

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Cofinanziato
dall'Unione Europea

**goccia
a goccia**

France – Italia ALCOTRA

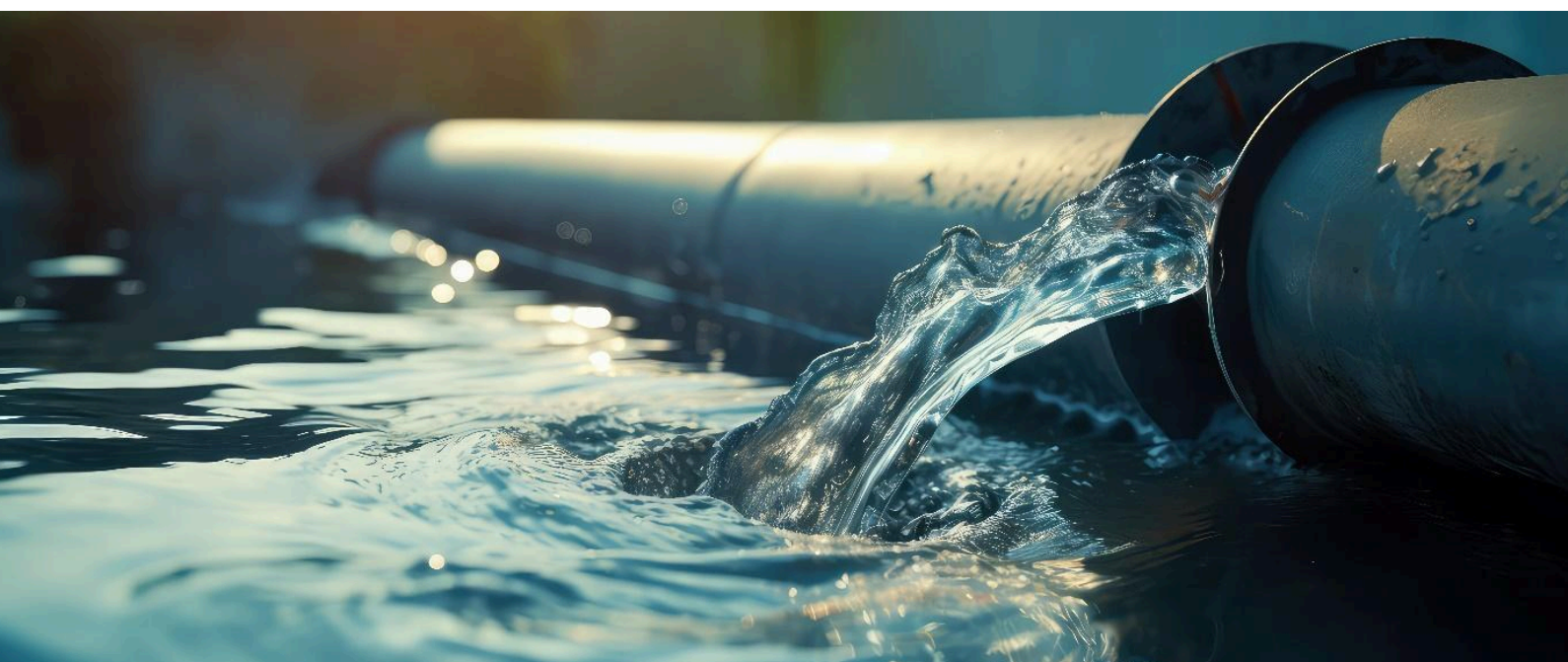
WATER FOOTPRINT TEST

Goutte à goutte

N°20112

L 3.1.3 Water Footprint Test GAG – ID : 158167

Version du 06.10.2025



Résumé :

L'eau est une ressource vitale pour les entreprises, jouant un rôle central dans les processus de fabrication, les chaînes d'approvisionnement et les opérations globales. Face à l'accroissement des préoccupations liées à la pénurie d'eau à l'échelle mondiale, les entreprises cherchent de plus en plus à évaluer leur consommation afin de renforcer leur durabilité et de réduire leur impact environnemental. L'un des outils principaux de cette évaluation est le calcul de l'empreinte hydrique. Ce rapport a pour objectif d'accompagner les entreprises du secteur agroalimentaire dans l'analyse de l'empreinte hydrique de leurs produits ou de l'ensemble de l'organisation. Il présente les principes fondamentaux, les données nécessaires ainsi que des lignes directrices précises pour l'auto-évaluation de l'empreinte hydrique des produits. Le calcul de l'empreinte hydrique, réalisé dans le cadre de ce rapport, constitue une évaluation autonome centrée sur les impacts liés à l'utilisation de l'eau. Ces résultats peuvent néanmoins être intégrés dans une analyse du cycle de vie plus globale, incluant l'ensemble des impacts environnementaux pertinents, et pas uniquement ceux liés à l'eau.

Auteurs / contributeurs :

Prof. Davide Poggi, Prof. ssa Stefania Tamea

Version du document : x

Lot de travaux : 3

Site internet : <https://www.interreg-alcotra.eu/it/goccia-goccia-gag>



Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	3
PRÉMISSSE	5
Quelle est l'empreinte eau ?	5
Pourquoi calculer l'empreinte eau d'une entreprise ?	5
Étapes de calcul de l'empreinte eau	6
EAU DOUCE : QUE MESURE-T-ON ET POURQUOI ?	8
COHÉRENCE ENTRE LES DIFFÉRENTS TYPES DE COMPTES D'EMPREINTE EAU	10
Empreinte eau d'une étape du processus	13
Empreinte eau bleue	13
Empreinte eau verte	16
Empreinte eaux grises	17
Calcul de l'empreinte des cultures	19
Données requises	22
Modèles d'estimation de l'empreinte eau des produits animaux (viande, lait, œufs)	24
Modèle d'évaluation de l'empreinte hydrique (WFA)	24
Modèle mondial d'évaluation environnementale de l'élevage (GLEAM)	24
Modèle CROPWAT	24
<i>TAPER</i>	24
Modèle d'évaluation directe	24
Empreinte eau d'un produit	26
Définition	26
Schématisation du système de production en phases de processus	26
Calcul de l'empreinte eau d'un produit	27
Empreinte eau d'une entreprise	32
Définition	32
Choisir les limites organisationnelles de l'activité	34
Calcul de l'empreinte eau de l'entreprise	37
Exemples pratiques et application à des cas réels	40
Empreinte eau d'une entreprise de confiserie	43
BIBLIOGRAPHIE	53

PRÉMISSE

L'eau est une ressource vitale pour les entreprises, elle joue un rôle crucial dans les processus de fabrication, les chaînes d'approvisionnement et les opérations globales. Alors que les préoccupations concernant la pénurie d'eau augmentent à l'échelle mondiale, les entreprises évaluent de plus en plus leur utilisation de l'eau pour améliorer la durabilité et réduire les impacts environnementaux. L'un des outils clés de cette évaluation est le calcul de l'empreinte eau.

Pourquoi l'analyse de l'empreinte hydrique est-elle cruciale pour une entreprise agroalimentaire ?

L'analyse de l'empreinte hydrique ne se limite pas à une question de durabilité : elle génère également de **nombreux avantages concrets en matière de réputation, de performance et de compétitivité.**

Tout d'abord, les consommateurs sont de plus en plus conscients et préoccupés par les enjeux environnementaux liés à la rareté et à la qualité de l'eau. Lorsqu'une entreprise fournit des données crédibles et transparentes sur la quantité d'eau utilisée tout au long de sa chaîne de production, elle répond directement à ces préoccupations, renforçant ainsi la confiance et la fidélité de ses clients. **Un acheteur qui consulte un rapport ou une étiquette indiquant l'empreinte hydrique percevra le produit comme responsable, authentique et conforme à ses valeurs.**

Ensuite, cette transparence permet à l'entreprise de se **démarrer dans un marché de plus en plus concurrentiel.** La différenciation des produits passe désormais par la crédibilité de leurs performances environnementales. Par exemple, une entreprise de jus de fruits peut mettre en avant l'utilisation d'exploitations agricoles partenaires dotées de systèmes d'irrigation efficaces, tandis qu'un producteur d'huile d'olive peut valoriser le recyclage de l'eau utilisée lors des étapes de lavage. Ces initiatives concrètes rendent les engagements de durabilité tangibles et vérifiables.

De plus, la crédibilité des engagements environnementaux réduit les risques de controverse, tout en renforçant **la légitimité de l'entreprise auprès des institutions, des investisseurs et des parties prenantes.** Une vérification indépendante — par exemple, conforme à la norme ISO 14046 — confère une valeur supplémentaire : elle prouve que les déclarations environnementales reposent sur une analyse rigoureuse et non sur une simple stratégie marketing.

Une gestion de l'eau solide et démontrable ouvre également de nouvelles opportunités : accès à des financements durables, intégration dans les chaînes d'approvisionnement responsables, et amélioration de la notation ESG (Environnement, Social, Gouvernance). De nombreux distributeurs, notamment en Europe, exigent désormais de leurs fournisseurs des indicateurs environnementaux précis, dont la consommation d'eau figure parmi les plus importants.

Enfin, les bénéfices internes sont tout aussi significatifs. Une communication claire et transparente **améliore la motivation et l'engagement des collaborateurs**, tout en favorisant une culture d'entreprise axée sur la responsabilité et l'amélioration continue. En identifiant les points critiques de consommation d'eau, l'entreprise dispose d'outils concrets pour réduire ses usages, optimiser ses procédés et innover dans ses pratiques de production et d'approvisionnement.

Le résultat est une organisation plus efficace, plus résiliente et mieux perçue, tant par le public que par ses partenaires.

Ce rapport sert ainsi de guide stratégique pour les entreprises du secteur agroalimentaire souhaitant évaluer et valoriser l'empreinte hydrique de leurs produits. Après avoir défini les principes fondamentaux et les données nécessaires, il propose une méthodologie pratique pour l'auto-évaluation, permettant d'estimer les impacts potentiels liés à l'usage de l'eau. Bien que cette analyse se concentre sur la dimension hydrique, elle peut constituer une première étape vers une évaluation plus complète du cycle de vie, intégrant l'ensemble des impacts environnementaux pertinents.

Ce rapport sert à guider les entreprises du secteur agroalimentaire dans l'évaluation de l'empreinte hydrique de leurs produits ou de l'ensemble de l'entreprise. Les principes fondateurs, les données nécessaires et une ligne directrice spécifique pour l'auto-évaluation de l'empreinte eau des produits du secteur agroalimentaire seront précisés ci-dessous. Le calcul de l'empreinte eau, effectué à l'appui du présent rapport, doit être considéré comme une évaluation autonome dans laquelle seuls les impacts potentiels liés à l'utilisation de l'eau sont évalués. Rien n'empêche que ces calculs soient utilisés dans le cadre d'une analyse du cycle de vie plus large dans laquelle tous les impacts environnementaux potentiels pertinents sont pris en compte, et pas seulement les impacts environnementaux potentiels liés à l'eau.

Quelle est l'empreinte eau ?

L'empreinte eau mesure le volume total d'eau douce utilisé directement et indirectement par l'ensemble d'une entreprise ou par certains de ses produits. Cela nécessite d'être pris en compte à toutes les étapes du cycle de vie du produit, des matières premières à l'élimination finale. Cela inclut la consommation d'eau pour la production, les activités de la chaîne d'approvisionnement et les processus opérationnels. Le concept a été développé par le Water Footprint Network (WFN) et est classé en trois composantes principales :[1]

Empreinte eau bleue : le volume d'eau de surface et souterraine consommée (p. ex., eau prélevée dans les rivières, les lacs ou les aquifères).

Empreinte eau verte : la quantité d'eau de pluie utilisée dans la production, ce qui est particulièrement pertinent dans l'agriculture.

Empreinte eaux grises : Le volume d'eau douce nécessaire pour diluer les polluants et répondre aux normes de qualité de l'eau.

Pourquoi calculer l'empreinte eau d'une entreprise ?

Le calcul de l'empreinte hydrique d'une entreprise permet de : a) identifier les inefficacités dans l'utilisation de l'eau, b) réduire les coûts d'exploitation en améliorant la gestion de l'eau, c) améliorer les références en matière de durabilité et de responsabilité sociale des entreprises (RSE), d) se conformer aux réglementations environnementales et aux cadres de reporting, e) atténuer les risques associés à la pénurie d'eau et au changement climatique.

Étapes de calcul de l'empreinte eau

Par souci de simplicité, nous présentons ici les principaux points nécessaires à la quantification de l'empreinte eau. Ces concepts seront étendus et mieux définis ci-dessous.

Définition objective : Énoncez sans ambiguïté (a) la portée, (b) les raisons pour lesquelles l'étude a été menée, et (c) à qui les résultats de l'étude sont destinés.

Définir les limites du système : Déterminez la portée (par exemple, opérations directes, chaîne d'approvisionnement). Identifiez clairement les produits sur lesquels vous souhaitez effectuer le calcul de l'empreinte eau et toutes les matières acquises, transformées ou produites pour leur production.

Recueillir des données sur l'utilisation de l'eau : Recueillir des renseignements sur les prélèvements d'eau, la consommation et les rejets d'eaux usées. Au cours du processus de collecte des données, un contrôle de la validité des données doit être effectué afin de confirmer les exigences de qualité et de type des données pour l'application prévue (type d'eau, origine de l'eau, qualité, etc.). Les principes de base du bilan massique de l'eau et/ou les analyses comparatives des facteurs de rejet dans l'eau peuvent être utilisés dans le processus de validation.

Tracer les écoulements d'eau : reconstituer soigneusement la chaîne de production en identifiant les intrants et les extrants de chaque procédé unitaire faisant partie du système à étudier. Les informations sur chaque flux élémentaire doivent inclure, a) la quantité d'eau utilisée (masse ou volume), b) les types de ressources en eau utilisées (précipitations, eaux de surface, eau de puits, etc.).

Subdivision des processus : il est crucial d'éviter le double comptage, par conséquent, la division du processus unitaire à attribuer en deux ou plusieurs sous-processus et la collecte des données d'entrée et de sortie relatives à ces sous-processus doivent être clairement schématisées. Lorsqu'une division claire ne peut être faite, les entrées et les sorties du système doivent être réparties entre ses différents sous-produits sur la base d'un principe déclaré et basé sur la physique. Lorsqu'une relation physique ne peut être établie, les intrants et les extrants doivent être répartis entre les produits proportionnellement à leur valeur économique.

