

ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

Durée : 2 heures 30 minutes

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par les moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, le candidat doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera le sujet.

Chaque candidat doit aussi vérifier que le sujet qui lui est donné **correspond à la thématique qu'il a choisie lors de son inscription au concours**. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera le sujet.

Ce sujet comporte la présente page de garde et un texte de 6 pages numérotées de 1 à 6.

Thématique productions animales :

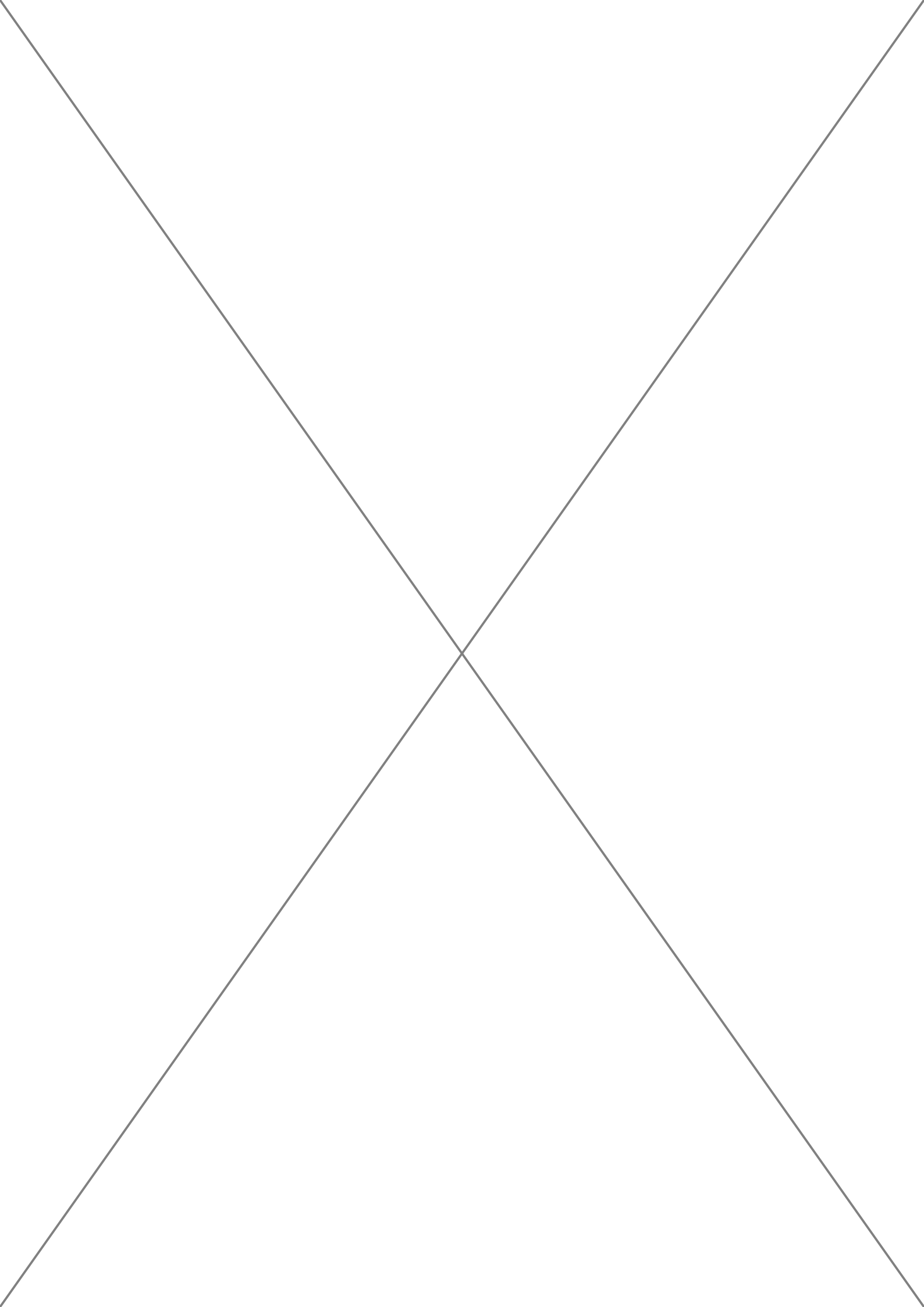
PRODUCTION DE VIANDE ET RESSOURCES EN EAU

