

Definitions and standards

Glossary

You can find here the glossary of items you see in the graphs. Be careful to look carefully at the definition of the aggregate item in the correct category of use (for harvested crops, for diet composition...). It is sometimes written “FAO's definition », in this case the definitions are taken from this website : [FAOSTAT](http://faostat.fao.org/)

AGGREGATED PRODUCTS USED IN GLOBAGRI	
Item	Definition
Aquatic animal	Freshwater, demersal, pelagic and other marine fish; crustaceans, cephalopods and other molluscs; meat aquatic mammals and other aquatic animals
Bovine	Bovine meat
Small ruminant	Sheep and goats meat
Pork	Pork meat
Poultry	Poultry meat
Eggs	Eggs
Dairy	Dairy products
Grass	From permanent meadows and pastures
Grass-like forage	From temporary meadows and pastures (mixed grass and ray-grass)
Other forages	Cultivated forages (alfalfa, beets, legumes, maize, etc.).
Fibers	Jute, jute-like fibres, soft-fibres other, sisal, abaca, hard fibres other, tobacco, rubber and seed cotton
Roots and Tuber	Potatoes, cassava, sweet potatoes, yams and other roots
Fruits & vegetables	Tomatoes, onions, vegetables other, oranges, mandarines, lemons, limes, grapefruit, citrus other, bananas, plantains, apples, pineapples, dates, grapes and other fruits
Maize	Maize
Wheat	Wheat
Rice	Rice, paddy equivalent
Other cereals	Barley, rye, oats, millet, sorghum and other cereals
Pulses	Beans, peas and other pulses
Soyabeans	Soyabeans
Soyabean Cake	Soyabean cake
Soyabean Oil	Soyabean oil
Sunflowerseed	Sunflowerseed
Sunflowerseed Cake	Sunflowerseed cake
Sunflowerseed Oil	Sunflowerseed oil
Rape and Mustardseed	Rape and mustardseed
Rape and Mustard Cake	Rape and mustard cake
Rape and Mustard Oil	Rape and mustard oil
Other Oilcrops	Groundnuts (shelled eq), coconuts – incl copra, sesameseed, olives and other oilcrops
Cake Other Oilcrops	Other oilcrops cake
Oil Other Oilcrops	Other oilcrops oil
Oilpalm fruit	Oilpalm fruit
Palmkernel Cake	Palm kernel cake
Palm Products Oil	Palm oil and palmkernel oil
Sugar	Sugar cane, sugar beet (sugar in equivalent sugar cane and beet)
Other plant products	Nuts, coffee, cocoa beans, tea, pepper, pimento, cloves, spices, other
Crop residues	Stover
Other products	Meat other, offals edible, fats animals raw, honey, meat meal, aquatic plants
Occasional	Food leftovers, cut-and-carry, forages and legumes, roadside grasses

DIET COMPOSITION AGGREGATES (tab “ASSUMPTIONS”)

Item	Definition
Food supply (kcal/capita/day) (FAO's definition)	Refers to the total amount of food available for human consumption expressed in kilocalories (kcal) per capita per day. Caloric content is derived by applying the appropriate food composition factors to the quantities of the commodities.
Cereals	Wheat, maize, rice, mil, sorghum and all the other cereals
Dairy	Milk and milky products
Oil	Soybean oil, rapeseed oil, sunflower oil, palm and palm kernel oil and other oilseed (copra, peanut, sesame, flax, etc.)
Pulses	Peas, beans, lentils and other
Vegetables and fruits	Tomatoes, onions, oranges, mandarins, lemons, grapefruit, bananas, plantains, apples, pineapples, dates, grapes and other fruits and vegetables
Roots and Tuber	Potatoes, cassava, sweet potatoes, yams and other roots
Meat, eggs and fish	Monogastric and ruminant meat, eggs and fish
Sugar	Sugar and sugar plants (sugarcane, sugar beets, sugar in cane or beet equivalent)
Other	All the other products include stimulants (tobacco, rubber...)

