



RAPPORT FINAL AGROFORESTRUIE

Fabien Liagre, Lola Broyer, Agroof.

Avril 2025



Partenaires



Financeurs



Partenaires du projet

Agrooif : Fabien Liagre (coordination), Lola Broyer, Ambroise Martin-Chave, Camille Béral, Daniele Ori, Numa Faucherre, Pierrick Gouhier, Daria Renault. Stagiaires : Mathieu Hantraye, Hélia Marguerat.

IFIP : Laurent Alibert

EHLG : Amélie Charroy, Thomas Tchiboukdjian, Etienne Jobard

Association Baron des Cévennes : Chloé Lefort, Caroline Barcelo et les éleveurs de l'association.

Association Kintoa : Capucine Picamoles, Henri Trihla, et les éleveurs de l'association.

Consortium du Porc Noir de Bigorre : Alexandre Fonseca, et les éleveurs du consortium.

FIBL France : Martin Trouillard.

Association L'écusson noir : Mickaël Delanotte, Nicolas Couderc et les éleveurs de l'association.

Jean Louis Crassat, directeur de l'exploitation du **lycée des Vasseix**

Jean Louis Kelemen, directeur de l'exploitation du **lycée de Mirande**.

Remerciements aux partenaires hors projet pour leur aide et contribution :

- Antoine Kremer (INRAE – UMR Biodiversité, Gènes et Communautés), Frédérique Santi (INRAE BioFora), Cathy Bouffartigue, doctorante INRAE Orléans
- David Olliveau (association Prom'haies)
- Xavier de Muyser (ONF)
- Francesco Sirtori (Université de Florence)
- Gerardo Moreno (Université de Plasencia)
- François Xavier de Montard (chercheur retraité)
- Claude Hoh (Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin)
- Jaime Coello (CTFC)
- Joan Montserrat (Balanotrees)
- Romain Biau et Adeline Masson (Myriapolis Alès)
- Sabine Rauzier (Centre National de Pomologie)
- Salomé Wouts (EPLEFPA Sartene)

Table des matières

1.	Introduction et contexte	10
1.1.	Bibliographie – Etat de l’art	10
1.1.1.	Contexte économique de la filière	10
1.1.2.	Alimentation des porcs et arbres fourragers	12
1.1.3.	Le parcours arboré	20
1.2.	Le projet Agrofores’trie	22
2.	Action 1 – Renforcer la place du chêne et du châtaignier	23
2.1.	Identification des zones traditionnelles de pâturage extensif	23
2.2.	Collecte des fruits sur les sites	25
3.	Action 2 - Analyse nutritionnelle des fruits	26
3.1.	Méthodologie	26
3.2.	Résultats	30
3.2.1.	Présentation de la base de données du projet	30
3.2.2.	Focus sur les glands des chênes	32
3.2.3.	Focus sur les châtaignes	33
3.2.4.	Le cas du févier	35
3.2.5.	Les valeurs d’attention particulière : Protéines, acides aminés et fibres	35
3.2.6.	La Matière Sèche	37
3.2.7.	Le phosphore	38
3.2.8.	Les valeurs énergétiques	39
3.3.	Discussion et perspectives	42
3.3.1.	Conclusion sur les analyses des valeurs nutritionnelles des 23 fruits étudiés ...	42
3.3.2.	La question de la saisonnalité	42
3.3.3.	L’intégration des fruits dans le calcul de ration	46
3.3.4.	Perspectives et limites	47
4.	Action 3 - Protection des arbres agroforestiers	49
4.1.	Etat des lieux	49
4.2.	Quelle stratégie de protection des arbres?	52
4.3.	Types de protection	58
4.3.1.	Les fils électriques	58
4.3.2.	Les protections de type grillage ursus	64
4.3.3.	Protection individuelle cactus	68
4.3.4.	Les clôtures bois	72
4.3.5.	Les clôtures acier	73
4.3.6.	Protection avec buse béton	74

4.3.7.	Protection avec pierres naturelles.....	75
4.3.8.	Synthèse comparative	77
4.4.	Mise en place des sites et expérimentations	79
4.4.1.	Mas du Sire, Quissac, Gard (30)	79
4.4.2.	Le projet du Comptoir de Saint Hilaire de Brethmas.....	88
4.4.3.	Le projet de la ferme du Figueirole de Fons-sur-Lussan.	90
4.4.4.	Le projet du Mas del Fray à Salles du Gardon.	91
4.4.5.	Le projet Un groin de paradis à Valforêt.	94
4.4.6.	Le projet Arbeletxea à Suhescun.....	97
4.4.7.	Le projet Uronakoborda à Ainhoa.	100
4.4.8.	Le projet du Domaine de Bourdelas.	106
4.4.9.	Le projet du lycée agricole des Vasseix.	108
4.4.10.	Le projet du lycée agricole de Mirande.	109
4.4.11.	Le projet de la ferme des Bourbous.....	111
4.4.12.	Le projet de la ferme du Plateau de Truinas.	115
5.	Valorisation.....	119
5.1.	Site web et base de données	119
5.2.	Journées d'échanges et webinaire	120
5.3.	Conférences.....	121
6.	Perspectives post-AgroforesTrue	123
	Bibliographie.....	124

Liste des tableaux

Tableau 1. Stades physiologiques de porcs d'élevage et besoin en lysine digestible.....	12
Tableau 2. Recommandation pour la formulation de la ration des porcs	14
Tableau 3. Impact du coût de l'alimentation sur la marge brute / truie – source CER France 2023	18
Tableau 4. Impact du coût de l'alimentation sur la marge brute du porc à l'engraissement – source CER France 2023.....	18
Tableau 5. Tableau des analyses réalisées pour les espèces principalement visées par le projet.	28
Tableau 6. Valeurs nutritionnelles pour 23 fruits potentiellement utilisable pour l'alimentation en parcours porcin.....	32
Tableau 7. Eléments nutritionnels (%) contenus dans les glands des chênes analysés	33
Tableau 8. Comparaison des valeurs nutritives entre glands entiers et décortiqués.	33
Tableau 9. Eléments nutritionnels (%) contenus dans les châtaignes analysés	33
Tableau 10. Caractérisation de tanins de châtaigniers issus de trois zones géographiques différentes (moyenne et écart type).....	34
Tableau 11. Eléments nutritifs (%) contenus dans les fèves et gousses des féviers analysées ..	35
Tableau 12. Part des besoins énergétiques couverts par 100g de fruit en fonction de l'âge du porc. Par exemple, 100g de noix de pécan permettent de couvrir 18,16% des besoins énergétiques journaliers d'un porc de 20kg. Les besoins énergétiques des porcs sont basés sur une conduite conventionnelle visant une croissance de 700g/jour	40
Tableau 13. Les différents modes de calculs utilisés selon Noblet et al, 2003.	41
Tableau 14. Valeurs énergétiques (Energie Digestible et Energie Nette) – MJ/kgs porcs en croissance	41
Tableau 15. Avantages et inconvénients des différentes stratégie de protection à la parcelle. ..	55
Tableau 16 ; Tableau comparatif des avantages et inconvénients des différentes protections testées.....	78
Tableau 17. Liste des espèces de chênes de la collection	83
Tableau 18. Description de la séquence inter-paddock plantée au Mas du Sire.....	84
Tableau 19. Liste des essences plantées sur les alignements interpaddocks au Mas du Sire. ...	84
Tableau 20. Répartition des espèces d'arbres fourragers plantés au Mas del Fray par séquence.	93
Tableau 21. Répartition des espèces sur l'ensemble des taillis.	97

Liste des figures

Figure 1. Evolution du cheptel porcin en France (nombre de têtes et abattages)	10
Figure 2. Evolution du nombre de truies par élevage sur les 20 dernières années.	11
Figure 3. Evolution du prix de l'aliment porcin. Sources France Agrimer / IFIP	11
Figure 4. Présentation et fonctions des 5 acides aminés essentiels dans l'alimentation du porc	13
Figure 5. Evolution du prix de revient moyen et comparaison avec le prix de vente. Source CER France 2023.	18
Figure 6. Extrait d'un article de la revue Réussir Agri53 – Oct 2022, n339.....	19
Figure 7. Localisation des plantades recensées dans le travail d'enquêtes et de bibliographie. https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1tvIwozJSS99yUfQjEFJn9GUXRw5Wf2Wq&usp=sharing	24
Figure 8. Exemple d'analyse d'un échantillon de gland réalisé par le laboratoire Artémis.	30
Figure 9. Liste des sources utilisées dans la constitution de la base de données. En vert les ressources destinées à l'alimentation humaine, en orange les ressources destinées à l'alimentation animale.....	31
Figure 10. Composantes de la matière sèche : Décomposition des fibres selon la méthode de Van Soest D'après Foss, mai 2018 dans Analyses des fibres en alimentation animale	31
Figure 11. Teneur en protéines des fruits étudiés (en bleu, fruits analysés lors du projet)	36
Figure 12. Teneur en acides aminés (Lysine, méthionine, cystine, thréonine, tryptophane) des fruits étudiés, organisés par ordre décroissant de teneur en lysine	36
Figure 13. Teneur en NDF des fruits étudiés	37
Figure 14. Illustrations du fruit du caroubier et de l'amandier, avec mise en évidence du caractère fibreux de l'enveloppe entourant ces fruits.....	37
Figure 15. Teneur en matière sèche des fruits étudiés dans la base de données	38
Figure 16. Teneur en phosphore des fruits de la base de données	38
Figure 17. Teneur en matière grasse des fruits étudiés.	39
Figure 18. Valeur énergétique du panel de fruits, exprimé en kilojoules	40
Figure 19. Période de fructification du panel des 22 fruitiers. Les barres de couleurs représentent la période de l'année à laquelle les variétés les plus répandues produisent leurs fruits. Ce graphique s'appuie principalement sur les fiches des chambres d'agriculture sur les fruitiers.	43
Figure 20. Calendrier de production de quelques variétés de pommes en France	44
Figure 21. Calendrier de production des principales variétés de poires (source Réussir.fr).	45
Figure 22. Calendrier de maturité de quelques variétés d'abricots (sources : COT International)	45
Figure 23. Calendrier de récolte de quelques variétés de figues (comprenant des variétés d'été et d'automne). Source : GRAB.	46
Figure 24. Ecran d'accueil de l'outil de simulation d'intégration d'arbres dans les parcours	47
Figure 25. Exemple d'une parcelle arborée à protéger	52
Figure 26. Choix d'une protection individuelle des arbres. Selon le nombre d'arbres, on peut protéger l'ensemble des arbres comme ici, ou alors sélectionner les arbres les plus exposés, du fait de l'appétence de certaines essences ou de leur situation dans les lieux de passage.	53
Figure 27. Choix d'une protection groupée. Certains arbres seront protégés en lots de 2 à 5 arbres, selon les âges. Le coût ramené à l'arbre est moindre.....	53
Figure 28. Choix d'une protection en bordure. On utilise la clôture de la parcelle pour protéger les arbres situés à proximité de la limite.	53
Figure 29. Implantation des aménagements réalisés	80

Figure 30. Illustration de la parcelle avant et après aménagement proposé (les chiffres correspondent au mètre de chaque segment de haie).	86
Figure 31. Chaque haie a été protégée par un double grillage, renforcé avec du fil de fer barbelé (trois lignes).	87
Figure 32. Vue des arbres intraparcélaires de la maternité - Mas du sire à Quissac.	88
Figure 33. Plantation d'arbres fourragers au Mas de la Rouquette.....	89
Figure 34. Délimitation des linéaires plantés	92
Figure 35. Délimitation des nouveaux paddocks avec aménagements en taillis et points d'eau.	96
Figure 36. Descriptif des aménagements du projet Arbelexea	98
Figure 37. Localisation de la parcelle 2.....	101
Figure 38. Localisation de la parcelle 4.....	103
Figure 39. Localisation de la parcelle 1.....	104
Figure 40. Localisation des parcelles prévues pour la plantation.	113
Figure 41. Localisation de la parcelle.	115
Figure 42. Dispositif des aménagements existants	116
Figure 43. Outil de recherche par filtre de la base de données AgroforesTruie.	119
Figure 44. Capture d'écran du lancement du webinaire de présentation des principaux résultats.	121
Figure 45. Présentation orale au congrès d'agroforesterie au Québec - 2022	121

Liste des photos

Photo 1. Identification des plantades Colbert dans le piémont pyrénéen.	25
Photo 2. Récolte à quatre pattes des glands en plantade dans les Hautes Pyrénées.	27
Photo 3. Le balanin, son stade larvaire et les dégâts visibles. Chaque fruit est occupé par une seule larve, mais qui nettoie le fruit dans sa totalité.	28
Photo 4. Récolte des glands sur le terrain.	29
Photo 5. Chaque échantillon a été caractérisé (poids et taille des fruits pour 10 individus représentatifs).	29
Photo 6. Glands entiers et coupe intérieure	34
Photo 7. Quelques exemples de variétés de châtaignes appréciées par les cochons dans les Cévennes.	34
Photo 8. Gousse et silhouette de févier d'Amérique (Source Dupraz et Liagre, 2012).	35
Photo 9. Effet des frottements sur les troncs	49
Photo 10. Ecorçage sur la partie basse des troncs d'arbres adultes.	50
Photo 11. Déchaussement d'une cépée en sol pentu dans les Cévennes. En 5 années de surpâturage, le sol a perdu près de 80 cm dans ce cas.	50
Photo 12. Mise à nue et écorçage des racines principales des arbres	51
Photo 13. Déchaussement racinaire. Le fil électrique a été posé au niveau des fougères, ce qui a protégé la base de l'arbre mais pas eu delà de la clôture.	51
Photo 14. Plantation en dehors du paddock. Les arbres seront protégés des cochons... mais pas du gibier. Des protections seront donc nécessaires.	54
Photo 15. Exemple de bosquet protégé par du grillage ursus avec piquets acacia.	54
Photo 16 ; Effet de l'activité des porcs sur le sol avec comparaison d'un témoin non pâturé. A noter l'amas de pierre au pied de la clôture.	56
Photo 17. Afin d'éviter tout empilement de pierres sur les fils, les pierres ont été repoussées ici vers le centre de la parcelle. Ce travail est assez contraignant et répétitif.	56
Photo 18. La pose d'anneau sur le groin évite une trop forte pression sur le sol.	57
Photo 19. Impact des effluents d'azote sur un arbre exposé au premier plan.	57
Photo 20. Protection d'arbres isolés par fil électrique enterré.	58
Photo 21. Exemple de trancheuse thermique : sur prise de force tracteur à gauche, et autotracté à droite.	59
Photo 22. Protection par fil électrique aérien. Il est possible de se connecter au fil de clôture existant.	59
Photo 23. Protection électrique aérienne, raccordée au réseau d'une maternité. Installation en épi.	60
Photo 24. Protection électrique aérienne en ligne.	60
Photo 25. Protection électrique de haie intraparcellaire.	60
Photo 26. Installation électrique en clôture avec enherbement. Il faut éviter tout contact avec la végétation pour ne pas perdre en efficacité de charge.	61
Photo 27. Installation de clôture électrique à 5 fils (3 à l'extérieur et 2 à l'intérieur du paddock). Les poteaux possèdent plusieurs supports pour passer un fil bas sur un support haut libre pour favoriser le débroussaillage au sol. Les fils sont tendus avec tenseurs (à droite), ce qui permet d'avoir de grandes longueurs de fils et moins de manipulations.	62
Photo 28. Protection d'arbres à partir du fil de clôture en jeune plantation. En coin de paddock à gauche et sur l'alignement à droite.	62
Photo 29. Arbre âgé en forêt, protégé à partir du fil de clôture pour le sauvegarder.	63
Photo 30. Arbres de bordure protégés par le fil de clôture.	63

Photo 31. Arbre de bordure protégé à l'extérieur du fil, avec isolateurs sur poteau ou piquet.	64
Photo 32. Exemples de Protections individuelles avec grillage ursus	65
Photo 33. Exemple de dégâts sur protection ursus quelques années après plantation.	65
Photo 34. Protection individuelle avec grillage rigide.	66
Photo 35. Grillage ursus installée pour protéger une haie, doublé de 3 rangées de fils barbelés.	66
Photo 36. Haie de 1 m de large, entourée de grillage latéral à gauche. Signes foliaires de toxicité par excès d'azote d'arbres plantés en bas de pente.	67
Photo 37. Renforcement à la base d'un grillage ursus linéaire avec protection métallique. Cette protection à la base limite l'envie des porcs de soulever le grillage avec leur groin.	67
Photo 38. Les protections cactus sont livrées en plaques de plusieurs dimensions. Avec des hauteurs allant de 30 à 180 cm, et des largeurs de 100 à 180, pour des usages agricoles.	68
Photo 39. Les plaques sont ensuite enroulées pour protéger directement les jeunes repousses ou les jeunes plants.	68
Photo 40. Protection cactus avec 3 piquets. 80 cm de hauteur semble être la meilleure option de protection.	69
Photo 41. Porc restant à distance des pics de la protection cactus.	69
Photo 42. Dégâts sur protection cactus maintenue avec deux piquets.	70
Photo 43. Protection Ursus Cactus individuelle avec fer tor de trop faible diamètre.	70
Photo 44. Pour les arbres plus âgés ou pour des cépées, il faut installer plusieurs plaques.	71
Photo 45. Protection Ursus Cactus en bande pour protection de tronc d'arbres adulte.	71
Photo 46. Bande ursus linéaire pour protéger les grillages de clôture au sol, afin d'éviter tout soulèvement du grillage par les porcs et tout frottement à la base. Particulièrement efficace également contre les sangliers.	72
Photo 47. Protection de type clôture bois renforcée.	73
Photo 48. Protection en acier, individuel à gauche, plus large (arbre adulte ou cépée) à droite.	74
Photo 49. Buse béton pour la protection des arbres et comme outil grattoir.	74
Photo 50. Vue d'ensemble d'une parcelle plantée avec buses béton en protection.	75
Photo 51. Protection d'arbres adultes avec pierres naturelles	76
Photo 52. Autre exemple de chêne protégé par des pierres au pied du tronc. A noter que pour les arbres en bordure et avec dénivelé, ce dispositif permet de freiner l'érosion du sol comme ici.	76
Photo 53. Installation d'un cordon de pierre autour de cépées à protéger.	76
Photo 54. Projet Quissac. Vue d'ensemble avant plantation.	80
Photo 55. Déroulage du paillage en feutre végétal à l'extérieur de la clôture principale. Une seconde clôture vient protéger la partie extérieure.	82
Photo 56. Plantation de la haie bordant le chemin central.	83
Photo 57. Vue sur la ligne de séparation entre deux paddocks au Mas du Sire.	84
Photo 58. Détail des protections cactus testées dans le dispositif.	85
Photo 59. Les cochons attendent que les arbres poussent.	85
Photo 60. Avant le projet, les truies mettaient bas sur une parcelle non aménagée.	86
Photo 61. Domaine de la Rouquette avant aménagement.	88
Photo 62. Domaine de la rouquette après la création des 6 paddocks et installation des cabanes et réseau d'eau.	89
Photo 63. Mas de la Figueirole à Fons sur Lussan. La surface totale est délimitée en vert et la maternité en orange.	90
Photo 64. Porcelets avec leur mère sur un paddock objet de plantations par le projet.	91
Photo 65. Porcs se nourrissant d'arbrouses sauvages tombées au sol.	91

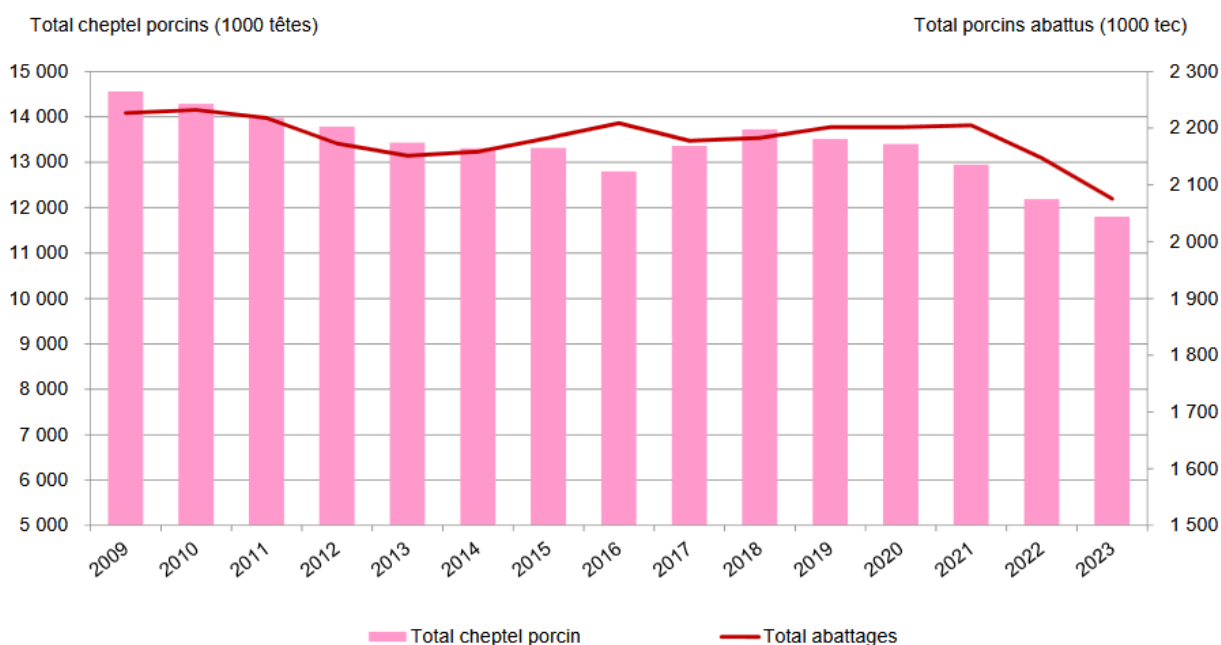
Photo 66. Vue aérienne du Mas del Fray - Les Salles du Gardon. Le projet de plantation a porté sur la zone délimitée en orange, où peu d'arbres sont présents.	92
Photo 67. A gauche plantation en ligne de bordure le long du chemin et à droite en ligne de séparation de paddock.	93
Photo 68. Vue parcelle arborée pâturée par les porcs. Dans ces parcelles, l'objectif est de protéger les arbres existants.	94
Photo 69. Protection des arbres isolés (à gauche) ou en cépée (à droite) au Mas del Fray.	94
Photo 70. Parcelle initiale du projet Un groin de paradis.	95
Photo 71. Exemple d'aménagements ayant inspiré le projet Groin de Paradis (sources projet Mixed).	96
Photo 72. Protection associant tube annelé de type et grillage ursus de 30 cm de hauteur.	98
Photo 73. Vue d'ensemble de la parcelle avec les arbres protégés.	99
Photo 74. Parcelles C et D, la partie proche des cabanes n'est plus enherbée et la concentration d'effluent est forte.	99
Photo 75. Protection grillagée existante, de type ursus, renforcée par un grillage cactus.	100
Photo 76. Protection d'un arbre âgé avec 3 plaques cactus, afin de recouvrir la base du tronc et les racines.	102
Photo 77. Jeune châtaignier protégé par une grille cactus de 80 cm de haut et 100 cm de circonférence.	102
Photo 78. Les protections grillagées de type ursus ne suffisent pas à protéger correctement les arbres.	103
Photo 79. Les protections ont été posées au bas du tronc, mais les racines à découvert ne sont pas incluses, ce qui va les exposer aux cochons.	104
Photo 80. Exemples de protections pour des arbres moyens ou une à deux grilles suffisent. ...	104
Photo 81. Protection satisfaisante de jeunes châtaigniers avec grillage ursus et 3 piquets.	105
Photo 82. Les porcs choisissent leurs essences, comme ce chêne à gauche. Alors qu'ils délaissent ici ce merisier et ce houx à droite.	106
Photo 83. Remise de prix au salon 2013. Au premier plan, une truie Cul Noir du Limousin.	106
Photo 84. Les Culs Noirs du Limousin ont également la fâcheuse habitude de chercher les racines des arbres.	107
Photo 85. Châtaigniers intraparcellaires protégés au fil électrique enterré.	107
Photo 86. Dispositif du parcellaire du lycée agricole du Vasseix. Les haies sont matérialisées par les lignes en pointillés.	108
Photo 87. Vue parcelle avant plantation. La haie a été implantée en arrière-plan le long du grillage.	108
Photo 88. La plantation a été réalisée par les étudiants du lycée sous la coordination technique de Prom'Haies. Photo issue du journal local Le populaire du Centre (mars 2021).	109
Photo 89. Porcs noirs gascons à proximité des huttes. L'objectif à terme sera de protéger également les cabanes et abris.	110
Photo 90. Parcelle ayant été partagée en 2 lots.	110
Photo 91. 2 ans après la plantation, la haie s'installe.	110
Photo 92. Paddock d'alimentation de la ferme des Bourbous, avec le parcours agroforestier en arrière plan.	111
Photo 93. Etat des lieux des parcelles érodées par l'activité des porcs.	112
Photo 94. Vue d'ensemble de la parcelle de la ferme Truinas.	116
Photo 95. Restitution en salle et sur le terrain avec les éleveurs basques le 04/02/25.	120
Photo 96. Discussion avec les éleveurs cévenoles sur les protections Cactus, le 12/09/23	120

1. Introduction et contexte

1.1. Bibliographie – Etat de l’art

1.1.1. Contexte économique de la filière

Le porc est la viande la plus consommée en France en 2020, qu’il s’agisse de produits frais ou transformés (Agreste, 2021). Il est également possible de constater une explosion de la demande de produits sous signe officiel de qualité en 2017/18 (porc bio surtout), et en circuits courts. Le développement des filières de viandes de grande qualité environnementale et respectant le bien-être des animaux est une réponse à cette demande sociétale (Etude IRI, 2018).



Source : FranceAgriMer d'après Agreste

Figure 1. Evolution du cheptel porcin en France (nombre de têtes et abattages)

Comme un grand nombre de secteurs de l'élevage, compte tenu de la baisse de la demande en viande, le cheptel connaît une baisse continue en France. De 2023 à 2024, le cheptel continue son érosion (-3% au total). Cette baisse est quasi-générale en Europe. Seule l'Espagne parvient à augmenter son cheptel national, tout en important de la viande fraîche de France d'ailleurs... En France, si le cheptel diminue, le nombre d'animaux par exploitation augmente. Cette concentration est une évolution de la filière, mais plus globalement de l'agriculture en France, qui a soutenu la spécialisation des exploitations. Lorsqu'on propose d'étudier la faisabilité d'un système agroforestier à plus faible chargement, cela pose la question frontale du changement de pratiques en cours d'une part, et de la collaboration avec les groupements de producteurs.



Figure 2. Evolution du nombre de truies par élevage sur les 20 dernières années.

En effet, ce qui distingue la France du reste de l'Europe, c'est l'organisation de la filière en groupements, qui représente plus de 90% des éleveurs. Dans les autres pays, les éleveurs sont souvent seuls, sur un marché très concurrentiel et libéral.

En termes de marché, malgré son évolution structurelle, la filière porcine est en difficulté : alors que la production est excédentaire (production supérieure de 10% par rapport aux besoins – RICA 2018), la balance commerciale est largement déficitaire. Dans les échanges commerciaux, la France exporte essentiellement la viande fraîche et importe la viande transformée à plus forte valeur ajoutée (jambon sec, charcuterie...). Sur les produits de qualité, le déficit est encore plus fort. Ainsi, la France est le premier importateur de jambons espagnols de parcours, pour près de 277 millions d'euros annuels (Asociacion del cerdo iberico). Si on ajoute les produits italiens ou allemands, le déficit dépasse les 400 millions d'euros en 2024 (ce qui représente plus de 100 000 tonnes de jambons et salaisons importées d'Espagne et d'Italie principalement). Alors que dans le même temps, les exploitations porcines connaissent des situations financières tendues. Très endettées, elles dépendent de cours de viande brute faibles mais avec des coûts de production plus élevés (aliments et vétérinaire), et un endettement croissant (IFIP 2023).

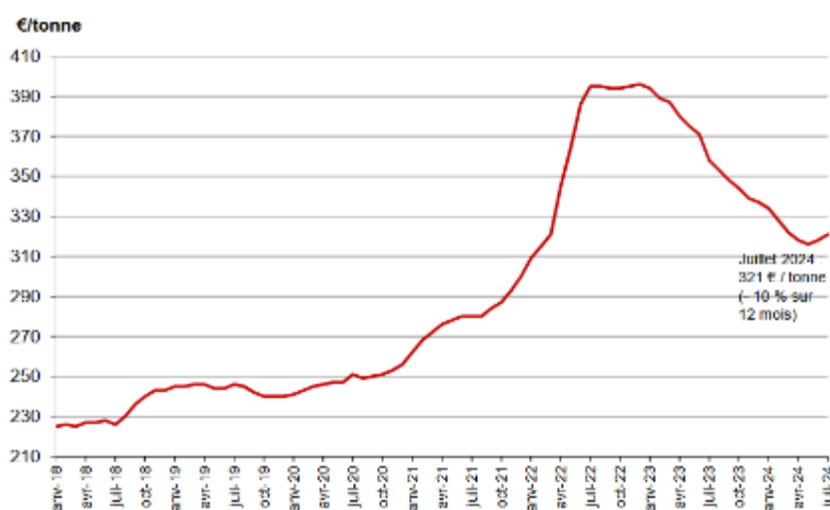


Figure 3. Evolution du prix de l'aliment porcin. Sources France Agrimer / IFIP

L'alimentation représente un pôle de dépenses important pour les éleveurs et éleveuses porcins mais aussi un aspect essentiel dans la production d'une viande de qualité. Si la situation s'est améliorée en 2024, du fait de la concurrence sur le marché des céréales, le coût reste élevé. D'un point de vue global, les exploitations porcines en France sont autosuffisantes dans la production de leur aliment. Mais cette situation ne reflète pas le cas des groupements d'élevage traditionnels en situation de relief. Dans le cas de Baron des Cévennes ou du porc Kintoa, les éleveurs sont souvent dépendant à 100 % des achats d'aliments à l'extérieur.

1.1.2. Alimentation des porcs et arbres fourragers

1.1.2.1. Besoins des porcs

- Des besoins qui varient selon différents critères

Trois facteurs déterminent les besoins nutritionnels des porcs : le stade physiologique de l'animal, la croissance recherchée et le mode d'élevage. Le Tableau 1 présente les 7 différents stades physiologiques du porc. Ces derniers dépendent majoritairement du poids de l'animal ou de son état reproductif (gestation ou lactation) (Roinsard *et al.*, 2014 ; 2015).

Stade physiologique	Critère	Lysine digestible (g/MJ EN)
Porcelet 1 ^{er} âge	Jusqu'à 7-10 jours après sevrage	1,2
Porcelet 2 ^{ème} âge	< 25 kg	1,05
Porc croissance	< 60-70 kg	0,8
Porc finition	< 110-115 kg	0,7
Porc lourd	> 110-115 kg	0,6
Gestation	Gestation et mise à la reproduction	0,5
Lactation	Jusqu'au sevrage des porcelets	0,8

Tableau 1. Stades physiologiques de porcs d'élevage et besoin en lysine digestible.

Le stade physiologique joue un rôle prépondérant sur les besoins nutritionnels notamment protéiques : la quantité de lysine à apporter à un porcelet premier âge est deux fois plus importante que pour un porc lourd. Le mode d'élevage a aussi un impact non négligeable sur les besoins alimentaires des cochons. Si la croissance des porcs en plein air peut approcher celle des porcs en bâtiment, l'indice de consommation est en revanche bien supérieur (3,40 en plein air contre 2,80 en bâtiment) (Roinsard *et al.*, 2014 ; 2015). Cette différence est principalement due aux variations de températures : le froid impliquant une thermorégulation et la chaleur, une baisse de l'appétit des animaux. De plus, le porc en extérieur a la possibilité de se dépenser et pratiquer une activité physique plus importante que sur caillebotis. Cette différence est importante dans le calcul de la marge brute par animal, surtout lorsque l'alimentation est produite et achetée à l'extérieur de l'exploitation, comme c'est souvent le cas pour les productions traditionnelles. Les éleveurs en conventionnel et AB recherchent en général une croissance du porc avoisinant les 700-800 g/jour (Roinsard *et al.*, 2014 ; Jurjan, Roinsard, 2014). Mais un élevage plus extensif qui ne vise pas des valeurs de croissances aussi élevées demandera un apport de nourriture moins élevé. Néanmoins, si l'objectif du poids carcasse final reste le même, la durée d'élevage sera alors plus longue ce qui est généralement le cas dans les systèmes traditionnels. L'allongement de la durée de l'élevage se traduit alors également par une

augmentation du coût global à la production (alimentation, temps passé par l'éleveur, amortissement des biens sur une plus longue période, etc.).

- Les points d'attention dans l'alimentation des porcs

L'alimentation des porcs se raisonne autour de trois apports : l'apport énergétique, l'apport azoté et l'apport minéral. Le porc est omnivore et peut donc valoriser des aliments divers. Les paramètres principaux sont : la matière azotée totale (MAT), 5 acides aminés (par ordre d'importance : lysine, méthionine, cystine, thréonine et tryptophane), fibres, phosphore et calcium. Les acides aminés (apport protéique donc azoté) font l'objet d'une surveillance toute particulière au sein des élevages porcins, spécifiquement lors de la croissance des porcelets. La Figure 1 illustre les fonctions principales auxquelles participent les 5 acides aminés principaux.

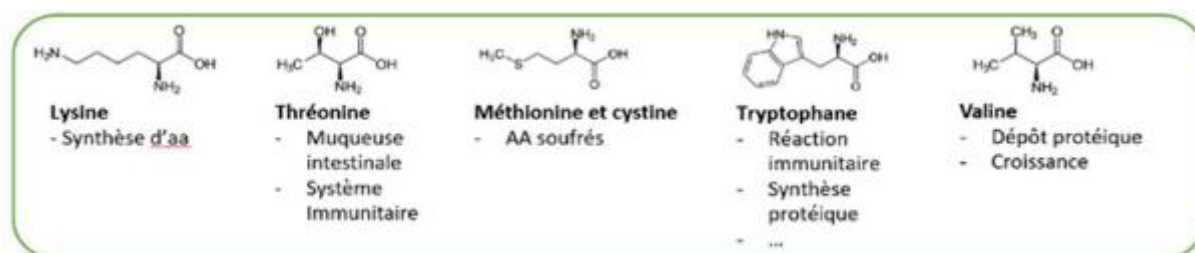


Figure 4. Présentation et fonctions des 5 acides aminés essentiels dans l'alimentation du porc

La lysine, au vu de son rôle majeur de synthèse, est le premier à être limitant dans la croissance des porcelets. La thréonine, deuxième acide aminé limitant, est essentiel pour son rôle dans l'intégrité de l'intestin et donc dans l'absorption des nutriments par le cochon. Le contrôle des fibres alimentaires (NDF, ADF et ADL) garantit un contrôle des problèmes digestifs de l'animal (Roinsard *et al.*, 2014).

Par conséquent, il est indispensable de veiller à l'équilibre alimentaire des animaux pour s'assurer de leur croissance en bonne santé. L'élaboration préalable de la ration permet de subvenir à cet équilibre sans risquer de surdose qui conduirait à des pollutions. L'objectif de l'agroforesterie fourragère est donc de contribuer à ces apports quotidiens ou ponctuels selon les stades de développement des porcs.

Au cours de la vie du porc, la ration quotidienne va varier entre 500g pour les porcelets jusqu'à 3kg pour les porcs les plus lourds. Si on considère une ration moyenne de 2kg pour un porc en croissance et en s'appuyant sur les proportions à chercher dans une ration décrite dans le Tableau 1, les principaux besoins sont alors de :

- 300-340g de MAT
- 16-18g de lysine
- 80-120g de fibres
- 16-20g de Calcium
- 10-12g de Phosphore

Ces valeurs peuvent permettre d'orienter les recherches vers des essences les plus intéressantes à planter en agroforesterie porcine : il s'agit de chercher des fruits riches en protéines et en lysine, mais aussi en éléments minéraux et/ou potassium.

