



HAL
open science

Circuits courts alimentaires

Andréa Cynthia Santos, Imene Khames

► **To cite this version:**

Andréa Cynthia Santos, Imene Khames. Circuits courts alimentaires. Cahiers de la logistique, 3, pp.1-27, 2022. hal-03907677

HAL Id: hal-03907677

<https://hal.science/hal-03907677v1>

Submitted on 20 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Circuits courts
alimentaires**

**PÔLE INGÉNIEUR
LOGISTIQUE
LE HAVRE NORMANDIE**

**CAHIERS DE LA
LOGISTIQUE**



CAHIERS DE LA LOGISTIQUE

CL2022 – N° 03

Circuits courts alimentaires

Décembre, 2022
Copyright © 2022, ISEL - SFLog



La présente publication est protégée par le code de la propriété intellectuelle et plus précisément ses articles relatifs au respect du droit d'auteur.

Les auteurs demeurent seuls responsables du contenu de leur œuvre. Ils garantissent disposer des autorisations nécessaires de la part des tierces parties titulaires de droits sur des œuvres partiellement ou globalement reproduites. Les droits moraux et patrimoniaux sur l'œuvre demeurent attachés à leurs auteurs.

Afin de faciliter le partage et l'utilisation de leur création, les auteurs autorisent les utilisateurs à :

- Télécharger et imprimer une copie de la présente publication à des fins d'études, de recherche, de diffusion de la culture scientifique et de partage des connaissances ;
- Distribuer gratuitement et sans aucune contrepartie l'URL identifiant la publication.

La présente publication, et l'URL associée ne peuvent en aucun cas être distribuées ou utilisées dans le cadre d'une activité à but lucratif ou à des fins commerciales. Aucune modification du contenu de l'œuvre n'est autorisée.

Préface

Ce volume des Cahiers de la logistique est dédié aux problèmes de circuits courts alimentaires.

Il existe aujourd'hui un fort intérêt pour les problèmes de circuits courts de proximité. Les enjeux de l'économie locale et du développement durable ont ravivé l'urgence de cette problématique dans la révision nécessaire des modes de production et de consommation. Il convient alors de se demander ce qu'apporte la réduction du nombre d'intermédiaires et ce qu'apporte le renforcement des proximités géographiques et relationnelles entre les producteurs et les consommateurs.

Nous avons donc le plaisir d'éditer ce volume qui traite deux problèmes de circuits courts alimentaires de proximité.

- La première contribution, de R. Lambert, est dédiée à l'étude du circuit court alimentaire de proximité. L'auteur explique le mélange du court et du local, et présente une approche logistique de l'approvisionnement de la restauration collective publique en produits alimentaires locaux. Le travail analyse l'impact des circuits courts en termes d'émissions de CO₂, au lieu de la distance kilométrique, pour acheminer les produits du producteur vers les restaurants collectifs publics.
- La deuxième contribution, de Y. Cui, I. Diarrassouba, C. Joncour, S. Michel, porte sur un outil d'aide à la décision pour le placement de *Food Hubs* dans un circuit alimentaire de proximité. Les auteurs s'intéressent à l'approvisionnement des cantines scolaires normandes par un circuit de proximité, basé sur l'utilisation de plateformes logistiques *Food Hubs*. Ils traitent le problème de l'emplacement optimal d'un réseau de *Food Hubs* et proposent un outil d'aide à la décision basé sur une modélisation mathématique du problème et sa résolution numérique.

Ce volume apporte donc une vision sur différents problèmes liés aux circuits courts alimentaires de proximité.

Andréa Cynthia Santos

Professeur des Universités, LITIS
Directrice de l'ISEL

Imene Khames

Maître de Conférences, LMAH

LE COURT, ENNEMI DE LA PROXIMITÉ ? APPROCHE LOGISTIQUE DES APPROVISIONNEMENTS DE LA RESTAURATION COLLECTIVE PUBLIQUE EN PRODUITS ALIMENTAIRES LOCAUX.

Romain Lambert

ISEL, Université Le Havre Normandie,
11, quai Frissard, 76600 Le Havre
romain.lambert@univ-lehavre.fr

RESUME

Alors que le consommateur local a le vent en poupe, y compris au sein de la restauration collective publique, les circuits de distribution de ces produits agricoles de proximité peinent à se développer. Nous testons alors l'hypothèse que ce frein aux approvisionnements locaux est dû à la limitation du nombre d'intermédiaires dans ces chaînes. Pour ce faire, nous employons la grille d'analyse de l'économie de la proximité en renouvelant ses fondements sociologiques par des items logistiques. Selon l'ambition environnementale de ces circuits courts alimentaires de proximité, nous employons comme critère de distance réduite entre l'offre et la demande (de produits locaux) non pas le nombre de kilomètres qui les sépare mais la quantité de CO₂ émise pour acheminer les produits du producteur vers les restaurants collectifs publics.

MOTS CLÉS: circuits courts alimentaires de proximité, émission de CO₂, contraintes logistiques et de transport, économie de la proximité.

ABSTRACT

While a local consumption is on the rise, including within public food catering, proximity distribution channels are struggling to develop. We analyse the hypothesis that local food supply is hampered by the limited number of intermediaries in these chains. To this end, we use the proximity economy's grid of analysis by renewing its sociological foundations through logistics items. According to the relevance of environmental issues related to short circuits, we analyse the reduced distance between supply and demand (local products), not in terms of kilometers that separates them, but the amount of CO₂ emitted when carrying the farmers' products to public collective restaurants.

KEYWORDS: local food short supply chains, CO₂ emissions, logistics and transportation constraints, proximity economy.

1. Introduction

Nous vivons actuellement un changement très important dans les choix et critères d'achat, changement d'autant plus prégnant quand il s'agit de se nourrir. Certes le prix comme la qualité gustative ou nutritionnelle sont encore prépondérants dans le choix des aliments, mais de plus en plus c'est leurs provenances et l'impact de leur consommation sur l'environnement qui prévaut (Clauzel et al., 2015). On veut consommer le plus possible « local » en (pour) respectant l'environnement.

Par cette évolution, entre autres, un grand nombre de circuits de distribution alimentaire alternatifs sont apparus et sont sur le devant de la scène. Ils mettent en relation directement (vente à la ferme, magasins de producteurs, Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne (AMAP). . .) ou indirectement (La Ruche Qui Dit Oui!, épiceries spécialisées. . .) les producteurs avec les consommateurs. Mais à cette dimension de proximité relationnelle s'ajoute (et se mélange) une proximité géographique : ces circuits proposent essentiellement des produits « locaux ». Ces anti-circuits conventionnels sont regroupés sous le terme de Circuit Court Alimentaire de Proximité (CCAP). Ces deux notions sont quasiment indissociables (preuve en est du nombre de manifestations professionnelles et/ou académiques, des slogans publicitaires ou des projets territoriaux) à tel point que l'acception « circuit court » renferme généralement l'idée de local alors que sa définition ne l'inclut pas. De plus, les circuits courts sont assimilés à la limitation du nombre d'intermédiaires dans le circuit (court) une meilleure rémunération pour l'agriculteur de son travail et une limitation des externalités négatives pour l'environnement issue de la provenance voisine des denrées alimentaire (Marsden et al., 2000).

Cependant, et malgré toutes les bonnes volontés des producteurs, des collectivités et des acteurs de la distribution alimentaire, les CCAP peinent à se développer (De Viron, 2017). A cela diverses raisons, entre autre :

- la sous-efficience du circuit, en terme de coût économique comme environnemental (Gonçalves, Zeroual, 2016; Mundler, Rumpus, 2012) pouvant engendrer un différentiel revenus/coûts supporté par l'agriculteur défavorable, puisque le maillon principal dans ce type de chaîne;
- des caractéristiques organisationnelles de la distribution qui ne rencontrent pas celles de la demande;
- une difficulté, voir l'impossibilité d'organiser le CCAP (outils technologique manquant, en système d'information par exemple, manque de compétence pour configurer et gérer le circuit);
- des problèmes de gouvernance. Compte tenu qu'il n'est pas souhaitable d'augmenter le nombre d'entité dans le circuit, il est demandé aux producteurs de « coopérer » (et non inclure une tierce entité, un intermédiaire en supplément). Les agriculteurs doivent donc cogérer des activités communes, qui plus est en dehors de leurs zones de compétences habituelles (gérer des transports, des systèmes d'informations, des actions de marketing, de commercialisation. . .). Ce mode de gouvernance est difficilement tenable sur le long terme (Noireaux, Ralet, 2019; Noireaux et al., 2020);
- la taille du circuit de distribution. Même avec une mise en commun de plusieurs flux de différents producteurs, il est délicat d'atteindre une taille critique permettant d'être concurrentiel sur le marché.

Ce constat d'échec nous amène à nous questionner sur le bien-fondé de la volonté de distribuer des produits alimentaires locaux au sein de circuits incluant exclusivement un seul intermédiaire au maximum (définition du circuit court telle que proposée par un groupe de travail ayant remis un rapport en 2009 à Monsieur Michel Barnier, alors ministre français de l'agriculture).

En effet, pourquoi ces circuits ont tant de mal à se développer alors qu'un consensus se dégage sur l'intérêt de consommer local ? Pourquoi ces circuits sont sous-efficaces en termes de coûts (économiques et environnementaux) par rapport aux circuits conventionnels alors qu'ils supportent de plus petites distances de déplacement ? In fine, est-ce que le manque d'intermédiaires dans la chaîne freine l'approvisionnement en produits alimentaires de proximité ?

Pour tenter de répondre à cette question nous nous recentrons sur la restauration collective publique du côté de la demande. A cela diverses raisons, principalement :

- l'importance quantitative de cette *supply chain* alimentaire : un repas sur cinq est pris hors domicile, dont 50% dans la restauration collective non commerciale, soit 3.8 millions de repas servis par jour ¹ ;
- la volonté des pouvoirs publics de développer l'approvisionnement local de ses restaurants : au niveau national via la loi Egalim ², ou à l'initiative de régions comme « je mange normand dans mon lycée » en Normandie ³ ;
- la possibilité, à priori, d'optimiser les flux allant vers ces points de destination en regroupant un certain nombre de consommateurs.

Finalement, les quantités encore limitées des produits locaux dans les assiettes des écoliers ou des patients ⁴ ne viendraient-elles pas du fait de vouloir le beurre (proximité géographique) et l'argent du beurre (proximité relationnelle) ?

