HAL
open science

Étude des flux de céréales à l'échelle locale : Exemples en Rhône-Alpes, en Isère et dans le SCOT de Grenoble

Jean-Yves Courtonne, Julien Alapetite, Pierre-Yves Longaretti, Denis Dupré

To cite this version:

Jean-Yves Courtonne, Julien Alapetite, Pierre-Yves Longaretti, Denis Dupré. Étude des flux de céréales à l'échelle locale : Exemples en Rhône-Alpes, en Isère et dans le SCOT de Grenoble. Flow modeling for urban planning, Jun 2012, Lille, France. hal-00757768

HAL Id: hal-00757768

https://inria.hal.science/hal-00757768

Submitted on 27 Nov 2012

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.

Etude des flux de céréales à l'échelle locale : Exemples en Rhône-Alpes, en Isère et dans le SCOT de Grenoble

Jean-Yves Courtonne *† Julien Alapetite *† Pierre-Yves Longaretti ‡† Denis Dupré §

24 mars 2012

Résumé

Cet article présente une étude des flux de céréales et de plusieurs produits dérivés à différentes échelles : la région Rhône-Alpes, le département de l'Isère et le territoire du SCOT [1] de Grenoble. A partir des bases de données Agreste, FranceAgriMer, ProdCom et SitraM, nous tentons une reconstitution de la chaîne logistique sur les territoires considérés. Les résultats sont présentés sous forme de diagrammes de Sankey ce qui permet une visualisation complète et compacte des flux, tout en mettant en évidence les incohérences. L'utilisation de la base de données SitraM, qui semble présenter des incertitudes importantes, est discutée plus en détail. Enfin, nous montrons comment cette analyse de flux peut être facilement utilisée pour des calculs d'empreintes, avec l'exemple de l'empreinte-eau (Water Footprint).

1 Introduction

L'analyse des flux de matières (matières premières, produits semi-finis, produits finis) à l'échelle urbaine, et la compréhension des différentes chaînes logistiques (production, transformation intermédiaire, consommation finale) est un préliminaire indispensable à toute analyse d'impacts environnementaux. Cependant le manque de données à l'échelle locale pose problème et pour y remédier, il est la plupart du temps nécessaire de faire appel aux informations existant aux échelons supérieurs, département, région ou pays, en formulant certaines hypothèses.

Notre étude se base sur la méthode des bilans d'approvisionnement en céréales à l'échelle nationale [2] que nous étendons pour prendre en compte quelques flux intermédiaires à l'intérieur de la filière agroalimentaire.

La représentation sous forme de diagramme de Sankey est extrêmement adaptée pour cet exercice car elle relie sur une même figure les productions, les transformations, les importations et exportations des produits primaires ou transformés ainsi que la consommation, chaque flux étant quantifié. Le bilan relativement complet de la filière céréalière en France est représenté sur la figure 1.

Le diagramme national nous permet d'identifier les activités pour lesquelles il faut chercher des données aux échelles sub-nationales. Les principaux débouchés pour les grains de céréales sont (en dehors des exportations vers l'étranger qui représentent environ la moitié de la production française) :

- la consommation animale (que les grains soient sous forme brute ou transformée),
- les utilisations agro-alimentaires : les meuneries, les semouleries (semoule et pâtes alimentaires), les malteries et environ la moitié de l'amidonnerie,
- les usages industriels : les distilleries (bioéthanol) et l'autre moitié de l'amidonnerie.

Ce diagramme national permet aussi de repérer les flux dont la détermination à l'échelle locale ne sera jamais réalisable. C'est le cas par exemple des dérivés de l'amidon qui sont présents dans des centaines de produits alimentaires et industriels.

Ainsi, l'étude des flux nationaux est un préliminaire indispensable et permet de mieux cerner la méthodologie qui doit être appliquée localement. L'objectif est de produire des diagrammes similaires à la figure 1 à des échelles sub-nationales. Nous examinerons ici les cas de la région Rhône-Alpes, du département de l'Isère ainsi que du SCOT de Grenoble [3].

*. Doctorants CERAG (Université de Grenoble).

†. Membres de l'équipe STEEP (INRIA Grenoble).

‡. UJF-Grenoble 1 / CNRS-INSU, Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG) UMR 5274, Grenoble, F-38041, France.

§. Professeur d'éthique et de développement durable, Université de Grenoble.

1. En France, le schéma de cohérence territoriale ou SCoT est un document d'urbanisme qui détermine, à l'échelle de plusieurs communes ou groupements de communes, un projet de territoire visant à mettre en cohérence l'ensemble des politiques sectorielles notamment en matière d'urbanisme, d'habitat, de déplacements et d'équipements commerciaux, dans un environnement préservé et valorisé. Il a été instauré par la loi SRU du 13 décembre 2000.