STADE	EN MJ/kg	MAT %	Lysine dig. g/kg	Lysine tot. g/kg	CB %
Porcelets 1 ^{er} âge	9.5 à 10.5	18 à 20	11.5 à 12.5	13 à 14	3 à 4
Porcelets 2 ^e âge	9 à 10	17 à 19	10 à 11	11 à 12	3 à 4
Porc croissance	9 à 10	15 à 17	7 à 8	8 à 9	4 à 6
Porc finition	8.5 à 9.5	14 à 16	6 à 7	7 à 8	4 à 6
Porc lourds	8 à 9.5	14 à 15	5 à 6	6 à 7	5 à 7
Gestation	8 à 9.5	13 à 15	5 à 6	6 à 7	5 à 8
Lactation	+ de 9	15 à 16	7 à 8	8 à 9	4 à 6

Tableau 2. Recommandation pour la formulation de la ration des porcs

Il existe une quantité importante de formulation et d'aliments différents pour couvrir les besoins nutritionnels des porcs : concentrés, fourrages etc. et sous des formes différentes selon les types d'élevage. Si les formulations de ces aliments répondent souvent à des doses précises, les parcours arborés avec l'ingestion de fruits sont traditionnellement utilisés en Europe pour nourrir les porcs à différents stades de croissance comme les chênes verts à glands doux (*Quercus ilex subsp. ballota* (Desf.) Samp. ou *Quercus ballota* Desf.). La question de l'assimilation des aliments « divers et variés » est relativement mal connue pour les essences en dehors du chêne. Par contre, de nombreuses références étayent les performances finales des porcs à l'engraissement, avec notamment l'accroissement journalier en poids par ex.

1.1.2.2. Utilisation des chênes et glands en système traditionnel méditerranéen

Les parcours arborés existent de manière traditionnelle en Europe depuis plusieurs siècles (sylvopastoralisme extensif). Les « Dehesa » (Espagne) et les « Montado » (Portugal) sont des systèmes d'élevage extensif de larges pâtures sous des chênes éparpillés. Dans ces régions, les espèces (ou sous-espèces selon les classifications) de chênes verts sont majoritairement des chênes à glands doux (*Quercus ilex subsp. ballota* (Desf.) Samp. ou *Quercus ballota* Desf.) caractérisés par des glands à faible teneur en tanin et plus longs et effilés que les autres chênes verts. Cette espèce endémique de la péninsule ibérique et du Maghreb est tout de même proche génétiquement du chêne vert à glands astringents (*Quercus ilex*) (Arias, 2014). Grâce aux apports fournis par le pâturage et par l'ingestion des fruits (glands doux), ces systèmes traditionnels ont montré leurs intérêts pour la production de produits de grande qualité nutritionnelle et gustative (Edwards, 2005 ; Rosenvold, Andersen, 2003 ; Joffre *et al.*, 1988), et à haute valeur ajoutée. Ainsi, les pratiques de parcours en chênaie espagnole («Dehesa») ou portugaise («montado») sont reconnues pour leurs productions et leurs qualités environnementales, notamment quant à la fertilité du sol, à la gestion de l'eau et au niveau du paysage (Joffre *et al.*, 1988). En revanche, ce mode d'élevage traditionnel impliquerait un allongement de la phase de finition jusqu'à atteindre la masse du porc à l'abattage souhaitée puisque le Gain Moyen Quotidien (GMQ) est plus faible que dans une production intensive car les porcs évoluent en plein air avec des produits potentiellement moins concentrés (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009a; 2009b).

Dans ces systèmes, les porcs en plein air pâturent les glands tombés au sol, ce qui constitue une part importante de leur régime alimentaire. Les porcs ibériques ont la capacité de retirer la peau des glands (à l'exemple des sangliers...) à l'inverse d'autres races de porcs méditerranéens qui, dans ce cas, ingèrent les glands entiers (Lanteri *et al.*, 2009; 2011; Cappai *et al.*, 2014). Cela implique alors un apport en fibre plus élevé composé majoritairement de lignine provenant du péricarpe de l'akène (Cappai *et al.*, 2013). D'un autre côté, dans les « Dehesa » et « montados », la combinaison de la capacité des porcs à peler les glands, retirant alors une grande partie des tanins du fruit (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009a), et la faible concentration de tannins dans les glands doux des chênes des Dehesa permettraient aux porcs en finition de consommer jusqu'à

8kg de glands par jour (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2009b; Reyes-Palomo *et al.*, 2023). Les glands ont un profil nutritionnel intéressant avec 51% de matière organique digestible très riche énergiquement (~40% de glucides avec en majorité de l'amidon), avec des fibres (quantité différant selon le type de consommation : avec ou sans le péricarpe), des acides gras et des protéines (entre 3 et 7 %) (Cappai *et al.*, 2013; Lachica *et al.*, 2018). Parmi les acides gras composant l'akène, les acides gras insaturés sont les plus représentés (75 à 90% des acides gras) avec en particulier les acides oléiques et linoléiques (G. Flores, 2023; Belkova *et al.*, 2023). Contrairement au profil des acides gras qui varierait peu selon les espèces (Akcan *et al.*, 2017; Rafii *et al.*, 1991), la concentration en tannin varie selon les variétés/espèces de chênes et pourrait, à concentration élevée, avoir un impact sur la quantité de fruits ingérés mais aussi sur la digestibilité des protéines. En effet, les groupes hydroxyle phénoliques des tannins forment des complexes avec des macromolécules (principalement des protéines) ce qui peut réduire la dégradation lors de la digestion. Ce phénomène est régulièrement observé chez les ruminants mais peu étudié chez les porcs. Łuczaj *et al.*, 2014 ont tout de même mis en évidence l'absence d'impact des tannins sur le métabolisme digestif des porcs lorsque apportés à faible dose (1,5-5,3 g/kg, dose légèrement inférieure à la quantité contenue dans les glands des chênes or chênes à glands doux (Łuczaj *et al.*, 2014). De plus, Cappai *et al.* 2013 ont montré que les mucines de la salive et de l'estomac des porcs se lient fortement aux tanins et en limiteraient par conséquent la toxicité. On notera que si la valeur en tanin varie entre espèces ou variétés, elle varie aussi pour un même individu au cours de l'année : en phase juvénile, le gland est plus chargé en tanin. A la chute des glands au sol, les tanins évoluent et la pluviométrie automnale joue un grand rôle sur le lavage des tanins. Après quelques semaines, le gland présente une digestibilité plus élevée, surtout pour les ruminants.

Aux niveaux des produits issus de ces systèmes, Rey *et al.*, 2006 ont mis en avant l'intérêt des parcours arborés sur la qualité gustative et juteuse de la viande que semblent d'ailleurs préférer les consommateurs. Les glands et fourrages herbacés ingérés conduisent à une amélioration du profil d'acides gras contenus dans la viande produites avec notamment une baisse du taux d'acides gras saturés et une augmentation de la quantité d'acide gras insaturés par rapport à des porcs élevés de façon conventionnel (Reyes-Palomo *et al.*, 2023; Tamminga *et al.*, 1995; Ebert *et al.*, 2017). Au-delà de la qualité gustative, cette modification de la composition lipidique améliorerait l'aspect nutritionnel de la viande produite. En effet, les acides gras insaturés jouent un rôle clé dans la synthèse des eicosanoïdes favorisant la réduction des triglycérides du sang et l'augmentation du cholestérol HDL (G. Flores, 2023; Belkova *et al.*, 2023). Un autre effet de cet alimentation particulière et du niveau d'acides gras insaturés, et surtout monoinsaturé (acide oléique) obtenus est la possibilité de séchage plus allongée, sans risque de rancissement de la viande. Un jambon issu d'une exploitation intensive pourra difficilement passer plus d'une année en séchage (souvent autour de 6 à 9 mois), alors que les jambons de la Dehesa passent entre 24 et 48 mois au séchage (voire davantage pour les pièces exceptionnelles – le record est de 5 ans, pour un jambon vendu 11 881 euros la pièce...).

Grâce à leur qualité gustative avérée, leur profil nutritionnel plus intéressant qu'avec de l'aliment concentré commercialisé et un système d'élevage traditionnel, ces charcuteries constituent finalement un marché de niche et les produits peuvent être vendus à des prix bien supérieur au prix de vente de charcuterie produite conventionnellement et de façon intensive (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2010a). Néanmoins, dans les formulations proposées par les producteurs d'aliment concentré, on peut opter pour une alimentation riche en acide gras insaturés, protéines et acides aminés... afin de permettre une meilleure valorisation de la viande. Il est donc possible d'obtenir des produits carnés de qualité relativement proche, mais sans pâturage sous les

chênes. Néanmoins, le mode parcours et la génétique sont également des facteurs clés de la qualité de la viande.

Si les chênes et leurs glands semblent être plébiscités par la pâture dans les rations des porcs en finition dans certaines régions méditerranéennes, il pourrait être envisageable dans un souci d'autonomie alimentaire d'utiliser d'autres fruits présents sur d'autres territoires pour couvrir une partie des besoins des porcs selon leur stade de développement.

1.1.2.3. Utilisation des châtaignes

La châtaigne, fruit du châtaignier (genre *Castanea*) constitue une autre source d'alimentation des porcs en finition dans certaines régions (notamment au Pays basque, dans le Limousin ou dans les Cévennes. Riche en sucres, en particulier en amidon et en sucrose respectivement 47,7% et 12,6%, la châtaigne apparaît effectivement comme un aliment nutritionnellement intéressant pour les porcs en finition. Sa proportion en matière azotée est également notable - 6,58% - soit une moyenne légèrement supérieure à celle des glands (Belkova *et al.*, 2017). D'ailleurs, comme pour le cas du gland, des études comparatives de finition et complément d'alimentation de porcs à la châtaigne ont permis un meilleur profil de la viande en acide gras poly-insaturés et ce, pour deux races locales espagnole et italienne (Domínguez *et al.*, 2012). Le même résultat a été observé dans l'étude réalisée par Pugliese, Sirtori, 2012 : la viande issue de porcs ayant un régime incluant une part de châtaignes présente un plus haut niveau d'insaturation au regard des acides gras lié principalement à l'augmentation de acides mono insaturés comme l'acide oléique. Selon De Jesús *et al.*, 2016, cette augmentation du taux de monoinsaturés dans la graisse intramusculaire serait justement expliqué par le taux d'acide oléique dont la synthèse est favorisé par la composition des châtaignes c'est -à-dire avec un taux de protéines plus faibles mais une quantité plus conséquente d'acides gras C18:1n9 and C18:2n6. En revanche, les acides gras insaturés étant plus sensibles à l'auto-oxydation, l'apparition du rancissement lors de la conservation de la viande pourrait apparaître plus rapidement. Cela n'a cependant pas été observé dans les études traitant du sujet (Pugliese, Sirtori, 2012) et pourrait s'expliquer par la présence d'antioxydant (acides phénoliques et tanins notamment) dans le fruit (De Vasconcelos *et al.*, 2010). Dans les différentes études, le seul inconvénient lié à l'ajout de châtaignes dans le régime alimentaire au niveau de la conservation des produits semble être l'augmentation du nombre de groupes microbiens (bactéries mésophiles aérobies, bactéries aérobies psycho tropiques, bactéries lactiques) qui pourrait nuire à la conservation longue durée.

La châtaigne possède un profil nutritionnel comparable à celui du gland et apparaît alors comme un aliment intéressant en phase finition dans les régions où les châtaigniers sont présents. En plus de ces deux fruits, il serait envisageable d'utiliser d'autres fruits (fruits à pépins, noix, baies...) dans le but d'améliorer le profil nutritionnel et gustatif des produits mais aussi d'augmenter l'autonomie alimentaire pour limiter les coûts de production.

1.1.2.4. Autres fruits

Peu d'études sur le profil nutritionnel de fruits entiers et leur impact dans les rations des porcs existent. La plupart des études concernant les porcs sont réalisés à partir de fruits sous forme de marc ou de co-produits et non sur des fruits entiers pouvant être pâturés une fois tombés au sol comme c'est le cas pour l'argouse (akène de l'argousier, *Hippophae rhamnoides L.*). L'argousier est un arbuste répandu dans les zones tempérées (Li, Schroeder, 1996). Le potentiel de ces fruits est reconnu depuis plusieurs siècles associé à sa richesse en acides phénoliques, vitamines, minéraux, amino-acides, acides gras et phytostérols (Olas, 2018). L'argouse est composé en majorité d'eau (8% de matière sèche MS), de fibres en pourcentages notables (6,5% sur un fruit

frais) ainsi que de protéines (~3,5%) contenant notamment de la thréonine et de la lysine (respectivement 23 et 21% de la MAT). Cette akène est également riche en potassium (0,79%) et possède un fort potentiel antioxydant et antimicrobien (El-Sohaimy *et al.*, 2022). L'argouse semble être adapté à l'alimentation porcine notamment sous forme de marc considéré comme déchets organiques coproduit lors de transformations de l'argouse en produits pharmaceutiques (Dannenberger *et al.*, 2018). Selon Nuernberg *et al.*, 2015, l'adjonction de marc d'argouses au régime alimentaire des porcs permet une amélioration du profil d'acide gras dans la viande avec l'augmentation du taux d'acides gras insaturés en particulier une hausse d'oméga-3 sans pour autant modifier d'autres paramètres tels que la croissance, le poids et la qualité de la viande à l'abattage. Le marc d'autres légumes ou fruits ont également été testés. Dans leur étude, Pieszka *et al.*, 2017 mettent également en exergue la modification du profil d'acide gras polyinsaturés avec l'augmentation d'oméga-3 et une baisse du taux de cholestérol total dans la viande issu de porc au régime alimentaire complétement avec des marcs secs (carottes, pommes, cassis, fraise, nèfles). Au-delà de l'aspect nutritionnel, le type de marc apporté peut avoir un impact sur la quantité de nourriture ingérée selon la composition et l'appétence des marcs proposés. En effet, d'autres résultats affirment que l'augmentation de la teneur en fibres alimentaires dans le mélange à faible concentration énergétique entraîne une réduction de la digestibilité et une augmentation de la prise alimentaire (Raj *et al.*, 2010). Il est possible de supposer que les acides organiques contenus dans les marc de fruits (tels que l'acide malique, l'acide citrique et autres) améliorent la saveur et l'appétence du mélange alimentaire, et pourraient stimuler la sécrétion de suc gastrique et augmenter la prise alimentaire (Pieszka *et al.*, 2017b). Différentes études rejoignent ces propos autour de l'utilisation de marc avec l'ajout dans les rations alimentaires d'agro-résidus, de co-produits et de fruits gaspillés aux rations des porcs en engraissement et ne présentent pas de dégradation du profil nutritionnel ou de la qualité de la viande avec ce type de régime (Achilonu *et al.*, 2018). En revanche, bien que ces études rendent compte de la pertinence des fruits dans les rations des porcs, il n'existe pas ou peu de références concernant l'ajout de fruits avec une ingestion directement dans les parcours. Les co-produits issus de noix peuvent également être envisagés comme alternative à des compléments conventionnels grâce à leur richesse en composés bioactifs et leur composition nutritive intéressantes (acides gras insaturés notamment oléique et protéines) et pourraient avoir des impacts positifs sur la santé des animaux et sur la qualité des produits (Musati *et al.*, 2023).

Certains fruits seraient nutritionnellement intéressants pour les porcs avec, comme conséquence similaire aux glands, une amélioration du profil des acides gras. Cependant, il serait utile d'étudier plus en profondeur à la fois les fruits dont les propriétés sont avérées mais aussi d'autres espèces pour obtenir un panel plus large de possibilités dans un contexte d'élevage en plein air. De plus, la saisonnalité des arbres pose la question de la constance de leurs apports et de la façon d'appréhender ces variations de production au cours de l'année. La mise en place d'arbres fourragers dans les parcs pour introduire des fruits dans les rations nécessite une gestion accrue des parcours et une protection des arbres afin de garantir une production satisfaisante.

1.1.2.5. *Sur la question de l'autonomie alimentaire*

En conclusion, on peut souligner l'importance de la recherche de l'autonomie fourragère afin d'alléger le coût de l'alimentation pour les porcs à l'engraissement et les truies.

En système conventionnel, avec des porcs menés jusqu'à 6 mois, le coût de l'alimentation est d'environ 300 euros. Ce qui peut alléger le coût sera la capacité à autoproduire l'aliment. Mais en système conventionnel, c'est souvent le cas. On peut considérer cette moyenne comme un

exemple type d'exploitation produisant son alimentation et avec un cheptel élevé principalement en bâtiment avec courette d'extérieure. On nuancera toutefois le facteur d'autoproduction de l'aliment, qui n'est pas forcément un facteur d'économie de charge selon les contextes (Etude Céréopa – oct. 2016).

<i>Ateliers naisseur engraisseur totaux</i> <i>Tri sur la marge brute par kg de carcasse</i>	Quart inf.	Moyenne	Quart sup.
Nombre de truies présentes	141	197	189
Nombre de porcs produits par truie	21,8	24,3	24,7
Poids vifs produit par truie (kg)	2 629	2 869	2 872
Poids de carcasse (kg)	90,7	92,0	92,2
Prix de vente du kg de carcasse	1,559 €	1,632 €	1,673€
Indice de consommation global	3,10	2,99	3,11
Prix de tonne d'aliment consommé	305 €	293 €	266 €
Coût du kg de croit	0,944	0,877 €	0,828 €
Marge brute par truie	445 €	1 000 €	1 467€

Tableau 3. Impact du coût de l'alimentation sur la marge brute / truie – source CER France 2023

<i>Ateliers engraisseurs</i> <i>Tri sur la marge brute par porc produit</i>	Quart inf.	Moyenne	Quart sup.
Nombre de places d'engraissement	739	1 013	1 288
Poids de carcasse (kg)	93,3	93,1	93,3
Prix de vente du kg de carcasse	1,548	1,621 €	1,687 €
Prix d'achat du porcelet	40 €	42 €	44 €
Indice de consommation global	2,84	2,70	2,48
Prix de tonne d'aliment consommé	315 €	296 €	301 €
Marge brute par porc produit	-5 €	19 €	35 €

Tableau 4. Impact du coût de l'alimentation sur la marge brute du porc à l'engraissement – source CER France 2023

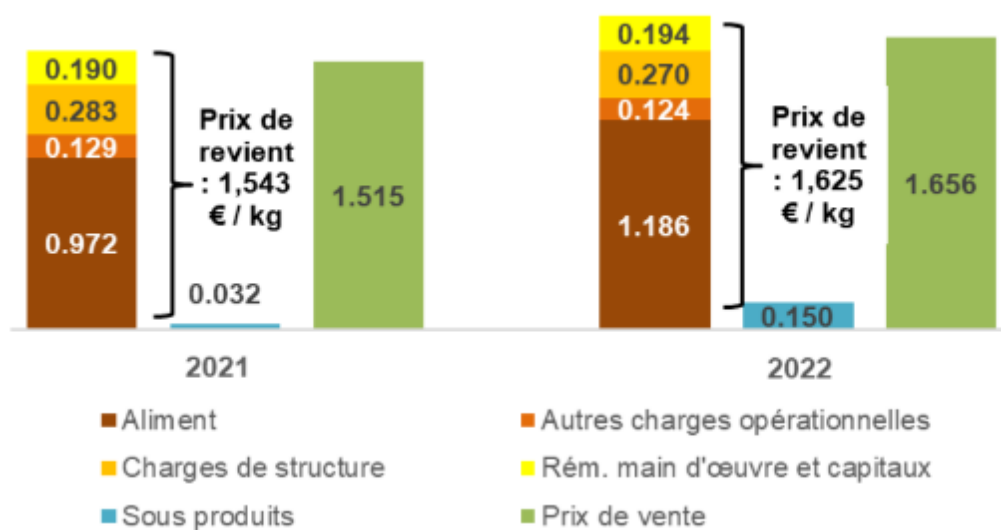


Figure 5. Evolution du prix de revient moyen et comparaison avec le prix de vente. Source CER France 2023.

Le coût de l'aliment et la charge relative de ce coût est donc essentiel dans la marge dégagée par l'éleveur. Il s'agit du premier poste en terme de dépense. Une alimentation à base de lin, permettant une meilleure qualité de la viande, n'est par contre pas rentable si le prix de vente de la viande reste inchangé.

Si en conventionnel, on arrive à une dépense de l'ordre de 1 € par kilo, ce chiffre est multiplié par 3 à 4 pour les éleveurs en extensif. En effet, dans ce cas, les porcs vivent quasiment le double de temps, donc avec une alimentation doublée voire davantage chez certains élevages, et la consommation est également plus élevée du fait du mode d'élevage. D'autre part, certains éleveurs, notamment en montagne, n'ont pas la possibilité de réduire cette charge en produisant eux même les aliments. Certes, le prix de vente au kilo est également supérieur, soit entre 4,5 et 7 euros le prix carcasse selon la valorisation et les filières. En vente directe, ce prix peut être plus élevé (mais avec des charges de transformation et de conservation de la viande non négligeables).

En système extensif, le pâturage permet de contribuer jusqu'à 30% des besoins des porcs (Civam 29, 2018). Cette gestion pose la question du maintien du couvert herbacé et de la gestion du pâturage en conséquence. En agroforesterie, l'enjeu du projet est donc bien de réduire cette dépense, via la production d'une alimentation agroforestière couplée avec la ressource du pâturage quand cela est possible...



Figure 6. Extrait d'un article de la revue Réussir Agri53 – Oct. 2022, n339.

1.1.3. Le parcours arboré

1.1.3.1. Potentiel des parcours

La présence obligatoire de parcours est souvent incluse dans le cahier des charges du label rouge porc fermier et en agriculture biologique, ainsi que pour les races faisant l'objet d'une appellation d'origine. Au-delà de cette obligation, le parcours possède de nombreux potentiels dans les élevages recherchant l'autonomie alimentaire. Au sein des élevages porcins, le fourrage ingéré peut prendre une place conséquente dans l'alimentation des porcs comme nous l'avons cité précédemment. Des travaux menés dans le cadre du projet européen ICOPP (2011-2014) ont permis de quantifier l'ingestion spontanée de truies allaitantes au pâturage. Celle-ci peut représenter jusqu'à 1,6 kg de MS pour des truies allaitantes (Jurjanz, Roinsard, 2014). D'autres études mettent en exergue que l'ingestion d'herbe par des porcins élevés en plein-air est significative mais très variable d'un animal à l'autre (Sehested *et al.*, 2004; Rivera Ferre *et al.*, 2001; Gustafson, Stern, 2003; Mowat *et al.*, 2001). Ensuite, dans le cadre du projet Casdar SECALIBIO (2015-2019) porté par l'IFIP et l'INRAE, des études ont permis de montrer qu'un pâturage tournant rationalisé permettait de couvrir environ 30 % des besoins en lysine digestible des truies gestantes avec une diminution de 16 % du coût alimentaire. En revanche, sous les arbres, la productivité fourragère est encore méconnue mais les travaux menés dans le projet PARASOL soulignent une valeur nutritive souvent plus élevée sous les arbres, surtout en été (Béral *et al.*, 2018). Les animaux jouent également un rôle dans la composition des espèces végétales des pâtures : en enlevant de la biomasse végétale, ils encouragent l'apparition d'espèces à croissance rapide à appétence forte et dont les nutriments sont concentrés dans les feuilles (Gustafson, Stern, 2003). Que ce soit pour les éleveurs conventionnels de porcs, mais aussi de volailles, le fait de mettre les porcs en pâtures ou parcours arborés perturbe la stratégie alimentaire en place. Les porcs vont s'alimenter à l'extérieur, mais sans que l'on sache quoi exactement et avec quelle homogénéité sur les lots en pâturage. L'alimentation contrôlée en bâtiment, tout comme tous les éléments de bien être qui pourraient favoriser le bien être animal (notamment pour faciliter sa prise de poids), est rôdée et calculée au plus juste, pour un gain optimal de poids journalier.

Le parcours arboré pourrait toutefois permettre de tamponner les effets du réchauffement climatique. En effet, le changement climatique en France entraîne des stress multiples pour les animaux des exploitations, notamment dans les régions les plus au sud : augmentation de la durée et de l'intensité de la sécheresse estivale, précipitations plus violentes (Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), 2023; Michaelides *et al.*, 2018; Semia Cherif *et al.*, 2020), mais également des restrictions plus fréquentes des ressources en eau (Andrew, Sauquet, 2017). Les exploitations pourront faire face à une hausse des prix et des baisses de rendements (Olesen *et al.*, 2011), ainsi que des baisses des performances zootechniques, dues aux extrêmes climatiques (Nardone *et al.*, 2010). De nombreuses études ont montré que la présence d'arbres bien développés permet de réduire ces extrêmes climatiques, à la fois pour les cultures et pour les animaux d'élevage (Quandt *et al.*, 2023). La température sous des arbres développés est ainsi tamponnée (jusqu'à 6°C mesuré en contexte tropical) en comparaison d'une zone non abritée (Lin, 2007), ce qui peut permettre de limiter les stress thermiques inhérents. De plus, les projets PARASOL (coord. AGROOF 2015-2018) et Bouquet (coord. ITAVI 2017-2019) ont précédemment étudié l'apport de parcours arborés en production ovine et volaille, et ont permis de mettre en évidence l'effet microclimatique des arbres sur la disponibilité et la qualité des fourrages herbacés. Ils ont également montré l'utilisation active de l'ombre par les animaux en période estivale. La connaissance des interactions entre arbres et couverts végétaux et/ou animaux est cependant très lacunaire et nécessite d'être approfondie afin d'adapter au mieux la gestion des

parcours, dans des contextes variés. Ainsi le pâturage arboré, en plus d'ajouter un apport fourrager via les feuilles ou les fruits que produisent les arbres, permettrait d'améliorer le bien-être des animaux et de la productivité des prairies pendant les périodes sujettes à la sécheresse tout en maintenant un bon niveau de protéines. Pour utiliser le parcours de façon optimale, il convient de gérer les parcours pour ne pas les exposer à l'érosion engendrée par la capacité des porcs à fouir le sol.

1.1.3.2. *Gestion des parcs*

Les parcours et pâturages arborés nécessitent une gestion adaptée pour maintenir une production suffisante pour satisfaire tout ou partie, selon les choix de l'éleveur.se, les besoins des porcs. Dans les systèmes de « Dehesa », la présence conséquente de chênes et un faible chargement à l'hectare de porcs assure une production importante de glands permettant la finition des animaux. A l'exemple des arbres fruitiers, les éleveurs interviennent sur la gestion des houppiers pour relancer la productivité fruitière. Cependant, selon les espèces, cette production peut varier d'années en années selon l'origine botanique et les conditions saisonnières. La disponibilité de glands au sein des pâtures peut alors fluctuer selon les espèces de chênes en présence. Malgré cette variation, la quantité de glands produites suffirait pour subvenir aux besoins de ces systèmes extensifs traditionnels. En revanche, la collecte des fruits et leur commercialisation ne semblent pas viables actuellement car ils nécessiteraient des investissements coûteux sur de larges territoires. La disponibilité en glands mûrs ne semble durable seulement lorsque ces derniers sont broutés directement par les animaux. Dans un tel régime alimentaire, le taux de chargement semble jouer un rôle clé, car l'approvisionnement en glands (source d'énergie) n'est pas continuellement renouvelé dans les zones pâturées, comme c'est le cas pour l'herbe (Rodríguez-Estévez *et al.*, 2010b). Il convient alors de trouver des solutions pour maintenir une production de glands convenable. Premièrement, la gestion des densités d'arbres et des houppiers pour relancer la production de glands a été expérimentée en Espagne et a montré des résultats prometteurs (Alejano *et al.*, 2008). Ensuite, les choix variétaux vis-à-vis des critères de production (quantités, qualité et précocité ou périodes de fructification) peuvent être un levier pour améliorer les parcours en offrant une fenêtre de production soutenue plus longue. Les projets régionaux (centre Val de Loire) SPEAL et SPEAL2 (2013-2019) ont permis de progresser sur les méthodes adaptées à la collaboration avec des pépiniéristes et des agroforestiers pour la sélection participative de ligneux (Migeot *et al.*, 2014), et d'initier un outil, le modèle EcoAF sur la plateforme de simulation CAPSIS, qui pourra être plus spécifiquement adapté aux parcours pour porcins pour gérer les interactions entre houppiers et la lumière (Liagre *et al.*, 2019).

Cependant, si les porcs fouissent et se nourrissent des fruits tombés au sol et de l'herbe, ils freinent voire empêchent la régénération naturelle de la strate arborée. D'autres facteurs tels que la prédation des graines, des stress abiotiques (sécheresse, hautes températures) et l'absence des conditions de germination adéquates sont limitants dans la régénération des parcours arborés (Rolo *et al.*, 2013). Il convient alors de trouver des moyens de stimuler la régénération et surtout de protéger les jeunes plants. Différentes solutions sont envisagées : collecter des graines pour les plantations, favoriser les conditions de germination par l'utilisation de légumineuses ou de branches, ou la mise en défens des sites de germination (Caceres *et al.*, 2017). Dans le cas des protections des jeunes arbres, diverses protections doivent être étudiées selon les coûts à investir et les objectifs des éleveur.ses.

En faisant le choix du plein air, les producteurs porcins engagés dans ces filières misent sur une moindre dépendance au cours des céréales et valorisent les productions par un produit de

qualité et une plus-value sur la transformation. S'ils ne représentent que 5 % de la production porcine (FranceAgriMer unité Elevage, 2017), leur impact sur le développement touristique et gastronomique est essentiel. En intégrant des arbres dans les parcs, comme cela est déjà le cas dans les systèmes traditionnels espagnols et portugais, il serait possible d'augmenter encore l'autonomie alimentaire et de limiter les conséquences du réchauffement climatique à condition d'avoir une bonne gestion des arbres et pâtures. Cependant, en dehors des parcours extensifs traditionnels, il existe peu de références techniques et économiques concernant la gestion des parcs de plein air, et plus particulièrement arborés, sur des superficies limitées comme il est possible d'en trouver sur le pourtour méditerranéen français et dans le Sud-Ouest.

Finalement, l'alimentation est un aspect essentiel dans les systèmes d'élevage porcin d'un point de vue environnemental et économique. Pour augmenter l'autonomie alimentaire et la qualité des viandes produites, l'introduction d'arbres comme les chênes et les châtaigniers semble pertinente au regard des systèmes d'élevage traditionnels. Au-delà des essences communément utilisées, d'autres espèces et arbres fruitiers pourraient être introduits dans les parcours porcins. Bien que la perspective d'un apport de fruits dans la ration des porcs élevés en plein air soit intéressante, peu de références existent quant aux qualités nutritionnelles des fruits dans l'alimentation porcine. De plus, la présence d'arbres dans les pâtures implique la question de leur protection dans des systèmes agroforestiers plus intensifs que les *Dehesa* et *Montado* traditionnels. Le projet avait donc comme objectif d'étudier et tester l'implémentation d'arbres dans les parcours de petite et moyenne surface afin de répondre à plusieurs objectifs, dont l'autonomie alimentaire, le bien-être animal, l'adaptation au changement climatique, la réduction de l'impact environnemental et la production de viande de haute qualité, à forte valeur ajoutée.

1.2. Le projet AgroforesTruie

Pour répondre à cet objectif, le projet AgroforesTruie avait pour ambition d'améliorer l'efficacité des systèmes agroforestiers porcins par des aménagements innovants autour des essences traditionnelles (chênes et châtaigniers) mais aussi d'autres essences ligneuses fourragères et fruitières rarement utilisées. L'introduction des arbres multiservices (fourrage, brise vent, protection microclimatique) nécessite de revoir certaines parties des itinéraires techniques : plantation et protection des arbres, gestion des lots de pâturage. Pour répondre à ces questionnements, le projet s'organise autour de 3 actions définies grâce au projet "Duroc de la feuille" :

Action 1 – Renforcer la place du chêne et du châtaignier en agroforesterie porcine

Action 2 – Etudier la valeur nutritionnelle des fruits en agroforesterie

Action 3 – Etudier des essais de protections en agroforesterie porcine avec l'essai de quelques installations innovantes

Il s'agit d'un projet financé par la Fondation de France avec 8 partenaires : l'INRAE BIOFORA, l'IFIP, le FIBL, l'Euskal Herriko Laborantza Ganbara et l'association Kintoa, le Noir de Bigorre, le Baron des Cévennes et l'Ecusson noir. Le porc Noir de Bigorre est un porc d'Appellation d'origine protégée d'origine des Hautes Pyrénées, le Gers et la Haute Garonne. Le kintoa est le porc basque, élevée dans les Pyrénées Atlantiques. Le Baron des Cévennes est un porc de race pure Duroc élevé en plein air sous les chênaies et châtaigneraies du territoire des Cévennes. Cette marque en cours d'appellation regroupe 10 producteurs. L'Ecusson noir est un porc de race pure

Cul noir limousin dont l'élevage suit un cahier des charges concernant les conditions d'élevage (plein air, alimentation, bien être) et la traçabilité.

Ce rapport s'organise autour des résultats pour chacune des trois actions précédemment citées. Ensuite, une partie sur la valorisation reviendra sur les formations et journées techniques organisées dans le cadre du projet. Enfin, la dernière partie dressera le bilan et exposera les perspectives liées à l'introduction des arbres fourragers dans les élevages porcins agroforestiers.

2.Action 1 – Renforcer la place du chêne et du châtaignier

2.1. Identification des zones traditionnelles de pâturage extensif

Lors de la première année, nous avons tenté de recenser les systèmes traditionnels encore existant en France, au-delà des aires d'appellations avec les groupements déjà partenaires du projet. L'objectif était de recenser ces aires géographiques, partout en France, afin de recenser ensuite les essences d'arbres, notamment en se focalisant sur les chênes à glands doux. L'hypothèse était que sur ces « plantades », comme citées dans le rapport de recensement des systèmes agroforestiers traditionnels de l'INRAE en 2000, mené conjointement avec Solagro, nous pourrions sans doute identifier des peuplements de chênes à glands doux. L'étude a consisté d'une part en un travail d'enquête auprès d'organismes directement ou indirectement impliqués sur ce sujet, et d'autre part, dans une étude bibliographique sur le possible recensement de ces plantades.

Nous avons mené des enquêtes auprès de 40 personnes, représentant le monde agricole, forestiers et associatifs. Toutes les associations de races locales et experts porcins ont été interrogés. En parallèle, nous avons également interrogé les structures œuvrant en agroforesterie, soit directement sur le terrain (accompagnement de projets, comme dans le réseau AFAC-Agroforesteries), soit dans le domaine de la recherche. Si le terme plantade ou simplement le système de pâturage sous les arbres, était connu de tous, aucune personne n'a pu nous renseigner concrètement sur des aires localisées, autrement que sur les territoires d'appellation des AOP, comme pour le porc noir de Bigorre. Mais même dans ce cas, personne n'a réellement été en mesure de nous indiquer des territoires où ces pratiques étaient toujours en cours depuis plusieurs décennies, encore moins depuis plusieurs siècles. La raison se trouve dans l'histoire même de ces pratiques. Si on étudie l'histoire des races anciennes, que ce soit le Porc Noir de Bigorre, le Porc Kintoa Basque ou le Cul Noir du Limousin, ces pratiques ont failli disparaître dans la première moitié du siècle dernier et avec l'avènement de l'élevage plus intensif.

Chacune de ces races n'était alors plus représentée que par quelques individus dans leur région d'origine dans les années 70. S'ensuit alors une lente progression pour retrouver des cheptels plus importants, mais reconstitués autour d'éleveurs qui ont été déconnectés des pratiques ancestrales, que ce soient dans les techniques comme dans l'utilisation du territoire. De même, la configuration même des exploitations a considérablement changé, en passant de pâturage extensif à des pâturages plus localisés sur l'exploitation, voire dans les bâtiments. En parallèle, les bois pâturés, publics ou privés, ont évolué également de leurs côtés, que ce soit sur le mode de propriété comme de gestion des peuplements. En conclusion de ces enquêtes, certes assez réduites compte tenu du temps disponible pour cette action, c'est que nous étions face à une

pratique disparue et quasiment impossible à retrouver sur le terrain, à moins d'un travail plus conséquent en ethnobiologie et histoire des pratiques.

De même, nous avons mené des enquêtes auprès d'agriculteurs « anciens » chaque fois que cela était intéressant, mais les données n'ont jamais pu être précisées car remontant trop loin dans le temps. Au moment de l'identification de parcelles éventuelles, il était impossible d'avoir des données fiables, du fait notamment de l'évolution des paysages et de l'occupation des sols. Néanmoins, par notre recherche bibliographique, nous avons pu retrouver des passionnés de chênes à glands doux, remontant peut-être indirectement à ces pratiques. Ainsi, l'association Fruits Oubliés dans le Gard a fait un travail intéressant sur le chêne à glands doux, bien que davantage tourné sur l'alimentation humaine. Ce contact tardif (fin 2022), ne nous a pas encore permis d'aller sur le terrain pour appréhender le recensement réalisé par ce petit groupe de passionnés. Cette action sera entreprise en 2023. Par contre, un contact avec l'ONF de Tarbes nous a permis de remonter sur un travail entrepris en 1993 sur le recensement des plantades dans les départements pyrénéens (cité dans le rapport INRAE/SOLAGRO en 2000).

