

Un outil pour aider au choix des plantes de service à associer au colza



Safia Médiène, Valentin Verret, Malick Ouattara, Raphaël Paut, Pascal Dubrullé, Aurélien Dupont, Muriel Valantin-Morison



Le colza associé à des plantes de service

Pratique alternative pour réduire l'usage des pesticides et des engrais

(Cadoux *et al.*, 2015)



Perturbation
des insectes

Fixation d'azote
(légumineuse)



Compétition adventices

Plantes de services vivantes

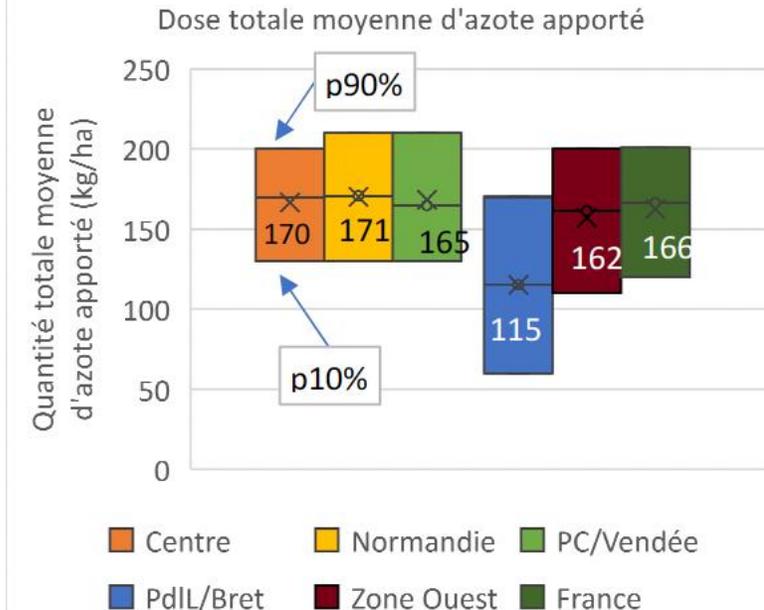
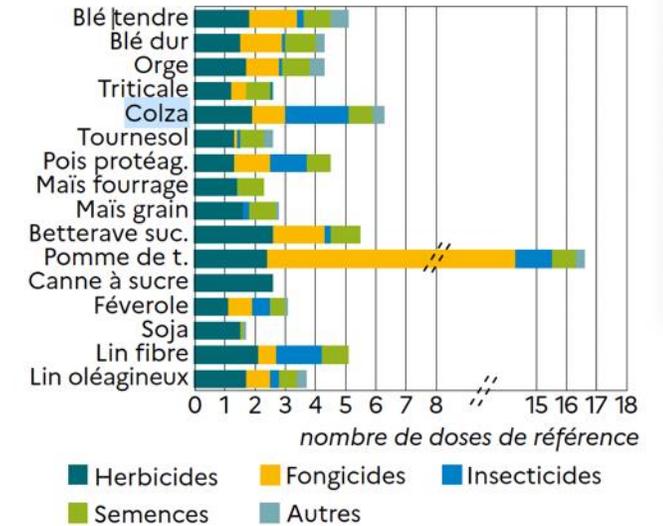
Eté