2. Problématique, cadre d'analyse, méthodologie : le mélange du court et du local

2.1 Qu'est-ce que les CCAP ?

La sphère académique comme professionnelle ne donne pas une définition univoque de ce concept et peut être amené à mélanger deux notions limitant par là même les possibilités organisationnelles de ces chaînes.

2.1.1 L'imbrication du « court » et du « local »

« Circuits courts alimentaires », « circuits locaux », « circuits de proximité », « circuits alimentaires courts de proximité » ... Une multitude d'intitulés se côtoient afin de renvoyer à un ensemble de circuits de distribution des produits alimentaires aux contours assez flous. En raisonnant par élimination, à mesure d'examiner ce qui se cache derrière ces termes, nous pouvons

1. <http://www.snrc.fr/stock/SNRC-4VOLETS-BD.pdf>

2. Même si l'état ne peut pas orienter les approvisionnements vers le « local » puisque contraire au code des marchés publics, il incite à cette proximité via d'autres critères d'achat. <https://agriculture.gouv.fr/les-mesures-de-la-loi-egalim-concernant-la-restauration-collective>

3. https://www.normandie.fr/sites/default/files/2020-06/je_mange_normand.pdf

4. <https://www.lagazettedescommunes.com/759167/cantines-scolaires-des-collectivites-nauront-pas-le-temps-de-se-conformer-a-la-loi/> <https://presse.ademe.fr/2021/07/restauration-collective-vers-une-alimentation-plus-durable-grace-aux-professionnels-et-aux-collectivites.html>

également conclure qu'ils renvoient à l'ensemble des circuits « non-conventionnels » ou « alternatifs » (Sonnino, Marsden, 2006).

Pourtant, une quantité non négligeable d'articles s'attachent à caractériser, nomenclaturer et classer ces circuits (Chiffolleau, 2008 ; Marsden et al., 2000) en s'appuyant sur les deux dimensions incluses dans ces appellations :

- le nombre d'intermédiaires entre le producteur agricole et le consommateur final ;
- la distance géographique entre ces deux dernières entités.

Ainsi, et depuis la définition donnée par le ministère de l'agriculture en 2009, la notion de « court » renvoi au nombre d'intermédiaire dans la chaîne. Un circuit court est en effet « un mode de commercialisation des produits agricoles qui s'exerce soit par la vente directe du producteur au consommateur, soit par la vente indirecte à condition qu'il n'y ait qu'un seul intermédiaire »⁵.

Quant à l'aspect « local » ou « de proximité », celui-ci fait référence à la distance kilométrique entre offre et demande (Praly et al., 2014).

Mais, il est étonnant de constater que très peu de travaux s'attachent à ne traiter que l'une ou l'autre de ces caractéristiques et qu'elles sont en général naturellement imbriquées. A titre d'exemple, dans de nombreux médias, on parle de circuits courts pour exprimer des circuits locaux ; ou que le nombre limité d'intermédiaires engendre inévitablement une proximité géographique ; et vice-versa⁶. Il y aurait donc une corrélation quasi naturelle entre la longueur physique de la chaîne de distribution et le nombre d'acteurs qui y est inséré. Cependant, ceci n'est pas vérifié et se développent actuellement une somme de contre-exemples (Abdoun, 2020 ; Rouget et al., 2015).

Par exemple, et si l'on s'en tient strictement à la définition des circuits « courts », alors Intermarché réalise de nombreux circuits de ce type, puisqu'il est « producteur et commerçant ». Pourtant, dans ses chaînes, les produits peuvent parcourir de nombreux kilomètres entre la source et la consommation et/ou l'offre peut-être très éloignée géographiquement de la demande (filiale pêche par exemple). Dire qu'une enseigne de la grande distribution développe des circuits courts paraîtrait incongrue. D'ailleurs, ce distributeur n'emploie pas ce terme ; il est simplement « producteur et commerçant ».

2.1.2 Définition floue « d'intermédiaire »

Cette ambivalence tient du fait de la non-définition « d'intermédiaire ».

Effectivement, selon une vision patrimoniale, financière, « intermédiaire » signifiera une entité juridique à part entière, une « entreprise ». Mais avec une approche processus, de *Supply Chain Management* (SCM) par exemple, le terme renverra à un maillon de la chaîne : un nœud de flux (usine, entrepôt. . .) ou un segment de processus (activité de transport entre deux points) (Lambert, et al., 1998).

Selon cette dichotomie, Intermarché qui a intégré l'ensemble des sous-processus de la chaîne (de la matière première au consommateur final), pour certains produits, entreprend donc un circuit « court » pour des processus incluant un grand nombre de maillons.

Mais, il n'y a pas spécialement de corrélation linéaire entre nombre d'entités juridiques distinctes et longueur du processus faisant se rencontrer matière première et consommation finale.

5. https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1222/fascicule1_Les_filières_courtes_de_proximite.pdf

6. https://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1222/fascicule1_Les_filières_courtes_de_proximite.pdf

Alors de quoi parle-t-on sous l'acception « circuit court » ?

Selon le recoupement de diverses publications académiques mais surtout « professionnelles », il est sous-entendu que les intermédiaires sont des entités juridiques. Preuve en est d'un autre lien qui est généralement fait entre revenus des agriculteurs et nombre d'intermédiaires. « Les circuits courts dégagent un revenu supérieur aux producteurs » (Raton et al., 2017). En effet, moins il y a d'entités dans la chaîne, et plus la valeur ajoutée totale dégagée par l'ensemble du processus sera à partager entre moins de personnes.

De plus, limiter le nombre d'entreprises sur un même processus permet d'endiguer le phénomène de double-marginalisation (chacune des entreprises sur la chaîne tente d'obtenir une marge grâce au tarif demandé à son client) (El Ouardighi, 2008).

Il fait également consensus que s'il n'y a pas achat-revente des biens par cette entité juridique alors elle n'est pas considérée comme un intermédiaire. Un prestataire logistique employé pour la distribution par un agriculteur n'est donc pas un « intermédiaire ».

Nous verrons par la suite que cette distinction (achat/revente ou non) a son importance dans l'efficacité économique et environnementale de ces circuits de distribution.

Selon notre vision de SCM, nous nous posons la question de savoir si l'ajout de maillon dans la chaîne a un intérêt pour cette efficacité et par la suite nous nous demanderons s'il est préférable que ces maillons soient indépendants juridiquement (c'est à dire des « intermédiaires » par le biais d'achat/revente) ou non.

2.1.3 Définition floue de « local »

Notons également que la notion de « local » n'est pas non plus clairement arrêtée. Certes elle renvoie à une limitation de la distance spatiale entre deux points, mais à quelle hauteur ? D'une approche plus pragmatique, multiples définitions donnent un nombre de kilomètres différent entre la source et le point de consommation pour dire si le produit supportant cet échange est local ou non. (Praly et al., 2014) établissent qu'en France, un consensus s'est construit autour des 80 km. Toutefois, des recherches montrent que le nombre de kilomètres est très subjectif, chaque individu qu'il soit producteur ou consommateur à sa propre définition du local (Wittman et al., 2012). D'autres seuils spatiaux peuvent par exemple être générés en fonction des frontières administratives (la région, le département), ou des bassins de consommation.

Mais est-ce la bonne approche ? Les éléments contenus dans l'école de la proximité (Rallet, Torre, 2004) pourraient être activés pour délimiter la notion de local. Cette école de pensée raisonne plutôt en terme d'accessibilité et elle intègre, au-delà du nombre de kilomètres à parcourir, des éléments tels que les infrastructures routières ou encore les coûts de déplacement pour telle zone.

Il est d'ailleurs curieux de constater l'ambivalence existante entre la ferme opposition entre les produits dits « locaux » et les autres (le terme « lointain » n'est pour ainsi dire jamais utilisé) avec un flou dans la frontière entre ces deux biens.

Toujours selon notre approche de SCM, nous retiendrons plutôt la notion d'accessibilité et pour une quantification conforme aux attentes de la société et la réglementation en vigueur et à venir, la quantité d'émission de CO₂. Nous laisserons de côté le nombre de kilomètres qui n'est pas un indicateur de proximité universel (un même nombre de kilomètres n'est pas du tout perçu de la même manière d'un pays à l'autre) et baserons plutôt la notion d'accessibilité sur la quantité d'émission de CO₂ des opérations logistiques rapportée à une unité consommée.

En effet, ce qui intéresse le consommateur final, et par rebond la restauration collective

publique, ce n'est pas vraiment le nombre de kilomètres parcourus entre la fourche et la fourchette mais si le produit arrivé dans l'assiette est plus ou moins vertueux pour la planète. La demande veut limiter le chemin parcouru par les produits pour limiter la pollution (au-delà du phénomène de « localisme ») puisqu'il est largement intégré dans l'imaginaire collectif une corrélation linéaire et positive entre distance à parcourir et quantité de CO₂ émis. Nous verrons par la suite que ce lien km/émission de CO₂ n'est pas une fonction aussi simpliste que celle-ci, largement complexifié par les modes et moyens de transport utilisés, le taux de remplissage du moyen de transport ou encore le pourcentage de retour à vide. Les activités logistiques d'acheminement d'une tomate espagnole vers l'assiette d'un lycéen normand peuvent avoir largement moins émis de CO₂ que ces mêmes activités pour une tomate beaucoup plus proche géographiquement parlant.

2.2 Pour une approche logistique de l'approvisionnement de la restauration collective publique en produits locaux

Différentes spécialités des sciences humaines abordent la problématique des CCAP (économie, sociologie, aménagement du territoire. . .) mais finalement peu de travaux les traitent sous l'angle de la logistique ; alors que bon nombre de rencontres professionnelles ou de colloques dédiés à ce thème concluent que l'écueil principal à la mise en place d'un CCAP reste son organisation logistique.

2.2.1 L'emploi de l'économie de la proximité comme cadre d'analyse de la relation entre court et local

L'intérêt pour notre recherche quant à l'économie de la proximité, est de développer une typologie des types de « proximité » existantes (géographique et organisée) et de donner les interactions entre ces dernières. En effet, les deux dimensions incluses dans les CCAP renvoient chacune, à une forme particulière de proximité : proximité géographique pour l'aspect local ; proximité relationnelle selon le nombre d'intermédiaire dans la chaîne. Il nous apparaît donc adéquate (voir intuitif) d'employer l'école de la proximité afin de construire notre grille d'analyse des circuits de distribution et de tester notre hypothèse.