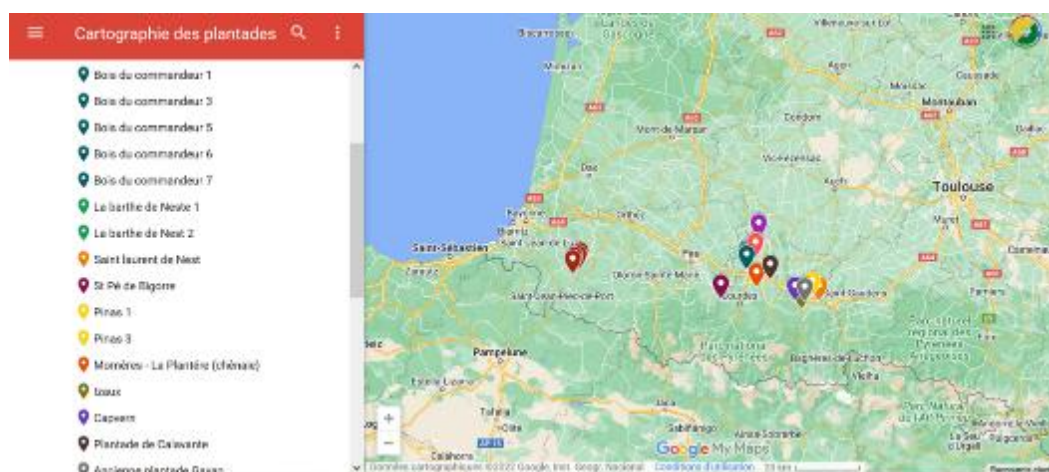


Figure 7. Localisation des plantades recensées dans le travail d'enquêtes et de bibliographie.
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1tvIwozJSS99yUfQjEFJn9GUXRw5Wf2Wq&usp=sharing>

Nous sommes allés à leur rencontre et avons visité différentes plantades recensées lors de ce travail. Si ces espaces ont bel et bien été pâturés par les cochons, il s'agissait surtout de plantations remontant à l'époque Colbert. Il s'agissait de très belles plantations alignées. A cette époque, la forêt comportait deux fois moins de surface, était surexploitée et mal gérée, d'où l'initiative de Colbert de relancer la filière à la fin du XVIème siècle.



Photo 1. Identification des plantades Colbert dans le piémont pyrénéen.

Ces lieux ne sont plus utilisés par les éleveurs depuis très longtemps. Après échanges avec les ingénieurs de l'ONF de Tarbes et observations sur le terrain, il s'est avéré que ces plantations sont majoritairement composées de chênes pédonculés ou sessiles, mais aucune variété de chênes à glands doux ne sont présentes à priori. Néanmoins, nous avons réalisé quelques prélèvements pour analyse dans le cadre de l'action suivante. En conclusion de cette action préliminaire, nous avons pu produire une carte de localisation des sites d'intérêt (27 sites au total). Chaque site est renseigné sur sa surface et le nombre d'arbres recensés.

2.2. Collecte des fruits sur les sites

Sur les sites de plantades ou de systèmes traditionnels remarquables (essentiellement sur les territoires du Porc Noir de Bigorre, Porc Kintoa Basque et Baron des Cévennes), nous avons identifiés 145 arbres d'intérêt dont nous avons récolté les fruits (chênes et châtaigniers principalement). L'ensemble des sites récoltés se situaient ainsi sur la moitié sud de la France, essentiellement dans le Sud-Ouest. Dans les plantades, nous avons récolté entre 2 et 4 individus par plantades. Ce mode opératoire est avant tout exploratoire car il ne peut rendre compte de la diversité génétique potentielle de chaque site. Il aurait été intéressant sans doute de faire une analyse d'une part plus importante d'arbres de la même espèce sur chaque site afin de vérifier la variabilité intraspécifique. Nous avons fait le choix d'avoir un premier aperçu d'une possible

variabilité à l'échelle des territoires. Après discussion avec les laboratoires d'analyse et l'IFIP, pour chaque arbre, nous avons récolté au sol 300 grammes de fruits. Agroof a coordonné la récolte des fruits, en partenariat avec les associations locales partenaires du projet pour les zones sous appellation, et en partenariat avec l'ONF pour les sites de plantades. L'IFIP s'est chargé de la préparation des échantillons (pré-broyage) et de leur envoi en laboratoire agréé.

La récolte a été réalisée à même le sol, en condition réelle de parcs porcins. Le principal inconvénient a été de devoir récolter parfois des individus en bordure de parc pour avoir la chance de récupérer suffisamment de glands de bonne qualité. Les glands tombés au sol à l'intérieur des parcs n'ont pas une durée de vie très longue du fait de la présence des porcs. Le principal inconvénient a été la présence de balanins des glands ou des châtaignes, en zone non occupée et donc contrôlée sans doute en partie par les cochons. On peut en effet supposer que les cochons nettoient en totalité la parcelle, coupants le cycle de développement des balanins notamment à leur arrivée au sol ou sous forme larvaire. Nos échantillons étaient donc parfois infestés de larves et rendus impropres pour toute analyse correcte de l'échantillon.

Au total, près de 150 échantillons ont été récoltés par les partenaires ainsi que par des éleveurs intéressés. Après sélection des échantillons sains et suffisant en poids (300 gr minimum pour analyse en laboratoire), nous avons procédé à l'analyse de 33 échantillons de glands et 8 de châtaigniers pour l'année 2022. Ce mode opératoire a été réitéré en 2023 et a conduit à l'analyse de 12 échantillons de châtaignes et 9 de glands. Les résultats de ces analyses sont présentés dans la partie suivante.

3. Action 2 - Analyse nutritionnelle des fruits

3.1. Méthodologie

Deux méthodes ont été utilisées pour obtenir un large panel de données nutritionnelles sur différents fruits. La première a été un travail de recherche bibliographique et de veille documentaire. A travers cette démarche des données concernant les valeurs nutritives de près de 80 espèces et variétés de fruits communs en région méditerranéenne ont été collectées. La recherche des valeurs nutritionnelles a été rendue difficile par le peu d'informations disponibles concernant les fruits même issues de table de valeurs de fruits destinés à la consommation humaine. En effet, si des valeurs fiables sont facilement disponibles en ligne pour l'alimentation humaine, il en est tout autre pour celle des porcs. Par exemple, les valeurs disponibles dans les bases telles que celle du CIQUAL ne prennent en compte que la partie comestible du fruit. Les coques, bogues, pépins et noyaux sont dans la plupart des cas retirés pour les mesures. Or, dans le cas de l'alimentation porcine, les cochons mangent les fruits tombés au sol sans forcément décortiquer soigneusement fruits, coques et noyaux. Cet aspect est en fait assez méconnu, notamment pour les fruits autres que le gland ou la châtaigne, pour lesquels les porcs semblent ne consommer que l'amande ou l'intérieur du fruit. Il est important de noter que les données collectées par bibliographie sont des fruits sous différentes formes : entiers, pelés, avec ou sans coques etc. De plus, il n'est pas toujours aisé de trouver les valeurs d'intérêt telles que la Lysine, la cellulose brute ou la digestibilité chez le porc qui sont beaucoup moins recherchées en alimentation humaine. Les espèces étudiées sont d'une part des espèces communes dans l'alimentation humaine, par exemple les pommes de variétés Gala ou Pink lady, et des espèces moins communes comme les fèves d'Amérique ou les cornes, certes autrefois utilisées également dans l'alimentation humaine.

La deuxième méthode est la collecte de fruits dans différents lieux (Pays Basque, Cévennes) sur des arbres sauvages de différentes espèces, à proximité ou à l'intérieur même des parcs. Au total, 53 échantillons en 2022 et 36 en 2023 ont été analysés répartis entre, en majorité, châtaignes et glands mais aussi poires, pommes, cormes, fèves d'Amérique, coings et arbrouses. Certains échantillons ont été doublé pour les glands et les chênes pour pouvoir comparer avec ou sans coquille.

La récolte a été réalisée à même le sol, en condition réelle de parcs porcins. Le principal inconvénient a été de devoir récolter parfois des individus en bordure de parc pour avoir la chance de récupérer suffisamment de glands de bonne qualité. Les glands tombés au sol à l'intérieur des parcs n'ont pas une durée de vie très longue du fait de la présence des porcs ! Le principal inconvénient a été la présence de balanins des glands ou des châtaignes, en zone non occupée et donc contrôlée sans doute en partie par les cochons. On peut en effet supposer que les cochons nettoient en totalité la parcelle, coupant le cycle de développement des balanins notamment à leur arrivée au sol ou sous forme larvaire. Nos échantillons étaient donc parfois infestés de larves et rendus impropres pour toute analyse correcte de l'échantillon.



Photo 2. Récolte à quatre pattes des glands en plantade dans les Hautes Pyrénées.



Photo 3. Le balanin, son stade larvaire et les dégâts visibles. Chaque fruit est occupé par une seule larve, mais qui nettoie le fruit dans sa totalité.

Concernant les valeurs nutritionnelles, les principales caractéristiques qui ont analysées sont : la protéine brute, la matière sèche, l'amidon, la cellulose brute, les sucres totaux, et la matière grasse. D'autres critères pourraient être intéressants comme le NDF (pour calculer l'énergie nette des matières premières) et un profil d'acides aminés essentiels dans le cas de matières premières riches en protéine.

A partir de la sélection d'arbres et arbustes, nous avons procédé à une analyse nutritionnelle complète.

	MS	MAT	CB	NDF	ADF	ADL	MM	Ca	P	AMIDON	MG	SUCRE
Chêne 1-5	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Châtaignier 1-5	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Cormier, Figulier, Cognassier	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Pommier, Noisetier, Amandier, Olivier	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X

Tableau 5. Tableau des analyses réalisées pour les espèces principalement visées par le projet.



Photo 4. Récolte des glands sur le terrain.



Photo 5. Chaque échantillon a été caractérisé (poids et taille des fruits pour 10 individus représentatifs).

Lors des récoltes, nous avons pu mesurer des différences notables de calibre (Photo 5), mais qui n'aura pas d'effet significatif sur la valeur nutritive, excepté dans les rendements fruitiers. Mais le nombre d'échantillons reste encore trop faible pour conclure sur cet aspect.

Les analyses nutritives ont été réalisées par le laboratoire agréé Artemis, partenaire de l'IFIP. Le coût des analyses représentait un peu plus de 400 euros par échantillon, afin d'analyser les paramètres essentiels pour l'alimentation porcine (cf. Figure 8).

CHENE

Ref. échant. 231852717001

Reçu au laboratoire le	07/12/2023	Prélevé le	
Référence client	G15-15	Poids échantillon	397.9 g
Année récolte	2023		
Commentaire :			
ANCIEN N°5			

Analyse	Résultat	Début analyse le
Humidité NF ISO 6496	27.1 %	14/12/2023
Protéines Dumas (N°6,25) corrigées KJD NF EN ISO 18634-1	4.05 %	12/12/2023
Cellulose NF V03-040	10.9 %	08/12/2023
Matières minérales LAB-AM-0023 adaptée de la NF V15-101 (1977)	1.8 %	13/12/2023
Matière grasse LAB-AM-0050 adaptée de la NF ISO 6492 - A (2011)	4.2 %	11/12/2023
Amidon polarimétrique Règlement 152/2009 modifié	33.55 %	12/12/2023
Minéralisation (préparation ICP) Méthode interne	Réalisé	18/12/2023
Phosphore NF EN 15621	0.06 %	18/12/2023
Sucres (glucose) Règl. 152/2009	<0.50 %	28/12/2023
NDF NF V16-122	23.69 %	14/12/2023
ADF NF V16-122	14.88 %	15/12/2023
ADL NF V16-122	6.49 %	15/12/2023
Digestibilité - matière organique (dMO) Biomex	66.4 %	22/12/2023
Aminogramme (acides aminés totaux) NF EN ISO 12862		28/12/2023
Proline	0.18 %	28/12/2023
Cystine	0.05 %	28/12/2023
Méthionine	0.04 %	28/12/2023
Acide aspartique	0.38 %	28/12/2023
Thréonine	0.15 %	28/12/2023
Sérine	0.17 %	28/12/2023
Acide glutamique	0.46 %	28/12/2023
Glycine	0.18 %	28/12/2023
Alanine	0.18 %	28/12/2023
Valine	0.17 %	28/12/2023
Isoleucine	0.15 %	28/12/2023
Leucine	0.28 %	28/12/2023
Phénylalanine	0.16 %	28/12/2023
Histidine	0.10 %	28/12/2023
Lysine	0.19 %	28/12/2023
Arginine	0.25 %	28/12/2023
Tryptophane NF EN ISO 12864	0.06 %	15/12/2023

Figure 8. Exemple d'analyse d'un échantillon de gland réalisé par le laboratoire Artémis.

Au final, nous avons synthétisé les résultats entre la part laboratoire et la part de données externes au projet (publications ou base de données en ligne).

3.2. Résultats

3.2.1. Présentation de la base de données du projet

La base de données rassemble l'ensemble des données collectées selon l'espèce, la variété, la source (bibliographie ou analyse), le lieu de collecte, la partie étudiée du fruit et l'année d'analyse ou de publication. Pour caractériser les échantillons, le rendement par arbre, le poids de dix fruits

ainsi que la matière sèche et l'humidité ont été ajoutés lorsque ceux-ci étaient disponibles. Puis, parmi les éléments nutritifs relevés, il est possible de retrouver : le taux de protéines, de cellulose, de matières grasses, de matières minérales, d'amidon, de phosphore, de sucres, de fibres (avec le NDF, l'ADF, l'ADL), de digestibilité (dMO) et des acides aminés (proline, cystine, méthionine, acide aspartique, thréonine, sérine, acide glutamique, glycine, alanine, isoleucine, valine, leucine, phénylalanine, histidine, lysine, arginine, tryptophane).

- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2017), USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28, Nutrient Data Laboratory Home Page : <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
- Site du Ciqua (ANSES), Table de composition des aliments : <https://ciqua.anses.fr/>
- Site internet FeedBase : <http://www.feedbase.com/index.php?Lang=E>
- Site internet Feedipedia (INRAE, CIRAD, FAO) : <https://www.feedipedia.org/node/38>
- Site internet Informations Nutritionnelles : <https://informationsnutritionnelles.fr/>

Figure 9. Liste des sources utilisées dans la constitution de la base de données. En vert les ressources destinées à l'alimentation humaine, en orange les ressources destinées à l'alimentation animale

Concernant le paramètre fibres, nous avons retenu la méthode de Van Soest. La valeur de fibres au détergent neutre (NDF) correspond au total des parois cellulaires, ce qui permet de rendre compte du volume de fourrage que l'animal peut consommer. La valeur de fibres au détergent acide (ADF) concerne les parts de parois cellulaires du fourrage composées de cellulose et de lignine, liées à la capacité d'un animal à digérer le fourrage. Une augmentation de l'ADF entraîne une baisse de la capacité à digérer le fourrage. Enfin, la lignine sulfurique (ADL) est la part de lignine de l'ADF. Les composantes de ces trois notions sont synthétisées dans la Figure 10.

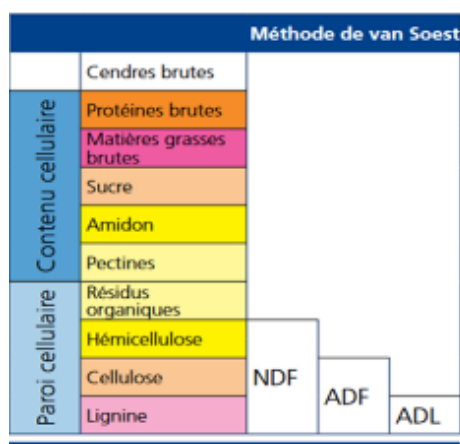


Figure 10. Composantes de la matière sèche : Décomposition des fibres selon la méthode de Van Soest D'après Foss, mai 2018 dans Analyses des fibres en alimentation animale

Le Tableau 6 référence les valeurs nutritionnelles moyennes de 23 fruits jugés intéressants pour l'alimentation des porcs. Nous avons recensé les valeurs des paramètres suivants : eau, matière sèche, protéine, matière minérale, NDF, ADF, ADL, amidon, matière grasse, cellulose brute, sucre, phosphore, lysine, méthionine, cystine, thréonine, tryptophane, Valine et DMO. Il est à noter que des valeurs incluant la coque ont été trouvées pour les noix, amandes et noisettes. Chaque valeur représente la moyenne d'au moins deux autres valeurs issues de sources différentes. Les sources sur lesquelles s'appuie cette base de données sont listées dans la Figure 9. Les « NA » indiquent les valeurs manquantes qui sont très majoritaires pour la cellulose brute, NDF, ADF, ADL ainsi que la DMO. Le travail se poursuit pour compléter ces données au maximum d'ici la fin du projet.

Fruit	Humidité	Matière Sèche	Protéine	Matière min	NDF	ADF	ADL	AMIDON	Matière Grasse
Acacia	9,66	90,35	13,28	5,14	28,86	22,99	6,60	10,28	1,82
Noix avec coque	6,07	93,93	7,84	1,63	36,73	NA	NA	NA	29,78
Caroube	12,00	88,00	4,62	1,35	39,80	NA	NA	NA	0,65
Févier d'AM	24,77	75,23	8,08	3,34	25,32	21,49	7,65	NA	1,47
Amande avec coque	8,96	91,04	10,33	5,51	22,40	18,20	7,49	1,94	18,12
Jujube	77,80	22,20	1,20	0,51	7,14	NA	NA	NA	0,20
Figue	79,70	20,30	1,25	0,63	3,21	NA	NA	0,05	0,28
Kaki	76,88	23,12	0,69	0,59	3,57	NA	NA	0,10	0,16
Grenade	78,67	21,34	1,56	0,50	3,15	NA	NA	0,10	1,19
Cerise	84,74	15,26	1,25	0,52	1,76	NA	NA	0,00	0,36
Prune	82,34	17,66	0,66	0,55	2,29	NA	NA	0,05	0,40
Pommes	85,24	14,76	0,28	0,27	2,26	NA	NA	0,06	0,21
Poire	84,05	15,95	0,36	0,34	3,06	NA	NA	0,07	0,20
Olive	55,60	44,40	1,50	2,38	6,97	NA	NA	NA	21,67
Pêche	88,10	11,90	0,98	0,44	1,50	NA	NA	0,12	0,29
Gland	12,79	87,21	5,02	1,89	33,06	16,11	6,75	36,71	3,87
Châtaigne	52,37	47,63	2,57	0,89	6,63	NA	NA	28,60	1,64
Pistache	2,84	97,17	20,09	4,26	10,27	NA	NA	1,53	46,71
Abricot	87,02	12,98	1,07	0,63	1,83	NA	NA	0,05	0,32
Coing cru	83,70	16,30	0,47	0,40	1,90	NA	NA	NA	0,10
Nèfle du J	85,87	14,14	0,42	0,41	1,77	NA	NA	NA	0,23
Noisette avec coque	8,46	91,55	8,43	1,65	9,70	NA	NA	0,48	31,23
Noisette	4,88	95,12	15,08	2,68	8,08	NA	NA	0,57	62,25
Pécan	3,05	96,96	9,59	1,50	8,97	NA	NA	0,46	72,29
Amandes	4,40	95,60	22,55	2,49	11,77	NA	NA	0,58	52,24
Noix	16,66	83,34	13,76	1,12	5,83	NA	NA	0,08	56,08

Fruit	Matière Grasse	Cellulose Brute	Sucres	Phosphore	Lysine	Méthionine	Cystine	Thréonine	Tryptophane	Valine	DMO
Acacia	1,82	18,60	NA	0,19	0,57	0,10	NA	0,27	NA	NA	NA
Noix avec coque	29,78	NA	NA	0,16	0,19	0,11	NA	0,27	0,08	0,34	NA
Caroube	0,65	NA	49,80	0,08	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Févier d'AM	1,47	13,98	22,75	0,15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Amande avec coque	18,12	NA	21,14	0,25	0,17	0,05	NA	0,18	0,06	0,26	NA
Jujube	0,20	NA	20,23	0,02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Figue	0,28	NA	14,25	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	NA
Kaki	0,16	NA	13,58	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,01	0,04	NA
Grenade	1,19	NA	13,49	0,03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cerise	0,36	NA	10,85	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	NA
Prune	0,40	NA	10,61	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	NA
Pommes	0,21	NA	10,58	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	NA
Poire	0,20	NA	9,57	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	NA
Olive	21,67	5,50	9,00	0,02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pêche	0,29	NA	8,09	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	NA
Gland	3,87	11,87	8,07	0,08	0,23	0,05	0,06	0,18	0,07	0,23	64,95
Châtaigne	1,64	NA	7,88	0,08	0,14	0,06	0,07	0,09	0,03	0,15	NA
Pistache	46,71	NA	7,68	0,27	1,14	0,36	0,29	0,68	0,25	1,25	NA
Abricot	0,32	NA	7,51	0,02	0,10	0,01	0,00	0,05	0,02	0,05	NA
Coing cru	0,10	NA	6,30	0,02	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nèfle du J	0,23	NA	6,10	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	NA
Noisette avec coque	31,23	62,50	4,34	0,16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Noisette	62,25	NA	3,98	0,25	0,42	0,22	0,28	0,50	0,19	0,70	NA
Pécan	72,29	NA	3,81	0,28	0,29	0,18	0,15	0,31	0,09	0,41	NA
Amandes	52,24	NA	3,28	0,44	0,57	0,16	0,22	0,60	0,21	0,86	NA
Noix	56,08	NA	1,80	0,25	0,42	0,24	0,21	0,60	0,17	0,75	NA

Tableau 6. Valeurs nutritionnelles pour 23 fruits potentiellement utilisable pour l'alimentation en parcours porcin.

3.2.2. Focus sur les glands des chênes

Le Tableau 7 synthétise les taux d'éléments nutritifs des glands. Ces derniers présentent un taux de protéines variable – du simple au double selon les échantillons - mais correspondent tout de même aux données collectées dans la littérature. Les taux d'humidité sont très variables du fait notamment de différence de délais de récolte après chute des fruits et de délais d'attente avant analyse.

	Matière sèche	Protéine	Matière minérale	NDF	ADF	ADL	Matière grasse	Cellulose brute	Sucre	Phosphore	Lysine	Amidon
Moyenne	82,22	4,70	1,90	30,30	15,72	6,49	3,43	11,38	6,79	0,08	0,22	38,21
Min	47,70	2,57	1,2	16,87	8,44	3,07	1,3	5,4	0,05	0,04	0,14	22,03
Max	93,50	6,60	2,70	46,99	26,36	12,07	6,00	17,70	13,28	0,12	0,38	68,15
Ecart-type	10,98	0,92	0,38	6,57	3,67	1,89	1,08	2,65	3,32	0,02	0,04	9,64

Tableau 7. Eléments nutritionnels (%) contenus dans les glands des chênes analysés

Les teneurs en protéines sont finalement assez faibles, tout comme la part d'acide aminé (ici lysine). Une alimentation exclusive aux glands de chênes n'est pas une ration complète pour les besoins du porc. L'intérêt principal réside dans sa teneur en matière grasse, notamment en acides gras insaturés.

Si l'on compare les analyses de glands entiers et décortiqués, on s'aperçoit clairement que la coquille apporte de la fibre essentiellement. Le gland décortiqué sera alors plus riche en amidon, sucres et matières grasses, mais nettement moins en cellulose brute.

	humidité	Protéine	Matière Minérale	NDF	ADF	ADL	AMIDON	Matière Grasse	Cellulose Brute	Sucres	Phosphore
entier	14,18	5,77	2,31	37,13	18,49	7,82	41,80	4,34	13,39	8,32	0,09
Décortiqué	18,10	5,91	2,31	20,32	5,03	1,00	51,98	6,41	4,22	12,09	0,12

Tableau 8. Comparaison des valeurs nutritives entre glands entiers et décortiqués.

Les teneurs en acides aminés ne varient guère dans les deux cas.

3.2.3. Focus sur les châtaignes

Concernant les châtaignes, leur profil est également intéressant avec un profil similaire à celui du gland. C'est sans doute une des surprises d'AgroforesTruie de montrer des valeurs très proches entre le gland et la châtaigne. Par contre, le châtaignier pouvant produire davantage de volume que le chêne, il s'agit alors d'un arbre très intéressant à exploiter dans les sols qui le permettent (à tendance acides) (Tableau 9).

	Matière Sèche	Protéine	Matière minérale	NDF	ADF	ADL	Matière grasse	Cellulose brute	Sucres	Phosphore	Lysine	Amidons
Moyenne	76,55	3,22	1,76	27,6	17,26	8,11	1,74	8,86	7,31	0,09	0,26	38,77
Minimum	38,59	1,53	0,75	7,45	3,26	0,5	0,53	2,6	0,67	0,04	0,1	28,6
Maximum	91,40	8,56	2,40	36,46	23,36	14,04	3,3	12,7	16,62	0,17	0,34	56,6
Ecart-type	16,15	1,51	0,46	6,66	4,41	2,69	0,72	2,09	5,06	0,03	0,05	5,88

Tableau 9. Eléments nutritionnels (%) contenus dans les châtaignes analysés

Comme pour le gland, la châtaigne reste intéressante pour ses apports en énergie. Par contre, elle est moins riche en acide gras.

A noter un résultat de recherche intéressant sur l'impact des tanins présents dans les châtaignes sur la santé des porcelets sevrés artificiellement. Lorsqu'ils sont séparés de leur mère, le risque immunitaire est plus élevé et on observe des cas fréquents de diarrhées suite à un développement bactérien (*E. coli*). Cet effet est visible pour plus de la moitié des porcelets lors des 2 à 3 premières semaines. Les chercheurs ont montré qu'une alimentation complétée de tanins hydrolysables provenant d'extraits de plantes (châtaigne) permettait de réduire significativement la durée des diarrhées et la fièvre des porcelets, avec une réduction moyenne de 3 traitements antibiotiques par porcelet (Girard and al, 2018). Les extraits utilisés dans ces essais proviennent souvent des écorces et non des fruits... Ce qui serait à explorer, pour la châtaigne mais aussi pour les autres fruitiers à fruits secs. Peu d'études ont été réalisées sur l'utilisation raisonnée de ces écorces, ce qui demanderait d'établir une base de données des différentes variétés d'arbres, voire selon leur provenance et leur mode de gestion, sur ces teneurs en tanins dans les écorces. Une étude portant sur 3 types de châtaigniers de provenance

différente a montré que les niveaux d'acides galliques et ellagiques, et en vescalagine (tous étant des polyphénols hydrolysables majeurs pour la santé porcine) pouvaient être très différents (Richard-Dazeur et al, 2024).

	Tan A	Tan B	Tan C
Polyphénols totaux, mg équiv. A.gall./g MS	524 ± 8	496 ± 16	523 ± 11
Pouvoir antioxydant, IC50	11,8 ± 0,1 b	13,4 ± 0,4 a	12,2 ± 0,1 ab
Sucres totaux réducteurs, mg équiv. Glc/g MS	152 ± 8	216 ± 0,1	159 ± 12
Acide gallique, mg/g MS	19,3 ± 0,4 b	36,2 ± 0,9 a	28,9 ± 0,5 ab
Acide ellagique, mg/g MS	3,8 ± 0,3 ab	9,9 ± 0,8 a	4,7 ± 0,3 b
Vescalagine, mg/g MS	25,4 ± 0,4 ab	9,3 ± 0,4 b	61,9 ± 0,4 a

^aPour une ligne donnée, les lettres différentes indiquent des différences significatives au seuil de 5%. MS : matière sèche, équiv. A.gall. : équivalent acide gallique, équiv. Glc : équivalent glucose.

Tableau 10. Caractérisation de tanins de châtaigniers issus de trois zones géographiques différentes (moyenne et écart type).

La limite de cette étude est le manque de précision sur les protocoles de prise d'échantillons, et dans tous les cas, la faiblesse de l'échantillonnage en zones de prélèvement (et vraisemblablement en nombre d'individus). Il n'en reste pas moins qu'il existe une variabilité, qu'il nous faudra étudier plus en détail à l'avenir.



Photo 6. Glands entiers et coupe intérieure



Photo 7. Quelques exemples de variétés de châtaignes appréciées par les cochons dans les Cévennes.

3.2.4. Le cas du févier

Parmi les fruits analysés directement dans le projet, le févier se détache des autres arbres par ses valeurs intéressantes, comme le montre le tableau suivant.

	Matière Sèche	Protéine	Matière minérale	NDF	ADF	ADL	Matière grasse	Cellulose brute	Sucres	Phosphore	Lysine	Amidons
Moyenne	73,64	9,28	3,99	32,99	25,31	7,73	1,38	17,45	26,97	0,17	0,37	7,11
Minimum	72,05	8,08	3,34	25,88	21,49	5,53	0,7	13,98	22,75	0,15		
Maximum	75,23	10,74	4,43	39,99	28,57	10,18	1,96	19,8	29,02	0,2		
Ecart-type	2,25	1,35	0,57	7,36	3,57	2,41	0,63	3,07	3,66	0,03		

Tableau 11. Eléments nutritifs (%) contenus dans les fèves et gousses des féviers analysées

Au regard des différents graphiques présentés et éléments nutritifs analysés, le févier apparaît comme un fruit particulièrement intéressant. Très riche en protéine et en lysine, il a également un taux de phosphore satisfaisant ainsi qu'une teneur en fibre importante. En revanche, dans la base de données, seules 3 échantillons concernent le févier (2 analyses de terrain dans le cadre du projet et 1 profil trouvé en ligne), il serait donc pertinent d'étudier plus en profondeur les propriétés de cet arbre.



Photo 8. Gousse et silhouette de févier d'Amérique (Source Dupraz et Liagre, 2012).

3.2.5. Les valeurs d'attention particulière : Protéines, acides aminés et fibres

Pour les protéines, deux groupes de fruits se distinguent : d'une part les fruits à chair (noyau ou pépins) comme l'abricot, le kaki, pomme, poire, nêfle, coing, prune, pêche, figue, cerise, jujube et olive qui contiennent très peu de protéines (moins de 1g/100g) et d'autre part les fruits secs et/ou à coque dont la teneur en protéine est bien plus élevée (>5g/100g). La Figure 11 met en évidence la forte teneur en protéines de certains fruits : l'amande et la pistache avec plus de 20g/100g, la noix, la noisette et l'acacia autour de 15g/100g ou encore la noix de pécan avec 10g/100g. Il faut cependant garder en tête que ces valeurs pour les fruits secs ne prennent pas en compte l'enveloppe du fruit qui peut fortement diminuer la proportion en MAT pour 100g de fruit. En effet, pour les analyses connues, lorsque la coque est considérée dans les 100g, la teneur est divisée par un facteur proche de 2 : l'amande passe à 10g/100g, la noisette à 8g/100g

[illegible]

L'observation de la teneur en protéines communique une information sur la MAT contenue dans les aliments. Cependant, comme expliqué précédemment, certains acides aminés nécessite un intérêt particulier. La figure 5 rend compte de la teneur en 5 acides aminés, les plus importants dans l'alimentation du porc : lysine, méthionine, cystine, thréonine et tryptophane, pour les fruits analysés puisqu'il est difficile de trouver ces données en ligne.

Quantité (g/100g) des acides aminés les plus importants pour le porc en fonction des fruits étudiés (moyenne et erreur standard)

Fruit	Moyenne de LYSINE (g/100g)	Moyenne de METHIONINE (g/100g)	Moyenne de CYSTEINE (g/100g)	Moyenne de THREONINE (g/100g)	Moyenne de TRYPTOPHANE (g/100g)
PISTACHE	1.15	0.25	0.28	0.68	0.25
GOUSSE-ACACIA	0.58	0.10	0.20	0.28	0.22
AMANDE	0.57	0.15	0.22	0.60	0.21
NOIX	0.42	0.25	0.20	0.58	0.20
NOISETTE	0.42	0.22	0.28	0.50	0.19
FEVE	0.37	0.08	0.09	0.24	0.06
PECAN	0.28	0.18	0.16	0.31	0.09
ARBOUSE	0.23	0.12	0.17	0.27	0.06
CHATAIGNE	0.23	0.06	0.06	0.17	0.06
GLAND	0.21	0.05	0.05	0.17	0.06
CAROUBE-FARINE	0.16	0.08	0.06	0.14	0.08
COING	0.13	0.04	0.04	0.09	0.02
TOURTEAU-PISTACHE	0.12	0.02	0.02	0.09	0.02
ABRICOT	0.08	0.02	0.03	0.05	0.01
CORME	0.08	0.02	0.03	0.07	0.01
POIRE	0.06	0.02	0.02	0.04	0.01
POMME	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01
KAKI	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01
CERISE	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
PECHE	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
FIGUE	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
NEFLE	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

36

Enfin, l'analyse des Neutral Detergent Fiber peut donner une bonne approximation des fibres totales contenues dans les fruits (cellulose, hémicellulose, lignine, silice, tannins et cutines). La Figure 13 classe à nouveau les fruits, cette fois en fonction de leur teneur en NDF. Les fruits à coque et sous forme de gousse se démarquent une nouvelle fois. La caroube et le fruit de l'acacia atteignent respectivement des teneurs en fibre de 40% et 29% de la masse totale du fruit. Pour les fruits à coque, l'enveloppe du fruit, contrairement à son impact sur le taux de protéine, augmente fortement la proportion de fibre pour 100g de fruits : la valeur est multipliée par 7 pour la noix et par 2 pour l'amande. Ces conclusions sont facilement observables et compréhensibles : l'enveloppe des fruits constitue une part non négligeable de sa masse et sont riches en fibres protectrices pour protéger la graine.

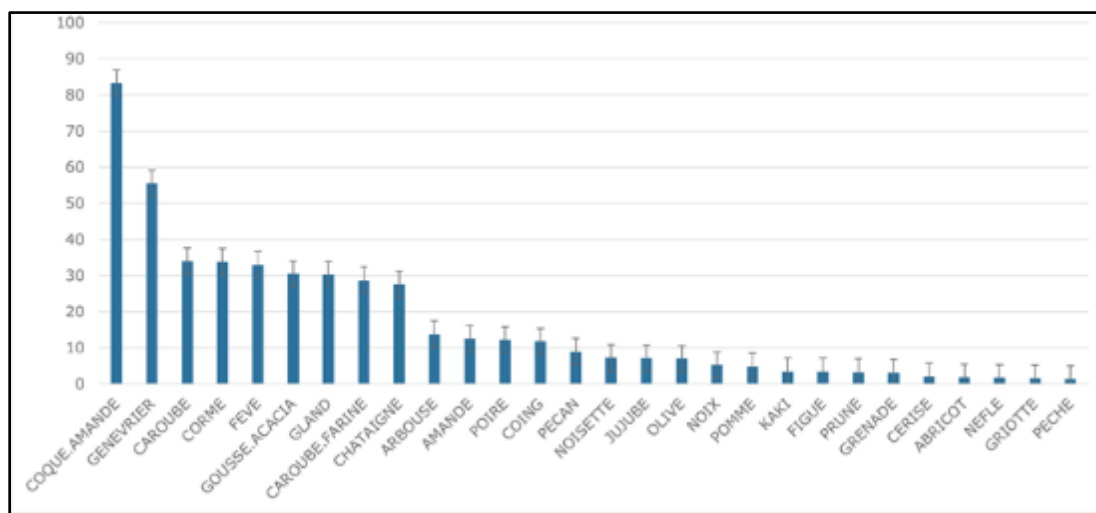


Figure 13. Teneur en NDF des fruits étudiés



Figure 14. Illustrations du fruit du caroubier et de l'amandier, avec mise en évidence du caractère fibreux de l'enveloppe entourant ces fruits.

3.2.6. La Matière Sèche

Au sujet de la matière sèche, il est possible de discerner deux groupes au sein des données collectées: d'un côté les fruits "secs" souvent à coque avec une matière sèche supérieure à 70% et d'un autre côté les fruits à pulpe/chair, beaucoup plus riches en eau avec un taux de matière sèche inférieur à 50% (Figure 15). La quantité d'eau présente aura un impact important quant à la capacité d'ingestion des porcs et constitue un élément à prendre en compte au même titre que les autres éléments nutritionnels étudiés.

