

Faculté des bioingénieurs

Approche qualitative : dynamiques et stratégies influençant la résilience des vignobles de l'Etna face aux retombées de téphra

Auteur : Luna Duflou

Promoteurs : Prof. Pierre Delmelle (SST/ELI/ELIE)

Co-promotrice : Hind Dib (SST/ELI/ELIE)

Lecteurs : Prof. Goedele Van den Broeck (SST/ELI/ELIA)
Prof. Guillaume Lobet (SST/ELI/ELIA)

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Bioingénieur : sciences agronomiques

Année académique 2024-2025

Déclaration de l'utilisation d'IA générative dans le processus de rédaction

Lors de la rédaction de ce mémoire, l'IA générative a été strictement utilisée comme assistant linguistique afin de réviser ou améliorer son écriture. Les reformulations proposées ont été systématiquement vérifiées par l'auteure, et aucun contenu de fond n'a été généré. Son utilisation respecte les principes adoptés par l'UCLouvain dans sa note concernant l'utilisation d'IA générative datant du 6 juillet 2023.

Remerciements

En premier lieu, j'aimerais remercier mon promoteur Pierre de m'avoir permis d'explorer ce sujet de mémoire passionnant, merci pour vos relectures et vos conseils avisés. Merci à Hind, ma co-promotrice, qui a été ma guide dans ce travail, apportant de la lumière à mes interrogations sans jamais les remettre en cause. Merci aussi pour ton accompagnement sur le terrain qui a été un vrai plaisir.

Je tiens à remercier les lecteurs de mon jury, Guillaume Lobet et Goedele van den Broeck pour le temps et l'intérêt qu'ils consacreront à la lecture de ce mémoire.

Merci à Eleonora Sambasile, sans qui ce projet n'aurait pas pu être réalisé. Merci pour tes précieuses traductions, le temps que tu nous as accordé et ton intérêt débordant pour ce travail qui nous a mené à débriefer de longues minutes dans la voiture après chaque entretien. J'en profite également pour exprimer ma reconnaissance envers les viticulteur.rices qui nous ont partagé un pan de leur vie et qui nous ont accueilli chaleureusement.

Je voudrais également exprimer ma gratitude envers tous les agros qui m'accompagnent depuis maintenant cinq ans. Merci pour votre soutien, vos blagues, votre bienveillance et votre amitié. Merci Zoé pour notre entraide précieuse et merci Lison pour le soutien moral.

Je tiens également à remercier mes cokotteurs, Guillaume et Alice, compagnons lors de cette épreuve qu'est le mémoire. Merci Alice d'avoir pris le temps de répondre à à toutes mes questions et de m'avoir partagé tes connaissances.

Merci Elisa pour tes conseils avisés et constructifs, ainsi que pour ton soutien moral. J'en profite pour te remercier et pour nous féliciter de notre si belle amitié, qui fêtera bientôt ses 20 ans.

Enfin, merci à la part la plus importante de ma vie, ma famille. Merci maman et papa pour votre soutien, merci de m'avoir permis d'arriver où j'en suis aujourd'hui et merci de m'avoir donné deux meilleures amies : mes sœurs, Celia et Amalia. Merci à vous pour votre soutien. Je tiens aussi à remercier Jonathan, frère par quasi alliance. Ilan, merci de m'avoir écoutée me plaindre, d'avoir écouté tous mes questionnements, aussi longs et ennuyeux soient-ils, merci d'avoir pris soin de moi quand je n'avais pas trop l'énergie ou le temps de le faire pour moi-même et merci pour tous les sourires que tu m'apportes.

Table des matières

Remerciements	2
Table des matières	3
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
1 Introduction	7
2 État de l’art	8
2.1 Agriculture en zone volcanique.....	8
2.1.1 Vivre à proximité d’un volcan actifs	8
2.1.2 Agriculture en contexte volcanique : bénéfices et contraintes	9
2.2 Cadre théorique de la gestion des risques volcaniques en agriculture	14
2.3 L’Etna, un territoire modelé par le volcanisme et valorisé par la viticulture	16
2.3.1 Description générale de l’Etna	16
2.3.2 La viticulture de l’Etna : entre tradition et renouveau.....	19
3 Objectifs et démarche.....	29
4 Matériels et méthodes.....	30
4.1 Approche méthodologique	30
4.2 Collecte des données	31
4.2.1 Prise de contact et réalisation des entretiens	32
4.2.2 Echantillonnage	32
4.2.3 Justification de l’échantillon	35
4.3 Analyse et traitement des données	36
5 Résultats et discussion	39
5.1 Perceptions du téphra par les viticulteur.rices.....	39
5.1.1 Perception de l’Etna dans le quotidien viticole : banalisation du risque et attachement territorial 39	
5.1.2 Déterminants de l’impact des retombées de téphra	41
5.2 Effets du téphra sur les vignobles et la vinification	45
5.3 Stratégies d’adaptation face aux retombées de téphra	52
5.3.1 Conduite de la vigne.....	53
5.3.2 Limites aux stratégies adaptatives de conduite de la vigne	57
5.3.3 Gestion du matériel végétal.....	58
5.3.4 Diversification spatiale comme levier de résilience	61
5.4 Diversité de résiliences.....	62
5.5 Discours territoriaux.....	67

5.5.1	Dynamiques socio-économiques et historiques.....	68
5.5.2	Menaces à la résilience du système socio-économique viticole de l'Etna	70
5.6	Multiplication des aléas.....	76
6	Conclusions et Perspectives	78
7	Références.....	80
Annexes		96
	Annexe A : Carte des <i>contrade</i> de la zone Etna DOC.....	96
	Annexe B : Guide d'entretiens	97
	Annexe C : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol.....	101

Liste des figures

Figure 1: Carte du monde reprenant les volcans du Holocène et la distribution de la population mondiale.....	8
Figure 2 : Photo d'un profil de sol sur la pente du volcan Antisana, Équateur, montrant un horizon A et un horizon noir enfoui séparés par un épais dépôt de téphra (~30 cm).....	9
Figure 3 : Village couvert de téphra au nord-est du volcan Sinabung après l'éruption du 10 janvier 2014.....	12
Figure 4 : Photos illustrant les effets typiques des retombées de téphra sur la végétation : oranger courbé sous le poids du téphra, choux et laitue ensevelis sous la téphra après l'éruption du Sinabung en Indonésie en 2014 (a, b et c).....	13
Figure 5 : Localisation de l'Etna au sein de la Sicile, en Italie	16
Figure 6: Photo de l'Etna où figurent des vignes du domaine Romeo del Castello en premier plan, la coulée de lave de 1981 en second plan et le volcan d'un point de vue Nord à l'arrière-plan.	16
Figure 7 : Distribution spatiale de l'occupation des sols de l'Etna	19
Figure 8 : Terrasses en blocs de lave de l'Etna. Vue générale et rapprochée	20
Figure 9 : Photo d'une vigne conduite en <i>alberello</i>	20
Figure 10 : Photo d'une vigne conduite <i>a spalliera</i>	21
Figure 11: Carte de la zone Etna DOC.....	25
Figure 12 : Carte de l'Etna des huit domaines viticoles des personnes interviewées	35
Figure 13 : Schéma du processus d'analyse de données	38
Figure 14 : Schéma synthétique des éléments évoqués par les viticulteurs de l'Etna, regroupés selon trois dimensions de l'analyse du risque : l'exposition, les caractéristiques de vulnérabilité, et les propriétés intrinsèques du téphra.	41
Figure 15 : Fréquence d'apparition en % des effets des retombées de téphra sur les exploitations viticoles identifiés par les viticulteurs de l'Etna dans les entretiens.....	46
Figure 16 : Grappe de raisins de <i>Vitis vinifera</i> infectée par <i>Botrytis cinerea</i>	49
Figure 17 : Fréquence d'apparition en % des stratégies d'adaptations développées par les viticulteurs de l'Etna face aux retombées de téphra sur leurs vignobles dans les entretiens ...	53
Figure 18 : Photo de la conduite de vigne en <i>alberello</i>	54
Figure 19 : Positionnement des exploitations de l'étude sur le continuum de situations entre les deux profils d'exploitations	64
Figure 20 : Carte des 142 <i>contrade</i> présentes dans la zone de l'Etna DOC	96
Figure 21 : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol de l'exploitation viticole d'un viticulteur de l'Etna (p.1)	101
Figure 22 : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol de l'exploitation viticole d'un viticulteur de l'Etna (p.2)	102

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification et illustration des différents types de téphra (cendres volcaniques, lapilli et bombes) selon leur taille, leur impact et leur dispersion.....	11
Tableau 2: Calendrier des stades phénologique de la vigne et leur appréciation de vulnérabilité aux retombées de téphra	22
Tableau 3 : Principaux cépages autochtones de l'Etna DOC	26
Tableau 4 : Recensement de l'ensemble des entretiens réalisés.	33
Tableau 5 : Descriptions des profils types des exploitations sur l'Etna	64
Tableau 6: Disparité des résiliences entre les deux profils types des exploitations viticoles de l'Etna	66

1 Introduction

L'agriculture est un secteur économique prépondérant dans les régions volcaniques en raison de l'excellente fertilité des sols issus de l'altération des matériaux volcaniques. Cependant, l'agriculture en zone volcanique est systématiquement fortement affectée par l'activité éruptive (FAO, 2021). Parmi les aléas volcaniques, les retombées de téphra — fragments de roche magmatique éjectés lors d'une éruption explosive — sont les plus fréquentes, survenant dans environ 90 % des événements éruptifs historiques (Newhall & Hoblitt, 2002). Leur accumulation sur les cultures et les infrastructures engendre des effets directs et indirects, dont l'ampleur dépend de la durée, de l'intensité et de la nature des retombées.

Sur l'Etna, volcan le plus actif d'Europe, la relation entre activité volcanique et viticulture est singulière. Implantée depuis des siècles sur ses versants, la vigne a façonné les paysages, les savoir-faire et l'identité culturelle locale. Depuis le début des années 2000, le secteur viticole a connu un véritable essor, porté par un regain d'intérêt pour les cépages autochtones et la mise en valeur du terroir. Aujourd'hui, la viticulture est un moteur économique majeur pour la région, alimentant non seulement la production de vin, mais aussi les secteurs de la restauration, de l'hébergement et des activités touristiques. La capacité des exploitations viticoles à faire face aux retombées de téphra joue un rôle clé, tant pour l'économie locale que pour la préservation d'un patrimoine paysager et culturel unique.

Pourtant, si la littérature scientifique documente largement les effets du téphra sur l'agriculture, peu d'études se sont penchées sur la viticulture de l'Etna à l'intersection de trois dimensions : l'activité volcanique, les pratiques agricoles et les dynamiques socio-économiques locales. Comprendre comment les viticulteur.rices perçoivent, subissent et s'adaptent aux retombées de téphra permet d'éclairer les mécanismes de résilience d'un secteur qui conjugue contraintes naturelles et enjeux économiques.

Ce mémoire s'inscrit dans cette perspective et poursuit cinq objectifs : (i) analyser les perceptions qu'ont les viticulteur.rices des retombées de téphra ; (ii) identifier les impacts observés sur les vignobles ; (iii) décrire les stratégies d'adaptation mises en place ; (iv) examiner la diversité des formes de résilience selon les profils d'exploitation ; et (v) explorer le rôle des dynamiques socio-économiques dans la construction de ces mécanismes de résilience. En mettant l'accent sur les récits des acteurs, cette recherche entend contribuer à une compréhension fine des interactions entre agriculture, volcanisme et société sur les flancs de l'Etna.

2 État de l'art

2.1 Agriculture en zone volcanique

2.1.1 Vivre à proximité d'un volcan actifs

Les éruptions volcaniques font partie des aléas naturels les plus dévastateurs sur Terre (UNDRR, 2015a). Elles génèrent des impacts directs et indirects sur les activités humaines, entraînant des pertes humaines et économiques importantes (UNDRR, 2015a). Malgré ces menaces, près de 1 milliard de personnes, soit près de 10% de la population mondiale, vivent dans un rayon de 100 km autour d'un volcan actif ou potentiellement actif (Brown et al., 2015; Freire et al., 2019) (Figure 1).

L'attrait des populations pour les régions volcaniques s'explique par plusieurs facteurs. Ces régions offrent de nombreuses opportunités économiques, telles que des ressources géothermiques et minières (Robertson, 1995; Sigurdsson et al., 1999). Elles abritent également des paysages spectaculaires créant ainsi un attrait touristique (Kelman & Mather, 2008). Néanmoins, c'est l'excellente fertilité des sols volcaniques qui favorise d'abord le développement économique des régions volcaniques (Freire et al., 2019; Delmelle et al., 2015). Ces sols, bien que ne représentant que 1% de la superficie totale des terres émergées (Eswaran et al., 1993), nourrissent environ 10% de la population mondiale (Shoji et al., 1993).

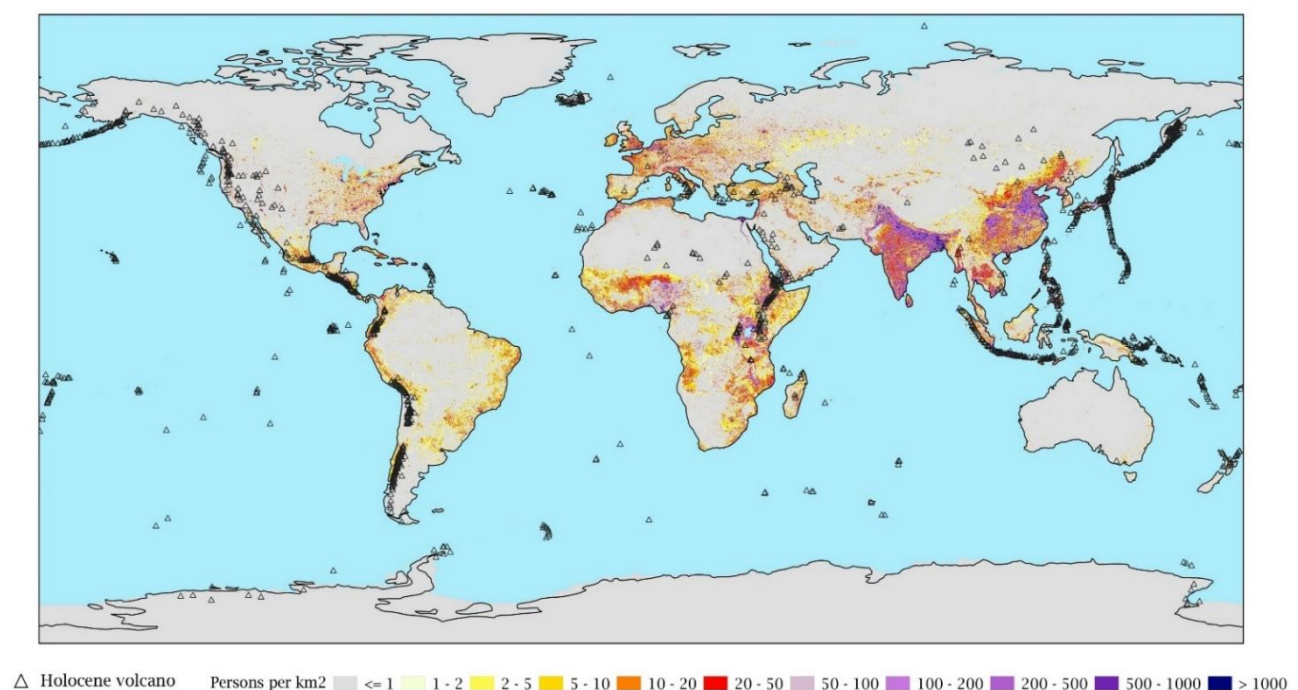


Figure 1: Carte du monde reprenant les volcans du Holocène et la distribution de la population mondiale.
Source : Calipsa, en préparation

2.1.2 Agriculture en contexte volcanique : bénéfices et contraintes

Depuis l'apparition de l'agriculture, vers 10 000 av. J.-C., les sols des régions volcaniques ont attiré les populations humaines. Malgré les risques associés à l'activité éruptive, ces territoires ont accueilli des sociétés sédentaires qui y ont développé des systèmes de subsistance durables (Flannery, 2003; Sheets et al., 1991). Ainsi, les bénéfices agricoles ont longtemps motivé la coexistence des populations agraires avec les aléas volcaniques (Brown et al., 2015; Kelman & Mather, 2008; Loughlin et al., 2015).

La relation entre activité volcanique et agriculture repose en grande partie sur les propriétés uniques des sols formés à partir de produits volcaniques. La majorité des sols volcaniques se développent dans les dépôts de téphra – des fragments de roche magmatique éjectés lors d'une éruption explosive - aussi appelés pyroclastes (Mcdaniel et al., 2012). La plupart de ces sols montrent des propriétés andiques et appartiennent à l'ordre des Andosols (Mcdaniel et al., 2012) (Figure 2). Ils sont caractérisés par une excellente rétention en eau mais aussi un bon drainage, une agrégation stable et une bonne aération (Mcdaniel et al., 2012; Shoji et al., 1993). De plus, ils présentent généralement une bonne fertilité chimique et disponibilité en nutriments. Ces propriétés favorisent la croissance et la prolifération des racines (Mcdaniel et al., 2012). Dans les régions volcaniques actives, les retombées relativement fréquentes de téphra renouvellent naturellement la source de nutriments (Ca, K, P, etc.) dans le sol, maintenant ainsi une fertilité à long terme (Lowe & Palmer, 2005).



Figure 2 : Photo d'un profil de sol sur la pente du volcan Antisana, Équateur, montrant un horizon A et un horizon noir enfoui séparés par un épais dépôt de téphra (~30 cm). Photo : N. Ligot, 2022

Toutefois, certaines pratiques agricoles peuvent dégrader la qualité des sols volcaniques. L'absence de couverture végétale et la compaction du sol réduisent le taux d'infiltration, menant ainsi à de sévères problèmes d'érosion (Lowe & Palmer, 2005). Selon Dahlgren et al. (2004), le non-labour ou la réduction du travail du sol diminue fortement ce risque. Par ailleurs, la disponibilité réduite du P (et parfois du S) dans les Andosols bien développés peut-être un facteur limitant pour la croissance des cultures.

Les retombées de téphra : un aléa volcanique majeur et récurrent

Les éruptions volcaniques se déclinent en plusieurs styles éruptifs, en distinguant principalement les éruptions effusives, typiquement caractérisées par des coulées de lave continues, et les éruptions explosives, associées à des projections plus ou moins violentes de pyroclastes de tailles variées (Loughlin et al., 2015; Taddeucci et al., 2015). Les chutes de téphra et les écoulements pyroclastiques (ou nuées ardentes) caractérisent ces dernières. Les téphra regroupent l'ensemble des particules volcaniques éjectées dans l'atmosphère, quelle que soit leur taille, incluant les cendres volcaniques (< 2mm), des lapilli (2 - 64 mm) et des bombes volcaniques (> 64mm) (Tableau 1).

Tableau 1: Classification et illustration des différents types de téphra (cendres volcaniques, lapilli et bombes) selon leur taille, leur impact et leur dispersion

Types de Téphra	Taille	Impacts	Dispersion	Illustrations
Cendres volcaniques	<2 mm	Dommages plus complexes liés à l'agriculture et aux infrastructures, risques pour la santé. (Loughlin et al., 2015)	Peuvent parcourir des centaines à des milliers de kilomètres, dispersées par le vent (Loughlin et al., 2015)	
Lapilli	2 - 64 mm	Peuvent brûler les plantes cultivées (Blong, 1984)	Dispersés relativement proche autour du volcan car ne montent pas dans la colonne convective (Taddeucci et al., 2015)	
Bombes volcaniques	> 64 mm	Peuvent causer des décès, des blessures, des dommages structurels et déclencher des incendies (Loughlin et al., 2015)	Jusqu'à 5km du cratère (Loughlin et al., 2015)	

Source : Falasconi et al., (2023)

L'activité volcanique génère différents types d'aléas, dont l'intensité dépend de facteurs tels que la morphologie du volcan, la composition du magma, l'explosivité de l'éruption, la topographie locale et les conditions climatiques (vent et précipitations) (Shroder & Papale, 2015). Les aléas principaux sont : les retombées de téphra, les écoulements pyroclastiques, les coulées de lave et les lahars (Blong, 1984). Parmi ces aléas, les retombées de téphra sont les plus fréquentes, survenant dans 90 % des éruptions historiques et affectant des superficies allant de quelques km² à plusieurs centaines de milliers de km² (Newhall & Hoblitt, 2002) (Figure 3).



Figure 3 : Village couvert de téphra au nord-est du volcan Sinabung après l'éruption du 10 janvier 2014. Source : *Impact of Eruption on Civilisation* (2025)

Impacts des dépôts de téphra sur l'agriculture

L'agriculture est généralement un secteur économique prépondérant dans les régions volcaniques, et particulièrement dans des pays à faible revenu (Auker et al., 2013; PARM, 2018). La FAO (2021) alerte sur le fait que le secteur agronomique est systématiquement fortement affecté par l'activité éruptive. À titre d'illustration, l'éruption du Fuego (Guatemala) en 2018, classée VEI 4 (Indice d'Explosivité Volcanique), a indirectement affecté environ 1,7 million de personnes et entraîné des pertes agricoles estimées à environ 58 millions de dollars américains (The World Bank, 2018). La croissance de la population mondiale exerçant une pression sur les systèmes agricoles pour assurer la sécurité alimentaire, il devient urgent de mieux comprendre les effets du téphra sur l'agriculture dans les régions volcaniques (Craig, 2015).

Les chutes de téphra peuvent endommager la couverture végétale et les propriétés chimiques, biologiques et physiques des sols, engendrant des perturbations écologiques majeures tant dans les écosystèmes naturels que cultivés (Zobel et al., 2022). Les dépôts de téphra peuvent avoir des effets à long terme sur les sols, les pâturages et sur la santé du bétail. Les répercussions des éruptions, même de faible ampleur, peuvent donc se faire sentir sur de longues périodes, accentuant les tensions dans le secteur agricole (Cronin et al., 1997). Les retombées de téphra plus conséquentes (> 100 mm) affectent la quasi-totalité des exploitations agricoles (Wilson & Kaye, 2007).

Le téphra peut avoir un impact physique et chimique sur son environnement, affectant ainsi l'activité agricole de diverses manières. Par exemple, les cultures sont directement touchées par l'abrasion mécanique des surfaces végétales, entraînant des blessures aux feuilles, tiges et fruits (Cook et al., 1981; Neild et al., 1998). Cette abrasion peut provoquer la chute prématurée des feuilles ou des fruits, réduisant ainsi les rendements (Black & Mack, 1984; Wilson & Kaye, 2007). Par ailleurs, l'accumulation de téphra sur le feuillage inhibe la photosynthèse en limitant l'accès à la lumière, ce qui compromet la croissance des plantes (Black & Mack, 1984; Cook et al., 1981). Lorsque les dépôts sont plus épais, ils peuvent endommager ou même enfouir totalement les cultures et les pâturages (Figure 4). Les infrastructures agricoles peuvent aussi subir des dommages liés au poids des dépôts de téphra sur les toitures (Wilson & Kaye, 2007). Les machines agricoles sont également exposées à l'abrasion mécanique, qui use les pièces mobiles, ainsi qu'à la corrosion chimique (Blong, 1984; Neild et al., 1998).



Figure 4 : Photos illustrant les effets typiques des retombées de téphra sur la végétation : oranger courbé sous le poids du téphra, choux et laitue ensevelis sous la téphra après l'éruption du Sinabung en Indonésie en 2014 (a, b et c). Source : *Impact of Eruption on Civilisation* (2025)

2.2 Cadre théorique de la gestion des risques volcaniques en agriculture

Classiquement, la notion de risque est approchée selon l'équation « risque = aléa x vulnérabilité x exposition ». Dans un contexte volcanique, l'aléa volcanique est quantifié via des indicateurs physiques (Hazard Intensity Metrics, HIM) tels que l'épaisseur du dépôt de téphra, sa granulométrie ou encore le type d'éruption (Craig, 2015; Wilson & Kaye, 2007). La vulnérabilité est déterminée par des caractéristiques propres au système agricole exposé (Vulnerability Characteristics, VC) qui modulent la capacité de réponse à l'aléa. Elle inclut l'usage des terres, les pratiques culturelles, le stade phénologique des cultures, le microclimat ou encore les infrastructures disponibles (eau, électricité, transport) (Craig, Wilson, & Stewart, 2021; Jenkins et al., 2015; Wilson & Kaye, 2007).

Les notions de vulnérabilité et de résilience sont étroitement liées dans l'analyse des risques (Cutter et al., 2008). Il existe plusieurs manières d'interpréter leur relation (Manyena, 2006). Dans notre travail, nous adoptons l'interprétation de Barroca et al. (2013), selon laquelle les concepts de vulnérabilité et de résilience peuvent être perçus comme une opposition entre deux visions du monde, qui peuvent être radicalement opposées en termes de principe, d'approche, de nature de la solution, de focus et enfin de leurs problèmes et limitations (Lièvre et al., 2022).

La vulnérabilité est le plus souvent définie comme un manque d'accès aux ressources nécessaires pour faire face à un aléa, en grande partie dû à la marginalité sociale, économique, environnementale et politique (Burton et al., 1978; Cannon, 1994; Griffin, 2018; K. Hewitt, 1983; Kates, 1971; Wisner et al., 2004). La vulnérabilité est centrée sur une vision classique du risque et sur l'identification d'éléments mesurables (Fischhoff & Kadvan, 2011). L'approche analytique, déterministe et « top-down » de la vulnérabilité propose des solutions techniques pour réduire le risque et l'impact des aléas (Lièvre et al., 2022). Elle incarne un état statique et exclut la capacité d'adaptation de son modèle analytique (Adger, 2006). L'approche de la vulnérabilité, bien que nécessaire pour la réduction des risques, atteint ses limites lorsqu'il s'agit d'intégrer la capacité dynamique d'un système à faire face à l'incertitude et aux événements inattendus (Adger, 2006; Lièvre et al., 2022).

En réponse aux limites rencontrées par la vulnérabilité, la résilience a émergé dans les années 2000 dans un contexte de gestion des risques volcaniques (Lièvre et al., 2022). La résilience se définit comme « la capacité du système à résister et/ou à s'adapter à des perturbations dans le temps, même celles qui sont imprévisibles et donc non prises en compte dans l'analyse des risques, afin de continuer à remplir ses fonctions et à fournir ses services » (Tendall et al., 2015). Elle permet d'élargir la manière de penser la gestion du risque volcanique, en mettant l'accent sur la construction de capacités d'adaptation des communautés locales (Adger, 2006; Folke et al., 2010; Lièvre et al., 2022; Manyena, 2006). En effet, le concept de résilience propose une approche « bottom-up » et holistique qui va au-delà de la capacité de réponse immédiate pour inclure les ressources d'adaptation à long terme (Lièvre et al., 2022; Manyena, 2006). Tenir

compte de cette adaptation implique d'adopter une attitude dynamique, en opposition avec une position figée, qui permet d'évaluer un risque dans un cadre plus réaliste et ainsi transcender l'approche de la gestion conventionnelle des risques (Lièvre et al., 2022; Manyena, 2006; Tendall et al., 2015; UNDRR, 2015b). La résilience d'un système ne se définit pas comme un attribut binaire (présent ou absent), mais s'évalue plutôt en termes de degré (Tendall et al., 2015). Elle peut se décliner en volets économiques, sociaux ou environnementaux, qui doivent être mobilisés de manière complémentaire pour renforcer globalement un système (Cutter et al., 2008; Wilson, 2014). Il est donc essentiel d'adopter une approche globale de la résilience, car se concentrer uniquement sur la capacité de certaines composantes du système à faire face à un type de perturbation peut, paradoxalement, fragiliser l'ensemble du système face à d'autres menaces (Cifdaloz et al., 2010). Plus ces composantes sont robustes et interconnectées, plus la communauté est apte à s'adapter et à se relever efficacement après une perturbation. Ce principe s'applique directement à la résilience des systèmes viticoles face aux retombées de téphra. D'ailleurs, le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophes préconise des mesures intégrées et globales qui renforcent la résilience économique, structurelle, juridique, sociale, culturelle, environnementale, politique et institutionnelle, ainsi que dans les secteurs de la santé et de l'éducation (UNDRR, 2015b).

En outre, la gestion des risques se focalise souvent sur des aspects physiques tels que la conception des bâtiments et les mesures de fréquences et d'impact, négligeant la relation entre l'aléa volcanique et les acteurs locaux (Gregg et al., 2004). Pourtant, la perception du risque des communautés locales conditionne leur réponse à l'aléa (Slovic, 1987). Intégrer leur perception permet donc de dépasser la vision purement technique du risque, améliorant ainsi la communication entre les experts et les communautés locales (Haynes et al., 2008; Slovic, 1987). La communication « bottom-up » est de plus en plus reconnue comme des moyens efficaces pour améliorer la réponse communautaire et renforcer la résilience (Quarantelli, 1993; Wisner et al., 2004). Les personnes chargées de la gestion des risques doivent comprendre les logiques de pensée de communautés locales, au risque de mettre en place des politiques qui s'avèrent inefficaces (Slovic, 1987). Par exemple, les populations du volcan Tungurahua, en Équateur, ont choisi de rester sur les flancs du volcan malgré les programmes de relocalisation, en raison de facteurs culturels, sociaux, économiques et d'une perception du risque qui n'avaient pas été suffisamment pris en compte (Few et al., 2017). Le comportement des populations locales face aux aléas volcaniques dépend en grande partie du cadre social et structurel dans lesquelles les individus évoluent (Hewitt, 1983; Torry, 1979). La perception et l'acceptation du risque sont profondément ancrées dans des facteurs sociaux et culturels (Hewitt, 1983). Ainsi, comprendre la perception du risque implique de prendre en compte le contexte social plus large (Gaillard & Dibben, 2008).

2.3 L'Etna, un territoire modelé par le volcanisme et valorisé par la viticulture

2.3.1 Description générale de l'Etna

L'Etna, sujet de l'étude, est un territoire emblématique où l'agriculture s'inscrit dans un contexte volcanique actif. Ce stratovolcan, situé sur la côte Est de la Sicile (Figure 5 & Figure 6), culmine à plus de 3000 m et couvre 1700 km² (Chester et al., 2011). Considéré comme le plus grand volcan d'Europe, son activité figure parmi les plus intenses à l'échelle mondiale (Dazzi, 2007; Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 2025).



Figure 5 : Localisation de l'Etna au sein de la Sicile, en Italie (Petino et al., 2023)



Figure 6: Photo de l'Etna où figurent des vignes du domaine Romeo del Castello en premier plan, la coulée de lave de 1981 en second plan et le volcan d'un point de vue Nord à l'arrière-plan (Frankel, C., 2019).

Depuis la fin des années 1970, l'activité volcanique de l'Etna se manifeste par une prédominance et une intensification d'épisodes éruptifs de nature explosive, générant des volumes considérables de téphra (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 2025). Ces fréquentes manifestations volcaniques exercent un impact significatif sur l'environnement naturel avoisinant (Signorello et al., 2020).

En 2013, l'Etna a été reconnu comme site du patrimoine mondial par l'UNESCO en raison de la singularité et de la complexité de ses écosystèmes. Cette reconnaissance internationale reflète également l'étroite relation entre l'environnement volcanique et les populations locales. En effet, environ 20 % de la population sicilienne réside dans la région de l'Etna (Istat - Istituto Nazionale di Statistica, 2025; Petino et al., 2023), bien que cette zone ne représente qu'environ

7 % de la superficie totale de l'île (Duncan et al., 1981). Ces statistiques soulignent l'importance des activités humaines dans cette région à forte valeur patrimoniale et environnementale.

Caractéristiques climatiques et environnementales

L'hétérogénéité topographique de l'Etna, résultant de son évolution géologique complexe, est à l'origine d'une mosaïque de microclimats et d'environnements (Soldati & Marchetti, 2017). Cette diversité est le produit de l'interaction entre l'altitude, l'influence maritime et l'activité volcanique (Dazzi, 2007).

Ces différences climatiques suivent un gradient évoluant selon l'altitude où les températures baissent avec l'élévation (Chester et al., 1985; Raimondi et al., 1999). En plus de suivre le gradient d'altitude, des contrastes thermiques notables existent entre les versants. Les versants nord, nord-ouest et ouest présentent des températures généralement plus élevées que les versants est et sud, davantage exposés à l'influence modératrice de la mer Ionienne (Soldati & Marchetti, 2017). De manière générale, les températures sont donc plus basses en altitude et sur les versants occidentaux (Dazzi, 2007).

Cette diminution des températures à l'est favorise la condensation de l'air humide ascendant au contact des couches atmosphériques plus froides, induisant une augmentation des précipitations. Les précipitations augmentent avec l'altitude, atteignant plus de 1200 mm au sommet (Soldati & Marchetti, 2017), bien qu'elles soient progressivement remplacées par d'abondantes chutes de neige (Dazzi, 2007).

Sur le versant oriental, plusieurs glissements de terrain majeurs ont donné lieu à la formation de la Valle del Bove, une vaste dépression qui constitue aujourd'hui une zone d'accumulation privilégiée pour les dépôts volcaniques (Soldati & Marchetti, 2017). De plus, la prédominance des vents d'ouest, associée à une dépression thermique relative affectant les versants est et sud-est par rapport aux zones nord et nord-ouest, favorise le déplacement du panache volcanique en direction des flancs est et sud-est de l'édifice (Chester et al., 2011; Dazzi, 2007). Ainsi, les flancs est et sud-est sont particulièrement affectés par les retombées de téphra récurrentes (Chester et al., 2011).