HARVESTED CROPS AGGREGATES (tab “CROPS”)

Item	Definition
Millet and Sorghum	Millet and Sorghum
Oilcrops	Rapeseed, sunflower, peanut, sesame and other annual oilcrops (unless soybeans)
Other	Fruits and vegetables and fibers
Other Cereals	Barley, rye, oats and other
Pulse and Soybeans	Beans, chickpea, lentils, soybeans and other pulses
Rice	Rice
Roots and Tuber	Potatoes, cassava, sweet potatoes, yams and other roots
Perennial plants and stimulants	Tea, cocoa, coffee, oilpalm, sugar cane, tobacco, rubber and other
Wheat	Wheat
Maize	Maize

AREA ITEMS (tab “CROPS” and “FOREST”)

Item	Definition
Cropland (FAO's definition)	Land used for cultivation of crops. The total of areas under "Arable land" and "Permanent crops". Arable land : Land used for cultivation of crops in rotation with fallow, meadows and pastures within cycles of up to five years. The total of areas under "Temporary crops," "Temporary meadows and pastures," and "Temporary fallow." Arable land does not include land that is potentially cultivable but is not cultivated. Permanent crops : Land cultivated with long-term crops which do not have to be replanted for several years (such as cocoa and coffee), land under trees and shrubs producing flowers (such as roses and jasmine), and nurseries (except those for forest trees, which should be classified under "Forestry"). Permanent meadows and pastures are excluded from Permanent crops.
Land under perm. meadows and pastures (FAO's definition)	Land used permanently (five years or more) to grow herbaceous forage crops through cultivation or naturally (wild prairie or grazing land). Permanent meadows and pastures on which trees and shrubs are grown should be recorded under this heading only if the growing of forage crops is the most important use of the area. Measures may be taken to keep or increase productivity of the land (i.e., use of fertilizers, mowing or systematic grazing by domestic animals.) This class includes: <ul style="list-style-type: none"> • Grazing in wooded areas (agroforestry areas, for example); • Grazing in shrubby zones (heath, maquis, garigue);

	<ul style="list-style-type: none"> • Grassland in the plain or low mountain areas used for grazing: land crossed during transhumance where the animals spend a part of the year (approximately 100 days) without returning to the holding in the evening: mountain and subalpine meadows and similar; • Steppes and dry meadows used for pasture.
Forest land (FAO's definition)	Land spanning more than 0.5 hectares with trees higher than 5 meters and a canopy cover of more than 10 per cent, or trees able to reach these thresholds in situ. Excludes land that is predominantly under agricultural or urban land use (more on FAOstat website).
Agricultural land	“Cropland” and “Land under perm. meadows and pastures”

