

Chapitre 8

Les systèmes alimentaires : à la fois responsables et victimes du changement climatique

*Hélène David-Benz, Arlène Alpha, Victoria Bancal, Carine Barbier,
Damien Beillouin, Yannick Biard, Daniel Fonceka, Franck Galtier,
Sandra Payen, Ninon Sirdey, Mathieu Weil*

Les interactions entre le changement climatique et les systèmes alimentaires sont aujourd'hui largement mises en avant dans les agendas nationaux et internationaux. Le Sommet des Nations unies sur les systèmes alimentaires de 2021 a fait de la résilience au changement climatique une de ses priorités. De même, lors de la COP28, en 2023, 159 pays ont signé une déclaration relative à l'inclusion de l'agriculture et de l'alimentation dans leurs engagements climatiques nationaux (voir chapitre 2). En effet, les systèmes alimentaires constituent un levier pour l'atténuation, notamment dans les pays industrialisés, et ils sont aussi un enjeu pour l'adaptation, parce qu'ils sont directement touchés par les effets du changement climatique.

Les systèmes alimentaires désignent l'ensemble des activités nécessaires pour nourrir une population : ils englobent les étapes de préproduction (la production d'intrants), la production elle-même et les étapes de postproduction (transport, transformation, distribution, consommation) et la gestion des déchets aux différentes étapes. Le terme de systèmes agri-alimentaires (ou *agri-food systems* pour les Anglo-Saxons) est également utilisé, notamment dans plusieurs chapitres de cet ouvrage, et recouvre de même l'ensemble des activités, de l'amont à l'aval. L'approche systémique, inhérente au terme *système alimentaire*, met l'accent sur les interactions entre les différentes activités et leurs impacts en termes socio-économiques, environnementaux (dont les émissions de gaz à effet de serre, GES) et nutritionnels (David-Benz *et al.*, 2022; FAO, 2018; HLPE, 2017).

En considérant l'ensemble des étapes, les systèmes alimentaires génèrent environ un tiers de toutes les émissions anthropiques à l'échelle mondiale (Crippa *et al.*, 2021; Rosenzweig *et al.*, 2020; Tubiello *et al.*, 2022). Dans le même temps, les systèmes alimentaires sont aussi affectés par le changement climatique et par ses effets.

Ce chapitre examine ces deux dimensions, tout en distinguant les différentes catégories de pays. En effet, les pays industrialisés, compte tenu des caractéristiques de leurs systèmes de production, de leurs chaînes d'approvisionnement et de leurs habitudes alimentaires, sont particulièrement émetteurs de GES. Les pays en développement sont eux à la fois les moins émetteurs et les plus touchés. Dans une première section, nous présenterons les différents postes d'émissions de GES des systèmes alimentaires. Puis la seconde section traitera de l'impact du changement climatique sur les systèmes alimentaires. L'accent sera mis sur l'aval, beaucoup moins documenté que l'impact du changement climatique sur la production, en soulignant les risques pour la sécurité alimentaire, notamment dans les pays à faible revenu.

1. Des systèmes alimentaires hétérogènes, responsables de près d'un tiers des émissions de GES

1.1. Les étapes de pré et de postrécolte à l'origine de l'augmentation des émissions de GES des systèmes alimentaires

Les travaux portant sur les émissions de GES des systèmes alimentaires distinguent aujourd'hui trois grands postes d'émission : (1) les changements d'usage des sols, (2) la production, (3) la pré et la postproduction (la production des intrants et l'ensemble des activités en aval) (Tubiello *et al.*, 2022). Cette approche, en prenant en compte les changements d'usage des sols, permet de mettre en lumière l'impact climatique majeur de la déforestation, dont la visée est l'utilisation agricole des terres.

Les émissions proviennent de multiples sources et varient en fonction des pratiques agricoles, des types d'aliments produits et consommés ainsi que de la gestion des déchets. Sur la base des données FAOSTAT, Tubiello *et al.* (2022) montrent qu'en trois décennies (1990-2019) les émissions totales du système alimentaire ont augmenté de 17%, principalement en raison d'un doublement des émissions provenant des processus de pré et de postproduction. Les émissions liées au changement d'usage des sols ont diminué de 25% (du fait d'un ralentissement de la déforestation), tandis que les émissions au niveau de l'exploitation agricole ont augmenté de 9% (figure 8.1).

