

Amélioration de la performance environnementale en tomate et concombre sous abri

Projet GreenGO PERTOMCO



Improving the environmental performance of protected tomato and cucumber cultivation
The GreenGO PERTOMCO project



© Philippe Montigny

Le projet GreenGO PERTOMCO utilise la méthode multicritère de l'analyse de cycle de vie pour identifier des solutions visant à réduire l'empreinte environnementale de la tomate et du concombre, de leur production sous abri jusqu'à leur distribution.

Auteur(s)

Ariane Grisey,
Yannick Gaillard,
Malou Mireur
CTIFL
Yann Le Cunff,
Lauriane Le Leslé
AOP Tomate concombre
de France
Valéry Goy
Coopérative Sud Roussillon
Charlène Richard Breyne,
Julien Serandour
Cerafel

Mots-clés

#analyse du cycle de vie
(ACV)
#environnement

Les données clés à retenir

D'après le projet GreenGO PERTOMCO, l'impact des gaz à effet de serre des tomates produites sous abri chauffé ou non se situe entre 0,30 et 1,82 kg éq. CO₂ par kilogramme produit et celui du concombre sous abri chauffé à 1,54 kg éq. CO₂. L'essentiel des émissions provient de la culture sous abri et de la gestion de la température. Des scénarios d'amélioration sont identifiés et chiffrés pour réduire les émissions et l'investissement. Une serre très technologique aura un impact identique à la production de tomate sous abri froid en sol uniquement à travers d'importants investissements tels que le changement de la source d'énergie. Améliorer l'isolation réduit rapidement les émissions de 20 %, soit une réduction totale sur le parc de 0,17 Mt éq. CO₂. Transport, stockage et emballage ont un impact limité : 8,5 % sous abri chauffé, contre 31 % sous abri froid.

Key points

According to the GreenGO PERTOMCO project, the greenhouse gas emissions from tomato cultivation in heated or unheated greenhouses ranges from 0.30 to 1.82 kg CO₂e per kilogram produced, and that of cucumbers in heated greenhouses is 1.54 kg CO₂e. Most of the emissions come from the greenhouse crops and temperature management. Improvement scenarios have been identified and costed to reduce emissions and investment. A high-tech greenhouse will have the same impact as soil-grown tomato cultivation in unheated greenhouses, but only if major investments such as changing the energy source are carried out. Improving insulation rapidly reduces emissions by 20%, giving a total reduction of 0.17 Mt CO₂e for the French greenhouse tomato and cucumber industry. Transport, storage and packaging have a limited impact: 8.5% in heated greenhouses, compared with 31% in unheated greenhouses.

Impact environnemental de la phase production

Périmètre de l'étude et résultats

Le système étudié produit des tomates et des concombres pour le marché du frais. L'unité fonctionnelle retenue pour le calcul de l'empreinte environnementale est le kilogramme de tomate et de concombre. Cette unité est utilisée pour l'analyse de cycle de vie (ACV). Les limites sont définies à la sortie de l'exploitation. Elles comprennent les processus suivants : extraction et préparation des matières premières, énergie utilisée pour l'infrastructure et la production, fabrication de structures et d'équipements, transport des intrants du système, élimination des déchets de production et des structures (Figure 1).

L'ensemble des données relatives à la production de tomate et de concombre concerne les itinéraires techniques (intrants, carburant, etc.). Ces données sont collectées auprès des différentes organisations professionnelles et d'experts : type d'abri, combustible utilisé et quantité, consommation d'électricité, opérations mécaniques sur la parcelle (pour l'itinéraire en sol), rendement, nombre de plants, substrats, ficelles, clips, supports de bouquets, quantité de CO₂ liquide utilisée, engrais et produits phytosanitaires. Elles sont ensuite discutées pour s'assurer de leur valeur. Le tableau de la figure 2 présente les rendements utilisés pour chaque segment. Pour certains bassins de production, la valeur correspond à la moyenne pondérée des données obtenues en fonction de la surface. Les calculs d'ACV sont réalisés avec l'outil MEANS-InOut de l'INRAE. Cet outil permet de collecter les données agricoles nécessaires au calcul des différents impacts environnementaux (par exemple les émissions de gaz azotés, les émissions de nitrate dans les eaux, les émissions de pesticides, etc.). Les calculs sont ensuite poursuivis avec le logiciel SimaPro® et la méthode de référence Environnemental Footprint EF qui préconise un jeu de 16 indicateurs avec la possibilité de les agréger dans un score unique.