Michel Doreau , Michael S. Corson, chercheurs INRAe

Publié sur www.viandesetproduitscarnes.fr comme résumé de l'article de *Viandes & Produits Carnés*, avril 2017

L'épreuve est composée de deux parties :

- **1^{ère} partie (sur 10 points) : faites l'analyse et la synthèse des idées fortes du document ;**
- **2^e partie (sur 10 points) : développez une des idées importantes du document en l'illustrant et en valorisant vos connaissances techniques et scientifiques.**



PRODUCTION DE VIANDE ET RESSOURCES EN EAU

Michel Doreau , Michael S. Corson, chercheurs INRAe

D EPUIS PLUSIEURS ANNÉES, de très nombreux médias affirment qu'il faut 15 000 L d'eau pour produire un kg de viande, suggérant donc qu'à ce titre la consommation de viande est un danger pour la planète, car face au réchauffement climatique il y a un risque de pénurie d'eau. Ce chiffre est même repris, quoique parfois au conditionnel, par des acteurs des filières de l'élevage. Il est repris parce qu'il est inchangé, donc facile à mémoriser, presque considéré comme une constante, alors que l'on sait qu'il existe de très nombreuses manières de produire de la viande. Il a une base scientifique : le calcul de l' « empreinte eau » des produits agricoles par le « Water Footprint Network » (WFN) (désormais « empreinte eau WFN »). En 2007, ce calcul a permis d'évaluer à 15 497 L la quantité d'eau nécessaire pour produire 1 kg de viande bovine, valeur confirmée ultérieurement : 15 415 L avec une gamme moyenne de 10 244 à 21 829 L. Le détail qui n'est pas mentionné dans les médias, c'est que la valeur de 15 415 L se décompose en 550 L d'eau bleue, 415 L d'eau grise et 14 414 L d'eau verte. L'eau bleue est l'eau de surface ou souterraine consommée, tandis que l'eau grise est une eau virtuelle, provenant d'une estimation de l'eau qu'il faudrait ajouter à l'eau issue des élevages pour la dépolluer. Quant à l'eau verte, responsable de 93 % du total, c'est l'eau de pluie évapotranspirée par les surfaces agricoles utilisées par les animaux. On voit donc que l'empreinte eau WFN additionne trois types d'eau de natures différentes, et le WFN qualifie lui-même son empreinte eau de « flux d'eau virtuelle ».

En conséquence, il faut considérer les estimations de l'eau consommée par l'élevage avec recul, et savoir ce qu'elles veulent dire. Cet article évaluera dans un premier temps la signification de l' « empreinte eau », puis discutera des modes de calcul alternatifs ; enfin il donnera des éléments liés à la consommation réelle d'eau par les élevages et donnera des pistes d'économies d'eau. Il reprend des concepts formulés dans une revue internationale d'opinion et des éléments factuels détaillés dans une revue française , et intègre des concepts et résultats plus récents.

MODES DE CALCUL DE LA CONSOMMATION D'EAU

L'estimation de la consommation d'eau pour produire des produits agricoles a beaucoup évolué depuis 2010. Aujourd'hui, la méthode préconisée par le WFN est concurrencée par deux approches peu différentes entre elles : l'analyse du cycle de vie (ACV) et l' « empreinte eau » définie par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO 14046, 2014) (désormais « empreinte eau ISO »), qui, elle aussi, est basée sur les principes de l'ACV. La communauté scientifique a intégré dans sa majorité ces nouvelles approches, mais elles ne sont pas souvent relayées par les médias. Le principe de l'ACV, qui intègre tous les processus en amont de l'exploitation agricole, repose sur l'inventaire des émissions de polluants ou d'utilisation des ressources, et sur leur conversion en termes d'impact potentiel environnemental.

