Conception d’une rotation incluant une légumineuse à graines en AgriPV

CAUDRELIER Elisa, CHEYROU Julia, SEBAL Bastien

Contexte

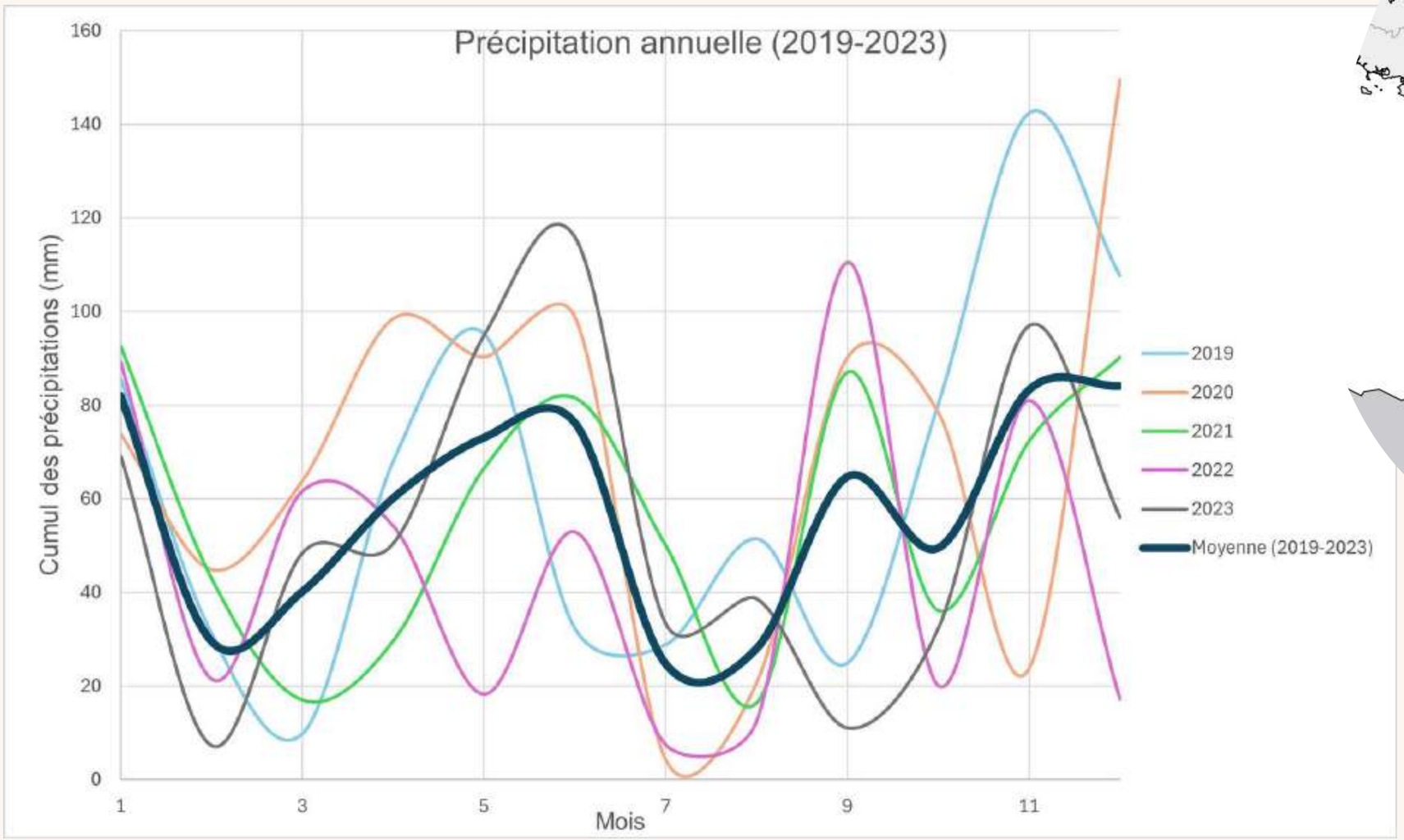
Synerdev : entreprise spécialisée dans le développement de projets d'énergies renouvelables, dont agrivoltaïques

- projet : expérimentation sur centrales photovoltaïques à disposition

Agrivoltaïsme : besoin d'essais

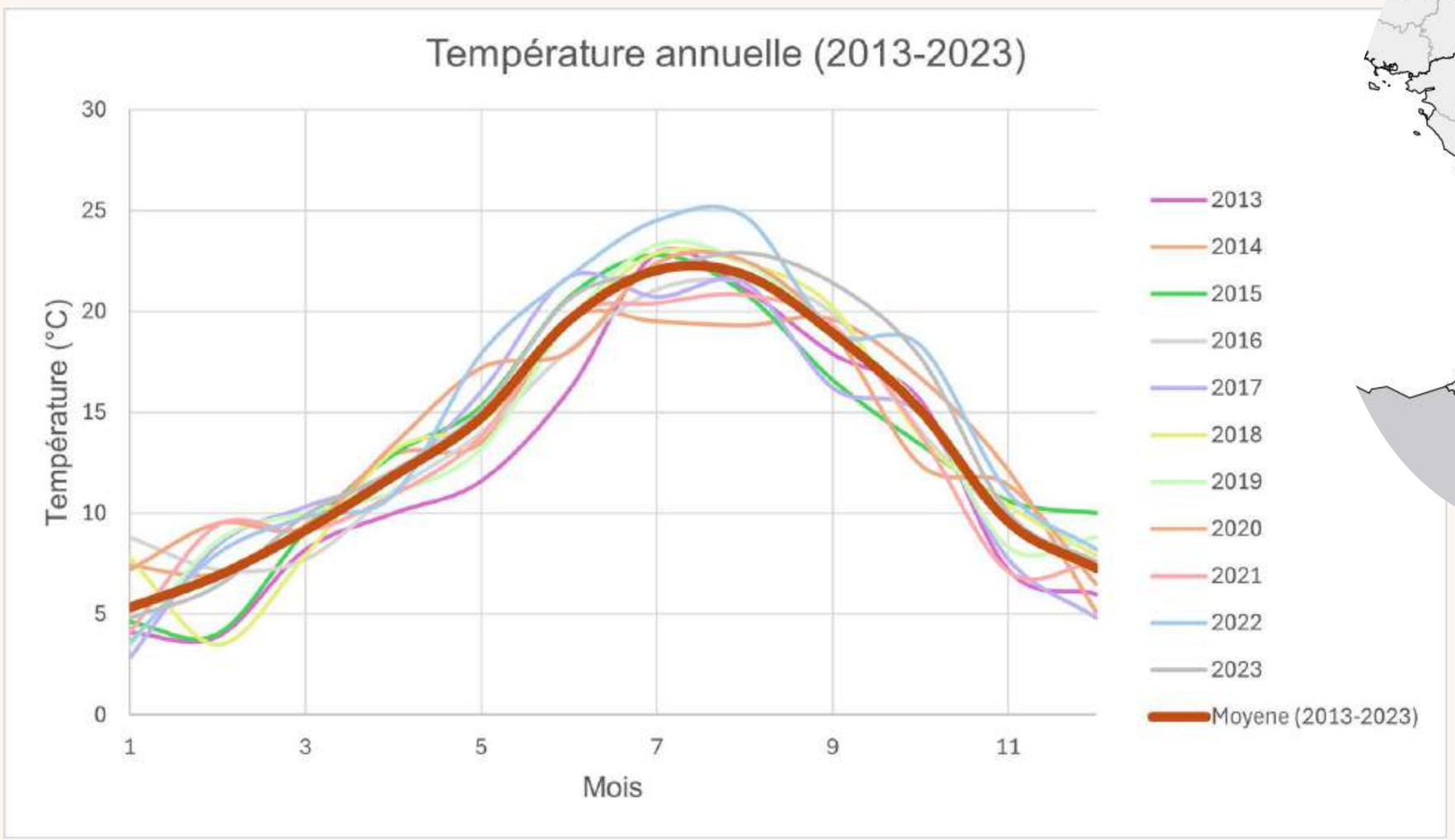
Manque de recul sur l'impact des panneaux PV sur les productions agricoles

Contexte



Station Montesquieu Lauragais - météo-France

Contexte



Station Saint-Félix Lauragais météo-France

Problématique

Quelle légumineuse à graines est la plus adaptée en culture d'inter-rangs dans une parcelle avec panneaux PV ?
Quelle rotation est la plus adaptée ?