La figure 3 présente les émissions de gaz à effet de serre des différents segments de tomate et de concombre : ces émissions vont de 294 à 1 823 g éq. CO₂ par kilogramme produit. Pour les tomates et les concombres produits en hors-sol sous abri chauffé, le poste chauffage pèse entre 72 et 75 % des émissions de gaz à effet de serre, le CO₂ liquide autour de 8 % et la construction de l'abri autour de 6 %. Les différences entre les segments de tomate s'expliquent par des écarts de rendement, celui de la tomate grappe est le plus élevé. Pour la tomate en sol non chauffé, les engrais représentent le principal poste

Figure 1 | Limites du système étudié (kg de tomate ou kg de concombre)

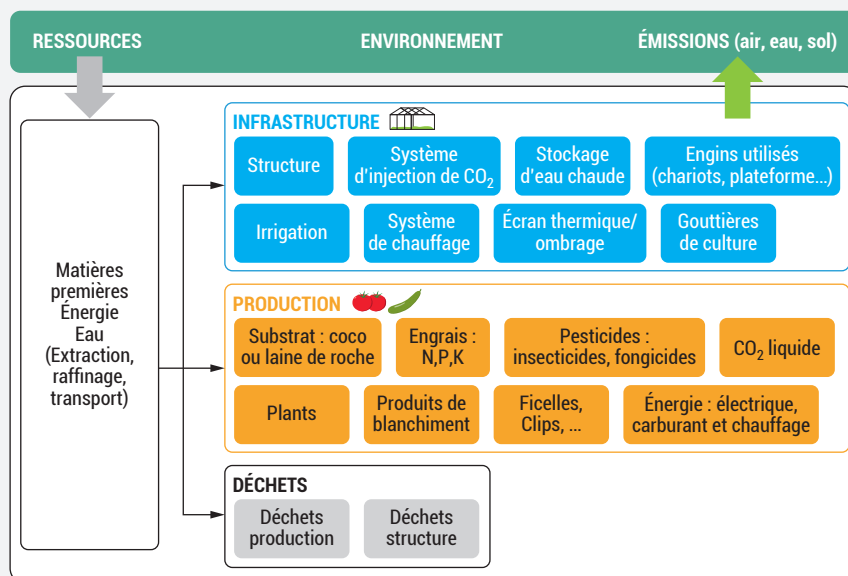


Figure 2 | Rendement utilisé dans les calculs

Culture	Type de production	Rendement
Tomate grappe	Hors-sol	60 kg/m ²
	En sol	25 kg/m ²
Tomate cerise	Hors-sol	38 kg/m ²
Tomate ancienne	Hors-sol	48 kg/m ²
Concombre	Hors-sol	60 kg/m ²