2. Les bilans agroalimentaires sont normalisés par Eurostat et mis en oeuvre par Agreste en France `http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_SBIL_Bilans_Methodologie_generale.pdf`

3. Une étude récente a présenté la filière céréales en Rhône-Alpes[1].

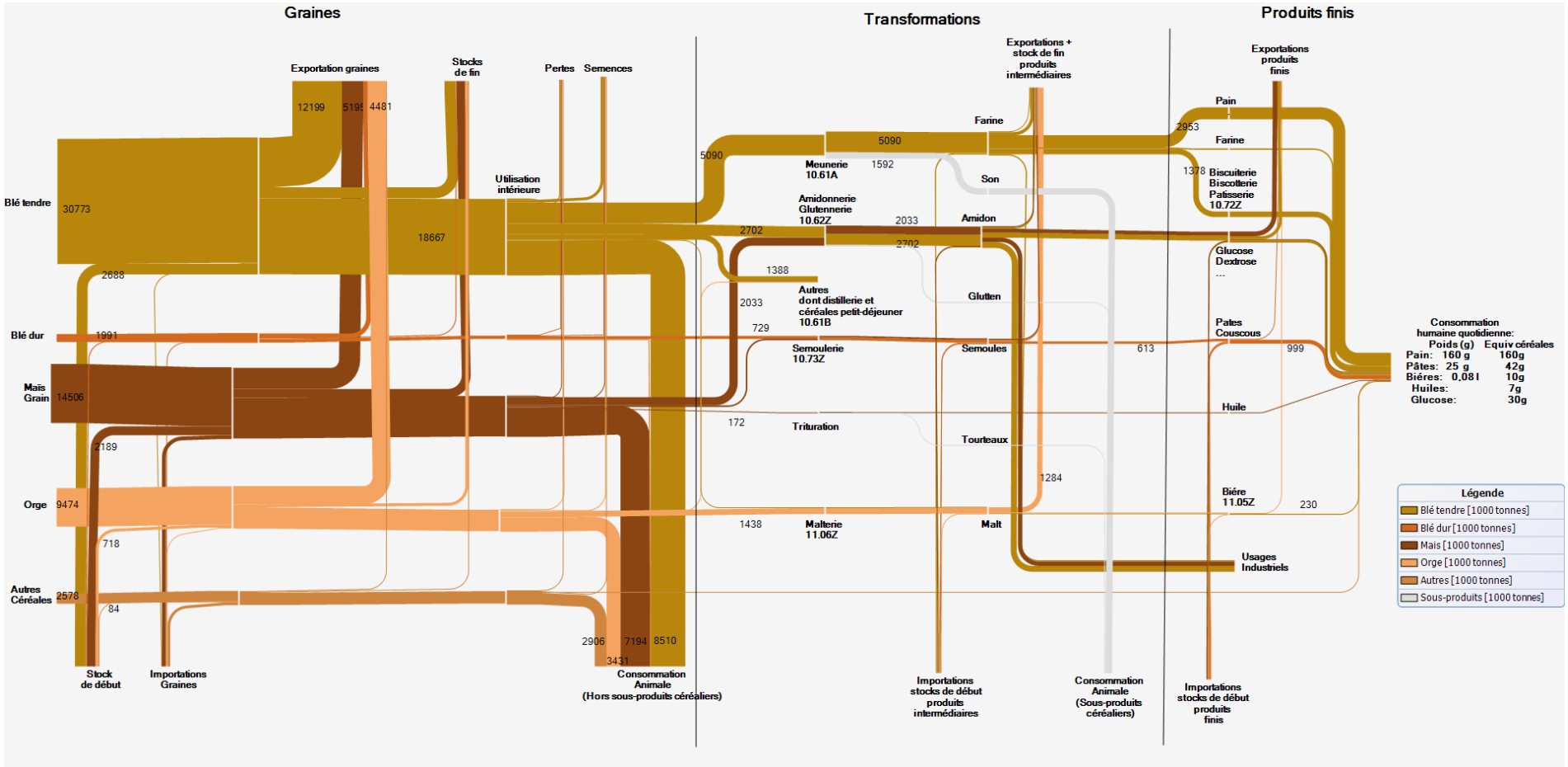

FIGURE 1 – Flux logistiques de la filière céréalière en France, pour la campagne 2007/2008 (1er juillet - 30 juin). Les flux sont exprimés en équivalent grains et non pas en poids de produits, à l'exception du son, seul sous produit représenté étant donnée son importance, qui est exprimé en poids réel. Pour la partie production, les sources utilisées sont le bilan céréalier et le bilan fourrager d'Agreste. Les données de transformation proviennent de FranceAgriMer, et sont complétées par des chiffres sur les industries agroalimentaires provenant du ministère de l'agriculture en ce qui concerne les produits finis. La consommation par habitant obtenue par calcul correspond relativement bien aux résultats par enquête recueillis par l'Insee. La filière viande n'est pas détaillée dans cet article mais pourra faire l'objet d'une étude détaillée dans le futur, de façon similaire à ce qui a été fait pour la farine et ses dérivés.