Calcul de l'empreinte eau : suivre les procédures décrites dans le rapport suivant pour les impacts directs (eau utilisée) et les impacts indirects (eau incorporée dans les matériaux). Toutes les procédures de calcul doivent être explicitement documentées et les hypothèses formulées doivent être clairement indiquées et expliquées.

Catégoriser l'empreinte hydrique : classez la consommation d'eau en composantes bleues, vertes et grises.

Évaluation des impacts : évaluation des implications environnementales, sociales et économiques.

Élaborer des stratégies de réduction : mettre en place des mesures pour optimiser l'utilisation de l'eau et réduire les déchets.

Le calcul de l'empreinte eau d'une entreprise est une étape essentielle vers une gestion durable de l'eau. En comprenant et en gérant leur consommation d'eau, les entreprises peuvent contribuer aux

efforts de conservation de l'eau, améliorer leur efficacité et renforcer leur réputation dans un monde de plus en plus soucieux de l'eau.

EAU DOUCE : QUE MESURE-T-ON ET POURQUOI ?

L'eau sur Terre est constamment en mouvement. L'eau s'évapore du sol et des surfaces de l'eau en raison de l'énergie solaire et éolienne. De plus, les plantes absorbent l'eau du sol et la libèrent dans l'atmosphère par les stomates de leurs feuilles, un processus appelé transpiration. La quantité d'eau dans l'atmosphère augmente par évapotranspiration, mais diminue à nouveau par les précipitations. Dans l'atmosphère, la vapeur d'eau se déplace autour du globe selon des schémas complexes, de sorte que l'eau qui s'évapore à un endroit ne revient pas nécessairement sous forme de précipitations au même endroit. La quantité d'eau sur terre augmente en raison des précipitations mais diminue en raison de l'évapotranspiration. Comme les précipitations sur terre dépassent l'évapotranspiration (non pas à l'échelle quotidienne, mais à long terme), il y a un surplus d'eau sur terre, ce qui entraîne le ruissellement. L'eau de ruissellement du continent finit par se retrouver dans l'océan. Alors que la terre a un surplus de précipitations, les océans ont un surplus d'évaporation. Dans l'ensemble, il y a un transport net de l'eau des océans vers la terre à travers l'atmosphère. Il est ramené de la terre à l'océan par ruissellement. Le ruissellement se produit en partie par l'écoulement de surface (rivières et ruisseaux) et en partie par l'écoulement des eaux souterraines. Le volume d'eau sur Terre reste plus ou moins le même. Pour presque toutes les fins humaines, nous avons besoin d'eau douce comme on en trouve sur terre. L'eau salée telle qu'on la trouve dans l'océan n'est pas utile pour boire, se laver, cuisiner, irriguer les champs ou pour la plupart des applications industrielles. L'eau salée peut être dessalée, mais il s'agit d'un processus coûteux et énergivore qui n'est réalisable que pour un nombre limité d'applications. De plus, l'eau salée est disponible sur la côte, tandis qu'une grande partie des besoins en eau se trouve à l'intérieur des terres, de sorte que le transport en montée devient également un problème. En bref, les humains dépendent principalement de l'eau douce telle qu'elle se trouve sur terre. Bien que l'eau forme un cycle, de sorte que l'eau douce sur terre est continuellement réapprovisionnée, sa disponibilité n'est pas illimitée. Chaque année, les gens ont besoin d'un certain volume d'eau à des fins domestiques, agricoles et industrielles, qui ne peut pas dépasser le taux de réapprovisionnement annuel. La question principale est donc la suivante : quelle est la quantité d'eau douce disponible au cours d'une période donnée et quelle est l'utilisation réelle de ce débit par l'homme au cours de cette période ? La comptabilité de l'empreinte eau fournit les données pour répondre à la deuxième partie de la question. L'empreinte eau exprime essentiellement l'appropriation humaine de l'eau douce en termes de volume. La comparaison de l'empreinte hydrique humaine avec la disponibilité réelle de l'eau douce fait partie de l'évaluation de la durabilité de l'empreinte eau.

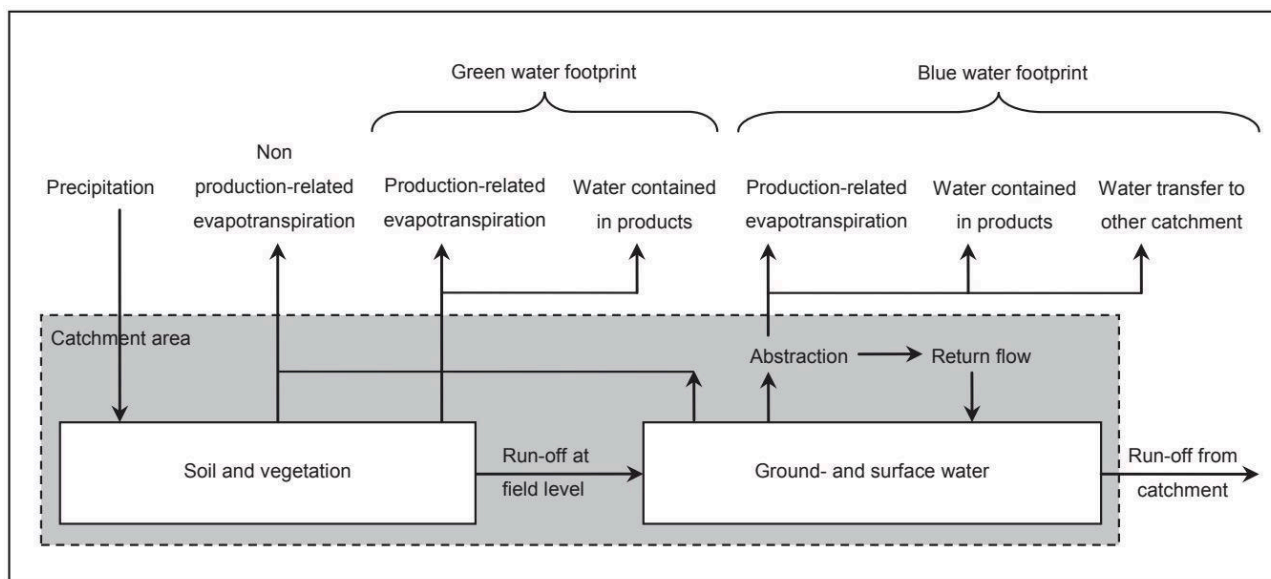


Figure 1 L'empreinte eau verte et bleue par rapport à l'eau : bilan d'un bassin versant

Pour comprendre l'appropriation de l'eau douce par l'homme en relation avec le cycle hydrologique, on peut considérer un bassin fluvial. Un bassin versant est l'ensemble de la zone géographique drainée par une rivière et ses affluents. Tout le débit sortant d'un bassin fluvial est acheminé vers la même sortie. D'autres termes souvent utilisés pour « bassin versant » sont « bassin versant », « bassin versant », « zone de drainage » et « bassin versant ». La disponibilité annuelle totale d'eau dans un bassin versant est donnée par le volume annuel des précipitations. Si l'on ne tient pas compte des changements possibles, mais généralement faibles, dans le stockage de l'eau dans un bassin versant, le débit annuel total des précipitations quittera à nouveau le bassin versant, en partie par évapotranspiration et en partie par ruissellement du bassin versant. Le flux d'évaporation et le ruissellement peuvent être exploités par l'homme. L'empreinte eau verte fait référence à l'utilisation humaine du flux d'évaporation de la surface de la terre, principalement pour les cultures ou la production forestière (figure 3.1). L'empreinte eau bleue fait référence à l'utilisation consumériste des eaux de ruissellement des rivières, c'est-à-dire à l'extraction des eaux de ruissellement du bassin versant dans la mesure où elles n'y retournent pas sous forme de reflux. Historiquement, les gens utilisaient le ruissellement des rivières à la fois comme source d'eau douce et comme canal de drainage pour leurs déchets. De toute évidence, l'utilisation des écoulements de ruissellement comme source ou puits a ses limites. L'ensemble du flux d'eaux de ruissellement a un volume limité et une capacité limitée d'assimilation des déchets. L'empreinte d'eau bleue indique le volume qui a

effectivement été soustrait du ruissellement du cours d'eau, de sorte qu'elle indique la « capacité adéquate du robinet ». L'empreinte eaux grises montre la « capacité adéquate d'assimilation des déchets ». Il est défini comme le volume d'eau nécessaire à l'assimilation des déchets, quantifié comme le volume d'eau nécessaire pour diluer les polluants à un point tel que la qualité de l'eau ambiante reste supérieure aux normes de qualité de l'eau convenues. L'avantage de mesurer la pollution de l'eau en termes de volumes d'eau alloués est que les différentes formes de pollution sont réduites à un seul dénominateur, à savoir le volume d'eau alloué à l'assimilation des déchets. De plus, lorsque la pollution de l'eau est exprimée dans les mêmes termes que la consommation d'eau, il est possible de comparer l'utilisation des eaux de ruissellement comme source (empreinte eau bleue) avec l'utilisation des eaux de ruissellement comme puits (empreinte eaux grises).

Cohérence entre les différents types de comptes d'empreinte eau

L'empreinte eau d'un processus est exprimée en volume d'eau par unité de temps. Lorsqu'elle est divisée par la quantité de produit résultant du processus (unité de produit par unité de temps), elle peut également être exprimée en volume d'eau par unité de produit.

L'empreinte eau d'un produit est toujours exprimée en volume d'eau par unité de produit. Exemples : volume d'eau par unité de masse (pour les produits où le poids est un bon indicateur de quantité), volume d'eau par unité de monnaie (pour les produits dont la valeur est supérieure au poids), volume d'eau par pièce (pour les produits comptés par pièce au lieu de poids), volume d'eau par unité d'énergie (par kcal pour les produits alimentaires ou par joule pour l'électricité ou les carburants)

L'empreinte eau d'un consommateur ou d'une entreprise est exprimée en volume d'eau par unité de temps. Elle peut être exprimée en volume d'eau par unité monétaire lorsque l'empreinte eau par unité de temps est divisée par le revenu (pour les consommateurs) ou le chiffre d'affaires (pour les entreprises). L'empreinte hydrique d'une communauté de consommateurs peut être exprimée en termes de volume d'eau par unité de temps et par habitant.

L'empreinte hydrique à l'intérieur d'une zone géographiquement délimitée est exprimée en volume d'eau par unité de temps. Il peut être exprimé en termes de volume d'eau par unité monétaire lorsqu'il est divisé par le revenu dans la zone

L'empreinte eau d'une seule « étape du processus » est l'élément central de tous les comptes d'empreinte eau (voir Figure 2). L'empreinte eau d'un « produit » intermédiaire ou final (bien ou service) est l'ensemble des empreintes hydriques des différentes étapes du processus pertinentes dans la production du produit. L'empreinte eau d'un consommateur individuel est fonction de l'empreinte eau des différents produits consommés par le consommateur. L'empreinte hydrique d'une communauté de consommateurs – par exemple, les habitants d'une municipalité, d'une province, d'un État ou d'un pays – est égale à la somme des empreintes hydriques individuelles des membres de la communauté. L'empreinte eau d'un fabricant ou de tout type d'entreprise est égale à la somme des empreintes eau des produits livrés par le fabricant ou l'entreprise. L'empreinte hydrique dans une zone géographiquement délimitée – qu'il s'agisse d'une province, d'une nation, d'un bassin versant ou d'un bassin versant – est égale à la somme des empreintes hydriques de tous les processus qui se déroulent dans cette zone. L'empreinte hydrique totale de l'humanité est égale à la somme des empreintes hydriques de tous les consommateurs dans le monde, qui est égale à la somme des empreintes hydriques de tous les biens et services de consommation finale consommés chaque année, et également égale à la somme de tous les processus consommateurs d'eau ou polluants dans le monde.

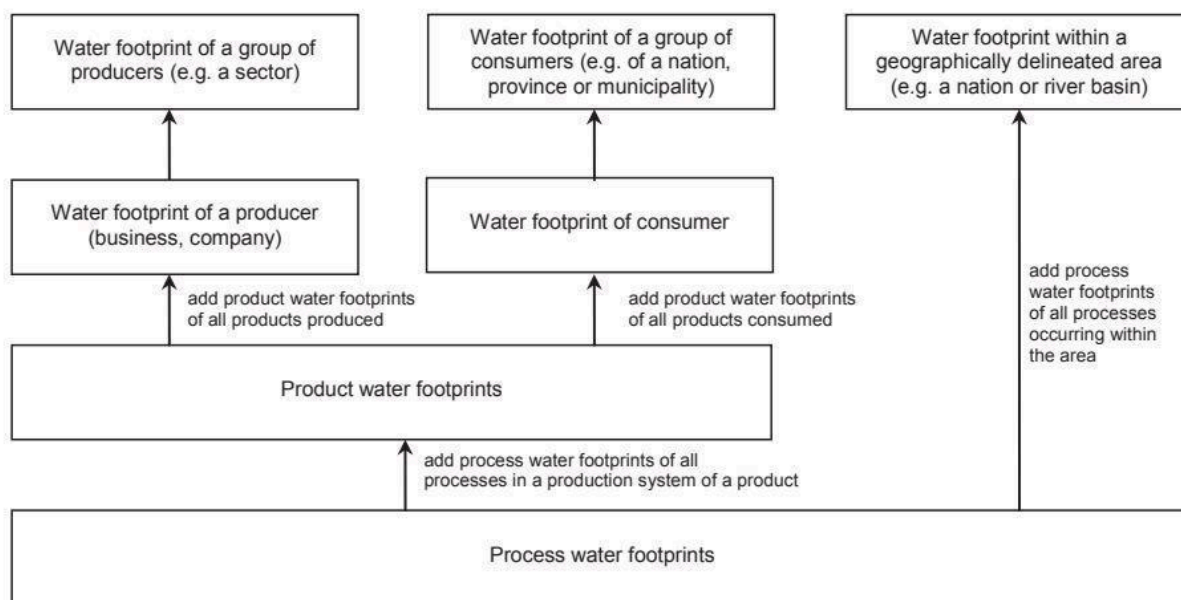


Figure 2 L'empreinte eau de process comme élément de base pour toutes les autres empreintes eau

Vous pouvez additionner l'empreinte eau de vos produits finaux sans double comptage. En effet, l'empreinte eau de processus est toujours attribuée exclusivement à un produit final, ou lorsqu'un processus contribue à plus d'un produit final, l'empreinte eau de processus est répartie entre les différents produits finis. Ajouter l'empreinte eau des produits intermédiaires n'a aucun sens, car un double comptage peut facilement se produire. Si vous deviez additionner, par exemple, l'empreinte eau du tissu de coton et l'empreinte eau du coton récolté, vous obtiendriez un double comptage, car le premier inclut le second. De même, vous pouvez additionner l'empreinte eau de consommateurs individuels sans faire de double comptage, mais vous ne devez pas additionner l'empreinte eau de différents producteurs, car cela pourrait conduire à un double comptage.