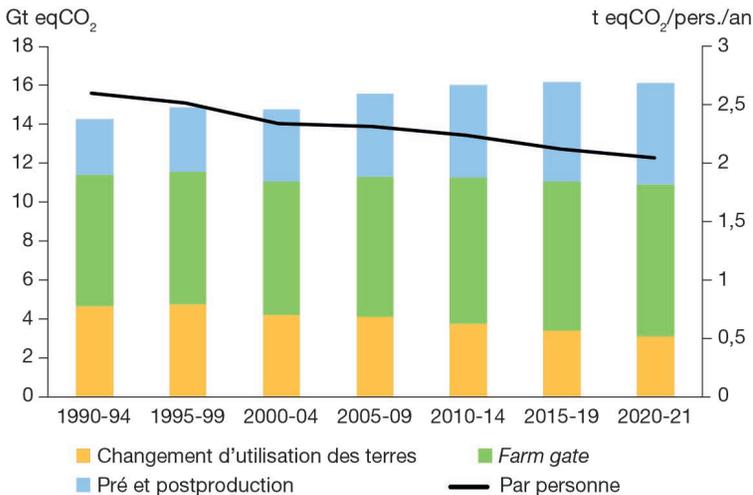


Figure 8.1. Évolution des émissions de GES par les systèmes alimentaires par grands postes d'émission de 1990 à 2021. Source : données FAOSTAT¹.

Les émissions liées à la préproduction, qui se réfèrent à toutes les émissions générées par la fabrication et par le transport des intrants, varient fortement d'un système alimentaire à l'autre, et il est encore difficile d'identifier la part précise de ces émissions (Tubiello *et al.*, 2022). Les cinq étapes de postproduction (transport, transformation, distribution, consommation, gestion des déchets) représentent environ 20-30% des

1. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/GT> et <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/OA>.

émissions du système alimentaire mondial. Le transport des produits alimentaires, souvent sur de longues distances, génère une part importante, sans toutefois qu'une métrique soit encore stabilisée. Les estimations vont de 4,8% des émissions totales des systèmes alimentaires (Crippa *et al.*, 2021) à 20,0% (Li *et al.*, 2022). Ces émissions sont plus importantes dans les pays industrialisés que dans les pays en développement en raison d'un important recours au transport routier dans les premiers. L'étape de la transformation et de l'emballage représente environ 5-10% des émissions totales. Ces processus sont énergivores et souvent dépendants des énergies fossiles. La distribution et la vente au détail sont également émettrices de GES, du fait de la réfrigération des aliments dans les supermarchés; elles représentent environ 2-4% des émissions totales. Enfin, les déchets alimentaires, lorsqu'ils sont envoyés en décharge, produisent du méthane en se décomposant. La gestion des déchets alimentaires contribue à environ 3-4% des émissions totales de GES.

Si la préparation des repas à domicile ou dans les restaurants pèse seulement pour 3-5% des émissions totales, les régimes alimentaires, eux-mêmes, jouent un rôle majeur dans les émissions de GES. En effet, les écarts d'émissions pour produire les différents aliments sont considérables : 14 kg eqCO₂/kg pour les bovins, 3 kg pour le porc, 2 kg pour les volailles², et moins de 1 kg pour les végétaux (souvent autour de 0,1 kg). Dès lors, la part carnée de l'alimentation ainsi que les produits végétaux pour l'élevage (qui transitent en grande partie par les marchés internationaux) augmentent significativement le bilan carbone des systèmes alimentaires. La production animale représente près de 75% des émissions de la production agricole (WHO, 2023). Les émissions de méthane, provenant de la fermentation entérique des ruminants et des effluents d'élevage, sont les plus importantes, suivies par celles de protoxyde d'azote dues à l'usage d'engrais azotés pour les cultures, principalement destinées à l'alimentation animale des pays à haut revenu. Entre des régimes végétariens ou végétaliens et des régimes très carnés (100-170 g de viande/jour), l'empreinte carbone peut être multipliée par 3 à 6 (Barbier *et al.*, 2019; Scarborough *et al.*, 2023). Or, la consommation de produits animaux varie énormément entre les pays et au sein des pays. En 2021, elle s'élevait à 92 kg/hab./an dans les pays à haut revenu contre 43 kg en moyenne mondiale et 12 kg dans les pays à faible revenu (Ritchie *et al.*, 2024). La consommation de produits laitiers, émettrice de GES car principalement issue de ruminants, est également hétérogène. La consommation moyenne mondiale de lait est de 88 g/j/hab., ayant doublé entre 1990 et 2018 (Miller *et al.*, 2022). Les plus hauts niveaux de consommation sont observés au Mexique, en Grande-Bretagne, aux États-Unis et en France (188-206 g/j), et les plus bas, en Chine, au Bangladesh et en République démocratique du Congo (31-37 g/j).