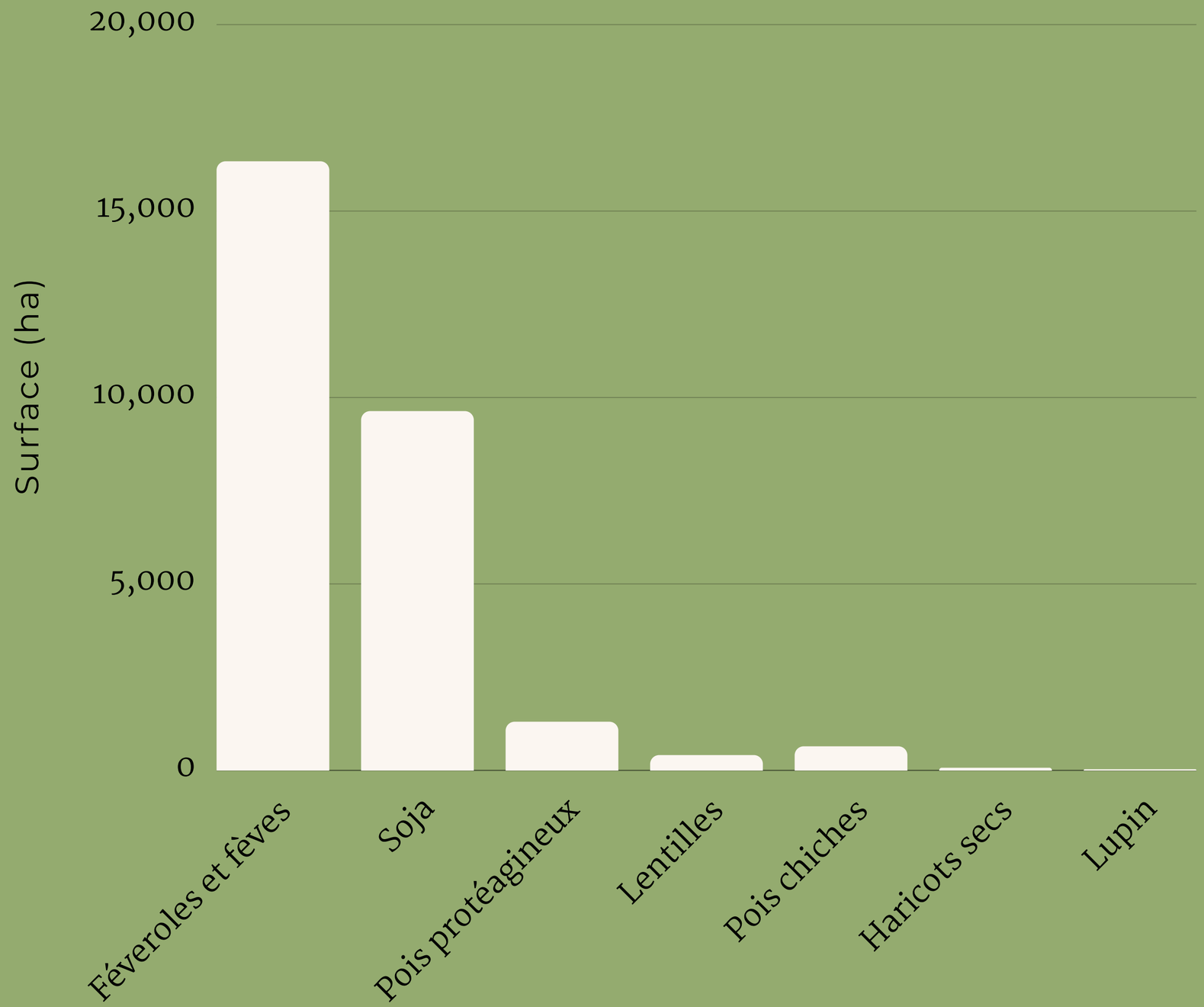
Contexte – légumineuses

Diversification : réduire l'importation de matières riches en protéines (soja)

Autonomie alimentaire des élevages (soja, féverole, luzerne, etc.)

Renforcement de l'offre : Offre déficitaire en légumes secs en France

"La logistique des légumineuses en France : enjeux et perspectives" (2022, Agreste)



Superficie des légumineuses à graines en Haute Garonne en 2022

Statistique agricole annuelle par département : séries 2010 - 2022 (Agreste, 2022)

Cadre de contraintes

Cadre de contraintes

Panneaux

Inter-panneaux étroit

Panneaux bas

Ombre quasi permanente en hiver

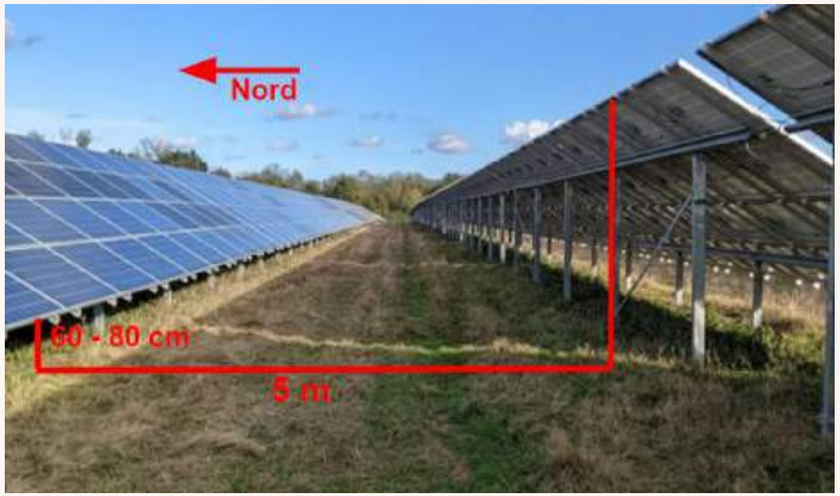
Câbles à 31 cm de profondeur

Micro-climat

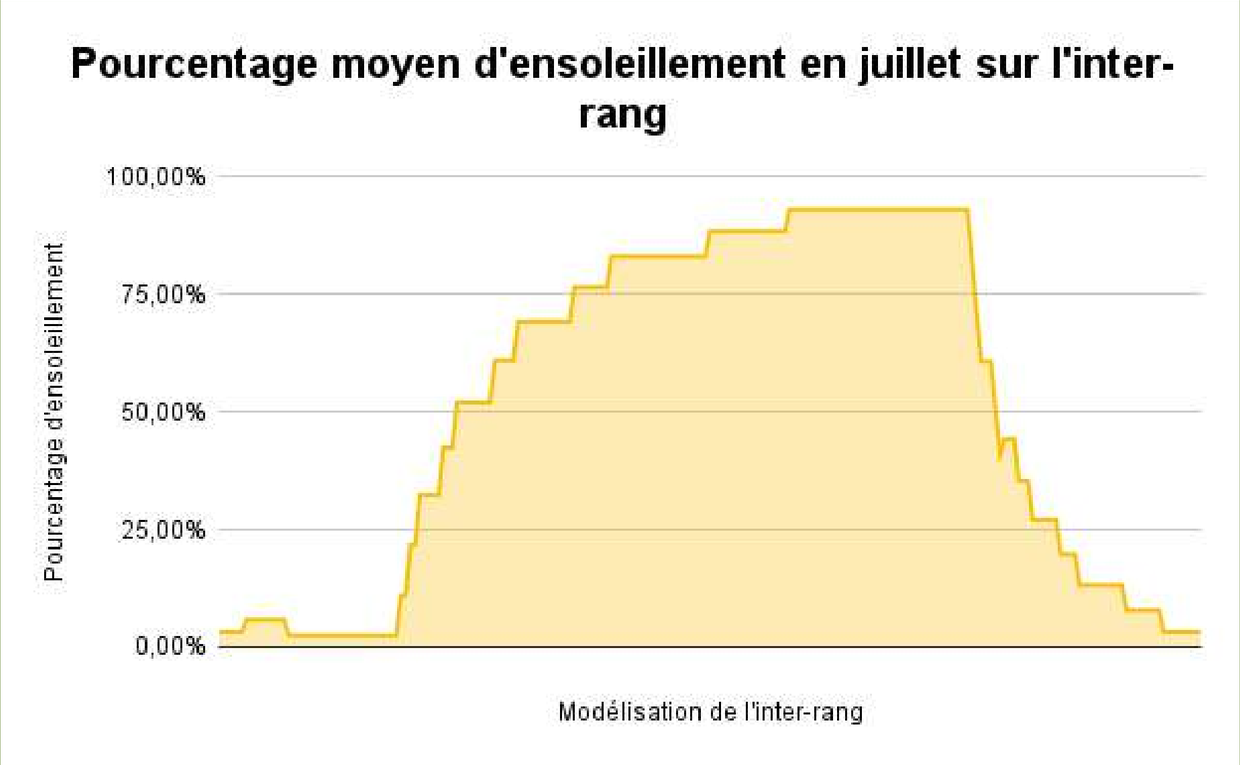
Diminution des différences de température