L'empreinte eau des consommateurs est liée à l'empreinte eau des producteurs dans la chaîne d'approvisionnement. Le Figure 3 montre un exemple simplifié de la chaîne d'approvisionnement d'un produit d'origine animale. L'empreinte hydrique totale d'un consommateur est la somme de son empreinte hydrique directe et indirecte. Lorsque l'on s'intéresse à la consommation de viande, l'empreinte eau directe du consommateur fait référence au volume d'eau consommé ou pollué lors de la préparation et de la cuisson de la viande. L'empreinte eau indirecte du consommateur de viande dépend de l'empreinte eau directe du détaillant qui vend la viande, du transformateur alimentaire qui prépare la viande pour la vente, de la ferme qui élève les animaux et de la ferme qui produit les aliments pour animaux. L'empreinte eau indirecte du détaillant dépend de l'empreinte eau directe de l'entreprise de transformation alimentaire, de l'élevage de bétail, de la ferme, etc.

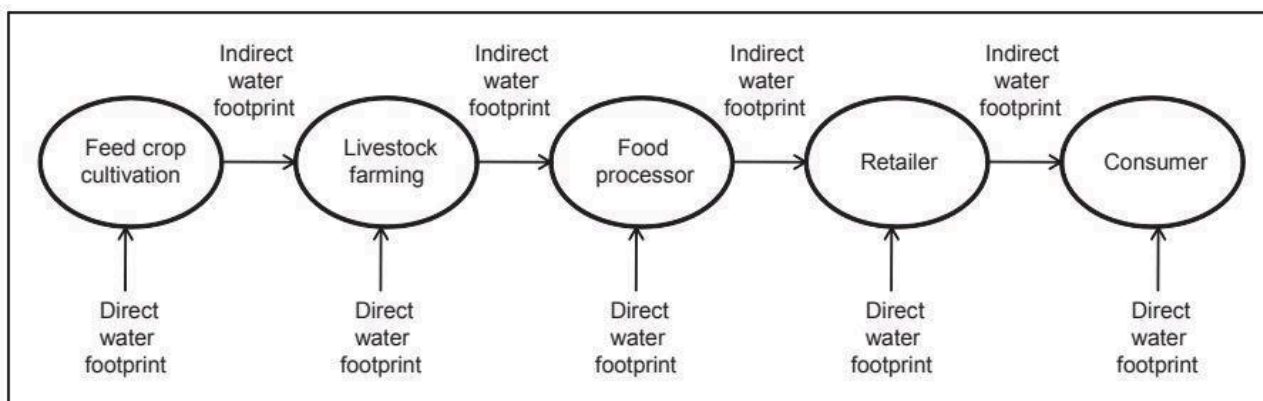


Figure 3 L'empreinte eau directe et indirecte à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement d'un produit d'origine animale

L'empreinte eau est exprimée en termes de volume d'eau par unité de produit ou en volume d'eau par unité de temps. L'empreinte eau d'un processus est exprimée en volume d'eau par unité de

temps. Lorsqu'il est décomposé en fonction de la quantité de produit résultant du processus, il peut également être exprimé en volume d'eau par unité de produit. L'empreinte eau d'un produit est toujours exprimée en termes de volume d'eau par unité de produit (généralement m/tonne ou litre/kg). L'empreinte eau d'un consommateur ou d'un producteur ou l'empreinte eau à l'intérieur d'une zone est toujours exprimée en volume d'eau par unité de temps. Selon le niveau de détail que vous souhaitez fournir, l'empreinte eau peut être exprimée par jour, mois ou année.

Empreinte eau d'une étape du processus

Empreinte eau bleue

L'empreinte eau bleue est un indicateur de l'utilisation intégrée de ce que l'on appelle l'eau bleue, c'est-à-dire les eaux de surface ou souterraines. L'expression « utilisation intégrée de l'eau » fait référence à l'un des quatre cas suivants :

1. L'eau s'évapore ;
2. De l'eau est incorporée dans le produit ;
3. L'eau ne retourne pas dans le même bassin versant, par exemple elle est renvoyée dans un autre bassin versant ou dans la mer ;
4. L'eau ne revient pas dans la même période, par exemple elle est prélevée dans une période rare et renvoyée dans une période humide.

Le premier composant, l'évaporation, est généralement le plus important. Par conséquent, on verra souvent que la consommation est assimilée à l'évaporation, mais les trois autres composantes doivent être incluses le cas échéant. Tous les cas d'évaporation liés à la production sont comptés, y compris l'eau qui s'évapore pendant le stockage de l'eau (p. ex., des réservoirs), le transport (p. ex., des canaux), le traitement (p. ex., l'évaporation de l'eau chauffée qui n'est pas recueillie) et la collecte et l'élimination (p. ex., des canaux de drainage et des usines de traitement des eaux usées). « Consommation d'eau » ne signifie pas que l'eau disparaît car l'eau restera dans le cycle et reviendra toujours quelque part. L'eau est une ressource renouvelable, mais cela ne signifie pas qu'elle est disponible de manière illimitée. À un certain moment, la quantité d'eau qui recharge les réserves d'eau souterraine et s'écoule dans une rivière est toujours limitée à une certaine quantité. L'eau des rivières et des aquifères peut être utilisée pour l'irrigation ou à des fins industrielles ou domestiques. Cependant, vous ne pouvez pas consommer plus d'eau que ce qui est disponible dans une certaine période. L'empreinte eau bleue mesure la quantité d'eau disponible sur une certaine période qui est

consommée (c'est-à-dire qui n'est pas immédiatement restituée dans le même bassin). De cette façon, il mesure la quantité d'eau bleue disponible pour les humains.

Le reste, les eaux souterraines et les cours d'eau de surface non consommés à des fins humaines, sont laissés pour soutenir les écosystèmes qui dépendent des cours d'eau souterraine et de surface. L'empreinte eau bleue à une étape du processus est calculée comme suit :

$$WF_{proc,blue} = \text{BlueWaterEvaporation} + \text{BlueWaterIncorporation} + \text{LostReturnflow} \quad [\text{volume/time}]$$

La dernière composante fait référence à la partie du flux de retour qui n'est pas disponible pour être réutilisée dans le même bassin au cours de la même période de prélèvement, soit parce qu'elle est renvoyée dans un autre bassin (ou déversée dans la mer), soit parce qu'elle est renvoyée dans un autre laps de temps. Lors de l'évaluation de l'empreinte eau bleue d'un procédé, il peut être pertinent (selon la portée de l'étude) de distinguer différents types de sources d'eau bleue. La division la plus pertinente est celle entre les eaux de surface, les eaux souterraines courantes (renouvelables) et les eaux souterraines fixes. La distinction peut être faite en parlant respectivement de l'empreinte eau bleue de surface, de l'empreinte eau bleue renouvelable et de l'empreinte eau bleue non renouvelable. En pratique, il est souvent très difficile de faire la distinction en raison de l'insuffisance des données, c'est pourquoi la distinction n'est souvent pas faite. Vous pouvez toutefois, si les données le permettent, spécifier l'empreinte eau bleue par source. Lorsque vous spécifiez l'empreinte totale de l'eau bleue par source, vous pouvez également distinguer explicitement l'utilisation de l'eau de pluie collectée. La collecte de l'eau de pluie est un cas un peu particulier, car on pourrait se demander si l'eau de pluie collectée est de l'eau verte ou bleue. La plupart du temps, la collecte de l'eau de pluie fait référence à la collecte de la pluie qui deviendrait autrement un ruissellement. Étant donné que l'utilisation de l'eau de pluie collectée soustraira des eaux de ruissellement, nous vous recommandons de considérer cette utilisation comme une empreinte eau bleue. Il existe différents types de techniques de collecte de l'eau de pluie pour fournir de l'eau potable, de l'eau pour le bétail ou de l'eau pour irriguer les cultures ou les jardins. Tant que nous parlons de collecte locale des eaux de ruissellement, comme dans le cas de la collecte de l'eau de pluie sur les toits ou d'autres surfaces dures ou dans le cas de l'acheminement de la pluie dans de petits étangs, nous pouvons classer l'utilisation consumériste de cette eau dans l'empreinte eau bleue. Si, en revanche, on parle de mesures visant à augmenter la capacité de rétention d'eau du sol

ou de toitures végétalisées pour retenir l'eau de pluie, l'utilisation intensive de cette eau pour la production agricole fera partie de l'empreinte eau verte.

L'unité bleue d'empreinte eau de traitement est le volume d'eau par unité de temps, par exemple, par jour, par mois ou par an. Lorsqu'elle est divisée par la quantité de produit provenant du processus, l'empreinte eau du processus peut également être exprimée en termes de volume d'eau par unité de produit. Voici comment obtenir les données nécessaires à la comptabilisation de l'empreinte eau bleue.

Procédés industriels: chaque composant de l'empreinte eau bleue peut être mesuré directement ou indirectement. En règle générale, on sait combien d'eau est ajoutée pour faire partie du produit. La quantité d'eau qui s'évapore pendant le stockage, le transport, le traitement et l'élimination n'est pas mesurée directement, mais peut être déduite de la différence entre les volumes d'extraction et d'élimination finale. Idéalement, vous pouvez vous appuyer sur des bases de données contenant des données typiques sur l'utilisation de l'eau pour différents types de processus de production. Cependant, de telles bases de données existent à peine et contiennent généralement des données sur les prélèvements d'eau (prélèvements), et non sur l'utilisation de l'eau par type d'utilisation. De plus, ces bases de données manquent généralement de détails et contiennent des données sur l'utilisation de l'eau par secteur d'activité (p. ex., raffineries de sucre, usines de textile, papeteries, etc.) plutôt que par procédé de fabrication. Des bases de données propriétaires telles qu'Ecoinvent (2010) peuvent également être consultées, mais ces bases de données fournissent généralement des données sur les prélèvements d'eau, et non sur l'utilisation de l'eau pour la consommation. Les meilleures sources de consommation d'eau bleue dans les processus de production sont les producteurs eux-mêmes ou les organisations régionales ou mondiales.

Procédés agricoles: Les statistiques disponibles sur l'utilisation de l'eau bleue dans l'agriculture montrent généralement le total des prélèvements d'eau pour l'irrigation uniquement, et non l'utilisation de l'eau bleue pour la consommation. Mesurer l'évapotranspiration de l'eau d'un champ est une tâche laborieuse. Et même en mesurant l'évapotranspiration totale, il serait nécessaire d'estimer quelle partie du total est de l'eau bleue. Par conséquent, on s'appuie généralement sur des modèles de bilan hydrique qui utilisent des données sur le climat, le sol, les caractéristiques des cultures et l'irrigation réelle comme intrants. La section 3.3.4 montre plus en détail comment l'empreinte eau bleue dans la croissance des cultures peut être estimée à partir d'un modèle de bilan hydrique. Sur la base de cartes mondiales indiquant où les différentes cultures sont cultivées et de cartes mondiales du climat, du sol et de l'irrigation, certains groupes de recherche du monde entier

France – Italia ALCOTRA

ont commencé à faire des estimations spatialement explicites de l'empreinte hydrique bleue (et verte) des cultures. Par exemple, pour le blé seul, il existe quatre ensembles de données mondiaux : . Des données géographiquement explicites sur l'empreinte hydrique des cultures pour toutes les principales cultures du monde sont disponibles sur le site Web du Water Footprint Network www.waterfootprint.org. Ces ensembles de données peuvent être utilisés pour la comptabilisation de l'empreinte eau au niveau B, comme décrit ci-dessus. Pour la comptabilité au niveau C, vous devrez appliquer vous-même un modèle de bilan hydrique approprié, ainsi que des données d'entrée spécifiques localement. [2][3]

Empreinte eau verte

L'empreinte eau verte est un indicateur de l'utilisation humaine de ce que l'on appelle l'eau verte. L'eau verte fait référence aux précipitations sur terre, qui ne drainent pas et ne rechargent pas les aquifères, mais sont stockées dans le sol ou restent temporairement à la surface sur le sol ou la végétation. Finalement, ces précipitations s'évaporent ou transpirent à travers les plantes. L'eau verte peut être rendue productive pour la croissance des cultures. Toute l'eau verte ne peut pas être absorbée par les cultures, car il y aura toujours une évaporation du sol et parce que toutes les périodes de l'année ou les zones ne sont pas propices à la croissance des cultures. L'empreinte eau verte est le volume d'eau de pluie consommé pendant le processus de production. Cela est particulièrement pertinent pour les produits agricoles et forestiers (produits cultivés ou à base de bois), où il s'agit de l'évapotranspiration totale de l'eau de pluie (des champs et des plantations) plus l'eau incorporée dans la culture ou le bois récolté. L'empreinte eau verte à une étape du processus est égale à :

$$WF_{proc,green} = \text{Green Water Evaporation} + \text{Green Water Incorporation}$$

[volume/time]

La distinction entre l'empreinte eau bleue et l'empreinte eau verte est importante car les impacts hydrologiques, environnementaux et sociaux, ainsi que les coûts d'opportunité économique de l'utilisation des eaux de surface et souterraines pour la production, diffèrent considérablement des impacts et des coûts de l'utilisation de l'eau de pluie. La consommation d'eau verte dans l'agriculture peut être mesurée ou estimée à l'aide d'un ensemble de formules empiriques ou d'un modèle de culture approprié pour estimer l'évapotranspiration sur la base de données d'entrée sur le climat, le sol et les caractéristiques des cultures. Ci-dessous, nous présenterons plus en détail comment l'empreinte hydrique verte dans la croissance des cultures peut être estimée.[4]

Empreinte eaux grises

L'empreinte eaux grises d'une étape du processus est un indicateur du degré de pollution de l'eau douce qui peut être associé à l'étape du processus. Elle est définie comme le volume d'eau douce nécessaire pour assimiler la charge polluante sur la base des concentrations de fond naturelles et des normes environnementales existantes de qualité de l'eau. Le concept d'empreinte eaux grises est né de la reconnaissance du fait que l'ampleur de la pollution de l'eau peut être exprimée en termes de volume d'eau nécessaire pour diluer les polluants afin qu'ils deviennent inoffensifs. L'empreinte eaux grises est calculée en divisant la charge polluante (L , en masse/temps) par la différence entre la norme environnementale de qualité de l'eau pour ce polluant (la concentration maximale acceptable (c_{max} , en masse/volume) et sa concentration naturelle dans le plan d'eau récepteur (c_{nat} , en masse/volume).

