

autres repères autres paysages

La consommation d'énergie finale de différents produits alimentaires : un essai de comparaison

Elmar Schlich, Ilona Biegler, Bettina Hardtert, Michaela Luz, Susanne Schröder, Johanna Schroeber et Sabine Winnebeck

Université Justus Liebig, Gießen, Chaire des techniques de processus dans les secteurs alimentaire et de services, Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich, Stephanstr. 24, D-35 390 Gießen ;
Elmar.Schlich@ernaehrung.uni-giessen.de

Cet article est une version adaptée du rapport final « *Vergleichende Ermittlung des spezifischen Endenergieumsatzes von Lebensmitteln aus regionalen und globalen Prozessketten* » adressé par Elmar Schlich *et al.* à l'Agence de moyens pour la recherche publique allemande, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG).

Pour introduire cet article auprès de nos lecteurs

Depuis 1993, Elmar Schlich est titulaire de la chaire Techniques de processus dans les secteurs alimentaire et de services à la faculté d'Agronomie, d'écotrophologie et management de l'environnement de l'université Justus Liebig à Gießen. Son équipe y mène des recherches sur l'évaluation environnementale dans le domaine alimentaire et, plus particulièrement, sur l'évaluation énergétique de l'approvisionnement alimentaire.

Les premiers résultats de ses travaux, financés par la DFG, l'agence de moyens pour la recherche publique allemande, ont été publiés en 2003¹. Ces résultats allaient à l'encontre d'une idée très répandue selon laquelle les produits de proximité consomment moins d'énergie que les autres. Ils ont été largement repris par la presse allemande. Une vive controverse s'est alors ouverte en Allemagne, dans les milieux scientifique et écologiste, tant sur la validité des résultats que sur la manière de les interpréter et de les vulgariser.

C'est au point qu'un colloque, intitulé *Integrated regional production and logistics management – a promising perspective for European Regions*, a été organisé le 21 juin 2004 à Kassel en Allemagne. La méthode, l'interprétation des résultats et la vulgarisation des travaux portant sur l'énergie et les transports dans les systèmes alimentaires y ont été débattues.

En 2005, le débat rebondit dans la revue *International Journal of Life Cycle Assessment* lorsque Schlich et Fleissner présentent de nouveaux résultats².

Dans une lettre à l'éditeur³, Martin Demmeler (chaire d'Économie et gestion agricole, TU München-Weihenstephan/Allemagne) et Niels Jungbluth (ESU-services, cabinet de conseil en environnement à Ulster/Suisse), ainsi que d'autres chercheurs, attaquent cette publication et finissent par juger les conclusions de l'étude précoces et trop fragiles au vu des résultats. Les critiques portent sur le fait que Schlich ne suit pas l'intégralité du cycle de vie d'un produit selon la méthode d'analyse de cycle de vie (« du berceau à la tombe ») et qu'il isole un seul critère, la consommation d'énergie finale. On lui reproche également un échantillon non représentatif et le fait de ne pas exclure le facteur climat pour comparer la production de deux pays à climat différent. Les chercheurs déplorent que les multiples fonctions de l'agriculture (en matière d'économie locale, de tourisme et de paysages) ne soient pas prises en compte. Schlich, de son côté, rejette les critiques en répondant dans la même revue⁴. Plusieurs articles scientifiques concernant l'énergie dans la filière pommes voient ensuite le jour⁵ pour relativiser ou contrer les résultats de Schlich. En 2006, l'équipe de Schlich soumet à la même revue internationale un article avec les premiers résultats sur trois nouveaux produits (les viandes de bœuf et de porc et le vin). Il a été publié en ligne fin 2006⁶.

L'affaire est donc à suivre... Nous proposons cet article à nos lecteurs pour ouvrir le débat. À eux de juger. Le sujet prendra-t-il en France ?

Barbara Redlingshöfer

¹ Schlich E., Fleissner U., 2003. Comparison of Regional Energy Turnover with Global Food. Gate to EHS/LCM (LCA Case studies). DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/ehs2003.06.009>

² Schlich E., Fleissner U., 2005. Assessment of Regional Energy Turnover and Comparison with Global Food, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10 (3) 219-223

³ Jungbluth N., Demmeler M., 2005. Letters to the editor, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10 (3) 168-170.

⁴ Schlich E., 2005, Reply to Jungbluth & Demmeler. Letters to the editor, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(3) 171-172.

⁵ Voir Demmeler M., Heissenhuber A., 2004. Energieeffizienzvergleich von regionalen und überregionalen Lebensmitteln – das Beispiel Apfelsaft [Comparaison de l'efficacité énergétique d'aliments régionaux et supra-régionaux – l'exemple du jus de pommes]. *Ländlicher Raum* (2):1-10. Voir aussi Blanke M., Burdick B., 2005. Energiebilanzen für Obstimporte: Äpfel aus Deutschland oder Übersee? [Bilans énergétiques pour les importations de fruits: des pommes d'Allemagne ou d'Outremer?] *Erwerbs-Obstbau* 47: 143-148. Voir également Blanke M., Burdick B., 2005. Food (miles) for Thought. *Environmental Science & Pollution Research* 12 (3) 125-127.

