

Romain Joya, Justine Hamon

- **Freins et leviers logistiques
au développement de systèmes
de culture diversifiés et riches
en légumineuses**

NESE n° 51, Décembre 2023, pp. 59-88

CENTRE D'ÉTUDES ET DE PROSPECTIVE

SERVICE DE LA STATISTIQUE ET DE LA PROSPECTIVE

Présentation

Notes et études socio-économiques est une revue du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, publiée par son Centre d'Études et de Prospective. Cette revue technique à comité de rédaction se donne pour double objectif de valoriser des travaux conduits en interne ou des études commanditées par le ministère, mais également de participer au débat d'idées en relayant des contributions d'experts extérieurs. Veillant à la rigueur des analyses et du traitement des données, elle s'adresse à un lectorat à la recherche d'éclairages complets et solides sur des sujets bien délimités. D'une périodicité de deux numéros par an, la revue existe en version papier et en version électronique.

Les articles et propos présentés dans cette revue n'engagent que leurs auteurs.

Directeur de la publication :

Vincent Marcus, MASA-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Rédacteur en chef :

Bruno Hérault, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du Centre d'Études et de Prospective

Comité de rédaction :

François Chevalier, MASA-SG-SSP-SDSAFA, Sous-directeur de la SDSAFA

Julia Gassie, MASA-SG-SSP-CEP, Cheffe du bureau de la veille

Bruno Hérault, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du Centre d'études et de prospective

Mickaël Hugonnet, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du bureau de l'évaluation et de l'analyse économique

Vincent Marcus, MASA-SG-SSP, Chef du Service de la Statistique et de la Prospective

Miguel Rivière, MASA-SG-SSP-CEP, Chef du bureau de la prospective et de la stratégie

Isabelle Robert-Bobée, MASA-SG-SSP-SDSSR, Sous-directrice de la SDSSR

Composition : SSP

Impression : AIN - Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Dépôt légal : à parution

ISSN : 2104-5771 (imprimé)

ISSN : 2259-4841 (en ligne)

Renseignements et diffusion : voir page 4 de couverture

Freins et leviers logistiques au développement de systèmes de culture diversifiés et riches en légumineuses

Romain Joya, Justine Hamon¹

Résumé

Cet article présente les principaux résultats d'une étude sur l'organisation logistique des filières légumineuses (légumes secs, protéagineux, soja et légumineuses fourragères)². Après avoir délimité différents bassins géoéconomiques, il détaille la diversité des flux pour l'ensemble de l'itinéraire logistique, de la collecte à l'expédition, en passant par le stockage et le travail du grain. En se basant sur huit études de cas, il identifie les principaux postes de coûts. Les résultats amènent à relativiser l'importance de la logistique au regard des enjeux agronomiques, climatiques ou économiques, mais ouvrent des pistes pour soutenir le développement de ces filières de diversification.

Mots clés

Logistique, légumineuses, organisme stockeur, diversification, collecte, stockage.

**Le texte ci-après ne représente pas nécessairement les positions officielles
du ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.
Il n'engage que ses auteurs.**

1. Ceresco, 18 rue Pasteur, 69007 Lyon.

2. Ceresco, Circoé, Terres Inovia, 2022, *Freins et leviers logistiques au développement de systèmes de culture diversifiés et riches en légumineuses*, étude pour le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire : <https://agriculture.gouv.fr/freins-et-leviers-logistiques-au-developpement-de-systemes-de-culture-diversifies-et-riches-en-0>

Introduction

Durant la deuxième moitié du XX^e siècle, en France, l'intensification de l'agriculture et la spécialisation des exploitations ont progressivement conduit à une déprise des cultures légumineuses. Celles-ci ne représentaient plus que 5,5 % des terres arables en 2019³. Mais cette tendance lourde est aujourd'hui remise en question pour des raisons agronomiques, environnementales et climatiques⁴.

Augmenter la production de légumineuses permettrait, entre autres, de réduire la dépendance aux importations de matières riches en protéines (notamment le soja), d'améliorer l'autonomie alimentaire des élevages et de renforcer l'offre de légumes secs, déficitaire à l'échelle nationale. Le contexte institutionnel actuel, avec le *Green Deal* européen, la Stratégie nationale bas carbone et la Stratégie nationale en faveur du développement des protéines végétales, est donc marqué par un intérêt croissant pour les démarches de « diversification ».

Pour mieux identifier les freins et leviers logistiques au développement des légumineuses, le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA) a souhaité disposer d'un état des lieux chiffré et de clés de lecture, couvrant les principales catégories de légumineuses (légumes secs, protéagineux, soja et légumineuses fourragères), et l'ensemble de l'itinéraire logistique des grains (collecte, stockage, travail du grain, expédition).

Réalisée par Ceresco, avec l'appui de Circoé et Terre Inovia, l'étude dont rend compte le présent article a identifié les voies de diversification possibles, à l'échelle de bassins de production. Elle a aussi défini les principaux modèles d'intégration des légumineuses dans les chaînes d'approvisionnement, en réalisant un bilan des coûts logistiques, suivant une démarche en trois temps (figure 1)⁵.

L'article envisage d'abord la cartographie des bassins de production (1). Il décrit ensuite les principaux modèles d'intégration des légumineuses dans les chaînes d'approvisionnement (2). Ce panorama est complété par une estimation chiffrée des coûts logistiques correspondants (3). Enfin, une dernière partie esquisse des pistes de réflexion pour accompagner la montée en puissance de ces cultures de diversification (4).

3. Schneider A., Huyghe C., dir., 2015, *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*, Quæ.

4. Meynard J.-M., Mésséan A., dir., 2014, *La diversification des cultures. Lever les obstacles agronomiques et économiques*, Quæ. Parmi les facteurs explicatifs, le faible niveau des investissements dans l'amélioration génétique et dans la recherche sur la gestion des ravageurs, a contribué à la faible compétitivité des cultures légumineuses, caractérisées par une variabilité marquée des rendements. Par ailleurs, la structuration des filières agro-industrielles, dissociant territoires de grandes cultures et d'élevage (pour mieux contrôler les qualités, les volumes et la logistique des approvisionnements), a favorisé une spécialisation géographique des systèmes agricoles. Enfin, les modes d'alimentation animale sont allés de pair avec une dépendance aux tourteaux riches en protéines, principalement le tourteau de soja déshuilé importé, avec une spécialisation des régions françaises sur les céréales, le maïs ensilage, etc., au détriment des légumineuses.

5. La méthode d'estimation des coûts logistiques a été construite sur la base d'une précédente étude sur les coûts dans la chaîne logistique céréalière française (Ceresco, Systra, 2020).

Figure 1 - Une démarche d'étude en trois phases



 La gestion de la **confidentialité** des données des opérateurs économiques : des **contraintes fortes sur la présentation** des résultats

Source : auteurs, rapport final, p. 8.

1. Bassins de production et dynamiques de diversification

L'étude a commencé par une estimation des cultures de diversification en France, par grands bassins de production, et en considérant non seulement les légumineuses, mais aussi des produits agricoles non alimentaires (lin fibre, chanvre, miscanthus).

1.1. Une part variable des cultures de diversification dans les rotations

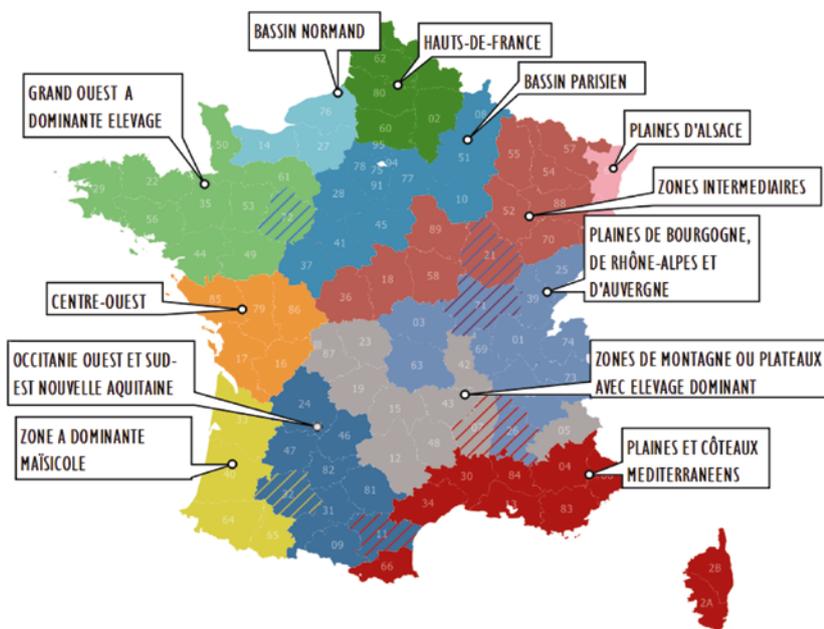
Les variables susceptibles d'influer sur le développement des filières ont été identifiées : conditions pédoclimatiques, potentiels de production, systèmes de cultures prédominants, éléments structurants (pôles de compétitivité, organismes stockeurs, transformateurs, etc.). À l'aide d'outils cartographiques et de données issues de systèmes d'information géographique (registre parcellaire graphique, CORINE Land Cover), les premiers contours de bassins géoéconomiques ont été tracés. Ils ont ensuite été affinés en s'appuyant notamment sur des entretiens avec les responsables de zones chez Terres Inovia, et avec des représentants des coopératives, du négoce, de filières, d'industries, de centres techniques et d'organismes de recherche.

Les choix de découpage dépendent de la disponibilité des données, souvent communiquées au niveau régional ou départemental. 11 bassins ont été délimités (figure 2), ainsi qu'une zone de montagne, non prise en compte par la suite⁶. Des monographies de ces

6. Le département de la Haute-Loire appartient à cette zone non étudiée au titre de la phase 1 de l'étude. Sa production de lentilles est toutefois prise en compte par la suite dans les études de cas, analyses des itinéraires logistiques et bilans.

bassins ont été réalisées, intégrant les rotations dominantes, les évolutions en surfaces et volumes, les principales cultures de diversification, les dynamiques territoriales, les acteurs économiques et les freins à la diversification.

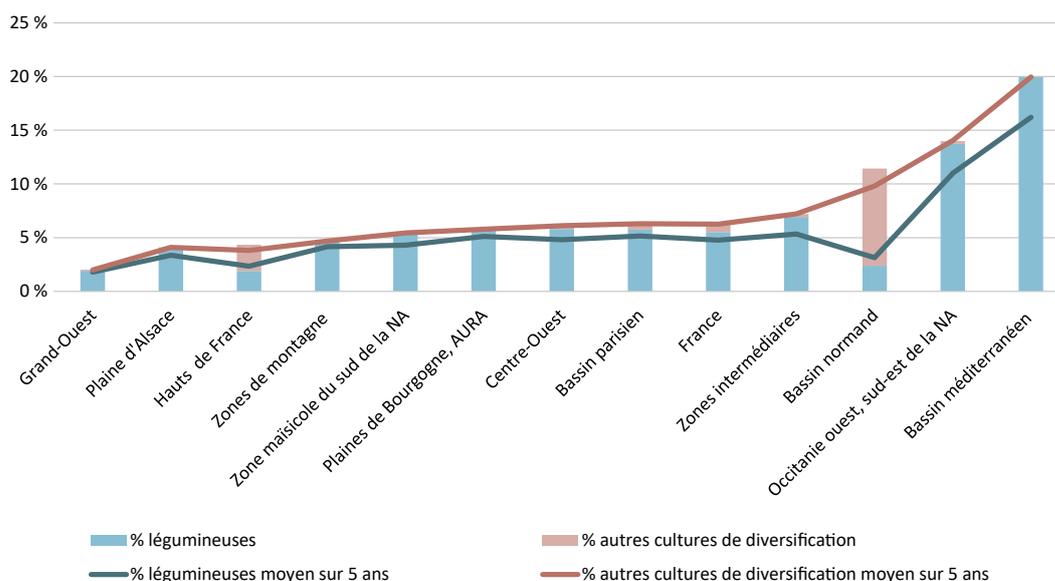
Figure 2 - Carte des bassins géo-économiques



Source : auteurs, rapport final, page 10.