La concentration naturelle dans un plan d'eau récepteur est la concentration dans le plan d'eau qui se produirait s'il n'y avait pas de perturbations humaines dans le bassin. Pour les substances artificielles qui n'apparaissent pas naturellement dans l'eau, $c_{nat} = 0$. Lorsque les concentrations naturelles ne sont pas connues avec précision mais qu'elles sont estimées, pour simplifier, nous pouvons supposer $c_{nat} = 0$. Cependant, cela se traduira par une sous-estimation de l'empreinte des eaux grises lorsque

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad [\text{volume/time}]$$

c_{nat} n'est pas nul. On peut se demander pourquoi la concentration naturelle est utilisée comme référence, et non la concentration réelle dans le plan d'eau récepteur. La raison en est que l'empreinte des eaux grises indique la capacité d'assimilation appropriée. La capacité d'assimilation d'un plan d'eau récepteur dépend de la différence entre la concentration maximale admissible et la concentration naturelle d'une substance. Supposons que nous comparions la concentration maximale admissible avec la concentration réelle d'une substance. Dans ce cas, la capacité résiduelle d'assimilation, qui change continuellement, est examinée en fonction du niveau réel de pollution à un moment donné. Les calculs de l'empreinte des eaux grises sont effectués à l'aide des normes de qualité de l'eau ambiante pour le plan d'eau récepteur, comme norme pour les concentrations maximales admissibles. L'empreinte eaux grises vise à montrer le volume d'eau ambiante nécessaire à l'assimilation des produits chimiques. Les normes de qualité de l'eau ambiante sont une catégorie spécifique de normes de qualité de l'eau. D'autres normes sont, par exemple, les normes de qualité de l'eau potable, les normes de qualité de l'irrigation et les normes d'émission (ou d'effluents). Il faut

veiller à utiliser des normes de qualité de l'eau ambiante. Pour une substance particulière, la norme de qualité de l'eau ambiante peut varier d'un plan d'eau à l'autre. De plus, la concentration naturelle peut varier d'un endroit à l'autre. Par conséquent, une charge polluante spécifique peut entraîner une empreinte d'eaux grises à un endroit et à un autre à un autre. C'est raisonnable car le volume d'eau nécessaire pour assimiler une charge polluante particulière variera en fonction de la concentration maximale admissible et naturelle. Bien que des normes environnementales de qualité de l'eau existent souvent dans la législation nationale ou étatique ou doivent être formulées par le bassin hydrographique et/ou le plan d'eau dans le cadre d'une législation nationale ou d'un accord régional (comme dans la directive-cadre européenne sur l'eau, voir UE, 2000), elles n'existent pas pour toutes les substances et tous les lieux. Le plus important est de préciser quelles normes de qualité de l'eau et quelles concentrations naturelles ont été utilisées lors de la préparation d'un rapport sur l'empreinte des eaux grises.

Les normes de qualité de l'eau ambiante et les concentrations de fond naturelles varient pour les masses d'eau de surface et souterraines. Les seuils dans les eaux souterraines sont souvent basés sur les exigences en matière d'eau potable, tandis que les considérations écologiques déterminent généralement les concentrations maximales acceptables dans les eaux de surface. On pourrait proposer de calculer l'empreinte des eaux grises séparément pour les systèmes d'eau de surface et d'eau souterraine. Le problème, cependant, est que les eaux souterraines finissent généralement par devenir des eaux de surface, donc pour une charge de polluants dans les eaux souterraines, vous pouvez mieux prendre la différence entre la norme de qualité de l'eau et la concentration de fond naturelle pour le plan d'eau le plus critique (les systèmes d'eau souterraine et d'eau de surface). Vous pouvez prendre les données pertinentes pour les charges dans le système d'eau de surface. Lorsque vous savez précisément quelles charges arrivent (en premier) dans le système d'eau souterraine et quelles charges arrivent dans le système d'eau de surface, il est logique de montrer deux composantes de l'empreinte des eaux grises : l'empreinte des eaux souterraines grises et l'empreinte des eaux de surface grises. Une empreinte eaux grises supérieure à zéro n'implique pas automatiquement que les normes de qualité de l'eau ambiante sont violées ; Cela montre seulement qu'une partie de la capacité d'assimilation a déjà été consommée. Tant que l'empreinte calculée des eaux grises est inférieure au débit de la rivière ou des aquifères existants, il y a encore suffisamment d'eau pour diluer les polluants à une concentration inférieure à la norme. La concentration résultante sera strictement conforme à la norme lorsque l'empreinte eau grise calculée est exactement égale au débit d'eau ambiant. Lorsque l'effluent contient une charge chimique très élevée, l'empreinte eau

grise calculée peut dépasser le débit de la rivière ou des aquifères existants. Dans ce cas, la pollution est au-delà de la capacité d'assimilation du plan d'eau récepteur. Le fait que l'empreinte eaux grises puisse être supérieure au débit d'eau existant illustre que l'empreinte eaux grises ne montre pas « le volume d'eau polluée » (car on ne serait pas en mesure de polluer un volume plus important que celui qui existe). Au lieu de cela, l'empreinte eaux grises indique la gravité de la pollution de l'eau, exprimée en termes de volume d'eau douce nécessaire pour assimiler la charge polluante existante. L'approche de comptabilisation de l'empreinte des eaux grises est la même que l'approche des charges critiques. Dans les deux cas, la principale reconnaissance est que la différence entre la concentration maximale et la concentration naturelle limite l'espace d'absorption des déchets d'un plan d'eau. La charge critique fait référence à la situation où l'espace d'absorption des déchets a été entièrement consommé. À la charge critique, l'empreinte des eaux grises sera égale au débit d'eau disponible, qui est alors nécessaire en totalité pour diluer les produits chimiques à des concentrations acceptables.

Recyclage et réutilisation de l'eau

Le recyclage ou la réutilisation de l'eau affectera l'empreinte des eaux grises. Lorsque, après traitement, l'eau est entièrement recyclée ou réutilisée à la même fin ou à une autre fin, il n'y a pas d'effluent dans l'environnement, de sorte que l'empreinte des eaux grises sera nulle. Si, toutefois, l'eau est toujours éliminée dans l'environnement après une ou plusieurs réutilisations, il y aura une empreinte d'eaux grises liée à la qualité de l'effluent.

Traitement des eaux usées

Lorsque les eaux usées sont traitées avant d'être éliminées dans l'environnement, la concentration de polluants dans l'effluent final est plus faible, ce qui réduit l'empreinte des eaux grises. Il est à noter que l'empreinte eaux grises d'un procédé dépend de la qualité de l'effluent lorsqu'il est finalement éliminé dans l'environnement, et non de la qualité avant traitement. Le traitement des eaux usées peut ramener l'empreinte des eaux grises à zéro lorsque les concentrations de polluants dans l'effluent sont égales ou inférieures aux concentrations dans l'eau lors de son extraction. En passant, il est noté ici que le processus de traitement des eaux usées lui-même aura une empreinte eau bleue lorsque l'évaporation se produit pendant le processus de traitement dans des bassins ouverts.

Calcul de l'empreinte des cultures

De nombreux produits contiennent des ingrédients issus de l'agriculture ou de la sylviculture. Les cultures sont utilisées pour l'alimentation, les aliments pour animaux, les fibres, le carburant, les

huiles, les savons, les cosmétiques, etc. Le bois des arbres et des arbustes est utilisé pour le bois d'œuvre, le papier et le combustible. Parce que les secteurs agricole et forestier consomment beaucoup d'eau, les produits qui impliquent l'agriculture ou la foresterie dans leur système de production auront souvent une empreinte eau importante. Pour tous ces produits, il est pertinent d'examiner l'empreinte eau de la culture ou de la culture arboricole. Cette section traite des détails de l'évaluation de l'empreinte hydrique du processus de culture ou d'arboriculture. La méthode

$$WF_{proc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,gray} \quad [\text{volume/mass}]$$

s'applique aux cultures annuelles et vivaces, où les arbres peuvent être considérés comme des vivaces. Ci-dessous, le terme « culture » est utilisé dans un sens large, incluant ainsi également les « arbres » cultivés pour le bois. L'empreinte hydrique totale du processus de culture des cultures ou des arbres est la somme des composantes vertes, bleues et grises :

Dans cette section, nous exprimerons toutes les empreintes sur l'eau de processus par unité de produit, c'est-à-dire en volume d'eau par masse. Nous exprimons généralement l'empreinte des eaux de process dans l'agriculture ou la sylviculture en m/tonne, ce qui équivaut à litre/kg. La composante verte de l'empreinte hydrique du processus de culture d'une culture est calculée en divisant la composante verte utilisée de la culture par unité de surface par le rendement de la culture (Y, tonne/ha). La composante bleue est calculée de la même manière :

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

Les rendements des cultures annuelles peuvent être considérés comme donnés dans les statistiques de rendement. Dans le cas des cultures pérennes, il faut tenir compte du rendement annuel moyen sur l'ensemble de la vie de la culture. De cette façon, il tient compte du fait que le rendement de la première année de plantation est faible ou nul, que les rendements sont plus élevés après quelques années et que les rendements diminuent souvent à la fin de la vie d'une culture pérenne. De plus, pour l'utilisation de l'eau de culture, il faut prendre l'utilisation annuelle moyenne de l'eau de culture sur toute la durée de vie de la culture. La composante grise de l'empreinte hydrique d'une culture est

calculée comme le taux d'application de produits chimiques au champ par hectare multiplié par la fraction de lessivage-ruissellement (α) divisée par la concentration maximale moins la concentration naturelle du polluant considéré, puis divisée par le rendement de la culture (Y , tonne/ha).

Les polluants sont généralement constitués d'engrais (azote, phosphore, etc.), de pesticides et d'insecticides. Seul le « flux de déchets » vers les plans d'eau douce doit être pris en compte, ce qui représente généralement une fraction de l'application totale d'engrais ou de pesticides sur le terrain. Seul le polluant le plus critique doit être pris en compte, c'est-à-dire celui pour lequel le calcul

$$WF_{proc, grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

ci-dessus produit le plus grand volume d'eau.

Les composantes verte et bleue de l'utilisation de l'eau par les cultures sont calculées à partir de l'accumulation de l'évapotranspiration quotidienne (ET , mm/jour) pendant toute la période de croissance :

$$CWU_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \quad [\text{volume/area}]$$

$$CWU_{blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \quad [\text{volume/area}]$$

Le facteur 10 est conçu pour convertir les profondeurs d'eau en millimètres en volumes d'eau par surface terrestre en m/ha. La sommation est effectuée dans la période allant du jour du semis (jour 1) au jour de la récolte (lgp signifie durée de la période de croissance en jours). Étant donné que la durée de la période de croissance peut varier considérablement d'une manière à ce que la durée de la croissance varie considérablement entre les différentes variétés de cultures, ce facteur peut affecter considérablement l'utilisation calculée de l'eau pour la culture. Pour les cultures permanentes (pérennes) et les forêts de production, l'évapotranspiration tout au long de l'année doit être prise en compte. L'évapotranspiration d'un champ peut être mesurée ou estimée au moyen d'un modèle basé sur des formules empiriques. La mesure de l'évapotranspiration est coûteuse et inhabituelle. En général, on estime l'évapotranspiration indirectement au moyen d'un modèle qui utilise des données sur le climat, les propriétés du sol et les caractéristiques des cultures comme données d'entrée. Il existe de nombreuses autres façons de modéliser l'ET et la croissance des

cultures. L'un des modèles fréquemment utilisés est le modèle EPIC, également disponible sous forme de grille. Un autre modèle est le modèle CROPWAT développé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Le modèle CROPWAT offre deux options différentes pour calculer l'évapotranspiration : l'option « demande en eau des cultures » (en supposant des conditions optimales) et l'option « calendrier d'irrigation » (y compris la possibilité de spécifier l'approvisionnement réel en irrigation au fil du temps). Nous vous recommandons d'appliquer la deuxième option dans la mesure du possible, car elle s'applique à la fois aux conditions de croissance optimales et non optimales et parce qu'elle est plus précise (car le modèle sous-jacent inclut un bilan hydrique dynamique du sol). Un manuel complet pour l'utilisation pratique du programme CROPWAT est disponible en ligne. [5][6][7]

L'estimation de l'empreinte eau, de l'eau verte, bleue et grise de la culture d'une culture nécessite un grand nombre de sources de données. En général, il est toujours préférable de trouver des données locales relatives à la localisation du champ de culture. Dans de nombreux cas, il est trop laborieux de collecter des données spécifiques à la localisation compte tenu de l'objectif de l'évaluation. Si l'objectif de l'évaluation permet une estimation approximative, vous pouvez décider de travailler avec des données provenant d'emplacements proches ou avec des moyennes régionales ou nationales qui peuvent être plus facilement disponibles.

Données requises

Données climatiques: Le calcul doit être effectué à l'aide des données climatiques provenant des stations météorologiques les plus proches et les plus représentatives situées à proximité du champ cultivé concerné ou dans la région de production agricole concernée ou à proximité. Pour les régions comportant plus d'une station climatique, des calculs peuvent être effectués pour chaque station et les résultats peuvent être pondérés. La base de données climatiques CLIMWAT 2.0 fournit les données climatiques nécessaires dans le format approprié requis par le modèle CROPWAT 8.0. La base de données ne fournit pas de données pour des années spécifiques, mais des moyennes sur trente ans. Une autre source est LocClim 1, qui fournit des estimations des conditions climatiques moyennes dans des endroits pour lesquels aucune observation n'est disponible. Il est également possible d'utiliser des bases de données climatiques basées sur des grilles: des valeurs mensuelles des principaux paramètres climatiques avec une résolution spatiale de 30 minutes d'arc peuvent être obtenues à partir du CRU TS-2.1 via le GeoPortal CGIAR-CSI. Le National Climate Data Center des États-Unis fournit des données climatiques quotidiennes pour un grand nombre de stations dans le monde. En outre, la FAO fournit, par le biais de son site Web GeoNetwork, des précipitations

moyennes à long terme et une évapotranspiration de référence avec une résolution spatiale de 10 minutes d'arc.