Projet GreenGO PERTOMCO et chiffres clés de la filière

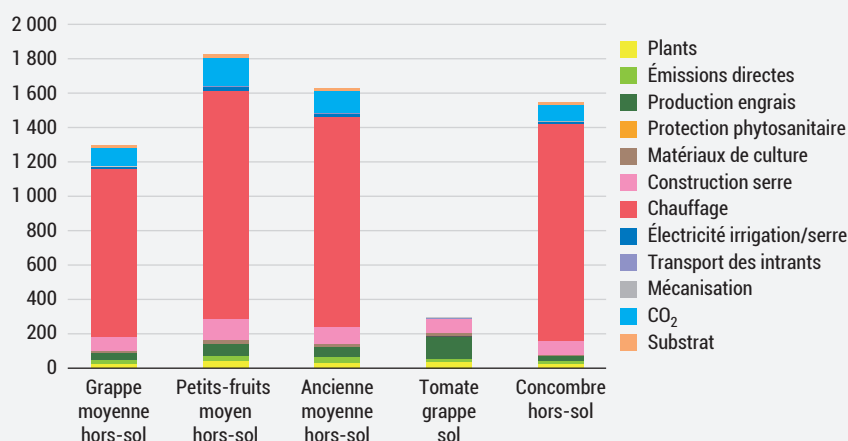
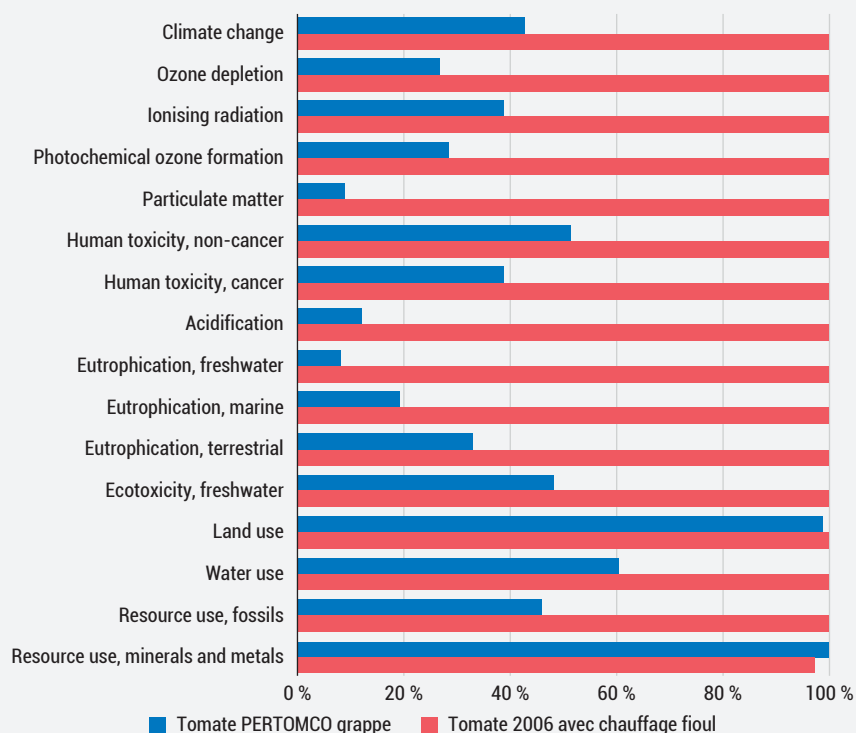
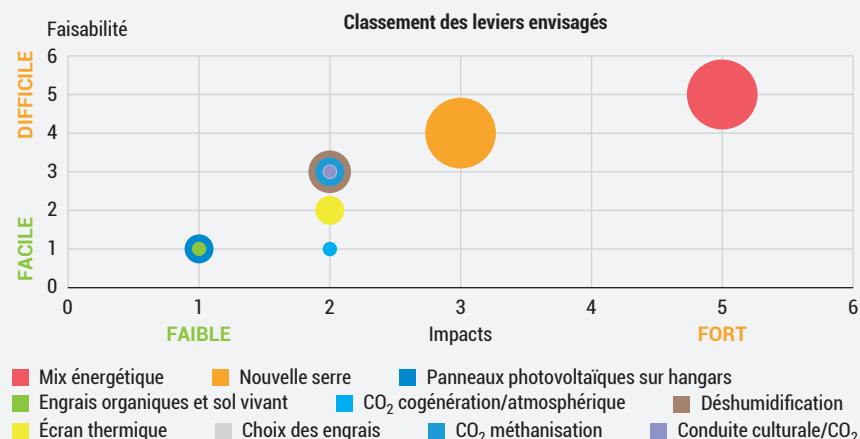
Le projet GreenGO PERTOMCO est porté par l'Association des Organisations de Producteurs Nationale Tomate et Concombre de France et le CERAFEL. Mené sur deux ans de 2022 à 2024, il a obtenu un cofinancement de l'ADEME dans le cadre des appels à projets du programme GreenGO. Il a mobilisé différentes organisations professionnelles telles que Savéol, Prince de Bretagne, Rougeline, Solarenn, Sopa, la Fédération des maraîchers nantais, le CTIFL et INRAE Transfert, accompagnés par EcoLysis.

La production française de tomate pour le marché du frais oscille entre 470 000 et 540 000 tonnes par an (Agreste). La consommation nationale atteint 950 000 tonnes : le taux d'autoapprovisionnement est de 58 %, obligeant la France à importer des tomates pour combler le déficit, majoritairement sur la partie hivernale. La production française de concombre approche 170 000 tonnes et est plutôt stable depuis quelques années.

La tomate et le concombre pour le marché du frais sont produits quasiment exclusivement sous abri. On comptabilise 1 129,4 ha de serres chauffées : 89 % des surfaces sont en culture de tomate et 11 % en culture de concombre [1].

Actuellement, le chauffage des serres est assuré par le gaz naturel sur 80 % des surfaces de serres françaises, dont 70 % utilisent des systèmes de cogénération. Durant ces dernières années, les surfaces de serres utilisant des énergies alternatives ont augmenté (biomasse, utilisation d'énergie issue de processus industriels). En 2021, 12,2 % des surfaces sont chauffées avec du bois (surfaces assez stables depuis 2011) et 6,8 % avec des eaux chaudes provenant de processus industriels, soit une progression de 20 % par rapport à 2016.