La figure 3 présente la répartition des cultures de diversification sur le territoire métropolitain.

Figure 3 - Part des cultures de diversification dans les rotations en grandes cultures, en 2019, et en moyenne entre 2015 et 2019, pour chaque bassin de production



Source : données Agreste, traitement Ceresco, rapport final, page 12. Années 2015 à 2019. NA : Nouvelle-Aquitaine

Parmi les bassins les moins diversifiés (cultures de diversification inférieures à 5 % de la surface agricole utilisée), figure le Grand-Ouest à dominante d'élevage, dont une part importante de la sole est tournée vers des cultures fourragères (blé, maïs ensilage), pour l'approvisionnement du bétail. La plaine d'Alsace et les Hauts-de-France ont des terres à haut potentiel agricole. Ils bénéficient d'un accès aux marchés industriels et d'infrastructures adéquates (irrigation, transport massifié grâce au Rhin), qui participent à la rentabilité des cultures habituelles, ce qui rend les cultures de diversification peu concurrentielles. Enfin, une partie de la Nouvelle-Aquitaine est spécialisée dans la production de maïs grain irrigué, avec des systèmes très peu diversifiés.

En revanche, certains bassins présentent une part importante (supérieure à 10 % de la surface agricole utilisée, hors prairies permanentes), consacrée aux cultures de diversification, y compris à destination non alimentaire. Le bassin méditerranéen en possède la plus grande proportion (légumineuses fourragères notamment), mais ce premier constat doit être relativisé par le faible pourcentage de surfaces arables dans cette zone. Les cultures de diversification en Occitanie-ouest et dans la partie sud-est de la Nouvelle-Aquitaine sont tirées par les rotations en production biologique. Le bassin normand est, quant à lui, spécialisé en lin.

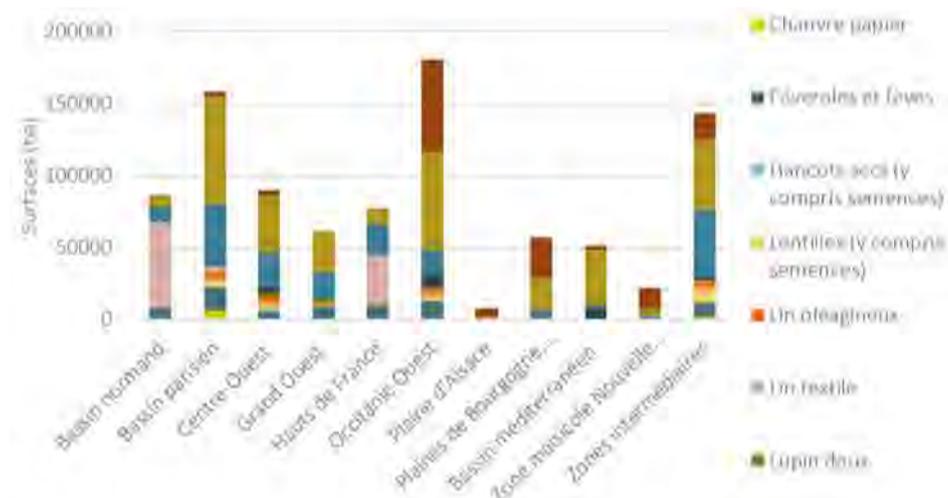
La culture de la luzerne est particulièrement intéressante dans les rotations des systèmes en agriculture biologique (culture nettoiyante et apport en azote dans le sol). Cela a contribué à son développement en Occitanie par exemple. Les exploitations en grandes cultures biologiques, à défaut d'ateliers d'élevage de ruminants, ont besoin d'un débouché pour cette luzerne. La structuration d'une filière permettant la valorisation de ce gisement de fourrage à haute teneur en protéines, auprès de l'élevage local, peut favoriser le développement de ces cultures. Par ailleurs, dans l'ouest du bassin, les conditions climatiques locales (chaleur) ont conduit à une spécialisation sur la culture de soja. Enfin, le développement des légumes secs (en production biologique notamment) intéresse des acteurs économiques (projet FILEG, Protéi-NA) et le Conseil régional lui-même (projet Légumicante).

Le Bassin parisien dispose de terres à bon potentiel qui permettent la culture d'une large gamme d'espèces. Des acteurs économiques structurants, par exemple Roquette pour le pois, y trouvent des volumes suffisants pour justifier la construction d'unités de transformation, en grand nombre sur le secteur.

Enfin, à l'inverse, du fait de terres à potentiel inférieur, les exploitations des zones intermédiaires ont un plus grand besoin de diversification pour être rentables. Ce développement est soutenu par des dynamiques territoriales fortes et par les coopératives des régions Bourgogne-Franche-Comté, Grand Est et Centre : soutien à la méthanisation et à l'implantation de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE), projet LEGGO, « coalition autonomie protéique régionale » en Centre Val de Loire, projet PEI Arpeege pour les cultures protéiques, etc. Ces trois bassins présentent, avec le Centre-Ouest, un nombre important de cultures différentes, contrairement à la plaine d'Alsace et au bassin normand, plutôt spécialisés sur un type de culture de diversification (soja et lin textile).

Le développement des cultures de diversification se heurte à plusieurs obstacles. Tout d'abord, des freins techniques provoquent une stagnation des rendements en pois et féverole, voire des baisses en lentille et pois chiche. Le changement climatique, des stress hydriques et thermiques accrus, les problèmes sanitaires (ravages causés par un insecte, la « bruche », ou maladies racinaires de type « aphanomyces » pour les pois et féverole), et le nombre limité de produits phytosanitaires destinés aux cultures « orphelines », expliquent cette stagnation. Malgré le progrès génétique, cela entraîne une perte de rentabilité par rapport aux cultures dominantes dont les rendements, eux, ont cru.

Figure 4 - Surfaces de cultures de diversification (moyenne de 2015 à 2019), par bassin de production



Source : données Agreste, traitement Ceresco, rapport final, page 14.

Ensuite, interviennent des freins économiques. Les prix ne sont souvent pas suffisamment incitatifs pour compenser des rendements relativement faibles. Ce phénomène s'observe notamment pour les cultures industrielles (pomme de terre, luzerne, betterave pour le Bassin parisien), ou d'autres cultures spécialisées (légumes, semences), qui génèrent des marges à l'hectare supérieures aux légumineuses. L'absence de marchés et de débouchés sécurisés empêche l'essor des cultures de diversification. Parfois, l'inadéquation entre l'offre et la demande entraîne une chute des prix après une période de forte production, ce qui contribue à déstabiliser les filières (exemple du pois chiche en 2020). Par ailleurs, les services écosystémiques liés aux rotations incluant des légumineuses ne sont pas encore couramment valorisés par le marché, et pris en compte dans les calculs des agriculteurs. Ainsi il est rare, dans les comptabilités agricoles, de décomposer des marges liées à ces rotations, ou de reporter les bénéfices de la rotation dans la marge de la culture de diversification (économie de fertilisation et moindre recours aux produits phytosanitaires, taux de protéine supérieur, etc.).

Enfin, des contraintes logistiques viennent s'ajouter aux freins techniques et économiques : séparation des lots pour les cultures classées en allergènes (soja, lupin), manque local d'outils de transformation et de lieux de stockage pour optimiser les flux, etc.

1.2. Enjeux logistiques liés à la diversification des cultures

Le développement des cultures de diversification est confronté à plusieurs enjeux logistiques.

En premier lieu, des flux semblent se « dé-massifier ». Ainsi, les flux de pois et de féverole sont en perte de vitesse. Sur les deux dernières décennies, la baisse des surfaces et des rendements n'a pas permis de saturer les outils de stockage ou d'intéresser les fabricants d'aliments, demandeurs d'approvisionnements avec des volumes minimums et réguliers. De plus, les débouchés massifiés à l'export qui permettaient de concentrer les flux vers un centre d'expédition unique (silos portuaires), se sont fermés : féverole pour l'Égypte en raison de la bruche, pois pour l'Inde suite à la mise en place de barrières à l'importation

par ce pays. Les flux n'atteignent donc plus la taille critique. En ce qui concerne les légumes secs, les flux s'atomisent, sous l'effet d'une segmentation croissante (espèces, variétés, signes de qualité dont « bio ») nécessitant plus d'allotement.

Par ailleurs, la variabilité interannuelle des volumes de collecte, pour des raisons agronomiques et climatiques, rend difficile l'optimisation de la logistique. Mais de nouvelles logiques de flux apparaissent : recherche de débouchés pour des productions à fort intérêt agronomique dans le cadre des rotations en agriculture biologique, développement de la demande en légumineuses locales pour les consommateurs et les nouveaux opérateurs industriels (transformation), mutualisations entre acteurs, etc.

À ce stade, ces nouvelles logiques ne vont pas dans le sens d'une massification des flux. Cela pourrait inviter à penser la logistique « en commun » pour, *a minima*, regrouper des volumes sur des marchés aux exigences compatibles entre elles.

2. La chaîne logistique des légumineuses

Quels sont les principaux modèles d'intégration des légumineuses dans les chaînes d'approvisionnement ? Afin de comparer, pour différents produits, les solutions d'acheminement mises en œuvres dans les différents bassins identifiés précédemment, l'étude utilise le concept d'« itinéraire logistique », défini par analogie avec « l'itinéraire technique » appliqué à une parcelle cultivée⁷.

L'itinéraire logistique consiste en une succession de plusieurs étapes, du « bout de champ » à l'entrée de la fosse de réception du client : 1) collecte ; 2) nettoyage et tri ; 3) stockage ; 4) expédition. Pour chaque étape, diverses organisations des flux de légumineuses peuvent exister, par croisement de différents paramètres : type de production, niveau de segmentation, localisations et distances, infrastructures et matériels disponibles ou mobilisés, opérateurs, etc. Cette notion d'itinéraire logistique permet de décrire l'organisation à chaque étape, et d'étudier son impact sur les coûts et les facteurs d'optimisation des performances.

2.1. Problématiques transversales

L'analyse met en évidence les spécificités des légumineuses à graines, d'une part, la dynamique de marchés et la question des échelles d'autre part.

2.1.1. Spécificités des légumineuses à graines

Ces spécificités sont liées aux résultats agronomiques, et à des différences physiques.

7. « Combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle agricole en vue d'en obtenir une production » (Sebillotte, 1978).