FOOD BALANCE ITEMS (tab “BIG PICTURE”, “CROPS” AND “LIVESTOCK”)	
Item	Definition
Production (FAO's definition)	Figures relate to the total domestic production whether inside or outside the agricultural sector, i.e. it includes non-commercial production and production from kitchen gardens. Unless otherwise indicated, production is reported at the farm level for crop and livestock products (i.e. in the case of crops, excluding harvesting losses) and in terms of live weight for fish items (i.e. the actual ex-water weight at the time of the catch). All data shown relate to total meat production from both commercial and farm slaughter. Data are expressed in terms of dressed carcass weight, excluding offal and slaughter fats. Production of beef and buffalo meat includes veal; mutton and goat meat include meat from lambs and kids; pig meat includes bacon and ham in fresh equivalent. Poultry meat includes meat from all domestic birds and refers, wherever possible, to ready-to-cook weight.
Import quantity (FAO's definition)	
Domestic supply (FAO's definition)	Supply for domestic utilization is defined as : Production + Imports - Exports
Export quantity (FAO's definition)	
Food (FAO's definition)	Data refer to the total amount of the commodity available as human food during the reference period. Data include the commodity in question, as well as any commodity derived therefrom as a result of further processing. Food from maize, for example, comprises the amount of maize, maize meal and any other products derived therefrom available for human consumption. Food from milk relates to the amounts of milk as such, as well as the fresh milk equivalent of dairy products.
Feed (FAO's definition)	Data refer to the quantity of the commodity in question available for feeding to the livestock and poultry during the reference period, whether domestically produced or imported.
Seed (FAO's definition)	Data include the amounts of the commodity in question set aside for sowing or planting (or generally for reproduction purposes, e.g. sugar cane planted, potatoes for seed, eggs for hatching and fish for bait, whether domestically produced or imported) during the reference period. Account is taken of double or successive sowing or planting whenever it occurs. The data of seed include also, when it is the case, the quantities necessary for sowing or planting the area relating to crops harvested green for fodder or for food. (e.g. green peas, green beans, maize for forage) Data for seed element are stored in tonnes (t). Whenever official data were not available, seed figures have been estimated either as a percentage of supply (e.g. eggs for hatching) or by multiplying a seed rate with the area under the crop of the subsequent year.
Losses (FAO's definition)	Amount of the commodity in question lost through wastage (waste) during the year at all stages between the level at which production is recorded and the household, i.e. storage and transportation. Losses occurring before and during harvest are excluded. Waste from both edible and inedible parts of the commodity occurring in the household is also excluded. Quantities lost during the transformation of primary commodities into processed products are taken into account in the assessment of respective extraction/conversion rates. Distribution wastes tend to be considerable in countries with hot humid climate, difficult transportation and inadequate storage or processing facilities. This applies to the more perishable foodstuffs, and especially to those which have to be transported or stored for a long time in a tropical climate. Waste is often estimated as a fixed percentage of availability, the latter being defined as production plus imports plus stock withdrawals
Other uses (non-food) (FAO's definition)	Data refer to quantities of commodities used for non-food purposes, e.g. oil for soap. In order not to distort the picture of the national food pattern quantities of the commodity in

	question consumed mainly by tourists are included here (see also "Per capita supply"). In addition, this variable cover pet food.
--	---

LIVESTOCKS ITEMS (tab “LIVESTOCK”)	
Item	Definition
LIVESTOCK ANIMALS (in head)	
Beef cattle	All males and females that are not dairy will not become dairy
Dairy cattle	Productive dairy cows, goats and sheeps and replacement heifers
Dairy cattle equivalent	Productive dairy cows, goats and sheeps and replacement heifers in cattle equivalent
Sheep and goats meat	All males and females that are not dairy will not become dairy
Pigs	Pig and sows
Poultry meat	
Poultry eggs	
LIVESTOCK FOOD PRODUCTS (in tons or Kcal)	
Poultry meat	
Poultry eggs	
Pork meat	
Ruminant meat	
Monogastric meat	
Dairy	
Aquatic animal products	
LIVESTOCK SYSTEM (in ha)	
MixedArid	
MixedNonArid	
PastoralArid	
PastoralNonArid	
Specific	

GHG EMISSIONS ITEMS (tab “EMISSIONS”)	
Item	Definition
Energy for crops	
Enteric	
Fertilizer/Production/Pesticides	
Livestock other	
Land use change emissions	This measures the emissions allocated to land use changes over the study period, that is between 2018 and 2050
Manure management	
On-farm energy use	
Left on pasture	

Projection des rendements

Définition des termes

Rendement potentiel (Y_p) : c'est le rendement qu'une culture atteint lorsqu'elle est non limitée en nutriments, en eau et qu'elle ne subit aucun stress biotique. Il est spécifique à la zone géographique en raison du climat, mais en théorie ne dépend pas des propriétés du sol en supposant que l'eau et les nutriments nécessaires peuvent être ajoutés par la gestion (Van Ittersum et al., 2012).

Rendement potentiel pour cultures pluviales (Y_w) : c'est le même rendement que Y_p mais limité par l'approvisionnement en eau, donc le type de sol (ruissellement, rétention...).