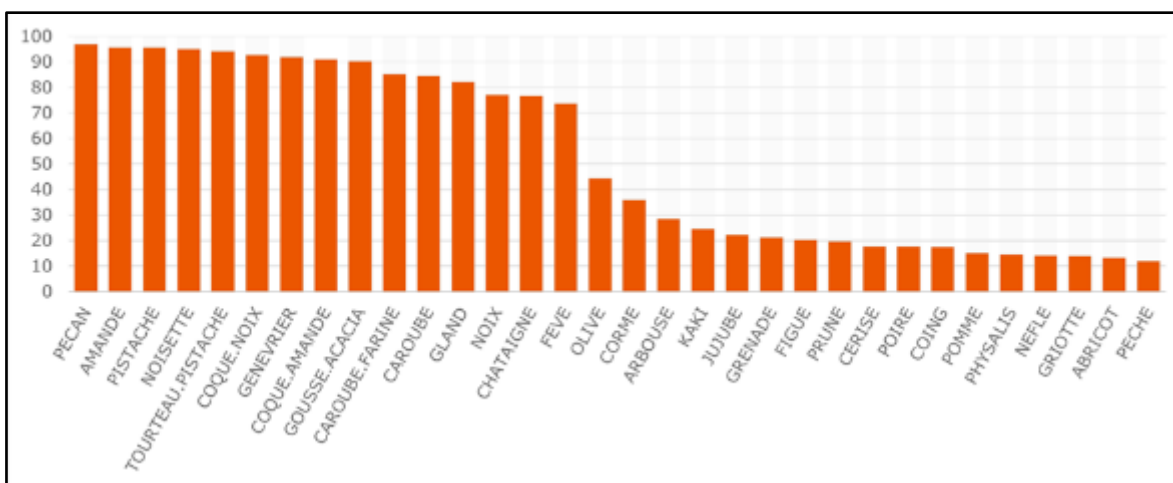


Figure 15. Teneur en matière sèche des fruits étudiés dans la base de données

Cette grande proportion d'eau limite fortement la quantité de lipide possible contenue dans ces fruits et favorise la présence d'autres nutriments tels que les sels minéraux ou les sucres solubles. Ces derniers apportent une quantité d'énergie beaucoup moins importante que les lipides : 4 cal/g pour le sucre contre 9 cal/g pour les lipides soit plus de 2 fois plus.

Il est à noter qu'une analyse des composantes nutritionnelles des fruits rapportées à leur matière sèche permettrait de comparer plus judicieusement les valeurs nutritionnelles contenues dans les fruits. Cependant, dans une optique de plantation dans un élevage porcin de ces fruitiers, les fruits produits seraient consommés par les animaux sans transformation ni « séchage ».

3.2.7. Le phosphore

Concernant le phosphore, les deux groupes précédemment décrit se retrouvent ici. Les fruits « secs » à coque sont plus riches en phosphore que les fruits à chair (Figure 6).

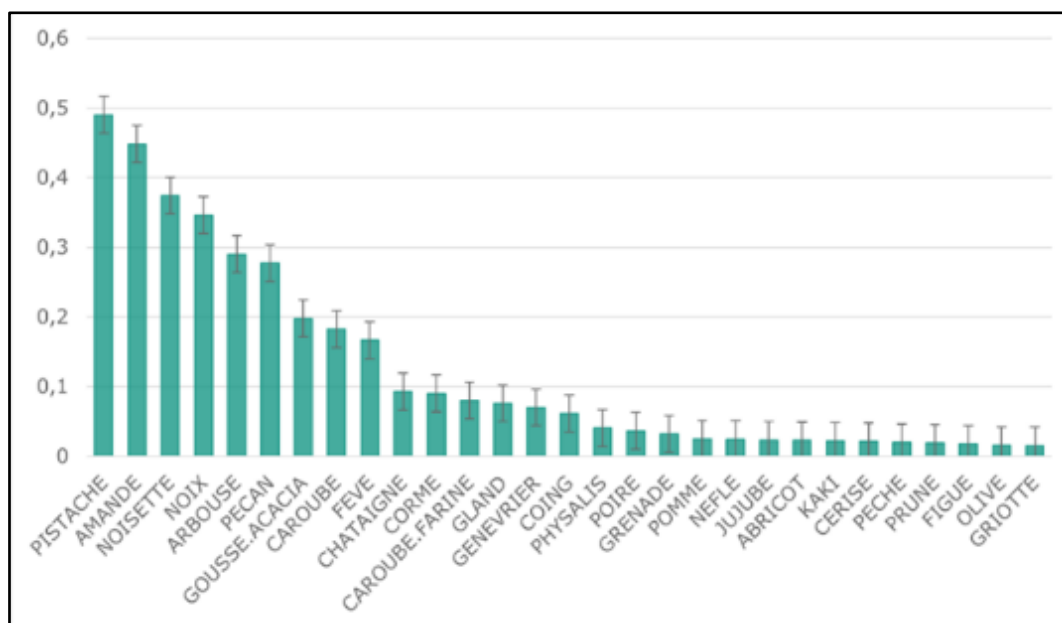


Figure 16. Teneur en phosphore des fruits de la base de données

3.2.8. Les valeurs énergétiques

Une autre variable qui peut être intéressante à regarder est la valeur énergétique de ces fruits. En effet l'équilibre énergétique de l'animal assure un fonctionnement normal de toutes les activités vitales dont a besoin le corps : respiration, thermorégulation, circulation, digestion, ...

Les teneurs en matières grasses jouent un rôle important dans les bilans énergétiques. Il existe une relation directe entre la composition des acides gras apportés par l'aliment du porc et celle des acides gras qui seront déposés et stockés dans la viande. Un aliment avec des acides gras insaturés, jugés bons pour la santé humaine voire indispensables pour couvrir ses besoins, sont ainsi intéressants. Dans les fruits secs, on retrouvera des matières grasses plus importantes, quoique très variables selon les fruitiers. Ainsi le pacanier et le noisetier sortent clairement du lot (Figure 17). Ces deux fruitiers sont d'autant plus intéressants que plus de la moitié des lipides sont riches en acides gras monoinsaturés (acide oléique), bon à la fois pour la qualité de la viande produite, et donc pour l'alimentation humaine.

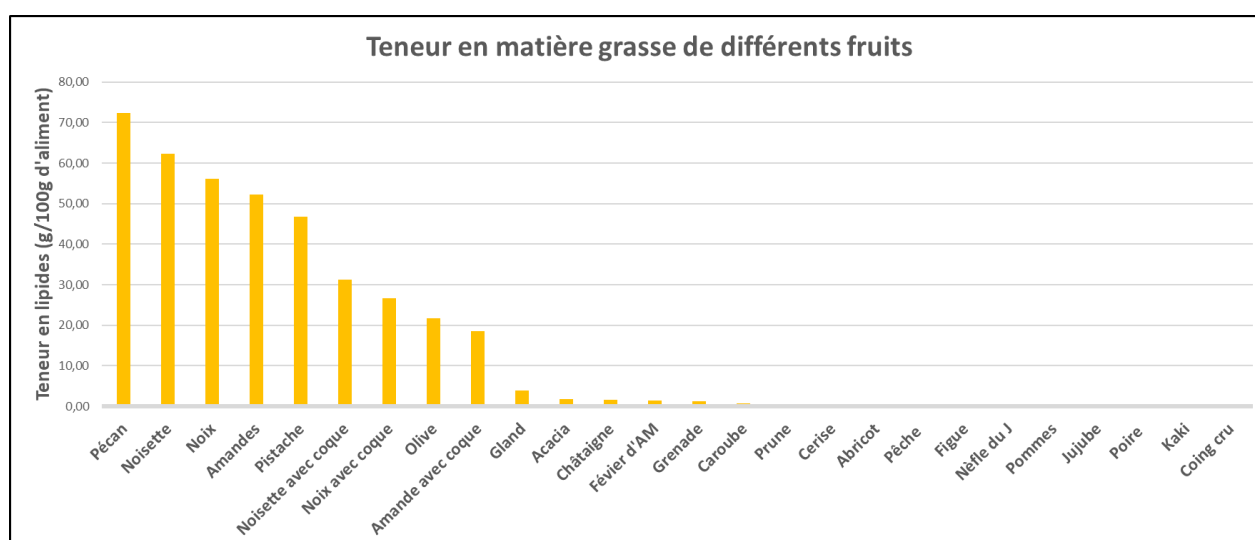


Figure 17. Teneur en matière grasse des fruits étudiés.

La Figure 18. Valeur énergétique du panel de fruits, exprimé en kilojoules met en avant la valeur énergétique de 100g des différents fruits étudiés. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** compare les valeurs énergétiques aux besoins quotidiens des porcs en fonction de leur poids. On constate une nouvelle fois la démarcation des fruits secs et/ou à coque dont l'apport énergétique est au moins 3 fois plus important que pour le plus riche des fruits à chair (1500kJ pour le fruit de l'acacia contre 450kJ pour le kaki). Pistache, noix, noisette, amande et pécan se démarquent particulièrement avec des valeurs avoisinant les 2500kJ pour 100g de fruits.

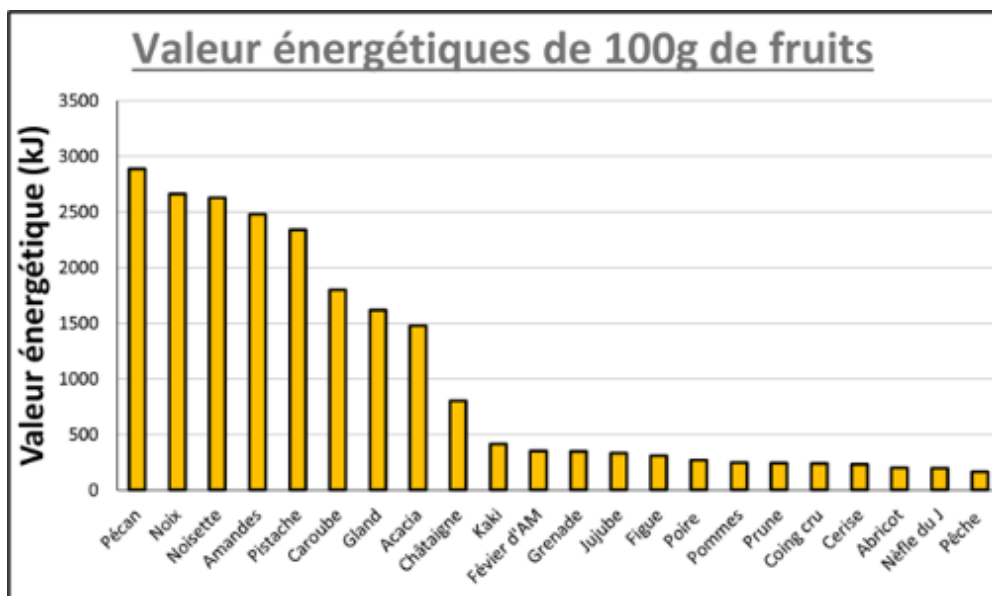


Figure 18. Valeur énergétique du panel de fruits, exprimé en kilojoules

Ces disparités se retrouvent sur le Tableau 12 où l'on constate que les fruits charnus couvrent en général moins de 1% des besoins énergétiques quotidiens des cochons. Notamment la pêche qui se place en bas du tableau avec au mieux 1,04% des besoins couverts pour un cochon de 20 kg. Les fruits secs quant à eux peuvent présenter un réel intérêt notamment lorsque l'animal pèse moins de 50 kg. En effet, les fruits précédemment cités couvrent autour de 10 % des besoins journaliers pour 100 g de fruits. Cette valeur peut avoir un réel impact sur la ration qui est ensuite donnée par l'éleveur.

Fruits	Poids du porc (kg)							
	20	30	40	50	60	70	80	90
Pécan	18,16%	14,38%	11,50%	10,15%	9,08%	8,41%	8,41%	8,41%
Noix	16,74%	13,26%	10,60%	9,36%	8,37%	7,76%	7,76%	7,76%
Noisette	16,52%	13,08%	10,47%	9,23%	8,26%	7,66%	7,66%	7,66%
Amandes	15,59%	12,34%	9,87%	8,71%	7,79%	7,22%	7,22%	7,22%
Pistache	14,72%	11,65%	9,32%	8,23%	7,36%	6,82%	6,82%	6,82%
Caroube	11,31%	8,96%	7,17%	6,32%	5,66%	5,24%	5,24%	5,24%
Gland	10,18%	8,06%	6,44%	5,69%	5,09%	4,72%	4,72%	4,72%
Acacia	9,30%	7,36%	5,89%	5,19%	4,65%	4,31%	4,31%	4,31%
Châtaigne	5,03%	3,98%	3,19%	2,81%	2,52%	2,33%	2,33%	2,33%
Kaki	2,59%	2,05%	1,64%	1,45%	1,29%	1,20%	1,20%	1,20%
Févier d'AM	2,22%	1,76%	1,41%	1,24%	1,11%	1,03%	1,03%	1,03%
Grenade	2,17%	1,72%	1,38%	1,22%	1,09%	1,01%	1,01%	1,01%
Jujube	2,08%	1,65%	1,32%	1,16%	1,04%	0,96%	0,96%	0,96%
Figue	1,95%	1,54%	1,23%	1,09%	0,97%	0,90%	0,90%	0,90%
Poire	1,68%	1,33%	1,07%	0,94%	0,84%	0,78%	0,78%	0,78%
Pommes	1,54%	1,22%	0,98%	0,86%	0,77%	0,72%	0,72%	0,72%
Prune	1,51%	1,20%	0,96%	0,85%	0,76%	0,70%	0,70%	0,70%
Coing cru	1,50%	1,18%	0,95%	0,84%	0,75%	0,69%	0,69%	0,69%
Cerise	1,45%	1,15%	0,92%	0,81%	0,73%	0,67%	0,67%	0,67%
Abricot	1,26%	1,00%	0,80%	0,71%	0,63%	0,59%	0,59%	0,59%
Nèfle du J	1,24%	0,98%	0,78%	0,69%	0,62%	0,57%	0,57%	0,57%
Pêche	1,04%	0,82%	0,66%	0,58%	0,52%	0,48%	0,48%	0,48%

Tableau 12. Part des besoins énergétiques couverts par 100g de fruit en fonction de l'âge du porc. Par exemple, 100g de noix de pécan permettent de couvrir 18,16% des besoins énergétiques journaliers d'un porc de 20kg. Les besoins énergétiques des porcs sont basés sur une conduite conventionnelle visant une croissance de 700g/jour

Ces fortes disparités entre les fruits sur le plan énergétique s'expliquent en grande partie par leur composition, et notamment la part d'eau et de matière grasse. En effet, les fruits secs et à coque

contiennent une part très importante de matière grasse : 47g pour 100g de pistache, 30g pour 100g de noix avec coque et jusqu'à 70g pour 100g de noix de pécan (sans la coque). Les fruits à gousse (acacia ou caroube) ou à chair contiennent très peu de lipides : en général moins de 1g pour 100g de fruits. Or les lipides constituent une ressource énergétique : les acides gras utilisés dans le cycle de Krebs ou stockés sous forme de triglycérides apportent de grandes quantités d'énergie à l'organisme.

Ces résultats sont toutefois à approfondir et à mettre en corrélation avec les rendements réels des fruitiers. En effet, même avec des teneurs faibles, les fruits à chair pourraient compenser une partie de la différence par un volume produit plus important. Nous reviendrons sur cette question au moment d'élaborer des plans d'aménagement des parcours.

Dans l'alimentation porcine en France, il n'existe pas de référence sur la prise en compte des fruits secs, comme le gland et la châtaigne, dans les calculs des valeurs énergétiques. Avec l'IFIP, le choix a été fait d'utiliser les formules de références, généralement utilisées pour des calculs pour des aliments peu explorés, ne bénéficiant pas de formules spécifiques.

ED1	$ED = 5,02 + 0,127 \text{ MODv} + 0,172 \text{ MG} - 0,124 \text{ CB}$
ED2	$ED = 6,05 + 0,116 \text{ MODv} + 0,166 \text{ MG} - 0,135 \text{ ADF}$
EN1	$EN = 2,42 + 0,078 \text{ MODv} + 0,041 \text{ Ami} + 0,203 \text{ MG} - 0,099 \text{ CB}$
EN2	$EN = 3,22 + 0,072 \text{ MODv} + 0,039 \text{ Ami} + 0,197 \text{ MG} - 0,109 \text{ ADF}$

Tableau 13. Les différents modes de calculs utilisés selon Noblet et al, 2003.

Pour les porcs, comme l'ensemble des animaux, le facteur important sera l'énergie nette, qui est assimilée par les animaux. Deux formules différentes ont été utilisées, compte tenu du faible échantillon de nos données. De plus, nous avons différencié les valeurs en poids sec et humide. Si le poids sec est la valeur généralement de référence, dans la réalité, les porcs vont se nourrir des fruits tombés au sol, avec un taux d'humidité plus élevé, d'où l'importance d'avoir les deux valeurs. Au final, les résultats sont assez proches entre les deux méthodes de calcul (Tableau 14).

Valeur Energie	sec				brute			
	ED1	ED2	EN1	EN2	ED1	ED2	EN1	EN2
Gland entier	12,87	12,27	9,07	8,66	11,04	10,53	7,78	7,43
Gland décortiqué	17,38	17,20	12,67	12,64	14,24	14,09	10,38	10,36
Châtaigne entière	9,93	9,01	7,19	6,44	8,93	8,11	6,46	5,80
Châtaigne décortiquée	15,80	15,34	11,23	10,97	14,33	13,91	10,19	9,95

Tableau 14. Valeurs énergétiques (Energie Digestible et Energie Nette) – MJ/kgs porcs en croissance

Au final, il apparaît que le gland est plus intéressant en terme d'énergie. Globalement, les valeurs de ces deux fruits se rapprochent des valeurs d'un apport en maïs classique, mais avec les protéines et les acides aminés en moins (qui permettent de créer du muscle). En période de

glandée, il serait toutefois envisageable de réduire les aliments, en imaginant un aliment de qualité complémentaire et non pas un aliment complet. Ce qui permettrait de réduire le coût des aliments pendant les 2 mois de chute des fruits. Pour aller jusqu'à ces calculs, il faudrait auparavant évaluer la capacité d'assimilation de cette matière par les porcs.

3.3. Discussion et perspectives

3.3.1. Conclusion sur les analyses des valeurs nutritionnelles des 23 fruits étudiés

Une catégorie de fruits semble particulièrement se détacher du lot : les fruits secs et à coque. Ces derniers comportent des teneurs en protéines, lysine et lipides qui peuvent s'avérer intéressantes dans la nutrition porcine. Cependant, il reste à préciser l'apport réel de ces fruits dans une ration « optimisée » dans le cadre d'un aménagement agroforestier fourrager.

En effet, la quantité de lysine recommandée avoisine les 15g/jour soit 15 fois plus que la quantité de lysine contenue dans 100g de pistaches sans coque. Un apport de 1,5kg de pistaches quotidien par cochon pour réduire la quantité de lysine dans la ration est infaisable en tant que tel, et ce sans considérer la masse de la coque dans les calculs, ce qui augmenterait encore la quantité de pistaches nécessaires. Ce problème se retrouve pour les protéines et les fibres. Par contre, si on considère qu'un apport serait judicieux lors de la finition des porcs sur les 2 ou 3 derniers mois de leur croissance avant abattage, cela devient envisageable.

Dès lors, les fruits apportés par une plantation d'arbres pourraient être considérés davantage comme un complément alimentaire. L'éleveur, après des observations sur plusieurs années pourrait alors adapter la ration en fonction des fruits produits sans pour autant chercher à la substituer entièrement par la production fruitière. De plus, comme l'a souligné Laurent Alibert de l'IFIP lors d'échanges à ce sujet, le comportement des porcs pourrait rendre la tâche plus compliquée. Certains plus voraces que d'autres pourraient accaparer une plus grande quantité de fruits. D'autre part, la position des mangeoires sur la parcelle (si la surface est suffisamment grande pour que le problème apparaisse) pourrait s'avérer source de réflexion. Si les cochons passent du temps sous les arbres pour s'alimenter avec les fruits, il faut s'assurer qu'en parallèle de cela ils viennent jusqu'à la mangeoire pour compléter les besoins nutritionnels non assouvis.

Cependant, les calculs effectués à propos des rations et la comparaison avec les fruits restent très théoriques et orienté pour une productivité des élevages relativement importante. Dans une optique d'élevage un plus extensif ces fruits pourraient apporter des quantités non négligeables d'énergie notamment dans un élevage Baron des Cévennes ou Porcs Noirs du Limousin où les effectifs de porcs sont très restreints et donc la division de la quantité fruitière réduite.

Enfin, il pourrait être envisagé de réfléchir à des compositions arborées dans les paddocks en fonction de la maturité des porcs qui s'y trouvent et ainsi apporter les fruits les plus appropriés aux besoins directs du cochon en fonction de son âge.

3.3.2. La question de la saisonnalité

Une problématique importante au regard de cette base de données est la saisonnalité de la production ainsi que l'étalement de la production. Dans les systèmes traditionnels de "Dehesa" et "montados", les porcs sont placés dans les pâtures avec les chênes essentiellement au moment de la glandée (fructification et tombée des glands au sol) pour la finition des porcs. Dans

le cadre de l'introduction d'arbres dans les parcours, il est primordial de réfléchir au moment de la fructification d'abord pour savoir à quel stade physiologique du porc la production de fruits correspond. De plus, contrairement aux glands et châtaignes, les fruits à pulpe une fois tombés au sol s'altèrent rapidement et seront consommés par les cochons avec des valeurs nutritives modifiées voire altérées à partir d'un certain stade de décomposition.

Dans une nouvelle parcelle implantée, il serait pertinent de choisir des arbres de différentes espèces et/ou variétés pour diversifier les fruits consommés et donc les apports nutritionnels mais aussi pour étaler les productions. En effet d'après la Figure 19, une production de fruits pourrait être envisagée sur 50 à 75% d'une année entière : un début d'année enclenché par le néflier, s'en suivrait la plupart des fruits à chair sucrée (cerisier, pêcher, figuier, prunier, abricotier) puis des fruits plus tardifs s'imposeraient en automne (pomme, jujubier, plaqueminier, fruits secs) pour terminer l'année notamment sur l'olivier et le févier. En s'appuyant sur les analyses précédentes et donc en se focalisant sur les fruits secs (amandes, noix, noisettes, pécan, pistachier), on constate que toutes ces essences fructifient à la même période : environ de septembre à début décembre. Le restant de l'année est principalement couvert par les fruits à chair sucrée. On peut donc imaginer un apport plus élargi des arbres et imaginer des aménagements en fonction de l'âge des animaux, et notamment en imaginant des paddocks réservés pour la finition des porcs où l'on pourrait concentrer les fruitiers à fruits secs.

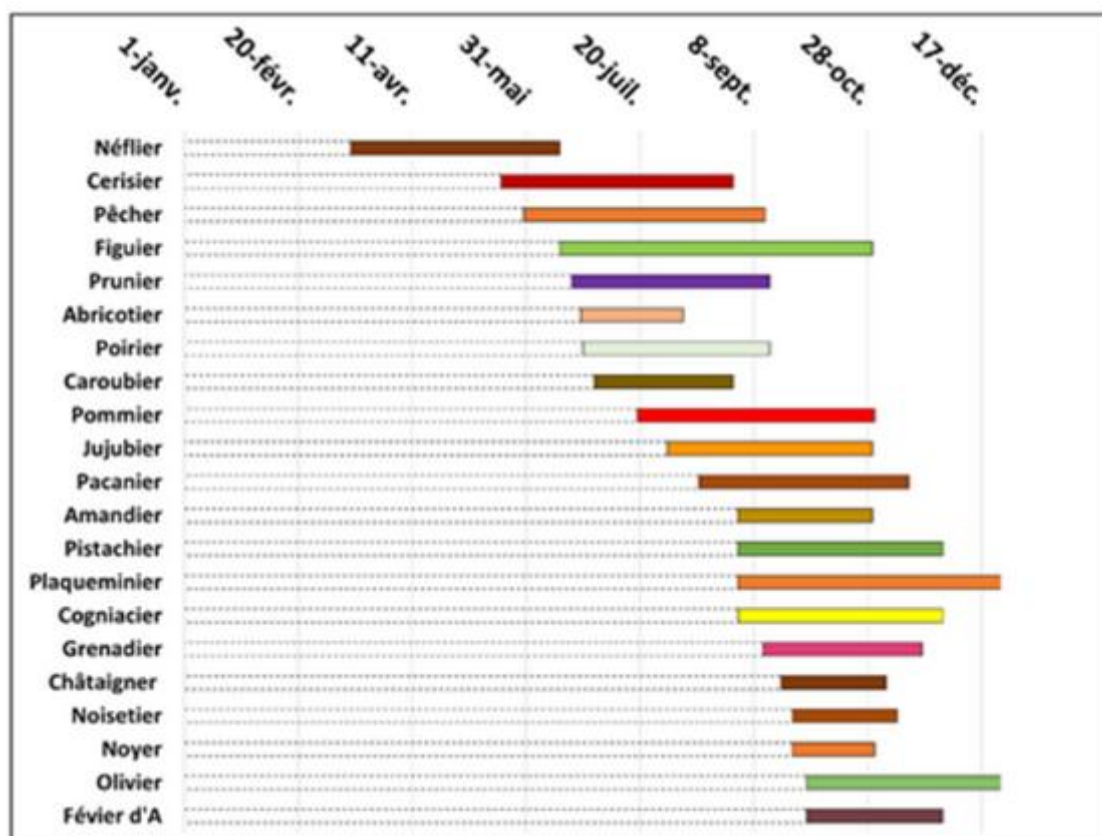


Figure 19. Période de fructification du panel des 22 fruitiers. Les barres de couleurs représentent la période de l'année à laquelle les variétés les plus répandues produisent leurs fruits. Ce graphique s'appuie principalement sur les fiches des chambres d'agriculture sur les fruitiers.

Ensuite, il apparaît nécessaire de préciser que les variétés utilisées peuvent jouer un rôle clé dans l'étalement de la production. Le centre de Pomologie d'Alès a mis en évidence qu'à travers l'immense diversité variétale de chaque espèce d'arbre, la production de fruits pourrait être plus étalée sur l'année. Une recherche en collaboration avec des vergers conservatoires de fruitiers pourraient être menées afin de réfléchir à une répartition plus homogène de la production sur l'année en plantant des variétés peu connues et plus locales. Ainsi, dans la gamme des pommiers, qui comprend plusieurs centaines de variétés, il existe de nombreuses différences de périodes de fructification : depuis le printemps, jusqu'à l'automne (Figure 20). C'est également le cas pour le poirier, l'abricotier ou le figuier par exemple (Figure 21, Figure 22, Figure 23). En revanche, selon les variétés, il existe des différences nutritionnelles, non précisées dans notre analyse.

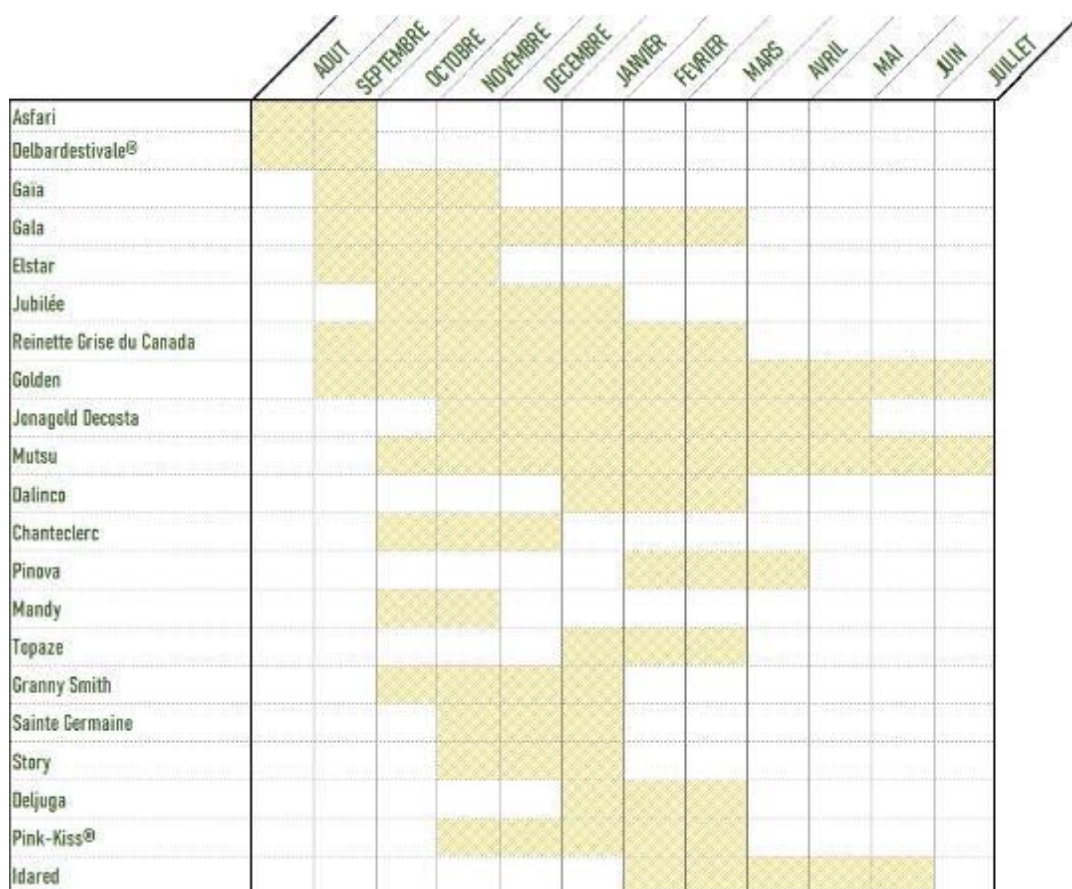


Figure 20. Calendrier de production de quelques variétés de pommes en France

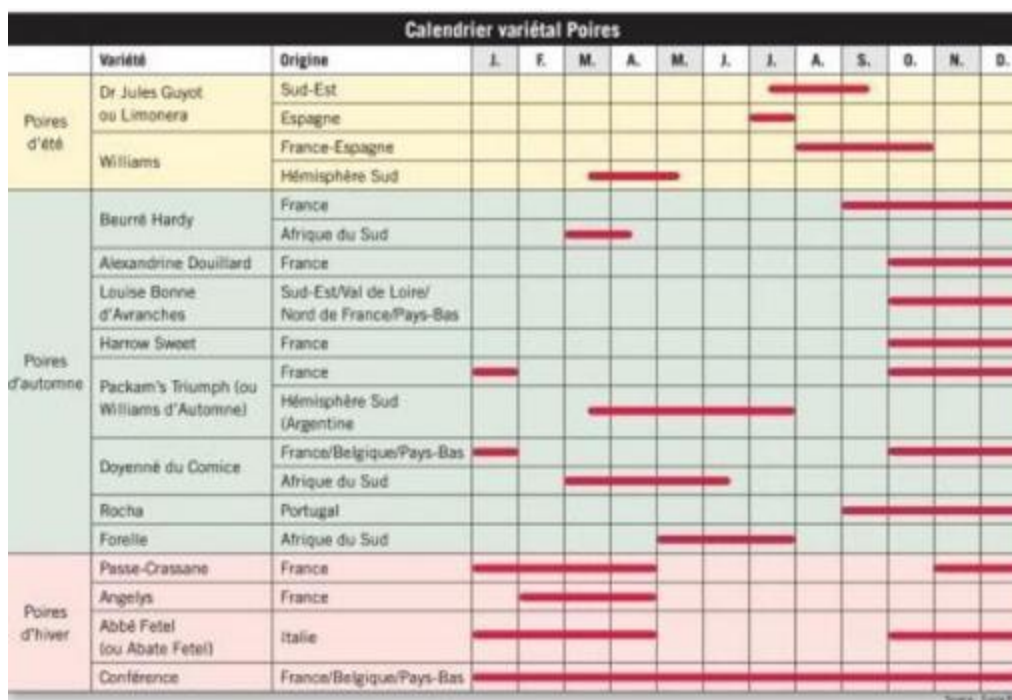


Figure 21. Calendrier de production des principales variétés de poires (source Réussir.fr).



Figure 22. Calendrier de maturité de quelques variétés d'abricots (sources : COT International)

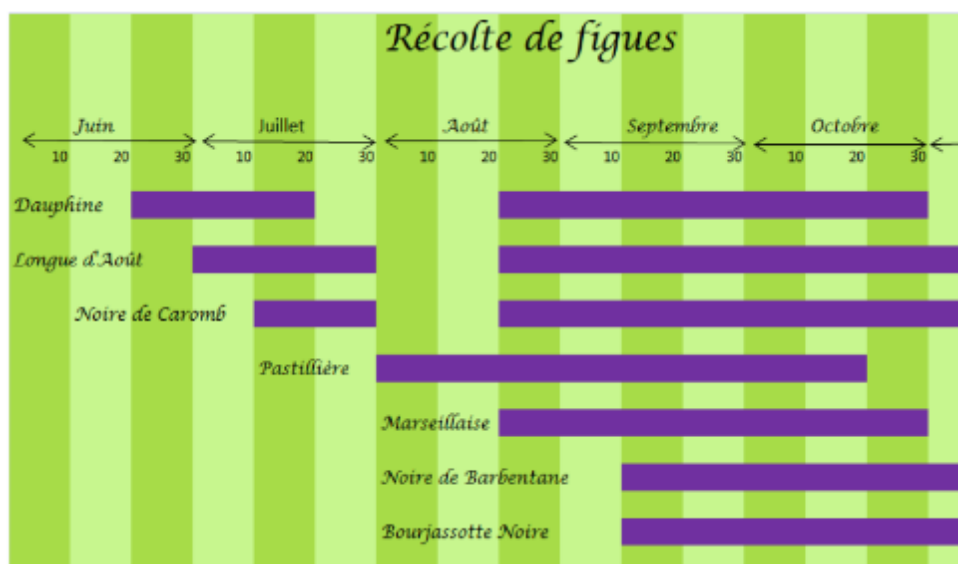


Figure 23. Calendrier de récolte de quelques variétés de figes (comprenant des variétés d'été et d'automne). Source : GRAB.

Enfin, il est crucial de prendre en compte les conditions de culture : modes de cultures et conditions pédoclimatiques qui ont une influence non-négligeable sur le rendement mais aussi potentiellement sur les périodes de récolte. Un autre aspect important pour les fruitiers greffés sera le choix des porte-greffes. Dans un contexte de changement climatique, il est important de mettre toutes les chances du côté de l'investissement. Mais au-delà du caractère d'adaptation pédoclimatique, le choix du porte-greffe est également important pour le choix du port de l'arbre. Selon le type de fonction attribué à l'arbre, on pourra opter pour des ports élancés ou étalés des houppiers. Des hautes-tiges seraient sans doute préférables pour la gestion des parcelles, surtout si celles-ci sont mécanisables. Les basse-tiges seraient sans doute trop accessibles aux animaux qui pourraient avoir tendance à tirer sur les branches. Par la suite, l'éleveur pourra travailler la taille des charpentières pour étaler les houppiers, afin de répartir la production sur un large périmètre tout en procurant une ombre plus étalée. Ce type de taille permettrait de réduire l'impact d'une suractivité au pied de l'arbre.

3.3.3. L'intégration des fruits dans le calcul de ration

Les estimations de production et les éléments nutritionnels peuvent et doivent être mis en relation avec les besoins des porcs pour pouvoir adapter les rations à ces systèmes agroforestiers. Cette question a fait l'objet d'une réflexion aboutissant à la construction d'une ébauche d'outil de calcul de ration intégrant des arbres fourragers et fruitiers développé par Mathieu Hendaye () (Figure 24). Cet outil, encore au stade de développement réalisé sous Excel devrait être adapté sous forme de module plus ergonomique avec un développeur informatique dans le cadre du projet européen DRYAD.

Cet outil permet de déterminer à partir du chargement, des essences choisies et du stade de développement le nombre d'arbres nécessaires pour couvrir une partie des besoins des porcs sur la parcelle. La durée de croissance des arbres avant l'atteinte de l'objectif est également calculée.