Différences liées aux résultats agronomiques

De façon générale, les légumineuses sont des cultures à rendement inférieur aux cultures concurrentes. C'est par exemple le cas du maïs et du soja dans le Sud-Ouest, en Bourgogne ou en Alsace. Cela a des implications importantes du point de vue logistique avec, à surfaces emblavées équivalentes, un taux de remplissage des bennes ou camions inférieur, une moindre saturation des silos, etc.

En céréales, les insectes sont surtout présents lors du stockage, alors que pour les légumineuses à graines, on les trouve en amont, au champ. La pression des insectes est plus forte pour les cultures de légumineuses à graines, en particulier en ce qui concerne la bruche, un insecte qui affecte essentiellement la lentille, la féverole et le pois. Il est alors nécessaire de procéder à une étape de désinsectisation, pour la mise aux normes du grain, et d'effectuer un « travail du grain » plus important. Ce surcroît de tri et de manutention augmente les risques de casse du grain et, plus globalement, le taux de freinte.

Par ailleurs, les caractéristiques agronomiques des légumineuses, en particulier leur capacité à fixer l'azote de l'air et à le restituer dans le sol sous forme assimilable par les plantes, leur donne une place importante dans les choix de rotations, y compris en association avec d'autres cultures. Les légumineuses sont en effet parfois cultivées en association avec des céréales (notamment en production biologique), ce qui a des implications sur toute la chaîne logistique.

Différences physiques

Les légumineuses ont des « poids spécifiques » différents de ceux des céréales. Le poids spécifique donne le poids par unité de volume, et est exprimé en kg/hl. Pour une même espèce, il varie selon les années et les variétés, ce qui affecte le recours aux infrastructures de stockage et de transport. Certains opérateurs ont cité l'exemple du soja, dont seulement 850 t peuvent être stockées dans une cellule de 1 000 t équivalent-blé.

Contrairement aux céréales, les graines de légumineuses possèdent deux cotylédons. Cela leur confère une fragilité intrinsèque, cruciale lors du processus de tri et qui peut entraîner un déclassement (oxydation, non-adéquation avec le cahier des charges de l'acheteur, etc.). La cuticule de la graine apporte une protection contre ce phénomène. La féverole, dont la cuticule est particulièrement épaisse, est ainsi plus résistante tant qu'elle n'est pas décortiquée.

Par rapport aux céréales, la graine de légumineuse est en tout cas impactée différemment par le processus de tri. Souvent, un matériel de manutention et des machines adaptées doivent être utilisés (débits de chute du grain réduits, matières appropriées comme le caoutchouc à la place du métal, etc.).

2.1.2. Dynamiques des marchés et questions d'échelles

Un marché plus atomisé, mais aussi plus segmenté

Le marché des légumineuses est moins massifié que celui des céréales. Ce phénomène est amplifié par une segmentation croissante, en particulier pour les légumes secs destinés à l'alimentation humaine, avec une multiplication :

- des types de marché : alimentation humaine ou animale, avec ou sans étape de transformation préalable, sachant que les procédés de transformation induisent des contraintes fortes sur les caractéristiques physiques et visuelles du grain ;

- du nombre d'espèces cultivées : pois chiche, lentilles vertes, lentilles corail, lentilles beluga, haricots rouges, haricots blancs (eux-mêmes divers), flageolets, etc. ;
- des signes officiels de qualité ou labels (agriculture biologique, Indication géographique protégée (IGP), Appellation d'origine protégée (AOP), Label rouge, labels Haute valeur environnementale (HVE), Zéro résidus de pesticides (ZRP), etc.)
- la part représentée par le bio tendant à augmenter.

L'allotement réalisé par les organismes stockeurs (OS), au sein d'une même catégorie de produits, doit tenir compte de structures conçues, dans la majorité des cas, il y a plusieurs décennies, pour des flux plus massifiés de céréales et d'oléagineux. Ainsi, une personne interrogée indiquait : « nous avons un outil dimensionné dans l'ancien monde, et besoin de toutes petites capacités ». Les opérateurs doivent donc faire face au problème structurel de la gestion de flux dont le nombre augmente, mais dont la taille moyenne diminue.

Pour ce qui concerne l'alimentation animale, les légumineuses françaises sont plus fréquemment valorisées par des cahiers des charges visant des marchés spécifiques (non OGM, filière viande ou lait IGP/AOP, etc.). Des exigences de séparation et de traçabilité s'exercent alors, parfois associées à des normes de qualité supérieure (par exemple, référentiel de certification nutrition animale - RCNA). Ainsi, d'après un interviewé, « aujourd'hui, une usine d'alimentation c'est 500 références d'aliments, et 60 cahiers des charges ».

Les Fabricants d'aliment de bétail (FAB) disposent de capacités de stockage limitées, et recherchent une stabilité des formulations. Ils essayent d'obtenir une régularité des approvisionnements au cours de l'année, ce qui impacte indirectement la nécessité de ségrégation des lots chez l'OS. Pour simplifier les opérations, le FAB peut développer ses propres capacités de stockage, supprimer d'autres matières premières (substitution), ou accepter de perdre en souplesse de formulation. La substitution implique aussi la disponibilité de la nouvelle matière première en quantité suffisante.

Démassification des flux de protéagineux

Ces filières autrefois massifiées font face à des réductions de l'offre : les surfaces en pois ont été divisées par six depuis le début des années 1990, celles en fèves par 2 depuis 2010. Elles connaissent également des pertes de marchés structurants (grand export de fève ou de pois), menaçant les équilibres économiques établis, les économies d'échelle qui préexistaient, et la saturation des outils de stockage.

Gestion des risques sanitaires et des niveaux de pureté

Des contraintes fortes s'exercent pour garantir le respect de normes sanitaires. Certaines sont relatives à l'allergénicité. Le soja et le lupin sont ainsi classés « allergènes majeurs » au niveau européen. Ce classement nécessite la ségrégation totale du flux de soja et de lupin par rapport aux flux d'autres espèces, telles que les céréales ou d'autres légumineuses non classées allergènes. Le cas échéant, des mentions spécifiques doivent figurer sur le packaging destiné au consommateur.

Par ailleurs, dans le cas de silos travaillant à la fois des légumineuses et des céréales, peuvent se produire des contaminations croisées avec le gluten présent dans les céréales. Gérer ces contaminations croisées suppose des nettoyages poussés, dans les cas où il n'est pas possible de mettre en place des circuits dédiés. Cela implique un surcoût important. Certains opérateurs choisissent alors de consacrer des sites entiers aux légumineuses, pour éviter les risques de contaminations croisées.

Pour le soja, la culture d'OGM est interdite en France. Les filières non-OGM françaises se dotent donc de schémas de contrôle permettant de vérifier :

- le caractère sans OGM de la semence, sur la base des étiquettes du semencier ;
- le fait que la culture a bien été faite en France ;
- le respect de la traçabilité, en particulier lorsque de la marchandise non garantie sans OGM transite par le même site (pratique pouvant être interdite par certains référentiels).

Des analyses complémentaires ont lieu par échantillonnage.

Enfin, des exigences en matière de limite maximale de résidus (LMR) de pesticides s'appliquent aux légumineuses. Il s'agit également ici, pour l'OS, de s'assurer de l'absence de contaminations croisées.

2.2. Analyse transverse par maillon logistique

Une analyse maillon par maillon a passé en revue la collecte, le travail du grain, le stockage et l'expédition.

2.2.1. Collecte

L'étape de la collecte comprend le transport de la légumineuse depuis le champ où elle est récoltée, jusqu'au silo où elle sera stockée, ce transport étant nommé « transport primaire » ou « transport sur achat » selon les opérateurs.

Trois modalités principales d'apport de matières premières existent :

- apport par l'agriculteur, dans une benne attelée au tracteur ; il s'agit de la situation la plus répandue ;
- collecte par l'OS avec des caissons (figure 5). Il s'agit d'un système de stockage temporaire. L'OS dépose des caissons chez l'agriculteur avant la récolte. Ceux-ci sont remplis puis collectés par l'OS en second temps ;
- stockage temporaire sur l'exploitation agricole, avec une collecte par l'OS en semi-remorque.

Figure 5 - Photo d'un caisson bâché



Source : Ceresco, 2021

Des combinaisons de ces différents types de collecte permettent d'atteindre des optimums d'organisation, comme par exemple avec un remplacement partiel de camions par des caissons, en réponse à une augmentation de la diversité des légumineuses cultivées. Des logiciels, tel Optiflux, peuvent apporter aux OS une aide à la décision.

Les silos de collecte et les transferts

La graine peut être directement apportée au silo « principal », où elle sera triée et stockée. Elle peut aussi être acheminée à un silo « de collecte », « satellite » ou « intermédiaire ». Le but est alors de constituer un point d'apport proche du lieu de récolte, à la différence du silo de stockage principal, souvent plus éloigné. Il s'agit également d'absorber l'excédent de graines apportées par rapport au débit d'entrée permis par le silo de stockage. Ces sites sont présents en plus grand nombre que les silos principaux, et ils permettent un stockage de court terme. La marchandise est reprise les jours suivants pour être acheminée par l'OS au silo principal. On parle alors de « transfert ». Cette reprise fait souvent intervenir des camions dont il faut optimiser le remplissage pour réduire les coûts de transfert. En cas de quantité insuffisante dans un silo intermédiaire, le remplissage d'un camion peut éventuellement nécessiter une tournée passant par plusieurs silos de collecte.

Contraintes de collecte

La temporalité des récoltes est une première contrainte sur la collecte des légumineuses. La récolte de celles-ci coïncide parfois avec celle de cultures plus massifiées. Par exemple, la fin de la récolte du soja chevauche, plus ou moins longtemps selon les années, celle du maïs. Il en est de même pour le pois par rapport au colza ou au blé. L'espèce supplémentaire à gérer pour les OS crée une difficulté, pour des volumes généralement faibles. Cette contrainte s'exerce aussi au niveau des opérateurs de récolte, tels que les Entreprises de travaux agricoles (ETA). Certaines peuvent facturer aux agriculteurs le changement de la barre de coupe pour les légumineuses, en période de moisson des céréales. Enfin, la réalisation des moissons est de plus en plus rapide, et cette vitesse accrue n'est pas compensée par une augmentation des débits en entrée des silos. Cela entraîne donc un télescopage des flux sur les silos de collecte. Quand les silos de collecte sont engorgés, gérer cet ensemble de contraintes, oblige parfois les opérateurs, sur certaines productions à faible volume, à mélanger le produit segmenté avec le tout-venant des légumineuses. En découle une perte de valeur ajoutée.

Un deuxième type de contraintes est lié aux distances parcourues. Les légumineuses représentent une petite part de la Surface agricole utilisée (SAU), dans toutes les régions de France (5,5 % en moyenne). Leur parcellaire est par conséquent plus atomisé que celui des céréales, avec des parcelles souvent plus petites. Cela entraîne des coûts de collecte supplémentaires par rapport aux céréales, avec des bennes moins pleines et des distances à parcourir plus grandes.

Certains OS dédient des sites aux légumineuses, pour simplifier la gestion des contraintes sanitaires (contaminations, allergènes), améliorer la prise en compte des spécificités des légumineuses (convoyeurs « doux » préservant l'intégrité du grain, outils de tri spécifiques et d'ensachage, etc.). Les coûts de transfert sont nécessairement plus élevés dans le cas d'une telle centralisation, car la distance moyenne parcourue est augmentée (surcoût estimé entre + 50 et + 100 % par les opérateurs interrogés, par rapport aux sites non dédiés)⁸.

