



Repenser la production alimentaire

Application du concept de vitesse généralisée à l'approvisionnement alimentaire

Thomas Ó Brien Leloup

Juin 2024

Résumé :

Dans les années 1970, Ivan Illich développait le concept de vitesse généralisée afin de comparer les performances du vélo et de la voiture. L'article propose d'adapter ce cadre d'analyse à la comparaison des modes d'approvisionnement alimentaire. Un nouvel indicateur a été ainsi développé. Il s'agit de la "puissance alimentaire généralisée" (PAG), qui se veut être le pendant de la vitesse généralisée dans le domaine de l'alimentation. La particularité du calcul est d'intégrer le temps de travail nécessaire à payer les frais liés à l'alimentation. Par conséquent, l'indicateur est sensible au revenu de l'individu considéré. Ainsi, la PAG permet de mettre en évidence des inégalités d'accès à l'alimentation. Pour un français moyen, la PAG est d'environ 1200 watts et se situe typiquement entre 1150 watts pour les bas revenus (1000€/mois) et 1300 watts pour des revenus élevés (4000 €/mois). La PAG permet de comparer un mode d'approvisionnement alimentaire "classique", en supermarché, et un mode d'approvisionnement où l'autoproduction (potager vivrier) couvre une partie des besoins. L'autoproduction présente un intérêt fort pour les bas revenus. En revanche pour les hauts revenus, c'est l'approvisionnement en supermarché qui maximise la PAG.

La PAG a été ensuite enrichie en intégrant les externalités du système de production alimentaire. Cet indicateur est défini comme la quantité de nourriture ingérée (joules) divisée par le temps nécessaire à son acquisition. Le système de production alimentaire génère de nombreuses externalités environnementales et sanitaires. Leur internalisation dans le prix de la nourriture renforce l'intérêt de l'autoproduction. En internalisant les externalités, 87% de la population française gagnerait en PAG en autoproduisant une partie de son alimentation contre 60% si l'on ne tient pas compte des externalités.

1 Introduction

Au cours des deux derniers siècles, en occident et dans une large partie du monde, nous sommes passés d'une population majoritairement rurale à une population majoritairement urbaine. Cela s'explique par l'explosion de la productivité du travail agricole à grand renfort d'innovations techniques (HERVIEU et PURSEIGLE 2013 et HÉRAULT 2016). Aujourd'hui un agriculteur français nourrit 100 personnes quand, en 1800, un paysan en nourrissait 2 (FOURASTIÉ 1979). La main d'œuvre ainsi dégagée a été redirigée vers les villes où l'industrie naissante réclamait des ouvriers. Peu à peu, la production alimentaire a pris la forme d'un système thermo-agro-industriel. C'est-à-dire, une production pilotée par l'agro-industrie ayant recours massivement aux énergies fossiles pour atteindre des rendements élevés et une productivité du travail élevée (CHAVRET 2023). Concrètement, les paysans ont quitté leurs terres pour des usines ou des bureaux, l'autoproduction alimentaire a laissé place aux supermarchés. La production des aliments, leur transformation et leur distribution reposent aujourd'hui massivement sur les énergies fossiles, que ce soit pour le fonctionnement des machines, des bâtiments, ou la production des intrants. Cependant, ces ressources sont épuisables et leur disponibilité risque de chuter dans les décennies qui viennent, c'est l'une des conclusion du rapport Meadows de 1972 (MEADOWS et al. 1972). La figure 1 montre les prévisions du rapport de 1972 avec la confrontation aux données disponibles en 2012 par Turner. L'agriculture dite « conventionnelle » est née avec l'essor des énergies fossiles, à défaut d'énergie de substitution, elle disparaîtra avec leur déclin. Le système thermo-agro-industriel risque de périr dans les décennies qui viennent. Avec lui la population urbaine risque de décroître fortement. En effet, l'urbanisation de la population s'est opérée grâce à une grande productivité du travail agricole, des ressources végétales et animales et grâce à des chaînes logistiques performantes qui permettent l'approvisionnement alimentaire des villes. Ces conditions d'émergence des grandes villes reposent sur un recours massif aux machines (machines agricoles et transport de marchandises). Le maintien d'une population urbanisée est donc compromis. Un besoin de main d'œuvre dans l'agriculture pourrait advenir. De plus, l'échange de marchandises sur de grandes distances devient très difficile sans énergies fossiles, surtout pour les marchandises périssables comme les denrées alimentaires périssables. Un besoin de résilience locale se fera donc probablement ressentir dans les prochaines années.

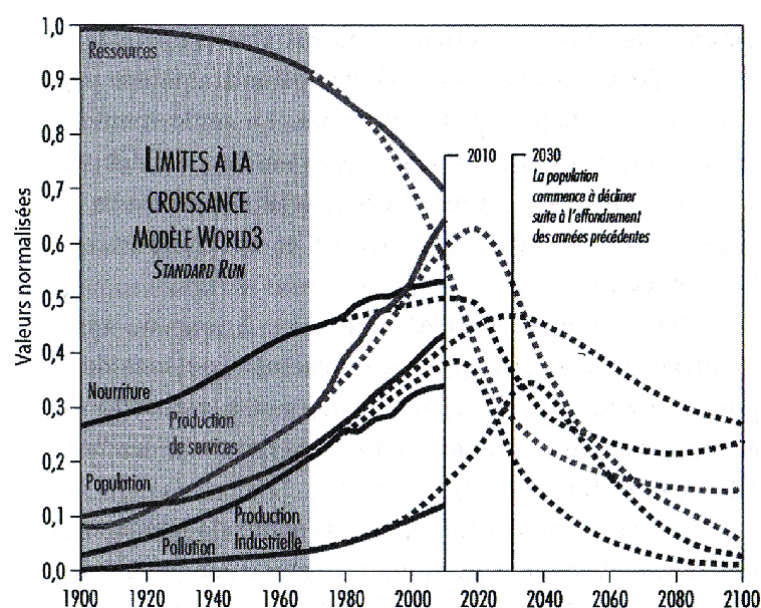


FIGURE 1 – Prévisions du rapport Meadows (1972), confrontation aux données historiques par Graham M. Turner (2012) et repris par Pablo Servigne & Raphaël Stevens (2015)

Face à ce constat, les différentes formes d'autoproduction alimentaire (potager, verger, plantes aromatiques, poulailler, clapier...), que nous regrouperons sous le terme de potager vivrier, pourraient être reconsidérées. Ces méthodes permettraient de répondre au besoin de résilience locale et d'abandon des énergies fossiles. Cependant, la généralisation de telles pratiques pourrait être perçue comme une régression. En effet, l'émergence de l'appareil de production alimentaire actuel et l'exode rural qui l'a accompagné peut être perçue comme un progrès. Dans les pays riches, la satisfaction des besoins primaires ne semble plus être un des enjeux majeurs de l'existence. L'industrialisation du secteur agricole a permis à une part importante de la population française de s'affranchir du travail souvent pénible de la terre. L'approvisionnement en nourriture ne faisant irruption dans nos quotidiens que quelques heures par semaines au moment de faire les courses. Mais nous sommes-nous réellement affranchis de la production alimentaire grâce aux évolutions de nos modes de production ? Qu'avons-nous gagné ? Avons-nous toutes et tous gagné la même chose ? Avons-nous toutes et tous intérêt au maintien du mode de production actuel selon notre classe sociale ? Il est important de répondre à ces questions pour affirmer que le mode de production actuel est un progrès.

Le système alimentaire mondial a un impact très fort sur l'environnement et la santé : pollution de l'eau et des sols, perte de biodiversité, déforestation, émissions de gaz à effet de serre, exploitation des travailleurs, travail des enfants, sous-nutrition, maladies liées aux produits phytosanitaires, aux consommations malsaines et à la surnutrition (HENDRIKS et al. 2021, WWF 2020, CHAVRET 2023). À l'échelle globale, le montant des externalités du système alimentaire serait deux fois supérieur à celui des dépenses alimentaires (HENDRIKS et al. 2021). Au-delà de ça, la transformation des techniques de production a profondément changé le monde paysan et donc restructuré l'ensemble de la société. Aujourd'hui, cela est souvent perçu comme étant la « marche du progrès ». L'idée qui se cache ici, est celle du développement de la technique comme synonyme du progrès. De nombreux auteurs se sont attelés à démontrer les faux progrès apportés par la technique. Parmi eux, Illich est probablement l'un des plus brillants. Il soulignait déjà en 1973 (ILLICH 1973) que le développement technique et l'accroissement de la consommation d'énergie allait généralement de paire avec l'accroissement des inégalités. Si certaines personnes profitent pleinement du plein potentiel des innovations, d'autres s'en trouvent handicapées. Pourtant, certaines innovations s'imposent à tous sans distinction. C'est par exemple le cas du système de production alimentaire thermo-agro-industriel. Illich formulait sa critique alors que dans les pays industrialisés le système de transport se modernisait, avec notamment l'avènement de la voiture individuelle. En collaboration avec Jean-Pierre Dupuy (ingénieur polytechnicien), il introduisit le concept de vitesse généralisée afin comparer la performance de la voiture à celle du vélo (ILLICH 1973). Les deux auteurs partaient du constat que si les voitures vont plus vite sur la route, elles sont également beaucoup plus chères que les vélos. Pour aller vite en voiture, il faut en parallèle rester immobile (au travail) un temps suffisant pour se payer la voiture. Autrement dit, il faut consacrer plus de temps de travail pour s'offrir le luxe de la vitesse de la voiture qu'il n'en faut pour le vélo. Illich montrait ainsi qu'en 1973, un américain moyen allait en moyenne à 6km/h en voiture. En 1974, Dupuy, lui, montrait qu'en France, le vélo allait "plus vite" que la voiture (DEBOUVERIE et DUPUY 1974). En effet, ses calculs aboutissaient au fait que la vitesse généralisée de la voiture était seulement d'une dizaine de km/h soit légèrement moins que le vélo. Des auteurs plus récents ont souligné le fait que la méthode de Illich et Dupuy pouvait être enrichie pour prendre en compte les externalités de la vitesse. C'est-à-dire les effets (souvent négatifs) générés de façon non intentionnelle par la vitesse. Par exemple la pollution de l'air générée par le trafic routier.

La vitesse généralisée nous montre que si la voiture peut théoriquement aller plus vite que le vélo, pour la majorité des gens, le coût de la vitesse annule les potentiels gains de temps. Plus généralement, une innovation technique, par son caractère élitiste et le fait qu'elle se trouve imposée à une large partie de la population peut en fait devenir une régression. La force de la

démarche est de montrer que l’automobile n’est pas aussi bonne qu’on pourrait le croire à son propre jeu, la vitesse. Il s’agit de critiquer la technique sur son terrain. A priori, le débat se pose en ces termes : la technique maximise un indicateur (la vitesse) mais en dégrade d’autres (temps libre, environnement, santé). L’arbitrage porte donc sur la valeur que l’on attribue aux indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs). La vitesse généralisée permet de montrer l’impact des dégradations (temps libre, environnement, santé) sur l’indicateur principale (la vitesse). Cela change les termes du débat. À vouloir aller trop vite, on finit par ralentir. Il semble donc qu’innovation technique et progrès ne font pas toujours la paire. Qu’en est-il pour l’alimentation ? L’objectif de cet article sera de répondre à la question suivante : Dans quelle mesure l’industrialisation de notre système de production alimentaire est-elle un progrès ?

Ainsi, les outils qui ont été développés dans le cadre de l’analyse de la vitesse, présentent à mon sens, un intérêt pour aborder de façon critique les innovations techniques. Ainsi, je propose d’adapter ce cadre d’analyse aux transformations techniques récentes du système de production alimentaire. Il s’agira dans un premier temps de transposer le cadre de la problématique de la vitesse à celui de l’alimentation en développant un modèle adapté. Puis, dans un second temps les résultats fournis par le modèle seront présentés.

2 La vitesse généralisée

Cette section est consacrée à une revue rapide du concept de vitesse généralisée, de la mise en équation aux applications numériques.

2.1 Mise en équation

Le tableau 1 présente les variables utiles à la mise en équation de la vitesse généralisée.

