

ÉVALUER ET RECONCEVOIR UN SYSTEME DE CULTURE CAS DU DOMAINE DU PETIT SAINT JEAN

Projet d'ingénierie agro-écologique dans le cadre du cursus
« Production Végétale Durable » (PVD)

Sarah LECAULLE, Jérémie FANDOS et Camille DEVINEAU

Janvier 2020



Évaluer et reconcevoir un système de culture

Ingénierie Agro-Écologique - Domaine du PSJ

Document de travail du groupe d'étudiants PVD détaillant la démarche de reconception du système de culture au domaine du Petit Saint Jean

1) Définition de la problématique du projet

Considéré comme un **“espace naturel paysan”**, le domaine du Petit Saint Jean accueille un projet de gestion conservatoire intégrant un système agricole en polyculture-élevage. Ce système se veut productif, durable et autonome qui s'appuie sur les effets de synergie avec les milieux naturels et cultivés. Dans le cadre d'un projet étudiant d'ingénierie agro-écologique, nous travaillons sur la problématique de reconception de système de culture agro écologique et économiquement viable et qui puisse faire figure d'exemple comme “vitrine agroécologique”. Nous travaillons seulement sur l'espace “mosaïque agricole” du domaine dont l'objectif est de produire des cultures fourragères associées à des cultures de vente.

2) Questionnement interdisciplinaire de l'étude de cas

Systèmes d'élevage : Identification des différentes ressources fourragères disponibles, quantifier cette ressource, en estimer les dynamiques, notions liées au pastoralisme. Optimiser la complémentarité pastorale de 3 espèces : chevaux, bovins et ovins.

Agronomie systémique : Conception d'un nouveau système de culture productif, durable et autonome, associé au maintien d'une biodiversité fonctionnelle et patrimoniale

Ecologie et gestion des espaces : protection et maintien de milieux remarquables propres au territoire de la Camargue Gardoise, enjeux liées à la gestion d'une pinède et limitation du risque incendie

3) Caractérisation du cadre de contraintes de l'étude

~ *Définition du contexte pédo-climatique du domaine*

Camargue gardoise, zones humides avec ses atouts et enjeux :

Le déficit hydrique est fortement marqué de mai à septembre. Les précipitations automnales sont les plus abondantes. La texture du sol est très sableuse.

Des parcelles en surface cultivable sont envahies de joncs, traduisant une très forte humidité dans le sol. Cela restreint beaucoup la liste des cultures possibles à intégrer dans la rotation. Les sols sont aussi très salés mais la salinité est gérée via un système de canaux entretenus, pour assurer des flux latéraux d'eau.

~ *Définition des contraintes techniques*

L'isolement du domaine par rapport au siège de la Tour du Valat conditionne la très faible disponibilité en matériel agricole. Le domaine doit donc faire appel à des prestataires pour tous types de travaux de culture.

La main d'oeuvre disponible sur le domaine représente 1,5 Équivalent Temps Plein (ETP). Elle peut être complétée par l'embauche de services civiques, de volontaires, et la réalisation de chantiers pédagogiques.

Nicolas Beck précise que le riz n'est pas une culture envisageable sur le domaine au regard de son impact environnemental négatif.

~ *Définition de l'objet à concevoir : un agrosystème ou un système technique ?*

L'agrosystème est déjà en place, notamment au niveau de l'implantation des espèces pérennes (vignes, haies fourragères, pré-vergers, lignes de bois d'oeuvre). De plus les espaces naturels auxquels on s'intéresse (pinède et marais) sont déjà existants, et sont à intégrer au cadre de contraintes, surtout concernant la disponibilité en ressource fourragère. Cependant, l'espace de la mosaïque agricole est à reconcevoir entièrement au niveau des rotations et de l'assolement, puisque actuellement la majorité des surfaces cultivables sont semées en luzernes depuis 2012 (plus ou moins productives)

~ *Part-on d'un système existant ou juste d'un sol, un climat et un paysage ?*

On part d'un système existant : domaine repris / "relancé" en 2012. Aujourd'hui existent : vignes, pré-verger, parcelles agroforestières, parcelles de luzerne ...

~ *Quel modèle conceptuel pour relier techniques, processus et performances ?*

Modèle conceptuel de reconception, dont l'objectif est de maintenir ou améliorer la réussite et la performance du système et en accroître la résilience.

~ *Description du contexte pédo-climatique dans lequel se trouve le domaine*

Climat	Sol
Méditerranéen : hivers doux vs étés chauds et secs Précipitations annuelles : 500 - 600 mm Fort déficit hydrique de mai à septembre Température moyenne annuelle > 15°C Pas de gelées	Densité apparente : 1,35 T/m3 Sables 80% - Limons 15% - Argiles 5% Calcaire total : 231 g/kg pHeau : 8,3 MO totale : 2% Fertilité minérale satisfaisante (sauf P) Fertilité biologique élevée

4) Formulation d'hypothèses et choix de la piste de travail

Les objectifs généraux du projet se basent sur ces quatre points fondamentaux :

- Conception système de culture agro écologique en polyculture-élevage, économiquement viable, autonome et durable, et qui puisse faire figure d'exemple comme "vitrine agroécologique".
- Diversification et complémentarité des ateliers de production pour assurer une viabilité et rentabilité du projet
- Préserver et s'adapter aux 3 biotopes (pinède, marais, zone cultivée) présents sur le domaine, en assurant une synergie et une complémentarité dans les ressources, ainsi qu'une continuité dans le paysage. L'objectif étant de créer un espace naturel paysan équilibré.

Pistes de travail privilégiées :

- Travail sur la diversification et l'allongement des rotations en système polyculture - élevage, via la mobilisation de leviers d'action agroécologiques et l'intégration de cultures de niche innovantes et de cultures fourragères

5) Caractérisation et évaluation du système de culture actuel au regard des enjeux portés par les différents acteurs

Les souhaits de Nicolas Beck sur le plan environnemental	Les attentes des acteurs du territoire
<i>Au niveau du système de culture:</i> - "Un espace naturel paysan" - Respect du cahier des charges bio - Autonomie dans les ressources : pas d'apport extérieur de fourrages au bétail - Gestion des plantes invasives via la rotation et le pastoralisme	<i>Au niveau du système de culture:</i> - Dynamisme des filières
<i>Au niveau du design paysager:</i> - Continuité dans le paysage - Maîtrise du risque incendie et inondation - Maîtrise du niveau d'eau dans le marais, et dégager des périodes à sec	<i>Au niveau de la biodiversité:</i> - Préservation des milieux naturels remarquables de Camargue (enjeux Natura 2000)