8. Certains opérateurs possèdent des sites dédiés car ils sont spécialisés dans une légumineuse (par exemple, lentille du Puy). Ils font exception aux situations présentées ici.

Les OS n'ayant pas fait le choix de sites dédiés sont tout de même soumis à l'exigence de gérer des cellules dévolues aux légumineuses. Ils doivent alors optimiser les regroupements et transferts pour minimiser les coûts de transport. De plus, ils doivent gérer la réception de ces graines sur des sites conçus pour la collecte de céréales.

Éléments de coûts liés à la collecte

Il résulte des éléments précédents que les coûts de collecte des légumineuses sont environ deux fois supérieurs à ceux des céréales, et de plus, très variables. Cette hétérogénéité sera décrite et commentée dans les études de cas (partie 3). En voici quelques aspects :

- coût total : entre 2,6 et 40 €/t, et jusqu'à 50 € pour des petits volumes de légumes secs en production biologique ;
- transport sur achat : 2,6 à 10 €/t selon le niveau d'atomisation des surfaces, pour les filières soja *feed/food* et protéagineux ; 5 à 20 €/t selon le bassin de production pour les lentilles ; jusqu'à 30 à 40 €/t dans le cas d'utilisation massive de caissons (multiplication par 2 du coût de transport) ;
- stockage tampon à la ferme (temporaire pour lisser les flux d'arrivée sur le silo) : de 5 à 10 €/t, avec une grande variabilité selon la durée.

Bilan des facteurs influençant le coût de collecte

Des facteurs de dégradation des performances logistiques et de renchérissement de la collecte sont identifiés :

- petits volumes récoltés sur des surfaces atomisées ;
- développement des filières (SIQO, AB, cahiers des charges privés, etc.), nécessitant plus de segmentation des flux ;
- nécessité de séchage en années humides ;
- multiplication des fonds de silo en raison de petites quantités par site (augmentation du transport avec plus de camions en demi-charge) ;
- selon les espèces, produits parfois plus légers par unité de volume mais avec des coûts de transport équivalents.

Plusieurs facteurs d'amélioration (diminution du coût de la collecte, etc.) sont également à prendre en compte. Un stockage tampon ou précaire peut être développé à la ferme pour lisser les flux. Les chantiers de récolte peuvent être mutualisés entre OS, pour diminuer les distances, augmenter la quantité transportée par trajet et réduire le nombre de kilomètres parcourus par tonne transportée. Par ailleurs, pour les cultures sous contrat, des pistes existent du côté de la planification des récoltes et de la répartition spatiale des variétés, avec toutefois une incertitude sur le rendement pour la conversion en volume. Enfin, les surfaces à proximité des sites dédiés pourraient être sectorisées, mais cela poserait un problème d'équité entre adhérents.

2.2.2. Le travail du grain

Le travail du grain a pour but de le « mettre aux normes », c'est-à-dire de rapprocher la qualité d'un lot de celle souhaitée par un client. Une première étape, l'agrégage (figure 6), est nécessaire pour caractériser la qualité du lot : taux d'impuretés, de protéines, d'humidité, etc.

Figure 6 - Agréage : photographie d'une sonde de prélèvement



Source : Ceresco, 2021

Le travail du grain à proprement parler commence ensuite. Il comporte, dans des combinaisons variables, différentes opérations :

- élimination d'impuretés : pierres, graines d'autres espèces, insectes, etc. ;
- élimination de grains non souhaités (cassés, ne correspondant pas au calibrage voulu) ;
- séchage pour atteindre un certain taux d'humidité, quand cela est nécessaire ;
- mélange de lots pour maximiser la conformité avec les cahiers des charges des clients, par exemple pour atteindre un taux en protéines attendu ;
- désinsectisation.

Divers équipements permettent des tris selon des paramètres physiques différents (figure 7).

Figure 7 - Diversité des équipements de tri du grain

Type de matériel	Fonctionnement	Paramètre de tri
Trieur aérodynamique	Soufflerie	Poids spécifique
Trieur à grille : nettoyeur séparateur	Grilles (leur nombre peut varier)	Largeur, épaisseur
Tables densimétriques	Tamis vibrant incliné et traversé par un flux d'air ascendant	Densité : déchets légers (résidus liés au décorticage) ou lourds (cailloux)
Trieur alvéolaire (rare, issu du monde de la semence)	Extraction des grains ne s'insérant pas dans les alvéoles (ex. : blé, lentilles)	Forme et longueur du grain
Trieur optique	Caméras	Couleur, taille, forme

Source : auteurs.

Ces équipements peuvent être utilisés successivement, suivant la légumineuse concernée, le matériel disponible, et les exigences du client. Les outils sont souvent issus

du secteur de la semence, qui réalise un travail poussé du grain depuis des décennies. Le niveau d'équipement des opérateurs est hétérogène (le plus couramment trieur à grilles, séparateur, table densimétrique), et ces derniers peuvent sous-traiter à des opérateurs de tri lorsqu'ils n'ont pas le matériel nécessaire.

Par ailleurs, pour certains marchés destinés à l'alimentation humaine, des exigences qualitatives complètent les aspects relatifs à la composition physico-chimique de la graine :

- couleur homogène (ex. fèverole alimentaire) ;
- taille homogène ;
- absence de résidus de pesticides (notamment, label ZRP) ;
- absence d'insecticides de stockage, y compris non rémanents (phosphine).

Le respect de ces exigences nécessite la plupart du temps un passage en table densimétrique, voire en tri optique. Certains paramètres ne peuvent être gérés mécaniquement (comme l'absence de résidus ou d'allergène), et nécessitent *a minima* une séparation des flux dès l'entrée dans le silo.

Enfin, l'utilisation de matériels spécifiques et l'adaptation de ces outils au tri de légumineuses nécessitent une formation et un savoir-faire. De ce point de vue, il y a un intérêt à mutualiser les installations de travail du grain.

Importance du taux de freintes

Chaque étape génère des « écarts de tri », des déchets et des pertes, ce qui impacte le taux de freintes global, qu'il s'agit de limiter au maximum. Cela concerne également l'étape de séchage puisque la baisse du taux d'humidité constitue une freinte théorique équivalant aux points d'humidité perdus.

Lors des entretiens, des taux de freinte bien supérieurs à ceux existant dans les filières céréales et oléagineux ont été relevés (de l'ordre de 0,5 à 1 % en céréales), avec une hétérogénéité assez élevée d'une espèce à l'autre.

Une partie des écarts de tri est souvent valorisée en alimentation animale, autour de 20 €/t, et parfois jusqu'à 150 €/t s'ils sont riches en protéine valorisable en alimentation animale biologique. Certains opérateurs vont jusqu'à acquérir des fabricants d'aliment de bétail pour pouvoir valoriser ce co-produit.

Gestion des insectes

Dans les filières légumineuses, les insectes ne sont pas liés aux installations de stockage et ils proviennent en majorité de l'amont agricole (exemple typique de la bruche). Les opérateurs réalisent un double nettoyage préventif des infrastructures (silo) et des grains en entrée⁹. Un autre nettoyage peut être réalisé si besoin avant expédition.

Il ressort des entretiens que le travail de désinsectisation réalisé par les OS serait significativement réduit si des solutions de prévention au champ étaient mises en œuvre. En effet, les opérateurs constatent une forte hétérogénéité des taux d'impuretés selon les exploitations, preuve que des progrès peuvent être réalisés. Selon un interlocuteur interrogé, « le meilleur gain de productivité sur le travail du grain, c'est le tri et l'allotement qu'on économise grâce à un agriculteur qui maîtrise le salissement de sa parcelle et ses outils de récolte ».

9. Il est coûteux et difficile de le réaliser en cours de stockage car il existe un risque de cassure.

Séchage et gestion du taux d'humidité

Cette étape intervient de manière curative, au moment de la récolte, afin d'abaisser le taux d'humidité de la graine à un niveau conforme au cahier des charges convenu avec le client. Sa réalisation est relativement fréquente sur la façade atlantique, dans le Bassin parisien et les Hauts-de-France. Elle est plus exceptionnelle dans les autres régions, en fonction des conditions climatiques et du degré d'humidité à la récolte. C'est une pratique identifiée, lors des entretiens, sur pois, soja et fève.

L'utilisation d'un séchoir entraîne, du point de vue logistique, une rupture de charge et un goulet d'étranglement. En effet, elle doit avoir lieu dans les 24 heures après récolte et peut se télescoper avec les opérations visant d'autres cultures telles que le tournesol, le maïs ou le sorgho, voire les céréales à paille. Dans la plupart des cas où un séchage est nécessaire, il concerne en effet une part significative de la zone de collecte de l'OS et des cultures qui y sont récoltées à la même date. Par exemple, s'il est nécessaire telle année de sécher le soja, dans le Sud-Ouest, il est très probable qu'il faudra aussi sécher le maïs. Le séchage n'est pas une contrainte propre à l'alimentation humaine qui peut parfois, au contraire, avoir des exigences de taux d'humidité minimum (cas du soja pour certains outils de fabrication de *soyfood*¹⁰). C'est en revanche une contrainte des opérateurs de trituration ou d'extrusion qui, d'après les entretiens réalisés, semble se renforcer. Un taux d'humidité optimal a en effet un impact sur le rendement de leurs outils et sur la facilité de décorticage, étape permettant une optimisation du taux en protéines du produit final.

Le coût du séchage varie de 3 à 20 €/t, avec une moyenne de 9 €/t traitée. Ce coût est très variable selon le taux d'humidité et l'année.

Facteurs d'altération et leviers de performance en production biologique

Comme cela a déjà été évoqué, les légumineuses occupent une place importante dans les rotations en agriculture biologique. La fixation symbiotique constitue un apport d'azote précieux dans des systèmes où l'apport d'azote de synthèse est interdit. Elles présentent aussi d'autres intérêts agronomiques tels qu'un pouvoir « nettoyant », en rompant le cycle des adventices dans les rotations. Ces spécificités du mode de production biologique ont des conséquences du point de vue logistique (figure 8).

Conditionnement

À la suite du tri, les légumineuses peuvent être conditionnées selon divers formats adaptés à leur expédition et leur utilisation. Dans tous les cas, il existe au moins une rupture de charge. La figure 9 décrit les contenants potentiels hors vrac et leurs coûts associés.

10. Industrie de la transformation du soja par voie humide, à destination de l'alimentation humaine. Elle produit du *tonyu*, matière riche en protéines ensuite valorisée, par exemple, en substituts aux produits laitiers ou en tofu.

Figure 8 - Production biologique de légumineuses et logistique

	Facteur	Levier pour diminuer la charge logistique
Agriculteur	Rendements inférieurs générant des volumes plus faibles par parcelles	Peu de leviers (facteur inhérent à l'agriculture biologique) ; recours au stockage à la ferme pour l'optimisation des tournées
	Cultures associées	- Tri reporté en fin de campagne - Hétérogénéité de taille et/ou forme et/ou densité des graines favorisant leur séparabilité lors du tri - Pré-tri au niveau producteur si possible
	Nombre de variétés élevé	Contractualisation, si filière longue
OS	Ségrégation et nécessité d'absence de contaminations croisées	Recours au stockage à la ferme
	Taux de remplissage à la collecte et stockage inférieur	- Recours au stockage temporaire à la ferme - Optimisation encore plus poussée de l'organisation de la collecte, par exemple sous forme de tournée auprès de plusieurs exploitations. - Stockage long à la ferme - Augmentation des taux de rotation au niveau des OS
	Allotement plus important Volumes des lots plus faibles	Stockage tampon (en caissons ventilés) avant travail du grain
	Taux de freintes supérieur	- Techniques de récolte - Séchage
	Désinsectisation conformément au règlement sur la production biologique ¹¹	Mutualisation des outils de traitement entre opérateurs ou appel à un prestataire de services.

