colin, Roger Moussa, Xavier Louchart, « Impact of the spatial arrangement of land management practices on surface runoff for small catchments. », in Hydrological Processes, Wiley, 2012, n° 26, p. 255–271.
[48] Florent Levavasseur, Jean-Stéphane Bailly, Philippe Lagacherie, François Colin, Mickael Rabotin, « Simulating the effects of spatial configurations of agricultural ditch drainage networks on surface runoff from agricultural catchments. » in Hydrological Processes, Wiley, 2012, n° 26, p. 3393–3404.
[49] François Colin, Hydrologie et qualité des eaux dans les paysages agricoles : contributions d'approches spatialisées à la caractérisation, la compréhension et la gestion des ressources en eau de surface. , Mémoire d'Habilitation à Diriger de Recherches, Université de Montpellier, 2014, 78 p.
[50] Stéphane Follain, Géomorphologie des sols cultivés. Des modèles d'évolution à la conservation des sols., Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Montpellier, 2015, 117 p.
[51] Amélie Quiquerez, Stéphane Follain, Jean-Pierre Garcia, « Evolution et transformation des sols viticoles en lien avec l'évolution et la dynamique des paysages et parcellaires viticoles. », in La Revue des Œnologues, 2018, n° 169, p. 29–31.
[52] Anna Smetanová, Yves Le Bissonnais, Damien Raclot, Joao Pedro Nunes, Feliciana Licciardello, F., Caroline Le Bouteiller, Jérôme Latron, Emilio Rodriguez Caballero, Nicolle Mathys, Sebastien Klotz, Insaf Mekki, Francesc Gallart, Albert Solé Benet, Nuria Pérez Gallego, Patrick Andrieux, Roger Moussa, Olivier Planchon, Marisa Santo, Omran Alshihabi, Mohamed Chikhaoui et Stéphane Follain, « Temporal variability and time compression of sediment yield in small Mediterranean catchments: impacts for land and water management. », in Soil Use & Management, Wiley, 2018, n° 34, p. 388–403.

CONCLUSION

L'érosion des sols viticoles fait peser une grande menace sur le maintien des terroirs. Cette menace existe depuis l'installation des parcelles en vigne mais s'accentue aujourd'hui sous l'effet des changements climatiques et humains. Une des formes les plus problématique et récurrente de l'érosion est l'érosion hydrique. Cette forme survient lorsque la dissipation de l'énergie de l'eau issue des précipitations dépasse la capacité de résistance des sols. Elle n'est pas toujours bien perçue soit parce qu'elle prend place sous forme diffuse soit parce qu'un événement climatique intense à son origine n'a pas eu lieu de mémoire de vigneron sur une ou plusieurs de ses parcelles. Face à une probable diminution des temps de retour des événements intenses, l'enjeu est pourtant majeur pour le maintien des conditions de la production. Dès lors, une démarche durable impose de lutter contre le risque d'érosion. Des solutions existent et consistent à atténuer l'aléa climatique en luttant contre l'effet « splash » et à minimiser la vulnérabilité des parcelles et des paysages viticoles. Ces actions de lutte anti-érosive entrent en synergie avec l'augmentation dans les vignobles des bonnes conditions de l'alimentation hydrique et minérale de la vigne et avec l'atténuation en aval de problématiques telles que la genèse des inondations, les éventuels transferts de contaminants ou la turbidité et l'envasement des milieux aquatiques.

Le défi face au risque érosif consiste donc à adapter les terroirs, par des pratiques parcellaires et une structuration spatiale, pour les rendre plus résilients aux changements et encore plus vertueux dans les territoires.

View publication stats