Ce projet a évalué les pratiques actuelles mais aussi sensibilisé les acteurs de la filière. Il a identifié et évalué des pistes d'amélioration en utilisant la méthodologie de l'analyse de cycle de vie (ACV).

Figure 3 | Émissions de gaz à effet de serre en g éq.CO₂/kg des différents segments de tomate et du concombre**Figure 4 | Comparaison multicritère entre le scénario tomate grappe 2006 et le scénario tomate grappe projet PERTOMCO****Figure 5 | Classement des leviers envisagés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre**

d'émissions de gaz à effet de serre (45 %), suivis de la construction de la serre (27 %) incluant le renouvellement des plastiques de couverture, puis des plants (14 %).

Une étude sur l'énergie dans les abris, réalisée en 2006 par le CTIFL, l'Astredhor et l'INH (Institut Agro Rennes-Angers), a montré que la surface des abris chauffés était de 1 265 ha [2]. Cette année-là, les abris chauffés consommaient 13,8 % de fioul lourd, 1,2 % de fioul domestique et 2,6 % de charbon. Les scénarios 2006 et 2024 sont comparés. Sur l'indicateur du changement climatique, les résultats montrent que le scénario « tomate 2006 » avec utilisation de fioul génère 3 kg éq. CO₂ par kilogramme de tomate alors que la tomate grappe 2024 génère 1,294 kg éq. CO₂, soit une réduction de 57 %. La majorité des indicateurs 2024 est inférieure aux indicateurs 2006, à l'exception de l'indicateur ressources minérales et métalliques. Cette augmentation est en partie due à l'injection de CO₂ liquide, dont les quantités utilisées en 2024 sont supérieures à celles de 2006.

Leviers de réduction étudiés

Des ateliers d'écoconception réunissent les professionnels pour identifier des réductions et des hypothèses de diminution d'énergie ou d'intrants. Les leviers ciblent essentiellement l'énergie, le principal facteur des émissions de gaz à effet de serre. La figure 5 synthétise la faisabilité et les impacts des solutions identifiées. Les réductions les plus significatives telles que l'utilisation des énergies alternatives sont difficiles à implémenter. Inversement, les actions à faible impact sont liées à des mises en place faciles. La taille des sphères de la figure 5 est proportionnelle au coût d'investissement : plus la sphère est petite, plus l'investissement est faible.

Toutes les solutions présentées dans la figure 5 n'ont pas été calculées et, notamment, les pistes relatives aux engrais car les données sont absentes de la base ecoinvent®. Les hypothèses de calculs réalisés sur des solutions d'isolation ou de changement d'énergie sont présentées dans le tableau de la figure 6. Les processus de fabrication de CO₂ sont revus avec l'appui technique d'INRAE Transfert. Concernant les processus de la serre ETFE (éthylène-tétrafluoroéthylène) et de certaines énergies alternatives, les processus sont choisis avec l'appui d'Ecolysis. La figure 7 présente les résultats des différents leviers. La mise en place d'un écran thermique plus performant ou d'un double écran réduit les gaz à effet de serre de 11 %. Lorsque les énergies alternatives sont utilisées, les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de plus de moitié. La piste la plus intéressante est l'injection de CO₂ issu de la méthanisation (biogaz) dans une serre

isolée avec utilisation d'énergie de récupération de processus industriels appelée énergie fatale : elle présente une réduction de 79 % pour l'indicateur changement climatique. Cette valeur est proche de la tomate produite en sol. L'utilisation de panneaux photovoltaïques réduit peu l'impact environnemental de l'indicateur changement climatique puisque le facteur d'émission de l'électricité réseau est déjà faible. À partir des gaz à effet de serre de chaque segment de tomate, de leur rendement et du pourcentage d'installation sur les 1 129 ha d'abris chauffés [1], l'impact global calculé

de la filière serre s'élève à 0,85 Mt éq. CO₂. La mise en œuvre de leviers de réduction des émissions de gaz à effet de serre au niveau national est évaluée en fonction des hypothèses d'adoption de ces leviers en 2035. Les coûts d'investissement sont donnés à titre indicatif. Ils sont basés sur des devis et/ou des études récentes. Les résultats sont présentés dans le tableau de la figure 8. La solution « biogaz » consiste à remplacer le gaz naturel par du biogaz sur 50 % du parc de serres. Cette solution réduit fortement les émissions de gaz à effet de serre pour un investissement

modéré. Cela est corrélé avec l'indicateur à 0,14 €/kg éq. CO₂ du tableau de la figure 8 qui est le plus faible des indicateurs.