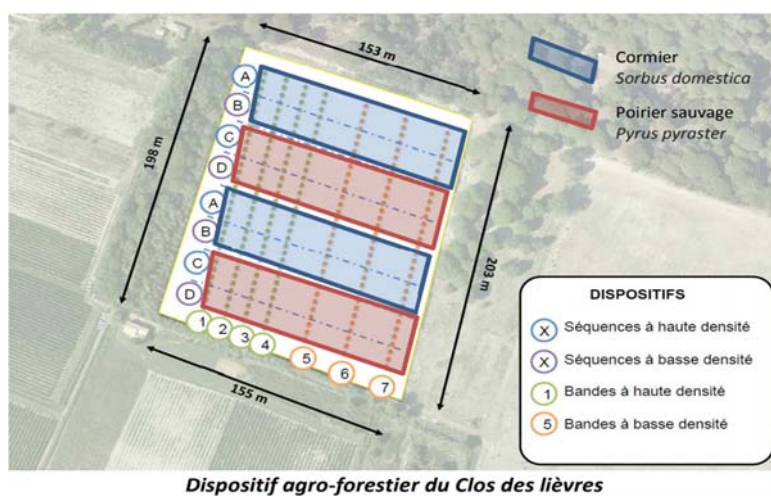
Description du système de culture actuel :

Toutes les parcelles de la mosaïque agricole (20 ha hors vigne) ont été plantées en luzerne en 2012 - 2013.

En 2016 : 4,26 ha ont été plantés en dispositif agroforestier pré-verger avec deux designs différents. L'objectif est de maximiser l'hétérogénéité des vergers pour limiter la propagation des maladies et ravageurs tout en tenant compte de contraintes techniques liées aux futures cultures qui seront implantées sur l'inter-rang.

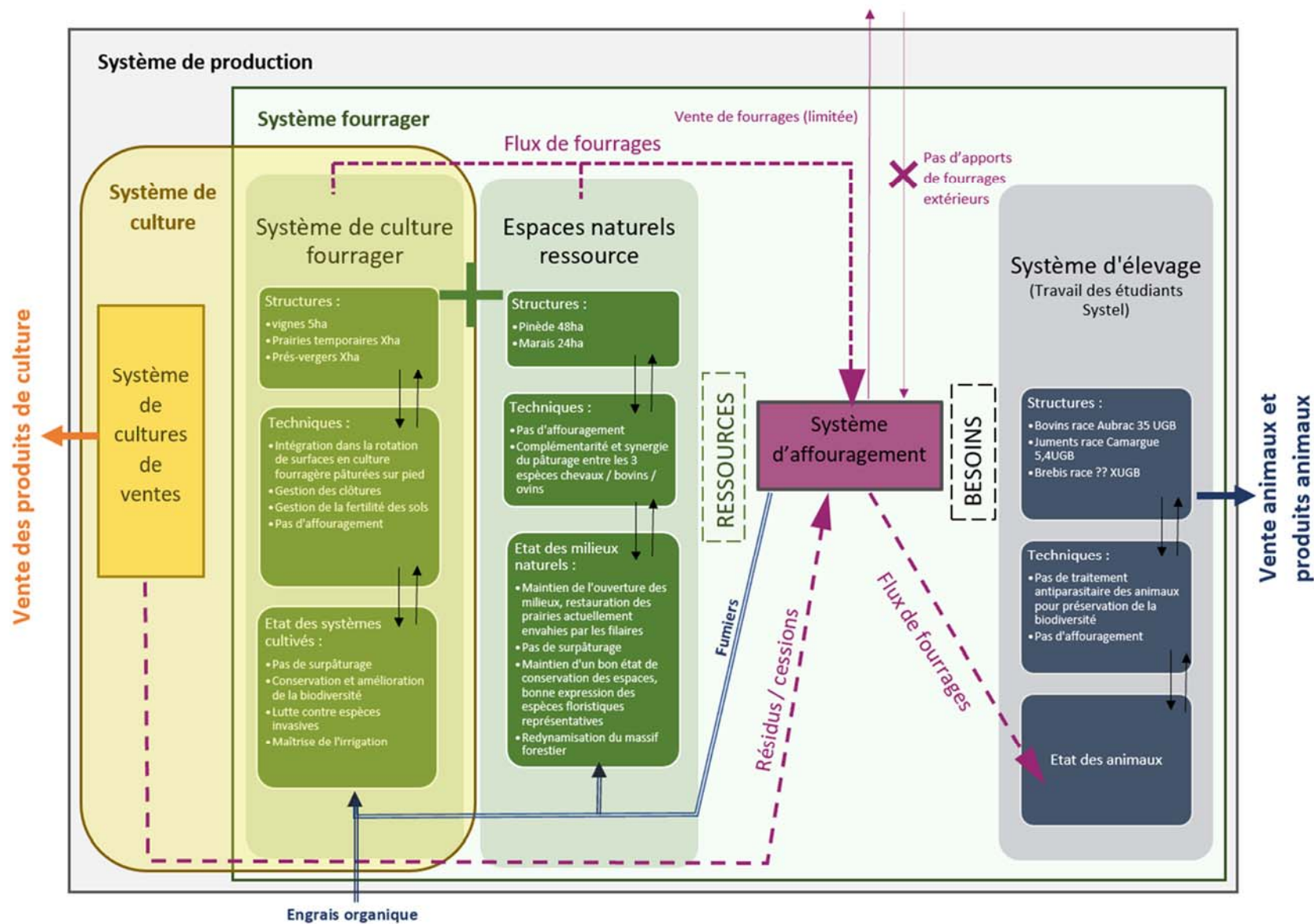


2,85 ha ont aussi été plantés en 2016 en dispositif agroforestier pour production de bois d'oeuvre