	Type de flux	Source	Plus petit échelon géographique
1	Extraction	Agreste	Département
	Type de surface	CORINE Land Cover	Commune
2a	Consommation intermédiaire (via production intermédiaire)	ProdCom	France
	Effectifs par branche (sous-classe NAF2) Localisation des usines	Enquête Agreste Divers	Régions Divers
2b	Consommation animale	Bilans nationaux Agreste, Manuel de zootechnie[2]	France
	Cheptels et abattages d'animaux Cheptels	Agreste Recensement Agreste 2000	Région ou département Commune
3	Stocks	FranceAgriMer (données partielles)	Département
4	Commerce extérieur Commerce intérieur	SitraM (données douanes) SitraM (TRM, SNCF, VNF)	Pays étranger - Département Département
5	Consommation finale par habitant	Bilans nationaux Agreste	France
	Population	Insee	Commune (voire quartier)

Table 1 – Sources disponibles

2 Sources et méthodologie

Les informations recherchées sont de 5 types : extraction (1), consommation intermédiaire (2), stocks (3), commerce (4), consommation finale (5). Nous présentons sur la figure suivante les principales sources de données ainsi que les échelles géographiques auxquelles elles se rapportent. Lorsque la donnée n'existe pas au niveau étudié, il est nécessaire d'utiliser un proxy pour distribuer le plus fidèlement possible la valeur trouvée à l'échelon supérieur. Les proxys utilisés correspondent aux lignes orange du tableau. Quand cela est possible, l'utilisation du proxy est justifiée par une étude de corrélations statistiques : par exemple on peut démontrer la corrélation au niveau régional ou départemental entre la catégorie "terres arables hors périmètre d'irrigation" de CLC et la production de céréales **(1)**, ce qui constitue un argument pour utiliser cette relation au niveau du SCOT, où les données n'existent pas. Autre exemple **(2a)** : ProdCom fournit la quantité de farine de blé produite en France chaque année (code ProdCom 10.61.21.00). Connaissant le rendement de la transformation du grain en farine [4], cette donnée ProdCom permet de remonter à la consommation intermédiaire de grains de blé par les meuneries françaises. Nous avons ventilé ce chiffre au niveau des régions à partir du nombre d'employés dans les meuneries (code NAF2 10.61A) [5]. Nous avons enfin interrogé le fichier entreprises des Chambres de Commerce et de l'Industrie [6] pour obtenir la localisation précise des principales usines. Cela a permis une estimation au niveau de l'Isère et du SCOT de Grenoble.

(2b) Les consommations régionales de céréales par le bétail ne sont pas connues. En effet les céréales sont consommées sous plusieurs formes ce qui rend la comptabilité compliquée : auto-consommation à la ferme, consommation de grains achetés par l'éleveur, consommation sous forme de produits composés fabriqués par l'industrie. Nous avons estimé ces consommations régionales de céréales par le bétail sur la base des données sur les effectifs et les abattages d'animaux ainsi que sur leurs besoins nutritionnels. Ces estimations ne font donc pas la différence entre les différentes formes sous lesquelles les céréales sont distribuées. Sous le niveau départemental, nous utilisons les données du recensement Agreste 2000, par défaut [7].

(3) Du fait de la confidentialité des données, les informations sur les stocks sont très incomplètes. Toutefois, en moyennant les flux sur plusieurs années, les variations de stocks d'une année à l'autre ont tendance à se compenser, ce qui permet de contourner le problème. On choisit pour notre travail la période d'étude 2001-2009.

(4) Les données de la base SitraM [8] posent un certain nombre de problèmes. Tout d'abord, les données du fret ferroviaire inter-régional n'existent pas au même niveau de détail que les autres. On fait l'hypothèse que

4. D'après les facteurs de conversion utilisés par Agreste, 1 kg de blé permet de fabriquer 0,77 kg de farine.

5. Chiffres fournis par l'enquête Agreste sur les industries agro-alimentaires.

6. `http://www.aef.cci.fr/rechercheMulticritere`

7. D'une part on doit faire l'hypothèse que la distribution du cheptel isérois n'a pas évolué depuis 2000 et d'autre part, l'enquête comporte un grand nombre de données secrètes qui biaisent potentiellement le résultat.