⁶ Schröder S. U., Barotfi I., Pitlik L., Schlich E. à paraître: The Energy Turnover of Small and Industrial Scale Wine Production in Germany, Hungary and South Africa. *International Journal of Life Cycle Assessment*
<http://www.scientificjournals.com/sj/lca/Abstract/ArtikelId/8289?PHPSESSID=0823caffc9b527c494a42c480a8a5827>

Introduction

Cet article présente les premiers résultats d'un projet de recherche qui, depuis 1997, vise à évaluer et à comparer la consommation d'énergie finale¹ incluse dans la fourniture de denrées alimentaires de provenance régionale et suprarégionale, dont mondiale, pour différents produits alimentaires typiques. L'agence de moyens pour la recherche publique allemande, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), y a apporté une aide déterminante entre 2002 et 2004.

Ce projet étudie de façon empirique si, d'une manière générale, les produits alimentaires provenant de chaînes d'approvisionnement² régionales sont caractérisés par une consommation d'énergie finale inférieure à celle des produits provenant des chaînes d'approvisionnement suprarégionales dont mondiales. Les termes « régional » et « suprarégional » sont utilisés pour qualifier l'origine d'un produit en fonction de son éloignement du consommateur. L'origine régionale est la région autour de Giessen, à 70 km de Francfort dans le Bundesland de la Hesse, en Allemagne, tandis que suprarégionale recouvre les origines européenne et mondiale.

L'avantage supposé des chaînes d'approvisionnement régionales est une idée très répandue dans l'opinion publique en Allemagne, mais – c'est à noter – elle ne concerne que les produits alimentaires et non les produits de consommation ou d'investissement.

D'autre part, notre projet se propose de vérifier en même temps la thèse selon laquelle la taille de l'entreprise influe significativement sur la

consommation d'énergie finale, à l'instar des lois économiques.

La méthode scientifique

Pour répondre aux questions posées, les chaînes d'approvisionnement de quelques produits alimentaires sont analysées de façon empirique en prenant en compte la consommation d'énergie de la production, de la transformation, du transport et de la distribution des matières premières, ainsi que des produits intermédiaires et finis. Le projet repose sur l'étude de cas, sur le traitement méthodique des problèmes d'allocation et sur l'analyse comparative des données au regard des hypothèses de l'étude. La méthode scientifique employée est une étude qualitative qui s'appuie sur une analyse empirique d'exemples de terrain.

Les exemples choisis

Trois produits alimentaires représentatifs de différents modes de production et de transport ont été sélectionnés : jus de fruit, viande d'agneau et vin.

Ces exemples sont des produits alimentaires homogènes issus d'un seul produit primaire ou fabriqués à partir de ce produit. Les exemples diffèrent par l'origine végétale ou animale du produit, leur degré de transformation, leur mode de conservation et leur emballage.

Pour le transport suprarégional ou pour la conservation au-delà d'une saison, les jus de fruit peuvent être déshydratés pour être concentrés au 1/2 ou au 1/6. Ces concentrés de jus de fruit et d'arômes sont stockés et transportés sous atmosphère d'azote à une température de -10°C. En Europe, les concentrés sont dilués avec de l'eau potable, obtenue au niveau régional et retraitée afin d'obtenir une qualité supérieure, et sont conditionnés dans des emballages consignés ou non consignés. Ces produits alimentaires se composent donc de concentrés de jus de fruit et d'arômes, ainsi que d'eau potable régionale. En revanche, les jus régionaux obtenus par pression directe³ qui, en

¹ L'énergie finale est un terme issu du secteur de l'énergie. Ce terme recouvre toutes les formes d'énergie que les sociétés de production et distribution d'énergie obtiennent à partir de l'énergie primaire (par exemple, le pétrole, la lignite, la houille, l'uranium) et vendent à l'utilisateur final. L'énergie peut être dépendante d'une ligne de distribution (par exemple, le gaz naturel, le chauffage urbain, l'électricité) ou en être indépendante (le fioul, le carburant, la brique de lignite, le bois de chauffage). Au moment et sur le lieu de l'utilisation, le consommateur final transforme l'énergie finale en énergie utile (la chaleur, le travail, la lumière, la mobilité).

² Nous définissons comme une chaîne d'approvisionnement la chaîne de production-transformation-distribution pour un produit.