Rendement atteignable (AY) : c'est le meilleur rendement obtenu grâce à une utilisation habile de la meilleure technologie disponible. Ils sont parfois estimés comme 80% des rendements potentiels (Miti et al., 2024).

Rendement réel (Y_a) : c'est le rendement moyen (dans l'espace et le temps) atteint par les agriculteurs de la région selon les pratiques de gestion les plus largement utilisées.

Bin : Classe de climat regroupant les surfaces d'une même culture aux les précipitations annuelles et somme des degrés-jours de croissance proches.

Maille : échelle géographique utilisée par Mueller (5' x 5'), soit environ 10km x 10km. (5' = 5 minutes d'arc)

Qu'est-ce que le « Yield Gap » ?

L'écart de rendement, ou « yield gap » (Y_g), correspond à la différence entre le rendement potentiel (Y_p) et le rendement effectivement observé (Y_a). Pour une culture donnée, dans un espace (e) et à un temps de référence (t), il se définit ainsi :

$$Y_{g,t,e} = Y_{p,t,e} - Y_{a,t,e}$$

Cet écart mesure la marge d'amélioration théorique des rendements d'une culture dans ce cadre spatio-temporel. Dans ce calcul le calcul du rendement potentiel devient alors central car contrairement au rendement observé, il doit être estimé au préalable. Il est aussi parfois remplacé par le rendement potentiel pour culture pluviale (Y_w), qui intègre les limites hydrographiques.

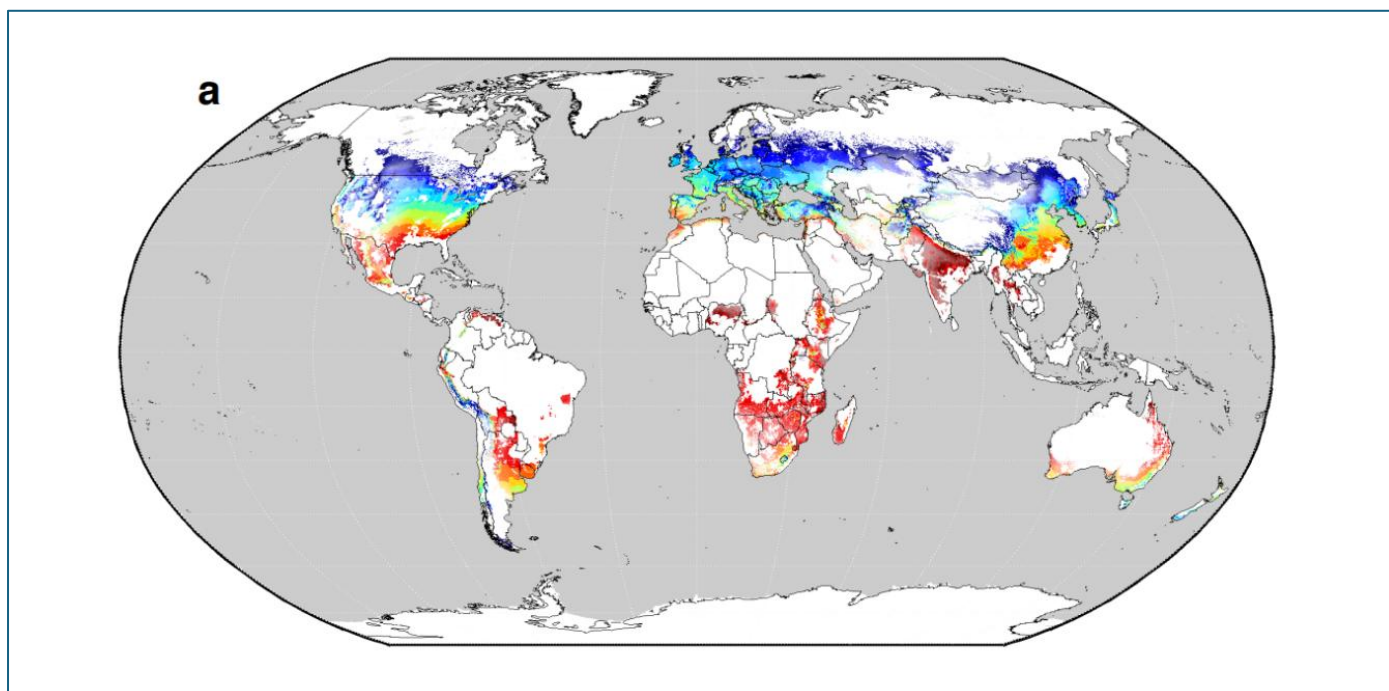
Il existe dans la littérature scientifique deux grandes méthodes pour calculer ce Y_p (ou Y_w) : une méthode **statistique via des repères empiriques** (Mueller et al. (2012), Licker et al. (2010)) et une méthode **de modélisation via les processus biophysiques** (modèles GYGA, GAEZ). Les rendements potentiels estimés à partir de ces méthodes peuvent varier fortement, tant entre les deux méthodes qu'entre études s'appuyant sur une même méthode, pouvant parfois être multipliés par deux d'une étude à l'autre (Couëdel A., 2025).