Automne

Thèse M. Lorin, 2015

Indicateur de fréquence de traitement (IFT) en 2017

• IFT moyen par culture

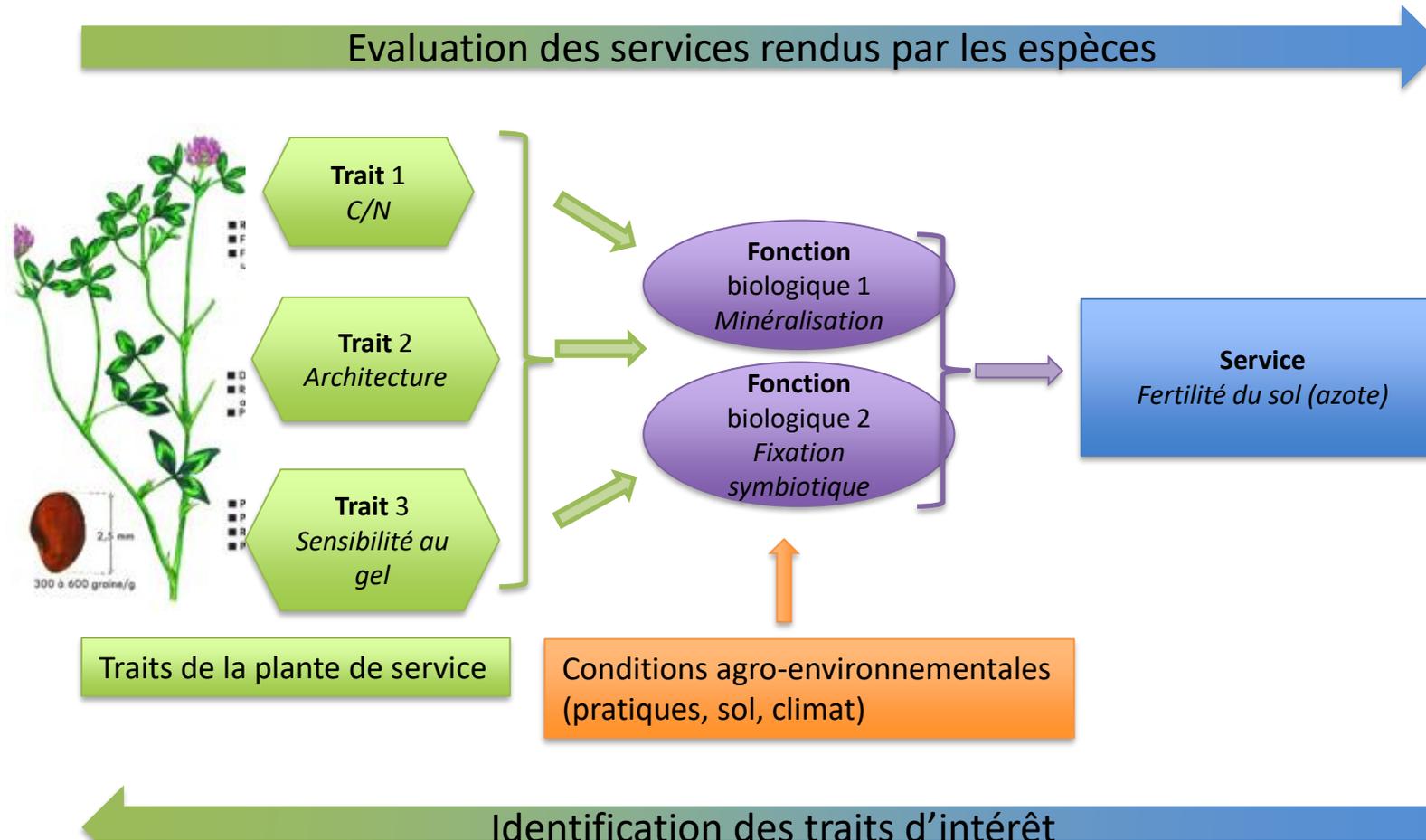




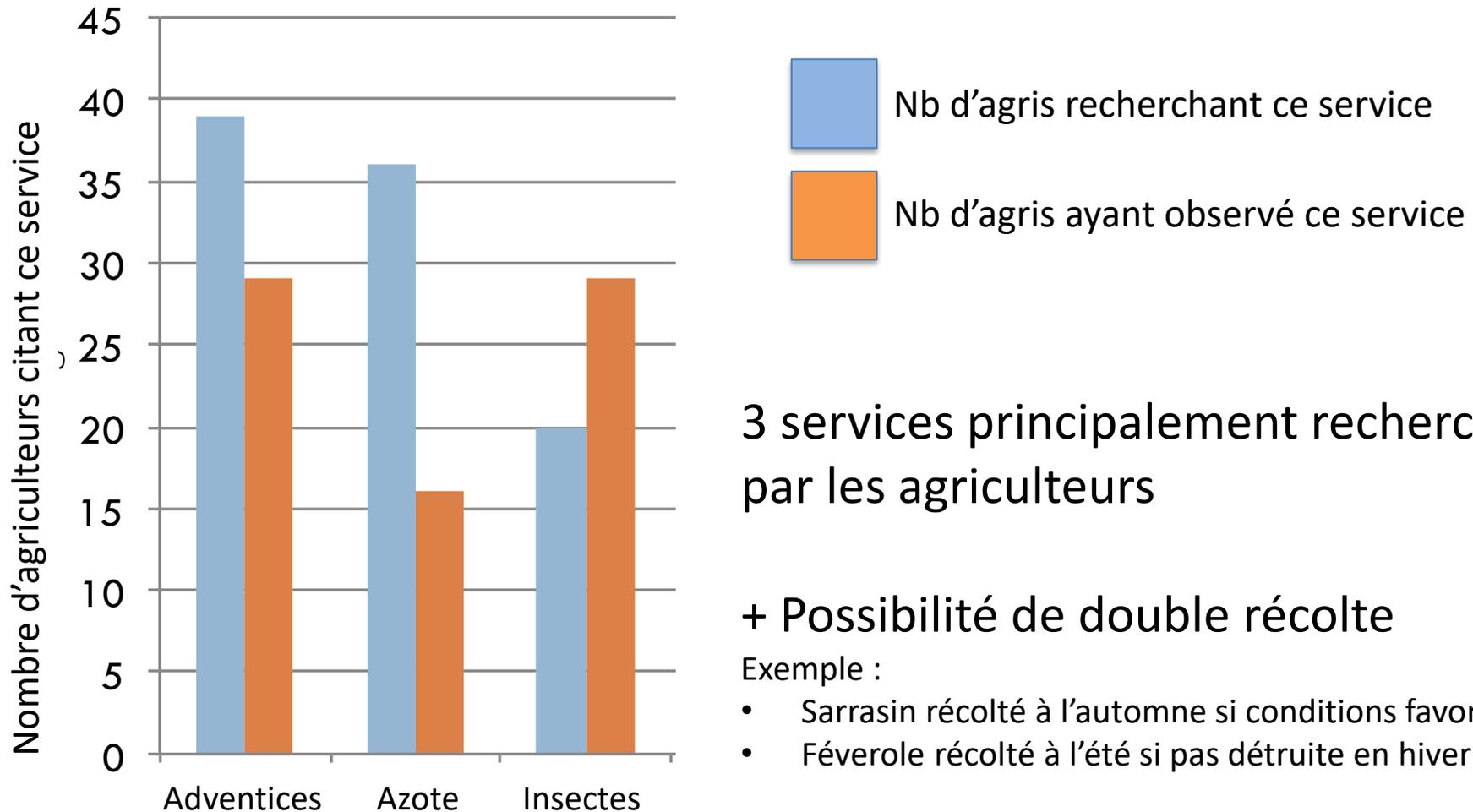
**➔ CASDAR ALLIANCE (2014-2017): co-conception
d'un outil d'aide au choix des espèces CAPS**

