Comportement agronomique de parcelles viticoles dans un système de culture agroforestier

Thierry Dufourcq[1,2], Marc Vergnes[3], Frédéric Lopez[1], Flora Dias[2], Laure Gontier[2]

[1] Institut Français de la Vigne et du Vin - Pôle Sud-Ouest, Château de Mons, 32100 CAUSSENS
[2] Institut Français de la Vigne et du Vin - Pôle Sud-Ouest, V'Innopôle, 81310 LISLE SUR TARN
[2] Institut Français de la Vigne et du Vin - Pôle Nouvelle Aquitaine, 39 rue Michel Montaigne, 33290 BLANQUEFORT

mail: thierry.dufourcq@vignevin.com

Introduction

L'ojectif de ce travail a été de caractériser le comportement de la vigne en lien avec la présence d'arbres ou haies intra parcellaires et d'évaluer sa performance agronomique à traver des mesures intégratives sur différents organes (bois, feuilles, fruits). Les travaux menés sur 3 millésimes, entre 2015 et 2017 ont permis de tester des méthodes et des outils de mesures de la variabilité agronomique intra parcellaire. Sur les parcelles fonctionnelles (Lagardère, Lapouyade et Liandech), un état initial de la parcelle a été réalisé avec des mesures de sols, résistivité électrique, analyses physico-chimique et diagnostic de la conduite du vignoble. Ensuite, au cours des différents millésimes, des mesures ont été menés pour caractériser le comportement de la vigne dans le système de culture. Les points importants retenus sont ceux pour produire un raisin de qualité : alimentation hydrique et azotée de la plante, rendement à la récolte et analyses de la composition des baies. La distance à l'arbre est le facteur qui a été le plus souvent utilisé pour analyser la variabilité du système. Différentes méthodes d'acquisition de données ont été mises en œuvre. Tout d'abord, des mesures échantillonnées sur placettes de 5 pieds positionnées sur l'ensemble de la parcelle à une distance variable par rapport à l'arbre ou la haie. Egalement, nous avons utilisé des mesures à distance proche à l'aide de capteurs montés sur quad. Les capteurs utilisés sont le système ARP pour mesurer la résistivité électrique du sol, le GreenSeeker® pour mesurer l'indice NDVI (normalysed difference vegetative index) sur la plante et le Physiocap® pour estimer la quantité de bois produite par la plante. Sur des nouvelles plantations en agroforesterie viticole (Lagraulet, Eauze et Le Montat), il a été réalisé une caractérisation de l'état initial de la parcelle qui pourra servir pour un suivi à long terme.

Protocole expérimental

1. Parcelle fonctionnelle Lagardère

La parcelle de Lagardère, située dans le Gers, est constituée d'une vigne de Sauvignon Gris, plantée en 2008 dans laquelle ont été co-plantées 3 lignes d'arbres (cormier, alisier et poirier). Cette zone correspond à une zone d'étude agronomique principale (zone verte figure 1) de la parcelle. Des placettes de 5 pieds ont été suivis (points bleus figure 1) sur l'ensemble de la zone et suivant 4 transects qui permettent d'observer les effets sur la plante en lien avec la distance à l'arbre. Les zones blanches et oranges (figure 1) correspondent à des plantations plus anciennes de Sauvignon gris respectivement 2006 et 1999.

Tableau 1 : Synthèse des différentes caractéristiques des parcelles d'études.

Communes	Lagardère (32)	Lapouyade (33)	Liandech (46)	Lagraulet (32)	Eauze (32)	Le Montat (46)
Surface (ha)	2	3,5	20	5	2	1,5
Orientation	E-O	N-S	N-S	N-S	E-O	E-O
Formes arborées étudiées	Arbres intra-parcellaires	Arbres intra-parcellaires	Haies intra-parcellaires	Arbres et haies intra-parcellaires	Arbres intra-parcellaires	Arbres intra-parcellaires (truffière)
Année plantation vignes	2009	2001	2009	2015	2015	2015
Année plantantion arbres	2009	2010	2009	2015	2015	2015
Distance arbre-vigne (m)	3,5	Dans le rang	2,6	3	5	3
Cépages	Sauvignon G	Merlot N	Malbec N	Colombard	Ugni Blanc	Malbec
Système de culture	Conventionnel	Biologique	Conventionnel	Biologique	Biologique	Conventionnel
Motivations/ Arbres	Paysage esthétique	Agroécologie e-marketing	Biodiversité	Bois-biodiversité	Agronomie	Trufficuture e-pédagogie

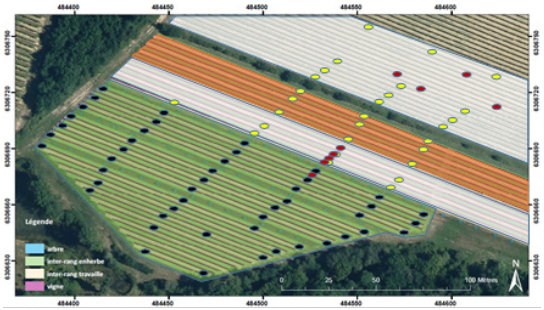


Figure 1: Représentation cartographique des zones d'études; en vert, zone d'étude principale pour l'agronomie; points bleus = zone d'échantillonnage de 5 souches (48 points de contrôle); parcelle Lagardère (32).

Le travail d'acquisition et de cartographie de la résistivité électrique du sol a été réalisé en prestation de service avec la société Geocarta . La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

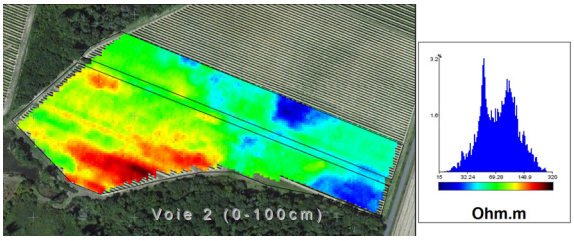


Figure 2: Représentation cartographique de la résistivité électriqu du sol à 1 m de profondeur sur la parcelle Lagardère (32).