La prédominance de l'écoulement souterrain, due à la perméabilité élevée des matériaux issus des coulées de lave, constitue un facteur limitant pour le développement d'un réseau hydrographique superficiel (Dazzi, 2007). Cependant, ces caractéristiques permettent également de réduire les phénomènes d'érosion. Les cours d'eau sont donc peu nombreux, confinés aux basses altitudes (Dazzi, 2007).

Parmi les facteurs influençant la multiplicité des microclimats sur l'Etna, la variabilité des types de sols, étroitement liée à l'histoire éruptive du volcan, joue un rôle non négligeable. Dans de nombreuses zones, la végétation reflète la fertilité des sols, fournissant ainsi des indications sur la profondeur et l'ancienneté des matériaux volcaniques sous-jacents, tels que les coulées de

lave ou les dépôts de téphras (Egli et al., 2008). De plus, à une échelle locale, la qualité des sols liée à la nature, à la profondeur et à l'âge des matériaux qui les composent, peut également varier sur de très courtes distances, témoignant d'une hétérogénéité spatiale marquée (Chester et al., 2011). On retrouve des Andosols sur les flancs inférieurs est, sud-est, sud et sud-ouest de l'édifice (Chester et al., 2011).

Occupation des sols de l'Etna

L'occupation des sols sur l'Etna est le résultat d'une interaction complexe et évolutive entre les communautés humaines et leur environnement, façonnée par des facteurs naturels, historiques, économiques et culturels. Une représentation actuelle de sa distribution spatiale est disponible sur la Figure 7. L'occupation des sols s'organise selon un gradient altitudinal, qui structure végétation en diverses strates (Dazzi, 2007). Les cultures les plus répandues de la région sont les agrumes, en particulier le citron, et la vigne (Cavallaro, 2023). Le citron domine les zones côtières jusqu'à 200 m d'altitude, où il est relayé par la clémentine jusqu'à 400 m. La vigne occupe, quant à elle, une place importante dans le paysage agricole des versants sud, est et ouest de l'Etna. Sa culture a profondément façonné le territoire au fil du temps, notamment en raison des aménagements qu'elle nécessite, tels que la construction de terrasses (Dazzi, 2007). Ces dernières constituent à la fois des symboles d'histoire et des témoins des savoir-faire traditionnels (Dazzi, 2007). Plus en altitude, entre 900 m et 1500 m, s'étendent principalement des zones boisées. La zone montagnarde, étendue de 1500 m jusqu'à maximum 2200 m, est caractérisée par une végétation méditerranéenne de haute altitude (Dazzi, 2007).

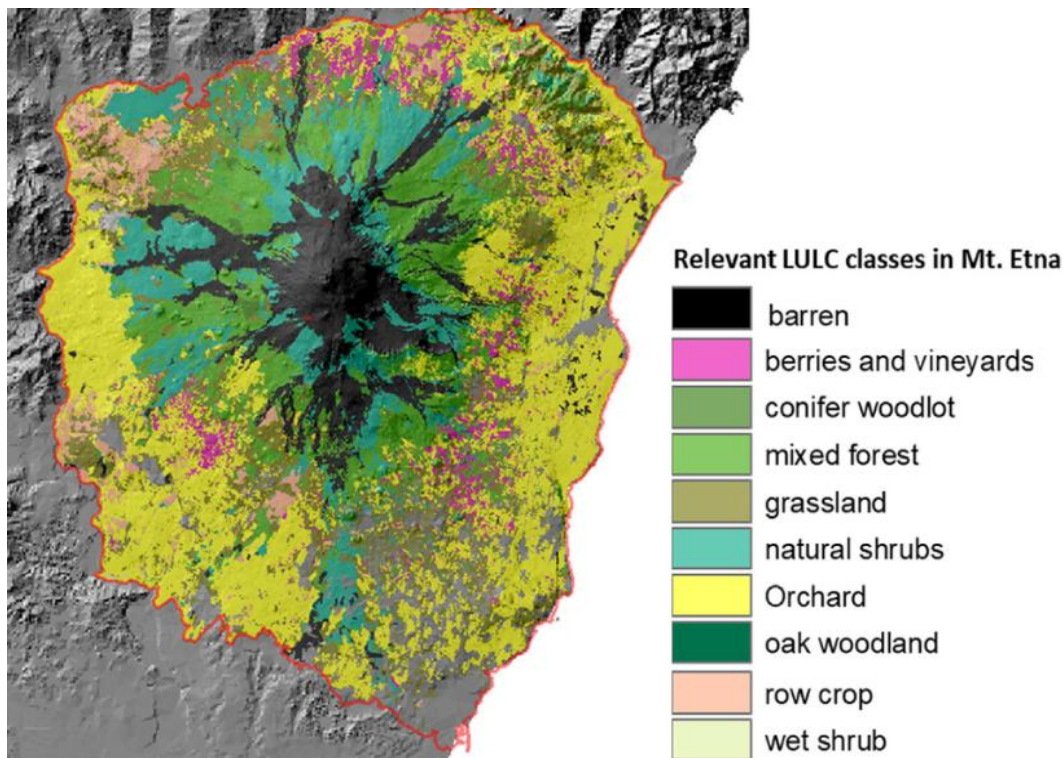


Figure 7 : Distribution spatiale de l'occupation des sols de l'Etna (Signorello et al., 2020)

2.3.2 La viticulture de l'Etna : entre tradition et renouveau

Histoire et pratiques viticoles locales

L'Etna exerce une fascination particulière, car, malgré la menace constante d'éruptions volcaniques, la région a attiré un nombre important d'habitants depuis l'Antiquité (Chester et al., 2011). La Sicile, convoitée pour sa position stratégique, a connu de nombreuses invasions, chacune contribuant à enrichir la culture et les pratiques insulaires. L'introduction de la viticulture par les Grecs a notamment favorisé son expansion rapide, au point de devenir l'une des cultures les plus répandues (Dazzi, 2007; Privitera et al., 2024). De fait, à la fin du XVIIIe siècle, la région de l'Etna comptait 90 000 ha de vignes (Privitera et al., 2024). À la fin du XIXe siècle, l'épidémie du puceron phylloxéra, présent dans le sol, a ravagé la majorité des vignes en Europe (Cervim, 2010; Dandolo, 2019). Depuis, la plupart des vignes européennes sont cultivées sur des porte-greffes américains, naturellement résistants au phylloxéra (Legros, 2005; Ollat et al., 2016).

À l'heure actuelle, les vignobles s'étendent au-delà de 1000 mètres d'altitude (Soldati & Marchetti, 2017). Bien que les versants est et sud-est soient plus exposés, les vignes y sont particulièrement concentrées. Elles sont également très présentes sur les versants nord et sud, dessinant une distribution en forme de croissant autour du volcan (Soldati & Marchetti, 2017). Les pentes de ces versants cultivés sont aménagées en terrasses soutenues par des murets de

blocs de lave, éléments représentatifs du patrimoine local (Chester et al., 2011; Frankel, 2019; Soldati & Marchetti, 2017). Le terrassement suit parfaitement la topographie du volcan (Figure 8). Il facilite le travail entre les vignes et limite l'érosion (Cavallaro, 2023; Chester et al., 2011).



Figure 8 : Terrasses en blocs de lave de l'Etna. Vue générale (gauche) et rapprochée (droite).
Sources: Currò 2020 et Perrotta 2025

Le système de culture traditionnel et très ancien de la vigne est la conduite en *alberello* (Cavallaro, 2023; Fregoni, 2003), aussi appelé taille en gobelet en français (Figure 9). Ce système, dont le nom dérive du terme italien signifiant "petit arbre" (Pavia, 2010), est historiquement conçu pour s'adapter aux conditions climatiques chaudes et sèches telles que l'on peut retrouver en méditerranée (Fregoni, 2003). Il consiste à tailler la vigne de manière à lui donner une forme arbustive, généralement dotée de deux à trois branches principales (Cavallaro, 2023). Cette méthode présente plusieurs avantages agronomiques : elle optimise l'exposition foliaire, favorise la circulation de l'air au sein de la canopée, réduit les besoins en eau et diminue les risques de développement de maladies, contribuant ainsi à la robustesse des vignes (Alberello, 2025; I Vigneri di Salvo Foti, 2021). Bien que cette technique ancestrale soit reconnue pour son aptitude à favoriser la production de vins de qualité, elle est moins répandue que d'autres systèmes de conduite en Italie (Fregoni, 2003). En effet, le système *alberello*, ne



Figure 9 : Photo d'une vigne conduite en *alberello*

se prêtant pas à la mécanisation, est actuellement en déclin en raison des coûts de main-d'œuvre excessifs (Cavallaro, 2023). Il est aujourd'hui valorisé en tant qu'élément du patrimoine viticole (Privitera et al., 2024).

L'autre système de conduite de la vigne fortement présent sur l'Etna est la conduite *a spalliera* ou *controspalliera* (Cavallaro, 2023; Decreto D.G. 842/2025 (Sicilia), 2025). Elle se caractérise par une structure de support filaire placée horizontalement le long du rang (Figure 10) (*Spalliera o Controspalliera*, 2025). Ce mode de conduite, disposant les vignes en rangées, favorise la mécanisation des opérations viticoles. Sa prédominance en Italie (55,12%) est en partie attribuable à cette aptitude à la mécanisation (Fregoni, 2003).



Figure 10 : Photo d'une vigne conduite *a spalliera*

Stades phénologiques de la vigne et vulnérabilité aux retombées de téphra

Le stade phénologique est régulièrement identifié comme l'un des principaux facteurs influençant la vulnérabilité des cultures face aux retombées de tephra (Bosi et al., 2012; Craig, Wilson, & Stewart, 2021; Jenkins et al., 2015; Ligot, Guevara, et al., 2022; Neild et al., 1998). La culture de vigne est particulièrement vulnérable aux retombées de téphra, bien que sa vulnérabilité varie considérablement selon la période de l'année à laquelle a lieu l'éruption (Craig, Wilson, & Stewart, 2021). En effet, certains stades phénologiques de la vigne sont plus vulnérables aux retombées de téphra tels que la floraison, la nouaison et la maturation (Keller, 2015). Le Tableau 2 présente un calendrier des principaux stades phénologiques de la vigne, ainsi que leur vulnérabilité respective aux retombées de téphra.

Chez les espèces fruitières à fleur comme la vigne, le stade de floraison est le plus critique (Craig, Wilson, & Stewart, 2021; Ligot, Delmelle, et al., 2022; Ligot, Guevara, et al., 2022; Neild et al., 1998). Les pertes de rendement peuvent alors atteindre jusqu'à 100 % lorsque le téphra tombe à ce stade (Ligot, Delmelle, et al., 2022). Ce phénomène est lié à deux mécanismes. D'une part, le téphra provoque une abscission florale prématurée (Ligot, Delmelle, et al., 2022). D'autre part, le recouvrement des organes reproducteurs empêche la

pollinisation, limitant la formation des fruits (Rees, 1970). Le téphra peut aussi affecter indirectement la reproduction en perturbant l'activité des pollinisateurs (Cook et al., 1981; Neild et al., 1998).

La phase de développement des fruits, allant de la nouaison à la maturation, est également vulnérable (Scott et al., 1998; Wilson & Kaye, 2007). La morphologie des grappes rend difficile l'élimination des cendres, ce qui augmente la vulnérabilité des raisins par rapport à d'autres fruits (Wilson & Kaye, 2007). Même de faibles épaisseurs de dépôts (<3 mm) peuvent causer des pertes significatifs, comme le suggère un rapport de Barnard (2003) à la suite de l'éruption de l'Etna en 2002.

À contrario, la période de dormance constitue le stade le moins vulnérable. Un événement de téphra se produisant à cette période aurait peu d'impact, voire aucun, sur la production. La seule exception serait si la charge de téphra était suffisamment élevée pour provoquer une rupture mécanique des branches (Ligot, Delmelle, et al., 2022).

Enfin, en cas de dépôt de cendres sur les raisins, le nettoyage à l'eau traditionnel aux autres cultures fruitières s'avère très peu efficace pour la viticulture (Barnard, 2003; Wilson & Kaye, 2007). Un nettoyage manuel par frottement est nécessaire pour préserver l'intégrité des fruits (Barnard, 2003; Wilson & Kaye, 2007). Cependant, cette méthode coûteuse en main-d'œuvre, peut s'avérer peu rentable pour les exploitations viticoles (Wilson & Kaye, 2007).

Tableau 2: Calendrier des stades phénologique de la vigne et leur appréciation de vulnérabilité aux retombées de téphra sur base des sources (Barnard, 2003 ; Bosi et al., 2012 ; Cook et al., 1981; Craig et al., 2021; Jenkins et al., 2015; Ligot, Delmelle, et al., 2022 ; Ligot, Guevara, et al., 2022; Neild et al., 1998 ; Scott et al., 1998 ; Wilson & Kaye, 2007)

Mois	Stades phénologiques	Vulnérabilité au téphra
Janvier	Dormance	Faible
Février	Dormance	Faible
Mars	Débourrement	Faible
Avril	Débourrement	Faible
Mai	Floraison	Très élevée
Juin	Floraison	Très élevée
Mi-juin	Nouaison	Modérée
Juillet	Nouaison	Modérée
Mi-juillet	Véraison	Élevée
Août	Véraison	Élevée

Mi-août	Maturation	Élevée
Septembre	Maturation	Très élevée
Mi-septembre	Vendange	Modérée
Octobre	Vendange	Modérée
Novembre	Dormance	Faible
Décembre	Dormance	Faible

Dynamiques socio-économiques et historiques de la viticulture sur l'Etna

La viticulture joue un rôle prépondérant dans la région de l'Etna, où elle a façonné le paysage en terrasses et en vignobles (Bellia et al., 2022; Privitera et al., 2024). Comme mentionné précédemment, la fin du XVIIIe siècle marque un essor grandissant de la viticulture sur l'Etna (Privitera et al., 2024). À partir des années 1860, les vignobles français dévastés par le puceron phylloxéra, conduit la France à importer massivement du vin brut, stimulant ainsi les exportations italiennes, dont une part importante provient de Sicile (Dandolo, 2019). La superficie plantée en vigne en Sicile passe de 120 000-130 000 hectares dans les années 1850 à plus de 300 000 hectares dans les années 1880 (Dandolo, 2019). Le vin est principalement exporté depuis le port de Riposto vers le reste de l'Europe, et plus particulièrement vers la France (Privitera et al., 2024). Malgré l'ampleur de la production, la qualité du vin est compromise par plusieurs facteurs : une gestion foncière inadéquate, un manque d'investissement dans la modernisation des infrastructures et une faible valorisation du capital humain, se traduisant par un manque d'attention portée à la formation, à la transmission du savoir-faire et à la professionnalisation des acteurs du secteur (Dandolo, 2019). Par conséquent, l'expansion de la viticulture est largement motivée par la demande étrangère en vin brut ou en moût destiné à l'assemblage, plutôt que par la production de vins embouteillés de qualité (Dandolo, 2019).

La Sicile a été touchée à la fois par le phylloxéra et par les éruptions volcaniques , ce qui a entraîné un déclin de la production viticole à partir de 1900 (Chester et al., 1999; Dandolo, 2019; Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2022). Ce déclin a été accentué par la compétitivité accrue et les politiques protectionnistes nationales, entraînant un exode rural significatif. En particulier, à partir des années 1970, des facteurs endogènes et exogènes, tant structurels que socio-économiques, ont conduit la viticulture de l'Etna à un déclin continu (Foti & Timpanaro, 2010). L'abandon des zones viticoles a ainsi réduit considérablement la superficie cultivée (Soldati & Marchetti, 2017). Cette situation met en évidence un besoin important de processus de reconversion et de restructuration des vignobles (Dandolo, 2019).

Selon Privitera et al., (2024), les années 1990 marquent l'émergence d'un nouveau paradigme rural pour la viticulture de l'Etna, caractérisé par une orientation accrue vers la qualité et la typicité des produits. Cette période voit un petit nombre d'entrepreneurs initier des expérimentations avec des cépages indigènes, introduisant des innovations significatives et opérant un changement qualitatif dans la production vinicole (Privitera et al., 2024). Ce sont les pionniers du « quality turn », qui posent les bases du développement qualitatif. La valeur accrue de la production viticole régionale se popularise à l'étranger et connaît un succès mondial en quelques années (Privitera et al., 2024). Des acteurs extérieurs et des expatriés locaux commencent à investir dans la production sur l'Etna, reliant ainsi les vins locaux au marché mondial et contribuant à la valorisation économique de ce nouveau phénomène (Privitera et al., 2024). Le développement d'un « branding » territorial renforce alors l'identité du vin et du paysage viticole (Bellia et al., 2022; Privitera et al., 2024). Ce nouveau paradigme rural, centré sur la qualité, la typicité et le terroir, est stimulé par une demande croissante des consommateurs pour des produits authentiques et locaux (Privitera et al., 2024). Cette spirale positive favorise ainsi l'introduction d'un consortium associé au label d'appellation d'origine contrôlée (DOC), officialisant et protégeant cette identité territoriale (Bellia et al., 2022; Privitera et al., 2024).

Bien que l'appellation d'origine contrôlée Etna DOC ait été instituée en 1968, le Consortium de tutelle Etna DOC n'a été créé qu'en janvier 1994 (*Consorzio ETNA DOC*, 2025). Il a été créé dans le but de « valoriser et protéger la production des vins de l'Etna ainsi que leur territoire d'origine » (*Consorzio ETNA DOC*, 2025). Depuis sa création, le consortium s'est donné pour mission de renforcer la gouvernance locale de l'appellation, en assurant sa promotion et sa défense, tant sur le territoire national qu'à l'international, afin d'en accroître la notoriété (*Consorzio ETNA DOC*, 2025). Cette protection s'exerce par la surveillance du respect des réglementations en vigueur, dans l'intérêt des consommateurs et des producteurs. Le Consortium poursuit également un objectif de sensibilisation, visant à favoriser les échanges entre les producteurs et à développer la culture du vin auprès des consommateurs (*Consorzio ETNA DOC*, 2025). La zone de production de l'Etna DOC forme un arc semi-circulaire couvrant les quatre principaux versants viticoles du volcan : nord, est, sud-est et sud-ouest (Figure 11). Son altitude varie entre 450 et 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, tandis que l'ensemble de la région viticole s'étend de 350 à 1300 mètres (Riguccio et al., 2017). En 2011, la production de vins DOC représentait environ 38 % de la production viticole totale de la province, n'occupant que 17,8 % des terres dédiées à la viticulture dans cette zone (Riguccio et al., 2017). La production de vins DOC est assurée par un total de 441 producteurs (*Consorzio ETNA DOC*, 2025; Privitera et al., 2024).

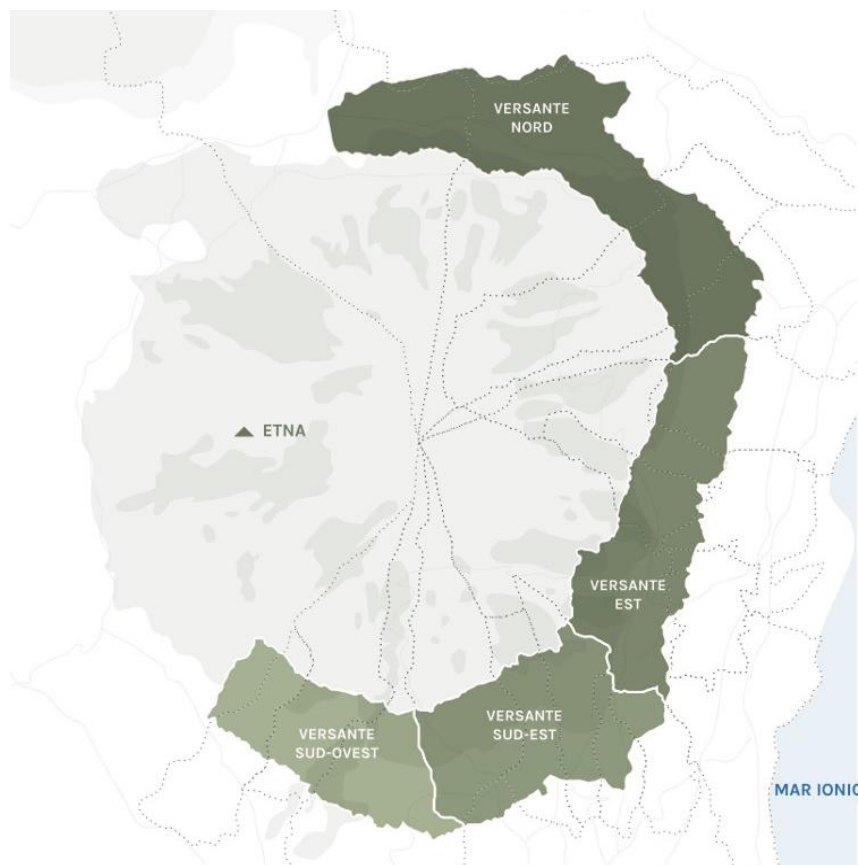


Figure 11: Carte de la zone Etna DOC

Le cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée (DOC) Etna, qui établit des normes rigoureuses, autorise la production de vins à partir d'une sélection de cépages précisément définie (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2022). L'ensemble des cépages autorisés par l'Etna DOC sont autochtones et traditionnellement cultivés dans la région depuis plusieurs siècles. Leurs caractéristiques ampélographiques (type de baies) et œnologiques (type de vin) sont détaillées dans le Tableau 3 (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2022).

Tableau 3 : Principaux cépages autochtones de l'Etna DOC

Cépage	Type de baie	Caractéristiques	Type de vin
<i>Nerello mascalese</i>	Rouge	Cultivar prédominant. Origine du nom probablement issu de la ville de Mascali.	- Min. 80% de l'Etna Rosso et de Etna Rosato - Min. 60% de Etna spumante
<i>Nerello Capuccio</i>	Rouge		- 0 à 20% de Etna Rosso et Etna Rosato
<i>Carricante</i>	Blanche	Grappes chargée (son provient de "caricare" signifiant charger). Cultivé particulièrement à l'est et à des altitudes élevées	- Min. 60% de l'Etna Bianco - Min. 80% de l'Etna Bianco Superior
<i>Catarratto bianco comune</i>	Blanche		- 0 à 40% du vin Etna Bianco

D'autres cépages blancs spécifiques tels que *Minnella bianca*, *Trebbiano*, etc. peuvent être utilisés pour l'élaboration de 0 à 15% de l'Etna Bianco selon le décret ministériel du 7 mai 2004 (D.M. 07/05/04, 2004).

L'essor récent de la viticulture sur l'Etna a eu des répercussions significatives sur le paysage et le secteur socio-économique régional (Petino et al., 2023; Soldati & Marchetti, 2017; Tudisca et al., 2014). Bien que la superficie actuellement consacrée à la vigne (40,59 km²) soit nettement inférieure à celle du milieu du XIXe siècle, ne représentant que 38 % de la surface viticole de 1866 (235,21 km²) (Riguccio et al., 2017), l'expansion rapide de ce secteur a profondément modifié le paysage. Les activités économiques prédominantes dans la région de l'Etna, notamment l'agriculture de qualité, exercent une forte attraction (Petino et al., 2023).

Le développement florissant de la viticulture a permis une revalorisation du territoire de l'Etna (Petino et al., 2023; Privitera et al., 2024). Toutefois, l'attractivité croissante qui en découle a également exercé une forte pression foncière, à l'origine de phénomènes tels que l'expansion urbaine au-delà des limites légales depuis les années 1970, notamment liée à la construction de résidences secondaires et à la recherche d'une meilleure qualité de vie (Petino et al., 2023). Ces processus ont entraîné une consommation des terres par le bétonnage de zones vertes ou anciennement agricoles (Petino et al., 2023). Le Parc Régional de l'Etna (créé en 1987) et la reconnaissance par l'UNESCO (en 2013) ont partiellement contrebalancé ces dynamiques, bien qu'avec des résultats limités (Petino et al., 2023). L'étendue de la région de l'Etna et celle du Parc ne coïncident pas, le Parc étant plus petit.

Au sein du marché agroalimentaire, le vin représente un produit à forte valeur ajoutée, tant économique que touristique (Franco et al., 2022). Le paysage rural, partie intégrante de l'œnotourisme (Riguccio et al., 2017), joue un double rôle, à la fois fonctionnel et esthétique (Petino et al., 2023). L'appréciation esthétique de l'environnement naturel, le contexte culturel et historique de la région viticole, ainsi que les aspects traditionnels et innovants du processus de production, figurent parmi les facteurs qui motivent les visites de caves (Charters & Ali-Knight, 2002; Corduas et al., 2013; Mitchell et al., 2012). La qualité du paysage constitue donc un élément essentiel pour le développement de l'œnotourisme, un secteur vers lequel se tourne de plus en plus la gestion de l'Etna. De nombreuses initiatives publiques et privées visent à valoriser le patrimoine viticole local à travers divers projets de promotion et de commercialisation du vin, tels que ViniMilo, Contradas Etna, Sicily En Primeur à Castiglione di Sicilia, etc (Riguccio et al., 2017). En outre, certaines municipalités organisent des festivals et des événements consacrés aux vendanges et aux produits locaux (Riguccio et al., 2017). Malgré ces efforts, selon l'étude de Riguccio et al. (2017), le potentiel de développement du tourisme, et en particulier de l'œnotourisme, demeure sous-exploité, soulignant la nécessité d'une planification plus intégrée pour favoriser la synergie entre la production de vin, la qualité du paysage et le développement touristique.

Toutefois, il convient de souligner que la mise en place d'une gouvernance adéquate et l'affirmation d'une volonté politique, bien que nécessaires, ne suffisent pas à elles seules à transformer un paysage économique (Alonso González et al., 2017). Dans un contexte de marché néo-libérale, le capitalisme exerce une influence plus grande sur les activités humaines que les décisions politiques. Il est donc primordial d'identifier les forces motrices qui sous-tendent la transformation des paysages viticoles (Alonso González et al., 2017). Dans le cas de l'Etna, la typicité du territoire conjuguée à la production de vin, et son histoire riche en traditions, confère une importance particulière à la notion de terroir dans les dynamiques socio-économiques locales. Le terroir est défini comme l'interaction d'un ensemble de facteurs environnementaux (climat, sol, topographie), biologiques (cépages, porte-greffes) et humains (pratiques viticoles et œnologiques) (van Leeuwen & Seguin, 2006).

En viticulture, ce concept central établit un lien étroit entre les pratiques humaines, les caractéristiques pédoclimatiques et les cépages (Barrey & Teil, 2011). Le terroir permet ainsi de relier les attributs sensoriels du vin aux conditions environnementales dans lesquelles les raisins sont cultivés, jouant un rôle déterminant dans la qualité et la spécificité des vins de prestige (van Leeuwen & Seguin, 2006). Au niveau commercial, un "vin de terroir" se distingue d'un "vin de marque" par une valeur ajoutée à la fois économique et symbolique (Alonso González et al., 2017; van Leeuwen & Seguin, 2006). Le zonage établi dans le cadre de l'appellation d'origine contrôlée (DOC) Etna est subdivisé en zones plus restreintes basées sur

le terroir, désignées par le terme « *contrada*¹ » (cf. Annexe A : Carte des *contrade* de la zone Etna DOC, Figure 20). La valorisation du terroir à travers ce zonage peut entraîner une augmentation de la valeur des terres agricoles, contribuant ainsi à limiter l'étalement urbain et favorisant potentiellement un retour à la ruralité (Alonso González et al., 2017).

Cependant, bien que des dispositifs de protection comme le Parc de l'Etna puissent contribuer à renforcer le capital symbolique des espaces ruraux, ils ne garantissent pas nécessairement une protection effective contre l'étalement urbain, ni la viabilité économique des exploitations viticoles (Alonso González et al., 2017; Cash, 2016). Comme le soulignent Alonso González et al. (2017), ce qui détermine la résistance à l'étalement urbain, « *ce ne sont pas les prix élevés des terrains, mais les prix élevés des produits agricoles* ». En effet, l'obtention d'une appellation d'origine ne garantit pas systématiquement la qualité du produit, comme l'illustre l'exemple de Penedès, où la primauté accordée à la quantité sur la qualité a entraîné une dévalorisation du prix du raisin et, par conséquent, du territoire rural (Alonso González et al., 2017). Ainsi, la désignation d'une zone protégée ne coïncide pas toujours avec la reconnaissance d'un terroir authentique. En revanche, lorsque des mesures de protection sont associées à un terroir réel et valorisé comme pour l'Etna, cela confère une valeur économique et symbolique au territoire, en l'intégrant au capital régional (Alonso González et al., 2017). Le terroir peut donc être appréhendé comme l'ensemble des relations entre un produit fini (le vin) et un territoire doté d'une capacité à valoriser ce produit.

Par ailleurs, une certaine concurrence peut exister entre les différentes AOP, qui peuvent poursuivre des objectifs distincts (privilégier les aspects techniques, la préservation des cépages anciens, l'expression du terroir ou l'augmentation des volumes de production, par exemple). Les subventions accordées par l'Union européenne influencent également l'orientation du développement territorial, selon qu'elles favorisent une AOP plutôt qu'une autre. Cependant, l'Etna est souvent cité comme un exemple d'économie de terroir qui fonctionne (Alonso González et al., 2017)

¹ Ancienne délimitation d'une zone par rapport à une caractéristique établie de manière intuitive par les savoirs des communautés paysannes. Il s'agit d'une notion significative en termes d'histoire et en termes de rapport au territoire (Définition basée sur les interviews de ce travail)

3 Objectifs et démarche

Les effets des retombées de cendres volcaniques sur l'agriculture font l'objet d'études relativement récentes (Craig, 2015; Cronin et al., 1998; Ligot, Guevara, et al., 2022; Wilson et al., 2011). Pour l'Etna, les données sont rares et les travaux existants portent d'abord sur le contexte volcanique général du volcan (le paysage, sa géomorphologie, son climat, son occupation du sol, etc.), ou encore sur l'impact environnemental de ses éruptions (Branca et al., 2017; Chester et al., 1999; Dazzi, 2007; Signorello et al., 2020).

Si quelques auteurs abordent la question du terroir viticole et des dynamiques économiques associées à un secteur en plein essor (Bellia et al., 2022; Chinnici et al., 2013; Privitera et al., 2024; Riguccio et al., 2017), aucune étude ne vise à comprendre les enjeux liés à la viticulture sur les flancs de l'Etna, située à l'intersection entre l'activité volcanique, les pratiques agricoles et les dynamiques socio-économiques locales. Ainsi la manière dont les viticulteur.rices perçoivent les retombées de téphra, les impacts qu'ils subissent, et les stratégies d'adaptation qu'ils mobilisent n'ont jamais été documentées. De manière générale, la littérature scientifique aborde peu les liens entre les dynamiques socio-économiques locales et les capacités de résilience face aux aléas volcaniques. Cette lacune empêche de saisir pleinement les formes différenciées d'adaptation aux retombées de téphra mises en œuvre par les viticulteur.rices.

Dans ce contexte, notre recherche a pour objectif de répondre à la question suivante :

Comment les facteurs socio-économiques et environnementaux influencent la coexistence entre le développement viticole et les retombées de téphras sur les versants de l'Etna ?

Afin de structurer l'analyse, cinq sous-questions de recherche sont identifiées. Elles définissent les objectifs spécifiques de ce mémoire :

- Comment les viticulteur.rices perçoivent-ils les retombées de téphra ?
- Quels sont les principaux effets des retombées de téphra sur les vignes ?
- Quelles stratégies d'adaptation technique et organisationnelle sont mises en œuvre face aux chutes de téphra ?
- Comment les pratiques viticoles et les stratégies d'adaptation diffèrent-elles selon les profils d'exploitations ?
- Comment les facteurs socio-économiques et structurels influencent les différentes formes de résilience sur l'Etna ?

Ce mémoire s'inscrit dans une approche qualitative exploratoire, inspirée de la sociologie. Cette approche permet d'analyser les enjeux socio-économiques et les stratégies d'adaptation mises en place par les viticulteur.rices sur les pentes de l'Etna pour faire face aux retombées de téphra.

4 Matériels et méthodes

4.1 Approche méthodologique

À l'image de la stratification complexe des types de sol de l'Etna, le milieu socio-environnemental dans lequel s'inscrivent les vignobles de l'Etna résulte d'une multitude d'interactions entre facteurs sociaux, environnementaux et économiques. L'approche qualitative permet d'explorer certains éléments que la recherche quantitative, davantage axée sur la mesure et la généralisation, pourrait laisser de côté, tels que les significations propres au contexte, les perspectives des acteurs locaux et leurs expériences vécues (Ary et al., 2010). La littérature sur la résilience agricole face aux aléas volcaniques suggère que les mécanismes d'adaptation mobilisés par les exploitations sont fortement influencés par le contexte local et les perceptions des acteurs (Dibben, 1999; UNDRR, 2015b). Dans le cas des retombées de téphra, il est plausible que les stratégies mises en œuvre par les viticulteur·rices de l'Etna soient façonnées par ce contexte, combinant de façon interdépendante des dimensions économiques, techniques, organisationnelles et culturelles, encore peu documentées dans la littérature scientifique.