Au-delà des régimes alimentaires, le niveau d'émission de GES varie fortement pour un même produit, en fonction des modes de production et des étapes de la postproduction, ce dont l'analyse du cycle de vie permet de rendre compte (encadré 8.1).

1.2. De fortes disparités entre les systèmes alimentaires industrialisés et les autres

Nombre d'études montrent que les émissions de GES des systèmes alimentaires varient fortement d'un pays à l'autre (figure 8.2).

2. Ces émissions sont estimées par kilogramme de poids vif des animaux.

Encadré 8.1. Pourquoi une approche globale du système alimentaire ? L'approche par les analyses du cycle de vie

Dans la littérature française et internationale, l'approche par des analyses du cycle de vie (ACV) fait référence pour ce qui est des impacts environnementaux. Multi-critère, elle permet d'avoir une vision exhaustive de toutes les sources d'impacts sur les écosystèmes, sur la santé humaine et sur les ressources non renouvelables, avec une entrée par produit, voire à l'échelle de territoires (Cornelus, 2021). L'ACV quantifie en particulier les émissions de GES tout au long des chaînes de valeurs, permettant une compréhension plus fine que les approches sectorielles.

L'ACV dans l'analyse des chaînes de valeurs

Le projet Value Chain Analysis for Development (VCA4D), financé par la Commission européenne et mis en œuvre par Agrinatura, utilise un cadre méthodologique systématique pour analyser les chaînes de valeur liées du secteur agricole, fournissant des informations pour orienter les décisions visant à améliorer leur durabilité (Fabre *et al.*, 2021). L'ACV identifie et quantifie les ressources consommées et les émissions produites tout au long des chaînes de valeur, évaluant de manière holistique les impacts environnementaux. Depuis 2016, plus de 45 chaînes de valeur de pays à faible revenu ont été étudiées, révélant par exemple le rôle fondamental des infrastructures dans l'impact carbone des différents systèmes alimentaires. Elles mettent également en évidence que les faibles performances des infrastructures (électricité, routes, hydrocarbures, eau potable, transport, logistique) augmentent indirectement les impacts environnementaux en accroissant les pertes de produits, surtout pour les produits frais (Parrot *et al.*, 2018).

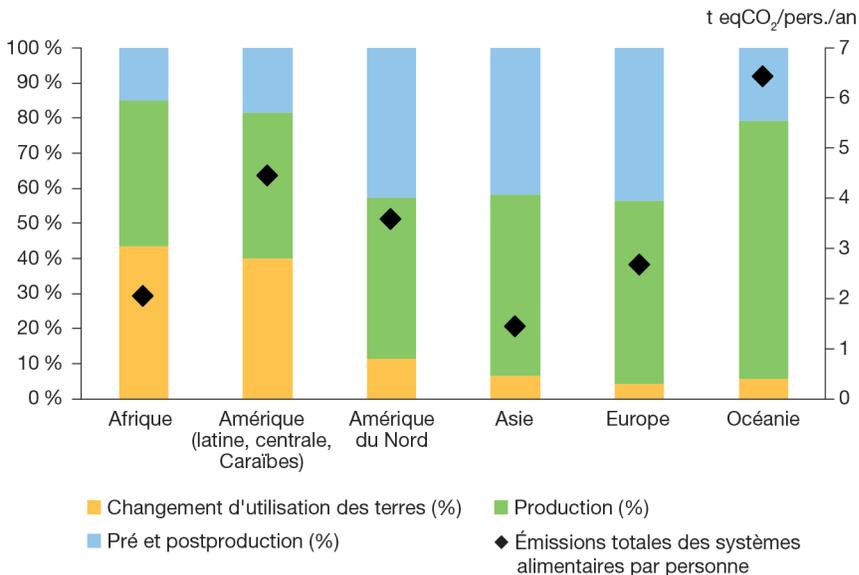


Figure 8.2. Émissions de GES par les systèmes alimentaires représentées par grandes régions (2021). Source : données FAOSTAT.