Plus précisément, la proximité organisée renvoi à la distance relationnelle entre deux personnes, c'est-à-dire leurs potentiels de coordination et d'interaction (Rallet et Torre, 2004). Cependant, ce concept est plutôt élaboré pour des relations entre personnes plutôt qu'entre organisation. Le fait de notre approche de *supply chain management* nous engage à remplacer les items sociologiques par des éléments logistiques. Le potentiel de coordination entre producteur et restauration collective publique renverra alors à l'adéquation plus ou moins grande des caractéristiques logistiques des deux parties.

La proximité géographique pour sa part renvoi à la distance spatiale, l'éloignement physique entre deux personnes. Cependant, ne sont pas seulement considérés les kilomètres séparant les deux individus mais également les infrastructures de transport pouvant être employées, le coût engendré par cette distance, les temps de trajet. . . (Rallet, Torre, 2004). On peut donc plutôt parler d'accessibilité. Selon notre approche de cette notion, nous évaluerons donc la proximité géographique par la quantité de CO₂ émise pour relier, non pas ces deux personnes mais ces deux organisations.

Le fondement principal de l'école de la proximité est de montrer les interactions entre

la proximité géographique et la proximité dite organisée ; celles-ci étant interdépendantes. Torre souligne en effet que « toute la difficulté est alors d'activer le potentiel de la proximité géographique par la mise en place de relations efficaces de proximité organisée » (Torre, 2004). C'est justement notre ambition !

Pour rendre opérationnelle cette grille de lecture, nous allons concrétiser la distance relationnelle en critères logistiques, caractéristiques concrets de l'offre et de la demande. Si ces caractéristiques se « rencontrent » alors nous considérerons que la proximité géographique peut être activée. Sinon, nous verrons par quels moyens, et si cela engendre l'insertion d'intermédiaires dans la chaîne, il est possible de tendre vers une adéquation entre les aspects logistiques de l'offre et de la demande.

Ce potentiel de coordination entre l'offre et la demande va donc être évalué selon la plus ou moins grande adéquation entre la morphologie de la demande et ce que peut offrir l'agriculteur local. Ceci en terme de flux physique comme en terme de flux d'information.

Si ce potentiel est inexistant, nous nous interrogerons sur le rôle des intermédiaires (maillons et entreprise) dans le développement de la proximité organisée entre l'offre et la demande. Nous pourrions alors établir une corrélation négative entre « local » et « court » (plus la chaîne d'approvisionnement intègre un grand nombre d'intermédiaire (éloignement du « court ») et plus la distribution de produits locaux peut se développer).

Cette recherche permettra également de clarifier le rôle que joue « l'entreprise » vis-à-vis du « maillon » dans la mise en œuvre des circuits de proximité : est-ce l'insertion d'entités patrimoniales supplémentaires dans la chaîne ou de nœuds logistiques qui facilitent l'approvisionnement en circuit de proximité ?

3. Résultats de recherche et discussion

3.1 Résultats de la confrontation des items caractérisant l'offre et la demande (sans intermédiaire)

(a) Flux physiques

- Taille des lots : il est évident que la quantité proposée par un agriculteur soit exceptionnellement conforme avec celle demandée par un restaurant collectif local. La mise en adéquation peut simplement se faire en s'adressant à plusieurs producteurs pour un même produit de la part du restaurant ; l'agriculteur peut vendre sa récolte à différents restaurants. Dès maintenant, cela montre une nécessaire multiplication des flux entre offre et demande qui engendre une sous-optimisation des transports via une non-massification de ces derniers (rapport entre les kilomètres parcourus et les quantités transportées). Cela oblige le producteur à multiplier les traitements et préparations de commande (en termes de flux physique comme d'information) et symétriquement augmente les commandes et réceptions pour le restaurant.

L'efficacité des transports va également être mise à mal par un taux de retour à vide important (nécessité de revenir au point de départ, l'exploitation, sans chargement).

- Les fréquences d'expédition et de réception : selon des contraintes d'espace disponible, de normes sanitaires ou tout simplement par la Date Limite de Consommation (DLC), les restaurants peuvent difficilement stocker ces produits issus de la ferme. Il est donc

nécessaire de se réapprovisionner au quotidien. A contrario, la fréquence d'expédition pour l'exploitant est dictée par la récolte ou la croissance des animaux. On s'aperçoit bien de la contradiction entre ces fréquences qui ne peut être résolue que par une activité de stockage (seul levier d'action disponible au logisticien pour faire varier les délais). Opération qui d'ailleurs est rarement possible sans une transformation de la matière première (congélation, conserverie. . .).

De plus, et même si cela est réalisable, la livraison en direct par les producteurs va multiplier les flux en entrée du restaurant et ainsi contraindre grandement l'activité de ce dernier. Les réceptions sont par ailleurs, et plus particulièrement dans la restauration collective, soumises à des règles d'hygiène qui viennent complexifier cette activité.

- La compatibilité calendaire : bien-entendu, chaque type de production au sein de chaque région a sa cadence de production sur l'année et sa saisonnalité. Celle-ci peut-être incompatible avec la saisonnalité de la restauration collective publique. Par exemple, bon nombre de variétés de fruits et légumes sont produites l'été, au moment de la fermeture des cantines scolaires. Sur le plus court terme, la variabilité des délais de production des matières premières s'oppose à la constitution des menus servis en restauration collective publique au moins quelques jours avant leurs consommations (notamment rendue nécessaire par des règles d'équilibre alimentaire). En d'autres termes, il est délicat d'organiser la distribution en flux tirés, non pas par une non-connaissance de la demande, mais plutôt en fonction de l'impossibilité de jouer sur les délais de production sur le court terme. Là encore, le seul moyen d'imbriquer ces calendriers est le stockage, quand les produits le permettent.
- Les emballages nécessaires à la distribution : Le mode de conditionnement disponible à la ferme n'est peut-être pas adéquat avec les attentes de la restauration collective publique. De plus, les normes d'hygiène vont spécifier les types d'emballage à utiliser et règlementer comment les produits doivent être conditionnés. Par exemple, il est interdit de faire rentrer de la terre dans les cuisines des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU).
- Type de produit : même si cet item ne peut pas être considéré comme une caractéristique logistique, la dissonance entre offre et demande à propos des types de produits échangés impacte la compatibilité des spécificités logistiques de l'offre et de la demande. Par exemple, et plus spécifiquement dans le cas de la viande, les éleveurs doivent naturellement vendre toute la bête lorsque la restauration collective publique n'en n'achète que certaines parties (selon des contraintes budgétaires et/ou de goût (restaurant scolaire) et/ou de limites sanitaires (CHU)). Là encore ceci aura pour conséquence de multiplier les flux en sortie d'exploitation afin de pouvoir « écouler » l'ensemble de la matière première et ainsi limiter, à minima, l'efficacité en termes de transport.

Plus généralement, les produits qui sortent de la ferme sont des matières premières brutes alors que la restauration collective publique s'approvisionne en partie en produit plus ou moins transformés. Pour rendre compatible offre et demande il est donc indispensable d'insérer de nouvelles opérations dans la chaîne. Pour ce faire : soit l'agriculteur intègre ces opérations (problème d'économie d'échelle de production et de retour sur investissement). Soit l'agriculteur mutualise ces opérations avec d'autres agriculteurs (nécessairement concurrents puisque l'on traite du même produit) sans achat/revente ; ce qui rajoute des « maillons »

dans la chaîne mais non des entreprises, donc sans s'éloigner du « court ». Soit l'agriculteur vend ses produits à des entreprises intermédiaires qui se chargeront de cette transformation afin de pénétrer le marché de la restauration collective publique. On insère dans la chaîne des entreprises, ce qui nous éloigne du « court ». Enfin, soit le restaurant intègre ces opérations (là encore problème d'économie d'échelle de production et de retour sur investissement).

Nous verrons dans une troisième partie la faisabilité de mise en œuvre de chacune de ces options, leurs impacts sur la proximité relationnelle (adéquation des caractéristiques logistiques) et sur la proximité géographique (accessibilité en délai et émission de CO2).

(b) Flux d'information

- Prise de commande et son traitement : les technologies de l'information disponibles pour ces actions, pour l'offre et la demande, sont très diverses et disparates. Quand certains CHU vont utiliser l'EDI (Echange de Données Informatisé) afin d'envoyer leurs commandes, de petites cantines scolaires vont passer pour ce faire par le téléphone et le mail. Coté offre, il en est de même. Là encore il peut exister une certaine inadéquation entre offre et demande rendant quasiment impossible leur rencontre, en direct.
- Etiquetage et traçabilité : la restauration collective publique se doit de respecter une réglementation stricte en termes de traçabilité⁷. Les moyens du producteur pour ce faire ne sont peut-être pas conforme à cette réglementation.
- Réponse à des appels d'offre : selon le code des marchés publique, passé une valeur annuelle achetée pour un type de produit (40000 euros) le restaurant doit passer un appel d'offre. Si le producteur veut accéder à ce marché, il doit alors disposer des moyens informationnels et de compétences nécessaires à traiter ces appels d'offre.

Il est néanmoins nécessaire de relativiser ces différents antagonismes entre l'offre et la demande. Ces contradictions vont être d'autant plus importantes selon l'inégalité de taille entre l'exploitation agricole et le restaurant. Un agriculteur aura plus de facilités à approvisionner une petite cantine scolaire (montant de commande inférieur au seuil d'appel d'offre, utilisation du mail, menus un peu « flexible » sur la semaine, possibilité de reconditionner. . .), qu'une cuisine centrale d'un regroupement hospitalier (utilisation de *Entreprise Resource Planning* (ERP), code-barres, EDI pour le traitement des commandes, normes drastiques d'hygiène, emballages aseptisés. . .).

Reste que les résultats de nos études de cas induisent un faisceau d'indice amenant à la conclusion qu'il n'y a pas de proximité relationnelle entre les producteurs locaux et la restauration collective publique. Et même si tel était le cas entre les producteurs pris individuellement et le restaurant, la relation directe engendrerai une multiplication des réceptions au niveau du restaurant, difficilement compatible avec son activité première (faire la cuisine).

3.2 Comment peut-on développer la proximité organisée entre les producteurs locaux et la restauration collective publique locale ; et ainsi permettre d'activer la proximité géographique ?