1	Surface de l'exploitation (en hectares) :	100
2	Surface par arbre (en m²)	15
3	Nombre d'arbres à planter :	50
4	Valeur lipidique visée (kg) :	580
	Valeur comprise entre 0 kg et 1445 kg	
5		

FRUITIERS	Nombre à planter	Quantité de lipides produite 573,82287 kg par an
-----------	------------------	--

Tutoriel

- Remplir la surface de l'exploitation et celle allouée à chaque arbre
- Cliquer sur "Initialisation"
- Choisir une valeur lipidique visée
- Cliquer sur "Calcul" pour obtenir un exemple d'arbres à planter pour atteindre la valeur visée
- Pour avoir un autre exemple, relancer le calcul avec les mêmes essences
- Pour recommencer depuis le début, cliquer sur "Réinitialiser" avant tout"

Figure 24. Ecran d'accueil de l'outil de simulation d'intégration d'arbres dans les parcours

Cet outil permet de mieux appréhender et concevoir l'intégration des arbres dans les pâtures et donc, les fruits dans la ration des porcs. En revanche, il ne prend pas en compte la capacité d'ingestion ni l'appétence dans les calculs. Or, si cela ne pose pas de problèmes pour les glands ou les châtaignes – bien documentés notamment par la recherche en Espagne, cela est plus problématique pour les fruits divers méconnus mais aussi pour les fruits à faible taux de matière sèche et aux taux de sucres plus élevés (fruits à pulpes). Dans ce second cas, l'appétence des cochons pour ces fruits est particulièrement importante et ils risquent de ne pas parvenir à contrôler la quantité de fruits ingérés. D'après Denis FRIC, vétérinaire spécialisé dans l'élevage de porc plein air, lors d'un entretien réalisé début 2024, si les porcs consomment en trop grandes quantités ces fruits sucrés et riches en eau, cela risque de provoquer un déséquilibre conduisant à des diarrhées, impliquant alors la perte des bénéfices nutritifs précédemment ingérés. Or, il n'est pas possible de contrôler l'ingestion directement aux pâtures puisque les fruits tombent directement au sol. Il apparaît alors crucial d'anticiper la consommation à partir de laquelle un déséquilibre serait potentiellement observé. L'outil pourrait alors plutôt contribuer à des calculs de seuils pour des rations à risques. Le modèle pourrait alors avertir l'utilisateur sur les quantités d'arbres par espèce à planter afin de limiter tout risque de déséquilibre dans la ration.

3.3.4. Perspectives et limites

Les résultats obtenus et les outils en développement créés nous permettent de mieux comprendre et appréhender l'introduction d'arbres fourragers/fruitiers dans les parcours et leurs conséquences en terme de contribution dans l'élaboration des rations des porcs. Néanmoins, compte tenu de la faible répétabilité des échantillons et le manque d'expérimentation sur la phase d'alimentation, ils restent très théoriques. Pour approfondir le sujet, il conviendrait de réaliser des expérimentations in situ. En effet, les données collectées concernent les fruits entiers ou qu'une partie et il n'existe pas de ressources concernant les choix alimentaires en cas de diversité d'aliments, les capacités d'ingestion de certains aliments non usuels et la digestibilité des fruits partiels ou entiers. Par exemple, si un porc mange une pomme entière, il est difficile de savoir au regard de la littérature uniquement si celui-ci va digérer toute la pomme ou si les pépins seront évacués intacts dans les fèces. De plus, l'appétence envers les fruits peut différer selon les types de fruits et les races et pourrait avoir un impact au moment de la conception des projets. Ainsi les porcs noirs ibériques ont été sélectionnés dans le cadre d'un système extensif et tolèrent bien les aliments riches en tanins comme les glands. Pour le large white, nous n'avons que très peu de données... mis à part le fait que des extraits taniques sont parfois utilisés pour améliorer la santé des animaux, notamment des porcelets. Pour pallier ces interrogations, diverses expérimentations pourraient être mises en place.

Ces questionnements sont rendus difficiles de par la nature même de l'agroforesterie. En situation de parcours existants, il est possible de mener des suivis assez rapidement car les

arbres seront en production. La principale difficulté dans ce cas provient des aléas de la production. Dans la Dehesa, on observe des irrégularités de production de fruits sur une période de 10 ans environ. Ce qui nécessiterait une expérimentation relativement longue. Dans le cas des jeunes projets avec aménagement par plantation d'arbres, les délais sont bien entendu encore plus long. Un chêne mettra plus de 15 ans à produire correctement. Pour les fruitiers à pulpe, et notamment les fruitiers greffés, ces délais sont plus courts, mais il faudra attendre 7 à 10 ans pour avoir un rythme de croisière intéressant pour l'éleveur, sachant que les aléas concernant les rendements valent aussi pour n'importe quel fruitier.

Pour accélérer l'acquisition de références, un test "cafétéria" serait envisageable, avec un approvisionnement en fruits à l'extérieur. Le principe de ce test serait de proposer différentes variétés et espèces à un échantillon de porcs et d'observer vers quel fruit ils se dirigeraient en premier. Mais ces essais seraient à répéter dans différents cas de figure (stage de développement des animaux, typologie des animaux, génétique, facteurs climatiques...). Le nombre et type de porcs par groupe à analyser sera également un élément délicat. L'idéal serait de tester des portées entières. Mais la comparaison avec une portée témoin présentera un biais génétique. Et il est compliqué de diviser une portée identique en deux sous-groupes de par le comportement social des animaux et l'impact sur leur bien être après séparation... Dans tous les cas, il sera intéressant de réaliser des menus évolutifs en quantité et variété, et de suivre son impact sur les gains de poids journaliers. Il sera également intéressant de suivre l'impact des changements d'alimentation sur le comportement et les performances zootechniques. En effet, la production fruitière étant saisonnière, il faudra sans doute gérer les transitions alimentaires. Sachant que chaque projet serait différent (à priori) en terme de composition d'arbres et de productivité, des compléments alimentaires seraient sans doute essentiels à apporter, tout en évitant un impact trop lourd en terme de gestion technique et temps de travail pour l'éleveur.

Au-delà des tests d'appétences, sur certains lots de porcs avec génétique proche, il sera important d'analyser la digestibilité de certaines parties des fruits, pépins et noyaux notamment. Cette étude serait à mener en analyse simple (aliment unitaire) mais aussi combinée aux autres aliments dans un second temps. Ces résultats permettront d'intégrer les aliments étudiés dans le calcul des rations courantes.

Enfin, il serait intéressant d'analyser la qualité nutritive et gustative de viandes produites en fonction de différents types d'aliments agroforestiers. Cette expérimentation bien que coûteuse de par la mobilisation de porcs, le temps de travail et les analyses laboratoires serait pertinente puisqu'il s'agit de protocole régulièrement mis en place dans la littérature scientifique pour comparer des porcs élevés en conventionnel et d'autres élevés en plein air et ayant une finition au gland ou à la châtaigne. Les analyses pourraient porter sur la viande fraîche mais également en salaison.

4. Action 3 - Protection des arbres agroforestiers

4.1. Etat des lieux

Les propositions de protection suivantes sont issues d'initiatives d'agriculteurs rencontrés sur le terrain au cours des enquêtes, avec des pistes d'améliorations, provenant notamment d'échanges avec des partenaires européens (projets de recherche Mixed, AgroMix et Agforward).

Trois inconvénients majeurs ont été recensés lors des enquêtes menées en 2022.

1. **Frottements** : Les cochons sont des animaux qui ont besoin de se gratter, à cause de la présence de parasites, des démangeaisons ou simplement de la boue des bauges à enlever. Ils se servent donc de ce qu'il y a autour d'eux : troncs des arbres, cailloux, planches en bois, etc.. Les frottements ne sont pas directement nocifs pour les arbres mais les lieux où il est possible de se gratter deviennent des zones très fréquentées. Ils créent indirectement des pressions sur les arbres. Ils peuvent toutefois se frotter sur des protections constituées de piquets avec grillage, qui résistent peu aux frottements d'animaux trapus et dense en terme de poids (>100 kgs en phase adulte).



Photo 9. Effet des frottements sur les troncs

2. **Ecorçage** : l'écorçage est l'impact le plus courant et le plus destructeur pour l'arbre. Le niveau de dégât dépend de l'essence et également de la saisonnalité, sans doute liée à la montée de sève. Lorsqu'un arbre a une couronne de son tronc complètement écorcée, alors, les vaisseaux endommagés ne peuvent plus transporter la sève des racines au feuillage. Ce qui entraîne la mort de l'arbre.



Photo 10. Ecorçage sur la partie basse des troncs d'arbres adultes



Photo 11. Déchaussement d'une cépée en sol pentu dans les Cévennes. En 5 années de surpâturage, le sol a perdu près de 80 cm dans ce cas.

3. Mise à nu des racines : Par leur action naturelle de fouissage, les cochons retirent toutes la terre couvrant les racines. Ils en profitent alors pour écorcer les racines, riches en tanins et oligo-éléments. Cette activité ne tue pas l'arbre obligatoirement car seules les racines de

surface sont attaquées. Mais avec le temps, les racines ainsi dégagées peuvent subir des attaques de pathogènes et ne jouent plus vraiment leur rôle de maintenance au sol et l'érosion de surface est plus importante (notamment en cas de parcelle en pente). En cas de forte intempéries, cette dégradation du sol couplée à un ancrage racinaire moins important peuvent entraîner le déracinement de l'arbre lors de fortes bourrasques.



Photo 12. Mise à nue et écorçage des racines principales des arbres



Photo 13. Déchaussement racinaire. Le fil électrique a été posé au niveau des fougères, ce qui a protégé la base de l'arbre mais pas eu delà de la clôture.

Les jeunes arbres sont particulièrement exposés. Le niveau de dégâts observé dépend beaucoup du chargement de porcs à l'hectare. Au-delà de 20 porcs par hectare, la dégradation des peuplements semble très rapide. En 3 ans, un parc peut perdre entre un quart et un tiers des arbres.

4.2. Quelle stratégie de protection des arbres?

Lors de ce travail nous avons considéré plusieurs facteurs à prendre en compte :

- La protection porte-elle sur un ou plusieurs arbres ? Dans ce cas, comment procéder à la sélection des arbres à conserver ?
- Les arbres à protéger se situent-ils en périphérie ou à l'intérieur des parcelles ?
- La parcelle est-elle une parcelle déjà boisée ou s'agit-il d'une plantation ? Les protections sont à décliner selon l'âge et leur niveau de fragilité.

Les propositions suivantes sont issues d'initiatives d'agriculteurs rencontrés sur le terrain au cours des enquêtes, avec des pistes d'améliorations, provenant notamment d'échanges avec des partenaires européens.

Il faut distinguer le cas des surfaces forestières des surfaces de prairies. Dans le premier cas, on vise la protection des arbres existant mais également des jeunes arbres afin de maintenir un niveau de régénération suffisant de la parcelle. Dans le cas des prairies, il s'agit généralement de protéger les jeunes arbres plantés par des protections adaptées.

En parcelle arborée, on peut viser une protection individuelle ou par groupe d'arbres, ou par linéaire notamment en bordure. L'idée est de sacrifier certes une partie de la surface au sol, mais en protégeant des arbres dont les houppiers couvrent davantage que cette surface et peuvent ainsi protéger et offrir une production de fruits sur une large partie de la parcelle.



Figure 25. Exemple d'une parcelle arborée à protéger



Figure 26. Choix d'une protection individuelle des arbres. Selon le nombre d'arbres, on peut protéger l'ensemble des arbres comme ici, ou alors sélectionner les arbres les plus exposés, du fait de l'appétence de certaines essences ou de leur situation dans les lieux de passage.



Figure 27. Choix d'une protection groupée. Certains arbres seront protégés en lots de 2 à 5 arbres, selon les âges. Le coût ramené à l'arbre est moindre.

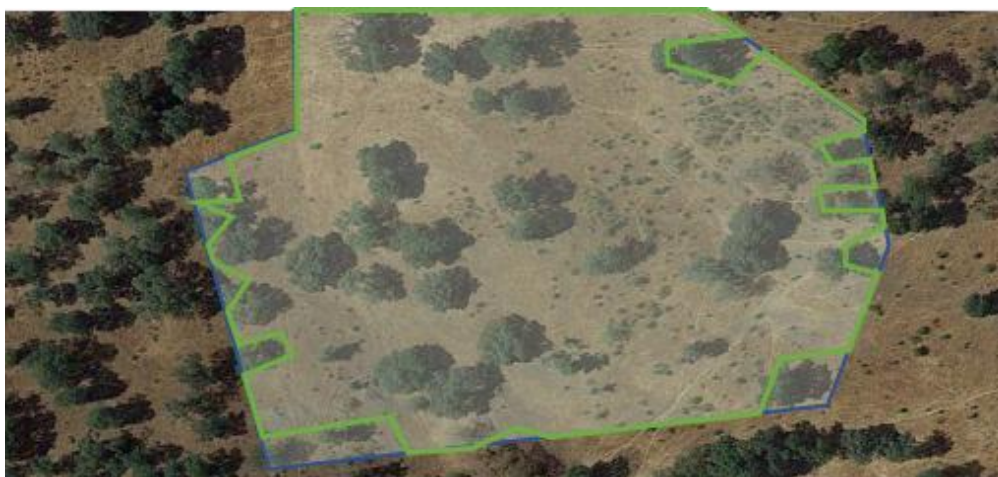


Figure 28. Choix d'une protection en bordure. On utilise la clôture de la parcelle pour protéger les arbres situés à proximité de la limite.



Photo 14. Plantation en dehors du paddock. Les arbres seront protégés des cochons... mais pas du gibier. Des protections seront donc nécessaires.



Photo 15. Exemple de bosquet protégé par du grillage ursus avec piquets acacia.

Le tableau suivant reprend les avantages et inconvénients des différentes stratégies.

	Avantages	Inconvénients
Protection groupée	1. Mise en place simple avec une clôture linéaire et temps de travail relativement rapide (un piquet tous les 2,5m et du grillage ursus). 2. Possibilité de remplacer le grillage ursus par des grilles de type cactus mais temps d'installation plus long. 3. Diminution du coût unitaire moyen (comparé aux solutions de protection individuelle). 4. Réduction forte de la mortalité d'arbre dû à la pression des cochons si protection complète. 5. Moindre tassement du sol localisé autour des arbres. Moins de dégâts racinaires. 6. Entretien aisé car facile d'accès et peu chronophage	1. Perte d'espace fourrager, et augmentation du chargement/ha avec pression plus forte sur les espaces non protégés. 2. Perte de confort possible pour les cochons (ombre mouvante, moins de lieux de grattage). Grattoir de substitution à mettre en place. 3. Espaces non pâturés pouvant être un espace refuge pour les ravageurs des fruits.
Protection individuelle totale	1. Très peu de perte d'arbre dû à la pression des cochons (tout dépendra de la qualité des protections). 2. Infime perte d'espace, peu d'impact sur le chargement à l'hectare. 3. Fruits tombés au sol plus accessibles 4. Ravageurs des fruits (balanins) mieux contrôlés du fait de la plus forte consommation par les cochons. 5. Ombrage plus accessible car plus permanent au pied de l'arbre 6. Pas de nécessité immédiate de replanter	1. Mise en place plus chronophage avec un système de protection sur chaque arbre. Coût plus élevé. 2. Possibilité de déracinement des jeunes plants par les porcs allant chercher les racines sous terre ou en soulevant la protection plus facilement qu'une protection collective) 3. Tassement du sol non résolu et risque plus élevé pour les racines sauf à mettre en place des protections de fort diamètre. 4. Entretien plus chronophage pour vérifier et remettre en état les protections.
Protection ciblée d'arbres d'avenir	1. Solution modulable, moins onéreuse 2. Arbres remarquables conservés. 3. Grattoir disponible avec les arbres non protégés, sacrifiés pour cet objectif. 4. Limite la perte d'espace, peu d'impact sur le chargement à l'hectare	1. Exige un bon diagnostic initial de la situation 2. Pari risqué pour les arbres non protégés et risque de faible régénération. Incertitude sur l'avenir des arbres non protégés considérés comme peu « appétents » ou attaqués initialement. Les animaux pourraient adapter leur comportement sur ces derniers... 3. Entretien chronophage car vérification individuelle.
Protéger les arbres en limite de parcelle	1. On conserve l'ensemble des beaux arbres en limite, conservant leur vocation productive et d'ombrage. Les racines sont protégées avec moins de tassement au sol. 2. Aucune perte d'arbre dû à la pression des cochons. 3. Mise en place simple en même temps que lors de l'installation de la clôture linéaire. 4. Faible coût (comparé aux autres solutions).	1. Légère perte d'espace. 2. Légère perte de surface ombragée possible selon l'orientation de la bordure. 3. Substitution à mettre en place pour le frottement (grattoir). 4. Si plantation d'arbres fourragers en limite externe, prendre garde de ne pas attirer les sangliers en bordure. 5. Si terrain meuble ou avec grosses pierres ou en pente, risque que les cochons enterrent progressivement les protections, notamment électriques, ce qui rend accessible les arbres et arbustes.

Tableau 15. Avantages et inconvénients des différentes stratégie de protection à la parcelle.

Afin de limiter les dégâts sur le sol et sur les arbres, il est possible de réguler l'accès à l'espace boisée à quelques heures par jours ou uniquement en période de fructification des arbres. Cette option demande davantage de temps de main d'œuvre et surtout d'espace de repos alternatif.

Ainsi il peut être intéressant de mettre les cochons en bâtiment durant l'hiver, pour les protéger du froid et pour éviter un retournement du sol facilité par l'humidité hivernale.

La pose d'un anneau sur le groin permet aussi de limiter les dégâts sur le sol (Photo 18).

Pour maintenir une productivité fruitière accessible et un ombrage au sol, on peut tailler et former progressivement les arbres en forme de pergola, notamment pour les arbres de bordure, de sorte que l'ombre et les fruits couvrent l'intérieur de la parcelle.



Photo 16 ; Effet de l'activité des porcs sur le sol avec comparaison d'un témoin non pâturé. A noter l'amas de pierre au pied de la clôture.



Photo 17. Afin d'éviter tout empilement de pierres sur les fils, les pierres ont été repoussées ici vers le centre de la parcelle. Ce travail est assez contraignant et répétitif.



Photo 18. La pose d'anneau sur le groin évite une trop forte pression sur le sol.

Parmi les effets négatifs, on peut également noter la toxicité liée aux effluents d'azote sur les jeunes arbres et arbustes plantés. A proximité de zones à risques (sortie de porcherie ou bas de pente) et dans des parcelles à fort chargement à l'hectare, il n'est pas rare de voir des effets sur le développement des végétaux, voire des cas de mortalité. Dans ce cas, il faut veiller à planter à des distances hors influence, souvent matérialisé sur le terrain par des zones humides et d'accumulation de boue en situation de forte pluviométrie.



Photo 19. Impact des effluents d'azote sur un arbre exposé au premier plan.

4.3. Types de protection

4.3.1. Les fils électriques

Souvent mis en avant par les éleveurs pour sa simplicité de mise en place et son faible coût, le fil électrique est une solution courante mais qui peut parfois générer de l'entretien plus fréquent que prévu au départ. Plusieurs dispositifs de parcs et d'alimentation du réseau sont possibles. Nous les décrivons ci-après.

Fil électrique enterré

Dans ce dispositif, généralement conditionné par un sol meuble et relativement profond, on relie chaque arbre avec un câble sous-terrain. Cette option est intéressante pour des plantations à faible densité justifié par des arbres de valeur (fruitier greffé par ex), et dans le cas de plantation sur prairie.

Deux cas de figure sont possibles : plantation en arbres isolés (photo ci-dessous) ou en alignement. Dans ce dernier cas, un seul fil entoure l'alignement sur 2 ou 3 hauteurs.



Photo 20. Protection d'arbres isolés par fil électrique enterré.

Les tranchées sont réalisées à la minipelle ou par trancheuse de sol thermique. Dans ce deuxième cas, les agriculteurs sont parfois équipés de trancheuse adaptable sur la prise de force du tracteur, car c'est un outil utilisé dans les travaux de drainage (Photo 21). Cet outil permet de descendre à plus d'un mètre de profondeur. Installer le câble en profondeur présente l'intérêt de le rendre moins sensible aux risques de déterrement des câbles par les porcs ou lors de descente de terre mise à nue par l'activité des porcs lors de phénomènes orageux.

Il existe également des modèles thermiques autotractés de plus petites tailles mais qui ne permettent pas de descendre à des profondeurs importantes. Selon le type de sol, cela peut être une solution alternative.



Photo 21. Exemple de trancheuse thermique : sur prise de force tracteur à gauche, et autotracté à droite.

En situation de relief voire très pierreux, cette option de tranchage thermique est toutefois compliquée, notamment parce que le sol sera hétérogène dans la majorité des cas, avec présence de cailloux important, mais aussi parce qu'avec la pente, il sera plus difficile de se déplacer sur les parcelles.

Une fois le câble sorti de terre, on protège l'arbre en fixant le fil sur 3 à 4 piquets de 50 à 80 cm de hauteur hors sol. L'inconvénient principal est inhérent à la protection électrique : la moindre panne est préjudiciable et il faut surveiller les protections en permanence. Attention aux pertes de charges si le couvert n'est pas assez entretenu au pied de piquets. Les entrées et sorties de fil sont également à protéger pour éviter toute entrée d'eau ou d'animaux.

Fil électrique en hauteur

Ce dispositif est adaptable que ce soit pour jeunes ou anciennes plantations, quel que soit le relief. L'idée est d'installer le réseau filaire à une hauteur permettant le passage en dessous des éleveurs ou des machines dans les parcelles. Dans les bois existants, le fil peut circuler, avec des systèmes d'accroche aux branches des vieux arbres.



Photo 22. Protection par fil électrique aérien. Il est possible de se connecter au fil de clôture existant.

Chaque arbre est protégé par 4 piquets de 0,5 à 0,8 m de hauteur hors sol, avec isolateurs. Un piquet rond de 2 m est planté sur l'espace de protection pour recevoir le fil électrique en hauteur. Prévoir une gaine souple, résistante aux UV, pour le passage du câble, ainsi qu'une batterie solaire d'électrification si pas de possibilité de raccordement au réseau. L'inconvénient principal est inhérent à la protection électrique : la moindre panne est préjudiciable et il faut surveiller les protections en permanence. Attention aux pertes de charges si le couvert n'est pas assez entretenu au pied de piquets.



Photo 23. Protection électrique aérienne, raccordée au réseau d'une maternité. Installation en épi.



Photo 24. Protection électrique aérienne en ligne.



Photo 25. Protection électrique de haie intraparcellaire

Pour la protection en ligne, on utilise généralement deux fils, tous les 20 à 25 cm de hauteur. Les piquets sont distants de 100 à 200 cm, afin de donner de la rigidité aux fils. L'entretien au sol est réalisé par gyrobroyage en faisant attention de ne pas sectionner les fils...

Des progrès sont possibles pour espacer ces points d'appuis afin de pouvoir relever les fils lors de l'entretien au sol. En éloignant les piquets de soutien, il faut installer des tenseurs afin de rigidifier les fils. Sur les poteaux, on peut installer des accroches en hauteur afin de lever et accrocher facilement les fils et faciliter ainsi le fauchage au sol.

Protection au fil électrique en bordure

En installant les paddocks, un bon diagnostic de la situation permet de sélectionner les beaux arbres à conserver en tirant des fils depuis la clôture ou en déviant volontairement celle-ci. Ce dispositif rallonge les longueurs prévues et augmente le temps d'entretien, mais économise sur les protections de types individuelles.



Photo 26. Installation électrique en clôture avec enherbement. Il faut éviter tout contact avec la végétation pour ne pas perdre en efficacité de charge.



Photo 27. Installation de clôture électrique à 5 fils (3 à l'extérieur et 2 à l'intérieur du paddock). Les poteaux possèdent plusieurs supports pour passer un fil bas sur un support haut libre pour favoriser le débroussaillage au sol. Les fils sont tendus avec tenseurs (à droite), ce qui permet d'avoir de grandes longueurs de fils et moins de manipulations.



Photo 28. Protection d'arbres à partir du fil de clôture en jeune plantation. En coin de paddock à gauche et sur l'alignement à droite.



Photo 29. Arbre âgé en forêt, protégé à partir du fil de clôture pour le sauvegarder.



Photo 30. Arbres de bordure protégés par le fil de clôture.

Lorsque les éleveurs tirent les fils depuis les clôtures, il est tentant de fixer les isolateurs directement sur les troncs (Photo 29 et Photo 30). Ce n'est pas forcément une bonne idée sur le

long terme. Si d'un point de vue sanitaire, les arbres sont capables de les accepter, avec le temps, ils seront recouverts par l'écorce, ce qui empêchera de les enlever avant toute exploitation du bois. De plus, la dégradation des fixations pourra potentiellement devenir un point d'entrée de pathogènes pour les arbres. Il est donc préférable de les fixer sur des piquets indépendants (Photo 31).



Photo 31. Arbre de bordure protégé à l'extérieur du fil, avec isolateurs sur poteau ou piquet.

4.3.2. Les protections de type grillage ursus

Devant le risque d'une coupure d'électricité pouvant être fatale aux arbres devant des porcs opportunistes et l'obligation d'entretien au pied des lignes non reportable dans le temps, de nombreux éleveurs optent pour du grillage. Certes, l'investissement initial est plus conséquent, mais une fois posé, le stress est moins présent.

On utilise du grillage de type ursus de gros diamètre, spécial sanglier. Ce dispositif est utilisé en individuel ou en ligne (haie ou clôture). Des éleveurs renforcent la base du grillage par des planches de bois ou de bardage métallique, notamment dans des cas spéciaux comme les maternités, afin d'éviter toute poussée des sangliers ou le passage de prédateur comme le renard ou autre.

Les protections avec grillage ursus en individuel ne sont pas très compliquées à mettre en place. Il faut mettre des poteaux de diamètre suffisamment important pour résister aux frottements des porcs. Il est préférable d'installer au moins 4 poteaux. On pourra les fixer entre eux par des planches pour leur donner plus de stabilité.

L'inconvénient de ce système, c'est qu'il n'y a aucune protection contre le frottement des porcs. Et avec le temps et la détérioration du bois, les porcs arrivent souvent à soulever le grillage (Photo 32). Une alternative est d'installer du fil barbelé en renfort. Il existe plusieurs gammes de rigidité de grillage. Il faut opter pour du grillage lourd et résistant, noué en nœuds non coulissant, en acier

galvanisé, avec mailles progressives (avec des mailles minimales à la base de 10cm). Le diamètre minimum du fil doit être de 2,5 mm, mais 3 mm étant préférable.



Photo 32. Exemples de Protections individuelles avec grillage ursus



Photo 33. Exemple de dégâts sur protection ursus quelques années après plantation.



Photo 34. Protection individuelle avec grillage rigide.

Le diamètre du fil galvanisé est important. Il est préférable de ne pas faire de fausses économies en la matière. Des alternatives existent également en plaque de grillage rigide (Photo 34). Dans tous les cas, le doublage avec fil barbelé est une option de garantie supplémentaire.

Lorsque la pose est en ligne, comme lors d'une séparation d'une parcelle en 2 ou plusieurs paddocks, il peut être intéressant de réaliser des allées bordées de grillage ursus. Là aussi, le renforcement avec fil de fer barbelé est une sécurité. L'utilisation de piquets de vigne à angles et accroche du grillage est une garantie de solidité. Deux précautions sont toutefois à prendre : maintenir un accès facile à la bande en cas de plantation et d'entretien des arbres, et calculer une largeur d'environ deux mètres. Pour le premier point, on peut d'abord installer un côté de grillage afin de faciliter l'action de plantation (pose paillage, trouaison, plantation...) (Photo 35). Sur la question de la largeur, le maintien d'un mètre de part et d'autre des arbres et arbustes permet de bien circuler sur la bande et surtout permet un développement latéral sans danger d'abrouissement des tiges de la part des porcs. Cette bande, avec les années, peut devenir une véritable haie nourricière, de protection antiérosive et d'ombrage. L'éleveur peut aussi décider de ne pas planter mais d'assurer une régénération naturelle enrichi éventuellement d'un semis direct des arbres et arbustes souhaités.



Photo 35. Grillage ursus installée pour protéger une haie, doublé de 3 rangées de fils barbelés.

La question de la largeur est également un point important sur la possibilité de ces espaces à limiter les problèmes de pollution liés aux déjections des porcs. Selon la surface et le chargement, les parcelles en pente peuvent favoriser le déplacement de l'azote en bas de parcelle. Le maillage avec ces espaces enherbés freine et facilite l'infiltration de l'eau. Ce n'est pas sans risque pour certains végétaux qui peuvent souffrir de toxicité par l'excès de nitrate et d'ammoniaque. En règle générale, un porc rejette quasiment 40 % de l'azote ingéré par l'urine et 20 % par les voies fécales.



Photo 36. Haie de 1 m de large, entourée de grillage latéral à gauche. Signes foliaires de toxicité par excès d'azote d'arbres plantés en bas de pente.



Photo 37. Renforcement à la base d'un grillage ursus linéaire avec protection métallique. Cette protection à la base limite l'envie des porcs de soulever le grillage avec leur groin.

4.3.3. Protection individuelle cactus

Une entreprise espagnole a développé une protection sur la base d'un grillage ursus mais hérissé de pointe, particulièrement efficace en système de Dehesa. Dans le cadre de ce projet, nous avons mis en place ces protections, en testant différentes tailles (entre 60 et 100 cm de hauteur). Il est encore trop tôt pour donner des conclusions sur le long terme, mais les premiers résultats sont encourageants.

Ces protections sont conditionnées en plaques. Leur manutention est un peu délicate du fait de la présence des piques. Mais le transport en palette de 200 à 250 unités est facile.



Photo 38. Les protections cactus sont livrées en plaques de plusieurs dimensions. Avec des hauteurs allant de 30 à 180 cm, et des largeurs de 100 à 180, pour des usages agricoles.

L'éleveur doit alors enrouler la grille et la fixer en bord pour réaliser un cylindre. Dans le cas d'une plantation, il est recommandé de réaliser ces cylindres avant la pose, ce qui permet de gagner du temps. L'idéal est de faire cette opération à deux personnes : une personne enroule et l'autre fixe les bords entre eux. S'il s'agit de protéger un arbre plus âgé, il faut alors enrouler directement l'arbre sur le terrain.



Photo 39. Les plaques sont ensuite enroulées pour protéger directement les jeunes repousses ou les jeunes plants.

Lors de la mise en place sur le terrain, il est recommandé d'installer 3 piquets de type tor ou piquet à angle de vigne (Photo 40), de diamètre 12 à 14 mm, afin de bien maintenir le cylindre en place. Les piques maintiennent le porc à distance mais il peut tenter de pousser le grillage. Dans ce cas, 2 piquets ne sont pas suffisants (Photo 42).



Photo 40. Protection cactus avec 3 piquets. 80 cm de hauteur semble être la meilleure option de protection.



Photo 41. Porc restant à distance des pics de la protection cactus.



Photo 42. Dégâts sur protection cactus maintenue avec deux piquets.



Photo 43. Protection Ursus Cactus individuelle avec fer tor de trop faible diamètre.

Pour les arbres adultes ou les cépées, on peut également installer plusieurs grilles côte à côte. On veillera à installer suffisamment de piquets pour maintenir une rigidité suffisante (Photo 44).



Photo 44. Pour les arbres plus âgés ou pour des cépées, il faut installer plusieurs plaques.

Pour les porcs, il est recommandé de choisir les plus grandes dimensions en terme de largeur. Cela permet de protéger le sol et éviter toute recherche des racines du plant par les porcs, mais aussi de les protéger des effluents azotés.

Pour protéger des arbres adultes du frottement, on peut également opter pour des grillages en couronnes de 30 à 50 cm de hauteur. Dans ce cas, il faut veiller à ne pas trop serrer le grillage et installer des attaches souples afin de ne pas abîmer l'écorce du tronc avec le temps et sa croissance en diamètre.



Photo 45. Protection Ursus Cactus en bande pour protection de tronc d'arbres adulte.

Les couronnes peuvent également être utilisées en partie basse de clôture pour protéger contre les sangliers ou les porcs, dans les zones sensibles, un peu trop fréquentées (Photo 46).



Photo 46. Bande ursus linéaire pour protéger les grillages de clôture au sol, afin d'éviter tout soulèvement du grillage par les porcs et tout frottement à la base. Particulièrement efficace également contre les sangliers.

4.3.4. Les clôtures bois

Les clôtures entièrement en bois sont envisageables, mais à condition d'opter pour du bois de châtaignier ou de robinier, plus résistant dans le temps, et d'avoir des diamètres et épaisseurs renforcés (12-14 cm de diamètre).

L'effet recherché est esthétique, et les matériaux sont biosourcés, entièrement recyclables. Prévoir un enfonce-pieu pour garantir une bonne stabilité et résistance aux frottements ou tentatives de soulèvement. Opter pour une dimension suffisante, d'un mètre de côté à minima. Ces distances permettent également de garantir tout risque de toxicité par l'azote...



Photo 47. Protection de type clôture bois renforcée.

La durée de vie de ces clôtures est variable. Mais on peut tabler sur 10 ans. Au-delà, il faut prévoir un remplacement ou des réparations. Après 10 ans, les arbres sont assez développés mais restent fragiles. Il ne faut donc pas tarder à intervenir...

Il est toutefois recommandé d'installer une grille de protection au moins sur les 30 premiers centimètres pour éviter aux cochons de venir trop se frotter.

D'un point de vue paysager, ce dispositif est intéressant dans les systèmes de vente directe. On peut imaginer un investissement de ce type sur les arbres à proximité des lieux d'habitation et de l'atelier de vente ou de visite.

4.3.5. Les clôtures acier

Une option plus résistante à la précédente consiste à s'inspirer des protections usuelles en milieu urbain pour protéger les arbres des manœuvres de véhicules. Ces protections sont fréquentes en parcs exposés à la prédation. Tout comme l'exemple précédent, compte tenu du prix élevé, cette option sera avant tout esthétique et réservée aux zones à enjeu paysager. En effet le coût d'une protection individuelle peut dépasser les 100 euros et à plus large diamètre, on peut atteindre les 500 euros dans le commerce (Photo 48). Ces investissements ne valent que pour protéger des arbres d'exception.

Prévoir des diamètres suffisamment importants pour résister aux frottements des animaux, et un système d'ancrage solide pour éviter tout déplacement à terme par l'action de soulèvement des porcs. Si la protection est intéressante pour les porcs ou les truies, pour les porcelets, il faut prévoir un grillage en partie basse. Il est également possible de compléter l'installation avec des arbustes ou lianes à l'intérieur.



Photo 48. Protection en acier, individuel à gauche, plus large (arbre adulte ou cépée)    droite.

4.3.6. Protection avec buse béton

Dans le projet AgroforesTruie, nous avons imaginé d'installer des protections de type buse de béton armé, afin d'offrir protection mais aussi zone de grattage pour les porcs.

Le coût est assez élevé, car il faut prévoir d'enfoncer de 10 à 20 cm la buse dans le sol pour éviter aux cochons de déplacer la buse. Un ancrage additionnel avec des fers à l'intérieur peut aussi être une option. L'idéal est donc de coupler l'installation avec la mise en place de petits piquets type fer à béton (trois à l'intérieur) afin de le stabiliser. On optera pour un diamètre de 80 à 100 cm et une hauteur de 80 cm. Installer 1 à 3 protections de ce type sur les parcours, notamment proche des entrées et sorties de paddocks ou de lieu d'alimentation. A l'intérieur, il est possible de planter un arbre accompagné d'un ou deux arbustes complémentaires. L'avantage pour les végétaux sera la fraicheur et l'humidité au sol garantie par l'ombrage offerte par la hauteur de la buse.

La principale difficulté est bien entendu son installation sur la parcelle. Celle-ci ne peut se faire qu'avec un accès facile (terrain plat notamment ou à proximité d'un chemin). Il est recommandé de réaliser la trouaison avant la pose pour faciliter la plantation une fois la buse placée.



Photo 49. Buse béton pour la protection des arbres et comme outil grattoir.



Photo 50. Vue d'ensemble d'une parcelle plantée avec buses béton en protection.

Dans une plantation avec plusieurs protections en buses béton (Photo 50), on répartit la charge de frottement sur plusieurs arbres, ce qui diminue le risque éventuel de dégât. Certes, le paysage est particulier mais il est possible d'habiller les buses avec bois et pierres comme dans l'exemple suivant.

Pour diminuer le prix, on peut opter pour des buses de hauteur 50 cm, mais qu'il faudra obligatoirement fixer à l'intérieur avec les fers à béton et remplir de 10 cm de terre. Une buse de 50 cm de hauteur pour 1 m de diamètre peut peser 200 kgs. Mais pour un cochon, il est possible de le pousser progressivement... Si l'on opte pour des buses ou raccords de béton non armé, prévoir de remplir un peu de terre dans tous les cas pour améliorer la solidité. Il est clair qu'une buse de béton vibré est nettement moins chère à l'achat (quasiment la moitié du prix).