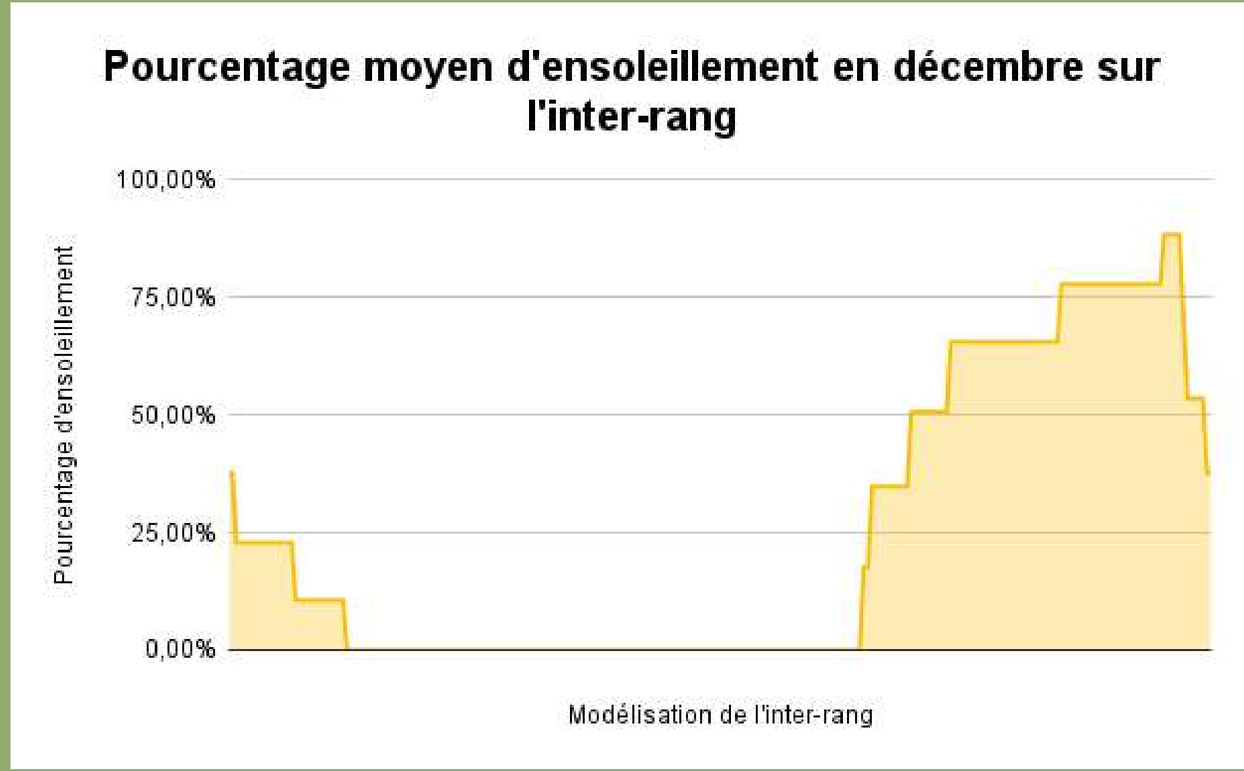
Augmentation de l’hygrométrie

Diminution de l’ensoleillement



Cadre de contraintes





Cadre de contraintes

Sol et climat

Limoneux battant : sol séchant

Peu profond (marne imperméable à 40 cm)

Réserve utile faible (40 à 60 mm)

Hydromorphe : problème pour la nodulation des légumineuses !

Faible MO, pH 6,7

Sécheresse estivale

Pratiques

Sans labour : Techniques culturales simplifiées

Pas de produits phytosanitaires

Matériel adapté pour les cultures (sauf coupe de la batteuse et épandeur à engrais)

Zone vulnérable nitrate

Possibilité de pâturage

Prairie

8 ans

Adventices : chiendents, dactyles, fétuques, chardons, orties, ronces

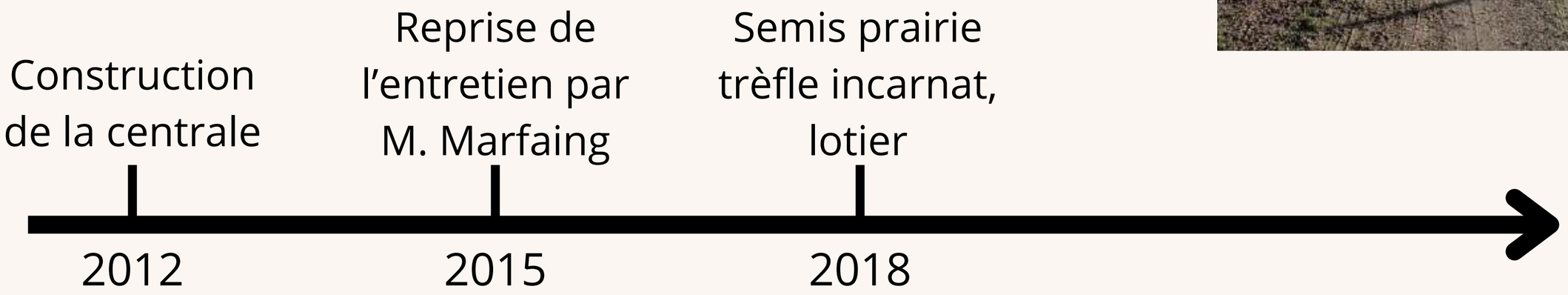
Analyse de la situation de départ

Centrale de 22 ha

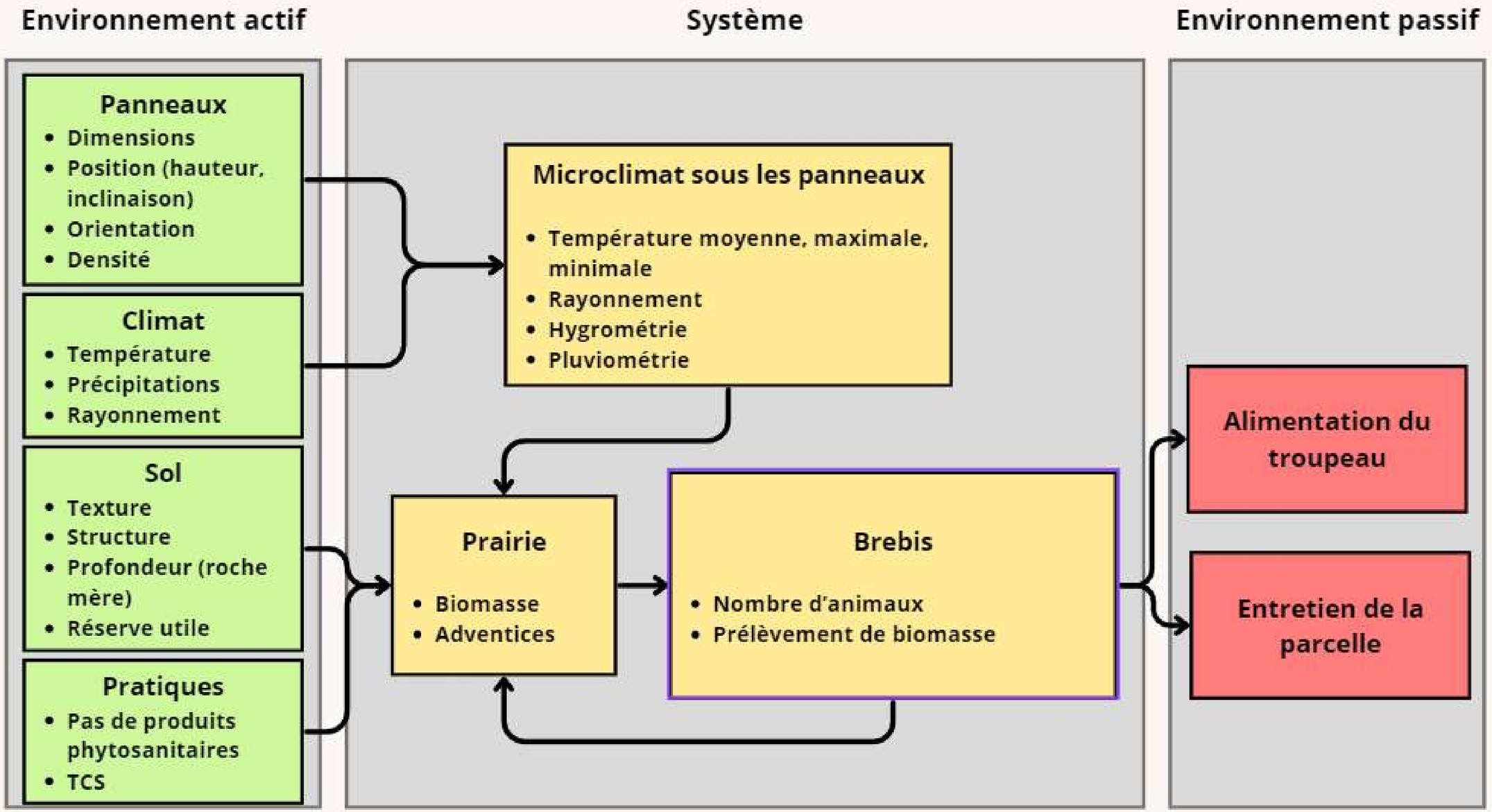
Exploitée et entretenue par M. Marfaing :
- Troupeau transhumant de 400 brebis
- Maïs semence irrigué
- Soja irrigué