Eau verte, eau grise, eau bleue

L'eau verte, égale à l'eau de pluie évapotranspirée sous forme de vapeur d'eau, est la somme de la transpiration des plantes et de l'évaporation du sol. L'évapotranspiration est proportionnelle à la biomasse végétale produite et est fortement liée à l'eau reçue par la parcelle et

donc, sauf en cas d'irrigation, à l'eau de pluie. Sa principale composante, la transpiration des plantes, se fait au niveau des stomates qui, lors de leur ouverture, permettent l'entrée de gaz carbonique et la sortie de vapeur d'eau ; celle-ci provient essentiellement de la captation de l'eau du sol d'origine pluviale par les racines. L'évapotranspiration dépend principalement du climat et, à un degré moindre, du type de végétation et du type de sol, ces différents facteurs conditionnant la production de biomasse.

Le concept d'eau grise a été initialement développé pour évaluer la dégradation de la qualité des eaux par les processus industriels au niveau d'une usine. L'eau grise est l'eau qu'il faudrait ajouter à l'eau polluée pour retrouver une eau répondant aux standards environnementaux de l'« eau ambiante » permettant une utilisation ultérieure. Le calcul est simple pour l'industrie lorsqu'on connaît le flux et la concentration en polluants de l'eau sortant de l'usine, et de l'eau du milieu récepteur. Toutefois le calcul de l'eau grise dépend des standards environnementaux, qui fluctuent au cours du temps, et surtout du polluant considéré : 33 polluants de l'eau font l'objet de normes européennes, et certains n'ont pas de normes. Dans le cas de l'agriculture, le calcul de l'eau grise est beaucoup plus aléatoire, car les flux d'eau sont diffus. En pratique, il a été réalisé par le WFN uniquement pour la pollution par les nitrates.

L'eau bleue provient des rivières, des eaux dormantes, et des nappes phréatiques. Dans le cas des élevages, il s'agit pour l'essentiel de l'eau de boisson fournie aux animaux, de nettoyage des bâtiments ou des installations de traite. On peut y ajouter, bien que ce soit souvent marginal, l'eau bue par les animaux dans les rivières ou les mares et, dans certains climats chauds, l'eau d'aspersion des animaux en bâtiment. En outre, quelle que soit l'approche, l'eau bleue comprend l'eau d'irrigation des cultures destinées aux animaux et, pour les approches basées sur l'ACV, l'eau consommée dans les différents processus industriels en amont de la ferme (usines d'aliments et d'engrais en particulier).

Signification de l'empreinte eau WFN

L'empreinte eau WFN additionne les trois types d'eau de natures différentes (bleue, verte et grise) depuis la croissance des aliments à la sortie de la ferme, et n'inclut donc pas l'eau consommée dans les processus d'amont (industrie agro-alimentaires, transports), et les processus industriels d'aval, comme ceux des laiteries, des abattoirs, des ateliers de transformation de la viande, et des tanneries. La consommation d'eau verte, très majoritaire, est globalement proportionnelle à la surface agricole nécessaire pour l'élevage, et dépend de manière plus limitée de la nature du couvert. Ceci se traduit par le fait que l'élevage à l'herbe nécessite beaucoup plus d'eau verte que l'élevage avec des rations riches en concentrés, et que l'élevage à l'herbe nécessite beaucoup plus d'eau verte lorsqu'il est extensif que lorsque l'herbe est exploitée intensivement. C'est ainsi que Pimentel et Pimentel (2003) ont estimé l'empreinte eau d'un kg de bœuf élevé sur parcours à plus de 200 000 L, une des raisons qui les conduit à prôner un régime végétarien pour l'alimentation humaine. Plus un système serait extensif, plus la consommation d'eau par kg de viande serait élevée. En poussant ce raisonnement à l'extrême, si on place un seul bovin sur une centaine d'hectares de broussailles, sa croissance sera lente alors que la pousse des broussailles nécessitera une grande quantité d'eau verte, et l'empreinte eau WFN d'un kg de viande de ce bovin se chiffrerait probablement à des dizaines de millions de litres d'eau. On notera que l'eau nécessaire à la pousse de ces broussailles serait identique en l'absence d'animaux. C'est également la prise en compte de l'eau verte qui a permis de conclure que la production d'un kg de viande *in vitro* dans une usine virtuelle (puisque'il n'en existe pas actuellement) par

