

Rapport de stage

Adaptation de l'itinéraire technique face au changement climatique en viticulture biologique alsacienne

Master 2 Vigne, Vin, Terroir
2024-2025



UNIVERSITÉ
BOURGOGNE
EUROPE



IUVV
Institut
Jules
Guyot



MASTER
VIGNE
VIN
TERROIR



AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



AGENCE
DE L'EAU
RHIN•MEUSE

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE

Liberté
Égalité
Fraternité



Table des matières

Table des matières.....	1
Abréviations.....	2
1. Contexte.....	3
2. Synthèse bibliographique	4
3. Objectifs du stage.....	9
4. Matériel et méthode.....	9
4.1 Présentation des parcelles d'expérimentations.....	9
4.1.1 Pédologie, topographie et matériel végétal	9
4.1.2 Plan expérimental et modalités testées.....	10
4.2 Relevés et mesures de terrain.....	11
4.2.1 Analyse de sol.....	11
4.2.2 Paramètres de vendange	11
4.2.3 Pesée des bois de taille.....	12
4.2.4 MERCI	13
4.2.5 Données climatiques du millésime 2025.....	13
4.2.6 Statut hydrique.....	14
4.2.7 Micro-vinification.....	14
5. Résultats et discussion.....	15
5.1 Analyse de sol	15
5.2 Paramètres de vendange.....	16
5.3 Vigueur.....	17
5.4 Données climatiques du millésime 2025.....	18
5.5 Eléments restitués par la MERCI.....	18
5.5.1 Parcelle B. B-Saint-Hippolyte	18
5.5.2 Parcelle H. H-Saint-Hippolyte	19
5.5.3 Parcelle E. P-Rorschwihr	19
5.5.4 Parcelle F. G-Ribeauvillé	20
5.5.5 Influence de la date de destruction.....	21
5.5.6 Discussion générale MERCI.....	21
5.6 Statut hydrique	22
5.6.1 Parcelle B. B-Saint-Hippolyte	22
5.6.2 Parcelle H. H-Saint-Hippolyte	23
5.6.3 Parcelle E. P-Rorschwihr	23
5.6.4 Parcelle F. G-Ribeauvillé	24
5.6.5 Discussion générale statut hydrique.....	24
6. Limites méthodologiques de l'essai.....	24
7. Conclusion et perspectives	25
Bibliographie.....	27
Annexes.....	30

Abréviations

AB : Agriculture Biologique

B/E : Broyé/enfoui

CAA : Chambre agriculture Alsace

CC : Changement Climatique

CCNUCC : Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CIVA : Comité Interprofessionnel des Vins d'Alsace

C/N : Rapport Carbone/Azote

CTVA : Commission Technique du Vignoble Alsacien

EV : Engrais Verts

F : Fauché

GIEC : Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat

GIEE : Groupement d'Intérêt Environnemental et Économique

IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin

INAO : Institut national de l'origine et de la qualité

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

MERCI : Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires

MO : Matière Organique

R : Roulé

TAP : Titre d'alcool potentiel

TRACC : Trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique

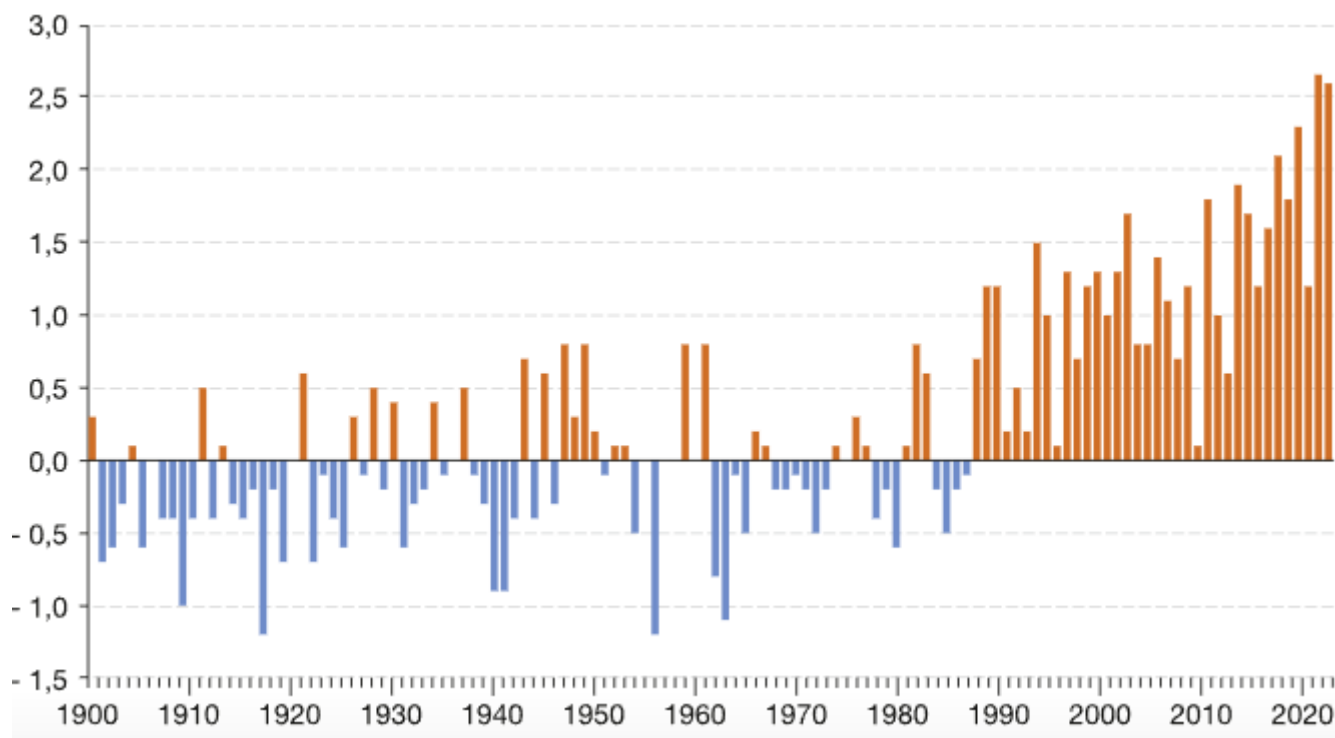


Figure 1 : Evolution des températures moyennes annuelles en France métropolitaine depuis 1900 présentée sous forme d'écart par rapport à la moyenne observée sur la période 1961-1990 (11,8 °C) ; (Source : Météo France, 2024⁴)

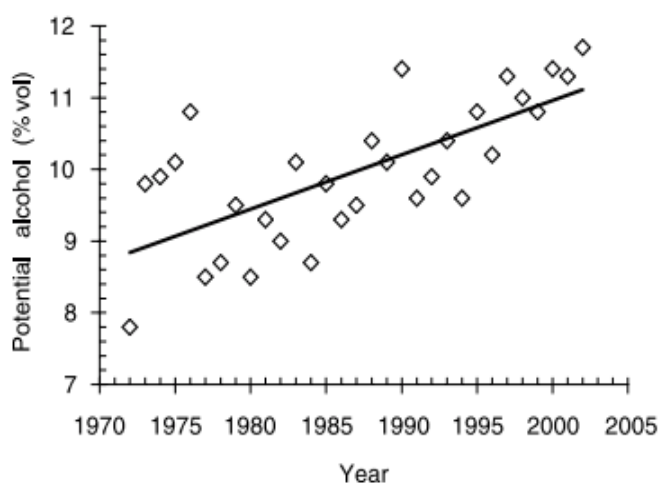


Figure 2 : Evolution des niveaux de potentiel alcoolique (en % vol) constatés à la récolte pour le Riesling en Alsace de 1970 à 2005. La tendance est de 0,08 % vol. par an (Source : Duchêne et Schneider, 2005)

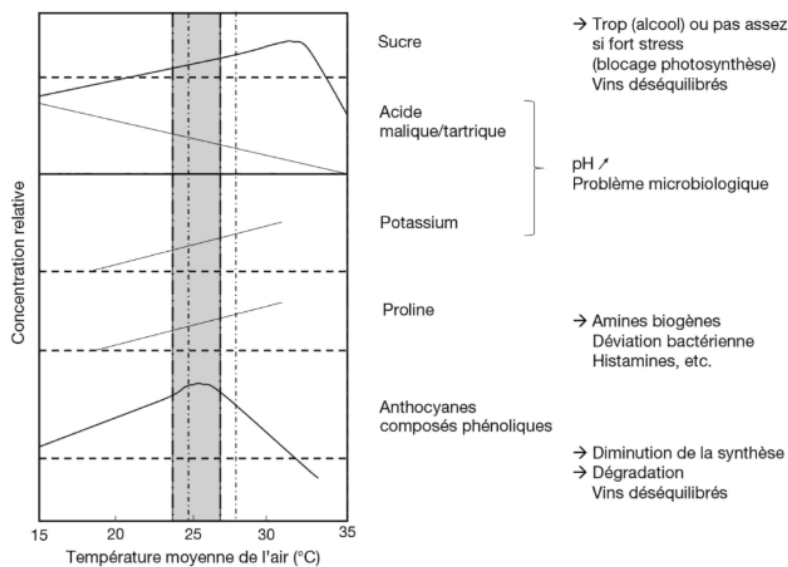


Figure 3 : Résumé schématique des principaux effets de la température sur la concentration de quelques composés majeurs du raisin (Source : Debaeke *et al*, 2025)

1. Contexte

D'après le dernier rapport du GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), les températures moyennes de surface au niveau mondial se sont élevées de 1,1 °C par rapport à la période pré-industrielle (Ministère aménagement du territoire-Transition écologique, 2023¹) ; (figure 1). La trajectoire de réchauffement de référence pour l'adaptation au changement climatique (TRACC) envisage d'ici la fin du XXIème siècle une hausse des températures moyennes allant de 2 à 4 °C en France métropolitaine (Météo-France, 2024²). Le changement climatique (CC) bouleverse les systèmes naturels et humains, menaçant la sécurité sanitaire et alimentaire, et par conséquent la viticulture.

Le vignoble alsacien, implanté sur le versant Est du piémont vosgien, est particulièrement concerné par le réchauffement récent ; les régions de l'Est et du Nord-Est de la France étant parmi les plus exposées à cette tendance (Ollat et al., 2021). Les Vosges abritent le vignoble des influences océaniques, bénéficiant ainsi d'un climat semi-continental et d'un faible niveau de pluviométrie (entre 600 et 650 mm de précipitations moyennes annuelles en Alsace). Le secteur de Colmar est l'un des plus secs de France avec en moyenne 550 mm de précipitations annuelles (CIVA, 2025³ ; Données publiques Météo-France, 2025⁴). Les données de la station météorologique de l'INRAe de Colmar montrent depuis 1972 une augmentation de la température moyenne annuelle de l'ordre de 0,06 °C, soit environ 2 °C en 30 ans (Duchêne et Schneider, 2005). Il a également été constaté une augmentation de l'indice héliométrique de Huglin entre les périodes 1980-1999 et 2000-2019 dans plusieurs régions viticoles, y compris en Alsace (+ 210 °C.J) ; (Ollat et al., 2021).

La hausse des températures, combinée à une forte variabilité interannuelle des précipitations et des déficits hydriques, exerce des contraintes sur le rendement et la composition des baies (Lebon et Garcia De Cortazar-Atauri, 2014). Les viticulteurs font alors face à une double problématique : d'une part l'acidité des baies diminue, tandis que leur concentration en sucre augmente, ce qui entraîne une élévation du degré alcoolique des vins (figure 2 et 3) ; (Van Leeuwen et Darriet, 2016). D'autre part, une sécheresse excessive provoque un blocage de la photosynthèse et donc des processus de maturation du raisin (Lebon *et al.*, 1996). Le régime hydrique de la vigne influence également le potentiel aromatique des

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/actualites/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>

² <https://meteofrance.com/la-trajectoire-de-rechauffement-de-reference-pour-sadapter-au-changement-climatique>

³ Comité Interprofessionnel des Vins d'Alsace (CIVA) : <https://www.vinsalsace.com/fr/>

⁴ <https://donneespubliques.meteofrance.fr/>

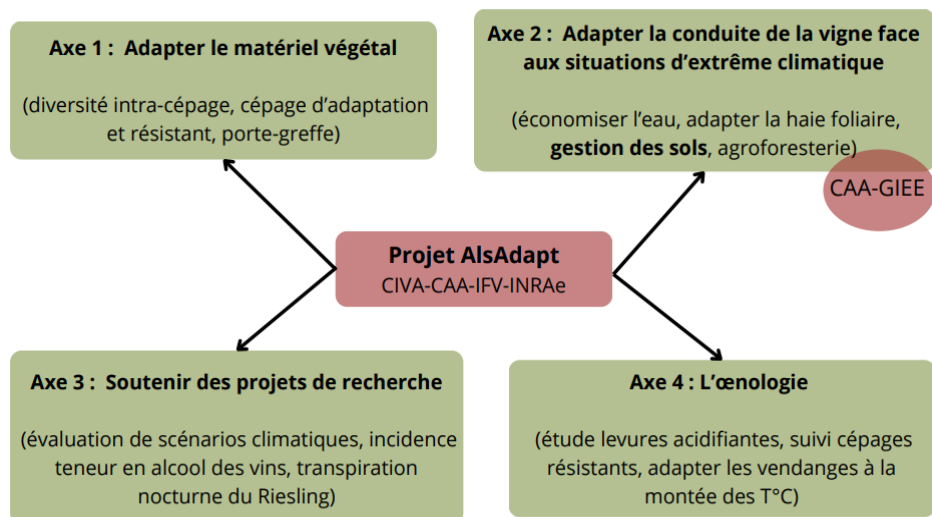


Figure 4 : Les quatre axes du projet AlsAdapt et ses actions principales (Source : CTVA, 2023)

vins (Koundouras et al., 1997 ; Darriet et al., 2016). Le Riesling est un cépage sensible au stress hydrique, d'autant plus si celui-ci est combiné à un stress thermique (Delorme, 2024). Une vigne soumise à un stress hydrique sévère produit des vins présentant une teneur réduite en thiols volatils (Schüttler et al., 2013). De plus, la teneur en β -damascénone diminue dans les Riesling soumis à des températures élevées et à une forte exposition, entraînant une perte aromatique (Marais et al., 1992 ; Kwasniewski et al., 2010).

Dans ce contexte, le programme AlsAdapt porté par le CIVA, en partenariat avec l'IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin), l'INRAE et la Chambre d'agriculture d'Alsace (CAA) a pour objectif d'explorer par le biais de quatre axes, les pistes d'adaptation pour la viticulture alsacienne face au CC (figure 4). Dans le cadre de ce programme, la CAA, le CIVA et le Groupement d'Intérêt Environnemental et Économique (GIEE) de la Cave de Ribeauvillé collaborent sur un projet de gestion des sols (axe 2) afin de les rendre plus résilients face au CC, tout en conservant la typicité des vins issus du Riesling (Commission Technique du Vignoble Alsacien, 2023). L'essai a été mis en place en 2023, avec les premières observations et résultats obtenus au cours de cette même année. Les expérimentations sont menées sur quatre parcelles et visent à évaluer différents modes de destruction des engrais verts et leurs impacts sur les sols, la vigne et la qualité du raisin produit : rétention en eau, structuration du sol, restitution d'éléments minéraux. En parallèle, des couverts peu concurrentiels sont semés afin d'anticiper une potentielle concurrence hydro-azotée avec la vigne, mais également dans le but d'assurer la portance des engins viticoles. La mise en place de cet essai conduit à formuler la problématique suivante :

Dans un contexte de changement climatique, comment adapter la gestion des sols à travers l'usage des engrais verts et de leurs modes de destruction, afin d'améliorer la résilience des sols alsaciens en viticulture biologique ?

2. Synthèse bibliographique

Nutrition minérale et hydrique

Afin de maintenir son équilibre physiologique et d'assurer le potentiel qualitatif des baies, la vigne a besoin de gaz carbonique (CO₂), d'énergie lumineuse, d'éléments minéraux et d'eau. Les besoins de la vigne « sont définis comme la quantité d'éléments nutritifs prélevée par la plante et nécessaire à la croissance et l'élaboration du rendement » (Delas, 2010). Le sol est le compartiment dans lequel la plante puise l'eau et les éléments minéraux sous forme

Tableau 1 : Rôle de la MO dans le fonctionnement global et bénéfices majeurs pour la fertilité des sols (Source : Institut Technique de la Vigne et du Vin, 2015)

	Action	Bénéfice
Rôle physique = cohésion	Structure, porosité	- pénétration de l'eau - stockage de l'eau - limitation de l'hydromorphie - limitation du ruissellement - limitation de l'érosion - limitation du tassement /compactage - réchauffement
	Rétention en eau	- meilleure alimentation hydrique
Rôle biologique = énergisant	Stimulation de l'activité biologique (vers de terre, biomasse microbienne)	- dégradation, minéralisation, réorganisation, humification - aération - croissance des racines
Rôle chimique = nutritif	Dégradation, minéralisation	- fournitures d'éléments minéraux (N, P, K, oligo-éléments...)
	CEC	- stockage et disponibilité des éléments minéraux
	Complexation ETM	- limitation des toxicités (Cu par exemple)
	Rétention des micropolluants organiques et des pesticides	- qualité de l'eau

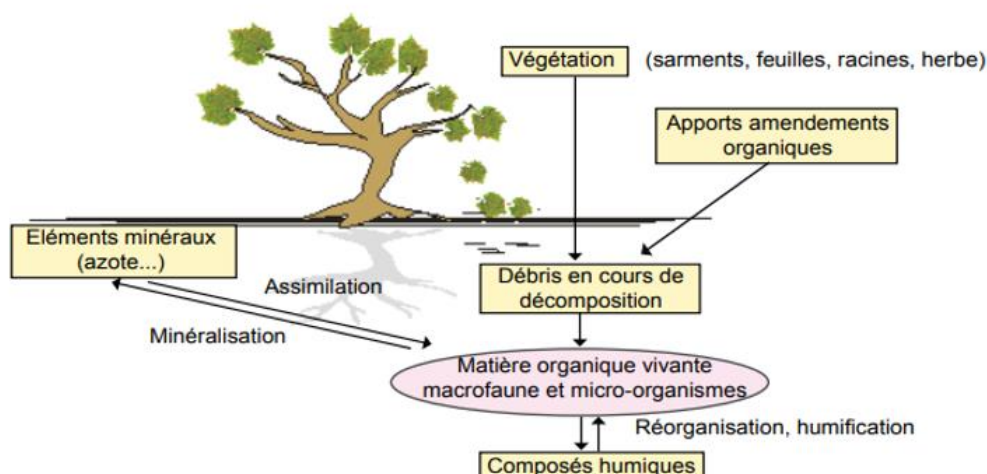


Figure 5 : Evolution simplifiée des matières organiques (Source : Institut Technique de la Vigne et du Vin, 2015)

Tableau 2 : Prélèvements annuels par hectare de la vigne (par les feuilles, les rameaux et les grappes) (Source : Delas, 2010)

Azote (N)	20 à 70 kg
Phosphore (P)	3 à 10 kg
ou bien anhydride phosphorique (P ₂ O ₅)	7 à 23 kg
Potassium (K)	25 à 70 kg
ou bien oxyde de potassium (K ₂ O)	30 à 84 kg
Magnésium (Mg)	6 à 15 kg
ou bien oxyde de magnésium (MgO)	10 à 25 kg
Calcium(Ca)	40 à 80 kg
ou bien oxyde de calcium (CaO)	56 à 112 kg
Soufre (S)	4 à 8 kg
Fer (Fe)	400 à 800 g
Bore (B)	80 à 150 g
Cuivre (Cu)	60 à 120 g
Manganèse (Mn)	80 à 160 g
Zinc (Zn)	100 à 200 g

d'ions. Bien que minoritaire dans la fraction du sol, la matière organique (MO) joue un rôle clé dans beaucoup de propriétés du sol physiques, chimiques et biologiques ([tableau 1](#)) ; (Duchaufour *et al.*, 2020). La MO est issue d'une succession de cycles de transformation des débris végétaux et animaux, notamment sous l'effet de l'activité microbienne et la faune du sol. Ces processus aboutissent à la formation de substances et composés riches en matière carbonée, participant directement ou indirectement à la nutrition hydrique et minérale des plantes ([figure 5](#)) ; (Duchaufour *et al.*, 2020). Les quantités d'éléments minéraux prélevées annuellement sont résumées dans le [tableau 2](#). La disponibilité en eau conditionne l'activité photosynthétique de la vigne en régulant l'ouverture des stomates des feuilles. Elle affecte l'absorption des éléments minéraux et la minéralisation de la MO (Gaviglio, 2022). Les besoins de la vigne en eau sont compris entre 450 et 550 mm. L'approvisionnement en eau est assuré par la réserve utile du sol, qui dépend notamment de la profondeur explorée par les racines, de la texture et de la structure du sol, et du mésoclimat (Van Leeuwen et Vivin, 2008).

Déficit hydrique et impact sur la vigne

La sensibilité de la vigne à la sécheresse dépend de facteurs liés à la parcelle (nature du sol, RU) et varie selon des facteurs génétiques (cépage, porte-greffe) et agronomiques (entretien du sol, densité de plantation, rapport feuille/fruit). L'intensité, la période d'apparition et la durée de la sécheresse vont influencer le développement de la vigne et la qualité de la récolte (Zufferey *et al.*, 2022). Dans des conditions de faible disponibilité en eau, la vigne possède des capacités d'adaptation liées à sa profondeur d'enracinement et sa régulation stomatique et osmotique (Koundouras *et al.*, 1997). En situation de contrainte hydrique modérée, la fermeture progressive des stomates limite les pertes en eau par transpiration. Elle réduit également la photosynthèse, favorise l'arrêt de croissance, et permet la redirection des assimilats vers les baies (Lebon et Garcia De Cortazar-Atauri, 2014). Une contrainte hydrique peut alors induire des effets bénéfiques sur la qualité des vins produits (Ageorges et Terrier, 2014). Néanmoins, en cas de stress hydrique sévère, la photosynthèse se trouve fortement limitée, altérant la qualité du raisin et le rendement, et pouvant aboutir à une défoliation voire à la mort du cep (Lebon et Garcia De Cortazar-Atauri, 2014).