Paramètres de la culture: Les coefficients de culture et le modèle de culture (dates de plantation et de récolte) peuvent être mieux calculés à partir des données locales. La variété des cultures et la période de croissance appropriée pour un type particulier de culture dépendent dans une large mesure du climat et de nombreux autres facteurs tels que les coutumes locales, les traditions, la structure sociale, les normes et les politiques existantes. Par conséquent, les données sur les cultures les plus fiables sont celles obtenues auprès des stations de recherche agricole locales. Le Système mondial d'information et d'alerte rapide (SMIAR) en ligne de la FAO fournit des calendriers de culture pour les principales cultures dans les pays en développement. Vous pouvez accéder aux images compressées du calendrier des cultures pour chaque continent directement depuis le Web.

Cartes des cultures: Les superficies de récolte et les rendements de 175 cultures à une résolution de cellule de grille de 5 minutes d'arc sont disponibles sur le site Web du Groupe de recherche sur l'utilisation des terres et les changements environnementaux mondiaux, Département de géographie, Université McGill. Il est toujours conseillé de se référer aux bases de données locales (SIG) obtenues à partir de portails régionaux ou nationaux.

Rendements des cultures: les données de rendement peuvent être obtenues localement, au niveau de résolution spatiale requis. Assurez-vous que la façon dont les rendements sont mesurés est claire (p. ex., quelle partie de la culture est en poids sec ou humide). Une base de données mondiale est disponible auprès de la FAO. [8]

Cartes des sols: ISRIC-WISE fournit un ensemble de données mondiales pour les propriétés du sol dérivées à une résolution de 5 minutes d'arc et de 30 minutes d'arc. En outre, le site Web FAO GeoNetwork fournit les données maximales disponibles sur l'humidité du sol à une résolution de 5 minutes d'arc. Lors de l'application de l'option « calendrier d'irrigation » dans le modèle CROPWAT, des données sur le sol sont requises; Si aucune donnée sur le sol n'est disponible, nous vous recommandons de choisir « Sol moyen » par défaut.

Cartes d'irrigation: La version 4.0.1 de la carte mondiale des zones d'irrigation (GMIA) avec une résolution spatiale de 5 minutes d'arc définit les zones équipées pour l'irrigation. Des cartes d'irrigation pour 26 cultures principales, de 5 et 30 minutes d'arc, peuvent être obtenues sur le site Web de l'Université de Francfort. Ces données fournissent également les superficies de cultures

irriguées par la pluie pour les mêmes 26 cultures. Des données précises peuvent être estimées à partir des bases de données régionales relatives aux districts d'irrigation dans la zone du projet.[9]

Dans les calculs ci-dessus, nous n'avons pas encore pris en compte l'eau verte et l'eau bleue incorporées dans la culture récoltée. Vous pouvez trouver cette composante de l'empreinte hydrique simplement en regardant la fraction de l'eau de culture récoltée. Pour les fruits, cela représente généralement entre 80 et 90 % de la masse humide, pour les légumes souvent entre 90 et 95 %. On peut supposer que le rapport vert-bleu dans l'eau qui est incorporée dans la culture est égal au rapport entre le vert et le bleu CWU. Cependant, l'ajout d'eau incorporée à l'eau évaporée ajoutera peu au chiffre final de l'empreinte eau, car l'eau incorporée est généralement de l'ordre de 0,1 % de l'eau évaporée, jusqu'à 1 % au maximum. Dans cette section, nous avons examiné le calcul de l'empreinte hydrique d'une culture sur le terrain. L'empreinte eau bleue calculée ici se réfère à l'évapotranspiration de l'eau d'irrigation du champ de culture uniquement. Il exclut l'évaporation de l'eau des réservoirs d'eau de surface construits pour stocker l'eau d'irrigation et l'évaporation de l'eau des canaux de transport qui transportent l'eau d'irrigation du site d'extraction au champ. Le stockage et le transport de l'eau sont deux processus qui précèdent le processus de culture de la culture dans le champ et ont leur propre empreinte eau. Les pertes par évaporation au cours de ces deux étapes précédentes du processus peuvent être très importantes et devraient idéalement être prises en compte lorsqu'on s'intéresse à l'empreinte hydrique du produit cultivé récolté.

Modèles d'estimation de l'empreinte eau des produits animaux (viande, lait, œufs)

Différents modèles peuvent être utilisés pour calculer l'empreinte eau des produits animaux, en fonction du niveau de détail et de la portée requise. Parmi les modèles les plus couramment utilisés, citons :

Modèle d'évaluation de l'empreinte hydrique (WFA)

Développé par Hoekstra et al. (2011) dans le cadre du Water Footprint Network (WFN). Le modèle utilise des indices de conversion des aliments, des données sur la consommation d'eau et des conditions environnementales. Il peut être appliqué sur le bœuf, le porc, la volaille, les produits laitiers et d'autres produits animaux. Le manuel d'évaluation de l'empreinte eau fournit des méthodologies pour calculer l'utilisation de l'eau dans les chaînes de production.

Modèle mondial d'évaluation environnementale de l'élevage (GLEAM)

Élaborée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime l'empreinte hydrique en intégrant la production d'aliments pour animaux, le métabolisme animal et la gestion du fumier. Il utilise des données spatialement explicites pour évaluer les impacts mondiaux et régionaux.

Modèle CROPWAT

Développé par la FAO pour estimer les besoins en eau des cultures et les besoins en irrigation. Il estime indirectement l'empreinte eau des produits animaux en calculant les besoins en eau des cultures fourragères.

TAPER

Simuler les processus hydrologiques et évaluer la disponibilité des ressources en eau pour l'élevage. Il permet d'évaluer l'empreinte hydrique régionale des systèmes de production animale.

Modèle d'évaluation directe

La mesure de l'empreinte hydrique des produits animaux au niveau de l'exploitation nécessite une collecte de données détaillée et des calculs précis de l'utilisation des eaux vertes, bleues et grises. Pour évaluer l'empreinte eau des produits animaux, il est nécessaire de mesurer et de calculer l'utilisation directe et indirecte de l'eau tout au long du cycle de vie de l'animal. La méthode directe consiste à mesurer les trois composantes de l'empreinte eau. Cela peut être fait si la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise comprend également l'élevage. Dans le cas où l'animal abattu entre dans la ferme en tant que matière première, il est conseillé d'utiliser les méthodes précédentes pour estimer la teneur en eau de la matière première.

L'évaluation peut être effectuée par :

Collecter des données à l'échelle de l'exploitation

- a. Données sur les animaux :
 - a. Nombre d'animaux dans le troupeau.
 - b. Période de croissance (de la naissance à l'abattage).
 - c. Taux de conversion alimentaire (kg d'aliment par kg de gain de poids).
 - d. Consommation d'eau potable par animal et par jour.
- b. Données de production d'aliments pour animaux :
 - a. Type et quantité d'aliments consommés par animal.

France – Italia ALCOTRA

- b. Source d'alimentation (à la ferme ou importée).
- c. Besoins en eau pour l'irrigation des cultures.
- c. Utilisation de l'eau à la ferme :
 - a. Apport quotidien d'eau pour boire.
 - b. Eau utilisée pour le nettoyage des installations et des équipements.
 - c. Eau utilisée pour la gestion du fumier.
- d. Données environnementales :
 - a. Taux de précipitations et évapotranspiration (pour les cultures de pâturage et les cultures fourragères).
 - b. Niveaux de pollution de l'eau par le ruissellement du fumier.

Calculer chaque composant de l'eau

- a) Empreinte eau verte (utilisation de l'eau de pluie pour l'alimentation et les pâturages). Calculez la consommation totale d'eau de pluie des cultures et des pâturages utilisés pour nourrir l'animal. L'eau de pluie utilisée par les cultures fourragères et les pâturages peut être calculée comme décrit ci-dessus.
- b) Empreinte eau bleue (irrigation et eau potable). Mesurer la consommation d'eau par animal et l'eau d'irrigation utilisée pour les cultures. L'eau pour les cultures peut être estimée, comme décrit ci-dessus, en supposant que la culture ne soit pas placée dans des conditions de stress hydrique.
- c) Empreinte eaux grises (eau due à la dilution de la pollution). Calculer l'eau nécessaire pour diluer l'azote, le phosphore et d'autres polluants du fumier et des déchets agricoles jusqu'à des limites environnementales acceptables.

Interprétation et benchmarking

Il est toujours nécessaire de comparer les résultats avec les moyennes nationales/régionales (par exemple, la production de viande bovine nécessite généralement 15 000 à 20 000 litres d'eau par kg de viande, mais il existe de fortes variations au niveau national, régional et au niveau des exploitations).

Empreinte eau d'un produit

Définition

L'empreinte eau d'un produit est définie comme le volume total d'eau douce utilisé directement ou indirectement pour produire le produit. Elle est estimée en prenant en compte la consommation et la pollution de l'eau à toutes les étapes de la chaîne de production. La procédure comptable est similaire pour tous les types de produits, qu'il s'agisse de produits dérivés des secteurs agricole, industriel ou des services. L'empreinte eau d'un produit est divisée en une composante verte, bleue et grise. Dans le cas des produits agricoles, l'empreinte eau est généralement exprimée en m/tonne ou en litres/kg. Dans de nombreux cas, lorsque les produits agricoles sont comptables, l'empreinte eau peut également être exprimée en volume d'eau par pièce. D'autres façons d'exprimer l'empreinte eau d'un produit sont par exemple le volume d'eau/kcal (pour les produits alimentaires dans le cadre des régimes) ou le volume d'eau/joule (pour l'électricité ou les carburants).

Schématisation du système de production en phases de processus

Pour estimer l'empreinte eau d'un produit, vous devez commencer par comprendre comment un produit est fabriqué. Pour cette raison, le « système de production » devra être identifié. Un système de production se compose d'« étapes de processus » séquentielles. Un exemple (simplifié) du système de production d'un T-shirt en coton est : la croissance, la récolte, l'égrenage, le cardage, le tricotage, le blanchiment, la teinture, l'impression, la finition. Étant donné que de nombreux produits nécessitent plusieurs intrants, il arrive souvent que plusieurs étapes de processus précèdent une étape de processus ultérieure. Dans ce cas, nous n'aurons pas une chaîne linéaire d'étapes de processus, mais plutôt un « arbre de produits ». Un exemple (simplifié) d'arbre de produits est : la production d'aliments et de toutes sortes d'autres intrants nécessaires à l'élevage intensif, à l'élevage d'animaux et enfin à la production de viande. Étant donné que les systèmes de production produisent souvent plus d'un produit final (par exemple, les vaches peuvent fournir du lait ainsi que de la viande et du cuir), même la métaphore d'un arbre à produits est insuffisante. En réalité, les systèmes de production sont des réseaux complexes de processus connectés, souvent même circulaires.

Pour estimer l'empreinte eau d'un produit, le système de production devra être schématisé en un nombre limité d'étapes de processus connectées. De plus, lorsque vous comptez aller au-delà d'une analyse très superficielle basée sur des moyennes globales, vous devrez préciser les phases dans le temps et dans l'espace, ce qui signifie que vous devrez retracer l'origine des intrants du produit. Dans l'exemple du T-shirt en coton ci-dessus, la croissance du coton peut avoir lieu à un endroit (la Chine), tandis que la production peut avoir lieu à un autre endroit (la Malaisie) et la consommation à un autre encore (l'Allemagne). Les circonstances de production et les caractéristiques du processus

différent d'un endroit à l'autre, de sorte que le lieu de production affecte la taille et la couleur de l'empreinte eau. De plus, vous voudrez peut-être être en mesure de cartographier géographiquement l'empreinte hydrique d'un produit final à la fin, c'est donc une autre raison de garder une trace de l'emplacement. La schématisation d'un système de production en phases de processus distinctes nécessite inévitablement des hypothèses et des simplifications. Le problème de troncature mentionné ci-dessus est particulièrement pertinent. Théoriquement, puisque de nombreux systèmes de production contiennent des composants circulaires, on pourrait continuer à suivre les intrants à l'infini à travers le réseau d'étapes de processus connectées. En pratique, vous devrez arrêter l'analyse aux points où le travail supplémentaire n'ajoutera pas d'informations plus significatives aux fins de l'analyse. Pour les produits industriels, un schéma du système de production basé sur des sources de données accessibles au public peut généralement être construit relativement facilement. Il est bien sûr préférable de rechercher des informations sur les étapes du processus qui sont entreprises dans la chaîne d'approvisionnement réelle du produit considéré. Cela passe par la traçabilité de tous les ingrédients du produit.

Calcul de l'empreinte eau d'un produit

L'empreinte eau d'un produit peut être calculée de deux manières alternatives : avec l'approche de la somme en chaîne ou avec l'approche cumulative progressive. La première ne peut s'appliquer qu'à des cas particuliers ; La seconde est l'approche générique.

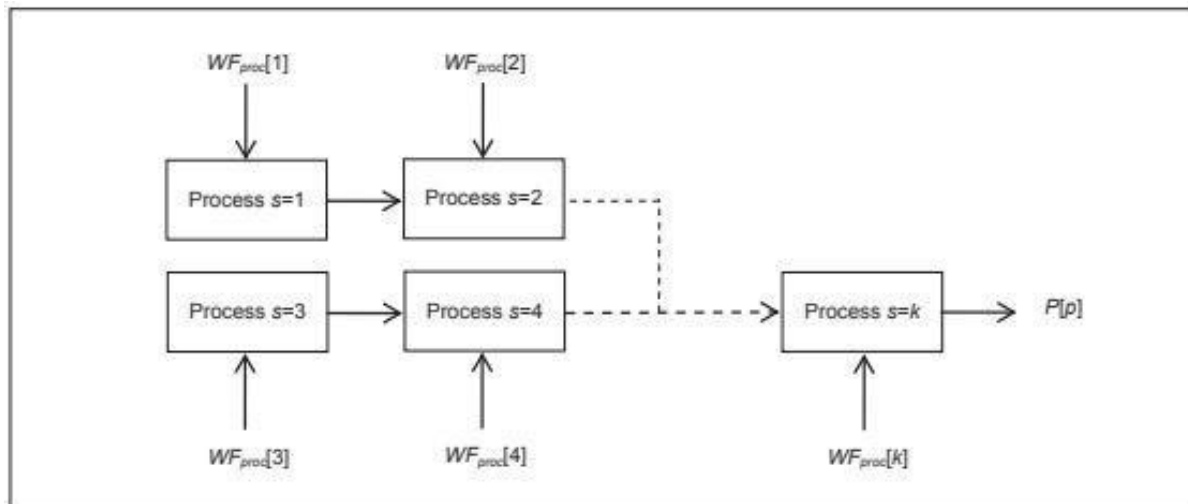
L'approche de la sommation en chaîne

Cette approche est plus simple que celle qui sera abordée plus loin, mais elle ne peut être appliquée que dans le cas où un système de production produit un produit extrant (Figure 3). Dans ce cas particulier, les empreintes hydriques qui peuvent être associées aux différentes étapes du processus dans le système de production peuvent toutes être entièrement attribuées au produit qui résulte du système. Dans ce système de production simple, l'empreinte eau du produit p (volume/masse) est égale à la somme des empreintes eau de traitement pertinentes divisée par la quantité produite du produit p :

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/mass}]$$

où $WF_{proc}[s]$ est l'empreinte eau de procédé de l'étape s (volume/temps), et $P[p]$ la quantité produite du produit p (masse/temps). En pratique, il est rare qu'il existe des systèmes de production simples avec un seul produit de sortie, de sorte qu'une méthode de comptabilité plus générique est nécessaire, qui puisse distribuer l'eau utilisée par le biais d'un système de production aux différents produits de sortie qui découlent de ce système, sans double comptage.