Comment relier les espèces et les services qu'elles rendent ?

Approche fonctionnelle



Quels services?



3 services principalement recherchés par les agriculteurs

+ Possibilité de double récolte

Exemple :

- Sarrasin récolté à l'automne si conditions favorables
- Féverole récolté à l'été si pas détruite en hiver

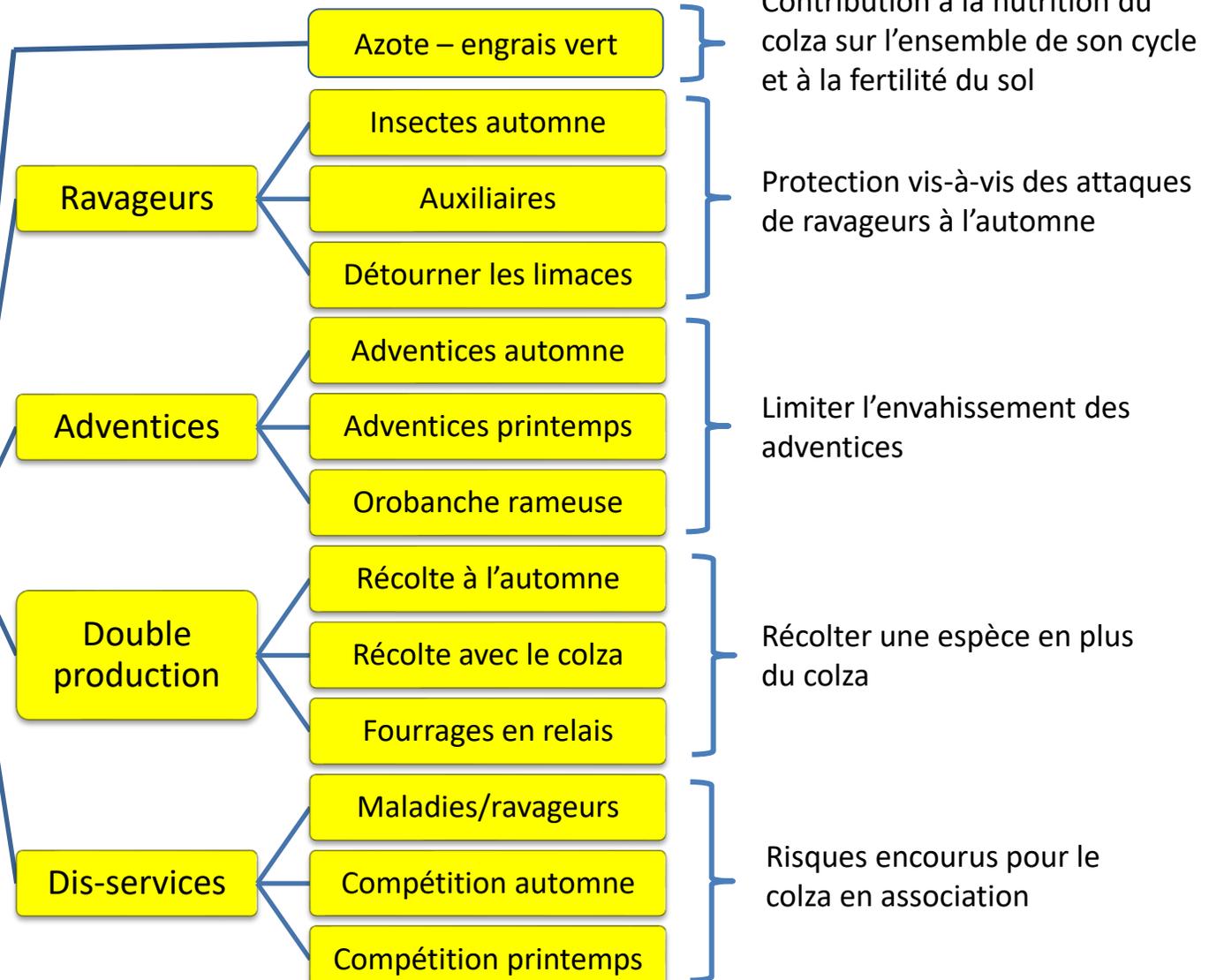
+ disservice : risques pour la culture de colza (compétition, maladie)

Enquêtes conduites auprès d'agriculteurs de la région Pays de la Loire (étudiants-ingénieurs ESA d'Angers, 2015)