La zone d'étude principale est située entre les 3 lignes lignes d'arbres. On observe 2 zones de résistivité distincte. Au sud-est, la résistivité est plus élevée (> à 150 Ohm.m). Des prélèvements de sols sur les horizons 0-30cm et 30-60cm ont été réalisés sur les 2 zones de résistivités : > à 150 Ohm.m /rouge et ≈ 70 Ohm.m /vert.

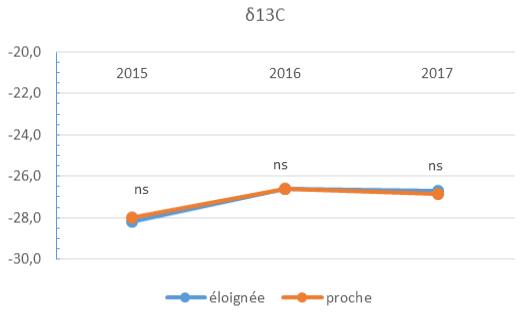
Tableau 2 : analyse physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; > à 150 Ohm.m/rouge et ≈ 70 Ohm.m/vert ; parcelle Lagardère (32).

Zone résistivité	Verte		Rouge	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	27	30	26	28
Sables (%)	19	20	20	20
Limons (%)	53	50	53	51
Calcaire (%)	0	0	0	0
Matière Organique (%)	1,9	1,2	1,8	1,2
pH eau	5,2	5,1	4,7	5,3
Eléments (mg/kg)				
Azote total	870	630	780	560
Phosphore (P_2O_5)	26	15	90	38
Potasse (K_2O)	88	68	91	59
Magnésie (MgO)	207	260	83	98
Calcium (CaO)	675	621	286	613
Fer	409	261	559	435
K/Mg (meq/meq)	0,18	0,11	0,46	0,25
K/CEC (meq/meq)	2,3%	1,8%	2,8%	2,0%

La parcelle de Lagardère est située sur un sol limono-argileux très acide avec une forte réserve en eau potentielle si l'enracinement de la vigne est suffisant. Sur la zone d'étude agronomique, les prélèvements de terre ne permettent pas d'expliquer clairement les différences de résistivité que ce soit pas la granulométrie où les analyses. D'après les analyses, le sol est déficitaire en potassium (K2O<50mg/kg et K/Mg < 0.2) au moment de l'échantillonnage.

La mesure du δ ^{13}C (rapport isotopique 12C et 13C) sur les sucres des raisins à récolte renseigne de l'état de contrainte hydrique subit par la plante entre véraison et récolte. L'analyse de variance est réalisée avec les données issues des placettes proches des lignes d'arbres (rang n adjacent) et des placettes éloignées (rang n+2).

Figure 3 : état hydrique des vignes en fonction de leur distance à la ligne d'arbre; parcelle Lagardère; millésime 2015-2017; ns=non significatif.



Pas de différences significatives au cours des 3 années (figure 3). Les niveaux de contraintes sont faibles (<-26), malgré un été 2016 très sec. Le sol est profond et possède une réserve utile suffisante bien explorée par la vigne. Les arbres n'ont pas eu d'impact sur le régime hydrique de la vigne.

Plusieurs mesures permettent de caractériser l'état azoté de la vigne. Nous avons utilisé la mesure NDVI (2016), la mesure de la quantité de bois de taille avec le capteur Physiocap (2016) en proxy-détection à l'aide d'un quad. Nous avons également réalisé des mesures sur les placettes de 5 souches disposées à différentes distances des arbres à l'aide du capteur piéton Dualex®

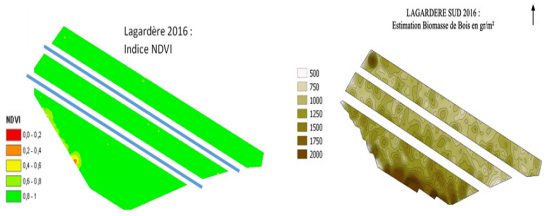


Figure 4 : répartition des indices NDVI et biomasse de bois sur une parcelle viticole agroforestière; millésime 2016; Lagardère (32).

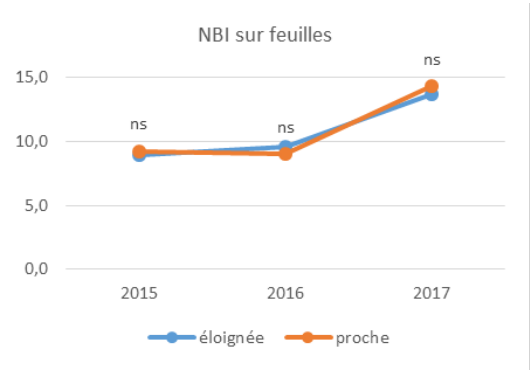


Figure 5 : état azoté du feuillage en fonction de leur distance à la ligne d'arbre ; parcelle Lagardère; millésime 2015-2017; ns = non significatif.