Plusieurs méthodes et outils permettent de mesurer le régime hydrique de la vigne : gravimétrie, tensiométrie, sonde à neutrons, etc. (Seguin, 1970). Il existe plusieurs indicateurs physiologiques témoignant de l'état hydrique propre de la plante (Van Leeuwen et Vivin, 2008 ; Saurin *et al.*, 2014) : mesure du potentiel hydrique foliaire (Choné *et al.*, 2001) ; mesure des flux de sève et de la transpiration d'une tige (Valancogne et Nasr, 1989) ; mesure des micro-variations de diamètre du tronc (Van Leeuwen *et al.*, 2000). La méthode des apex est un

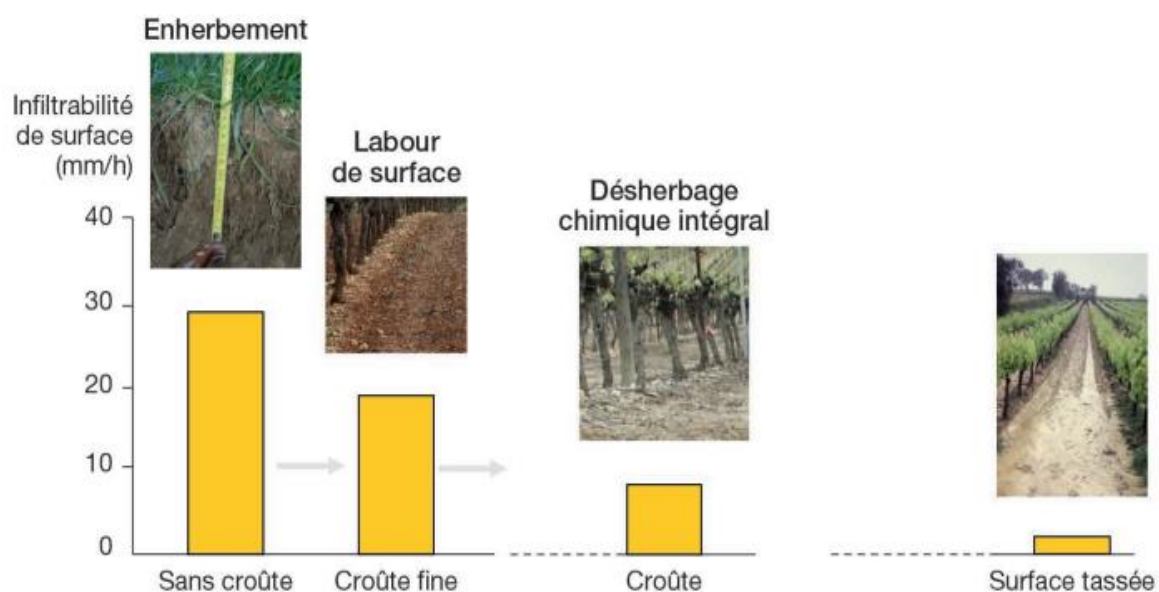


Figure 6 : Relation entre l'infiltrabilité de surface et les opérations d'entretien classique du sol (Source : Ollat et Touzard, 2024)

Tableau 3 : Enherbement sur les inter-rangs en Alsace en 2019 : répartition de la superficie viticole (en %) selon sa nature et son mode de production (Source : Agreste Chiffres et Données, 2023)

Bassin viticole	Mode de production	Nature de l'enherbement sur les inter-rangs (une seule modalité possible)				
		Aucun	Permanent semé	Permanent spontané	Temporaire (*)	Autre (*)
Alsace	Ensemble	2	21	65	4	8
	Bio	ns	ns	67	ns	ns

indicateur de croissance de la vigne également utilisé pour mesurer la contrainte hydrique au vignoble (ApexVigne, 2025⁵). Finalement, la mesure du $\delta^{13}\text{C}$ sur les sucres du moût à maturité constitue un indicateur global de la contrainte hydrique subie par la vigne au cours de la période de maturation (Van Leeuwen et al., 2001).

Importance de la gestion des sols

En Alsace, environ un tiers de la surface agricole utile est concernée par une sensibilité moyenne à très élevée à l'érosion (Van Dijk *et al.*, 2016). L'érosion hydrique des sols survient à l'occasion d'orages de forte intensité durant le printemps et le début de l'été. Dans la région, le ruissellement lié à ces fortes précipitations, entraîne le départ de terre par érosion et provoque des coulées de boue, notamment dans le sud du vignoble (Van Dijk *et al.*, 2016). Le tassement dû aux passages des engins, accroît le ruissellement dans les parcelles (Van Dijk et Van Asch, 2002). De plus, l'érosion aratoire, liée au travail du sol, favorise l'érosion hydrique (Follain *et al.*, 2018). Ces processus dégradent progressivement les sols (perte de MO et de la fertilité, déchaussement des pieds de vigne), la qualité des eaux et celle des écosystèmes aquatiques (Van Dijk *et al.*, 2016). En parallèle, la structure de la surface du sol conditionne sa capacité à absorber l'eau de pluie (infiltrabilité) et à limiter le ruissellement. Sans une bonne infiltration de l'eau, l'augmentation de l'évapotranspiration induite par la hausse des températures, ainsi qu'une possible diminution des précipitations, risque d'accentuer davantage le stress hydrique pour la vigne (Ollat et Touzard, 2024).

Afin de limiter l'érosion, améliorer la rétention d'eau du sol et réduire les risques de stress hydrique, plusieurs pratiques culturales peuvent être mises en place (figure 6) ; (Ollat et Touzard, 2024). Des apports de MO, combinés à un nombre de passage réduit et un travail superficiel peuvent permettre l'amélioration de la structure du sol. Augmenter la couverture du sol avec du mulch, de l'enherbement ou des plantes de service constitue également un levier d'adaptation (Follain *et al.*, 2018).

Utilisation des couverts végétaux

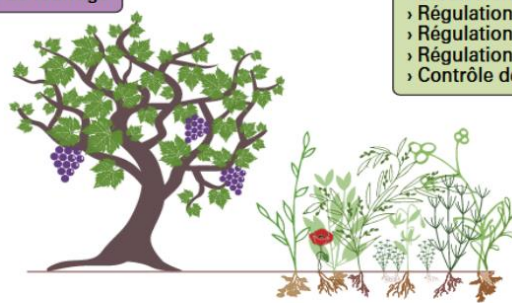
Un couvert végétal se définit par « une espèce ou une communauté d'espèces végétales recouvrant le sol de manière permanente ou temporaire » (Noceto *et al.*, 2020). La couverture peut être spontanée ou semée, totale ou partielle (sous le rang uniquement, un inter-rang sur deux ou couvrant tous les inter-rangs) ; (Noceto *et al.*, 2020). En 2019, 86 % de la surface viticole alsacienne avait un enherbement permanent, 4 % un enherbement temporaire et seulement 2 % n'était pas enherbée dans l'inter-rang (tableau 3) ; (Agreste Chiffres et Données,

⁵ <https://apexvigne.agrotic.org/>



› Rendement
› Qualité des baies
› Production de fourrage

› Biodiversité et activité biologique des sols
› Régulation du microclimat
› Régulation des maladies fongiques
› Régulation des ravageurs et ennemis naturels
› Contrôle des adventices



› Conservation de la biodiversité
› Esthétisme des paysages
› Tourisme

› Compétition H₂O et nutriments
› Pertes de rendement
› Hôtes de ravageurs

› Limitation de l'érosion
› Séquestration de carbone
› Dépollution des eaux
› Atténuation du changement climatique

Figure 8 : Services et dysservices des couverts végétaux : services d'approvisionnement (violet) ; services de régulation et conservation (vert) ; services culturels (bleu) ; dysservices (rouges) (Source : Garcia *et al.*, 2020)

Figure 7 : Feutre installé sous le rang (A) ; Mélange engrais vert (moutarde blanche, fèverole et avoine) à forte biomasse avant destruction (B) ; Enherbement sous le rang tondu ras (C) ; Couvert spontané géré par tonte et travail du sol, en parcelle viticole méditerranéenne (D) (Source : Ollat et Touzard, 2024)

Tableau 4 : Exemple d'espèces pouvant être semées, leurs caractéristiques et leurs objectifs respectifs à la parcelle (Source : CAA, 2020a)

	Espèces	Caractéristiques	Objectif
LÉGUMINEUSES	Féverole	Système racinaire profond en pivot Fixation d'azote atmosphérique Faible effet sur les adventices	Vigueur, décompactage, activité biologique des sols
	Pois fourrager	Système racinaire profond Fixation d'azote atmosphérique	Vigueur, décompactage
	Trèfle incarnat	Fixation d'azote atmosphérique Système racinaire dense et fin Fleurs rouge vif mellifères	Vigueur, structuration, biodiversité
	Vesce	Fixation d'azote atmosphérique Peu concurrentielle Bonne compétitivité sur les adventices	Gestion des adventices, vigueur, fertilité des sols
CÉRÉALES	Seigle	Système racinaire fasciculé	Décompactage
	Avoine	Système racinaire fasciculé Plante allélopathique : bonne compétitivité sur les adventices	Gestion des adventices, décompactage
CRUCIFÈRES	Moutarde	Système racinaire pivot Évite les fuites de nitrates Utilise les stocks de potasse et phosphore non disponibles pour les autres plantes Bonne compétitivité sur les adventices	Qualité des eaux, fertilité des sols, décompactage
	Colza	Système racinaire pivot Évite les fuites de nitrates Bonne couverture du sol	Qualité des eaux, décompactage, gestion des adventices, limitation du lessivage et de l'érosion
	Radis chinois et navette	Système racinaire pivot Évite les fuites de nitrates Bonne couverture du sol	Qualité des eaux, décompactage, gestion des adventices, limitation du lessivage et de l'érosion

2023). Trois types de couverts végétaux se distinguent, chacun répondant à des objectifs spécifiques pour le viticulteur : le couvert hivernal, les cultures intermédiaires et les engrais verts (EV) permettant d'amender naturellement le sol (Noceto *et al.*, 2020) ; (figure 7). Les couverts végétaux présentent à la fois des avantages et des inconvénients pour la culture en place, quelques exemples sont illustrés en figure 8.

Un engrais vert est « un couvert végétal cultivé pour être restitué au sol afin d'en améliorer la fertilité » (Gontier, 2023). Les EV sont des plantes choisies puis semées, et restant en place moins d'un an. Ils sont ensuite détruits et restitués au sol afin de fournir à la vigne des éléments minéraux assimilables (CAA, 2020a). Ils se distinguent des enherbements ayant une fonction de couverture plus pérenne et de portance du sol, sans objectif de fertilisation (CAA, 2020a). Il existe trois familles principalement utilisées comme EV : **les brassicacées** (les moutardes, les radis, le colza, la navette, etc.) produisent une grande quantité de biomasse et possèdent un système racinaire pivotant très structurant pour le sol (Thomas et Archambeaud, 2016). Elles ont des besoins importants en azote et possèdent la capacité d'en mobiliser rapidement de grandes quantités. Elles recyclent également des quantités importantes de minéraux (soufre, phosphore, potassium, calcium), les rendant disponibles pour la vigne. De plus, ce sont des « pièges à nitrates », limitant leurs fuites dans les eaux souterraines (Thomas et Archambeaud, 2016 ; CAA, 2020a). **Les graminées** (l'avoine, le brome, la fétuque, le seigle, etc.) permettent de structurer le sol en surface grâce à leur système racinaire fasciculé et recyclent les éléments minéraux (Thomas et Archambeaud, 2016). Ce sont également des « pièges à nitrates » (CAA, 2020a). Leur haute teneur en carbone (C/N élevé) produit une biomasse importante intéressante lors de la destruction (Noceto *et al.*, 2020). **Les légumineuses** (la féverole, la vesce, le trèfle, etc.) sont capables de capter l'azote minéral du sol. Dans des sols pauvres en azote, elles développent des associations symbiotiques avec les bactéries du sol grâce aux nodosités présentes sur leurs racines, leur permettant de capter le diazote atmosphérique. Le rapport C/N, alors très faible, leur permet de libérer rapidement de l'azote et des minéraux assimilables, rendant ces éléments disponibles pour la vigne (Thomas et Archambeaud, 2016 ; Noceto *et al.*, 2020). Le choix des espèces semées dépend des objectifs de rendement et de qualité souhaitée par le viticulteur, du coût, des services visés et des conditions pédoclimatiques (Garcia *et al.*, 2020). Le [tableau 4](#) donne quelques exemples d'espèces possibles et leurs objectifs à la parcelle. Il est recommandé d'associer plusieurs espèces dans un mélange afin d'obtenir une couverture végétale optimale et de favoriser une production de biomasse plus importante (Ghesquière et Cadillon, 2012). De plus, en viticulture biologique toutes les semences doivent provenir de l'agriculture biologique (sauf dérogation) ; (CAA, 2020a).

Tableau 5 : Avantages et inconvénients d'un semis précoce et d'un semis tardif
(Source : CAA, 2020a)

	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Semis précoce (avant vendanges)	- Offre une meilleure portance pour passage des engins - Installation rapide du couvert - Bonne quantité de biomasse produite	- Fanaison précoce avant destruction - Plus de sensibilité au gel d'hiver - Risque de dominance d'une espèce à développement rapide sur les autres espèces du mélange - Risque de détérioration des espèces levées lors des passages pour les vendanges - Risque d'hétérogénéité de la levée
Semis tardif (après vendanges)	- Moindre sensibilité au gel - Levée plus homogène entre espèces - Plus de temps disponible pour réaliser les semis	- Développement du couvert plus lent

Tableau 6 : Adaptation de la destruction à l'objectif recherché
(Source : CAA, 2020b)

Objectif :	Restitution rapide de l'azote, fertilisation du sol	Couverture du sol, apport de biomasse, lutte contre l'érosion, augmenter la portance	Maîtriser les adventices
Technique	Enfouissement superficiel	Mulchage de l'inter-rang	Mulchage de l'inter-rang et/ou du cavaillon
Moment de destruction	Précoce (début printemps, avril)	Assez tardive (mai-juin)	Assez tardive (mai-juin)
Moyen de destruction	Broyage (ou fauche)	Roulage (ou fauche)	Fauche ou broyage grossier
Enfouissement	Oui (quelques semaines après le broyage)	Non	Non
Facteurs de réussite	Couvert riche en légumineuses (au moins 50%)	Couvert avec une biomasse bien développée et en fin de cycle	Couvert avec une biomasse bien développée, nécessite un matériel spécifique pour le déport

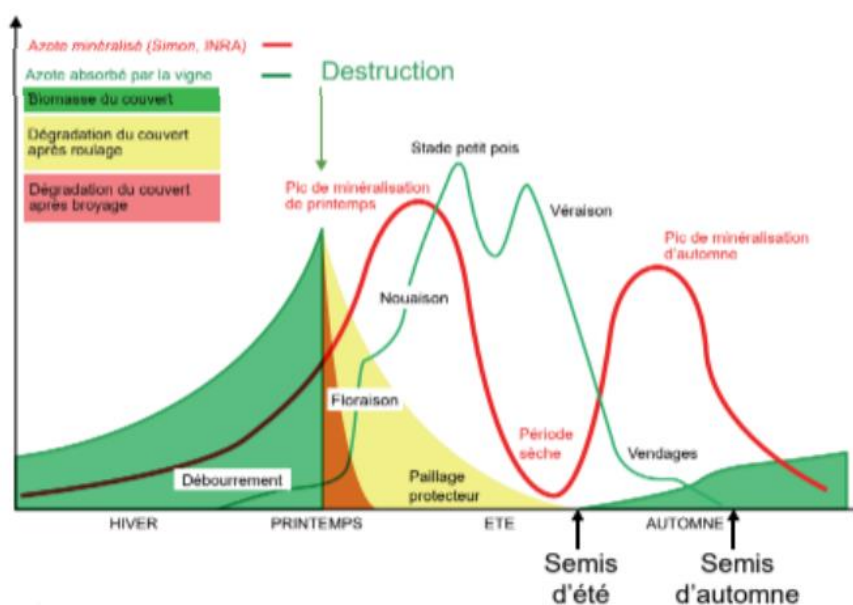


Figure 9 : Besoins en azote de la vigne, minéralisation de la matière organique et dégradation du couvert selon le mode de destruction
(Source : CAA, 2020b)

Implantation des engrais verts

Une fois les espèces sélectionnées, il est important de soigner l'implantation dans le but d'optimiser la levée du semis (Ghesquière et Cadillon, 2012). Plusieurs paramètres sont à prendre en compte : l'état du sol et sa préparation avant semis, les conditions météorologiques, la date du semis, le matériel utilisé etc. (CAA, 2020a). En viticulture, la méthode la plus courante consiste à travailler les premiers centimètres du sol, à enfouir les graines entre 2 et 5 cm de profondeur, puis d'assurer un bon contact entre le sol et les semences en passant un rouleau sur le semis (rappui). Les semis sont généralement réalisés d'août à novembre selon les objectifs d'implantation, avant ou après les vendanges (tableau 5) ; (CAA, 2020a).

Modes de destruction

La date et la méthode de destruction se pilotent selon les objectifs agronomiques, mais aussi selon les conditions climatiques (sensibilité au stress hydrique, risque de gel) et la pression pathogène du millésime (tableau 6) ; (CAA, 2020b). La destruction est souvent réalisée fin avril pour les couverts semés en hiver et jusqu'à début de l'été pour les couverts semés plus tardivement (Noceto *et al.*, 2020). Elle influence à la fois la quantité et la qualité de la biomasse produite, ainsi que le rapport C/N de la matière restituée au sol (Frey, 2016). En général, la destruction des couverts intervient environ un mois avant la floraison de la vigne. Entre le débourrement et la floraison, la vigne puise dans ses réserves pour assurer son développement végétatif, tandis qu'à la floraison, elle commence à absorber l'azote du sol (figure 9). Pour maximiser l'effet fertilisant, l'azote contenu dans les couverts doit donc être restitué avant la floraison afin d'être disponible pour la vigne (CAA, 2020b). De plus, le mode de destruction impacte directement la vitesse de dégradation du couvert et de minéralisation (Garcia *et al.*, 2023) : la fauche d'un couvert peu développé suivi d'un enfouissement joue un rôle fertilisant, tandis qu'une fauche plus tardive permet de réaliser un paillage et donc une dégradation plus lente. Le broyage hache les parties aériennes du couvert et permet une restitution rapide des minéraux ; le roulage interrompt la croissance du couvert en fin de cycle, créant un paillage qui protège le sol et libère progressivement du carbone et de la MO. De plus, le roulage limite la levée des adventices, réduit l'évaporation et abaisse la température du sol en surface (CAA, 2020b).

Restitutions des engrais verts

La décomposition des EV restitue au sol du carbone, des minéraux et des oligo-éléments accumulés lors de leur croissance (Maille, 2019). L'enfouissement du couvert doit être effectué de façon superficielle sur un sol sec, au moins trois semaines après le broyage ou le fauchage,

afin de prévenir les pics de minéralisation et les risques de fermentation anaérobie (Maille, 2017). La [figure 9](#) résume le cycle d'installation et de destruction des EV.

Les modes de destruction conditionnent les apports azotés (CAA, 2020b). Les apports sont généralement compris entre 44 et 201 unités d'azote pour les légumineuses et entre 7 et 91 unités pour les brassicacées et les graminées (Vyn *et al.*, 2000). En général, les graminées et les brassicacées apportent moins d'azote que les légumineuses, car elles recyclent l'azote présent dans le sol au lieu de fixer l'azote atmosphérique (Langelier, 2018). Le rapport C/N diffère selon les espèces : les matières riches en cellulose et en lignine comme les céréales ont un rapport C/N élevé, c'est-à-dire que la décomposition de la MO en azote facilement utilisable par la vigne est lente. Si elles sont enfouies à un stade trop avancé et sans être associées à d'autres espèces, la dégradation de la paille par les micro-organismes devient plus difficile. Ces derniers puisent alors l'azote du sol pour y parvenir, ce qui peut provoquer une faim d'azote préjudiciable pour la vigne. Au contraire un rapport C/N faible (brassicacées) libérera plus facilement de l'azote (Caillaud, 2018). Les bénéfices apportés par les EV ne sont pas immédiatement observables et sont dépendants de l'état initial des sols, de la conduite de la parcelle et des conditions climatiques (CAA, 2020b).

3. Objectifs du stage

L'état actuel des connaissances et les observations réalisées montrent que le changement climatique exerce un impact considérable sur la vigne. En Alsace, l'irrigation n'est pas encore autorisée pour les vignes en production inscrites en AOC, bien qu'une évolution de la réglementation soit en cours. En viticulture biologique, la gestion du cavaillon repose exclusivement sur la mécanisation, ce qui accentue la concurrence hydro-azotée. Dans ce contexte, la recherche de nouveaux leviers pour accompagner les viticulteurs face à ces enjeux apparaît essentielle. L'objectif de cet essai est d'identifier l'itinéraire technique le plus adapté pour la gestion des engrais verts, à travers l'évaluation des différents modes et dates de destruction, ainsi que de leurs effets sur le statut hydrique de la vigne et la qualité du raisin.

4. Matériel et méthode

4.1 Présentation des parcelles d'expérimentations

4.1.1 Pédologie, topographie et matériel végétal

L'étude comporte quatre parcelles expérimentales, toutes localisées dans le département du Haut-Rhin (68). Deux d'entre elles sont situées sur le ban viticole de Saint-Hippolyte, une

Tableau 7 : Caractéristiques parcellaires de l'étude

Parcelle	Localisation	Surface (en ares)	Texture et profondeur du sol	Pente	Porte-greffe	Année de plantation
B. B.	Saint-Hippolyte	64	Sable argilo-limoneux 70-100 cm	3%	3309 C	1990 et 1997
H. H.		15	Sable argilo-limoneux 70-100 cm	4%	3309 C	1985
E. P.	Rorschwihr	68	Limon argilo-sableux 60-80 cm	13%	161-49 C	1990 et 1994
F. G.	Ribeauvillé	52	Limon argilo-sableux 60-100 cm	2%	SO4	1969

Tableau 8 : Quantité d'engrais verts appliquée par parcelle et proportion de chaque espèce dans le mélange

	B. B-Saint-Hippolyte	H. H-Saint-Hippolyte	E. P-Rorschwihr	F. G-Ribeauvillé		
	Surface : 0,64 ha	Surface : 0,15 ha	Surface : 0,68 ha	Surface : 0,52 ha		
Espèce	Quantité en kg/parcelle (1/2 rang)				Quantité totale en kg pour 2 ha (1/2 rang)	% du mélange
Triticale	12,8	3,0	13,6	10,4	39,8	21,2
Féverole	17,1	4,0	18,1	13,9	53,0	28,2
Pois fourrager	10,7	2,5	11,3	8,7	33,1	17,7
Trèfle squarrosus	2,1	0,5	2,3	1,7	6,7	3,6
Vesce commune	6,4	1,5	6,8	5,2	19,9	10,6
Moutarde blanche	1,1	0,3	1,1	0,9	3,3	1,7
Radis fourrager	1,7	0,4	1,8	1,4	5,3	2,8
Trèfle incarnat	8,5	2,0	9,1	6,9	26,6	14,2
TOTAL	60,4	14,2	64,1	49,0	187,7	100,0

sur le ban de Rorschwihr et une à Ribeauvillé. Les parcelles présentent des caractéristiques pédologiques et topographiques différentes. En effet, les sols des parcelles de Saint-Hippolyte présentent une fraction sableuse importante (entre 49 % et 59 %). Ce sont des sols légers et drainants, pouvant être sujets au stress hydrique ([annexe 1 et 2](#)). La part de sable de la parcelle à Ribeauvillé est de 43 %, on y retrouve également 36 % de limon ([annexe 4](#)). La parcelle de Rorschwihr se caractérise par une dominante limoneuse, avec 42 % de limon et 26 % d'argile ([annexe 3](#)). Par ailleurs, elle présente une pente d'environ 13 %, alors que celle des autres parcelles est négligeable, étant inférieure à 4 % ([tableau 7](#)).