La solution combinant l'utilisation d'énergie issue de processus industriels, de CO₂ provenant de la méthanisation (biogaz) et l'isolation de 30 % du parc de serres est la plus coûteuse avec un investissement de 440 M€. Elle affiche l'indicateur le plus élevé, à 2,18 €/kg éq. CO₂ mais permet une réduction significative des gaz à effet de serre de 79 %. Cependant, certaines solutions ont des limites économiques et des contraintes de disponibilité. L'écran thermique apparaît

Figure 6 | Présentation des hypothèses de calcul des leviers au niveau de la production pour réduire les émissions de gaz à effet de serre

Pistes étudiées	Hypothèses	
Photovoltaïque	Remplacement de l'électricité réseau par de l'électricité produite par des panneaux photovoltaïques	
Réduction de l'impact du CO ₂ liquide	CO ₂ New	Remplacement du CO ₂ liquide ecoinvent® par du CO ₂ liquide – valeur France
	CO ₂ Biogaz	Remplacement du CO ₂ liquide par du CO ₂ produit par méthanisation
Isolation	Écran thermique plus performant	Réduction de la consommation d'énergie de 15 % et augmentation de la consommation d'électricité de 3 kWh/m ² (déshumidification)
Nouvelle serre	Serres plus isolantes	Réduction de la consommation d'énergie de 25 %, augmentation de la consommation d'électricité de 3 kWh/m ² (déshumidification) et augmentation du rendement de 10 %
	Serres ETFE double paroi	Réduction de la consommation d'énergie de 20 % et augmentation de rendement de 5 %
Énergie alternative	Fatale	Énergie récupérée sur processus industriel à 95 % et 5 % de gaz naturel en secours
	PAC	Coefficient de performance de 3 et consommation électrique de 100 kWh/m ²
	Biogaz	Remplacement du gaz naturel par du biogaz
	Solaire thermique	Panneaux solaires thermiques avec un complément de gaz naturel de 30 %
	Biomasse	Substitution du gaz naturel par de la biomasse
	Fatale et CO ₂ biogaz	Énergie récupérée sur process industriel à 95 % et 5 % de gaz naturel en secours, avec du CO ₂ issu de la méthanisation
	Fatale et CO ₂ biogaz, serre isolée	Énergie récupérée sur process industriel à 95 %, 5 % de gaz naturel en secours et CO ₂ issu de la méthanisation, réduction de la consommation d'énergie de 25 %, augmentation de la consommation d'électricité de 3 kWh/m ² (déshumidification) et augmentation du rendement de 10 %

Figure 7 | Réduction des gaz à effet de serre par kilogramme de tomate grappe produite, selon les leviers utilisés

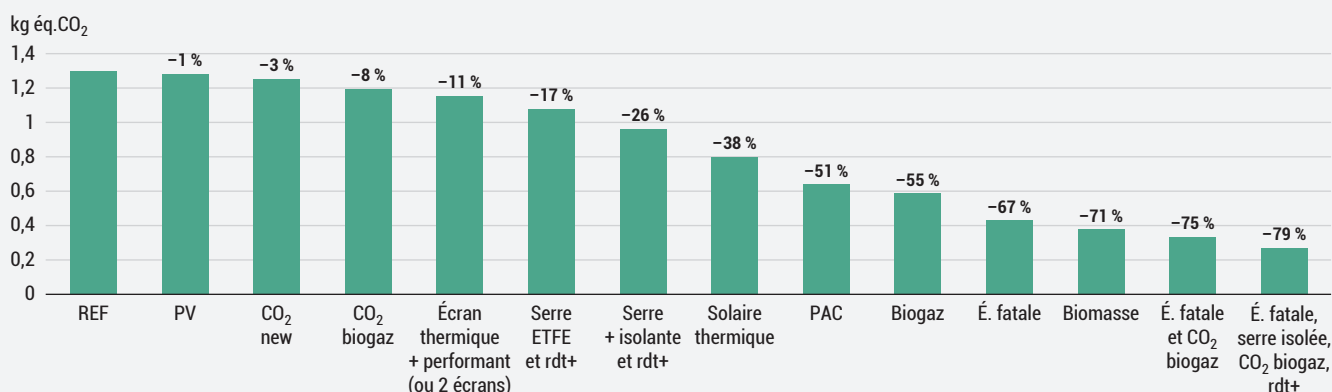


Figure 8 | Chiffrage des leviers sur les gaz à effet de serre économisés et les investissements à réaliser
Prospective 2035