Pour limiter les écueils à la proximité organisée il est nécessaire de pouvoir :

7. https://chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/002_inst-site-chambres/pages/exploitation_agri/outils_realisab_VD.pdf

- regrouper les produits de différentes exploitations proches et de différents restaurants proches géographiquement. Cela va permettre de limiter le nombre de réceptions au niveau des restaurants (proximité organisée), mais aussi de massifier les flux de transport (proximité géographique).
- développer les possibilités de stockage entre l'exploitation et le restaurant. On obtient alors le moyen de synchroniser le cadencement des récoltes avec le planning de réapprovisionnement et les fréquences d'expédition et de réception, ainsi que de se faire rencontrer les tailles des lots produits et demandés (proximité organisée). Sur ce point, on détient un levier d'action d'optimisation du schéma de transport (proximité géographique).
- partager entre agriculteur des infrastructures de conditionnement et de transformation de produit ; permettant l'adéquation des caractéristiques des produits et emballages offerts et demandés (proximité organisée).
- rendre compatible les technologies de l'information utilisées par l'offre et la demande (proximité organisée).
- répondre à des appels d'offre (proximité organisée).

On peut voir dès maintenant que certaines restructurations de la *supply chain* en vue de développer la proximité organisée va induire une intensification de la proximité géographique.

Quelles sont alors les modes de gouvernance alternatifs permettant d'accéder à ces réorganisations de chaîne ?

- Coopération entre agriculteurs.
- Emploi de prestataire(s) logistique(s), sans achat/revente (multiplication des maillons au sein de la chaîne mais pas du nombre « d'intermédiaire »).
- Insérer des entreprises intermédiaires entre producteur et restauration collective publique.

(a) Coopération entre agriculteurs

Nombreux sont les projets territoriaux s'appuyant sur ce mode de gouvernance afin de développer les approvisionnements en produits agricoles locaux. De plus, comme nous l'avons souligné dans la construction de la problématique, la distribution des produits locaux est généralement assimilé à un nombre limité d'intermédiaire, comme par exemple avec la mutualisation d'opérations entre agriculteurs.

Cependant, ce type d'organisation peine à se construire (exploitation potentiellement en concurrence) et à perdurer dans le temps (Guérin, Lambert, 2012). De plus, si les opérations de transport, stockage et traitement des commandes sont effectuées tour à tour par chacun des agriculteurs présents au sein du regroupement, il en découle une certaine déperdition d'efficacité dû à la succession de réorganisations (comme par exemple pour le plan de transport) et à une complexité dans l'échange d'information avec les demandeurs.

Sur le plan de la proximité géographique, cela va permettre de concevoir une tournée de transport (augmentation du taux de remplissage des camions et diminution des retours à vide), mais uniquement pour les produits de ces agriculteurs.

(b) Emploi de prestataire(s) logistique(s), sans achat/revente

Nous pouvons alors imaginer que ce vivier d'agriculteurs fasse appel à un prestataire logistique pour la réalisation de ces opérations. Ceci peut permettre de limiter les frictions entre

producteurs mais adviendra alors le problème de la claire répartition du coût de la prestation entre eux.

Pour la proximité géographique, les flux de transport pourront être massifiés et le schéma de transport optimisé (y compris avec d'autres biens); mais la chaîne va devoir rétribuer la marge du prestataire.

(c) **Insérer des entreprises intermédiaires entre producteur et restauration collective publique**

Ces entreprises sont des grossistes, qui peuvent elles-mêmes faire appel à des prestataires logistiques, qui peuvent sous-traiter à des transporteurs. . . Cela va permettre de regrouper les produits des exploitations, accéder à des infrastructures de stockage et de transformation des produits, disposer d'un système d'information idoine. . . Cette structuration de chaîne permettra d'accéder à la proximité organisée et d'optimiser chaque maillon de la chaîne en le confiant à un spécialiste qui pourra massifier et optimiser les flux (proximité géographique). Néanmoins, le phénomène de double marginalisation va alors apparaître.

4. Conclusions

L'approvisionnement de la restauration collective publique en produits locaux reste limitée. Il en est d'ailleurs de même pour la restauration à domicile.

Notre recherche conclue qu'un des inducteurs de ce sous-développement est l'imbrication de deux formes de proximité dans la morphologie de ces circuits de distribution, organisée et géographique. La majorité des projets territoriaux, qui visualisent bien les problèmes de logistique pour la distribution des produits locaux, incitent à une coopération entre producteurs pour développer la nécessaire massification des flux; comme si cela est la seule voie envisageable. Pourquoi ces produits n'auraient-ils pas le droit au même traitement que les produits « lointains », c'est-à-dire distribués via une chaîne d'acteurs spécialistes (stockistes, transporteurs, 4PL. . .) de leurs fonctions, ayant les moyens d'optimiser leurs processus ?

Le développement de cette recherche a pu se faire grâce à l'emploi d'une grille de lecture issue de l'école de la proximité. Cette dernière a été adaptée à nos besoins en traduisant des concepts sociologique, interpersonnelles, en item logistique. Il est d'ailleurs curieux que peu de ponts soient effectués entre l'économie spatiale et le *supply chain management*. Ce croisement, ou plutôt cette fusion de ces deux champs académiques est pour nous à fort potentiel et nous poursuivrons dans cette voie.

La limite de notre recherche est le nombre d'entretiens rapporté à la diversité des situations de l'offre et de la demande. Une poursuite de celle-ci devrait être envisagée en catégorisant, selon la taille, le type de produits, la maturité informationnelle. . . , l'offre et la demande pour une confrontation logistique plus fine.

Les circuits alimentaires de proximité ont un fort potentiel de croissance, notamment par des émissions de CO2 restreintes grâce à la limitation des distances entre sources et consommation. Assurément ne pas court-circuiter les intermédiaires.

Références

- Abdoun E. (2020) Circuits courts – Sont-ils vraiment écolo ? **Que choisir**, n° 592.
- Chiffolleau Y. (2008) Les circuits courts de commercialisation en agriculture: diversité et enjeux pour le développement durable. In Maréchal G., **Les circuits courts alimentaires: bien manger dans les territoires**, Educagri éditions.
- Clauzel A., Lombardot E., Riché C. (2015) Manger local au restaurant: un nouveau marché, de nouvelles attentes? **Gestion 2000**, n° 32(4).
- De Viron A. (2017) Freins au développement des circuits courts alimentaires en Wallonie et solutions à mettre en place pour voir une évolution durable de ces systèmes de commercialisation. **Louvain School of Management**, Université catholique de Louvain.
- El Ouardighi F. (2008) Le supply chain management : concilier centralisation et indépendance organisationnelle. **Revue Française de Gestion**, n° 186.
- Gonçalves A., Zeroual T. (2016) Analyser les impacts des circuits courts alimentaires : une étude en Nord-Pas-de-Calais. **Revue de la régulation**, n°20, 2° semestre.
- Guérin F., Lambert R. (2012) Une rénovation de la gouvernance des chaînes logistiques. **Revue Française de Gestion**, n° 227.
- Lambert D., Stock J., Ellram L. (1998) **Fundamentals of logistics management**, Boston, Irwin/Mc Graw-Hill, chapter 14.
- Marsden T., Banks J., Bristow G. (2000) Food supply chain approaches: exploring their role in rural development. **Sociologia ruralis**, n° 40(4).
- Mundler P., Rumpus L. (2012) The energy efficiency of local food systems: A comparaison between different modes of distribution. **Food policy**, n° 37 (6).
- Noireaux V., Cassière F., Edzengte J. (2020) Stratégie collective logistique des agriculteurs : une difficile équation. **Actes des 13^{ème} Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique et en Supply Chain Management**, Le Havre, 7 – 9 octobre 2020.
- Noireaux V., Ralet P. (2019) Difficultés des canaux de distribution alimentaire en territoire rural : l'importance du leader. **Economie Rurale**, n° 369.
- Praly C., Chazoule C., Delfosse C., Mundler P. (2014) Les circuits de proximité, cadre d'analyse de la relocalisation des circuits alimentaires. **Géographie, économie, société**, n° 16(4).
- Rallet A., Torre A. (2004) Proximité et localisation. **Economie Rurale**, n° 280.
- Raton G., Blanquart C., de Biasi L. (2017) Des circuits courts durables ? De l'utopie à la réalité... **Cahiers de l'IAU**, n° 173.

Rouget N., Heude J., Pfirsch T., Schmitt G., Lescureux F., Letniowska-Swiat S. (2015) L'entrée de la grande distribution dans le marché des circuits courts : vers un modèle « hybride » ? **Pour**, n° 224.

Sonnino R., Marsden T. (2006) Beyond the divide: rethinking relationships between alternative and conventional food networks in Europe. **Journal of economic geography**, n° 6(2).

Torre A. (2004) Introduction : proximité et territoires. **Economie Rurale**, n° 280.

Wittman H., Beckie M., Hergesheimer C. (2012) Linking local food systems and the social economy? Future roles for farmers' markets in Alberta and British Columbia. **Rural sociology**, n° 77(1).

Biographie des auteurs



Romain Lambert est docteur en sciences de gestion de l'Université Le Havre Normandie et enseignant à l'Institut Supérieur d'Études Logistiques. Ses travaux de recherches portent sur l'applicabilité du *supply chain management* et les relations inter-entreprises. Formé au bilan carbone®, ses recherches s'orientent actuellement vers les circuits de distribution courts et de proximité.

OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION POUR LE PLACEMENT DE HUB DANS UN CIRCUIT ALIMENTAIRE DE PROXIMITÉ

Y. Cui¹, I. Diarrassouba¹, C. Joncour¹, S. Michel¹

¹Université Le Havre Normandie

25 Rue Philippe Lebon, 76063, Le Havre

cuiyaheng@gmail.com, diarrasi@univ-lehavre.fr, joncourc@univ-lehavre.fr,

michels@univ-lehavre.fr

RESUME

Les circuits de proximité prennent une place de plus en plus importante dans le développement de filières agricoles et agro-alimentaires durables. Il s'agit notamment de garantir au consommateur une alimentation saine et produite localement, et pour les autorités locales de favoriser les économies locales et répondre à des objectifs de développement durable. Les *Food Hubs* désignent une catégorie de plateformes logistiques conçues spécialement pour répondre à ces enjeux.