La plante étudiée est *Vitis vinifera* et le cépage des quatre parcelles étudiées est le riesling. Les porte-greffes utilisés sont le 3309C, le 141-49C et le SO4 ([tableau 7](#)). À l'exception du 3309C, sensible à la sécheresse, les porte-greffes 141-49C et SO4 présentent une résistance moyenne à bonne face au stress hydrique (PlantGrape, 2023⁶).

4.1.2 Plan expérimental et modalités testées

Semis réalisés

Les parcelles de l'expérimentation ont été semées durant la semaine du 7 octobre 2024 avec un mélange d'engrais verts, un inter-rang sur deux. Les caractéristiques de chaque espèce d'engrais verts sont précisées dans l'[annexe 5](#). Le mélange sélectionné, riche en légumineuses, favorise la fixation de l'azote atmosphérique et sa restitution au sol sous une forme assimilable par la vigne. Le mélange est fourni par l'association « Vignes Vivantes » et est certifié en AB. La quantité semée sur chaque parcelle est déterminée en fonction de sa superficie et détaillée dans le [tableau 8](#). L'inter-rang adjacent à celui semé est enherbé spontanément, à l'exception des parcelles de B. B-Saint-Hippolyte et H. H-Saint-Hippolyte qui ont pu être semées avec un mélange d'espèces peu concurrentielles. Ce semis a été réalisé en même temps que le semis d'EV. Les caractéristiques de chaque espèce du couvert permanent sont précisées dans l'[annexe 6](#). Ce mélange est fourni par la coopérative « VitiVina » et les espèces sont toutes certifiées en AB, à l'exception du sainfoin, qui n'a pas été trouvé en production locale. En effet, le mélange doit contenir au minimum 70 % de semences biologiques, la part restante peut être composée de semences conventionnelles (Chambre d'agriculture Auvergne-Rhône-Alpes, 2019⁷).

⁶ <https://www.plantgrape.fr/fr>

⁷ https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=209561

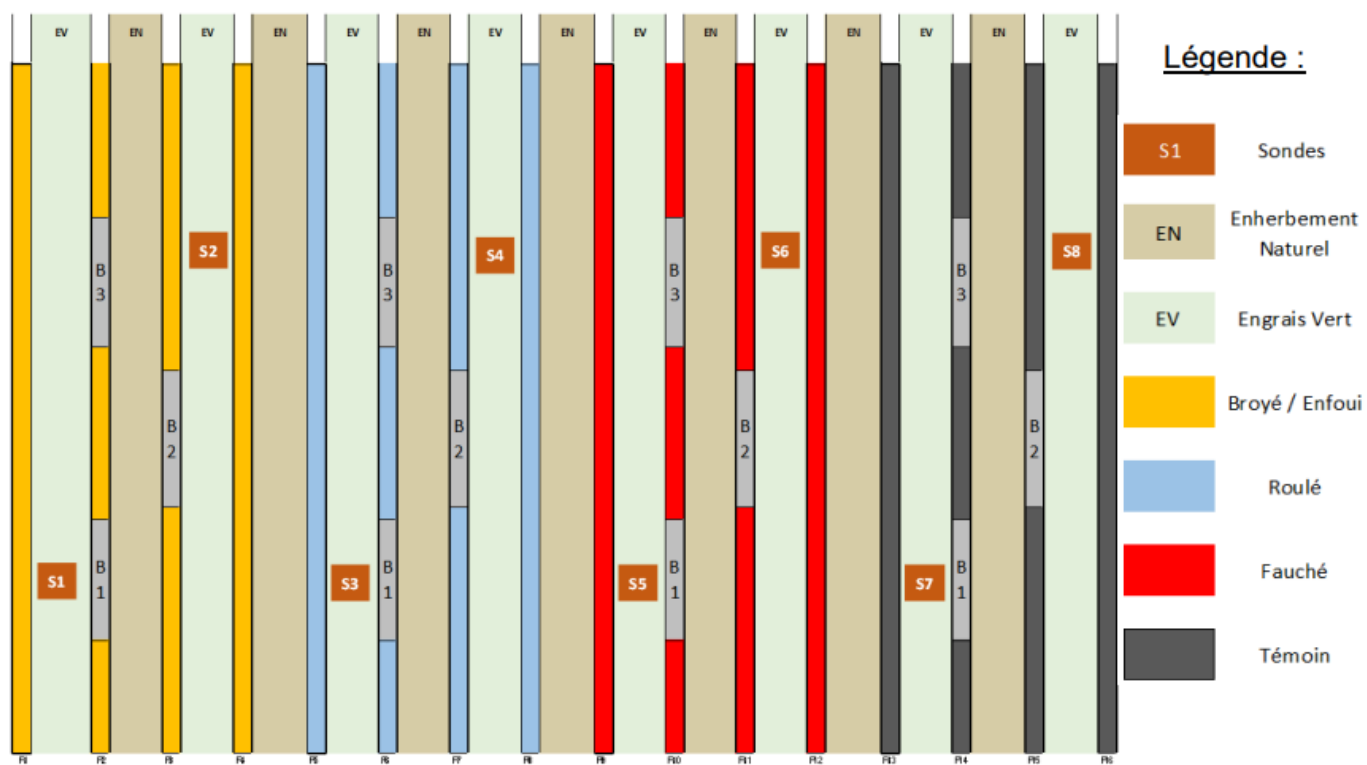


Figure 10 : Plan expérimental des parcelles de l'essai

Mise en place des modalités

Trois modalités sont testées, correspondant à un mode de destruction des engrais verts : destruction par broyage puis enfouissement (modalité « broyé/enfoui », abrégée « B/E »), par fauchage (modalité « fauché », abrégée « F »), par roulage (modalité « roulé », abrégée « R ») et le témoin qui suit l'itinéraire technique habituel du viticulteur. Chaque modalité associe deux inter-rangs semés avec des engrais verts, chacun étant séparé par un inter-rang enherbé spontanément ou semé avec un couvert permanent peu concurrentiel. Aucun herbicide n'est employé, les cavaillons sont donc travaillés mécaniquement. Chaque modalité comprend trois placettes constituées de dix pieds consécutifs en production. Des sondes tensiométriques ont été installées le 14 mars 2024 dans chacune des modalités, à 50 cm et 75 cm de profondeur afin de suivre les dynamiques de l'eau dans le sol. Leur emplacement a été sélectionné de manière aléatoire au sein des placettes de chaque parcelle sur l'inter-rang. La [figure 10](#) schématise le plan expérimental de l'essai et est commun à toutes les parcelles.

4.2 Relevés et mesures de terrain

4.2.1 Analyse de sol

Une analyse de sol biologique (0-20 cm de profondeur) a été réalisée le 23 novembre 2023 par le laboratoire CELESTA-LAB sur les quatre parcelles. Effectuée en amont de la mise en place des modalités de destruction, elle constitue le « point zéro » de l'expérimentation, en fournissant les paramètres du sol avant l'implantation des engrais verts. D'autres analyses de sol seront réalisées à l'automne 2025 afin de suivre l'évolution des paramètres microbiologiques et structuraux du sol après trois années d'implantation d'engrais verts. Ces analyses seront effectuées en dehors de la période de stage et ne pourront donc pas être traitées dans ce rapport.

4.2.2 Paramètres de vendange

Contrôle maturité

À la suite de la mise en place des modalités et de la saison 2024, deux contrôles maturité sont réalisés aux dates du 12 et du 29 septembre 2024. Un prélèvement de 100 baies est réalisé aléatoirement dans chaque modalité sur les parcelles de B. B-Saint-Hippolyte, E. P-Rorschwihr et F. G-Ribeauvillé. Les paramètres tels que : le titre d'alcool potentiel (TAP), l'acidité totale, le pH, l'acide tartrique et malique ainsi que l'azote assimilable sont déterminés en laboratoire. Des contrôles maturités sont également prévus pour le millésime 2025, mais ne seront pas traités dans ce rapport.

- Le TAP est calculé à partir de la concentration en sucres. Les valeurs attendues à maturité sont comprises entre 10 et 12 % vol (Lacroix *et al.*, 2024).
- L'acidité totale correspond à la somme des acides présent dans les baies, c'est en majorité de l'acide tartrique et malique (mais également en moindre quantité de l'acide citrique, gluconique et coumarique). L'acidité totale s'exprime en nombre de grammes de H₂SO₄ par litre et diminue au cours de la maturation (Lacroix *et al.*, 2024).
- L'acide malique est un bon indicateur de la progression de la maturité, sa concentration diminue après la véraison par combustion respiratoire notamment sous l'effet de la chaleur (T°C > 30 °C). La concentration en acide tartrique reste généralement stable, ou diminue légèrement après la véraison, sa teneur varie en moyenne de 6 à 10 g/L (Lacroix *et al.*, 2024).
- Le pH (potentiel hydrogène) est la mesure de l'activité chimique des protons à l'aide d'un pH-mètre. Les valeurs de pH se situent généralement entre 2,5 et 3,5 à maturité (Lacroix *et al.*, 2024).
- Le dosage de l'azote assimilable à maturité donne une indication sur le statut azoté de la vigne, mais également sur la fermentescibilité du moût, les matières azotées étant indispensables à la multiplication des levures lors de la fermentation alcoolique. Un moût est considéré comme carencé à partir d'une concentration inférieure à 140 mg/L (Van Leeuwen *et al.*, 2011).

L'analyse statistique de ces paramètres permettra de déterminer si les différents modes de destruction influencent la composition des baies et leur cinétique de maturation.

Rendement

Les vendanges 2024 ont eu lieu le 30 septembre dans la parcelle de B. B-Saint-Hippolyte, le 1^{er} octobre dans la parcelle de E. P-Rorschwihr et le 3 octobre dans la parcelle de F. G-Ribeauvillé. Les raisins sont pesés par placette pour chaque modalité. Le poids par pied, ainsi que le nombre de grappes par pied et le total de grappes par placette sont calculés. L'analyse statistique de ces paramètres permettra de déterminer si les différents modes de destruction influencent le rendement et la fertilité des pieds.

4.2.3 Pesée des bois de taille

Dans les parcelles de l'essai, une pesée des bois de taille a été effectuée dans chaque placette des différentes modalités, au cours de l'hiver dernier. Cette méthode peut être utilisée afin d'apprécier la vigueur de la vigne (Rives, 2000). La vigueur reflète l'activité métabolique



Figure 11 : Prélèvement effectué sur le couvert d'engrais verts à l'aide d'un quadrat pour la MERCI dans la parcelle de F. G-Ribeauvillé (Source : CAA, 2025)

Tableau 9 : Récapitulatif des dates de destruction des modalités et mode de destruction employé pour le témoin pour chaque parcelle

	Date de destruction des modalités				Mode de destruction du témoin
	Broyé/enfoui	Fauché	Roulé	Témoin	
B. B.	10/05/2025	10/05/2025	31/05/2025	1 ^{er} passage : 10/05/2025 2 ^{ème} passage : semaine du 26/05/2025	Enfouissement
H. H.	Broyé le 17/05/2025 Enfoui le 07/06/2025	17/05/2025	1 ^{er} passage : 29/04/2025 2 ^{ème} passage : 12/06/2025	12/06/2025	Fauché/laissé en surface
E. P.	Broyé le 30/04/2025 Enfoui le 07/05/2025	30/04/2025	24/05/2025	Broyé le 30/04/2025 Enfoui le 07/05/2025	Broyé/enfoui
F. G.	1 ^{er} passage : 04/05/2025 2 ^{ème} passage enfouissement : 12/06/2025	04/05/2025	16/05/2025	1 ^{er} passage : broyé le 04/05/2025, enfoui le 29/05/2025 2 ^{ème} passage enfouissement : 12/06/2025	Broyé/enfoui

des organes en croissance, se traduisant notamment par l'intensité de la respiration, de la synthèse protéique, du fonctionnement des méristèmes et de la vitesse de croissance. La vigne doit ainsi disposer de ressources suffisantes en eau et en éléments minéraux présents dans le sol pour assurer ses fonctions physiologiques (Champagnol, 1984). L'objectif de la pesée des bois de taille est d'évaluer le rôle des engrais verts dans la restitution de nutriments au sol par l'observation de leur potentiel impact sur l'amélioration de la vigueur de la vigne. Les analyses statistiques seront réalisées entre les différentes modalités et permettront d'évaluer l'évolution du poids des bois de taille après l'implantation des engrais verts, en les comparant aux données recueillies en 2023.

4.2.4 MERCI

La MERCI (Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaire) est réalisée dans chaque parcelle avant la destruction des engrais verts. Pour chaque modalité, deux prélèvements sont effectués aléatoirement dans les inter-rangs semés d'engrais verts à l'aide d'un quadrat de 0,25 m² (figure 11). Les espèces présentes dans le quadrat sont coupées au ras du sol afin de récolter le maximum de biomasse en vue des pesées. Les modalités B/E, F et témoin sont prélevées le 30 avril 2025 dans toutes les parcelles. La modalité R est réalisée plus tardivement, à la date du 21 mai 2025, dans le but de laisser les couverts d'engrais verts se développer et se lignifier davantage. Cela permettra de créer un mulch à la surface du sol lors de la destruction de cette modalité. À la suite des prélèvements, les couverts sont détruits selon la modalité correspondante. Le tableau 9 répertorie les dates de destruction des couverts, ainsi que le mode de destruction employé pour le témoin.

Chaque espèce composant le mélange d'engrais verts est ensuite triée puis pesée séparément (poids frais) au laboratoire, de même pour les adventices. Les masses mesurées sont multipliées par deux pour correspondre à une surface standardisée de 1 m², le prélèvement ayant été réalisé sur 0,5 m². La quantité d'éléments restitués au sol potentiellement disponible pour la vigne (azote, phosphore, potassium, soufre et magnésium en kg/ha) est calculée sur le site de la méthode MERCI. Les proportions d'espèces théoriques et celles effectivement retrouvées sur les parcelles d'essais ont été calculées.

4.2.5 Données climatiques du millésime 2025

Les données de température (température journalière au moment du relevé) et de pluviométrie (cumul sur sept jours) sont collectées grâce aux stations météorologiques du

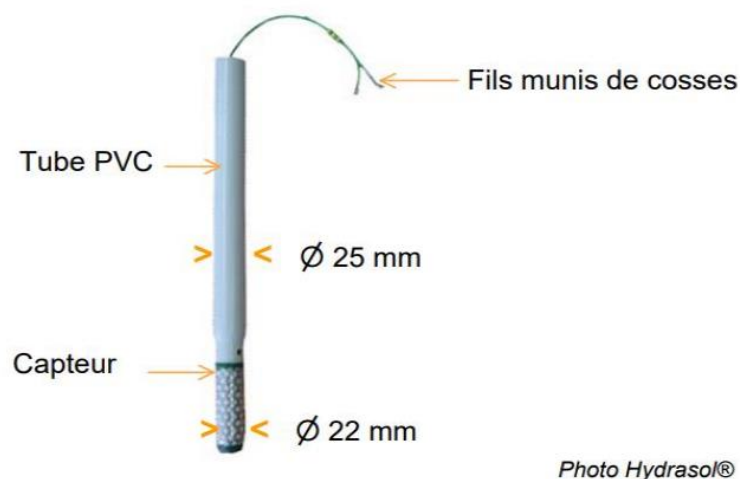


Photo Hydrasol®

Figure 12 : Sonde tensiométrique Watermark® (Source : Hydrasol, 2009)



Figure 13 : Relevé de sonde à 50 cm de profondeur dans la modalité « fauché » effectué le 24 avril 2025 dans la parcelle de F. Guyot-Ribeauvillé (Source personnelle : Chloé Moine)

Tableau 10 : Interprétation des valeurs de sonde tensiométrique (Source : adapté de Charton *et al.*, 2003 ; Agroressources, 2019)

Tensiométrie (en centibars)	Interprétation des valeurs
0 à 10	Sol saturé en eau Risque d'asphyxie racinaire
10 à 20	Sol humide et ressuyé Bonne disponibilité en eau pour la vigne
20 à 50	Confort hydrique Zone optimale pour la croissance végétative
50 à 120	Le sol se dessèche progressivement Début de contrainte hydrique possible
120 à 200	Le réservoir en eau du sol s'est beaucoup vidé Stress hydrique modéré à important

CIVA. Les données des parcelles de Saint-Hippolyte et Rorschwihr se réfèrent à la station la plus proche située à Rodern. La parcelle à Ribeauvillé utilise les données de la station météorologique de Ribeauvillé.

4.2.6 Statut hydrique

Sonde tensiométrique

Les sondes tensiométriques Watermark® sont utilisées afin de mesurer la disponibilité en eau dans le sol pour la vigne. Le capteur est surmonté d'un tube en PVC d'une longueur de 50 ou 75 centimètres (figure 12). La tensiométrie mesure la tension avec laquelle l'eau est retenue dans le sol, exprimée en centibars (ou kPa). Cette méthode évalue la capacité du système racinaire de la vigne à puiser l'eau dans la rhizosphère (Irrometer, 2025⁸). Les relevés de sonde ont été effectués hebdomadairement à l'aide d'un boîtier de lecture Watermark® à partir du 16 avril et tout au long de la saison jusqu'au 6 août 2025 (figure 13). Les valeurs obtenues sont comprises entre 0 et 200 centibars : plus la valeur de tensiométrie est élevée, plus les racines doivent exercer une force de succion importante pour extraire l'eau du sol, ce qui traduit, a fortiori, une faible disponibilité en eau. Le tableau 10 fournit un cadre d'interprétation des mesures.

Discrimination isotopique du carbone 13

La discrimination isotopique du carbone 13 ($\Delta^{13}\text{C}$) sera mesurée sur les sucres du moût à maturité. Cette méthode repose sur l'analyse du rapport entre les isotopes ^{12}C et ^{13}C et constitue un indicateur de la contrainte hydrique subie par la vigne au cours de la période de maturation. Dans le carbone du CO_2 atmosphérique, on retrouve en grande majorité du ^{12}C , mais également une petite proportion de ^{13}C . En conditions optimales (stomates ouverts), la photosynthèse assimile préférentiellement le ^{12}C qui est plus léger. En revanche, en situation de stress hydrique, la fermeture des stomates limite l'entrée de CO_2 , réduisant ainsi la discrimination isotopique et augmentant la proportion de ^{13}C incorporée. Le rapport isotopique des sucres synthétisés lors de la photosynthèse varie donc en fonction de la contrainte hydrique subie (Van Leeuwen, 2001). Les mesures relatives à cet indicateur seront réalisées en 2026.

4.2.7 Micro-vinification

Des micro-vinifications en bonbonne (25 à 75 L) pourront être réalisées par la plateforme de vinification de l'INRAE Colmar dans les deux prochaines années d'expérimentations, afin

⁸ <https://www.irrometer.com/index.html>

de pouvoir effectuer des analyses biochimiques et sensorielles par la dégustation des vins finis. En raison des mauvaises conditions sanitaires des vendanges 2025 et du faible rendement, ces micro-vinifications ne seront pas effectuées cette année.

5. Résultats et discussion

La modalité témoin correspond à la répétition d'un des modes de destruction testés, ce qui limite la pertinence des comparaisons effectuées avec celle-ci. Les données récoltées pour cette modalité ne seront donc pas traitées dans ce rapport.

5.1 Analyse de sol

Les analyses de sols biologiques réalisées sur les parcelles de Saint-Hippolyte montrent des sols de type sable argilo-limoneux. Les sols à texture sableuse possèdent une faible capacité de rétention en eau, rendant la vigne plus vulnérable au stress hydrique et favorisant une dégradation rapide des matières organiques (Duchaufour *et al.*, 2020). La teneur en matière organique totale est globalement satisfaisante dans les parcelles de B. B et H. H (1,8 % et 1,9 % respectivement), mais on observe un déséquilibre entre les MO stables (MO liées) et les MO facilement dégradables (MO libres), essentielles à l'alimentation de la biomasse microbienne. Sur la parcelle de H. H en particulier, ce déséquilibre est marqué, avec un déficit de MO libre et une biomasse microbienne faible. Dans les deux cas, l'activité biologique du sol, notamment la minéralisation du carbone, est très faible, limitant la mise à disposition rapide des éléments nutritifs pour la vigne ([annexe 1 et 2](#)).

Le sol de la parcelle de E. P-Rorschwihr est de type limon argilo-sableux. Pour cette texture, la teneur en MO liée est à peine satisfaisante (1,51 %), tandis que la MO libre est insuffisante (0,3 %) pour alimenter les microorganismes du sol. Ce déficit en MO, freine l'activité biologique du sol et réduit la libération des éléments minéraux au profit de la vigne, malgré une biomasse microbienne bien développée et fonctionnelle ([annexe 3](#)).

