PROJET IAE

Conception d’un Système Viti-forestier sous un dispositif d’Agrivoltaïsme pour le Domaine Cazes

Table des matières

Pistes de réflexions : 8
1. Les plantes pour extraits végétaux biodynamiques 9
Achillée 9
Description de l'itinéraire technique de la culture d'achillée 9
Conduite 10
Récolte 10
Approvisionnement en semences 11
ressources divers 11
2. Le coing 11
Description de la culture 12
Itinéraire technique 12
Rendement 14
Analyse financière et marché agricole 14
Manutention de la culture 14
Bibliographie 15
Pistes non retenues 19
Lien avec le sol 20
Rentabilité 20
Volume horaire détaillé 21
Post récolte : 22
Itinéraire technique : 23
Prestataire pour le coing 23
Investissements (les tableaux au format excel seront en PJ): 23
Bilan économique: 25
Ressources Humiques et azotées 26
Evaluation hydrique : 30
Suite du projet : 31
Documents à transmettre au Domaine : 32

Objectifs

Les objectifs qui nous ont été confié sont les suivants :

- Adaptation au contexte pédoclimatique
- Adaptation au microclimat sous les rangées de persiennes solaires dynamiques
- Des productions secondaires
- Maximiser la Biodiversité auxiliaire (régulation des populations de ravageurs)
- Favoriser des espèces locales

Formulation d'hypothèses et choix de la piste de travail :

1. Quels enjeux de conception ?

- Adaptation au changement Climatique (résiste à l'ombrage)
- Valorisation d'espace
- Diversification des productions (culture complémentaire,culture de service)
- Maximiser une biodiversité dans le but de réguler des ravageurs (culture de service)

2. Quelles connaissances mobilisables ?

- Modèle de l'élaboration du rendement de la vigne (forte Eb, et faible Kc)
- Connaissances IPM
- Bibliographie : agrivoltaisme; production viticole; production des différentes espèces étudiées
- Agrivoltaïse : bibliographie SunAgri
- Modèles de rayonnement SunAgri

3. Quelles innovations identifiées ?

- Agrivoltaisme (production d'énergie)
- Culture associée sous les rangs de panneau
- Idée d'arbres sous les panneaux donc système agroforestier?

4. Quelle est la nature de l'objet conçu ?

   Un système complet avec 3 composantes productives :
   - électricité
   - vigne
   - culture secondaire

5. Sur quel système construit-on le prototype ?

   Un système de culture plus ou moins complexe dans l'exploitation : Mise en place d'une parcelle viticole en agrivoltaïsme + cultures associées

6. Sur quelle système construit on le prototype ?

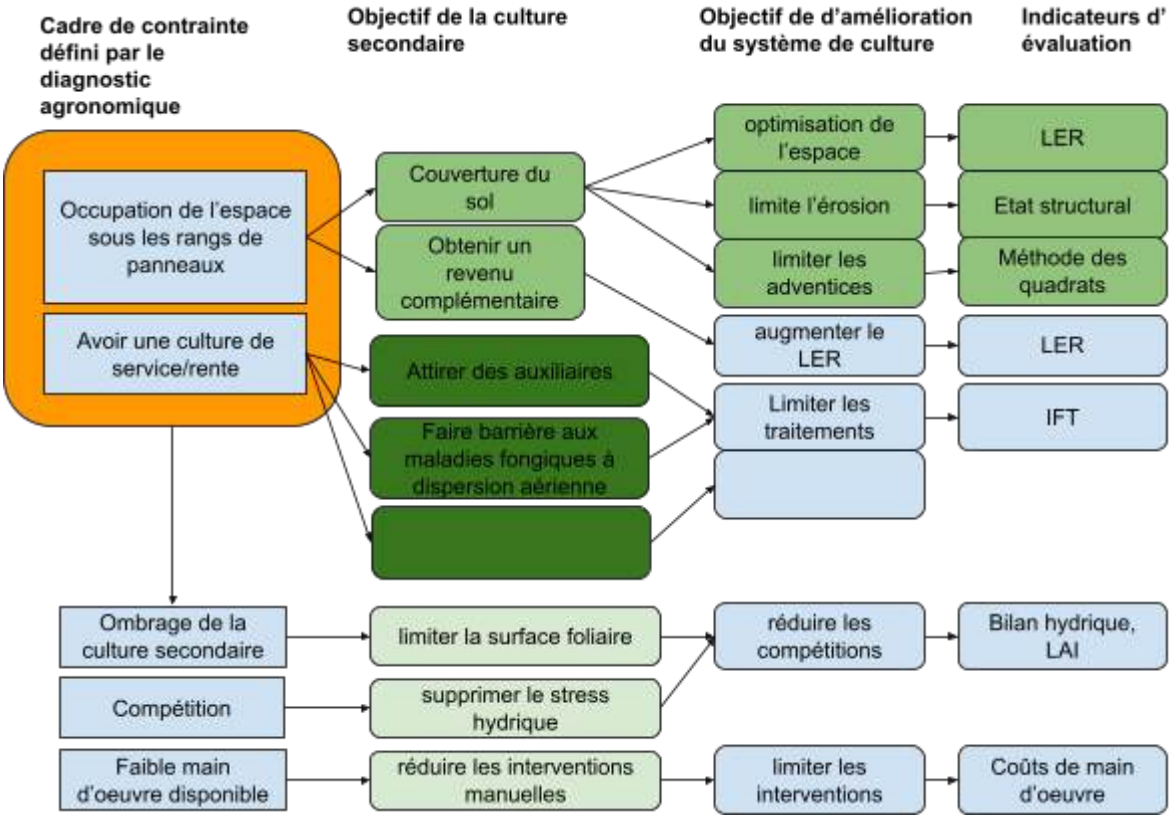
- Système biophysique
- Système technique
- Système décisionnel

7. Quelle méthode de conception en situation réelle

   Denovo = déconstruction et re-conception du système actuel puis évaluation du nouveau système. Évaluation du nouveau système pour ensuite pouvoir le diffuser in situ.

8. Quelles étape de transition à envisager (progressive ou direct)

- Direct : Mise en place des panneaux photovoltaïques puis labour des 8 hectares. Plantation de la vigne et de la culture associée. Pas de transition à envisager pour cette parcelle (hormis un repos des terres d'une durée d'un ou deux ans avec une luzerne)