TABLE 1 – Variables intervenant dans le calcul de la vitesse généralisée d’un mode de transport

Symbole	Variable	Unité
V_g	Vitesse généralisée	km/h
D	Distance moyenne parcourue	km
$t_{transport}$	Durée totale des déplacements	h
c_{total}	Coût total des déplacements	€
$t_{travail}$	Temps de travail nécessaire pour payer les déplacements	h
r	Rémunération horaire du travailleur	€/h

L’expression mathématique de la vitesse généralisée est alors donnée par la formule 1 :

$$V_g = \frac{D}{t_{transport} + t_{travail}} \quad (1)$$

La variable $t_{travail}$ n’est autre que le rapport du coût des déplacements (c_{total}) par la rémunération horaire (r). La vitesse généralisée peut alors être définie par la formule 2 :

$$V_g = \frac{D}{t_{transport} + \frac{c_{total}}{r}} \quad (2)$$

Le terme $\frac{c_{total}}{r}$ met en évidence l’importance de la rémunération horaire (r). La vitesse généralisée est une fonction croissante de r . Les inégalités socioéconomiques d’accès à la vitesse sont

donc directement visibles dans la formule 2. Plus on est bien payer plus on va vite. La vitesse généralisée dépend donc du mode de déplacement mais également de la personne pour qui on la calcule.

La variable c_{total} contient des coûts directs comme le prix d'achat de la voiture, son entretien, l'assurance, le prix de l'essence, mais également les impôts pour l'entretien des routes ou encore les frais financiers liés au crédit pour l'achat de la voiture. La liste est longue et chaque élément varie selon les individus et les véhicules. On peut vouloir ajouter des coûts indirects la pollution de l'air, les émissions de GES, le bruit engendré par le trafic, la surface au sol occupée par le réseau routier, les places de stationnement en ville ou encore les accidents de la route. Dans ce cas, un travail de quantification est nécessaire mais délicat. Ces effets néfastes peuvent être regroupés sous le terme d'externalités. Si l'on parvient à les quantifier en unités monétaires, on peut décider de les inclure dans la variable c_{total} .

2.2 Les inégalités d'accès à la vitesse

Dupuy a calculé la vitesse généralisée de différents moyens de transport pour différentes catégories socioprofessionnelles. Ces résultats sont présentés dans le tableau 2.

TABLE 2 – Résultats de Dupuy (DEBOUVERIE et DUPUY 1974). Les vitesses sont données en km/h.

Catégorie socioprofessionnelle	Bicyclette	Citroën 2CV	Simca 1301	Citroën DS21
Cadre supérieur (Paris)	14	14	14	12
Employé (ville moyenne)	13	12	10	8
Ouvrier spécialisé (ville moyenne)	13	10	8	6
Salarié agricole (commune rurale)	12	8	6	4

Ce que l'on constate immédiatement c'est que la vitesse généralisée des voitures est très faible, jamais plus de 14km/h. Ensuite on peut remarquer que quelle que soit la catégorie socio-professionnelle, la voiture ne fait jamais mieux que la bicyclette. Ces résultats vont à l'encontre de l'idée selon laquelle la voiture permettrait de gagner du temps. Reste toujours la possibilité de défendre la voiture avec d'autres arguments (confort, plaisir, vitesse instantanée, flexibilité, réactivité, transport de bien "praticité"...) mais l'atout principal tombe. Enfin, on voit que la vitesse généralisée est une fonction croissante de la rémunération. Mais surtout que la voiture est source d'inégalités. Alors qu'avec la bicyclette les vitesses vont de 12 km/h à 14 km/h, soit un rapport de 1 à 1,17, avec la Citroën DS21, elles vont de 4 à 12 km/h, soit un rapport de 1 à 3. Ce point illustre le propos d'Illich dans son essai *Energie et Équité* (1973). Selon lui le développement technologique et l'utilisation croissante d'énergie exacerbent les inégalités. On peut aussi constater en regardant la formule (1) que la vitesse généralisée est majorée par la vitesse moyenne ($V = \frac{D}{t_{transport}}$). La voiture, avec sa vitesse moyenne élevée laisse plus de place aux inégalités de vitesse que le vélo qui a une vitesse moyenne plus faible. Cela est visible dans les travaux de Heran sur la vitesse généralisée. En 2003, il reprend le formalisme de Dupuy et les calculs avec des données remises à jour. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

TABLE 3 – Résultats de Heran (HÉRAN 2009).

	Bicyclette	Voiture	Unité
Vitesse moyenne	14	40	km/h
Salaire horaire net moyen d'un salarié français	12,10	12,10	€/h
Temps de travail annuel pour payer le coût privé	21	433	h/an
Vitesse généralisée	12,2	17,7	km/h

Ces résultats tendent à montrer que la voiture aurait dépassé le vélo. D'une part, la vitesse généralisée de la voiture est supérieure à celle du vélo, et d'autre part elle est supérieure à la vitesse moyenne du vélo. La vitesse moyenne élevée de la voiture permet donc d'explorer une plus grande plage de vitesse et laisse donc plus de place pour l'expression des inégalités. Heran explique cette inversion par rapport aux conclusion de Dupuy par le fait que le pouvoir d'achat auraient augmenté entre 1975 et 2003. En particulier, les infrastructures de transport n'étant plus à bâtir en 2003, le coût des déplacements s'en trouve réduit. On peut formuler plusieurs critiques à l'égard de ce résultat. D'abord si la voiture est plus rapide que le vélo pour un salarié moyen, ce n'est probablement pas le cas pour toute la population. La vitesse est un enjeu social, certaines personnes y gagnent, d'autres y perdent. L'apport du scientifique peut alors être de calculer combien y perdent et combien y gagnent. Ensuite, Heran le souligne lui-même, ce calcul ne prend pas en compte les externalités négatives associées à la voiture. La quantification des externalités en unités monétaires est un vaste travail en soi. Si ce genre de travaux n'a pas été effectué dans le cadre de la vitesse, des travaux très poussés existent dans le cadre de l'alimentation. Concrètement, le coût des externalités peut être ajouter au coût des déplacements.

3 Vers la puissance alimentaire généralisée (PAG)

Dans cette section, il sera d'abord question de formaliser mathématiquement le cadre d'analyse. En particulier une formule de la puissance alimentaire généralisée, le pendant alimentaire de la vitesse généralisée, sera développée. Ensuite il s'agira d'effectuer de nombreuses applications de la formule ainsi établit afin de mener une comparaison de différents modes d'approvisionnement.

3.1 Transposition du raisonnement

A présent, l'enjeu est d'adapter le concept de vitesse généralisée aux enjeux de l'approvisionnement alimentaire. La première étape consiste à réaliser la transposition conceptuelle. L'approche retenue ici est la suivante. On se place toujours du point de vue d'un individu. Pour couvrir ses besoins alimentaires, plusieurs modes d'approvisionnement s'offrent à lui, tout comme pour couvrir ses besoins de déplacement, plusieurs mode de locomotion s'offrent à lui. Parmi eux, des solutions "rapides" et chères comme les supermarchés, mais aussi, des solutions plus "lentes" mais moins coûteuses, l'autoproduction alimentaire. Tout comme la voiture est rapide mais chère alors que le vélo est lent mais peu cher. Le tableau 4 présente la correspondance conceptuelle entre le problème de la vitesse et celui de l'alimentation.

TABLE 4 – Transposition des variables au problème de l'alimentation

Variable dans le cadre des transports	Equivalent dans le cadre de l'alimentation
Accès à la mobilité	Accès à l'alimentation
Mode de déplacement	Mode d'approvisionnement alimentaire
Voiture	Courses en supermarché
Vélo	Autoproduction alimentaire
Vitesse	Puissance alimentaire

La puissance est une grandeur qui permet d'exprimer la "vitesse" d'un transfert d'énergie. Ici il s'agit de la vitesse d'acquisition de l'énergie contenue dans les aliments. On considère l'Homme comme un système physique ouvert. L'énergie entre sous-forme d'énergie chimique (aliments) et sort sous forme de chaleur et de travail (muscles, mouvement).

3.1.1 Mise en équation

TABLE 5 – Variables utiles à la mise en équation de la puissance alimentaire généralisée

Variable	Symbole	Unité
Temps direct nécessaire pour l'accès à la nourriture	t	h
Temps passé à travailler pour payer les frais liés à l'alimentation	$t_{travail}$	h
Rémunération horaire	r	€/h
Consommation alimentaire annuelle	C	kcal
Budget alimentation	B	€
Économies réalisées grâce au potager	e	€
Puissance alimentaire généralisée (PAG)	P_g	w (watts)

La variable t désigne la durée des tâches domestiques en lien avec l'alimentation, comme la préparation des repas, la vaisselle ou encore les courses, mais ne contient pas le temps des repas. t comprend également le temps de production des aliments dans le cas où l'individu produit lui-même tout ou partie de son alimentation (ex : potager). Par analogie avec la vitesse généralisée (voir formules (1) et (2)), La définition mathématique de la PAG est donnée par l'équation 3 :

$$P_g = \frac{C}{t + t_{travail}} \quad (3)$$

La variable $t_{travail}$ étant définie comme le rapport du budget alimentaire B par la rémunération horaire, on peut définir la PAG par l'équation 4 :

$$P_g = \frac{C}{t + \frac{B}{r}} \quad (4)$$

Les formules (3) et (4) donne un résultat en kcal/h. Pour obtenir une puissance exprimée en watts, il faut multiplier le résultat par le facteur $\frac{4180}{3600}$. Ce facteur n'apparaît et n'apparaîtra pas dans les formules pour des raisons de clarté.

3.1.2 Le potager vivrier

Il existe de multiples façons de s'approvisionner en nourriture. En France, pour la plupart des gens, cet approvisionnement prend la forme de courses effectuées dans une grande surface ou au marché. Mais l'approvisionnement peut également se faire en produisant soi-même sa nourriture. En cultivant un potager par exemple. Dans ce cas, il faut passer du temps au jardin (t_j) pour en retirer une production. Cette production peut se mesurer en unités monétaires. Il suffit de considérer la valeur marchande de la production du potager. C'est-à-dire le montant qu'il aurait fallu déboursier pour obtenir l'équivalent dans le commerce. Jaubert (2018) se base sur les prix de vente des épiceries AB et du bio dans la grande distribution. Cependant, la production potagère nécessite un investissement. Sur son échantillon, Jaubert obtient que pour 1€ investit, en moyenne l'équivalent de 15€ est retiré du potager. On définit les économies réalisées comme la différence entre la valeur de la production (en euros) et de l'investissement (en euros). On note e les économies et b le budget alimentation qu'aurait l'individu s'il devait s'approvisionner exclusivement dans le commerce de sorte que le budget alimentaire s'écrive $B = b - e$. L'équation (5) donne la formule de la PAG qui tient compte de e :

$$P_g = \frac{C}{t + \frac{b-e}{r}} \quad (5)$$

Le terme t se trouve également affecté. D'une part en plus des tâches domestiques il faut ajouter t_j . De plus, comme une partie de l'alimentation est autoproduite, le volume d'achat alimentaire diminue et donc, a priori, le temps passé à faire les courses aussi. Ce point sera abordé dans la section 3.1.4.

On peut maintenant se demander quelles valeurs de t_j et e sont pertinentes. Les résultats issus du mémoire de Jaubert peuvent nous aider. Elle présente les économies réalisées (Jaubert utilise la dénomination "Gain") par les enquêtés en fonction du temps qu'ils passent dans leur potager (voir figure 2).