Contexte de l'exploitation : système en polyculture-élevage

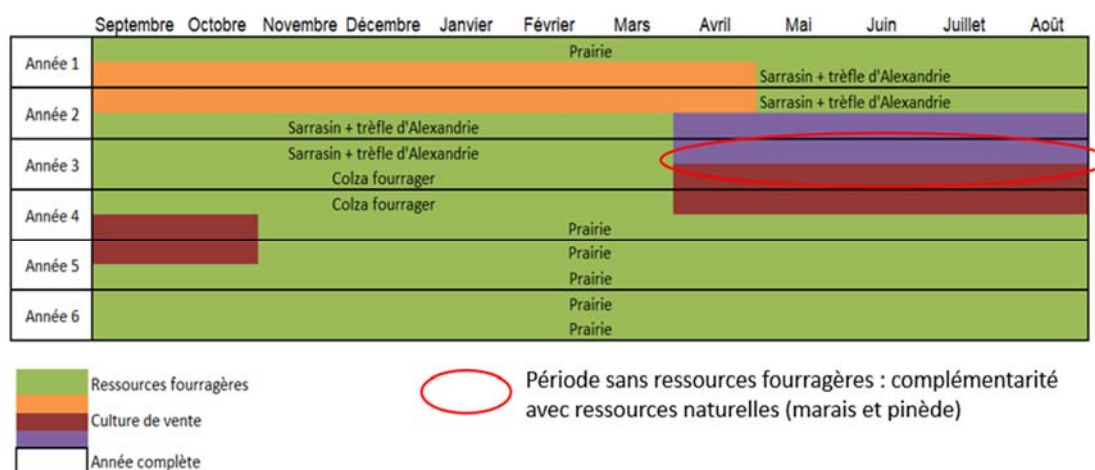
Notion clé de complémentarité entre espaces naturels et cultivés, ainsi que la complémentarité entre les espèces pâturant sur le domaine.



6) Vers un nouveau système de culture répondant aux enjeux

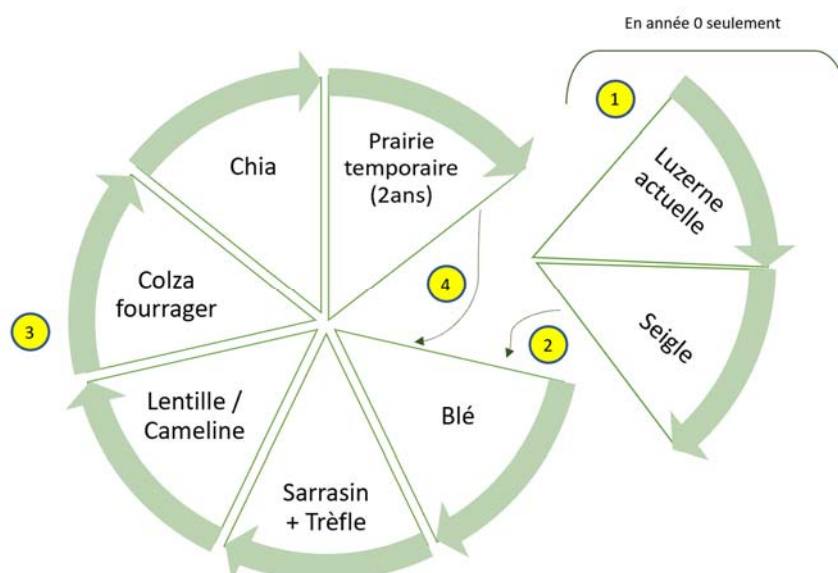
Etape 1: Inventaire non exhaustif des techniques et cultures possibles à mettre en place au domaine du PSJ

Levier 1 : Disponibilité fourragère



Un des leviers clairement identifiés dans la construction de ce système de culture innovant est la mise en place de cultures fourragères dans la rotation, pour assurer une disponibilité fourragère quasi complète. Quand elle n'est pas assurée par la rotation, on mobilise alors la complémentarité avec les espaces naturels pour permettre l'alimentation du troupeau.

Levier 2 : Réintroduction d'une rotation



- Description de la rotation

- 1^{ère} année : destruction de la luzerne déjà en place puis mise en place d'un couvert type **seigle** en début d'automne afin de « nettoyer » les parcelles ; Pour les parcelles les plus sales, le couvert est laissé deux ans, et pour les moins sales, le couvert sera laissé un an. Ce couvert sera pâturé et fauché si besoin, géré comme une prairie.
- Année 1 : Destruction du couvert via un labour à l'automne. Préparation du lit de semence.
- Semis d'une culture d'hiver **blé dur** : culture de "sécurité", culture de vente facilement valorisable dans la région. Bon effet précédent de la prairie : bon apport d'azote.
- Semis d'un couvert de **sarrasin+trèfle d'Alexandrie** sous couvert du blé au printemps au stade montaison du blé : permet une implantation et germination plus faciles due à l'humidité du couvert de blé. Quand le blé est moissonné en juin, le couvert reprend le dessus et permet une couverture du sol en été : évite l'érosion, la lixiviation, le lessivage, mélange d'espèces et de familles (Polygonacées et Fabacées) pour la gestion des bioagresseurs. Ce couvert en plus d'être mellifère, pourra être une ressource fourragère pour l'exploitation. En effet, le sarrasin ne sera pas laissé monter en graine.
- Année 2 : Destruction du couvert au printemps
- Semis d'une culture de printemps : **lentilles/cameline** qui sert de tuteur à la lentille afin de faciliter la récolte de la lentille. Forte valeur ajoutée pour la cameline : marché de niche. Les graines étant de taille différente, celles-ci sont facilement triables. Forte demande de lentille bio dans la région. Famille : Fabacées et Brassicacées
- Récolte août avec enfouissement des résidus de culture afin de restituer l'azote accumulé dans les résidus de lentilles.
- Année 3 : Semis d'un **colza fourrager** en août qui restera implanté jusqu'au printemps suivant. Servira de CIPAN (Culture intermédiaire piègeuse à Nitrate) qui sera restitué à la destruction pour la culture suivante. Pourra être pâturé également.
- Destruction du colza et préparation du lit de semence (faux semis) pour la chia
- Année 4 : Semis de la **chia** en avril : culture de niche, considéré comme un "super aliment", filière en croissance en France (société Panam, variété Oruro). Famille : Lamiacées
- Peut-être substitué par du **chanvre**. Une culture techniquement compliquée à récolter mais avec une forte valeur ajoutée et une forte valeur environnementale : structurant pour le sol via un système racinaire important, culture adapté au climat, filière ABC chanvre présente en Camargue, famille : Cannabacée. Plante "nettoyante".
- Année 5 et 6 : Récolte Chia ou chanvre en automne
- Semis d'une **prairie** : dactyle/fétuque, luzerne...

Dans tous les cas la succession des cultures a été pensée afin que les cultures d'hiver et de printemps de succèdent, que le retour des familles d'espèces dans la rotation soit respecté, et que la plupart des cultures soit en mélange afin de au mieux gérer les bioagresseurs.

Critique de la rotation : le choix du colza fourrager est critiquable car son implantation en fin d'été risque d'être compliquée car le climat ne permettra sûrement pas son implantation (période sèche jusqu'en novembre environ). Peut-être préconiser une culture d'hiver semée en novembre telle que une féverole par exemple ou de la moutarde.