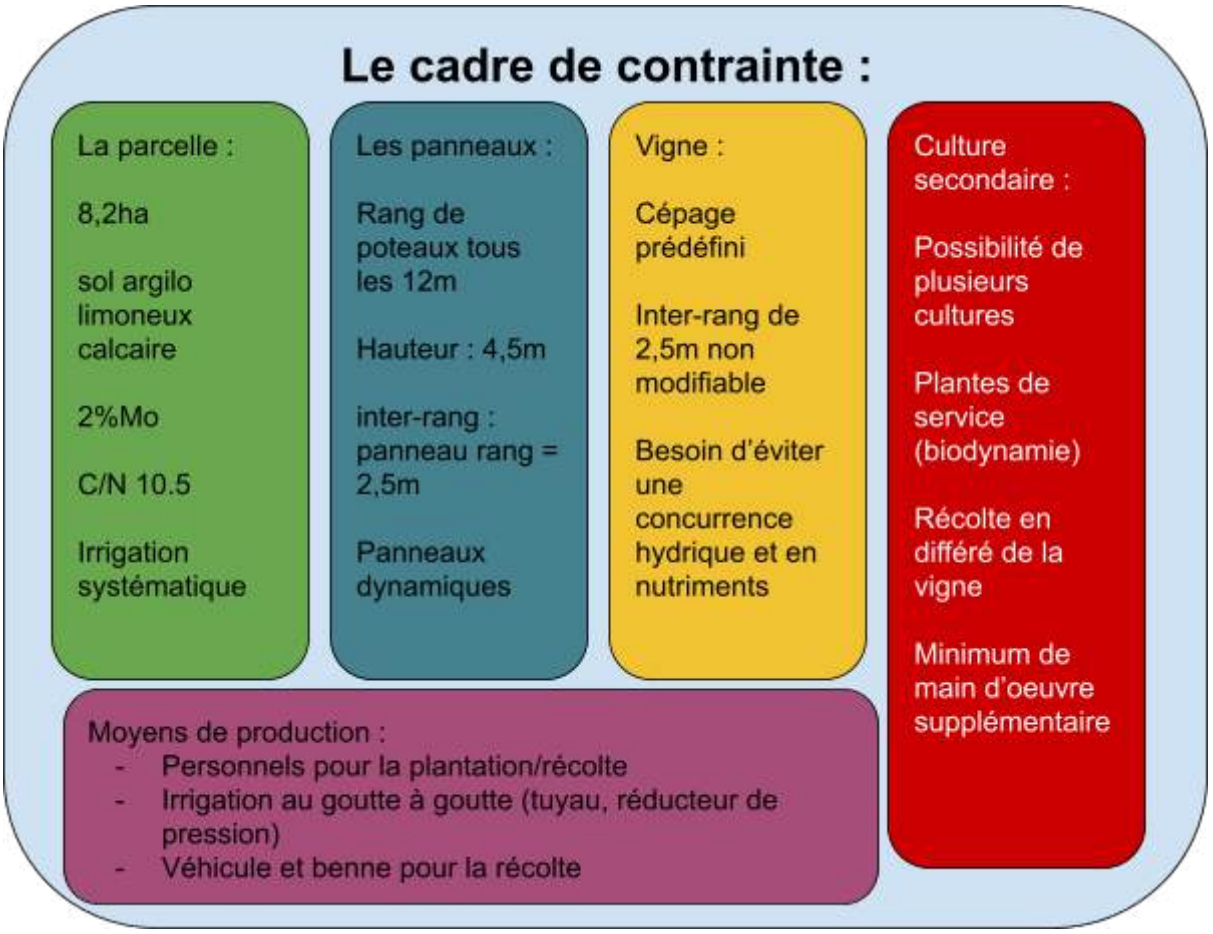
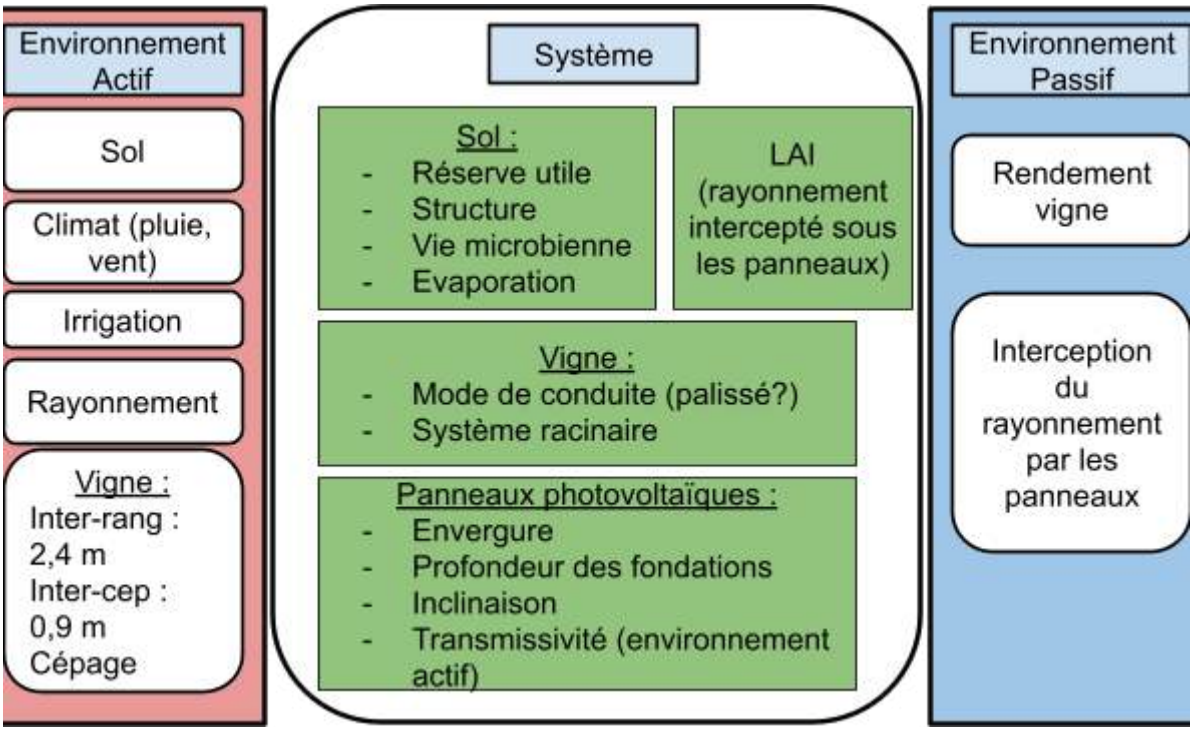
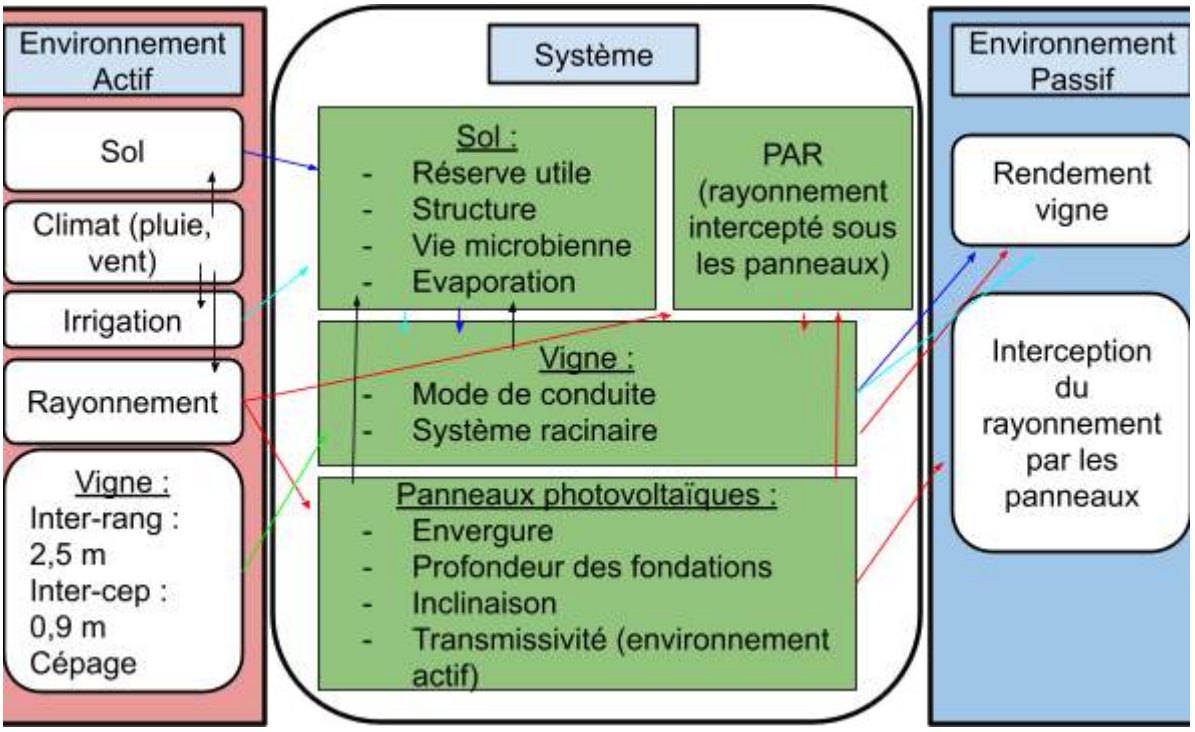


Schéma conceptuel du système sans la culture associée :


Environnement Actif
Sol
Climat (pluie, vent)
Irrigation
Rayonnement
Vigne :
Inter-rang : 2,4 m
Inter-cep : 0,9 m
Cépage
Système
Sol :
- Réserve utile
- Structure
- Vie microbienne
- Evaporation
LAI (rayonnement intercepté sous les panneaux)
Vigne :
- Mode de conduite (palissé?)
- Système racinaire
Panneaux photovoltaïques :
- Envergure
- Profondeur des fondations
- Inclinaison
- Transmissivité (environnement actif)
Environnement Passif
Rendement vigne
Interception du rayonnement par les panneaux


Environnement Actif
Sol
Climat (pluie, vent)
Irrigation
Rayonnement
Vigne :
Inter-rang : 2,5 m
Inter-cep : 0,9 m
Cépage
Système
Sol :
- Réserve utile
- Structure
- Vie microbienne
- Evaporation
PAR (rayonnement intercepté sous les panneaux)
Vigne :
- Mode de conduite
- Système racinaire
Panneaux photovoltaïques :
- Envergure
- Profondeur des fondations
- Inclinaison
- Transmissivité (environnement actif)
Environnement Passif
Rendement vigne
Interception du rayonnement par les panneaux

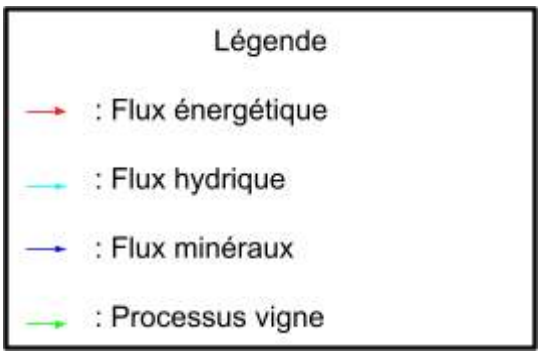
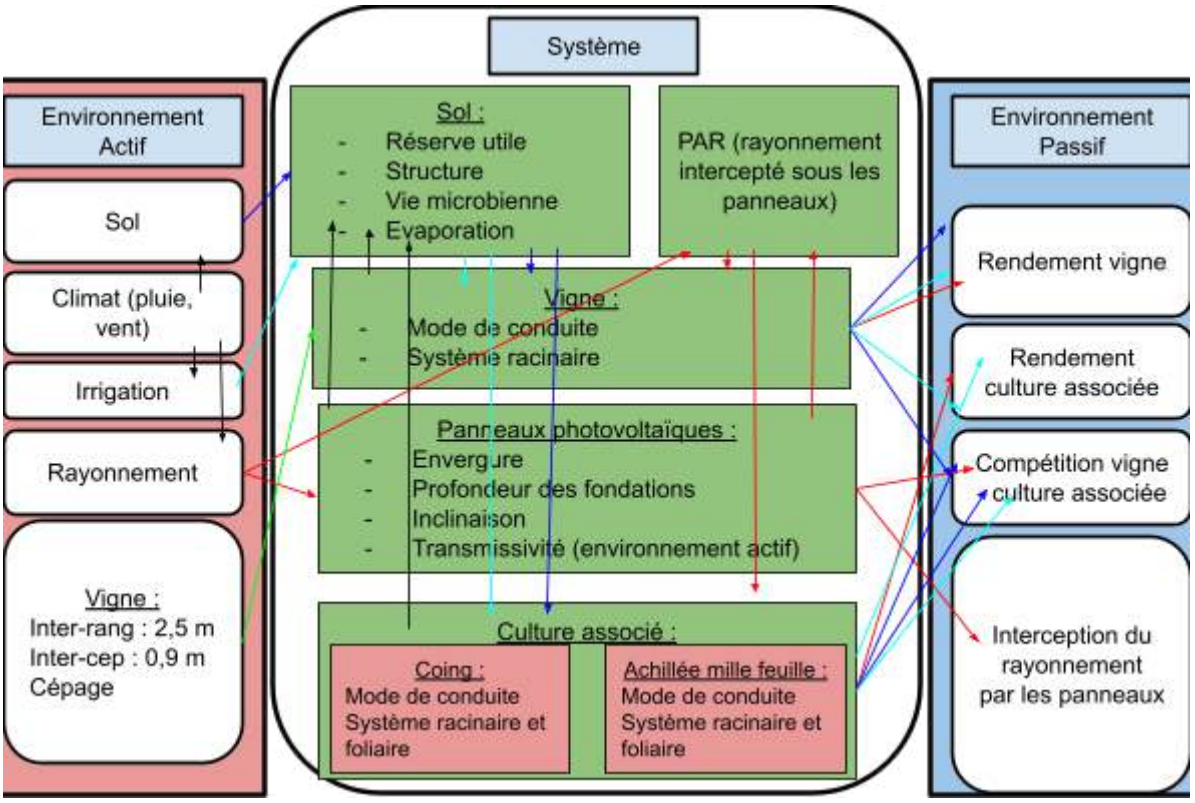
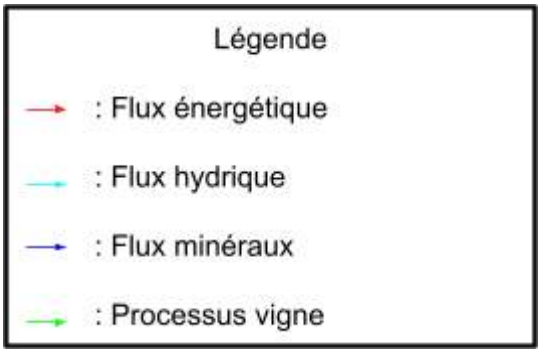


Schéma conceptuel du système avec la culture associée :





Pistes de réflexions :

Etant donné la grande liberté sur le projet (seule la structure et le cépage ne peuvent pas êtres modifiés), nous avons défini deux cultures potentielles en polyculture.