Dans cet article, nous nous intéressons à l'approvisionnement des cantines scolaires normandes par un circuit de proximité, et basé sur l'utilisation de *Food Hubs*. Nous traitons en particulier du problème de l'emplacement optimal d'un réseau de *Food Hubs* et des flux de marchandises associés. Les nombreux aspects et contraintes à prendre en compte font que ce problème reste difficile à traiter avec des outils simples. Nous proposons donc un outil d'aide à la décision basé sur une modélisation mathématique du problème et sa résolution à l'aide d'outils adaptés.

Dans un premier temps, nous décrivons les diverses contraintes et notions considérées dans notre chaîne d'approvisionnement. Puis, nous présentons la formulation mathématique permettant de modéliser l'ensemble de la problématique. Ensuite ce modèle est résolu à partir de données basées sur différents scénarios pour chacun des cinq départements de la Normandie. L'analyse des résultats numériques permet d'observer un positionnement préférentiel des *Food Hubs* et les flux de produits. Enfin, nous terminons par des conclusions sur la flexibilité de notre démarche et quelques perspectives.

MOTS CLÉS: Circuit alimentaire de proximité, *Food Hub*, supply chain globale, modélisation mathématique.

ABSTRACT

Short food supply chains are considered as key aspect for the future of sustainable agri-food supply chains. They aim at ensuring to consumers that they access to healthy and locally produced food. For local authorities also, short food supply chains aim at encouraging local economies and fulfilling their objectives in terms of sustainable development. The concept of Food Hub names logistics hubs that are specially designed to address issues related to short food supply chains.

In this paper, we are interested in supplying school canteens of Normandy region using

a short food supply chain network and food hubs. We particularly consider the problem of computing the optimal location of a set of Food Hubs. The complexity of the problem makes it difficult to be solved using simple tools. Thus, we propose a decision support tool based on a mathematical modelling of the problem together with suitable resolution methods.

First, we describe the constraints and notions considered in this supply chain. Then, we present our mathematical formulation for the food hub location problem. Finally, we apply and solve this model to each of the five department of Normandy region. The results show where one should optimally place food hubs over all the region.

KEYWORDS: short food circuit, food hub, glocal supply chain, mathematical modelling.

1. Introduction

1.1 Contexte : le projet FuMa

Le projet RIN Tremplin FuMa (Futur de la Marchandise) est un projet pluridisciplinaire co-financé par la région Normandie, dans le cadre des RIN (Réseaux d'Intérêts Normands), et par le FEDER (Fond Européen de Développement Régional). L'objectif du projet est d'étudier des aspects liés aux évolutions de la chaîne d'approvisionnement et, en particulier, de construire et évaluer les chaînes d'approvisionnement glocales. Les membres du consortium sont principalement des chercheurs de différentes spécialités, notamment des Sciences de Gestion, des Mathématiques Appliquées, de l'Informatique et du Droit.

Le projet FuMa s'est focalisé sur les chaînes d'approvisionnement alimentaires en considérant deux enjeux majeurs. D'une part, le souhait du consommateur est, de plus en plus, de pouvoir bénéficier d'une alimentation saine et produite localement. D'autre part, la région Normandie désire accompagner les évolutions des secteurs agricoles et agro-alimentaires et participer au développement socio-économique de la Normandie. Plus précisément, le projet s'attache à étudier l'articulation entre les modes d'approvisionnement alimentaire à échelle locale et globale. Une chaîne d'approvisionnement intégrant les deux échelles est appelée chaîne d'approvisionnement *glocale*.

1.2 Les circuits alimentaires de proximité

Une des questions soulevées par les chaînes d'approvisionnement glocales est celle du développement des circuits alimentaires de proximité. Un circuit alimentaire de proximité est un schéma d'approvisionnement dans lequel la distance entre le lieu de production des aliments et le lieu de consommation n'excède pas une certaine distance. Cette distance maximum est souvent fixée à 30 km pour les fruits et légumes et à 80 km pour les produits transformés ADEME (2011). Ces circuits de distribution permettent de répondre à la fois aux besoins du consommateur et aux enjeux de développement économique régional qui se posent aux collectivités.

1.3 Les Food Hubs

Le *Food Hub*, ou “plateforme alimentaire” en français, est une notion indissociable des circuits alimentaires de proximité. Un *Food Hub* est un lieu ou une organisation qui permet de faciliter l’agrégation, le stockage, la préparation, la distribution et/ou la vente de biens alimentaires produits localement WIKIPEDIA (2022). Il est implanté au plus près des agriculteurs et des consommateurs, et doit être conçu pour avoir une logistique simplifiée ainsi que des coûts de fonctionnement relativement faibles.

Présents aux Etats-Unis dans les années 70, les *Food Hubs* connaissent un essor en Europe et en France depuis une quinzaine d’années.

Les *Food Hubs* s’opposent aux grands entrepôts industriels conventionnels, d’une part en raison de leurs superficies plus réduites et de leurs logistiques plus simples, et d’autre part en raison de leurs lieux d’implantation. Une des problématiques que nous avons abordée dans le projet FuMa porte précisément sur l’identification des lieux d’implantation d’un réseau de *Food Hubs* sur le territoire normand et dans un circuit de proximité. La Figure 1 donne un exemple d’implantation de *Food Hubs*.

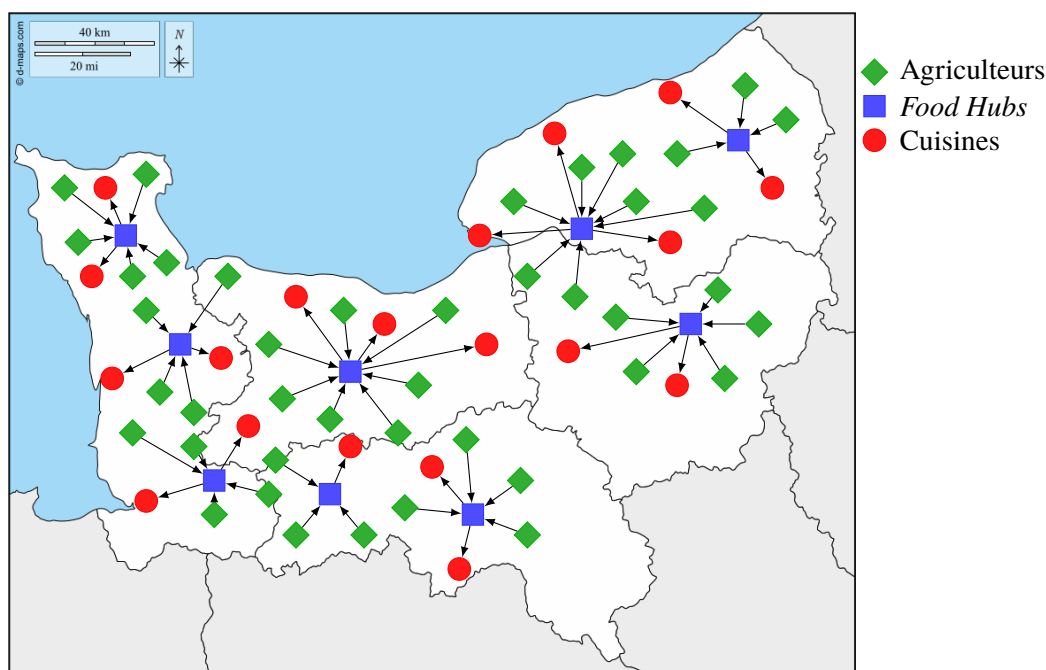


FIGURE 1 – Problématique de localisation des *Food Hubs* en approvisionnement local

2. Cas d’application : les cantines scolaires normandes

2.1 La chaîne d’approvisionnement

La problématique de localisation des *Food Hubs* a été considérée dans le cadre de l’approvisionnement en aliments locaux des cantines scolaires normandes. Nous considérons trois types de produits en particulier : **viande, lait et légumes**. En pratique, les cantines scolaires sont elles-mêmes approvisionnées par les cuisines scolaires qui collectent les produits, confectionnent les repas et les redistribuent aux cantines.

Le schéma d’approvisionnement que nous étudions considère donc les agriculteurs comme fournisseurs des trois types de produits et les cuisines scolaires comme destinataires (ou clients). Entre les deux se trouvent les *Food Hubs* dont le rôle est d’aggréger les flux de produits fournis par les agriculteurs afin de les redistribuer aux cuisines scolaires. Plusieurs types de structures peuvent faire office de *Food Hubs*, à savoir de petits entrepôts implantés localement, des coopératives, des Groupements Agricoles d’Exploitation en Commun (GAEC) ou encore des grossistes de produits frais locaux. La Figure 2 présente les flux logistiques considérés dans notre modèle.

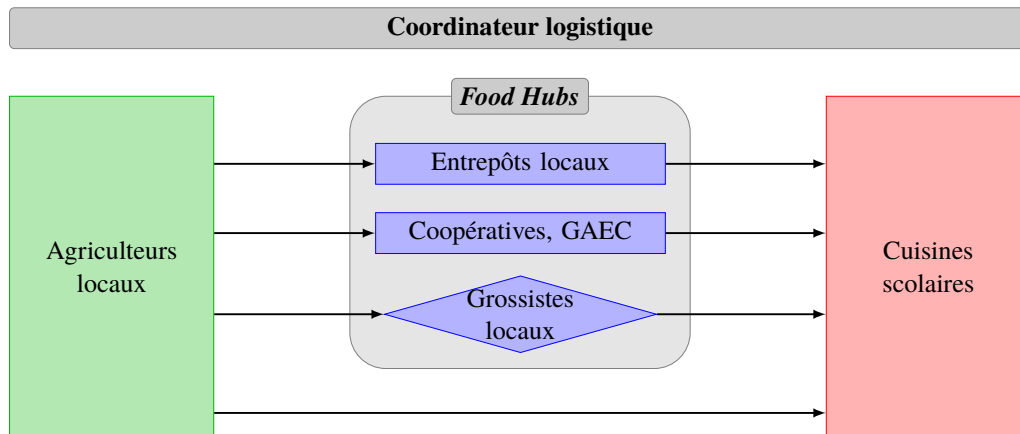


FIGURE 2 – Flux logistiques des agriculteurs locaux jusqu’aux cuisines scolaires

Le problème de localisation des *Food Hubs* consiste donc à déterminer l’emplacement optimal des *Food Hubs* en considérant d’une part les demandes des cuisines en viande, lait et légumes et d’autre part, les volumes de production moyens fournis par les agriculteurs. Enfin, d’autres aspects, tels que la condition de proximité entre les lieux de production et les cuisines, et les coûts sont pris en compte et sont détaillés ci-dessous.