Levier 3 : De nouvelles cultures introduites dans la rotation : critères de diversification

Le domaine du Petit Saint Jean souhaite diversifier autant que possible la rotation, avec un focus sur des cultures de niche pour asseoir le caractère innovant de cette “vitrine agroécologique”. Nous avons identifié différents critères de diversification utilisés comme base d'évaluation de la performance des cultures choisies pour la rotation. Ces critères nous permettent de justifier notre choix de cultures dans la rotation innovante proposée par la suite et en évaluer la pertinence au regard du cadre de contrainte du projet défini au préalable.

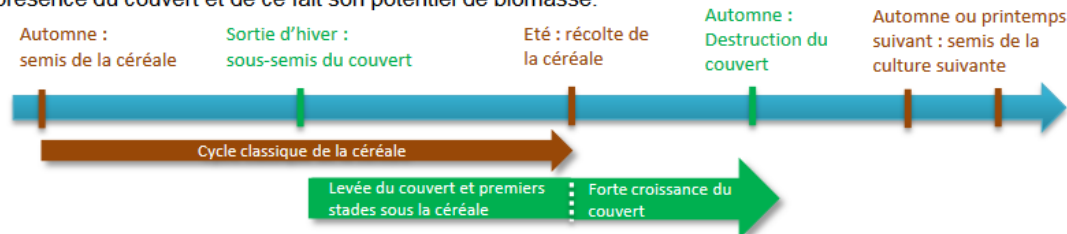
Culture	Famille botanique	Adaptation au contexte pédo-climatique local	Compatibilité avec l'agroforesterie	Valeur fourragère	Etat de la filière (si vente)	Services de régulation (stockage carbone, pollinisation...)	Services d'approvisionnement
Chia	Lamiaceae	variété ORURO à tester	dans pré-verger à voir : récolté à la même période que amandiers, figuiers, pistachiers !	nulle (culture de vente)	filière "restreinte" contacter AGROFUN	mellifère	graines (€) + résidus
Lentille + Cameline	Fabaceae + Brassicaceae	à tester (supposée bonne)	oui	nulle (culture de vente)	collecte en petit volume difficile, tri à la ferme et vente circuit court plus approprié	mellifère	lentille (€) + cameline (€ si valorisée en huile) + résidus
Seigle	Poaceae	oui, céréale rustique	oui	Bonne	<i>pâturé</i>	système racinaire fasciculé = anti-érosion	Biomasse importante (pâturage/résidu)
Sarrasin + Trèfle	Polygonaceae + Fabaceae	à tester, rusticité attendue	oui	Supposée bonne	<i>pâturé</i>	Mellifère à floraison précoce, couverture du sol	Biomasse paturable
Blé dur	Poaceae	oui	oui	nulle (culture de vente)	largement cultivé et collecté en Camargue	stockage carbone (racines + paille)	grains (€) et paille
Colza	Brassicaceae	oui	supposée	Assez bonne (à mélanger)	<i>pâturé</i>	stockage carbone, effet piège à nitrate	Biomasse paturable
Chanvre	Cannabaceae	à tester (rusticité attendue)	dans pré-verger à voir : récolté à la même période que amandiers, figuiers, pistachiers !	possible : ensilage, foin ?	filière naissante (ABC Chanvre)	stockage carbone, gestion adventices	chènevis (€) + chènevotte (€) + fibre
Prairie : Dactyle + Fétuque + Trèfle + Mélilot	Poaceae + Fabaceae	oui, espèces rustiques, la complexité du mélange peut "effacer" les hétérogénéités la parcelle	oui	Bonne	<i>pâturé</i>	stockage Carbone, plantes mellifères, gestion adventices	Biomasse paturable

Levier 4 : De nouvelles techniques à mettre en place dans les itinéraires techniques

Semis de sarrasin sous couvert de blé dur:

Le principe

Le sous-semis de couverts sous céréales consiste à implanter une légumineuse à petites graines au printemps dans une céréale en place, avant sa montaison. L'implantation peut donc se faire **fin mars à mi-avril dans une céréale d'hiver** (blé ou orge) lorsque le sol est ressuyé en tout début de montaison ou dans **une céréale de printemps de fin avril à mi-mai**. L'objectif est de faire lever le couvert dans la céréale : il va alors végéter sous la céréale tant qu'elle est en place, puis se développera dès la récolte de celle-ci. Cette technique permet d'anticiper le semis du couvert, donc de se dégager de cette charge de travail en été et d'augmenter la durée de présence du couvert et de ce fait son potentiel de biomasse.



Le respect de la période de semis vis-à-vis du stade de la céréale est essentiel : un semis **trop précoce** engendre des risques de développement trop important du couvert dans la céréale (et donc des risques de gêne à la récolte). A contrario, un **semis trop tardif** fait craindre des pertes pour la céréale par écrasement.

En **interculture longue**, avant une culture de printemps, le sous-semis permet au couvert de bénéficier au maximum des températures estivales et des pluies d'été pour se développer. On obtient ainsi des biomasses conséquentes au 15 octobre (date de destruction réglementaire d'une CIPAN).

Le sous-semis permet également le développement d'un couvert en **interculture courte** entre 2 cultures d'automne, pratique difficile à conduire dans la région avec des semis classiques de couvert après moisson.

Enfin, le sous-semis peut permettre de sécuriser l'implantation d'un **couvert permanent** dans une stratégie de semis-direct.

Itinéraire technique proposé :

Années	Interventions culturales	Outils utilisés	Densité de semis kg/ha
Année 0	Destruction luzerne (20cm)	Charrue 3 corps portée	
	Préparation lit de semence	Cultivateur 4.5m	
	Semis seigle	Semoir à céréales mécanique 6m	25
Année 1	Destruction seigle	Charrue 3 corps portée	
	Faux semis	Cultivateur 4.5m	
	Faux semis	Vibroculteur 6m	
	Semis blé dur	Semoir à céréales mécanique 6m	140
	Semis sarrasin+trèfle	Semoir à céréales mécanique 6m	19 + 7
Année 2	Récolte blé dur	Moissonneuse batteuse 6m	
	Destruction sarrasin + trèfle	Déchaumeur à dents + disque 6m	
	Semis lentille/cameline	Semoir à céréales mécanique 6m	20 + 3
Année 3	Récolte lentille/cameline	Moissonneuse batteuse 6m	
	Semis colza fourrager	Semoir à céréales mécanique 6m	6
	Destruction colza fourrager	Déchaumeur à dents + disque 6m	
	Faux semis	Cultivateur 4.5m	
	Faux semis	Vibroculteur 6m	
Année 4	Semis chia	Semoir à céréales mécanique 6m	4
	Récolte chia	Moissonneuse batteuse 6m	
	Semis prairie	Semoir à céréales mécanique 6m	30
Année 5 et 6	Destruction prairie	Charrue 3 corps portée	

Etape 2: La reconception : vers un nouveau système de culture, conceptualisation du système de culture : agrosystème et ses interactions avec le système technique

- Les attendus : territoriales et objectifs de l'agriculteur

Le projet mené au domaine du Petit Saint Jean est un projet de grande ampleur qui porte la grande ambition de conjuguer agriculture et conservation de la nature.