Source : auteurs

Figure 9 - Caractéristiques des contenants hors vrac et coûts associés

Type	Quantité unitaire	Coût	Commentaires
Container	15 à 30 t	15 à 40 €/t	Utilisé pour l'export à haut niveau d'exigence sanitaire (sans glyphosate) Nécessité de mettre le container à la verticale, utilisation d'un contenant (« grand sac ») interne au container, mise sur châssis, multiples ruptures de charge
Big bag	800-900 kg	5 à 6 €/t (+ 1 à 2 € le big bag)	Privilegié pour les transports non massifiés entre OS et industriels ou pour certaines opérations (désinsectisation)
Sac	25 kg	120 €/t	Intérêt technique pour la vente en vrac au consommateur Intérêt économique car coût d'ensachage inférieur aux petits formats
Sachet	500 g à 3 kg	170 à 300 €/t	Prix faibles pour des prestations à façon ou outils déjà amortis Prix plus élevés pour des outils récents ou avec de faibles économies d'échelle

Source : auteurs

11. Règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:02018R0848-20220101>

Coûts globaux de tri

L'étude permet d'estimer les différents coûts associés à l'étape du tri :

- nettoyage simple (nettoyeur-séparateur, table densimétrique si nécessaire) : entre 3 et 10 €/t (7 € en moyenne) pour des flux massifiés (pois, féverole) ; 60 €/t pour des flux non massifiés ;
- table densimétrique : entre 10 (pois) et 70 €/t (légumes secs), suivant le niveau de massification ;
- tri optique : entre 60 et 200 €/t ;
- surcoût de tri lié à des cultures associées : au minimum 30 €/t. L'investissement supplémentaire est estimé à 1 à 2 % s'il est prévu au moment de la construction initiale du silo, mais des charges variables sont à prévoir (main-d'œuvre, freintes).

2.2.3. Stockage

À cette étape, par comparaison avec les céréales, ces flux sont plus nombreux mais leurs tailles plus faibles. L'idéal est ainsi d'avoir les taux de remplissage et les taux de rotation les plus élevés possibles.

Pour les légumineuses, la diversité des flux, leur petite taille et la relative imprévisibilité des rendements, rendent plus difficiles l'amélioration des taux de remplissage et la saturation des installations. Les OS cherchent donc à vendre leur collecte rapidement pour libérer de l'espace, au risque d'un prix de vente bas (« valeur de dégagement »).

Ce phénomène est accentué dans certaines zones telles que les bassins de production historiques du pois et de la féverole. La baisse de l'offre en graines engendre une « sous-saturation » des installations existantes par manque de volume.

Par ailleurs, en légumes secs en particulier, les consommateurs demandent plus de diversité d'espèces : lentilles vertes, lentilles corail et beluga, diverses variétés de haricots, de pois chiches, etc. Cela s'ajoute à une segmentation accrue des modes de production : biologique, AOP, Label rouge, HVE, ZRP, etc. Pour le stockage, la séparation des lots est exigée, ce qui nécessite de plus nombreuses cellules avec des taux de remplissage très variables.

Pour les silos, il en résulte des taux de rotation (nombre de rotations par an, une rotation correspondant au cycle complet de remplissage puis de déstockage), au mieux proches de 1, contre des valeurs entre 1 et 2 pour les céréales, dans le cas de silos pour de l'expédition camion. Des contraintes spécifiques à certaines légumineuses expliquent ces écarts. Le soja doit par exemple être stocké trois mois avant d'être utilisé par les fabricants de *soyfood*, puisque des équilibres enzymatiques sont à atteindre pour améliorer la processabilité (aptitude à la transformation).

Le stockage peut se faire dans des sites dédiés aux légumineuses à graines, pour certains opérateurs qui disposent d'équipements spécialisés et adaptés (tapis, revêtements spéciaux), au lieu d'installations conçues pour le stockage de céréales. Les graines de légumineuses ont en effet des propriétés physico-chimiques différentes de celles des céréales. Le soja et le pois sont par exemple plus abrasifs pour les installations.

Les stratégies des OS sont de deux types :

- dans le cas de marchés en croissance, il s'agit pour eux d'augmenter les volumes pour mieux remplir, et durablement, les cellules, y compris pour des installations initialement conçues pour des céréales ;

- dans le cas de marchés de niche, présentant des volumes relativement faibles dans la durée, il s'agit d'investir dans des capacités de stockage plus réduites pour disposer de cellules de petite taille, dont le taux de remplissage sera amélioré.

Il existe divers modes de stockage et de conditionnement, décrits dans les études de cas. Les flux les plus massifiés sont stockés dans des cellules de silo, à la manière des céréales. C'est également le cas des flux moins massifiés mais destinés à une transformation (par exemple le soja pour l'alimentation humaine).

En revanche, en ce qui concerne les légumineuses destinées à l'alimentation humaine sans transformation, la situation est plus hétérogène, et les flux, de petite taille. Ainsi, certains opérateurs travaillent uniquement avec du stockage en caissons ou en *big bag*.

Facteurs influençant le coût du travail du grain et du stockage

L'étude a identifié des facteurs augmentant ces coûts :

- un mauvais réglage des machines de récolte ;
- la présence de graines adventices ;
- des installations assez anciennes et des cellules de grande taille ;
- des silos inadaptés aux techniques modernes de gestion des insectes, dans un contexte de contraintes croissantes quant à l'usage d'insecticides de stockage (réglementation, cahiers des charges) ;
- de nombreux cas de stockage prolongé dans les silos de premier rang (absence ou de quasi-absence de rotation), entraînant une augmentation des charges fixes ;
- un risque de « télescopage » de moissons dans les séchoirs ;
- une recherche de valeur et de différenciation concurrentielle, associée à des difficultés de mutualisation (accords de collecte, stockages mutualisés, cahiers des charges) ;
- des freintes et des écarts de tri importants ;
- la gestion des contaminations croisées (allergènes, pesticides, OGM) ;
- une usure accélérée du matériel, supérieure à celle constatée pour les céréales, en raison de la présence de silice et de cailloux, de terre et de sable, de l'abrasivité ;
- une présence d'insectes (bruche).

Plusieurs facteurs d'amélioration ont également pu être identifiés. Il s'agit d'abord de la croissance des volumes de récolte (permettant une dilution des charges fixes), du fait de dédier des sites (avec toutefois une hausse potentielle des coûts de transfert inter-sites), et de la régularité des marchés, favorable à un travail en flux tendu et à l'optimisation du taux d'utilisation des outils. Le stockage précaire de courte durée (1 à 2 mois maximum), chez l'agriculteur, permet de lisser les flux vers le stockage de l'OS et d'optimiser le matériel de collecte. De même, l'externalisation des capacités de stockage chez les agriculteurs peut faciliter l'allotement. Enfin, le réglage des moissonneuses batteuses (réduction des impuretés et des brisures), et l'utilisation de silos récents (économies de masse salariale par gain de manutention, travail moins pénible, réduction des freintes), sont également des facteurs relevés.

2.2.4. Expédition

L'expédition constitue la dernière étape de l'itinéraire logistique des légumineuses, avec le transport de la marchandise entre l'OS et son utilisateur final.

Les flux de légumineuses sont, à ce stade également, inférieurs à ceux des filières céréalières. Ainsi, sur les trente dernières années, on observe une disparition progressive

et quasi totale des modes de transport massifiés pour les légumineuses. Les transports maritimes sont réservés à l'export (hors périmètre de l'étude), et souvent réalisés en containers. Les transports ferroviaires sont rares et, parmi eux, figurent des containers fixés sur rails.

La démassification implique, à des échelles différentes, une moindre optimisation logistique. Les transports en charge partielle sont ainsi plus fréquents. De plus, les cellules de stockage étant plus nombreuses et de taille réduite, la gestion de fins de silos est plus fréquente, et elle vient diminuer les performances logistiques.

L'expédition souffre également de flux de retours non optimisés, et parfois à vide. La mutualisation du transport entre différents opérateurs, peut y apporter une réponse. Celle réalisée par Logivia, pour plusieurs coopératives de Bourgogne-Franche-Comté et d'Auvergne-Rhône-Alpes, en est un exemple.

Enfin, le type de conditionnement peut sensiblement modifier l'organisation des flux d'expédition. Par opposition au vrac, les sacs sur palette ou les *big bags* font intervenir des remorques-plateaux qui nécessitent plus de manutention au chargement et des volumes transportés plus faibles.

Le container est un cas particulier de conditionnement¹². Utilisé pour de l'export par voie maritime, il est utilisé pour des marchés à forte valeur ajoutée (soja et pois pour l'Asie). L'expédition en container offre de la souplesse à l'OS, qui peut préparer les containers 2 à 4 jours à l'avance, sur des jours et heures ouvrables, quand les salariés sont disponibles. Le navire est ensuite chargé à son arrivée, mais cette étape ne demande plus un pic de main-d'œuvre. Cette souplesse vaut également pour l'industriel qui reçoit simultanément tous les containers, ce qui facilite la gestion des livraisons et des chauffeurs.

3. Évaluation des coûts logistiques

Pour évaluer les coûts logistiques, neuf études de cas¹³ ont été réalisées, permettant ensuite de comparer pour tirer des enseignements généraux.

3.1. Les études de cas

Les études de cas avaient pour objectif de décrire des familles de flux (figure 10). Elles se sont appuyées sur les informations transmises par les opérateurs économiques rencontrés, tout en respectant leur confidentialité, ce qui a nécessité un niveau d'agrégation minimal pour garantir l'anonymat.