2.2 Description détaillée de la problématique

Notons par $\mathcal{F} = \{\text{Viande}, \text{Lait}, \text{Légume}\}$ l’ensemble des familles de produits et considérons un ensemble de cuisines scolaires \mathcal{C} réparties sur un territoire donné. Chaque cuisine est caractérisée par sa position géographique et les quantités hebdomadaires demandées (appelées demandes) de chaque type de produits (viande, lait et légumes).

Considérons aussi un ensemble \mathcal{A} d’agriculteurs également répartis sur le territoire et fournissant un ou plusieurs familles de produits de \mathcal{F} . Chaque agriculteur est caractérisé par sa position géographique ainsi que les quantités hebdomadaires fournies (appelées aussi offres) pour chaque type de produit. Cette quantité est considérée comme nulle si l’agriculteur ne fournit par un produit donné sur la période considérée.

Considérons également un ensemble \mathcal{H} de lieux possibles pouvant accueillir les *Food Hubs* répartis sur le territoire. Chaque possibilité d’implantation de *hub* est caractérisée par sa position géographique et le coût d’utilisation du *hub* dans ce lieu. Le coût d’utilisation inclut le coût d’ouverture du *hub* (construction ou location) et tous les coûts fixes liés au fonctionnement du *hub* (électricité, etc.). Nous supposons aussi que les *Food Hubs* qui seront ouverts sont capables de gérer les trois familles de produits et qu’ils disposent de capacité suffisante pour manutentionner

tous les flux qui y transiteront.

Enfin, nous supposons que le transport des produits entre les agriculteurs et les *Food Hubs* est assuré par des véhicules utilitaires, et le transport des *Food Hubs* vers les cuisines est assuré à l'aide de véhicules de plus grandes capacités. Chaque véhicule est caractérisé par sa capacité en produits et son coût kilométrique.

Le problème de localisation des *Food Hubs* que nous considérons ici consiste à :

- sélectionner un ensemble de lieux parmi les lieux possibles qui accueilleront les *Food Hubs*,
- déterminer, pour chaque période, les flux de chaque produit
 - allant de chaque agriculteur vers chaque *Food Hub* ouvert,
 - allant de chaque *Food Hub* ouvert vers chaque cuisine,
- calculer le coût total constitué de la somme du coût d'utilisation des *Food Hubs* et du coût total de transport.

Les contraintes et les principales notions prises en compte dans le problème sont les suivantes.

(a) **Satisfaction de la demande et excès/déficit de la production**

Dans l'idéal, la demande en produits des cuisines à chaque période doit pouvoir être assurée en totalité par la chaîne d'approvisionnement. En pratique, selon le territoire considéré et les volumes produits localement, les demandes des cuisines peuvent être satisfaites en totalité ou non. Dans le cas où la production d'un produit donné excède la demande totale des cuisines, sur une période donnée, nous imposons que les flux de produits soient calculés de sorte que la demande de chaque cuisine sur ce produit soit satisfaite. Dans le cas contraire, toute la production locale doit être utilisée pour à approvisionner le plus de cuisines possibles.

(b) **Un circuit de proximité**

Le circuit de proximité impose que les flux de produits soient calculés de sorte que la distance entre les agriculteurs et les cuisines soit inférieure à 80 km. Dans notre modèle, cet aspect est assuré en imposant une pénalité à tous les flux agriculteur-cuisine dont la distance dépasse 80 km.

(c) **Affectation agriculteurs et cuisines**

Nous faisons l'hypothèse que chaque agriculteur approvisionne un seul *Food Hub*. Par contre, une cuisine peut être approvisionnée par plusieurs *Food Hubs*.

(d) **Les coûts d'utilisation des *Food Hubs***

Les coûts d'utilisation des *Food Hubs* intègrent tous les coûts fixes liés à la mise en place d'un *hub* et sur l'horizon de temps de 12 semaines. Ce coût intègre notamment le coût du foncier, le coût de construction ou de location (si nécessaire) et tous les coûts fixes liés au fonctionnement du *hub*. Les coûts variables, quant à eux, ne sont pas pris en compte.

(e) **Les coûts de transport**

Les coûts de transport sont calculés à partir des différents flux des agriculteurs vers les *Food Hubs* d'une part, et des *Food Hubs* vers les cuisines d'autre part. Ce coût est obtenu précisément à partir du nombre de véhicules de chaque type nécessaire à l'acheminement des différents flux, du coût fixe de chaque véhicule et du coût kilométrique combiné aux distances parcourues par le véhicule.

3. Le modèle mathématique

La formulation mathématique ci-dessous permet de modéliser l'ensemble de la problématique. Sa résolution fournit à la fois la position optimale des *Food Hubs* ainsi que les différents flux entre les agriculteurs, les *Food Hubs* et les cuisines. Il indique aussi le coût total formé par le coût d'utilisation des *Food Hubs* et le coût de transport des différents flux. Les principales variables de décisions (*i.e.* les inconnues) du problème sont brièvement décrites ci-dessous. Il est à noter que l'indice f désigne une famille de produits (viande, lait ou légumes) et l'indice k désigne un produit et son lieu de production. Cette distinction nous permet d'identifier l'origine géographique des familles de produits et identifier les produits locaux.

- Pour chaque position possible h , la variable de type y_h vaut 1 si un *Food Hub* est ouvert à la position h et 0 dans le cas contraire.
- Les variables de type z_{hkt} modélisent les flux de produits k des agriculteurs vers les *Food Hubs* h , à la période t .
- Les variables de type q_{hckt} modélisent les flux de produits k des *Food Hubs* h vers les cuisines c , à la période t .
- Les variables de type Θ_{aht} et Θ_{hct} modélisent les nombres de véhicules utilisés, à chaque période t , pour acheminer les produits vers les *Food Hubs* h et vers les cuisines c , respectivement.
- Les variables de types λ_c^k permettent d'introduire la contrainte de proximité entre les lieux de production k et les cuisines c .

De même, les principales données d'entrée du problème sont décrites ci-dessous.

- τ désigne le nombre de périodes de l'horizon de temps. Ici, $\tau = 12$ semaines.
- f_h désigne le coût d'utilisation du *Food Hub* h .
- d_{cft} désigne la demande de la cuisine c à la période t pour la famille de produit f .
- w_{kt} désigne le volume de production d'un produit k donné à la période t .
- c_{ah} et c_{hc} désignent le coût d'utilisation d'un véhicule des agriculteurs vers les *hubs* et des *hubs* vers les cuisines, respectivement. Ce coût d'utilisation intègre le coût fixe du véhicule ainsi que le coût de transport sur la distance parcourue par le véhicule.
- M_l désigne la pénalité infligée à un flux dont la distance dépasse les 80km.
- V_a et V_c désignent les capacités, en kilogrammes, des véhicules utilisées pour transporter les produits entre les agriculteurs et les *hubs*, et entre les *hubs* et les cuisines. Ici, $V_a = 600$ kg et $V_c = 1\,500$ kg.

Le problème de localisation des *Food Hubs* en circuit de proximité peut donc être modélisé mathématiquement comme suit.

$$\text{Minimiser } \underbrace{\sum_{h \in \mathcal{H}} f_h y_h}_{\text{coût total d'utilisation des hubs}} + \underbrace{\sum_{t=1}^{\tau} \sum_{h \in \mathcal{H}} \sum_{a \in \mathcal{A}} c_{ah} \Theta_{aht}}_{\text{coût de transport fermes vers hub}} + \underbrace{\sum_{t=1}^{\tau} \sum_{(h,c) \in \mathcal{HC}} c_{hc} \Theta_{hct}}_{\text{coût de transport hubs vers cuisines}} + \underbrace{\sum_{k \in \mathcal{P}} \sum_{(h,c) \in \mathcal{HC}_k} M_l \lambda_k^c}_{\text{pénalité sur la distance}} \quad (1)$$

sous les contraintes

$$\sum_{h \in \mathcal{H}_k} z_{hkt} \leq w_{kt} \quad \forall k \in \mathcal{P}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (2)$$

$$\sum_{c \in C_k: (h,c) \in \mathcal{H}C_k} q_{hckt} = z_{hkt} \quad \forall k \in \mathcal{P}, \forall h \in \mathcal{H}_k, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (3)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{P}_f} \sum_{(h,c) \in \delta_k^-(c)} q_{hckt} = d_{cft} \quad \forall f \in \mathcal{F}, \forall c \in C_f, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket, \text{ si dem. excédant} \quad (4)$$

$$\sum_{c \in C_f} \sum_{k \in \mathcal{P}_{cf}} \sum_{(h,c) \in \delta_k^-(c)} q_{hckt} = \sum_{k \in \mathcal{P}_f} w_{kt} \quad \forall f \in \mathcal{F}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket, \text{ si dem. déficit.} \quad (5)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{P}_a} z_{hkt} \leq M x_{aht} \quad \forall a \in \mathcal{A}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (6)$$

$$\sum_{h \in \mathcal{H}} x_{aht} \leq 1 \quad \forall a \in \mathcal{A}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (7)$$

$$\Theta_{aht} \geq \frac{\sum_{k \in \mathcal{P}_a} z_{hkt}}{V_a} \quad \forall (a, h) \in \mathcal{A} \times \mathcal{H}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (8)$$

$$\Theta_{hct} \geq \frac{\sum_{k \in \mathcal{P}} q_{hckt}}{V_c} \quad \forall (h, c) \in \mathcal{H} \times C, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (9)$$

$$\sum_{t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket} \sum_{h \in \mathcal{H}} q_{hckt} \leq M \lambda_k^c \quad \forall k \in \mathcal{P}, \forall c \in C \text{ et } \text{dist}(k, c) > 80 \text{ km} \quad (10)$$

$$\Theta_{aht}, \Theta_{hct} \in \mathbb{Z}_+ \quad \forall a \in \mathcal{A}, \forall h \in \mathcal{H}, \forall c \in C, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (11)$$

$$z_{hkt} = 0 \quad \forall k \notin \mathcal{P}_h, \forall h \in \mathcal{H}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (12)$$

$$\lambda_k^c, x_{aht}, y_h \in \{0,1\} \quad \forall k \in \mathcal{P}, \forall c \in C, \forall a \in \mathcal{A}, \forall h \in \mathcal{H}, \forall t \in \llbracket 1; \tau \rrbracket \quad (13)$$