Prairie de graminée pâturée en automne et printemps

Entretien mécanique sous les panneaux



Modèle conceptuel initial



Démarche suivie pour la conception du système innovant

Itinéraire technique et cultural pour **détruire et nettoyer la prairie** en place (étouffer les adventices)

Choix des espèces de légumineuses **adaptées aux contraintes de sol** (texture, hydromorphie) et des variétés **adaptées aux panneaux photovoltaïques**

Elaboration d'une rotation **adaptée à la culture des légumineuses** (temps de retour, espèces)

Choix des espèces et de l'itinéraire technique pour **enrichir le sol en MO et nutriments** et **contrôler les adventices**

Destruction et nettoyage de la prairie

Destruction de la prairie

Objectifs :

- Retourner et détruire la prairie en place depuis 7 ans
- Réaliser l’opération dès que possible en 2024 pour commencer le projet au plus tôt

Contraintes de destruction :

- Pas d’utilisation de glyphosate
- Limite de travail à 20-25 cm de profondeur
- Utiliser le matériel présent sur l’exploitation (dans la mesure
- du possible)

	15-mars	22-mars	15-avr	21-avr	29-avr	05-mai	07-mai	Note efficacité
Glyphosate	Pulvérisation 1350 g m.a./ha				Canadien (15 cm)	Herse rotative (8 cm)	Semis maïs	***
Labour		Canadien (15 cm)			Labour (22 cm)			***
Rotavator			Rotavator (4 cm)		Canadien (15 cm)	Herse rotative (x 2) (8 cm)		**
Déchaumeur à dents avec ailettes			Déchaumeur (5 cm)	Herse rotative (8 cm)		Herse rotative (8 cm)		**
Dynadrive			Dynadrive (x 2) (5 cm)	Dynadrive (x 2) (5 cm)		Herse rotative (x 2) (8 cm)		**
Déchaumeur à disques indépendants			Déchaumeur (9 cm)	Déchaumeur (9 cm)				*

Projet PRAIGLY - Arvalis, AFPF

Nettoyage de la prairie

Objectif :

- Etouffer la repousse des adventices présentes dans la prairie avec une culture après le retournement
- Déterminer la culture étouffante la plus adaptée dans notre contexte

Contraintes :

- Date de semis et longueur du cycle adaptées à la destruction de la prairie
- Dispositif photovoltaïque limite la hauteur
- Conditions pédoclimatiques (hydromorphie temporaire, stress hydrique)

Culture	Décision	Explication
Avoine de printemps		Semis de printemps problématique (janvier)
Orge de printemps		Semis de printemps problématique (janvier)
Sarrasin		Bon pouvoir étouffant, supporte la sécheresse et les sols pauvres
Chanvre		Trop haut (3m)
Moutarde		Sensible au stress hydrique
Seigle		Trop haut (1.5 - 2m)
Colza		Besoins en eau élevés

Culture nettoyante et etouffante dans la rotation - Ecophytopic

Choix de la légumineuse

Objectifs

- **Objectif initial** : Déterminer qu'elles sont les légumineuses les + adaptées en PV

→

- Tolérance à l'ombre
- Tolérance à l'hydromorphie

- **Objectif final** : Déterminer qu'elles sont les légumineuses les + adaptées dans notre contexte

→

- Hauteur de la culture
- Résistance aux maladies
- Type de sol
- Besoin (irrigation, tuteurs)
- Date de semis et de récolte
- Présence de la bactérie symbiotique

Légumineuses	**Décision**	**Explication**
Soja		Besoin d’irrigation
Féverole		Trop haut (~1m40)
Lentille		Valorise les sols peu profonds à faible RU Bactérie symbiotique présente
Pois d’hiver et de printemps		Date de semis problématique (Novembre-Janvier)
Pois chiche		Supporte mieux les fins de cycle chauds et secs que les autres légumineuses Résistant à la verse Bactérie symbiotique présente
Haricot sec		Très peu de données (bactérie symbiotique), matériel spécifique nécessaire
Lupin		Autoconsommation essentiellement : Pas intéressant pour l’agriculteur

"Guide de culture : Féveroles 2022" (Terres Inovia, 2022) - Arvalis - Chambre d’Agriculture d’Occitanie

Légumineuses finales

Avantages		Inconvénients
Pois chiche		
• Peu sensible à la verse • Hauteur 30-90 • Très résistante à l'Aphanomyces • Supporte mieux les fins de cycle chauds et secs	• Incertitude : Bactérie symbiose présente dans le département excepté dans les sols acides ou sableux (Terres Inovia)	
Lentille		
• Valorise les sols peu profonds à faible RU	• Incertitude : Bactérie symbiose présente dans le département excepté dans les sols acides ou sableux (Terres Inovia)	• Sensible à l'Aphanomyces • Sensible à la sécheresse hydrique de fin de cycle

"Guide de culture : Pois chiche", "Guide de culture : Lentille", (Arvalis, 2022)

Choix des variétés

Hypothèses :
- Tolérance à la verse
- Précocité (allongement du cycle via PV)

Essai :
- 4 variétés (précocité - verse)
- 1 variété optimale (tolérante à la verse, précoce et bon rendement)

Pois chiche : test uniquement sur la précocité →

Variété précoce : CDC Orion
Variété mi-précoce : Flamenco
Variété mi-tardive : Rondo
Variété tardive : Lambada

→ Tolérantes à la verse
Rendement moyen à bon

Variété optimale : Analisto

Lentille : test de précocité et de verse →

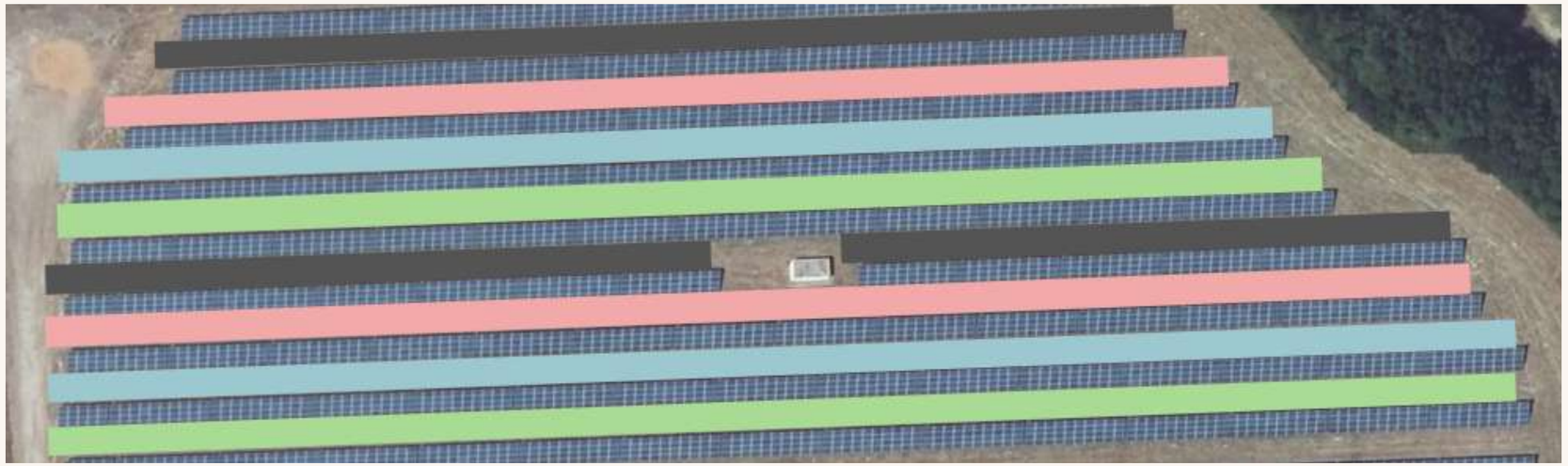
Variété précoce : Anicia
Variété mi-tardive: Rosana
→ Bonne tolérance à la verse

Bonne tolérance à la verse : Redmoon
Mauvaise tolérance à la verse : Flora
→ Assez précoce

Variété optimale : Anicia

myVar

Plan d’expérimentation



Variété (Anicia, Rosana, Redmoon, Flora OU CDC Orion, Flamenco, Rondo, Lambada)