Le sol de la parcelle de F. G-Ribeauvillé est de type limon argilo-sableux. La teneur en MO totale est satisfaisante (1,8 %), avec un bon stock de MO liée (1,45 %), mais une proportion trop faible de MO libre (0,34 %). Ce déséquilibre suggère un manque de restitutions organiques ou une consommation rapide de la MO fraîche. Le compartiment microbien est bien développé mais insuffisant par rapport au potentiel organique du sol. La minéralisation du carbone est faible, indiquant que sa quantité est insuffisante pour développer la biomasse microbienne du

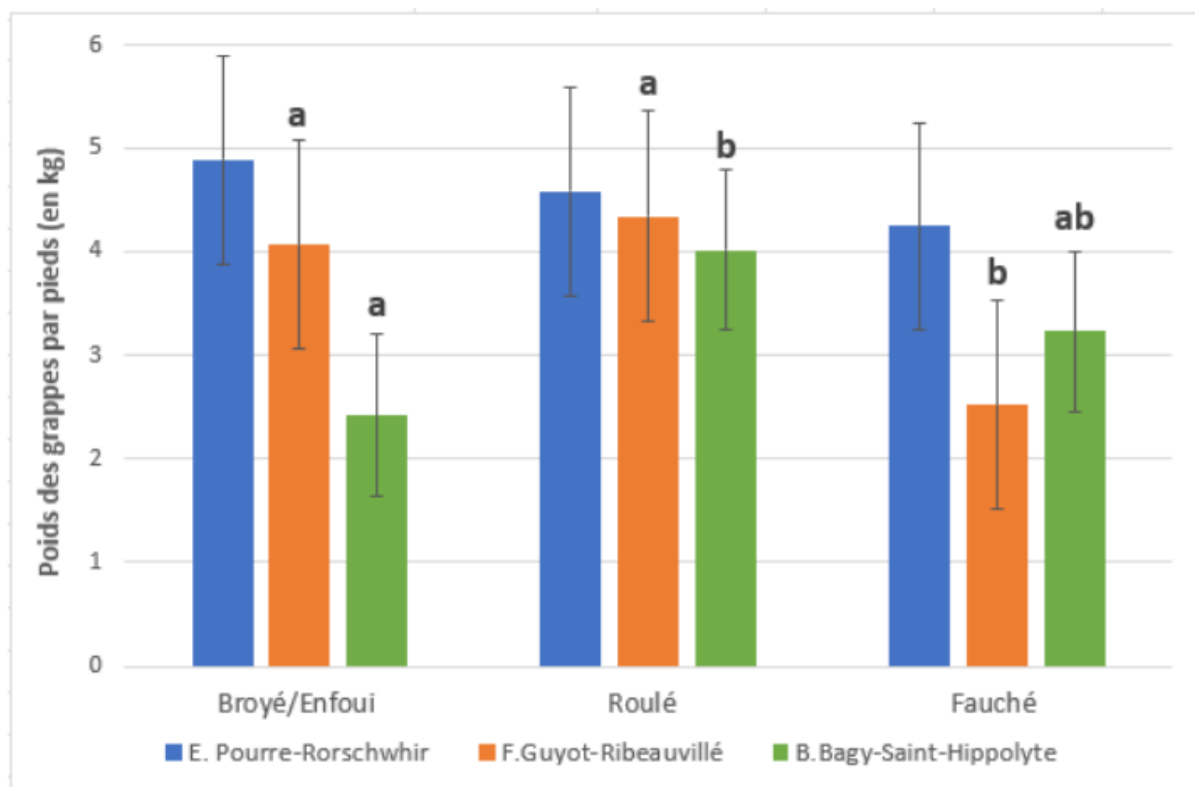


Figure 14 : Poids moyen des grappes par pied (en kg) en 2024 dans chacune des modalités

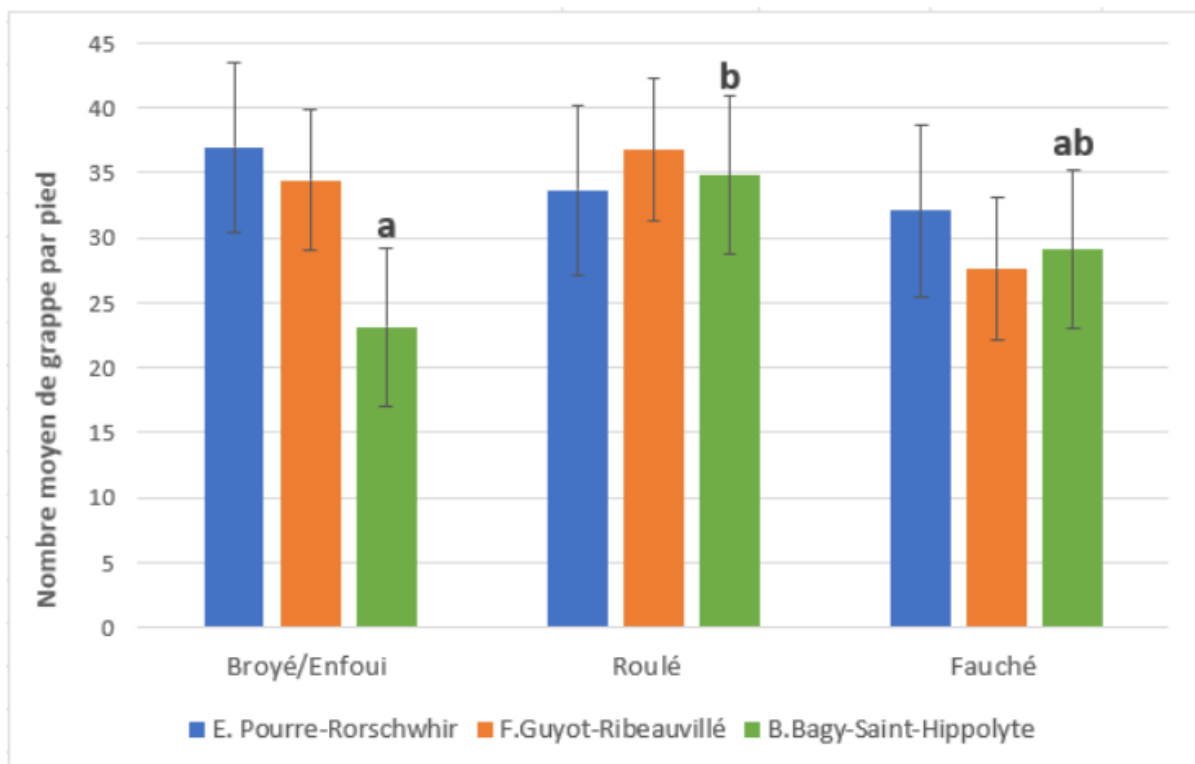


Figure 15 : Nombre moyen de grappes par pied en 2024 dans chacune des modalités

sol. L'azote potentiellement minéralisable reste suffisant pour soutenir les besoins de la vigne. L'activité biologique globale du sol est freinée par un manque de substrat facilement dégradable (annexe 4).

L'objectif est donc d'augmenter la disponibilité en éléments nutritifs pour la vigne par l'apport de MO fraîche par la restitution des engrais verts.

5.2 Paramètres de vendange

Contrôle maturité

Les statistiques n'ont pas pu mettre en évidence de différence significative entre les modalités de destruction des différents paramètres mesurés (cf. 4.2.2 « Contrôle maturité »).

Rendement

Une ANOVA au seuil 5 % a été effectuée afin de comparer le poids des grappes par pieds entre les différentes modalités de destruction par parcelle. Les résultats obtenus montrent des différences significatives sur les parcelles de B. B-Saint-Hippolyte et F. G-Ribeauvillé (p-value < 0,05). Le test de Tuckey indique que la modalité B/E diffère de la modalité R chez B. B-Saint-Hippolyte, et que la modalité R diffère de la modalité F chez F. G-Ribeauvillé (annexe 7). Ces résultats sont illustrés dans la figure 14, où des lettres différentes indiquent des différences significatives entre modalités. Cela signifie que le rendement est plus important dans la modalité R chez B. B-Saint-Hippolyte et B/E chez F. G-Ribeauvillé. Néanmoins, ces résultats sont peu concluants : le rendement est plus important chez F. G-Ribeauvillé dans la modalité B/E, tandis qu'il est le moins important dans cette même modalité chez B. B-Saint-Hippolyte. Ces observations sont contradictoires et témoignent à la fois des conditions de récolte difficiles en 2024 et d'une variabilité marquée selon les parcelles. Ces résultats indiquent que, dans les conditions de l'étude, le mode de destruction n'a pas influencé le rendement, mais la poursuite de l'essai permettra de vérifier si cette tendance se confirme.

Fertilité

Une ANOVA au seuil 5 % a été effectuée afin de comparer le nombre de grappes par pieds entre les différentes modalités de destruction. Les résultats obtenus montrent des différences significatives sur la parcelle de B. B-Saint-Hippolyte (p-value < 0,05) : le test de Tuckey indique que la modalité B/E diffère de la modalité R (annexe 8). Ces résultats sont illustrés dans la figure 15, où des lettres différentes indiquent des différences significatives entre modalités. Cela signifie que la fertilité est plus importante dans la modalité R. Encore une fois, ces résultats sont peu concluants et ne permettent pas de mettre en évidence l'influence du mode de destruction sur la fertilité de la vigne, car les résultats diffèrent d'une parcelle à l'autre.

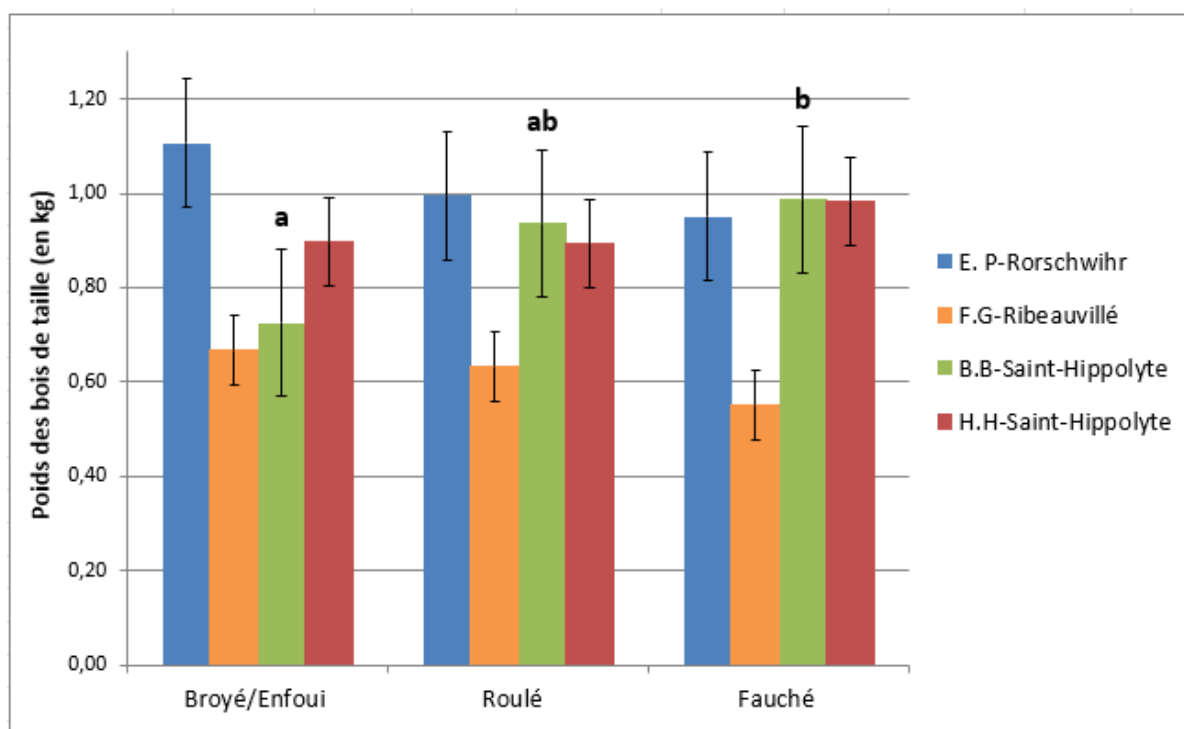


Figure 16 : Poids moyen des bois de taille par pied (en kg) pour chaque modalité testée en 2024

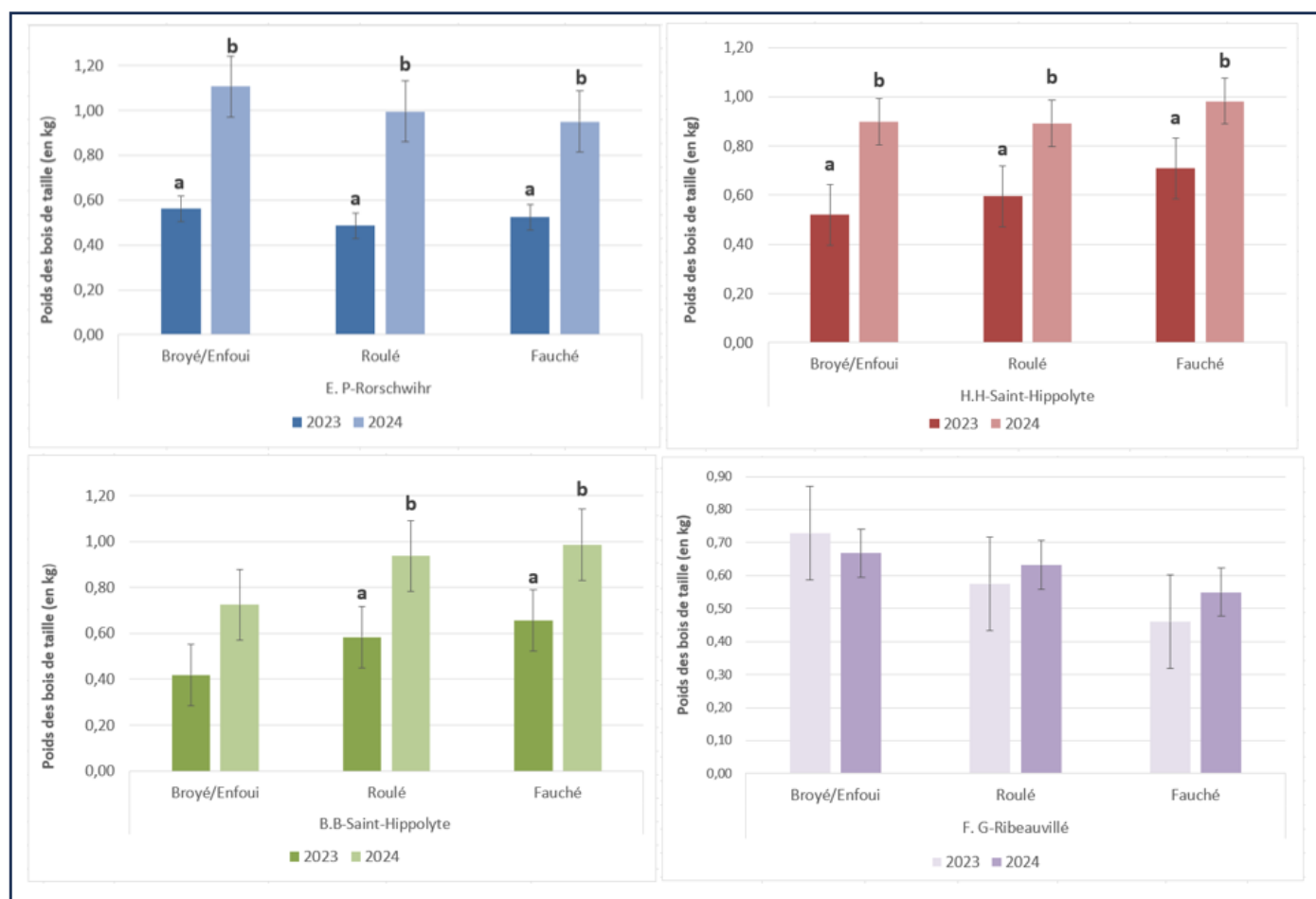


Figure 17 : Poids moyen des bois de taille par pied (en kg) en 2023 et 2024 selon chaque modalité pour les parcelles de E. P-Rorschwihr (en bleu), de H. H-Saint-Hippolyte (en rouge), B. B-Saint-Hippolyte (en vert) et F. G-Ribeauvillé (en violet)

Discussion générale paramètres de vendange

Malgré un rendement initialement prometteur pour le millésime 2024, d'importantes pertes de récolte ont été constatées lors des vendanges, dues aux conditions climatiques pluvieuses ayant favorisé des attaques de *Botrytis cinerea* et de drosophiles. Aucun comptage de pourriture grise n'a été effectué lors des vendanges, privant l'analyse d'une donnée essentielle. En effet, la saison 2024 a enregistré des pluviométries de l'ordre de 347 mm (station de Rodern) et 360 mm (station de Ribeauvillé) sur la période mi-avril à début août. Cela en fait le deuxième millésime le plus humide des dix dernières années, après 2021 (CIVA, 2025). Dans ces conditions, aucun stress hydrique n'a été observé. Les différents modes de destruction n'ont pas eu d'influence sur les contrôles maturités, le rendement et la fertilité de la vigne, seulement des tendances ont pu être observées. Ces observations seront à reconduire lors des prochaines années d'expérimentation, d'autant plus que les paramètres de vendange 2025 ne pourront pas être traités dans ce rapport.

Pour la suite de l'essai, il serait pertinent d'intégrer un indicateur supplémentaire de la fertilité des pieds, tel qu'un comptage d'inflorescences par placette au moment de la floraison, afin d'évaluer l'impact du stress hydrique subi l'année précédente lors de l'initiation florale (Huglin, 1960 ; Guilpart *et al.*, 2014).

5.3 Vigueur

Une ANOVA au seuil 5 % a été réalisée afin de comparer le poids moyen des bois de taille 2024. Les résultats obtenus montrent une différence significative pour la parcelle de B. B-Saint-Hippolyte ($p\text{-value} > 0,05$) ; (figure 16). Le test de Tukey indique que la modalité B/E diffère significativement de la modalité F (annexe 9). Cela signifie que la vigueur dans la modalité F est plus importante que dans la modalité B/E. Néanmoins, ces résultats restent peu concluants, ne permettant pas, à ce stade, d'affirmer que le mode de destruction influence la vigueur de la vigne car les résultats ne sont pas homogènes entre les parcelles.

Un test t de Student au seuil 5 % a également été réalisé sur les poids moyens des bois de taille afin de comparer chaque modalité entre 2023 et 2024 (annexe 10). Les résultats indiquent une augmentation significative du poids en 2024 ($p\text{-value} < 0,05$) pour les parcelles de E. P-Rorschwihr, H. H- Saint-Hippolyte dans toutes les modalités et B. B-Saint-Hippolyte dans les modalités R et F uniquement. Ces résultats sont illustrés dans la figure 17, où des lettres différentes indiquent des différences significatives intra-modalités entre l'année 2023 et 2024. Aucune différence significative n'a été retrouvée pour la parcelle de F. G-Ribeauvillé ($p\text{-value}$

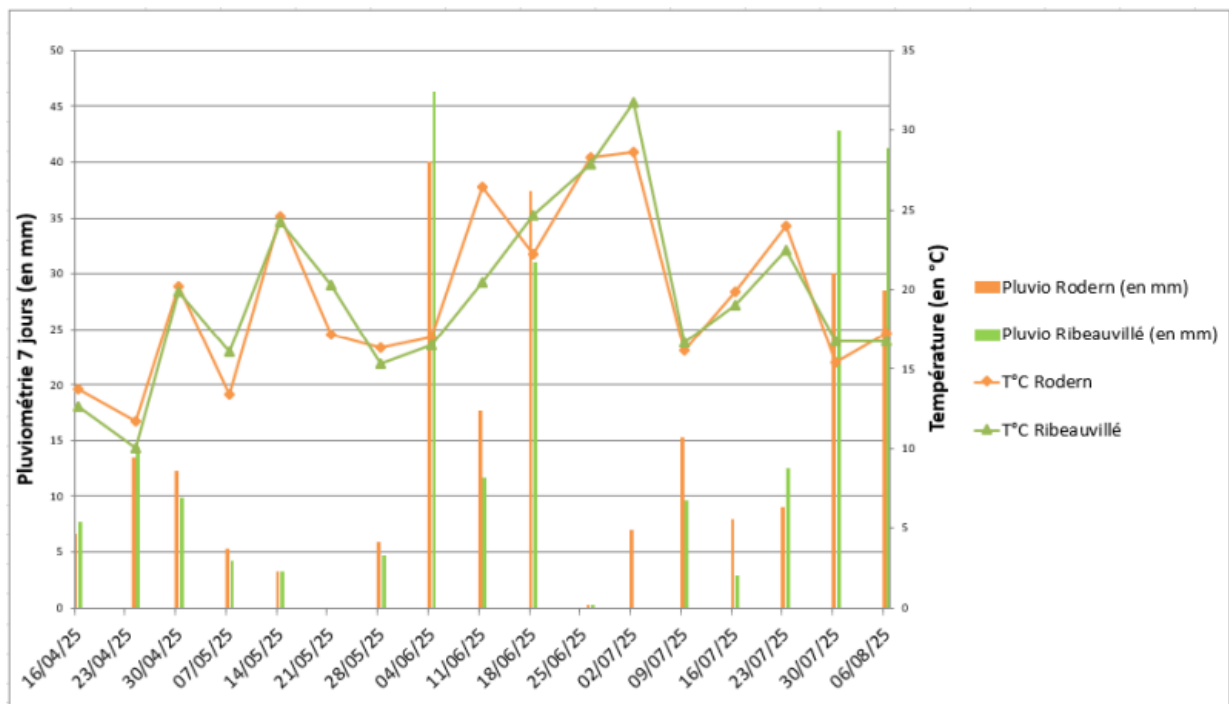


Figure 18 : Pluviométrie (en mm) et température (en °C) enregistrée du 16 avril au 6 août par les stations de Rodern et de Ribeauvillé

Tableau 11 : Pluviométrie (en mm) et température (en °C) enregistrée du 16 avril au 6 août par les stations de Rodern et de Ribeauvillé de 2015 à 2025

Année	T°C moyenne Rodern	Pluvio Rodern (en mm)	T°C moyenne Ribeauvillé	Pluvio Ribeauvillé (en mm)
2015	19	189,4	18,8	157,6
2016	16,9	225,8	16,6	392
2017	18,2	250,2	17,8	275,9
2018	20,5	217,2	19,9	287,2
2019	18,4	230,2	18,1	255,8
2020	18,2	109,2	18,5	101,9
2021	16,6	378,6	16,2	414,8
2022	20,1	163,2	19,7	220,8
2023	18,2	152,3	18,5	243,5
2024	17,4	347,1	17	360,5
2025	19,5	239,0	19,5	241,6

Tableau 12 : Résultat de la pesée des engrais verts lors de la MERCI pour chaque modalité (parcelle de B. B-Saint-Hippolyte)

	Date relevé	Stade phénologique	Poids espèces prélevées (en g) pour 1m2								Total
			Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle squarrosom	Vesce	Moutarde blanche	Radis fourrager	Autres espèces	
Broyé/Enfoui	30/04/2025	3-4 feuilles étalées	0	0	12	0	87	47	65	543	753
Roulé	21/05/2025	10 feuilles étalées	10	0	0	0	50	2	0	568	630
Fauché	30/04/2025	3-4 feuilles étalées	10	75	53	0	213	48	14	765	1178
Témoin	30/04/2025	3-4 feuilles étalées	0	0	4	0	172	4	0	929	1009

Tableau 13 : Pourcentage d'espèces semées (théorique) et d'espèces réellement mesurées sur l'ensemble des quatre modalités pour l'année 2024 et 2025 (parcelle de B. B-Saint-Hippolyte)

	Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle	Vesce	Radis	Moutarde	Autres espèces	Total
TOTAL par espèces pesées (en g)	20	75	65	0	522	79	101	2805	3667
Espèces théoriques (en %)	21,2	28,3	17,7	17,6	10,6	2,83	1,77	0	100
Espèces mesurées (en %) en 2025	0,5	2,0	1,8	0,0	14,2	2,2	2,8	76,5	100,0
Espèces mesurées (en %) en 2024	6,1	13,4	11,5	18,1	27,3	7,6	1,9	14,1	100,0

> 0,05). Depuis leur implantation en 2022, les engrais verts semblent avoir contribué à l'augmentation de la vigueur dans les parcelles concernées. Toutefois, cette amélioration ne peut pas être attribuée uniquement aux engrais verts : en 2024, aucun semis d'engrais verts n'avait été réalisée chez H. H-Saint-Hippolyte, seul un travail du sol destiné à détruire l'enherbement spontané avait été effectué. Malgré cela, une augmentation de vigueur a été constatée, ce qui souligne le caractère millésime dépendant de ce paramètre, fortement influencé par les conditions climatiques. Ces résultats demeurent encourageants, et l'effet des engrais verts sur la vigueur de la vigne reste à confirmer au cours des prochaines années.

5.4 Données climatiques du millésime 2025

La période mi-avril à début août du millésime 2025 a été marquée par un épisode caniculaire ayant eu lieu la dernière semaine de juin et la première semaine de juillet, avec des températures excédant les 30 °C en journée ([figure 18](#)). La journée du 2 juillet a été la plus chaude avec des températures maximales avoisinant les 40 °C (température de 38,08 °C enregistrée à Rodern et de 40,09 °C enregistrée à Ribeauvillé). Le faible cumul, voire l'absence de précipitation à cette période, combiné aux fortes chaleurs, a entraîné une contrainte hydrique pour la vigne, particulièrement marquée à partir du 30 juin (CIVA, 2025).