Figure 4 Schématisation du système de production pour produire le produit p en k étapes du



processus. Certaines phases sont en série, d'autres sont parallèles. L'empreinte eau du produit de sortie p est calculée comme la somme des empreintes eau de processus des processus qui composent le système de production. Remarque : Ce schéma simplifié suppose que p est le seul produit extrant du système de production

Approche cumulative étape par étape

Cette approche est une façon générique de calculer l'empreinte eau d'un produit en fonction de l'empreinte eau des produits intrants qui ont été nécessaires à la dernière étape de traitement pour produire ce produit et de l'empreinte eau de procédé de cette étape de traitement. Supposons que nous ayons un certain nombre de produits d'entrée lorsque nous fabriquons un produit de sortie. Dans ce cas, nous pouvons obtenir l'empreinte eau du produit de sortie en additionnant simplement les empreintes d'eau des produits d'entrée et en ajoutant l'empreinte eau du processus. Supposons un autre cas où nous avons un produit d'entrée et un certain nombre de produits de sortie. Dans ce cas, vous devez répartir l'empreinte eau du produit d'entrée entre ses produits séparés. Cela peut se faire proportionnellement à la valeur des produits extrants. Cela pourrait également être fait proportionnellement au poids des produits, mais cela serait moins important. Enfin, considérons le

cas plus générique (Figure 5). Nous voulons calculer l'empreinte eau d'un produit p, qui est traité par y produits d'entrée. Les produits d'entrée sont numérotés de i=1 à y. Supposons que le traitement des produits d'entrée y donne les produits de sortie z. Nous numérotons les produits de sortie de p=1 à z.

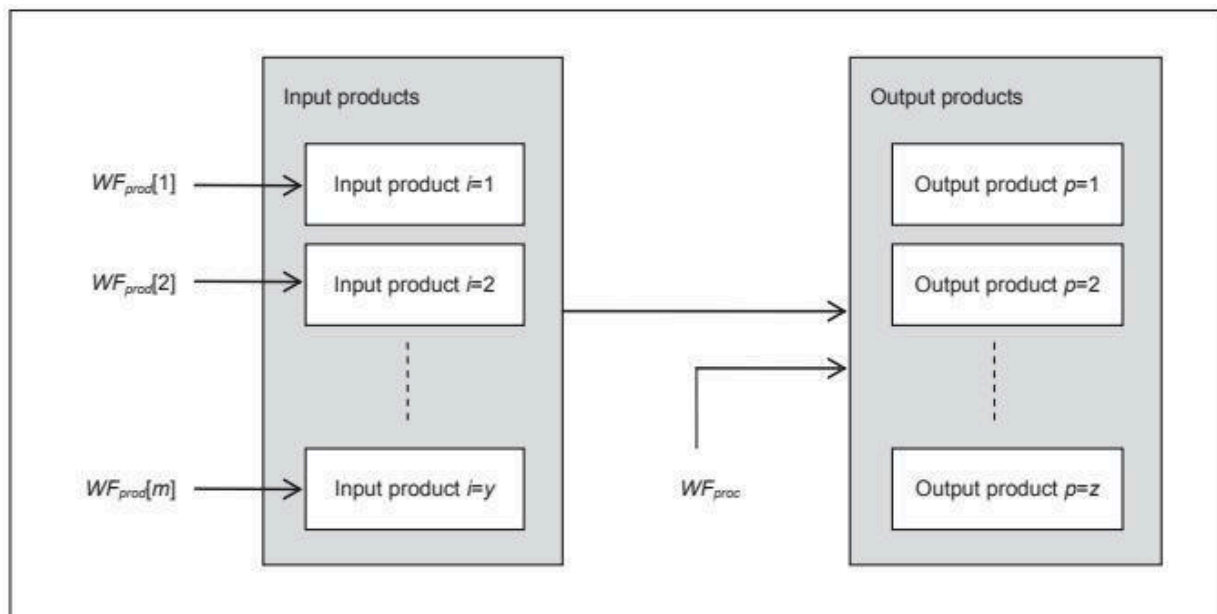


Figure 5 Schématisation de la dernière étape du processus dans le système de production pour produire le produit p. L'empreinte eau du produit de sortie p est calculée sur la base de l'empreinte eau des produits d'entrée et de l'empreinte eau du processus lors de la transformation des entrées en sorties

Si une partie de la consommation d'eau est impliquée pendant le traitement, l'empreinte hydrique du processus est ajoutée à l'empreinte hydrique des produits intrants avant que le total ne soit réparti entre les divers produits extrants. L'empreinte eau du produit de sortie p est calculée comme suit :

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad [\text{volume/mass}]$$

où $WF_{prod}[p]$ est l'empreinte eau (volume/masse) du produit de sortie p, $WF_{prod}[i]$ l'empreinte eau du produit d'entrée i et $WF_{proc}[p]$ l'empreinte d'eau de traitement de l'étape de traitement qui transforme les produits d'entrée y en z produits de sortie, exprimée en consommation d'eau par unité de produit transformé p (volume/masse). Le paramètre f [p,i] est ce que l'on appelle une « fraction de produit » et le paramètre f [p] est une « fraction de valeur ». Les deux seront définis

ci-dessous. Gardez à l'esprit que dans l'équation, l'empreinte eau de traitement doit être prise en termes de volume d'eau par unité de produit transformé ; Lorsque l'empreinte eau de procédé est donnée par unité d'un intrant spécifique, le volume donné doit être divisé par la fraction de produit pour ce produit d'entrée. La fraction de produit d'un produit de sortie p qui est traité par un produit d'entrée i ($f_p[p,i]$, masse/masse) est définie comme la quantité du produit de sortie ($w[p]$, masse) obtenue par la quantité de produit d'entrée ($w[i]$, masse) :

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]}$$

La fraction de la valeur d'un produit extrant p ($f_v[p]$, unité monétaire/unité monétaire) est définie comme le rapport entre la valeur marchande de ce produit et la valeur marchande agrégée de tous les produits extrants ($p=1$ à z) obtenus à partir des produits intrants :

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (price[p] \times w[p])}$$

où $price[p]$ fait référence au prix du produit p (unité monétaire/masse). La somme du dénominateur est celle des produits de sortie z ($p=1$ à z) qui proviennent des produits d'entrée. Notons qu'ici on prend le « prix » comme indicateur de la valeur économique d'un produit, ce qui n'est pas toujours le cas, par exemple lorsqu'il n'y a pas de marché pour un produit ou lorsque le marché est faussé. Bien sûr, vous pouvez tirer le meilleur parti de la valeur économique réelle. Notez que dans un cas simple, où l'on transforme un seul produit d'entrée en un produit de sortie, le calcul de l'empreinte eau du produit de sortie devient assez simple :

$$WF_{prod}[p] = WF_{proc}[p] + \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \quad [\text{volume/mass}]$$

Pour calculer l'empreinte eau du produit final dans un système de production, il est préférable de commencer par calculer l'empreinte eau des ressources les plus originales (là où commence la chaîne d'approvisionnement), puis de calculer, étape par étape, l'empreinte eau des produits intermédiaires, jusqu'à ce que vous puissiez calculer l'empreinte eau du produit final. La première étape consiste toujours à obtenir l'empreinte eau des produits entrants et de l'eau utilisée pour les transformer en

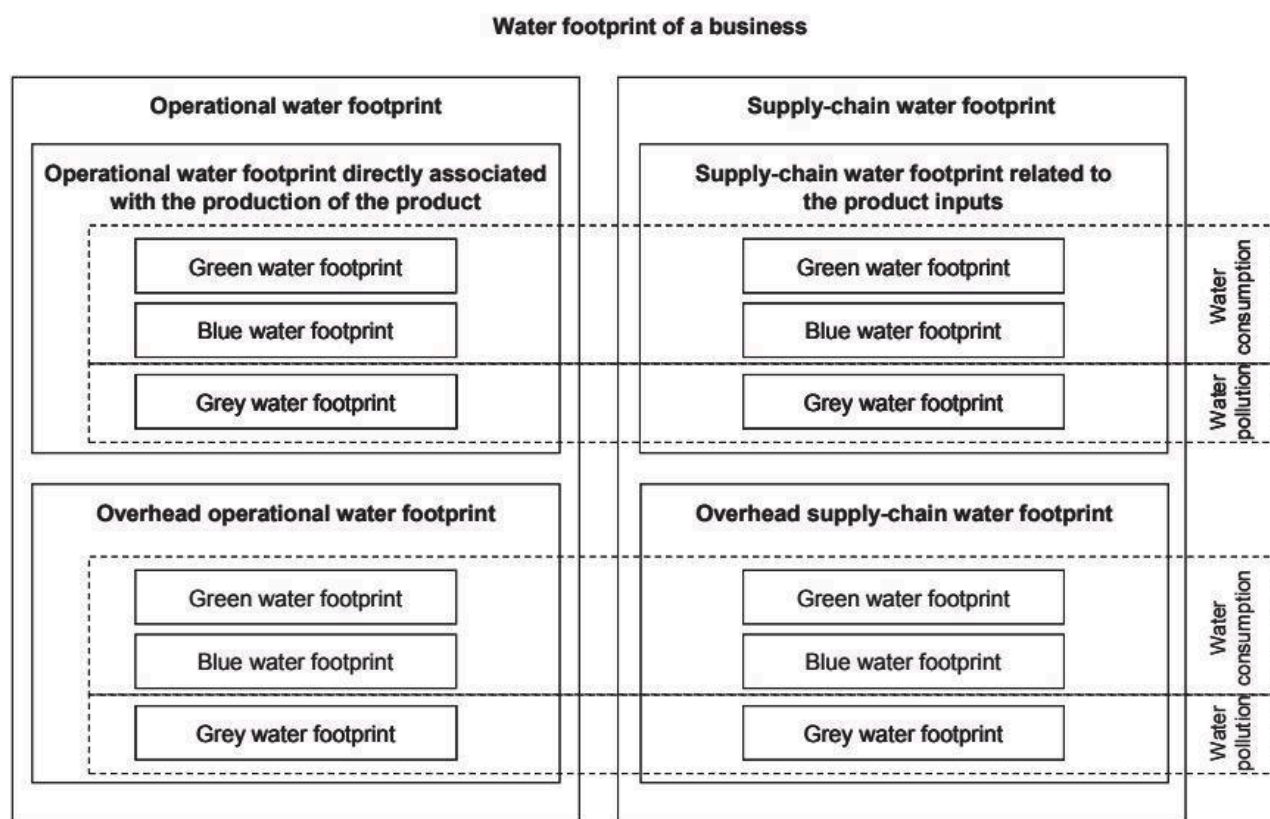
produit sortant. Le total de ces composantes est ensuite réparti entre les différents produits de sortie, en fonction de leur fraction de produit et de leur fraction de valeur.

La meilleure façon de calculer les fractions de produit est de tirer de la documentation disponible pour un processus de production spécifique. Les fractions de produit se situent souvent dans une fourchette assez étroite, mais parfois la quantité de produit de sortie par unité de produit d'entrée dépend vraiment du processus précis appliqué. Dans ce cas, il est important de savoir quel type de processus est appliqué dans le cas à l'étude. Pour les produits agricoles et d'élevage, les fractions de produit peuvent être trouvées dans . Les fractions de valeur fluctuent au fil des ans en fonction de l'évolution des prix. Pour éviter un effet important de la fluctuation des prix sur le résultat des calculs de l'empreinte eau, nous recommandons d'estimer les fractions de valeur sur la base du prix moyen sur une période d'au moins cinq ans. Les fractions de valeur d'un large éventail de produits agricoles et d'élevage sont signalées dans Chapagain et Hoekstra (2004). Nous vous recommandons toutefois de rechercher d'abord des données qui se rapportent au cas réel considéré avant de prendre les valeurs par défaut de la littérature. L'empreinte eau du procédé à une étape donnée du processus peut varier en fonction du type de méthode appliquée (par exemple, broyage humide ou sec, nettoyage sec ou humide, système de refroidissement fermé ou système de refroidissement ouvert avec évaporation de l'eau). Pour de nombreux procédés, on trouve dans la littérature des estimations des prélèvements d'eau, mais pas de l'utilisation de l'eau pour la consommation. Les données générales sur la pollution par processus sont également rares ; Ils varient considérablement d'un endroit à l'autre, de sorte qu'il serait très approximatif d'utiliser des estimations générales. Il va falloir chercher les données à la source, c'est-à-dire les fabricants et les usines.[10][11]

Empreinte eau d'une entreprise

Définition

L'empreinte hydrique d'une entreprise est définie comme le volume total d'eau douce utilisé directement ou indirectement pour l'exploiter et la soutenir. Il se compose de deux composants principaux. L'empreinte hydrique opérationnelle (ou directe) d'une entreprise est le volume d'eau douce consommé ou pollué en raison des activités de l'entreprise. L'empreinte hydrique (ou indirecte) de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise est le volume d'eau douce consommé ou pollué pour produire l'ensemble des biens et services qui composent les intrants de production de l'entreprise. Au lieu du terme « empreinte eau de l'entreprise », vous pouvez également utiliser les termes « empreinte eau de l'entreprise » ou « empreinte eau de l'entreprise ». L'empreinte hydrique



totale d'une exploitation agricole peut être schématisée en composants, comme le montre la Figure 6.