Méthode de calcul des rendements atteignables (Mueller et al. (2012))

Le travail de Mueller et al. (2012) estime les « rendements atteignables » (Attainable Yield, **AY**) pour 17 grandes cultures à l'échelle mondiale (blé, riz, maïs, soja, orge, sorgho, mil, coton, colza, arachide, tournesol, canne à sucre, pomme de terre, manioc, palmier à huile, seigle, betterave sucrière). Dans ce travail, les estimations sont réalisées à partir de rendements effectivement observés dans des conditions climatiques analogues. C'est pourquoi nous parlons ici

de « rendement atteignable » différent des rendements potentiels agronomiques. La méthode s'inscrit alors dans une approche statistique empirique abordée plus haut.

Premièrement, les surfaces récoltées sont classées en “bins” climatiques (100 classes d'aire égale) définis par la combinaison de précipitations annuelles (P) et de degrés-jours de croissance (GDD), en séparant explicitement les situations pluviales et irriguées.



Carte mondiale des 100 « bins » pour la culture de maïs (Source : Supplementary information ; Mueller et al. (2012))

À l'intérieur de chaque bin et pour un statut hydrique donné (pluvial ou irrigué), l'AY est fixé au 95^e percentile (P95) des rendements observés. Ainsi, le repère « atteignable » reflète un niveau élevé réaliste déjà observé dans des contextes biophysiques comparables, sans que l'irrigation ne « tire vers le haut » la référence pluviale.

Ce travail fournit, pour chaque culture et bin, des valeurs d'AY, ainsi que des repères intermédiaires (ex : 50 %, 70 %, 90 % du niveau de référence) permettant de positionner les rendements observés et de classer les régions selon leur performance agronomique dans un cadre climatique homogène. Dans un second temps, Mueller analyse les facteurs explicatifs des écarts à d'AY (eau, azote, phosphore, potasse) et quantifie les besoins nécessaires pour réduire l'écart de rendement. Cette dernière partie n'est pas développée ici, le périmètre se limitant à la collecte des rendements atteignables utilisés dans GlobAgri.

Finalement, cette étude a permis la construction d'une base de données avec des données de rendements atteignables agrégées par pays pour les 17 cultures.

Intégration dans le modèle GlobAgri

Le modèle GlobAgri s'est donc appuyé sur les résultats de l'étude de Mueller énoncée ci-dessus pour estimer l'évolution des rendements agricole à l'horizon 2050. L'hypothèse faite est alors qu'en 2050, les « Yields gap », basés sur l'écart entre les rendements atteignables de Mueller (« yield gaps closed to 100% AY ») et l'année 2018 qui sert de référence dans GlobAgri (données FAOSTAT), seront refermés de 50%.