Du 16 avril au 6 août 2025, le ban viticole de Rodern a enregistré un cumul de pluie total de l'ordre de 239 mm, tandis que le secteur de Ribeauvillé a reçu 241,6 mm. Les températures moyennes sur cette même période sont de 19,5 °C pour les deux stations ([figure 18](#)). Par rapport aux dix dernières années, le millésime 2025 présente des conditions similaires à celles observées en 2019 ([tableau 11](#)).

5.5 Éléments restitués par la MERCI

5.5.1 Parcelle B. B-Saint-Hippolyte

Les résultats de la pesée des EV sont indiqués dans le [tableau 12](#). Le [tableau 13](#) regroupe les proportions d'espèces théoriques et d'espèces réellement mesurées après le développement du couvert pour l'ensemble des quatre modalités en 2024 et 2025. Le test du Khi² indique une différence significative entre le pourcentage d'espèces théoriques et le pourcentage d'espèces mesurées en 2025 (p-value < 0,05). Cette année, ce sont majoritairement d'autres espèces (flore adventice avec une majorité de graminées) qui ont été mesurées, ainsi que 14,2 % de vesce. La prédominance des adventices pourrait s'expliquer par les conditions météorologiques de l'hiver

Tableau 14 : Résultats de la MERCI par modalité : matière sèche aérienne, azote piégé total et éléments minéraux restitués au sol (parcelle de B. B-Saint-Hippolyte)

	Méthode M.E.R.C.I						
	Matière sèche aérienne (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitution du couvert au sol (en kg/ha)				
			Azote	Phosphore	Potasse	Soufre	Magnésium
Broyé/Enfoui	0,7	15	8	5	20	0	0
Roulé	0,6	15	7	5	15	0	0
Fauché	1	25	13	5	30	0	5
Témoin	0,9	25	11	5	25	0	0

Tableau 15 : Résultat de la pesée des engrais verts lors de la MERCI pour chaque modalité (parcelle de H. H-Saint-Hippolyte)

	Date relevé	Stade phénologique	Poids espèces prélevées (en g) pour 1m2								
			Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle squarrosom	Vesce	Moutarde blanche	Radis fourrager	Autres espèces	Total
Broyé/Enfoui	30/04/2025	5 feuilles étalées	12	0	121	4	470	0	5	303	916
Roulé	21/05/2025	10 feuilles étalées	58	366	148	0	102	12	84	172	942
Fauché	30/04/2025	5 feuilles étalées	54	152	108	3	344	60	27	373	1121
Témoin	30/04/2025	5 feuilles étalées	76	0	68	1	694	16	0	243	1098

Tableau 16 : Pourcentage d'espèces semées (théorique) et d'espèces réellement mesurées sur l'ensemble des quatre modalités en 2025 (parcelle de H. H-Saint-Hippolyte)

	Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle	Vesce	Radis	Moutarde	Autres espèces	Total
TOTAL par espèces pesées (en g)	200	518	445	8	1610	116	88	1091	4076
Espèces théoriques (en %)	21,2	28,3	17,7	17,6	10,6	2,83	1,77	0	100
Espèces mesurées (en %)	4,9	12,7	10,9	0,2	39,5	2,8	2,2	26,8	100,0

Tableau 17 : Résultats de la MERCI par modalité : matière sèche aérienne, azote piégé total et éléments minéraux restitués au sol (parcelle de H. H-Saint-Hippolyte)

	Méthode M.E.R.C.I						
	Matière sèche aérienne (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitution du couvert au sol (en kg/ha)				
			Azote	Phosphore	Potasse	Soufre	Magnésium
Broyé/Enfoui	0,6	20	11	5	15	0	0
Roulé	0,7	25	14	5	20	0	0
Fauché	0,9	30	16	5	25	0	0
Témoin	0,8	30	15	5	20	0	0

Tableau 18 : Résultat de la pesée des engrais verts lors de la MERCI pour chaque modalité (parcelle de E. P-Rorschwihr)

	Date relevé	Stade phénologique	Poids espèces prélevées (en g) pour 1m2								
			Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle squarrosom	Vesce	Moutarde blanche	Radis fourrager	Autres espèces	Total
Broyé/Enfoui	30/04/2025	5 feuilles étalées	29	48	101	11	164	83	0	378	810
Roulé	21/05/2025	10 feuilles étalées	104	44	120	0	236	68	1	460	1033
Fauché	30/04/2025	5 feuilles étalées	28	23	207	0	139	143	0	480	1020
Témoin	30/04/2025	5 feuilles étalées	30	249	54	0	206	64	3	308	914

dernier, l'excès d'humidité dans les sols ayant compromis la germination des semences d'EV, et donc potentiellement leur levée. A cela s'ajoute une mauvaise préparation du sol et des conditions de semis peu optimales avec encore beaucoup de graminées. Par rapport à 2024, la couverture des adventices a été multipliée par cinq, tandis que la diversité des EV est en baisse.

Les résultats des calculs de la MERCI sont résumés dans le [tableau 14](#). Pour chaque modalité, les éléments restitués au sol ne permettront pas de couvrir l'ensemble des besoins de la vigne (cf. [tableau 2](#)).

5.5.2 Parcelle H. H-Saint-Hippolyte

Les résultats de la pesée des EV sont mentionnés dans le [tableau 15](#). Le [tableau 16](#) rapporte les proportions d'espèces théoriques et d'espèces réellement mesurées après le développement du couvert sur l'ensemble des quatre modalités pour l'année 2025 uniquement, le semis n'ayant pas été réalisé pour la saison 2024. Le test du χ^2 indique également une différence significative entre le pourcentage d'espèces théoriques et le pourcentage d'espèces mesurées en 2025 ($p\text{-value} < 0,05$). Les couverts d'EV avaient déjà été roulés avant les prélèvements, ce qui constitue un biais certain pour la pesée, puisque les échantillons n'étaient pas en état 100 % frais. Il y a une majorité de légumineuses avec une prédominance de la vesce à 39,5 %, qui a pris le dessus sur les autres espèces du couvert. L'implantation du triticale et du trèfle a été difficile (4,9 % et 0,2 % respectivement). Dans la modalité R, 18 % d'adventices sont présentes, soit près de deux fois moins que dans les modalités B/E et F, détruites plus précocement ([tableau 15](#)). Cela suggère que les engrais verts ont mieux concurrencé les adventices, notamment car ils ont continué à se développer entre les dates de destruction (cf. [tableau 9](#)).

Les résultats des calculs de la MERCI sont renseignés dans le [tableau 17](#). La présence de légumineuses (vesce notamment) dans les modalités F et témoin est associée à un taux de restitution d'azote plus élevé. Pour chaque modalité, les éléments restitués au sol ne permettront pas de couvrir l'ensemble des besoins de la vigne, à l'exception d'une quantité de phosphore restituée correcte.

5.5.3 Parcelle E. P-Rorschwihl

Les résultats de la pesée des EV sont rapportés dans le [tableau 18](#). Le test du χ^2 indique une différence significative entre le pourcentage d'espèces théoriques et le pourcentage d'espèces mesurées en 2025 ($p\text{-value} < 0,05$). Bien que la féverole, le triticale et le pois aient été semés en plus grande proportion, ce sont majoritairement des adventices (principalement

Tableau 19 : Pourcentage d'espèces semées (théorique) et d'espèces réellement mesurées sur l'ensemble des quatre modalités pour l'année 2024 et 2025 (parcelle de E. P-Rorschwihl)

	Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle	Vesce	Radis	Moutarde	Autres espèces	Total
TOTAL par espèces pesées (en g)	191	364	482	11	745	4	358	1626	3781
Espèces théoriques (en %)	21,2	28,3	17,7	17,6	10,6	2,83	1,77	0	100
Espèces mesurées (en %) en 2025	5,1	9,6	12,7	0,3	19,7	0,1	9,5	43,0	100,0
Espèces mesurées (en %) en 2024	9,7	27,9	12,2	13,2	25,9	0,6	2,0	8,5	100,0

Tableau 20 : Résultats de la MERCI par modalité : matière sèche aérienne, azote piégé total et éléments minéraux restitués au sol (parcelle de E. P-Rorschwihl)

	Méthode M.E.R.C.I						
	Restitution du couvert au sol (en kg/ha)						
	Matière sèche aérienne (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Azote	Phosphore	Potasse	Soufre	Magnésium
Broyé/Enfoui	0,7	20	10	5	20	0	0
Roulé	0,9	25	14	5	25	0	0
Fauché	0,9	25	14	5	25	0	0
Témoin	0,7	20	12	5	20	0	0

Tableau 21 : Résultat de la pesée des engrais verts lors de la MERCI pour chaque modalité (parcelle de F. G-Ribeauvillé)

	Date relevé	Stade phénologique	Poids espèces prélevées (en g) pour 1m2									
			Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle squarrosom	Vesce	Moutarde blanche	Radis fourrager	Trèfle incarnat	Autres espèces	Total
Broyé/Enfoui	30/04/2025	5 feuilles étalées	97	0	769	15	1094	6	5	0	55	2040
Roulé	21/05/2025	10 feuilles étalées	32	70	266	4	524	16	0	0	174	1086
Fauché	30/04/2025	5 feuilles étalées	192	111	637	81	969	44	27	4	312	2377
Témoin	30/04/2025	5 feuilles étalées	81	233	0	0	445	0	104	3	419	1285



Figure 19 : Couvert d'engrais verts au 24 avril 2025 (à gauche) et au 14 mai 2025 (à droite) dans la parcelle de F. G-Ribeauvillé (Source personnelle : Chloé Moine)

Tableau 22 : Pourcentage d'espèces semées (théorique) et d'espèces réellement mesurées sur l'ensemble des quatre modalités pour l'année 2024 et 2025 (parcelle de F. G-Ribeauvillé)

	Triticale	Féverole	Pois fourrager	Trèfle	Trèfle incarnat	Vesce	Radis	Moutarde	Autres espèces	Total
TOTAL par espèces pesées (en g)	402	414	1672	100	7	3032	136	66	960	6789
Espèces théoriques (en %)	21,2	28,3	17,7	3,6	14,1	10,6	2,8	1,7	0	100
Espèces mesurées (en %) en 2025	5,9	6,1	24,6	1,5	0,1	44,7	2,0	1,0	14,1	100,0
Espèces mesurées (en %) en 2024	4,7	15,1	18,7	23,9	0,0	30,4	1,3	0,4	5,5	100,0

des graminées) qui ont été retrouvées, ainsi que 19,7 % de vesce et 12,7 % de pois ([tableau 19](#)). On observe une quantité de moutarde mesurée supérieure à celle semée : le développement rapide de la moutarde a pu engendrer une concurrence avec les autres espèces du mélange. De plus, cette espèce possède une très bonne capacité de couverture du sol (CAA, 2020a). Par ailleurs, la petite taille des graines de moutarde pourrait expliquer qu'un travail du sol ait remis en surface des semences de 2024, entraînant ainsi une proportion plus importante de moutarde. Par rapport à 2024, la couverture en adventices a été multipliée par cinq, tandis que la diversité des engrais verts est en baisse, avec des quantités très limitées de triticales, féverole et trèfle.

La présence de légumineuses (pois notamment) dans les modalités R et F est associée à un taux de restitution d'azote plus élevé. Les éléments restitués au sol ne permettront pas de couvrir l'ensemble des besoins de la vigne, à l'exception d'une quantité de phosphore restitué correcte ([tableau 20](#)).

5.5.4 Parcelle F. G-Ribeaupillé

Les résultats de la pesée des EV sont indiqués dans le [tableau 21](#). Parmi les quatre parcelles de l'essai, c'est dans la parcelle de F. G-Ribeaupillé qu'on mesure la plus grande quantité de biomasse fraîche avec 6,8 kg/m², témoin d'un bon développement des engrais verts. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le viticulteur a pratiqué la méthode du faux semis afin de préparer ses sols. Seuls 14,1 % de la biomasse produite correspondent au développement des adventices et 85,9 % correspondent au développement des engrais verts. Le couvert est visuellement dense et bien développé ([figure 19](#)) et la proportion d'espèces observées reste globalement conforme aux proportions théoriques (un peu moins de triticales, féverole et trèfle incarnat). Néanmoins, le test du Khi² indique une différence significative entre le pourcentage d'espèces théoriques et le pourcentage d'espèces mesurées en 2025 (p-value < 0,05) ; ([tableau 22](#)). Il y a majoritairement des légumineuses avec une prédominance de la vesce (44,7 %) et du pois fourrager (24,6 %). Il est observé une quantité de vesce et de pois mesuré supérieure à celle semée : une fois la vesce bien développée, elle possède une bonne compétitivité par étouffement. Ces deux espèces ont également pris le dessus sur les autres par leur pouvoir couvrant (CAA, 2020a). De plus, le couvert d'engrais verts dans la modalité R avait déjà été détruit avant les prélèvements.

Ici aussi, la présence de légumineuses dans les modalités B/E et F est associée à un taux de restitution d'azote plus élevé. Les besoins de la vigne en minéraux seront quasiment assurés

Tableau 23 : Résultats de la MERCI par modalité : matière sèche aérienne, azote piégé total et éléments minéraux restitués au sol (parcelle de F. G-Ribeauvillé)

	Méthode M.E.R.C.I						
	Matière sèche aérienne (t/ha)	Azote piégé total (kg/ha)	Restitution du couvert au sol (en kg/ha)				
			Azote	Phosphore	Potasse	Soufre	Magnésium
Broyé/Enfoui	1,4	55	30	10	40	5	5
Roulé	0,8	30	17	5	20	0	0
Fauché	1,7	60	35	10	50	5	5
Témoin	1	30	15	5	30	5	5

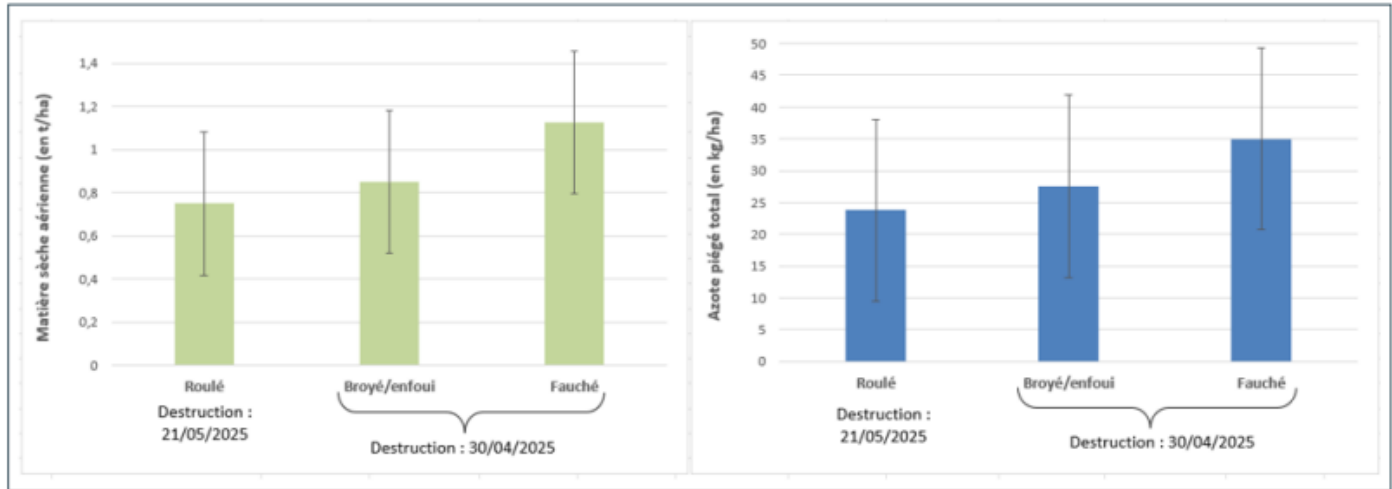


Figure 20 : Quantité moyenne de matière sèche aérienne (en t/ha), (à gauche) ; et d'azote piégé total (en kg/ha), (à droite), dans les quatre modalités et selon leur date de destruction respective pour les quatre parcelles

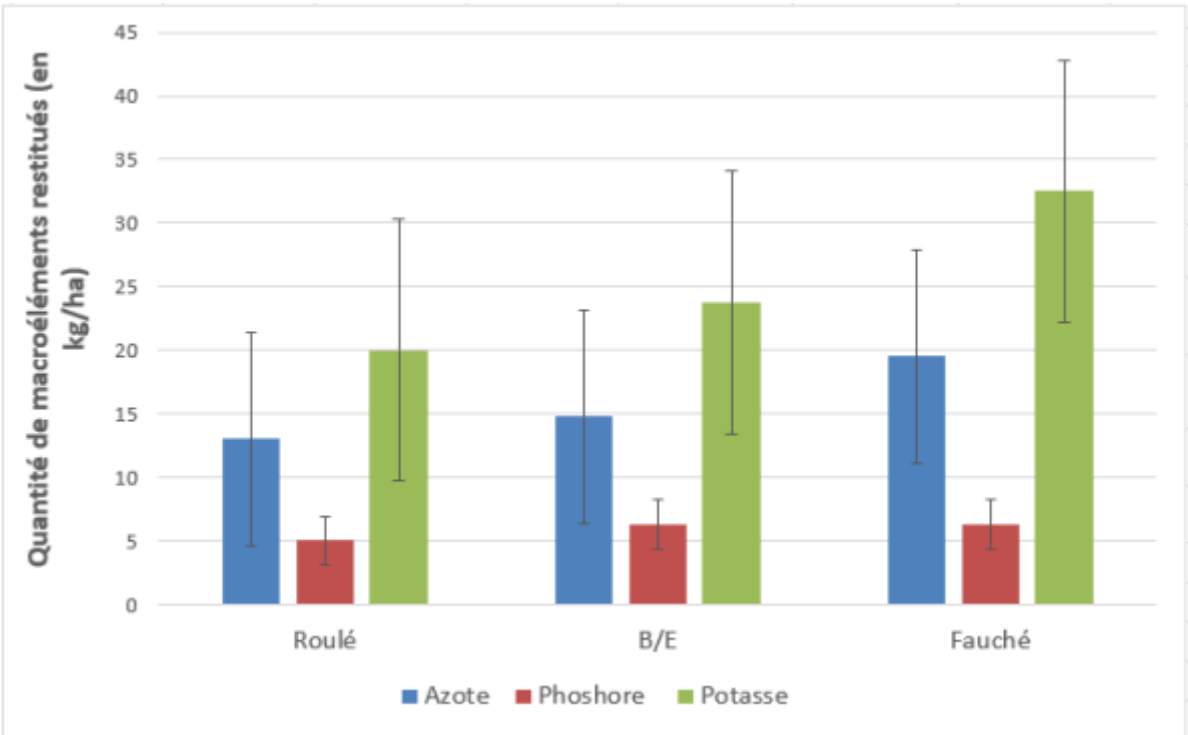


Figure 21 : Quantité moyenne de macroéléments (azote, phosphore, potasse en kg/ha) en fonction des trois modalités testées pour les quatre parcelles

pour ces mêmes modalités (sauf pour la potasse et le magnésium). Les mesures MERCI de la modalité R ont été réalisées après la destruction du couvert, on retrouve alors moins de matières sèches pour cette modalité bien que prélevée plus tardivement. Néanmoins, il est possible d'émettre l'hypothèse que cette modalité répond aux besoins de la vigne, compte tenu de son fort développement avant destruction. La modalité témoin quant à elle, ne permettra pas de couvrir l'ensemble des besoins de la vigne ([tableau 23](#)).

5.5.5 Influence de la date de destruction

La [figure 20](#) représente la quantité moyenne de matière sèche aérienne, ainsi que l'azote piégé total moyen dans chaque modalité pour l'ensemble des quatre parcelles de l'essai. Les conditions de l'ANOVA n'étant pas respectées pour ces deux paramètres, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé ([annexe 11](#)). Ce test ne montre pas de différences significatives entre les modalités et par conséquent entre les deux dates de destruction. La [figure 21](#) représente la quantité de macroéléments restitués au sol (azote, phosphore, potasse) dans chaque modalité pour l'ensemble des quatre parcelles de l'essai. Le soufre et le magnésium n'ont pas été traités, car leurs quantités se sont avérées faibles, voire nulles ([annexe 12](#)).

Le prélèvement plus tardif de la modalité « roulé » n'a pas eu d'incidence sur le développement des engrais verts. Dans cette modalité, les quantités de matière sèche, d'azote piégé et de macroéléments sont même inférieures aux autres modalités. Le fort développement des adventices observé cette année, combiné à la destruction préalable de cette modalité dans les parcelles de H. H-Saint-Hippolyte et F. G-Ribeauvillé, a probablement introduit un biais dans les résultats.