Figure 6 Composition de l'empreinte eau d'une entreprise

Après avoir distingué l'empreinte eau de l'exploitation et de la chaîne d'approvisionnement, on peut faire la distinction entre l'empreinte eau qui peut être immédiatement associée au(x) produit(s)

fabriqué(s) par les entreprises et l'empreinte eau globale. Cette dernière est définie comme l'empreinte eau liée aux activités générales de gestion d'une entreprise et aux biens et services généraux consommés par l'entreprise. L'expression « empreinte hydrique générale » est utilisée pour identifier la consommation d'eau qui est nécessaire au fonctionnement continu de l'entreprise, mais qui n'est pas directement liée à la production d'un produit particulier. Dans tous les cas, on peut distinguer une composante d'empreinte eau verte, bleue et grise.

En plus de l'empreinte eau opérationnelle et de la chaîne d'approvisionnement, une entreprise peut vouloir distinguer une empreinte eau « finale » de son produit. Cette empreinte eau fait référence à la consommation d'eau et à la pollution par les consommateurs lors de l'utilisation du produit, par exemple, pensez à la pollution de l'eau qui provient de l'utilisation de savons à la maison. Il est strictement dit que l'empreinte eau finale d'un produit ne fait pas partie de l'empreinte eau de l'entreprise ou de l'empreinte eau du produit, mais qu'elle fait partie de l'empreinte eau du consommateur. Les consommateurs peuvent utiliser les produits de différentes manières, de sorte que l'estimation de l'empreinte eau « finale » d'un produit nécessitera des hypothèses sur l'utilisation moyenne. Par définition, l'empreinte eau d'une entreprise est égale à la « somme des empreintes eau des produits de production de l'entreprise ». L'empreinte eau de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise est égale à la « somme des empreintes hydriques des intrants de l'entreprise ». Calculer l'empreinte eau d'une entreprise ou calculer l'empreinte eau des principaux produits fabriqués par une entreprise est plus ou moins la même chose, mais l'objectif est différent. Dans le calcul de l'empreinte eau d'une entreprise, l'accent est mis sur la distinction entre l'empreinte hydrique opérationnelle (directe) et l'empreinte hydrique de la chaîne d'approvisionnement (indirecte). C'est très pertinent d'un point de vue politique, car une entreprise a un contrôle direct sur son empreinte hydrique opérationnelle et une influence indirecte sur l'empreinte hydrique de sa chaîne d'approvisionnement. Lors du calcul de l'empreinte hydrique d'un produit, il n'y a pas de distinction entre l'empreinte hydrique directe et indirecte ; Il se contente de prendre en compte l'empreinte eau de tous les processus pertinents au sein du système de production, sans tenir compte de la manière dont le système de production peut être détenu et exploité par différentes entreprises. Il est possible d'établir un hybride entre le compte de l'empreinte eau d'un produit et celui d'une entreprise en se concentrant sur le calcul de l'empreinte hydrique d'un produit particulier, par exemple en ne regardant qu'un seul des nombreux produits fabriqués par une entreprise, mais en précisant quelle partie de l'empreinte hydrique du produit se produit dans les propres opérations de l'entreprise et quelle partie de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise. La comptabilité de

L'empreinte eau des entreprises offre une nouvelle perspective pour développer une stratégie commerciale de l'eau bien informée. En effet, l'empreinte eau en tant qu'indicateur de l'utilisation de l'eau diffère de l'indicateur « prélèvement d'eau dans les opérations commerciales » utilisé par la plupart des entreprises jusqu'à présent. Voici quelques implications possibles pour les entreprises qui commencent à réfléchir à leur empreinte hydrique :

- Les entreprises se sont traditionnellement concentrées sur l'utilisation de l'eau dans leurs activités, et non dans leur chaîne d'approvisionnement. L'empreinte eau nécessite une approche intégrée. La plupart des entreprises constateront que l'empreinte eau de leur chaîne d'approvisionnement est beaucoup plus importante que l'empreinte eau opérationnelle. Par conséquent, les entreprises peuvent conclure qu'il est plus rentable de réorienter les investissements des efforts visant à réduire la consommation d'eau opérationnelle vers les efforts visant à réduire l'empreinte hydrique de leur chaîne d'approvisionnement et les risques associés.
- Les entreprises ont toujours envisagé de réduire les prélèvements d'eau. L'empreinte eau montre l'utilisation de l'eau en termes de consommation plutôt que de prélèvement. Les flux de retour peuvent être réutilisés, il est donc logique d'examiner spécifiquement l'utilisation de l'eau pour la consommation.
- Les entreprises s'assurent qu'elles ont le droit ou la licence d'utiliser l'eau. Il ne suffit pas de le faire pour gérer les risques liés à l'eau. Il est utile d'examiner les détails spatio-temporels de l'empreinte hydrique d'une entreprise, car les détails sur le lieu et le moment où l'eau est utilisée peuvent être utilisés comme données d'entrée pour une évaluation détaillée de la durabilité de l'empreinte eau, pour identifier les impacts environnementaux, sociaux et économiques et pour découvrir les risques commerciaux associés.
- Traditionnellement, les entreprises s'efforcent de respecter les normes d'émissions (normes relatives aux effluents). L'empreinte eaux grises s'intéresse au volume d'eau nécessaire à l'assimilation des déchets selon les normes de qualité de l'eau ambiante. Respecter les normes d'émissions est une chose, mais examiner comment les effluents entraînent en fait une réduction de la capacité d'assimilation des plans d'eau douce environnementaux et les risques commerciaux qui y sont associés en est une autre. Il est facile de se conformer aux normes relatives aux effluents (qui sont formulées en termes de concentrations) en prélevant plus d'eau pour diluer l'effluent avant de l'éliminer. La dilution des effluents peut être utile pour respecter les normes relatives aux effluents, mais pas pour réduire l'empreinte des eaux grises, car l'empreinte des eaux grises est liée à la charge

totale de produits chimiques ajoutés à l'environnement, et non à la concentration de produits chimiques dans les effluents.

Choisir les limites organisationnelles de l'activité

Une activité est conçue ici comme une entité cohérente qui produit des biens et/ou des services qui sont fournis à des consommateurs ou à d'autres entreprises. Il peut s'agir d'une entreprise privée ou d'une société, mais aussi d'une organisation gouvernementale ou non gouvernementale. Il peut s'agir de différents niveaux d'échelle, par exemple, une unité ou une division spécifique d'une entreprise, d'une entreprise entière ou d'un secteur d'activité entier. Le terme entreprise peut également faire référence à un consortium ou à une coentreprise d'entreprises ou d'organisations visant à fournir un bien ou un service particulier. En fait, le terme entreprise peut également désigner tout projet (comme le bâtiment d'infrastructures) ou activité (par exemple, l'organisation d'un grand événement sportif). De cette façon, le terme « entreprise » a été défini de manière si large qu'il peut faire référence à tous les types d'entreprises, d'organisations, de projets et d'activités. D'un point de vue technique, on entend ici une entreprise comme toute entité ou activité cohérente qui transforme un ensemble d'intrants en un ou plusieurs extrants.

Afin de pouvoir évaluer l'empreinte eau d'une entreprise, celle-ci doit être clairement décrite. Les limites de l'entreprise considérée doivent être claires. Il devrait être possible de schématiser l'entreprise dans un système clairement distinct de son environnement et dans lequel les entrées et les sorties sont bien connues.

Quel que soit le type de société, les sociétés sont souvent constituées d'un certain nombre d'unités. Par exemple, une entreprise peut avoir des activités (telles que des usines) à différents endroits. Ou une entreprise peut avoir des divisions distinctes au même endroit. Pour la comptabilité de l'empreinte eau, il est souvent utile de faire la distinction entre les différentes unités commerciales. Par exemple, lorsqu'une entreprise manufacturière possède plusieurs usines à différents endroits, les usines individuelles sont susceptibles de fonctionner dans des conditions différentes et de tirer leurs intrants de différents endroits. Dans ce cas, il est utile de comptabiliser d'abord l'empreinte hydrique par unité commerciale, puis d'agréger les comptes d'unité commerciale dans un compte pour l'entreprise dans son ensemble. L'entreprise doit être définie en décrivant les unités commerciales qui seront distinctes et en spécifiant les intrants et les extrants annuels par unité commerciale. Les entrées et les sorties sont décrites en unités physiques. De préférence, une unité commerciale fait référence à une partie de l'entreprise totale qui fabrique un produit particulier à un point particulier.

Lorsqu'une entreprise opère sur différents sites, il est donc préférable de schématiser l'ensemble de l'entreprise en unités commerciales de manière à ce que les différentes unités opérationnelles fonctionnent à un seul endroit. De plus, les opérations d'une entreprise à un moment donné sont de préférence schématisées en plusieurs unités commerciales, chacune produisant son propre produit. Il est très utile de schématiser l'entreprise sur la base des différents produits primaires fournis par l'entreprise. Cependant, on peut également distinguer des unités de service qui ne fournissent que des biens ou des services aux unités de production primaire. Par exemple, le Figure 7 montre une entreprise qui fabrique les produits de sortie A, B et C. L'entreprise se compose de trois unités commerciales. L'unité 1 produit le produit A. Une partie de A est livrée à l'unité commerciale 2, mais la majeure partie est vendue à d'autres sociétés.

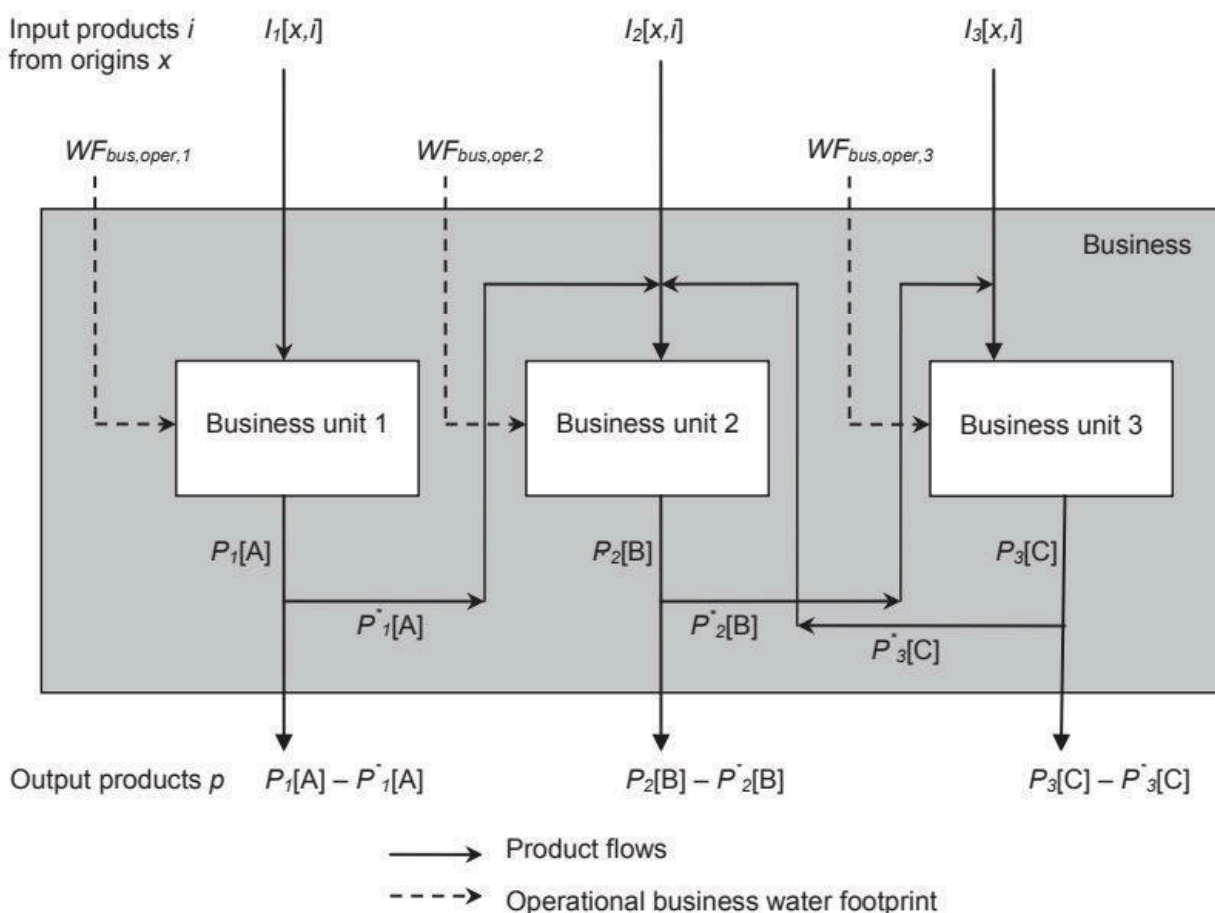


Figure 7 Activité commerciale composée de trois unités commerciales qui produisent des produits A-C. L'afflux de produits fait référence au volume annuel d'intrants du produit i de la source x à l'unité commerciale u . La sortie du produit $P [p]$ correspond au volume annuel de production du produit p de l'unité commerciale u . Le $P^*u[p]$ de flux de produits fait référence à la partie du $P[p]$ qui va à une autre unité commerciale au sein de la même entreprise.

L'unité 2 produit le produit B, qui est en partie vendu à une autre entreprise et en partie livré à l'unité 3. L'unité 3 produit le produit C, à la fois pour la livraison à l'unité 2 et pour la vente à l'extérieur. Chaque unité apporte un certain nombre d'intrants provenant d'entreprises d'un maillon antérieur de la chaîne de production et d'un apport indirect d'eau douce associé, ainsi que d'un apport direct d'eau douce. Un diagramme comme celui illustré dans le Figure 7 Il peut constituer la base du calcul de l'empreinte eau d'une entreprise, comme nous l'expliquerons dans la section suivante. Lorsqu'une entreprise est grande et hétérogène (différents emplacements, différents produits), il peut être intéressant de schématiser l'entreprise en quelques unités commerciales principales et chaque unité principale en un certain nombre d'unités plus petites. De cette façon, l'entreprise peut être schématisée comme un système avec des sous-systèmes à un certain nombre de niveaux. Par la suite, les comptes de l'empreinte eau au niveau le plus bas peuvent être agrégés aux comptes du deuxième niveau le plus bas, et ainsi de suite, jusqu'au niveau de l'entreprise dans son ensemble.