Solutions	Réduction des gaz à effet de serre	Parc équipé en 2035	Réduction des gaz à effet de serre	Investissement	Investissement sur parc	Indicateur
CO ₂ biogaz	8 %	100 %	0,068 Mt éq. CO ₂	2,5 €/m ²	28 M€	0,41 €/kg éq. CO ₂
Écran thermique	11 %	100 %	0,100 Mt éq. CO ₂	10,0 €/m ²	112,9 M€	1,21 €/kg éq. CO ₂
Serres plus isolées	26 %	100 %	0,221 Mt éq. CO ₂	25,0 €/m ²	282 M€	1,28 €/kg éq. CO ₂
Biogaz	54 %	50 %	0,230 Mt éq. CO ₂	5,5 €/m ²	31 M€	0,14 €/kg éq. CO ₂
Énergie fatale serre isolée CO ₂ biogaz	79 %	30 %	0,128 Mt éq. CO ₂	130,0 €/m ²	440 M€	2,18 €/kg éq. CO ₂

comme la solution la plus équilibrée pour réduire les gaz à effet de serre en ayant un impact modéré sur le parc de serres.

Impact environnemental de la phase post-récolte

Les phases du post-récolte

L'impact des phases du post-récolte est évalué à partir du logiciel SimaPro® et de la base ecoinvent®. Cette évaluation tient compte des hypothèses de kilomètres parcourus et des types de camion présentés dans la figure 9.

Des colis représentatifs sont évalués : la tomate grappe produite en hors-sol et en sol, emballée en colis carton de 10 kg net avec ou sans papier ; la tomate ancienne en colis carton de 3,5 kg net ; la tomate petits fruits en colis carton et cellulose de 1 kg net, en barquettes carton et flowpack cellulose de 200-250-350-500 g net, en barquettes carton de 250-500 g et en colis carton de 4 kg net ; le concombre en caisses polypropylène (PP) réemployables de 24 pièces, cartons cloche de 12 pièces et cartons ouverts de 24 pièces avec un poids moyen de concombre de 450 g/pièce. Les temps de conservation en tomate sont très courts (moins d'une semaine) et à des températures modérées (environ 12 °C). Le parcours des tomates et des concombres est sensiblement identique. La figure 10 présente les résultats sur l'ensemble de la chaîne de valeur pour les différents segments étudiés.

Pour les tomates sous abri chauffé, la production sous abri représente 91 % des gaz à effet de serre, suivie par le transport (en moyenne 4,7 %), l'emballage primaire (environ 4 %) et l'énergie de la coopérative (0,2 %). Pour la concombre, les valeurs sont proches. Pour la tomate en sol, la production représente 67 % des gaz à effet de serre, suivie par le transport (19 %), l'emballage primaire (11 %) et l'électricité de la coopérative (0,75 %). La valeur globale de l'impact des gaz à effet de serre est indiquée en haut de chaque histogramme. La partie emballage, logistique/transport et énergie pèse 8,5 % en moyenne pour les productions sous abri chauffé et 31 % pour la tomate non chauffée. Ainsi, sur une tomate non chauffée, la partie emballage, logistique/transport et énergie est plus importante.

Leviers de réduction étudiés en post-récolte

Comme pour la production, un atelier d'éco-conception est organisé avec les différents acteurs du post-récolte pour explorer les pistes de réduction d'émission des gaz à effet de serre. Pour chaque segment de tomate et

de concombre, plusieurs leviers sont évalués afin d'estimer les réductions possibles sur l'ensemble de la chaîne de valeur : transport des produits avec des moteurs hybrides pour une réduction de 25 % ou passage à 100 % de caisses en plastique réemployables pour les concombres. Cela permet une réduction globale des gaz à effet de serre de 4,7 % en tomate en sol et autour de 1 % pour la tomate chauffée. Pour le concombre, la réduction est autour de 3,7 % (Figures 11 et 12). Les caisses en plastique présentent toutefois des contraintes d'approvisionnement, une gamme restreinte de fournisseurs et des contraintes sanitaires (propreté).

Outil de calcul

Ce projet propose un outil Excel destiné aux opérateurs et aux producteurs de la filière (Figure 13). Cet outil permet de calculer rapidement l'impact environnemental sur quelques indicateurs d'une exploitation de tomate ou de concombre sous abri. Le résultat peut être comparé avec les références du projet PERTOMCO selon les choix de scénario énergétique. Les calculs sont effectués en prenant les quantités de chaque poste, multipliées par les différents facteurs d'émissions issus de SimaPro® et de la base ecoinvent® 3.8.