12. Un container de 20 tonnes correspondrait à 20 *big bags* ou à 100 palettes contenant des sacs de 25 kg.

13. Les neuf études de cas sont détaillées dans le rapport final, aux pages 42-70.

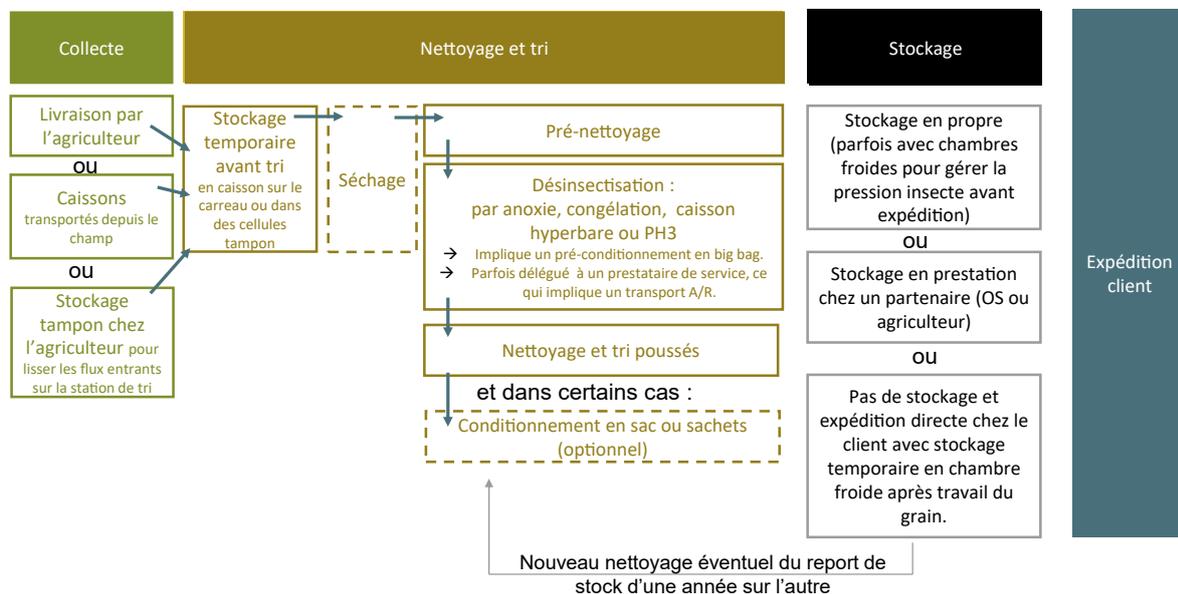
Figure 10 - Liste des neuf études de cas

Étude de cas		Espèces concernées
A	Logistique intégrée / OS préexistants	Légumes secs
B	Externalisation du travail du grain	Les coûts obtenus et étudiés concernent essentiellement les filières lentilles et pois chiches, les opérateurs ayant eu plus de difficultés à transmettre des données pour les légumineuses à graines (LAG) minoritaires (haricot, lupin, pois cassé)
C	Flux émergents en légumes secs	
D	Micro-flux locaux en légumes secs	
H	Restauration collective	
E	Soja alimentation humaine	Soja
F	Flux de légumineuses destinées à la transformation pour l'alimentation animale	Soja (majorité), pois, féverole, lupin
G	Protéagineux	Pois, féverole
I	Nouvelles filières de valorisation de la luzerne	Luzerne

Source : auteurs

Pour chaque étude de cas, plusieurs dimensions ont été observées. Un schéma synthétique des itinéraires logistiques possibles, parfois communs à plusieurs cas, a été produit. La figure 11 présente le schéma établi pour les légumes secs (études de cas A, B, C, D et H). Les alternatives au niveau de la collecte y figurent : livraison par l'agriculteur, caissons transportés depuis le champ ou stockage tampon au niveau de l'exploitation permettant de lisser les flux entrant dans la station de tri. Les étapes successives de nettoyage et de tri sont aussi identifiées. La phase suivante peut passer par trois options : stockage en propre ou en prestation, expédition directe chez le client.

Figure 11 - Schéma de la diversité des itinéraires possibles en légumes secs

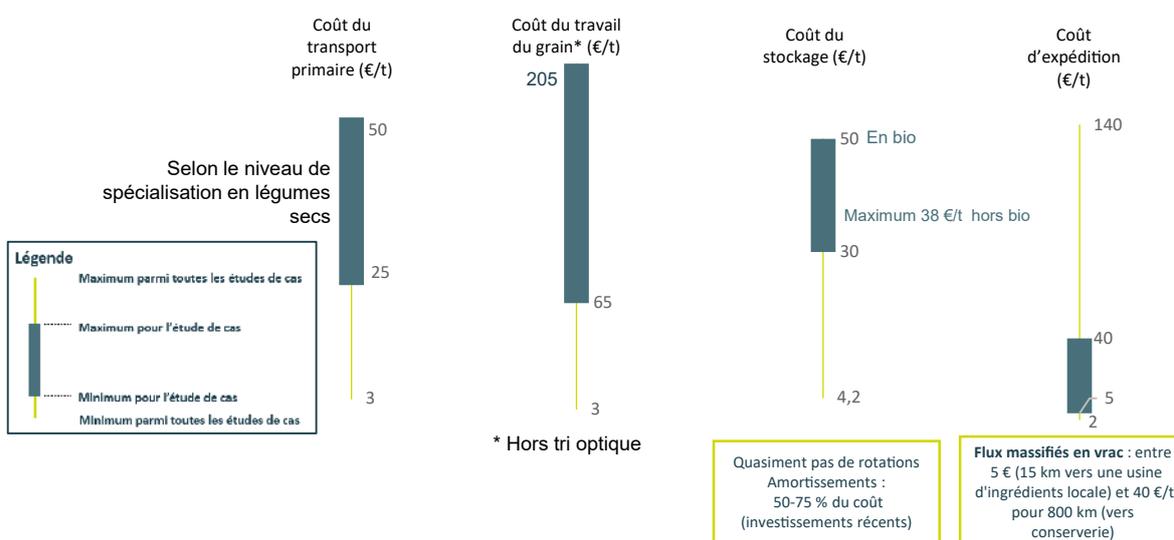


Source : rapport final page 41.

Les principales caractéristiques des cas étudiés sont documentées : espèces concernées, volumes estimés, principaux bassins. Des exemples d'opérateurs sont également fournis.

Une analyse des coûts a ensuite été réalisée, débouchant sur des fourchettes (figure 12). Cette analyse a été parfois complétée de détails concernant des coûts ou des niveaux d'investissements propres à l'étude de cas concernée. Enfin, les facteurs d'amélioration et de dégradation des performances logistiques ont été identifiés, et les perspectives et enjeux dégagés.

Figure 12 - Représentation des coûts associés à l'étude de cas A (logistique intégrée, avec OS préexistants, légumes secs)



Source : Ceresco, 2021, rapport final page 44.

Dans la figure 12, le coût du transport primaire varie selon le niveau de spécialisation en légumes secs, en se rapprochant de 25 €/t commercialisée dans les cas où l'OS est en capacité de massifier la collecte et de réaliser des économies d'échelle à ce niveau. À l'inverse, le coût de 50 €/t est associé à des cas de collecte atomisée, en caissons, avec des taux de remplissage inférieurs à 100 %. L'OS peut choisir d'augmenter son coût de collecte en concentrant les légumes secs sur un nombre réduit de silos, afin de diminuer les coûts de stockage et de tri des légumineuses. Le coût du stockage se situe ici sur le haut de la fourchette identifiée pour toutes les études de cas. Cela s'explique notamment par une absence de rotations dans les silos : les cellules sont dédiées à un lot de légumineuses qui diminue au fil des expéditions. La cellule est rarement de nouveau remplie au cours de la campagne. Enfin, les coûts d'expédition identifiés concernent des flux massifiés en vrac, à destination d'usines agroalimentaires (ingrédients, conserveries, etc.) et varient entre 5 et 40 €/t commercialisée, selon la distance à parcourir.

3.2. Bilan des études de cas

À l'issue de l'analyse des itinéraires techniques et de la collecte d'informations chiffrées sur les coûts associés aux différentes étapes de ceux-ci, les données des études de cas A à G, peuvent être considérées comme homogènes, et comparables. *A contrario*, les études de cas H et I comportent des spécificités (flux émergents, atomisés, etc.), qui justifient de ne pas les inclure dans une comparaison.

Chaque flux comporte une taille critique, nécessaire pour rentabiliser les outils (dimensionnés pour des filières plus massifiées comme les céréales), ou pour faciliter l'accès à certains marchés (commandes par des fabricants d'aliments pour animaux). Cette taille critique est difficile à atteindre pour les flux de protéagineux pour le grand export, par exemple, ou pour les filières en cours de développement : légumes secs, protéagineux pour l'alimentation animale.

L'organisation logistique doit aussi prendre en compte l'augmentation des aléas climatiques et agronomiques (pression des insectes, etc.), qui font varier d'une année sur l'autre, en quantité et qualité, les flux entrants de légumineuses. Les masses à collecter, trier, stocker et expédier sont moins prévisibles et la cohérence entre les volumes collectés et contractualisés est difficile à assurer. Il en résulte des stocks de report ou, à l'inverse, des défauts de marchandise.

Les flux entrants se multiplient du fait de la diversification des systèmes de production (rotations, variétés, associations de cultures, etc.). Simultanément, les flux sortants répondent à la demande croissante de segmentation venant des clients. Cette diversification par l'amont et l'aval s'accompagne d'un effort d'allotement supérieur de la part des OS, avec pour corollaire une moindre fongibilité des lots rendant encore plus difficile d'atteindre les tailles critiques.

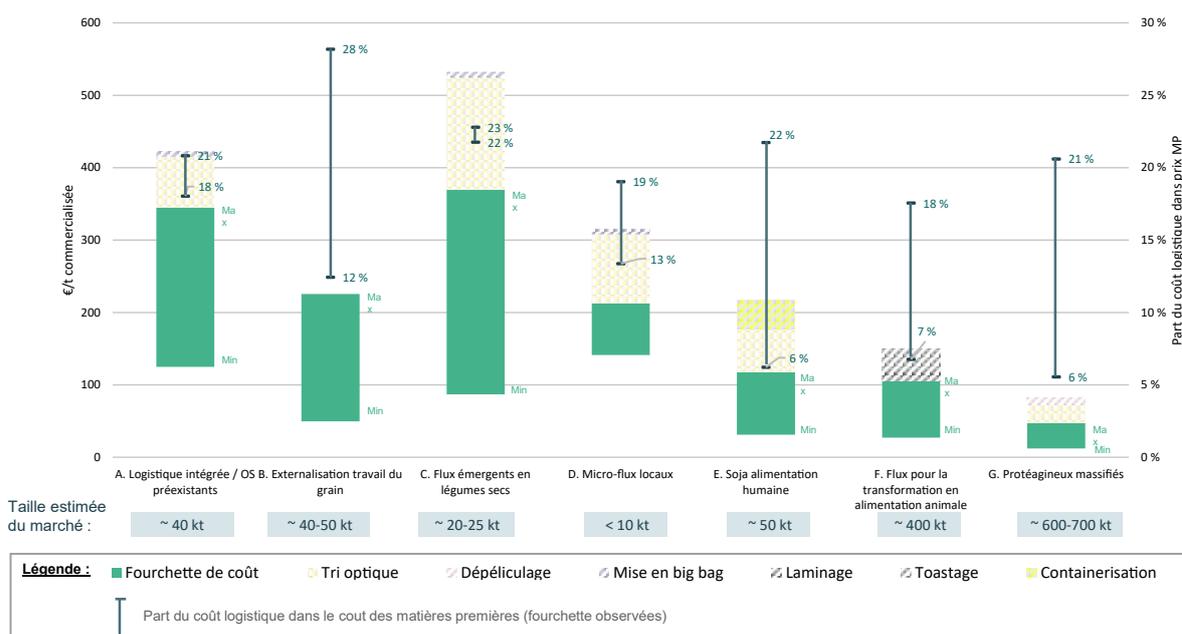
Les OS disposent de silos largement amortis et vieillissants. Les défis de la transition agro-écologique, du changement climatique et de la segmentation de la demande rendent nécessaires de nouveaux investissements. La diversification des cultures et la variabilité des productions, en qualité et quantité, créent de nouveaux besoins en stockage et en capacités de séparation des flux. Or, dans des filières en cours de structuration, l'incertitude commerciale engendre des risques d'investissement. Simultanément, le besoin de fonds de roulement augmente avec ces risques croissants.