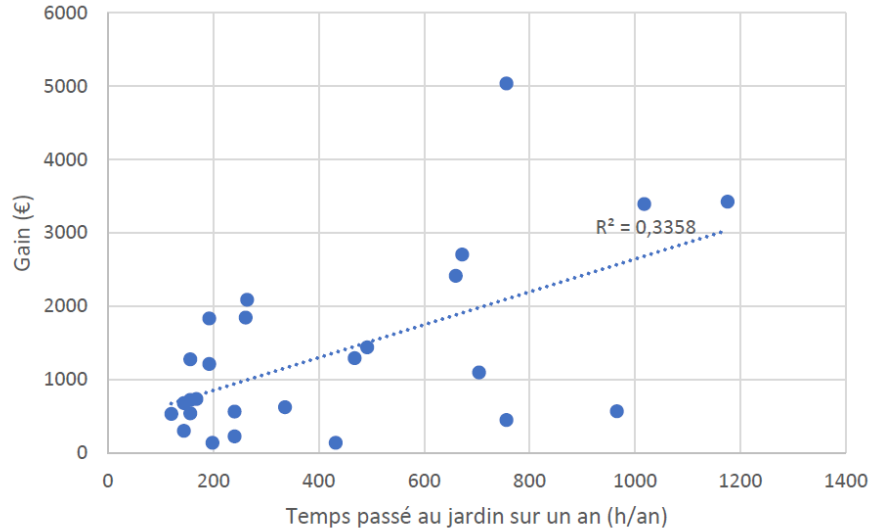


FIGURE 2 – Économies réalisées grâce au potager en fonction du temps passé au potager - Le Gain est défini comme la différence entre la valeur monétaire de la production et l'investissement - Figure issue du mémoire de fin d'étude de Jaubert (AgroParis Tech, JAUBERT 2018)

On observe qu'il n'y a pas de corrélation entre le temps passé au jardin et le gain que l'on en retire. Les revenus tirés du potager (r_j) varient beaucoup d'un individu à l'autre. Cela va de moins de 1€/h jusqu'à 10€/h. A.Jaubert explique que *"Le jardinier passe donc aussi beaucoup de temps au jardin pour le plaisir, la détente, l'observation..."*. Or l'information pertinente

pour le modèle est celle du temps passé à travailler la terre. Le temps du loisir au jardin est un temps de loisir et n'est donc pas "consacré à l'alimentation". Les r_j qui peuvent être calculées grâce à la figure 2 sont donc des minoration des données r_j réelles. Une enquête de terrain serait nécessaire pour éclairer ce point. Néanmoins, il semble qu'un r_j de 8 €/h ne serait pas un résultat exceptionnel. Sur la figure 2, un tel résultat fait partie des meilleurs mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit de minoration. Si par exemple sur l'ensemble du temps passé au jardin, un tiers n'est pas consacré au travail de la terre alors la valeur de r_j calculée doit être rehaussée de moitié. Par exemple, un r_j de 6 €/h passerai à 9 €/h. De plus, dans la partie bibliographique de son mémoire, Jaubert, décrit les résultats d'un homme expérimenté. Celui-ci atteint un r_j de 20 €/h. Il semble donc que des résultats se situant aux alentours de 10 €/h ou légèrement en-dessous ne sont pas exceptionnels. On peut donc retenir cet ordre de grandeur. Enfin, il faut également garder à l'idée que nous nous intéressons aux potagers comme moyen de production et non comme loisir. Il n'est pas question de s'approcher des résultats réels des potagers en générale mais d'avoir une idée de ce que pourrait être les résultats d'un potager dont le but final est la production. À ce titre il est logique de regarder les résultats du "haut du panier".

3.1.3 Le budget alimentation

La variable B désigne le budget alimentation de l'individu pour lequel on calcule la PAG. Dans le cas d'une personne n'ayant aucune activité d'autoproduction, parmi tous les facteurs qui peuvent jouer sur B , le niveau de vie est le principal. B est une fonction croissante sous linéaire des dépenses. Autrement dit, la part du revenu allouée à l'alimentation diminue lorsque le revenu augmente. Ce phénomène est connu sous le nom de loi d'Engel. La figure 3 présente les données françaises relatives à cette variable ajustées selon un modèle en racine carré (voir formule (6)).

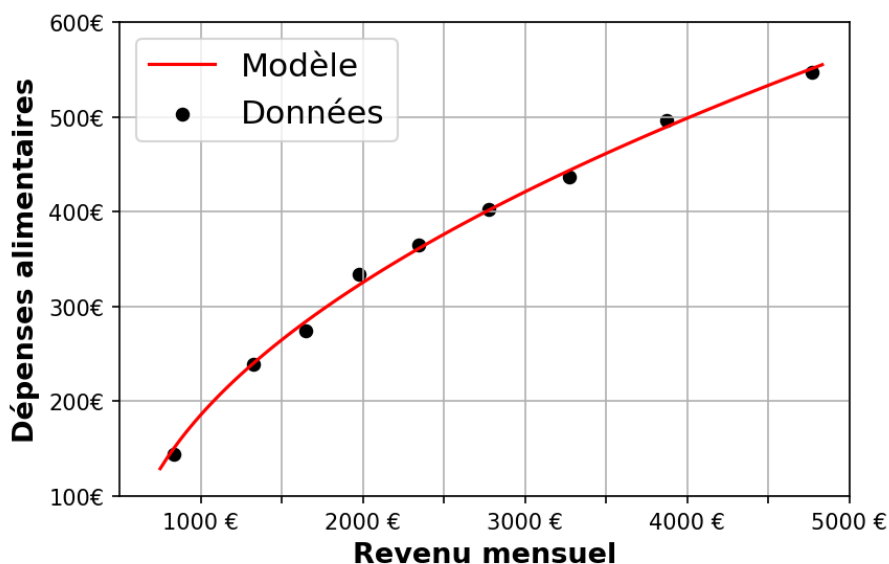


FIGURE 3 – Dépenses alimentaires annuelles des ménages en fonction du revenu annuel - Données Insee 2018 INSEE 2021a et 2017 INSEE 2017bINSEE 2017c

Les données disponibles mettent en relation les dépenses alimentaires avec les dépenses totales des ménages et non avec le revenu. Pour obtenir la figure 3, les données des dépenses totales ont donc été corrigées par le taux d'épargne pour en déduire le revenu. En posant R , le revenu disponible annuel du ménage en euros, on modélise le budget alimentation des ménages français (B) à l'aide de l'équation (6). Tous les revenus donnés par la suite sont des "revenus

disponibles". C'est-à-dire l'argent à disposition du ménage ou de la personne une fois les impôts et les cotisations sociales déduits et les prestations sociales reçues.

$$B = (856,61 \times R - 5312217,2)^{0.5} \quad (6)$$

Même si cette équation dérive de données sur les ménages français, on supposera qu'elle peut également s'appliquer aux individus en général quelque soit leur revenu. Les données Insee utilisées pour la figure 3 portent sur la population française dans sa totalité. L'autoproduction alimentaire ne représente que 5% du budget des ménages INSEE 2017a. On supposera donc que ces données sont représentatives des personnes n'ayant pas recours à l'autoproduction. On supposera également, que la variable b (voir équation 5) suit la même loi que le budget B d'un individu s'approvisionnant exclusivement en supermarché (voir équation (6)).

3.1.4 les courses

Une enquête de l'Insee (CÉCILE BROUSSE 2015) révèle que les urbains passent en moyenne 182h à faire les courses chaque année. Sur ces 182h, 140h sont passées à faire les achats et 42h à effectuer les trajets. Faute de données, on suppose que le temps passé à faire les courses ($t_{courses}$) ne dépend que peu du niveau de vie et que les données pour les urbains sont généralisables à l'ensemble du territoire. On fixe alors à 182h par an, soit 30 min par jour, la durée des courses pour une personne s'approvisionnant exclusivement dans le commerce.

Dans le cas où une partie des besoins alimentaires est couverte par l'autoproduction, on peut supposer que les courses sont toujours aussi fréquentes mais que le temps passé dans le magasin lui est proportionnel à la fraction du budget dépensée. On modélisera alors $t_{courses}$ par la formule 7 :

$$t_{courses} = 42 + 140 \frac{B - e}{B} \quad (7)$$

Cependant, on peut également supposer que la fréquence des courses se trouve affectée de la même façon que le temps d'achat. On préférera alors la formule 8 :

$$t_{courses} = 182 \frac{B - e}{B} \quad (8)$$

3.2 Les externalités négatives

3.2.1 Les externalités environnementales et sanitaires

La monétisation des externalités négatives part du constat que l'alimentation, par sa production et sa consommation, a des effets qui ne sont pas comptabilisés dans le prix d'achat des aliments. C'est par exemples le cas des impacts environnementaux et des problèmes de santé engendrés par la production et la consommation de certains produits alimentaires. Le travail de monétisation consiste à estimer le coût des réparations financières (amendes), de la remise en état, des compensations et de la prévention des impacts de l'alimentation (TP FOUNDATION 2023). Le montant de ces externalités varie selon les études et selon les pays. Le tableau 6 établit par Rastoin (RASTOIN 2022) récapitule les résultats obtenus par différentes études.

TABLE 6 – Coût marchand de l'alimentation et estimation des externalités négatives du système alimentaire - Tableau issu de l'article de Jean-Louis Rastoin, *Coûts cachés et juste prix de notre alimentation : entre marché, état et communs*, paru en 2022

Pays et monde	Dépense de consommation alimentaire des ménages (1)	Coût des externalités (2)	Ratio (2) / (1)	Santé humaine % de (2)	Environnement % de (2)	Autres impacts % de (2)
Royaume-Uni, 2015, Mrd £	120	116	0,97	48 %	39 %	13 %
Suisse, 2018, Mrd CHF	37	32	0,86	45 %	36 %	19 %
États-Unis, 2019, Mrd US\$	1 100	2 105	1,91	54 %	38 %	8 %
Monde, 2018-2019, Mrd US\$	10 000	11 900	1,19	38 %	44 %	18 %

Source : Michel Duru et Anthony Fardet, adapté par Jean-Louis Rastoin.

Rastoin précise que pour les données mondiales, le groupe scientifique du United nations food system summit (UNFSS) de 2021 a obtenu une estimation supérieure avec des externalités calculées à 20 000 Mrd US\$. Cela s'explique par le fait qu'il prend en compte des facteurs supplémentaires comme l'augmentation de l'incidence de différentes maladies à cause de certains produits agrochimiques et phytosanitaires, l'érosion de la biodiversité ou encore les subventions agricoles qui sont payées par le contribuable. Les experts du UNFSS obtiennent un ratio externalités sur dépenses de 2,2. Toutefois, ils précisent ne pas avoir prit en compte certaines externalités faute de données suffisantes. La figure 4 récapitule leurs résultats.

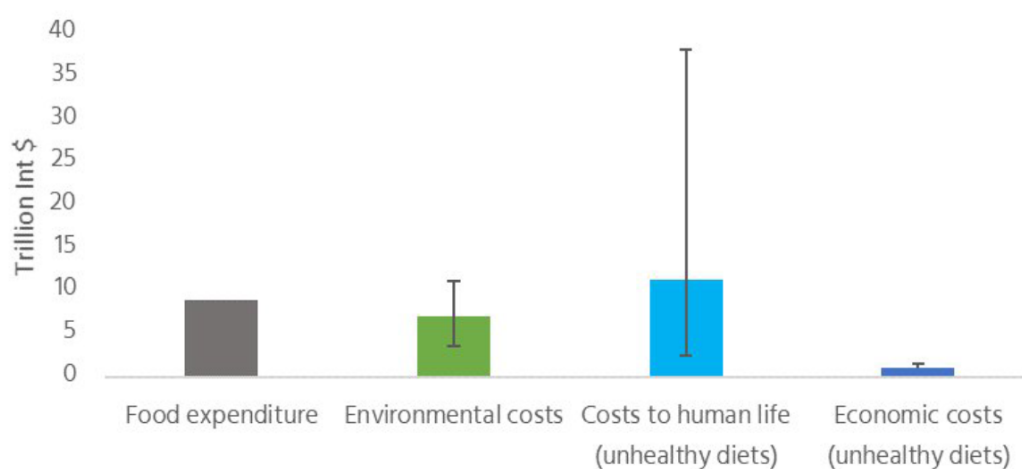


FIGURE 4 – Coûts du système alimentaire mondial - Figure issue du rapport du groupe scientifique du United Nation Food System Summit de 2021 (HENDRIKS et al. 2021)

Les barres d'erreurs sont grandes, surtout pour les coût sur la vie humaine (santé et décès). Les auteurs expliquent que cela tient au manque de littérature sur les mécanismes d'impact sur la santé. De plus, en ce qui concerne les externalités sanitaires, les coûts proviennent plus de régimes alimentaires malsains que du processus de production des produits.