5.5.6 Discussion générale MERCI

La discussion générale portera uniquement sur les parcelles de F. G-Ribeauvillé et E. P-Rorschwihr, les résultats obtenus sur B. B-Saint-Hippolyte et H. H-Saint-Hippolyte n'étant pas jugés suffisamment pertinents en raison d'un développement insuffisant des engrais verts. Les modalités ayant produit le plus de biomasse ont tendance à restituer davantage d'azote au sol. Ces observations sont généralement associées à une proportion plus élevée de légumineuses, notamment grâce au bon développement du pois et de la vesce cette année. En effet, plus il y a de légumineuses, plus la capacité à fixer l'azote atmosphérique grâce aux nodosités présentes sur leurs racines est importante ; et plus l'apport au sol sera conséquent dans des conditions de minéralisation optimales. La présence de légumineuses a donc permis une restitution

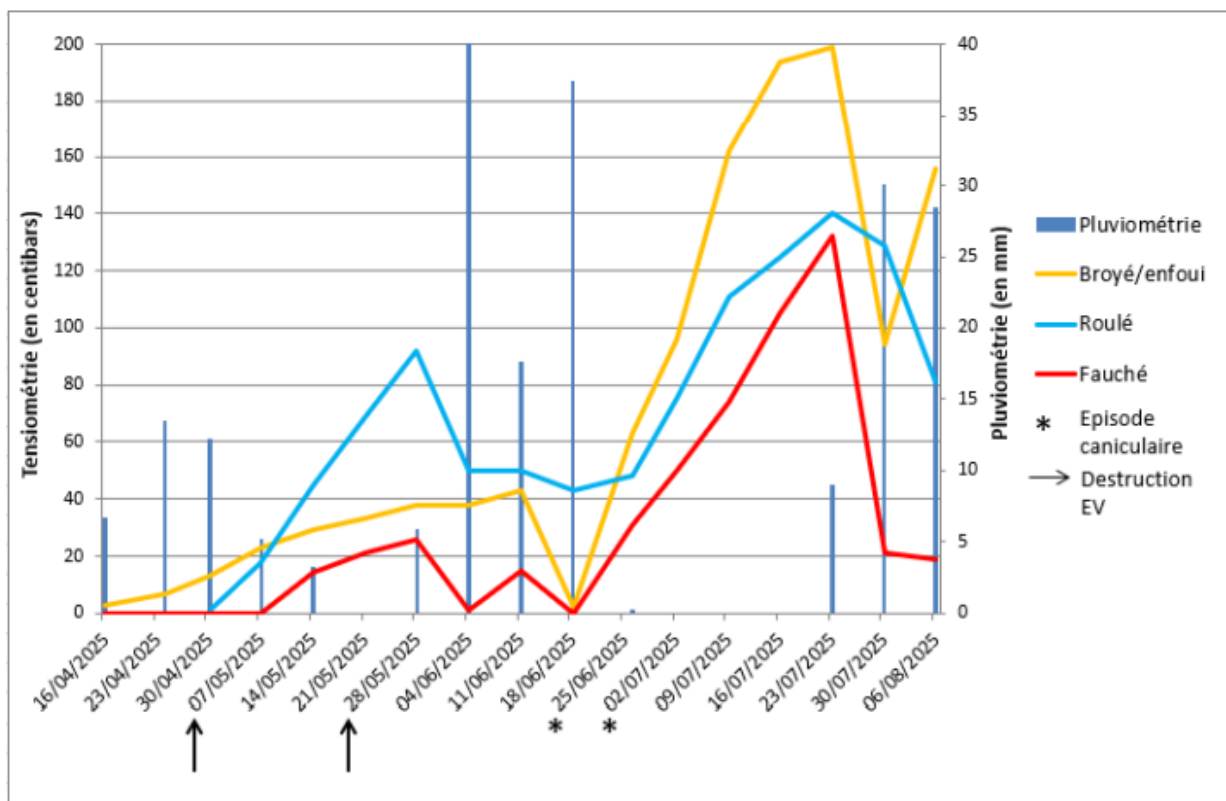


Figure 22 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 50 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle B. B-Saint-Hippolyte)

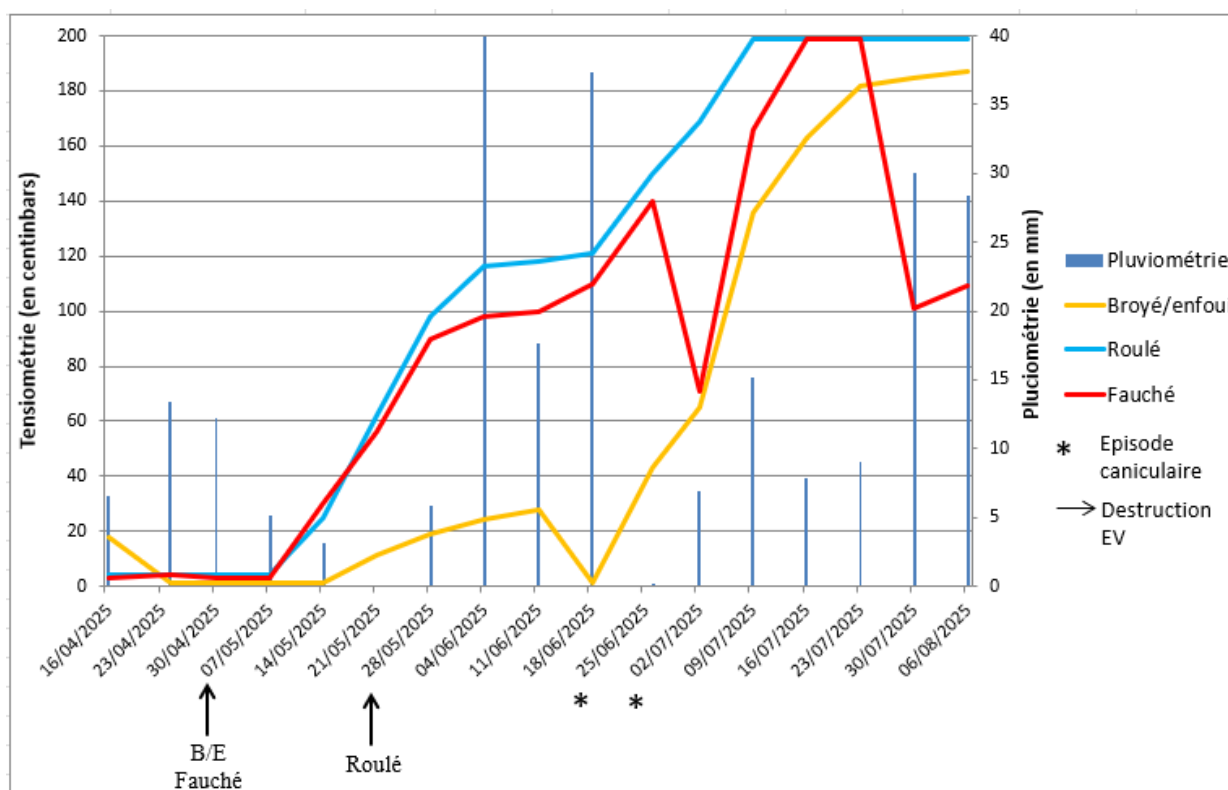


Figure 23 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 75 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle B. B-Saint-Hippolyte)

d'éléments minéraux au sol, principalement sous forme d'azote et de phosphore, mais dans des quantités sensiblement inférieures à celles enregistrées en 2024. Cette diminution pourrait résulter de plusieurs facteurs : concurrence accrue des adventices, disponibilité en eau, réduction de la diversité spécifique des couverts et leur développement très tardif dans la saison. Malgré cette baisse, les restitutions observées demeurent non négligeables et peuvent contribuer, au moins partiellement, à la satisfaction des besoins minéraux de la vigne. De plus, les engrais verts ont été détruits avant la floraison (la mi-floraison se situant autour du 4 juin), période durant laquelle les besoins en eau et en éléments minéraux sont importants. Dans ces conditions d'expérimentations, la destruction plus tardive de la modalité R n'a pas eu d'impact sur la production de biomasse et donc sur la restitution des éléments minéraux au sol. Toutefois, l'objectif principal du roulage demeure la formation d'un paillage. Des observations de terrain réalisées après destruction le 12 juin, ont mis en évidence une reprise des EV, notamment du pois et de la vesce, sur la parcelle de F. G-Ribeauvillé. Ce paramètre devra être pris en compte afin d'éviter que la nouvelle levée d'EV ne puise dans les stocks hydriques et d'éléments minéraux restitués au sol, au détriment de la vigne.

5.6 Statut hydrique

5.6.1 Parcelle B. B-Saint-Hippolyte

Les données de sonde à 50 cm pour la modalité R ne sont pas disponibles le 16 et le 23 avril, car celle-ci était non fonctionnelle. Les valeurs relatives aux relevés de sonde sont situées dans le tableau en [annexe 13](#).

À **50 cm de profondeur** ([figure 22](#)), la modalité F présente des valeurs de tensiométrie faibles, indiquant une meilleure rétention en eau du sol. À **75 cm de profondeur** ([figure 23](#)), on observe une inversion des tendances, la modalité B/E retient davantage l'eau car le travail du sol favorise son infiltration. Les modalités F et R suivent la même tendance avec des valeurs de tensiométrie plus élevées et par conséquent un sol plus sec. Dans ces mêmes modalités, la tensiométrie reste stable malgré les cumuls de pluie enregistrés les semaines du 4, du 11 et du 18 juin, indiquant que l'eau est directement absorbée dans le sol après les précipitations.

Les canicules de la semaine du 25 juin et du 2 juillet ont induit d'importante perte en eau, en effet la tensiométrie augmente drastiquement à partir de ces dates à 50 et 75 cm de profondeur. De plus, la forte présence des graminées a également induit des pertes en eau par concurrence. Leur système racinaire dense peut atteindre 30 à 40 cm de profondeur.

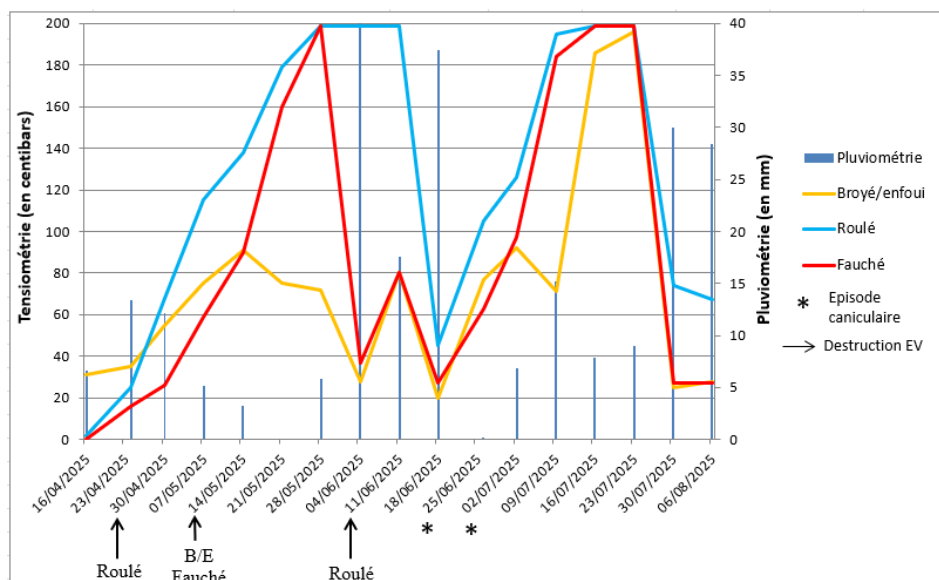


Figure 24 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 50 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle H. H-Saint-Hippolyte)

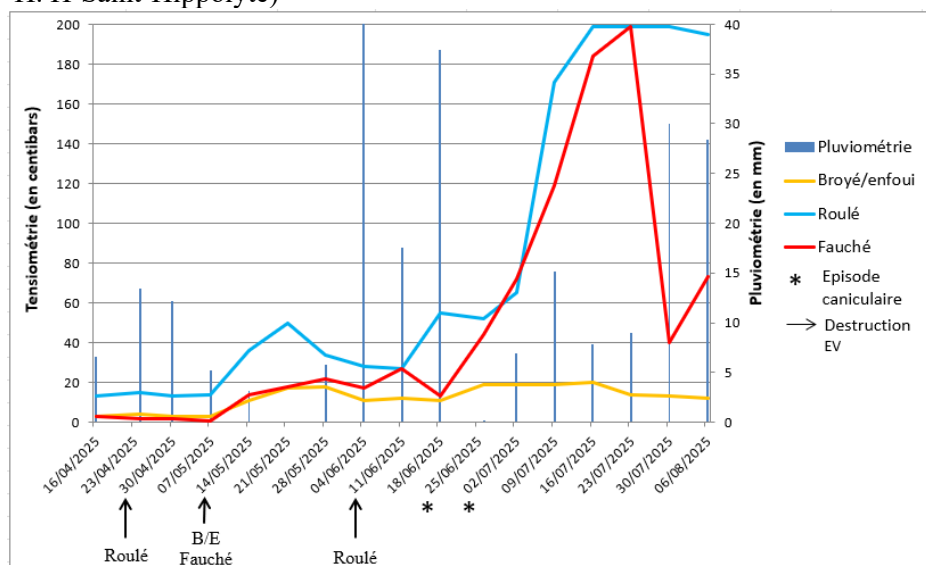


Figure 25 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 75 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle H. H-Saint-Hippolyte)

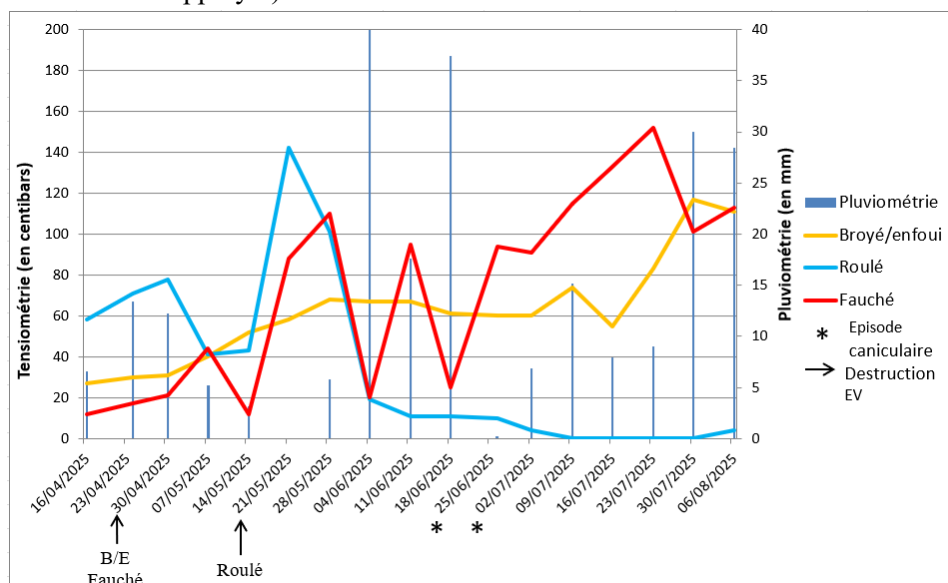


Figure 26 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 50 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle E. P-Rorschwihr)

5.6.2 Parcelle H. H-Saint-Hippolyte

Les relevés de sonde à 50 et 75 cm de profondeur (cf. [annexe 14](#)), ainsi que les cumuls de pluie hebdomadaires sont illustrés dans les figures 24 et 25.

À 50 cm de profondeur ([figure 24](#)), lorsque les cumuls de pluie sont moins importants voire absents, de hautes valeurs de tensiométrie sont atteintes la semaine du 21 et du 28 mai, ainsi que la semaine du 9 et 16 juillet. Cela se traduit par une difficulté d'absorption racinaire de l'eau par les vignes car il y a peu d'eau dans la rhizosphère. La modalité B/E semble retenir l'eau plus facilement dans le sol, avec des valeurs n'excédant pas 92 centibars. À l'inverse, la modalité R montre des valeurs de tension plus importantes. Un plateau est observé après les précipitations de la semaine du 4 juin. Cette modalité présente un temps de réhumectation plus long, probablement en raison du mulch formé par le roulage des engrais verts, qui limite la pénétration de l'eau dans le sol.

À 75 cm de profondeur ([figure 25](#)), toutes les modalités présentent une tensiométrie relativement stable, avec des valeurs inférieures à 55 centibars jusqu'à la semaine du 2 juillet. De même que pour les sondes à 50 cm de profondeur, la modalité B/E retient davantage l'eau dans le sol.

À 50 et à 75 cm de profondeur, la modalité B/E présente une meilleure rétention en eau, avec des valeurs de tensiométrie demeurant relativement stables. La tensiométrie dans les modalités R et F augmente plus rapidement lors d'un épisode caniculaire, notamment à partir de la semaine du 25 juin et du 2 juillet.

5.6.3 Parcelle E. P-Rorschwihr

Les valeurs relatives aux relevés de sonde sont situées dans le tableau en [annexe 15](#).

À 50 cm de profondeur ([figure 26](#)), lorsque les cumuls de pluie sont faibles voire absents, des valeurs élevées de tensiométrie sont atteintes la semaine du 21 et du 28 mai, pour la modalité R et F respectivement. Ceci peut également s'expliquer par la repousse des engrais verts après leur destruction (cf. [tableau 9](#)), entraînant une consommation supplémentaire de l'eau du sol. La modalité F est également plus réactive après les pluies, comme en témoignent les diminutions de tensiométrie enregistrées après les épisodes pluvieux.

À 75 cm de profondeur, la tensiométrie subie moins de variation dans la modalité B/E, avec des valeurs comprises entre 27 et 74 centibars, correspondant à un confort hydrique pour

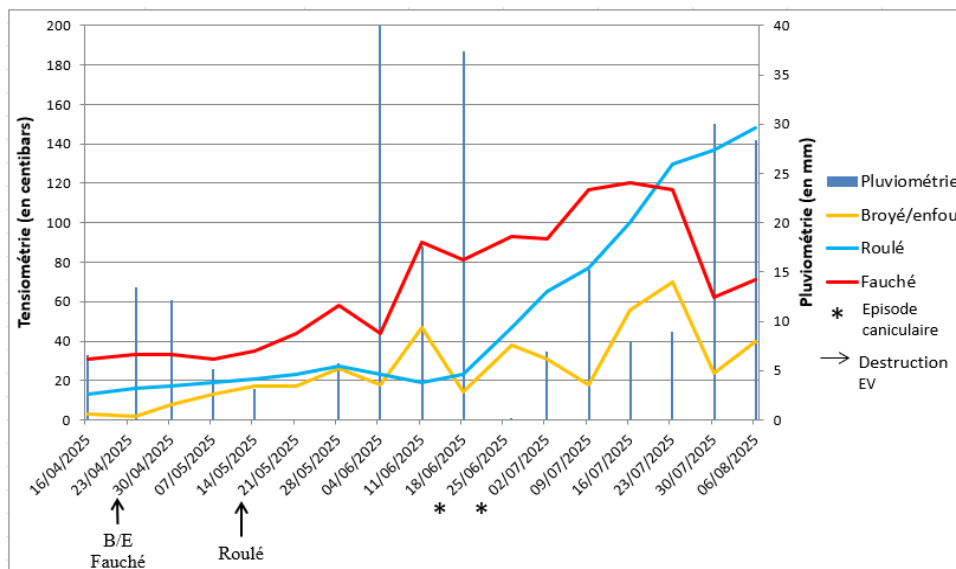


Figure 27 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 75 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle E. P-Rorschwihr)



Figure 28 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 50 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle F. G-Ribeauvillé)

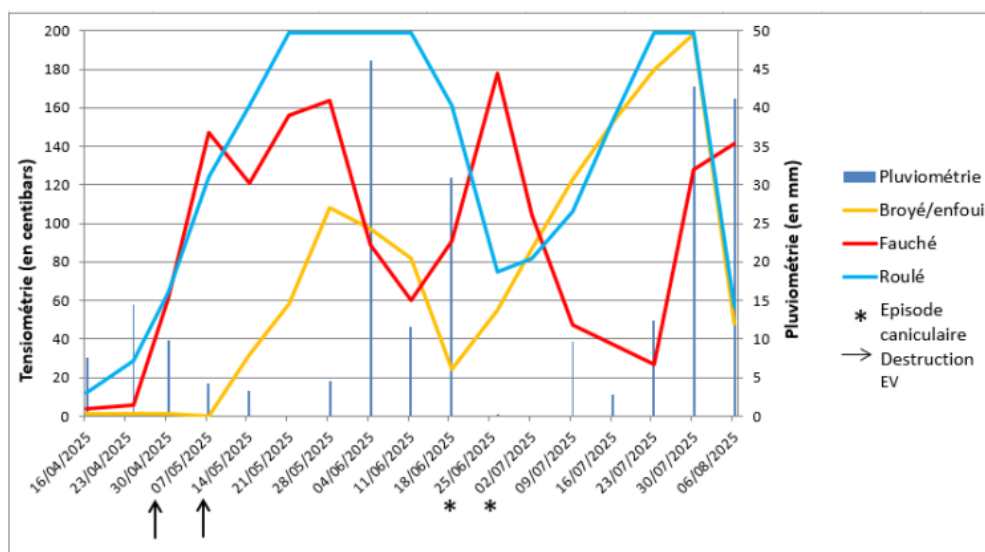


Figure 29 : Evolution de la tensiométrie (en centibars) à 75 cm de profondeur selon les trois modalités, et pluviométrie (en mm), du 16 avril au 6 août (parcelle F. G-Ribeauvillé)

la vigne (cf. tableau 10). À cette profondeur, les racines n'ont pas de difficulté à extraire l'eau du compartiment sol. Au contraire la modalité F atteint un pic à 117 centibars enregistré le 9 juillet, le sol devient plus sec plus rapidement (figure 27).

La modalité B/E retient de manière régulière l'eau dans le sol, signifiant une meilleure régularité face aux à-coups climatiques, mais est peu réactive après les pluies, contrairement à la modalité F.

5.6.4 Parcelle F. G-Ribeaupillé

Les valeurs relatives aux relevés de sonde sont situées dans le tableau en annexe 16.

À 50 cm de profondeur (figure 28), la tensiométrie augmente progressivement jusqu'au 28 mai pour toutes les modalités, puis diminue lors de cumuls de pluie de la semaine du 11 juin. Un plateau est observé pour la modalité R. Dans cette parcelle également, la modalité R présente un temps de réhumectation plus long. La modalité B/E possède une tensiométrie plus basse que les autres modalités et est plus stable dans le temps. À 75 cm de profondeur (figure 29), c'est la modalité B/E qui semble le mieux retenir l'eau, avec des valeurs souvent inférieures à 100 centibars. Au contraire, la modalité R possède une tensiométrie plus élevée.

5.6.5 Discussion générale statut hydrique

Une tendance est observée pour la modalité B/E qui semble retenir davantage l'eau dans le sol au cours du temps, le travail du sol favorisant la pénétration de l'eau. La modalité F a tendance à être plus réactive aux pluies avec des variations rapides de la tensiométrie. La modalité R présente une réponse plus lente aux précipitations, liée à un temps de réhumectation plus important. L'infiltration de l'eau peut être freinée par le mulch formé lors du roulage, auquel s'ajoute l'effet de tassement du sol induit par le passage du rouleau. De plus, cette modalité présente l'inconvénient d'un risque de relevage, le roulage ne détruisant que partiellement le couvert, entraînant une concurrence hydrique et minérale plus marquée que dans les autres modalités.

6. Limites méthodologiques de l'essai

Plusieurs limites méthodologiques ressortent de cette expérimentation. La première concerne la mise en place de l'essai : l'intégration d'un témoin avec un enherbement spontané, par exemple, permettrait de mettre en évidence l'intérêt des engrais verts par rapport à un couvert concurrentiel et d'évaluer les différents modes de destruction. Par ailleurs, bien que

l'objectif initial ait été de semer des couverts peu concurrentiels, la combinaison du semis d'engrais verts et du mélange peu concurrentiel s'est avérée techniquement difficile à cause des conditions météorologiques trop humides. Le choix s'est porté sur le semis des engrais verts afin d'obtenir des résultats exploitables. Cette contrainte explique l'absence de semis de ce mélange cette année dans les parcelles de E. P-Ribeauvillé et F. G-Ribeauvillé. Concernant les sondes tensiométriques, leur vérification d'une année sur l'autre est compromise par la difficulté à les extraire du sol, ce qui introduit une incertitude quant à leur bon fonctionnement et nécessite de prendre en compte une marge d'erreur. Enfin, l'absence de stations météorologiques propres aux parcelles conduit à utiliser les données des stations les plus proches, ce qui réduit la précision des observations climatiques.

Un autre point limitant réside dans l'impossibilité d'intégrer le mode de destruction des couverts sur le site de la méthode MERCI, or la littérature indique que ce paramètre peut influencer la restitution des éléments minéraux et mériterait donc d'être inclus. De plus, cette méthode repose sur un modèle de culture annuelle, alors que la vigne est une culture pérenne.