Objectifs à atteindre	Moyens mobilisés	Points de vigilance
Rentabilité / viabilité	Diversification : élevage associé à des cultures fourragères et de rente	Temps de travail : vigne + élevage + cultures
Equilibre de l'EA via la synergie et complémentarité entre les 3 biotopes	Déplacement des animaux en fonction de la disponibilité de la ressource	Temps de travail lié à la mise en place de clôtures mobiles électrifiées
Respecter le cahier des charges bio	semences AB, absence de produit phytosanitaire de synthèse	
Réintroduction des animaux pour restitution de la MO	Parcage des animaux avec clôtures	Répartition spatiale des déjections hétérogène
Diversification des ateliers	présence d'un troupeau d'ovins à l'année et cultures diversifiées (céréales, prairies)	Temps de travail et matériel ?
Complémentarité entre 3 espèces (vaches, chevaux, brebis) pour l'utilisation des ressources pâturées et gestion des plantes invasives	Connaissance des milieux et des habitudes alimentaires des animaux et parcage	Gestion de la ressource afin d'éviter un déficit en période à faible disponibilité de la ressource

Schéma conceptuel du système innovant



Analyse fonctionnelle du modèle conceptuel

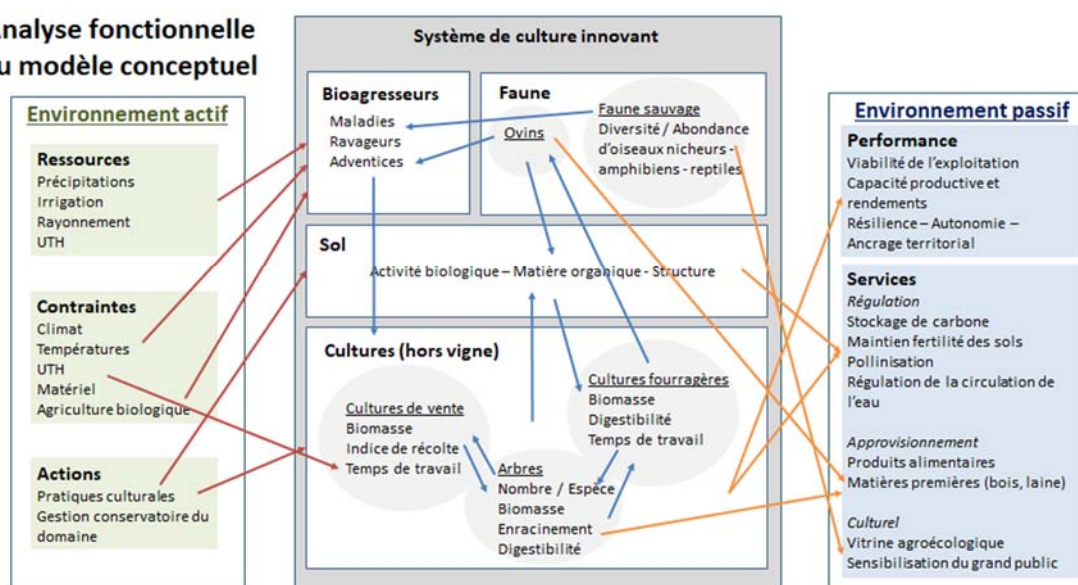
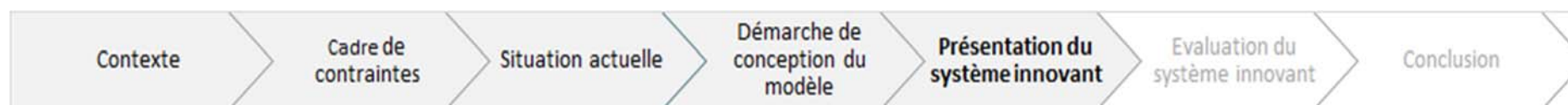
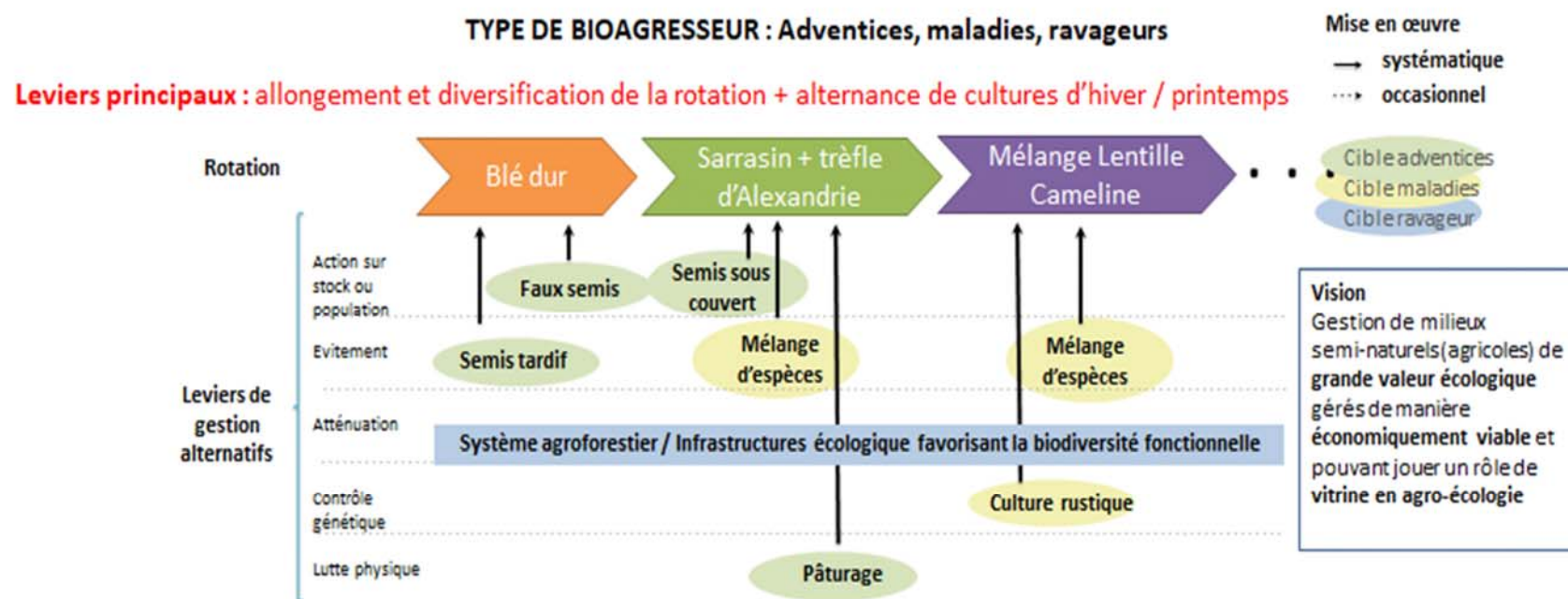
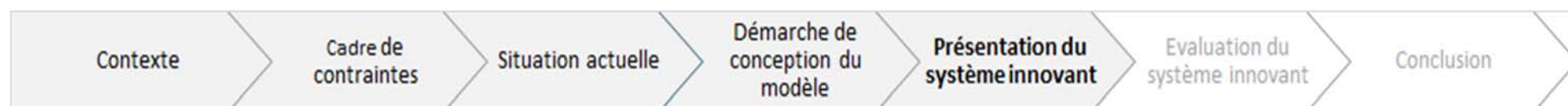