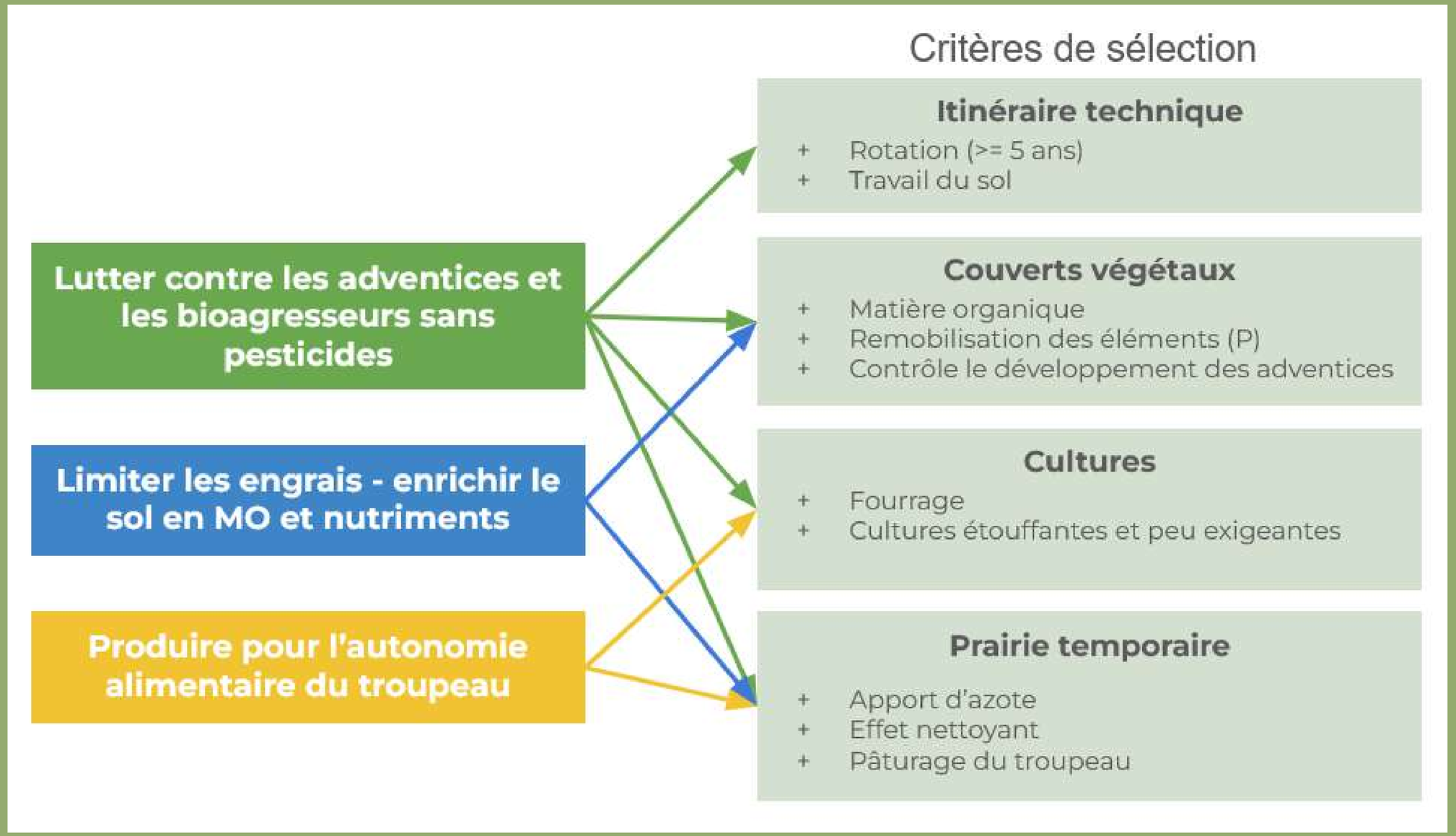
Surface d’un rang cultivé : de **660 m² à 968 m²**
Surface d’un rang en zone témoin **: ~800 m²**

Zone témoin

Géoportail

Conception de la rotation

Objectifs de la rotation



Tête et fin de rotation : cultures nettoyantes

Tête de rotation

Critères de sélection :

- Culture **nettoyante**
- Prairie à **pâturer**
- **Enrichit le sol en azote**
- Facile à détruire

Exploration :

- Prairie de légumineuses et plantes à tanin - **chicorée, plantain, trèfle violet, ray gras d'italie**
- Prairie de **trèfle incarnat**

Choix : Trèfle incarnat

- Déjà utilisée par M. Marfaing
- Couvrante
- Valorise les sols pauvres
- Bonne production de biomasse et non météorisante

Source : CA Tarn - Fiche couvert trèfle incarnat

Fin de rotation

Critères de sélection :

- Culture **nettoyante**
- **Peu de besoins**

Choix : Sarrasin

Choix d'une culture d'hiver – céréale à paille

	Hauteur (cm)	Sensibilité à la sécheresse	Sensibilité à l'enherbement	Sensibilité à l'hydro-morphie	Sensibilité à la verse	Débouchées	Autre
Avoine	80 - 150	+juillet	-	+	+	Alimentation animale	
Triticale	60 - 150	++ août (sécheresse pendant maturation)	- -	-	++	Alimentation animale	Difficile à battre, germination sur pied
orge	95 - 120	- (se récolte tôt, évite le pic de sécheresse)	-	++	++	Autoconsommation - grains pour brebis	Possibilité de semis sous couvert d'orge

Source :
Semences de France - excès d'eau
CA - Grandes cultures biologiques 2023
Intercéréales - hauteur

Choix des couverts

Couvert d'interculture longue

Critères de sélection :

- Familles différentes de celles dans la rotation
- Culture piège à nitrate (zone vulnérable nitrate)
- Destruction au déchaumeur
- Bas coût
- Semis plutôt tardif

Utilisation de l'OAD d'Arvalis choix des couvertst

Composition du mélange	Densité (kg/ha)	PMG (g)	Densité (grains/m²)
Moutarde blanche	2	7	29
Moutarde brune	1	3	33
Phacélie	2	2	100
Radis chinois	2	14	14
Mélange	**7 kg/ha**	**-**	**-**

Couvert d'été

Critères de sélection :

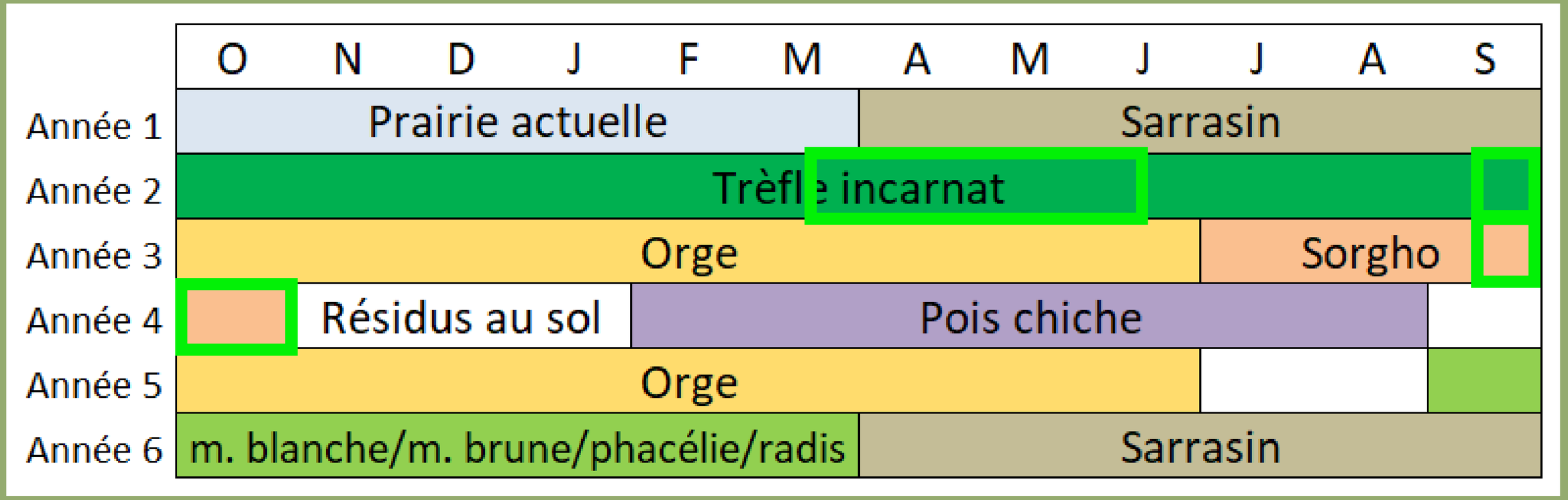
- Résistant à la sécheresse

Choix : Sorgho fourrager, variété Piper

- Rare culture susceptible de se développer (sécheresse)
- Pâturée
- Semis sous couvert d'orge

Source :
Arvalis, outil choix des couverts
Arvalis, fiches cultures

Rotation finale



Période de pâturage

Les dates de semis et de destruction des cultures ont été déterminées à partir des références Terres Inovia et Arvalis et seront à adapter en fonction des conditions météorologiques.