8. Système d'Informations sur le TRAnsport de Marchandises.

la catégorie “Produits agricoles et animaux vivants” est composée de céréales à hauteur de 75% [9]. On néglige le mode fer pour les échelons plus petits que la région, faute de données. Ensuite, il existe un problème de comptabilité entre les données des douanes qui indiquent l'origine initiale et la destination finale des produits et les données du transport national qui indiquent les lieux de dernier chargement et déchargement ; cela conduit à des doubles comptages du côté des imports et/ou du côté des exports. Nous avons par conséquent redistribué le commerce extérieur par voie maritime sur la base des parts de marché des ports français à l'import et à l'export, selon la catégorie de marchandises [10]. Les modes *route*, *voie navigable*, *fer* et *autres* n'ont pas été modifiés, faute d'informations [11].

(5) La consommation par habitant a été considérée égale à la moyenne nationale pour toutes les échelles considérées (valeurs de la figure 1). En procédant de cette manière on peut calculer la consommation d'un produit pour un territoire donné, le pain par exemple. Comme le pain est essentiellement produit localement on néglige les importations et exportations d'autres territoires et on peut remonter d'un cran et calculer la quantité de farine nécessaire au pain consommé. En procédant de cette manière on voit comment une hypothèse sur la consommation permet de remplir des données qui sont absentes initialement, ici la quantité de farine utilisée pour la panification. Cela ne marche pas avec le glucose qui est dispersé dans des centaines de produits transformés : la quantité de glucose consommée ne nous indique rien sur la quantité d'amidon disponible sur le territoire.

Au final, plus l'échelle géographique est fine, plus nous sommes amenés à estimer des données plutôt que d'utiliser des données locales, comme on le voit sur la figure 2. D'autre part, le remplissage des données manquantes est effectué en partant des extrémités de la chaîne logistique (extraction et consommation finale) pour aller vers le centre (transformation intermédiaire).

3 Premiers résultats et discussions

Nous mettons en oeuvre les techniques proposées ci-dessus pour obtenir les diagrammes des figures 3 et 4 qui concernent respectivement Rhône-Alpes et le SCOT de Grenoble. L'étude a été aussi menée pour l'Isère mais la figure n'est pas présentée ici. Des résultats semblables pourraient être obtenus pour tous les territoires français

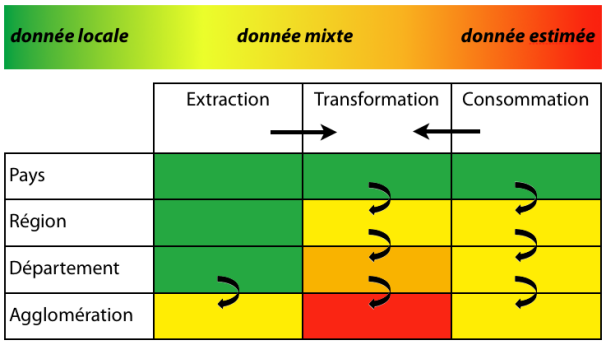

FIGURE 2 – Emboîtement des différents échelons et types de données.

dans la mesure ou ces données sont disponibles nationalement de manière standardisée : c'est là l'intérêt de limiter au maximum le recours à des enquêtes locales spécifiques. Ce faisant l'exercice montre les limites d'une technique top-down, certes réplicable, mais présentant aussi des zones d'ombres.

Les diagrammes de Sankey permettent de bien visualiser où se situent les absences d'information ainsi que les incohérences au niveau des noeuds quand les flux entrant (ressources) et sortant (emplois) ne sont pas égaux. Notre objectif est de repérer le plus facilement possible où se situent les manques de données ainsi que les incohérences tout en étant capables, malgré les incertitudes, de tirer quelques conclusions des diagrammes.

Un indicateur intéressant est par exemple le niveau d'auto-suffisance du territoire [12], qui doit être compris dans le sens suivant : un territoire sera auto-suffisant en blé tendre si la quantité de blé tendre consommée à travers tous ses produits dérivés est inférieure à la quantité produite sur le territoire. Bien sûr, cela ne dit rien sur l'origine réelle des produit dérivés. Ce concept d'auto-suffisance a donc un sens faible car il n'implique pas que les usines de transformation soient localisées sur le territoire. L'auto-suffisance au sens fort signifierait que le territoire peut subvenir lui-même à l'intégralité de ses besoins en produits dérivés du blé tendre. En pratique cette auto-suffisance au sens fort n'a pu être étudiée que pour les produits dérivant de la farine de blé tendre. Il s'agit de plus d'une vision approximative car elle laisse en dehors du champ d'étude le blé consommé indirectement à travers la viande. Un travail plus poussé pourra être entrepris dans ce sens dans le futur.

9. Ce chiffre correspond à leur part dans cette catégorie pour les exports à l'international par fer en 2005.

10. Information publiée par le SOeS.

11. En moyenne, sur la période 2001-2009, les exports de céréales par mer s'élèvent à environ 14 Mt contre 6 Mt par route, 5 Mt par voie navigable et 1,5 Mt par le fer.