Schéma décisionnel présentant le système de culture



Système de culture innovant au Domaine du Petit Saint Jean

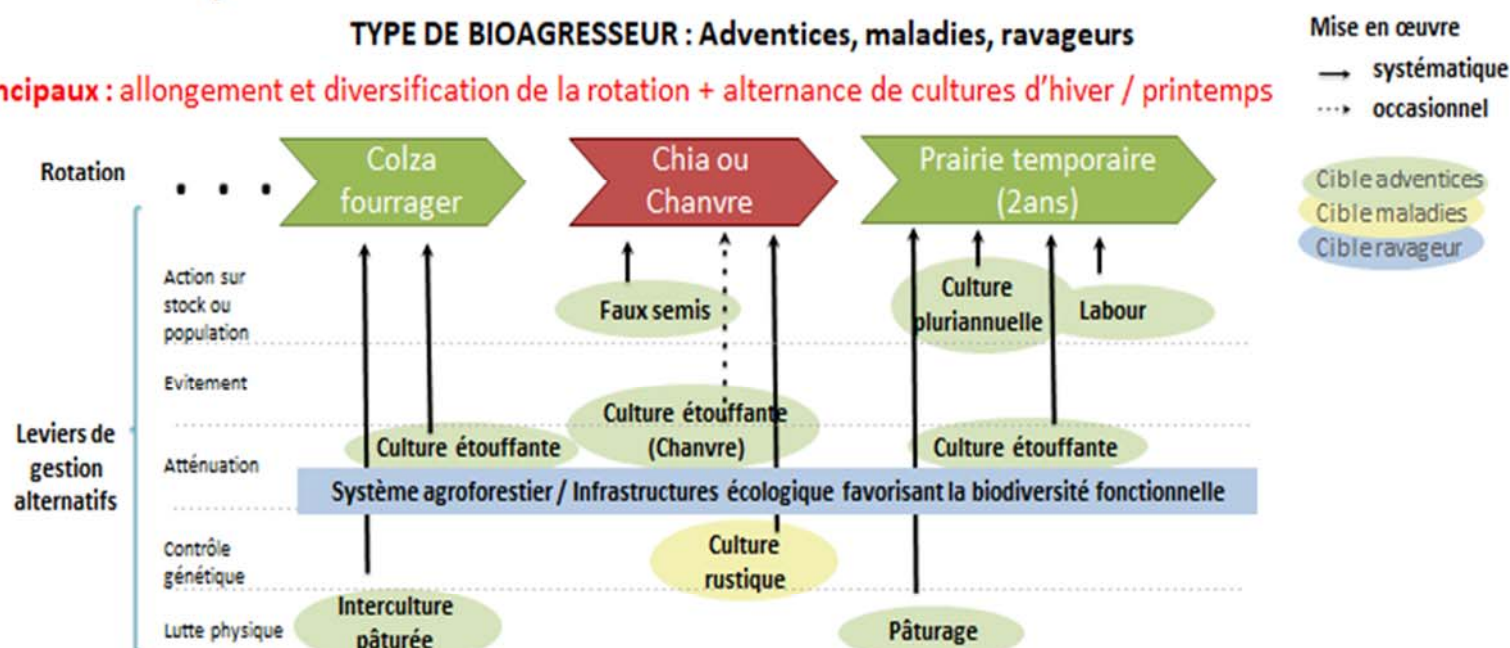




Système de culture innovant au Domaine du Petit Saint Jean

TYPE DE BIOAGRESSEUR : Adventices, maladies, ravageurs

Leviers principaux : allongement et diversification de la rotation + alternance de cultures d'hiver / printemps



→ Résultats attendus en termes sanitaires

Système de culture répondant aux cahier des charges de l'agriculture biologique, à objectif zéro traitement
Mobilisation de leviers agroécologiques pour casser le cycle des bioagresseurs

→ Résultats attendus en termes de production

Production de fourrages en complément de la ressource naturelle disponible pour assurer une autonomie fourragère à 100%
Production de cultures de ventes à caractère innovant : viser des marchés de niche

→ Résultats attendus en termes environnementaux

Préservation des ressource et de l'état de conservation du milieu
Gestion des plantes invasives

7) Evaluation quantitative et qualitative des performances du nouveau système

A) Bilan humique

Les matières organiques jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement d'un sol. À la fois habitat et ressource énergétique pour la faune et les micro-organismes du sol, les matières organiques constituent une source d'éléments nutritifs pour la plante via une capacité d'échange cationique élevée. Les matières organiques ont également un grand rôle dans la structure du sol en contribuant à la formation d'agrégats et de porosités, permettant à la fois l'infiltration (micro-porosités) et la rétention d'eau (macro-porosités).