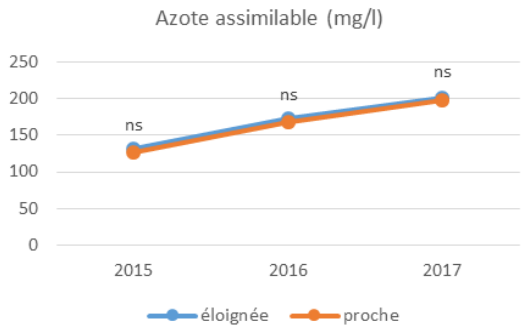
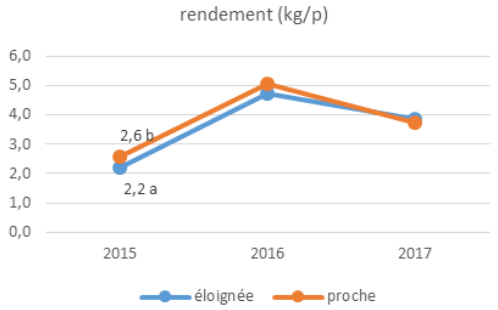


Figure 6 : état azoté des raisins en fonction de la distance des vignes à la ligne d'arbre; parcelle Lagardère; millésime 2015-2017; ns = non significatif.

L'état azoté des vignes sur la parcelle est homogène. Que ce soit avec les observations en proxy-détection ou par échantillonnage, pas de différences significatives ne sont mises en évidence au cours des 3 années d'études. Les arbres n'ont pas d'impact sur les rangs de proximité. Le rendement est significativement différent lors de la première année d'étude (figure 7). Cette différence est en faveur des zones en bordure des lignes d'arbres. Pour les 2 années suivantes, aucunes différences significatives. Les différences de rendement sont faibles et n'ont pas impacté la maturité des raisins au cours des 3 années.



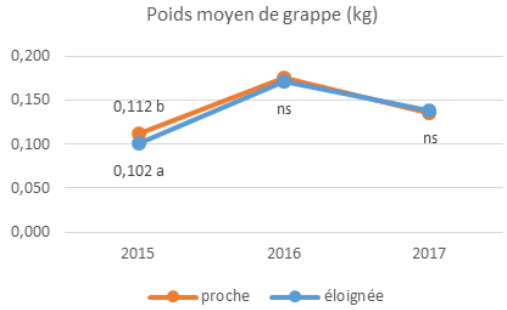


Figure 7: rendement et poids moyen de grappe en fonction de la distance des vignes à la ligne d'arbre; parcelle Lagardère; millésime 2015-2017; a-b = groupe homogène à 5%; ns = non significatif.

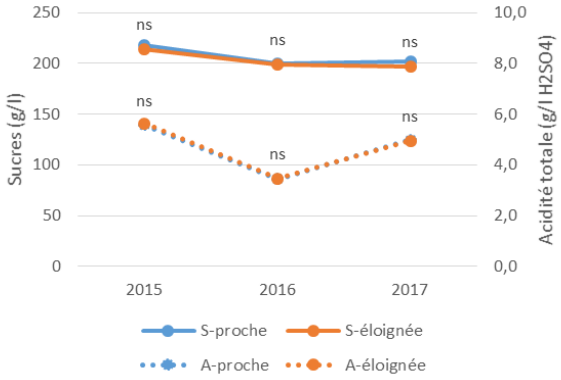


Figure 8 : maturité des raisins en fonction de la distance des vignes à la ligne d'arbre; parcelle Lagardère; millésime 2015-2017 ; S = sucres et A = acidité totale; ns = non significatif.

La parcelle agroforestière de Lagardère a été installée en 2008. Cette parcelle est située sur un sol profond. Elle est homogène et produit le rendement attendu dans le vignoble des Côtes de Gascogne. Après 9 années d'association arbres et vignes dans une configuration mécanisable (arbres distants de 3.5m des rangs de vignes), pas d'effets agronomiques de compétitions entre les 2 cultures n'ont été mis en évidence.

2. Parcelle fonctionnelle Lapouyade

La parcelle de Lapouyade , située en Gironde, est constituée d'une vigne de Merlot Noir, plantée en 2008 dans laquelle des arbres, principalement fruitiers, ont été implantées sur 2 rangs. La zone d'étude agronomique principale (figure 9) a été subdivisée pour permettre un échantillonnage suivant la distance à l'arbre. Des placettes de 5 pieds ont été suivis (25 points figure 9) sur l'ensemble de la zone. Aucune mesure n'a pu être réalisée sur raisins en 2017 suite aux gels du mois d'avril qui ont fortement impacté la parcelle.

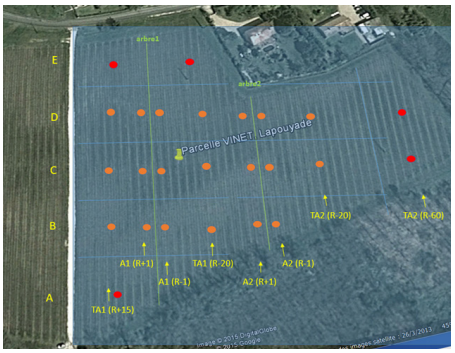
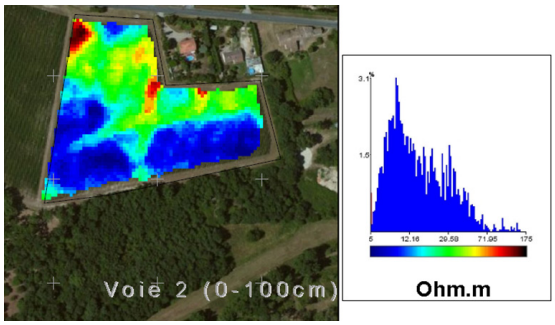


Figure 9 : représentation cartographique des zones d'études; en vert, zone d'étude principale pour l'agronomie; points = zone d'échantillonnage de 5 souches (25 points de contrôle); parcelle Lapouyade (33).

La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

Figure 10 : représentation cartographique de la résistivité électrique du sol à 1m de profondeur sur la parcelle Lapouyade (33).