³ Entretemps (2006), de nombreux jus supra-régionaux produits par pression directe sont apparus sur le marché. Au moment de cette étude, il existait un seul jus saisonnier produit par pression directe chez un producteur de jus biologique, qui n'était malheureusement pas prêt à fournir des données pour l'étude présente.

raison de leur durée de conservation limitée sont vendus seulement en saison, ne sont constitués que d'une seule matière première, sans reconstitution avec de l'eau potable régionale qui est nécessaire pour les jus à base de concentré. En général, la mise en bouteille se fait exclusivement dans des bouteilles en verre consignées. Afin d'assurer la validité des comparaisons entre les différentes chaînes d'approvisionnement, seules les bouteilles en verre consignées d'un litre de jus de fruit ont été étudiées.

Jus d'orange brésilien et jus de pomme régionaux et européens

Toutes les étapes de la chaîne ont été suivies pour relever la consommation d'énergie finale d'un jus de fruit : la production fruitière, la déshydratation en concentré ou semi-concentré, la reconstitution de jus et tous les transports ainsi que la distribution jusqu'au point de vente à Giessen, en Allemagne.



Pour le jus d'orange, l'exemple étudié est celui du Brésil. L'étude comprend l'évaluation énergétique des plantations d'orangers et des industries de jus et de concentré. La récolte brésilienne issue de l'État

de Sao Paulo est transportée par camion sur une distance moyenne de 80 km depuis ces plantations jusqu'aux industries de jus et de concentré. Après pressage, le jus est concentré par rectification de 11 à 66 brix⁴ et peut être stocké pendant environ six mois, puis transporté sous atmosphère d'azote à une température de -10 °C.

Grâce à la coopération des importateurs de concentré de jus d'orange, situés à Rotterdam (Pays-Bas) et à Anvers (Belgique), et de l'industrie de jus de fruit, les données de tous les transports par voie de terre et voie maritime peuvent être identifiées. Des camions spéciaux conduisent le concentré au port maritime de Santos, à 400 km du lieu de la production de concentré dans l'État de Sao Paulo. Le transport maritime de Santos à Rotterdam ou à Anvers dure 13 jours et se fait dans un bateau spécial de 16 000 t qui reçoit 40 conteneurs de 400 t de concentré de jus d'orange chacun. Ces conteneurs n'ont aucune autre utilité que transporter ce concentré de jus d'orange. Après leur déchargement à Rotterdam ou à Anvers, le bateau repart pour Santos immédiatement avec des conteneurs remplis, pour le maintien de la stabilité du bateau, en partie d'eau. En raison du plus faible chargement, le voyage retour ne dure que 11 jours.

Pour atteindre les industries de jus de fruit en Allemagne, en moyenne 400 km supplémentaires de transport routier sur des camions de 25 t sont parcourus. Les données de consommation d'énergie à partir de l'étape reconstitution ont été relevées auprès de différents producteurs de jus de fruit en Allemagne.

Les carburants pour tous les trajets retour sans charge utile sont entièrement alloués à la consommation d'énergie des jus d'orange. Sont également comptés la réfrigération des conteneurs de 400 t aux ports de Rotterdam ou d'Anvers, et le retour et le nettoyage des bouteilles en verre consignées. Compte tenu de la charge de 16 000 t d'un bateau, une livraison de concentré de jus d'orange permet de reconstituer 100 millions de litres de jus. 8 à 10 livraisons annuelles suffisent pour couvrir le marché allemand.

Pour le jus de pomme, les productions d'origine européenne utilisent des concentrés de 22 et de 66 brix, obtenus à partir de jus de pomme par

⁴ Brix est une unité pour la mesure de concentration par un réfractomètre. C'est l'abréviation du mot allemand Brechungsindex.

rectification. Ces concentrés sont livrés aux industriels de jus de fruit, reconstitués en jus de pomme et distribués aux points de vente.

Quant aux producteurs locaux de jus de pomme, ils pressent directement les pommes de nombreux petits agriculteurs de la région qui leur apportent leur récolte. En échange, les fermiers reçoivent un bon pour récupérer une partie du jus de pomme qu'ils viennent chercher eux-mêmes. Ce système d'échange est caractérisé par sa délimitation géographique restreinte et par des distances de livraison courtes. Le plus petit des producteurs locaux étudiés est livré par seulement quelques agriculteurs, alors que le plus grand reçoit la récolte d'une centaine d'agriculteurs.

La viande d'agneau

La viande d'agneau, choisie comme produit peu transformé, est produite, abattue, découpée, transportée et commercialisée sous forme de produit frais ou surgelé. Il existe une offre régionale et mondiale en Allemagne, mais le produit régional n'est souvent que saisonnier. La viande d'agneau régionale est concurrencée par la viande d'origine néo-zélandaise qui arrive par bateau et représente jusqu'à 60 % de la consommation.

frigorifiés par voie maritime. Le transport par avion de viande d'agneau est pratiquement inexistant. En revanche, dans les chaînes d'approvisionnement régionales, l'élevage et le transport consomment de l'énergie du fait de la stabulation du bétail, de l'engraissement et du transport routier en camionnette.