3.2.2 Les gaz à effet de serre (GES)

Lorsque l'on cherche à exprimer en unités monétaires les externalités négatives associées aux émissions de GES, le coût généralement attribué aux émissions est de l'ordre de 100€ par tonnes d'équivalent carbone (€/tCO₂eq). C'est notamment le cas dans les études répertoriées dans le tableau 6. Cependant, ces estimations attribuent moins de valeur aux coûts futurs. Plus

les dégâts engendrés par les émissions de carbone auront lieu dans un temps lointain, moins ils seront valorisés économiquement. Cette méthode suppose que le développement technologique et la croissance économique diminueront la valeur économique des dégâts environnementaux. L'utilisation d'un taux d'actualisation est une pratique courante en économie. Ces taux, souvent de quelques pourcent, amènent à ne considérer les effets du carbone que sur les quelques dizaines d'années qui suivent son émission. Cependant, les hypothèses de développement technique et de croissance infinie peuvent être considérées comme fortes. Dans un article intitulé *The Ultimate Cost of Carbon (UCC)* publié en 2020, Archer et al. proposent d'estimer le coût des émissions de CO_2 avec un taux d'actualisation nul (ARCHER, KITE et LUSK 2020). Ils quantifient le coût économique des GES sur toute la durée du cycle géophysique en supposant que les dégâts s'appliquent sur la société actuelle. C'est-à-dire par exemple qu'ils supposent un niveau technologique stable. De plus, ils considèrent que la population mondiale est déterminée par la quantité de terres agricoles disponibles et de leur rendement. Le tableau 7 récapitule leur résultats.

TABLE 7 – Prix du carbone évalué par Archer et al. - Le prix est exprimé en milliers de dollars par tonne d'équivalent CO_2 - Tableau issu de l'article de ARCHER, KITE et LUSK 2020

Carbon release, Gton C	Recovery time scale, years	Direct climate cost	Costs assuming a population feedback		
			Climate	Sea level	Total
1000	10 kyr	8.3	33.1	25.8	59.0
	200 kyr	75.2	301.0	180.3	481.3
5000	10 kyr	10.2	40.8	27.5	68.3
	200 kyr	121.2	484.9	265.1	750.1

Avec ces hypothèses, le coût du carbone est estimé entre 10 000 et 750 000 €/t CO_{2eq} avec une valeur médiane à 100 000 €/t CO_{2eq} .

3.2.3 Intégration à la puissance alimentaire généralisée

Le montant des externalités correspond à un surcoût qu'il faudrait ajouter au prix de la nourriture pour réparer, prévenir ou compenser les effets néfastes de sa production. Dans la suite on note a le ratio du montant des externalités du système alimentaire sur les dépenses alimentaires. Ce facteur est à comprendre comme le montant des externalités associées à l'achat de 1€ de nourriture. Autrement dit, si les externalités étaient internalisées, ce qui auparavant coûtait 1€, coûterait désormais $(1 + a)$ €. On supposera que le montant des externalités associées à l'autoproduction alimentaire est proche de 0. On suppose que le travail est effectué sans machines, sans intrants chimiques, qu'il respecte les droits de l'Homme et que la consommation des produits du potager n'est pas néfaste pour santé. L'équation 9 donne alors l'expression finale de la PAG.

$$P_g = \frac{C}{t + \frac{(B-e)(1+a)}{r}} \quad (9)$$

4 Applications Numériques pour évaluer empiriquement la PAG

Dans cette partie il s'agira de calculer différentes valeurs de PAG en utilisant la formule (9) que nous venons d'établir afin de comparer les différents modes d'approvisionnement.

4.1 Comparaison des "stratégies" d'approvisionnement alimentaire

Afin de comparer les différentes stratégies d'approvisionnement alimentaire, on va chercher à décrire des individus types et à les comparer. Par "individu de référence", on désignera ici, un individu qui possède des caractéristiques reflétant celles d'une population usant d'une stratégie d'approvisionnement particulière. En établissant un profil pour l'approvisionnement en supermarché et un profil pour l'autoproduction, puis en calculant leurs PAG respectives, il sera possible de comparer les deux modes d'accès à l'alimentation.

4.1.1 Descriptions des individus de référence

Le tableau 8 détaille les caractéristiques de l'individu de référence s'approvisionnant en supermarché. Les valeurs pourraient être contestées mais l'idée n'est pas de décrire avec précision cet individu imaginaire. Il s'agit plutôt de lui donner des caractéristiques médianes afin de créer un portrait robot de ce qu'est un français au regard des critères qui nous intéressent ici. Par la suite on appellera "individu S" cette personne imaginaire (S comme supermarché).

TABLE 8 – Caractéristiques de l'individu S

Variable	Caractéristiques	valeur	Justification
	Semaines de congés annuelles	5	Congés d'un salarié du privé
	Temps de travail hebdomadaire	35h	Emplois à temps plein
R	Revenu	23160 €/an	Niveau de vie médian (INSEE 2021b)
r	Rémunération horaire	14.08 €/h	$\frac{23160}{47 \times 35} = 14.08 \text{ €/h}$
B	Budget alimentation	3811 €/an	Voir équation (3)
C	Consommation	2300 kcal/jour	Besoins caloriques d'un adulte moyen en France
t	Vaisselle, cuisine, rangement	1 h/jour	Voir INSEE 2015
t	Courses	0.5 h/jour	Voir INSEE 2015

De cet individu de référence, il est possible de dériver un individu de référence s'approvisionnant en partie grâce à un potager, "l'individu P" (P comme potager). Le tableau 9 récapitule les caractéristiques retenues pour l'individu S. Concernant le choix des performances du potager, une analyse de la sensibilité du modèle a été réalisée et est disponible en annexe 3.

TABLE 9 – Caractéristiques de l’individu P

Variable	Caractéristiques	valeur	Justification
	Semaines de congés annuelles	5	Congés d’un salarié du privé
	Temps de travail hebdomadaire	35h	Emplois à temps plein
R	Revenu	23160€/an	Niveau de vie médian INSEE 2021b
r	Rémunération horaire	14.08 €/h	$\frac{23160}{47 \times 35} = 14.08 \text{ €/h}$
r_j	Revenu du jardin	8 €/h	Voir figure 2
t	Temps passé au jardin	0.75 h/jour	Voir figure 2
e	Économies réalisées au jardin	2190 €/an	$45\text{min/jour} \times 365\text{j} \times 8 \text{ €/h} = 2190 \text{ €}$
$B - e$	Budget alimentation	1621 €/an	$3811 - 2190 = 1621$
C	Consommation	2300 kcal/jour	Besoins caloriques d’un adulte moyen en France
t	Vaisselle, cuisine, rangement	1h/jour	Voir Cécile Brouss, Insee 2015INSEE 2015
t	Courses	0.21 h/jour	Voir équation 8

L’individu P passe 274h par an à cultiver son potager. Cela lui permet de couvrir 57% de ses besoins alimentaires (en unités monétaires). Il s’agit donc d’un jardin relativement productif mais qui n’offre pas d’autonomie alimentaire.

4.1.2 Comparaison des individus S et P

On peut immédiatement calculer les PAG des individus de référence. Dans un premier temps on ne tient pas compte des externalités ($a = 0$). On note $P_{g,s}$ la PAG de S et $P_{g,p}$ la PAG de P.

$$P_{g,s} = \frac{2300}{1+0.5+\frac{3811}{14.08 \times 365}} = 1026 \text{ kcal/h} = 1191 \text{ w}$$

$$P_{g,p} = \frac{2300}{1+0.21+0.75+\frac{1621}{14.08 \times 365}} = 1010 \text{ kcal/h} = 1172 \text{ w}$$

On obtient 1191 w pour S et 1172 w pour P. La PAG de P est légèrement inférieure à celle de S (+2%). Pour autant les résultats sont très proches, surtout au vu des nombreuses hypothèses que nous avons formulé. Le calcul montre donc qu’il n’y a pas d’avantage majeur à s’approvisionner en supermarché par rapport à une autoproduction partielle (57%).

4.2 Effet de l’internalisation externalités négatives

Dans cette section on compare les individus S et P en utilisant la formule (9), mais, cette fois, avec un facteur a non nul. Dans un premier temps on utilisera les estimations rassemblées par Rastoin (voir tableau 6), puis, dans un second temps, on s’intéressera au coût des émissions de GES établi par Archer et al. et décrit dans la section 3.2.2.

4.2.1 PAG avec internalisation des externalités négatives

On peut maintenant enrichir l’analyse en prenant en compte les externalités environnementales et sanitaires négatives. Le tableau 10 montre les PAG des individus de référence selon le montant des externalités. Les PAG sont calculées avec la formule (9). On définit a comme le rapport du montant des externalités du système alimentaire national sur les dépenses alimentaires nationales. En se basant sur les valeurs de a rassemblées par Rastoin (voir tableau 6)

pour les pays voisins de la France comme la Suisse ($a=0.86$) et le Royaume Uni ($a=0.97$), et en supposant que la valeur de a pour la France est du même ordre, on peut estimer qu'en France a est proche de 1. Le tableau 10 montre les PAG des individus P et S pour différentes valeurs de a .

TABLE 10 – Effet des coûts cachés sur la PAG

a	PAG de S (w)	PAG de P (w)	Ecart relatif (%)
0	1191	1172	-2
0.5	1022	1096	+7
1	895	1030	+15
2	717	918	+28

La première ligne du tableau ($a = 0$) correspond aux résultats de S et P dans le cas où les externalités ne sont pas prises en compte dans le calcul ou sont nulles. L'écart relatif est de 2% à l'avantage de S. En revanche dès que l'on prend en compte les externalités, la PAG de P devient supérieure à celle de S. L'écart relatif est d'autant plus grand que les externalités sont importantes. Étant donné que l'on compare des individus de références il faut être prudent sur les conclusions. On constate que dans le cas où a est nulle, les PAG de S et P sont semblables. Autrement dit, cultiver un potager aujourd'hui n'a pas d'effet significatif sur la PAG. En revanche, il semble que si l'on internalise les externalités, l'autoproduction soit plus avantageuse.

4.2.2 PAG internalisant les GES

Voyons maintenant, ce qu'il en est lorsque l'on considère les externalités liés aux gaz à effet de serre avec l'hypothèse de taux d'actualisation nul (UCC). On choisit une empreinte carbone alimentaire de 2 tCO_2eq par an pour l'individu S. Cela correspond à l'empreinte carbone moyenne d'un français (INSEE 2024a). On note E cette valeur. On définit alors la PAG_C comme la PAG où seul l' UCC est prit en compte pour le calcul de a . Concrètement, on applique un facteur a vérifiant l'équation (10) :

$$a = \frac{E \times UCC}{B} = \frac{2 \times UCC}{3811} \quad (10)$$

On applique le même facteur a pour S et P. Comme P a une autonomie alimentaire de 57%, il n'émet que 43% des 2 tCO_2eq qu'émet S. Cela représente 0,86 tCO_2eq . Cet aspect est déjà prit en compte dans la formule (9). Le tableau 11 donne les valeurs de PAG_c selon le prix du carbone (UCC).

TABLE 11 – Effet de la prise en compte du UCC

UCC (€/tCO_2eq)	PAG_c de S (w)	PAG_C de P (w)	Ecart relatif (%)
0	1191	1172	-2
10 000	434	678	+56
100 000	65	141	+119
750 000	18	411	+128

La prise en compte du *UCC* seul a un effet très fort sur la PAG. Même avec un hypothèse très optimiste de 10000€/tCO₂eq, la PAG de S est divisée par trois et celle de P par 2. S’il fallait internalisé l’*UCC*, une consommation alimentaire aussi carbonée que celle d’un français serait extrêmement chère. Cela n’est pas même viable. Avec une consommation de 2300 kcal/jour, en supposant qu’il faut 8h de sommeil chaque jour et que les 16h restantes sont consacrées à l’alimentation, on atteint une puissance alimentaire de 167w. Un coût du carbone aussi élevé que 100 000 €/tCO₂eq n’est donc viable ni pour S ni pour P. A travers l’exemple de l’alimentation, l’*UCC* montre que faire reposer l’économie sur les énergies fossiles, en plus de se confronter au problème de l’épuisement de la ressource, n’est pas économiquement viable à cause de la réponse du système terre.

D’une part, sans tenir compte des externalités, l’approvisionnement en supermarché ne présente pas d’avantage majeur. D’autre part, si l’on tient compte des externalités, l’autoproduction est largement plus intéressante du point de vue de la PAG. En particulier, les émissions de CO₂ liées à l’alimentation semblent empêcher totalement la pérennité du système de production alimentaire.

4.3 Comparaison de la PAG de différentes époques

Pour avoir une idée de l’évolution de la PAG au fil du temps, on peut calculer la PAG d’individus de référence associés à différentes époques. Ne disposant pas de données sur les externalités pour les époques antérieures, on effectue les calculs avec *a* nul. Le tableau 12 récapitule les résultats obtenus. Le détail des calculs est disponible en annexe 4,5, 6 et 7.