On observe 2 principaux niveaux de résistivité sur la parcelle. Au sud, la résistivité est faible (<12 Ohm.m). Au nord la résistivité est plus importante, autour de 30 Ohm.m (vert) avec quelques lentilles à résistivité élevées (>70 Ohm.m), (figure 10). Des prélèvements de sols sur les horizons 0-30cm et 30-60cm ont été réalisés sur les 2 zones de principales résistivités : <12 Ohm.m /bleu et ≈ 30 Ohm.m /vert.

Tableau 3 : analyse physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; > à 150 Ohm.m/rouge et ≈ 70 Ohm.m/vert ; parcelle Lapouyade (33).*

Zone résistivité	Verte		Rouge	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	19,9	14,9	13,5	41,4
Sables (%)	53	64,1	63,7	30,3
Limons (%)	25,2	20,2	21,4	27,3
Calcaire (%)	0,2	0	0	0
Matière Organique (%)	1,6	0,8	1,4	1
pH eau	7,1	5,7	6,6	5,5
Eléments (mg/kg)				
Azote total	750	320	850	410
Phosphore (P_2O_5)	125	29	65	39
Potasse (K_2O)	188	111	101	287
Magnésie (MgO)	394	335	172	1072
Calcium (CaO)	2390	1473	1666	2024
Fer	430	231	361	431
K/Mg (meq/meq)	0,20	0,14	0,25	0,11
K/CEC (meq/meq)	3,5%	2,8%	2,7%	3,5%

La parcelle de Lapouyade est située sur un sol sableux avec un sous-sol plus ou moins argileux. Sur la zone d'étude agronomique, les prélèvements de terre permettent d'expliquer les différences de résistivité. C'est la présence d'argile (41%) dans le sous-sol (horizon 30-60 cm) qui différencie cette zone au sud (bleue) de la zone au nord (verte) (figure 10). D'après les analyses, le sol n'est pas déficitaire au moment de l'échantillonnage.

Tableau 4 : état hydrique des vignes en fonction de leur distance à la ligne d'arbre; parcelle Lapouyade ; millésime 2015 et 2016.

Distance/arbre	$\delta^{13}C$	
	2015	2016
Eloignée	-27,1	-26,0
Proche	-27,0	-25,9
Pr>F (distance/arbre)	0,570	0,595
Significatif	Non	Non

Pas de déficit hydrique sur cette parcelle, y compris en 2016, année où la pluviométrie estivale a été très faible. Aucune différence significative n'est observée sur les vignes en fonction de leur distance à l'arbre. Plusieurs mesures permettent de caractériser l'état azoté de la vigne. Nous avons utilisé la mesure NDVI (2015-2016), la mesure de la quantité de bois de taille avec le capteur Physiocap (2016) en proxy-détection à l'aide d'un quad. Nous avons également réalisé des mesures sur les placettes de 5 souches disposées à différentes distances des arbres à l'aide du capteur piéton Dualex®

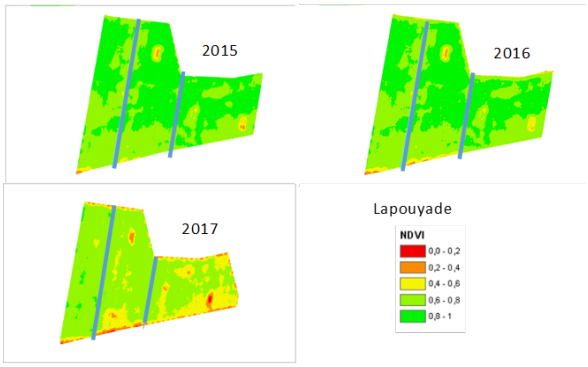


Figure 11 : répartition de l'indice NDVI sur une parcelle viticole agroforestière; millésime 2015-2017; Lapouyade (33).

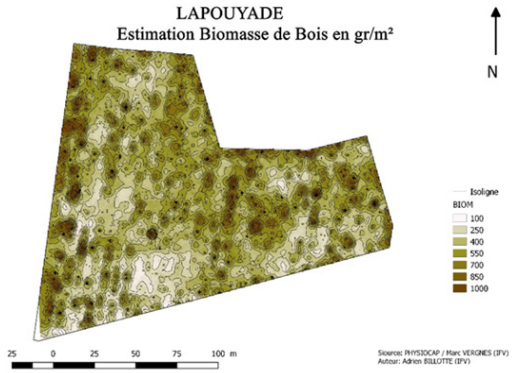


Figure 12 : répartition de l'indice de biomasse de bois sun une parcelle viticole agroforestière; millésime 2016; Lapouyade (33).

On retrouve, sur les 3 millésimes, les mêmes zones d'homogénéité relative du NDVI ou de la biomasse de bois. La zone sud, proche de la forêt sur un sous-sol argileux et peu drainant présente des indices de vigueur plus faibles avec plus ou moins d'intensité en fonction des années (figure 11 et 12). Les arbres n'ont pas d'impact sur les rangs de proximité.

Tableau 5 : état azoté du feuillage à fermeture de grappe (NBI = nitrogen balance index) en fonction de leur distance à la ligne d'arbre ; parcelle Lapouyade; millésime 2015-2016.

	NBI		Azote assimilable [mg/l]	
Distance/arbre	2015	2016	2015	2016
Eloignée	7,4	4,6	78	65
Proche	6,8	4,4	68	74
Pr>F (distance/arbre)	0,016	0,618	0,080	0,264
Significatif	Oui	Non	Non	Non

Le NBI (nitrogen balance index) est significativement plus faible en 2015 sur le feuillage situé proche des arbres en comparaison au feuillage plus éloigné. On observe également un impact en tendance (p value < 10%) sur les valeurs d'azote dans les raisins. On ne retrouve pas ces écarts en 2016 (tableau 4).