12. Le fait de se fixer, ou non, un objectif d'auto-suffisance est largement débattu, mais quel-que-soit le point de vue, le niveau d'auto-suffisance est une information objective qui semble pertinente.

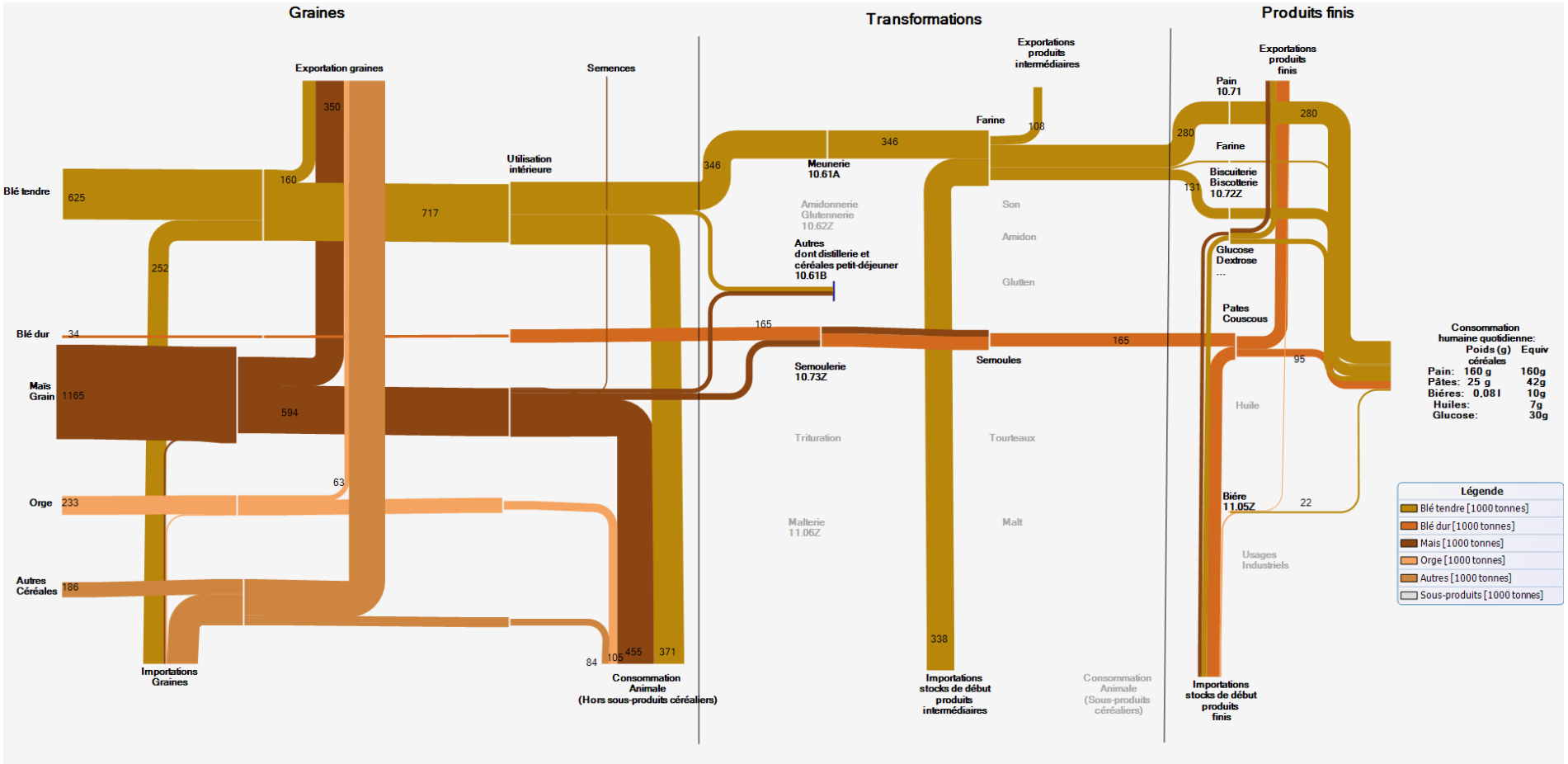

FIGURE 3 – Flux logistiques de la filière céréalière en Rhône-Alpes, moyennés sur les années 2001-2009 (1000 t éq. grains). Il n'est pas toujours possible de croiser les nomenclatures ce qui peut expliquer certaines incohérences. Par exemple, la nomenclature des transport ne fait pas de différence entre blé tendre et blé dur et nous avons dans le cas présent alloué l'ensemble des échanges au blé tendre. Outre les problèmes relatifs à SitraM soulignés plus haut, les incertitudes sur les données du transport routier de marchandises (TRM), données issues d'une enquête statistique, pourraient également expliquer les incohérences observées. En Rhône-Alpes, les seules transformations significatives concernent la farine, les pâtes et les céréales de petit-déjeuner. Globalement, on voit que la région est largement auto-suffisante en céréales.