cultures de cellules nécessitait 30 fois moins d'eau qu'un kg de viande de bœuf calculé par l'empreinte eau WFN. Ce chiffre a été diffusé aux médias par les promoteurs de la viande *in vitro*. Depuis, ces auteurs ont publié des calculs portant uniquement sur l'eau bleue, dont ils situent la consommation entre 261 et 773 L par kg de viande *in vitro* selon le mode de production, de l'ordre de 2 fois moins que la viande produite en élevage selon l'empreinte eau WFN. Notre propos n'est pas de dire que l'empreinte eau WFN est une approche à rejeter ; il faut l'utiliser à bon escient. Le concept a été initialement développé pour analyser les échanges d'eau virtuelle lors du commerce international, afin de trouver des moyens de limiter les déficits hydriques dans certains pays. Ainsi, dans des pays arides, il peut être justifié, pour la préservation de la ressource hydrique, d'utiliser les surfaces agricoles pour produire des céréales plutôt que de la viande, car la production de viande demande beaucoup de surfaces, et donc d'eau verte. L'intérêt de l'eau verte est de savoir quelle partie d'une production agricole dépend de l'eau de pluie, ce qui aide en zone de déficit hydrique à raisonner l'utilisation du sol et de l'irrigation.

L'analyse du cycle de vie et l'empreinte eau ISO

L'ACV est un cadre méthodologique de quantification de plusieurs impacts environnementaux d'un service ou d'un produit (la viande dans notre cas). Elle estime le plus souvent des impacts environnementaux potentiels, générés tout au long du cycle de production d'un produit, depuis l'extraction des matières premières (donc plus en amont que le WFN). Pour les produits agricoles, elle s'arrête souvent, comme l'empreinte eau WFN, à la sortie de la ferme, mais va plus en aval pour les produits transformés (produits laitiers, charcuterie, cuir, ...) et peut englober la commercialisation, la consommation et la mise en déchet du produit. Dans le cas de l'élevage, elle calcule et intègre les impacts liés à tous les processus en amont de l'exploitation : extraction des matières premières ; production d'aliments, d'engrais et autres intrants ; impacts indirects liés à la déforestation... L'ACV s'est fortement répandue dans la dernière décennie. En France, les premières ACV menées sur la viande ont porté sur le porc et se portent actuellement sur tout type de production animale. Plus récemment, le programme AgriBalyse de l'ADEME¹ a établi des « inventaires » du cycle de vie, des données d'entrée nécessaires pour faire des ACV, pour 18 groupes de produits animaux français, décliné en 44 systèmes de production différents. Parmi les catégories d'impact, l'ACV a évalué depuis ses origines le potentiel de pollution des eaux (douce et/ou marine) par les nitrates et les phosphates (potentiel d'eutrophisation) ou par les produits chimiques (potentiel d'écotoxicité). Les calculs de ces catégories d'impact diffèrent fortement du calcul virtuel de l'eau grise en quantifiant et différenciant les polluants, et en les associant à des impacts sur la qualité de l'eau et non à la ressource en eau, ce qui est moins contestable. L'évaluation de l'utilisation d'eau douce en ACV s'est développée plus récemment et distingue nettement cette dégradation de la qualité d'eau de la consommation d'eau (par évaporation, transpiration, intégration dans un produit, ou rejet dans autres bassins versants ou dans la mer). De plus, l'ACV distingue nettement les flux de l'utilisation d'eau douce (dans son inventaire) des impacts de cette utilisation, par exemple en calculant un indice du stress hydrique (L-équivalent), qui pondère chaque flux d'eau par la disponibilité en eau du bassin versant dans lequel le flux a eu lieu (Ridoutt et Pfister, 2013). L'évaluation de l'utilisation d'eau douce en ACV se focalise sur l'eau bleue ; récemment il a été proposé d'inclure le changement de disponibilité en eau verte lié aux changements d'utilisation des terres qui influencent l'infiltration et le ruissellement de l'eau (par exemple de la forêt