Tableau 6 : rendement et poids moyen de grappe en fonction de la distance des vignes à la ligne d'arbre; parcelle Lapouyade; millésime 2015-2016.*

	Poids récolte (kg/p)		Poids 1 grappe (kg)	
Distance/arbre	2015	2016	2015	2016
Eloignée	1,3	1,4	0,080	0,061
Proche	1,3	1,2	0,082	0,060
Pr>F (distance/arbre)	0,954	0,314	0,744	0,863
Significatif	Non	Non	Non	Non

Tableau 7: composition des raisins à la récolte en fonction de la distance des vignes à la ligne d'arbre; parcelle Lapouyade; millésime 2015-2016.

	2015				2016			
Distance/arbre	Eloignée	Proche	Pr>F	Significatif	Eloignée	Proche	Pr>F	Significatif
Sucres [g/l]	225	222	0,241	Non	232	230	0,325	Non
Acidité totale [g/l H2SO4]	3,0	2,9	0,085	Non	2,5	2,5	0,366	Non
S/AT	75	78	0,331	Non	95	92	0,272	Non
IPT	61	52	0,047	Oui	115	109	0,204	Non
Anthocyanes PL [mg/kg de baies]	1118	997	0,060	Non	1644	1583	0,269	Non

Sur les 2 années de mesures, le rendement n'est pas différent en fonction de la distance à l'arbre (tableau 6). On observe cependant une différence sur la teneur en polyphénols en 2015 qui ne se retrouve pas en 2016 (tableau 7).

La parcelle agroforestière de Lapouyade a été installée en 2008. Cette parcelle est située sur un sol sableux avec présence d'argile sur sa partie sud. Elle produit le rendement attendu dans le vignoble AOP Bordeaux. Après 9 années d'association arbres et vignes dans une configuration non mécanisable pour les rangs à proximité des arbres (arbres installés sur des rangs de vignes), pas d'effets agronomiques majeurs de compétitions entre les 2 cultures n'ont été mis en évidence.

3. Parcelle fonctionnelle Liandech

La parcelle de Liandech, située dans le Lot, est constituée d'une vigne de Malbec, plantée en 2009 dans laquelle a été co-plantée une haie arbustive d'essences diverses (groseilliers, muriers, figuiers, noisetiers…) La zone d'étude agronomique principale (figure 14) a été subdivisée pour permettre un échantillonnage suivant la distance à la haie. Des placettes de 5 pieds ont été suivis (35 points, figure 13) sur l'ensemble de la zone. Cette parcelle a été sélectionnée en 2016. Aucune mesure n'a pu être réalisée sur les raisins en raison de dégâts de mildiou en 2016, sans lien avec la présence de la haie, ni en 2017 suite aux gels du mois d'avril qui ont fortement impacté le rendement.

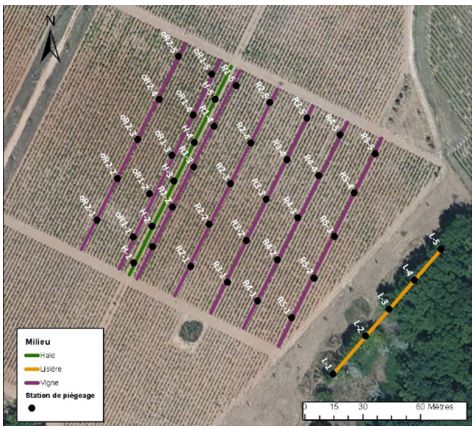


Figure 13 : représentation cartographique des zones d'études; points = zone d'échantillonnage de 5 souches (35 points de contrôle); parcelle Liandech (46).

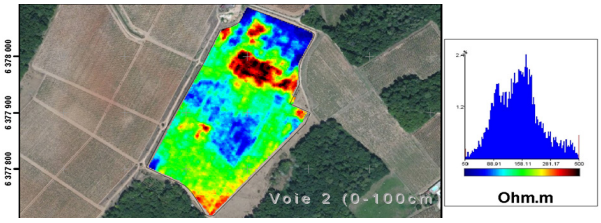
La mesure de la circonférence des troncs est utilisée comme indicateur du vécu hydrique et azoté des vignes. Les causes de variation peuvent être multifactorielles comme l'hétérogénéité du sol, des phénomènes de compétition, le matériel végétal. En 2016, les mesures de circonférences des troncs sur les différents points d'échantillonnage montrent une différence significative pour les points proches de la haie par rapport à ceux plus éloignés (tableau 7). Bien que significatif les écarts sont faibles en valeur absolue pour une vigne jeune (7 ans).

Tableau 8 : variation de la circonférence des troncs en fonction de la distance des vignes à la haie; millésime 2016; parcelle Liandech (46).

Distance/haie	Circonférence des troncs (cm)
Proche	10,7 b
Semi-proche	10,2 a
Eloignée	10,4 a
Pr>F (distance/arbre)	0,004
Significatif	Oui

La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction..

Figure 14 : représentation cartographique de la résistivité électrique du sol à 1m de profondeur sur la parcelle Liandech (46)..



On observe 3 principaux niveaux de résistivité sur la parcelle : une zone à résistivité faible (<88 Ohm.m), une zone à résistivité intermédiaire (≈ 160 Ohm.m), une zone à résistivité élevée (>280 Ohm.m). Des prélèvements de sols sur les horizons 0-30cm et 30-60cm ont été réalisés sur 2 zones : <88 Ohm.m /bleu et >280 Ohm.m /rouge.