Mode de destruction

Tableau 1 : Sensibilité des espèces de couverts à différents modes de destruction

Très sensible
Sensible
Moyennement sensible
Assez peu sensible
Peu sensible

	Gel	Rouleau lourd sur gel	Broyeur, Rolo faca, Rouleau hacheur	Charrue	Outil de déchaumage	Glyphosate	Glyphosate + 2,4D
Moutardes blanche et brune	-5 à -10°C						
Radis fourrager							
Radis chinois							
Colza, Navette							
Niger	0 à -2°C						
Tournesol	-2 à -4°C						
Sarrasin	-3 à -5°C						
Phacélie	-5 à -13°C						
Moha	-2 à -4°C						
Sorgho fourrager	-2 à -4°C						
Seigle, Seigle forestier, RGI							
Avoine d'hiver, Triticale							
Avoine de print., Avoine rude							
Vesces de printemps	-5 à -10°C						
Féverole et pois de printemps	-8 à -10°C						
Trèfle Alexandrie	-7°C						
Trèfle incarnat							

Alternatives au glyphosate - Arvalis

Trèfle → destruction par pâturage puis même destruction que la prairie actuelle

Sorgho → destruction par pâturage puis passage de déchaumeur

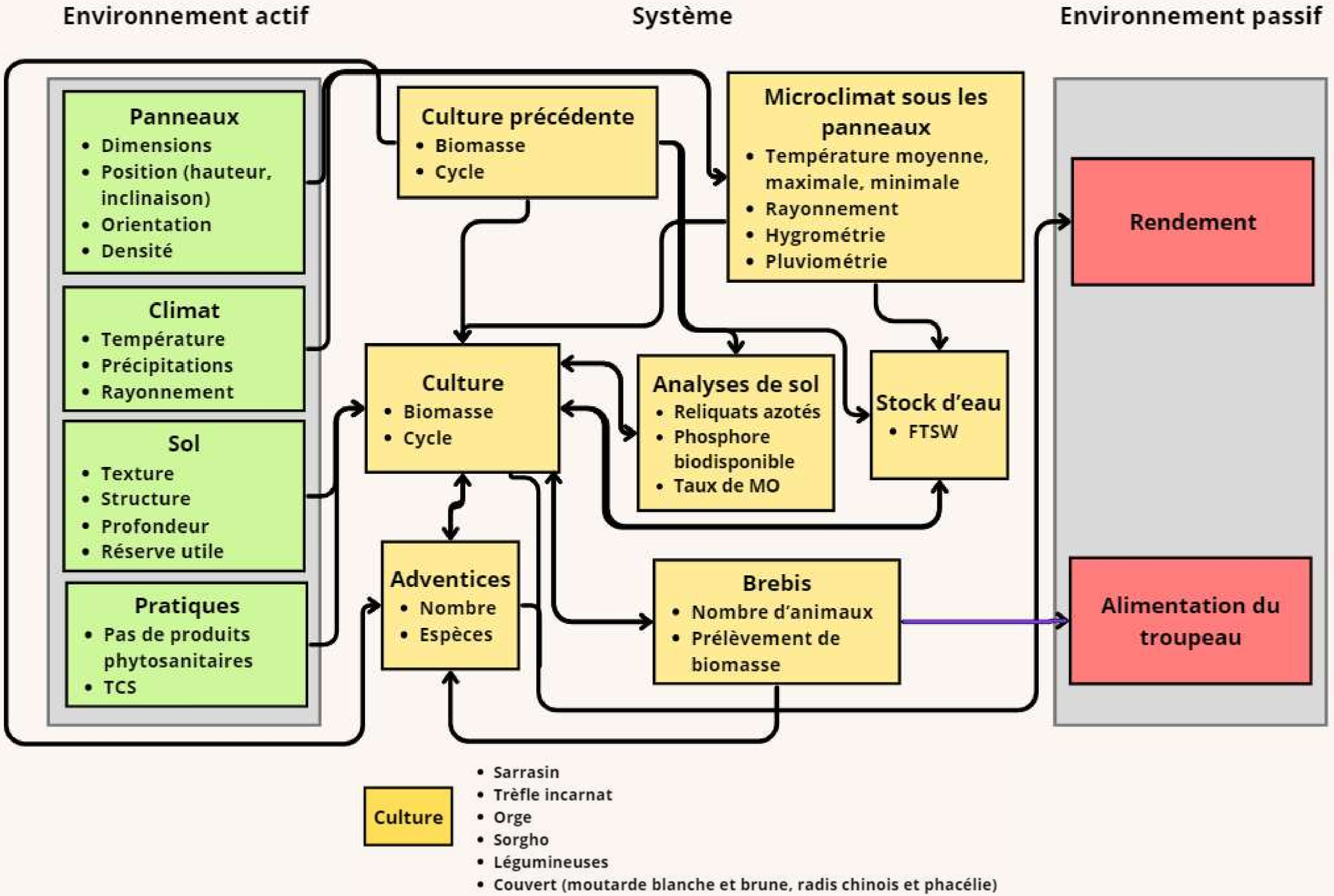
Mélange de crucifères → destruction par broyage puis passage de déchaumeur

Sarrasin → Passage de déchaumeur après moisson

Pois chiche → Passage de déchaumeur sur les résidus

Orge → Passage de déchaumeur sur les résidus après exportation des pailles

Modèle conceptuel du système innovant


Environnement actif
Système
Environnement passif
Panneaux
• Dimensions
• Position (hauteur, inclinaison)
• Orientation
• Densité
Climat
• Température
• Précipitations
• Rayonnement
Sol
• Texture
• Structure
• Profondeur
• Réserve utile
Pratiques
• Pas de produits phytosanitaires
• TCS
Culture précédente
• Biomasse
• Cycle
Microclimat sous les panneaux
• Température moyenne, maximale, minimale
• Rayonnement
• Hygrométrie
• Pluviométrie
Culture
• Biomasse
• Cycle
Analyses de sol
• Reliquats azotés
• Phosphore biodisponible
• Taux de MO
Stock d'eau
• FTSW
Adventices
• Nombre
• Espèces
Brebis
• Nombre d'animaux
• Prélèvement de biomasse
Rendement
Alimentation du troupeau
Culture
• Sarrasin
• Trèfle incarnat
• Orge
• Sorgho
• Légumineuses
• Couvert (moutarde blanche et brune, radis chinois et phacélie)

Evaluation du système innovant

Fertilisation azotée

Simulation d'un bilan prévisionnel de fertilisation azotée - méthode d'Arvalis sud-ouest

- **Objectif de rendement : 36 q/ha (rendement moyen 2016 - 2023 : 48 q/ha)**
- **Précédent praire de légumineuse ou pois chiche/lentille ou orge**
- **Simulation sur les 10 dernières années climatiques - relevés de Montesquieu Lauragais, données météo France**
- **Apport conseillé en deux doses, stade fin tallage et épi 1 cm**

Gamme de dose d'azote minéral à apporter à la culture d'orge en fonction du précédent (kg N/ha), calculée à partir de la pluviométrie hivernale sur les 10 dernières années

Précédent pois chiche/lentille	Précédent prairie trèfle incarnat	Précédent orge
67 - 75	25 - 33	95 - 113

Sources :
DRAAF, DREAL : Réferentiel régional de mise en oeuvre de la fertilisation azotée en Occitanie, 2022
Comifer, calcul de la fertilisation azotée, 2013
Données Météo France et Agreste

Fertilisation phosphatée

Dose P_2O_5 ou K_2O conseillée (en kg/ha) = Coefficient multiplicatif des exportations × Rendement prévu (unité de rendement aux normes) × Teneur en P_2O_5 ou K_2O dans les exportations (kg P_2O_5 ou K_2O par unité de rendement aux normes)

avec un supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent

	Rendement (qtx/ha)	Teneur en M.S (% matière sèche)	Teneur en phosphore (kg/qtx)	Quantitée phosphore exporté (kg/ha)	Coeff multiplicateur	Dose de fertilisation (kg/ha)
Pois chiche	16	86	0.70	9.6	1.2	11.5
Orge	49	85	0.65	27.1	1.7	46
Sarrasin	8	85	0.5	3.4	0	0

Exportation	Rendement (t/ha)	Teneur en M.S	Teneur en phosphore	Quantité de phosphore exportée (kg/ha)
Paille d'orge	2	88	1	1.76

La fetilisation P-K-Mg - Comifer

Bilan en matière organique

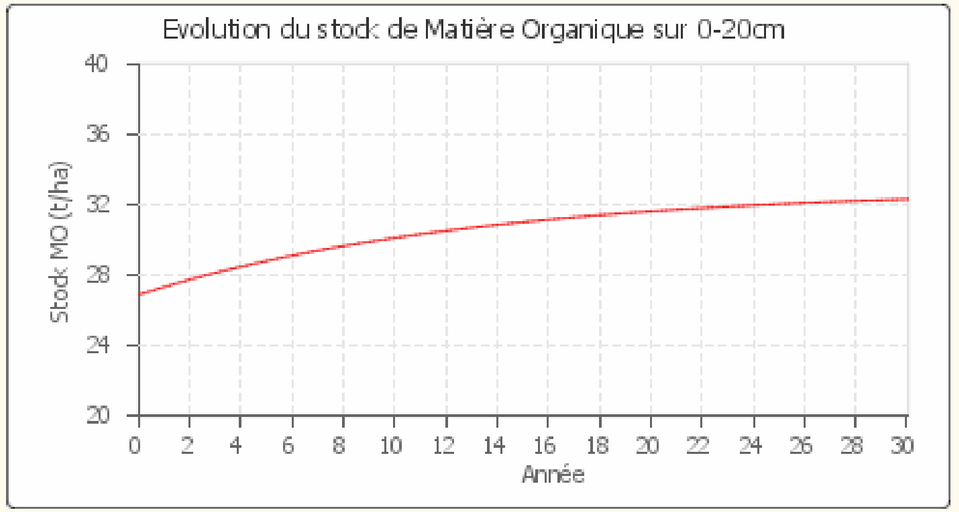
- Méthode AMG
- Augmentation lente de la teneur en MO : pas de déficit + 0,12% en 10 ans