L'expression (1) est la fonction objective de la formulation. Elle correspond à la somme des coûts d'ouverture des *hubs*, des coûts totaux de transport et des pénalités en cas de dépassement de la distance des 80 km. Les inégalités (2) indiquent que la quantité de produits expédiée par un agriculteur vers les *hubs* ne peut pas dépasser son volume de production. L'équation (3) permet de relier d'une part le flux de produit d'un agriculteur vers un *hub* et, d'autre part, du *hub* vers les cuisines clientes. Cette contrainte permet notamment de vérifier si les flux de produits respectent ou non la distance des 80 km. Les contraintes (4) et (5) permettent de modéliser la couverture de la demande dans le cas où la production d'un aliment excède la demande ou non. Les contraintes (6) et (7), quant à elles, modélisent le fait qu'un agriculteur est rattaché au plus à un seul *hub* et que les flux de produits de cet agriculteur vers ce *hub* sont positifs ou nuls. Les contraintes (8) et (9) permettent d'estimer les nombres de véhicules nécessaires pour transporter les flux entre des agriculteurs vers les *hubs* et des *hubs* vers les cuisines. Les contraintes (10) permettent d'identifier les flux de produits entre les agriculteurs et les cuisines dont la distance totale parcourue dépasse les 80 km. Ces flux se voient notamment attribuer une pénalité dans la fonction objectif. Enfin, les contraintes (11), (12) et (13) indiquent la nature des variables de la formulation.

Dans notre étude, ce modèle mathématique a été résolu à l'aide du logiciel spécialisé CPLEX 12.9 IBM (2019). Dans la section suivante, nous présentons l'application de ce modèle et sa résolution dans le cas de la région Normandie.

4. Application au cas de la région Normandie

4.1 Les données d'entrée

Les données d'entrée du modèle sont générées à l'aide de données statistiques régionales et nationales décrites ci-dessous.

(a) Les cuisines scolaires et les demandes en produits

Les cuisines scolaires clientes sont choisies dans et autour des moyennes et grandes villes du territoire normand. Les effectifs des établissements scolaires considérés sont obtenus à partir du site web de l'académie de Normandie. Les demandes hebdomadaires en viande, lait et légumes sont obtenus en couplant ses effectifs et les recommandations nutritionnelles hebdomadaires du ministère de l'Éducation Nationale.

(b) Les agriculteurs et les volumes de production

Le panel d'agriculteurs choisis pour l'étude sont ceux recensés sur des bases de données établies pour la région normandie. Ces bases intègrent notamment des agriculteurs produisant au moins un des produits considérés (lait, viande et légumes), et qui sont engagés dans une démarche circuit court ou circuit de proximité. Ces bases sont accessibles via les plateformes "Au rendez-vous des Normands" et "Bienvenue à la ferme". Les volumes de production en viande, lait et légumes sont générés à l'aide de données statistiques fournies par la DRAAF.

(c) Les *Food Hubs* possibles et les coûts d'utilisation

Les lieux possibles pour les *Food Hubs* sont choisis de façon aléatoire sur l'ensemble du territoire. Les coûts d'utilisation des *Food Hubs* sont quant à eux considérés comme identiques pour tous les *Food Hubs* potentiels, et relativement petit en comparaison de gros entrepôts industriels ou des Marchés d'Intérêt National (M.I.N.) comme ceux de Rouen ou de Rungis. Pour notre étude nous considérons qu'il est égal à 100 €/semaine.

(d) Les véhicules de transport

Pour le transport, nous considérons l'utilisation de véhicules de types utilitaires et camions. Pour les besoins de l'étude, les capacités de ces types de véhicules sont données en kilogrammes. Les véhicules utilitaires ont une capacité estimée à 600 kg alors que, pour un camion, elle est estimée à 1 500 kg. Les coûts de transport quant à eux sont estimés à partir de données nationales fournies par le C.N.R..

Les données utilisées pour chaque département sont résumées ci-dessous. Le tableau 1 donne, pour chaque département de la région Normandie et pour chaque produit, le ratio en pourcentage entre le volume de production et la demande. Un ratio supérieur à 100% indique un excédant de la production par rapport à la demande estimée. À l'inverse, un ratio inférieur à 100% indique un déficit.

Département	Lait(%)	Légumes(%)	Viande(%)
Seine-Maritime	37.37	4.01	23.47
Calvados	97.26	9.97	42.25
Manche	109.49	14.57	43.24
Eure	26.47	17.30	45.95
Orne	124.25	9.88	107.48

TABLEAU 1 – Ratio production/demande par département

Le tableau 2 présente les nombres d'agriculteurs, de cuisines clientes et de *Food Hubs* possibles pour chaque département.

Département	Nbre de cuisines	Nbre d'agriculteurs	Nbre <i>Food Hubs</i> possibles
Seine-Maritime	205	48	30
Calvados	68	26	25
Manche	98	49	32
Eure	96	49	25
Orne	66	27	20

TABLEAU 2 – Caractéristiques des données par département.

4.2 Résultats et analyses

La résolution du modèle mathématique pour chaque département normand permet d'avoir une sélection de *Food Hubs*, une affectation des flux entre agriculteurs, *Food Hubs* et cuisines, ainsi qu'une idée du coût global, selon les différents scénarios considérés.

4.2.1 Résultats pour les données actuelles

Dans un premier temps, nous considérons un scénario dans lequel les volumes de production sont générés à partir des résultats de l'étude statistique décrite précédemment, et reflétant la réalité du terrain.

Les figures 3 et 4 présentent les données d'entrée et les solutions pour les départements de la Seine Maritime et du Calvados. Les figures 3a et 4a renseignent sur la localisation des cuisines clientes et des fermes pour ces deux départements. Quant aux figures 3b et 4b, elles indiquent la position des *Food Hubs* choisis ainsi que l'affectation des agriculteurs et des cuisines aux *Food Hubs*.

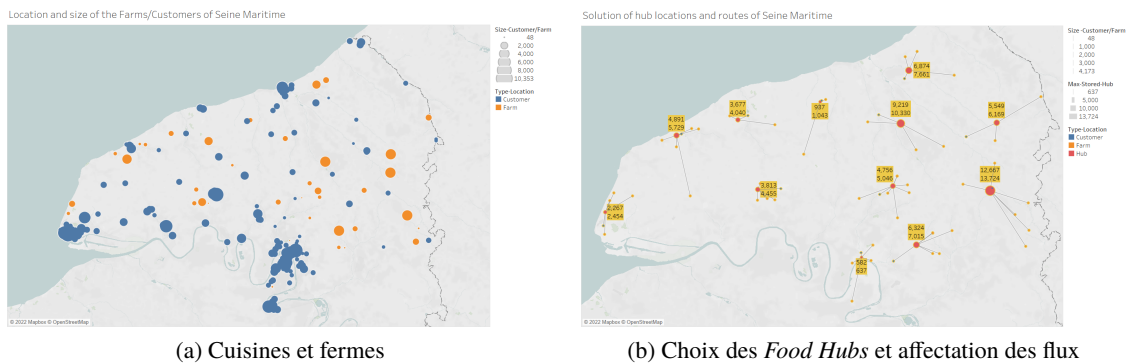


FIGURE 3 – Placement optimal des *Food Hubs* pour la Seine Maritime

Les résultats montrent que, pour chaque département, plusieurs *Food Hubs* sont ouverts (entre 9 et 13) et sont répartis à travers tout le territoire considéré. Aussi, certaines cuisines sont desservies par plusieurs *Food Hubs* et certains de ces hubs sont ouverts à proximité de fermes existantes. Ce résultat conforte l'idée selon laquelle une ferme qui dispose de suffisamment d'espace peut servir de hub. Enfin, pour la Seine Maritime, seules 13 cuisines sont desservies sur un total de 205. Cela s'explique par la faible part de demande couverte par la production locale

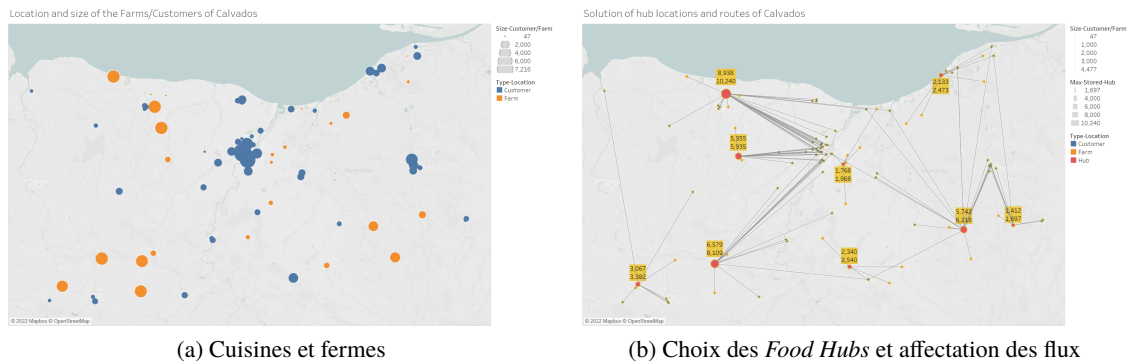


FIGURE 4 – Placement optimal des *Food Hubs* pour le Calvados

dans ce département (environ 4% pour les légumes par exemple). En revanche, pour le Calvados toutes les cuisines (68) sont desservies. En comparaison avec la Seine Maritime, la part de demande couverte par la production locale est plus importante dans le Calvados (cf. tableau 1).

Le tableau 3 ci-dessous décrit les solutions obtenues pour tous les départements normands. Pour chaque département, il donne les nombres de *Food Hubs* ouverts et de cuisines desservies, le coût de transport ainsi que le coût total (transport + utilisation des *hubs*). Les coûts sont exprimés en euros.