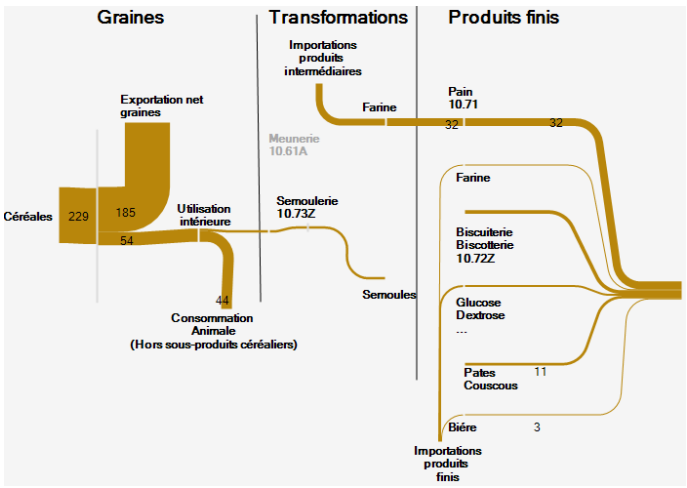

FIGURE 4 – Flux logistiques de la filière céréalière, toutes céréales confondues, dans le SCOT de Grenoble, moyennés sur 2001-2009 (1000 t éq. grains). La production céréalière du SCOT représente selon nos estimations 41% des productions de l'Isère. On constate qu'à une échelle fine comme celle du SCOT de Grenoble, il y a une déconnexion quasi-complète entre la production et la consommation, due à la localisation des usines de transformations. Le SCOT est largement auto-suffisant en céréales mais seulement au sens faible : quasiment toutes les céréales sont exportées avant qu'une partie soit réimportée sous forme transformée. Les seules usines de transformation dans le SCOT sont des semouleries. Il est à ce stade difficile de dire si les pâtes produites sont consommées localement ou exportées.

4 Estimation empirique de la marge d'erreur de l'enquête TRM sur les céréales

Nous souhaitons à présent obtenir un ordre de grandeur empirique de la marge d'erreur de l'enquête TRM, concernant les échanges de céréales. Pour cela il est préférable de considérer non plus une, mais l'ensemble des régions de France métropolitaine et, d'autre part, de ne plus faire de distinction entre les différentes céréales. La démarche consiste à calculer une consommation de céréales dans chaque région de deux façons différentes, puis de comparer les résultats : le premier calcul utilise les données de production et d'échanges et le deuxième, la consommation moyenne par habitant. A ce stade, il faut choisir quel ensemble de produits va être ciblé. Pour que la comparaison ait un sens, il faut que cet ensemble soit suffisamment vaste (dans certaines régions, les pâtes peuvent peut-être se substituer au pain, il est donc important de considérer la catégorie *pain + pâtes*). D'un autre côté, plus l'ensemble est vaste, plus la démarche se complique et perd en fiabilité car pour chaque produit fini pris en compte, une hypothèse sur le facteur de conversion produit fini / matière première doit être faite. Enfin, comme toujours, nous sommes contraints par le niveau de détail de la nomenclature des échanges.

Finalement nous choisissons de calculer la consommation finale de farine, pain, biscuits, pâtes, semoules et céréales de petit déjeuner.

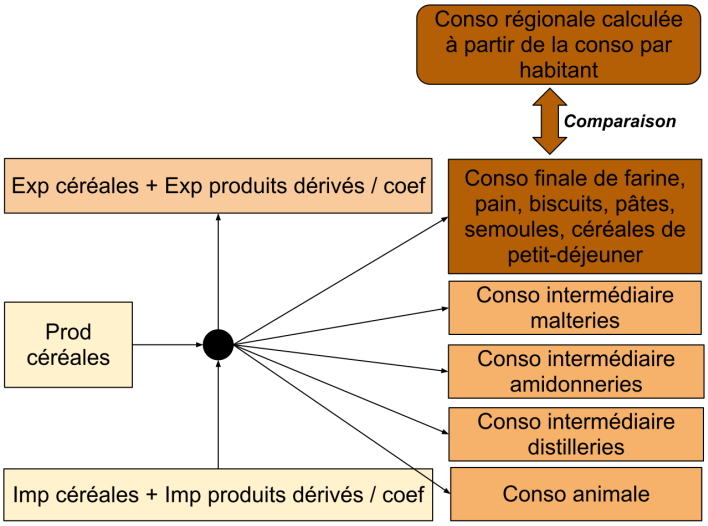

FIGURE 5 – Démarche de comparaison adoptée : les flux sont exprimés en équivalent grain grâce au coefficient de conversion (choisi égal à celui de la farine pour tous les produits dérivés pris en compte).