TABLE 12 – La PAG du paléolithique à nos jours

Epoque	individu	PAG	Ecart relatif (%)
Aujourd’hui	Individu S	1191w	0
Années 1960	Ouvrier/ouvrière	1145w	-4
Vers 1850	Famille ouvrière	745w	-37
Vers 1300	Paysan	≈ 930w	-22
Paléolithique	Chasseur-cueilleur	1100w à 1700w	-8 à +43

Le PAG n’est ni croissante dans l’histoire ni décroissante. La PAG actuelle est très proche de celle des années 1960. Au milieu du XIXe siècle, la PAG était 37% plus faible que ce qu’elle est aujourd’hui. Cet écart est significatif. Il s’explique par la très faible rémunération des ouvriers combinés à des semaines de 62h sans vacances. Vers 1300, la PAG d’un paysan moyen était 22% plus faible celle de l’individu S. Pour le chasseur-cueilleur du paléolithique, les PAG envisageables vont de 1100 w, soit une valeur très proche de celle de S, à 1700 w, soit une valeur significativement supérieure. Pour cette époque, la médiane est à 1400 w, soit 18% de plus que la PAG de S représentative de la France de 2020 (données 2021, 2018, 2015).

4.4 Comparaison en intégrant le revenu

Dans cette section, il sera d’abord question de reprendre la comparaison des individus S et P en jouant sur la variable revenu. Ensuite, une tentative d’estimation du nombre de personnes ayant intérêt à l’autoproduction sera présentée.

4.4.1 Comparaison de S et P pour différents revenus

Les individus de référence ne permettent pas de rendre compte de la diversité de la population. En particulier, cette approche gomme les disparités de revenu. Or dans notre étude, le revenu tient une place importante. Il serait donc intéressant de jouer sur cette variable. Concrètement, on peut reprendre les individus P et S en faisant varier le revenu. Appelons P' et S' ces nouveaux individus. Les dépenses alimentaires sont toujours calculées à partir de l'équation (4). La plage de revenu explorée va de 1000€/mois à 4000€/mois. Comme P' réalise 2190€ d'économies grâce à son potager, on ne peut pas explorer les revenus pour lesquels le budget alimentation est inférieur à 2190€. D'après l'équation (6), cela correspond à un revenu de 983€/mois. D'où la borne inférieure de 1000€/mois qui correspond à une autonomie alimentaire quasi totale (98%). La borne supérieure, 4000€/mois, correspond au salaire plafond du 9e décile dans le secteur privé (INSEE 2024b). Autrement dit, moins de 10% des travailleurs gagnent plus de 4000€/mois.

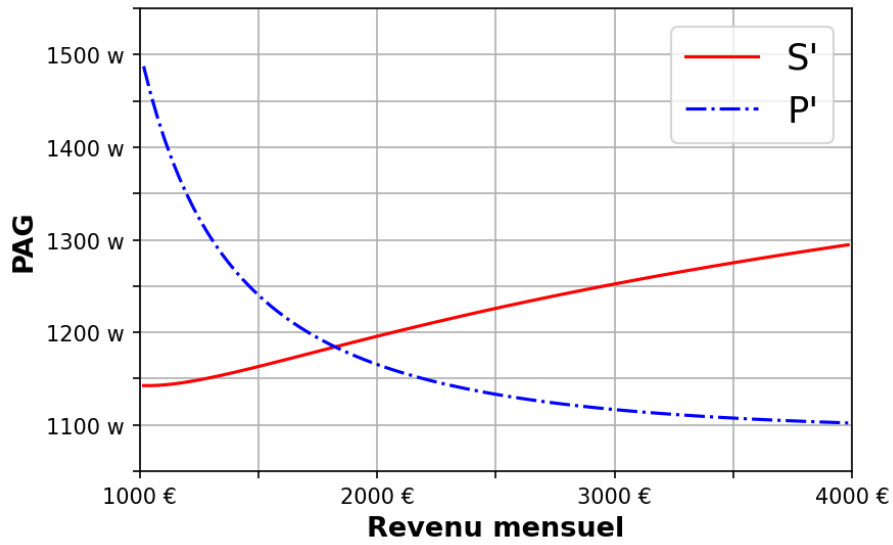


FIGURE 5 – Puissance alimentaire généralisée des individus P' et S' selon leur revenu et sans tenir compte des externalités.

Pour les revenus les plus faibles, la PAG de P' est supérieure à celle de S'. Les deux courbes se croisent pour un revenu de 1823€/mois que l'on nommera "revenu critique" et notera R_c . Au delà de R_c , la PAG de S' est supérieure à celle de P'. On constate également que l'écart vertical est grand pour les revenus les plus faibles. Le potager est donc très intéressant pour les individus modestes. Il est intéressant de constater que R_c est proche du revenu médian (1930€/mois). Cela indique qu'un nombre important de personne aurait un gain de PAG en autoproduisant une partie de son alimentation. On peut alors s'intéresser à l'écart qui peut exister entre P' et S'. La figure 6 montre l'écart relatif de PAG entre P' et S' en fonction du revenu, et ce pour différentes valeurs de a .

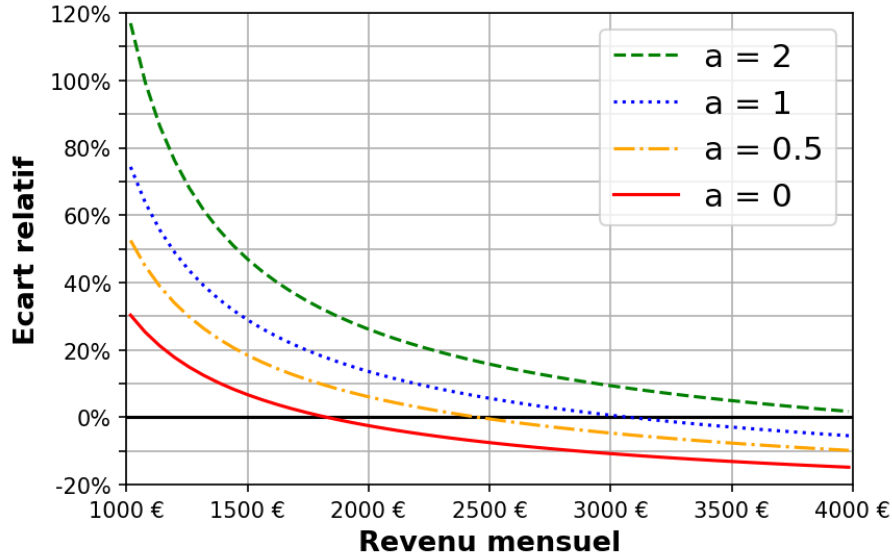


FIGURE 6 – Écart relatif de PAG entre les individus P' et S' selon le revenu.

L'avantage de cette représentation est de donner une idée du gain qui pourrait être opéré par un changement de mode d'approvisionnement en fonction du revenu et selon le coût des externalités environnementales et sanitaires négatives. Les quatre courbes ont la même allure, elles sont convexe. C'est-à-dire que l'écart relatif diminue rapidement avec l'augmentation du revenu lorsque que le revenu est faible. En revanche, il diminue plus lentement lorsque le niveau de dépense est grand. Elles sont positives en deçà d'un certain revenu qui dépend de a puis négatives au delà. C'est-à-dire que le potager amène un gain de PAG si le revenu est inférieur au revenu critique (R_c), mais qu'il amène une perte si le revenu est supérieur à R_c .

Plus a est grand, plus l'écart relatif est positif sur une grande plage (i.e. R_c est une fonction croissante de a). La courbe en trait plein ($a = 0$) correspond a une situation où les externalités ne sont pas internalisées. L'écart relatif monte jusqu'à +30% à l'avantage de P' pour un revenu de 1000€/mois. Pour la courbe en tiret ($a = 2$), l'écart relatif reste positif sur toute la plage de revenu (ie. $R_c > 4000\text{€/mois}$).

4.4.2 Part de la population ayant intérêt à l'autoproduction

Il serait intéressant de savoir combien de ménages seraient susceptibles d'augmenter leur PAG en produisant une partie de leur alimentation dans un potager. Pour cela il est nécessaire de connaître, pour tout revenu annuel R , le nombre de personnes disposant de moins que ce revenu R . Pour obtenir une telle information, on peut utiliser les données sur les niveaux de vie par déciles. La donnée précisément importante est celle de la limite supérieure de revenu pour chaque décile. Cependant, les données existantes portent sur les ménages. Il faut donc apporter une correction sur le nombre d'habitants du ménage. Le détail de la méthode est disponible en annexe 8. Le résultat de la correction est présenté sur la figure 7.

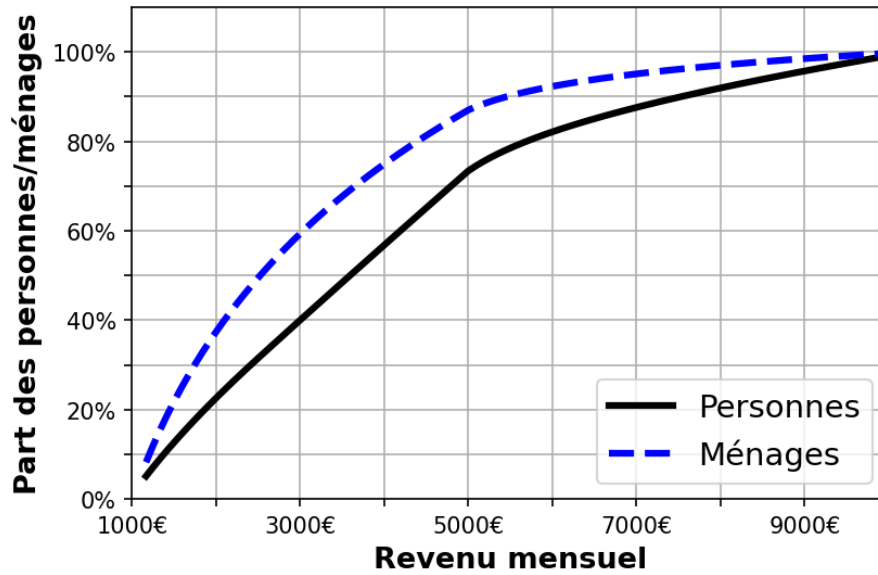


FIGURE 7 – Part cumulée de la population et des ménages en fonction du revenu du ménage.

En calculant R_c pour différentes valeurs de a et en utilisant la courbe ainsi corrigée, on peut alors estimer la part des ménages qui gagneraient en PAG avec un potager. La figure 8 présente le résultat.

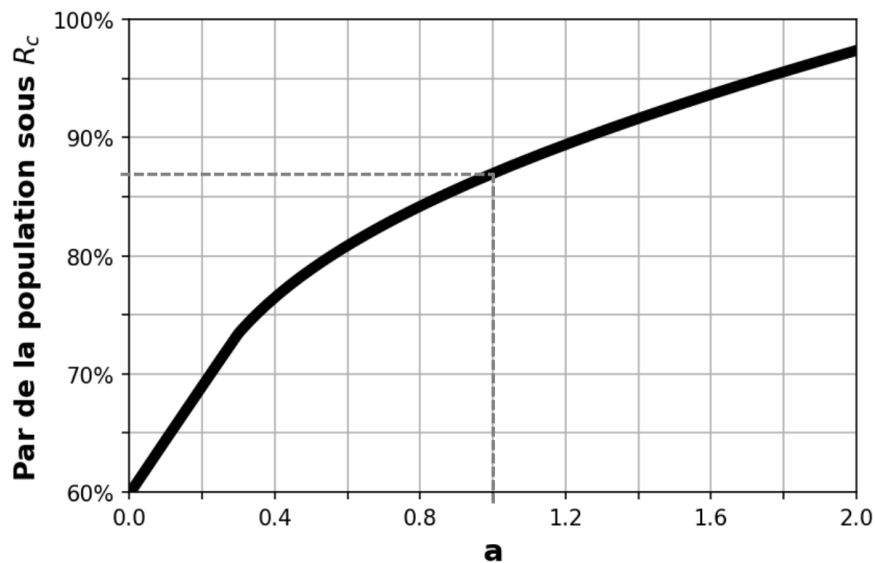


FIGURE 8 – Part de la population sous le revenu critique en fonction du montant des externalités

La valeur de a pour la France se situe a priori aux alentours de 1. Ce qui signifierait que dans le cas où les externalités seraient internalisées, environ 87% des français augmenteraient leur PAG en pratiquant l'autoproduction alimentaire. Sans prendre en compte les externalités ($a = 0$), 60% des ménages seraient concernés. Une analyse de la sensibilité du résultat est disponible en annexe 10.