Les services retenus



Services



Démarche de conception de l'outil

Etape 1: Recueil des connaissances disponibles



Recherche biblio

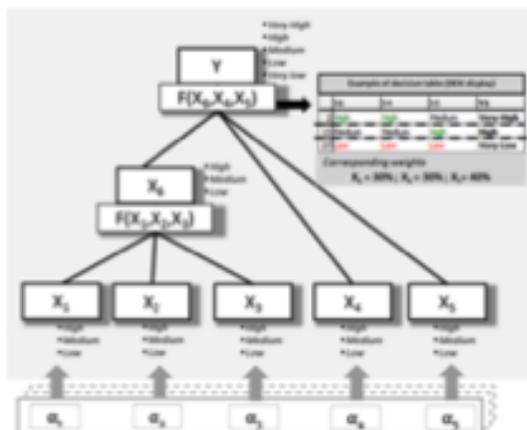


Atelier de
partage des
connaissances

Recherche



Etape 2: Hiérarchisation des connaissances



Arbre de décision
multicritère DEXI

Craheix et al., 2015

Développement



Tableau Traits-Fonctions-Services

Bénéfices/ inconvénients	Services	Fonctions (ou processus biologique)	Traits - Caractéristiques des plantes	Facteurs de l'environnement influençant la réalisation de la fonction	Facteurs agronomiques influençant la réalisation de la fonction
Réduction de la pression adventices (et des herbicides)	Réguler les adventices annuelles à l'automne	Limitation de la germination et du développement des adventices par compétition (lumière, azote)	Pouvoir allélopathique Rapidité de développement (taille de graine) Port couvrant/étalé (envergure) Surface foliaire étendue	Niveau d'infestation de la parcelle Caractéristiques de la communauté adventices (date et précocité de levée des espèces, nature des espèces (dicots, graminées))	Densité de semis de la plante de service Semis sur le rang ou sur l'interrang, en ligne ou en plein Réduction du stock semencier (faux semis) Pratiques qui limitent le flux de terre (Semis direct)
	Réguler les adventices annuelles au printemps	Limitation de la germination et du développement des adventices : effet mulch mort Limitation de la germination et du développement des adventices : compétition d'un mulch vivant (lumière, azote)	Pouvoir allélopathique du mulch mort Quantité de mulch Port du mulch (masse en contact du sol) Résistance au gel	Caractéristiques de la communauté adventices (date de levée des espèces, nature des espèces (dicots, graminées))	Programme de désherbage
	Réguler l'orobanche rameuse	Limiter la germination de l'orobanche rameuse	Espèce hôte qui déclenche la germination de l'orobanche	Disponibilité en eau (active la germination)	-

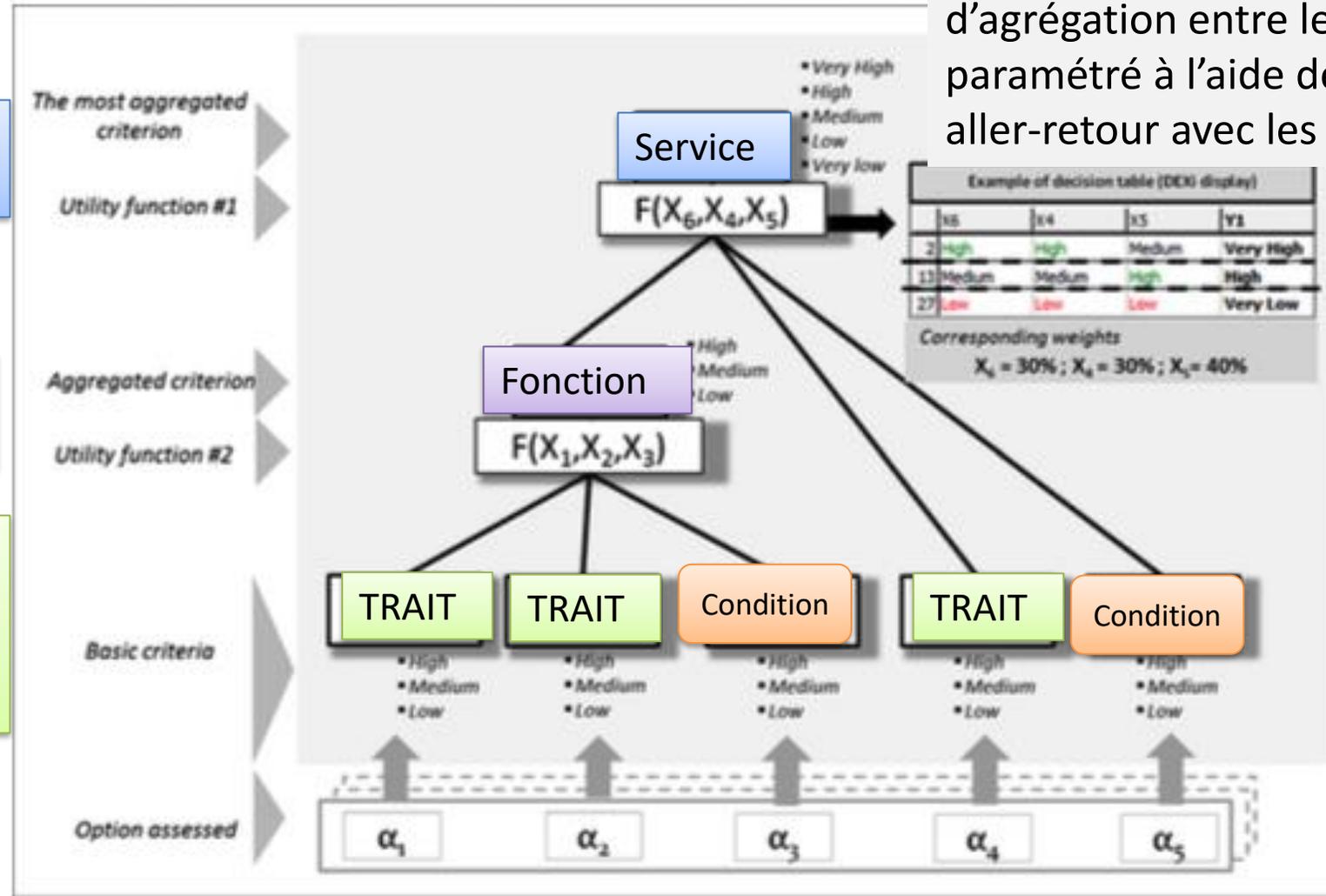
Travail bibliographie (Projet d'ingénieur APT, 2015 + 1 M2) + Séance collective