Dans la figure 13, sont représentées sur l'échelle de gauche, par les histogrammes, des fourchettes de coûts associés aux postes identifiés en légende. Les fourchettes hachurées sont des tâches optionnelles, pas systématiquement mises en œuvre dans les études de cas concernées. Sur l'échelle de droite, représentée par des segments verticaux, figure la fourchette correspondant à la part du coût logistique dans le coût des matières premières.

Les barres vertes témoignent de la variabilité des situations rencontrées au sein d'une même étude de cas : le bas de la barre fait référence au coût logistique (collecte + travail du grain + stockage + expédition) le plus faible, le haut de la barre au coût logistique le plus élevé, parmi les flux étudiés. Les surfaces hachurées représentent des coûts additionnels très dépendants de la demande du client. Enfin, les barres en vert foncé permettent de visualiser la fourchette maximale du coût logistique ramené au prix de vente (coût logistique complet par tonne commercialisée).

La figure 14 détaille les chiffres retenus pour les prix des légumineuses commercialisées, sur la base des prix et coûts relevés en entretien et sur les marchés.

Figure 13 - Fourchettes de coûts logistiques identifiés (études de cas A à G)



Source : rapport final, page 71.

Figure 14 - Hypothèses de prix des légumineuses commercialisées, selon les études de cas (en €/t)

Prix (€/t)	Études de cas						
	A	B	C	D	E	F	G
Maximum	2 300 Lentille issue de l'agriculture biologique	800 Pois chiche bio	2 300 Lentille bio	2 300 Lentille bio	1 000 Soja bio extrudé	850 Soja bio pour l'alimentation animale	400 Féverole bio
Minimum	600 Pois chiche issu de l'agriculture conventionnelle	400 Pois chiche conventionnel - tri simple	400 Pois chiche conventionnel - tri simple	700 Pois chiche conventionnel	500 Soja conventionnel	400 Soja conventionnel pour l'alimentation animale	220 Pois conventionnel

Source : rapport final, page 71.

De façon générale, le coût logistique ramené au prix de vente est significatif. Sa dispersion varie, selon les études de cas, de 6 à 37 % du prix de vente sortie OS. Les coûts recensés, de 12 à 370 €/t commercialisée (hors opérations de tri optique, conditionnement ou première transformation), sont élevés comparativement à des cultures comme les céréales, pour lesquelles les coûts logistiques globaux vont de 20 à 50 €/t, soit environ 10 à 20 % du prix de vente des céréales en 2019.

Les différences entre les neuf études de cas sont significatives, par exemple entre les légumes secs et les flux plus massifiés (protéagineux, alimentation animale), nécessitant

moins d'opérations de tri, et dont les cahiers des charges sont moins exigeants. En revanche, les coûts logistiques élevés sont souvent en partie compensés par de meilleures valorisations, avec une logistique qui représente autour de 20 % du prix de vente contre environ 15 %, en moyenne, pour les cultures plus massifiées. La part du transport (collecte et expédition client) dans le coût logistique total varie fortement selon les cas. Elle est de l'ordre de 40 % pour les flux de légumes secs, avec des opérations de tri poussées (hors cas du transport en charges partielles), et se rapproche des valeurs en céréales (60 à 80 % du coût logistique représentés par le transport), voire les dépasse dans le cas de flux plus massifiés avec opérations de tri plus simples.

4. Défis logistiques au développement des filières de légumineuses

Dans les prochaines années, les filières légumineuses devraient chercher à atteindre deux objectifs :

- des flux ayant un volume minimal et une taille critique, pour permettre une rentabilité des outils et l'accès à certains marchés (cas des FAB), ce qui peut être difficile dans le cas de flux se « démassifiant », ou dans celui de filières en cours de développement et de structuration ;
- une régularité des rendements et de la qualité des légumineuses, pour éviter la variation des volumes disponibles à la vente.

4.1. Des enjeux logistiques mieux identifiés

Au-delà de la variabilité des flux entrants, on constate une tendance à leur morcellement. Cette tendance est renforcée, côté demande, par un marché de plus en plus atomisé (émergence d'opérateurs de la transformation, segmentation selon différentes filières avec ou sans SIQO), mais aussi, côté amont, par une diversification croissante des systèmes de production dans les différents bassins. Le nombre de flux augmente et leur prévisibilité diminue, amoindrissant la capacité des filières légumineuses à les massifier. Le déficit d'organisation collective, attesté lors des entretiens, vient renforcer ce phénomène, par manque de mutualisation des flux et des moyens.

En parallèle, des activités liées aux légumineuses se développent, jusqu'à l'émergence de nouveaux acteurs du stockage et du tri, important pour les filières et pour les bassins. Leurs projets comportent toutefois un risque commercial et industriel (incertitude de l'offre, en quantité et qualité, marchés peu stabilisés, outils de tri à optimiser), renforcé par les aléas spécifiques à ces filières (insectes, écarts de tri, pertes). Ces nouveaux opérateurs peuvent s'implanter dans des bassins où les légumineuses sont déjà collectées, à proximité d'acteurs historiques ou en concurrence avec eux, ou apparaître dans des zones « blanches », pour répondre à un besoin en équipement (fort risque pris sur l'approvisionnement et la saturation de l'outil).

L'émergence de nouvelles infrastructures et l'agrandissement des infrastructures existantes, mettent en évidence des différences parfois fortes en termes de niveaux de subventions publiques relativement au montant global du projet. D'après les entretiens et les ateliers réalisés dans le cadre de cette étude, les subventions ne paraissent pas complètement dirigées vers une optimisation des flux et une rationalisation des coûts. Ce point reste toutefois à approfondir *via* une évaluation plus précise. Dans tous les cas, ces projets d'outils peuvent parfois déstabiliser un environnement concurrentiel déjà précaire, et mettre en évidence un manque de complémentarité des investissements réalisés pour la logistique des légumineuses dans ces territoires.

Concernant l'usage de ces infrastructures, le manque d'employés formés à la manutention des légumineuses, spécifique par rapport à d'autres cultures, est aussi à pointer. L'étape de désinsectisation est aussi identifiée comme le principal goulet d'étranglement de la chaîne logistique, et la principale source de complexité et de perte nette de matière première, pendant les opérations de stockage et de tri. Il semble que l'on manque de solutions et qu'il y ait un besoin fort d'innovation en la matière.

L'étude montre également qu'il est difficile de gérer les allergènes et les traces de gluten, avec une recherche de pureté absolue qui augmente les coûts et oblige à « sur-segmenter ».

À l'exception de la filière de la luzerne déshydratée, les surfaces de légumineuses fourragères sont en forte croissance, d'où un besoin d'outils et de structuration pour mettre producteurs et éleveurs en relation. Il n'existe pas à ce jour de solution intermédiaire entre le séchage en petites unités (échelle de l'exploitation agricole), et les unités de déshydratation (25 usines en France pour environ 700 000 t). Il semble donc utile d'inventer de nouveaux modèles pour le séchage et la logistique des légumineuses fourragères, afin de coordonner des céréaliers de plus en plus enclins à en produire et des éleveurs en déficit de fourrage riche en protéines.

Pour ce qui est de l'extrémité aval de la chaîne, l'étude montre une difficile appropriation des enjeux logistiques, et l'intérêt d'engager des actions pour favoriser l'utilisation de légumes secs locaux dans les cantines scolaires. Un besoin de formation existe en matière de passation des marchés publics de restauration collective : adaptation des cahiers des charges, compréhension des contraintes des OS dans le cas de volumes relativement dispersés et faibles, etc.

Enfin, des signaux forts existent quant au développement, à moyen terme, des cultures associées en France, dans un contexte de changement climatique et de pression croissante sur l'utilisation d'intrants. Hormis en production biologique, où elles sont communes, la collecte des récoltes de cultures associées se révèle peu développée chez les opérateurs interrogés, notamment en raison des difficultés pour les OS qui réceptionnent la marchandise. De nombreux sites de stockage sont en cours de construction ou de modernisation : se pose alors la question de l'intégration de cette opportunité agronomique dès la conception de futurs sites de tri et de stockage, lesquels vont être utilisés au moins pendant les 20 à 30 prochaines années.

Quatre familles d'enjeux logistiques se dégagent finalement, présentées dans la figure 15.

Figure 15 - Enjeux logistiques pour les filières légumineuses

Efficiences logistique des OS	<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance des coûts liés à la logistique et des tailles critiques théoriques, au regard des infrastructures et des marchés. - Compétitivité des filières légumineuses dans un contexte de hausse des coûts logistiques (transport, énergie, main-d'œuvre, acier, etc.). - Disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée pour un travail du grain différent de celui pour les cultures dominantes. - Gestion du risque industriel et commercial sur les investissements, induit par le contexte de transition agro-écologique et de changement climatique : diversification des cultures et variabilité en qualité et en quantité de la production, ayant des conséquences par exemple sur les besoins en stockage, en volume et en ségrégation. - Gestion et valorisation des co-produits et écarts de tri.
Cohérence territoriale	<ul style="list-style-type: none"> - Structuration du maillage logistique dans les territoires tout en intégrant l'environnement concurrentiel actuel et à venir. - Mise à disposition d'éléments de connaissance des acteurs de la logistique (transport, tri, stockage) dans chaque bassin. - Gestion coordonnée de dispositifs de veille et de soutien, aux niveaux infra et inter-régionaux.
Compatibilité des contraintes logistiques et des clauses contractuelles	<ul style="list-style-type: none"> - Harmonisation des cahiers des charges par segment de marché, au niveau national, pour permettre le regroupement et la mutualisation des flux et l'atteinte des tailles critiques nécessaires. - Contenir la tendance à l'hyper-segmentation de la demande, en faisant un effort de communication auprès des clients/acheteurs, autour des enjeux et contraintes logistiques. - Adaptation des marchés publics dans un contexte d'atomisation de la demande, et dans une optique de rationalisation des flux vers la restauration collective.
Compatibilité des contraintes logistiques et de l'activité agricole	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion d'aléas climatiques croissants, qui font varier quantité et qualité des légumineuses, et induisent une difficulté de prévisibilité des flux et des volumes à travailler/stocker. - Gestion d'une diversification croissante de l'offre (rotations, variétés, associations de cultures, etc.) et potentielle optimisation du flux avec les agriculteurs, en quantité et en qualité. - Appui à la structuration des filières légumineuses fourragères pour trouver des voies alternatives (séchage, logistique et marchés).

Source : auteurs.

4.2. Recommandations

À l'issue de l'étude, diverses recommandations ont été formulées, visant à anticiper les défis logistiques, à court et moyen termes, pour accompagner le développement des légumineuses en France. Elles portent sur cinq thématiques, à l'échelle nationale ou aux échelles régionale et locale.

Au niveau national, il s'agit :

- d'adapter les dispositifs de soutien financier ;
- de poursuivre les chantiers interprofessionnels et d'en ouvrir de nouveaux ;
- de favoriser la recherche et le développement sur les principaux verrous à la massification des flux.

Au niveau régional et local, il s'agit :

- de développer l'analyse et l'optimisation des charges logistiques ;
- de renforcer l'animation territoriale et la cohérence des dispositifs.

La figure 16 détaille ces recommandations, thématique par thématique. Certaines restent à pondérer, d'autres à prioriser, traduire et adapter, selon les enjeux propres à chaque bassin.