- Le coing : culture basse, avec des besoins en eau faibles
- L'achillée mille feuille (plantes pour extraits végétaux) : culture résistante à la sécheresse, production d'huiles essentielles pour usage sur la vigne.

Tableau 1 : Récapitulatif des points forts et faibles de pistes de reflexion

légende :	
	équivalent témoin
	avantage au témoin
	désavantage modéré au témoin
	désavantage élevé au témoin
	données manquantes
#N/A	inéxistant

	periode d'entretien	periode de récolte	besoins eau	besoins nutriments	temps de travail	ravageurs
vigne (témoin)	fevrier	aout/septembre	modérés	faibles	élevé	pyrales/eudémis/cochylis/cicadelles
coing	décembre/janvier	novembre	modérés	faibles	modéré	carpocapse/pucerons
achillée	#N/A	juillet	faibles	faibles	faible	#N/A
lavandin	#N/A	juillet	faibles	faibles	très élevé	cicadelle/chrysomèle
grenade	décembre	aout/septembre	faibles	faibles	modéré	mouche du fruit
thym	#N/A	toute l'année	faibles	faibles	très élevé	#N/A
prêle des champs	#N/A	juin/juillet/aout	élevés	élevés	données manquantes	#N/A
ortie	#N/A	mars	élevés	élevés	faible	#N/A

	maladies	climat	hauteur	avantages annexes	commentaire
vigne (témoin)	mildiou oidium	sec	1,5m		
coing	tavelure/oidium	tempéré	3m	peu d'entretien	fruits sensibles (moniliose)
achillée	oidium/pourriture du fruit	sec	0,4m	repulsif pucerons / cicadelles	plante très rustique, taille sévère possible
lavandin	rouille/mildiou	sec	0,7m	repulsif pucerons	modifie les qualités organoléptiques du vin
grenade	pourriture du fruit/mouche du fruit/pucerons	sec	4m	fruits résistants	besoin d'un très fort ensoleillement
thym	oidium	sec	0,4m	repulsif pucerons	modifie les qualités organoléptiques du vin
prêle des champs	#N/A	humide	0,5m	répulsif ravageurs ET maladies	expansion par rhizome
ortie	#N/A	tempéré	1m	répulsif généraliste	besoin d'un pH acide + besoin de beaucoup de MO+ rhizome

1. Les plantes pour extraits végétaux biodynamiques

Enjeux principaux :

Mettre en place une culture avec un faible entretien (moins de 200 heures par an), utilisant peu de main d'oeuvre et dont on peut en valoriser directement sur l'exploitation ou pour de la commercialisation

Les extrait végétaux actuellement utilisés au sein des pratiques biodynamiques dans le domaine sont l'achillée mille feuille, la saule (arbuste), la prêle, l'ortie, la tanaisie, l'absinthe.

Objectifs de ces cultures :

1 - Production locale d'extraits végétaux d'intérêt biodynamique sur l'exploitation

2 - Attraction de parasitoïde et prédateurs des ravageurs de la vignes (Sources : https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1975#:~:text=Les%20rendements%20de%20cueillette%20sur,viron%207%20heures%20de%20travail.)

3 - Mise en place de réseaux mycorhiziens entre la vigne et des cultures secondaires et amélioration de la vie microbienne

Achillée

Les plantes du genre Achillea, les achillées, comprennent entre 85 et 115 espèces. Ce genre appartient à la famille des Astéracées, la même que les marguerites et les asters. Elles sont caractérisées par des fleurs composées particulièrement attractives pour les insectes.
Les achillées sont presque toutes des plantes herbacées vivaces ; leur hauteur varie entre de 10 et 150 cm.

De la famille des Astéracées, l'achillée est décrit comme bio stimulant dans la réglementation PNPP

L'infusion d'achillée millefeuille (Achillea millefolium) a montré des propriétés antifongiques en application préventive, notamment sur vigne, maïs, tomates. Par ailleurs, c'est également un stimulateur de défenses naturelles et elle est utilisée dans les préparations biodynamiques. cf
On utilise la tisane d'achillée millefeuille si la pression mildiou/oïdium est faible cf ou en prévention de coulure.

Description de l'itinéraire technique de la culture d'achillée

Elle se plante dans des terrains drainés et légers, de préférence en plein soleil. Elle supporte très bien les sols pauvres et secs. Cette plante aromatique est **très rustique**, elle pousse en montagne à des altitudes assez élevées. Il faut respecter des distances de plantation de 40 cm entre chaque pied.
Les achillées sont des plantes rhizomateuses ayant le plus souvent une tendance à s'étaler. Elles développent des tiges, plus ou moins dressées avec des feuilles alternes. Ces feuilles sont le plus souvent très découpées, pinnatilobées à pinnatiséquées, plus rarement entières (comme chez Achillea partmica).

Leur feuillage est parfois aromatique et certaines espèces sont médicinales, notamment l'achillée millefeuille, Achillea millefolium, qui est la plante référente du genre. Certaines, telle Achillea millefolium ont un feuillage très odorant.

Cette plante aromatique n'a pas besoin de beaucoup d'arrosages, juste quelques apports les premiers mois après la plantation, ensuite quand l'achillée est bien installée, elle résiste très bien au sec.

Conduite

Peu d'entretien, pour cultiver les achillées, ce sont même des plantes envahissantes, dont il faut limiter la propagation, en arrachant à détruisant les stolons.
Effectuer une taille sévère à la fin de la floraison ou après la formation des graines si vous souhaitez récolter ces dernières.

Récolte

La plante entière peut être récolté mais les sommités florales sont le plus couramment utilisées dans le cas d'une utilisation en tisane de phytothérapie. En effet, les parties récoltées de l'achillée millefeuille sont les sommités fleuries et les feuilles supérieures, dans lesquelles on trouve les principes actifs. Les tiges ligneuses ne contiennent pas de principes actifs en quantités significatives.

La récolte commence dès la fin de la croissance végétative (début de floraison).
Le stade idéal pour la récolte est celui où 80 % des plantes ont commencé à fleurir. La récolte doit se faire au début de la floraison, dès que le tiers du corymbe est en fleurs. (https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/guide-achillee.pdf)

http://agrobioperigord.fr/upload/article-point-infos-preparations-a-base-de-plantes-en-viticulture-biologique-2013.pdf
https://altair-plantes.com/wp-content/uploads/2015/06/achill%C3%A9e-et-biodynamie.pdf

Une récolte d'achillée à partir d'un semis de printemps est possible à compter de la deuxième année de croissance seulement. Un semis fait à l'automne donne une petite récolte à la fin de l'été de la première saison de croissance.

https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/guide-achillee.pdf

Approvisionnement en semences

1000 graines = environ 4 euros

La source des graines est multiple sur internet. Il est possible de trouver des graines d'une variété authentique et reproductible. Ici vous trouverez un lien pour l'achat de gaine issu d'AB. https://www.fermedesaintemarthe.com/achillee-millefeuille-ab-p-6837
Si la gestion de la culture est bien réalisée, il ne sera pas nécessaire d'en acheter chaque année.

ressources divers

- https://www.aujardin.info/plantes/achillea.php#:~:text=Les%20achill%C3%A9es%20sont%20presque%20toutes,la%20plante%20r%C3%A9f%C3%A9rente%20du%20genre.
- https://www.aumoulindemonpere.com/produit/achillee-millefeuille-2/
- https://praeparatekiste.de/fr/pages/die-biodynamischen-kompostpraparate-502-507#:~:text=Les%20pr%C3%A9parations%20de%20compost%20biodynamiques%20502%20%2D%20507%20sont%20des%20ressources,d'y%20d%C3%A9velopper%20leur%20action.
- https://www.j2m-natura.fr/purin-d-achillee-millefeuille
- https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1975
- https://www.naturimages.com/fr/reportages/agriculture-et-elevage/achillee-en-biodynamie-frx5d0b4771b97c06929b82c300.htm
- https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1975#:~:text=Les%20rendements%20de%20cueillette%20sur,viron%207%20heures%20de%20travail.
- https://www.chateaumonestierlatour.com/wp-content/uploads/2019/07/BIODYNAMIE-PREPARATIONS.pdf
- https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/022_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Productions-vegetales/2018_ATV_TECH__VITI_Phytotherapie.pdf
- http://www.agrobioperigord.fr/index.php

2. Le coing

Problématiques :

- Mise en place de réseaux mycorhiziens entre la vigne et des cultures secondaires et amélioration de la vie microbienne
- Rentabiliser l'espace non cultivé pour un apport financier supplémentaire
- (protection des PAMP grâce à l'ombre qu'il procure)

Description de la culture

Le cognassier (*Cydonia oblonga* Miller) de la famille des Rosacées supporte mieux la chaleur que le froid. Il appartient aux espèces fruitières qui réclament de la lumière et résiste bien à la sécheresse. Il peut survivre longtemps sans eau mais il y a une limite au manque d'eau, qui peut impacter la taille des fruits. Il donne ses meilleurs rendements dans des sols argilo-siliceux, bien aérés, chauds et faciles à travailler mais s'adapte assez facilement à tout type de sol. On peut également noter une légère résistance au sel contrairement au poirier et au pommier. Pour des espèces à maturité tardive (novembre), les coings supportent les premières gelées (jusqu'à -2,2°C).