En Afrique et en Asie, les émissions de GES par habitant sont ainsi beaucoup plus faibles qu'ailleurs (figure 8.2). Toutefois, à cause de la croissance démographique et des changements d'habitudes alimentaires (vers davantage de produits carnés et de produits transformés), les émissions totales des systèmes alimentaires y sont en forte progression, avec en particulier une hausse marquée des stades de pré et de postproduction en Asie. En Europe et en Amérique du Nord, les émissions par habitant sont beaucoup plus élevées, compte tenu des régimes alimentaires plus carnés et du poids croissant du stade de postproduction. Elles sont également très élevées en Amérique latine du fait d'une déforestation qui reste très élevée.

2. Les systèmes alimentaires affectés par le changement climatique

Le changement climatique se traduit d'une part par une évolution des tendances des températures et des précipitations, d'autre part par une occurrence et une magnitude accrue des chocs climatiques. Ces différentes manifestations affectent le système alimentaire, de la production à la consommation. Les effets du changement climatique sur la production agricole ont déjà été bien documentés dans la littérature scientifique. Celle-ci montre que la production agricole mondiale va connaître, de façon globale, des réductions de rendement, une altération de la qualité des produits et une diminution de la productivité des élevages. Les études rétrospectives montrent des baisses de rendements déjà effectives de 4 % à 5 % pour les grandes cultures : maïs, blé, riz et soja (Iizumi *et al.*, 2018; Moore *et al.*, 2015). Les projections indiquent également une diminution moyenne des rendements de 11 % d'ici 2050 sans mesures d'adaptation (Hasegawa *et al.*, 2022). Les impacts négatifs du changement climatique sont plus marqués dans les régions vulnérables comme l'Afrique subsaharienne et l'Asie du Sud-Est.

La littérature est toutefois beaucoup moins abondante sur les effets du changement climatique sur les systèmes alimentaires dans leur ensemble, et particulièrement sur la partie de post récolte, surtout dans les pays à faible revenu. Pourtant, les risques sont élevés, affectant la sécurité alimentaire, notamment du fait que les produits nutritionnellement denses, comme les fruits, les légumes, la viande et le poisson, sont les plus périssables. Les pertes risquent également d'augmenter pour les produits moins périssables comme les céréales et les tubercules, car les températures plus élevées favorisent le développement de ravageurs et de micro-organismes toxiques. Dans cette deuxième section, nous présentons d'abord les impacts du changement climatique sur les pertes, sur la commercialisation et sur la qualité des produits, puis, de façon plus large, les impacts sur la sécurité alimentaire, notamment dans les pays les plus vulnérables.

2.1. Des impacts sur les pertes, la qualité des produits et le commerce

Le changement climatique affecte tous les acteurs des systèmes alimentaires. La hausse des températures et l'augmentation des chocs climatiques accroissent les risques de pertes et augmentent les coûts de stockage et de transport, affectant les revenus des acteurs et les prix pour les consommateurs. Dans les pays à haut revenu, cela entraîne une hausse des coûts de traitement, de conditionnement, de stockage et de transport. Dans les pays à faible revenu, les pertes augmentent en raison du manque d'infrastructures adéquates et de méthodes de conservation, en particulier pour les produits les plus périssables (encadré 8.2). Trois impacts majeurs dans la post récolte sont

identifiés dans la littérature. Le premier est une dégradation de la qualité nutritionnelle et visuelle des produits, le deuxième concerne les risques accrus sur la qualité sanitaire des aliments, enfin le dernier a trait à l'instabilité accrue des marchés.

2.1.1. Une dégradation de la qualité nutritionnelle et visuelle des produits

Selon Christopoulos et Ouzounidou (2020), le changement climatique a des effets variables sur la qualité des fruits et des légumes. Il peut améliorer la synthèse et l'accumulation de glucides et d'antioxydants, les mécanismes de défense des plantes, mais réduire leur teneur en protéines, en minéraux, en acides aminés, et dégrader leur apparence. Les températures élevées causent des décolorations, des « coups de soleil » et des pertes de texture. Des cycles de production raccourcis peuvent réduire la taille des fruits et entraîner l'accumulation de composés indésirables. Par exemple, les tomates cultivées à des températures élevées ont montré une teneur plus faible en micronutriments (K, Mg, Ca) et en lycopène, carotène et antioxydants (Rosales *et al.*, 2011).