1. Agence de la transition écologique

au pâturage). Un groupe de travail international (WULCA) continue le développement de l'évaluation d'eau douce par ACV. Les premières ACV réalisées pour quantifier l'impact de la production de viande sur la ressource eau étaient essentiellement australiennes et ont concerné la viande de bœuf et de mouton. À notre connaissance il n'y en a pas eu le même focus sur l'eau dans une ACV pour la viande de porc ou de volaille. Les Australiens ont appliqué l'indice de stress hydrique à l'élevage, car leur pays comprend des zones très humides et des zones extrêmement arides, et il est évident que la même consommation d'eau a des effets différents entre les premières et les secondes.

Récemment, une autre approche, l'empreinte eau ISO, a été standardisée par la norme ISO 14046, en reprenant les principes de l'ACV, avec toutefois un certain nombre de différences par rapport aux différentes variantes répondant aux normes de l'ACV (ISO, 2014). Elle comprend une évaluation exhaustive des impacts environnementaux relatifs à l'eau, mais est limitée à certaines catégories d'impact, telles que « l'empreinte de la rareté en eau » ou « empreinte de l'eutrophisation de l'eau ». À cause de son apparition récente et de la popularité de l'ACV « classique » par des praticiens, nous ne connaissons pas d'étude qui calcule une empreinte eau ISO pour un produit animal. En comparant les différents modes de calcul, l'ACV et l'empreinte eau ISO, qui sont proches, sont liées aux produits (la viande dans ce cas) et aux impacts environnementaux, tandis que l'empreinte eau WFN est plus liée à l'usage optimal et à la gestion de l'eau dans un territoire. Aussi, l'ACV et l'empreinte eau ISO englobent l'utilisation d'eau douce de davantage de processus en amont de l'exploitation que l'empreinte eau WFN, comme la production des engrais chimiques et de l'électricité, et les transports. Ces modes de calcul apparaissent donc complémentaires, malgré des incompréhensions et différences d'opinion qui perdurent entre tenants de l'empreinte eau WFN et tenants de l'ACV.

ÉVALUATION DU BESOIN EN EAU POUR LA PRODUCTION DE VIANDE

Consommations effectives d'eau pour différentes viandes

Les résultats de calculs de l'empreinte de l'eau bleue du WFN et d'utilisation d'eau en l'ACV pour des viandes réalisés dans le monde, soit à partir de données globales dans différents pays (WFN), soit à partir de données précises dans différents systèmes de production ou différentes régions d'un pays (essentiellement l'ACV), montrent une hétérogénéité, mais il y a peu de différences pour une même viande entre les résultats obtenus par empreinte eau WFN (en moyenne 550 L kg^{-1} de viande, estimation pour différents pays et différents systèmes de production) et par ACV (de l'ordre de 600 à 700 L kg^{-1} de viande produite dans les conditions françaises, si on prend un facteur de conversion du kg de poids vif au kg de viande égal à 2,353), alors que ces dernières, qui intègrent en particulier l'eau nécessaire pour les processus industriels liés à l'élevage, devraient conduire à des valeurs plus élevées. Il y a des différences élevées d'un pays à l'autre, liées tant au système de production (niveau d'intensification, productivité animale, irrigation) qu'au climat : dans une étude portant sur 7 pays et 3 systèmes par pays (pâturage, industriel et mixte), Mekonnen et Hoekstra (2010) ont montré des variations d'eau bleue (L/kg viande) importantes allant en moyenne de 178 au Brésil à 722 en Inde pour le bœuf, et de 268 aux Pays-Bas à 1226 en Australie pour le porc. Les différences entre systèmes ne sont pas toujours cohérentes : selon ces mêmes auteurs, la consommation d'eau bleue pour la viande bovine est deux fois plus forte dans un système pâturé que dans un système industriel en Australie, alors que c'est