La floraison du cognassier est longue et la maturité des fruits est de 4 à 5 mois. La majorité des cognassiers sont autofertiles et la consommation de ses fruits se fait uniquement après transformation (compote, gelée, pâte…) dû à sa chair dure. Sa conservation est difficile et le fruit pourri rapidement.

Itinéraire technique

2.a. Préparation du sol

Labourer le sol en profondeur pour ameublir et incorporer un amendement organique pour améliorer l'état du sol.

2.b. Plantation

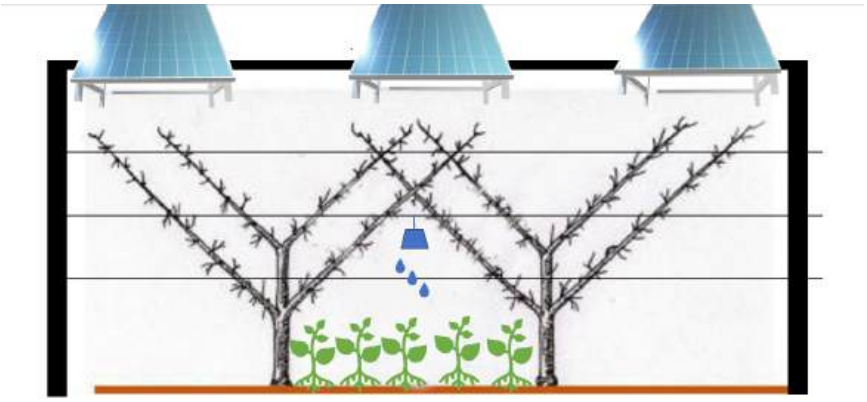
Planter les arbres de coing à l'automne ou au printemps, en évitant les périodes de gel. Respecter les distances de plantation recommandées, soit 0.5 plant/m2 et 4 a 6m entre chaque arbre.

2.d. Taille et entretien

Elle consiste à éclaircir le buisson en supprimant gourmands et branches inutiles, et à rabattre les charpentières pour leur donner plus de rigidité. Ces opérations favorisent le développement de brindilles et de pousses courtes sur lesquelles apparaît la fructification. La taille voir le palissage sera de rigueur pour limiter la taille et la forme des arbres.

CONDUITE EN ESPALIER À ENVISAGER :

La conduite en espalier à forme plate (**palmette oblique croisée**) semble être la forme la plus adaptée pour le système sous panneaux photovoltaïque. Il implique de rajouter des fils de palissage entre les poteaux des persiennes solaires (3 ou 4 étages de fils de palissages). Cependant, ce palissage permettra d'éviter le débordement de l'arbre sur l'inter-rang et ainsi la compétition de l'eau et du rayonnement solaire. Des œillets pourront être intégrés sur les poteaux des persiennes solaires ce qui permettra le minimum de volume horaire à la mise en place des fils de palissages.



2.e. Gestion de l'eau

L’irrigation se fait à raison d'une fois par mois, de novembre à mars et de deux fois par mois d'avril à octobre, avec des doses de l'ordre de 600 à 700 mètres cubes par hectare en monoculture. Il est aussi conseillé de faire cette irrigation au goutte à goutte. Un arbre adulte aurait besoin de 400 à 500 mm de pluie pour obtenir une bonne production.

2.f. Récolte et maladie

La récolte du coing se fait selon l’espèce. Une espèce non tardive se récolte à partir de début octobre. Une espèce tardive se récolte jusqu’à fin novembre mais il est important de prendre en compte que les panneaux photovoltaïques ralentissent la maturité des fruits ce qui pourrait décaler davantage la date de récolte.

Maladie du coing : le plus fréquent moniliose (pourriture marron formant des cercles) et carpocapses (vers dans le fruit)

2.g. Transformation des fruits

La production de coing est envoyé à des grossistes et des industries agro-alimentaires pour la création de pâtes de fruit (période de Noël), de compotes, gelées, confitures et gâteaux.

2.h. Variétés

Selon la forme du fruit on distingue des variétés :

a) sphériques ou globuleuses par exemple : Van-Demen, Orange, Anger;

b) malif ormes par exemple : Géant de Leskovatz, Fuller, Golout- vinskaïr de Constantinople;

c) elliptiques ou allongées : Aloutka, Derekoï;

d) piriformes : de Portugal, Gigantesque de Vrania, Beretzki, Champion.

Les précédentes variétés peuvent être côtelées ou non et présenter un duvet caduc ou au contraire persistant

2.e Les Besoins du cognassier sont minime, Léger besoin en azote, phosphore et potassium qui peut être couvert par une apport de purin d'ortie

2.f. Entretien des arbres

Volume horaire :

Sur pommier : 70h/ha

Sur la parcelle de 8,2ha : 70/5 x 8,2 = 114 h/an

Rendement

Le rendement du coing varient légèrement selon les régions (exemple: Arménie, Crimée) et le climat mais il se situe entre 3 à 5 tonnes/hectare. De plus, sa productivité augmente avec l'âge de l'arbre :

sur les arbres de moins de 6 ans = 4,3 kg par arbre
sur les arbres de moins de 7 à 12 ans = 16 kg par arbre
sur les arbres de moins de 13 à 18 ans = 18,4 kg par arbre
sur les arbres de moins de 19 à 40 ans = 26,9 kg par arbre

Analyse financière et marché agricole

La production de coing peut se vendre à des particuliers (directement en magasin), à des grossistes et/ou industries agro-alimentaires de pâte de fruit (période de Noël) mais aussi des compotes, gelée, confiture et gâteaux.

Prix du coing au kilo : 2,00 € (FranceAgriMer)
67 arbres par rang, 23 rangs x 67 = 1541 arbres/8.2ha
rendement (arbre moins de 6 ans) = 1541 x 4.3kg/par arbre = 6626.3 kg
= 0,6 x 6626,3 kg = 3975,6 kg/8ha (moins les 40% dû à l'agrivoltaisme)
Chiffre d'affaire : 3975,6 kg x 2€ = 7951,2 €/an

Manutention de la culture

-	Temps par arbre	Temps pour 8,2 ha	Volume horaire à partir d'un rendement/h
Récolte des fruits	15 fruits de 300 grammes = 3 min	(nb arbre par rang (1541) x 3 min) = 4623 min = 77,05 heures	environ 25-30kg/h : 25kg x 160h = 4000 kg pour les trois premières années

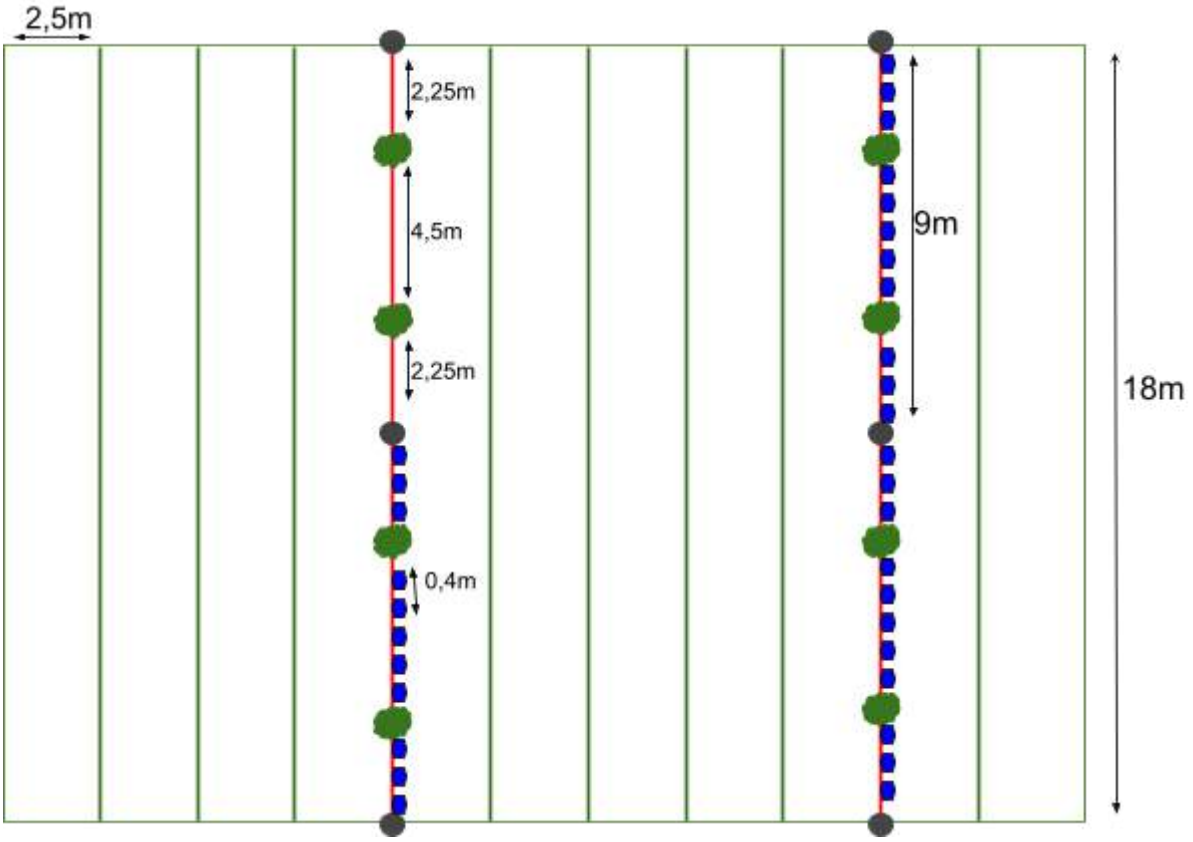
Entretien (taille)	taille mécanique = 4,92h pour 1,64ha (car 3h pour 1 ha en vigne)	-	-
Arrosage (coing et achillée)	1/15j jusqu'à remouillage du sol	-	-

Bibliographie

- Entretien des arbres : https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Co%C3%BBtsProd-RoyalGala-2013.pdf
- Besoin du cognassier : https://www.rustica.fr/arbres-fruitiers/fertiliser-cognassier,6294.html, https://www.petitsjardiniers.com/conseils/coing-cydonia-oblunga/?utm_content=cmp-true
- Variétés : http://www.pommiers.com/coing/cognassier.htm
- Evreinoff V. A. Contribution à l'étude du Cognassier. In: *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, vol. 7, n°6-8, Juin-juillet-août 1960. pp. 269-298.