Un bilan des matières organiques à l'échelle du système proposé (rotation de 6 ans) permet, via le calcul des sorties (minéralisation) et des entrées (humification des résidus), permet d'estimer l'évolution du taux de matières organiques et donc d'apprécier la durabilité du système proposé.

Le bilan humique a été calculé avec la méthode d'Hénin Dupuis. Il permet d'estimer au mieux l'apport ou les pertes de matières organiques au sein de la rotation. La quantité initiale de matière organique est calculée grâce à l'équation suivante :

$QMO = 10000 \times \text{taux de MO} \times \text{densité apparente} \times \text{profondeur de travail du sol}$

Elle est donc ici égale à 58.5 T/ha.

Le coefficient de minéralisation pour chaque année est de :

$K2 = 0.015$

D'après le tableau de calculs ci dessous, après 6 ans de rotation sans aucun apport extérieur de MO, nous arrivons à une quantité de 59,54 T/ha. Nous avons donc gagné environ 1 tonnes de MO. Etant donné que les calculs et ainsi que les objectifs de rendement sont des approximations, nous pouvons en conclure que le bilan est nul. Cela est donc positif pour la viabilité de ce système car il ne perd pas de matière organique. De plus, les restitutions animales ne sont pas prises en compte ce qui pourrait augmenter fortement le taux de MO apporté.

Années	Cultures	Rendement	Biomasse	K1	Qté moyenne de MS apportée au sol (kg/ha)	Apport de MO stable (kg/ha)	Perte par minéralisation	Apport-perte	Stock MO dans le système
Année 0	Luzernière destruction		Totale	0,17	4000	680	877,5	-197,5	58302,5
	Seigle	5 T/ha	Aérienne	0,05	4000	200	874,5375	150	58452,5
			Racines + chaumes	0,15	1000	150			

D) Bilan hydrique

	ETc (mm)	Apport via Pluie
Blé dur	405	97%
Sarrasin + Trèfle	602	82%
Lentille + Cameline	321	45%
Colza	276	127%
Chia	300	71%
Prairie	545	69%
Prairie	557	94%
Prairie	588	89%

Le bilan hydrique prévisionnel, calculé via la méthode de la FAO (Allen, 1998) et les équations de Penman-Monteith, nous indique que les besoins en eau du blé dur, du mélange sarrasin-trèfle, du colza et de la prairie devraient être globalement satisfaits par les précipitations. Cependant, ce ne sera peut-être pas le cas du mélange lentille-cameline et de la chia. Bien que les données pour ces cultures soient largement estimées (car pas ou peu de références disponibles), une partie de leur cycle se déroule en été, période relativement sèche en Camargue (65 mm en moyenne entre juin et août). S'agissant de cultures qui ont été intégrées à la rotation pour la vente, la réussite de ces cultures dépendra d'un accès à l'eau et de la possibilité d'irriguer pour sauver le rendement dans le cas d'une année particulièrement sèche. De part cette dépendance au climat, on peut considérer la faisabilité par rapport à la ressource en eau un peu faible, mais il resterait à tester en conditions réelles les besoins en eau de ces cultures, en particulier si l'on vise des rendements plus modestes.

E) Viabilité du système - analyse économique

La viabilité du système est également évaluée via la répartition des temps de travaux. Nous avons donc calculé les pics de temps de travaux sur les 6 ans de rotation. Ces temps prennent en compte le débit de chantier de chaque matériel/outil utilisés. Cependant, les travaux de tri après récolte (pour la lentille cameline par exemple) n'ont pas été pris en compte car le domaine du Petit St Jean ne sait pas encore si ces récoltes vont être valorisées à la ferme ou pas.

Ci dessous, le graphique des pics de temps de travaux montre des pics surtout localisés en septembre (dus à la destruction de la prairie notamment ou au faux semis). Il faudra donc être vigilant vis à vis des activités des autres ateliers telles que les vendanges qui se situent au même moment. Cependant, ces chiffres sont à relativiser car le pic le plus atteint seulement 15 heures de travail.

Concernant l'analyse économique, nous pouvons observer grâce au tableaux ci dessous, que toutes les marges brutes sont positives hormis celle de l'année 6 où il n'y a que des prairies et donc aucune culture de vente. Cette année là sera compensée par les ateliers de la vigne et de l'élevage. En effet, l'analyse économique se concentre principalement sur l'atelier grandes cultures. Les chiffres sont également à critiquer car il y a aussi des approximations qui ont été faites. En effet, les rendements ont été tirés de la littérature en agriculture biologique mais ce ne sont que des moyennes. Il faudra adapter ces données au fil des années. De plus, nous avons eu un gros manque de données sur le prix de la semence de la Chia qui est encore très peu cultivée en France. Dans tous les cas on observe des marges brutes très intéressantes pour la lentille et la cameline.

Années	Interventions culturales	Nombre ha	Temps de travail réel en h	Densité de semis kg/ha	Objectif rendement	Coût semence €/ha	Total coût €/ha	Prix de vente €/T	Prix de vente €/ha	Marge brute €/ha
Année 0	Destruction luzerne (20cm)	16	27				156			
	Préparation lit de semence	16	9							
Année 1	Semis seigle	16	5	25	-	50				
	Destruction seigle	16	12							-156
	Faux semis	8	4				339			
	Faux semis	8	2							
	Semis blé dur	8	2	140	20 q/ha	100		360	720	381
	Semis sarrasin+trèfle	8	2	19 + 7	-	85				
	Récolte blé dur	8	4							
Année 2	Destruction sarrasin+trèfle	8	2							
	Semis lentille/cameline	8	2	20 + 3	1000 + 600 kg/h.	45 + 25	155	2000 + 1000	2600	2445
	Récolte lentille/cameline	8	4							
Année 3	Semis colza fourrager	8	2	6	-	25	65		0	-65
	Destruction colza fourrager	8	2							
	Faux semis	8	4				174			
	Faux semis	8	2							
	Semis chia	8	2	4	600 kg/ha	60		1700	1020	846
Année 4	Récolte chia	8	4							
	Semis prairie	8	2	30	-	200	215		0	-215
Année 5 et 6	Destruction prairie	8	13				39		0	-39
	TOTAL			110						2267

Bibliographie

Benoît M., Moronval J.-R., 2018. *Le système de culture : concept d'agronome, objet opérationnel de décideur*. Dijon : Educagri éditions, 255 p.

CEN L-R (coord.), 2017. *Terres pastorales. Diversité et valeur des milieux ouverts méditerranéens*. Ouvrage réalisé dans le cadre du LIFE+ Mil'Ouv. Co-édition CEN L-R / Rouergue, 160 p.