Dans une telle situation, la difficulté consiste à isoler les sources d'erreur : on tente pour cela de hiérarchiser les données utilisées selon leur fiabilité supposée. L'incertitude sur la production et les consommations industrielles est *a priori* faible. D'autre part, l'avantage du cas des céréales est que les échanges concernent très majoritairement la matière première : la marge d'erreur

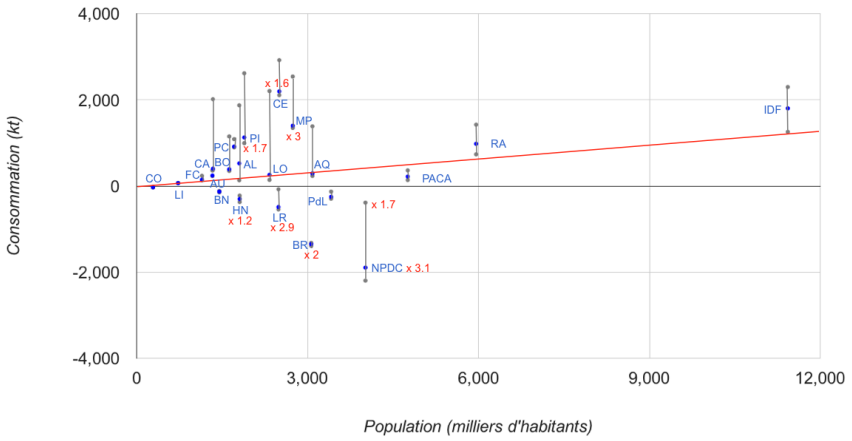

FIGURE 6 – Consommation finale de céréales sous forme de farine, pain, biscuits, pâtes, semoule et céréales de petit déjeuner (1000 t éq. grains) en fonction du nombre d'habitants (1000 hab.), moyenne sur la période 2001-2009. Chaque point représente une région française repérée par ses initiales. Les barres d'erreur correspondent aux éventuels doubles comptages dus aux données des douanes par route, voie navigable et fer. Si on fait l'hypothèse que la consommation par habitant varie peu selon les régions, on s'attendrait à ce que les points soient proches de la demi-droite rouge, représentant la consommation moyenne par Français. Or on remarque que certaines régions dépassent largement la consommation attendue : par exemple les régions Centre, Picardie, Midi-Pyrénées. D'autres sont au contraire en dessous de la consommation attendue : par exemple les régions Haute-Normandie, Languedoc-Roussillon, Bretagne ou Nord-Pas-de-Calais. Les chiffres inscrits en rouge à côté de ces régions (ex : x 2) indiquent quel facteur multiplicatif il faudrait appliquer aux données TRM pour obtenir la consommation attendue. Pour les régions évoquées, ce chiffre varie entre 1,2 (20% d'erreur) et 3,1 (210% d'erreur). Pour la région Nord-Pas-de-Calais, les incertitudes sur les douanes permettent d'expliquer une grande partie de l'écart à la consommation attendue. Les résultats semblent corrects pour Rhône-Alpes, ce qui pourrait expliquer pourquoi le diagramme de la figure 3 est relativement bien équilibré.