  DOI : https://doi.org/10.3406/jatba.1960.2612

- Barbeau, G. et Farhi, M. 1979. Premières observations sur le comportement d'un verger de cognassiers en palmeraie dans le Sud-marocain. Fruits. 34, 5 (janv. 1979), 349–352.
- https://www.planfor.fr/achat,cognassier,0089,FR



Légende :

— : rang des cultures secondaires

— : rang de vigne

● : Poteaux des persiennes solaires

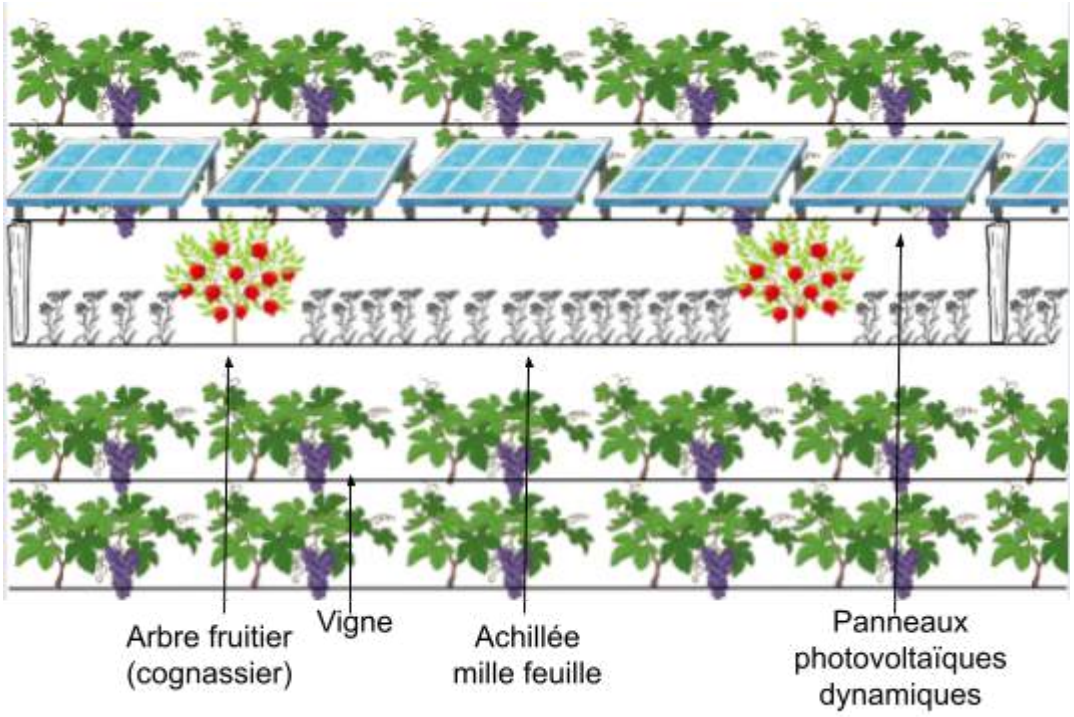
● : Cognassier

● : Achillée mille feuille

4. Association culturale

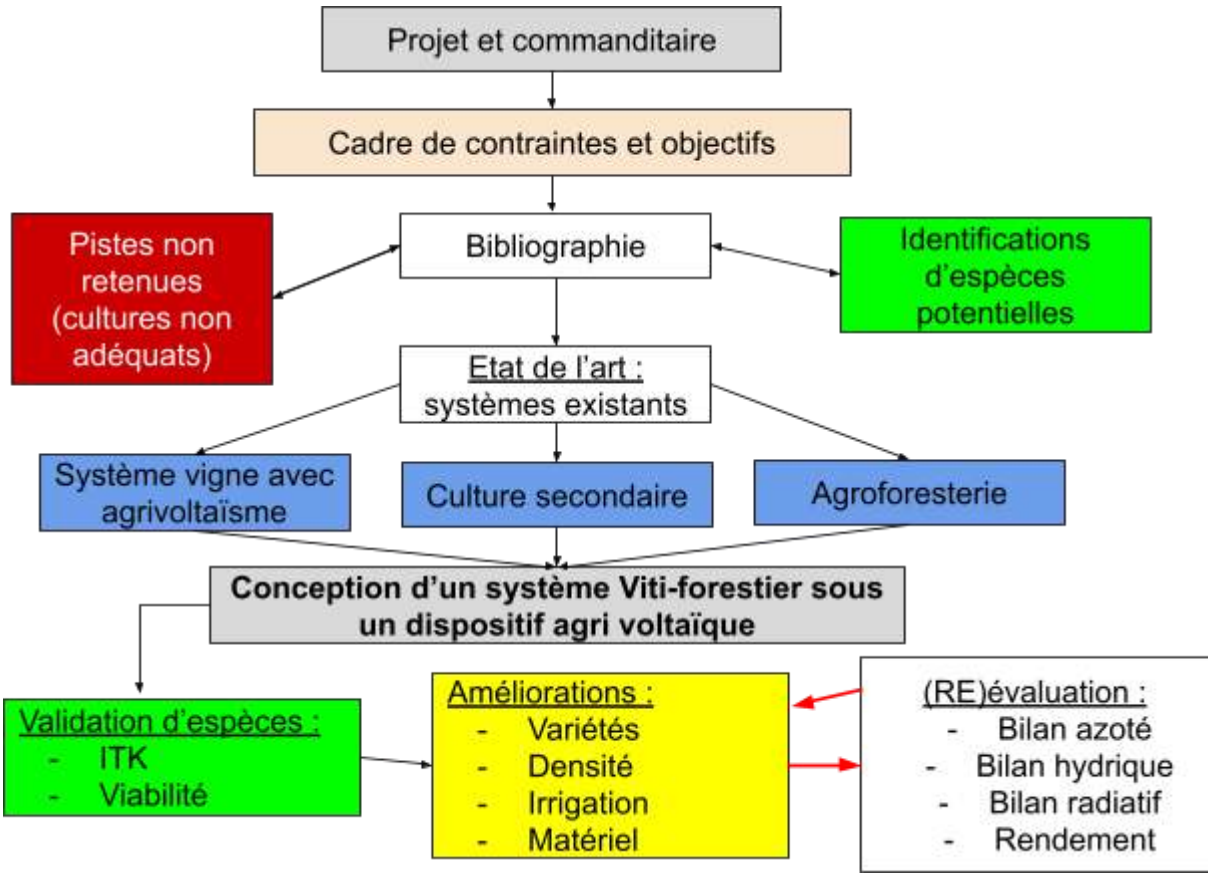
Dans le cadre de limite de place entre les rangs de vignes, ces cultures secondaires pourraient être associées dans le but d'un bon développement mutuel des cultures (contraintes de place, de compétition, de conduite de la vigne…). On peut donc imaginer une association de cognassier et achillée. En faisant une alternance arbre/plante aromatique, cela permettrait de laisser la place au arbre de se développer sans trop de compétition à l'espace et la lumière. De plus, cela pourrait développer des réseaux mycorhiziens et limiter la compétition des nutriments. Le développement des arbres pourra également protéger les achillées sensibles aux fortes chaleurs et au rayonnement. On

pourrait donc se pencher vers une association de culture secondaire diversifiée apportant des doubles services. Exemple ci dessous :



Nombre de rang sur les 8,2 ha	115 rangs		
Nombre de rang pour la culture secondaire sur les 8,2 ha	23 rangs		
Nombre de cognassier par rang	(300 x 2)/9 =67 arbres	1541 arbres pour 23 rangs	
Densité achyllée	18/m2		
Nombre d'achillée	~25 000 plantes	28980 plantes pour 23 rangs	24633 plantes (-15% de surface observé sur le cadastre)
Rendement coing	4,3 kg pour un arbre de moins de 6 ans	4,3 x 1541 = 6626.3 kg	moins les 40% de rendement dû aux persiennes =

			3975,6 kg
Rendement achillée	46 kg/ha (moins 40% des panneaux = 27,5 kg/ha)	27,5 kg/ha x 8,2ha = 225,5 kg de plantes fraîches	225,5 x 0,6 (40% d'humidité) = 90 kg en sec
Prix des graines d'achillée	4 euros = 1000 graines	pour 25000 graines en prenant les -1 % de germination = 102 euros	
Prix d'un cognassier	65 euros	65 x 1541 = 100 165 euros	Prix de gros à revoir
Achillée	225,5kg en plantes fraiches = 90 kg en sec (pertes de 40% d'eau)	90kg de sec soit 902 ha possiblement traitable (avec 100g pour 1L d'eau en tisane)	revente du surplus : Prix moyen = 18 euros les 100g donc 18 x 902 =16200 euros de benef
surface cultivable par nos cultures secondaires	3105 m2 cultivable		



Pistes non retenues

Nous avons décidé, comme culture associée, de choisir une association culturale. Pour cela nous avons imaginé un système sous panneaux (1 rang sur 5) pour en sortir un apport financier grâce à un rendement. De plus, le domaine utilise des huiles essentielles comme répulsif. L'association de grenade et achillée fut envisagée. Cependant, la grenade nécessite beaucoup de soleil et sa récolte semble se faire sur les périodes des vendanges. En effet, la présence des panneaux fait trop d'ombre aux grenadiers et bloque leur développement en hauteur (max : 4,5m) ce qui implique de devoir palisser la culture. D'après Aurélie Mercier, du temps pour l'entretien des cultures associé n'est pas envisageable. Selon SunAgri, la diminution de lumière peut atteindre une moyenne de 40%. Une culture de grenade rentable semble donc inenvisageable. Nous avons donc choisi de nous pencher vers la culture du coing.
(Sources : https://www.bio-provence.org/IMG/pdf/fiche_technique_grenade_finale_bd.pdf,; The pommegrenate : S.S Hiwale)

De plus, nous n'avons pas retenu la piste des PPAM (Lavande, Thym…). Cette culture demande beaucoup d'exigeante en main d'œuvre à la plantation et annuellement pour le désherbage et la récolte. De plus, ses plantes libèrent des composés aromatiques qui peuvent modifier la qualité organoleptique du vin en s'adsorbent sur la pruine.