4.3.7. Protection avec pierres naturelles

Lorsque le contexte géologique le permet, il est possible d'installer des pierres autour des arbres âgés afin de protéger le bas de l'arbre mais aussi les racines proches du tronc. On peut imaginer également ce système simple à mettre en place également avec les buses béton protégeant de jeunes arbres. Les pierres dissimulent alors le côté un peu disgracieux des buses. La buse restant toutefois indispensable dans ce cas pour protéger le jeune arbre de tout risque de déplacement de la pierre. Dans ce cas, des pierres de 100 kgs peuvent suffire. Sans buse, prévoir plutôt des pierres de 200 à 300 kgs unitaires et des petites pierres pour caler le cordon réalisé.

Toutefois, ces dispositifs sont plus adaptés aux arbres déjà âgés. L'installation d'un cordon de pierres permet de protéger contre les frottements mais aussi les déchaussements racinaires.

Il est également possible d'acheter des roches de terrassement lorsqu'il n'est pas possible de trouver des pierres naturelles. Le coût du transport n'est pas négligeable, sachant qu'un camion tout terrain ne pourra charger plus de 6 à 10 pierres selon la taille.



Photo 51. Protection d'arbres adultes avec pierres naturelles



Photo 52. Autre exemple de chêne protégé par des pierres au pied du tronc. A noter que pour les arbres en bordure et avec dénivelé, ce dispositif permet de freiner l'érosion du sol comme ici.



Photo 53. Installation d'un cordon de pierre autour de cépées à protéger.

4.3.8. Synthèse comparative

Le tableau suivant présente les avantages et inconvénients des solutions présentés et étudiés sur le terrain au cours du projet. Nous insistons un peu plus sur les inconvénients... Mais nous sommes ici limités par la durée des expérimentations même si bon nombre d'observation viennent aussi d'expérimentations passées.

Protection	Avantages	Inconvénients
Fil électrique enterré : 10 à 12 € + travaux de terrassement selon typologie du terrain.	1. S'intègre bien dans le paysage 2. Peut permettre une double fonction de protection et de séparation des lots en paddocks	1. Entretien très régulier, demande de vigilance. Une coupure d'électricité est synonyme de dommage sur les arbres. 2. Dépend de la profondeur et de l'homogénéité du sol 3. Coût chantier un peu plus élevé que des protections simples 4. Risque d'entrée d'eau dans le système ou d'animaux. 5. Désherbage au pied des arbres astreignant pour éviter les pertes de charges 6. Risque d'enfouissement des fils par le retournement de la terre avoisinante par les cochons
Fil électrique aérien : 10 à 12 euros.	1. Facilité de mise en œuvre 2. Peu coûteux 3. Tout terrain	1. Aspect paysager plus impactant 2. Surveillance importante. Une coupure d'électricité est synonyme de dommage sur les arbres. 3. Durabilité des gaines exposées au froid et au soleil 4. Désherbage au pied des arbres astreignant pour éviter les pertes de charges 5. Risque d'enfouissement des fils par le retournement de la terre avoisinante par les cochons
Fil électrique bordure : 10 à 12 €. En linéaire : 5 à 15 euros le ml.	1. Facilité de mise en œuvre 2. Très peu coûteux car mutualisation du matériel avec la clôture 3. Tout terrain	1. Perte de surface 2. Vigilance sur l'entretien. Une coupure d'électricité est synonyme de dommage sur les arbres. 3. Chute de fruits en bordure inaccessible (risque attirance de sangliers et de foyer de contamination de ravageurs des fruits) 4. Désherbage au pied des arbres astreignant pour éviter les pertes de charges 5. Risque d'enfouissement des fils par le retournement de la terre avoisinante par les cochons
Grillage ursus Prix : 10 à 20 € Selon type de piquets En linéaire, prévoir entre 13 et 18 € le ml.	1. Coût abordable. Possibilité de recycler du matériel (piquets équerre par ex). 2. Résistant à condition de le doubler avec barbelé. 3. Entretien faible si investissement conséquent.	1. Entretien à prévoir surtout si absence de barbelé ou de bardage au pied. 2. Clôture détériorable facilement si câble pas assez tendu au sol (soulèvement par les porcs). Surtout dans le cas des protections individuelles, moins facile à tendre. 3. Protection racinaire limitée à la surface d'emprise. Prévoir un diamètre de protection supérieur à 1 m, sinon risque de déracinement.

		4. Risque de frottement du grillage contre l'écorce sauf en présence de barbelé.
Protection Cactus Prix : 8 à 30 € selon dimension et type de piquets	1. Très efficace 2. Mise en place facile du fait de la rigidité. 3. Durée dans le temps (acier inoxydable) 4. Variante disponible pour arbre adultes 5. Recyclage possible pour d'autres protections.	1. Le diamètre de protection est assez réduit (1m60 de circonférence maximum). Ce qui ne protège pas suffisamment les racines des arbres. 2. Le coût des protections est élevé. 3. Certains éleveurs nous ont fait remonter que les piques pouvaient s'émousser avec les années, ce que nous n'avons pas remarqué dans les expérimentations et d'après les dires du côté espagnol. Pour éviter le grattage, des dispositifs supplémentaires sont à installer (comme pour toute protection)
Protection bois Prix : 80 à 120 €	1. Forte valeur paysagère 2. Solidité intéressante si bois de qualité	1. Temps d'installation conséquent sauf si équipement adapté (enfonce pieu). 2. Prévoir un renouvellement à 10/15 ans 3. Prix élevé.
Protection en ferronnerie Prix : 80 à 150 €.	1. Forte valeur paysagère 2. Durée dans le temps et solidité face aux animaux. 3. Possibilité d'associer des arbustes ou plantes grimpantes (en protégeant la face externe). 4. Intervention de taille facile pour les protections de faible diamètre.	1. Prix très élevé. 2. Installation lourde d'un seul tenant. 3. Pour les porcelets, prévoir un renforcement en bas de protection.
Protection buse béton. Prix : 90 à 250 € selon dimension et si béton vibré, armé ou non.	1. Protection efficace. 2. Fraicheur au pied des arbres 3. Possibilité de planter un arbre avec 1 ou 2 arbustes compagnons (légumineuses par exemple). 4. Zone de grattage pour les porcs	1. Esthétique discutable... 2. Difficulté dans la mise en place avec engin lourd se déplaçant sur la parcelle. 3. Difficile d'installation en zone accidentée.
Cordon de pierres/roches Prix : 100 à 300 € en prestation, variable selon distance approvisionnement.	1. Esthétisme 2. Gratuité des matériaux si surplace. 3. Durabilité dans le temps 4. Déblaiement des pierres présentes sur parcelle.	1. Coût élevé selon prestation et taille des pierres. Temps de chantier assez long pour un arbre à protéger. 2. Livraisons nombreuses pour protéger un grand nombre d'arbres, avec problèmes liés à la circulation d'engins lourds sur la parcelle. 3. Efficacité réelle sur les arbres (risque d'abrasion sur l'écorce si pierre mouvante à cause des animaux).

Tableau 16 ; Tableau comparatif des avantages et inconvénients des différentes protections testées.

4.4. Mise en place des sites et expérimentations

AgroforesTruie a permis d'appuyer la mise en place de projets de démonstration chez des éleveurs et éleveuses en lien avec les associations porteuses de labels ou de marques liés à l'agroforesterie, mais également auprès d'éleveurs individuels en dehors du territoire concerné par le projet.

Dans ces projets, des réflexions ont été menées par rapport aux deux thématiques principales d'AgroforesTruie, à savoir la contribution à l'autonomie fourragère et la protection des arbres, jeunes ou âgés.

Une dizaine de sites ont donc été mis en place : 4 dans les Cévennes avec l'association Baron des Cévennes, 2 dans le territoire Porc Noir de Bigorre, 2 dans le Pays Basque et 1 pour le Cul Noir du Limousin. Un projet externe à AgroforesTruie a également été accompagné en Bourgogne. Deux projets de plantations et de sites pilotes coordonnés par le FIBL sont en réflexion dans la Drôme.

4.4.1. Mas du Sire, Quissac, Gard (30)

- Nom du site : Mas du Sire
- Commune : Quissac (30)
- Surface : 3.7 ha
- Race porcine: Duroc
- Structure accompagnement : Agroof / Association Baron des Cévennes.
- Plantation en 3 phases (2021/2022/2023)

Contexte et objectifs du projet

Au mas de Sire, l'éleveuse a décidé de réaménager complètement sa pâture dédiée à son élevage porcin. D'une surface de 3,7 ha, la parcelle se présentait d'un seul tenant, sans possibilité de gérer les lots d'animaux selon leur âge, et sans aménagement arboré ou presque. En parallèle, elle décide d'installer sur une parcelle quasiment attenante une maternité pour être indépendante en termes d'approvisionnement en porcelets.

Les objectifs du projet sont de différents niveaux :

- Protection contre les vents dominants
- Améliorer le bien-être animal (ombrage)
- Contribuer à l'autonomie alimentaire du cheptel (60 à 70 porcs charcutiers + maternité avec 5 truies en permanence).
- Améliorer le paysage et aider au contrôle de l'érosion du sol.
- Tester différents modes de protections des arbres

Aménagements réalisés sur le parc principal

Après discussion et diagnostic sur la parcelle, en partenariat avec la technicienne de l'association, Chloé Lefort, nous avons opté pour un redécoupage de la parcelle en 10 paddocks.



Photo 54. Projet Quissac. Vue d'ensemble avant plantation.

Plusieurs aménagements ont ensuite été décidés, pour répondre à la demande de l'éleveuse :

- Implantation au nord et au sud d'une haie de protection contre les vents dominants, avec objectif paysager.
- Implantation de haies latérales intérieures le long du chemin d'accès qui partagera la parcelle en 2 parties (est et ouest).
- Installation d'alignement d'arbres fourragers en partage de chaque paddock
- Plantation d'arbres intraparcels disséminés pour l'apport fourrager et d'ombrage.

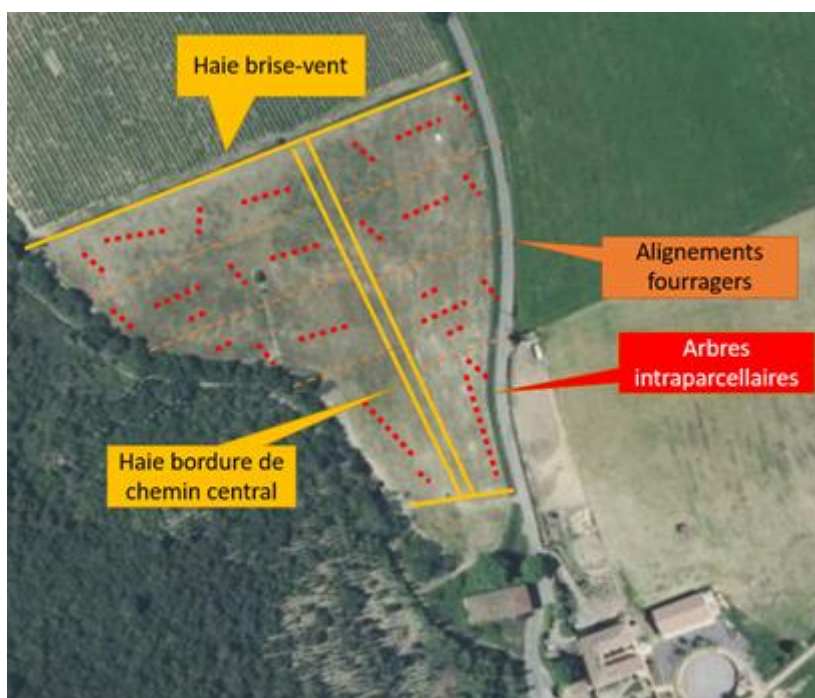


Figure 29. Implantation des aménagements réalisés

Le projet a été l'occasion d'installer une collection de chênes à glands doux de différentes provenances (12 au total). De même, nous avons installé un dispositif de comparaison entre 2 arbres plantés en doublons (1 m entre 2 plants) et 2 arbres en doublon mais accompagnés par des arbustes légumineux (sur les mêmes chênes de la collection). L'objectif ici était de comparer la meilleure façon d'implanter les arbres de différentes origines (France, Espagne, Italie), en s'assurant de leur bonne reprise et accroissement les premières années, en se laissant la possibilité d'en sélectionner un sur deux d'ici quelques années. La collection a pour objectif d'avoir pour la première fois en France un mini-arboretum de chênes à glands doux en milieu réel. En parallèle, nous avons implanté une large diversité de fruitiers à fruits secs et à chair dont l'objectif est de parvenir à un apport alimentaire conséquent. Nous visons un apport pouvant remplir un objectif de 20 à 30 % des besoins quotidiens en protéines et 15 à 30 % des besoins énergétiques, en moyenne sur l'année de présence des porcs. L'objectif de production devrait avoisiner les 8 à 10 T de MS/ha en phase de production (à partir de l'année 10), sachant qu'un porc a des besoins de 2 à 3 kgs/j.

- Haie de protection contre les vents dominants

Au nord et au sud de la parcelle, une haie brise vent a été mise en place. Dans cet alignement, nous n'avons pas mis de chênes à glands doux et peu de fourragers qui pourraient risquer d'attirer les sangliers en bordure de parcelle. Les quelques fruitiers seront taillés et élagués de telle sorte que les houppiers soient déportés vers le centre de la parcelle et non vers l'extérieur, à la façon d'une pergola naturelle.

La haie a donc été plantée à l'extérieur de la parcelle, derrière la clôture Ursus. Une seconde clôture protège ensuite la bordure extérieure. Un paillage thorenep a été installé au sol.

Matrice de plantation suivie (plantation en février 2021)

Strate	Distance entre ligneux (m)
Arbre objectif	0
Arbrisseaux diversification	1
Fruitier diversification	2
Arbrisseaux diversification	3
Fruitier diversification	4
Arbrisseaux diversification	5
Arbre objectif	6

Cette matrice est répétée sur toute la longueur de la haie.

Essences retenues

Arbre objectif	Chêne vert 1	Quercus ilex
Arbre objectif	Chêne vert 2	Quercus ilex
Arbre objectif	Chêne vert 3	Quercus ilex
Arbre objectif	Chêne pubescent	Quercus pubescens
Arbre objectif	Erable champêtre	Acer campestre
Arbre objectif	Aulne de Corse	Aulus cordata
Fruitier diversification	Arbousier	Arbustus unedo
Fruitier diversification	Olivier	Olea europaea
Fruitier diversification	Poirier à feuilles d'amandier	Pirus spinosa

Fruitier diversification	Murier blanc	Morus alba
Fruitier diversification	Cognassier	Cydonia oblonga
Fruitier diversification	Amandier	Prunus dulcis
Arbrisseaux diversification	Coronille jaune	Coronille glauca
Arbrisseaux diversification	Laurier noble	lauris nobilis
Arbrisseaux diversification	Lilas	Syringa vulgaris
Arbrisseaux diversification	Baguenaudier	Colutea arborescens



Photo 55. Déroulage du paillage en feutre végétal à l'extérieur de la clôture principale. Une seconde clôture vient protéger la partie extérieure.

- Haies latérales bordant le chemin central

Chaque haie mesure environ 200 m de longueur (194 et 195.5 m respectivement), mais 4 ouvertures sont intercalées pour les entrées des paddocks.

Chaque arbre est entouré d'un arbuste. Un arbre sur deux est un arbre fourrager ou fruitier sauvage, avec implantation en alternance d'un chêne de la collection (10 provenances au total pour 6 pépiniéristes différents, français et espagnols).

Les arbres fourragers utilisés sont le pistachier, l'amandier, l'arbousier, le noisetier, le pommier franc, le plaqueminier. Les arbustes sont composés de luzerne arborescente, baguenaudier, coronille, et autres essences méditerranéennes.

Extrait de séquence : Arbuste - Arbre fourrager – Arbuste – Arbuste - Chêne X – Arbuste – Arbuste - Arbre fourrager – Arbuste – Arbuste - Chêne XX – Arbuste – Arbuste – Arbre fourrager – etc...

Viveros amargas	Q ballota
Naudet	Chêne vert
IRTA	Q ballota
Planfor	Q faginea
Planfor	Q frainetto
Planfor	Q macrocarpa
Quissac	Q macrocarpa
Florama	Q faginea
Florama	Q kelloggii
Florama	Q macrocarpa
Planfor	Q pyrinus

Tableau 17. Liste des espèces de chênes de la collection



Photo 56. Plantation de la haie bordant le chemin central.

- Alignements fourragers de séparation

Les alignements de séparation entre paddocks sont constitués en grande partie par des arbres fourragers, chênes à glands doux et fruitiers sauvages.

Espèces	Distance cumulée (m)	Distance (m)
Arbuste	0	0,5
Chêne 1	0,5	0,5
Arbuste	1	0,5
Chêne 1	1,5	0,5
Arbuste	2	2,5
Arbre fruitier	4,5	2,5
	7	0,5
Chêne 1	7,5	0,5
	8	0,5
Chêne 1	8,5	0,5
	9	2,5
Arbre fruitier	11,5	2,5
Arbuste	14	0,5

Chêne 1	14,5	0,5
Arbuste	15	0,5
Chêne 1	15,5	0,5
Arbuste	16	2,5
Arbre fruitier	18,5	2,5
Arbuste	21	0,5
Chêne 2	21,5	0,5
Arbuste	22	0,5
Chêne 2	22,5	0,5
Arbuste	23	2,5
Arbre fruitier	25,5	2,5
...		

Tableau 18. Description de la séquence inter-paddock plantée au Mas du Sire

Strate	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Arbre objectif	Chêne 1	
Arbre objectif	Chêne 2	
Arbre objectif	Chêne 3	
Arbre objectif	Chêne 4	
Fruitier diversification	Arbousier	Arbustus unedo
Fruitier diversification	Cognassier	Cydonia oblonga
Fruitier diversification	Amandier	Prunus dulcis
Fruitier diversification	Olivier	Olea europaea
Arbrisseaux diversification	Coronille jaune	Coronille glauca
Arbrisseaux diversification	Baguenaudier	Colutea arborescens

Tableau 19. Liste des essences plantées sur les alignements inter paddocks au Mas du Sire.

Les chênes à glands doux sont les espèces de la collection déjà présente sur les alignements de l'allée centrale. On teste ici deux modes de plantation : avec ou sans arbuste de gainage. Les chênes sont plantés en doublon à un mètre de distance : on sélectionne le meilleur individu dans 5 ans environ. Entre chaque séquence, on intercale un arbre fruitier sauvage.



Photo 57. Vue sur la ligne de séparation entre deux paddocks au Mas du Sire.

La plantation est protégée de part et d'autre par du grillage ursus renforcé avec 3 lignes de barbelés, fixé avec des piquets de vigne. La largeur est de 1 m. Un paillage thorenap a été déroulé avant la pose du grillage. En premier plan, le mur bétonné entoure une plateforme qui servira de sol pour une cabane, avec un point d'eau. On peut voir une mare créée en arrière-plan, de chaque côté de la ligne, avec des arbres d'ombrage plantés à proximité.

- Plantation d'arbres intraparcellaires

Au sein de chaque paddock, nous avons planté entre 5 et 10 arbres selon la superficie de l'enclos.

Les arbres sont composés de chênes à glands doux (la plupart greffés) et de fruitiers dont certains greffés également pour viser une production de fruits abondante et pouvant servir en partie d'autoconsommation pour la famille. La collection a été enrichie de mûriers fourragers pour la feuille et l'ombrage.

En parallèle, nous avons testé ici 4 protections individuelles différentes pour les arbres intraparcellaires (4 grillages ursus cactus de dimensions différentes, de 50 à 100 cm de hauteur).



Photo 58. Détail des protections cactus testées dans le dispositif.



Photo 59. Les cochons attendent que les arbres poussent...

La maternité

Selon le souhait de l'éleveuse, une maternité a été initiée de l'autre côté de la route. Une parcelle de 2000 m² a été subdivisée en 5 paddocks ; chacune bénéficiant de son local individualisé pour chacune des 5 truies prévues.

Dans ce projet, on distingue 2 types d'aménagements : les haies de clôtures et de séparation de paddocks et les arbres intraparcellaires. L'objectif principal est surtout de contribuer au bien-être des animaux, exposés aux chaleurs de l'été mais aussi au froid. On ne mettra pas ou très peu d'arbres avec des fruits trop riches en protéines.



Figure 30. Illustration de la parcelle avant et après aménagement proposé (les chiffres correspondent au métrage de chaque segment de haie).



Photo 60. Avant le projet, les truies mettaient bas sur une parcelle non aménagée.

- Aménagement Haie

Les ligneux sont plantés tous les mètres. Avec un arbre de haut jet tous les 5 m. A noter que certains arbres seront menés soit en haut jet, soit en cépée.

Pommier sauvage	Malus sylvestris
Poirier sauvage	Pyrus pyrastrer
Aulne à feuilles de cœur	Aulus cordata
Cornouillier male	Cornus mas
Erable champêtre	Acer campestris
Micocoulier de Provence	Celtis australis
Viorne tin	Viburnum tinus
Chêne pubescent	Quercus pubescens
Amandier	Prunus dulcis
Arbre de Judée	Cercis siliquastrum
Ciste de Montpellier	Cistus monspeliensis
Cognassier	Cydonia oblonga
Laurier noble	Laurus nobilis
Nerprun alaterne	Rhamnus alaternus
Chêne vert	Quercus ilex
Coronille de Valence	Coronilla valentina
Arbousier	Arbutus unedo
Baguenaudier	Colutea arborescens
Lilas	Syringa vulgaris
Murier blanc	Morus alba



Figure 31. Chaque haie a été protégée par un double grillage, renforcé avec du fil de fer barbelé (trois lignes).

- Aménagement intraparcélaire

En complément des haies de séparation, des arbres intraparcélaire, composés en majorité par des mûriers blancs, facile à mener en pergola, et très intéressant pour la valeur fourragère des feuilles (protéines mais surtout éléments minéraux pour les truies en lactation) ainsi que des fruits (glucides).

Chaque arbre est protégé par un grillage ursus de type cactus, avec paillage thorenap au sol (diamètre 40 cm). La hauteur du grillage est de 80 cm, ce qui permet une taille de formation aisée par-dessous le jeune plant.



Figure 32. Vue des arbres intraparcellaires de la maternité - Mas du sire à Quissac.

4.4.2. Le projet du Comptoir de Saint Hilaire de Brethmas.

- Nom du site : Comptoir de Saint Hilaire
- Commune : Saint Hilaire de Brethmas (30)
- Surface : 3.4 ha
- Race porcine: Duroc
- Structure accompagnement : Agroof / Association Baron des Cévennes.
- Plantation en 1 phase (2023)

Contexte et objectifs du projet

L'exploitant a repris une partie de l'exploitation familiale, afin notamment de créer un atelier porcin. Il développe par ailleurs d'autres projets agroforestiers en parcelles de céréales, plantes aromatiques et oliviers.

Sur la parcelle occupée par les porcs, atelier lancé au début du projet AgroforesTruie, il décide de découper l'espace en 6 paddocks pour gérer au mieux les rotations de porcs à l'engraissement.



Photo 61. Domaine de la Rouquette avant aménagement.



Photo 62. Domaine de la rouquette après la création des 6 paddocks et installation des cabanes et réseau d'eau.

Dans chaque paddock, ont été plantés des arbres fourragers (chênes à glands doux et mûriers blancs), à la fois pour la production de fruits et de feuilles, mais aussi pour l'ombrage. Quelques essences comme le figuier ou l'arbousier ont également été implantés pour diversifier les ressources alimentaires. Les paddocks n'avaient pas tous les mêmes occupations en terme de densité d'arbres présents (essentiellement frênes et chênes verts). Trois paddocks ont simplement été plantés partiellement (les 1, 2 et 3 sur la figure suivante), et les trois autres ont été plantés de manière plus importante sur la partie prairie peu ou pas arborées (paddock 4, 5 et 6). Dans chacun des paddocks, des arbres d'ombrage ont été installés près des entrées, et des lieux d'alimentation et d'abreuvement (Figure 33).

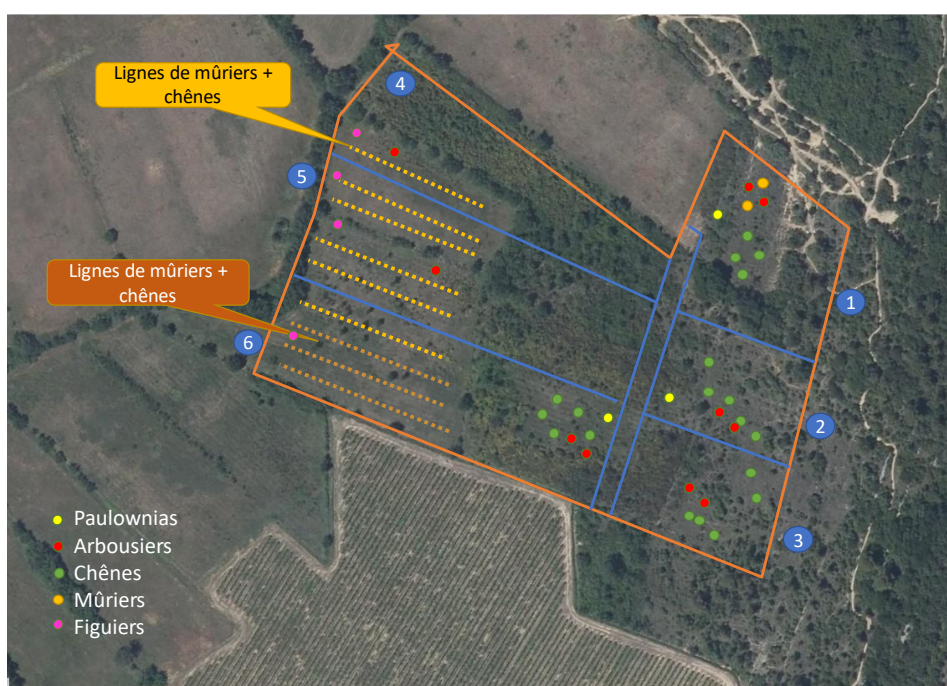


Figure 33. Plantation d'arbres fourragers au Mas de la Rouquette.

L'ensemble des arbres ont été protégés avec des protections cactus. Des protections cactus seront également disposées autour des arbres d'avenir, existant avant l'aménagement.

4.4.3. Le projet de la ferme du Figueirole de Fons-sur-Lussan.

1. Nom du site : Ferme de Figueirole
2. Commune : Fons-sur-Lussan (30)
3. Surface : 10 ha
4. Race porcine: Duroc
5. Structure accompagnement : Agroof / Association Baron des Cévennes.
6. Plantation en 1 phase (2021)

Contexte et objectifs du projet

Avant sa retraite, l'exploitant avait développé à la fois un atelier naisseur et un atelier d'engraissement des porcs. La maternité comporte plusieurs cabanes pour chacun des truies avec les porcelets. Le reste du domaine, arboré, abrite plusieurs paddocks (porcs à l'engraissement, truies et verrats). Le projet de plantation portait sur la partie maternité, faiblement arborée.

Le cheptel annuel est composé de 150 porcelets, 13 à 20 truies et 50 porcs charcutiers.

Ses parcelles sont très exposées aux effets des canicules et sécheresses répétées. Ses objectifs étaient de protéger les truies et les porcelets des effets de la chaleur, grâce aux arbres, sur la partie maternité essentiellement. Sur le reste du parcours, l'objectif est surtout de protéger les arbres les plus exposés aux cochons.

Des arbres d'ombrage, à croissance rapide ainsi que quelques chênes verts à glands doux sélectionnés et des figuiers ont ainsi été plantés sur les parcelles. Dans chaque paddocks de la maternité ont ainsi été plantés entre 5 et 15 arbres, autour des cabanes et des points d'eau et d'alimentation. 90 arbres ont été plantés au total.

A noter que la ferme a été reprise par un nouveau éleveur en 2024.



Photo 63. Mas de la Figueirole à Fons sur Lussan. La surface totale est délimitée en vert et la maternité en orange.



Photo 64. Porcelets avec leur mère sur un paddock objet de plantations par le projet.



Photo 65. Porcs se nourrissant d'arbutus sauvages tombées au sol.

4.4.4. Le projet du Mas del Fray à Salles du Gardon.

1. Nom du site : Mas del Fray
2. Commune : Salles du Gardon (30)
3. Surface : 4 ha
4. Race porcine: Duroc
5. Structure accompagnement : Agroof / Association Baron des Cévennes.
6. Plantation en 2 phases (2021 et 2024)

Contexte et objectifs du projet

Les éleveurs ont développé un élevage porcin et ovin en GAEC sur 5ha depuis 2018. Ils ont dès leur départ dans l'activité intégré la filière Baron des Cévennes.

Leurs cochons sont de plusieurs races, on y trouve du Duroc et des croisés Duroc-Large white. Ces derniers correspondent plus gustativement aux demandes des bouchers en frais. Le cheptel est composé entre 75 et 80 porcs charcutiers, 4 truies reproductrices dont 1 Duroc et 1 verrat.

Ils sont naisseurs, éleveurs et transformateurs de leur viande. Concernant les naissages, il y a une seule des 4 reproductrices qui est de race Duroc, qui leur apporte environ 8 porcelets par an. Ils ne souhaitent pas augmenter l'auto production afin de valoriser la filière du naisseur « officiel » des barons, comme diminuer afin de conserver une diversité de provenance des portées.

L'élevage se trouve sur la commune des Salles du Gardon dans le Gard dans les Cévennes. Le climat y est méditerranéen avec des été chauds et secs, des hivers doux et humides et pourvu d'épisodes cévenoles, notamment en automne et pouvant s'étendre sur le printemps. Les vents dominants proviennent du Nord-Ouest et du Sud-Est.

La majorité du parcellaire est en situation arborée.



Photo 66. Vue aérienne du Mas del Fray - Les Salles du Gardon. Le projet de plantation a porté sur la zone délimitée en orange, où peu d'arbres sont présents.

Volet plantation des zones en prairies

Suite à un diagnostic avec les éleveurs, il a été décidé de ne planter qu'en ligne de bordure et non pas en intraparcellaire.



Figure 34. Délimitation des linéaires plantés

178 mètres linéaires ont ainsi été plantés en deux années. Au total 88 arbres ont été plantés.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	A Alignement	B+B1+B2 Alignement	C Alignement	D Regarni	TOTAL
Longueur		48 ml	56 ml	49 ml	25 ml	178 ml
Nombre d'arbres / arbustes à planter		8 arbres / 16 arbustes	14 arbres	12 arbres	9 arbustes	
Distance entre trous de plantation		2 m	4 m	4 m	Entre les poiriers	
Cognassier	Cydonia oblonga	3	2	2	3	10
Murier blanc	Morus alba	3+18	10	8	6	45
Pommier sauvage	Malus sylvestris		2			2
Poiriers hybrides	Pyrus spp.	3		2		5
Arbustes/Arbres divers en complément						Environ 10
	TOTAL	20	28	20	10	78 + 10

Tableau 20. Répartition des espèces d'arbres fourragers plantés au Mas del Fray par séquence.

Les lignes de bordure ont été placées soit à l'extérieur du paddock quand elles étaient le long du chemin, soit à l'intérieur des paddocks lorsqu'il s'agissait d'une séparation entre deux paddocks. Dans le premier cas, les arbres étaient protégés par la clôture existante d'un côté et de l'autre par le fait que le chemin fait partie d'un ensemble lui aussi clôturé, donc sans risque vis-à-vis des animaux sauvages. Dans le second cas, les éleveurs ont repris la protection électrique pour protéger les arbres.

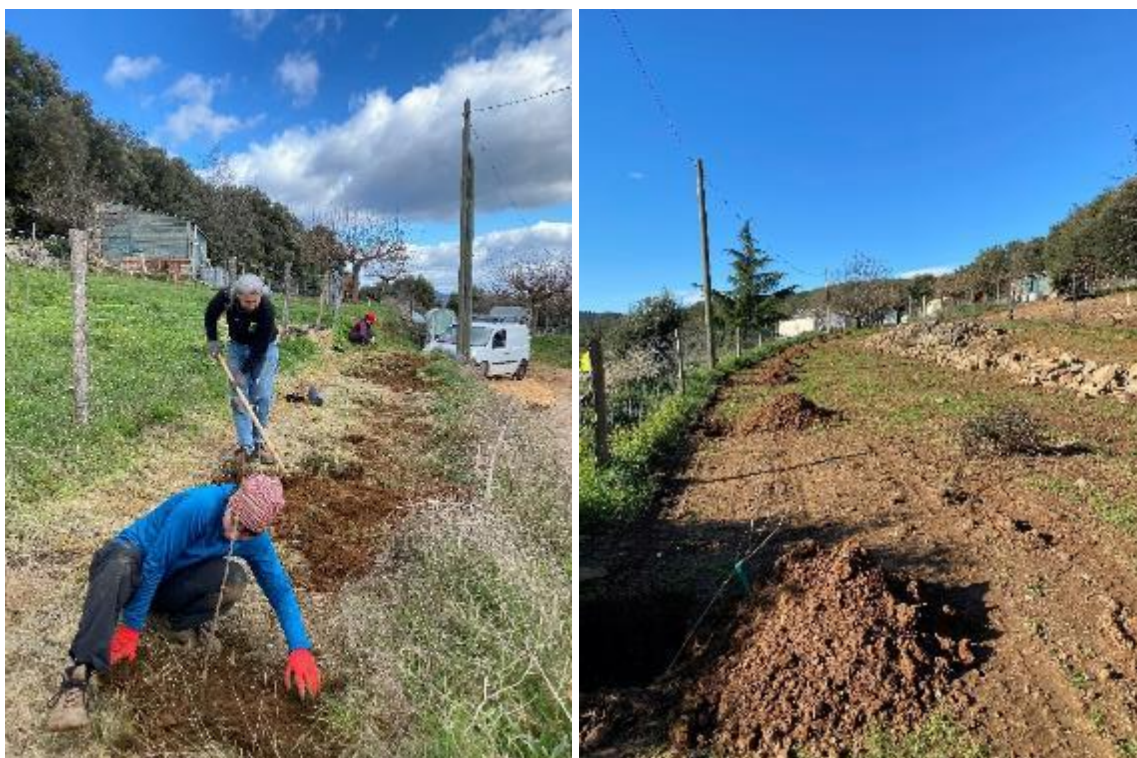


Photo 67. A gauche plantation en ligne de bordure le long du chemin et à droite en ligne de séparation de paddock.

Volet protection des arbres existants

Dans les parcelles arborées, des protections cactus ont été installées pour protéger les arbres présents, afin de réduire la dégradation issue de l'activité des porcs.



Photo 68. Vue parcelle arborée pâturée par les porcs. Dans ces parcelles, l'objectif est de protéger les arbres existants.



Photo 69. Protection des arbres isolés (à gauche) ou en cépée (à droite) au Mas del Fray.

4.4.5. Le projet Un groin de paradis à Valforêt.

1. Nom du site : Un groin de paradis
2. Commune : Valforêt (21)
3. Surface : 5,4 ha
4. Race porcine: Large white
5. Structure de conseil : Agroof.
6. Plantation prévue (2025/2026)

Contexte et objectifs du projet

L'élevage de porcs possède les ateliers naisseur - engraisseur avec naissances en plein air pour le moment, mais prévu en bâtiment à l'avenir. L'objectif sera alors de sortir les truies avec leur petit au bout de 10-15 jours de vie.

L'élevage est composé de 4 bandes de 10-12 truies qui bénéficient de cabanes individuelles pour chaque truie à l'extérieur.

L'objectif est de séparer la parcelle en 3 parties tournantes pour laisser le sol se reposer entre chaque bande. Chaque paddocks serait subdivisible en 2, ce qui impose de pouvoir passer facilement d'un paddock à l'autre et d'avoir les connexions en eau et points d'alimentation, bien connectés avec le bâtiment central.

Les objectifs liés aux arbres seraient de matérialiser la séparation des paddocks mais surtout de faire de l'ombrage pour l'été et protéger également du vent notamment des vents froids hivernaux (surtout du nord et également du sud).



Photo 70. Parcelle initiale du projet Un groin de paradis.