Dans ce contexte, l'approche qualitative est particulièrement pertinente pour explorer ces mécanismes *in situ*, dans leur complexité et leur ancrage territorial. Elle permet de prendre en compte les dynamiques locales et les perceptions des acteurs (Creswell, 2007). Comme le souligne Creswell (2007), la recherche qualitative permet d'établir « *une description et une interprétation complexe du problème, et elle élargit la littérature ou lance un appel à l'action* »².

Plusieurs démarches inhérentes à la recherche qualitative sont intégrées à la méthodologie de notre travail. Premièrement, l'adoption d'une posture abductive, comprenant une démarche à la fois déductive et inductive. Cette combinaison permet de s'appuyer sur un cadre théorique préalable construit à partir de la littérature scientifique sur la résilience des systèmes agricoles face aux enjeux volcaniques, les risques volcaniques et les pratiques viticoles, tout en laissant émerger des concepts nouveaux à partir des données de terrain. Concrètement, la phase préparatoire de l'étude, notamment l'élaboration du guide d'entretien semi-directif, repose sur une logique déductive, qui mobilise des connaissances préexistantes issues de la littérature scientifique et technique pour la structuration préalable des thèmes à aborder. En parallèle, le traitement et l'analyse des données s'inscrivent dans une démarche inductive. Il ne s'agit pas de tester une théorie existante, mais bien de comprendre comment les acteurs locaux – ici les viticulteur·rices – perçoivent, interprètent et réagissent aux risques volcaniques dans leur contexte socio-environnemental spécifique. Cette approche s'inspire de la théorie ancrée (Glaser & Strauss, 1999), notamment dans la manière de construire progressivement des interprétations à partir de données empiriques, sans chercher à tester une hypothèse préformée. Elle s'appuie également sur la méthodologie proposée par Gioia et al. (2013), en considérant

² Traduction de « complex description and interpretation of the problem, and it extends the literature or signals a call for action. »

les acteurs locaux – ici les viticulteur.rices – comme des « *informateurs compétents* », capables d’expliquer le sens de leurs actions, décisions et stratégies.

Enfin, notre choix méthodologique s’appuie également sur l’idée, défendue par Slovic (1987), selon laquelle l’efficacité des politiques de gestion des risques repose sur une compréhension fine des perceptions locales. Bien que ce mémoire ne porte pas sur les politiques de gestion des risques, il offre une base sur laquelle ces politiques devraient se construire, à savoir les perceptions et les savoirs locaux, levier essentiel pour enrichir la réflexion sur la résilience en contexte volcanique. Plusieurs travaux soulignent l’intérêt d’intégrer les acteurs locaux dans des approches participatives, en réponse aux limites des politiques « top down » (Cadag et al., 2018; Texier-Teixeira et al., 2014).

4.2 Collecte des données

Dans ce mémoire, l’approche qualitative repose sur une collecte de données réalisée directement sur le terrain, dans les lieux où les répondants entretiennent un lien fort avec le territoire étudié (Creswell, 2007), en l’occurrence les pentes de l’Etna, qui constitue à la fois leur cadre de vie, leur ressource économique et un élément identitaire fort.

Afin de recueillir les informations nécessaires pour répondre à la question de recherche, un guide d’entretien semi-directif a été conçu sur base d’une revue de littérature ciblée et d’échanges exploratoires menés en amont avec les acteurs locaux (cf. Annexe B : Guide d’entretiens). L’entretien semi-directif est une méthode de l’approche qualitative qui combine une structure préétablie et une certaine flexibilité dans les échanges. Cette approche permet de recueillir des données nuancées et comparables, tout en laissant émerger des aspects inattendus des expériences des viticulteur.rices (Creswell, 2007; Jackson et al., 2007).

Les questions du guide ont été structurées autour de quatre axes principaux :

- a) Profil du viticulteur.rice : parcours du viticulteur.rice, motivations à s’installer sur l’Etna, structure de l’exploitation (taille, orientation, autres cultures) ;
- b) Pratiques viticoles : choix des cépages, techniques culturales, aspects techniques de vinification ;
- c) Risques volcaniques et adaptation : perceptions du risque, impacts subis, stratégies d’adaptation face aux retombées de cendres ;
- d) Aspects économiques et institutionnels : modalités de commercialisation, labélisation DOC, dynamiques collective, subsides.

Le guide permet de questionner des dimensions multiscalaires de manière transversale. Les trajectoires et décisions individuelles renvoient à une échelle micro ; les coopératives et le Consorzio Etna DOC relèvent du niveau méso ; enfin, les politiques et les subsides constituent le niveau macro.

4.2.1 Prise de contact et réalisation des entretiens

L'identification des viticulteur.rices s'est appuyée sur un double canal : d'une part, des contacts institutionnels (notamment via la municipalité de Catane) ont permis d'entrer en relation avec un interlocuteur clé — acteur local bien implanté — qui a facilité l'accès à plusieurs membres du Consorzio Etna DOC ; d'autre part, une prospection directe a été menée afin d'inclure des profils plus indépendants ou moins institutionnalisés, en vue de limiter les biais de réseau.

Plusieurs entretiens exploratoires en amont ont été menés avec cet interlocuteur local afin de discuter des objectifs de l'étude et d'évaluer la faisabilité, compte tenu des contraintes logistiques liées à la durée du séjour sur place, au temps disponible pour chaque entretien, et au nombre de personnes mobilisables. Au total, sur une centaine de viticulteur.rices contactés, seuls huit ont accepté de participer à l'étude et étaient disponibles lors de notre séjour en Sicile. D'autres, bien que favorables à l'entretien, étaient indisponibles à cette période en raison de déplacements professionnels.

Avant chaque entretien, le consentement des personnes interviewées a été obtenu afin d'enregistrer leurs propos. Les entretiens ont majoritairement été menés en italien ou en anglais, à l'exception de deux entretiens qui ont pu se faire en français. Une interprète, Eleonora Sambasile, a permis la tenue d'entretiens en italien et a assuré la traduction des propos recueillis. Même si certaines transcriptions ont été réalisées en anglais, les verbatims utilisés dans ce mémoire ont été traduits en français. La version originale est systématiquement disponible en note de bas de page. Des notes manuscrites et des photos ont également été prises sur place afin de compléter les interviews.

4.2.2 Echantillonnage

L'étude repose sur l'analyse de huit entretiens approfondis réalisés entre le 25 et le 31 octobre 2024 auprès de viticulteur.rices de la région de l'Etna. Le Tableau 4 récapitule les caractéristiques principales de leurs exploitations, tandis que la Figure 12 en propose une visualisation cartographique.

Par précaution éthique, un pseudonyme, choisi parmi les prénoms italiens les plus courants, a été attribué à chaque viticulteur.rice afin de préserver leur anonymat tout en évitant de les déshumaniser par un simple numéro d'identification (Traverso, 2022).

Tableau 4 : Recensement de l'ensemble des entretiens réalisés.

Pseudonyme Viticulteur.rice	Superficie du vignoble [ha]	Type de pratique	Versant	Etna DOC ³	Autres cultures
Maria	8	Alberello	Nord-Est	Non	Non
Giorgio	3,5	A spalliera	Sud	Oui	Non
Antonio	6	Alberello	Sud-Est	Oui	Non
Francesco	25	Alberello/ A spalliera	Nord	Oui	Non
Roberto	50	Alberello/ A spalliera	Nord	Oui	Non
Paolo	4	Alberello	Est	Non	Oui
Angela	7	Alberello	Sud-Est	Oui	Non
Luigi et Gabriella	1	A spalliera/ Alberello	Sud-Est	Oui	Oui

Des critères de sélection ont été établis afin de constituer un échantillon raisonné ⁴ (Sarfo et al., 2022; Sharma, 2017), permettant de représenter la diversité des situations viticoles sur les pentes de l'Etna. Trois critères principaux ont guidé la sélection des participant.es :

1. Position géographique des exploitations viticoles ;

La configuration géographique de l'Etna induit des degrés d'exposition différenciés aux retombées de téphra. Les versants est et sud-est étant les plus exposés en raison des vents dominants, il est d'autant plus pertinent de rencontrer les producteurs de ce versant. Cinq viticulteur.rices détiennent des terres sur ce versant, les trois autres étant installés sur le versant nord. Cependant, leur perception est importante à titre de comparaison afin d'avoir une diversité d'expositions au risque volcanique.

2. Le mode de production ;

Le mode de production est également un critère de sélection. Deux types de conduite dominent sur l'Etna : la conduite en *alberello*, traditionnelle, et celle *a spalliera*, plus moderne. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients spécifiques face aux retombées de téphra, dans la mesure où elle détermine l'architecture végétale, la densité foliaire et la possibilité d'intervention rapide après une éruption. Par exemple, la conduite en *alberello* est configurée de sorte à former une protection foliaire des grappes de raisins, limitant ainsi les dépôts directs

³ La mention "Etna DOC" indique ici les viticulteurs ayant recours à cette certification, de façon permanente ou ponctuelle. Certains produisent des cuvées certifiées uniquement certaines années (classés dans la catégorie « Oui »), tandis que d'autres, bien qu'éligibles, choisissent de ne pas adhérer au consortium (classés dans « Non »).

⁴ Échantillonnage raisonné est un échantillonnage qui repose sur le jugement du chercheur lors de la sélection des participants qui feront l'objet de l'étude (Sharma, 2017).

de téphra sur les fruits. En revanche, la conduite *a spalliera*, plus ouverte et alignée, expose davantage les grappes mais facilite la mécanisation, ce qui permet une réactivité accrue pour une récolte ou des traitements rapides.

3. La taille des exploitations ;

Enfin, l'échantillon a été constitué de manière à intégrer des exploitations de tailles variées allant de 1 à 50 hectares. La superficie de l'exploitation a été retenue comme critère de sélection afin de refléter une diversité de situations de gestion. Bien qu'aucune étude ne démontre de lien direct entre la taille des exploitations et la résilience face aux aléas volcaniques, plusieurs travaux en contexte climatique suggèrent que la taille influence l'accès aux ressources, la capacité organisationnelle et la diversité des options stratégiques mobilisables face à un aléa (Meuwissen et al., 2019).

Bien que l'affiliation à la certification Etna DOC et la présence d'autres cultures ne fassent pas partie des critères de sélection, ces deux caractéristiques ont été intégrées au tableau de présentation des entretiens (cf. Tableau 4) en raison de leur pertinence pour l'analyse des stratégies de résilience. Ce tableau offre une vue d'ensemble de l'échantillon et met en évidence certaines caractéristiques susceptibles d'influencer les capacités d'adaptation des viticulteur.rices.

D'une part, l'appartenance à l'Etna DOC découle en grande partie de la position géographique des exploitations car les zones DOC coïncident largement avec les versants les plus exposés et les plus concentrés en vignobles. Cette concentration s'explique notamment par les altitudes intermédiaires de ces versants, particulièrement adaptées à la culture de la vigne. Cependant, cette affiliation représente une forme d'intégration institutionnelle qui peut influencer les stratégies d'adaptation (accès aux subsides, exigences de production, contraintes réglementaires, etc.). Elle constitue ainsi une variable importante pour comparer des trajectoires différenciées, entre les producteurs intégrés à la certification et ceux opérant hors de ce cadre. D'autre part, la présence d'autres cultures sur l'exploitation ne résulte pas non plus d'un choix de sélection au préalable, mais elle renseigne sur le degré de diversification agricole, considéré dans la littérature comme un levier d'adaptation aux retombées de téphra (Sari et al., 2023).

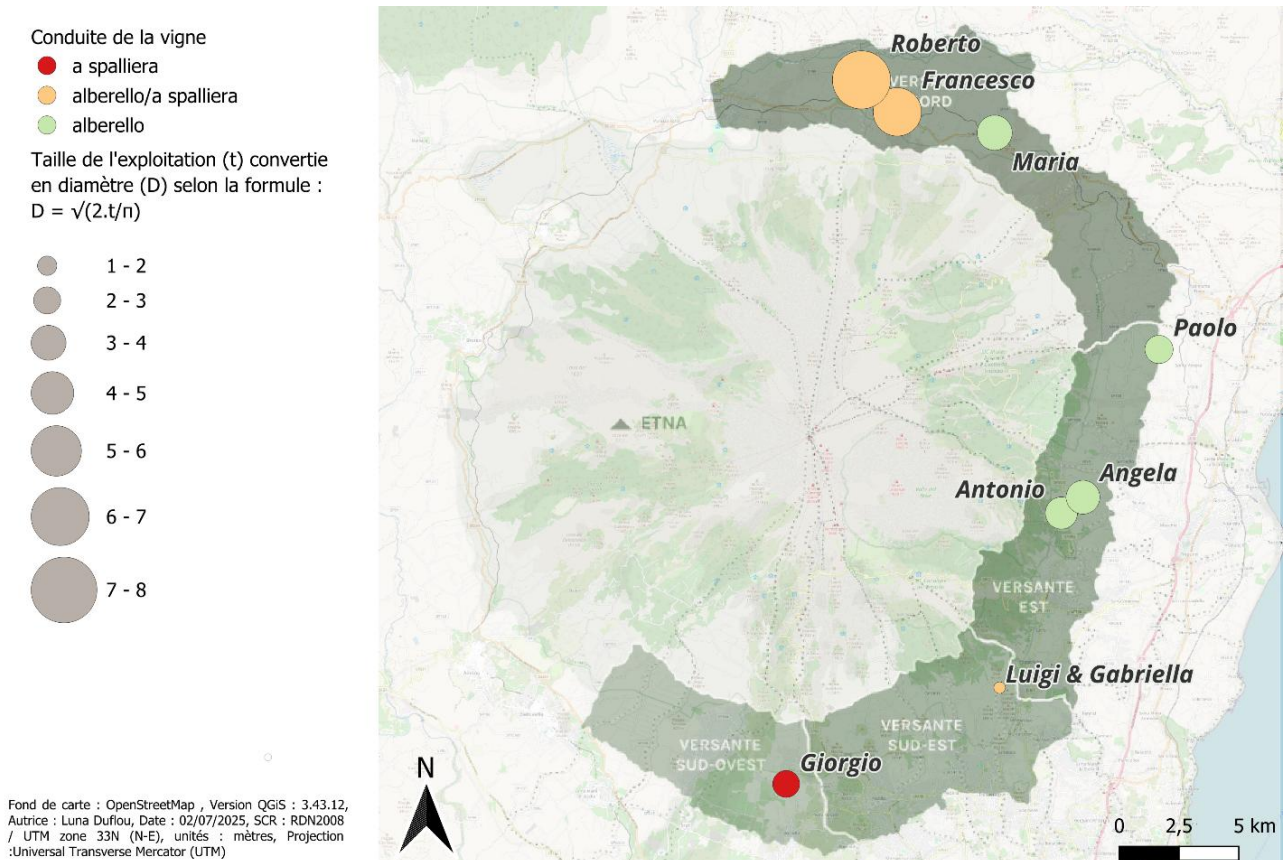


Figure 12 : Carte de l'Etna des huit domaines viticoles appartenant aux personnes interviewées, accompagnée de leurs principales caractéristiques, en lien avec les critères de sélection. 1) La position géographique de chaque exploitation ; 2) La taille des domaines, représentée par le diamètre des points, proportionnel à leur superficie ; 3) le mode de conduite des vignes : en vert pour l'alberello, en rouge pour la spalliera, et en orange pour les exploitations combinant les deux systèmes. La zone grisée en arc de cercle correspond à l'aire géographique de l'appellation Etna DOC.

4.2.3 Justification de l'échantillon

La taille d'un échantillon en recherche qualitative, généralement plus restreinte que celle des études quantitatives (Braun & Clarke, 2006), ne repose pas sur des critères statistiques. En effet, contrairement aux échantillons quantitatifs, ceux des recherches qualitatives ne sont pas soumis à des exigences de représentativité mathématique (Malterud et al., 2016). De manière générale, il n'existe pas de règle fixe concernant le nombre de participants à inclure dans une étude qualitative. La taille de l'échantillon dépend des considérations pratiques telles que le temps, l'argent, la disponibilité des participants et la qualité des entretiens. Cependant, il existe d'autres types d'outils qui permettent d'évaluer la pertinence de la taille d'un échantillon, en fonction de l'analyse visée et du contexte de l'étude.

Le critère prédominant dans la littérature pour déterminer la taille de l'échantillon dans les études qualitative est le **principe de saturation** des thématiques (Morse, 1995). La saturation est le point atteint lorsque le chercheur ne reçoit plus d'informations nouvelles à travers les entretiens (Glaser & Strauss, 1999; Malterud et al., 2016). Ce concept, développé par Glaser &

Strauss (1999), permet de déterminer le moment où la collecte de données peut être raisonnablement arrêtée. Bien que le nombre d'entretiens puisse varier considérablement selon l'objectif de l'étude (Creswell, 2007), certaines recherches proposent des estimations pour déterminer le seuil à partir duquel la saturation thématique peut être atteinte. Les études qualitatives visant à comprendre les perceptions et expériences partagées au sein de groupes homogènes, avec des entretiens structurés ou semi-structurés, sont celles qui peuvent espérer atteindre la saturation thématique entre 6 et 12 entretiens (Guest et al., 2006). À titre illustratif, Lièvre et al. (2022) ont mené six entretiens approfondis pour comprendre les pratiques de gestion des risques volcaniques à Arequipa, au Pérou.

Dans le cadre de cette étude, ce premier principe a été mobilisé pour évaluer la pertinence de la taille de l'échantillon. Au cours des entretiens, des répétitions thématiques sont apparues très vite avec les trois premières discussions : l'influence des retombées de téphra sur les propriétés du sol, les choix des cépages, ou encore les avantages des conduites de la vigne par rapport au téphra, indiquant une saturation progressive et une absence d'informations nouvelles. Afin de garantir une rigueur qualitative, les entretiens ont été poursuivis au-delà de ces premières observations, pour confirmer qu'il ne s'agissait pas d'une coïncidence mais bien d'un phénomène de saturation. L'apparition d'informations similaires et de répétitions dans des contextes différents (en termes de tailles d'exploitation, de localisation géographique, de profils d'exploitant·e, etc.) permet de conclure que la saturation thématique a bien été atteinte. Il est néanmoins important de noter que cette saturation concerne principalement les dimensions centrales de la recherche, à savoir les stratégies d'adaptation et les mécanismes de résilience face aux retombées de téphra. D'autres aspects connexes, tels que les politiques agricoles ou les dispositifs de subvention, n'ont été abordés que par une partie des participant·e·s. Toutefois, ces éléments secondaires ne remettent pas en cause la saturation atteinte sur les objectifs principaux de l'étude.

Un second concept méthodologique complémentaire est celui du **pouvoir d'information** (Malterud et al., 2016), selon lequel la taille de l'échantillon dépend de la richesse, de la pertinence et de la qualité des données recueillies, en lien avec les objectifs de recherche. Dans le cadre de cette recherche exploratoire, les entretiens semi-directifs ont permis de produire des données denses, nuancées et parfois inattendues, révélatrices de dynamiques locales encore peu étudiées dans la littérature scientifique. Ces éléments apportent une contribution novatrice à un champ de recherche encore émergent, ce qui justifie pleinement un échantillon réduit mais riche en informations.

4.3 Analyse et traitement des données

Dans un premier temps, les enregistrements des entretiens, d'une durée moyenne de deux heures, ont été transcrits intégralement. Cette étape marque le début d'un processus d'immersion dans les données, indispensable pour se familiariser avec les concepts évoqués par les participants (Braun & Clarke, 2006). Cette immersion passe notamment par plusieurs lectures actives des transcriptions.

L'analyse repose sur un système de codification réalisé à l'aide du logiciel Nvivo, un outil dédié à l'analyse de données qualitatives. Ce logiciel a été choisi pour sa large reconnaissance dans la littérature scientifique (Kraiwanit et al., 2023), son accessibilité via l'UCLouvain, et sa facilité d'utilisation. Il ne remplace toutefois pas le travail du chercheur : il en facilite la rigueur et la systématisation.

Le codage consiste à attribuer des étiquettes à des segments de texte pour en extraire des unités de sens. Dans ce travail, les codes sont dits descriptifs, car ils reflètent la sémantique des propos tenus. Ces codes ont ensuite été regroupés en catégories, puis synthétisés en thèmes à un niveau d'abstraction supérieur.

Deux grandes approches guident en général la codification (Braun & Clarke, 2006) : l'approche déductive, basée sur des concepts établis a priori, et l'approche inductive où les catégories émergent des données.

Ce mémoire adopte une démarche abductive, combinant ces deux logiques. D'une part, comme pour la méthode déductive, certains codes ont été définis en amont, à partir de la littérature et des objectifs de recherche (par exemple le code « Subsidés et plans politiques »). D'autre part, de nouveaux codes ont émergé au fil de la lecture et de l'analyse des données (par exemple le code « Diversification des revenus »). Cette flexibilité permet de capter à la fois les éléments théoriquement attendus et les thématiques inattendues en cohérence avec la nature exploratoire de la recherche.

L'analyse suit une procédure inspirée de la méthode de Gioia et al. (2013), qui propose une approche itérative et structurée articulée autour de trois niveaux d'abstraction. À ces trois niveaux, s'ajoute dans ce travail une étape de triangulation, destinée à enrichir et valider les résultats. La Figure 13 illustre cette démarche analytique adoptée dans le cadre de ce mémoire.

Les différentes étapes sont décrites ci-dessous :

1. Codage ouvert : Une première lecture des entretiens a permis d'identifier des codes initiaux en plus de ceux préétablis a priori. Ces codes ont ensuite été affinés, renommés, regroupés ou supprimés en fonction de leur pertinence.

2. Codage axial : Cette seconde étape a consisté à organiser les codes en catégories et sous-catégories en explorant leurs similarités et différences. L'intérêt de cette analyse est d'établir des connexions entre les codes issus du codage ouvert et de comprendre les relations entre eux. Les redondances ont été supprimées pour affiner la structure.

3. Abstraction théorique : Cette étape s'éloigne des données brutes, ayant un niveau d'abstraction supérieur aux étapes précédentes pour offrir une vue d'ensemble plus synthétique et théorique du phénomène. L'analyse approfondie de ces huit entretiens a permis d'identifier des thèmes.

4. Triangulation : Enfin, la dernière étape consiste à croiser les thèmes de l'analyse avec des sources complémentaires issus de la littérature, des observations de terrain, des règlements institutionnels afin de valider ou de nuancer les conclusions. Cette triangulation renforce la crédibilité et la robustesse des résultats obtenus.

Dans cette étude, les étapes d'abstraction théorique et de triangulation ne se sont pas succédées de manière strictement linéaire, mais se sont partiellement entrecroisées. En effet, l'élaboration théorique à partir des données empiriques s'est accompagnée d'un aller-retour constant avec la

littérature scientifique, mobilisée pour éclairer certains phénomènes observés sur le terrain. Par exemple, certains codes ont été associés à des concepts comme la gentrification rurale après avoir eu recours à des lectures scientifiques. Cela montre que l'interprétation des phénomènes s'est construite de manière progressive, en combinant les apports du terrain et ceux de la littérature.

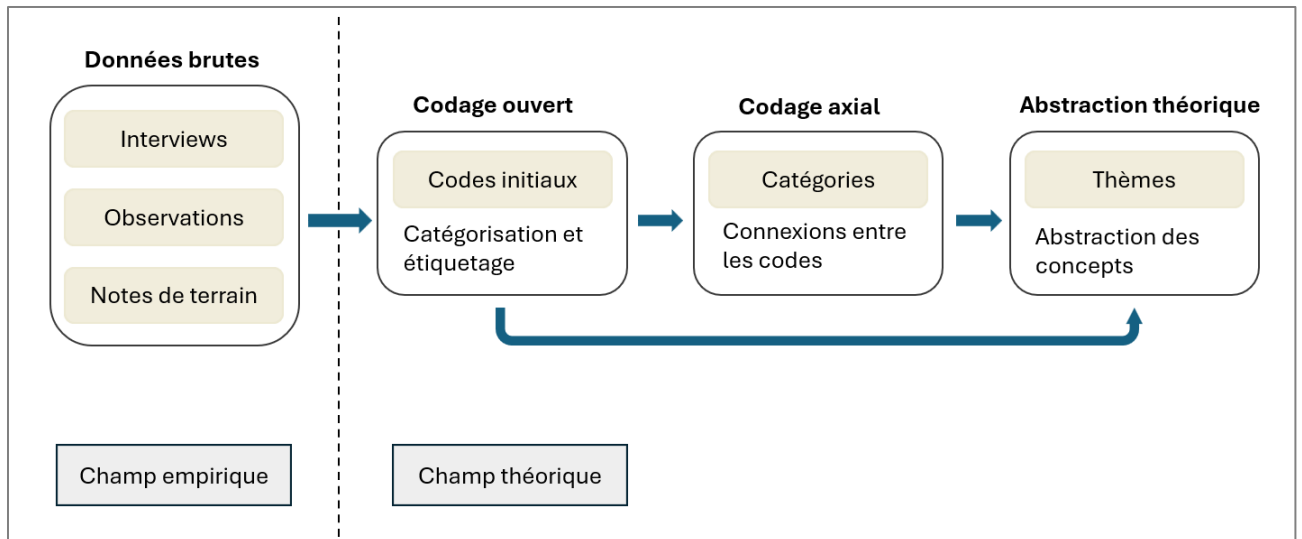


Figure 13 : Schéma du processus d'analyse de données inspiré de Cho & Lee (2014); Pozzebon et al. (2011).

5 Résultats et discussion

Ce chapitre présente et discute les résultats empiriques issus de l'analyse qualitative menée à partir de huit entretiens semi-directifs réalisés auprès de viticulteur.rices répartis sur différents versants de l'Etna. Les effets des retombées de téphra, les stratégies d'adaptation mises en œuvre par les viticulteur.rices, ainsi que les dynamiques socio-économiques qui façonnent la résilience des exploitations et des territoires viticoles sont analysés. Les résultats empiriques et leur interprétation apparaissent conjointement, selon une logique intégrée. Cette forme de présentation, courante en recherche qualitative, permet une lecture cohérente et respectueuse de la dynamique inductive de l'enquête (Ary et al., 2010; Tong et al., 2007).

Cette section a été organisée en six thématiques principales, reflétant les dimensions les plus significatives qui ont émergé de l'analyse inductive des entretiens menés sur le terrain :

- a) Perception de l'aléa de téphra par les viticulteur.rices ;
- b) effets du téphra sur les vignobles et les processus de vinification ;
- c) stratégies d'adaptation mises en œuvre ;
- d) disparité des résiliences ;
- e) discours et dynamiques territoriales ;
- f) multiplication des aléas .

5.1 Perceptions du téphra par les viticulteur.rices

Interroger la perception du téphra permet de mieux comprendre la manière dont les viticulteur.rices vivent, interprètent et gèrent les perturbations engendrées par l'activité volcanique dans leur quotidien agricole. En tant qu'acteurs de terrain, les viticulteur.rices sont considérés comme des informateurs compétents (Gioia et al., 2013), capables de relater une réalité proche du terrain et directement issue de leur expérience. Cette posture analytique a conduit à poser la première sous-question de ce travail :

Comment les viticulteur.rices perçoivent-ils les retombées de téphra ?

5.1.1 Perception de l'Etna dans le quotidien viticole : banalisation du risque et attachement territorial

L'analyse des entretiens révèle une familiarité chez les viticulteur.rices avec l'activité éruptive de l'Etna, plus spécifiquement aux retombées de téphra. Bien que l'impact des retombées de téphra sur l'agriculture soient largement décrits dans la littérature scientifique (Craig, 2015; Ligot et al., 2022; Wilson et al., 2011), les viticulteur.rices de l'Etna les perçoivent rarement comme une menace significative ou un facteur de risque majeur pour leurs activités viticoles. En effet, l'intégralité des viticulteur.rices interrogés rejoignent cet avis, affirmant pour certains que le rendement n'en est pas affecté. À titre d'illustration, les propos de Luigi sont repris ici :

« *Les cendres, c'est un peu mineur comme phénomène.* »

- Luigi -

Si les viticulteur.rices tendent à banaliser les retombées de téphra, cela n'implique en rien une indifférence à l'égard du massif volcanique, auquel ils demeurent fortement attachés. Pour les viticulteur.rices, l'Etna ne se résume pas à un simple élément du paysage ; il constitue une composante intrinsèque de leur réalité quotidienne et professionnelle. Paolo illustre parfaitement ce constat :

« *The eruption for us is not a problem. It's part of the landscape* »

- Paolo -

Cette relation complexe se manifeste par une perception ambivalente du volcan, à la fois source potentielle de destruction et origine de la fertilité des sols. Certains expriment une fascination pour cette montagne dynamique et imprévisible, évoquant un attrait presque magnétique : Francesco décrit ainsi une expérience à la fois « *super dangereuse* » et « *vraiment incroyable. Magnétique* », tandis que Maria souligne l'énergie et la « *luminosité* » particulière du lieu, liées à l'activité volcanique constante. D'autres, comme Antonio, mettent en avant la dualité de l'influence de l'Etna, « *un esprit qui se partage entre un esprit positif, et un esprit négatif* ».

Cette tension entre menace et ressource semble nourrir une certaine valorisation du territoire, voire un rapport quasi identitaire à l'environnement volcanique qui aide à percevoir le risque comme acceptable. Plusieurs viticulteur.rices établissent un lien entre la présence du volcan et la qualité des productions locales :

« *Best food and beverages are on volcanic soils.* »

- Roberto -

Cette perception rejoint l'idée exprimée par Francesco et Angela :

« *L'Etna c'est une ressource de vie pas de mort.* »

- Francesco -

« *L'amour pour l'Etna prévaut sur la crainte de l'Etna.* »

- Angela -

Des études menées dans d'autres régions volcaniques confirment que la banalisation du risque lié aux retombées de téphra n'est pas propre au contexte de l'Etna. Craig (2015) et Sivarajan et al. (2020) montrent que certains agriculteurs perçoivent faiblement le risque associé aux retombées, bien que leurs exploitations soient exposées. Ces auteurs indiquent que les agriculteurs mettent en avant les effets bénéfiques du volcan sur la fertilité des sols, ce qui peut contribuer à atténuer leur perception du risque et à sous-estimer la probabilité ou la gravité d'épisodes majeurs de chute de téphra. Cependant, ces perceptions ne sont pas homogènes. La perception des impacts volcaniques varie en fonction de l'expérience individuelle (Ligot, Delmelle, et al., 2022; Sivarajan et al., 2020). L'étude de Ligot et al. (2022), réalisée auprès d'agriculteurs dans les zones rurales du Tungurahua (Équateur), met en évidence une tendance à surestimer la durée et l'épaisseur des dépôts de téphra. Les personnes interrogées identifient

également avec justesse certains éléments de vulnérabilité, comme le stade phénologique des cultures.

Ces résultats soulignent la diversité des perceptions des viticulteur.rices face aux retombées volcaniques, influencées par le contexte local, les expériences passées et probablement d'autres facteurs qui ne sont pas encore identifiés. La banalisation des retombées de téphra par les viticulteur.rices de l'Etna semble liée au fait que, bien que ces dépôts puissent affecter leurs cultures, ils entraînent rarement, voire, jamais des pertes catastrophiques susceptibles de menacer durablement leurs revenus.

5.1.2 Déterminants de l'impact des retombées de téphra

Bien que les viticulteur.rices ont tendance à banaliser les retombées de téphra, ils reconnaissent tout de même leurs dégâts. Afin d'analyser les résultats présentés dans cette sous-section, trois dimensions issues du cadre d'évaluation du risque ont été mobilisées : l'exposition, les caractéristiques de vulnérabilité, et les propriétés intrinsèques du téphra (Marzocchi et al., 2012; Wilson et al., 2014). Ces dimensions permettent de structurer les perceptions et expériences rapportées par les viticulteur.rices. La Figure 14 synthétise les différents facteurs perçus par les viticulteur.rices comme influençant l'intensité des effets du téphra, regroupés selon les trois dimensions de l'analyse du risque.

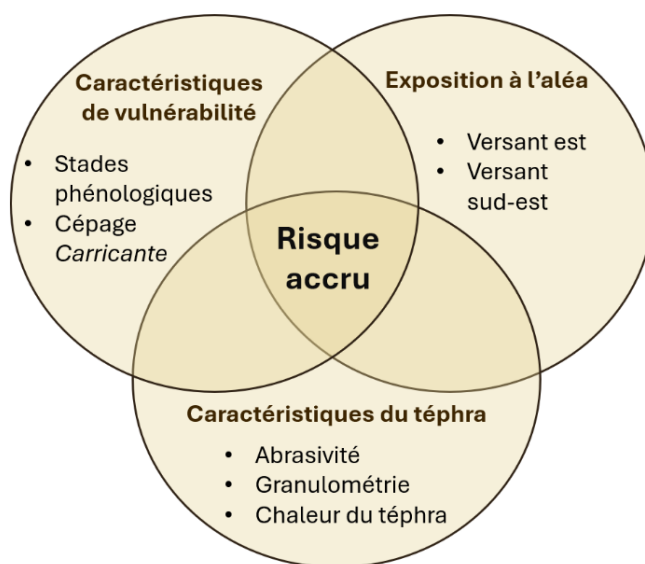


Figure 14 : Schéma synthétique des éléments évoqués par les viticulteurs de l'Etna, regroupés selon trois dimensions de l'analyse du risque : l'exposition, les caractéristiques de vulnérabilité, et les propriétés intrinsèques du téphra.