7. Conclusion et perspectives

De nombreuses publications scientifiques soulignent les bénéfices des EV pour le sol et pour la culture en place. Griesser *et al.* (2022) ont notamment démontré l'intérêt de ces couverts dans l'amélioration de la vigueur de la vigne grâce à la restitution d'éléments minéraux. L'essai mené par la CAA, le GIEE de la cave de Ribeauvillé et le CIVA, a mis en évidence une amélioration de la vigueur sur les parcelles d'expérimentations entre 2023 et 2024. Cette tendance reste à confirmer dans les prochaines années, mais les résultats obtenus sont en adéquation avec les objectifs agronomiques de maintien et d'amélioration de la vigueur des vignes souhaités par les viticulteurs. Ces derniers ont également témoigné de l'augmentation de la vigueur de leur vigne depuis le début des expérimentations. F. G-Ribeauvillé a confié : « j'ai l'impression qu'il y a un effet cumulatif », désignant l'effet des engrais verts d'une année à l'autre sur la vigueur de ses vignes. Cette amélioration a été particulièrement mise en évidence dans la modalité B/E, tandis qu'elle est restée moins prononcée dans les modalités « roulé » et « fauché ».

Dans un contexte de changement climatique marqué par des périodes de fortes chaleurs, la gestion du mode et de la date de destruction apparaît essentielle afin de limiter la concurrence hydrique avec la vigne et d'adapter l'itinéraire technique. Les résultats obtenus indiquent que

la modalité « broyé/enfoui » pourrait constituer une option pertinente, favorisant une meilleure rétention de l'eau dans le sol, en particulier dans les sableux et drainants de Saint-Hippolyte. Ce mode de destruction contribuerait à limiter l'impact des variations climatiques, notamment lors des épisodes de fortes chaleurs, en maintenant une disponibilité en eau suffisante pour la vigne. Garcia *et al.* (2023) ont montré que la destruction par broyage suivi d'un enfouissement entraîne un arrêt de la transpiration du couvert végétal et favorise la minéralisation par le travail du sol. À l'inverse, la destruction par roulage reste peu performante, ne permettant pas de détruire entièrement le couvert, surtout en présence de graminées. Ces différences expliquent les stocks hydriques plus élevés dans les modalités avec travail du sol, alors que le fauchage et le roulage ne permettent qu'un arrêt partiel ou temporaire de la transpiration des espèces du couvert.

Le développement des engrais verts reste par ailleurs fortement dépendant des conditions climatiques du millésime. La technique du faux semis, appliquée chez F. G.-Ribeauvillé, pourrait constituer une approche intéressante pour favoriser une bonne levée. Concernant la date de destruction des engrais verts, aucune différence significative n'a été observée entre les deux dates, ce qui suggère que le couvert ne s'est pas développé davantage. Ces observations confirment que le pilotage de la date de destruction est dépendant du millésime. Ranells et Waggoner (1993) ont montré qu'un enfouissement plus tardif tend à réduire la concentration en azote et à augmenter le rapport C/N, en raison de l'accumulation de lignine et de glucides structuraux à mesure que la plante approche de la maturité. Prolonger la phase de croissance de l'EV peut ainsi conduire, selon les conditions, à une augmentation de la biomasse, mais pas nécessairement de sa teneur en azote. La date de destruction apparaît donc comme un levier important à piloter en fonction des objectifs agronomiques visés. À l'issue de cette deuxième année d'expérimentation sur les engrais verts, les résultats apparaissent prometteurs. L'évaluation des effets des engrais verts sur le sol et la vigne nécessite plusieurs années d'observation. Jusqu'à présent, les résultats ont été influencés par une alternance entre un millésime pluvieux et un millésime marqué par des épisodes de chaleur prolongée. La poursuite de l'essai permettra de confirmer les tendances observées, notamment à travers l'analyse des vins issus des vinifications prévues au cours des prochaines années.

Bibliographie

- Ageorges, A., Terrier, N., 2014. Impact du stress hydrique sur la qualité de la vendange : l'exemple des flavonoïdes. *Innovations Agronomiques*, 38 : 87-95. DOI : [10.17180/tx4f-9c13](https://doi.org/10.17180/tx4f-9c13).
- Agreste Chiffres et Données, 2023. Enquête Pratiques culturales en viticulture en 2019 - Principaux résultats.
- Cadillon, A., 2013. Couverts végétaux pendant l'interculture en AB : caractéristiques des espèces. Institut Technique de l'Agriculture Biologique.
- Caillaud, L., 2018. Les engrais verts au service de la viticulture : résultats de la campagne 2017/2018. Chambre d'Agriculture Charente-Maritime : 2-37.
- Chambre d'Agriculture d'Alsace, 2020a. Brochure : Les engrais verts en viticulture pour la préservation des sols et de l'environnement.
- Chambre d'Agriculture d'Alsace, 2020b. Brochure : Les engrais verts en viticulture, adapter la destruction aux objectifs.
- Chambre d'Agriculture de Gironde, 2019. Réduire l'utilisation des herbicides grâce aux couverts végétaux.
- Charton, P., Boyer, I., Chol, P., Guinet, P., Isbérie, C., Leclercq, J. B., Lopez, C., Martinez, A. P., Odet, J., Piton, N., Ricavy, I., Terrentroy, A., 2003. Eau fertile : les sondes tensiométriques. ARDEPI.
- Choné, X., Van Leeuwen, C., Dubourdieu, D., Gaudillère, J. P., 2001. Stem Water Potential is a Sensitive Indicator of Grapevine Water Status. *Annals of Botany*, 87, 4 : 477-483. DOI : [10.1006/anbo.2000.1361](https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1361).
- Commission Technique du Vignoble Alsacien, 2023. PROGRAMME AlsAdapt 2023/2025 : Axe itinéraire technique – piste d'adaptation de la vigne aux situations de stress hydriques.
- Darriet, P., Pons, A., Allamy, L., Schüttler, A., Van Leeuwen, C., Thibon, C., 2016. Quels impacts attendus du changement climatique sur les composés aromatiques et leurs précurseurs ? 3. Assises des Vins du Sud-ouest, Institut Français de la Vigne et du Vin, Toulouse, France. 32p.
- Delorme, K., 2024. Étude des effets combinés et individuels des stress thermique et hydrique sur le métabolisme et la physiologie des différents cépages (*vitis* sp.). Université de Québec en Outaouais.
- Duchêne, E., Schneider, C., 2005. Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development*, 25, 1 : 93-99.
- Follain, S., Ciampalini, R., Le Bissonnais, Y., David, M., 2016. Limiter l'érosion des sols viticoles en adaptant le parcellaire et les pratiques. 8ème journée scientifique de la vigne et du vin. Montpellier SupAgro, France.
- Follain, S., Fayolle, E., Noll, D., Quiquerez, A., 2018. Erosion des sols viticoles et adaptations aux changements : vulnérabilité, diagnostic et stratégie d'adaptation. De l'adaptation des pratiques à la réorganisation des vignobles. *La Revue des Œnologues*, 166 : 12-15.
- Frey, H., 2016. Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage. SupAgro, Montpellier, France.
- Garcia, L., Bouisson, Y., Enard, C., Metay, A., 2023. Gestion des cultures de services en viticulture : pilotage de la destruction pour obtenir des compromis entre services et dysservices. 14ème Journée Scientifique Vigne-Vin. L'Institut Agro Montpellier - INRAE - Université de Montpellier, France. p. 21-27.
- Garcia, L., Celette, F., Gary, C., Metral, R., Metay, A., 2020. Usage des couverts végétaux semés ou spontanés comme cultures de services dans les vignobles. *La Revue des Œnologues*, 177S.
- Ghesquière, J., Cadillon, A., 2012. Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en AB. *Institut de l'agriculture et de l'alimentation biologique*, 182 : 15.
- Gontier, L., 2023. Engrais vert en viticulture : incidence du type de couvert végétal et de son mode de destruction sur l'alimentation azotée de la vigne. *Winetech*, 4.
- Griesser, M., Steiner, M., Pingel, M., Uzman, D., Preda, C., Giffard, B., Tolle, P., Memedemin, D., Forneck, A., Reineke, A., Leyer, I., Bacher, S., 2022. General trends of different inter-row vegetation management affecting vine vigor and grape quality across European vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 388, 108073.
- Guilpart, N., Metay, A., Gary, C., 2014. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*, 54 : 9-20. DOI : [10.1016/j.eja.2013.11.002](https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.002).

Huglin, P., 1960. Causes determinant les alterations de la floraison de la vigne. *Ann Amelior Plant*, 10 : 351-358.

IFV Occitanie, 2019. Fiches pratiques : engrais verts en viticulture.

Institut National des Appellations d'Origine (INAO), 2012. Cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Alsace » ou « Vin d'Alsace ».

Koundouras, S., Van Leeuwen, C., Seguin, G., Glories, Y., 1997. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (Exemple de némée, Grèce, Cépage Saint-George). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 33 : 149-160.

Kwasniewski, M. T., Vanden Heuvel, J. E., Pan, B. S., Sacks, G. L., 2010. Timing of Cluster Light Environment Manipulation during Grape Development Affects C13 Norisoprenoid and Carotenoid Concentrations in Riesling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 11 : 6841-6849. DOI : [10.1021/jf904555p](https://doi.org/10.1021/jf904555p).

Lacroix, R., Bécart, V., Puech, C., 2024. Interpréter ses résultats maturité. Institut Rhodanien – Fiche technique Viticulture | N° 024.

Langelier, M., 2018. Apports en azote d'engrais verts de légumineuses ou non-légumineuses, combinés à une fertilisation minérale ou organique, et effet sur le rendement du blé. Université de Laval, Québec.

Lebon, E., Dumas, V., Morlat, R., 1996. Influence des facteurs naturels du terroir sur la maturation du raisin en Alsace. CR 1er Collo Inter Terroirs Vitic Concept Prod Valoris.

Lebon, E., Garcia De Cortazar-Atauri, I., 2014. Dans un contexte de changement climatique, quels sont les impacts de la sécheresse sur la vigne et sur le devenir des vignobles ? L'exemple du Languedoc. *Innovations Agronomiques*, 38 : 1-12. DOI : [10.17180/PC6R-HY63](https://doi.org/10.17180/PC6R-HY63).

Maille, E., 2017. Les couverts végétaux en viticulture. *Auxiliaire bio*, 3 : 27-38.

Maille, E., 2019. Intérêts et Limites des Engrais Vert en Viticulture Biologique : Retour sur 20 ans d'expériences. Journée Technique Vigne et Vin Bio. Libourne, France.

Marais, J., Van Wyk, C., Rapp, A., 1992. Effect of Sunlight and Shade on N orisoprenoid Levels in Maturing Weisser Riesling and Chenin blanc Grapes and Weisser Riesling Wines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 13 : 23-32. DOI : [10.21548/13-1-2191](https://doi.org/10.21548/13-1-2191).

Noceto, P.-A., Hérich, M., Fromentin, J., Rossi, V., Sasa, S., Ranca, A., Patrik, K., Armengol, J., Trouvelot, S., Van Tuinen, D., Courty, P.-E., Wipf, D., 2020. Les couverts végétaux - Un atout majeur pour réduire les intrants de synthèse et augmenter les services écosystémiques au vignoble. *La Revue des Œnologues*, 175 : 14-17.

Ollat, N., Zito, S., Richard, Y., Aigrain, P., Brugière, F., Duchêne, E., Garcia De Cortazar-Atauri, I., Gautier, J., Giraud-Héraud, E., Hannin, H., Touzard, J.-M., Bois, B., 2021. La diversité des vignobles français face au changement climatique : simulations climatiques et prospective participative. *Climatologie*, 18 : 3. DOI : [10.1051/climat/202118003](https://doi.org/10.1051/climat/202118003).

Ranells, N. N., Waggoner, M. G., 1993. Crimson clover management to enhance reseeding and no-till corn grain production. *Agron. J.*, 85 : 62-67.

Rives, M., 2000. Vigour, pruning, cropping in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). I. A literature review. *Agronomie*, 20, 1 : 79-91. DOI : [10.1051/agro:2000109](https://doi.org/10.1051/agro:2000109).

Saurin, N., Tisseyre, B., Lebon, E., 2014. Comment mesurer la contrainte hydrique de la vigne, de la plante au vignoble. *Innovations Agronomiques*, 38 : 143-158. DOI : [10.17180/0he1-h694](https://doi.org/10.17180/0he1-h694).

Schüttler, A., Fritsch, S., Hoppe, J. E., Schüssler, C., Jung, R., Thibon, C., Gruber, B. R., Lafontaine, M., Stoll, M., de Revel, G., Schultz, H. R., Rauhut, D., Darriet, P., 2013. Facteurs influençant la typicité aromatique des vins du cépage de *Vitis vinifera* cv. Riesling - Aspects sensoriels, chimiques et viticoles. *Revue des œnologues*, 149S : 36-41.

Seguin, G., 1970. L'alimentation en eau de la vigne et la maturation du raisin en 1970 sur quelques sols typiques du Haut-Médoc. Thèse de Doctorat d'Etat. Faculté des Sciences, Université de Bordeaux, France. p. 141.

Valancogne, C., Nasr, Z., 1989. Measuring sap flow in the stem of small trees by a heat balance method. *HortScience*, 24, 2 : 383-385.

Van Dijk, S., Van Asch, T., 2002. Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France. *Soil and Tillage Research*, 63, 3 : 141-153. DOI : [10.1016/S0167-1987\(01\)00237-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00237-9).

- Van Dijk, P., Rosenfelder, C., Scheurer, O., Duparque, A., Martin, P., Sauter, J., 2016. Une approche agronomique territoriale pour lutter contre le ruissellement et l'érosion des sols en Alsace. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 6, 1, 5 : 35-47.
- Van Leeuwen, C., 2011. Les méthodes d'estimation de l'alimentation azotée de la vigne et des raisins au vignoble : état de l'art. L'azote : un élément clé en viticulture et en oenologie. IFV Sud-Ouest.
- Van Leeuwen, C., Darriet, P., 2016. The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11, 1 : 150-167. DOI : [10.1017/jwe.2015.21](https://doi.org/10.1017/jwe.2015.21).
- Van Leeuwen, C., Gaudillère, J.-P., Trégoat, O., 2001. Evaluation du régime hydrique de la vigne à partir du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 35, 4 : 195-205.
- Van Leeuwen, C., Lerich, O., Renard, R., Trégoat, O., Alla, P.-L., 2000. Micromorphometric changes in trunk diameter in relation to mild water stress in field grown vines. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 34, 2 : 41-47.
- Van Leeuwen, C., Vivin, P., 2008. Alimentation hydrique de la vigne et qualité des raisins. *Innovations Agronomiques*. 2 : 159-167. DOI : [10.17180/TE5H-C246](https://doi.org/10.17180/TE5H-C246).
- Vyn, T., Faber, J., Beauchamp, E., Janovicek, K. J., 2000. Cover Crop Effects on Nitrogen Availability to Corn following Wheat. *Agronomy Journal*, 92, 5 : 915-924.
- Zufferey, V., Verdenal, T., Reynard, J.-S., Nagy, A. D., Belcher, S., Lorenzini, F., Rösti, J., Gindro, K., Spangenberg, J. E., Viret, O., Carlen, C., Spring, J.-L., 2022. Influence du régime hydrique sur le comportement de la vigne et la qualité des vins d'Humagne rouge. *Recherche Agronomique Suisse*, 13 : 77-85. DOI : [10.34776/AFS13-77](https://doi.org/10.34776/AFS13-77).

Ouvrage

- Champagnol, F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Chap. 4.4. Caractéristiques physiologiques et agronomiques liées à la croissance, p. 31-35.
- Delas, J., 2010. *Fertilisation de la vigne* (2^{ème} ed.). Editions FERET, Bordeaux, France. Chap. 1, La connaissance de la plante, p. 21-42.
- Ducurf, G., 2005. *L'encyclopédie des plantes bioindicatrices, alimentaires et médicinales : guide de diagnostic des sols* (Vol. 1). Editions Promonature, France. Chap. 19, Fiches des plantes bioindicatrices, p. 72-329.
- Duchaufour, P., Faivre, P., Poulenard, J., Gury, M., 2020. *Introduction à la science du sol – Sol, végétation, environnement* (7^{ème} ed.). Editions DUNOD, Paris, France. Chap. 2, La fraction organique, p. 35-71.
- Gaviglio, C., 2022 *Gestion des sols viticoles* (2^{ème} ed.). Editions France Agricole, Paris, France. Chap 1 et 2, p. 2-31.
- Ollat, N., Touzard, J.-M., coord., 2024. *Vigne, vin et changement climatique*. Editions Quæ, Versailles, France.
- Thomas, F., Archambeaud, M., 2016. *Les couverts végétaux : Gestion pratique de l'interculture* (2^{ème} ed.). Editions France Agricole, Paris, France. Chap. 3, Panorama des espèces utilisées, p. 129-243.

Annexes

Annexe 1 : Analyse de sol 2023 de la parcelle de B. B-Saint-Hippolyte

Analyse physique



Texture
sable argilo-limoneux (Sal)

Argiles		12%
Limons		29%
Sables		59%

Eléments complémentaire sur la physique et chimie :

pH eau		7,1
pH KCl		6,3
Calcaire total	(g/kg)	1
Calcaire actif	(g/kg)	ND
CEC	(Cmol+/kg)	7,55

Analyse minérale		
Phosphore Joret-Hébert P2O5 (g/kg)	0,191	
Bases échangeables (g/kg)	(%CEC)	
Potassium-K2O	0,164	4,6
Magnésium-MgO	0,252	16,6
Calcium-CaO	2,44	100
NaO	0,010	0,42
Rapport K2O/MgO	0,70	Souhaitable:
Fer facilement extractible	ND	
IPC	ND	

Optimum	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
0,050	0,200		■		
0,140	0,200		■		
0,110	0,160				■
1,485	1,697				■
0,001	0,100		■		
1,30					

	teneur en % de sol	teneur en % de MO	azote (g/kg)	C/N
MO totale	1,8		0,89	11,8
MO liée	1,3	74	0,71	11,1
MO libre	0,5	26	0,18	14,9

Carbone	Biomasse Microbienne (BM)	
g/kg terre	mgC/kg terre	en % C
10,5	218	2,1
Normal	Fort	Normal un peu fort

Annexe 2 : Analyse de sol 2023 de la parcelle de H. H-Saint-Hippolyte

Analyse physique



Texture
sable argilo-limoneux (Sal)

Argiles		18%
Limons		33%
Sables		49%

Eléments complémentaire sur la physique et chimie :

pH eau		7,1
pH KCl		6,3
Calcaire total	(g/kg)	1
Calcaire actif	(g/kg)	ND
CEC	(Cmol+/kg)	10,46

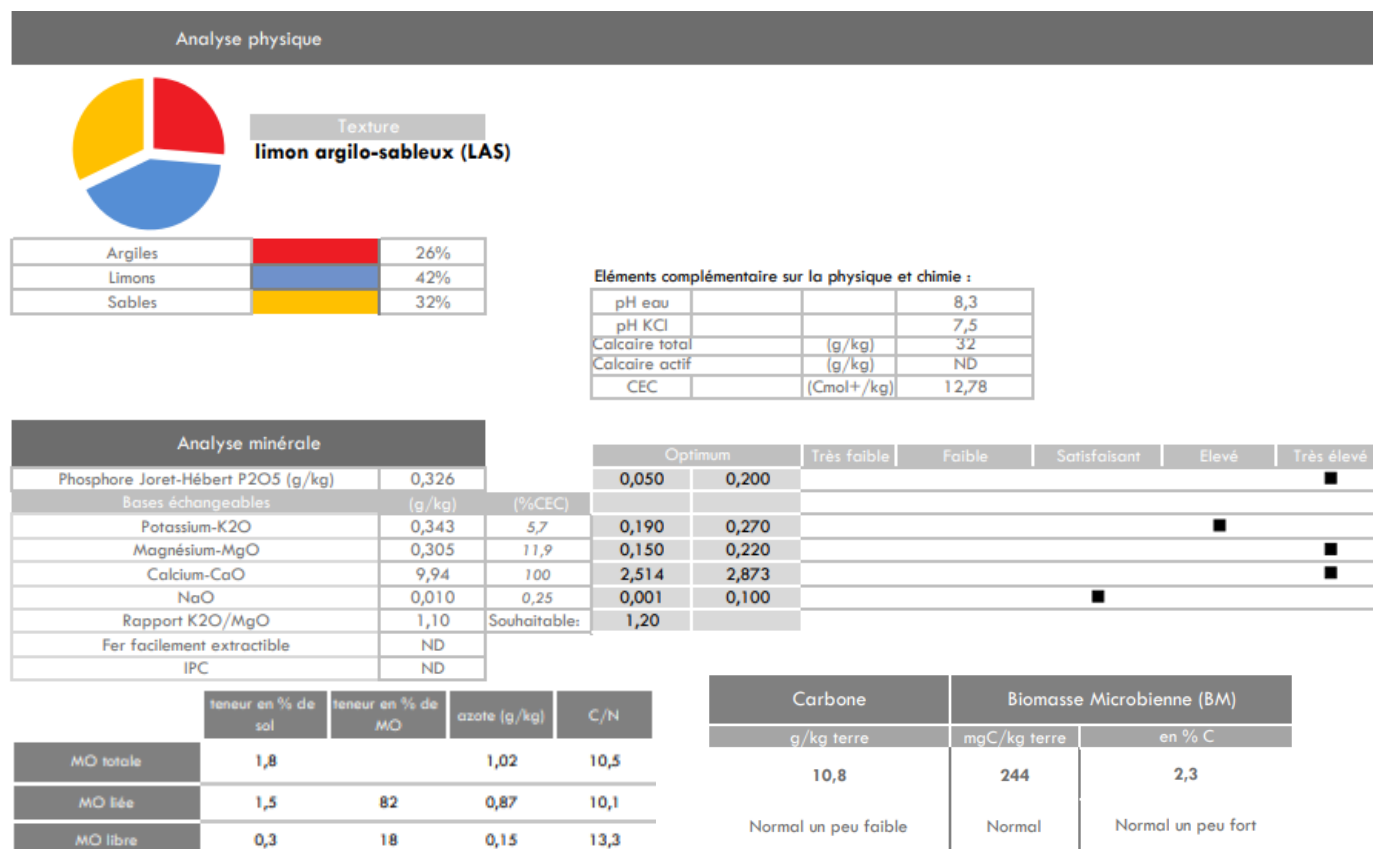
Analyse minérale		
Phosphore Joret-Hébert P2O5 (g/kg)	0,223	
Bases échangeables (g/kg)	(%CEC)	
Potassium-K2O	0,343	7,0
Magnésium-MgO	0,434	20,6
Calcium-CaO	2,44	82,9
NaO	0,011	0,34
Rapport K2O/MgO	0,80	Souhaitable:
Fer facilement extractible	ND	
IPC	ND	

Optimum	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
0,050	0,200			■	
0,170	0,240				■
0,140	0,190				■
2,057	2,351			■	
0,001	0,100		■		
1,20					