Le choix de réduction du « gap » de 50% est arbitraire. Il avance que les évolutions technologiques, l'amélioration des pratiques (irrigation, intrants) et le développement économique des pays africains vont permettre de réduire cet écart. Par ailleurs, Gatti et al. (2023) estiment qu'environ un quart de l'écart de rendement, selon les cultures, s'explique par des comportements d'aversion au risque chez les agriculteurs. Dès lors, il apparaît peu réaliste d'anticiper qu'une culture atteigne pleinement son rendement potentiel : au mieux, une partie de cet écart pourrait être réduite. C'est pourquoi le choix de faire évoluer les rendements cultureux à hauteur de 50% de leurs « Yield gap » semble pertinent. Pour rappel

l'objectif final est de pouvoir, laisser la possibilité aux utilisateurs du modèle de modifier la valeur des rendements prévisionnels à l'horizon 2050 avec leurs propres hypothèses de rendements.

Néanmoins, l'étude de Mueller ne couvre que 17 cultures et donc ne peut pas aider à estimer l'évolution des rendements de toutes les cultures présentes dans les pays étudiés. C'est pourquoi pour les cultures restantes, le choix a été fait de dessiner une évolution tendancielle de leurs rendements, bornés par des limites pour éviter d'obtenir des valeurs aberrantes.

La méthode jusqu'ici établie permet alors de construire une base de données de rendements 2050 pour toutes les cultures. Cependant, les rendements atteignables (AY) mobilisés sont calculés sur des rendements dans des climats analogues, ainsi l'évolution du climat entraînera inévitablement une modification de ceux-ci. Les impacts du changement climatique doivent donc être quantifiés pour chaque couple culture pays et ainsi pouvoir se rapprocher au maximum d'une réalité future.

GlobAgri mobilise à cette fin les coefficients climatiques de productivité construits par Müller & Robertson (2014) à partir de simulations de deux modèles de culture globaux (DSSAT et LPJmL) forcés par le scénario RCP8.5, sans fertilisation au CO_2 . Les rendements simulés en 2050 sont comparés à une période de référence autour de 2000, puis agrégés par culture et grande région pour produire des chocs annuels exogènes de productivité, directement injectables dans les modèles économiques. Ces coefficients doivent être lus comme des scénarios pessimistes. En effet, le choix de prendre uniquement le scénario climatique RCP8.5 et de ne pas intégrer la fertilisation au CO_2 sont des choix impliquants des changements importants.

Finalement, nous obtenons la formule de calcul suivante :

$$Y_{2050,p,c} = (Y_{2018_{FAO},p,c} + 0,5 \times (AY_{100\%,p,c} - Y_{2018_{FAO},p,c})) \times Coef_{CC}$$

Avec $Y_{2050,p,c}$, le rendement final estimé 2050 pour chaque couple pays « p » / culture « c ». $Y_{2018_{FAO},p,c}$, le rendement 2018 de référence FAOSTAT. $AY_{100\%,p,c}$, le rendement atteignable de Mueller avec fermeture à 100% du « Yield gap ». $Coef_{CC}$, le coefficient d'évolution des rendements imputé au changement climatique.

DATA SOURCES

Yield projections :

Potential yields :

Mueller, N. D., Gerber, J. S., Johnston, M., Ray, D. K., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490 (7419), 254-257. <https://doi.org/10.1038/nature11420>

Climate change impact :

Müller, C. and Robertson, R.D. (2014), Projecting future crop productivity for global economic modeling. *Agricultural Economics*, 45: 37-50. <https://doi.org/10.1111/agec.12088>

Demographic projection :

The scenario retained in our study is the median projection of the United Nations : [Data Portal](#)

Livestock efficiency :

Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D., & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 110(52), 20888-20893. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110>

Diet projections :

Tendancial diet :

Alexandratos, N., Bruinsma, J., Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Unknown. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.288998>

Healthy diet :

Le Mouél, C., Dumas, P., Manceron, S., Forslund, A., & Marajo-Petitzon, E. (2018). The GlobAgri-Agrimonde-Terra database and model.