Les différentes chaînes d'approvisionnement de viande d'agneau – l'exemple de la viande d'agneau néo-zélandaise et régionale allemande

Toutes les étapes de la chaîne ont été suivies pour relever la consommation d'énergie finale de la viande d'agneau : l'élevage, l'abattage, la découpe, la congélation (seulement pour la viande de Nouvelle-Zélande) et tous les transports et la distribution jusqu'au point de vente à Giessen, en Allemagne.

Pour la viande d'agneau néo-zélandaise, la consommation d'énergie finale de toutes les étapes jusqu'à la congélation du produit à -30 °C a été relevée en Nouvelle-Zélande. Tous les transports individuels à partir des exploitations jusqu'au port maritime de Lyttleton (île du sud de la Nouvelle-Zélande), port de départ du bateau, sont inclus.

Tableau 1. Produit, pays d'origine et principales caractéristiques des études de cas

| Produits | Nature | Pays d'origine | Caractéristiques |
|-----------------|----------|---|---|
| jus de fruit | végétale | Allemagne (Bundesland de la Hesse), Pologne, Italie, Angleterre, Brésil | transformation importante ; transport réfrigéré des concentrés ; emballage : bouteille en verre consignée, embouteillage à chaud |
| viande d'agneau | animale | Allemagne (Bundesland de la Hesse), Nouvelle-Zélande | transformation moyenne ; transports congelés et réfrigérés ; emballage : film polyéthylène, conditionnement sous vide |
| vin | végétale | Allemagne (Bundesland de la Hesse), Hongrie, Afrique du Sud | transformation importante ; mise en bouteille par le producteur ; emballage : bouteille en verre non consignée, embouteillage à froid |

L'élevage et le transport en Nouvelle-Zélande consomment une énergie finale relativement faible du fait que le bétail reste toute l'année au pâturage, qu'il n'est pas engraisé et que les troupeaux se déplacent généralement eux-mêmes. Le transport jusqu'au marché allemand s'effectue en conteneurs

La viande d'agneau surgelée est stockée et transportée dans des conteneurs frigorifiés appelés Reefers (type 34 pieds⁵). Pour les réfrigérer sur le

⁵ Soit 11 mètres. Le pied est une ancienne unité de mesure valant 0,3248 mètre.

bateau, les conteneurs sont branchés à un système à air froid qui est alimenté au gaz. Le bateau étudié porte 2 500 conteneurs chargés de produits divers, notamment de viande d'agneau et de bœuf, de fourrures et de laine, tous originaires de Nouvelle-Zélande.

Le bateau quitte Lyttleton vers l'est, normalement *via* Port Chalmers (île du Nord), Santos (Brésil), Lisbonne (Portugal), Zeebrugge (Belgique) et Tilbury (Grande-Bretagne). À chaque port, des conteneurs sont chargés et d'autres déchargés. Quatre-vingt-dix-sept conteneurs chargés avec 2 066 tonnes de viande d'agneau poids net partent à destination du port de Hambourg en Allemagne. Le voyage dure 30 jours.

Après le déchargement des conteneurs à Hambourg, le bateau retourne en Nouvelle-Zélande – *via* Le Havre (France), Dakar (Sénégal), Le Cap (Afrique du Sud), Perth et Sydney (Australie) – chargé à pleine capacité en marchandises d'exportation européennes et arrive en Nouvelle-Zélande deux mois après son départ. Avec les données de chargement et de déchargement du bateau et en connaissant la quantité de carburant utilisée au cours du voyage, la consommation d'énergie finale attribuable au transport maritime et à la réfrigération de la viande peut être calculée.

Pendant leur stockage aux ports de départ et d'arrivée, les conteneurs sont dotés d'un dispositif de réfrigération alimenté par une source d'électricité de 400 V. Un dispositif similaire est utilisé pour réfrigérer les conteneurs sur les camions. Tous les éléments du système pour transporter et réfrigérer les conteneurs sont standardisés dans le monde entier, ce qui permet de parfaitement maîtriser la chaîne du froid et de répondre aux exigences d'hygiène réglementaires tout au long du voyage.

Quant à la viande d'agneau régionale, le troupeau est gardé par un berger pendant la journée et enfermé dans un enclos la nuit. Le berger effectue les trajets quotidiens entre son domicile et le travail en voiture. Pendant cinq mois d'hiver, le troupeau est en stabulation et reçoit de l'alimentation pour bétail par le berger⁶. La viande d'agneau produite

est vendue dans la région d'élevage en direct sur la ferme, sur les marchés hebdomadaires, en boucherie et, même, chez certains commerçants.

L'exemple du vin

Le produit vin a été sélectionné pour étudier le cas d'un aliment d'origine végétale fortement transformé. La production primaire consiste à cultiver et récolter le raisin. En règle générale, un vin de qualité est vinifié et mis en bouteille à la propriété, souvent sous régulation thermostatique des cuves, ce qui implique des consommations d'énergie pour la réfrigération ou le chauffage des cuves et pour le transport des bouteilles en verre. La réfrigération lors du transport n'est pas nécessaire. Les vins allemands sont en concurrence avec une offre européenne-continentale et mondiale.