Arbre DEXI: modèle qualitatif hiérarchique multi-attributs

2nd niveau d'agrégation : Service

1^{er} niveau d'agrégation : Fonction biologique

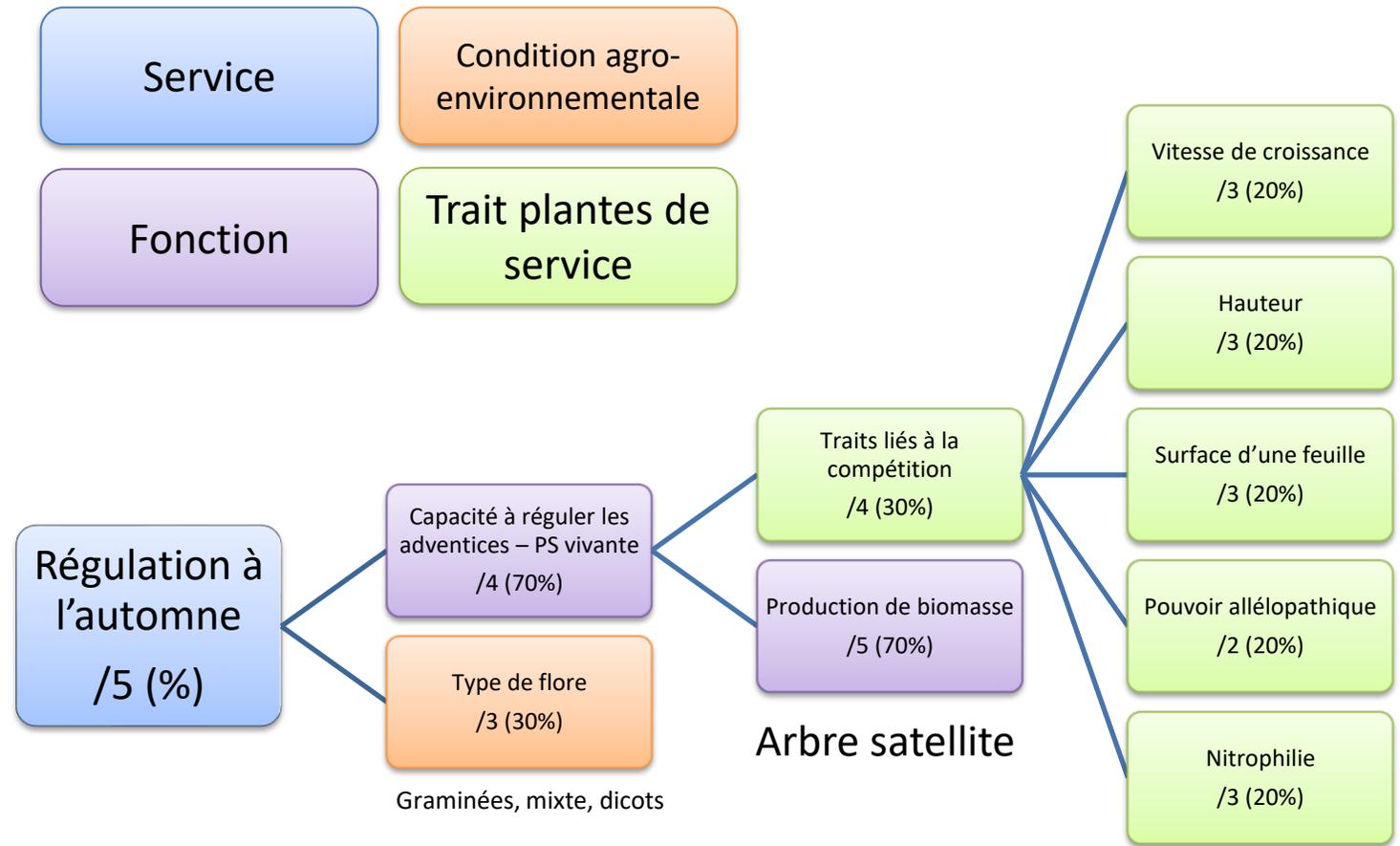
Données d'entrée : Traits d'une espèce et conditions agro-environnementales