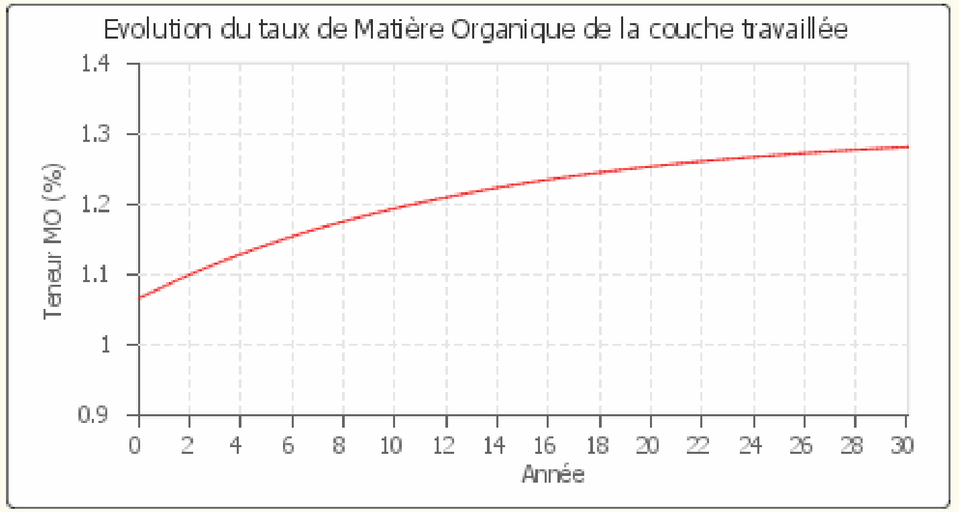
Exploitation : *Exploitation*
Parcelle : *Parcelle*
Scénario : *Scénario démo 1*

Stock à l'équilibre : 19.14 T/ha

Année	Stock C 0-20 cm t/ha	Teneur moyenne sur Zone travaillée 0-20 cm		Teneur moyenne sur prof de prélèvement 0-20 cm	
		Teneur C g/kg	Teneur MO %	Teneur C g/kg	Teneur MO %
0	15,84	6,20	1,07	6,20	1,07
2	16,13	6,40	1,10	6,40	1,10
4	16,56	6,57	1,13	6,57	1,13
5	16,75	6,64	1,14	6,64	1,14
8	17,24	6,84	1,18	6,84	1,18
10	17,51	6,94	1,19	6,94	1,19
12	17,75	7,04	1,21	7,04	1,21
14	17,94	7,12	1,22	7,12	1,22
16	18,11	7,18	1,24	7,18	1,24
18	18,26	7,24	1,25	7,24	1,25
20	18,39	7,29	1,25	7,29	1,25
25	18,63	7,39	1,27	7,39	1,27
30	18,79	7,45	1,28	7,45	1,28
35	18,90	7,50	1,29	7,50	1,29
40	18,98	7,53	1,29	7,53	1,29
45	19,03	7,55	1,30	7,55	1,30
50	19,07	7,56	1,30	7,56	1,30
100	19,14	7,59	1,31	7,59	1,31

Flux de biomasse végétale restituée au sol :
Biomasse aérienne moy. restituée : 3.57 T de MS/ha/an
Biomasse racinaire moy. restituée : 1.70 T de MS/ha/an





SIMEOS AMG

Indicateurs - inter-panneaux et zone témoin

Objectifs

Lutter contre les adventices et les maladies sans pesticides

Cultiver une espèce de légumineuse adaptée à la culture sous panneaux et identifier des traits variétaux influençant cette adaptation

Réduire les doses d'engrais enrichissant le sol en nutriments et MO

Produire pour alimenter le troupeau ovin

Indicateurs à mesurer

- Diversité et abondance d'adventices, méthode visuelle - 2x/an
- Symptômes de maladies foliaires du pois chiche, évaluation visuelle - 1x/sem

- Rendement

Suivi du microclimat sous les panneaux :

- Données de la station météo (température, pluviométrie, hygrométrie, ensoleillement)
- Potentiel hydrique avec sonde tensiométrique et humidité du sol avec sonde capacitive

Indicateurs de développement :

- Date d'atteinte des stades phénologiques clés : levée, début floraison, fin floraison, maturité

Pour étudier la tolérance à la verse :

- Hauteur de la tige principale chaque semaine
- Taux de verse à maturité
- Hauteur à la récolte

- Reliquat azoté sortie d'hiver 1x/an
- P disponible (Olsen) avant semis crucifère et 3 mois après
- Taux de matière organique 1x/ 5 ans

- Rendement de l'orge
- Biomasse de trèfle et de sorgho à mesurer avant pâturage (méthode merci)

Matériel nécessaire

Trémie frontale à rampe

- Engrais minéral
- Semences (ex couvert)
- Trémie frontale à l'avant - fait couler l'engrais ou la semence
- Herse rotative à l'arrière

Semoir frontal - Delimbe

3120 euros HT

https://delimbe.fr/fr/machine/987-1865-t17-semoir-frontal-relevage-avant-CIPAN-cultures-intermediaires-intercultures.html

Coupe de moissonneuse-batteuse

- < 5m de large
- Occasions trouvées à 800 euros et 5600 euros HT

Coupe New Holland 4,57m - AgriAffaires

5600 euros HT

https://www.agriaffaires.com/occasion/barre-coupe/44368289/new-holland.html

Conclusion

- **Difficile de déterminer la meilleure légumineuse en présence de PV :**
  - **Contraintes principales : hydromorphie, limons battant**
  - **Très peu de données sur la culture de légumineuses sous PV**

- **Hypothèses émises et testées :**
  - **une variété plus précoce est plus adaptée à la culture sous PV**[1]
  - **une variété ayant une meilleure tolérance à la verse est plus adaptée sous PV**

- **Conception d'une rotation incluant la légumineuse à graine et utilisant des leviers agronomiques pour réduire la dépendance aux intrants, adaptée aux contraintes de la parcelle**

- **Condition nécessaire pour la faisabilité : matériel agricole à acheter**

- **Incertitude : est-ce que la symbiose est possible sur cette parcelle ?**

Merci de votre attention !

Personnes contactées

- Agriculteur de la parcelle : Mr Marfaing
- Professeur de SupAgro : Hélène Marrou
- Technicienne Arterris : Laura Brardo
- Conseiller grande culture CA47 : Florent Ruyet
- Conseiller agroécologie CA31 : Carole Merienne

Bibliographie

« Choix des couverts ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://choix-des-couverts.arvalis-infos.fr/ > (consulté le 16 janvier 2024)

« Les Fiches Couverts - ARVALIS-infos.fr ». In : Les Fiches Accidents - ARVALIS-infos.fr [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < http://www.fiches.arvalis-infos.fr > (consulté le 16 janvier 2024)

« LG Casting Orge : Précocité Tolérance au froid Rendement, Résultats ARVALIS ». In : Les Fiches ARVALIS [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < http://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_variete/fiches_varietes.php?mode=fv&id_espece=001&id_variete=19356 > (consulté le 14 janvier 2024)

« Mélange de semence ray-grass italien 70% + trèfle incarnat 30% ». In : CEBAG 2 - Larecolte.fr [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://www.larecolte.fr/les-melanges/11769-ray-grass-70-trefle-incarnat-30-2222080914147.html > (consulté le 11 janvier 2024)

« Multiplier par dix la puissance photovoltaïque d'ici 2050 ». In : gouvernement.fr [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://www.gouvernement.fr/politiques-prioritaires/planifier-et-accelerer-la-transition-ecologique/multiplier-par-dix-la-puissance-photovoltaique-dici-2050 > (consulté le 15 janvier 2024)

« Myvar - Choisir ses variétés d'oléagineux et de protéagineux ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://www.myvar.fr/ > (consulté le 16 janvier 2024)

« Ouest : Parcelles en excès d'eau : quelles conséquences sur le développement des céréales ? - Semences de France ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://www.semencesdefrance.com/actualite-semences-de-france/ouest-parcelles-en-exces-deau-quelles-consequences-sur-le-developpement-des-cereales/ > (consulté le 16 janvier 2024)

Bibliographie

« SIMEOS AMG ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < http://www.simeos-amg.org/ > (consulté le 16 janvier 2024)

Cadillon A. « Couvert végétal pendant l'interculture en AB : Caractéristiques des espèces ». In : ITAB [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], 2017. Disponible sur : < http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiches_especes_engraisverts_2017.pdf > (consulté le 16 janvier 2024)

Chambre d'agriculture de Normandie. « Guide_GC_Agriculture_biologique_2023.pdf ». [s.l.] : [s.n.], 2023. Disponible sur : < https://normandie.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Normandie/Guide_GC_Agriculture_biologique_2023.pdf > (consulté le 16 janvier 2024)

Chambre d'agriculture du Tarn. « Trèfle incarnat ». [s.l.] : [s.n.], [s.d.]. Disponible sur : < https://tarn.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/074_Inst-Tarn/1-PRODUCTIONS_TECHNIQUES/Viticulture/couverts/Trefle_incarnat.pdf > (consulté le 16 janvier 2024)

Chambres d'agriculture de la région Centre. Le Pois Chiche. 2017.