Dans le cas présent, des vins provenant de cinq régions d'Allemagne sont comparés avec des vins de Hongrie et d'Afrique du Sud. Tous sont mis en bouteille par le producteur.

Le tableau 1 présente les pays d'origine et les caractéristiques essentielles des trois exemples choisis

Les résultats

Les données recueillies permettent de présenter la consommation d'énergie finale spécifique y en fonction de la taille de l'entreprise productrice x , selon $y = f(x)$. Pour l'entreprise productrice, il s'agit du producteur de jus, du viticulteur-vigneron et de l'éleveur de brebis dans les trois cas respectifs.

Afin de rendre compte d'un large éventail de tailles d'entreprises, celles-ci sont présentées sur une échelle logarithmique [$y = f(\log x)$]. On visualise alors mieux la forme du nuage de points qui se dessine à partir des observations de consommation d'énergie finale, d'une part, pour la partie production, d'autre part, pour la chaîne d'approvisionnement entière⁷, en relation avec les différentes tailles d'entreprise.

1. Jus de fruit

La figure 1 montre, d'une part, la consommation d'énergie finale spécifique pour la production, d'autre part, la consommation d'énergie finale totale y compris les transports et la distribution, en fonction de la production annuelle des entreprises.

⁶ La part énergétique pour la production de l'alimentation du bétail n'est incluse dans l'évaluation que quand elle est produite sur l'exploitation même. En revanche, la consommation d'énergie pour le transport des aliments du bétail achetés est incluse dans tous les cas.

⁷ Pour le vin, seule la partie production est disponible.

L'indicateur choisi pour exprimer la taille de l'entreprise est la quantité de fruits transformés en t/an. Les relativement grandes entreprises qui transforment environ 1 000 t/an consomment nettement moins d'énergie finale que les petites

des exploitations allemandes est supérieure à celles de Nouvelle-Zélande. De façon surprenante, elle n'est pas compensée par le transport à longue distance.

Consommation d'énergie finale en kW/h

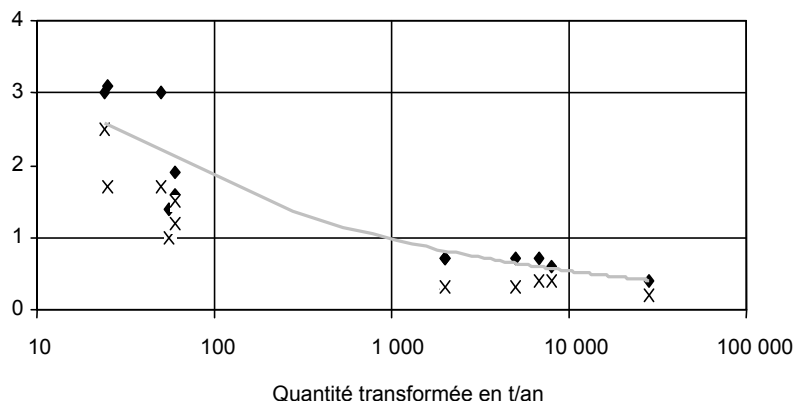


Figure 1. Consommation d'énergie finale spécifique en fonction de la quantité de fruits transformés par les entreprises : production (x) et consommation totale y compris transports et distribution (♦)

entreprises. La relation dégressive, clairement visible dans la présentation logarithmique, persiste même si l'on intègre le transport et la distribution.

La figure 1 indique également que la quantité transformée minimale pour une production efficace sur le plan énergétique doit être supérieure à 1 000 t/an, ce qui peut être atteint aussi au niveau régional, sous forme d'une coopérative, par exemple. À partir de 1 000 t/an environ, augmenter la taille d'entreprise *via* une quantité transformée supérieure ne permet plus de réduire significativement la consommation d'énergie nécessaire pour produire et commercialiser un litre de jus de fruit ; l'entreprise devient alors efficace sur le plan énergétique. Il est à noter que dans la région d'étude, l'inexistence d'entreprises qui transforment entre 100 et 1000 t/an ne permet pas de vérifier si la taille minimale dans le sens de l'efficacité énergétique pourrait s'établir éventuellement en-dessous de 1 000 t/an.

2. Viande d'agneau

La figure 2 présente la consommation d'énergie finale pour la viande d'agneau. L'indicateur choisi pour la taille des exploitations est la quantité de viande d'agneau en kg/an obtenue par le producteur après abattage. Ici aussi, la consommation d'énergie finale spécifique en kWh/kg baisse très légèrement avec l'augmentation de la quantité produite, indépendamment des distances de transport et de distribution. En raison des conditions climatiques (besoin de stabulations en hiver) et géographiques (garde des troupeaux), la consommation d'énergie

Les données de consommation d'énergie pour le transport et la distribution sont plutôt comparables entre les exploitations régionales allemandes et néo-zélandaises, malgré de grandes différences dans les distances de transport. Ces différences de distance sont plus que compensées par des niveaux d'efficacité différents selon le moyen de transport utilisé – camionnette non remplie à pleine capacité au niveau régional, transport maritime et poids lourds hautement efficaces au niveau mondial.