5 Discussion

5.1 Transposition de la vitesse généralisée à la puissance alimentaire généralisée

La transposition du raisonnement d’Illich et Dupuy au problème de l’alimentation est possible et apporte des éléments pour la comparaison des modes d’approvisionnement et pour l’illustration des inégalités.

5.1.1 Evolution de la PAG dans le temps

Heran mettait en évidence une augmentation de la vitesse généralisée de la voiture entre 1975 et 2003, passant en moins de 30 ans d’une dizaine de km/h à près de 18 km/h pour un français moyen. Ce constat n’a pas été fait pour la PAG sur la même période. En revanche une augmentation significative (+50%) de la PAG a été montré entre le XIXe siècle et les années 1960 bien qu’aucune tendance à plus long terme n’ait été mise en évidence.

5.1.2 Inégalités de revenu

Dupuy avait calculé la vitesse généralisée pour plusieurs catégories socio-économiques. Heran, lui, avait calculé la vitesse généralisée d’un français moyen. Dans un premier temps, la comparaison des individus S’ et P’ nous a permis de constater que le revenu était une variable déterminante pour l’intérêt que peut présenter un mode d’approvisionnement. Comme le montrait Dupuy, la solution chère (voiture/supermarché) est plus avantageuse pour les hauts revenus qu’elle ne l’est pour les bas revenus. Mais il a également été mis en évidence qu’elle n’était plus avantageuse qu’au delà d’un certain revenu alors que pour Dupuy elle était moins avantageuse pour toutes les catégories socioprofessionnelles. En fait, en considérant une catégorie aux revenus encore plus élevée que les cadres supérieurs parisiens, Dupuy aurait probablement observé le même phénomène. En effet, d’après ses calculs, pour les cadres supérieurs la vitesse généralisée de la bicyclette et de la 2CV sont toutes deux égales à 14 km/h (voir tableau 2). Or la vitesse généralisée de la bicyclette est au maximum égale à sa vitesse moyenne, soit 15 km/h, quand celle de la voiture est plutôt de 40 km/h. Donc, pour des salaires très élevés (ou une baisse du coup de la voiture) la vitesse généralisée de la voiture peut dépasser 15 km/h et donc celle du vélo. C’est d’ailleurs ce qu’a montré Heran avec les données de 2003 (voir tableau 3). Cependant, le niveau de revenu correspondant à ce "croisement" des vitesses généralisée (ou PAG) est une donnée primordiale pour savoir quelle part de la population est gagnant dans le modèle dominant (voiture/supermarché). Pour cela, il faut s’intéresser à la distribution des richesses. C’était l’enjeu de la section 4.4.2 qui a permis de conclure qu’une majorité de la population pourrait augmenter sa PAG avec un potager vivrier. Les résultats présentés en figure 8 sont à nuancer. D’une part, la sensibilité du modèle au choix du paramètre r_j est importante (voir annexe 10). D’autre part, la méthode utilisée pour obtenir la figure 7 (voir annexe 8) ne donne qu’une approximation de la réalité et l’estimation de l’erreur n’a pas été effectué.

5.2 Externalités

Les travaux de quantification des externalités associées à l’alimentation ont permis de concrétiser pour la PAG ce que proposait Heran pour la vitesse généralisée (HÉRAN 2009), à savoir, l’intégration des coûts indirects de la vitesse au prix des déplacements. Néanmoins, les études disponibles ne sont pas exhaustives sur la prise en compte des externalités. De plus, certaines sont déjà indirectement payés par le consommateur (frais de santé, impôts, taxes, etc..) quand d’autres ne le sont pas et représentent une perte nette pour quelqu’un d’autre (droits humains,

conditions de travail, impacts environnementaux globaux). Cependant, ces deux types de coûts sont confondus dans le calcul des externalités. Or, les premières font en fait partie du budget alimentation quand les secondes sont un coût hypothétiquement assumés si une politique d'internalisation était mise en place.

En internalisant les externalités négatives dans le prix des produits alimentaires, on fait assumer au consommateur les effets négatifs de sa consommation sur d'autres personnes, sur lui-même et sur l'environnement. Ce qui implique que chaque individu contribue à payer les externalités à la hauteur de sa propre consommation. Cependant, ce n'est pas la seule façon de faire. Si par exemple on décide de faire assumer le coût des externalités à la collectivité au travers d'un impôt, la contribution de chaque membre ne dépend a priori pas de sa consommation, mais de son niveau d'imposition.

Un autre point important concerne les externalités associées à l'auto-production. On a supposé que leur montant était négligeable devant celle de la production industrialisée. Cette hypothèse est forte. L'impact environnemental des sociétés humaines est documenté bien avant l'industrialisation de l'agriculture. Au Moyen-Âge déjà, on défrichait massivement les forêts françaises pour accroître la surface cultivable et utiliser le bois. Avant même les débuts de l'agriculture, l'homme avait un impact significatif sur la mégafaune (SANDOM et al. 2014).

5.3 Le poids des intermédiaires et effet rebond

Dans notre système de production alimentaire, le prix de la nourriture en sortie d'exploitation représente en moyenne moins de 10% du prix final. Le gros du prix, près de 60% est constitué par les intermédiaires de transformation, de distribution et de commercialisation (BOYER et BUTAULT 2014). L'industrialisation des exploitations agricoles a permis de faire chuter le coût de la nourriture en sortie d'exploitation. Cependant, le poids des intermédiaires dans le prix final s'est accrue. On peut parler d'une forme d'"effet rebond". L'abaissement des coûts de production dans les exploitations, a été compensé en large partie par une augmentation du poids des intermédiaires.

L'effet rebond s'observe également dans le domaine des transports. En dépit des innovations et de l'augmentation de la vitesse moyenne de transport, le temps consacré quotidiennement aux déplacements pendulaires (travail-domicile) reste d'environ 1h (MARCHETTI 1994). Cette durée, connue sous le nom de *Constante de Marchetti* serait invariante depuis le néolithique. Les distances parcourues ont augmenté au fil des accélérations compensant ainsi les gains de temps qu'aurait permis l'accroissement de la vitesse. On ne profite pas pleinement des promesses des avancées techniques.

5.4 Autonomie alimentaire

Autonomie alimentaire partielle, L'individu P est autonome à 56%. On ne peut pas se baser sur les données de Jaubert (voir figure 2) pour savoir combien de temps prend l'autonomie alimentaire. Les 8€/h retenus sont valables pour un potager. Une autonomie alimentaire requiert une diversité d'apports que l'on ne retrouve pas dans les potagers étudiés par Jaubert. De plus on peut interroger la pertinence de l'unité monétaire pour quantifier la nourriture. Certaines personnes vivent avec moins de 2000€ de nourriture par an alors que dans le même temps le potager de P produit 2190€/an mais ne permet pas l'autonomie alimentaire de P. Pour une même production potagère, au regard du modèle certaines personnes sont autonomes et d'autres non.

5.5 Mise en pratique et conséquences

La visée de cet article est de nuancer la vision du système de production thermo-agro-industriel comme émancipateur du travail d’approvisionnement alimentaire. Il ne se veut en aucun cas prescrire un modèle plus vertueux, ou un retour en arrière idéalisé. Il s’agit plus d’une invitation à la réflexion que d’un programme de transformation de nos modes de production. Augmenter la puissance alimentaire généralisée des citoyens ne saurait constituer un progrès en soit. La complexité des enjeux ne peut pas s’effondrer en un simple indicateur. La puissance alimentaire généralisée est une aide à penser, pas un étalon du progrès. Elle a l’ambition de concentrer plusieurs facteurs pertinents dans l’étude de l’approvisionnement alimentaire (quantité, qualité, durée d’approvisionnement, coût d’approvisionnement)

L’auto-production et l’autoconsommation ne représente qu’une part infime de l’alimentation en France, seulement 5% en valeur monétaire (INSEE 2017a). Chez les ménages concernés, la part de l’autoconsommation est en moyenne de 20 %, ce qui est bien inférieur à ce qui a été retenu pour l’individu P. De plus, 2017, si 53 % des ménages disposaient d’un jardin, seule une minorité de ménages possédait un jardin d’agrément (34 %) ou un jardin avec un potager ou un verger (19 %). Dans les grandes agglomérations c’est encore plus rare. Dans l’agglomération parisienne seul 23 % des ménages disposent d’un jardin, tous types confondus. Donc même si une majorité de la population, de part ses caractéristiques économiques, pourrait augmenter sa PAG en cultivant un potager vivrier, en pratique seule une minorité peut opérer ce changement.

6 Conclusion et perspectives

Même sans tenir compte des externalités, la majorité de la population (60%) gagnerait à produire une partie de son alimentation. L’internalisation des externalités porterait cette proportion à plus de 85%. Autrement dit, introduire une part d’autoproduction dans le système de production alimentaire aurait un effet positif sur la PAG. De plus il semble que la PAG soit stable sur les 50 dernières années. Si un gain important est observé entre le XIXe siècle et aujourd’hui, on ne peut pas affirmer que cela soit dû aux transformations du système de production alimentaire. D’ailleurs, il semble que même sans agriculture industrialisée (moyen âge), la PAG peut être aussi élevée qu’aujourd’hui, voire plus élevée dans le cas de la cueillette. Plus que des critères de développement techniques, ce sont les questions de rémunération et de coût de la nourriture qui apparaissent comme centrales. Dans la recherche du progrès, les enjeux techniques ne peuvent être séparé des enjeux économiques et politiques. Nous l’avons vu avec l’effet rebond sur le prix de la nourriture.

Ainsi, il pourrait être intéressant d’imaginer et d’évaluer l’impact d’une politique d’encadrement des marges, ou de redistribution des richesses sur la PAG du pays. D’autres pistes peuvent être envisagées pour approfondir la réflexion. Dans cet article, les inégalités face à l’approvisionnement alimentaire n’ont été analysées sous l’angle des revenus et à l’échelle de la France. Il serait tout à fait possible de produire des analyses comparatives entre différents pays ou de porter l’analyse sur d’autres aspects. En particulier, une analyse ville-campagne serait intéressante. On attend des différences de durées de courses, d’empreinte environnementale, de consommation, d’auto-production et de revenu. Une analyse comparative homme-femme pourrait également être conduite. La durée des tâches domestiques, les revenus et les rations caloriques étant a priori différentes. Il serait aussi possible de comparer les PAG associés à différents régimes alimentaires. Des régimes plus coûteux mais plus respectueux de l’environnement ou meilleur pour la santé pourraient permettre d’accéder à une plus grande PAG en internalisant les externalités.