Madame Mercier a lancé l'idée de réaliser des rangs de 2,5 m sur la parcelle en lien avec l'écartement des panneaux solaires et l'interception du rayonnement par la culture. Ce

changement doit impliquer l'achat de nouveaux équipements de récolte et d'entretien. Cependant, cet achat n'est pas rentable. En effet, la parcelle de 8 ha sera la seule qui aura cet inter rang (les autres parcelles ont un inter rang de 2,4 m). En vue des bénéfices réalisés avec la culture associée, il ne semble pas intéressant de changer la taille des inter rang. Nous n'avons pas les chiffres d'affaires de la production viticole et celle engendrée par l'agrivoltaïsme. On ne peut donc pas conclure de l'exact viabilité d'un tel investissement (machine agricole). Il serait intéressant d'observer l'amortissement de cet engin au sein de cette exploitation.

Lien avec le sol

La vigne, le coing et l'achillée vont, ensemble, améliorer la biodiversité dans le sol (vie microbienne, macrofaune). Le coing va d'autant plus aider en remontant les nutriments stockés en profondeur grâce au racines assurant ainsi la fertilité des sols.
L'association culturale de plantes pour extraits végétaux (achillée) et de cognassier pourrait apporter beaucoup au sol et son fonctionnement. En effet, le cognassier est un arbre, un échange pourrait donc se faire avec le sol via la mycorhization mais aussi avec la vigne. Cette mycorhization permettrait peut être de soutenir la culture viticole grâce aux échanges de nutriments (éléments minéraux) donc, à terme, de réduire la fertilisation.
De façon limitée, ces cultures associées vont créer une litière ce qui augmente peu à peu la quantité de matière organique dans le sol et donc plus retenir l'eau, aider à la fertilisation et à la stabilité du sol.

Rentabilité

les fils de conduite (de conduite en palissage + irrigation en aspersion)

Achillée

L'objectif est de cultiver 25000 plantes.

Semences :

PMG = 0,13g

1000 graines = environ 4 euros
(https://www.fermedesaintemarthe.com/achillee-millefeuille-ab-p-6837)

3,10 euros = 0,1 g = 1300 graine

https://germinance.com/boutique/semences_aromatiques_et_medicinales-achillee_millefeuille-article-ACM.awp?pgnIdCategorie=33#:~:text=Plantation%20apr%C3%A8s%20les%20gel%C3%A9es%20en,15%20cm%20apr%C3%A8s%20la%20floraison.

taux de germination : 0,7 (guide-achillee.pdf)

(coefficient de réussite d'un semis à la volée : rajouter 20 % de semences)

Soit un nombre de graine à acheter :

Coût avec semoir ou repiquage= 32500/ 1000 * 4 = 130 euros (pas à la volée)
Coût en semis volée (majoration de 20%) = 39 000 graines

(cas d'un semis à la volée => D'ailleurs à la plantation, semées 26 entre chaque arbre pour une réussite garantit à 19.)

Production :

Pour une densité de 14 plante/m² entre deux arbres de coing (0,3 plante/m² sur les 8,2ha)., on a un rendement potentiel de 375,8 kg de MF

On prends en compte une baisse de rdt sous panneau de 40% => 225,49752 kg MF

L'achat d'achillée mf sur l'exploitation est sous Matière Sèche. Le coefficient d'humidité est de 40%. (guide-achillee.pdf)

Ainsi on aurait un rendement potentiel sous panneau en MS de 90,2 kg.

Le prix moyen d'achillée mille feuille MS est 2,68 euro => 100g (26,8 euro/kg)
(https://www.biody.ch/fr/plantes-seches/6-achillee-seche.html)

Donc la production serait de 2 417 euros. Sachant que 100 * 220 g d'achillée sèche seront utilisés sur l'ensemble de l'exploitation, soit 22 kg de Mat sèche. Il resterait un bénéfice de 2417 - 589,6 =1827,4 euros.

Volume horaire détaillé

Plantation :

Après un semis _ Transplantation manuelle: 64 h pour les 23 rangs = 2,8 h par rang
(https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/guide-achillee.pdf)

_Semis à la volée : 0,5 km /h = donc 18 min /rang = > 14 h
(source approximation d'une marche)

Récolte :

_manuelle : 200 kg / 7 heure = > 29 kg / h (pour un récolteur expérimenté)
(https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=1975#:~:text=Les%20rendements%20de%20cueillette%20sur,viron%207%20heures%20de%20travail.)

Ce qui nous donne un volume de travail de récolte pour notre production potentielle : 225,5 / 29 = **8,5 h**

Récolte mécanique : 3 km/h (tracteur avec faucheuse 3 poitns déportée) (2100€)
3000m en 1 heure
300 m = 6 min https://www.lideragri.fr/faucheuse-/4637-faucheuse-micro-tracteur.html

Arrachage/destruction en 3ème année : 20 h à l'ha => 32,8 h sur les 23 rangs = 2 heures par rang
*achat d'un motoculteur avec laboureur : 600-1500 euros *
https://www.bricolagedirect.com/motoculteur-et-tariere/3681-product-3551696006083.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAzJOtBhALEiwAtwj8tucc4U764XIgXreRER38hNc7n3erJW61EofJ5pjx-1UCfRTd3Xbn8hoC7l0QAvD_BwE

https://www.picturethisai.com/fr/ask/Achillea_millefolium-3.html#:~:text=Enl%C3%A8vement%20m%C3%A9canique%3A%20Le%20labourage%20peut,ou%20au%20d%C3%A9but%20du%20printemps.

https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/073_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS_TECHNIQUES/PPAM/FT-THYM-NI-AB.pdf
https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/073_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS_TECHNIQUES/PPAM/FT-Romarin-IR-AB.pdf

achillée	**semis**	main d'œuvre	14h
	récolte	main d'œuvre	8h
coing	**plantation (repiquage)**	main d'œuvre	26h
	taille	main d'œuvre	15h
	palissage	main d'œuvre	46h
	récolte	main d'œuvre	77h

Post récolte :

_ séchage : Si temps sec : pré séchage au champ, puis remplissage du séchoir 1200€
si humide mettre au séchoir dans la journée.

https://www.klarstein.fr/Appareils-de-cuisine/Deshydrateur/Master-Jerky-550-Deshydrateur-alimentaire-2400-W-40-90-C-inox-argent-36-niveaux.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAzJOtBhALEiwAtwj8ttwOggxL5c0kbaY-joSR5C13NI1_3jP4RJAjDsXnBPt_eWjnN6LHwxoCRCoQAvD_BwE

https://www.senteursduquercy.com/achillea-achillee/15-achillea-millefolium-achillee-millefeuille.html

Itinéraire technique :

	janv-26	févr-26	mars-26	avr-26	mai-26	juin-26	juil-26	août-26	sept-26	oct-26	nov-26	déc-26
vigne		plantation										
achillée		plantation					fauche					
coing			plantation								récolte*	taille

	janv-27	févr-27	mars-27	avr-27	mai-27	juin-27	juil-27	août-27	sept-27	oct-27	nov-27	déc-27
vigne		taille	taille					récolte	récolte			
achillée							fauche					
coing	taille										récolte	taille

	janv-28	févr-28	mars-28	avr-28	mai-28	juin-28	juil-28	août-28	sept-28	oct-28	nov-28	déc-28
vigne		taille	taille					récolte	récolte			
achillée							fauche	arrachage			récolte	
coing	taille											taille

	janv-29	févr-29	mars-29	avr-29	mai-29	juin-29	juil-29	août-29	sept-29	oct-29	nov-29	déc-29
vigne		taille	taille					récolte	récolte			
achillée		plantation					fauche					
coing	taille										récolte	taille

plantation
taille
fauche
récolte
arrachage

Prestataire pour le coing

Les prestataire suivants proposent du travail à façon :

- https://www.francois-doucet.com/content/19-la-boutique-d-usine
- confiserie 1844 : fabricant à façon : https://www.confiserie1844.fr/13-fabricant-confiserie-bonbon-miel-apiculteur

Investissements (les tableaux au format excel seront en PJ):

1. Irrigation

utilisation	référence commerciale	prix €	longueur (m)	besoin (m)	nb unitaire	prix total	référence	Remarques
peigne	tuyaux pe HD 50mm	1358	100	400	4	5432	https://france-i	
pression entrée	manometre 50 mm	7			1	7	https://france-i	
asperseur	CORPS + TURBINE + BUSE JAUNE Ø1,6MM / HADAR 7110	1,83			3082	5640,06	https://france-i	Corps + Turbine + Buse jaune Ø 1.6 mm - Débit 128 l/h - Ø mouillée 10.2 m
asperseur	PRÉMONTAGE PENDULAIRE 30CM + STABILISATEUR	2,78			3082	8567,96	https://france-i	
lignes d'irrigation	?	?	300	300*23	23	?		
					Coût total :	19647,02		