Figure 16 - **Tableau des recommandations**

Adapter les dispositifs de soutiens financiers
Systématiser l'analyse de l'environnement concurrentiel et des potentialités de mutualisation/ externalisation dans les études de faisabilité des projets.
Dans le premier temps de l'instruction des dossiers de demande de subventions, s'assurer de la prise en compte de paramètres tels que le dimensionnement de l'infrastructure, le volume potentiel traité ainsi que le nombre d'agriculteurs et d'hectares qu'elle concernera. Dans un second temps, étudier l'opportunité de l'outil dans une perspective territoriale. Ces deux étapes permettent de maximiser l'efficacité des subventions, du point de vue du volume traité et du taux d'utilisation des outils.
Mettre en place des outils d'ingénierie financière pour la gestion du risque de transition, en complémentarité avec les financeurs (banques, Banque publique d'investissement, Banque des territoires, financement participatif, etc.). Cela pourrait s'inspirer des mécanismes de garantie et de cautionnement existant en filières céréales, grâce à des financements de FranceAgriMer, en contrepartie pour l'OS d'exigences de paiement d'acomptes aux agriculteurs (à adapter aux exigences des filières légumineuses).
Poursuivre les chantiers interprofessionnels et en ouvrir de nouveaux
Améliorer les connaissances mutuelles des contraintes et attentes de chacun (échange et diffusion). L'interprofession joue ici un rôle pour créer les conditions favorisant le développement de ces connaissances, tel que cela existe déjà sur certaines filières comme le soja.
Favoriser les conditions d'un dialogue entre les acteurs <i>via</i> la création et la diffusion d'outils d'aide à l'établissement de transactions commerciales. Le panel d'outils potentiellement développés comprend par exemple la rédaction de contrats types par espèce, le développement de méthodes analytiques communes (ex : taux de bruche) ou de seuils pour les paramètres de qualité, etc. Cette « boîte à outils » constitue un socle commun sur la base duquel peuvent être établis des cahiers des charges. Elle favorise la fongibilité des flux et des lots.
Mettre à disposition des lignes directrices pour adapter les achats publics de légumineuses des collectivités, sous forme brute ou transformée.
Mettre en place un dispositif de veille sur les légumineuses, en particulier les légumes secs à destination des collecteurs et de leurs clients (IAA). Ce dispositif pourrait comporter deux parties : - un observatoire décrivant chaque campagne <i>a posteriori</i> et permettant de les comparer dans le temps. Cet observatoire peut porter sur des données relatives à la quantité ou à la qualité. Il existe déjà sur certaines espèces de légumineuses mais pourrait être développé et tenu à jour sur toutes. - des notes de conjoncture. Il s'agirait de développer ces notes pour les espèces pour lesquelles elles n'existent pas et de s'assurer de leur diffusion pour celles qui existent.

Favoriser l'émergence de formations diplômantes ou l'intégration aux formations actuelles, pour les métiers de travail du grain.
Favoriser la R&D sur les principaux verrous à la massification des flux
Par la réalisation d'un benchmark international des bonnes pratiques (de gestion du tri, des spécifications des cahiers des charges, de la désinsectisation, de la gestion de la contrainte allergène dans les contrats, etc.), favoriser leur identification et le partage de celles-ci.
Soutenir la R&D et la structuration (territoriale et interprofessionnelle) pour imaginer des solutions de rupture concernant le séchage et la logistique des légumineuses fourragères.
Mettre en place un projet de R&D sur la gestion de cultures associées comportant en particulier une objectivation fine du surcoût pour les opérateurs (investissement, travail du grain, marchés).
R&D sur la valorisation des co-produits issus des écarts de tri.
R&D plus largement pour améliorer la quantité et la qualité de l'offre (ravageurs et maladies, adaptation au changement climatique, etc.).
Développer l'analyse et l'optimisation des charges logistiques
Adapter les discours des structures de conseil aux agriculteurs, dans l'objectif d'améliorer la qualité de la matière première entrante. Cela porte à la fois sur : - le développement des échanges pour permettre à l'agriculteur de mieux comprendre les attentes de l'OS et les contraintes logistiques qui s'exercent. - la diffusion de recommandations techniques permettant à l'agriculteur de produire selon une qualité souhaitée (choix variétal, itinéraire technique, méthodes de récoltes).
Favoriser une diversification de l'offre pour aider à atteindre des tailles critiques (contractualisation, sites dédiés, mutualisations d'infrastructures).
Identifier les postes de charges à risque et les stratégies pour endiguer la hausse des coûts.
Étudier les opportunités de développement du recours à la mutualisation et/ou l'externalisation, pour augmenter le niveau de spécialisation des infrastructures et réaliser des économies d'échelle.
Renforcer l'animation territoriale et la cohérence des dispositifs
Favoriser la prise en compte de l'information disponible, au niveau : - des diffuseurs (la diffusent-ils bien et suffisamment ?) - des destinataires intermédiaires (la rediffusent-ils aux bons opérateurs ?)
Stimuler la collaboration entre opérateurs, sur les territoires, pour favoriser une spécialisation et une complémentarité des sites.
Favoriser les échanges inter-régionaux et l'interopérabilité des dispositifs de veille et de soutien, en complément des travaux réalisés à l'échelon national.
Cartographier les acteurs de la chaîne logistique : identifier les opérateurs, les outils et les potentielles zones blanches dans chaque bassin.
Faciliter la compréhension et l'accès aux dispositifs de soutien financier <i>via</i> , par exemple, la mise à disposition d'une liste des financements.
Développer l'animation territoriale dans un but de rationalisation des flux, pour gagner en compétitivité, limiter le risque de transition (risque industriel et commercial pris compte tenu d'investissements nouveaux), et maximiser l'efficacité des soutiens publics.

Source : auteurs.

Conclusion

L'étude présentée dans cet article a permis de consolider des connaissances techniques et économiques sur la logistique des filières légumineuses en France, et sur la diversification des cultures dans différents bassins géoéconomiques. Elle ouvre des pistes pour optimiser la performance des filières et replacer la logistique parmi les défis auxquels celles-ci devront faire face dans les prochaines années. Les difficultés agronomiques, climatiques et économiques seront sans doute des freins à la diversification des rotations, ainsi que les coûts des chaînes logistiques.

Compte tenu des difficultés d'allotement et de tri rencontrées par les organismes stockeurs, il y aurait un intérêt à mutualiser des infrastructures de divers acteurs et, en corollaire, à spécialiser certains outils sur un nombre limité d'espèces, pour les rendre plus performants. Les logiques concurrentielles entraînent, au contraire, un déficit d'organisation collective. Si de nouveaux outils peuvent venir combler ce manque, ils peuvent aussi, faute de coordination territoriale, déstabiliser un système institutionnel fragile et des marchés incertains.

Dans un contexte de forte ambition affichée par la Stratégie nationale protéines végétales, des dispositifs de veille et d'animation, dans les différents bassins de production, permettraient une amélioration de la coordination et favoriseraient la mutualisation des besoins et les économies d'échelle. L'amélioration du dialogue dans la filière, à l'échelle territoriale, et une meilleure compréhension des contraintes qui s'exercent sur chacune des parties prenantes, constituent un autre levier. Ces pistes d'action méritent d'être approfondies pour que la logistique ne devienne pas, à moyen terme, un frein à la diversification des cultures.

Bibliographie

Barbottin A., Chardigny J.-M., Chardot T., Charmet G., Debaeke P., Duc G., Fardet A., et al., 2018, « Diversité des agricultures. Le cas des filières céréales, oléagineux et légumineuses à graines », *Innovations Agronomiques*, n° 68, pp. 39-77 : <https://doi.org/10.15454/VRRBGL>.

Ceresco, Systra, 2020, *Étude sur l'évaluation des coûts de la chaîne logistique céréalière française*, réalisée pour FranceAgriMer : <https://www.franceagrimer.fr/Actualite/Filieres/Cereales/20202/Nouvelle-etude-sur-l-evaluation-des-couts-de-la-chaine-logistique-cerealiere-francaise>

Circoé, Terres Univia, 2017, *Étude ProtéaSupply*.

Kezeya Sepngang B., Muel F., Smadja T., Stauss W., Stute I., Simmen M., Mergenthaler M., 2020, *Report on legume markets in the EU* : <https://www.legvalue.eu/media/1511/d31-report-on-legume-markets-in-the-eu.pdf>

- Magrini M.-B., Triboulet P., Bedoussac L., 2013, « Pratiques agricoles innovantes et logistique des coopératives agricoles. Une étude *ex ante* sur l'acceptabilité de cultures associées blé dur-légumineuses », *Économie rurale*, 6(6), pp. 25-45 : <https://journals.openedition.org/economierurale/4145>
- Maxime M., Bermond M., Madeline P., Coinaud C., 2010, « Une typologie des combinaisons d'utilisation agricole du sol en France en 2010 : propositions méthodologiques », *M@ppemonde*, 114 : <http://mappemonde-archivage.mgm.fr/num42/articles/art14203.html>
- Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Farès M., Le Bail M., Magrini M.-B., 2013, *Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières*, rapport d'étude, Inra, 226 p.
- Meynard J.-M., Mésséan A., dir., 2014, *La diversification des cultures. Lever les obstacles agronomiques et économiques*, Quæ.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2020, *La stratégie nationale protéines végétales*, dossier de presse.
- Raffiot B., 2019, « Bruches des protéagineux : pistes de lutte et travaux en cours », *2^e rencontres des grandes cultures bio* : https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/2f/8a/8f/0c/gcbio_post-recolte3_bruches_raffiot6055753575763453588.pdf
- Schiavo M., Aubert P.-M., 2020, « Pour une transition protéique réussie », *Propositions*, 4, Iddri. Lien : <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/propositions/pour-une-transition-proteique-reussie-quelles-mesures>.
- Schneider A., Huyghe C., 2015, *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*, Quæ.
- Sébillotte M., 1978, « Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique », *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*, 64, pp. 906-915.
- Solagro, Réseau Action Climat, 2016, *Les légumes secs, quelles initiatives territoriales ?* : <https://solagro.org/travaux-et-productions/publications/les-legumes-secs-quelles-initiatives-territoriales>.
- Terres Inovia, 2019, *Enquêtes pratiques culturelles Terres Inovia, 2019. Soja, soja bio, fèverole, pois*.
- Terres Univia, 2019, *The market of legumes in France*, LegValue Project.
- Tormo E., 2017, « Débouchés de la fèverole en alimentation animale. Le dépelliculage semble attractif », *Perspectives agricoles*, 448, octobre.
- Viguié L., Bedoussac L., Journet E.-P., Justes E., « Yield gap analysis extended to marketable grain reveals the profitability of organic lentil-spring wheat intercrops », *Agronomy for Sustainable Development*, 2018, 38 (4).

Notes et études socio-économiques

Tous les articles de *Notes et études socio-économiques* sont téléchargeables gratuitement sur :

<http://agriculture.gouv.fr/centre-d-etudes-et-de-prospective>

- Rubrique **Publications du CEP > Notes et études socio-économiques**

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

- Rubrique **Publications > Notes et études socio-économiques**

Notes et études socio-économiques

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire

Secrétariat Général

Service de la Statistique et de la Prospective

Centre d'études et de prospective

Renseignements :

Bruno Hérauld
Chef du Centre d'Études et de Prospective
3 rue Barbet de Jouy
75349 Paris 07 SP

bruno.herault@agriculture.gouv.fr