Références

- ARCHER, David, Edwin KITE et Greg LUSK (2020). “The ultimate cost of carbon”. In : Climatic change 162, p. 2069-2086.
- BARRALIS, Christine (2007). “L’évolution du nombre de jours chômés à la fin du Moyen Âge : enjeux spirituels et économiques”. In : Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques 129.1, p. 90-99.
- BOYER, Philippe et Jean-Pierre BUTAULT (2014). “ L’euro alimentaire en France et le partage des valeurs ajoutées”. In : Économie rurale 342, p. 45-68.
- CÉCILE BROUSSE Aline Ferrante, Laure Turner (jan. 2015). Le temps des courses depuis 1974. Rapp. tech. N° 1533. Disponible à l’adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1283695>. Insee, division Conditions de vie des ménages et division Commerce.
- CÉCILE DAUPHIN, Pierrette Pézerat (1975). “Les consommations populaires dans la seconde moitié du XIXe siècle à travers les monographies de l’École de Le Play”. In : Annales. Histoire, Sciences S 30.2-3, p. 537-352.
- CHAVRET, Jean-Paul (2023). Atlas de l’agriculture. Mieux nourrir le monde. Autrement.
- COUPLAN, François (1996). “L’alimentation végétale potentielle de l’homme avant et après la domestication du feu au paléolithique inférieur et moyen en région méditerranéenne française”. Thèse de doct. Paris, Muséum national d’histoire naturelle.
- D’AVENEL, George (1898). “PAYSANS ET OUVRIERS DEPUIS SEPT SIÈCLES : III : LES FRAIS DE NOURRITURE AU MOYEN AGE”. In : Revue des Deux Mondes (1829-1971) 147.4, p. 845-880.
- DEBOUVERIE, Y. et J-P. DUPUY (1974). “L’automobile chronophage”. In : CEREBE, Paris.
- EATON, S Boyd et Melvin KONNER (1985). “Paleolithic nutrition : a consideration of its nature and current implications”. In : New England Journal of Medicine 312.5, p. 283-289.
- FAO (1957). “LES BESOINS EN CALORIES”. In : Annales de la nutrition et de l’alimentation. JSTOR, p. 53-101.
- FOUNDATION, True Price (2023). Monetisation factors for true pricing. Rapp. tech. Disponible à l’adresse <https://trueprice.org/monetisation-factors-for-true-pricing/>. True Price Foundation.
- FOURASTIÉ, Jean (1979). Les Trente glorieuses ou la révolution invisible de 1946 à 1975. Fayard.
- GUILBERT, Madeleine, Nicole LOWIT et Joseph CREUSEN (1965). “Enquête comparative de budgets-temps (II)”. In : Revue française de sociologie, p. 487-512.
- HENDRIKS, Sheryl et al. (2021). “The true cost and true price of food”. In : Disponible à l’adresse https://sc-fss2021.org/wp-content/uploads/2021/06/UNFSS_true_cost_of_food.pdf. Scientific Groupe - UN Food System Summit.
- HÉRAN, Frédéric (2009). “À propos de la vitesse généralisée des transports. Un concept d’Ivan Illich revisité”. In : Revue d’économie régionale et urbaine 3, p. 449-470.
- HÉRAULT, Bruno (2016). “La population paysanne : repères historiques”. In : Centre d’étude et de prospecti 11.
- HERVIEU, Bertrand et François PURSEIGLE (2013). Sociologie des mondes agricoles. Armand Colin.
- ILLICH, Ivan (1973). Energie et équité. Seuil.
- INSEE (2015). Travail professionnel, tâches domestiques, temps « libre ». Rapp. tech. Disponible à l’adresse https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/1303226/ES478E.pdf&ved=2ahUKEwi8yOvh5IKGAxXzfKQEHTXWBMQQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw3eK8Np-_JyWFMpTkGo7VtW. Insee.
- (2017a). Rapp. tech. Disponible à l’adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5370353>. Insee.

- INSEE (2017b). Les dépenses des ménages en 2017 Enquête Budget de famille - Insee Résultats. Rapp. tech. Disponible à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4648335>. Insee.
- (2017c). Plus d'épargne chez les plus aisés, plus de dépenses contraintes chez les plus modestes. Rapp. tech. Disponible à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4764600>. Insee.
- (2021a). Revenus et patrimoine des ménages. Rapp. tech. Disponible à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5371205?sommaire=5371304>. Insee.
- (2021b). Tableaux de l'économie française, Distribution des niveaux de vie en 2021. Rapp. tech. Disponible à l'adresse https://www.insee.fr/fr/outil-interactif/5367857/details/30_RPC/31_RNP/31D_figure4. Insee.
- (2024a). Empreinte carbone de l'alimentation. Rapp. tech. Disponible à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7728883?sommaire=7728903>. Insee.
- (2024b). L'essentiel sur... les salaires. Rapp. tech. Disponible à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7457170>. Insee.
- JAUBERT, Anoucha (sept. 2018). Étude-enquête sur l'intérêt économique des jardins potagers et fruitiers. Mémoire de fin d'étude. Paris.
- JOAN SANCHEZ-GONZALEZ, Brigitte Larochette et (oct. 2015). Cinquante ans de consommation alimentaire. Rapp. tech. N° 1568. Insee, division Synthèses des biens et services.
- MARCHETTI, Cesare (1994). "Anthropological invariants in travel behavior". In.
- MEADOWS, Donella H et al. (1972). "The limits to growth-club of rome". In.
- PONTZER, Herman et al. (2012). "Hunter-gatherer energetics and human obesity". In : PloS one 7.7, e40503.
- RASTOIN, Jean-Louis (2022). "Coûts cachés et juste prix de notre alimentation : entre marché, État et communs". In : Policy brief.
- SANDOM, Christopher et al. (2014). "Global late Quaternary megafauna extinctions linked to humans, not climate change". In.
- SCHOLLIERS, Peter (1994). "Le temps consacré à l'alimentation par les familles ouvrières en Europe aux XIXe et XXe siècles". In.
- WWF (2020). Les fronts de la déforestation. Moteurs et réponses dans un monde en mutation. Rapp. tech. Disponible à l'adresse https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-01/20210112_Synthese_Fronts-deforestation-moteurs-et-reponses-dans-un-monde-en-mutation_WWF.pdf. WWF.

ANNEXES

Table des annexes

1	Revenu critique	26
2	Algorithme de dicotomie sur le logiciel Python	26
3	Variabilité de la PAG de l'individu P selon le choix des paramètres t_j et r_j . . .	27
4	Calcul de la PAG ouvrière dans les années 1960	28
5	Calcul de la PAG d'une famille ouvrière au XIXe siècle sans potager vivrier . . .	28
6	Calcul de la PAG d'un paysan vers 1300	29
7	Calcul PAG paléolithique	29
8	Part cumulée de la population en fonction du revenu du ménage	30
9	Ecart relatif de PAG réel en fonction du revenu avec $a = 0$	31
10	Sensibilité du modèle au choix du paramètre r_j pour l'estimation de la part de la population sous R_c	32

Annexe 1 – Revenu critique

La PAG de P' est supérieure à celle de S' si :

$$t_{p'} + \frac{B - e}{r} < t_{s'} + \frac{B}{r} \quad (11)$$

$t_{p'}$ représente la durée des taches liée à l'alimentation (courses, cuisine, vaisselle) dans le cas de l'individu P', et $t_{s'}$ dans le cas de l'individu S'. En choisissant l'équation 7 pour la durée des courses, et en introduisant r_c , le revenu critique où l'égalité est atteinte, on en déduit :

$$r_c = \frac{e}{t_j - 140 \frac{e}{B}} \quad (12)$$

En introduisant $r_j = \frac{e}{t_j}$, H le nombre d'heures travaillées sur l'année et $R_c = r_c H$ le revenu annuel critique, on obtient :

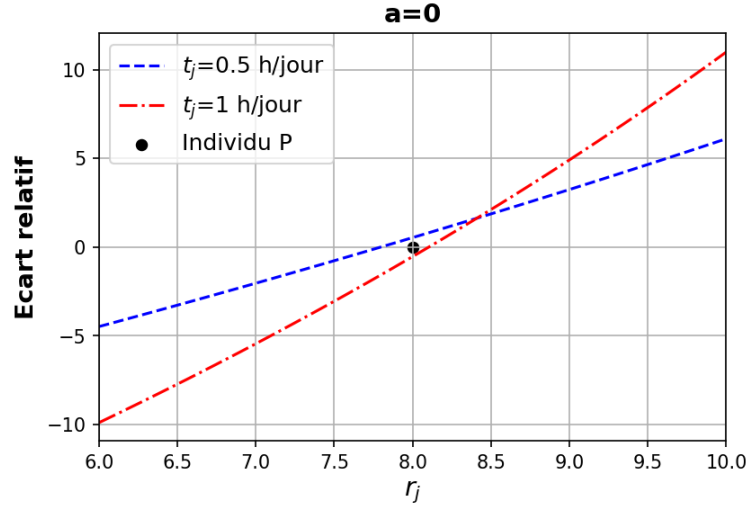
$$R_c - 140 \frac{r_j R_c}{(856,61 \times R_c - 5312217,2)^{0.5}} - r_j H = 0 \quad (13)$$

Cette équation en R_c peut se résoudre de façon analytique mais j'ai opté pour une résolution numérique avec un algorithme de dicotomie (voir annexe 2).

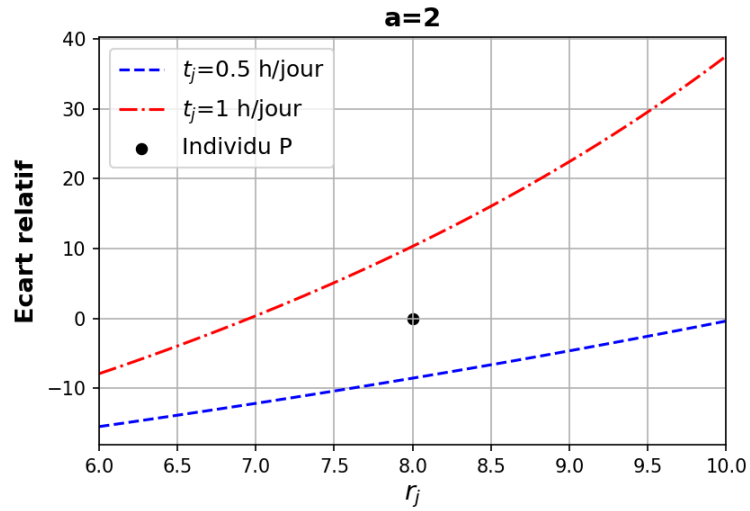
Annexe 2 – Algorithme de dicotomie sur le logiciel Python

```
def dicotomie( f, M, N, err=1.E-5 ):
    if f(M)*f(N) >= 0: return 0
    while N - M > err:
        m = 0.5*(M + N)
        if f(M)*f(m) <= 0: N = m
        else: M = m
    return 0.5*(M + N)
```

Annexe 3 – Variabilité de la PAG de l'individu P selon le choix des paramètres t_j et r_j



On fait varier r_j entre 6€/h et 10€/h et t_j entre 0,5 et 1 h/jour. Les courbes en tiret et en point-tiret sont encadrent l'ensemble des valeurs susceptibles d'être atteintes. l'incertitude est encadrée par ces deux courbes. Pour $a=0$, l'écart relatif est inférieur à 10%.



Pour $a=2$, l'écart relatif est compris entre -14% et +38%.

Annexe 4 – Calcul de la PAG ouvrière dans les années 1960

On calcule la PAG d'un individu intermédiaire entre un ouvrier et une ouvrière. On considère que l'ouvrier a besoin de 3200 kcal les jours où il travaille et de seulement 2500 kcal les jours où il ne travaille pas. Pour l'ouvrière, 2500 kcal les jours de travail et 2200 kcal les jours de repos (FAO 1957). La semaine étant de 5 à 6 jours, on compte 5.5 jours de travail par semaine travaillé. Au final cela donne des besoins quotidiens moyens de 2875 kcal pour l'ouvrier et 2303 kcal pour l'ouvrière. Les tâches domestiques liées à l'alimentation sont quasiment exclusivement effectuées par les femmes. Dans la classe ouvrière, elles y consacrent en moyenne 1,5 h/jour en semaine et 2,32 h le dimanche, soit, en moyenne, 1,7 h/jour (GUILBERT, LOWIT et CREUSEN 1965). La moyenne au sein d'un couple ouvrier donc la moitié de cette valeur, à savoir 0,85 h/jour. La part de l'alimentation dans le budget des français s'est élevée à 30% en moyenne (JOAN SANCHEZ-GONZALEZ 2015).

caractéristiques	Valeur
Semaines de congé annuelles	3
Temps de travail hebdomadaire	44h
Part de l'alimentation dans le budget	30%
Consommation quotidienne	2589 kcal
Vaisselle, cuisine, rangement, courses	0.85 h/jour

$$P_g = \frac{2589}{0.3 \times \frac{44}{7} + 0.85} = 986 \text{ kcal/h} = 1145w$$

Annexe 5 – Calcul de la PAG d'une famille ouvrière au XIXe siècle sans potager vivrier

On se donne un foyer composé d'un homme, d'une femme et de deux enfants. Étant donné que tous les membres du foyer travaillent et se partagent les tâches, on calculera la PAG de la famille. Pour la consommation, on suppose que le travail demande une grande dépense énergétique les jours de travail. L'homme aurait besoin quotidiennement de 4000 kcal, la femme de 3000 kcal, et les deux enfants de 3000 kcal chacun (FAO 1957). Pour les dimanches, on peut supposer une activité physique plus réduite. L'homme aurait besoin de 3200 kcal, la femme de 2300 kcal, et les deux enfants de 2500 kcal chacun. En moyenne, la consommation calorique du foyer est donc de 12643 kcal/jour.

caractéristiques	valeur
Semaines de congé annuelles	0
Temps de travail hebdomadaire	62h/personne (SCHOLLIERS 1994)
Part de l'alimentation dans le budget	50% (CÉCILE DAUPHIN 1975)
Consommation quotidienne	12643 kcal
Vaisselle, cuisine, rangement, courses	≈ 2h/jour (SCHOLLIERS 1994)

$$P_g = \frac{11530}{2 + 0.5 \times 4 \frac{62}{7}} = 641 \text{ kcal/h} = 745w$$

On suppose que l'activité physique intense les jours travaillés requiert 4000 kcal. Les jours chômés, on supposera des besoins réduits à 2500 kcal. Avec 100 jours chômés par an, on arrive à un besoin quotidien moyen de 3589 kcal.