Pour la réalisation de ce projet de plaine, nous nous sommes inspirés des projets d'Europe du Nord, notamment au Danemark, visités lors du projet européen Mixed qui vient de s'achever. Les parcelles sont souvent délimitées en paddocks latéraux et de grandes bandes de fourrages cultivées au centre ou sur les bords. Sur un côté du paddock sont plantés des peupliers (essence majoritaire, choisie pour sa croissance rapide, ou du saule. Ces espaces non mécanisables sont dédiés exclusivement à des zones d'abris pour les porcs. Ces taillis sont récoltés à intervalles réguliers pour produire de la plaquettes utilisées pour les zones de stabulation (Photo 71).



Photo 71. Exemple d'aménagements ayant inspiré le projet Groin de Paradis (sources projet Mixed).

L'option retenue en accord avec l'éleveur a été de diviser la parcelle en 4 parties, une avec les bâtiments existants, et 3 paddocks dont au moins deux pourraient être divisés en deux pour faciliter les rotations des bandes. Dans un premier temps, seuls des taillis seront plantés, avec des lieux de passages pour les deux taillis les plus grands. Les surfaces de taillis vont de 1000 à 1200 m², plantés en 4 x 4 m.

Scénario retenu

3 parcs

Option taillis

- Haie Brise-vent
- Bauge commune
- Taillis d'ombrage



Figure 35. Délimitation des nouveaux paddocks avec aménagements en taillis et points d'eau.

Le choix des essences s'est fait selon le type de sol et les objectifs d'ombrage. Quelques chênes ont également été plantés pour l'apport de fruits de complément en automne. Quelques fruitiers à chair (poiriers et pruniers) complètent la liste des essences (Tableau 21).

		Zones taillis de 1056 m2		Zones taillis de 1200 m2		
		66	plants	75	plants	
		3	zones	2	zones	
		198	arbres	150	arbres	
Essences						TOTAL
Frênes		23		0		23
Charmes		20		10		30
Tilleuls à grandes feuilles		20		10		30
Erables champêtres		20		20		40
Erables sycomores		20		15		35
Poiriers sauvages		20		25		45
Pruniers sauvages		20		10		30
Chênes pédonculés		20		15		35
Chênes sessiles		20		20		40
Chênes verts		15		25		40
	TOTAL	198		150		348

Tableau 21. Répartition des espèces sur l'ensemble des taillis.

Les taillis seront protégés par des fils électriques les 10 premières années.

4.4.6. Le projet Arbeletxea à Suhescun.

1. Nom du site : Arbeletxea
2. Commune : Suhescun (64)
3. Surface : 1.7 ha
4. Race porcine: Kintoa
5. Structure de conseil : Euskal Herriko Laborantza Ganbara.
6. Plantation prévue (2018/2024)

Contexte et objectifs du projet

Bixente et son père ont une activité de naisseur de porc de race Kintoa, ils vendent les porcelets à partir de 3 mois, gardent les truies jusqu'à 5 ans au plus tard pour la reproduction. Ils ont eu une activité d'éleveur mais une maladie a conduit à l'abattage des animaux en 2020 et ils n'ont pas encore repris l'activité d'élevage, mais cela est en projet.

Bixente a planté en 2018 et 2019 des arbres fruitiers isolés sur les parcs : pommiers, châtaigniers surtout pour les fruits et l'ombre. La pression des cochons sur les arbres étant élevée, les arbres sont impérativement protégés. Jusqu'à présent, Bixente utilisait des protections tripodes (3 piquets et du grillage), ou des protections faites avec des tubes de drainage annelés. Néanmoins la durée dans le temps n'est pas satisfaisante : les porcs retournent, soulèvent, abîment les piquets, le grillage, et les tubes annelés.

Bixente souhaite assurer une protection suffisante et durable dans le temps aux arbres qu'il a planté, afin de maintenir les bénéfices des arbres pour les cochons. Les protections jusqu'à présents utilisées s'abîment, sont chères ou longues à installer, et il recherche une solution plus intéressante.



Figure 36. Descriptif des aménagements du projet Arbelexea

Aménagements réalisés

■ Parcelle A et B - Maternité

L'aménagement porte sur une parcelle destinée à l'élevage des porcelets. Le parc accueille les porcelets, qui restent avec la mère de leur 1 semaine jusqu'à leur 1 mois.

Plantée en 2023, la parcelle mesure 3000m². Les modalités de démonstration concernaient essentiellement le test des protections cactus et autres protections.

Environ 15 fruitiers ont été plantés en 2018/2019, tous protégés par tubes annelés (tuyau utilisé pour évacuation d'eau en terrassement) par-dessus lesquelles Bixente a rajouté les protections cactus, 1 par arbre, de 30cm de hauteur. Il y a encore de l'herbe sur toute la surface. Tous les arbres sont ainsi protégés, et les cochons trouvent à se gratter ailleurs, sur les rebords des cabanes par exemple.

Les protections cactus sont convaincantes, les porcs ne les soulèvent pas car elles sont suffisamment plaquées au sol. Dans le cas où la protection est très proche du sol et que le sol est assez plat, il ne semble pas nécessaire de la fixer. Sinon, il faut impérativement la fixer car les porcs pourraient la soulever.



Photo 72. Protection associant tube annelé de type et grillage ursus de 30 cm de hauteur.



Photo 73. Vue d'ensemble de la parcelle avec les arbres protégés.

■ Parcelle C et D – Truie reproduction

Ce parc a très récemment été agrandi en ajoutant un accès à ~1ha de forêt, début novembre 2023. Il y a 16 truies destinées à la reproduction dans le parc. Bixente constate que les truies se rendent spontanément dans la forêt, et pour l'instant cette forêt a un sous-bois dense. Les truies n'ont pas encore engendré de dégradations aux arbres, mais cela risque d'arriver par la suite.

Les fruitiers plantés sont très proches des cabanes, et sont dans une zone où il n'y a pas d'herbe, et où s'écoule le lisier. Cette situation a probablement causé la mort du pommier le plus proche de la cabane, par excès d'azote organique. Pour l'instant les autres sont en vie, mais les protections de type grillage ursus classique ont été soulevées par endroit. Une protection cactus a été posée pour éviter que les cochons n'accèdent au racines et au tronc de l'arbre.

Devant l'efficacité des protections cactus, Bixente souhaiterait poser d'autres protections cactus pour ces arbres.



Photo 74. Parcelles C et D, la partie proche des cabanes n'est plus enherbée et la concentration d'effluent est forte.



Photo 75. Protection grillagée existante, de type ursus, renforcée par un grillage cactus.

4.4.7. Le projet Uronakoborda à Ainhoa.

1. Nom du site : Uronakoborda
2. Commune : Ainhoa (64)
3. Surface : 3.9 ha
4. Race porcine: Kintoa
5. Structure de conseil : Euskal Herriko Laborantza Ganbara.
6. Plantation : 2023

Contexte et objectifs du projet

Didier et Sylvie ont actuellement 4 parcours porc plein air, en AOP Kintoa et Jambon de Kintoa, ils transforment et vendent leurs produits en vente directe. Chaque parcours a 33 cochons, ils arrivent tous ensemble dans un parcours à 3 mois et restent groupés dans ce même parcours jusqu'au départ à l'abattoir, entre 12 et 17 mois. Ils partent par lots de 4, ce qui réduit rapidement la charge sur la parcelle. Actuellement (novembre 2023), ils ont 5 mois (parcelle 1), 7 mois (parcelle 4), 12 mois (parcelle 3) et 17 mois (parcelle 2). Les parcelles ont un vide sanitaire entre chaque nouveau lot, jusqu'à 4 mois en hiver.

Didier avait commencé avec 40 cochons par parc mais a rapidement réduit en constatant l'impact sur l'enherbement et les arbres présents. Récemment, une éclaircie forestière a dédensifié le peuplement forestier de la parcelle 2 composée de chênes et quelques châtaigniers, ainsi que des acacias (densité actuelle ~ 60 arbres/ha).

Didier a remarqué que les cochons s'attaquent aux écorces de chênes et de châtaigniers, mais pas au merisier, à l'aubépine, au houx, présents dans le parc 1 et non abîmés, bien que non protégés.

Ils envisagent d'installer un cinquième parcours dans une parcelle boisée limitrophe, en se posant la question de la protection des arbres présents (vieux châtaigniers).

L'objectif sur ces parcours est de maintenir une forêt de chênes et de châtaigniers, servant à l'alimentation des cochons, à leur ombrage, et à la production de bois (chauffage, voir bois d'œuvre).

Aménagements réalisés

- Protection des arbres de la parcelle 2

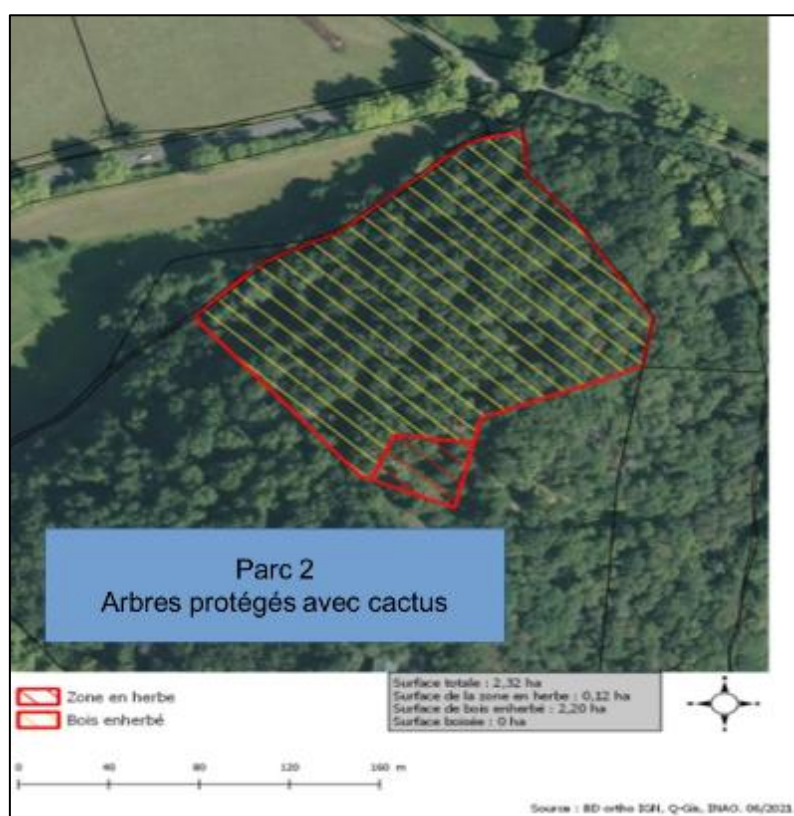


Figure 37. Localisation de la parcelle 2

L'éleveur a protégé des chênes âgés avec des protections cactus basses (40 cm), en les fixant entre elles par des anneaux métalliques, et fixées au sol par des fers à bétons.

Retour d'expérience : pas assez hautes (manque 20/30cm de +), et important de fixer les protections aux fers à béton, sinon les cochons peuvent le soulever. Mais dans l'ensemble, l'éleveur trouve ces protections très fonctionnelles. Des questions ont été soulevées sur la pérennité de la protection, notamment sur la qualité des picots pouvant s'émousser avec les années... Un frein potentiel est qu'il faut en mettre beaucoup pour faire le tour de ces arbres âgés (circonférence >2m).



Photo 76. Protection d'un arbre âgé avec 3 plaques cactus, afin de recouvrir la base du tronc et les racines.

De jeunes châtaigniers ont été protégés avec des cactus hauts (80 cm). Le résultat est très satisfaisant, les arbres n'ayant pas été endommagés.



Photo 77. Jeune châtaignier protégé par une grille cactus de 80 cm de haut et 100 cm de circonférence.

- Protection des arbres de la parcelle 4

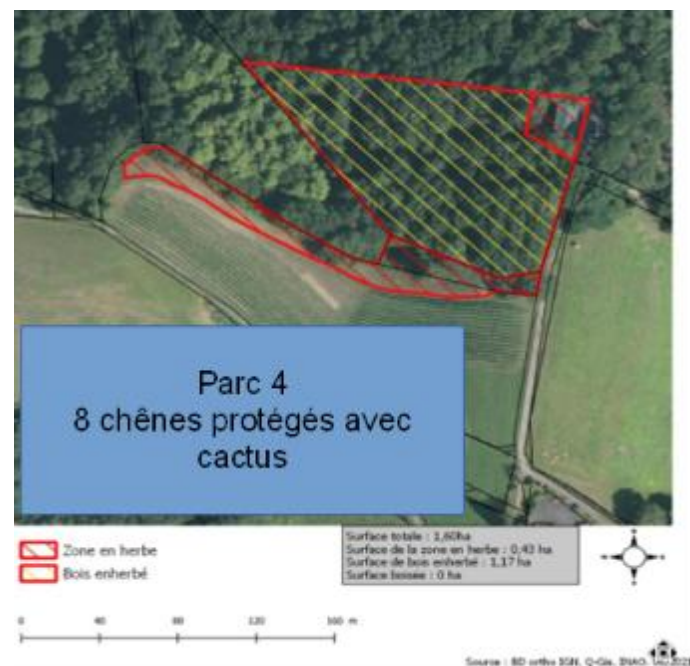


Figure 38. Localisation de la parcelle 4.

Didier a protégé 8 chênes âgés avec des protections cactus basses et hautes, selon ce qu'il lui restait comme protections disponibles. Il avait déjà posé quelques protections en grillage ursus et piquets de bois mais les cochons ont soulevé et déformé le grillage.



Photo 78. Les protections grillagées de type ursus ne suffisent pas à protéger correctement les arbres.

L'installation des grilles cactus ne suffit pas pour protéger l'ensemble du réseau racinaire mis à nu. Les racines déjà mises à nus par les cochons ne sont donc pas forcément intégralement protégées (car cela utiliserait encore plus de protections par arbre). L'éleveur se pose la question si cela mettra en péril l'arbre...

Retour d'expérience : idem que parcelle 2, les arbres sont bien protégés, mais les autres arbres sont d'autant plus exposés aux cochons.



Photo 79. Les protections ont été posées au bas du tronc, mais les racines à découvert ne sont pas incluses, ce qui va les exposer aux cochons...



Photo 80. Exemples de protections pour des arbres moyens ou une à deux grilles suffisent.

- Cas de la parcelle 1



Figure 39. Localisation de la parcelle 1.

Dans cette parcelle il n'y a pas de protections cactus posées, mais des protections grillagées sur jeunes châtaigniers. Dans cette parcelle les protections grillagées tiennent le coup, contrairement aux grillages posés dans la parcelle 4. Peut-être que cela est dû à la distance des arbres protégés, plus on s'éloigne de la cabane, moins les arbres sont endommagés...



Photo 81. Protection satisfaisante de jeunes châtaigniers avec grillage ursus et 3 piquets.

On peut toutefois observer des premières déformations du grillage et des piquets repoussés vers l'intérieur sous les frottements des animaux. Si l'éloignement de ces arbres est sans doute un facteur favorisant le délaissement des porcs, il est probable que d'ici quelques années, les protections ne suffisent plus.

Bilan de la pose des protections

Les protections cactus semblent efficaces et solides pour les jeunes arbres, Didier aimerait qu'ils soient 10 ou 15cm plus haut pour éviter que les cochons puissent passer la tête au-dessus. Pour ceux plus âgés, leurs racines ne sont pas toujours couvertes par la protection et il reste à savoir si cela impactera la survie de l'arbre. Il reste aussi à voir la tenue des piquants dans le temps. Néanmoins dans un contexte forestier où les arbres sont nombreux, la protection de quelques arbres semble reporter la pression sur les autres arbres non protégés. Ceux-ci seront encore plus écorchés et frottés par les cochons, ce qui risque de les abîmer encore plus vite.

Dans le cadre d'AgroforesTrueie, les protections viennent d'être posées et l'impact sur les autres arbres non protégés n'est pas encore visible. Faut-il protéger tous les arbres proches de la cabane (car ce sont ceux le plus rapidement abîmés) et ainsi amener les cochons à utiliser plus d'espace de la forêt ? Dans tous les cas, il faut continuellement s'assurer qu'une régénération est en cours, et que ces jeunes arbres sont protégés par les cactus qui sont pour le moment très efficaces. Dans ce système, l'équilibre entre la détérioration et le renouvellement semble

dépendre de la densité d'arbre, de leur distance et leur répartition par rapport à la cabane, ainsi que des essences utilisées. Cet équilibre est encore à trouver pour s'assurer que la régénération vienne compenser la dégradation des arbres.



Photo 82. Les porcs choisissent leurs essences, comme ce chêne à gauche. Alors qu'ils délaissent ici ce merisier et ce houx à droite.

4.4.8. Le projet du Domaine de Bourdelas.

1. Nom du site : SCEA Domaine de Bourdelas
2. Commune : Sereilhac (87)
3. Surface : 15 ha
4. Race porcine: Cul Noir du Limousin
5. Structure de conseil : L'écusson Noir.
6. Plantation : 2015/2023

Contexte et objectifs du projet

Nicolas COUDERT, installé sur une exploitation de 200 ha (dont 175 ha de Surface agricole et 25 ha de bois) avec 120 vaches limousines inscrites au Herd-Book, 40 ha de céréales et un élevage naisseur engraisseur de 25 truies Cul Noir Limousin pour produire 300 porcelets dont 150 sont élevés sur place. L'une des vedettes de son élevage est la truie Galilée qui a eu les honneurs de l'affiche du Salon International de l'Agriculture 2013.



Photo 83. Remise de prix au salon 2013. Au premier plan, une truie Cul Noir du Limousin.



Photo 84. Les Culs Noirs du Limousin ont également la fâcheuse habitude de chercher les racines des arbres...

Dans les projets suivis par l'association, malheureusement, les éleveurs ont rencontré plusieurs difficultés. Les essais de chênes à glands doux et de poiriers hybrides n'ont pas été couronnés de succès. D'un point de vue global, la filière a connu de graves problèmes d'écoulement des porcs charcutiers (liquidation du partenaire découpeur puis fermeture de la chaîne porc à l'abattoir de Limoges) d'autre part. Sur les 3 adhérents qui avaient lancé des essais, 2 ont cessé l'activité Cul Noir (GAEC ROYER et Sylvie SANCHEZ).

Seul le Domaine de Bourdelas a pu consolider son site de démonstration.

Concernant le Domaine de Bourdelas, l'éleveur, pionnier dans la redécouverte de la race Cul Noir, a installé plusieurs dispositifs, en haie ou en intraparcellaire.



Photo 85. Châtaigniers intraparcellaires protégés au fil électrique enterré.

4.4.9. Le projet du lycée agricole des Vasseix.

1. Nom du site : Lycée agricole des Vasseix
2. Commune : Verneuil sur Vienne (87)
3. Surface : 4.89 ha
4. Race porcine: Cul Noir du Limousin
5. Structure de conseil : Association Prom'haies.
6. Plantation : 2021/2022

Contexte et objectifs du projet

Le lycée des Vasseix a mis en place un site pilote avec plantation de haies autour de leurs parcours. Les haies ont bien pris mais le référent technique de l'exploitant n'a pu suivre l'essai suite à des soucis de santé.



Photo 86. Dispositif du parcellaire du lycée agricole du Vasseix. Les haies sont matérialisées par les lignes en pointillés.



Photo 87. Vue parcelle avant plantation. La haie a été implantée en arrière-plan le long du grillage.

La parcelle a été divisée en 3 parcs de 1.50 à 1.70 ha avec 1 plateforme de nourrissage et alimentation en eau à l'autre extrémité par réseau d'un Château d'eau. La surface totale est de 4,89 ha, mais il y a une parcelle en taillis de châtaigniers et chênes attenante de plusieurs hectares.

L'équipe pédagogique est très impliquée sur le sujet et a organisé plusieurs sessions de formations et d'ateliers sur le terrain notamment lors de la plantation.

Dans ce projet, 800 m de haies ont été plantées grâce à l'appui technique de l'association Prom'haies. Merisier, poirier, chêne chevelu, mûrier blanc et noir, érable champêtre... toute sorte de variétés d'arbres ont été plantées. Des chênes du Portugal et de Hongrie adaptés au site ont été testés également. Ces arbres devront contribuer à l'alimentation des porcs mais aussi à jouer le rôle de brise-vent par rapport aux vents d'ouest.



Photo 88. La plantation a été réalisée par les étudiants du lycée sous la coordination technique de Prom'Haies. Photo issue du journal local Le populaire du Centre (mars 2021).

4.4.10. Le projet du lycée agricole de Mirande.

1. Nom du site : Lycée agricole Mirande.
2. Commune : Mirande (32)
3. Surface : 8 ha
4. Race porcine: porc noir gascon
5. Structure de conseil : Lycée agricole.
6. Plantation : 2021/2022

Contexte et objectifs du projet

Le lycée de Mirande est réputé pour son atelier de transformation, autour de la vache mirandaise mais aussi du proc gascon.

Dans le cadre du projet une haie de séparation de parcelle a été implantée, afin de tester des plants fourragers (chênes à glands doux, poiriers hybrides), mais aussi des protections cactus. L'objectif de la haie était aussi de couper les vents dominants de la parcelle.



Photo 89. Porcs noirs gascons à proximité des huttes. L'objectif à terme sera de protéger également les cabanes et abris.



Photo 90. Parcelle ayant été partagée en 2 lots.



Photo 91. 2 ans après la plantation, la haie s'installe.

4.4.11. Le projet de la ferme des Bourbous.

1. Nom du site : Gaec des Bourbous.
2. Commune : Gisors et Lozeron (26)
3. Surface : 8 ha
4. Race porcine: gascon et duroc
5. Structure de conseil : FIBL.
6. Plantation : non réalisée

Contexte et objectifs du projet

Christèle et son conjoint David sont installés depuis 2020 sur cette ferme provenant de la famille de Christèle.

L'atelier porcin porte sur l'activité de naissage et engraissement de 25-30 de porcs par an de races gasconne et Duroc. L'exploitation possède 3 mères et un verrat.

Les porcs sont laissés à l'engraissement sur 12 à 18 mois, partent à 110-130kg carcasse. Le mode d'élevage est essentiellement du pâturage en prairies et sous-bois, pas (encore) de possibilité de produire de l'aliment (céréales, méteils).

Alimentation = orge / triticales / féveroles achetées à la coop et broyées sur place, environ 15t/an. Ajout de drèches de brasserie, levure de bière provenant de brasserie, petit lait des (quelques) chèvres de la ferme. Sursemis d'avoine dans les luzernes, fauché avant pleine maturité des grains : produit une sorte de méteil qui apporte des fibres et de l'énergie dans la ration.

Présence également d'un petit troupeau bovin et 2 chèvres (autoconsommation lait). Bonne valorisation de la viande intégralement en vente directe = magasins de producteurs et distribution spécialisée locale. Certification AB sur toute la ferme.

La ferme est déjà « un peu » agroforestière, dans la mesure où de nombreuses haies et arbres de sous-bois sont présents et exploités de manière extensive pour l'alimentation animale : abroustissement des prunelliers et églantiers, ramassage manuel des glands pour donner aux cochons...

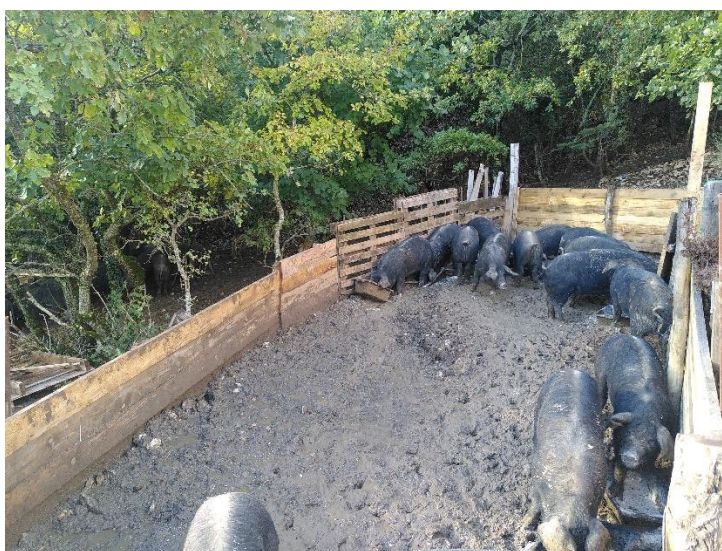


Photo 92. Paddock d'alimentation de la ferme des Bourbous, avec le parcours agroforestier en arrière plan.

Parcelles du projet

Le projet agroforestier porte sur les parcs situés dans la partie basse (est) de la ferme, et dédiés à la reproduction et à la mise bas. Les parcs d'engraissement sont quant à eux situés en partie haute (ouest, sud-ouest) et très largement boisés – ne nécessitant donc pas la plantation d'arbres additionnels.



Photo 93. Etat des lieux des parcelles érodées par l'activité des porcs.

Différents parcs plus ou moins temporaires sont aménagés autour de cabanes, dans les prairies du bas de l'exploitation. Cette disposition est a priori existante depuis le début de l'exploitation (2020). Les parcs sont plus ou moins déjà entourés de haies et/ou incluent quelques arbres et arbustes, généralement spontanés (églantiers, prunelliers, ronces, etc.).

Chaque parc, d'une surface de 300 à 800 m², est doté d'une cabane (théoriquement déplaçable, mais plus compliqué en pratique) abrite une mère, éventuellement suitée, et/ou un verrat. Une rotation du pâturage est pratiquée autant que possible entre les parcs.

Les bovins peuvent être amenés à pâturer autour des parcs de reproduction porcine, une certaine synergie peut être recherchée dans les aménagements destinés aux uns et aux autres.

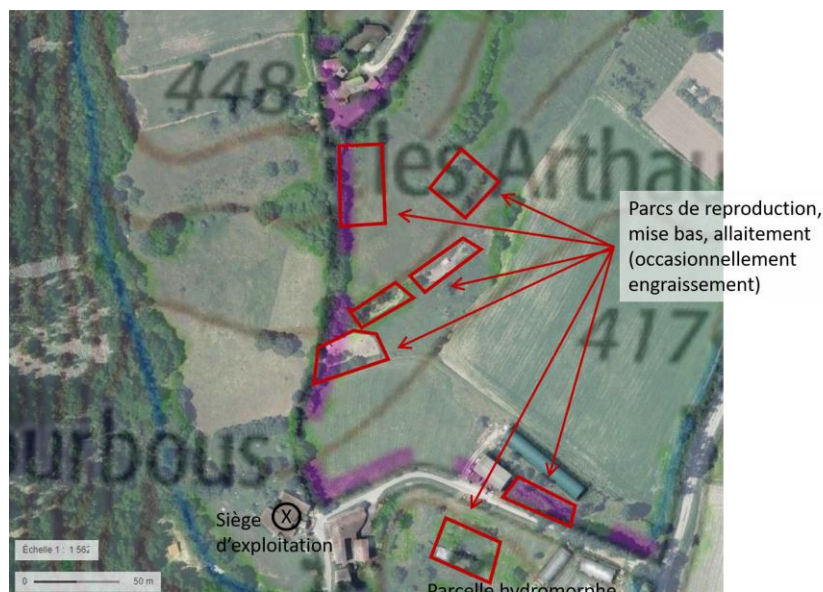


Figure 40. Localisation des parcelles prévues pour la plantation.

Les objectifs indiqués comme prioritaires par Christèle concernent à la fois le bien-être animal (ombrage), la gestion de l'alimentation (souhait de s'acheminer vers un peu plus d'autonomie alimentaire, notamment par le biais des ressources alimentaires ligneuses), et la gestion des sols (limitation de l'érosion).

La chaleur est l'élément climatique le plus redouté, la présence d'arbres d'ombrage dans les parcs semble donc très désirable ; par ailleurs, l'effet brise-vent n'est pas particulièrement recherché, les vents n'étant pas particulièrement violents dans ce secteur, et au contraire recherchés en été pour leur effet rafraichissant. Les ressources alimentaires ligneuses pourraient également bénéficier aux bovins lors de leur passage dans les pâtures environnantes. A noter que Christèle se pose beaucoup de questions sur la possibilité technique de limiter l'apport d'aliment acheté en contrepartie de la fourniture de ressources arborées (glands principalement) – actuellement ces dernières s'ajoutent plus qu'elles ne se substituent à l'aliment. Enfin, le souhait de préserver les sols correspond à leur déstructuration par l'action de fouissement des porcins, qui est particulièrement critique dans les parcs d'engraissement en sous-bois pentus, mais également présente dans les parcs de reproduction.

En deuxième lieu, il est souhaité que le projet agroforestier permette des productions secondaires, comme du bois d'œuvre, bois énergie, des fruits à destination de la consommation domestique, et des ressources pour l'apiculture. La fourniture d'abris et de ressources pour la biodiversité (entomofaune) est également une motivation pour conduire ce projet, sans avoir forcément en tête des services particulier de régulation rendus par ces éléments.

La ressource en eau semble être une considération assez secondaire dans le projet, étant de l'avis de Christèle déjà « bien gérée » sur l'exploitation. La ferme se trouve en tête de bassin versant de la Sye, certains parcs de reproduction sont situés à 50m environ de la rivière. Un de ces parcs (en partie sud de la ferme) étant assez hydromorphe, un enjeu de drainage pourrait donc exister spécifiquement à cet endroit.

Parmi les bénéfices additionnels du projet agroforestier figurent la dimension paysagère, ainsi que le marquage des limites des parcs grâce aux linéaires arborés. Il reste que cela ne doit pas rendre la gestion des parcs (clôtures électriques) plus difficile.

Contraintes / opportunités

Une contrainte importante pesant sur le projet agroforestier semble être liée à l'organisation du travail et à l'ergonomie de la ferme, sur laquelle les exploitant-es semblent encore chercher des marges d'amélioration. Une bonne partie de l'alimentation arborée est actuellement ramassée à la main pour être distribuée aux animaux, et les manutentions d'aliment sont parfois pénibles, selon les parcs et les situations sur l'exploitation. Dans ce contexte, implanter des espèces ligneuses présente le risque de générer des contraintes additionnelles, notamment vis-à-vis des trajets de passage, de l'ajout d'une surface à entretenir, et de la possibilité de mécanisation. Cela pourrait néanmoins présenter l'avantage, à terme, de diminuer le temps d'entretien des clôtures (linéaires arborés jouant ce rôle), et de fournir *in situ* une partie de l'aliment destiné aux animaux.

Les contraintes identifiées concernent aussi un besoin de formation quant à l'utilisation des ressources arborées (en remplacement de l'aliment apporté, mais dans quelles proportions, à quelles périodes ?) et à la conduite des arbres agroforestiers. Des arbres et arbustes spontanés sont déjà présents sur les parcelles où est envisagée l'adjonction d'éléments agroforestiers, mais leur gestion actuelle est très peu organisée, et l'implantation de nouveaux arbres présente le risque d'être « diluée » dans l'existant : ils pourraient alors manquer d'entretien, souffrir de la concurrence de ces arbustes spontanés, etc. A noter que les prunelliers et pruniers myrobolan déjà présents sur les parcelles de reproduction porcine pourraient éventuellement être greffés en place avec des variétés qualitatives, afin d'accélérer leur mise en production et d'améliorer leur robustesse.

Comme dans de nombreuses fermes porcines, les arbres et arbustes intraparcélaires (notamment dans les parcs d'engraissement) subissent une importante pression de consommation/déprédation de la part des animaux, certaines essences étant amenées à quasiment disparaître des parcelles en question suite à des écorçages répétés (alisier blanc, thym, lavande sauvage), tandis que d'autres semblent largement épargnées (érables, viornes). Il est à craindre que l'implantation d'un projet agroforestier subisse la même contrainte, et nécessite donc une protection très robuste ; en particulier, dans les parcs d'engraissement déjà arborés, certaines essences ou certains individus pourraient mériter d'être protégés pour leur permettre de se régénérer, mais les conditions d'installation et d'entretien de protections sont difficiles (embroussaillage, pente).

Il est à noter que l'un des associés de la ferme, David Garayt, est maire de la commune de Gignors-et-Lozeron où est située l'exploitation. Bien que cela n'ait pas été formulé lors de l'entretien, il peut être envisagé que les pratiques de la ferme fassent l'objet d'une attention particulière de la part des riverain-es, en lien avec un certain « devoir d'exemplarité » qui est souvent demandé aux élu-es locaux-les. En ce sens, l'implantation du projet agroforestier peut produire un effet positif ou négatif, en fonction de la relation des observateur-ices à la présence d'arbres, qui peut recevoir des jugements contrastés dans le monde rural. Au minimum, cela peut représenter un point de vigilance dans les relations avec le voisinage. En termes d'image, le projet agroforestier pourrait également fournir une réponse pertinente aux éventuelles critiques qui pourraient être adressées vis-à-vis du risque de lixiviation des effluents d'élevage dans les eaux souterraines.

Essences à planter

Comme indiqué ci-dessus, l'exploitante est essentiellement intéressée par les arbres produisant des ressources alimentaires riches pour les animaux, comme par exemple, le chêne à gland doux, le châtaignier ou le noyer. Elle ignore globalement le bénéfice que pourrait représenter la

présence de cultivars sélectionnés de chêne, notamment en termes de digestibilité des fruits, et n'a pas non plus connaissance de l'incompatibilité du châtaignier avec le sol calcaire.

Au-delà de ces trois espèces, la plantation d'espèces fruitières pouvant également produire des ressources alimentaires pour l'autoconsommation est souhaitée par la productrice : pommiers, poiriers, pruniers, plaqueminiers, etc. Un critère important étant que ces arbres ne requièrent pas d'entretien trop régulier, ni de suivi phytosanitaire strict.

4.4.12. Le projet de la ferme du Plateau de Truinas.

1. Nom du site : Le Plateau de Truinas.
2. Commune : Truinas (26)
3. Surface : 4 ha
4. Race porcine: gascon, piétrain, large white et duroc
5. Structure de conseil : FIBL.
6. Plantation : non réalisée

Contexte et objectifs du projet

Angélique est installée depuis 2021, avec la reprise de la ferme familiale et le lancement de l'atelier porcs. Cet atelier vise l'activité de naissage et engraissement d'une soixantaine de porcs par an, en races fortement croisées.

Alimentation par céréales (orge/triticale) + luzerne produites sur la ferme ; achat de 15-20t d'aliment en granulés du commerce.

Certification AB sur toute la ferme.

Parcelles du projet

La parcelle totale sur laquelle porte le projet agroforestier représente un peu plus de 4000m², à proximité des bâtiments de la ferme (au sud) et des parcs d'engraissement (dans la forêt de chênes, au nord). A l'est de cette parcelle se trouvent des pâtures pour les bovins, ainsi qu'un étang / réserve d'eau, et à l'ouest un champ de luzerne (en rotation sur 8 ans avec orge/triticale).



Figure 41. Localisation de la parcelle.

Cette parcelle est pâturée par les cochons depuis 2020 ; elle faisait précédemment partie de la parcelle de céréales /luzerne attenante.



Photo 94. Vue d'ensemble de la parcelle de la ferme Truinas

Elle est dédiée à la reproduction des porcins : saillie, gestation, mise-bas, allaitement. Elle est subdivisée en 4 parcs, dont seulement les N et W étaient utilisés au moment de la visite – les deux autres, plus petits, servent de parcs d'appoint.

Lors de la visite (4/7/2023, début d'après-midi, fortes chaleurs), les cochons présents sur le parc N stationnaient dans l'étroite bande d'ombre projetée par la haie de chênes (nord), tandis que ceux du parc W restaient globalement dans la cabane pour éviter l'exposition directe au soleil en l'absence d'arbre.

Les parties sud et est de la parcelle sont exposées au vent du nord, qui dans les autres zones est efficacement bloqué par la forêt et dans une moindre mesure, par le muret nord-est.

Des bauges ont été constituées par les cochons à l'entrée des cabanes, à partir d'eaux pluviales; une de ces bauges était plus ou moins asséchée au moment de la visite.