l'inverse en Russie. Cette différence, qui ne prend probablement pas en compte la diversité de pratiques dans un même pays, peut s'expliquer en partie par les spécificités de ces systèmes en termes de type d'alimentation ou de gestion du pâturage. Les auteurs obtiennent même des résultats difficilement compréhensibles de consommation d'eau bleue : 3721 L kg⁻¹ pour le porc dans des systèmes décrits comme « pâturés » en Australie, 0 pour l'agneau industriel aux États-Unis.

La transformation des flux d'eau bleue en impacts (indices de stress hydrique) aboutit à des valeurs souvent beaucoup plus faibles, traduisant le fait qu'une consommation élevée d'eau bleue peut n'avoir qu'un impact limité sur la disponibilité en eau dans certaines régions. Inversement, les impacts sont plus grands dans des régions à faibles réserves hydriques. Gac et Béchu (2014) ont étudié l'utilisation d'eau pour la production de viande en France. Ils ont montré que l'utilisation d'eau bleue, en flux ou en impact, était plus élevée par kg de poids vif pour les agneaux que pour les bovins, et pour les agneaux de bergerie que pour les agneaux en système herbager. Selon ces auteurs, l'abreuvement par les animaux représente environ 20 % de la consommation, la contribution principale étant celle des aliments achetés, qui représente dans la majorité des systèmes plus de 50 % de la consommation. L'irrigation, tant pour le maïs que pour le soja, est un facteur explicatif essentiel. Ces premiers résultats seront complétés par une étude plus vaste qui apportera un éclairage informatif sur les impacts réels de la production de viande sur la ressource en eau en France.

Lien entre élevage et déficit hydrique

Quelle que soit l'approche utilisée, l'élevage peut être un contributeur significatif à la consommation totale d'eau par l'humanité. Mais cela ne signifie pas que l'élevage est la principale cause de pénurie d'eau. Un indice indirect de cette absence de lien causal est que les zones d'élevage ne coïncident pas avec les zones de déficit hydrique en France, comme le montre l'étude des cartes. Les zones touchées par la pénurie d'eau sont souvent des zones de cultures en partie destinées aux animaux, et parfois irriguées, mais les flux d'aliments du bétail n'expliquent qu'en partie cette déconnexion. Dans les zones où la pénurie d'eau existe, un changement d'utilisation des terres aurait peu d'effet sur la pénurie d'eau : en Australie, on a observé que l'évapotranspiration variait peu entre des zones pastorales et des zones utilisées plus intensivement et produisant plus de biomasse. En revanche, la question de l'importance de l'élevage dans des régions à déficit hydrique se posera dans le futur, en cas de périodes de sécheresse accrue. Mais c'est au niveau des échanges internationaux que la question se posera avec le plus d'acuité, et que la consommation d'eau sera un élément à prendre en compte pour réfléchir la délocalisation des productions animales. L'empreinte eau WFN, tout au moins ses composantes verte et bleue, aura sa place en tant qu'élément de réflexion pour la gestion des ressources hydriques d'un pays ou d'un territoire.