1. Exposition à l'aléa

La perception des retombées de téphra n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire viticole de l'Etna. L'expérience vécue par les viticulteur.rices varie sensiblement en fonction de la localisation géographique de leur exploitation. Les viticulteur.rices situés sur les versants Est et Sud-Est – zones les plus exposées aux panaches volcaniques en raison des vents dominants – rapportent des épisodes de retombées de téphra plus fréquents et plus contraignants que ceux rapportés par leurs homologues des autres versants.

Cette hétérogénéité spatiale de l'exposition aux retombées de téphra est confirmée par plusieurs témoignages recueillis. Un viticulteur estime que le versant Est reçoit des quantités de téphra « deux fois, voire trois fois »⁵ supérieures aux autres versants. De même, une seconde viticultrice met en exergue la spécificité des retombées de lapilli sur le flanc Est :

« Le fait d'être vraiment sur l'est [...] fait que les lapillis, c'est vraiment spécifique d'ici [...] ça n'arrive pas ailleurs » - Angela –

Cette exposition accrue du versant est est largement documentée dans la littérature, confirmant des dépôts fréquents de téphra associés à la prédominance des vents du nord-ouest (Chester et al., 2011; Signorello et al., 2020; Soldati & Marchetti, 2017). Cette tendance est confirmée par la majorité des viticulteur.rices. L'influence des vents dominants - pouvant canaliser les nuages de cendres vers des zones spécifiques - est également soulignée par plusieurs producteurs :

*« Il y a toujours le vent qui arrive du nord et qui bouge le nuage de cendres jusqu'ici ».
- Antonio –*

2. Caractéristiques de vulnérabilité

Parmi les cépages cultivés sur les pentes de l'Etna, le *Carricante* est perçu par plusieurs viticulteur.rices comme particulièrement vulnérable aux retombées de téphra par rapport aux autres cépages. La configuration compacte de sa grappe retient les particules fines de téphra entre les raisins, rendant le nettoyage difficile et créant un milieu propice à la prolifération du champignon à l'origine de la pourriture grise. Cette caractéristique est exemplifiée et discutée dans le point « Facteurs influençant l'état phytosanitaire des grappes » de la sous-section Effets du téphra sur les vignobles et la vinification.

Parmi les caractéristiques de vulnérabilité, le stade phénologique de la vigne est identifié par les viticulteur.rices comme un facteur déterminant de l'impact des retombées de téphra. En effet, Angela nous a expliqué que si le téphra « tombe en printemps c'est problématique ». Pour rappel, le printemps correspond à la période de floraison de la vigne. Comme étayé dans l'État de l'art, de nombreuses études identifient le stade phénologique comme l'un des principaux facteurs de vulnérabilité pour la plupart des cultures, y compris la vigne (Craig et al., 2016;

⁵ Traduction de « 2 times even 3 times more »

Craig, Wilson, & Stewart, 2021; Magill et al., 2013; Wilson & Kaye, 2007). Lors des stades les plus vulnérables, quelques millimètres de téphra suffisent pour anéantir la récolte (Blake et al., 2015; Ligot, Delmelle, et al., 2022). La vigne, en particulier, est plus vulnérable que d'autres cultures à certaines phases critiques de développement (Craig, Wilson, & Stewart, 2021), notamment le débourrement, la floraison, la nouaison, la véraison et la maturation (Craig, Wilson, Magill, et al., 2021; Keller, 2015). La sensibilité de la vigne varie donc fortement au cours de l'année, en fonction de son stade phénologique.

Enfin, une dernière caractéristique de vulnérabilité est liée à la pilosité ou rugosité des feuilles de vigne qui favorise la rétention du téphra (Cook et al., 1981; Ligot et al., 2023; Miller, 1966; Wilson & Kaye, 2007). Bien que cet élément n'ait jamais été mentionné par les viticulteur.rices, il constitue un facteur important de vulnérabilité identifié dans la littérature. Toutefois, les feuilles matures de *Vitis vinifera* sont dépourvues de trichomes sur leur face adaxial (Gago et al., 2016), ce qui limite l'influence de ce facteur sur la vulnérabilité d'un cultivar à l'autre.

3. Caractéristiques du téphra

Au-delà du stade phénologique de la vigne, plusieurs viticulteur.rices insistent sur le rôle des caractéristiques propres de l'aléa téphra dans la variabilité des effets perçus. Trois paramètres sont systématiquement évoqués : les propriétés physiques (granulométrie, abrasivité) et la température des particules.

L'abrasivité du téphra est l'une des propriétés physiques les plus fréquemment mises en avant par les viticulteur.rices. Francesco qualifie la cendre de « *légère* » et « *abrasive* », affirmant qu'elle peut ainsi « *abîmer le raisin* ». Comme le décrit Antonio, le téphra peut « *un petit peu abîmer la baie mais pas vraiment la détruire.* » L'impact évoqué correspond à un dommage superficiel sans incidence majeure sur l'intégrité des grappes, bien que Gabriella précise tout de même que l'impact va varier selon le type de téphra ayant « une capacité d'abrasion différentes ». Ces propos suggèrent que les viticulteur.rices développent une typologie empirique des types de cendres et de leurs impacts.

Concernant la température du téphra au moment de la retombée, certains viticulteur.rices soulignent que la chaleur peut provoquer des brûlures sur les feuilles de vigne, bien que l'impact sur la récolte est totalement négligeable. Comme l'exprime Angela :

« Le problème, c'est la taille de ce qui tombe, mais c'est aussi la chaleur de ce qui tombe. En fait, ça tombe chaud, et donc ça troue les feuilles. »
- Angela -

Parmi les caractéristiques du téphra évoquées par les viticulteur.rices, la granulométrie apparaît comme un facteur déterminant dans la perception des dégâts. Cette perception trouve un appui solide dans la littérature scientifique, qui souligne l'importance des particules fines dans la gravité des impacts. En effet, la capacité de rétention du téphra sur les surfaces végétales

diminue de manière exponentielle à mesure que la taille des particules augmente (Ligot et al., 2022 ; Miller, 1966). De plus, les fines particules de téphra ($< 2 \mu\text{m}$) peuvent obstruer les stomates des feuilles, limitant les échanges gazeux essentiels et perturbant le processus de photosynthèse (Hinckley et al., 1984). Les téphras contenant une proportion de plus de 20% de particules fines ($< 63 \mu\text{m}$) sont ainsi considérés comme les plus dommageables pour la végétation (Ligot et al., 2022). Ces éléments confirment que la granulométrie constitue un paramètre essentiel pour comprendre l'ampleur des effets rapportés par les viticulteur.rices.

De plus, le téphra est une matière particulièrement abrasive et cette abrasivité varie selon la forme et la dureté des particules (Gislason et al., 2011). Le téphra abrasif mis en suspension par le vent ou la pluie peut engendrer des blessures mécaniques sur les feuilles et les fruits, facilitant ainsi la pénétration de pathogènes ou entraînant une perte d'eau par dessèchement foliaire (Cook et al., 1981; Wilson et al., 2011). Dans certains cas, ces blessures peuvent conduire à une sénescence prématurée des feuilles, altérant potentiellement la photosynthèse (Black & Mack, 1984). Ces éléments confirment que même en l'absence de dommages visibles graves, les propriétés physiques du téphra peuvent compromettre la santé des vignes.

À notre connaissance, la littérature scientifique ne documente pas la température des particules de téphra au moment précis de leur retombée comme un facteur de dommage direct sur la végétation. Bien que le téphra se refroidisse rapidement en atmosphère, il est probable que des lapilli légèrement chauds puissent occasionnellement atteindre les vignobles les plus proches du sommet de l'Etna, sans pour autant causer des dommages importants. La température du téphra semble être un facteur mineur influençant l'impact.

Un autre paramètre fréquemment mobilisé dans la littérature volcanologique mais, peu évoqué par les viticulteur.rices interrogés, est la charge massique du dépôt de téphra. Ce paramètre est largement reconnue dans la littérature comme l'un des principaux indicateurs de l'intensité d'un événement éruptif (Ligot et al., 2024, 2025; Martí et al., 2018; Neild et al., 1998; Rosi et al., 1993). Étonnamment, parmi les viticulteur.rices interrogés, aucun n'a établi de lien entre la charge massique du dépôt de téphra et son impact direct sur la végétation. Lorsqu'ils font référence à la charge massique du téphra, c'est principalement pour évoquer des dommages aux infrastructures — notamment la crainte d'un effondrement des toits — plutôt que des impacts directs sur les cepes ou les feuilles. En l'absence de données empiriques issues des entretiens sur ce point, nous rappelons brièvement les effets reconnus de l'accumulation importante de téphra sur la végétation. À titre d'exemple, l'éruption de juillet-août 2001 de l'Etna a recouvert les zones situées entre environ 5 km du cratère et la côte ionienne de dépôts dont la charge variait entre $0,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ et $23,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (Scollo et al., 2007). Une telle accumulation peut agir comme une barrière physique à la lumière, réduisant l'interception du rayonnement solaire par les feuilles et, par conséquent, la photosynthèse (Hirano et al., 1992). Elle peut également induire des symptômes physiologiques tels que des flétrissements prématurés ou des taches chlorotiques (Cook et al., 1981; Hinckley et al., 1984), perturbant la synthèse des sucres — un facteur déterminant pour la qualité des raisins et donc du vin produit (Meinert et al., 2018).

Au regard de l'importance de ce facteur, il est possible d'hypothétiser que l'absence de mention par les viticulteur.rices s'explique par le fait que, d'après leur expérience, les dépôts de cendres observés n'ont jamais atteint un seuil critique, en particulier lors de stades phénologiques sensibles susceptibles d'entraîner des pertes notables. Une autre explication plausible réside dans le faible taux de rétention du téphra sur les feuilles de vigne, lié à l'absence de trichomes sur leurs faces supérieures et à une granulométrie grossière des particules. Ce type de particules adhère peu à la surface des feuilles de vigne, limitant leur accumulation sur le couvert végétal (Ligot et al., 2023), même lorsque les dépôts au sol sont importants.

5.2 Effets du téphra sur les vignobles et la vinification

Pour mieux comprendre les enjeux auxquels sont confrontés les viticulteur.rices de l'Etna, il est essentiel d'identifier concrètement les effets des retombées de téphra sur les vignobles. Cette section tente de répondre à la sous-question suivante :

Quels sont les principaux effets des retombées de téphra sur les vignes ?

La section propose une lecture analytique des effets des retombées de téphra sur les exploitations viticoles identifiés par les viticulteur.rices, en les répartissant selon deux catégories : les effets directs (biophysiques et œnologiques) et les effets indirects (logistiques, économiques, organisationnels). La plupart des effets mentionnés sont perçus comme négatifs, bien que certains soient décrits de manière plus nuancée, voire positive. La Figure 15 récapitule l'ensemble de ces effets en précisant leur fréquence d'occurrence parmi les huit viticulteur.rices. Un effet est comptabilisé dès lors qu'il a été mentionné au moins une fois par un ou une viticulteur.rice au cours de l'entretien. Ainsi, une fréquence de 100 % signifie que tous les viticulteur.rices ont évoqué cet effet. Précisons que ce n'est pas parce qu'un effet a une fréquence qui s'élève à 100% que cet effet est plus important ou plus destructeur que d'autre. De plus, l'absence de mention d'un effet ne signifie pas nécessairement que le ou la viticulteur.rice n'y soit pas confronté.

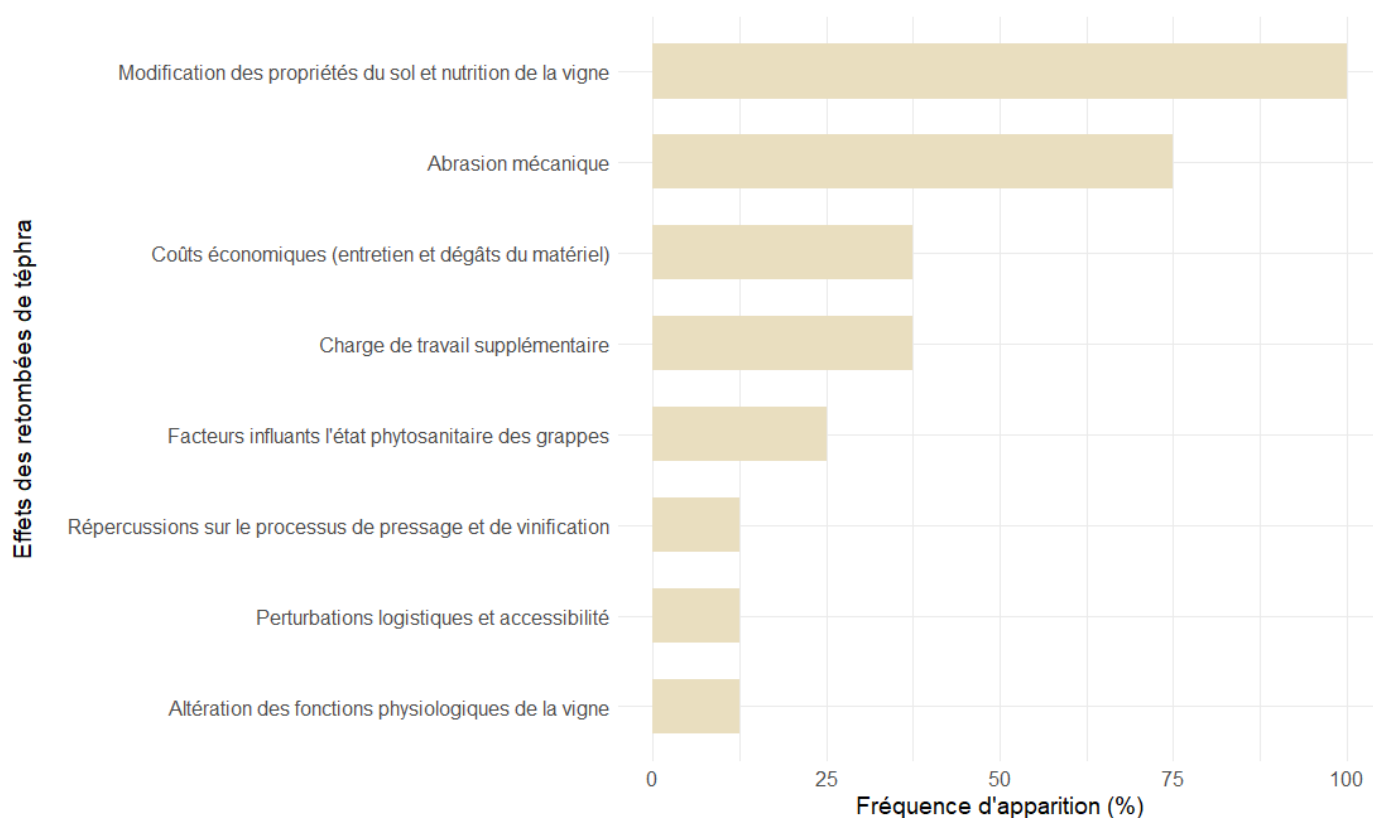


Figure 15 : Fréquence d'apparition en % des effets des retombées de téphra sur les exploitations viticoles identifiées par les viticulteurs de l'Etna dans les entretiens. N=8

- Altération des fonctions physiologiques de la vigne

Les viticulteur.rices affirment que les dépôts de téphra sur le sol peuvent induire un stress significatif pour la vigne. En recouvrant le sol, la couche de cendres augmente l'absorption de la chaleur ce qui peut « *fatiguer* » la plante, d'autant plus si les conditions sont déjà chaudes et sèches. Comme l'explique Antonio : « *ça va beaucoup chauffer. [...] il faisait déjà chaud et avec toute la couverture noire de la cendre, ça à réchauffer encore plus, donc on a commencé à avoir les vignes un petit peu fatiguées.* »

Cette perception d'un échauffement excessif du sol trouve un écho dans les caractéristiques physico-chimiques du téphra. Si les viticulteur.rices n'emploient pas de terminologie scientifique, leurs observations empiriques peuvent être mises en relation avec des propriétés bien documentées dans la littérature volcanologique. Ces observations font référence aux propriétés du téphra mafique, composé d'une plus faible teneur en silice et d'une plus grande richesse en fer, ce qui lui confère sa couleur noire (Scholze, 1990). Contrairement au téphra plus silicique, le téphra mafique possède un albédo plus faible que le sol. Il absorbe donc davantage la lumière incidente, ce qui provoque une augmentation de la température du sol et, par conséquent, un stress thermique pour les plantes (Smith et al., 2010). L'étude de Hirano et al., (1995) a montré qu'un dépôt de 1,2 g/m² de cendres noires peut entraîner une augmentation

de la température du sol de 3 °C. Cette élévation thermique conduit à une transpiration accrue des plantes (Stanhill, 1986), pouvant altérer directement les processus photosynthétiques.

- Abrasion mécanique

Parmi les effets cités, l'abrasion mécanique des tissus végétaux par les particules de téphra est mentionnée par 75% des viticulteur.rices. Toutefois, cet effet est souvent considéré comme d'importance mineure par rapport aux autres impacts, en raison de sa faible probabilité et de son impact relativement négligeable sur le rendement total, comme le souligne Giorgio : « *Ça n'a pas vraiment d'impact* ». Pour rappel, l'impact varie selon l'abrasivité du téphra (cf. section 5.1.2, Caractéristiques du téphra p.43).

- Modification des propriétés du sol et nutrition de la vigne

Les viticulteur.rices rapportent que les dépôts de téphra peuvent, avec le temps, altérer les propriétés du sol. D'une part, ils mentionnent que ces modifications peuvent perturber l'équilibre minéral et entraîner des carences nutritionnelles pour la vigne. Trois producteurs décrivent l'apparition ou l'aggravation de carences (notamment en magnésium, potassium et azote), associées à des épisodes éruptifs récents. Antonio attribue ces carences à une fertilité excessive des sols. Il explique que chaque dépôt de téphra modifie l'équilibre minéral du sol selon sa composition spécifique.

D'autre part, les viticulteur.rices ne considèrent pas uniquement le téphra comme une contrainte. Il est tout d'abord perçu comme un apport agronomique. Roberto affirme que si le téphra est un problème pour l'agriculture en général, pour les vignobles, « c'est une bénédiction »⁶. Il est perçu comme une source naturelle d'amendement minéral pour les sols. Roberto souligne cet apport régulier :

« We are on the Etna so we have a lot of fertilizer. We have a lot of ash coming. That's enough ».

- Roberto -

Dans la littérature, les effets chimiques du téphra s'avèrent souvent nuancés et peu généralisables. L'effet du téphra sur la disponibilité des nutriments est influencé par de nombreux facteurs, notamment la composition du téphra lui-même (Ciriminna et al., 2022; Ghiorso & Gualda, 2015), les propriétés physiques et chimiques du sol affecté par le téphra (Berthelsen et al., 2009), les conditions climatiques influençant l'altération (Shoji & Takahashi, 2002) et les pratiques agricoles (Ligot, Delmelle, et al., 2022). Par exemple, Ciriminna et al. (2022) ont mené une étude sur l'utilisation de cendres volcaniques indonésiennes en Égypte pour la culture de pommes de terre. Ils ont observé une augmentation significative de la teneur

⁶ Traduction de « it's a blessing »

de la plupart des nutriments dans les tubercules, à l'exception notable de l'azote et du fer. L'azote étant quasiment absent du magma, le téphra fraîchement émis n'en contient pas (Ayrís & Delmelle, 2012). Sa présence dans les dépôts volcaniques ne devient possible qu'après leur recolonisation par des plantes fixatrices d'azote. Cette faible teneur en azote concorde avec les données de la revue littéraire de Ayrís & Delmelle (2012) qui signalent des concentrations moyennes et médianes d'azote très faibles dans les lixiviats de téphra. L'étude de Berthelsen et al. (2009) illustre l'influence du matériau parental sur la disponibilité en nutriments. Les sols étudiés proviennent de la province de la Nouvelle-Bretagne occidentale (Papouasie Nouvelle-Guinée) et sont composés de dépôts de téphra mafique. Ils présentent un grave déséquilibre cationique avec une teneur très élevée en calcium par rapport au magnésium, entraînant une carence sévère dans ce dernier. En effet, l'excès de certains éléments peut limiter l'absorption d'autres nutriments essentiels par les racines (Berthelsen et al., 2009). Cette déficience est directement liée à la minéralogie des téphras spécifiques aux sites des études mentionnées, et n'est pas observée de la même manière dans d'autres types de sols. Concernant le potassium, Shoji & Takahashi (2002) observent un déficit dans des sols formés sur des dépôts de téphra basaltique au Japon. Toutefois, les résultats de l'étude de Shoji & Takahashi (2002) sont à mettre en perspective avec ceux de Lowe & Palmer (2005). Ces derniers affirment que les retombées occasionnelles de téphra peuvent immédiatement ajouter des quantités faibles mais bénéfiques de nutriments tel que le potassium, bien qu'ils reconnaissent que certains Andosols peuvent être extrêmement déficients en potassium et autres nutriments (Hewitt, 1998). Cela suggère que la composition spécifique du téphra, les conditions environnementales et l'historique de culture peuvent influencer la disponibilité des nutriments, même en présence de dépôts volcaniques (Lowe & Palmer, 2005).

Il est difficile d'établir des généralités sur les carences minérales courantes dans tous les sols composés de téphra, qu'ils soient peu altérés ou non. La composition élémentaire du téphra d'origine, ainsi que son degré et son type d'altération, sont des facteurs déterminants pour la libération des nutriments (Berthelsen et al., 2009; Shoji & Takahashi, 2002). Sur l'Etna, Egli et al. (2008) ont mesuré une perte nette en calcium, magnésium et sodium, signifiant que ces éléments sont lixiviés du sol à mesure que l'altération des matériaux volcaniques se produit. Cela peut potentiellement conduire à un appauvrissement en cations basiques, même si la notion de « carence », au sens de déficience pour les plantes, n'est pas mentionnée.

En outre, les retombées de téphra améliorent significativement la structure et le drainage du sol. Plusieurs viticulteurs, dont Francesco, décrivent la capacité d'infiltration remarquable de l'eau de pluie dans le sol :

« C'est comme un grand drainage. [...] Même après le déluge, ça absorbe tout. »
- Francesco -

En effet, de nombreuses études reconnaissent que les téphras soumis aux processus d'altération chimique, agissent comme une source naturelle d'amendement minéral pour les sols (Ayrís & Delmelle, 2012; Ciriminna et al., 2022; Dahlgren et al., 2004). Ils améliorent aussi de manière significative certaines propriétés physiques du sol, notamment sa structure et son drainage

(Tejedor et al., 2003). Toutefois, il convient de noter que des particules fines de jeunes dépôt de téphra peuvent avoir l'effet inverse, réduisant ainsi le taux d'infiltration de l'eau (Cook et al., 1981). Il est donc probable que les propos de Francesco renvoient aux propriétés d'un sol composé de téphra altéré, plutôt qu'aux propriétés immédiates d'un dépôt récent de téphra.

- Facteurs influençant l'état phytosanitaire des grappes

D'après les viticulteur.rices, les particules de téphra piégées au sein des grappes, combinées à une forte humidité, favorisent la prolifération de pourriture grise (*Botrytis cinerea*) (Figure 16). Ce risque est particulièrement marqué pour le cépage *Carricante*, majoritairement cultivé sur le versant Est de l'Etna, en raison de la configuration compacte de ses grappes. Antonio détaille ce risque : « Le risque avec notre cépage qu'on on a ici, c'est le *Carricante*. [...] Les grains de cendres vont abîmer les raisins et avec la pluie, le risque c'est toujours la pourriture. » Il souligne toutefois que des conditions météorologiques sèches après les retombées peuvent limiter ce danger, comme ce fut le cas après l'éruption de 2021.

Contrairement aux pathogènes pénétrant par abrasion, la pourriture grise est un champignon à l'origine d'infection opportuniste favorisée par l'humidité. Une humidité relative élevée, combinée à une faible vitesse du vent, crée un environnement propice à la germination des conidies et à la croissance du mycélium de *B. cinerea* (Thomas et al., 1988).

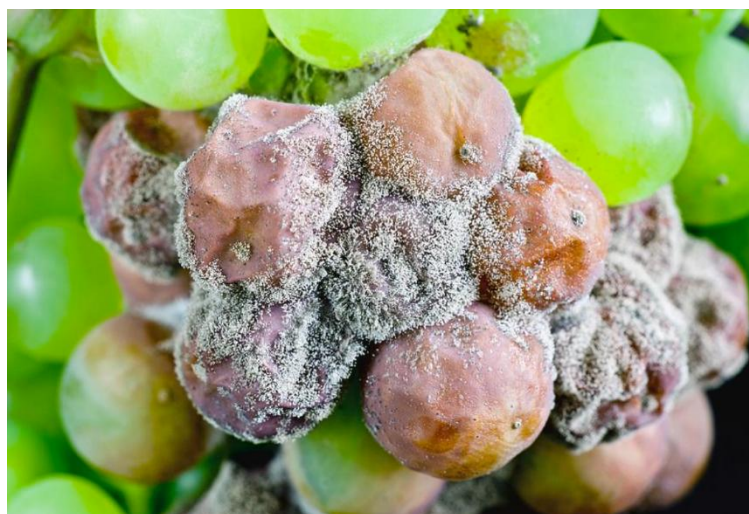


Figure 16 : Grappe de raisins de *Vitis vinifera* infectée par *Botrytis cinerea* (Burgess, 2025)

L'humidité du milieu est accentuée par la présence de particules fines de téphra, dont la grande surface spécifique (surface par unité de masse) favorise l'adsorption des molécules d'eau (Delmelle et al., 2005; Lowell et al., 2004). Ces propriétés laissent penser que la présence de cendres fines au sein des grappes contribue à créer un microclimat humide, favorable au développement fongique. Le phénomène résulte donc d'une interaction entre facteurs environnementaux, caractéristiques variétales de la vigne et nature du dépôt volcanique. Une

autre hypothèse pourrait être que, même si la présence de téphra constitue un facteur aggravant, la configuration des grappes du *Carricante* suffit à elle seule à créer un milieu propice à la prolifération de *B. cinerea*.

Paradoxalement, des propriétés antifongiques du téphra sont également évoquées par un viticulteur, Paolo, suggérant un rôle potentiel du téphra dans la régulation sanitaire de la vigne. Lathem et al. (2011) décrivent en effet des propriétés hygroscopiques du téphra, favorisant l'adsorption de l'eau à sa surface et limitant ainsi l'humidité, facteur propice à la prolifération de champignon. Toutefois, cette observation n'a pas été étudiée dans une perspective d'effet antifongique, et aucun lien direct n'a été scientifiquement établi. L'absence d'études couvrant ce sujet laisse ainsi en suspens les questions relatives au fonctionnement, aux conditions et à l'efficacité de cette propriété antifongique. Ces caractéristiques ambivalentes du téphra contribuent à la vision complexe que les acteurs locaux portent sur ce phénomène volcanique.

- Répercussions sur le processus de pressage et de vinification

La présence de téphra au moment des vendanges complique les opérations de tri et de pressurage comme rapporté par les viticulteurs. L'adhérence des particules fines aux baies rend leur élimination difficile, ce qui entraîne leur transfert vers les pressoirs et les cuves de fermentation. Antonio décrit cette situation : « *Il y a toujours la cendre qui peut se trouver entre les raisins et on ne peut pas les nettoyer avant de les amener à la cave.* »

La présence de particules de cendres peut endommager le matériel de pressurage, notamment les membranes des pressoirs pneumatiques, représentant un coût potentiel important et une usure prématurée du matériel viticole. De plus, le dépôt des cendres dans les cuves en fin de fermentation, peut modifier la composition du vin et nécessiter des analyses complémentaires. Cette situation est illustrée par l'expérience de Antonio en 2021 lors de la fermentation : « *On avait un dépôt important de cendres dans les cuves et on a fait toutes les analyses pour essayer de voir s'il y avait aussi une quantité importante de cuivre.* »

La présence de téphra au moment des vendanges soulève des enjeux techniques notables pour la transformation du raisin. Plusieurs travaux rapportent également ce constat, signalant des dommages au matériel agricole et des processus de corrosion métallique (Blong, 1984; Neild et al., 1998; Wilson et al., 2014). Comme le propose Craig (2015) dans sa thèse, ces dégâts doivent être intégrés aux fonctions de vulnérabilité des agro-systèmes.

Au-delà des aspects mécaniques, le dépôt du téphra dans les cuves de fermentation soulève la question de l'éventuelle migration d'éléments tels que le cuivre vers le vin. Les cendres volcaniques, dont celles issues du téphra de l'Etna, contiennent naturellement du cuivre, élément présent dans les verres basaltiques formés par le refroidissement des magmas (Lanzirotti et al., 2019). Selon le Règlement (UE) 2019/934 (2019) de l'Union européenne, la concentration maximale de cuivre autorisée dans les vins finis est fixée à 1 mg/L, conformément aux recommandations de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV). Ce seuil est

initialement établi pour limiter l'usage abusif de composés auxiliaires technologiques utilisés pour corriger les défauts du vin (tels que le sulfate de cuivre pentahydraté et le citrate de cuivre). Il vise également à limiter les risques pour la santé humaine, le cuivre étant potentiellement toxique au-delà de 5 mg par jour pour un adulte, bien qu'il s'agisse d'un micronutriment essentiel (EFSA et al., 2023).

Bien que Ayris & Delmelle (2012) abordent la solubilité du cuivre présent dans le téphra dans les solutions aqueuses, la littérature parcourue ne fournit pas d'information spécifique sur la capacité de ce cuivre à se dissoudre dans un milieu tel que le vin, caractérisé par un pH acide et une forte teneur en composés organiques. Ainsi, en l'absence de données spécifiques sur la solubilité du cuivre issu des cendres dans le vin, cette problématique reste ouverte. L'initiative des viticulteur ayant fait procéder à des analyses souligne néanmoins la vigilance nécessaire face à ce risque potentiel.

- Coûts économiques (entretien et dégâts du matériel)

Parmi les effets indirects des retombées de téphra, les viticulteur.rices mentionnent que celles-ci génèrent des coûts liés à l'usure accélérée et à la casse du matériel agricole liée à leur abrasivité. Antonio mentionne ce risque en évoquant les dommages potentiels au pressoir pneumatique, affirmant que « *c'est un investissement très important* ». À titre indicatif, le coût d'acquisition de cet équipement peut varier entre 24 000 € et 48 000 € sur les sites de ventes en ligne⁷.

Francesco offre une perspective contrastée. Bien qu'il reconnaisse ces dépenses : « *C'est vrai qu'on a de la casse. [...] ça coûte de l'argent, on paie les factures* », il semble en minimiser la portée économique : « *Ce n'est pas parce qu'on est sur un volcan actif que nous sommes des zones viticoles qu'il faut aider. Non, on doit juste s'organiser* ».

L'objectif n'étant pas de faire une analyse économique détaillée, Francesco n'a pas précisé les coûts spécifiques ou le type de matériel concerné par ses propos. Cependant, la manière dont il aborde le remplacement des équipements suggère une capacité financière significative. Ces témoignages mettent en évidence la nécessité de contextualiser ces coûts par rapport aux marges de bénéfices des exploitations. En effet, les structures de petite taille ne disposent pas nécessairement des mêmes ressources pour faire face à de telles dépenses imprévues, contrairement à des exploitations dont la rentabilité permet d'absorber plus aisément ces frais.

- Perturbations logistiques et accessibilité

⁷ Presse pneumatique PNEUS 16. (s. d.). Polsinelli Enologia Srl. Consulté 26 mai 2025, à l'adresse <https://www.polsinelli.it/fr/presse-pneumatique-pneus-8-P4949.htm>

Pressoirs à Vin. (s. d.). Sraml. Consulté 6 août 2025, à l'adresse <https://sraml.com/fr/categorie-produit/vinification-fr/pressoirs-a-vin/>

Selon les viticulteur.rices, les retombées de téphra peuvent occasionnellement perturber la logistique, notamment en entraînant des restrictions de circulation pour certains types de véhicules, comme l'a observé Angela qui a relevé « des routes avec dix centimètres de cendre » après l'éruption de juillet 2024 . Toutefois, le nettoyage des routes est « *assez rapide* », indique Angela, qui relativise également cet impact, le considérant comme « *relativement marginal* ».

- Charge de travail supplémentaire

Le nettoyage répétitif des infrastructures (toits, sols, équipements) constitue une charge de travail supplémentaire considérable pour les viticulteur.rices :

« I have to clean the roof. I have to clean all the floor. I have to clean everything. But it's a problem for me. Not for the plant. »

- Paolo -

La fréquence élevée des éruptions et la charge de travail induite peuvent avoir un impact non négligeable sur le moral et engendrer une fatigue importante chez les viticulteur.rices. L'année 2021, avec ses « *66 éruptions* », est citée par Antonio comme une période particulièrement éprouvante : « *On était vraiment trop fatigués* ».

5.3 Stratégies d'adaptation face aux retombées de téphra

Face aux contraintes multiples liées aux retombées de téphra, les viticulteur.rices de l'Etna mobilisent un ensemble de stratégies adaptatives, combinant savoirs traditionnels, innovations techniques et ajustements organisationnels. Ceci nous amène à la question suivante :

Quelles stratégies d'adaptation techniques et organisationnelles sont mises en œuvre face aux retombées de téphras ?