Annexe 6 – Calcul de la PAG d'un paysan vers 1300

caractéristiques	valeur
Jours chômés	≈ 100 (BARRALIS 2007)
Durée de la journée de travail	$\approx 8h$
Part de l'alimentation dans les dépenses	$\approx 60\%$ (D'AVENEL 1898)
Consommation quotidienne	≈ 3589 kcal
Taches domestiques	≈ 1 h/jour

$$P_g = \frac{3589}{8 \times 0.6 \frac{265}{365} + 1} = 800 \text{ kcal/h} = 929w$$

Annexe 7 – Calcul PAG paléolithique

En se basant sur la cueillette des champignons, on peut estimer qu'en une heure de travail on ramasse entre 2 et 3 kilos de champignons. On suppose qu'il en est de même pour d'autres types de végétaux (fruits, racines, etc.). Pour la chasse l'estimation est difficile. On se basera sur les performances de la chasse moderne. Aujourd'hui, une battue dure entre 2h et 3 h, elle permet de tuer une bête qui pèse entre 90 et 150 kg soit entre 45 et 75 kg de viande environ. Cette technique de chasse requiert une dizaine de personnes. Pour dépecer et découper l'animal, on peut compter 3h de travail pour 3 personnes pour 60 kg de viande (médiane entre 45 et 75), soit, une dizaine d'heures cumulées. Au final il faut entre 30 et 40 heures pour obtenir en 45 et 75 kg de gibier. Soit entre 1,1 et 2,5 kg de gibier par heure.

S. Boyd Eaton (EATON et KONNER 1985) estime qu'un gramme de végétaux fournit en moyenne 1,29 kcal et qu'un gramme de gibier en fournit 1,41. Cependant la part des végétaux et de la viande dans le régime varie beaucoup selon les époques et selon les régions. La part des végétaux varie entre 20 et 80 % (COUPLAN 1996). Les travaux de PONTZER et al. 2012 semblent indiquer que les dépenses caloriques des chasseur cueilleurs actuels sont similaires à celles des occidentaux, soit environ 2300 kcal par jour. Dans le cas où les végétaux représentent 80 % du régime alimentaire, il faut environ 1,4 kg de végétaux et 0.3 kg de gibier chaque jour à un homme pour subvenir à ses besoins. Ce qui prendrait entre 0,6 et 1 heure par jour. Dans le cas où les végétaux ne représentent que 20 % du régime alimentaire, il faut environ 0.4 kg de végétaux et 1.3 kg de gibier chaque jour à un homme pour subvenir à ses besoins. Ce qui prendrait entre 0,65 et 1,4 heures par jour.

Pour la préparation des repas, faute de données, on peut retenir la même valeur qu'aujourd'hui, à savoir 40 minutes par jour (INSEE 2015) qu'on arrondira à 1 heure étant donné que les moyens de cuissons étaient moins efficaces.

Caractéristiques	valeur
Cueillette et chasse	0.6-1.4 h/jour
Cuisine, feu	1.0 h/jour
Besoins	2300 kcal/jour

$$P_{g,sup} = \frac{2300}{1+0.6} = 1437 \text{ kcal/h} = 1669w \approx 1700w$$

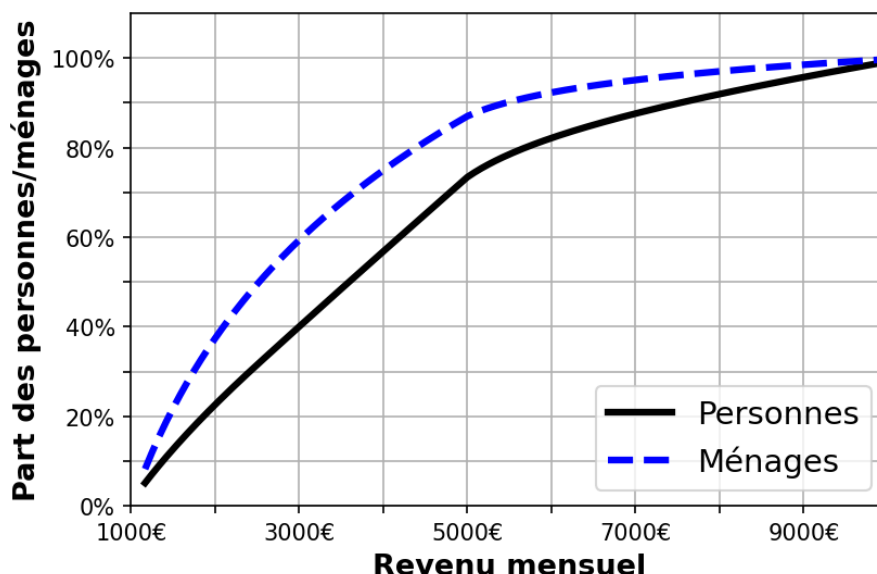
$$P_{g,inf} = \frac{2300}{1+1.4} = 958 \text{ kcal/h} = 1113w \approx 1100w$$

Annexe 8 – Part cumulée de la population en fonction du revenu du ménage

La donnée qui rend la correction possible est celle des unités de consommation (uc). Les uc d'un ménage sont calculés de la façon suivante : le premier adulte du ménage compte pour 1 uc, les autres personnes de plus de 14 ans comptent pour 0.5 uc, puis les enfants de moins de 14 ans pour 0.3 uc. Pour convertir les uc en personnes, on considère que tous les ménages se remplissent de la même façon. D'abord 1 adulte, puis un deuxième adulte (plus de 14 ans), puis des enfants de moins de 14 ans.

uc	nombre de personnes	composition
1	1	1 adulte
1.5	2	2 adultes
1.8	3	2 adultes et 1 enfant
2.1	4	2 adultes et 2 enfants

On fait croître linéairement le nombre d'habitants du ménage entre les valeurs fixées dans le tableau ci-dessus. On peut ainsi attribuer un "poids" aux ménages selon le nombre d'habitants. Pour renormaliser la distribution, on applique un facteur qui permet d'obtenir 100% de la population pour un revenu correspondant à 100% des ménages. La distribution des revenu a été modélisée en deux parties : Au-dessous de 60000 €/an de revenu disponible par une fonction logarithmique, et au dessus par une fonction puissance. Les courbes atteignent ainsi 100% lorsque le revenu du ménage atteint 122959 €/an soit environ 10 000 €/moi. Le facteur de normalisation est $\frac{1}{2.5364}$. Les courbes obtenues sont présentées ci-dessous. Les données, utilisées proviennent datent de 2018 (INSEE 2021a).



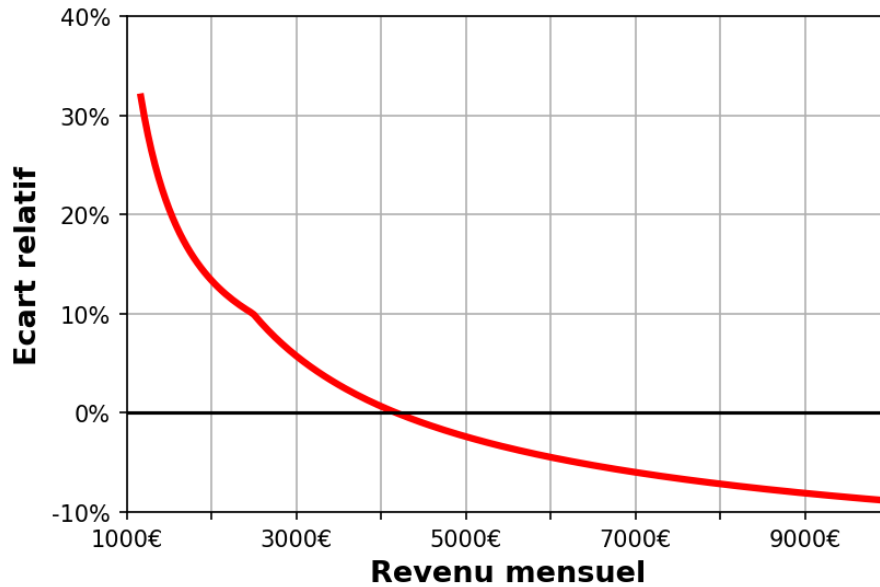
Annexe 9 – Ecart relatif de PAG réel en fonction du revenu avec $a = 0$

Quelque soit le nombre de personne dans le ménage, on suppose qu'une seule personne travail au jardin, et toujours avec les mêmes caractéristiques : $r_j = 8$ €/h et $t_j = 45$ minutes par jour. On pose N_a le nombre d'adultes dans le foyer (voir annexe 8). On note $e = r_j t_j$ en euros par jour, et B en euros par jour également. Les formules utilisées pour calculer la PAG des foyers sont les suivantes :

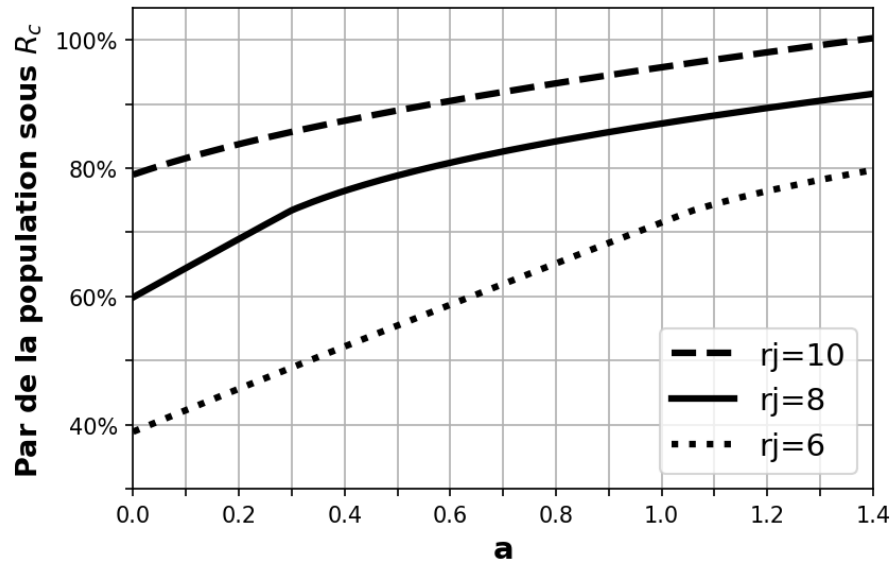
$$P_{g,s} = \frac{C}{(1+0.5) \times N_a + \frac{B}{r}}$$

$$P_{g,p} = \frac{C}{(1+0.5 \frac{B-e}{B}) \times N_a + t_j + \frac{B-e}{r}}$$

Avec $P_{g,s}$ la PAG pour un foyer s'approvisionnant en supermarché et $P_{g,p}$ la PAG un foyer s'approvisionnant partiellement par auto-production. La consommation peut également être modélisée comme une fonction du nombre d'habitant du foyer. Toutefois, cela n'est pas nécessaire pour calculer R_c ou l'écart relatif entre les deux PAG des deux types de foyer.



Annexe 10 – Sensibilité du modèle au choix du paramètre r_j pour l'estimation de la part de la population sous R_c



Pour tout choix du paramètre r_j , la courbe se situera en-dessous de la courbe en pointillés ($r_j = 6\text{€}/h$) et au-dessous de la courbe en tirets ($r_j = 10\text{€}/h$). L'écart vertical entre la courbe en trait plein et les deux autres va de 10 à 20 points. Pour $a = 1$, l'écart vertical est d'environ 15 points.