« Fonction d'utilité » : lien d'agrégation entre les niveaux, paramétré à l'aide de la biblio et par aller-retour avec les partenaires

Craheix, 2015

Arbre Dexi « Adventices »



- [-] Biomasse PS
 - [-] Potentiel de production biomasse
 - [-] Compétition exercée sur PS
 - [-] Infestation adventices
 - [-] Compétition colza sur PS
 - [+] Disponibilité azote au sen
 - [-] Traits PS compétition
 - [-] Allelopathie PS
 - [-] Compétition lumière
 - [-] Hauteur PS
 - [+] Vitesse croissance PS
 - [-] Surface feuille PS
 - [-] Compétition azote
 - [-] Nitrophilie PS
 - [+] PS fixatrice N
 - [-] Vitesse croissance PS
- [-] Conditions implantation
 - [-] Risque sécheresse
 - [-] Déficit hydrique
 - [-] Résistance sécheresse P:
 - [-] Degats limaces
 - [-] Appétence limace PS
 - [-] Risque limace parcelle
 - [-] Adeguation PS - pH sol
 - [-] pH sol
 - [-] Préférence pH PS
- [-] Ressources pour la croissance
 - [-] Alimentation azotée PS limitat
 - [-] Disponibilité azote au sen
 - [-] PS fixatrice N
 - [-] Température rayonnement
 - [-] Date de semis
 - [-] Sensibilité PS au gel

Travail de simplification du tableau TFS réalisé en petit groupe (2-3 experts) par service
+ pondération des relations

Base de données de traits



Catégorie	Caractéristiques (ou traits) des espèces	Espèces															
		Avoine noire	Avoine verte	Cameline	Fenugrec	Fève (non-mémorables)	Geisse	Lentille fourragère	Lin (printemps)	Luzerne	Navette fourragère	Nyger	Phacelie	Pois fourragère (printemps)	Pois protéagineux	Sarrasin	
Architecture et croissance	Configuration système racinaire	Fascicule	Fascicule	Pivotant	Pivotant	Pivotant	Fascicule	Mixte	Pivotant	Pivotant	Pivotant	Mixte	Mixte	Mixte	Mixte	Mixte	
	Hauteur	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Fort	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Moyen	
	Potentiel de production de biomasse	Moyen	Fort	Moyen	Faible	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Fort	Moyen	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	
	Profondeur système racinaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Profond	Intermédiaire	Profond	Intermédiaire	Superficiel	Profond	Profond	Profond	Profond	Profond	Profond	Profond	Intermédiaire	
	Surface d'une feuille	Fort	Fort	Moyen	Faible	Fort	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	
	Teneur en N	Faible	Faible	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Moyen	Faible	
Dégradation de la MO	Teneur en tige	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
	Vitesse de croissance	Moyen	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Moyen	Fort	Moyen	Moyen	Fort	Moyen	Fort	Moyen	Fort		
	Biomasse morte en contact au sol	Fort	Fort	Moyen	Faible	Faible	Fort	Fort	Faible	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Fort	Moyen	
Indices écologiques	Fraction soluble	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	
	Nitrophilie	Faible	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Moyen	Fort	Moyen		
	Préférence H ₂ O	Pas de préférence	Pas de préférence	Basique	Pas de préférence	Pas de préférence	Pas de préférence	Pas de préférence	Pas de préférence	Pas de préférence	Pas de préférence						
	PS fixatrice	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non		
	Sensibilité à la sécheresse	Fort	Fort	Faible	Fort	Faible	Fort	Fort	Moyen	Faible	Fort	Faible	Fort	Moyen	Fort	Fort	
Cycle de vie	Longueur de cycle	Moyen	Moyen	Long	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Long	Long	Long	Court	Court	Moyen	Court		
	Précocité	Intermédiaire	Intermédiaire	Précoce	Intermédiaire	Précoce	Intermédiaire	Précoce	Précoce	Précoce	Précoce	Précoce	Précoce	Précoce	Intermédiaire	Précoce	
	Allelopathie	Non	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	
Interactions avec les autres organismes	Amplification maladie DC	-	-	Sclerot.	Non	Sclerot.	Non	Sclerot.	Non	Sclerot.	Sclerot.	Sclerot.	Aphano. Sclerot.	Aphano. Sclerot.	Non		
	Appétence maces	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Fort	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Faible		
	Capacité de germination brochette ameuse	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non		
	Odeur	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non		
	Production de nectar extrafloral	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non		
Autres	Intérêt fourrager	Non	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non		
	Coût des semences	20€	70€	20€	50€	35€	65€	55€	20€	10€	20€	30€	30€	100€	100€	80€	
	Densité de semis (kg/ha)	65	30	3	27	105	36	36	16	17	6	9	7	71	125	30	
Résistance aux herbicides précoces	Faible	Faible	NC	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne	Forte	Moyenne	Forte	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Fort	Moyenne		