Cette section propose une analyse structurée de ces pratiques, réparties selon quatre axes principaux : la conduite de la vigne, les limites aux stratégies adaptatives de conduite de la vigne, la gestion du matériel végétal et la diversification spatiale comme levier de résilience. La Figure 17 reprend l'ensemble de ces stratégies en précisant leur fréquence d'occurrence parmi les huit viticulteur.rices. Une stratégie adaptative est comptabilisée dès lors qu'elle a été mentionnée au moins une fois par un ou une viticulteur.rice au cours de l'entretien. Ainsi, une fréquence de 100 % signifie que tous les viticulteur.rices ont évoqué cette stratégie. Il convient

cependant de préciser que l'absence de mention d'une stratégie ne signifie pas nécessairement que le ou la viticulteur.rice ne la pratique pas au sein de son exploitation.

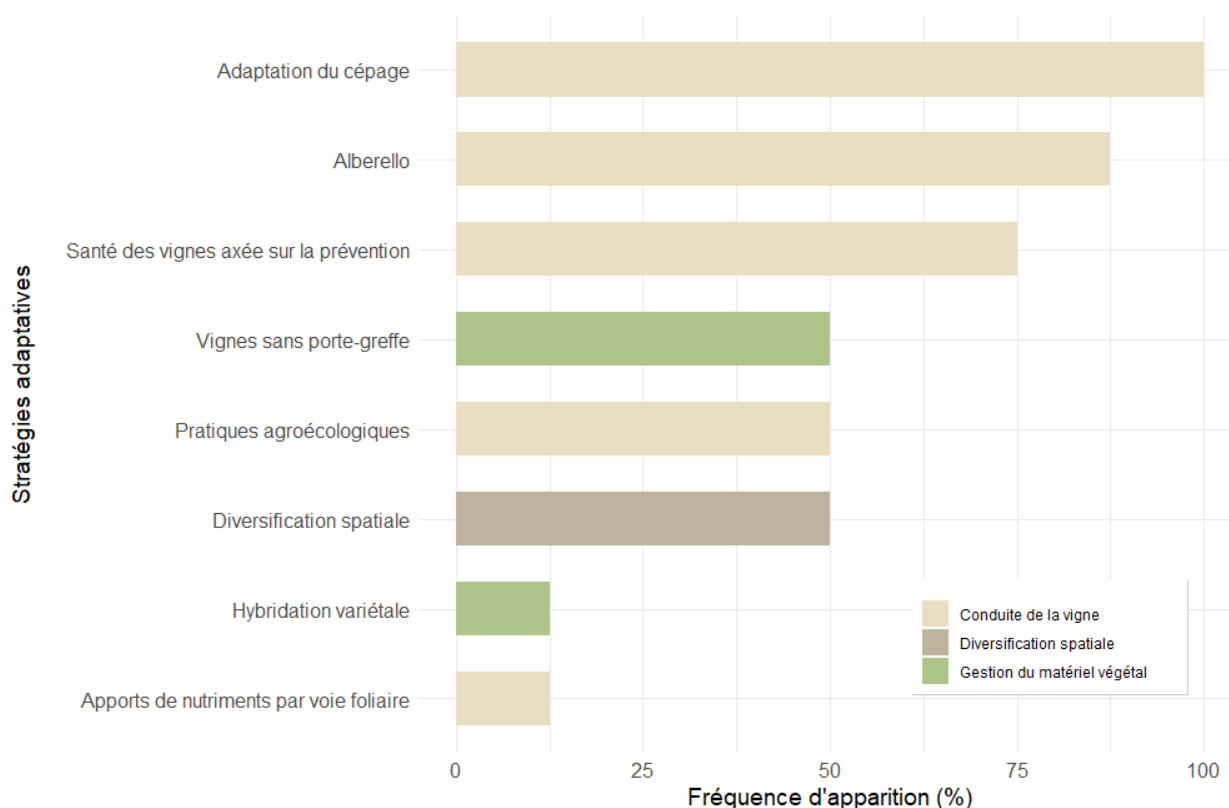


Figure 17 : Fréquence d'apparition en % des stratégies d'adaptations développées par les viticulteurs de l'Etna face aux retombées de téphra sur leurs vignobles dans les entretiens. N=8

5.3.1 Conduite de la vigne

- Alberello et protection foliaire

Comme observé sur le terrain et décrit dans la littérature, le système de conduite traditionnel de la vigne sur l'Etna, connu sous le nom de « *alberello etneo* », repose sur une architecture végétale basse et autoportante, avec tuteur pour les jeunes vignes (Cavallaro, 2023) (Figure 18). Comme l'explique Antonio, cette morphologie spécifique permet à la plante de développer un couvert foliaire dense formant une sorte de « *parapluie* » naturel au-dessus des grappes.

« Quand on regarde le feuillage, on laisse développer la vigne naturellement, donc ça fait comme un parapluie, et naturellement les feuilles vont protéger les raisins ».

- Antonio -

Cette configuration végétale agit comme une première barrière contre les agressions extérieures, notamment les retombées de téphra. Son efficacité est soulignée par Angela, qui

estime que « grâce à la protection des feuilles, [le téphra] n'a jamais vraiment causé de dommages majeurs ».

Par ailleurs, la gestion du couvert foliaire répond également à des objectifs agronomiques indépendants du risque volcanique. La protection contre l'insolation directe est fréquemment évoquée par les viticulteur.rices comme une motivation prioritaire, notamment pour préserver l'équilibre physiologique des baies et éviter une altération du taux de sucre attendu due à une insolation excessive. Ainsi, plusieurs viticulteur.rices maintiennent intentionnellement un feuillage dense indépendamment du risque volcanique. D'après eux, la pratique courante implique souvent de ne réaliser un effeuillage ciblé que très tardivement, environ dix jours avant le vendage, afin d'optimiser la maturation finale des grappes sans compromettre leur protection durant la majeure partie de la saison.



Figure 18 : Photo de la conduite de vigne en *alberello*

Le couvert foliaire dense joue également un rôle dans la régulation du microclimat de la vigne. Cette propriété n'a pas été explicitement décrite par les viticulteur.rices, mais elle est évoquée dans la littérature. En limitant l'interception directe du rayonnement solaire (Castro et al., 2005), le couvert foliaire contribue à modérer les températures au sein des vignobles. Matese et al. (2012) ont ainsi observé des températures plus basses dans les vignobles présentant un couvert végétal plus dense. Bien que leur étude ne prenne pas en compte les dépôts volcaniques, ces résultats suggèrent que cette densité foliaire pourrait indirectement jouer un rôle tampon et atténuer les effets thermiques liés à l'augmentation de l'albédo provoquée par les couches de téphra au sol.

L'adoption du système *alberello* doit être mise en perspective avec d'autres formes de conduite viticole. Ce mode de culture traditionnel permet une densité de plantation relativement élevée, les ceps étant disposés de manière à maximiser le nombre de pieds par hectare tout en évitant

la concurrence entre les plants (I Vigneri di Salvo Foti, 2021). Toutefois, cette configuration présente des limites en termes de mécanisation. Contrairement à la conduite en *spalliera*, qui facilite les traitements phytosanitaires et la récolte mécanisée, le système *alberello* repose sur des interventions manuelles, nécessitant une main-d'œuvre plus abondante (Cavallaro, 2023).

- Apports de nutriments par voie foliaire

Comme présenté dans la section Effets du téphra sur les vignobles et la vinification sur les modifications des propriétés du sol, les viticulteur.rices interrogés rapportent la présence de déséquilibres minéraux dans leurs sols. Ce déséquilibrée peut conduire à des carences nutritionnelles chez la vigne notamment en magnésium, azote et potassium comme observé chez Antonio. Pour remédier à ces déséquilibres, les viticulteur.rices ont recours à la fertilisation foliaire, utilisée comme stratégie corrective. Antonio décrit cette pratique comme un moyen de « *rebalancer la différence de quantité de minéraux qui sont présents dans le sol* ».

La fertilisation foliaire permet un apport ciblé des nutriments, absorbés directement par les feuilles et transportés vers d'autres organes (Bindraban et al., 2015; Fernández & Eichert, 2009). Elle offre ainsi un réapprovisionnement en éléments minéraux rapide et efficace (Niu et al., 2021). Cette technique est largement utilisée en agriculture pour corriger les carences minérales (Fernández & Eichert, 2009). Elle repose sur l'application de sels inorganiques par pulvérisation contenant des nutriments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium, le fer et le zinc, entre autres (Niu et al., 2021; Stojanova et al., 2024).

Toutefois, son efficacité peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment le stade phénologique de la vigne au moment de l'application, la température, l'intensité lumineuse, ou encore l'humidité (Fernandez & Brown, 2013; Fernández & Eichert, 2009).

- Pratiques agroécologiques comme levier de résilience face aux retombées de téphra

Plusieurs viticulteur.rices de l'Etna intègrent des pratiques agroécologiques dans la gestion de leur exploitation. L'agroécologie, en tant que concept multiscalaire, peut être envisagée comme une science, un mouvement social ou un ensemble de pratiques (Wezel et al., 2009). Dans le cadre de cette analyse, seule la dimension des pratiques agroécologiques sera abordée. Shiming & Gliessman (2016) définissent les pratiques agroécologiques comme « *des méthodes écologiquement saines qui peuvent équilibrer et améliorer tous les services écosystémiques fournis par les agroécosystèmes et, par conséquent, contribuer au développement durable de l'agriculture.* »

Les pratiques agroécologiques observées chez les viticulteur.rices interviewés s'inscrivent sur un continuum allant de l'introduction d'éléments favorables à la biodiversité à la conception d'un agroécosystème intégré. Certains viticulteur.rices implantent ainsi des arbustes et arbres,

comme des châtaigniers, en bordure de leurs parcelles afin de favoriser la biodiversité fonctionnelle. Trois d'entre eux valorisent les co-produits de la vinification en compostant le marc de raisin, seul ou en mélange avec du fumier, parfois en collaboration avec des éleveurs locaux. Maria, de son côté, met en place une interculture de légumineuses entre les rangs de vignes. Ces plantes, capables de fixer l'azote atmosphérique (Guinet et al., 2019), sont ensuite broyées et restituées au sol, fournissant un apport en azote et contribuant à la fertilité des sols.

Paolo développe une approche plus systémique ; il a pensé son exploitation comme un agroécosystème diversifié pour maximiser les services écosystémiques et renforcer la résilience face aux retombées de téphra. Il adopte la polyculture⁸ pour ses bénéfices environnementaux, économiques et sociaux. Sur le plan environnemental, il favorise la biodiversité (Vandermeer et al., 1998), reconnue pour améliorer la résilience de l'agroécosystème face aux retombées de téphra (Ágústsdóttir, 2015). La présence d'une végétation haute dans son exploitation, comme des arbres, permet de jouer un rôle de barrière face aux retombées de téphra (Ágústsdóttir, 2015). L'intérêt de la polyculture n'est pas seulement écologique, il est aussi économique et social. Économiquement, la diversification des cultures permet une stabilité des revenus, en réduisant la dépendance à une seule culture. Sur le plan social, elle garantit un emploi continu aux ouvriers agricoles tout au long de l'année, en s'opposant à la précarité du travail saisonnier que Paolo qualifie d'« *esclavage moderne* »⁹. En effet, l'étude de Choumert-Nkolo & Phélinas (2019) affirment que la diversification du travail est un levier essentiel pour l'adaptation et la résilience des ménages agricoles vivant sous la menace de catastrophes naturelles.

Le défi majeur de cette approche en polyculture réside cependant dans la gestion complexe de l'équilibre entre des cultures aux exigences parfois différentes. Paolo illustre parfaitement ce point avec l'exemple de la gestion de l'humidité : « *If it's humid, it's good for avocado, but it's not so good for the vineyard. And this is the compromise* ». Trouver un équilibre entre les besoins parfois divergents des cultures représente, selon ses mots, le véritable « challenge ». Toutefois, cet effort lui permet d'atteindre une forme de stabilité, notamment en diversifiant les productions et en amortissant les effets des aléas.

Ainsi, la mise en place de systèmes agricoles favorisant la santé des écosystèmes renforce leur résilience face aux retombées de téphra, en réduisant notamment le temps nécessaire à leur rétablissement (Ágústsdóttir, 2015). Selon l'UNDRR (2015b), la santé des écosystèmes et la gestion durable de l'environnement constituent des leviers fondamentaux dans la prévention et la réponse aux aléas.

- Santé des vignes axée sur la prévention

⁸ Système agricole reposant sur l'association de plusieurs cultures dans un même espace-temps, visant à renforcer les services écosystémiques, tels que la biodiversité, les interactions entre plantes et la régulation naturelle des ravageurs (Adamczewska-Sowińska & Sowinski, 2020; Duvick, 2007; Vandermeer et al., 1998).

⁹ Traduction de « Modern slavery »

Trois quart des viticulteur.rices interrogés orientent leur gestion phytosanitaire de leurs vignobles sur la prévention. Certains assurent une surveillance quotidienne de l'état de santé des vignes. Giuseppe applique en outre, des traitements préventifs de cuivre ou de soufre, notamment pour faire face à l'humidité et aux maladies. Dans les vignobles conduits en *alberello*, où la mécanisation est difficile, les traitements phytosanitaires sont souvent réalisés manuellement, ce qui nécessite une organisation rigoureuse. Francesco décrit une organisation quasi « *militaire* » requise lors des périodes critiques. Roberto, pour sa part, investit dans la formation des ouvriers agricoles pour renforcer l'efficacité des pratiques de soin apportées aux vignes. Enfin, Angela ajoute qu'elle a recours à des expertises externes pour veiller à un bon suivi phytosanitaire. L'expérience et la compétence des équipes apparaissent donc comme des ressources déterminantes.

Les témoignages des viticulteur.rices de l'Etna montrent une approche préventive dans la gestion phytosanitaire qui révèle une conscience aiguë des vulnérabilités du vignoble. Du point de vue théorique, Acuña et al. (2023) rappellent que les plantes assurent des fonctions écosystémiques majeures (régulation climatique, stabilisation des sols, cycle des nutriments). Leur bon état sanitaire conditionne donc la résilience globale de l'écosystème agricole. Dans le cas spécifique des retombées de téphra, les travaux d'Ágústsdóttir (2015) mettent en évidence que les écosystèmes en bonne santé se rétablissent plus rapidement.

5.3.2 Limites aux stratégies adaptatives de conduite de la vigne

Parmi les stratégies d'adaptation présentées, la conduite en *alberello* et les pratiques agroécologiques sont des pratiques qui demandent une main d'œuvre particulièrement importante.

Outre ces pratiques, six viticulteur.rices sur huit ont opté pour une viticulture en agriculture biologique¹⁰, impliquant une gestion sanitaire rigoureuse et à forte intensité de main-d'œuvre. En effet, les réglementations en agriculture biologique limitent strictement l'application d'agents phytosanitaires nocifs pour les sols et les écosystèmes et favorisent les mesures préventives (Règlement d'exécution UE 2021/1165, 2021). Pour compenser ces exigences, les producteurs adoptent d'autres pratiques alternatives – comme une surveillance quotidienne de l'état sanitaire des vignes – qui ont tendance à renforcer la dépendance à une main-d'œuvre qualifiée.

Or, cette demande en effectifs constitue un facteur limitant à la mise en œuvre de certaines pratiques adaptative aux retombées de téphra, notamment celles qui reposent sur la conduite en *alberello*, les pratiques agroécologiques et la surveillance quotidienne de l'état sanitaire des

¹⁰ « L'agriculture biologique est un système de production qui préserve la santé des sols, des écosystèmes et des personnes. Elle s'appuie sur des processus écologiques, la biodiversité et des cycles adaptés aux conditions locales, plutôt que sur l'utilisation d'intrants aux effets néfastes. L'agriculture biologique combine tradition, l'innovation et la science pour bénéficier à l'environnement commun et promouvoir des relations équitables et une bonne qualité de vie pour toutes les parties concernées. »

vignes. Plusieurs viticulteur.rices interrogés font l'état d'une difficulté croissante à recruter une main-d'œuvre qualifiée et disponible. Ce manque de personnel constitue un frein concret au développement de nouvelles activités comme le souligne Antonio, qui insiste sur la nécessité de trouver des collaborateurs partageant la même vision pour avancer : « *S'il y a quelqu'un qui nous aide, qui est dans le même esprit familial, on a plein de projets qu'on voudrait réaliser* ». Plus largement, cette pénurie de main-d'œuvre constitue un obstacle à la diversification du travail, pourtant identifiée comme un levier essentiel de résilience pour les ménages agricoles confrontés aux catastrophes naturelles, telles que les éruptions volcaniques (Choumert-Nkolo & Phélinas, 2019).

5.3.3 Gestion du matériel végétal

- Adaptation du cépage au type de sol

Compte tenu de la forte variabilité pédoclimatique qui caractérise les versants de l'Etna (Chester et al., 2011; Soldati & Marchetti, 2017), l'adaptation des cépages aux conditions locales constitue une stratégie agronomique centrale pour les viticulteur.rices. La sélection variétale des viticulteur.rices prend en compte la variabilité intra-parcellaire afin d'adapter les cépages aux conditions spécifiques de chaque zone, même à petite échelle. De fait, la délicatesse d'un cépage varie fortement en fonction de son inadéquation au microclimat et au type de sol. Giorgio a observé cette variabilité entre le *Nerello Mascalese* et le *Nerello Cappuccio* au sein de son vignoble :

« *Le Capuccio n'est pas un cépage particulièrement délicat, mais [...] sur ce terrain ci, avec les paramètres propres à ce vignoble ci, ça devient ce genre de rendu plus délicat.* »

- Giorgio -

Selon lui, le comportement du *Nerello Cappuccio* dans cette parcelle reflète une forme d'inadaptation au milieu. Cette inadéquation se traduit concrètement par la nécessité d'apporter au *Nerello Cappuccio* trois fois plus de soins et de traitements qu'au *Nerello Mascalese*, ainsi que par un rendement massique deux fois plus faible.

Pour limiter ce genre d'inadéquation, tous les viticulteur.rices établissent le choix du cépage sur une analyse physico-chimique approfondie de leurs sols. Un exemple de rapport d'analyse, incluant l'ensemble des paramètres mesurés en laboratoire, est présenté dans l'Annexe C : . Parmi ces paramètres figurent notamment : la texture (sable, limon, argile), le calcaire total et actif (CaCO_3), l'azote total, le carbone organique, le rapport C/N, le pH, etc. Le choix du cépage fait ensuite l'objet d'une discussion avec un œnologue et un agronome, en tenant également compte des attentes du marché. Comme le souligne Angela :

« *Les cépages ont été choisis pour pouvoir s'adapter, répondre et exploiter cette spécificité du sol à chaque fois différente.* »

- Angela -

D'après la littérature, le microclimat joue un rôle très important dans la santé, le développement et la productivité des cultures, ce qui contribue implicitement à leur résilience face aux aléas climatiques (Marchetti et al., 2016; Rukhsana et al., 2021). Bien que la littérature existante porte principalement sur la résilience des cultures face aux aléas climatiques, il est envisageable, par extension, de formuler l'hypothèse qu'une bonne adéquation entre un cépage et son environnement microclimatique constitue également un facteur de résilience face à d'autres perturbations, telles que les retombées de téphra.

- Plantation des vignes sans porte-greffe

Le manque d'eau pose un défi croissant pour les viticulteur.rices interrogés sur l'Etna. Cela compromet l'état de santé de la vigne et potentiellement sa capacité à résister à une exposition au téphra. Dans ce contexte, un intérêt émerge pour la culture de vigne non greffée (franches de pied) qui semble mieux résister au manque d'eau et bien s'adapter à son milieu. Cette technique est expérimentée chez près de la moitié des viticulteur.rices interrogés. Pour le moment, Antonio dit voir « *de moins en moins de mortalité* » grâce à cette technique. Cette réflexion, active parmi les viticulteur.rices, remet en question la pertinence systématique du greffage :

« On commence aussi à se poser la question si planter les vignes avec greffage, c'est quelque chose qui fonctionne avec notre sol ou si retourner à cultiver les vignes comme on faisait ici sans greffage [serait plus adapté]. »

- Antonio -

D'autres bénéfices de cette pratique sont mentionnés par les viticulteur.rices : Francesco décrit une physiologie optimisée où, sans porte-greffe, « la sève coule plus vite, c'est comme une autoroute », pouvant conduire à « des pH légèrement plus bas » dans le vin. Antonio y voit la possibilité d'avoir « un contact plus direct, plus expressif » entre le sol, la vigne et le vin, générant des vins jugés « complètement différents ». Des méthodes comme la sélection massale sont parfois employées pour obtenir ce matériel végétal. Il convient toutefois de noter que le temps d'établissement de ces vignes est plus long, nécessitant « *un an ou deux ans de plus pour former le système racinaire* » d'après Antonio. Certains viticulteur.rices envisagent un plan de réforme de leur vignoble pour petit à petit remplacer les plants par des vignes franches de pied.

Cependant, la plantation de vignes franches de pied se heurte à des contraintes réglementaires. Comme le souligne Antonio, l'obtention d'un passeport phytosanitaire, obligatoire pour tous les plants de vigne, s'avère plus complexe pour les vignes franches de pied. L'Union européenne n'interdit pas explicitement la mise en végétation de vignes non greffées, mais les exigences phytosanitaires imposées restreignent fortement leur circulation et leur commercialisation (Règlement d'exécution UE 2019/2072, 2019).

Pour assurer leurs expérimentations, Antonio et Francesco collaborent avec des institutions externes telles que l'Université de Catane dans le cadre d'une étude sur sept ans ou encore un pépiniériste spécialisé, afin de continuer leurs expériences sans porte-greffe. Antonio insiste sur

la nécessité d'une validation scientifique : « *Il faut toujours être bien accompagné par une étude scientifique parce que [...] les réglementations européennes sont générales et pas spécifiques aux sols* ».

Enfin, l'approche ne fait pas consensus ; Roberto, par exemple, la juge trop risquée, soulignant le manque de preuves scientifiques validées sur le long terme :

« *You really need to challenge Fortune to ungrafted. It might work well, but it might not. And then maybe after 20 or 30 years, you lose the vineyard.* »

- Roberto -

Les bénéfices attribués à la vigne franche de pied, notamment la production d'un vin *plus « expressif »* et le « *contact direct* » avec le terroir rapportés par Antonio et Francesco, trouvent un écho dans les revues œnologiques (Abellan, 2021; Fritsch, 2022).

Cependant, les études scientifiques comparant systématiquement la performance des plants greffés et non greffés demeurent rares. Trois études seulement se révèlent pertinentes. Les études de Toumi et al. (2007), sur le stress hydrique, et de Hanana et al. (2014), sur le stress salin sur les vignes franches de pied, montrent que la tolérance à ces stress abiotiques varie fortement selon le cultivar et son interaction avec la présence ou non d'un porte-greffe. Aucune configuration (greffée ou non greffée) ne présente de supériorité systématique. De plus, (Herbert et al., 2006) confirme explicitement que *Vitis vinifera* non greffé est très vulnérable aux attaques de phylloxéra. L'épidémie de phylloxéra à la fin du 19ème siècle, ayant décimé pratiquement tous les vignobles non greffés en Europe, reste une mise en garde quant aux risques sanitaires des vignes franches de pied et souligne la nécessité de mesures phytosanitaires préventives. Ces éléments montrent que l'intérêt croissant pour la vigne franche de pied ne peut se traduire en solution généralisable sans validation scientifique approfondie ni évolution du cadre légal. Le potentiel agronomique et œnologique de cette technique doit être évalué à l'échelle locale, par des essais comparatifs rigoureux. En parallèle, le maintien de garanties sanitaires strictes apparaît indispensable pour éviter de réactiver une vulnérabilité historique des vignobles européens.

- Hybridation variétale

La gestion du matériel végétal passe également pour Francesco par l'hybridation variétale visant à améliorer l'adaptation de la vigne au milieu. Francesco considère cette approche comme essentielle pour un domaine cherchant à anticiper les défis à venir : « *un domaine viticole sérieux doit travailler sur le végétal [...] pour prévoir les éventuels problèmes qu'on ne connaît même pas* ».

Il expérimente ainsi deux démarches complémentaires. D'une part, il effectue des croisements variétaux in situ, tels que le croisement entre Pinot Fin et Nerello, dans une optique d'innovation génétique. D'autre part, une collaboration avec la pépinière de l'institut de San Michele all'Adige a été initiée pour développer des clones de Nerello Mascalese moins sensibles aux

viroses, par culture in vitro. Ce projet, initié il y a cinq ans, vise également à étudier des caractéristiques agronomiques : « *pour voir si les grappes sont plus compactes, moins compactes* ».

Cette approche pourrait, à terme, contribuer à une meilleure résilience face aux retombées de téphra. Comme mentionné précédemment, les grappes trop compactes tendent à piéger les particules volcaniques, augmentant les risques de blessure des baies et de contamination du vin. Si l'hybridation variétale est largement étudiée en viticulture, notamment pour l'adaptation climatique ou la résistance aux maladies (Atucha et al., 2018; Wang et al., 2022), elle reste très peu explorée dans le contexte des risques volcaniques, et notamment en ce qui concerne les retombées de cendres.

5.3.4 Diversification spatiale comme levier de résilience

La répartition des parcelles viticoles sur plusieurs versants ou *contrade*¹¹ de l'Etna est une stratégie adaptative pratiquée par au moins 50% des viticulteur.rices interrogés. Cette dispersion géographique est illustrée par Roberto, qui gère des vignobles répartis sur les flancs Nord, Est et Sud : « *Les 50 hectares ne sont pas regroupés en un seul endroit, mais dispersés sur les [différents versants du volcan]* »¹². Antonio confirme que cette pratique est courante : « *on a des vignes ici, on a des vignes sur le côté nord, on a des vignes aussi sur le côté nord-ouest, comme la majorité des domaines* ».

Si l'objectif premier avancé par Roberto pour justifier cette stratégie est l'optimisation qualitative, visant à exploiter les meilleurs terroirs pour chaque type de vin, Antonio, lui, souligne la nécessité de « *toujours essayer de diversifier* ». Cette diversification spatiale constitue aussi un levier important de résilience. En ne concentrant pas l'ensemble de la production sur une seule zone, les viticulteur.rices répartissent les risques liés à l'hétérogénéité spatiale des aléas sur l'Etna.

¹¹ lieux-dits traditionnels

¹² Traduit de « *50 ha are not in one goal, but scattered throughout the [different sides of the volcano]* »

5.4 Diversité de résiliences

L'analyse des entretiens menés sur le territoire de l'Etna, combinée à la littérature scientifique, révèle une diversité de stratégies d'adaptation et de résilience face aux retombées de téphra qui est fortement corrélée à la taille et à l'organisation des exploitations. Ceci nous a mené à la question suivante :

Comment les pratiques viticoles et les stratégies d'adaptation diffèrent-elles selon les profils d'exploitations ?

Afin de mieux saisir ces disparités, deux profils types d'exploitation ont été construits à partir des entretiens (cf.

Tableau 5), correspondant à deux pôles d'un continuum d'organisations viticoles observées sur le terrain (Figure 19). Ce ne sont pas des catégories rigides mais celles-ci éclairent les tendances contrastées observées sur le terrain. Ces profils permettent de structurer l'analyse, bien qu'ils simplifient une réalité plus nuancée.

La taille de l'exploitation constitue un déterminant clé des capacités d'adaptation technique et économique face aux retombées de téphra, en influençant notamment les modes de production et les possibilités d'investissement. Avec une superficie moyenne de 2,8 ha, les exploitations viticoles siciliennes sont de taille modeste (Ufficio Regionale di Censimento, 2016) et souvent divisées en plusieurs parcelles distinctes, traduisant une fragmentation foncière (Tudisca et al., 2014). Cette configuration des exploitations révèle une faible compétitivité, notamment en raison de coûts de production accrus et une capacité d'innovation et d'investissement limitée (Tudisca et al., 2012), restreignant la capacité des viticulteur.rices à s'adapter face aux retombées de téphra. Toutefois, les exploitations viticoles de l'Etna, même de petite taille, bénéficient d'un contexte territorial et institutionnel favorable. La valorisation du terroir par le label Etna DOC permet de positionner les vins sur des marchés de niche à forte valeur ajoutée (Alonso González et al., 2017; Tudisca et al., 2014). Ce positionnement favorise l'intégration verticale¹³, y compris chez les petits producteurs, qui vinifient et commercialisent leur vins eux-mêmes (Chinnici et al., 2013). Dans le cadre de l'Etna, l'intégration verticale permet au producteur de capter une plus grande part de la valeur ajoutée en maîtrisant la commercialisation, le prix final et le circuit de distribution (vente directe, œnotourisme, exportation pour les marchés de niche, etc.) avec une large gamme de possibilités offertes par le label Etna DOC. De plus, le cadre unique mêlant viticulture, terroir et volcan renforce la compétitivité de l'ensemble de la filière (Tassinari et al., 2010; Tudisca et al., 2014).

¹³ L'intégration verticale est une stratégie par laquelle une entreprise contrôle plusieurs étapes de sa chaîne de valeur, depuis les matières premières jusqu'au consommateur (Midttun, 2001; Tudisca et al., 2014).

Tableau 5 : Descriptions des profils types des exploitations sur l'Etna

	Profil A	Profil B
Taille de l'exploitation	▸ Grande exploitation (≥ 15 ha)	▸ Petite exploitation (< 15 ha)
Vision de l'exploitation	▸ Modernisation et technologies (combinaison de conduite <i>a spalliera</i> et de machines agricole) ▸ Processus de vinification technologique et plus coûteux en énergie	▸ Vision incluant notamment des principes agroécologiques ou une défense des méthodes traditionnelles ▸ Pratiques moins coûteuses en énergie (ex : vinification dans des amphores en terre cuite qui permettent un maintien de la température sans système de refroidissement)
Stratégie de valorisation du vin	▸ Axée sur le terroir ▸ Axée sur la pureté et la finesse du vin capturée grâce aux technologies de vinification (cuve en inox, suivi des paramètres du vin comme la température, etc.)	▸ Axée sur le terroir ▸ Axée sur l'histoire, la tradition et/ou les convictions propres à l'exploitation
Degré d'intégration dans la chaîne de valeur	▸ Toujours une intégration verticale totale	▸ Intégration verticale totale et parfois partielle : dans certains cas, la vinification est sous-traitée à un tiers, mais la commercialisation et la distribution du vin restent assurées par le ou la viticulteur.rice.
Main d'œuvre	▸ Saisonnière	▸ Fixe (main d'œuvre locale employée à l'année)

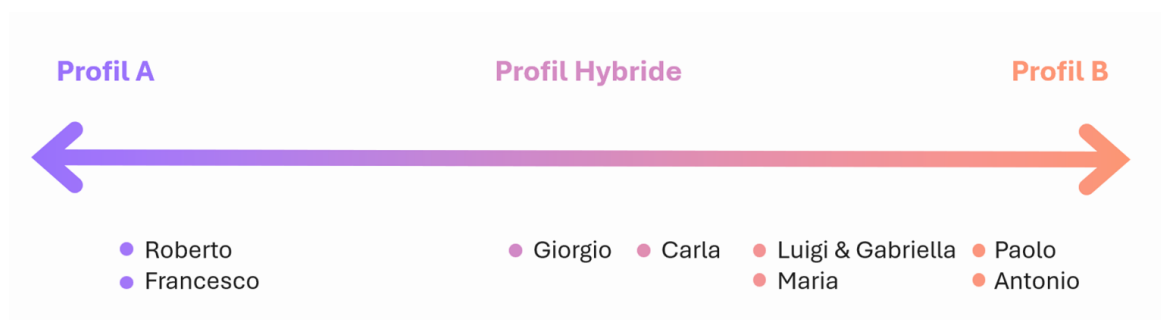


Figure 19 : Positionnement des exploitations de l'étude sur le continuum de situations entre les deux profils d'exploitations décrits dans le

Tableau 5

Le Tableau 6 synthétise les principales différences observées dans les mécanismes de résilience face aux retombées de téphra selon le profil des exploitations viticoles (profil A et profil B). Il met en évidence les formes de résilience déployées selon plusieurs dimensions : économique, commerciale, sociale et écologique. La comparaison entre les formes de résilience selon les profils met en lumière deux dynamiques plus larges qui orientent les adaptations locales. Ces dynamiques rejoignent celles décrites par Petino et al. (2023) : un retour aux pratiques rurales et traditionnelles ; et, une intensification des logiques productivistes. Ils soulignent que ces deux dynamiques coexistent sur l'Etna.

Les exploitations de profil A misent sur la modernisation, l'intégration verticale complète de la chaîne de production, et une image de pureté du vin traduite grâce à du matériel technologique.

« On produit des vins, ni dans les barriques, ni dans le bois. Ça veut dire que nos vins sont plus pure. »
- Francesco -

Elles peuvent investir dans des équipements permettant un contrôle précis de la qualité, répondant ainsi aux exigences du marché premium. Ces caractéristiques leur confèrent une résilience économique élevée, avec une certaine marge de manœuvre pour expérimenter ou absorber des pertes ponctuelles dues aux retombées de téphra.

À l'inverse, les exploitations de profil B, plus petites et parfois familiales, valorisent davantage l'histoire, les traditions, ou des principes agroécologiques. Elles s'appuient sur une main d'œuvre fixe assurant ainsi une stabilité organisationnelle et une capacité à mobiliser des personnes en cas d'éruption pour le nettoyage de cendres par exemple. Ce modèle repose davantage sur des formes de résilience sociale (entraide, réseaux locaux) et écologique (diversification, agroécologie).

Ces différences ne doivent pas masquer l'existence d'un continuum de situations, les viticulteurs interrogés s'inscrivant rarement de manière stricte dans l'un ou l'autre des profils. Cette diversité souligne l'importance d'approches adaptatives et hybrides face aux retombées de cendres, qui affectent différemment chaque modèle selon sa configuration productive, économique et sociale.