Le tableau 2 donne l'exemple d'éléments pris dans différentes chaînes d'approvisionnement. La colonne 2 décrit le transport routier dans une chaîne d'approvisionnement typiquement régionale avec vente directe. Dans le cas de l'offre régionale, on suppose de façon optimiste que la quantité de 200 kg de viande d'agneau transportée est écoulee entièrement sur le marché hebdomadaire.

La colonne 3 décrit le transport maritime entre la Nouvelle-Zélande et le port de Hambourg comme première étape du transport dans la chaîne d'approvisionnement mondiale.

Le bateau considéré est un porte-conteneurs relativement petit qui fait la navette entre la Nouvelle-Zélande et Hambourg avec un chargement de 2500 conteneurs⁸.

⁸ En 2006, certains porte-conteneurs contiennent jusqu'à 6 500 conteneurs ; des porte-conteneurs en contenant jusqu'à 8 500 sont en construction.

Consommation d'énergie finale en kW/h

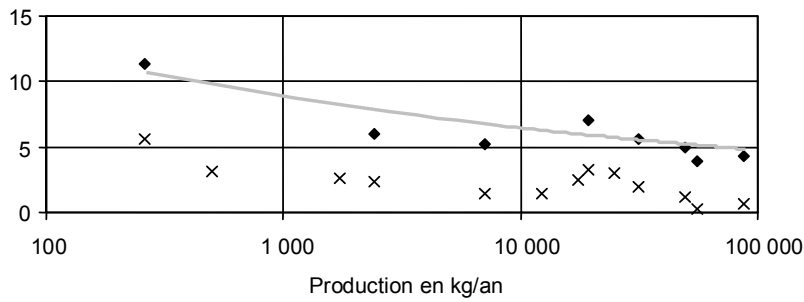


Figure 2. Consommation d'énergie finale spécifique en fonction de la quantité de viande d'agneau produite par exploitation : production (x) et consommation totale y compris transports et distribution (♦). Pour cinq exploitations, seules les données de production sont

Tableau 2. Consommation d'énergie finale spécifique pour deux chaînes d'approvisionnement et pour deux modes de transport dans le cas de la viande d'agneau

| Caractéristique | Chaîne d'approvisionnement régionale | Chaîne d'approvisionnement mondiale | |
|---|--|---|--|
| | | Part du transport maritime | Part du transport routier |
| Distance de transport | 100 km | 20 000 km | 400 km |
| Moyen de transport | camionnette | Porte-conteneurs avec 2 500 conteneurs, dont 97 réfrigérés avec viande d'agneau à destination du port de Hambourg | Poids lourd avec conteneurs réfrigérés |
| Quantité transportée | 200 kg par transport | 20 000 kg par conteneur | 20 000 kg |
| Retour sans charge | oui | non | oui |
| Consommation de carburant | 15 kg pour 100 km | 1 000 000 kg pour 20 000 km | 25 kg pour 100 km |
| Consommation de carburant spécifique | 15 kg de carburant par 100 kg de viande d'agneau | 400 kg de carburant par conteneur = 2 kg de carburant pour 100 kg de viande d'agneau | 200 kg de carburant par conteneur = 1 kg de carburant pour 100 kg de viande d'agneau |
| Consommation d'énergie finale spécifique* | 1,5 kWh/kg | 0,2 kWh/kg | 0,1 kWh/kg |

*Calculée avec une valeur approchée de 10 kWh d'énergie finale par kg de carburant.

En Allemagne, le transport routier du conteneur chargé en Nouvelle-Zélande constitue la deuxième étape du transport dans la chaîne d'approvisionnement mondiale.

La distance indiquée – de 400 km plus le retour sans charge de 400 km également, soit 800 km – correspond à une moyenne typique des transports réfrigérés en Allemagne à partir du terminal réservé à la Nouvelle-Zélande dans le port de Hambourg.

Les résultats montrent clairement que les grands moyens de transports – porte-conteneurs et poids lourd – ont, malgré des distances parcourues nettement plus longues, un avantage énergétique sur la camionnette utilisée dans un périmètre régional.

De surcroît, ils mettent en évidence que l'indication seule de la distance de transport des produits étudiés ne dit rien sur la consommation d'énergie finale spécifique associée à un produit et sur sa « qualité énergétique ».

D'autres données sur le transport et la distribution sont actuellement relevées et analysées.