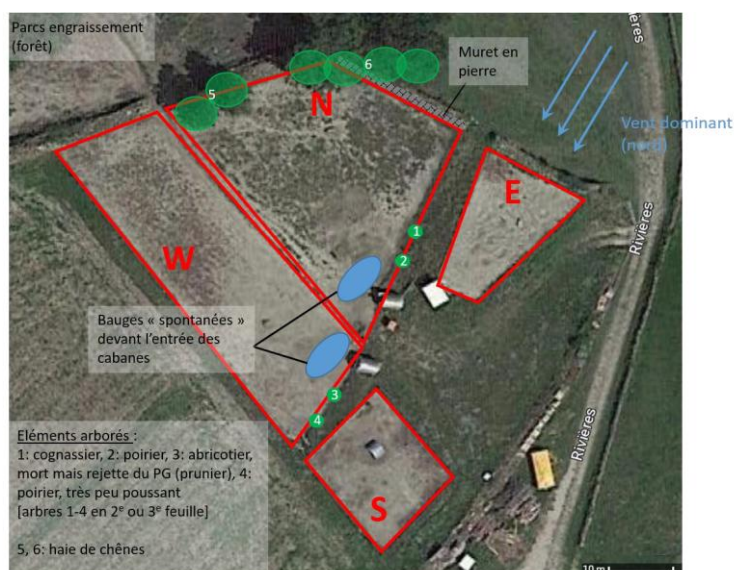


Figure 42. Dispositif des aménagements existants

Objectifs du projet

L'objectif prioritaire d'Angélique concerne le bien-être animal : protection contre les fortes chaleurs, et dans une moindre mesure contre les vents (le vent du nord est apprécié en été pour rafraîchir l'atmosphère).

Les parcs d'engraissement sont tous situés dans la forêt voisine, et ne feront pas l'objet de projets agroforestiers. Ceux-ci porteront donc sur les parcs plus proches de la ferme, destinés aux reproducteurs (saillie, gestation, mise bas, allaitement), et pour l'instant quasi-dénués d'arbres.

Un événement a eu une importance particulière lors de la création de l'atelier porcin d'Angélique: suite à des mise-bas en plein air, la protection des porcelets contre les conditions environnementales et contre la prédation (corvidés, essentiellement) n'a pas pu être assurée dans les parcs en question. En conséquence, le début de l'allaitement s'est très mal passé, ce qui a conduit Angélique à réaliser dorénavant les mise-bas en bâtiment – mais il ne s'agit clairement pas là de son idéal. Un des objectifs principaux du projet agroforestier pourrait donc être de permettre et faciliter la mise bas et l'allaitement des porcelets dans les parcs plein air.

Il pourrait même être envisagé que l'un des parcs se prête plutôt à la saillie (aménagement de zones de « rencontre » entre truies et verrat, et de « repos » pour éviter les comportements conflictuels ; plantes arborées présentant des propriétés de stimulation de la fertilité ?), tandis que l'autre soit destiné à l'accueil des porcelets (« nids » ou « cocons » d'éléments arborés protecteurs, voire barrières végétales anti-écrasement des porcelets ?).

Parmi les autres motivations d'Angélique figurent également les éléments suivants :

- La production de fruits pour l'alimentation des cochons,
- La ressource nectarifère, à même de satisfaire les besoins d'un atelier apicole naissant,
- La préservation des sols et de la ressource en eau : par exemple, l'impact de la présence de l'atelier porcin sur la qualité des eaux de l'étang avoisinant est inconnu,
- L'amélioration du cadre de travail, et notamment de l'image que la ferme peut donner à des visiteurs, potentiellement négative à l'heure actuelle du fait du manque d'ombrage sur les parcs les plus proches de la ferme.

Contraintes / opportunités

Une des contraintes majeures, outre la présence des cochons et le défi que représente la plantation de jeunes arbres dans un parc pâturé, est **l'altitude de la ferme** : les essences devront être choisies avec soin, en notant par exemple que des jeunes pêcheurs de vigne ont totalement gelé en 2017, signe que les températures hivernales peuvent devenir très basses.

Les cochons ont tendance à créer des bauges à proximité directe de leur cabane, ce qui pourrait s'avérer problématique du point de vue sanitaire : le passage fréquent par des zones humides pourrait notamment finir par donner lieu à des parasitoses. Il pourrait être envisagé d'assécher/assainir ces bauges grâce à la présence de certaines essences d'arbres, tout en encourageant la création de bauges sur d'autres parties des parcs moins sujettes à la circulation des bêtes.

Les parcs concernés par le projet sont de faible taille, ce qui tend à faciliter l'établissement de linéaires arborées de bordure : entre les parcs N et W par exemple, court une double clôture, qui se prêterait facilement à la plantation d'arbres protégés des dégâts.

La protection des arbres intraparcéllaires reste plus délicate, mais une option pourrait éventuellement être fournie par l'importante disponibilité sur la ferme de gros blocs rocheux, auxquels les cochons se grattent, mais qu'ils ne semblent pas en mesure de déplacer ou d'enjambrer.

Enfin, même si la connexion avec l'implantation d'un projet agroforestier n'est pas évidente, il est à noter qu'Angélique est active dans le tissu socio-économique agricole du secteur, notamment au travers de la commercialisation de la vente porcine en vente directe, de la création de son atelier de découpe à la ferme (qui pourrait intéresser d'autres producteur-ice-s), et de son implication dans les réseaux de promotion de l'abattage à la ferme. Les synergies potentielles ou existantes avec les autres éleveur-se-s de porcs de la région, ainsi qu'avec les consommateur-trice-s, sont donc nombreuses.

5. Valorisation

5.1. Site web et base de données

Durant les projets Duroc de la Feuille puis AgroforesTruie, ainsi que dans les projets européens AgForward (2015-2018) et Mixed (2021-2025), nous avons parcouru un grand nombre de publications. Nous avons sélectionné celles qui nous paraissaient les plus pertinentes et les avons triées par thématique afin de les proposer sur une page web dédiée.

L'adresse de ce portail bibliographique, réunissant publications scientifiques et documentations techniques, se trouve ici : <https://biblio.agrooof.net/s/fr/page/accueil>

Les documents sont organisés comme suit :

- Alimentation des porcs, Impacts & Conséquences
 - Arbres
 - Arbres fourragers
- Chênes, châtaigniers et fruitiers
- Aspects environnementaux
- Aspects sociaux
- Aspects économiques
- Conduite d'élevage
 - Bien-être animal
 - Race porcine
 - Commercialisation et qualité
 - Gestion du parc
 - Production
- Recherche participative
- Réglementation et aspects juridiques
- Systèmes agroforestiers traditionnels (Dehesa, montados etc.)

Un système de recherche par filtre aide l'utilisateur à préciser ses choix.

Recherche de contenus avancée

Triar

Trier par... Choisir l'ordre de tri...

Rechercher un texte librement

Rechercher par nature

Tous les types Est un document

Rechercher par classe

Choisir la classe...

Rechercher par collection

Cela Choisir une collection

Rechercher selon la présence d'un média

Définissez la présence d'un média...

Rechercher par ID

Rechercher

Figure 43. Outil de recherche par filtre de la base de données AgroforesTruie.

Cette base de données sera alimentée au fur et à mesure des documents issus des nouveaux projets.

5.2. Journées d'échanges et webinaire

Lors du projet, 5 journées d'échanges ont été organisées : 2 au Pays Basque et 3 en Cévennes (01/10/20 ; 09/09/22 ; 12/09/23), à mi-parcours et en fin de projet. La dernière a eu lieu à Ainhice-Mongelos au siège de Euskal Herriko Laborantza Ganbara le 4 février 2025.



Photo 95. Restitution en salle et sur le terrain avec les éleveurs basques le 04/02/25.



Photo 96. Discussion avec les éleveurs cévenoles sur les protections Cactus, le 12/09/23

Entre ces restitutions, plusieurs déplacements ont eu lieu pour des visites individuelles d'exploitations ou de lycées agricoles, notamment en Cévennes, Pays Basque, Bigorre et Limousin. Seule la Drôme n'a pu être visitée par manque de temps ou imprévus de planning. Dans ce dernier cas, il était question de réunion avec éleveurs et réalisation diagnostics chez des porteurs de projets (cf. chapitre précédent avec les projets portés par le FIBL).

Le 29 juin 2023, Agrooof et l'IFIP ont organisé un webinaire de présentation des premiers résultats du projet AgroforesTrue. Le webinaire est visionnable dans le cadre de la série des webinaires « L'Arbre à l'œil » d'Agrooof, à l'adresse suivante :

<https://www.youtube.com/watch?v=ar1sYqNa9Ao>



Figure 44. Capture d'écran du lancement du webinaire de présentation des principaux résultats.

5.3. Conférences

Durant le projet, nous n'avons pas produit de publications scientifiques sur les résultats, notamment sur la partie analyse des fruits. Nous avons considéré que l'échantillon était assez faible et dispersé, avec insuffisamment de répétitions. Il s'agit toutefois d'une première étude importante, avec suffisamment d'analyse pour discussions avec les professionnels de la filière.

Nous avons présenté les résultats dans différentes journées techniques et scientifiques :

- Journée porcine au lycée publique de Sartène le 20/06/23 en collaboration avec l'INRAE de Corte et l'Université de Florence en Italie, sur la gestion fourragère des parcs porcins.
- Journée présentation des résultats à Purpan le 03/02/25 en collaboration avec l'UMR AGIR de l'INRAE de Toulouse
- 5^{ème} Congrès International d'Agroforesterie à Québec/Canada les 17-20 juillet 2022.



Figure 45. Présentation orale au congrès d'agroforesterie au Québec - 2022

- Article dans la revue Tech Porc / Réussir Porc de l'IFIP. Quel intérêt nutritionnel des glands et des châtaignes pour des porcs élevés en plein air ? Article de 2 pages dans le numéro d'avril 2024 – Laurent Alibert et Fabien Liagre.

6. Perspectives post-AgroforesTruie

Dans la suite du projet Duroc de la Feuille et en collaboration avec le projet européen Mixed, AgroforesTruie a permis de jeter les bases pour la conception de projets agroforestiers porcins.

Si les retours des expériences des groupements traditionnels a été d'une grande importance pour comprendre les pratiques des éleveurs et le comportement alimentaire du porc en extensif, AgroforesTruie a permis :

- De réaliser une synthèse des connaissances sur l'utilisation des glands et châtaignes dans l'alimentation des porcs, depuis la gestion des parcs jusqu'à la valeur nutritive des fruits
- D'explorer les valeurs nutritives des fruitiers sauvages et domestiques et leur intégration potentielle dans l'alimentation des porcs.
- De découvrir le potentiel du mûrier blanc pour l'alimentation des porcs.
- D'imaginer de nouveaux aménagements sur les parcs grâce à l'agroforesterie.
- D'identifier des protections prometteuses (protection cactus, mais aussi en pierre ou buses béton).

Il n'en reste pas moins qu'il faut poursuivre ces travaux sur le long terme pour :

- Vérifier la durabilité des protections étudiées
- Réaliser des analyses nutritives à plus grande échelle pour affiner l'effet station sur la qualité nutritive, voire étudier l'effet provenance de certaines espèces.
- Etudier la résilience des arbres fourragers et d'optimiser leur gestion pour atteindre des rendements fruits ou feuilles élevés, quel que soit le climat.
- Intégrer l'ensemble de ces résultats -valeur alimentaire et rendement à long terme- dans un modèle de calcul de ration. Pour ce faire, il faudra également mieux comprendre l'appétence et la digestibilité des fruits et feuilles des différents groupes de porcs (porcelets, truies, verrats, porcs à l'engraissement).

Bibliographie

- ACHILONU, Matthew, SHALE, Karabo, ARTHUR, Georgina, NAIDOO, Kuben et MBATHA, Michael, 2018. Phytochemical Benefits of Agroresidues as Alternative Nutritive Dietary Resource for Pig and Poultry Farming. *Journal of Chemistry* [en ligne]. 11 décembre 2018. Vol. 2018, pp. 1-15. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1155/2018/1035071. Disponible à l'adresse : <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2018/1035071/>
- AGRESTE, 2021. 376 : *La consommation de viande en France en 2020* [en ligne]. Synthèses conjoncturelles. Agreste - FranceAgriMer. Disponible à l'adresse : https://www.franceagri.fr/fam/content/download/66996/document/NCO-VIA-Consommation_viandes_France_2020.pdf?version=2
- AKCAN, T., GÖKÇE, R., ASENSIO, M., ESTÉVEZ, M. et MORCUENDE, D., 2017. Acorn (*Quercus* spp.) as a novel source of oleic acid and tocopherols for livestock and humans: discrimination of selected species from Mediterranean forest. *Journal of Food Science and Technology* [en ligne]. septembre 2017. Vol. 54, n° 10, pp. 3050-3057. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1007/s13197-017-2740-3. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/s13197-017-2740-3>
- ALEJANO, Reyes, TAPIAS, Raúl, FERNÁNDEZ, Manuel, TORRES, Enrique, ALAEJOS, Joaquín et DOMINGO, Juan, 2008. Influence of pruning and the climatic conditions on acorn production in holm oak (*Quercus ilex* L.) dehesas in SW Spain. *Annals of Forest Science* [en ligne]. janvier 2008. Vol. 65, n° 2, pp. 209-209. [Consulté le 14 décembre 2023]. DOI 10.1051/forest:2007092. Disponible à l'adresse : <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1051/forest:2007092>
- ANDREW, John et SAUQUET, Eric, 2017. Climate Change Impacts and Water Management Adaptation in Two Mediterranean-Climate Watersheds: Learning from the Durance and Sacramento Rivers. *Water* [en ligne]. 16 février 2017. Vol. 9, n° 2, pp. 126. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.3390/w9020126. Disponible à l'adresse : <http://www.mdpi.com/2073-4441/9/2/126>
- ARIAS, Diego, 2014. Le chêne vert à glands doux. *Les fruitiers rares* [en ligne]. 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.fruitiers-rares.info/articlesA-129a134/article132-Chene-ballote-Quercus-ballota.html>
- BELKOVA, J., VACLAVKOVA, E., ROZKOT, M. et KUCHAROVA, S., 2017. ACORNS AND CHESTNUTS AS IMPORTANT COMMODITIES IN ORGANIC PIG FARMING. *Research in pig breeding - Institute of Animal Science, Prague UHřetev, Czech Republic* [en ligne]. 2017. Vol. 11. Disponible à l'adresse : <http://www.respigbreed.cz/2017/1/1.pdf>
- BELKOVA, Jaroslava, ROZKOT, Miroslav, WEISBAUEROVA, Eva et TRUNECKOVA, Jana, 2023. Influence of feed substitution with acorns on fattening performance, carcass characteristics, and meat composition of Prestice Black-Pied pigs finished in a conventional indoor system. *Cogent Food & Agriculture* [en ligne]. 31 décembre 2023. Vol. 9, n° 1, pp. 2220182. [Consulté le 3 janvier 2024]. DOI 10.1080/23311932.2023.2220182. Disponible à l'adresse : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2023.2220182>
- CACERES, Yonathan, PULIDO, Fernando et MORENO MARCOS, Gerardo, 2017. Tree regeneration in grazed wood pastures. *Agroforestry Innovation* [en ligne]. novembre 2017. N° 4. Disponible à l'adresse : https://www.agforward.eu/documents/leaflets/04_Tree_regeneration_in_grazed_wood_pastures.pdf

CAPPAL, M.G., WOLF, P., PINNA, W. et KAMPHUES, J., 2013. Pigs use endogenous proline to cope with acorn (*Quercus pubescens* Willd.) combined diets high in hydrolysable tannins. *Livestock Science* [en ligne]. août 2013. Vol. 155, n° 2-3, pp. 316-322. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1016/j.livsci.2013.05.003. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141313002126>

CAPPAL, Maria Grazia, WOLF, Petra, PINNA, Walter et KAMPHUES, Josef, 2014. Digestibility coefficients of crude nutrients in raw hulled acorns (*Quercus pubescens* Willd.) fed to growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* [en ligne]. novembre 2014. Vol. 197, pp. 148-154. [Consulté le 22 décembre 2023]. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2014.08.001. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840114002533>

Cereopa, 2016. Synthèse de l'étude¹ sur le coût alimentaire des élevages porcins et avicoles en fonction du mode de fabrication des aliments. Etude pour le compte de FranceAgriMer. 14 p.

CIVAM 29, 2018. Réflexions pour un élevage de porc blanc de l'ouest, autonome et économe. Livret 24p.

DANNENBERGER, Dirk, TUCHSCHERER, Margret, NÜRNBERG, Gerd, SCHMICKE, Marion et KANITZ, Ellen, 2018. Sea Buckthorn Pomace Supplementation in the Diet of Growing Pigs—Effects on Fatty Acid Metabolism, HPA Activity and Immune Status. *International Journal of Molecular Sciences* [en ligne]. 21 février 2018. Vol. 19, n° 2, pp. 596. [Consulté le 22 mars 2024]. DOI 10.3390/ijms19020596. Disponible à l'adresse : <http://www.mdpi.com/1422-0067/19/2/596>

DE JESÚS, Carmen, DOMÍNGUEZ, Rubén, CANTALAPIEDRA, Jesús, IGLESIAS, Antonio et LORENZO, José M., 2016. Effect of chestnuts level in the formulation of the commercial feed on carcass characteristics and meat quality of Celta pig breed. *Spanish Journal of Agricultural Research* [en ligne]. 1 juin 2016. Vol. 14, n° 2, pp. e0603. [Consulté le 14 décembre 2023]. DOI 10.5424/sjar/2016142-8728. Disponible à l'adresse : <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/8728>

DE VASCONCELOS, Maria Do Carmo B.M., BENNETT, Richard N., QUIDEAU, Stéphane, JACQUET, Rémi, ROSA, Eduardo A.S. et FERREIRA-CARDOSO, Jorge V., 2010. Evaluating the potential of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruit pericarp and integument as a source of tocopherols, pigments and polyphenols. *Industrial Crops and Products* [en ligne]. mars 2010. Vol. 31, n° 2, pp. 301-311. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1016/j.indcrop.2009.11.008. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669009002295>

DOMÍNGUEZ, R., MARTÍNEZ, S., FRANCO, I. et CARBALLO, J., 2012. Effect of the use of chestnuts in the finishing diet on fatty acid profile in different tissues of the Celta pig breed. [en ligne]. janvier 2012. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/265519459_Effect_of_the_use_of_chestnuts_in_the_finishing_diet_on_fatty_acid_profile_in_different_tissues_of_the_Celta_pig_breed

EBERT, P. J., BAILEY, E. A., SHRECK, A. L., JENNINGS, J. S. et COLE, N. A., 2017. Effect of condensed tannin extract supplementation on growth performance, nitrogen balance, gas emissions, and energetic losses of beef steers^{1,2,3}. *Journal of Animal Science* [en ligne]. 1 mars 2017. Vol. 95, n° 3, pp. 1345-1355. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.2527/jas.2016.0341. Disponible à l'adresse : <https://academic.oup.com/jas/article/95/3/1345/4703819>

EDWARDS, S.A., 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science* [en ligne]. juin 2005. Vol. 94, n° 1-2, pp. 5-14. [Consulté le 18 décembre 2023]. DOI 10.1016/j.livprodsci.2004.11.028. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301622604002696>

EL-SOHAIFY, Sobhy A., SHEHATA, Mohamed G., MATHUR, Ashwani, DARWISH, Amira G., ABD EL-AZIZ, Nourhan M., GAUBA, Pammi et UPADHYAY, Pooja, 2022. Nutritional Evaluation of Sea Buckthorn "Hippophae rhamnoides" Berries and the Pharmaceutical Potential of the Fermented Juice. *Fermentation* [en ligne]. 14 août 2022. Vol. 8, n° 8, pp. 391. [Consulté le 22 décembre 2023]. DOI 10.3390/fermentation8080391. Disponible à l'adresse : <https://www.mdpi.com/2311-5637/8/8/391>

FRANCEAGRIMER UNITÉ ELEVAGE, 2017. *Les produits carnés* [en ligne]. Données et bilans de FranceAgriMer. Paris : FranceAgriMer. Viandes. Disponible à l'adresse : <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/54693/document/STA-VIA-PORC-Donn%C3%A9es+statistiques+2016.pdf?version=5>

G. FLORES, Paulina, 2023. Quality of Pork Meat Fed with Acorns (*Quercus spp* .). In : AKRAM, Muhammad (éd.), *Nut Crops - New Insights* [en ligne]. IntechOpen. [Consulté le 3 janvier 2024]. ISBN 978-1-80356-632-0. Disponible à l'adresse : <https://www.intechopen.com/chapters/84956>

GUSTAFSON, Gunnela M. et STERN, Susanne, 2003. Two strategies for meeting energy demands of growing pigs at pasture. *Livestock Production Science* [en ligne]. mars 2003. Vol. 80, n° 1-2, pp. 167-174. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/S0301-6226(02)00319-6. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301622602003196>

HENTRAYE M, 2022. Etude de l'intérêt nutritionnel de la plantation d'arbres fruitiers en élevage porcin de plein air. Rapport de fin d'étude AgroParisTech, 37 p.

IFIP 2023. Observatoire production porcine. Résultats 2022 et perspectives. L'atelier des Etudes Economiques. Brochure 4 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2023. *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [en ligne]. 1. Cambridge University Press. [Consulté le 26 mars 2024]. ISBN 978-1-00-932584-4. Disponible à l'adresse : <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009325844/type/book>

JOFFRE, Richard, VACHER, Jean, DE LOS LLANOS, Carlos et LONG, Gilbert, 1988. The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain. *Agroforestry Systems* [en ligne]. février 1988. Vol. 6, n° 1-3, pp. 71-96. [Consulté le 14 décembre 2023]. DOI 10.1007/BF02344747. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/BF02344747>

JURJANZ, Stefan et ROINSARD, Antoine, 2014. Valorisation de l'herbe par des truies plein-air. *AlterAgri* [en ligne]. mai 2014. Disponible à l'adresse : https://www.organicresearchcentre.com/manage/authincludes/article_uploads/AA125-_jurjanz_roinsard.pdf

LACHICA, Manuel, RODRÍGUEZ-LÓPEZ, Jose Miguel, GONZÁLEZ-VALERO, Lucrecia et FERNÁNDEZ-FÍGARES, Ignacio, 2018. Iberian pig adaptation to acorn consumption: II. Net portal appearance of amino acids. *PeerJ* [en ligne]. 18 décembre 2018. Vol. 6, pp. e6137. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.7717/peerj.6137. Disponible à l'adresse : <https://peerj.com/articles/6137>

LANTERI, G., MARINO, F., LAGANÀ, G., BELLOCCO, E., BARRECA, D., LIOTTA, L., SFACTORIA, A. et MACRÌ, B., 2009. Acquired Melanosis Caused by Acorn Ingestion in the Nero Siciliano Pig. *Veterinary Pathology* [en ligne]. mars 2009. Vol. 46, n° 2, pp. 329-333. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1354/vp.46-2-329. Disponible à l'adresse : <http://journals.sagepub.com/doi/10.1354/vp.46-2-329>

LANTERI, Giovanni, MARINO, Fabio, LIOTTA, Luigi, STEFANO, Carmelo et MACRÌ, Battesimo, 2011. Experimentally induced melanin-like pigmentation (thesaurismosis) related to acorn ingestion in Nero Siciliano pigs. *Acta Veterinaria Hungarica* [en ligne]. 1 septembre 2011. Vol. 59, n° 3, pp. 311-318. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1556/avet.2011.019. Disponible à l'adresse : <https://akjournals.com/doi/10.1556/avet.2011.019>

LI, Thomas S.C. et SCHROEDER, W.R., 1996. Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A Multipurpose Plant. *HortTechnology* [en ligne]. octobre 1996. Vol. 6, n° 4, pp. 370-380. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.21273/HORTTECH.6.4.370. Disponible à l'adresse : <https://journals.ashs.org/view/journals/horttech/6/4/article-p370.xml>

LIAGRE, F., SANTI, F., SOTTEAU, C. et DE COLIGNY, F., 2019. EcoAF on CAPSIS. *4th world congress on Agroforestry* [en ligne]. mai 2019. Disponible à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/hal-02878592>

LIN, Brenda B., 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* [en ligne]. mai 2007. Vol. 144, n° 1-2, pp. 85-94. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.agrformet.2006.12.009. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168192307000548>

ŁUCZAJ, Łukasz, ADAMCZAK, Artur et DUDA, Magdalena, 2014. Tannin content in acorns (*Quercus* spp.) from Poland. *Dendrobiology* [en ligne]. 7 octobre 2014. Vol. 72, pp. 103-111. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.12657/denbio.072.009. Disponible à l'adresse : <http://www.idpan.poznan.pl/index.php/content/vol-72/1457-72-103-111>

Marion Girard, Sophie Thanner, Nicolas Pradervand, Dou Hu, Catherine Ollagnier, Giuseppe Bee, 2018: Hydrolysable chestnut tannins for reduction of postweaning diarrhea: Efficacy on an experimental ETEC F4 model. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0197878>

MICHAELIDES, Silas, KARACOSTAS, Theodore, SÁNCHEZ, Jose Luis, RETALIS, Adrianos, PYTHAROULIS, Ioannis, HOMAR, Víctor, ROMERO, Romualdo, ZANIS, Prodromos, GIANNAKOPOULOS, Christos, BÜHL, Johannes, ANSMANN, Albert, MERINO, Andrés, MELCÓN, Pablo, LAGOUVARDOS, Konstantinos, KOTRONI, Vassiliki, BRUGGEMAN, Adriana, LÓPEZ-MORENO, Juan Ignacio, BERTHET, Claude, KATRAGKOU, Eleni, TYMVIOS, Filippou, HADJIMITSIS, Diofantos G., MAMOURI, Rodanthi-Elisavet et NISANTZI, Argyro, 2018. Reviews and perspectives of high impact atmospheric processes in the Mediterranean. *Atmospheric Research* [en ligne]. août 2018. Vol. 208, pp. 4-44. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.atmosres.2017.11.022. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169809517310700>

MIGEOT, Jonathan, SANTI, Frédérique, DOWKIW, Arnaud et DUFOUR, Jean, 2014. La sélection participative en France : des plantes annuelles aux ligneux. *Revue Forestière Française* [en ligne]. 2014. N° 2, pp. Fr., ISSN 0035. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.4267/2042/54352. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02634671>

MOWAT, D, WATSON, C A, MAYES, R W, KELLY, H, BROWNING, H et EDWARDS, S A, 2001. Herbage intake of growing pigs in an outdoor organic production system. *Proceedings of the British Society of Animal Science* [en ligne]. 2001. Vol. 2001, pp. 169-169. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1017/S1752756200005512. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifiser/S1752756200005512/type/journal_article

MUSATI, Martino, MENCI, Ruggero, LUCIANO, Giuseppe, FRUTOS, Pilar, PRIOLO, Alessandro et NATALELLO, Antonio, 2023. Temperate nuts by-products as animal feed: A review. *Animal Feed Science and Technology* [en ligne]. novembre 2023. Vol. 305, pp. 115787. [Consulté le 26 mars 2024].

DOI 10.1016/j.anifeedsci.2023.115787. Disponible à l'adresse :
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840123002213>

NARDONE, A., RONCHI, B., LACETERA, N., RANIERI, M.S. et BERNABUCCI, U., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science* [en ligne]. mai 2010. Vol. 130, n° 1-3, pp. 57-69. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.livsci.2010.02.011. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141310000740>

NUERNBERG, K., NUERNBERG, G., PRIEPKE, A. et DANNENBERGER, D., 2015. Sea buckthorn pomace supplementation in the finishing diets of pigs – are there effects on meat quality and muscle fatty acids? *Archives Animal Breeding* [en ligne]. 18 mars 2015. Vol. 58, n° 1, pp. 107-113. [Consulté le 22 mars 2024]. DOI 10.5194/aab-58-107-2015. Disponible à l'adresse : <https://aab.copernicus.org/articles/58/107/2015/>

OLAS, Beata, 2018. The beneficial health aspects of sea buckthorn (*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A.Nelson) oil. *Journal of Ethnopharmacology* [en ligne]. mars 2018. Vol. 213, pp. 183-190. [Consulté le 22 mars 2024]. DOI 10.1016/j.jep.2017.11.022. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874117332488>

OLESEN, J.E., TRNKA, M., KERSEBAUM, K.C., SKJELVÅG, A.O., SEGUIN, B., PELTONEN-SAINIO, P., ROSSI, F., KOZYRA, J. et MICALE, F., 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* [en ligne]. février 2011. Vol. 34, n° 2, pp. 96-112. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.eja.2010.11.003. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030110001061>

PIESZKA, Marek, SZCZUREK, Paulina, BEDERSKA-ŁOJEWSKA, Dorota, MIGDAŁ, Władysław, PIESZKA, Magdalena, GOGOL, Piotr et JAGUSIAK, Wojciech, 2017a. The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science* [en ligne]. avril 2017. Vol. 126, pp. 1-10. [Consulté le 22 mars 2024]. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.11.016. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174016305587>

PIESZKA, Marek, SZCZUREK, Paulina, BEDERSKA-ŁOJEWSKA, Dorota, MIGDAŁ, Władysław, PIESZKA, Magdalena, GOGOL, Piotr et JAGUSIAK, Wojciech, 2017b. The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science* [en ligne]. avril 2017. Vol. 126, pp. 1-10. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.11.016. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174016305587>

PUGLIESE, Carolina et SIRTORI, Francesco, 2012. Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Science* [en ligne]. mars 2012. Vol. 90, n° 3, pp. 511-518. [Consulté le 18 décembre 2023]. DOI 10.1016/j.meatsci.2011.09.019. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030917401100324X>

QUANDT, Amy, NEUFELDT, Henry et GORMAN, Kayla, 2023. Climate change adaptation through agroforestry: opportunities and gaps. *Current Opinion in Environmental Sustainability* [en ligne]. février 2023. Vol. 60, pp. 101244. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.cosust.2022.101244. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877343522000963>

RAFII, Zara A., ZAVARIN, Eugene et PELLEAU, Y., 1991. Chemosystematic differentiation of *Quercus ilex* and *Q. rotundifolia* based on acorn fatty acids. *Biochemical Systematics and Ecology* [en ligne]. janvier 1991. Vol. 19, n° 2, pp. 163-166. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1016/0305-1978(91)90040-7. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0305197891900407>

RAJ, St., SKIBA, G., WEREMKO, D., FANDREJEWSKI, H., MIGDAŁ, W., BOROWIEC, F. et POŁAWSKA, E., 2010. The relationship between the chemical composition of the carcass and the fatty acid composition of intramuscular fat and backfat of several pig breeds slaughtered at different weights. *Meat Science* [en ligne]. octobre 2010. Vol. 86, n° 2, pp. 324-330. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.meatsci.2010.04.037. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174010001701>

REY, A.I., DAZA, A., LÓPEZ-CARRASCO, C. et LÓPEZ-BOTE, C.J., 2006. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in Longissimus dorsi muscle and backfat. *Meat Science* [en ligne]. mai 2006. Vol. 73, n° 1, pp. 66-74. [Consulté le 18 décembre 2023]. DOI 10.1016/j.meatsci.2005.10.018. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174005003979>

REYES-PALOMO, Carolina, AGUILERA, Eduardo, LLORENTE, Mireia, DÍAZ-GAONA, Cipriano, MORENO, Gerardo et RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, Vicente, 2023. Free-range acorn feeding results in negative carbon footprint of Iberian pig production in the dehesa agro-forestry system. *Journal of Cleaner Production* [en ligne]. septembre 2023. Vol. 418, pp. 138170. [Consulté le 3 janvier 2024]. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.138170. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652623023284>

RICHARD-DAZEUR C., JACOLOT P., DE KONINCK M., DEGRAVE MH., BADALATO N., MICHIELS J., BARBEZIER N., NIQUET-LÉRIDON C., M. ANTON P. 2024. Mise en évidence de la qualité des tanins de châtaignier pour améliorer les performances en élevage porcin. *Journées Recherche Porcine*, 56, pp 189-190.

RIVERA FERRE, M. G., EDWARDS, S. A., MAYES, R. W., RIDDOCH, I. et HOVELL, F. D. DeB., 2001. The effect of season and level of concentrate on the voluntary intake and digestibility of herbage by outdoor sows. *Animal Science* [en ligne]. juin 2001. Vol. 72, n° 3, pp. 501-510. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1017/S1357729800052024. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1357729800052024/type/journal_article

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., GARCÍA, A. et GÓMEZ, A.G., 2009a. Characteristics of the acorns selected by free range Iberian pigs during the montanera season. *Livestock Science* [en ligne]. juin 2009. Vol. 122, n° 2-3, pp. 169-176. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1016/j.livsci.2008.08.010. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141308002631>

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., GARCÍA, A. et GÓMEZ-CASTRO, A.G., 2009b. Intrinsic factors of acorns that influence the efficiency of their consumption by Iberian pigs. *Livestock Science* [en ligne]. juin 2009. Vol. 122, n° 2-3, pp. 281-285. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1016/j.livsci.2008.09.011. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141308003028>

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, Vicente, SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, Manuel, GARCÍA, Antón et GÓMEZ-CASTRO, A. Gustavo, 2010a. Feed conversion rate and estimated energy balance of free grazing Iberian pigs. *Livestock Science* [en ligne]. août 2010. Vol. 132, n° 1-3, pp. 152-156. [Consulté le 3 janvier 2024]. DOI 10.1016/j.livsci.2010.05.019. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871141310002088>

RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, Vicente, SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, Manuel, GÓMEZ-CASTRO, Antonio Gustavo et EDWARDS, Sandra A., 2010b. Group sizes and resting locations of free range pigs when grazing in a natural environment. *Applied Animal Behaviour Science* [en ligne]. octobre 2010. Vol. 127, n° 1-2, pp. 28-36. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.applanim.2010.08.010. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168159110002303>

ROINSARD, Antoine, BORDES, Anna, CALVAR, Catherine, MAUPERTUIS, Florence, ALIBERT, Laurent, FERCHAUD, Stéphane, UZEREAU, Anne et CARRIÈRE, Julie, 2014. *Alimentation des porcins en agriculture biologique* [en ligne]. Cahier technique. ITAB, IBB, CA PDL, Ifip. Disponible à l'adresse : <http://itab.asso.fr/downloads/porc-bio/cahier-porc-0.pdf>

ROINSARD, Antoine, FRÜH, Barbara et SCHLATTER, Bernhard, 2015. *DISPONIBILITE EN PROTEINES DANS DIFFERENTS PAYS D'EUROPE* [en ligne]. Restitution des programmes ICOPP, ProtéAB, AviAlim Bio, Avibio, Monalim Bio. Angers : ITAB, CRAPDL, IBB, ITAVI, INRAE. Vers une alimentation 100 % AB en élevage avicole biologique. Disponible à l'adresse : http://itab.asso.fr/downloads/actes-volailles/2_ressources_proteines_en_ue.pdf

ROLO, Víctor, PLIENINGER, Tobias et MORENO, Gerardo, 2013. Facilitation of holm oak recruitment through two contrasted shrubs species in Mediterranean grazed woodlands. ZOBEL, Martin (éd.), *Journal of Vegetation Science* [en ligne]. mars 2013. Vol. 24, n° 2, pp. 344-355. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1111/j.1654-1103.2012.01458.x. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1654-1103.2012.01458.x>

ROSENVOLD, Katja et ANDERSEN, Henrik J, 2003. Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science* [en ligne]. juillet 2003. Vol. 64, n° 3, pp. 219-237. [Consulté le 18 décembre 2023]. DOI 10.1016/S0309-1740(02)00186-9. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0309174002001869>

SEHESTED, Jakob, SØEGAARD, Karen, DANIELSEN, Viggo, ROEPSTORFF, Allan et MONRAD, Jesper, 2004. Grazing with heifers and sows alone or mixed: herbage quality, sward structure and animal weight gain. *Livestock Production Science* [en ligne]. juillet 2004. Vol. 88, n° 3, pp. 223-238. [Consulté le 26 mars 2024]. DOI 10.1016/j.livprodsci.2003.11.008. Disponible à l'adresse : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301622603003245>

SEMIA CHERIF, DOBLAS-MIRANDA, Enrique, LIONELLO, Piero, BORREGO, Carlos, GIORGI, Filippo, IGLESIAS, Ana, SIHEM JEBARI, MAHMOUDI, Ezzeddine, MORIONDO, Marco, PRINGAULT, Olivier, RILOV, Gil, SOMOT, Samuel, TSIKLIRAS, Athanassios, VILÀ, Montserrat et ZITTIS, George, 2020. *First Mediterranean Assessment Report - Chapter 2: Drivers of Change* [en ligne]. [object Object]. [Consulté le 26 mars 2024]. Disponible à l'adresse : <https://zenodo.org/record/7100601>

TAMMINGA, S., SCHULZE, H., VAN BRUCHEM, J. et HUISMAN, J., 1995. The nutritional significance of endogenous n-losses along the gastrointestinal tract of farm animals. *Archiv für Tierernährung* [en ligne]. avril 1995. Vol. 48, n° 1-2, pp. 9-22. [Consulté le 21 mars 2024]. DOI 10.1080/17450399509381824. Disponible à l'adresse : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17450399509381824>