Tableau 6: Disparité des résiliences entre les deux profils types des exploitations viticoles de l'Etna

	Profil A	Profil B
Accès aux ressources	▸ Accès aux équipements techniques et expertise spécialisée. ex : pour contrôler les paramètres du vin (pH, acidité, degré d'alcool, etc.) exigés par le DOC	▸ Accès réduit aux technologies (cuve high tech, mesures des paramètres du vin, etc.), dépendance réseaux/conseillers externes
Résilience économique ¹⁴	▸ Capacité d'investissement élevée (marge importante) ▸ Capacité de mener des expérimentations et des sélections variétales grâce à la taille du domaine et à une marge de manœuvre financière suffisante.	▸ Revenus souvent diversifiés (pluriactivité, tourisme, etc.) ▸ Capacité d'investissement limitée
Résilience commerciale ¹⁵	▸ Pouvoir de négociation accru (contrats, contrôle de distribution) grâce à l'effet de marque de l'exploitation ▸ Difficulté à réorienter de gros volumes en cas de perte de marché	▸ Peut facilement remplacer un marché par un autre (ex : passer d'un marché européen à un marché japonais)
Résilience sociale ¹⁶	▸ Large réseau ▸ Contact avec importateur aisé	▸ Réseau et entre-aide entre viticulteur.rices développées ▸ Potentiels difficulté à établir un lien avec des importateurs
Résilience écologique ¹⁷	▸ Souvent agriculture biologique ▸ Faible biodiversité, monoculture	▸ Pratiques agroécologiques (valorisation de co-produits issus de la vinification, interculture,...) ▸ Biodiversité relativement plus favorisée

¹⁴ « La résilience économique peut se définir comme la capacité de maintenir la production proche de son potentiel malgré un choc » (Duval & Vogel, 2008).

¹⁵ « La résilience commerciale désigne la capacité d'une entreprise à anticiper et à réagir aux crises, à maintenir la continuité de ses opérations et à se redresser rapidement » (Campanale et al., 2025).

¹⁶ La résilience sociale se définit comme étant « la capacité des groupes ou des communautés à faire face aux stress et aux perturbations externes résultant de changements sociaux, politiques et environnementaux » (Wilson, 2014).

¹⁷ La résilience écologique est la capacité intrinsèque d'un système à persister et à s'adapter face aux perturbations, tout en maintenant les mêmes relations entre les populations et les mêmes structures et fonctions de son état de référence (Holling, 1973).

5.5 Discours territoriaux

L'analyse des profils d'exploitation a mis en évidence des formes de résilience contrastées, reflétant des stratégies économiques, sociales et écologiques distinctes. Pour comprendre pleinement ces différences, il est nécessaire de replacer ces résultats dans un cadre plus large, en examinant les dynamiques territoriales qui façonnent les capacités d'adaptation locales. L'objectif de cette section est de répondre à la question suivante :

Comment les facteurs socio-économiques et structurels influencent les différentes formes de résilience sur l'Etna ?

L'analyse des dynamiques socio-économiques du territoire constitue un préalable indispensable à la compréhension des formes de résilience observées aujourd'hui chez les viticulteur.rices de l'Etna. En effet, les mécanismes de résilience s'ancrent dans un contexte historique, économique, environnemental et social spécifique au lieu étudié qui conditionne les trajectoires possibles, la légitimité de certaines pratiques, ou encore la distribution des vulnérabilités (Cutter et al., 2008). Ce contexte historique façonne les dynamiques locales et permet de comprendre comment les choix, structures et pratiques hérités du passé influencent les stratégies d'adaptation disponibles aujourd'hui. Ce phénomène est désigné sous le terme de dépendance au chemin, qui se définit comme la direction générale de la trajectoire d'une communauté, influençant la prise de décision au fil du temps (Wilson, 2014), déterminant ainsi leur capacité d'adaptation face aux perturbations (Dearing et al., 2015; Egan & Price, 2017). La dépendance au chemin n'implique pas une trajectoire linéaire et immuable, elle inclut également des changements de régime (Cutter et al., 2008).

Dans le cas de l'Etna, La dépendance au chemin se traduit essentiellement par un héritage du passé plutôt que par des verrouillages techniques et technologique. Par exemple, le boom du secteur viticole basé sur une économie de terroir est un phénomène qui a pu émerger suite au passé de la région. Son histoire et sa relation avec la viticulture déjà bien ancrée depuis des siècles (Dazzi, 2007; Privitera et al., 2024), a conduit à instaurer un héritage culturel et une mémoire sociale autour de la vigne (cépages locaux, terrasses, *palmenti*¹⁸, etc.), offrant ainsi une prédisposition pour créer une économie de terroir. Aujourd'hui, cet héritage historique influence encore la capacité d'adaptation du système socio-économique viticole de l'Etna.

Ainsi, cette section ne vise pas à dresser un inventaire des bonnes ou mauvaises pratiques, mais plutôt à mettre en lumière les facteurs structurels, institutionnels et culturels (comme les politiques agricoles, les transformations foncières, la dynamique des marchés ou encore la place des savoirs locaux) qui participent à orienter les exploitations vers différentes formes de résilience – qu'elles soient économiques, sociales, culturelles ou écologiques. Comprendre ces dynamiques permet d'expliquer pourquoi certaines formes d'adaptation se consolident, pourquoi d'autres peinent à émerger, et comment les profils de résilience se différencient selon les types d'exploitation.

¹⁸ Cuve large et peu profonde avec des parois en briques ou en béton, ou même creusée dans la roche imperméable, utilisée dans le sud de l'Italie pour le pressage et la fermentation du moût.

5.5.1 Dynamiques socio-économiques et historiques

À la suite du déclin du début du XXe siècle, l'adoption d'une économie de terroir a initié le renouveau du secteur viticole de l'Etna, marquant un véritable *quality turn*¹⁹ par rapport aux pratiques antérieures. Des initiatives pionnières ont ainsi facilité la réhabilitation des vignobles, revalorisant la viticulture traditionnelle. Antonio évoque à ce sujet la création d'une association qui, dès ses débuts, visait cet objectif : « *Ça a bien marché au début parce que ça a donné la possibilité de pouvoir retourner cultiver les vignes et surtout à retravailler avec un système plus traditionnel* ». Cette orientation qualitative a rapidement positionné l'Etna comme un marché de niche à bonne réputation internationale (Privitera et al., 2024), le plaçant « *sous les spotlights* » et créant ainsi « *une certaine ouverture* » sur le marché selon les termes de Francesco.

Comme expliqué dans la section 2.3.2 de l'État de l'art, l'Etna DOC a pu institutionnaliser le lien entre le produit viticole, son origine et une image de tradition, apportant ainsi des effets positifs à l'économie régionale et la conservation du territoire. Au niveau social, cette appellation joue un rôle d'affiliation à une valorisation et à une défense engagée du terroir de l'Etna pour les viticulteur.rices certifiés. Luigi souligne que « *valoriser le DOC, c'est valoriser cette origine là et donc ces aspects vraiment de ruralité et de traditionalisme* ». Cette valorisation a contribué à forger ce qu'il nomme un « *imaginaire collectif* » autour de l'Etna DOC. Le fait même qu'un tel imaginaire soit évoqué témoigne de l'ampleur du phénomène. Il ne s'agit pas d'une perception anecdotique, mais d'une représentation si profondément ancrée dans la conscience collective locale qu'elle façonne la situation actuelle et influence les choix des individus sur le territoire. Luigi illustre cette influence directe par le fait que s'orienter vers la viticulture devient une décision presque « *banale* », une évidence, pour qui se trouve dans la zone. Toutefois, Francesco souligne que si l'Etna « *a connu un boom relativement rapide* », un défi majeur subsiste : « *Après chaque développement, il faut stabiliser aussi cette réputation. La réputation s'est créée, mais il faut la confirmer dans le temps* ».

Ce contexte historique de l'industrie viticole sicilienne, s'inscrit dans un débat plus large sur la dépendance structurelle de la Sicile vis-à-vis d'acteurs extérieurs. Un discours prévalent, décrit par les viticulteur.rices, soutient que la Sicile requiert, de manière générale, une intervention extérieure pour catalyser son développement. Cette perspective s'ancre fréquemment dans l'histoire de l'île, marquée par des influences étrangères successives (Farrell, 2014), suggérant que les dynamiques héritées du passé continuent de façonner les trajectoires de développement actuelles.

« *This is in the history of Sicily. We grow thanks to the Spanish, thanks to the French, thanks to the Arabic.* »

- Paolo -

¹⁹ Le *quality turn* est un concept qui qualifie l'émergence et la complexité des systèmes alimentaires alternatifs qui valorisent la qualité, souvent liée à des aspects locaux, traditionnels et écologiques (Goodman, 2003).

Certains répondants attribuent cette perméabilité aux influences externes à l'insularité même de la Sicile, vue comme un facteur favorisant l'accueil et l'intégration d'apports exogènes. Cette dynamique est illustrée par la renaissance viticole récente de l'Etna. En effet, Francesco note que parmi les pionniers de ce renouveau, peu sont d'origine sicilienne.

Une autre interprétation met en exergue des facteurs socioculturels, suggérant une disposition locale qui aurait facilité la cession de patrimoine foncier. Ainsi, dans les années 2000, après l'abandon de nombreuses terres suite à l'effondrement du marché du vin en vrac, une part notable de ce foncier a été acquise par des investisseurs, majoritairement étrangers. Bien que les prix de transaction fussent bas au regard du potentiel ultérieur, ils représentaient une liquidation d'actifs immédiate pour des terrains alors dévalorisés. Roberto relie cette propension à la vente à une logique économique axée sur le court terme, observant la faible proportion actuelle de propriétaires locaux comme une conséquence de cette attitude. Il décrit cette perspective ainsi : « *Nowadays the real, the local owners of vineyards are very few. And that tells you the attitude. It's a very in a African way of thinking²⁰, because the Africans tend to profit from the day because you never know what's happening tomorrow. So in Sicily there is these kind of view. Let's get it now.* »

La stratégie de développement des vins de l'Etna a d'abord privilégié délibérément une approche globale avant de viser le marché local. Les exportations ont permis d'établir la réputation des vins sur les marchés internationaux. Cette notoriété acquise à l'étranger a joué un rôle de levier, générant subséquemment un intérêt et une demande sur le marché local. Cette reconnaissance internationale a ainsi paradoxalement permis d'asseoir la légitimité et le succès des vins sur leur propre territoire d'origine. Francesco, acteur et témoin de ce renouveau, met en perspective l'inefficacité présumée d'une démarche inverse :

« *Si on avait fait cette approche en commençant localement, ça aurait pris 50 ans et même les vins n'auraient peut-être jamais eu de succès. Ça veut dire qu'on a commencé dehors et puis c'est retourné chez nous.* »

- Francesco -

Les dynamiques socio-économiques observées sur l'Etna jouent un rôle central dans les mécanismes de résilience du système viticole face aux retombées de téphra. L'économie de terroir peut être perçue comme une stratégie d'adaptation qui transforme les contraintes de l'environnement volcanique en une force économique et symbolique. Le contexte volcanique, initialement perçu comme un facteur limitant la production, joue également un rôle narratif qui transforme des contraintes en identité et valeur, construisant une image de « viticulture

²⁰ Il s'agit de la perception personnelle de Roberto, fondée sur un stéréotype culturel qui ne reflète pas une réalité scientifique

héroïque »²¹. Des éléments traditionnels et contraignants, tels que les terrasses historiques et la conduite en *alberello*, qui étaient autrefois des obstacles à la productivité sont devenus des marqueurs identitaires et patrimoniaux (Privitera et al., 2024). De même, les cépages indigènes de l'Etna, qui risquaient d'être abandonnés, sont désormais considérés comme des expressions authentiques du terroir de l'Etna (Privitera et al., 2024). Aujourd'hui, ces éléments sont revendiqués pour apporter une plus-value symbolique et économique aux vignobles.

Parallèlement, l'économie de terroir s'est développée dans un contexte historique et culturel marqué par une ouverture aux apports extérieurs. L'installation d'investisseurs étrangers dès les années 1990 a été facilitée par cette culture locale d'accueil et par un marché foncier alors dévalorisé. Si la prédominance des capitaux extérieurs et l'orientation initiale vers l'exportation pourraient rappeler certaines dynamiques des modèles extractivistes²², le cas de l'Etna s'en distingue : la transformation des produits s'effectue localement, les pratiques agricoles valorisent le terroir, et les retombées économiques bénéficient à des secteurs connexes tels que l'œnotourisme, la restauration et l'hébergement.

5.5.2 Menaces à la résilience du système socio-économique viticole de l'Etna

Cette section met en lumière les menaces qui pèsent sur ses composantes économiques, sociales, environnementale et institutionnelles, et qui risquent de compromettre la capacité du territoire à s'adapter durablement aux retombées de téphra.

Résilience économique : un système centré sur le vin

D'un point de vue économique, la région de l'Etna repose principalement sur un modèle centré sur le vin, incluant l'œnotourisme et les services associés (restaurations, hébergements). Cette spécialisation « *autour d'un seul produit* » suscite des inquiétudes quant à sa résilience à long terme, comme le note Francesco qui suggère la mise en place d'un « *tourisme un petit peu plus générique* » pour réduire les risques liés à cette dépendance. Cette spécialisation autour du vin illustre un verrouillage de la dépendance au chemin, où l'histoire, les investissements passés et les structures économiques construites renforcent un modèle centré sur un produit unique. Un tel verrouillage peut limiter la diversification économique.

²¹ « Viticulture héroïque » est un terme utilisé pour décrire des systèmes de viticulture où les vignerons rencontrent de grandes difficultés en raison d'un contexte territoriale extrême (Ingrassia et al., 2018). Ce terme est utilisé dans plusieurs études et site web pour décrire la viticulture de l'Etna (Bellia et al., 2022; Privitera et al., 2024)

²² L'extractivisme désigne un mode spécifique d'accumulation de richesses, reposant sur des « *activités qui extraient d'importantes quantités de ressources naturelles qui ne sont pas transformées (ou qui le sont seulement dans une faible mesure) principalement destinées à l'export* » avec des impacts socio-environnementaux négatifs (Acosta, 2013).

Résilience institutionnelle : le rôle des politiques et des subsides

Au niveau institutionnel, le développement viticole de l'Etna, qu'il concerne les petites ou grandes exploitations, semble avoir été soutenu par des fonds publics :

« C'est une évidence que tout ici a été refait sur l'Etna, que ça soit petit ou grand exploitant, ils ont tous fait appel à des fonds publics, qu'il ne le dise pas, c'est autre chose. »

- Luigi -

Ces politiques de subventions ont un pouvoir de transformation important du paysage et des pratiques viticoles qui nécessitent une gestion prudente et responsable (Alonso González et al., 2017). Une mauvaise politique peut perturber l'économie de terroir, considéré comme un atout résilient (Alonso González et al., 2017). Luigi illustre ce propos à travers son témoignage. En 2009, il a fait appel à des aides financières, dénommé OCM ²³ vin qui incitaient à une restructuration importante des terrains viticoles.

« J'ai reçu l'argent pour désimplanter ce qui existait et réimplanter des vignes. Donc ici il y avait des arbres, des fruits, des oliviers. »

- Luigi -

Ces subventions ont non seulement financé l'arrachage des cultures mixtes, mais aussi la modernisation des parcelles, conduisant au nivellement du terrain et à la disparition des terrasses traditionnelles, identitaire du paysage de l'Etna :

« Ici, c'était aussi des terrasses et des murets. Dans cette manière de replanter, il y avait l'idée d'aplatir et d'en faire des vignes en filière pour récolter de manière moderne. »

- Luigi -

Effectivement, le plan régional de gestion des vignobles (Decreto Assessoriale 22/12/2008 (Sicilia), 2009) en application du Règlement CE 555/2008 (2008), visait à favoriser le développement de la mécanisation. Les conduites *a spalliera* et *alberello* étaient finançables, mais la première était clairement favorisée pour sa compatibilité avec la mécanisation. Le nivellement des terrasses n'était pas explicitement mentionné comme projet finançable. Au contraire, le décret régional de 2008 visait à promouvoir une viticulture de terroir, principalement à travers la valorisation des cépages autochtones. Toutefois, la notion de paysages historiques et symboliques n'était pas explicitement prise en compte. Cette absence d'encadrement a laissé une frontière floue entre modernisation et préservation du terroir, ce qui a probablement pu contribuer à l'aplanissement de certaines terrasses. Avec le recul, Luigi porte un regard critique sur ces subventions qui ont mené à des choix irréversibles aujourd'hui.

²³ Organisation Commune de Marché

« À l'époque, tout ça faisait sens à nos yeux. Moi j'étais naïf, je parlais avec l'agronome qui a dit ; Oui, c'est bien, tu aplatis. Et je n'avais pas conscience à l'époque et aujourd'hui je me rends compte que si tout le monde fait ça, ça défigure les paysages. »

- Luigi -

Aujourd'hui, les politiques de subventions suivent globalement les mêmes lignes directrices que celles de 2008, à savoir améliorer la compétitivité et la qualité des vins DOC et encourager la mécanisation (Decreto D.G. 842/2025 (Sicilia), 2025). Cependant, quelques changements ont permis une « *évolution positive* » des politiques selon Gabriella. Ces changements incluent :

- La promotion de pratiques durables, en particulier, l'agriculture biologique ;
- un accès élargi aux petites exploitations grâce à un assouplissement des seuils de surface ;
- un financement qui cible autant la conduite *a spalliera* que l'*alberello*, sans favoriser l'une ou l'autre ;
- une valorisation des Vignobles Héroïques et Historiques, très présents dans la zone Etna DOC, soulignant une volonté de préserver les méthodes traditionnelles et les caractéristiques paysagères.

La création de la catégorie des vignobles héroïques a permis de trouver un équilibre entre modernisation et conservation du terroir dans son ensemble. En outre, les fonds sont désormais plus accessibles aux petites structures :

« Maintenant, des années plus tard, ils [...] ont adapté à des réalités plus petites. »

- Gabriella -

Néanmoins, malgré ces ajustements, les producteurs déplorent encore des contraintes administratives lourdes. Ces contraintes administratives résultent des réglementations sanitaires, des dispositifs de subventions et des exigences de l'Etna DOC. Ces démarches, chronophages mobilisent une part importante des ressources des exploitations, freinant certaines interventions après un épisode éruptif. Antonio critique une réglementation trop uniforme qui ne tiendrait pas compte des spécificités locales :

« Tout est trop réglementé. Au final, on est censé tous se fier à ce qui est écrit sur un bout de papier, en oubliant tout le contexte qui englobe l'histoire, la tradition, le climat, la région et le terroir. »

- Antonio -

Les exigences bureaucratiques pèsent particulièrement sur les petites exploitations :

« Il y a toujours beaucoup à faire pour la partie bureaucratique et pour les petits domaines comme nous, on n'arrive pas vraiment à suivre. »

- Antonio -

Dans la littérature, l'étude de Bellia et al. (2022) portant sur la relation entre la marque de vin et le territoire d'origine pour les vins produits dans la vallée de l'Etna dénonce également que la majorité des viticulteur.rices interrogés dans la vallée de l'Etna jugent la procédure d'obtention de l'Etna DOC trop complexe et lourde (N= 98).

Résilience environnementale : les limites écologiques de la viticulture sur l'Etna

D'un point de vue environnemental, l'économie de terroir, bien que présentée comme une trajectoire pertinente pour le contexte volcanique de l'Etna, comporte également des risques et des externalités négatives. La forte attractivité économique de la vigne, renforcée par des politiques agricoles incitatives, suscite des inquiétudes quant à une dérive vers la monoculture, avec les risques écologiques et socio-économiques qui y sont associés.

« Ça serait vraiment dommage que sous prétexte d'un hotspot économique, on dénature, on part sur des monocultures. C'est ce qu'il est en train de se passer en partie [...] ici. »

- Luigi -

De plus, plus la filière viticole se développe, plus il devient difficile pour les exploitations de se réorienter vers d'autres cultures, même si celles-ci seraient plus résilientes face au téphra.

Par ailleurs, ce phénomène est renforcé par la faible compétitivité sur le marché mondial et la rentabilité souvent limitée des autres cultures traditionnelles de la région, telles que celles des avocats, grenades, pistaches et agrumes. Les initiatives visant à valoriser ces productions en s'appuyant sur une logique de terroir n'ont pas toujours rencontré le succès escompté. Antonio illustre cette difficulté par l'exemple des oranges siciliennes, dont la valorisation identitaire n'a pu suffire face à la pression des prix sur le marché global :

« Ils ont essayé de valoriser l'orange de Sicile et aujourd'hui on va au supermarché, on achète l'orange qui vient d'Espagne, et on l'achète à moindre prix. [...] c'est la tristesse par rapport au fait qu'on n'a pas réussi à montrer la valeur, l'identité, la particularité des oranges de Sicile. »

- Antonio -

Ce basculement vers une viticulture dominante, combiné à la marginalisation progressive des autres cultures, illustre un processus de dépendance au chemin : les choix passés en matière de politiques agricoles et d'investissements orientent les trajectoires de développement, réduisant la diversité des options économiques et agricoles disponibles pour s'adapter aux retombées de téphra.

La viticulture, considérée comme l'activité agricole la plus attractive sur l'Etna (Riguccio et al., 2017), induit également une polarisation de l'usage des terres : celles-ci tendent à être soit acquises pour l'expansion de la production viticole, soit laissées à l'abandon. Un tel abandon n'est pas sans conséquences écologiques, puisqu'il favorise l'accumulation de biomasse, augmentant subséquemment le risque d'incendies dans la région. Cette problématique s'observe par exemple dans la zone où se situe Paolo, un secteur moins convoité pour la viticulture et de ce fait plus exposé à l'abandon, qui a effectivement déjà connu plusieurs incendies.

Résilience sociale : fragilités liées aux dynamiques foncières et à la transmission culturelle

Bien que le terroir ait permis un *quality turn* et sert aujourd'hui de narrative de vente, certains viticulteur.rices estiment que ce terroir est insuffisamment défendu par les politiques en place et par les dynamiques passées. Cela aurait contribué, selon eux, à une érosion des savoir-faire ancestraux. La perte de ces savoirs locaux et culturels réduit les ressources culturelles et techniques pour s'adapter aux conditions locales et aux retombées de téphra, fragilisant ainsi la résilience sociale des communautés viticoles. Cette érosion est souvent analysée par les viticulteur.rices comme la conséquence d'une rupture dans la transmission intergénérationnelle des connaissances. Antonio l'attribue à un manque d'investissement des choix politiques ayant favorisé une forme d'exode rural des aînés, les isolant et limitant la transmission de leur expérience :

« Le gouvernement n'a pas vraiment essayé de veiller à bien transférer l'expérience des personnes plus âgées au plus jeunes. Ils ont préféré donner la possibilité aux personnes âgées d'aller dans le centre-ville, en les encourageant à rester entre eux sans la possibilité de transférer ça à la nouvelle génération. [...] Ça, c'est très dommage. Il faut tout reconstruire ».

- Antonio -

Ce constat d'une perte de l'intelligence paysanne est complété par d'autres témoignages :

« Aujourd'hui, il n'y a plus ce savoir-faire comme c'était dans le temps. Mais que veux-tu faire ? Il faut se contenter ».

- Angela -

En réponse à ce phénomène, les viticulteur.rices tentent de revaloriser l'héritage viticole de l'Etna encore présent. Ils s'attachent à préserver non seulement les éléments matériels du paysage tels que les terrasses, les *palmenti* traditionnels et les systèmes de conduite de la vigne, mais aussi les savoirs locaux, notamment à travers la mention des *contrade* sur les étiquettes des vins, permettant de reconnaître et valoriser le produit fini.

Outre l'érosion des savoirs locaux, les dynamiques territoriales ont conduit à une forte augmentation de la valeur foncière. L'Etna est devenu « une zone viticole mature », affirme Francesco, où l'accès à la terre est désormais difficile. Roberto quantifie cette flambée des prix : « le premier vignoble valait 10 000 €. Maintenant 400 000 € », une tendance confirmée par Maria. Ce phénomène, conjoint au développement d'un œnotourisme de haute qualité, semble participer à un processus de gentrification rurale ²⁴, avec un risque d'exclusion progressive des

²⁴ La gentrification rurale est généralement comprise comme le remplacement d'une population de classe ouvrière par une population de classe moyenne (Phillips, 1993). Cette compréhension dominante s'appuie sur des travaux antérieurs qui décrivent l'invasion des zones de classe ouvrière par des groupes à revenus moyens ou supérieurs

classes populaires et des petits agriculteurs des zones les plus convoitées. Cette évolution pourrait appauvrir la diversité sociale et accentuer la rupture dans la transmission intergénérationnelle des savoir-faire.

Enfin, plusieurs témoignages laissent entrevoir une perte de cohésion dans le tissu viticole local. La majorité des viticulteur.rices affirment qu'il n'est pas problématique pour eux de produire un millésime sans l'appellation Etna DOC. Ce retrait volontaire du cadre de l'appellation traduit un déficit d'adhésion à un dispositif perçu comme trop normatif et trop axé sur la rentabilité, au détriment de la préservation des dynamiques sociales et culturelles. Cette fracture entre les orientations politiques et les convictions de certains producteurs nourrit des actions s'apparentant à de la désobéissance civile. Par exemple, Antonio continue d'utiliser le *palmento* pour presser le raisin de certains vins — une pratique rendue incompatible avec les normes sanitaires depuis l'entrée en application en 2006 du Règlement CE n°852/2004 (2004). Il définit ce geste comme un moment de culture et une lutte pour défendre la tradition et l'histoire.

Pour lui, c'est une manière de critiquer une modernité qui ne conçoit la viticulture que sous l'angle de la rentabilité économique, et qui contribue à un pillage culturel. Selon lui, cette modernité fait barrière à une production existante depuis des millénaires. Il est convaincu qu'il faudra considérer le passé pour penser l'avenir des vignes de l'Etna.

Les données collectées n'ont cependant pas permis de déterminer si cette fracture entre une vision militante de la tradition et une approche davantage axée sur l'économie, se retrouve également dans les relations entre les différents profils de viticulteur.rices, au point d'affaiblir leur solidarité. Cette réflexion reste ouverte.

(Hamnett, 1973) et les mouvements de population dictés par la classe dans les zones rurales (Cloke & Little, 1990; Pacione, 1984).

5.6 Multiplication des aléas

Bien que le contexte volcanique de l'Etna présente des défis constants pour la viticulture, les risques liés au climat, de plus en plus nombreux et intenses, sont devenus tout aussi problématiques, voire plus encore selon les viticulteur.rices interrogés. La multiplication des aléas volcaniques et climatiques combinés accentue les contraintes pour les exploitations, rendant la planification et la gestion des risques plus complexe. Cette multiplication des aléas requiert une capacité d'adaptation d'autant plus importante.

Parmi les risques naturels les plus redoutés, la grêle constitue un des aléas problématiques les plus cités. Elle peut causer des dommages importants, voire la destruction totale des récoltes. Comme pour les retombées de téphra, son effet sur la vigne dépend de son stade de développement (Petoumenou et al., 2019). Cependant, la grêle est souvent perçue comme un problème plus important car sa probabilité d'occurrence et son impact sont décrits comme étant plus conséquents.

« Notre problème n'est pas les cendres, notre problème c'est la grêle pendant la période estivale et la récolte quand la grappe est déjà là et mûre. »

- Giorgio -

Antonio est du même avis : *« La grêle ça arrive une fois et ça prend les raisins, c'est quasiment fini, c'est terminé »*. Les moyens de protection contre ce risque sont quasi inexistants, comme l'indique Giorgio avec une certaine ironie lorsqu'il est interrogé sur les solutions : *« Prier ! »*

Dans la littérature, la grêle est effectivement reconnue comme un aléa climatique préoccupant pour la vigne, en particulier dans les régions méditerranéennes ces dernières années (Forte et al., 2022; Pallotti et al., 2025), affectant son rendement et réduisant sa surface foliaire (Petoumenou et al., 2019; Ruland et al., 2023). Contrairement aux propos de Giorgio, certaines techniques de mitigation existent, notamment l'utilisation de filets anti-grêle. Ces filets anti-grêle sont généralement reconnus comme efficaces (Pallotti et al., 2025), bien que l'interprétation des effets secondaires sur la physiologie de la vigne restent discutés. L'étude de Ruland et al. (2023) signale une altération du microclimat sous filet et une baisse de la teneur en sucres des baies. Pallotti et al. (2025) interprètent cette faible teneur en sucres par un maintien, voire une amélioration, de la qualité finale du vin. Des recherches complémentaires, spécifiques au contexte de l'Etna, pourraient être utiles pour mieux comprendre les implications de ces dispositifs. Ces altérations microclimatiques pourraient également remettre en question l'authenticité du terroir de l'Etna, dont la spécificité constitue une ressource-clé dans la valorisation des vins.

La viticulture sur l'Etna est également soumise à d'autres aléas climatiques majeurs. Les perturbations croissantes du régime des pluies constituent un défi particulièrement insidieux. De fortes pluies peuvent endommager les murs des terrasses, qui sont un élément clé du paysage

viticole de l'Etna. En outre, la modification des périodes de pluie perturbe le cycle de croissance de la vigne (Ramos & Martínez-Casasnovas, 2010). Gabriella en témoigne

« Au lieu de pleuvoir en février, il pleut en mai, donc ça altère complètement la floraison. »

- Gabriella -

Les vigneron·nes observent ainsi une augmentation des situations extrêmes, avec des épisodes de forte humidité qui alternent avec des périodes très chaudes et sèches, sans transition. Les périodes sèches et la hausse des températures sont une source majeure d'inquiétude. Selon Maria, les fortes chaleurs accélèrent la production de sucre dans les raisins, ce qui peut créer des déséquilibres dans le vin. La sécheresse est de plus en plus marquée, comme le constate Paolo : *« In the last five years. There was no rain »*. La raréfaction de l'eau engendre un stress hydrique accru pouvant parfois entraîner la mort des ceps, surtout chez les jeunes vignes.

« La vigne a besoin d'enfoncer ses racines et c'est très sec. Même pendant les mois de juin, juillet, août, alors la survie des jeunes vignes, c'est difficile. On a plus de mortalité si on ne donne pas de l'eau. »

- Francesco -

À ces stress abiotiques s'ajoutent des pressions biotiques. Angela mentionne qu' *« il y a beaucoup d'insectes qui mangent les raisins »*, et la concurrence avec les oiseaux nécessite parfois l'installation de dispositifs de dissuasion, tels que des canons émetteurs d'ondes. Cependant, Angela considère que cette problématique reste secondaire par rapport à d'autres contraintes.

En définitive, le changement climatique est fréquemment cité par les viticulteur·rices de l'Etna comme l'un de leurs défis majeurs. Ils décrivent une déstructuration des rythmes saisonniers traditionnels : les *« quatre saisons »* ne seraient plus aussi marquées, les précipitations survenant de manière erratique, souvent trop proches du printemps ou des vendanges. De plus, des hivers plus doux peuvent empêcher la vigne d'entrer dans une phase de dormance complète. Cette situation a entraîné une augmentation considérable du nombre de traitements phytosanitaires, Antonio indiquant être passé *« de faire trois à quatre traitements par an à 12-13 »*.

6 Conclusions et Perspectives

Au terme de cette étude, nous avons pu dégager des connaissances nouvelles quant à une meilleure compréhension des formes de résilience déployées par les viticulteur.rices de l'Etna. Il est important de mentionner que les résultats, ancrés dans le contexte spécifique de l'Etna, ne peuvent être directement généralisés à d'autres vignobles volcaniques.

Premièrement, les résultats montrent que les viticulteur.rices tendent à banaliser les retombées de téphra. Bien qu'ils considèrent ce risque comme acceptable, en particulier par rapport à d'autres types d'aléas tels que la grêle, les viticulteur.rices reconnaissent également les dégâts causés par les retombées de téphra.

Concernant les effets du téphra sur les exploitations viticoles, la plupart des effets mentionnés par les viticulteur.rices interrogés – abrasion mécanique des tissus végétaux, modification des propriétés du sol, coûts économiques supplémentaire pour l'entretien et les dégâts du matériel, etc. – recoupent les observations faites dans des études post-éruption d'évaluation d'impacts. Cependant, ce mémoire rend compte également de certains effets peu mentionnés dans la littérature scientifique, notamment l'impact psychologique sur les viticulteurs en raison d'une charge de travail supplémentaire nécessitée par le nettoyage répété de leurs cultures exposées aux retombées de téphra.

Les stratégies d'adaptation identifiées combinent savoirs traditionnels, innovations techniques et ajustements organisationnels. Parmi les diverses stratégies adaptatives, la conduite en *alberello*, héritage local, agit comme protection naturelle des grappes contre les retombées de téphra. Certain.es viticulteur.rices développent des pratiques agroécologiques et une gestion phytosanitaire préventive afin de favoriser la santé de leur agroécosystème car une bonne santé renforce la résilience de leur exploitation face aux retombées de téphra (Ágústsdóttir, 2015; UNDRR, 2015b). Des stratégies techniques et organisationnelles sont également mobilisées tels que l'adaptation du cépage au type de sol selon des analyses physico-chimique du sol, la plantation des vignes sans porte-greffe, l'hybridation visant à améliorer l'adaptation du cépage au milieu et la répartition spatiale du risque en répartissant les parcelles viticoles sur plusieurs versants.