Les données disponibles montrent que le nuage de points a une forme exponentiellement décroissante pour le vin. Il est à noter que cinq des huit exploitations sud-africaines étudiées consomment plus d'énergie finale que des exploitations comparables en Allemagne et en Hongrie.

Ceci s'explique par la nécessité de refroidir le moût le plus rapidement possible à une température de stockage de 16 à 20°C pour assurer une bonne fermentation⁹. Le vin en cours de maturation est ensuite conservé plusieurs mois au frais¹⁰, dans des cuves non isolées pour les cinq exploitations citées.

En raison des conditions climatiques en Afrique du Sud, ce type de conservation génère une consommation d'énergie importante. En revanche, trois des huit exploitations sud-africaines conservent le vin dans des cuves souterraines ou bien isolées, dont deux ont des consommations d'énergie comparables à celles des exploitations allemandes ou hongroises.

Consommation d'énergie finale en kWh/hl

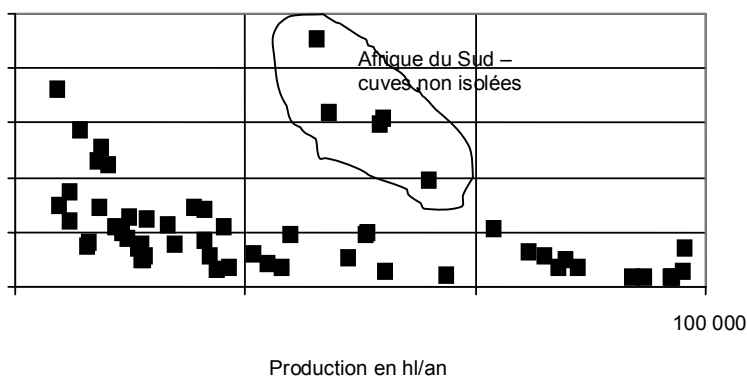


Figure 3.
Consommation d'énergie finale spécifique des exploitations vitivinicoles allemandes, hongroises et sud-africaines (production seulement)

3. Vin

La figure 3 présente la consommation d'énergie finale pour la partie production de vins allemands, hongrois et sud-africains. La production annuelle de vin en hl/an sert d'indicateur de la taille de l'exploitation.

Il faut noter que les grandes entreprises produisant entre 20 000 et 80 000 hl/an sont en grande partie des firmes privées hongroises. Mais on y trouve aussi une coopérative allemande et une entreprise sud-africaine.

Pour l'Allemagne et la Hongrie, on peut penser que la taille minimum d'une exploitation devrait

⁹ La température de fermentation dépend du cépage et de la manière dont le vigneron souhaite conduire la vinification.

¹⁰ La durée de conservation dépend également du cépage, de la qualité envisagée et de la vinification par le vigneron.

s'établir à plus de 1 000 hl/an pour nécessiter moins de 100 kWh/hl. En effet, le nuage de points suit une courbe horizontale pour les exploitations au-dessus de 1 000 hl/an.

Résumé des résultats

Les résultats et évaluations disponibles jusqu'à présent sont résumés dans le tableau 3.

aussi, parmi les cas étudiés, un produit mondial dont la consommation d'énergie finale est élevée, à savoir le vin d'origine sud-africaine, dans le cas où la réfrigération des cuves non isolées est nécessaire.

Tous les exemples cités laissent penser que, d'un point de vue énergétique, il existe des seuils de taille d'entreprise minimale qui, par ailleurs, sont également à la portée des exploitations régionales allemandes.

Tableau 3. Seuils énergétiques d'efficacité pour chacun des exemples

| Produit alimentaire | y = f (x) | Seuil d'efficacité énergétique | Remarque |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|
| Jus de fruits | très dégressive | plus de 1 000 t/an < 1 kWh/l | Données des concentrés d'origine mondiale et européenne |
| Viande d'agneau | légèrement dégressive | ? < 6 kWh/kg | Les conditions climatiques et géographiques en Nouvelle-Zélande évitent des dépenses pour la stabulation, la garde du troupeau et l'alimentation ! |
| Vin | très dégressive | plus de 1 000 hl/an < 100 kWh/hl | Les conditions climatiques en Afrique du Sud génèrent des dépenses de réfrigération ! |

Tous les exemples montrent une relation dégressive entre la consommation d'énergie finale et la taille de l'entreprise. De plus, la forme du nuage de points des données empiriques permet d'envisager une taille minimale d'une entreprise compétitive sur le plan énergétique. L'étude montre que les entreprises régionales allemandes peuvent elles aussi atteindre ces tailles minimales observées et être efficaces sur le plan énergétique, ou le devenir.

Conclusions

Jusqu'ici, nous avons montré que c'est principalement la taille de l'exploitation qui a une influence déterminante sur la consommation d'énergie finale spécifique. Les produits régionaux, par rapport aux produits mondiaux, n'ont pas nécessairement une consommation d'énergie finale inférieure, comme on a souvent tendance à le penser. L'avantage apparent de distances moindres car limitées à la région peut être vite annulé par des faiblesses logistiques, par une utilisation insuffisante des capacités de production et de transport et par des processus inefficaces.