Tableau 9 : analyse physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; >280 Ohm.m/rouge et <88 Ohm.m/bleue; parcelle Liandech (46)

Zone résistivité	Bleue		Rouge	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	19,6	29,2	22,9	35
Sables (%)	28,8	17,9	28	21,2
Limons (%)	50,4	26,2	48	43,4
Calcaire (%)	0	25,4	0	0
Matière Organique (%)	1,2	1,3	1,1	0,4
pH eau	6,2	8,4	6,3	5,4
Eléments (mg/kg)				
Azote total	740	870	740	380
Phosphore (P_2O_5)	41	43	28	15
Potasse (K_2O)	152	167	155	121
Magnésie (MgO)	109	136	147	230
Calcium (CaO)	951	8495	1117	1043
Fer	109	11	128	51
K/Mg (meq/meq)	0,59	0,52	0,44	0,22
K/CEC (meq/meq)	6,0%	2,9%	4,8%	3,3%

La parcelle de de Liandech (46) possède un sol limono-sableux avec un sous-sol argileux lui conférant une réserve en eau élevée. Les zones de résistivité sont différenciées par la présence ou non de calcaire dans le sous-sol. D'après les analyses, le sol n'est pas déficitaire au moment de l'échantillonnage. Plusieurs mesures permettent de caractériser l'état azoté de la vigne. Nous avons utilisé la mesure NDVI (2016-2017), la mesure de la quantité de bois de taille avec le capteur Physiocap (2016) en proxy-détection à l'aide d'un quad. Nous avons également réalisé des mesures en 2016 sur les placettes de 5 souches disposées à différentes distances de la haie à l'aide du capteur piéton Dualex®.

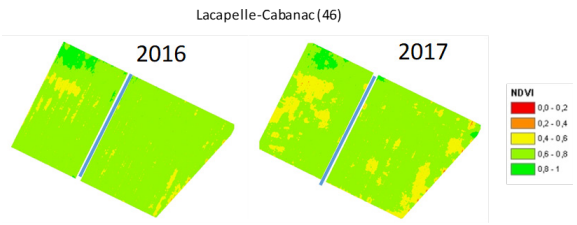
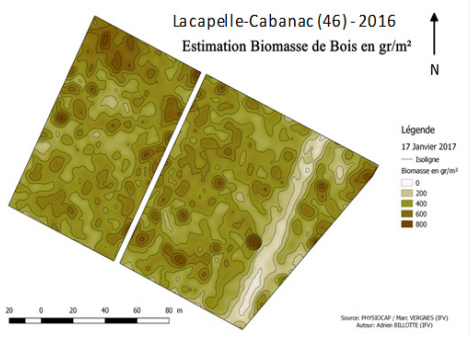


Figure 15 : répartition de l'indice NDVI sur une parcelle viticole agroforestière ; millésime 2016-2017 ; Liandech (46).

On retrouve 2 zones à NDVI plus faible à l'est et à l'ouest de la zone d'étude agronomique. Les écarts sont augmentés en 2017 par rapport à 2016 mais les zones demeurent les mêmes (figure 15). On retrouve sur la mesure de biomasse (figure 16), la zone de plus forte vigueur au nord-ouest de la carte. Pas de variation de ces indicateurs à proximité de la haie.

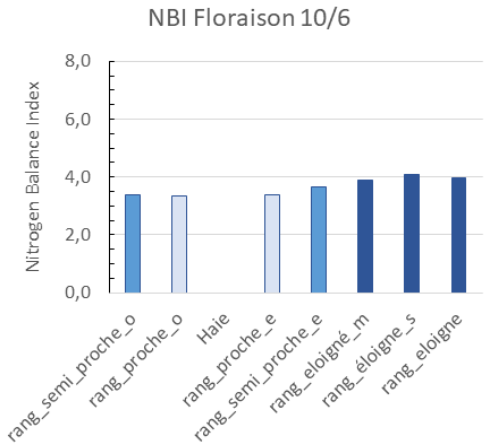
Figure 16 : répartition de l'indice de biomasse de bois sur une parcelle viticole agroforestière; millésime 2016; Liandech (46).



La mesure avec la pince Dualex nous montre une différence significative sur le NBI en 2016 à proximité de la haie au moment de la floraison du Malbec (10 juin). Cette mesure a été refaite un mois plus tard pour confirmer. Il n'y a pas de différence significative à fermeture de grappe. (tableau 10, figure 17).

Tableau 10 : état azoté du feuillage (NBI=nitrogen balance index) en fonction de leur distance à la haie; parcelle Liandech (46); millésime 2016.

Distance/haie	NBI Floraison 10/6	NBI Fermeture Grappe 13/7
Eloignée	4,0 b	4,2
Proche	3,4 a	4,2
Semi-proche	3,5 a	4,2
Pr>F (distance/haie)	0,001	0,947
Significatif	Oui	Non



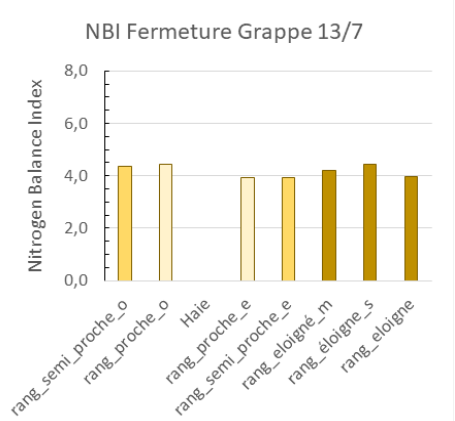


Figure 17 : état azoté du feuillage (NBI = nitrogen balance index) en fonction de leur distance à la haie, parcelle Liandech (46) ; millésime 2016.