- Compilation de valeurs de traits extraits de la bibliographie et de connaissances expertes
- Evaluation de la variabilité des sources et la fiabilité de la valeur attribuée

1 source
3 sources cohérentes
2 sources cohérentes
Sources non cohérentes

F. James, Stage M2

Structure du prototype CAPS



Variables d'entrée, renseignées par l'utilisateur pour caractériser les **conditions pédoclimatiques**, la pression d'adventices de la parcelle et des informations sur le **système de culture**

Module 1 : vérifier la faisabilité de l'association colza-PS sur la parcelle décrite

- Pression adventices
- Date de semis du colza



Si OK

Base de données de traits :
20 espèces, 24 traits



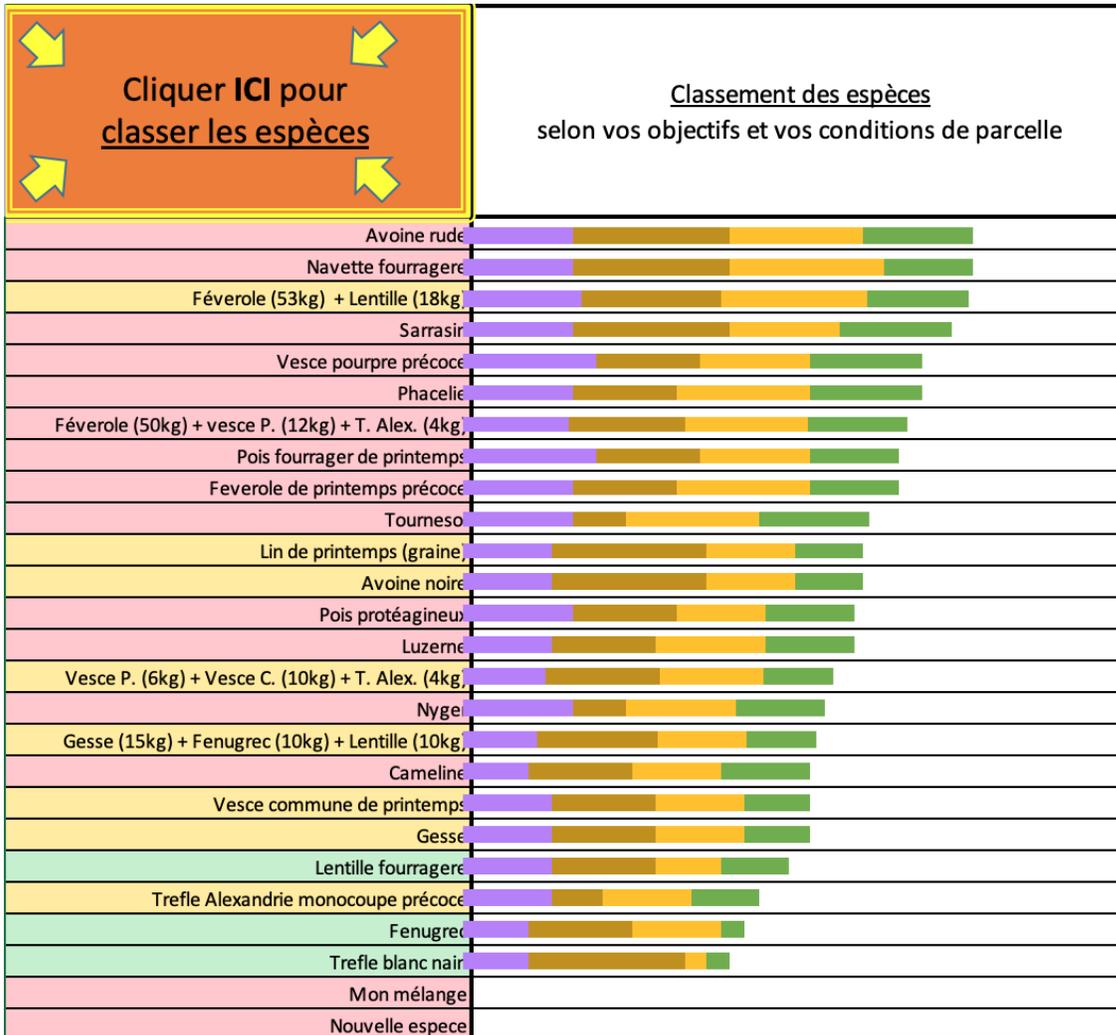
Module 2 (arbre DEXI) : classer les espèces selon leur capacité à produire les services en utilisant l'approche fonctionnelle

Module 3 : Intégration des résultats (objectifs utilisateur + constituer des mélanges)

Espèce(s)
conseillée(s)

- risques et erreurs agronomiques à éviter/ précautions à prendre
- Informations technico-économiques sur les espèces

Format: fichier Excel et prototype en ligne



La couleur de l'espèce indique sa compétitivité vis-à-vis du colza, dans vos conditions de parcelle.	Chaque tronçon du graphe ci-dessus représente un service.
Espèce très compétitrice, pouvant concurrencer fortement le colza à l'automne	Fournir de l'azote
	Limiter les limaces
	Perturber les insectes ravageurs d'automne
	-
Espèce moyennement compétitrice, présentant un risque faible de compétition avec le colza à l'automne	Réguler les adventices à l'automne
	-
	-
Espèce faiblement compétitrice, ne présentant à priori pas de risque de concurrence avec le colza	-
	-
	-

Principale sortie de CAPS

Evaluation des sorties

- Analyse de sensibilité: les notes de services dépendent de 2/3 des traits des plantes et de 1/3 du contexte local (N, date de semis, climat=gel)
- Comparaison des sorties de CAPS à des données mesurées: classement des espèces est satisfaisant pour les services évalués (azote et adventices).