De plus, les conditions climatiques dans d'autres pays peuvent donner un avantage net sur le plan de l'énergie pour certains types de production, comme pour la viande d'agneau néo-zélandaise. Mais il y a

Les résultats de cette étude pourraient être intégrés dans le conseil politique et le conseil aux entreprises, notamment en ce qui concerne la taille minimale d'exploitation requise d'un point de vue énergétique.

Dans ce contexte, le terme d'*Ecology of Scale* (« écologie d'échelle ») est utilisé pour nommer les relations dégressives et la taille d'entreprise minimale mises en évidence, par analogie avec le terme économique d'*economy of scale* [économie d'échelle]¹¹ (Schlich et Schlich, 2004 ; Schlich et Fleissner, 2004). L'énergie finale est un critère clé pour les évaluations environnementales parce qu'elle est directement issue de l'énergie primaire

¹¹ Le terme d'*economy of scale* décrit en économie la relation dégressive entre le coût à l'unité et le nombre d'unités produites. Pour un petit nombre d'unités d'une entreprise dont les capacités ne sont pas pleinement utilisées, les coûts fixes dominent les coûts à l'unité, alors que pour un grand nombre d'unités de la même entreprise les coûts variables sont déterminants. Une entreprise ne peut produire à faible coût que quand les moyens de production et de distribution sont pleinement utilisés et quand, de surcroît, l'entreprise atteint une taille minimale.



et reliée entre autres aux émissions de CO₂ et à l'effet de serre.

Bien évidemment, les présents résultats ne sont valables que pour les produits étudiés ici. Ils montrent en outre que chaque produit doit être étudié individuellement. Dans cette perspective, nous publierons les résultats sur deux autres produits, les viandes de bœuf et de porc, prochainement. En aucun cas, les données ne corroborent des affirmations générales sur les avantages énergétiques des chaînes d'approvisionnement régionales.

Des distances de transport importantes n'impliquent pas obligatoirement une consommation d'énergie finale spécifique élevée, et la seule indication des distances de transport ne dit rien sur l'intensité énergétique d'un produit.

Ce qui précède ne constitue pas un plaidoyer contre la régionalité. Bien au contraire, tous les exemples ont montré que les chaînes d'approvisionnement régionales sont compétitives sur le plan de l'énergie, peuvent l'être, ou du moins peuvent

améliorer leur efficacité énergétique dans le cas de la viande d'agneau allemande, lorsque les entreprises excèdent la taille minimale observée. Dans tous les cas, cet objectif peut être atteint grâce à des coopérations et des coopératives de commercialisation, comme cela existe déjà.

L'étude empirique des cas nécessite non seulement un investissement de temps important de la part des chercheurs, mais aussi des collaborations avec les acteurs économiques basées sur la confiance ; cela n'est rendu possible que par un travail de plusieurs années sur ce sujet et des contacts personnels avec les entreprises. L'investissement dans le sujet nous paraît justifié car, contrairement à beaucoup d'autres études, le recueil de ces données à l'échelle mondiale fournit des résultats qui ne reposent pas sur des hypothèses, des présupposés ou des « scénarios ».

En Allemagne, l'alimentation est un sujet très sensible sur le plan politique ; les études scientifiques rencontrent souvent des difficultés, davantage encore quand elles sont qualitatives. Heureusement, cela n'a pas été le cas avec les responsables des chaînes d'approvisionnement régionales et mondiales qui ont participé à ce projet. Tous les responsables et experts sont sensibles à la nécessité de pleinement utiliser les capacités des moyens de production et de transport pour augmenter la rentabilité et réduire les coûts.

Adaptation de Danielle Barrès et Barbara Redlingshöfer, ME&S, INRA

Traduction de Barbara Redlingshöfer, avec l'appui de Roswitha Judor, INRA Versailles

Remerciements

Nous remercions la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), l'Agence de moyens pour la recherche publique allemande, et le Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD), l'Office allemand pour les échanges universitaires, pour le soutien qu'ils ont apporté à ce projet ■

Références bibliographiques

SCHLICH E., SCHLICH M., 2004. *The Ecology of Scale: Further Examples and Comments*. Online Conference INLCA 2004 (voir <http://www.inlcacenter.org/InLCA2004/>).

SCHLICH E., FLEISSNER U., 2004. *The Ecology of Scale: Assessment of Regional Energy Turnover and*

Comparison with Global Food. International Journal of Life Cycle Assessment, special Issue 2004.

SCHRÖDER S.U., BAROTFI I., PITLIK L., SCHLICH E., 2006. *The Energy Turnover of Small and Industrial Scale Wine Production in Germany, Hungary and South Africa. International Journal of Life Cycle Assessment*, in Submission 2006.