Chazel L., Chazel M., 2013. *Camargue : un écosystème entre terre et eau*. Versailles : Editions Quae, 193 p.

Combe L., Picard D., 1990. *Un point sur les systèmes de culture*. Paris: INRA, 196 p.

Goust J., 2017. *Arbres fourragers : de l'élevage paysan au respect de l'environnement*. Escalquens : Editions de Terran, 220 p.

Hollard H., Joliet B., Favé M.-C., 2012. *L'agroécologie : cultivons la vie*. Paris : Sang de la terre, 255 p.

Jouven M. (dir) , 2016. *L'agroécologie, du nouveau pour le pastoralisme ?* Pastum hors série. Association Française de Pastoralisme et Cardère éditeur, 106 p.

Le Clanche X., 2015. *Construction d'une démarche de gestion collective de l'eau dans le cadre de la lutte contre la salinité en Camargue Gardoise : cas du mas Le Pive*. Mémoire de fin d'études, Gestion de l'Eau, des Milieux cultivés et de l'Environnement. Montpellier : Montpellier SupAgro, 91 p.

Pluinage J. (dir.), 2014. *Espaces pastoraux, espaces de production agricoles*. Pastum hors-série. Association Française de Pastoralisme et Cardère éditeur, 108 p.

Pousset J., 2014. *Assolements et rotations : choisir, répartir, ordonner et associer les cultures*. Paris : Editions France Agricole, 359 p.

Schaub A., Toupet A.L., Deytieux V., Toqué C., Petit M.S., Cadoux S., Minette S., Vivier C., Geloën, M., Massot P., Fonteny C., & Reau R. (2016). *Décrire un système de culture expérimenté, pour aider à son pilotage, faciliter son analyse et communiquer*. Guide méthodologique du réseau expérimental du Réseau Mixte Technologique « Systèmes de culture innovants », Mai 2016, 68 p.

Solagro, 2016. *Afterres 2050 : le scénario Afterres2050 version 2016*. Association Solagro, 100p.

Tour du Valat, Plan de gestion du domaine du Petit Saint Jean. Volume 2: Gestion du domaine 2018 - 2023

Webographie

Arvalis Institut du végétal (sans date). "Fiches techniques Seigle forestier", sur le site Arvalis info. Consulté le 16 décembre 2019. Disponible sur internet : http://www.fiches.arvalis-infos.fr/couverts/fiche_couvert.php?mode=fc&type_couv=pures&id_couvert=153

Arvalis, Choisir et Décider (2019). "Préconisations régionales campagne 2018-2019, région méditerranée", sur le site Arvalis info. Consulté le 8 janvier 2020. Disponible sur internet : https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/bd/c7/86/df/choisir1_bledur_mediterranee_5472870133333787930.pdf

Chambre d'agriculture de la Haute Marne (2018). Article n°2525 "Avenir agricole et rural de la Haute Marne", sur le site de la chambre d'agriculture de Haute Marne. Consulté le 7 janvier 2020. Disponible sur internet : https://haute-marne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Grand-Est/048_Inst-Haute-Marne/FICHIERS52/Telechargements/Bareme_dentraide/BE_Dechaumage.pdf

Chambre d'agriculture de Lorraine (2014). « Anticiper le semis des légumineuses par le sous semis », sur le site agriculture de conservation. Consulté le 5 décembre 2019. Disponible sur internet : <https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/semis-direct-legumineuses.pdf>

Chambre d'agriculture de Normandie (sans date). "Autonomie et protéines, des coûts et des débits propres à chaque technique de rénovation", sur le site de la chambre d'agriculture de Normandie. Consulté le 7 janvier 2020. Disponible sur internet : http://www.chambre-agriculture-normandie.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Normandie/alimauto-cout-par-technique-de-renovation.pdf

Chenuz, Nicolas (2013). « Fiche technique cameline Agridea », sur le site bioaktuell. Consulté le 12 décembre 2019. Disponible sur internet : https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/bafr/production-vegetale/grandes-cultures/FT_cameline_AGRIDEA_2013.pdf

Christian Charbonnier, Agriculture biologique : fumier d'ovins - caprins et compost, 2012, CA04, disponible sur internet : <https://paca.chambres-agriculture.fr/nos-publications/la-publication-en-detail/actualites/agriculture-biologique-fumier-dovins-caprins-et-compost/>

GNIS (sans date). "Choix des espèces et variétés fourragères", sur le site prairies GNIS. Consulté le 8 janvier 2020. Disponible sur internet : <http://www.prairies-gnis.org/pages/colzafour2.htm>

Jochems, L., J. Boisclair, S. Chaussé, T. Boislard, L. Belzile et M. Grenier (2018), IRDA Le chia : Une nouvelle culture pour la production biologique au Québec. Disponible sur internet : <https://www.agrireseau.net/documents/96671/potentiel-de-la-culture-du-chia-au-quebec?r=CHIA>

Pousset, Joseph (2008). « Fiches techniques culture cameline » de l'ITAB dans Agriculture nouvelle [livre], sur le site itab.asso. Consulté le 12 décembre 2019. Disponible sur internet : http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/cameline-web.pdf

Renaux, Katy (2018). « Livret fiches cultures innovantes », sur le site aube.chambre_agriculture. Consulté le 27 novembre 2019. Disponible sur internet : https://aube.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Grand-Est/046_Inst_Aube/Interface/RUB_techniques_et_innovation/Cultures/LIVRET_FICHES_CULTURES.pdf

Terres Univia (sans date). « Conseils techniques de la culture de lentille », sur le site terresunivia. Consulté le 27 novembre 2019. Disponible sur internet : <http://www.terresunivia.fr/sites/default/files/articles/cultures/lentille/01-ANILS%20Itineraire%20Technique%20Lentille.pdf>

Tour du Valat (2012). *Le domaine du Petit Saint Jean, conjuguer agriculture innovante et conservation de la nature en Camargue*. Disponible sur internet : <https://tourduvalat.org/actions/petit-saint-jean/> [consulté le 27/09/2019]

Vankomper P., APCA, Chambre d'Agriculture de France, (2018). "Coûts des opérations culturales 2018 des matériels agricoles", sur le site la chambre d'agriculture. Consulté le 7 janvier 2020. Disponible sur internet : https://chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/002_inst-site-chambres/actu/2018/COC_agroequiement_2018_VF.pdf

Zúñiga Sáez, H. (2014). *Monografía: Biología de la chía (Salvia hispánica L.)*. Disponible sur internet : <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/148778>