Département	Nb <i>Food Hubs</i> ouverts	Nb Cuisines desservies	Coût transport	Coût total
Seine-Maritime	12	13	9 423	10 623
Calvados	9	68	12 762	13 662
Manche	13	74	8 147	9 447
Eure	12	14	5 247	6 447
Orne	9	66	7 187	8 087

TABLEAU 3 – Résultats pour les cinq départements normands

4.2.2 Scénario alternatif : Cas d'une production excédentaire

Dans cette section, nous présentons les résultats obtenus pour des données différentes. Nous considérons ici le scénarios où la production en viande, lait et légumes est excédentaire par rapport à la demande. Par conséquent, seules les volumes de production sont modifiées par rapport au scénario précédent.

La Figure 5 montre la répartition des *Food Hubs* et des flux pour le Calvados et la Seine Maritime pour ce scénario.

Le tableau 4 donne les résultats pour tous les départements dans le cas d'une production excédentaire. Nous constatons qu'en règle générale, pour ce cas, plus de *Food Hubs* sont ouverts et que la quasi-totalité des clients sont desservies. Comme dans le cas de la production originale, nous observons que les *Food Hubs* sont, pour la plupart, ouverts à proximité des fermes existantes. Cela renforce encore l'idée d'exploiter, si possible, les fermes existantes. Enfin, ces résultats mettent en évidence la flexibilité de notre approche notamment lorsque les données de production ou de consommation sont amenées à évoluer.

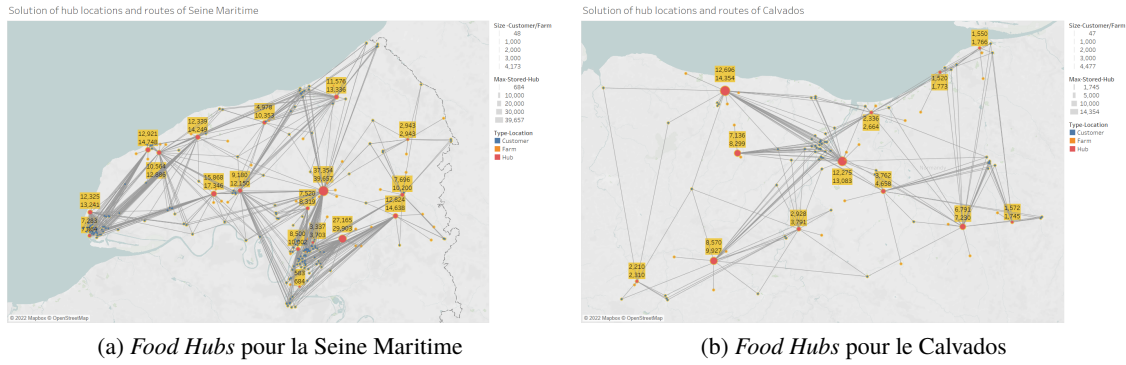


FIGURE 5 – Placement optimal des *Food Hubs* dans le scénario d'une production excédentaire

Département	Nb <i>Food Hubs</i> ouverts	Nb Cuisines desservies	Coût transport	Coût total
Seine-Maritime	18	205	51 161	52 961
Calvados	13	68	20 213	21 513
Manche	14	98	18 642	20 042
Eure	16	95	16 898	18 498
Orne	9	66	11 257	12 157

TABLEAU 4 – Résultats pour les cinq départements normands.

5. Conclusion et Perspectives

Cet article présente un outil d'aide à la décision pour étudier la problématique de localisation des *Food Hubs* dans une chaîne d'approvisionnement en circuit de proximité. L'outil est basé sur une formulation mathématique modélisant la problématique et ses diverses contraintes. Son application dans le cas des cinq départements normands permet de montrer une répartition pertinente des *Food Hubs* et des flux de produits sur le territoire normand. Les résultats confortent aussi l'idée d'ouvrir des *Food Hubs* dans des lieux proches des lieux de production.

Nous avons montré que le modèle mathématique introduit dans cet article présente l'avantage d'être flexible et s'adapte facilement aux modifications de données. Par exemple, il est possible d'ajouter d'autres familles de produits (comme le poisson) ou de détailler les familles de produits comme les légumes (pommes de terre, carottes, etc.) sans changer le modèle mathématique.

Une problématique brièvement évoquée est celle de l'adéquation entre la production locale et la demande des cuisines. Les volumes de produits locaux étant bien souvent déficitaires par rapport à la demande des cuisines, il est nécessaire d'élaborer des schémas d'approvisionnement et de consommation permettant de couvrir au mieux les besoins des cantines scolaires. L'outil développé ici peut permettre d'évaluer différents schémas et de choisir le plus efficient.

Enfin, dans le cas d'un schéma d'approvisionnement mixte combinant approvisionnement local et global, il est nécessaire d'intégrer les entrepôts de fournisseurs et les entreprises de l'agro-industrie. Le problème de localisation de *hubs* étudié dans cet article nécessite alors des modifications mineures pour ajouter les fournisseurs globaux dans la chaîne d'approvisionnement.

Références

ADEME (2011). Lettre Eco-Acteurs Ensemble 15.

IBM (2019). CPLEX 12.9. <https://www.ibm.com/products/ilog-cplex-optimization-studio>.

WIKIPEDIA (2022). Food Hubs. https://en.wikipedia.org/wiki/Food_hubs.

Biographie des auteurs



Yaheng CUI a un doctorat en Informatique de l'Ecole Centrale de Lille, obtenu en décembre 2020. Ses travaux portent sur les modèles de décisions décentralisées dans les réseaux logistiques. Il est actuellement Ingénieur de Recherche à l'Université Le Havre Normandie et travaille sur le projet RIN FuMa (Futur de la Marchandise).



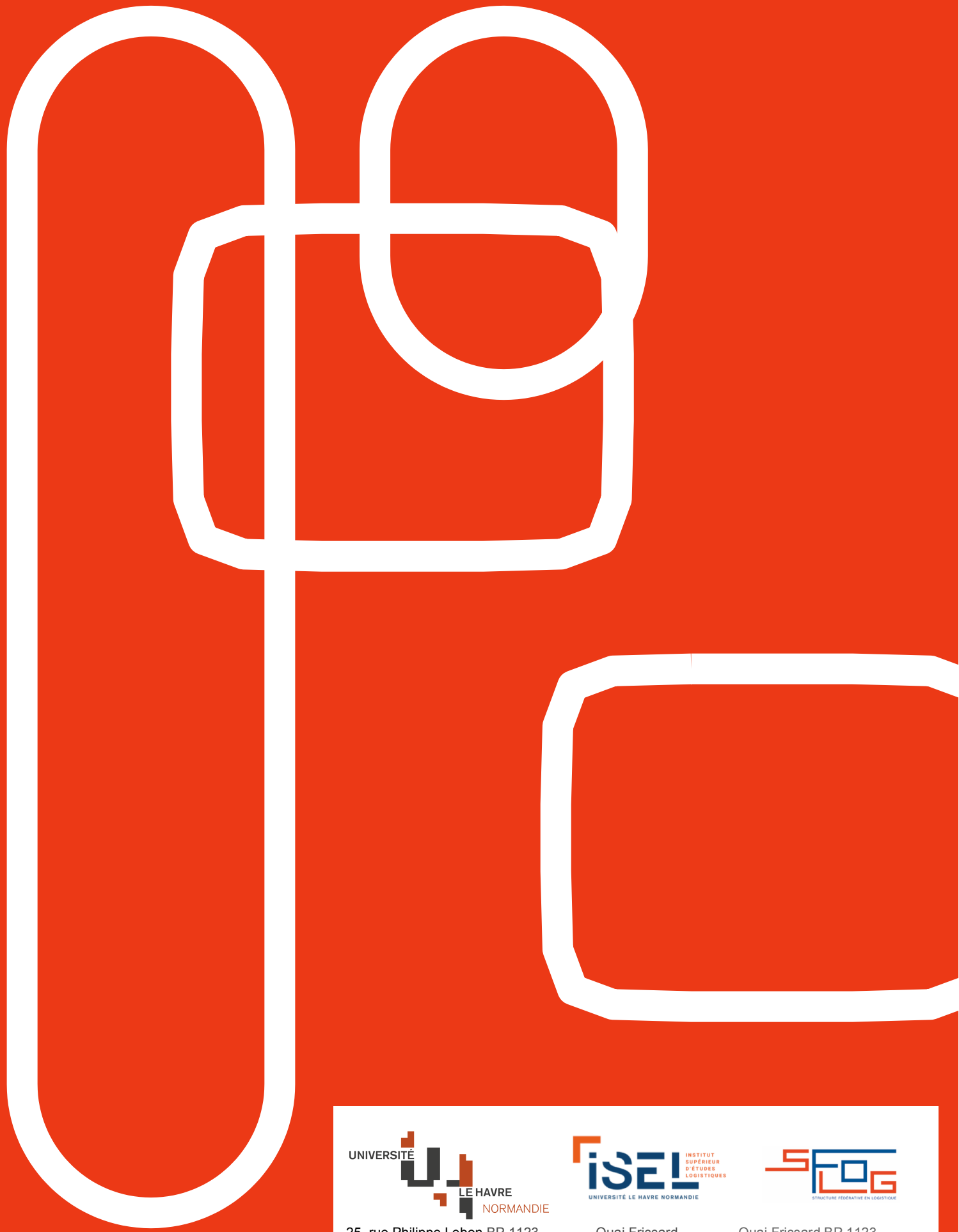
Ibrahima DIARRASSOUBA est Enseignant-Chercheur en Mathématiques Appliquées à l'Université Le Havre Normandie. Ces travaux entrent dans le cadre de la Recherche Opérationnelle et plus particulièrement sur les problèmes de logistique, de transport et de conception de réseaux. Il est auteur de plusieurs publications dans des revues nationales et internationales.



Cedric JONCOUR est Enseignant-Chercheur en Mathématiques Appliquées à l'Université Le Havre Normandie. Ces travaux entrent dans le cadre de la Recherche Opérationnelle et plus particulièrement sur les problèmes de logistique, de transport et de conception de réseaux. Il publie ses travaux dans des revues nationales et internationales.



Sophie MICHEL Loyal est Enseignant-Chercheur en Mathématiques Appliquées à l'Université Le Havre Normandie. Ces travaux entrent dans le cadre de la Recherche Opérationnelle et plus particulièrement sur les problèmes de logistique, de transport et de planification tactique. Elle publie ses travaux dans des revues nationales et internationales.



25, rue Philippe Lebon BP 1123
76063 Le Havre Cedex France



Quai Frissard
76600 Le Havre



Quai Frissard BP 1123
76063 Le Havre cedex France