La diversité des approches observées traduit une hétérogénéité de stratégies d'adaptation et de résilience, étroitement liée à la taille, aux ressources et à l'organisation des exploitations. Pour illustrer cette variété, deux profils types ont été définis, chacun incarnant une tendance dominante : d'un côté, un retour aux pratiques rurales et traditionnelles ; de l'autre, une intensification des logiques productivistes portée par les mutations technologiques et économiques.

Enfin, ce mémoire propose une analyse des dynamiques socio-économiques et historiques de l'Etna, afin de comprendre pourquoi certaines formes d'adaptation se consolident, pourquoi d'autres peinent à émerger, et comment les profils de résilience se différencient selon les types d'exploitation. Il met en lumière la pertinence de l'instauration d'une économie de terroir qui a permis la valorisation du contexte volcanique de l'Etna, notamment en instaurant une image de « viticulture héroïque ». Les résultats mettent en exergue la fragilité de ces dynamiques territoriales qui menacent les diverses formes de résiliences des exploitations viticoles. Sur le plan économique, plusieurs secteurs économiques, tels que l'œnotourisme, reposent sur le

secteur viticole, compromettant la résilience du tissu économique local. Il faut aussi souligner l'influence des politiques et des subsides sur les décisions des viticulteur.rices et sur les dynamiques socio-économiques et paysagères locales. Aux niveaux écologique et social, l'étude révèle une forte attractivité du secteur viticole, une rupture dans la transmission des savoir-faire intergénérationnels et une fragilisation entre la communauté viticole et les dynamiques politiques telle que celle de l'Etna DOC. Ces éléments contribuent à créer un contexte favorable à l'expansion d'une monoculture viticole, avec les conséquences environnementales, économiques et sociales que cela peut entraîner.

Notre enquête a mis à jour le plus grand défi des viticulteur.rices, à savoir la multiplication des aléas. De fait, en plus des retombées de téphra, les viticulteur.rices doivent faire face à des aléas climatiques de plus en plus fréquents et sévères. Dans un environnement où les systèmes viticoles reposent sur l'interaction entre les dimensions environnementales, sociales et économiques, penser la résilience implique de dépasser l'analyse d'un aléa isolé, et donc d'envisager l'ensemble des pressions auxquelles les viticulteur.rices doivent répondre. Ce constat invite à élargir la réflexion à la résilience globale des systèmes viticoles, en considérant l'aléa volcanique dans un paysage local plus large des risques, incluant notamment ceux liés aux changements climatiques. Un prolongement naturel à la suite de ce mémoire consisterait à étudier la complémentarité entre les stratégies d'adaptations au téphra avec celles liées au changement climatique.

En plus de cette perspective, il serait pertinent d'explorer un second axe consistant à intégrer une approche méthodologique hybride, combinant données qualitatives et quantitatives. En effet, la limite principale de notre travail réside dans l'approche et l'utilisation de données purement qualitatives. L'aspect exploratoire, inhérent à ce travail de recherche, ouvre beaucoup de pistes de réflexion mais ne permet pas de répondre de manière approfondie à certains questionnements plus précis. Plusieurs stratégies d'adaptation évoquées par les viticulteur.rices, telles que l'hybridation variétale ou la plantation sans porte-greffe, mériteraient des investigations quantitatives pour évaluer leurs effets réels. Seules des hypothèses ont pu être émises quant à leur contribution à la résilience de la viticulture face au téphra. La mise en applications des hypothèses les plus pertinentes et la mesure des effets et stratégies d'adaptation subséquents devrait être effectuée au moyen d'une deuxième étude de terrain. Cette visite en deux temps permettrait d'identifier et quantifier les écarts entre les propos des viticulteur.rices et les observations réellement mesurées.

7 Références

- Abellan, A. (2021). *Les vignes en francs de pied s'associent pour un label européen et un classement Unesco*. www.vitisphere.com. <https://www.vitisphere.com/actualite-94240-les-vignes-en-francs-de-pied-sassocient-pour-un-label-europeen-et-un-classement-unesco.html>
- Acosta, A. (2013). Extractivism and Neoextractivism: Two sides of the same curse. *Beyond Development: Alternative Visions from Latin America*, 61–86.
- Adamczewska-Sowińska, K., & Sowinski, J. (2020). *Polyculture Management: A Crucial System for Sustainable Agriculture Development* (pp. 279–319). https://doi.org/10.1007/978-981-13-8570-4_8
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Ágústssdóttir, A. M. (2015). Ecosystem approach for natural hazard mitigation of volcanic tephra in Iceland: Building resilience and sustainability. *Natural Hazards*, 78(3), 1669–1691. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1795-6>
- Alberello. (2025). Quattroclici. <https://www.quattroclici.it/glossario-vino/tipi-di-allevamento-per-la-vite/alberello/>
- Alonso González, P., Parga-Dans, E., & Macías Vázquez, A. (2017). The political economy of wine: How *terroir* and intra-sector dynamics affect land use in Spain. *Land Use Policy*, 66, 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.04.048>
- Ary, D., Jacobs, L. C., & Razavieh, A. (2010). *Introduction to research in education* (8th ed., pp. vi, 378). Holt, Rinehart & Winston.
- Atucha, A., Hedtcke, J., & Workmaster, B. (2018). Evaluation of Cold-climate interspecific Hybrid Wine Grape Cultivars for the Upper Midwest. *Journal- American Pomological Society*, 72.
- Auker, M., Sparks, S., Siebert, L., Crosweller, S., & Ewert, J. (2013). A statistical analysis of the global historical volcanic fatalities record. *Journal of Applied Volcanology*, 2. <https://doi.org/10.1186/2191-5040-2-2>
- Ayris, P., & Delmelle, P. (2012). Volcanic and atmospheric controls on ash iron solubility: A review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 45–46, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.04.013>
- Barnard, S. T. (2003). *Potential physical effects of any future 1886 type eruption from Tarawera Volcano on the Bay of Plenty Region*. <http://hdl.handle.net/10092/16589>
- Barrey, S., & Teil, G. (2011). *Faire la preuve de l'"authenticité" du patrimoine alimentaire*.
- Barroca, B., DiNardo, M., & Mboumoua, I. (2013). De la vulnérabilité à la résilience: Mutation ou bouleversement ? *EchoGéo*, 24. <https://doi.org/10.4000/echogeo.13439>
- Bellia, C., Columba, P., & Ingrassia, M. (2022). The Brand–Land Identity of Etna Volcano Valley Wines: A Policy Delphi Study. *Agriculture*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060811>
- Berthelsen, S., Nelson, P., Webb, M., & van Rees, H. (2009). *Overcoming magnesium deficiency in oil palm crops on volcanic ash soils of Papua New Guinea* (FR2009-11). ACIAR.

- Bindraban, P. S., Dimkpa, C., Nagarajan, L., Roy, A., & Rabbinge, R. (2015). Revisiting fertilisers and fertilisation strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*, 51(8), 897–911. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>
- Black, R. A., & Mack, R. N. (1984). Aseasonal leaf abscission in *Populus* induced by volcanic ash. *Oecologia*, 64(3), 295–299. <https://doi.org/10.1007/BF00379124>
- Blake, D. M., Wilson, G., Stewart, C., Craig, H. M., Hayes, J. L., S.F. Jenkins, T.M. Wilson, C.J. Horwell, S. Anderasuti, R. Daniswara, D. Ferdiwijaya, G.S. Leonard, M. Hendrasto, & S. Cronin. (2015). *The 2014 eruption of Kelud volcano, Indonesia: Impacts on infrastructure, utilities, agriculture and health* (GNS Science Report 2015/15). GNS Science (Te Pū Ao).
- Blong, R. J. (Ed.). (1984). Front Matter. In *Volcanic Hazards* (p. iii). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-107180-6.50002-0>
- Bosi, V., Bignami, Costantini, Cristiani, Lavigne, & Thierry. (2012). *Handbook for volcanic risk management: Prevention, crisis management and resilience*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2167.0083>
- Branca, S., Chester, D., De Beni, E., & Duncan, A. (2017). Landforms and landscapes of Mount Etna (Sicily): Relationships between a volcano, its environment and human activity. *Landscapes and Landforms of Italy*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brown, S. K., Auker, M. R., & Sparks, R. S. J. (2015). Populations around Holocene volcanoes and development of a Population Exposure Index. In C. Vye-Brown, S. K. Brown, S. Sparks, S. C. Loughlin, & S. F. Jenkins (Eds.), *Global Volcanic Hazards and Risk* (pp. 223–232). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316276273.006>
- Burton, I., Kates, R. W., & White, G. F. (1978). *The environment as hazard* (Vol. 3). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/030913337900300408>
- Cadag, J. R., Driedger, C., Garcia, C., Duncan, M., Gaillard, J. C., Lindsay, J., & Haynes, K. (2018). Fostering Participation of Local Actors in Volcanic Disaster Risk Reduction. In C. J. Fearnley, D. K. Bird, K. Haynes, W. J. McGuire, & G. Jolly (Eds.), *Observing the Volcano World: Volcano Crisis Communication* (pp. 481–497). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/11157_2016_39
- Campanale, C., Giannetti, R., & Magnacca, F. (2025). Exploring Business Resilience Through Financial Statements Analysis. *MANAGEMENT CONTROL*, 161–184. <https://doi.org/10.3280/MACO2025-001008>
- Cannon, T. (1994). Vulnerability Analysis and The Explanation Of “Natural” Disasters. *Disasters, Development and Environment*.
- Cash, C. (2016). Good governance and strong political will: Are they enough for transformation? *Land Use Policy*, 50, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.009>
- Castro, R., Cruz, A., Figueira, L., Botelho, M., Ribeiro, F., Rodrigues, C., & Gomes, C. (2005). Shoot density and leaf removal effects on microclimate, yield, fruit composition and wine quality of the portuguese vine variety Touriga Nacional. *Journées GESCO, XIV, Geisnheim, 2005*, 2, 705–711.

- Cavallaro, M. C. (2023). *L'Agricoltura e il Territorio Ionico-Etneo 2° edizione (2023)*. https://www.academia.edu/101653350/L_Agricoltura_e_il_Territorio_Ionico_Etneo_2_edizione_2023
- Cervim. (2010). *Actes du IIIe congrès international sur la viticulture de montagne*. <https://www.cervim.org/cosa-facciamo/congresso-viticultura/atti-dei-congressi>
- Charters, S., & Ali-Knight, J. (2002). Who is the wine tourist? *Tourism Management*, 23, 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(01\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(01)00079-6)
- Chester, D. K., Duncan, A. M., Dibben, C., Guest, J. E., & Lister, P. H. (1999). Mascali, Mount Etna Region Sicily: An Example of Fascist Planning During the 1928 Eruption and Its Continuing Legacy. *Natural Hazards*, 19(1), 29–46. <https://doi.org/10.1023/A:1008001003888>
- Chester, D. K., Duncan, A. M., Guest, J. E., & Kilburn, C. R. J. (1985). *Mount Etna: The anatomy of a volcano*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4079-6>
- Chester, D. K., Duncan, A. M., & James, P. A. (2011). Mount Etna, Sicily: Landscape Evolution and Hazard Responses in the Pre-industrial Era. In I. P. Martini & W. Chesworth (Eds.), *Landscapes and Societies: Selected Cases* (pp. 235–253). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9413-1_15
- Chinnici, G., Pecorino, B., Rizzo, M., & Rapisarda, P. (2013). Evaluation of the Performances of Wine Producers in Sicily. *Quality - Access to Success*, 14, 108–113.
- Cho, J. Y., & Lee, E.-H. (2014). Reducing Confusion about Grounded Theory and Qualitative Content Analysis: Similarities and Differences. *The Qualitative Report*, 19, 1–20. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2014.1028>
- Choumert-Nkolo, J., & Phélinas, P. (2019). Natural disasters, land and labour. *European Review of Agricultural Economics*, 47. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz030>
- Cifdaloz, O., Regmi, A., Anderies, J., & Rodriguez, A. (2010). Robustness, vulnerability, and adaptive capacity in small-scale social-ecological systems: The Pampa Irrigation System in Nepal. *Ecology and Society*, 15(3). <https://doi.org/10.5751/ES-03462-150339>
- Ciriminna, R., Scurria, A., Tizza, G., & Pagliaro, M. (2022). Volcanic ash as multi-nutrient mineral fertilizer: Science and early applications. *JSFA Reports*, 2(11), 528–534. <https://doi.org/10.1002/jsf2.87>
- Cloke, P., & Little, J. (1990). *The rural state? : Limits to planning in rural society*. Oxford : Clarendon Press ; New York : Oxford University Press. <http://archive.org/details/ruralstatelimits0000clok>
- Consorzio ETNA DOC. (2025). CONSORZIO TUTELA DEI VINI ETNA DOC. <https://consorzioetnadoc.com/en/home>
- Cook, R. J., Barron, J. C., Papendick, R. I., & Williams, G. J. (1981). Impact on Agriculture of the Mount St. Helens Eruptions. *Science*, 211(4477), 16–22. <https://doi.org/10.1126/science.211.4477.16>
- Corduas, M., Cinquanta, L., & Ievoli, C. (2013). The importance of wine attributes for purchase decisions: A study of Italian consumers' perception. *Food Quality and Preference*, 28, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.11.007>
- Craig. (2015). *Agricultural vulnerability to tephra fall impacts*. [University of Canterbury]. <https://ir.canterbury.ac.nz/items/2ac65717-8914-4fef-8396-b1017225ae31>

- Craig, H., Wilson, T., Magill, C., Stewart, C., & Wild, A. (2021). Agriculture and forestry impact assessment for tephra fall hazard: Fragility function development and New Zealand scenario application. *Volcanica*, 4, 345–367. <https://doi.org/10.30909/vol.04.02.345367>
- Craig, H., Wilson, T., & Stewart, C. (2016). Impacts to agriculture and critical infrastructure in Argentina after ashfall from the 2011 eruption of the Cordón Caulle volcanic complex: An assessment of published damage and function thresholds. *Journal of Applied Volcanology*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s13617-016-0046-1>
- Craig, H., Wilson, T., & Stewart, C. (2021). Agriculture and forestry impact assessment for tephra fall hazard: Fragility function development and New Zealand scenario application. *Volcanica*, 4, 345–367. <https://doi.org/10.30909/vol.04.02.345367>
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approach* (second edition). SAGE Publication.
- Cronin, Hedley, Neall, & Smith. (1998). Agronomic impact of tephra fallout from the 1995 and 1996 Ruapehu Volcano eruptions, New Zealand. *Environmental Geology*, 34(1), 21–30. <https://doi.org/10.1007/s002540050253>
- Cronin, S., Hedley, M., Smith, R., & Neall, V. (1997). Impact of Ruapehu ash fall on soil and pasture nutrient status 1. October 1995 eruptions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40, 383–395. <https://doi.org/10.1080/00288233.1997.9513260>
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Dahlgren, R. A., Saigusa, M., & Ugolini, F. C. (2004). The Nature, Properties and Management of Volcanic Soils. In *Advances in Agronomy* (Vol. 82, pp. 113–182). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(03\)82003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)82003-5)
- Dandolo, F. (2019). *Quantity Is Not Quality: Expansion and Limits of Wine-Producing in Sicily* (pp. 47–66). https://doi.org/10.1007/978-3-030-27794-9_3
- Dazzi, C. (2007). Environmental features and land use of Etna (Sicily—Italy). In *Soils of Volcanic Regions in Europe* (pp. 629–644). https://doi.org/10.1007/978-3-540-48711-1_44
- Dearing, J., Acma, B., Bub, S., Chambers, F., Chen, X., Cooper, J., Crook, D., Dong, X., Dotterweich, M., Edwards, M., Foster, T., Gaillard, M.-J., Galop, D., Gell, P., Gil, A., Jeffers, E., Jones, R., Anupama, K., Langdon, P., ... Zhang, K. (2015). Social-ecological systems in the Anthropocene: The need for integrating social and biophysical records at regional scales. *The Anthropocene Review*, 2(3), 220–246. <https://doi.org/10.1177/2053019615579128>
- Decreto Assessoriale Del 22 Dicembre 2008. Bando per La Selezione e La Successiva Predisposizione Delle Graduatorie Di Cui al Piano Regionale per La Ristrutturazione e Riconversione Dei Vigneti. (2009). <http://www.gurs.regione.sicilia.it/Gazzette/g09-02/g09-02-p2.html>
- Decreto Direttoriale n. 842 Del 3 Febbraio 2025. Bando Regionale Dell'intervento Ristrutturazione e Riconversione Vigneti. Campagna 2025/2026. Disposizioni Regionali Attuative (D.R.A.). (2025).

- Decreto Ministeriale 7 Maggio 2004 (2004).
<https://www.ambientediritto.it/Legislazione/Caccia/2004/dm%207mag2004.htm>
- Delmelle, P., Villieras, F., & Pelletier, M. (2005). Surface area, porosity and water adsorption properties of fine volcanic ash particles. *Bulletin of Volcanology*, 67(2), 160–169. <https://doi.org/10.1007/s00445-004-0370-x>
- Dibben, C. J. L. (1999). *Looking beyond eruptions for an explanation of volcanic disasters: Vulnerability in volcanic environments*. <https://uobrep.openrepository.com/handle/10547/582569>
- Duncan, A. M., Chester, D. K., & Guest, J. E. (1981). Mount Etna Volcano: Environmental Impact and Problems of Volcanic Prediction. *The Geographical Journal*, 147(2), 164–178. <https://doi.org/10.2307/634532>
- Duval, R., & Vogel, L. (2008). *Résilience économique aux chocs: Le rôle des politiques structurelles* (pp. 1–41). <https://doi.org/10.1787/9789264053656-6-fr>
- Duvick, D. N. (2007). Breeding of Plants. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 1–12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00038-9>
- EFSA, More, S. J., Bampidis, V., Benford, D., Bragard, C., Halldorsson, T. I., Hernández-Jerez, A. F., Bennekou, S. H., Koutsoumanis, K., Lambré, C., Machera, K., Mullins, E., Nielsen, S. S., Schlatter, J. R., Schrenk, D., Turck, D., Younes, M., Boon, P., Ferns, G. A., ... Leblanc, J.-C. (2023). Re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal*, 21(1), e07728. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7728>
- Egan, & Price (with UNESCO). (2017). *Mountain ecosystem services and climate change: A global overview of potential threats and strategies for adaptation*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000248768>
- Egli, M., Nater, M., Mirabella, A., Raimondi, S., Plötze, M., & Alioth, L. (2008). Clay minerals, oxyhydroxide formation, element leaching and humus development in volcanic soils. *Geoderma*, 143(1), 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.10.020>
- Eswaran, H., Van Den Berg, E., & Reich, P. (1993). Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1), 192–194. <https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700010034x>
- Falasconi, A., Cioni, R., Bernard, B., Samaniego, P., Pistolesi, M., & Schiavi, F. (2023). What controls the formation of vulcanian bombs? A case study from the 1 February 2014 eruption of Tungurahua (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 444, 107961. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2023.107961>
- FAO. (2021). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021*. <https://openknowledge.fao.org/items/e5a5771a-6127-4e4a-ae1c-9f26fe8aa770>
- Farrell, J. (2014). *Sicily: A Cultural History*. Interlink Publishing.
- Fernandez, V., & Brown, P. H. (2013). From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>
- Fernández, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of Hydrophilic Solutes Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28, 36–68. <https://doi.org/10.1080/07352680902743069>

- Few, R., Armijos, M. T., & Barclay, J. (2017). Living with Volcan Tungurahua: The dynamics of vulnerability during prolonged volcanic activity. *Geoforum*, 80, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.01.006>
- Fischhoff, B., & Kadvany, J. (2011). *Risk: A Very Short Introduction*. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780199576203.001.0001>
- Flannery, K. (2003). The Origins of Agriculture. *Annual Review of Anthropology*, 2, 271–310. <https://doi.org/10.1146/annurev.an.02.100173.001415>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4). <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Forte, B., Susin, E., Silvestre, W., & Corrêa, H. (2022). Effect of anti-hail net on production and quality of ‘Rose Niagara’ grapes grown in Serra Gaúcha region, south Brazil. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 37, 116–125. <https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20223701116>
- Franco, S., Pancino, B., Martella, A., & De Gregorio, T. (2022). Assessing the Presence of a Monoculture: From Definition to Quantification. *Agriculture*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091506>
- Frankel, C. (2019). *Volcanoes and Wine: From Pompeii to Napa*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/V/bo18739262.html>
- Fregoni, M. (2003). *I percorsi storici della potatura della vite*. Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza.
- Freire, S., Florczyk, A. J., Pesaresi, M., & Sliuzas, R. (2019). An Improved Global Analysis of Population Distribution in Proximity to Active Volcanoes, 1975–2015. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/ijgi8080341>
- Fritsch, I. (2022). *Francs de pied: La quête du vin issu de vignes non-greffées*. La Revue du vin de France. <https://www.larvf.com/francs-de-pied-la-quete-du-vin-issu-de-vignes-non-greffees,4804082.asp>
- Gago, P., Conéjéro, G., Martínez, M. c., Boso, S., This, P., & Verdeil, J.-L. (2016). Microanatomy of leaf trichomes: Opportunities for improved ampelographic discrimination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22(3), 494–503. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12226>
- Gaillard, J.-C., & Dibben, C. J. L. (2008). Volcanic risk perception and beyond. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3), 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.015>
- Ghiorso, M. S., & Gualda, G. A. R. (2015). Chapter 6—Chemical Thermodynamics and the Study of Magmas. In H. Sigurdsson (Ed.), *The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition)* (pp. 143–161). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00006-7>
- Gioia, D., Corley, K., & Hamilton, A. (2013). Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research. *Organizational Research Methods*, 16, 15–31. <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- Gislason, S. R., Hassenkam, T., Nedel, S., Bovet, N., Eiríksdóttir, E. S., Alfredsson, H. A., Hem, C. P., Balogh, Z. I., Dideriksen, K., Oskarsson, N., Sigfusson, B., Larsen, G., &

- Stipp, S. L. S. (2011). Characterization of Eyjafjallajökull volcanic ash particles and a protocol for rapid risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(18), 7307–7312. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015053108>
- Glaser, B., & Strauss, A. (1999). Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. In *Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research* (p. 271). <https://doi.org/10.4324/9780203793206>
- Goodman, D. (2003). The Quality ‘Turn’ and Alternative Food Practices: Reflections and Agenda. *Journal of Rural Studies - J RURAL STUD*, 19, 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0743-0167\(02\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0743-0167(02)00043-8)
- Gregg, C. E., Houghton, B. F., Johnston, D. M., Paton, D., & Swanson, D. A. (2004). The perception of volcanic risk in Kona communities from Mauna Loa and Hualālai volcanoes, Hawai‘i. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 130(3), 179–196. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(03\)00288-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(03)00288-9)
- Griffin, C. E. (2018). *Vulnerability, livelihoods and disaster knowledge in the volcanic highlands of Central Java, Indonesia: ‘Itu sudah biasa’* [Australian National University]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17477891.2018.1435407>
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough? *Field Methods - FIELD METHOD*, 18, 59–82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Guinet, M., Nicolardot, B., Durey, V., Revellin, C., Lombard, F., Pinet, E., Bizouard, F., & Voisin, A.-S. (2019). *Fixation symbiotique de l’azote et effet précédent: Toutes les légumineuses à graines se valent-elles ?* 74, 55–68.
- Hamnett, C. (1973). Improvement Grants as an Indicator of Gentrification in Inner London. *Area*, 5(4), 252–261.
- Hanana, M., Hamrouni, L., Hamed, K. B., Ghorbel, A., Abdelly, C., Farhat, I., Chaabane, H., Bouagga, A., Khemiri, R., Hammami, M., Labidi, A., Cherif, M., & Nasraoui, B. (2014). Comportement et stratégies d’adaptation de vignes franches de pied sous stress salin. *Journal of New Sciences, e 3*. <https://www.jnsciences.org/agri-biotech/11-volume-3/15-comportement-et-strategies-d-adaptation-de-vignes-franches-de-pied-sous-stress-salin.html>
- Haynes, K., Barclay, J., & Pidgeon, N. (2008). Whose reality counts? Factors affecting the perception of volcanic risk. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3), 259–272. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.012>
- Herbert, K. S., Hoffmann, A. A., & Powell, K. S. (2006). Changes in Grape Phylloxera Abundance in Ungrafted Vineyards. *Journal of Economic Entomology*, 99(5), 1774–1783. <https://doi.org/10.1093/jee/99.5.1774>
- Hewitt, A. (1998). *The New Zealand soil classification* (2nd ed.).
- Hewitt, K. (1983). The idea of calamity in a technocratic age. *Interpretations of Calamity*.
- Hinckley, T. M., Imoto, H., Lee, K., Lacker, S., Morikawa, Y., Vogt, K. A., Grier, C. C., Keyes, M. R., Teskey, R. O., & Seymour, V. (1984). Impact of tephra deposition on growth in conifers: The year of the eruption. *Canadian Journal of Forest Research*, 14(5), 731–739. <https://doi.org/10.1139/x84-130>
- Hirano, T., Kiyota, M., & Aiga, I. (1995). Physical effects of dust on leaf physiology of cucumber and kidney bean plants. *Environmental Pollution*, 89(3), 255–261. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)00075-O](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)00075-O)

- Hirano, T., Kiyota, M., Seki, K., & Aiga, I. (1992). Effects of Volcanic Ashes from Mt. Unzen-Fugendake and Mt. Sakurajima on Leaf Temperature and Stomatal Conductance of Cucumber. *Journal of Agricultural Meteorology*, 48(2), 139–145. <https://doi.org/10.2480/agrmet.48.139>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 4(Volume 4, 1973), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- I Vigneri di Salvo Foti. (2021). *Alberello Etneo*. I vigneri, Salvo Foti. <https://www.ivigneri.it/alberello-etneo/>
- Ingrassia, M., Altamore, L., Columba, P., Bacarella, S., & Chironi, S. (2018). The communicative power of an extreme territory - the Italian island of Pantelleria and its Passito wine: A multidimensional-framework study. *International Journal of Wine Business Research*, 30, 00–00. <https://doi.org/10.1108/IJWBR-06-2017-0039>
- Istat - Istituto Nazionale di Statistica. (2025). *Bilancio demografico mensile*. <https://demo.istat.it/app/?i=D7B&l=it&a=2025>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (2025). *MONTE ETNA*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Osservatorio Etneo. <https://www.ct.ingv.it/index.php/ricerca/i-vulcani-siciliani/etna>
- Jackson, R. L., Drummond, Darlene K., & Camara, S. (2007). What Is Qualitative Research? *Qualitative Research Reports in Communication*, 8(1), 21–28. <https://doi.org/10.1080/17459430701617879>
- Jenkins, S. F., Wilson, T. M., Magill, C., Miller, V., Stewart, C., Blong, R., Marzocchi, W., Boulton, M., Bonadonna, C., & Costa, A. (2015). Volcanic ash fall hazard and risk. In C. Vye-Brown, S. K. Brown, S. Sparks, S. C. Loughlin, & S. F. Jenkins (Eds.), *Global Volcanic Hazards and Risk* (pp. 173–222). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316276273.005>
- Kates, R. W. (1971). Natural Hazard in Human Ecological Perspective: Hypotheses and Models. *Economic Geography*, 47(3), 438–451. <https://doi.org/10.2307/142820>
- Keller, M. (2015). The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition. In *The Science of Grapevines: Anatomy and Physiology: Second Edition* (p. 509).
- Kelman, I., & Mather, T. A. (2008). Living with volcanoes: The sustainable livelihoods approach for volcano-related opportunities. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.007>
- Kraiwanit, T., Limna, P., & Siripipatthanakul, S. (2023). *NVivo for Social Sciences and Management Studies: A Systematic Review*. 2, 1–11.
- Lanzirotti, A., Lee, L., Head, E., Sutton, S. R., Newville, M., McCanta, M., Lerner, A. H., & Wallace, P. J. (2019). Direct measurements of copper speciation in basaltic glasses: Understanding the relative roles of sulfur and oxygen in copper complexation in melts. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 267, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.09.029>
- Latham, T. L., Kumar, P., Nenes, A., Dufek, J., Sokolik, I. N., Trail, M., & Russell, A. (2011). Hygroscopic properties of volcanic ash. *Geophysical Research Letters*, 38(11). <https://doi.org/10.1029/2011GL047298>
- Legros, J.-P. (2005). Les Américanistes du Languedoc. *Etude et Gestion des Sols*.

- Lièvre, P., Mérour, E., Morin, J., Macedo Franco, L., Ramos Palomino, D., Rivera Porras, M., Masías Alvarez, P., & van Wyk de Vries, B. (2022). Volcanic risk management practice evolution between vulnerability and resilience: The case of Arequipa in Peru. *Frontiers in Earth Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.877161>
- Ligot, N., Barthélemy, L., Falys, H., Godin, B., Bogaert, P., & Delmelle, P. (2025). Plant traits, growth stage, and ash mass load control the vulnerability of potato, corn, and wheat crops to volcanic ashfall. *Volcanica*, 8(1), 81–94. <https://doi.org/10.30909/vol.08.01.8194>
- Ligot, N., Bogaert, P., Biass, S., Lobet, G., & Delmelle, P. (2023). Grain size modulates volcanic ash retention on crop foliage and potential yield loss. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 23(4), 1355–1369. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1355-2023>
- Ligot, N., Delmelle, P., Bogaert, P., Bernard, D. B., Biass, D. S., Draye, X., & Hanert, E. (2022). *Crop vulnerability to tephra fall in volcanic regions: Field, experimental and modelling approaches*.
- Ligot, N., Guevara, A., & Delmelle, P. (2022). Drivers of crop impacts from tephra fallout: Insights from interviews with farming communities around Tungurahua volcano, Ecuador. *Volcanica*, 5, 163–181. <https://doi.org/10.30909/vol.05.01.163181>
- Ligot, N., Viera-Arroyo, W., Peñaherrera, D., Bernard, B., Bogaert, P., & Delmelle, P. (2024). A quantitative assessment of crop vulnerability to tephra hazard at Tungurahua volcano, Ecuador: Understanding the effect of volcanic and biological factors. *Bulletin of Volcanology*, 86, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00445-024-01710-2>
- Loughlin, S. C., Sparks, R. S. J., Brown, S. K., Jenkins, S. F., & Vye-Brown, C. (2015). *Global Volcanic Hazards and Risk*. Cambridge University Press.
- Lowe, D., & Palmer, D. (2005). Andisols of New Zealand and Australia. *Journal of Integrated Field Science*, 2, 39–65.
- Lowell, S., Shields, J. E., Thomas, M. A., & Thommes, M. (2004). *Characterization of Porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2303-3>
- Magill, C., Wilson, T., & Okada, T. (2013). Observations of tephra fall impacts from the 2011 Shinmoedake eruption, Japan. *Earth, Planets and Space*, 65(6), Article 6. <https://doi.org/10.5047/eps.2013.05.010>
- Malterud, K., Siersma, V. D., & Guassora, A. D. (2016). Sample Size in Qualitative Interview Studies: Guided by Information Power. *Qualitative Health Research*, 26(13), 1753–1760. <https://doi.org/10.1177/1049732315617444>
- Manyena, S. B. (2006). The concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 434–450. <https://doi.org/10.1111/j.0361-3666.2006.00331.x>
- Marchetti, E., Capone, P., & Freda, D. (2016). Climate change impact on microclimate of work environment related to occupational health and productivity. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanità*, 52(3), Article 3.
- Martí, J., Groppelli, G., & Brum da Silveira, A. (2018). Volcanic stratigraphy: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 357, 68–91. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.04.006>

- Marzocchi, W., Garcia-Aristizabal, A., Gasparini, P., Mastellone, M. L., & Di Ruocco, A. (2012). Basic principles of multi-risk assessment: A case study in Italy. *Natural Hazards*, 62(2), 551–573. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0092-x>
- Mateo, A., Crisci, A., Gennaro, F. S. D., Fiorillo, E., Primicerio, J., Toscano, P., Vaccari, F. P., Blasi, S. D., & Genesio, L. (2012). Influence of Canopy Management Practices on Vineyard Microclimate: Definition of New Microclimatic Indices. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63(3), 424–430. <https://doi.org/10.5344/ajev.2012.11117>
- McDaniel, P., Lowe, D., Arnalds, O., & Ping, C.-L. (2012). *Andisols* (p. 33.29–33.48).
- Meinert, L. D., van Leeuwen, C., de Rességuier, L., Jones, G. V., Koundouras, S., Swinchatt, J. P., Howell, D. G., MacDonald, S. L., & Hall, A. (2018). Terroir: Science Related to Grape and Wine Quality. *Elements Magazine*, 14(3). <https://www.elementsmagazine.org/terroir/>
- Meredith, E. S., Teng, R. X. N., Jenkins, S. F., Hayes, J. L., Biass, S., & Handley, H. (2025). Cities near volcanoes: Which cities are most exposed to volcanic hazards? *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1–36. <https://doi.org/10.5194/nhess-2024-219>
- Meuwissen, M. P. M., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C. J. A. M., Mathijs, E., Mey, Y. de, Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vigani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., ... Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Midttun, A. (2001). Chapter I - Perspectives on Commercial Positioning in the Deregulated European Electricity Markets. In A. Midttun (Ed.), *European Energy Industry Business Strategies* (pp. 1–22). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-008043631-9/50003-X>
- Miller, C. F. (1966). *OPERATION CENIZA-ARENA: THE RETENTION OF FALLOUT PARTICLES FROM VOLCAN IRAZU (COSTA RICA) BY PLANTS AND PEOPLE. PART TWO*. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/AD0659384>
- Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. (2022). *Disciplinare di produzione della Denominazione di Origine Controllata “Etna.”* <https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/17936>
- Mitchell, R., Charters, S., & Albrecht, J. (2012). Cultural systems and the wine tourism product. *Annals of Tourism Research*, 39, 311–335. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2011.05.002>
- Morse, J. (1995). The Significance of Saturation. *Qualitative Health Research*, 5, 147–149. <https://doi.org/10.1177/104973239500500201>
- Neild, J., O’Flaherty, P., Hedley, P., Underwood, R., Johnston, D., & Christenson, B. (1998). Impact of a Volcanic Eruption on Agriculture and Forestry in New Zealand. *Ministry of Agriculture and Forestry*.
- Newhall, C., & Hoblitt, R. (2002). Constructing event trees for volcanic crises. *Bulletin of Volcanology*, 64, 3–20. <https://doi.org/10.1007/s004450100173>
- Niu, M., Hu, W., Cheng, B., Wu, L., Ren, L., Deng, J., Shen, F., & Fu, P. (2021). Influence of rainfall on fungal aerobiota in the urban atmosphere over Tianjin, China: A case study. *Atmospheric Environment: X*, 12, 100137. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2021.100137>