LES PISTES DE REDUCTION DE LA CONSOMMATION D'EAU

Il est difficile de réduire l'abreuvement des animaux. Dans le cas des ruminants, la consommation totale d'eau est de l'ordre de 5 L par kg de matière sèche ingérée, incluant l'eau contenue dans les aliments. Cela correspond par exemple à environ 50 L par jour pour une vache allaitante. L'abreuvement est donc fortement réduit quand l'animal consomme de l'herbe, cette dernière étant riche en eau, jusqu'à être quasiment nul avec l'herbe jeune au printemps, mais ce n'est pas un facteur que l'éleveur peut maîtriser, car la part d'herbe fraîche dans la ration dépend de la saison et du système d'élevage. En climat chaud, la consommation d'eau est accrue pour faire face à la déperdition d'eau par transpiration et

évaporation, mécanisme physiologique pour évacuer la chaleur. Dans ces cas, des bâtiments bien ventilés ou des abris dans les pâturages contre le rayonnement solaire peuvent limiter ce supplément de besoin en eau. Lorsqu'on calcule la consommation d'eau par kg de viande produite, en particulier en réalisant des ACV, il est clair que celle-ci diminue lorsque la quantité totale d'aliments nécessaire pour la produire diminue, d'une part en raison du lien entre consommation d'eau et consommation d'aliments par l'animal, d'autre part parce que la production d'aliments nécessite souvent de l'eau bleue. Ainsi, même en l'absence d'études dédiées à cette question, on peut avancer que la consommation d'eau par kg de viande, comme les autres impacts environnementaux, décroît chez le poulet lorsqu'on diminue l'âge d'abattage, puisqu'il y a une plus faible consommation totale d'aliments durant la vie de l'animal. Dans le cas de la viande bovine, il est de même probable, quand on raisonne au niveau d'un système de production, que la consommation d'eau par kg de viande est plus faible pour la viande issue du troupeau laitier que pour celle issue du troupeau allaitant : pour ce dernier la consommation d'eau est allouée à la production de viande seule, alors que pour le troupeau laitier, la consommation d'eau est aussi allouée à la production de lait. Mais ce calcul ne doit pas occulter le fait que la consommation d'eau n'est qu'un critère parmi tant d'autres de la durabilité d'un élevage, ou même des seuls impacts environnementaux. Un autre moyen pour réduire la consommation d'eau des élevages est de limiter l'irrigation des cultures destinées à l'alimentation animale. L'irrigation accroît la sécurité alimentaire dans des zones sèches en augmentant la production agricole, mais peut, entre autres, assécher les nappes phréatiques. Différentes techniques simples sont préconisées pour optimiser l'efficacité de l'irrigation, en agissant sur la quantité d'eau et la période d'irrigation (FAO, 2003) ; elles pourraient être mises en œuvre dans la perspective de pénurie d'eau. Le maïs est souvent mis en cause en raison de son besoin en eau élevé nécessitant l'irrigation. La sélection génétique produit des variétés moins consommatrices d'eau d'irrigation : des variétés précoces permettent une meilleure correspondance entre disponibilité en eau et croissance maximale de la plante ; toutefois leur rendement est inférieur à celui des variétés classiques. Les sociétés semencières et les instituts de recherche poursuivent leur effort dans cette voie. Le remplacement du maïs par le sorgho est souvent évoqué car ce dernier produit plus de biomasse en l'absence d'irrigation, et pousse dans les mêmes zones géographiques. Il faut toutefois noter que, selon l'empreinte eau WFN, le sorgho utilise plus d'eau verte que le maïs, compensant donc sa plus faible consommation d'eau bleue.

CONCLUSION

Dans le domaine de l'environnement comme dans d'autres domaines, les chiffres sont souvent acceptés sans regard critique, faute d'éléments de jugement de la part de celui qui les reçoit et parfois, malheureusement, de celui qui les transmet. Cet article a cherché à expliquer la signification des chiffres avancés pour la consommation d'eau par les élevages. Il montre aussi la complexité des calculs de la consommation d'eau. En tout état de cause, les récents progrès des connaissances devraient conduire à des économies de consommation, même si celles-ci semblent d'ampleur limitée.

FIN DU SUJET