2.1.2. Des risques accrus sur la qualité sanitaire des aliments

Des températures et une humidité plus élevées favorisent l'émergence de contaminations alimentaires qui compromettent la qualité sanitaire (et éventuellement nutritionnelle et sensorielle) des produits. Cela peut être lié à des bactéries pathogènes comme *Salmonella* et *Campylobacter*, qui prospèrent sous des températures plus élevées (Akil *et al.*, 2014). De même, les champignons mycotoxinogènes, producteurs de toxines telles que les aflatoxines, dont la croissance et l'expansion géographique sont influencées par le changement climatique, constituent des risques pour la santé humaine et animale, en particulier les risques de cancer (Battilani *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 2016; Wild *et al.*, 2015; WHO et Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2017). Par exemple, plusieurs souches d'*Aspergillus flavus*, un champignon qui infecte de nombreuses cultures, produisent de l'aflatoxine,

Encadré 8.2. Perception des risques et stratégies d'adaptation des commerçants de fruits et légumes

Une enquête du projet Safoods auprès de 796 détaillants et grossistes de tomates, mangues et légumes-feuilles en Côte d'Ivoire et au Sénégal montre que 78 % des commerçants considèrent les températures élevées et 48 % les fortes pluies comme étant les manifestations climatiques aux répercussions les plus graves. Ces événements affectent la quantité et la qualité de la production (et donc la capacité des commerçants à s'approvisionner), et dégradent les voies d'accès. Leurs effets incluent l'assèchement des feuilles, l'accélération du mûrissement, la sénescence des fruits, l'apparition de pourritures et de dégâts liés aux insectes, un ralentissement de l'activité commerciale, entraînant des pertes économiques et/ou nutritionnelles. Les stratégies de prévention adoptées consistent à augmenter la fréquence et à réduire le volume d'achat pour vendre le jour même, à s'approvisionner directement auprès des producteurs, à trier pour vendre à des prix différenciés, et à rechercher des débouchés avant l'achat. Malgré ces stratégies, les détaillants jettent en moyenne 2,4 % des tomates, 6,5 % des mangues et 3,8 % des légumes-feuilles, et en bradent ou donnent respectivement 8,3 %, 10,5 %, et 11,6 %, entraînant des pertes économiques. Ces pertes risquent de s'aggraver avec l'augmentation des événements climatiques extrêmes.

une mycotoxine très problématique. Les études montrent que l'augmentation du CO₂ et le stress dû à la sécheresse favorisent considérablement cette production (Medina *et al.*, 2015). En Europe, une élévation de la température de 2°C pourrait conduire 40% de la production de maïs à dépasser les limites légales d'aflatoxine (Battilani *et al.*, 2016). La présence de champignons producteurs de toxines devrait se propager vers de nouvelles régions, exacerbant les risques dans les zones dépourvues de capacités adéquates de surveillance et de gestion des risques (Miller, 2016).

2.1.3. Une instabilité accrue des marchés, à laquelle les outils de régulation internationale ne sont pas adaptés

Les changements climatiques vont perturber les zones de production, les volumes et la stabilité de l'offre ainsi que les transports, affectant les marchés domestiques et internationaux (IPCC, 2023). Les effets estimés varient selon les scénarios climatiques, les pays, les produits et les méthodes utilisées. D'ici 2050, les prix pourraient augmenter de 5% à 20% par rapport à un scénario sans changement climatique et la variabilité des prix pourrait croître de 10% (Chen et Villoria, 2019; Nelson *et al.*, 2014; Wiebe *et al.*, 2015).

Le changement climatique est toutefois accompagné d'autres facteurs qui tendent à rendre les prix alimentaires plus élevés et instables : la croissance démographique, l'augmentation de la consommation de viande dans les pays émergents, l'augmentation des usages non alimentaires des produits agricoles pour décarboner l'économie et la promotion de pratiques agricoles durables mais moins productives (Brunelle et Dumas, 2019; Galtier, 2019). Daviron (2020) et Galtier (2021) soulignent dans ce sens que les agrocarburants consomment 15% de la production mondiale de maïs et d'huiles végétales (voir chapitre 19), et que la Chine a réformé sa politique agricole pour moins polluer ses sols, en compensant sa moindre production par une sécurisation de ses approvisionnements (*via* les « nouvelles routes de la soie »).