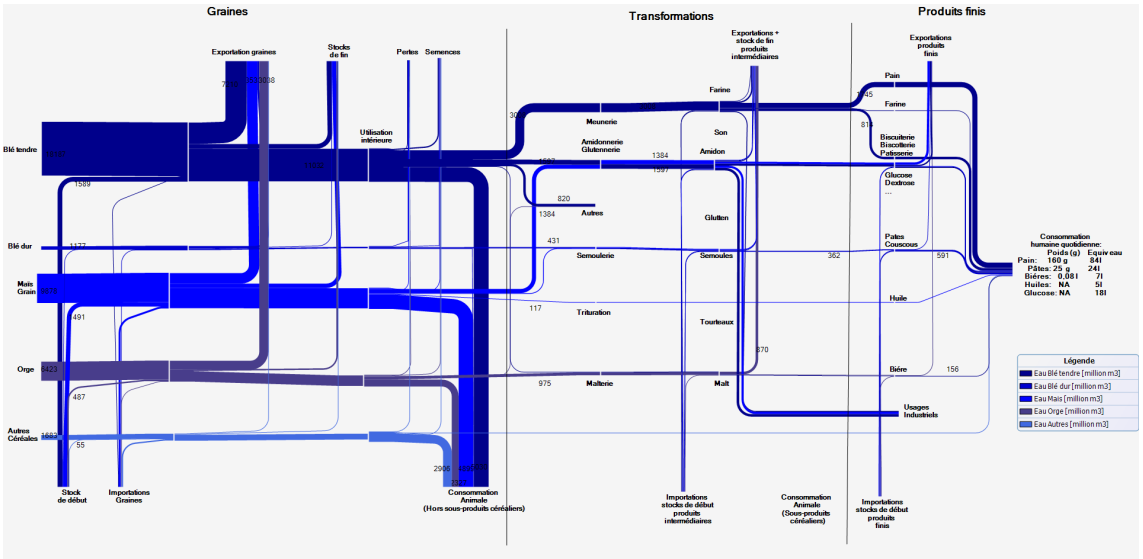

FIGURE 7 – Représentation des flux céréaliers en quantité équivalente d'eau à l'échelle de la France. Pour chaque céréale, le tonnage a été converti en m^3 d'eau à partir d'une intensité en eau fournie par Water Footprint Network[3]. Du côté de la consommation, les quantités d'eau représentées peuvent être considérées comme la composante de l'empreintes eau (Water Footprint) due à la production des céréales. Les autres composantes de l'empreinte eau, par exemple l'eau utilisée pour produire l'électricité utilisée dans les usines de transformation, ne sont pas représentées dans ce diagramme. D'autres exemples d'empreintes seraient par ailleurs envisageables : Empreinte Ecologique mesurée en hectares globaux[4], énergie grise, empreinte azote[5]...

inévitable sur les facteurs de conversion joue donc peu. Enfin, notre estimation de la consommation animale est perfectible mais ne permet sans doute pas d'expliquer à elle seule les résultats observés. L'hypothèse la plus vraisemblable est que l'enquête TRM comporte d'importantes marges d'erreurs (parfois jusqu'à un facteur 2 voire 3 d'après nos résultats) lorsque les informations sont trop désagrégées. Une étude théorique sur l'enquête TRM (fondée sur la théorie des sondages) permettrait de confirmer ou d'infirmer ces suppositions. On notera que dans tous les cas la base SitraM pourra au minimum être utilisée pour déterminer sur le caractère local ou non-local d'une ressource, voire le nombre moyen de kilomètres qu'elle parcourt avant d'arriver à destination.

5 Conclusion

A travers l'exemple des flux logistiques de la filière céréalière, l'objectif de l'article était d'ébaucher une méthodologie exploitant les données locales lorsqu'elles existent et faisant appel aux données de l'échelon géographique supérieur dans le cas contraire. Une telle méthodologie serait transposable à d'autres filières et territoires et permettrait d'éviter les enquêtes locales au cas par cas, particulièrement onéreuses. A ce stade, nous pouvons conclure que les principales difficultés pour atteindre cet objectif ont été cernées. En particulier, la question de l'identification des meilleurs proxys (variables secondaires) a été mise en évidence, de même que le problème de fiabilité des données TRM dans certaines régions. Les idées développées ici ouvrent par conséquent des perspectives pour des travaux futurs.

Par ailleurs, une fois les bilans établis, il est possible d'associer aux flux, exprimés en tonnes, de multiples catégories de "pressions" environnementales telles que l'utilisation de surfaces arables, d'azote, d'eau, d'énergie etc., et les diagrammes de Sankey sont un outil de représentation intéressant pour allouer ces pressions environnementales selon que l'on se place du côté de la responsabilité du producteur ou de celle du consommateur. La figure 7 illustre ainsi le passage de l'unité d'origine (tonnes éq grain) à une unité d'empreinte (ici m^3 d'eau).

Remerciements : Les auteurs remercient le PIRVE [13] pour son soutien indirect à travers le financement du projet SOCLE3.

13. Programme Interdisciplinaire de Recherche sur la Ville et l'Environnement.

Références

[1] Blezat Consulting. Etude sur la logistique alimentaire en rhône-alpes et ses flux de matières. 2010.

[2] C. Drogoul, R. Gadoud, M-M. Joseph, R. Jussiau, M-J. Lisberney, B. Mangeol, L. Montméas, and André Tarrit. *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, Tome 2.* 2004.

[3] M.M. Mekonnen and A.Y. Hoekstra. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Value of Water Research Report Series*, 47, 2010. http ://www.waterfootprint.org/ ?page=files/WaterStat-ProductWaterFootprints.

[4] M. Wackernagel, C. Monfreda, D. Moran, P. Wermer, S. Goldfinger, D. Deumling, and M. Murray. National footprint and biocapacity accounts 2005 - the underlying calculation method. *Global Footprint Network, Oakland, CA*, 2005.

[5] G. Billen, Sabine Barles, J. Garnier, Joséphine Rouillard, and P. Benoit. The food-print of paris : long term reconstruction of the nitrogen flows imported into the city from its rural hinterland. *Regional Environmental Change*, 9 :13–24, 2008.