2. Charges et recettes 1ère année:

coûts première année

	activité	nom	besoins	prix unité	besoins d'unité	total	référence	note
achillée	semis	semences	39000	4€/1000	39	156	https://germ	
	semis	main d'œuvre	14h	11,65 €	14	163,1	(source app	salaire chargé base smic
	récolte	main d'œuvre	8h	11,65 €	8	93,2	https://www	salaire chargé base smic
	sèchage	séchoire	1	1 300 €	1	1300	https://www	
	arrachage	motoculteur labour	1	1 000 €	1	1000	https://www.t	
coing	bouturage	pépinière (plants)	1561	26 €	1561	40586	https://www	prix consommateur, et à l'unité sur abres de 3 ans
	plantation (repiquage)	main d'œuvre	26h	11,65 €	26	302,9		base 1minute/arbre
	taille	main d'œuvre	15h	11,65 €	15	174,75		calculé sur les volumes horaires en vigne avec un coefficient
	palissage	main d'œuvre	46h	11,65 €	46	535,9	https://www	calculé sur les volumes horaires en vigne avec un coefficient
	récolte	main d'œuvre	77h	11,65 €	77	897,05	https://occit	calculé sur base pommier et très largement majoré
					total achillée	2712,3	€	
					total coing	42496,6	€	
					total	45208,9	€	

recettes première année

nom	quantité	prix estimé	prix total	référence	note
fleurs d'achillée	90,2 kg	2,68€/100g	2417	(https://www	peut faire baisser les couts de traitements
coing en gros	3975kg	2€/kg	7951,2	https://doi.c	stock du carbone

3. Amortissement

coût annuel amortissement sur 10 ans :				materiel à amortir :	sèchoire	1 300 €
					second peigne irrigation	19 700 €
62586 €					motoculteur labour	1 000 €
6258,6 €/an à amortir					plants	40586

4. Charges et recettes globales

coûts première annuels sans achat de matériel

	activité	nom	besoins	prix unité	besoins d'unité	total	référence	note
achillée	**semis**	semences	39000	4€/1000	39	156	https://germ	
	semis	main d'œuvre	14h	11,65 €	14	163,1	(source appr	salaire chargé base smic
	récolte	main d'œuvre	8h	11,65 €	8	93,2	https://www	salaire chargé base smic
							https://www.k	
							https://www.b	
coing							https://www	prix consommateur, et à l'unité sur abres de 3 ans
								base 1minute/arbre
	taille	main d'œuvre	15h	11,65 €	15	174,75		calculé sur les volumes horaires en vigne avec un coefficient
	palissage	main d'œuvre	46h	11,65 €	46	535,9	https://www	calculé sur les volumes horaires en vigne avec un coefficient
	récolte	main d'œuvre	77h	11,65 €	77	897,05	https://occit	calculé sur base pommier et très largement majoré
					total achillée	412,3		
					total coing	1607,7		
					total	2020	€	

recettes annuelles sans achat de matériel

nom	quantité	prix estimé	prix total	référence	note
fleurs d'achillée	90,2 kg	2,68€/100g	2417	(https://www	peut faire baisser les couts de traitements
coing en gros	3975kg	2€/kg	7951,2	https://doi.c	stock du carbone
		total :	10368,2		

Bilan économique:

pôle de dépense	dépenses (€) :	recettes annuelles (€)
main d'œuvre annuelle	2 020,00	10 368,20
amortissement anuel	6 258,60	
total	8 278,60	
Benefice :	2 089,60	€

Ressources Humiques et azotées

Evaluation humique

Etat initial

Modèle d'évolution du carbone organique du sol (Hénin et Dupuis, 1945)

dC/dt = ∑ (mi.K1i) – K2.C

ΔC = humification - minéralisation

Appliqué dans les 20 premiers cm de sol

Bilan Système Initial

Apport	MF (t)	MS (t)
Sarment de vignes	0,012	0,006
Defeder 6.4.4	4,42	3,54

coefficient humification	0,03
K1 sarment vigne	0,25
K1 Defeder	0,15*

Détail :

Nombre de pied : 38 410 (115 rgs avec 334 pied)

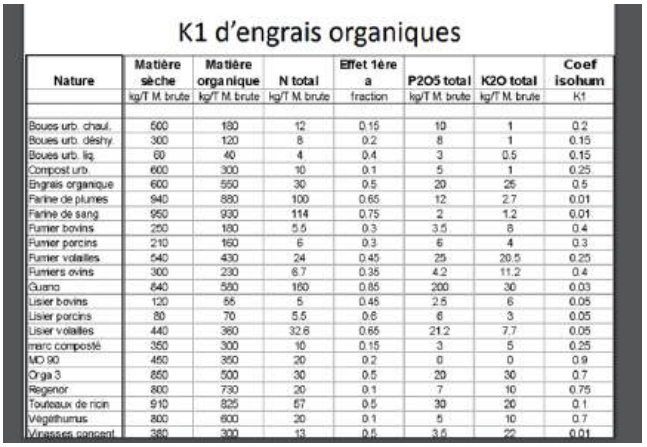
*restitution à la taille hivernal = 0,3 * 38 410 = 11 523 g = 11, 5 kg sur la parcelle (92 kg/ha)

car restitution bois de taille vigne : 300 g de sarment par pied / an

cf :
https://extranet.bivb.com/technique-et-qualite/developpement-durable/energie/gallery_files/site/2992/3312/35147.pdf

k1 vigne
https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/GuidePO_Tome1_chapitre_8.pdf

*defender : https://defeder.es/fr/p/biocomplet/
k1 = (0,17) approximé par k1 farine animal et engrais organique



K1 d'engrais organiques

Nature	Matière sèche	Matière organique	N total	Effet 1ère a	P2O5 total	K2O total	Coef isohum
	kg/T M. brute	kg/T M. brute	kg/T M. brute	fraction	kg/T M. brute	kg/T M. brute	K1
Boues urb. chaul.	500	180	12	0.15	10	1	0.2
Boues urb. déshy.	300	120	8	0.2	8	1	0.15
Boues urb. liq.	60	40	4	0.4	3	0.5	0.15
Compost urb.	600	300	10	0.1	5	1	0.25
Engrais organique	600	550	30	0.5	20	25	0.5
Farine de plumes	940	880	100	0.65	12	2.7	0.01
Farine de sang	950	930	114	0.75	2	1.2	0.01
Fumier bovins	250	180	5.5	0.3	3.5	8	0.4
Fumier porcins	210	160	6	0.3	6	4	0.3
Fumier volailles	540	430	24	0.45	25	20.5	0.25
Fumiers ovins	300	230	6.7	0.35	4.2	11.2	0.4
Guano	840	580	160	0.85	200	30	0.03
Lisier bovins	120	55	5	0.45	2.5	6	0.05
Lisier porcins	80	70	5.5	0.6	6	3	0.05
Lisier volailles	440	360	32.6	0.65	21.2	7.7	0.05
marc composté	350	300	10	0.15	3	5	0.25
MO 90	450	350	20	0.2	0	0	0.9
Orga 3	850	500	30	0.5	20	30	0.7
Regenor	800	730	20	0.1	7	10	0.75
Tourteaux de ricin	910	825	57	0.5	30	20	0.1
Végéthumus	800	600	20	0.1	5	10	0.7
Vinasses concent.	380	300	13	0.5	3.6	22	0.01

Evaluation humique

Etat final

Bilan Système Final

Apport	MF (t)	MS (t/an)
Sarment de vigne	0,096	0,0048
Defeder 6.4.4	4,42	3,54
Bois de taille coing	0,24	0,145
Achillée MF	0,15	0,060

k2	0,03
K1 Sarment de vigne	0,25
K1 Defeder	0,15*
K1 Bois taille coing	0,2
K1 Achillée MF	0,4

Détails :

Nombre de pied :
115 - 23 = 92 rangs de 300m _ sur un rg = 334 pieds _ 334 * 92 = 30 728 pieds sur la parcel de 8,2ha

restitution à la taille hivernal = 0,3 * 30 728 = 9 218 g = 9, 2 kg sur la parcelle (1,12 kg/ha)

https://extranet.bivb.com/technique-et-qualite/developpement-durable/energie/gallery_files/site/2992/3312/35147.pdf

surface de coing : 1,7 ha avec
nombre de coing : 1541 arbres => 906 arbres /ha

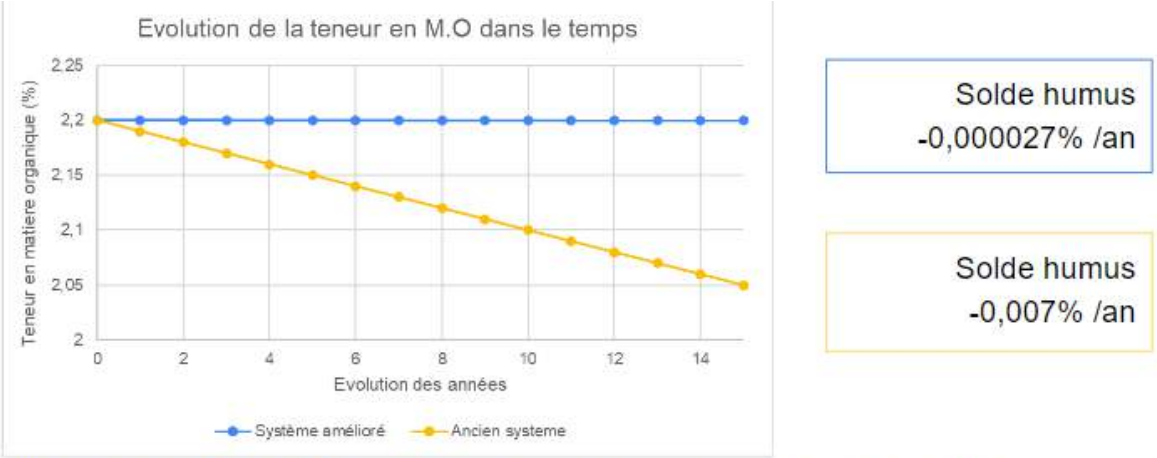
densité poirier moyen : 2500 arbres/ha => densité de coing 2,8 fois moins que la moyenne

https://bourgognefranchecomte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Bourgogne-Franche-Comte/CDA89/Diversification/Vegetaux/389-Pommes-poires-2019.pdf

production moyen humus => 80 kg humus /ha pour 2500 arbres/ha soit 80 kg pour 2500 arbres
https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=861
donc dans nos 1541 arbres = > 80/ 2,8 = 29 kg humus
k1 = 0,20 soit
humidité = 50%

Humus achillée produit sur 3 ans = 0,06 t donc 0,02t par an
MS = 0,075 t par an

cf => achillée produit 225,5 kg de MF (sommité florale; HI : 0,40 pour 0,13 par an) => 338,25 kg de résidus aérienne accumulé sur les trois ans (76% de la plante donc plante entière 445 kg) avec 40 % humidité 178 kg de MS et un k1 de 0,4 = 71 kg humifié sur les 3 ans (24 kg humifié par an)



Résultats du Modèle Hénin et Dupuis sur 15 ans selon les deux systèmes

Le système permet de maintenir le stock de MO grâce à l'apport des nouveaux résidus de cultures (bois de coings et résidus d'achillées).