Ces tensions ont conduit à une multiplication de crises de prix sur les marchés internationaux (2008, 2010-2011, 2021-2023), avec des conséquences désastreuses sur la sécurité alimentaire mondiale, et la situation devrait aller en se dégradant (Galtier, 2019). Dans ce contexte, le commerce international et les stocks auront un rôle essentiel à jouer (Chen et Villoria, 2019; Wiebe *et al.*, 2015). Mais les règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), conçues en période d'abondance, ne sont pas adaptées aux pénuries. Elles limitent le droit de subventionner les exportations, mais pas celui de les restreindre ou de les bloquer, et restreignent fortement la capacité des pays à constituer des stocks publics, les considérant comme un moyen de soutenir les producteurs (Galtier, 2023). Les différentes initiatives pour réformer ces règles ont échoué, en raison de l'opposition de certains pays exportateurs.

2.2. Une menace additionnelle pour la sécurité alimentaire

Les phénomènes climatiques extrêmes figurent ainsi parmi les principaux facteurs d'insécurité alimentaire et de malnutrition, aux côtés des conflits, du ralentissement économique et de la croissance des inégalités (Bezner Kerr *et al.*, 2022; FAO *et al.*, 2023). Les pays à faible revenu sont particulièrement touchés, car leur offre alimentaire provient principalement de l'agriculture familiale, basée majoritairement sur des cultures pluviales et de l'élevage pastoral, avec des dispositifs d'alerte insuffisamment développés, les rendant très vulnérables aux chocs climatiques. La diminution

des revenus de ces petits agriculteurs (ainsi que celle des revenus des petits pêcheurs côtiers, affectés par la baisse des ressources halieutiques) réduira leur capacité à subvenir à leurs besoins alimentaires (FAO, 2018; Mbow *et al.*, 2019). Les populations indigènes sont également parmi les plus vulnérables face au changement climatique. Pauvres et marginalisées, elles risquent d'être particulièrement affectées, car leur alimentation traditionnelle et leurs valeurs sont liées à des écosystèmes menacés (Jantarasami *et al.*, 2018; Smith et Rhiney, 2016).

L'instabilité et la tendance à la hausse des prix des denrées alimentaires pousseront les ménages à faible revenu à réduire la diversité de leur alimentation. Ces tendances toucheront particulièrement les pays enclavés, à faible revenu, fortement dépendants des importations, et les ménages pauvres dans les zones sujettes aux inondations. De plus, la dégradation de la qualité de l'eau et la hausse des températures renforceront l'insécurité alimentaire. Les enfants des pays à faible revenu, en milieu rural, seront particulièrement à risque en raison de la réduction de la disponibilité et de la diversité alimentaire, de l'exposition à de fortes chaleurs et de l'augmentation des maladies diarrhéiques et à transmission vectorielle (Oppenheimer et Anttila-Hughes, 2016).

3. Conclusion

Les systèmes alimentaires contribuent fortement aux émissions de GES, en particulier ceux des pays à haut revenu et ceux où la déforestation reste élevée. Par conséquent, transformer les systèmes alimentaires constitue un levier majeur pour l'atténuation des GES.

Dans le même temps, les systèmes alimentaires sont aussi durement affectés par le changement climatique, à l'étape de la production et de la postproduction. La hausse des températures et l'augmentation de la fréquence des chocs climatiques ont des effets cumulatifs sur la production (en quantité, stabilité et qualité), sur la conservation et sur la transformation des produits alimentaires. Elles contribuent à accentuer l'instabilité des marchés et à tirer les prix à la hausse. Elles affectent de ce fait les revenus des producteurs et des acteurs de l'aval des filières, mais également les consommateurs, en raison de la réduction de la disponibilité des produits et/ou des hausses des prix (en particulier pour les produits les plus fragiles, les fruits et légumes, qui occupent une place essentielle en termes nutritionnels). Ces impacts sont toutefois très hétérogènes : ils affectent plus particulièrement les zones et les populations les plus vulnérables des pays à faible revenu (déjà les plus affectées par une insécurité alimentaire multifactorielle), du fait d'une plus forte exposition aux manifestations du changement climatique, de modes de production, d'équipements et d'infrastructures plus précaires et du faible pouvoir d'achat des populations.

Dans un contexte de multiplication des crises et des chocs de différentes natures, le changement climatique constitue ainsi une contrainte additionnelle pour parvenir à nourrir les neuf milliards de personnes attendues d'ici 2050.

4. Références bibliographiques

Akil L., Ahmad H.A., Reddy R.S., 2014. Effects of Climate Change on Salmonella Infections, *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(12): 974-980.