Comifer. « BROCHURE_AZOTE_20130705web.pdf ». [s.l.] : [s.n.], 2013. Disponible sur : < https://comifer.asso.fr/wp-content/uploads/2015/03/BROCHURE_AZOTE_20130705web.pdf > (consulté le 16 janvier 2024)

Morot-Gaudry J. F. Assimilation de l'azote chez les plantes : Aspects physiologique, biochimique et moléculaire. [En ligne]. [s.l.] : INRA Editions, 1997. 422 p. p.(Mieux Comprendre). Disponible sur : < https://hal.inrae.fr/hal-02835248 > (consulté le 16 janvier 2024)

Bibliographie

Occitanie D. « Arrêté du 27 juillet 2022 établissant le référentiel régional de mise en oeuvre de la fertilisation azotée pour la région Occitanie ». In : DREAL Occitanie [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], 2022. Disponible sur : < https://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/arrete-du-27-juillet-2022-etablissant-le-a26010.html > (consulté le 16 janvier 2024)

Riquet G. « Lentilles et pois chiche : deux cultures à fort potentiel à exploiter ». janvier 2020.

SdF A. Sorgho grain - Positionner idéalement les semis entre mi-avril et mi-mai selon le secteur. [En ligne]. Semences de France. 16 avril 2020. Disponible sur : < https://www.semencesdefrance.com/actualite-semences-de-france/sorgho-grain-positionner-idealement-les-semis-entre-mi-avril-et-mi-mai-selon-le-secteur/ > (consulté le 10 janvier 2024)

Sierra J., Tournebize R. Fixation symbiotique d'azote par les légumineuses en association. Résultats obtenus en Guadeloupe. [En ligne]. [s.l.] : Inconnu, 2019. Disponible sur : < https://hal.science/hal-02373208 > (consulté le 16 janvier 2024)

Terres Inovia. « Guide de culture : Pois 2023 ». mai 2023.

Terres Inovia. Guide de culture : Féverole 2022. mai 2022.

Terres Inovia. Guide de culture : Pois Chiche 2022. mai 2022.

Terres Inovia. Guide de culture : Soja 2022. mai 2022.

Vienne Q. « Analyse comparative des facteurs climatiques limitant le rendement de légumineuses à graines pour guider leur insertion dans les systèmes de culture ». 16 décembre 2022.

Bibliographie

AgroParisTech, INRAE, et Creseb. [s d]. Fiche culturale chanvre et sarrasin. Impact socio-économique du changement en agriculture, Disponible sur : https://www.creseb.fr/voy_content/uploads/2022/06/ISECA_fiche_4_chanvre_sarrasin_VF.pdf (Consulté le 9 novembre 2023).

Calculateur MERCI. Disponible sur : https://methode-merci.fr/calculateur (Consulté le 16 janvier 2024a).

Choix période de la destruction de la prairie pour implanter la céréale. Disponible sur : https://www.agro-league.com/blog/arriere-effet-de-la-prairie (Consulté le 8 décembre 2023b).

Introduire une culture étouffante et nettoyante dans la rotation | Ecophytopic. Disponible sur : https://ecophytopic.fr/leviers/prevenir/introduire-une-culture-etouffante-et-nettoyante-dans-la-rotation (Consulté le 21 novembre 2023d).

La Moutarde blanche : une CIPAN vigoureuse qui structure le sol. Disponible sur : https://www.agro-league.com/moutarde-blanche (Consulté le 8 décembre 2023e).

Optimiser la destruction du couvert et l'implantation de la culture suivante. Disponible sur : https://www.terresinovia.fr/-/optimiser-la-destruction-du-couvert-et-l-implantation-de-la-culture-suivante (Consulté le 8 décembre 2023).

Projet Praigly. Disponible sur : https://afpf-asso.fr/projet-praigly (Consulté le 9 novembre 2023f).

Briand Y. 2004. Azote & retournement de prairies.

Chambre d'agriculture de Vienne. [s d]. Fiche culture sarrasin. Disponible sur : https://vienne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/104_Inst-Vienne/Documents/mes_productions/production_vegetale/Fiches_techniques/06_SARRASIN.pdf (Consulté le 8 décembre 2023).

Bibliographie

Chambre d'agriculture Isere. 2017. Guide couverts végétaux en interculture. Disponible sur : https://pointaccueilbio-hdf.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Auvergne-Rhone-Alpes/guide_couvert_vegetaux_janv_2017.pdf (Consulté le 8 décembre 2023).

Chambre d'agriculture Nord-Pas de Calais. [s d]. Fiche_technique_Avoine.pdf. Disponible sur : https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/Fiche_technique_Avoine.pdf (Consulté le 23 novembre 2023).

Chambre régional d'agriculture d'occitanie. 2018. Le sarrasin, un itinéraire technique simple pour une culture étouffante. Guide grandes cultures biologiques, Disponible sur : https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/512_Fichiers-communs/documents/contenus_partages/Productions_et_techniques/Guide_GC_bio_2018/Fiches_cultures/Fiche-19-GuideGCBio17-CRAO2018.pdf (Consulté le 9 novembre 2023).

De Toffoli M., Oost J.-F., et Lambert R. 2013. Impact de la destruction de prairie sur le reliquat d'azote et la gestion de la fertilisation azotée. BASE, Disponible sur : https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=9664&gathStatIcon=true&lang=es (Consulté le 9 décembre 2023).

Guimas A. [s d]. Guide technique réalisé par le réseau agriculture biologique des Chambres d'agriculture.

Stephane C. 2022. Optimiser la régulation biologique des adventices par l'utilisation de couverts végétaux à l'échelle du système de culture. Agronomie Environnement et Sociétés, 12(1). Disponible sur : https://agronomie.asso.fr/aes-12-1-6 (Consulté le 8 décembre 2023).

Terresinovia. [s d]. Guide Colza de printemps. Disponible sur : https://www.terresinovia.fr/documents/20126/453413/guide_colza_printemps_2013.pdf/6aecfb8b-cc5a-c85f-fff8-d366ed52bb27?t=1581088105864 (Consulté le 23 novembre 2023).

Bibliographie

FICHE SERVICE : EFFET DES COUVERTS SUR LE CYCLE DU PHOSPHORE. Disponible sur : http://cultivons-les-couverts.agro-transfert-rt.org/elements-pks/index.html (Consulté le 16 janvier 2024a).

Rhizosphere calcareous soil P-extraction at the expense of organic carbon from root-exuded organic acids induced by phosphorus deficiency in several plant species. Disponible sur : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00380768.2014.934191 (Consulté le 16 janvier 2024b).

Anon. 2022. Opter pour la technique de destruction des couverts la plus appropriée. Disponible sur : https://www.arvalis.fr/infos-techniques/opter-pour-la-technique-de-destruction-des-couverts-la-plus-appropriee (Consulté le 16 janvier 2024).

Anon. [s d]. Phosphorus Efficiency of Buckwheat (Fagopyrum esculentum) - Amann - 1989 - Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde - Wiley Online Library. Disponible sur : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.19891520208 (Consulté le 16 janvier 2024c).

Anon. [s d]. Quels couverts choisir pour se passer du glyphosate ? | ARVALIS. Disponible sur : https://www.arvalis.fr/infos-techniques/opter-pour-des-couverts-vegetaux-fort-pouvoir-couvrant-et-faciles-detruire (Consulté le 16 janvier 2024d).

Arcand M.M., Lynch D.H., Voroney R.P., et Van Straaten P. 2010. Residues from a buckwheat (Fagopyrum esculentum) green manure crop grown with phosphate rock influence bioavailability of soil phosphorus. Canadian Journal of Soil Science, 90(2), p. 257-266. DOI : 10.4141/CJSS09023

COMIFER. 2019. La fertilisation P-K-Mg. Disponible sur : https://ancien.comifer.asso.fr/images/publications/brochures/COMIFER_RAPPORT_fertilisation_15102019.pdf (Consulté le 16 janvier 2024).

COMIFER. 2009. Tables d'export P-K-Mg. Disponible sur : https://ancien.comifer.asso.fr/images/publications/livres/tablesexportgrillescomifer2009.pdf (Consulté le 16 janvier 2024).