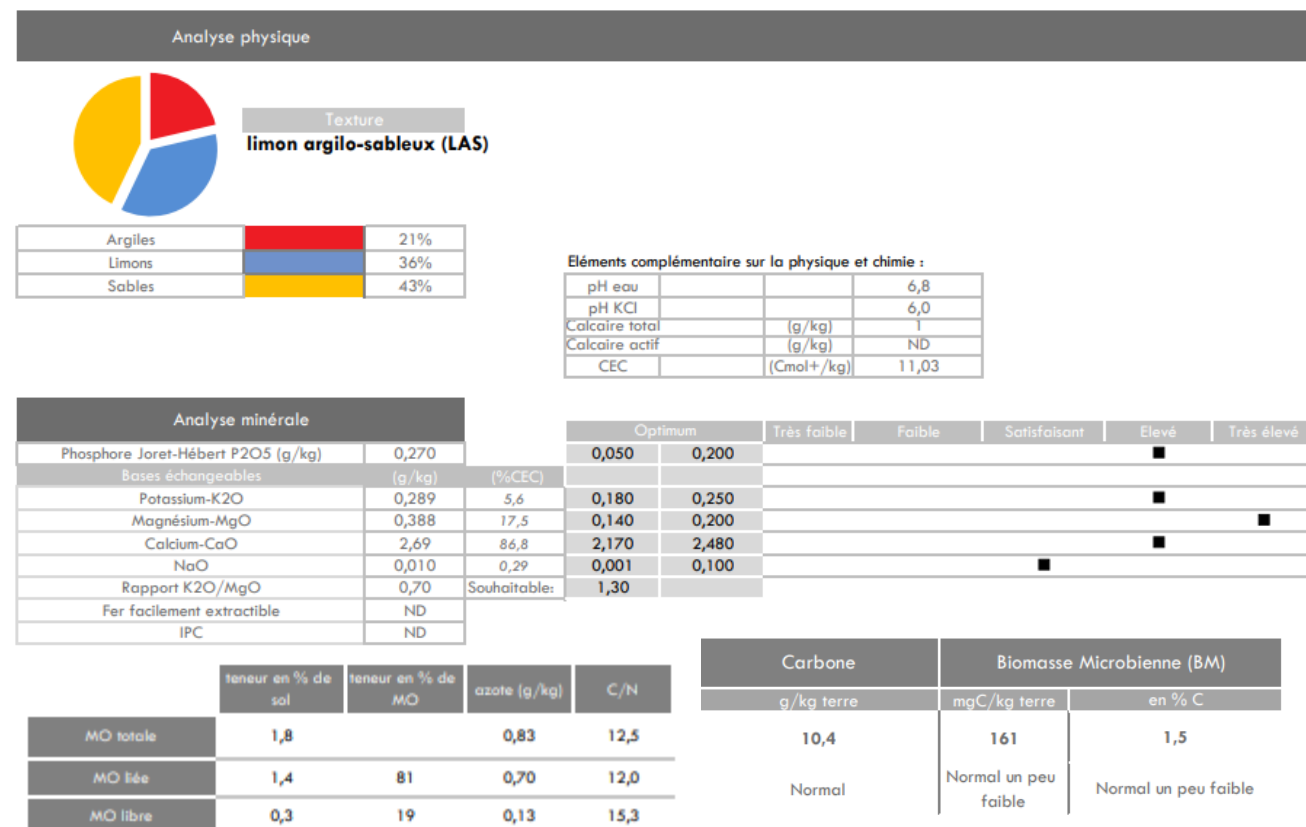
	teneur en % de sol	teneur en % de MO	azote (g/kg)	C/N
MO totale	1,9		0,94	11,6
MO liée	1,5	81	0,79	11,2
MO libre	0,3	19	0,15	13,9

Carbone	Biomasse Microbienne (BM)	
g/kg terre	mgC/kg terre	en % C
10,9	171	1,6
Normal	Normal un peu faible	Normal un peu faible

Annexe 3 : Analyse de sol 2023 de la parcelle de E. P-Rorschwihhr



Annexe 4 : Analyse de sol 2023 de la parcelle de F. G-Ribeauvillé



Annexe 5 : Avantages, inconvénients et coût moyen des espèces composant le mélange d'engrais verts

Famille	Espèce	Avantages	Inconvénients	Coût moyen (en €/ha)	Sources
Poacées	Triticale (<i>Triticosecale</i>)	Système racinaire : structuration du sol Facilité d'implantation Bonne plante tutrice pour les légumineuses Résiste au gel	Développement lent : pas d'effet sur la gestion des adventices	70	(Chambre d'Agriculture Gironde, 2019)
Brassicacées	Radis fourrager (<i>Raphanus sativus</i>)	Piège à nitrate Racines pivots : décompactage et structuration du sol Rend disponible les stocks de P et K pour la vigne Effet allélopathique : action nématocide et gestion des adventices	Sensible au gel	70	(Chambre d'Agriculture Gironde, 2019) (Chambre d'Agriculture Alsace, 2020)
	Moutarde blanche (<i>Sinapis alba</i>)	Piège à nitrate Racines pivots : structuration du sol Rend disponible les stocks de P et K pour la vigne Développement rapide : bonne gestion des adventices	Sensible au stress hydrique et à la chaleur Développement rapide : concurrence avec les autres espèces en mélange	10 à 25	(IFV Occitanie, 2019) (Chambre d'Agriculture Alsace, 2020)
Fabacées	Féverole (<i>Vicia faba</i>)	Forte fixation N atmosphérique Racines pivots : structuration du sol Exsudats racinaires stimulent l'activité microbologique des sols Apport de MO fraîche	Développement lent : pas d'effet sur la gestion des adventices Grosses graines pouvant boucher les semoirs Semis précoces sensibles aux maladies	130 à 180	(IFV Occitanie, 2019) (Chambre d'Agriculture Alsace, 2020)
	Vesce commune (<i>Vicia sativa</i>)	Exsudats racinaires : stimule activité microbologique Bonne fixatrice d'N Système racinaire structure le sol en surface Développement rapide : bonne gestion des adventices	Nécessite une plante tutrice Exigeante en eau	55 à 85	(IFV Occitanie, 2019) (Chambre d'Agriculture Alsace, 2020)
	Pois fourrager (<i>Pisum sativum</i> L.)	Système racinaire profond et pivotant : décompactage et structuration du sol Bonne couverture Résiste au gel Apport de MO fraîche	Nécessite une plante tutrice Sensible à la sécheresse	100	(IFV Occitanie, 2019) (Chambre d'Agriculture Gironde, 2019)
	Trèfle incarnat (<i>Trifolium incarnatum</i>)	Fixation d'N atmosphérique Système racinaire : bonne structuration du sol Biomasse importante : augmente la fertilité du sol	Implantation pouvant être difficile et lente Apport d'N moins important que d'autres fabacées	40 à 55	(IFV Occitanie, 2019) (Chambre d'Agriculture Alsace, 2020)
	Trèfle squarrosom (<i>Trifolium squarrosom</i>)	Racines pivotantes : structuration du sol Fixation de l'N atmosphérique : augmente la fertilité des sols Biomasse importante		70 à 100	https://www.se-mence-biologique.fr/

Annexe 6 : Avantages, inconvénients et coût moyen des espèces utilisées pour le couvert peu concurrentiel

Famille	Espèce	Avantages	Inconvénients	Coût moyen (en €/ha)	Sources
Poacées	Fétuque des prés (<i>Festuca pratensis</i>)	Système racinaire profond : décompactage et structuration du sol Bonne tolérance aux excès d'eau et au froid	Sensible à la sécheresse Implantation lente	70 à 90	(Ducarf, 2005) https://www.semence-biologique.fr/
	Ray grass anglais (<i>Lolium perenne</i>)	Réseau racinaire structurant le sol Lutte contre les adventices (ambrosie) Implantation facile dans tous types de sols Bonne tolérance aux excès d'eau Couverture du sol importante	Peu résistant aux fortes chaleurs Besoin en eau important	30 à 40	(Ducarf, 2005) https://www.semence-biologique.fr/
	Dactyle aggloméré (<i>Dactylis glomerata</i>)	Bonne tolérance à la sécheresse, la chaleur et le froid Système racinaire puissant et profond : structuration du sol	Sensible à l'hydromorphie Implantation longue Non adapté aux sols lourds	50 à 60	(Ducarf, 2005) https://www.semence-biologique.fr/
	Fléole des prés (<i>Phleum pratense</i>)	Résiste au froid et aux excès d'eau Adaptée aux sols acides	Implantation difficile	80	https://www.semence-biologique.fr/
Fabacées	Trèfle violet (<i>Trifolium pratense</i>)	Adapté à tous types de sols Résiste au froid Système racinaire très ramifié : structuration du sol Produit une biomasse importante Lutte contre les adventices Fixation d'N atmosphérique important	Sensible à la sécheresse Sensible à la concurrence sous couvert	30 à 60	(Thomas et Archambeaud, 2016) (Cadillon, 2013)
	Trèfle hybride (<i>Trifolium hybridum</i>)	Résistant au gel Adapté aux sols compactés, humides et asphyxiants	Production plus faible qu'un trèfle violet Sensible à la chaleur et à la sécheresse	70	https://afpf-asso.fr/ https://www.semence-biologique.fr/
	Sainfoin (<i>Hedysarum</i>)	Bon recouvrement du sol et pousse rapide Résiste à la sécheresse Fixation d'N atmosphérique important	Pouvoir concurrentiel moyen sur adventices en début de cycle Vivace Sensible aux excès d'eau Peu de production de semence bio en France	60 à 90	(Cadillon, 2013)
	Minette (<i>Medicago lupulina</i>)	Résiste à la sécheresse et au gel Racines pivotantes : structuration du sol Fixation d'N atmosphérique important	Implantation lente Sensible aux excès d'eau	60 à 90	(Cadillon, 2013)

Annexe 7 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur le poids des grappes par pied

Analyse poids par pied		E. P-Rorschwihr			F. G-Ribeauvillé			B. B-Saint-Hippolyte		
Modalités		Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
Moyenne		4,88	4,58	4,24	4,06	4,34	2,52	2,42	4,01	3,23
Test de normalité (Shapiro)		0,145			0,701			0,946		
Homogénéité des variances (Bartlett)		0,537			0,949			0,996		
ANOVA à 1 facteur		0,786			0,025 < 0,05			0,009 < 0,05		
Test comparaison 2 à 2 (Tuckey)		X			a	a	b	a	b	ab
Commentaire		Il n'y a pas de différences significatives			Il y a des différences significatives			Il y a des différences significatives		

Annexe 8 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur le nombre de grappes par pied

Analyse nombre de grappe par pied		E. P-Rorschwihr			F. G-Ribeauvillé			B. B-Saint-Hippolyte		
Modalités		Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
Moyenne		36,96	33,65	32,07	34,44	36,76	27,64	23,17	34,84	29,12
Test de normalité (Shapiro)		0,566			0,73			0,369		
Homogénéité des variances (Bartlett)		0,979			0,871			0,533		
ANOVA à 1 facteur		0,71			0,081			0,028 < 0,05		
Test comparaison 2 à 2 (Tuckey)		X			X			a	b	ab
Commentaire		Il n'y a pas de différences significatives			Il n'y a pas de différences significatives			Il y a des différences significatives		

Annexe 9 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur la pesée des bois de taille 2024

Analyse bois de taille		E. P-Rorschwihr			F. G-Ribeauvillé			B. B-Saint-Hippolyte			H. H-Saint-Hippolyte		
Modalités		Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
Moyenne		1,11	1	0,95	0,67	0,63	0,55	0,72	0,94	0,99	0,9	0,89	0,98
Test de normalité (Shapiro)		0,399			0,563			0,441			0,463		
Homogénéité des variances (Bartlett)		0,828			0,82			0,307			0,687		
ANOVA à 1 facteur		0,361			0,128			0,048 < 0,05			0,48		
Test comparaison 2 à 2 (Tuckey)		X			X			a	ab	b	X		
Commentaire		Pas de différences significatives			Pas de différences significatives			Il y a des différences significatives			Il y a des différences significatives		

Annexe 10 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur la pesée des bois de taille entre 2023 et 2024

	Parcelle E.P-Rorschwihr			Parcelle F.G-Ribeauvillé			Parcelle B.B-St-Hippolyte			Parcelle H.H-St-Hippolyte		
Modalités	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
Moyenne 2024	0,56	0,49	0,53	0,73	0,58	0,46	0,42	0,58	0,66	0,52	0,60	0,71
Moyenne 2025	1,11	1	0,95	0,67	0,63	0,55	0,72	0,94	0,99	0,9	0,89	0,98
Test de normalité (Shapiro) 2024	0,463	0,520	0,446	0,317	0,664	0,132	0,317	0,664	0,132	0,602	0,284	0,545
Test de normalité (Shapiro) 2025	0,065	0,736	0,407	0,0222 < 0,05	0,688	0,817	0,463	0,298	0,430	0,321	0,294	0,2821
Test t de Student	0,023 < 0,05	0,027 < 0,05	0,013 < 0,05		0,637	0,156	0,926	0,024 < 0,05	0,023 < 0,05	0,008 < 0,05	0,005 < 0,05	0,03 < 0,05
Test de Wilcoxon	X			0,5			X			X		
Commentaire	Il y a des différences significatives			Pas de différences significatives			Il y a des différences significatives			Il y a des différences significatives		

Annexe 11 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur la matière sèche aérienne et l'azote piégé total

p-value au seuil de 5%		Matière sèche aérienne (en t/ha)			Azote piégé total (en kg/ha)		
	Modalités	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
	Moyenne	0,85	0,75	1,13	27,5	23,75	35
	Test de normalité (Shapiro)	0,021 < 0,05			0,005 < 0,05		
	Test de Kruskal-Wallis	0,424			0,303		
	Commentaire	Il n'y a pas de différences significatives			Il n'y a pas de différences significatives		

Annexe 12 : Récapitulatif des résultats des tests statistiques effectués sur les éléments restitués au sol (azote, phosphore, potasse)

p-value au seuil de 5%		Azote			Phosphore			Potasse		
	Modalités	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché
	Moyenne	14,75	13	19,5	6,25	5	6,25	23,75	20	32,5
	Test de normalité (Shapiro)	0,011 < 0,05			9,81e-06 < 0,05			0,021 < 0,05		
	Test de Kruskal-Wallis	0,432			0,576			0,106		
	Commentaire	Il n'y a pas de différences significatives			Il n'y a pas de différences significatives			Il n'y a pas de différences significatives		

Annexe 13 : Récapitulatif des valeurs de sonde à 50 cm (à gauche) et 75 cm (à droite) pour la parcelle de B. B- Saint-Hippolyte

Date	Stade	Pluviométrie (en mm)	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin
16/04/2025	2-3 FE	6,6	3	#N/A	0	4	18	4	3	#N/A
24/04/2025	2-3 FE	13,4	7	#N/A	0	4	1	4	4	#N/A
30/04/2025	3-4 FE	12,2	13	1	0	12	1	4	3	0
07/05/2025	6-7 FE	5,2	23	18	0	12	1	4	3	0
14/05/2025	8-10 FE	3,2	29	45	14	38	1	25	30	1
21/05/2025	10 FE	0	33	69	21	45	11	62	56	5
28/05/2025	BFS	5,8	38	92	26	61	19	98	90	15
04/06/2025	mi F	40	38	50	1	62	24	116	98	19
11/06/2025	fin F - nouaison	17,6	43	50	15	67	28	118	100	22
18/06/2025	GDP	37,4	2	43	0	52	1	121	110	21
26/06/2025	PP - pré fermeture	0,2	63	48	31	86	43	150	140	33
02/07/2025	fermeture	6,9	96	75	50	132	65	169	71	43
09/07/2025	fermeture	15,2	162	111	74	167	136	199	166	59
16/07/2025	fermeture	7,9	194	125	105	180	163	199	199	76
23/07/2025	fermeture	9	199	140	132	192	182	199	199	92
30/07/2025	Véraison	30	94	129	21	92	185	199	101	67
06/08/2025	Mi véraison	28,4	156	81	19	147	187	199	109	101

Annexe 14 : Récapitulatif des valeurs de sonde à 50 cm (à gauche) et 75 cm (à droite) pour la parcelle de H. H- Saint-Hippolyte

Date	Stade	Pluviométrie (en mm)	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin
16/04/2025	2-3 FE	6,6	31	2	0	23	3	13	3	2
24/04/2025	2-3 FE	13,4	35	25	16	30	4	15	2	2
30/04/2025	5 FE	12,2	55	68	26	70	3	13	2	11
07/05/2025	7-8 FE	5,2	75	115	59	107	3	14	1	36
14/05/2025	8-10 FE	3,2	91	138	90	169	11	36	14	80
21/05/2025	10 FE	0	75	179	160	199	17	50	18	155
28/05/2025	BFS	5,8	72	199	199	187	18	34	22	199
04/06/2025	F	40	28	199	37	83	11	28	17	75
11/06/2025	nouaison	17,6	80	199	80	109	12	27	27	62
18/06/2025	GPD	37,4	20	45	27	55	11	55	13	4
26/06/2025	PP - pré fermeture	0,2	77	105	63	50	19	52	44	36
02/07/2025	fermeture	6,9	92	126	97	73	19	65	72	60
09/07/2025	fermeture	15,2	71	195	184	111	19	171	119	83
16/07/2025	fermeture	7,9	186	199	199	155	20	199	184	158
23/07/2025	fermeture	9	196	199	199	185	14	199	199	199
30/07/2025	Véraison	30	25	74	27	85	13	199	40	19
06/08/2025	Mi véraison	28,4	28	67	27	53	12	195	73	22

Annexe 15 : Récapitulatif des valeurs de sonde à 50 cm (à gauche) et 75 cm (à droite) pour la parcelle de E. P-Rorschwihr

Date	Stade	Pluviométrie (en mm)	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin	Broyé/enfoui	Roulé	Fauché	Témoin
16/04/2025	2-3 FE	6,6	27	58	12	32	3	13	31	12
24/04/2025	2-3 FE	13,4	30	71	17	40	2	16	33	21
30/04/2025	5 FE	12,2	31	78	21	49	8	17	33	30
07/05/2025	7-8 FE	5,2	40	41	44	72	13	19	31	41
14/05/2025	8-10 FE	3,2	52	43	12	84	17	21	35	33
21/05/2025	10 FE	0	58	142	88	88	17	23	44	35
28/05/2025	BFS-début F	5,8	68	101	110	101	26	27	58	43
04/06/2025	mi F	40	67	19	20	107	18	23	44	26
11/06/2025	nouaison	17,6	67	11	95	92	47	19	90	25
18/06/2025	GDP	37,4	61	11	25	12	14	23	81	0
26/06/2025	PP - pré fermeture	0,2	60	10	94	27	38	47	93	17
02/07/2025	fermeture	6,9	60	4	91	42	31	65	92	22
09/07/2025	fermeture	15,2	74	0	115	63	18	77	117	35
16/07/2025	fermeture	7,9	55	0	133	96	56	100	120	36
23/07/2025	fermeture	9	83	0	152	102	70	130	117	63
30/07/2025	Véraison	30	117	0	101	76	24	137	62	69
06/08/2025	Mi véraison	28,4	111	4	113	58	40	148	71	70

Annexe 16 : Récapitulatif des valeurs de sonde à 50 cm (à gauche) et 75 cm (à droite) pour la parcelle de F. G-Ribeauvillé

Date	Stade	Pluviométrie (en mm)	Broyé/enfoui	Fauché	Roulé	Témoin	Broyé/enfoui	Fauché	Roulé	Témoin
16/04/2025	2-3 FE	7,6	2	4	108	51	1	4	12	3
24/04/2025	2-3 FE	14,4	4	18	165	71	1	6	29	14
30/04/2025	5 FE	9,8	28	35	192	87	1	61	64	34
07/05/2025	7-8 FE	4,2	57	78	199	117	0	147	124	68
14/05/2025	8-10 FE	3,2	80	94	199	191	32	121	161	86
21/05/2025	10 FE	0	100	137	199	199	58	156	199	106
28/05/2025	BFS	4,6	121	157	199	199	108	164	199	179
04/06/2025	mi F	46,2	111	143	199	199	97	89	199	122
11/06/2025	nouaison	11,6	114	141	199	199	82	60	199	144
18/06/2025	GDP	31	113	74	34	199	24	91	161	54
26/06/2025	PP - pré fermeture	0,2	113	130	72	184	55	178	75	93
02/07/2025	fermeture	0	114	153	144	199	87	104	82	105
09/07/2025	fermeture	9,6	167	165	117	199	123	47	106	147
16/07/2025	fermeture	2,8	95	178	30	199	153	37	154	168
23/07/2025	fermeture	12,4	185	178	45	199	180	27	199	178
30/07/2025	Véraison	42,8	199	183	52	199	198	128	199	159
06/08/2025	Mi véraison	41,2	194	82	63	199	48	141	57	67

Résumé

Adaptation de l'itinéraire technique face au changement climatique en viticulture biologique alsacienne

Le changement climatique se traduit par une intensification des épisodes de fortes chaleurs, associée à des régimes de précipitations devenus plus irréguliers et imprévisibles, exposant la vigne à des stress hydriques et à des phénomènes d'érosion des sols. En viticulture biologique, la concurrence hydro-azotée liée aux adventices accentue ces contraintes. Pour y répondre, l'utilisation de couverts végétaux, tels que les engrais verts, constitue une piste d'adaptation intéressante. Dans le cadre du projet AlsAdapt, une expérimentation a été menée sur quatre parcelles du Haut-Rhin afin d'évaluer différents modes de destruction des engrais verts (roulage, fauchage, broyage/enfouissement) et leurs effets sur la disponibilité en eau, la vigueur de la vigne et la restitution d'éléments minéraux au sol.

Les résultats obtenus suggèrent que le broyage puis l'enfouissement des engrais verts pourrait constituer un itinéraire technique pertinent. L'apport de minéraux par les engrais pour le millésime 2025 n'a pas permis de couvrir les besoins annuels de la vigne, mais une augmentation de la vigueur a été observée depuis le début des expérimentations. Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant la date de destruction, ce qui montre que ce paramètre doit être piloté indépendamment chaque année et reste fortement dépendant des conditions climatiques du millésime. La poursuite de l'essai, notamment à travers l'analyse des vins issus des microvinifications, permettra de confirmer ces premières tendances.

Mots clés : Alsace, engrais verts, stress hydrique, destruction, gestion des sols

Resume

Adapting technical practices to climate change in Alsatian organic viticulture

Climate change is leading to more frequent heatwaves, combined with increasingly irregular and unpredictable precipitation patterns, exposing vineyards to water stress and soil erosion. In organic viticulture, hydro-nitrogen competition from weeds further exacerbates these constraints. To address this, the use of cover crops, such as green manures, represents a promising adaptation strategy. As part of the AlsAdapt project, an experiment was carried out on four plots in the Haut-Rhin to assess different methods of green manure destruction (rolling, mowing, mulching/incorporation) and their effects on soil water availability, vine vigor, and the return of mineral elements to the soil.

The results suggest that mulching followed by incorporation of green manures could represent a relevant technical approach. Although the mineral inputs from cover crops in the 2025 vintage did not fully meet the annual nutrient requirements of the vine, an increase in vigor has been observed since the start of the trials. No significant differences were found regarding the destruction date, indicating that this parameter must be adjusted each year and is highly dependent on the climatic conditions of the vintage. The continuation of the experiment, particularly through the analysis of wines from micro-vinifications, will help confirm these initial trends.

Key words: Alsace, green manures, water stress, destruction, soil management