Barbier C., Couturier C., Pourouchottamin P., Cayla J.-M., Silvestre M., Pharabod I., 2019. L'empreinte énergétique et carbone de l'alimentation en France – de la production à la consommation, CIRED. https://www.centre-cired.fr/wp-content/uploads/2021/05/empreinte_carbone_alimentation_en_france_fr_052019.pdf

Battilani P., Toscano P., Van Der Fels-Klerx H.J., Moretti A., Camardo Leggieri M., Brera C., *et al.*, 2016. Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change, *Scientific Reports*, 6(1): 24328.

Bezner Kerr R., Hasegawa R., Lasco I., Bhatt D., Deryng A., Farrell A., *et al.*, 2022. 2022: Food, Fibre, and Other Ecosystem Products, *In: Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc) (éd.)*, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA, 713-906. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007>.

Brunelle T., Dumas P., 2019. Risks of higher food prices on international markets. *In: Dury S., Bendjebbar P., Hainzelin E., Giordano T., Bricas N. (éd.)*, Food Systems at risk: new trends and challenges, FAO, Cirad and European Commission, 103-105. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca5724en>

Chen B., Villoria N.B., 2019. Climate shocks, food price stability and international trade: evidence from 76 maize markets in 27 net-importing countries, *Environmental Research Letters*, 14(1): 014007.

Christopoulos M., Ouzounidou G., 2020. Climate Change Effects on the Perceived and Nutritional Quality of Fruit and Vegetables, *Journal of Innovation Economics & Management*, 34(1): 79-99.

Cornelus M., Pradinaud C., Villevieille A., Roux P., 2021. Panorama des méthodes d'évaluation environnementale. Guide méthodologique Version 1.1, ELSA-PACT. <https://www.elsa-pact.fr/content/download/3775/37021?version=1>

Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D., Monforti-Ferrario F., Tubiello F.N., Leip A., 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions, *Nature Food*, 2(3): 198-209.

David-Benz H., Sirdey N., Deshons A., Orbell C., Herlant P., 2022. Cadre conceptuel et méthode pour des diagnostics nationaux et territoriaux – Activer la transition durable et inclusive de nos systèmes alimentaires. FAO, Cirad, European Union, 70 p. <https://doi.org/10.4060/cb8603fr>

Daviron B., 2020. *Biomasse. Une histoire de richesse et de puissance*, Versailles, éditions Quæ, 392 p.

Fabre P., Dabat M.-H., Orlandoni O., 2021. Note méthodologique pour l'analyse des chaînes de valeur agricoles. Cadres et outils - Éléments clés. Version 2, Document technique et de recherche, Paris, France, Agrinatura EEIG, 43 p.

FAO, 2018. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050. Summary version, Rome, Italy, FAO, 60 p.

FAO, FIDA, OMS, PAM, UNICEF, 2023. L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2023. Urbanisation, transformation des systèmes agroalimentaires et accès à une alimentation saine le long du continuum rural-urbain, FAO, UNICEF, IFAD, WFP, WHO, 343 p.

Galtier F., 2019. Why food prices are likely to become more unstable, *In: Dury S., Bendjebbar P., Hainzelin E., Giordano T., Bricas N. (éd.)*, Food Systems at risk: new trends and challenges, FAO, Cirad, European Commission, 107-110. <https://www.doi.org/10.19182/agritrop/00105>

Galtier F., 2021. Note de lecture sur « Biomasse. Une histoire de richesse et de puissance », *Natures Sciences Sociétés*, 29(2): 242-244.

Galtier F., 2023. Take an inch for a mile. About an error of metrics in WTO rules and its impact on the ability of countries to build public stocks for food security, *Food Policy*, 116, 102400.

Hasegawa T., Wakatsuki H., Ju H., Vyas S., Nelson G.C., Farrell A., *et al.*, 2022. A global dataset for the projected impacts of climate change on four major crops, *Scientific Data*, 9(1): 58.