- Ollat, N., Bordenave, L., Tandonnet, J. P., Boursiquot, J. M., & Marguerit, E. (2016). Grapevine rootstocks: Origins and perspectives. *Acta Horticulturae*, 1136, 11–22. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1136.2>
- Pacione, M. (1984). *Rural Geography*.
- Pallotti, L., Dottori, E., Lattanzi, T., Lanari, V., Brillante, L., & Silvestroni, O. (2025). Anti-Hail Shading Net and Kaolin Application: Protecting Grape Production to Ensure Grape Quality in Mediterranean Vineyards. *Horticulturae*, 11, 110. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020110>
- PARM. (2018). *Agriculture Risk Management in Developing Countries: A learning course for practitioners (by D. Kahan & S. Worth)*. PARM/IFAD: Rome, Italy. <https://parm.org/document/agriculture-risk-management-in-developing-countries-a-learning-course-for-practitioners-introduction/>
- Pavia, G. (2010). *La pratique agricole traditionnelle de la culture de la « vite ad alberello » (taille de la vigne en gobelet) de la communauté de Pantelleria—UNESCO Patrimoine culturel immatériel*. UNESCO. <https://ich.unesco.org/fr/RL/la-pratique-agricole-traditionnelle-de-la-culture-de-la-vite-ad-alberello-taille-de-la-vigne-en-gobelet-de-la-communaute-de-pantelleria-00720>
- Petino, G., Privitera, D., Petino, G., & Privitera, D. (2023). Uncovering the local foodscapes. Exploring the Etna volcano case study, Italy. *AIMS Geosciences*, 9(2), Article geosci-09-02-021. <https://doi.org/10.3934/geosci.2023021>
- Petoumenou, D., Biniari, K., Xyrafis, E., Mavronasios, D., Daskalakis, I., & Palliotti, A. (2019). Effects of Natural Hail on the Growth, Physiological Characteristics, Yield, and Quality of *Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless under Mediterranean Growing Conditions. *Agronomy*, 9. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040197>
- Phillips, M. (1993). Rural gentrification and the processes of class colonisation. *Journal of Rural Studies*, 9(2), 123–140. [https://doi.org/10.1016/0743-0167\(93\)90026-G](https://doi.org/10.1016/0743-0167(93)90026-G)
- Pozzebon, M., Petrini, M., de Mello, R. B., & Garreau, L. (2011). Unpacking researchers' creativity and imagination in grounded theorizing: An exemplar from IS research. *Information and Organization*, 21(4), 177–193. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2011.09.001>
- Privitera, D., Graziano, T., & Sorrentino, E. P. di. (2024). New regions in a glass. Embedding landscape in the production of wine narratives. *Landscape Research*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01426397.2024.2367471>
- Quarantelli, E. L. (1993). *Community Crises: An Exploratory Comparison of the Characteristics and Consequences of Disasters and Riots*. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-5973.1993.tb00009.x>
- Raimondi, S., Lupo, M., & Tusa, D. (1999). *Il clima ed il pedoclima dei suoli vulcanici dell'Etna*. 23, 2–7.
- Ramos, M. C., & Martínez-Casasnovas, J. A. (2010). Effects of precipitation patterns and temperature trends on soil water available for vineyards in a Mediterranean climate area. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1495–1505. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.003>

- Rees, J. D. (1970). Paricutin revisited: A review of man's attempts to adapt to ecological changes resulting from volcanic catastrophe. *Geoforum*, 1(4), 7–25. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(70\)90055-2](https://doi.org/10.1016/0016-7185(70)90055-2)
- RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2019/ 934 DE LA COMMISSION - du 12 mars 2019 - complétant le règlement (UE) no 1308/ 2013 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les zones viticoles où le titre alcoométrique peut être augmenté, les pratiques œnologiques autorisées et les restrictions applicables à la production et à la conservation de produits de la vigne, le pourcentage minimal d'alcool pour les sous-produits et leur élimination, et la publication des fiches de l'OIV (2019).
- Règlement (CE) n° 852/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires, 226 OJ L (2004). <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/852/corrigendum/2004-06-25/oj/fra>
- RÈGLEMENT (CE) No 555/2008 DE LA COMMISSION Du 27 Juin 2008, 555/2008 (2008). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R0555&qid=1744882390138>
- RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2019/2072 DE LA COMMISSION du 28 novembre 2019 (2019).
- RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2021/1165 DE LA COMMISSION du 15 juillet 2021 autorisant l'utilisation de certains produits et substances dans la production biologique et établissant la liste de ces produits et substances, 253 OJ L (2021). http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/1165/oj/fra
- Riguccio, L., Tomaselli, G., Carullo, L., Verde, D., & Russo, P. (2017). Identifying areas suitable for wine tourism through the use of multi-criteria and geographic information system: The method and its application in the countryside around Mount Etna (Sicily). *Journal of Agricultural Engineering*, 48(2), Article 2. <https://doi.org/10.4081/jae.2017.624>
- Robertson, R. (1995). An assessment of the risk from future eruptions of the Soufriere volcano of St. Vincent, West Indies. *Natural Hazards*, 11, 163–191. <https://doi.org/10.1007/BF00634531>
- Rosi, M., Principe, C., & Vecchi, R. (1993). The 1631 Vesuvius eruption. A reconstruction based on historical and stratigraphical data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 58(1), 151–182. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(93\)90106-2](https://doi.org/10.1016/0377-0273(93)90106-2)
- Rukhsana, Alam, A., & Mandal, I. (2021). Impact of Microclimate on Agriculture in India: Transformation and Adaptation. In Rukhsana & A. Alam (Eds.), *Agriculture, Food and Nutrition Security: A Study of Availability and Sustainability in India* (pp. 41–59). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69333-6_3
- Ruland, K., Montague, T., & Helwi, P. (2023). Impact of hail-netting on Vitis vinifera L. canopy microclimate, leaf gas exchange, fruit quality, and yield in a semi-arid environment. *Viticulture Data Journal*, 555. <https://doi.org/10.3897/vdj.555.e108805>
- Sarfo, J. O., Debrah, T., Gbordzoe, N., & Obeng, P. (2022). Types of Sampling Methods in Human Research: Why, When and How? *European Researcher*, 13, 55–63. <https://doi.org/10.13187/er.2022.2.55>
- Sari, R. R., Priyadarshini, R., Rozendaal, D. M. A., Saputra, D. D., Hairiah, K., & van Noordwijk, M. (2023). Tree diversity and social–ecological resilience of agroforestry

- after volcanic ash deposition in Indonesia. *Sustainability Science*, 18(6), 2735–2753. <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01400-6>
- Scholze, H. (1990). *Glass: Nature, Structure, and Properties*. Springer Science & Business Media.
- Scollo, S., Del Carlo, P., & Coltelli, M. (2007). Tephra fallout of 2001 Etna flank eruption: Analysis of the deposit and plume dispersion. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 160(1), 147–164. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.09.007>
- Scott, B. J., Johnston, D. M., & Manville, V. (1998). *Volcanic Impacts in the Hawkes Bay region*. Institute of Geological & Nuclear Sciences. <https://cms.hbrc.govt.nz/assets/Uploads/Volcanic-Impacts-in-the-Hawkes-Bay-region.pdf>
- Sharma, G. (2017). Pros and cons of different sampling techniques. *International Journal of Applied Research*, 3(7), 749–752.
- Sheets, P., Hoopes, John, Melson, William, McKee, Brian, Sever, Tom, Mueller, Marilynn, Chenault, Mark, & Bradley, J. (1991). Prehistory and Volcanism in the Arenal Area, Costa Rica. *Journal of Field Archaeology*, 18(4), 445–465. <https://doi.org/10.1179/009346991791549112>
- Shiming, L., & Gliessman, S. R. (2016). *Agroecology Development in China: Science, Practice, and Sustainable Management* (pp. 3–35). <https://doi.org/10.1201/b19503-3>
- Shoji, S., Dahlgren, R., & Nanzyo, M. (1993). Chapter 3 Genesis of Volcanic Ash Soils. In S. Shoji, M. Nanzyo, & R. Dahlgren (Eds.), *Developments in Soil Science* (Vol. 21, pp. 37–71). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70264-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70264-2)
- Shoji, S., & Takahashi, T. (2002). Environmental and agricultural significance of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*, 6.
- Shroder, J. F., & Papale, P. (2015). *Volcanic Hazards, Risks, and Disasters* (p. 505).
- Signorello, G., Marzo, A., Prato, C., Sturiale, G., & De Salvo, M. (2020). Assessing the hidden impacts of hypothetical eruption events at Mount Etna. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100056>
- Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., & Stix, J. (1999). *Encyclopedia of Volcanoes*. <https://shop.elsevier.com/books/encyclopedia-of-volcanoes/sigurdsson/978-0-08-054798-5>
- Sivarajan, S. P., Lindsay, J. M., Cronin, S. J., & Wilson, T. M. (2020). *Farmers' perceptions of options for pasture remediation and recovery following major tephra fall in New Zealand*. <https://natlib.govt.nz/records/44594723>
- Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science (New York, N.Y.)*, 236(4799), 280–285. <https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Smith, A. M., Coupland, G., Dolan, L., Harberd, N., Jones, J., Martin, C., Sablowski, R., & Amey, A. (2010). *Plant Biology*. Garland Science. <https://doi.org/10.1201/9780203852576>
- Soldati, M., & Marchetti, M. (Eds.). (2017). *Landscapes and Landforms of Italy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26194-2>
- Spalliera o Controspalliera. (2025). Quattroclici. <https://www.quattroclici.it/glossario-vino/tipi-di-allevamento-per-la-vite/spalliera/>

- Stanhill, G. (1986). Water Use Efficiency. In N. C. Brady (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 39, pp. 53–85). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60465-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60465-4)
- Stojanova, M., Šatana, A., Stojanova, M., Lalevic, B., & Djukic, D. (2024). *THE INFLUENCE OF SOIL AND FOLIAR FERTILIZATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF 'CARDINAL' GRAPEVINE LEAVES AND CLUSTERS*.
- Taddeucci, J., Edmonds, M., Houghton, B., James, M. R., & Vergniolle, S. (2015). Chapter 27—Hawaiian and Strombolian Eruptions. In H. Sigurdsson (Ed.), *The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition)* (pp. 485–503). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00027-4>
- Tassinari, P., Paolinelli, G., Benni, S., & Torreggiani, D. (2010). DESIGN OF GREEN AREAS FOR THE PROMOTION OF AGRICULTURE: A STUDY CASE OF VINE-GROWING AND WINE-PRODUCING FARM. *Acta Horticulturae*, 381–384. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.881.58>
- Tejedor, M., Jiménez, C., & Díaz, F. (2003). Volcanic materials as mulches for water conservation. *Geoderma*, 117(3), 283–295. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00129-0)
- Tendall, D. M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q. B., Kruetli, P., Grant, M., & Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.08.001>
- Texier-Teixeira, P., Chouraqui, F., Perrillat-Collomb, A., Lavigne, F., Cadag, J. R., & Grancher, D. (2014). Reducing volcanic risk on Fogo Volcano, Cape Verde, through a participatory approach: Which outcome? *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(9), 2347–2358. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2347-2014>
- The World Bank. (2018). *Evaluación de Daños y Pérdidas del Volcán de Fuego: DaLa Report* [Text/HTML]. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/en/388801560926135255>
- Thomas, C. S., Marois, J. J., & English, J. T. (1988). *The Effects of Wind Speed, Temperature, and Relative Humidity on Development of Aerial Mycelium and Conidia of Botrytis cinerea on Grape*. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1988Articles/Phyto78n03_260.PDF
- Tong, A., Sainsbury, P., & Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): A 32-item checklist for interviews and focus groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(6), 349–357. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzm042>
- Torry, W. (1979). Hazards, Hazes and Holes: A Critique of the Environment as Hazard and General Reflections on Disaster Research. *The Canadian Geographer / Le Géographe Canadien*, 23, 368–383. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1979.tb00672.x>
- Toumi, I., M'sehli, W., Bourgou, S., Jellouli, N., Bensalem-Fnayou, A., Ghorbel, A., & Mliki, A. (2007). Response of ungrafted and grafted grapevine cultivars and rootstocks (*Vitis* sp.) to water stress. *OENO One*, 41, 85. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2007.41.2.853>
- Traverso, V. (2022). Anonymisation, pseudonymisation, consentement. *Bulletin de l'AFAS. Sonorités*, 48, Article 48. <https://doi.org/10.4000/afas.7474>

- Tudisca, S., Sgroi, F., & Di Trapani, A. M. (2012). Effetti dell'applicazione dell'OCM vino nella vitivinicoltura siciliana: Il caso dell'adozione del premio all'estirpazione dei vigneti. *Economia & Diritto Agroalimentare*, 17, 1, 2012, 161–179. <https://doi.org/10.1400/205639>
- Tudisca, S., Trapani, A., Donia, E., Sgroi, F., & Testa, R. (2014). Entrepreneurial strategies of Etna wine farms. *Int. J. of Entrepreneurship and Small Business*, 21, 155–164. <https://doi.org/10.1504/IJESB.2014.059470>
- Ufficio Regionale di Censimento. (2016). 6° CENSIMENTO AGRICOLTURA 2010 rapporto sui dati definitivi della sicilia. https://pti.regione.sicilia.it/portal/page/portal/PIR_PORTALE/PIR_LaStrutturaRegionale/PIR_AssessoratoEconomia/PIR_DipBilancioTesoro/PIR_Areematiche/PIR_ServizioStatistica/PIR_cofanetto/Volume%201_REGIONE.pdf
- UNDRR. (2015a). *Global assessment report on disaster risk reduction 2015*. <https://www.undrr.org/media/14914>
- UNDRR. (2015b). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of Wine Research*, 17, 1–10. <https://doi.org/10.1080/09571260600633135>
- Vandermeer, J., van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C., & Perfecto, I. (1998). Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67(1), 1–22. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00150-3)
- Wang, Z.-L., Yao, F., Hui, M., Wu, D., Wang, Y., Han, X., Cao, X., Li, Y.-H., Li, H., & Wang, H. (2022). Fertility analysis of intraspecific hybrids in *Vitis vinifera* and screening of superior hybrid combinations. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.940540>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a Science, a Movement and a Practice. <http://Dx.Doi.Org/10.1051/Agro/2009004>, 29, 503–515. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_3
- Wilson. (2014). Community resilience: Path dependency, lock-in effects and transitional ruptures. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.741519>
- Wilson, Cole, J., Cronin, S., Stewart, C., & Johnston, D. (2011). Impacts on agriculture following the 1991 eruption of Vulcan Hudson, Patagonia: Lessons for recovery. *Natural Hazards*, 57(2), 185–212. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9604-8>
- Wilson, G., Wilson, T. M., Deligne, N. I., & Cole, J. W. (2014). Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 286, 148–182. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.030>
- Wilson, & Kaye. (2007). *Agricultural fragility estimates for volcanic ash fall hazards*. GNS Science.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards*.
- Zobel, D. B., Antos, J. A., & Fischer, D. G. (2022). Community development by forest understory plants after prolonged burial by tephra. *Plant Ecology*, 223(4), 381–396. <https://doi.org/10.1007/s11258-021-01216-3>

Annexes

Annexe A : Carte des *contrade* de la zone Etna DOC

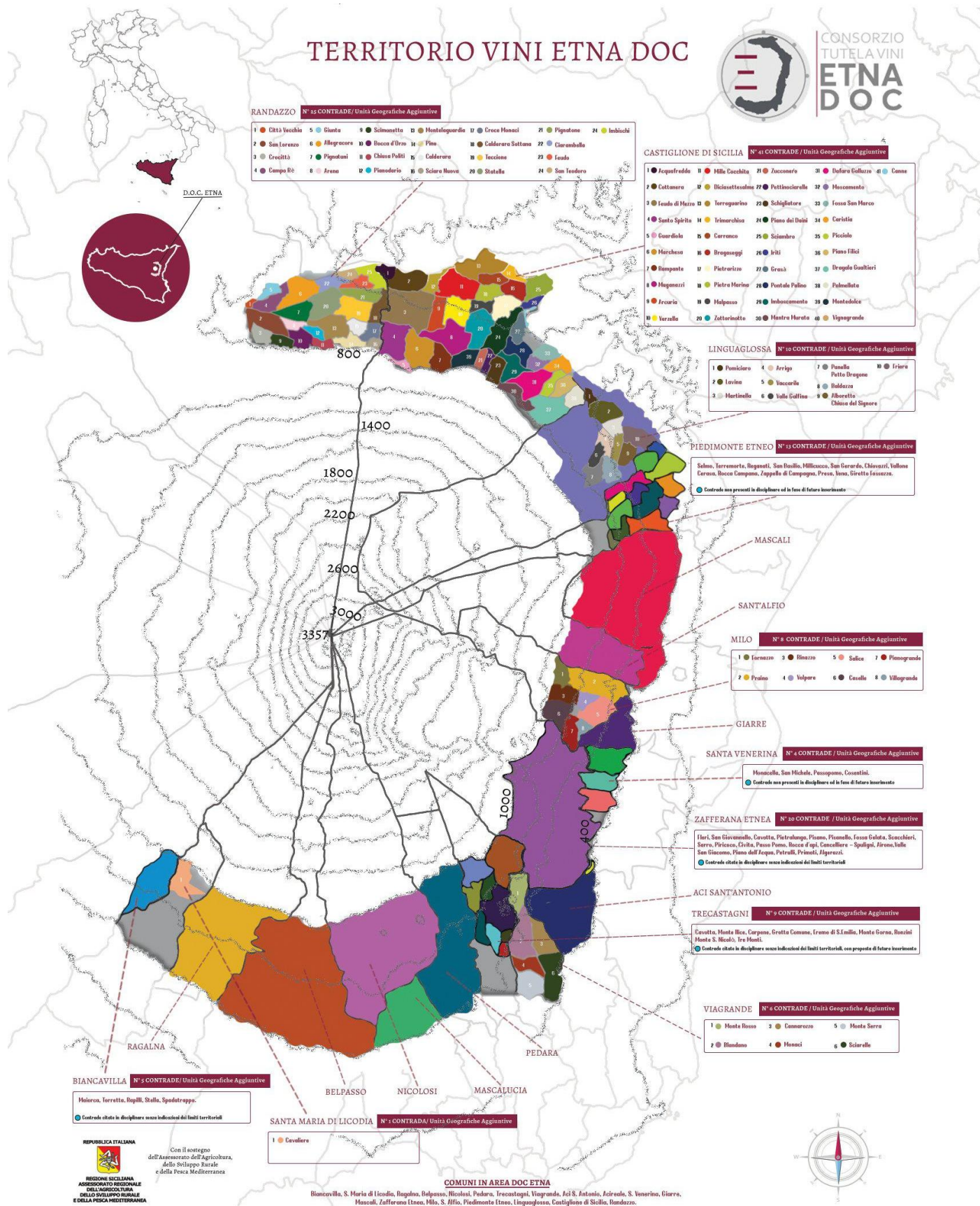


Figure 20 : Carte des 142 *contrade* présentes dans la zone de l'Etna DOC

Annexe B : Guide d'entretiens

Interview Guide

I. Background of the Winegrower

General background + Name + Surname and Age:

1. How long have you been involved in winemaking ?
2. What motivated you to become a winegrower ?
 - a. Have your motivations evolved since you started ?
3. What led you to cultivate here, despite the proximity to the volcano ?

Structure of the Farm

4. What is the total area of the plots (in hectares) that you own or rent?
5. Is all of your land dedicated to viticulture? Or do you cultivate other crops on your land?
 - a. If yes, what are these crops, and what benefits do you gain from them (biodiversity, erosion control, etc.)?

II. Technical Aspects of Production

Agronomic Characteristics of the Soils

1. What are the main agronomic characteristics you seek in the soil for vine cultivation (e.g., structure, mineral composition, water retention capacity, porosity)?
2. How would you describe the texture/structure of the soil? Is it well-drained, clayey, or sandy? How does this influence vine cultivation?
3. Are your vines grown on deep soils? Can you provide an approximate depth range?
 - a. What lies beneath the cultivated soil? Solid lava? A layer of scoria?
4. What soil aspects most influence the quality of the wine produced? For example, are soil acidity, nutrient composition, or water retention capacity key factors in the typicity of your wines?

5. Have you noticed differences in the agronomic characteristics of soils between different plots? If so, how do these differences influence the production and quality of the wine?
6. Does the slope, sunlight exposure, drainage, runoff, etc., have any effect?

Grape Varieties

1. What grape varieties do you cultivate?
 - a. What type of grape cluster is associated with each grape variety?
 - b. What motivated you to choose this/these grape varieties? Was it for reasons related to terroir, wine quality, or the resilience of these varieties to local conditions and climate risks (e.g., ash, drought)?
 - c. What are the main challenges associated with each grape variety (e.g., diseases, soil adaptation), and how do you address them?
2. What types of rootstocks do you use for your vines, and why did you choose them?
3. Is the choice of rootstock linked to resistance to biotic (e.g., diseases, pests) or abiotic conditions (e.g., drought, volcanic soil, ash)?
4. How does this rootstock influence the quality of the fruit, the wine, and the vigor of your vines?
5. Was your choice of rootstock influenced by specific recommendations, personal experience, or advice from your nursery provider?
6. Do you think the rootstock you have chosen is particularly suited to the volcanic soils of Mount Etna? If yes, why?
7. What types of red wine do you produce (e.g., sparkling, sweet, full-bodied), and what motivated this production choice?
8. What types of white wine do you produce (e.g., dry, sweet, sparkling), and what motivated this production choice?
 - a. Why did you choose these types of wine over others (e.g., dry, sweet, full-bodied)? Was it due to terroir characteristics, market preferences, or other factors?
9. How many vine stocks do you cultivate?
10. What spacing do you leave between each vine?
 - a. Why? Are there specific constraints that influenced this choice?

III. Natural Hazards & Adaptation Strategies

Volcanic Risks

1. When was the last time your farm was affected by ashfall?
 - a. Why do you particularly remember this event?
2. Over the past three years, how many times has your farm been affected by ashfall?
3. Since you started growing vines here, do you recall any particularly intense ashfall episodes? When did they occur?
 - a. What were the effects on your farm? Did the ash affect the structure of the vines, the quality of the grapes, or production costs (e.g., cleaning, vine treatment)?
4. Have you ever suffered significant losses due to volcanic activity?
 - a. If so, can you describe this episode and how you reacted?
5. Can you quantify the loss (e.g., crop loss, decrease in wine quality, cleaning costs)?
 - a. What measures have you taken to adapt to this risk (e.g., ash protection nets, manual removal, protective structures, resistant varieties)?
 - b. Do you find these strategies effective? How do you perceive the difference with and without these methods?
 - c. Are there collaborative measures (e.g., shared equipment, logistical support) that help resume activities quickly after such an event?
6. How do interruptions in supply chains (e.g., blocked access roads due to ashfall) affect your relationships with distributors and customers?
7. What are the main constraints you encounter in ensuring wine quality after ashfall episodes, particularly regarding contamination and traceability?

IV. Economic Aspects

Certification and Cooperation

1. Is your wine classified as a controlled designation of origin (DOC)?
 - a. If yes, what are the advantages and disadvantages of this certification (e.g., control, constraints)? What is the process behind obtaining this certification?
2. What forms of collaboration exist between you and other winegrowers (e.g., equipment sharing, help with harvesting, cleaning after ashfall)?
3. Is there a cooperative between farmers?
 - a. If yes, what are the benefits in terms of economic support or resource sharing?
 - b. What are the criteria for being part of this cooperative?

Distribution Channels and Contracts

4. Where do you primarily sell your wine (e.g., direct sales, supermarkets, export)?
 - a. What percentage of sales comes from the different channels?
5. What types of contracts do you establish with your distributors or buyers, depending on the different channels?
 - a. What is the duration of these contracts (e.g., annual or multi-year)?
 - b. Are they unilateral or bilateral (negotiated between two parties)?
 - c. What are the main challenges related to distribution (e.g., delays, storage, conditions)?
6. How are your wine prices set?
 - a. How do you negotiate prices with your partners (e.g., distributors, buyers)?
7. What barriers do you face in coordinating with other winegrowers or value chain actors (e.g., cooperatives, distributors) to manage the consequences of ashfall?
8. Do you receive subsidies or financial aid, either public or private (e.g., insurance, subsidies, loans), to compensate for losses due to natural hazards?
 - a. If yes, which ones, and what are the criteria for accessing them?

Annexe C : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol d'un viticulteur



Dott. BRUNO CÀTARA
NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO
LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE
95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997
Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9



Rapporto di Prova N. 5786/14

Catania 02/10/2014

Committente: Dott. Agronomo Walter Fidone
Corso Garibaldi, 107
97018 Scicli - tel. 3662676146 (RG)

Numero campione: 5.786 **Data ricevimento:** 19/09/14 **Data inizio prove:** 19/09/14 **Data termine prove:** 02/10/14
Categoria Mercatologica: TERRENI D.M. 11/05/92 E SUCC. MODIFICHE
Prodotto dichiarato: TERRENO
Descrizione Campione: [Redacted]
Campionato da: Committente
Etichetta Campione:
Descrizione Sigillo:
Quantità Campione: 1 **Restituzione Campione:** No
Imballaggio: Busta di plastica
Procedura Campionamento: **Data di Campionamento:** 19/09/14

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Range ottimale	Annotazione
ANALISI CHIMICO-FISICA				
Scheletro (>2 mm)	D.M. 13/09/99 - Met.II.1	160 g/kg		
Terra fine (<2 mm)	D.M. 13/09/99 - Met.II.3	840 g/kg		
Sabbia (0,02-2 mm)	D.M. 13/09/99 - Met.II.6	861 g/kg		
Limo (0,002-0,02 mm)	D.M. 13/09/99 - Met.II.6	98 g/kg		
Argilla (<0,002 mm)	D.M. 13/09/99 - Met.II.6	41 g/kg		
Calcare totale (CaCO ₃)	D.M. 13/09/99 - Met.V.1	0 g/kg		
Calcare attivo (CaCO ₃)	D.M. 13/09/99 - Met.V.2	0 g/kg		
Azoto totale (N)	D.M. 13/09/99 - Met.XIV.2	1,7 g/kg		
Carbonio organico	D.M. 13/09/99 - Met.VII.3	20,8 g/kg		
Rapporto C/N	Per calcolo	12,2		
Fosforo assimilabile (P ₂ O ₅)	D.M. 13/09/99 - Met.XV.3	56 mg/kg		
Potassio scambiabile (K ₂ O)	D.M. 13/09/99 - Met.XIII.5	383 mg/kg		
ESTRATTO SATURO				
pH (Estratto saturo)	pH-metro	7,0		
Conducibilità specifica (25°C)	D.M. 13/09/99 - Met.IV.1	0,36 dS/m		
CATIONI SCAMBIABILI				
Capacità di Scambio Cationico (CSC)	D.M. 13/09/99 - Met.XIII	19,4 meq/100g		
Grado di saturazione in basi (GSB)	D.M. 13/09/99 - Met.XIII	100,0 %		
Calcio scambiabile	D.M. 13/09/99 - Met.XIII.5	15,3 meq/100g		
Magnesio scambiabile	D.M. 13/09/99 - Met.XIII.5	2,3 meq/100g		
Sodio scambiabile	D.M. 13/09/99 - Met.XIII.5	1,0 meq/100g		
Potassio scambiabile	D.M. 13/09/99 - Met.XIII.5	0,8 meq/100g		
Calcio.	-	79,07 %		

Pagina 1 di 2

Laboratorio operante secondo norma UNI CEI ISO/IEC 17025 - Autorizzazioni ministeriali per analisi su alimenti e mangimi, ricerca residui di fitofarmaci su prodotti alimentari
E-mail: bruno.cataro@pec.it • E-mail: brucataro@tin.it • Internet: <http://www.brunocataro.it>

Figure 21 : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol de l'exploitation viticole d'un viticulteur de l'Etna (p.1)



Dott. BRUNO CÀTARA

NUCLEO CHIMICO MEDITERRANEO

LABORATORIO D'ANALISI CHIMICHE E MICROBIOLOGICHE

95128 CATANIA - VIA Firenze, 160 - Tel. 095.446842 - Fax 095.446997

Cod. Fisc. CTR BRN 44H28 C351P - Partita I.V.A. 0041960 087 9



THE EUROPEAN CHEMIST
REGISTRATION BOARD

Rapporto di Prova N. 5786/14

Committente: Dott. Agronomo Walter Fidone

Campionato da: Committente

Il presente rapporto riguarda esclusivamente il campione sottoposto a prova ed esso non può essere riprodotto parzialmente, se non previa approvazione scritta da parte di questo Laboratorio.

Prova	Metodo analitico	Valore determinato	Range ottimale	Annotazione
Magnesio.	-	11,80 %		
Sodio (ESP)	-	4,94 %		
Potassio.	-	4,20 %		
Rapporto K/Mg	-	0,36		
Rapporto Mg/K	-	2,81		

**Il Responsabile Tecnico e di
Laboratorio**
Dott. *Chimico Bruno Càtara*



Certificato di analisi Chimiche valido ai sensi
gli effetti di Legge ai sensi dell'articolo 16
R.D. 1-3-1928 n. 842 art.11 16 e 18 Legge
1-3-1957 n. 679 - D.M. 21-6-1978 art. 8 c.
3 - L. n. 25-8-1986 «Per le prestazioni
analitiche deve essere rilasciato un
certificato firmato dal Chimico».

Pagina 2 di 2

Laboratorio operante secondo norma UNI CEI ISO/IEC 17025 - Autorizzazioni ministeriali per analisi su alimenti e mangimi, ricerca residui di fitofarmaci su prodotti alimentari
E-mail: bruno.catarap@pec.it • E-mail: brucatar@tin.it • Internet: <http://www.brunocatar.it>

Figure 22 : Rapport de laboratoire de l'analyse physico-chimique du sol de l'exploitation viticole d'un viticulteur de l'Etna (p.2)

Approche qualitative : dynamiques et stratégies influençant la résilience des vignobles de l'Etna face aux retombées de téphra

Luna Duflou

L'agriculture est un pilier économique majeur dans les régions volcaniques. Cependant, les activités agricoles sont particulièrement impactées par l'activité volcanique, en particulier par les retombées de téphra, fragments de roche magmatique éjectés lors des éruptions explosives. Sur les flancs de l'Etna, volcan le plus actif d'Europe, la viticulture occupe une place singulière de par son histoire et son terroir. La capacité des exploitations viticoles à faire face aux retombées de téphra joue un rôle clé dans le maintien de l'économie locale et du patrimoine paysager et culturel. Néanmoins, peu d'études se sont penchées sur les pratiques agricoles et les dynamiques socio-économiques locales qui sous-tendent la viticulture exercée sous la menace du volcan.

Ce mémoire a pour objectifs (i) d'analyser les perceptions qu'ont les viticulteur.rices des risques liés aux retombées de téphra ; (ii) d'identifier les impacts observés sur les vignobles ; (iii) de décrire les stratégies d'adaptation mises en place ; (iv) d'examiner la diversité des formes de résilience selon les profils d'exploitation ; et (v) d'explorer le rôle des dynamiques socio-économiques dans la construction de ces mécanismes de résilience.

L'étude repose sur une approche qualitative exploratoire, fondée sur huit entretiens semi-directifs avec des viticulteur.rices de l'Etna. Nos résultats révèlent que les retombées de téphra sont perçues comme un aléa acceptable mais qui génèrent des effets négatifs, pour la plupart reconnus dans la littérature scientifique. Les adaptations combinent savoir-faire traditionnels (conduite en "alberello") et innovations techniques ou organisationnelles (diversification parcellaire, etc.). Deux tendances coexistent : un retour aux pratiques patrimoniales et une intensification productiviste. Les discours territoriaux soulignent le double rôle du volcan, vecteur d'identité mais aussi de vulnérabilités structurelles, sociales et écologiques. Ce travail met en évidence l'importance d'intégrer la résilience des viticulteur.rices face au téphra dans une approche globale incluant les enjeux climatiques, et appelle aussi à des recherches combinant méthodes qualitatives et mesures quantitatives pour évaluer l'efficacité réelle des stratégies d'adaptation observées.

Mots-clés : viticulture, retombées de téphra, résilience