Evaluation azoté

- Minéralisation de la MO du sol

Humus initiale (t/ha) : 35,8 avec un k2 : 0,03

Ce k2 est estimé d'après Girard et al (2011) avec la formule:

$$k2 = 0{,}03 * (1 + 0{,}2 * (T°C - 10)) * \frac{1}{(1 + 0.005 * Argile\ en\ g/kg)} * \frac{1}{(1 + 0.0015 * Calcaire\ total\ en\ g/kg)}$$

Part d'humus minéralisé (t/ha) : 1,03 t/ha avec un C/N = 10

Azote min disponible dans l'année : 60 kg/ha

- Apport d'engrais

*geodyn : https://www.angibaud.fr/wp-content/uploads/2022/06/FS-Geodyn-NS.pdf

*fertigol : https://www.agronutrition.com/produit/fertigofol-4-2-7/

Engrais	Apport brut	Apport Nmin (kg/ha)	Cultures	Besoins (kg/ha)
Defeder 6.4.4	544,8 kg/ha	18,30	Vigne	30 (pour un rendement de 50hl/ha)
Geodyn	2,27 l/ha	0,20	Coing	4,9
Fertigol	2,92 l/ha	0,12	Achillée MF	~0
		= 18,62		34,9

- Part minéralisé des résidus de cultures => faim d'azote (méthodo)

Biomasse C/N microbienne = 9

Achillée MF (assimilé à de la paille) ; MS = 60 kg (sur l'ensemble de la parcelle 8,2h a) ;
C/N=100 ; %C= 0,96 et %N= 0,01
MS * %C = 60 kg de C
Besoins biomasse microbienne = 60/ 9 = 7 kg N
N contenu dans res = 0,01 * 60 = 0,6 kg N
Faim d'azote : 7 - 0,6 = 6,4 kg N ou = 0,8 kg N/ha

Sarment vigne ; MS = 4,8 kg ; C/N=90 ; %C= 0,95 et %N= 0,03
MS * %C = 4,56 kg de C
Besoins biomasse microbienne = 4,56/ 9 = 0,5 kg N
N contenu dans res = 0,03 * 0,5 = 0,015 kg N
Faim d'azote : 0,5 - 0,015 = 0,49 kg N ou = 0,06 kg N/ha

Bois taille coing (assimilé à du BRF) ; MS = 145 kg ; C/N=50 ; %C= 0,93 et %N= 0,02
Faim d'azote : 0,5 - 0,015 = 12,1 kg N ou = 1,47 kg N/ha

- 2,33 kg N/ha de faim azoté lors de la minéralisation

L'apport azoté annuel actuel est de 18 kg/ha. Ceci ne couvre pas les besoins de nos cultures du système. En revanche, la bonne minéralisation du sol permet d'apporter 60 kg/ha. Ceci permet de couvrir les besoins de nos cultures et la faim d'azote.

Détails :

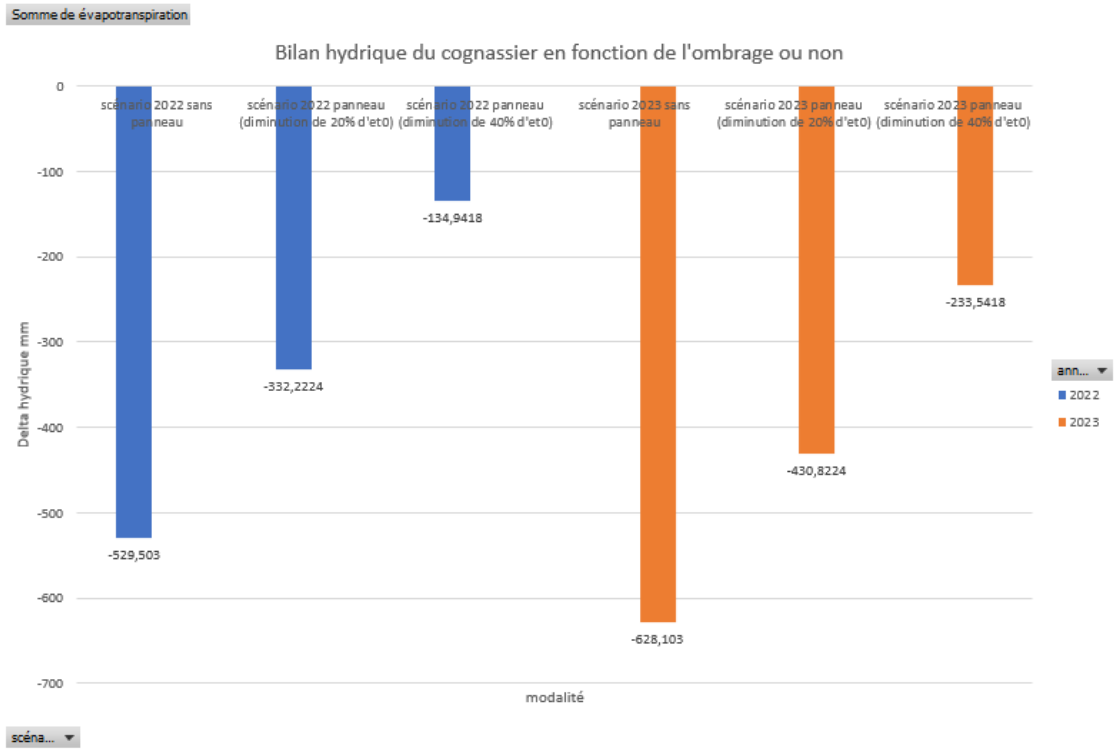
Approximation des résidus de cultures
Résidus d'achillée équivalent aux résidus de paille de blé

besoins cognassier
https://www.petitsjardiniers.com/conseils/coing-cydonia-oblunga/?utm_content=cmp-true

Besoin de la vigne : **30 unités/ha pour une production de 50 hl/ha**
https://po.chambre-agriculture.fr/actualites/detail-de-lactualite/actualites/fertilisation-dentretien-au-sol-en-viticulture/

Evaluation hydrique :

Bilan hydrique disponible en format excel en PJ.



ETc = Kc x (Eto)
kc = 0.71
(source pommier chambre agri gironde)

ET°=1389,3
Kc pommier :
https://gironde.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/100_Inst-Gironde/Documents/pdf_grandes-cultures_accompagnement-technique_mieux-irriguer/Messages_irrigation_2019/message_1/Tableau_Coefficients_Culturaux_Kc_.02.pdf
Delta hydrique =Stock initial + pluie + irrigation (7mm)*nb irrigation - evapotranspiration

L’hypothèse est une diminution forte de l’évapotranspiration due aux panneaux solaires jusqu’à -40% (source SunAgri).

Suite du projet :

1. Réaliser un Bilan radiatif :

Le bilan radiatif ou rayonnement net Rn correspond à la fraction de l'énergie rayonnante de courtes (Rg - Rr) et de grandes longueurs d'ondes (Ra-Rt) absorbée par le système végétal et le sol. Ce bilan dépend de l'énergie globale incidente Rg et des Caractéristiques de la surface réceptrice (Rr et RT) selon L'équation Rn = Rg - Rr + Ra - Rt

Collecte des données :

- Obtenez des données météorologiques locales, y compris l'ensoleillement quotidien moyen, la température ambiante, la direction et l'inclinaison du soleil, etc.

Calcul du rayonnement solaire incident :

- Utilisez des modèles ou des données historiques pour estimer le rayonnement solaire incident sur la zone du vignoble. La localisation géographique, la période de l'année et l'orientation des panneaux solaires agrivoltaïques peuvent affecter cette estimation.

Réflexion et absorption :

- Considérez la réflexion du rayonnement solaire par les panneaux solaires et la végétation, ainsi que l'absorption par le sol et les cultures.

Émission de chaleur :

- Prenez en compte l'émission de chaleur par le sol et les composants du système agrivoltaïque.

Bilan radiatif net :

Calculez le bilan radiatif net en soustrayant le rayonnement réfléchi et émis de celui absorbé. L'équation générale est :

- $$Bilan\ Radiatif\ Net = Rayonnement\ Incident - (Reflexion + Emission\ de\ Chaleur)$$

Analyse des résultats :

- Évaluez le bilan radiatif net pour comprendre comment il affecte la température et le microclimat du vignoble. Un bilan radiatif positif peut entraîner un réchauffement, tandis qu'un bilan négatif peut indiquer un refroidissement.

Optimisation du système agrivoltaïque :

- En fonction des résultats, ajustez l'orientation des panneaux solaires, la densité de plantation, ou d'autres paramètres pour optimiser le bilan

radiatif et favoriser des conditions de croissance optimales pour les vignes.

2. Réaliser d'autres bilans azotés
3. Réaliser d'autres bilans azotés
4. En année 4, réaliser une cartographie racinaire pour observer la concurrence
5. Trouver un porte greffe potentiellement nanisant pour les cognassiers
6. Réfléchir à la conduite du cognassier (quel palissage ?)

https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_37-38/22105.pdf

Documents à transmettre au Domaine :

excel etude économique (amortissement etc)/ excel bilan hydrique /excel ITK/tableaux des pistes non retenues/tableau chiffrage second peigne d'irrigation (deux fichiers)
excel bilan azoté