HLPE, 2017. HLPE Report # 12 - Nutrition and food systems. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4ac1286e-ef3-4f1d-b5bd-d92f5d1ce738/content>

- Iizumi T., Shioyama H., Imada Y., Hanasaki N., Takikawa H., Nishimori M., 2018. Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981-2010 compared with preindustrial levels, *International Journal of Climatology*, 38(14): 5405-5417.
- IPCC, 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jantarasami L., Novak R., Delgado R., Narducci C., Marino E., McNeely S., *et al.*, 2018. Chapter 15: Tribal and Indigenous Communities. Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: The Fourth National Climate Assessment, Vol. II, U.S. Global Change Research Program.
- Li M., Jia N., Lenzen M., Malik A., Wei L., Jin Y., Raubenheimer D., 2022. Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions, *Nature Food*, 3(6): 445-453.
- Mbow C., Rosenzweig C., Barioni L.G., Benton T.G., Herrero M., Krishnapillai M., 2019. Food Security. *In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.*
- Medina Á., Rodríguez A., Sultan Y., Magan N., 2015. Climate change factors and *Aspergillus flavus*: effects on gene expression, growth and aflatoxin production, *World Mycotoxin Journal*, 8(2): 171-180.
- Miller J.D., 2016. Mycotoxins in Food and Feed: A Challenge for the Twenty-First Century. *In: Li D.-W. (éd.), Biology of Microfungi*, Springer International Publishing, p. 469-493.
- Miller V., Reedy J., Cudhea F., Zhang J., Shi P., Erndt-Marino J., *et al.*, 2022. Global, regional, and national consumption of animal-source foods between 1990 and 2018: findings from the Global Dietary Database, *The Lancet Planetary Health*, 6(3): e243-e256.
- Moore M.-L., Riddell D., Vocisano D., 2015. Scaling Out, Scaling Up, Scaling Deep: Strategies of Non-profits in Advancing Systemic Social Innovation, *The Journal of Corporate Citizenship*, 58: 67-84.
- Nelson G.C., Valin H., Sands R.D., Havlík P., Ahammad H., Deryng D., *et al.*, 2014. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9): 3274-3279.
- Oppenheimer M., Anttila-Hughes J., 2016. The Science of Climate Change, *Future of Children*, 26(1): 11-30.
- Parrot L., Biard Y., Kabré E., Klaver D., Vannière H., 2018. Analyse de la chaîne de valeur Manguier au Burkina Faso - Rapport final, Rapport d'expertise, Montpellier, France, Cirad, 230 p.
- Ritchie H., Rosado P., Roser M., 2024. Meat and Dairy Production, Our World in Data. <https://ourworldindata.org/meat-production>
- Rosales M., Cervilla L., Sánchez-Rodríguez E., Rubio-wilhelmi M. del M., Blasco Leon M.B., Rios J., *et al.*, 2011. The effect of environmental conditions on nutritional quality of cherry tomato fruits: Evaluation of two experimental Mediterranean greenhouses, *Journal of the science of food and agriculture*, 91(1): 152-162.
- Rosenzweig C., Mbow C., Barioni L.G., Benton T.G., Herrero M., Krishnapillai M., *et al.*, 2020. Climate change responses benefit from a global food system approach, *Nature Food*, 1(2): 94-97.
- Scarborough P., Clark M., Cobiac L., Papier K., Knuppel A., Lynch J., *et al.*, 2023. Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts, *Nature Food*, 4, 565-574. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00795-w>
- Smith R.-A.J., Rhiney K., 2016. Climate (in)justice, vulnerability and livelihoods in the Caribbean: The case of the indigenous Caribs in northeastern St. Vincent, *Geoforum*, 73, 22-31.
- Tubiello F.N., Karl K., Flammini A., Gütschow J., Obli-Laryea G., Conchedda G., *et al.*, 2022. Pre- and post-production processes increasingly dominate greenhouse gas emissions from agri-food systems, *Earth System Science Data*, 14(4): 1795-1809.
- Watson S., Chen G., Sylla A., Routledge M.N., Gong Y.Y., 2016. Dietary exposure to aflatoxin and micronutrient status among young children from Guinea, *Molecular Nutrition & Food Research*, 60(3): 511-518.
- WHO, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2017. Evaluation of certain contaminants in food: eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Geneva, World Health Organization, 182 p. <https://iris.who.int/handle/10665/254893>

Partie 2. Les systèmes agricoles et alimentaires, et le secteur des terres

WHO, 2023. Red and processed meat in the context of health and the environment: many shades of red and green: information brief, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074828>

Wiebe K., Lotze-Campen H., Sands R., Tabeau A., Van Der Mensbrugghe D., Biewald A., *et al.*, 2015. Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios, *Environmental Research Letters*, 10(8): 085010.

Wild C.P., Miller J.D., Groopman J.D., 2015. Mycotoxin control in low- and middle-income countries, IARC Working Group Report Volume 9, 66 p.