Figure 9 | Itinéraire post-récolte étudié en tomate et concombre

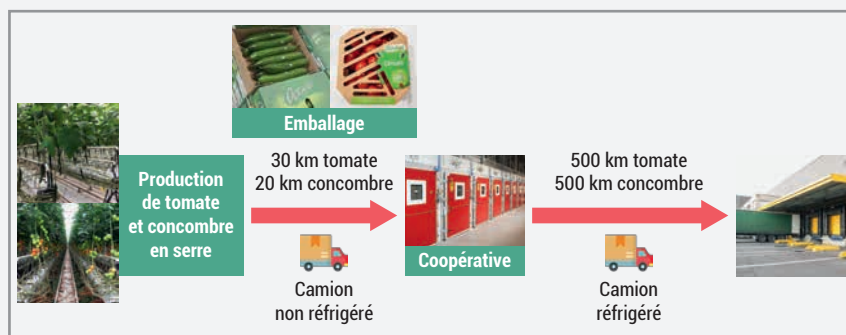


Figure 10 | Impacts des gaz à effet de serre sur l'ensemble de la chaîne de valeur pour la tomate et le concombre

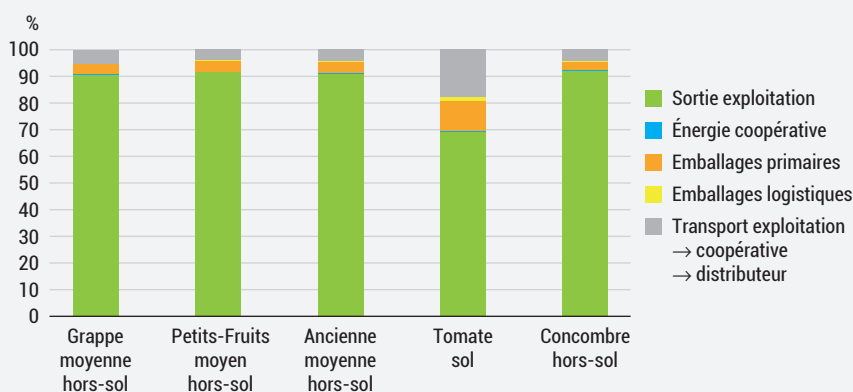


Figure 11 | Impacts des leviers calculés sur le transport de la tomate, par kilogramme de tomate produite

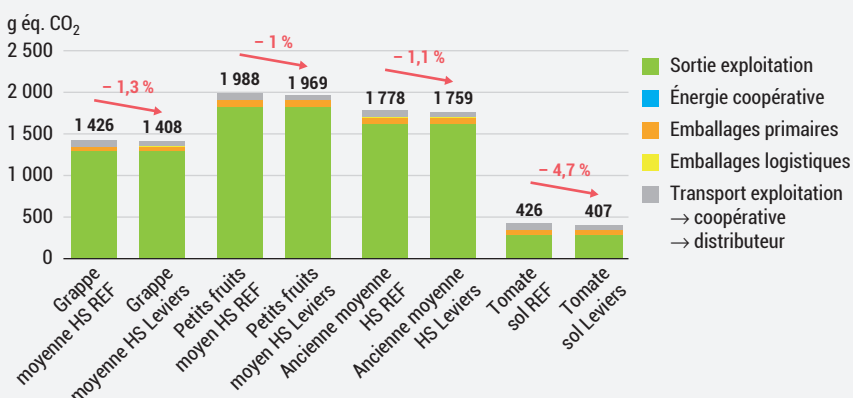
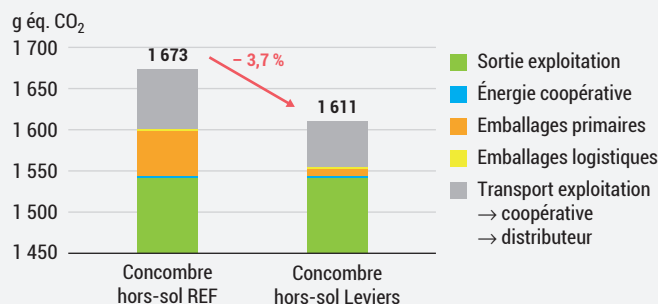


Figure 12 | Impacts des leviers calculés sur le transport et l'emballage du concombre, par kilogramme de concombre produit**Figure 13 | Exemples d'onglet de saisie dans la feuille de calcul de l'impact environnemental de la tomate et du concombre**