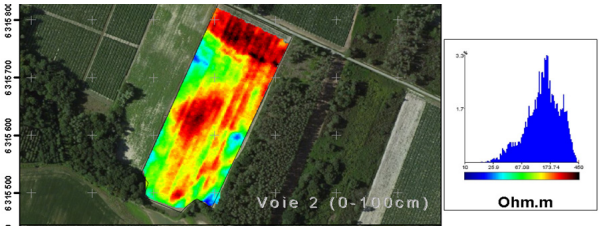
La parcelle agroforestière de Liandech a été installée en 2009. Cette parcelle est située sur un sol limono-sableux avec présence de calcaire sur cette zone du sous-sol. Cette parcelle a produit très peu de raisins en 2016, en raison d'une attaque sévère de mildiou (Plamopara viticola), et en 2017 en raisons de deux épisodes de gel en avril. Après 8 années d'association entre une haie arbustive et la vigne, pas d'effets agronomiques majeurs de compétitions sur la végétation n'ont été mis en évidence. La production de raisins et sa qualité n'ont pas pu être étudiées.

4. Nouvelle plantation Lagraulet (32)

La parcelle de Lagraulet (32) a été implantée en 2015. Elle est composée d'une vigne de Colombard dans laquelle a été co-plantée des lignes d'arbres avec ou sans haie intercalée.Le sol de cette parcelle a été caractérisé pour servir de base à des études futures.

La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

Figure 18 : répartition cartographique de la résistivité électrique du sol à 1m de profondeur sur la parcelle Lagraulet (32).



On observe 2 niveaux de résistivité sur la parcelle : une zone à résistivité faible (≈ 70 Ohm.m) et une zone à résistivité élevée (>170 Ohm.m). Des prélèvements de sols sur les horizons 0-30cm et 30-60cm ont été réalisés sur 3 zones : ≈ 70 Ohm.m /vert et >170 Ohm.m /rouge. Comme nous soupçonnons une différence de composition sur la zone nord et la zone centrale de la parcelle, nous avons réalisé 2 prélèvements dans les zones de résistivité élevées.

Tableau 11 : analyse physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; >170 Ohm.m/rouge et ≈ 70 Ohm.m/vert; parcelle Lagraulet (32).

La parcelle de Lagraulet (32) possède un sol sablo-limoneux. Le sous-sol distingue les 3 zones prélevées : sur la zone verte il y a un équilibre entre sable limon et argile, sur la zone rouge au nord de la parcelle le taux d'argile est faible et sur la zone rouge en milieu de parcelle le sous-sol est limoneux. D'après les analyses, au moment de l'échantillonnage, le sol est déficitaire en potasse (K2O<100mg/kg et K/CEC <4%).

La parcelle de Lagraulet (32) est parfaitement implantée. Elle est conduite en agriculture biologique. Elle est parfaitement apte à un suivi agronomique au cours des prochaines années. Il est important, pour les études futures, de prendre en compte l'hétérogénéité du sol pour bien interpréter le comportement de la vigne et les interactions avec les arbres co-plantés.

5. Nouvelle plantation Eauze (32)

La parcelle d'Eauze (32) a été implantée en 2015. Elle est composée d'une vigne d'Ugni blanc dans laquelle a été co-plantée des lignes d'arbres. Le sol de cette parcelle a été caractérisé pour servir de base à des études futures. La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

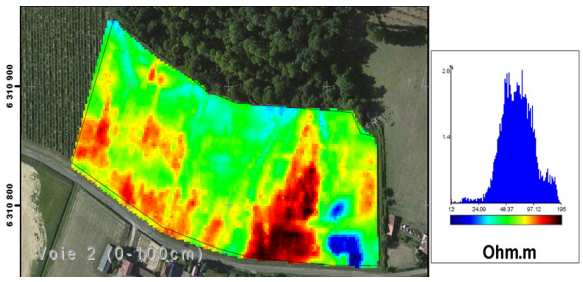


Figure 19 : répartition cartographique de la résistivité électrique du sol à 1m de profondeur sur la parcelle d'Eauze (32).

Zone résistivité	Vert		Rouge nord		Rouge milieu	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	14,8	21,3	12,8	13,8	18,9	23,3
Sables (%)	48,5	40,1	44,7	41,6	27,4	25,5
Limons (%)	35,1	37,6	40,4	43,5	52	50,5
Calcaire (%)	0	0	0	0	0	0
Matière Organique (%)	1,6	0,9	2,1	1,2	1,7	0,7
pH eau	6	5	6,7	5,5	5,3	5
Eléments (mg/kg)						
Azote total	770	480	930	520	850	380
Phosphore (P_2O_5)	33	15	99	58	41	15
Potasse (K_2O)	55	31	65	24	52	35
Magnésie (MgO)	126	126	90	55	97	123
Calcium (CaO)	632	485	1081	423	480	366
Fer	320	422	408	494	329	172
K/Mg (meq/meq)	0,18	0,10	0,30	0,18	0,23	0,12
K/CEC (meq/meq)	3,0%	1,2%	3,3%	1,8%	2,4%	1,6%

La zone de plantation du dispositif agroforestier Ugni blanc/arbres se situe sur la partie Est de la carte de résistivité et occupe la moitié de la surface (figure 19). Deux zones de résistivité se dégage, une de forte résistivité, >100 Ohm.m /rouge, et une de résistivité moyenne, ≈50 Ohm.m /vert. A noter une lentille de faible résistivité <20Ohm.m au sud-est de la parcelle. Nous avons réalisé des prélèvements de terre dans les 2 zones principales..