L. Dunn, Stage M2

Deuxième niveau de lecture

Service	Fonction	Trait	Service	Fonction	Trait									
lentille fourragère	Azote (4/7)	Minéralisation PS (5/7)	Accumulation N PS (2/5)	Biomasse PS (3/5)	Phacélie	Azote (4/7)	Minéralisation PS (3/7)	Accumulation N PS (2/5)	Biomasse PS (4/5)					
										Teneur N PS (2/3)	Teneur N PS (1/3)			
										Fixation symbiotique	Disponibilité d'azote au PS fixatrice N (1/2)			
		Disponibilité N (4/5)	Teneur N PS (2/3)	Disponibilité N (1/5)						Teneur N PS (1/3)				
											Biomasse PS morte en contact au sol (3/3)	Biomasse PS morte en contact au sol (1/3)		
											Fraction soluble (2/3)	Fraction soluble (2/3)		
	Facilitations pour absorption de N (3/5)	Destruction PS (3/3)	Destruction par le gel PS (2/3)	Mode de destruction (2/2)		Destruction PS (3/3)	Destruction par le gel PS (2/3)	Fréquence de gel (2/3)	Sensibilité PS au gel	Mode de destruction (2/2)				
											Puissance système	Profondeur système	Puissance système racinaire PS (3/3)	Profondeur système
											Configuration système	Configuration système	Configuration système	
		Regulation microclimat (2/4)	Hauteur PS (1/3)	Biomasse PS (3/5)		Sol facteur limitant (1/2)	Regulation microclimat (4/4)	Hauteur PS (3/3)	Biomasse PS (4/5)	Biomasse PS (4/5)				
											Biomasse PS morte en contact au sol (3/3)	Biomasse PS morte en contact au sol (1/3)		
											Biomasse PS (3/5)	Biomasse PS (4/5)		
Augmentation minéralisation MO sol (3/4)	Biomasse PS (3/5)	Biomasse PS (3/5)	Biomasse PS (3/5)	Augmentation minéralisation MO sol (3/4)	Biomasse PS (4/5)	Biomasse PS (4/5)	Biomasse PS (4/5)							

Lentille fourragère

Avantages :
Bonne capacité à fixer l'azote
Facile à semer
Bonne couverture du sol

Inconvénients :
Peut être difficile à détruire



© M. Menand

Risques liés aux maladies : Risque de sclérotinia

Appétence pour les limaces :  Moyenne

Résistance à la sécheresse :  Forte

Sensibilité au gel :  Moyenne : -7°C

Résistance aux herbicides sur colza (Novall, Alabama, ...) : Moyenne

PMG : 20g
Densité au semis en plus du colza : 36Kg/ha
Coût de semences : 55 euros/ha

Phacélie

Avantages :
Forte capacité de mobilisation de l'azote
Famille botanique différente de celles généralement cultivées
Plante mellifère attirant les insectes auxiliaires

Inconvénients :
Coût de semences variable
Peut être concurrentielle pour la culture suivante
Attire certains ravageurs de culture comme les pucerons



© M. Menand

Risques liés aux maladies : Vecteur du sclérotinia

Appétence pour les limaces :  Moyenne

Résistance à la sécheresse :  Forte

Sensibilité au gel :  Moyenne : -5 à -8°C

Résistance aux herbicides sur colza (Novall, Alabama, ...) : Moyenne

PMG : 2g
Densité au semis en plus du colza : 7 Kg/ha
Coût de semences : 30 euros/ha

L. Dunn, Stage M2

Conclusions

- Exemple de mobilisation de l'écologie fonctionnelle en agronomie pour promouvoir des pratiques agroécologiques
 - Explicitation des relations Trait/Fonction/Service
 - Hybridation de connaissances scientifiques et expertes
 - Outil qui est régulièrement téléchargé sur notre site (1000 téléchargements depuis sa mise en ligne en 2017)
- Groupes fonctionnels de plantes de service
 - Généraliste vs. spécifique pour la réalisation des services
 - Compromis entre services (valeurs de traits antagonistes au sein d'une espèce)

➔ Ouattara, M.S., Paut, R., Valantin-Morison, M., Verret, V., Médiène, S., 2023. Agriculture, Ecosystems & Environment 357, 108690. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108690>



Découvrez



!



Outil en ligne: <http://138.102.159.90:8082/>

Fichier excel téléchargeable:

<https://agronomie.versailles-saclay.hub.inrae.fr/productions/outils-et-modeles/caps-colza-associe>

Article:

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108690>

Merci de votre attention