A SAISIR	
Menu déroulant chiffre à saisir.	
Culture	Tomate grappe
Rendement	kg/m ²
A Saisir	Aide à la saisie
	70
Type de serre	serre DPG
	Renseigner le type de serre en C13
Consommation énergétique	
Source1	chaudière gaz kWh/m ²
Source2	Energie fatale kWh/m ²
Source3	chaudière gaz kWh/m ²
Source4	gaz naturel co kWh/m ²
Source5	biogaz réseau kWh/m ²
	Electricité kWh/m ²
	10
Complément de réduction	
Aucune option	Réduction de 10% de la consommation d'énergie pour l'écran (ou écran plus performant) et de 20% pour le verre bas émissif.

Les serres : entre protection climatique et innovation durable

Depuis des générations, les abris agricoles se sont imposés comme des alliés indispensables pour protéger les cultures des aléas climatiques tels que le gel, les températures extrêmes, le vent et les fortes pluies. Aujourd'hui, les serres représentent bien plus qu'une simple barrière climatique : elles sont une solution alliant innovation et efficacité environnementale. Grâce à une gestion optimale des ressources en eau et à la réduction des interventions phytosanitaires par la protection biologique intégrée, les serres permettent de cultiver de manière durable sur des surfaces réduites tout en maximisant les rendements. Ce mode de production sécurise l'approvisionnement alimentaire des ménages et garantit une qualité qui minimise les pertes.

L'équilibre climatique au sein d'une serre repose sur une synergie maîtrisée entre le rayonnement solaire, les systèmes de chauffage intelligents et la ventilation. Durant la journée, la serre capte l'énergie solaire pour créer un environnement propice au développement des plantes, tout en minimisant les déperditions énergétiques. Toutefois, dans les nuits d'hiver rigoureuses ou les printemps encore frais, un chauffage ciblé est essentiel, non seulement pour maintenir une température favorable à la croissance des cultures, mais aussi pour garantir la qualité des fruits et l'efficacité de la protection biologique intégrée, en facilitant une gestion fine de l'humidité.

Les résultats portent sur la comparaison du scénario choisi avec la référence du projet PERTOMCO par rapport aux indicateurs du changement climatique, des radiations ionisantes, de l'eutrophisation d'eau douce, de l'écotoxicité de l'eau douce et de l'épuisement des ressources naturelles. L'objectif de cet outil est donc de pouvoir simuler rapidement l'impact de solutions énergétiques alternatives.

Pour conclure

Le projet GreenGO PERTOMCO a identifié les axes et les postes prioritaires à travailler par la filière de production de tomate et de concombre sous abri. Il a également permis, par l'analyse multicritère, de mieux connaître l'ensemble des impacts environnementaux. Le projet a montré que la filière avait déjà réduit son impact de 57 % par rapport à 2006, mais que des pistes d'amélioration existent. Les professionnels de la filière serre ont pris les devants pour agir en faveur de la décarbonation, en mobilisant différents partenaires stratégiques pour repenser leur modèle énergétique. Pour atteindre les objectifs de décarbonation, il est nécessaire de poursuivre les expérimentations (pilotage des températures, isolation des serres, stockage de l'énergie) et de favoriser des leviers financiers par le dispositif des certificats d'économies d'énergie ou de l'ADEME. Au regard de ces résultats, la serre reste un atout majeur de production par rapport au changement climatique et à la souveraineté alimentaire, permettant d'optimiser la production tout en préservant les ressources.

Les partenaires du projet remercient tous les acteurs qui ont contribué à la réalisation de ce projet.

Co-auteurs : Doris Brockmann (INRAE Transfert) ; Peter Koch (EcoLysis) ; Loïc Conan, Baudoin Vidalin, Gurvan Fourn, Baptiste Deconinck, David Gouzy (Cerafel) ; Mohammed Souihel, Audrey Tinarelli, Claire Amiraux (Rougeline) ; François Boussetin, Jean-Marie Bizien, Sylvain Le Coz, Erwan Le Pemp (Savéol) ; Gaëtan Beraud (Solarenn) ; Flavie Morin, Valentin Bonfils, Stéphane Olivier, Jean-Luc Olivier, Koumba Chassain (Fédération des Maraîchers Nantais) ; Simon Boisdard (Sopa) ; Catherine Glémet, Céline El Boukili (CTIFL) ■

Bibliographie

• Consultable sur la version en ligne de l'article.