Tableau 12 : analyse physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; >100 Ohm.m/rouge et ≈ 50 Ohm.m/vert; parcelle Eauze (32)

Zone résistivité	Vert		Rouge	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	17	22,3	11	13,5
Sables (%)	44,9	38,8	54,3	50,6
Limons (%)	36,8	38,2	33,2	35,3
Calcaire (%)	0	0,1	0,1	0
Matière Organique (%)	1,4	0,6	1,4	0,6
pH eau	6,5	7,2	7,2	6,8
Eléments (mg/kg)				
Azote total	880	450	910	400
Phosphore (P_2O_5)	54	15	66	17
Potasse (K_2O)	104	67	108	53
Magnésie (MgO)	142	119	136	90
Calcium (CaO)	1252	1419	1430	818
Fer	206	76	245	91
K/Mg (meq/meq)	0,31	0,24	0,33	0,25
K/CEC (meq/meq)	3%	2%	5%	3%

La parcelle d'Eauze (32) possède un sol sablo-limoneux. Le sous-sol de la zone de résistivité élevée est dominé par une texture sableuse alors que sur la résistivité plus faible il est limoneux. D'après les analyses, au moment de l'échantillonnage, la teneur en potasse est un peu en limite notamment sur la zone de résistivité à 50 Ohm.m /vert, K/CEC<4%.

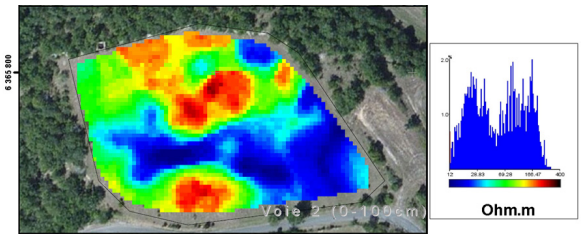
La parcelle d'Eauze est parfaitement implantée. Elle est conduite en agriculture biologique. Elle est parfaitement apte à un suivi agronomique au cours des prochaines années. Le système agroforestier est ici très extensif avec une distance vigne/arbre importante. Les objectifs de production de raisins sont pour élaborer des vins de distillation.
.

6. Nouvelle plantation Le Montat (46)

La parcelle du Montat (46) a été implantée en 2015 et 2016. Elle est composée d'une vigne de Malbec et Cabernet Sauvignon dans laquelle a été co-plantée des lignes de chênes truffiers. Le sol de cette parcelle a été caractérisé pour servir de base à des études futures.

La résistivité d'un sol représente sa capacité à limiter le passage d'un courant électrique. Elle s'exprime en ohm.m (Ω.m). Ce paramètre est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques et pérennes des sols tels que la teneur en argile, la teneur en eau, la texture, la structure, le taux d'éléments grossiers, la profondeur, le type de substrat géologique, la compaction.

Figure 20 : représentation cartographique de la résistivité électirque du sol à 1m de profondeur sur la parcelle du Montat (46).



La parcelle est ici hétérogène, avec trois zones assez égales en surface, qui se répartissent en une zone de faible résistivité, <30 Ohm.m/bleue , qui occupe une langue Est-Ouest de la parcelle dans le sens de la pente ; deux lentilles de résistivité élevée,>150 Ohm.m/rouge, au nord et au sud de la parcelle ; une zone intermédiaire, ≈70 Ohm.m/verte. Nous avons réalisé des prélèvements de terre dans les 2 zones principales, bleue et rouge.

Tableau 13 : analyses physico-chimiques des horizons 0-30 cm et 30-60 cm sur différentes zones de résistivité électrique du sol; >150 Ohm.m/rouge et < 30 Ohm.m/bleu; parcelle Le Montat (32)

Zone résistivité	Vert		Rouge	
horizon (cm)	0-30	30-60	0-30	30-60
Argile (%)	27,9	23,4	26,3	17,8
Sables (%)	22,5	14,9	19,2	15
Limons (%)	49,2	31	24,6	33
Calcaire (%)	0	30,2	28	33,8
Matière Organique (%)	0,4	0,5	1,9	0,4
pH eau	6,8	8,5	8,3	8,5
Eléments (mg/kg)				
Azote total	390	250	1200	250
Phosphore (P_2O_5)	17	29	40	29
Potasse (K_2O)	137	104	162	91
Magnésie (MgO)	144	109	125	107
Calcium (CaO)	1334	8057	8679	7963
Fer	74	7	12	5
K/Mg (meq/meq)	0,40	0,40	0,54	0,36
K/CEC (meq/meq)	4,4%	2,4%	2,4%	2,2%

La parcelle du Montat est sur un substrat argilo-calcaire. Une langue limono-sableuse la traverse d'est en ouest sur l'horizon superficiel avec présence d'une mouillère qui induit certainement la faible résistivité. Ce sol limono-argilo-sableux est très déficitaire en matière organique, en azote et en fer. Il peut potentiellement induire des carences pour la vigne.

Au moment de ce compte-rendu, la parcelle du Lycée du Montat n'est pas exploitable. Des échecs au moment de la plantation, que ce soient pour la vigne ou les arbres ont été enregistrés. Il semble, en l'état actuel, qu'il sera difficile de pouvoir mener à bien des projets d'observations ou d'expérimentations sur ce dispositif.

Conclusion

Les travaux d'observations du comportement agronomique des différentes parcelles de vigne cultivées en agroforesterie nous permettent de tirer quelques enseignements :

- Après 9 ans de co-plantation, on ne met pas en évidence de différences de comportements, que ce soit pour la production de biomasse ou la qualité des raisins, entre les vignes situées proches des arbres (rang adjacent) et les vignes situées au cœur de la parcelle et éloignés de plus de deux rangs de ceux-ci. Cette observation est valable pour les trois configurations de parcelles suivies pendant les trois années du projet.
- Ce type de suivi serait pertinent à être remis en œuvre, lorsque le système approchera les 20 ans de co-culture avec des arbres devenus adultes et dont le développement sera important.
- Trois nouvelles plantations ont été caractérisées. Deux sont parfaitement fonctionnelles et représentent des prototypes différents en lien avec la distance entre la ligne d'arbre et le premier rang de vignes. Un suivi agronomique léger pourrait être envisagé lorsque les vignes seront adultes (plantation + 7-8 ans) pour confirmer les comportements des parcelles de 7- 10 ans déjà observées.