Calcul de l'empreinte eau de l'entreprise

Ci-dessous, nous allons montrer comment calculer l'empreinte eau d'une « unité commerciale ». À la fin de la section, vous apprendrez à calculer l'empreinte eau d'une unité multi-entreprises. L'empreinte eau d'une business unit (WF_{bus} , volume/temps) est calculée en additionnant l'empreinte eau opérationnelle de l'entreprise et l'empreinte eau de sa chaîne d'approvisionnement :

$$WF_{bus} = WF_{bus,oper} + WF_{bus,sup} \quad [\text{volume/time}]$$

Les deux composants sont constitués d'une empreinte eau qui peut être directement associée à la production du produit dans l'unité commerciale et d'une empreinte eau générale :

$$WF_{bus,oper} = WF_{bus,oper,inputs} + WF_{bus,oper,overhead} \quad [\text{volume/time}]$$

$$WF_{bus,sup} = WF_{bus,sup,inputs} + WF_{bus,sup,overhead} \quad [\text{volume/time}]$$

L'empreinte eau opérationnelle est égale à l'utilisation de l'eau pour la consommation et à la pollution de l'eau qui peut être associée aux opérations de l'entreprise. En suivant les lignes directrices fournies ci-dessus, on peut simplement examiner le débit d'évaporation des opérations, le volume d'eau incorporé dans les produits et les flux de retour de l'eau vers les bassins versants autres que ceux d'où l'eau a été puisée. De plus, les volumes d'effluents et les concentrations de substances chimiques qu'ils contiennent doivent être pris en compte. L'empreinte eau opérationnelle indirecte (consommation d'eau et pollution liées aux activités globales d'utilisation de l'eau dans la business

unit) peut être identifiée et quantifiée, tout comme l'empreinte eau opérationnelle directement associée au processus de production. Cependant, l'empreinte hydrique indirecte ne se limite souvent pas à l'unité commerciale considérée. Par exemple, les frais généraux d'une usine avec deux lignes de production devront être répartis sur les deux lignes de production. Si vous avez défini une unité commerciale de manière à ce qu'elle soit liée à l'une des lignes de production, vous devez calculer la part de l'empreinte eau indirecte qui doit être prise en compte pour une ligne de production. Vous pouvez le faire en fonction des valeurs de production des deux lignes de production. L'empreinte hydrique de la chaîne d'approvisionnement par unité commerciale (volume/temps) peut être calculée en multipliant les différents volumes de produits intrants (données disponibles auprès de l'entreprise elle-même) par les empreintes hydriques des produits respectifs (données à obtenir auprès des fournisseurs). En supposant qu'il existe plusieurs intrants provenant de sources différentes x , l'empreinte eau de la chaîne d'approvisionnement d'une unité commerciale est calculée comme suit :

$$WF_{bus,sup} = \sum_x \left(\sum_i (WF_{prod}[x,i] \times I[x,i]) \right) \quad [\text{volume/time}]$$

où $WF_{bus,sup}$ représente l'empreinte eau de la chaîne d'approvisionnement de l'unité commerciale (volume/temps), $WF_{prod}[x,i]$ l'empreinte eau du produit d'entrée i à partir de la source x (volume/unité de produit), et $I[x,i]$ le volume du produit d'entrée i à partir de la source x dans l'unité d'affaires (unité de produit/temps).

L'empreinte eau du produit dépend de la source du produit. Lorsque le produit provient d'une autre unité commerciale au sein de la même entreprise, la valeur de l'empreinte eau du produit est connue à partir du système comptable de l'entreprise elle-même (voir la fin de cette section). Lorsque le produit provient d'un fournisseur extérieur à l'entreprise, la valeur de l'empreinte eau du produit doit être obtenue du fournisseur ou estimée sur la base de données indirectes connues sur les caractéristiques de production du fournisseur. Les différentes empreintes hydriques du produit sont composées de trois couleurs (vert, bleu, gris), qui doivent être comptabilisées séparément, de sorte que l'empreinte eau de la chaîne d'approvisionnement résultante de l'unité commerciale est également composée de trois composants de couleur. L'empreinte eau de chaque produit de sortie spécifique d'une unité commerciale est estimée en divisant l'empreinte eau de l'unité commerciale par le volume de production. L'allocation de l'empreinte eau aux produits de production peut se faire de plusieurs façons, par exemple en fonction de la masse, du contenu énergétique ou de la valeur économique. Suivant ce qui est courant dans les études d'analyse de cycle de vie, il est recommandé

d'allouer en fonction de la valeur économique. L'empreinte eau du produit de sortie p d'une unité commerciale ($WF_{prod}[p]$, volume/unité de produit) peut alors être calculée comme suit :

$$WF_{prod}[p] = \frac{E[p]}{\sum_p E[p]} \times \frac{WF_{bus}}{P[p]} \quad [\text{volume/product unit}]$$

où $P[p]$ est le volume du produit extrant p de l'unité commerciale (unité de production/temps), $E[p]$ la valeur économique totale du produit de sortie p (unité monétaire/temps) et $\sum E[p]$ la valeur économique totale de tous les produits de sortie ensemble (unité monétaire/temps). Si l'unité commerciale ne livre qu'un seul produit, l'équation se résume à :

$$WF_{prod}[p] = \frac{WF_{bus}}{P[p]} \quad [\text{volume/product unit}]$$

Toutes les équations ci-dessus doivent être appliquées au niveau de l'unité commerciale. Supposons qu'une entreprise ait été schématisée en un certain nombre d'unités commerciales, l'empreinte eau de l'entreprise dans son ensemble ($WF_{bus,tot}$) est calculée en agréant les empreintes hydriques de ses unités commerciales. Toutes les équations ci-dessus doivent être appliquées au niveau de l'unité commerciale. Supposons qu'une entreprise ait été schématisée en un certain nombre d'unités commerciales, l'empreinte eau de l'entreprise dans son ensemble ($WF_{bus,tot}$) est calculée en agréant les empreintes hydriques de ses unités commerciales.

$$WF_{bus,tot} = \sum_u WF_{bus}[u] - \sum_u \sum_p (WF_{prod}[u,p] \times P^*[u,p]) \quad [\text{volume/time}]$$

où $P[u,p]$ représente le volume annuel du produit de sortie p de l'unité commerciale U à une autre unité commerciale au sein de la même entreprise (unité de produit/temps).

Exemples pratiques et application à des cas réels

Afin de rendre plus compréhensibles les approches décrites jusqu'à présent, nous consacrerons ce paragraphe à deux applications pratiques dans lesquelles nous calculerons, à l'aide des données collectées par un autre WP, l'empreinte eau d'un produit et d'une entreprise.

Comme souligné dans les paragraphes précédents, pour l'évaluation de l'empreinte eau d'un produit ou d'une entreprise, l'empreinte eau du produit p (volume/masse) est égale à la somme des empreintes eau de procédé pertinentes divisée par la quantité produite du produit p :

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/mass}]$$

où $WF_{proc}[s]$ est l'empreinte eau de l'étape s du processus (volume/temps), et $P[p]$ la quantité produite du produit p (masse/temps). En pratique, il est rare qu'il existe des systèmes de production simples avec un seul produit de sortie, de sorte qu'une méthode de comptabilité plus générique est nécessaire, qui puisse distribuer l'eau utilisée par le biais d'un système de production aux différents produits de sortie qui découlent de ce système, sans double comptage. En pratique, il est possible de calculer l'empreinte eau d'un produit sur la base de **l'empreinte eau des produits entrants et de l'empreinte eau de procédé de cette étape de traitement.**

On peut distinguer trois cas fondamentaux :

Cas a) plusieurs matières premières et un seul produit : dans ce cas, nous pouvons obtenir l'empreinte eau du produit de sortie simplement en additionnant les empreintes eau des produits d'entrée et en ajoutant l'empreinte eau de processus. C'est le cas de la chaîne d'approvisionnement du pain et des bonbons, à l'entrée nous avons les matières premières (farine, sucre, œufs, cacao, etc.) et à la sortie un produit de confiserie typique.

Cas b) un seul produit d'entrée et un certain nombre de produits de sortie. Dans ce cas, vous devez répartir l'empreinte eau du produit d'entrée entre ses produits séparés. Cela peut se faire proportionnellement à la valeur des produits extrants.

Cas c) plusieurs matières premières entrantes et plusieurs produits sortants (voir Figure 5). Dans ce cas, il faut faire très attention à répartir l'empreinte eau des matières premières entrantes et de l'eau de traitement entre les différents produits sortant de l'entreprise.

France – Italia ALCOTRA

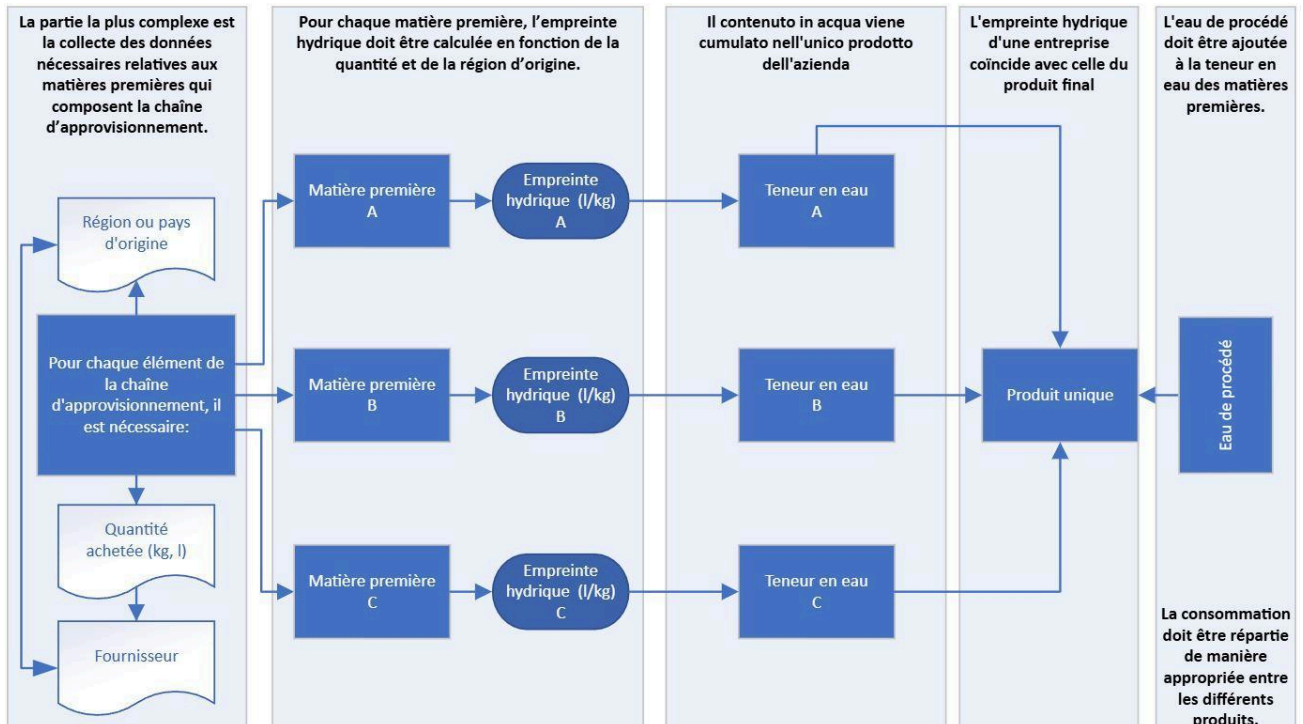


Figure 8 Cas A. L'organigramme de l'évaluation de l'empreinte eau d'un seul produit d'une entreprise à partir d'une multitude de matières premières. Cas typique de la chaîne d'approvisionnement du pain et des bonbons

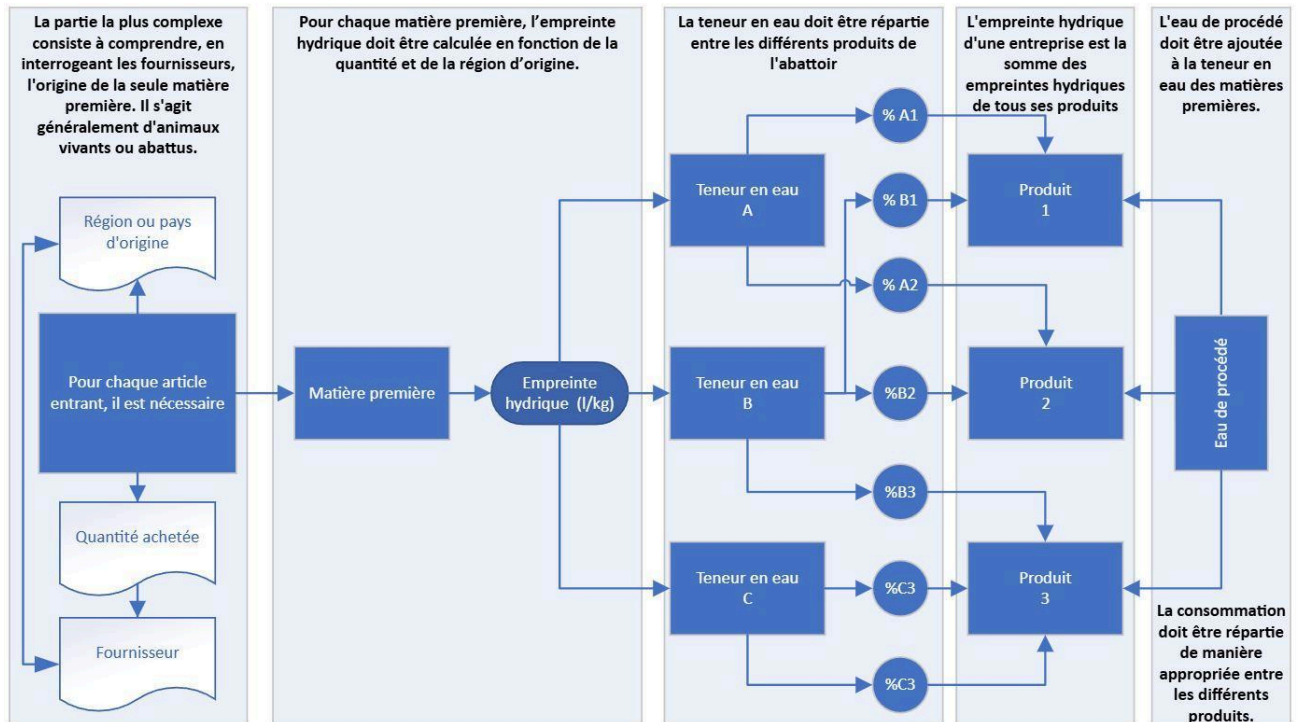


Figure 9 Cas B. L'organigramme de l'évaluation de l'empreinte eau des produits d'une entreprise à partir d'un seul intrant. Un cas typique de la chaîne d'approvisionnement de la viande.

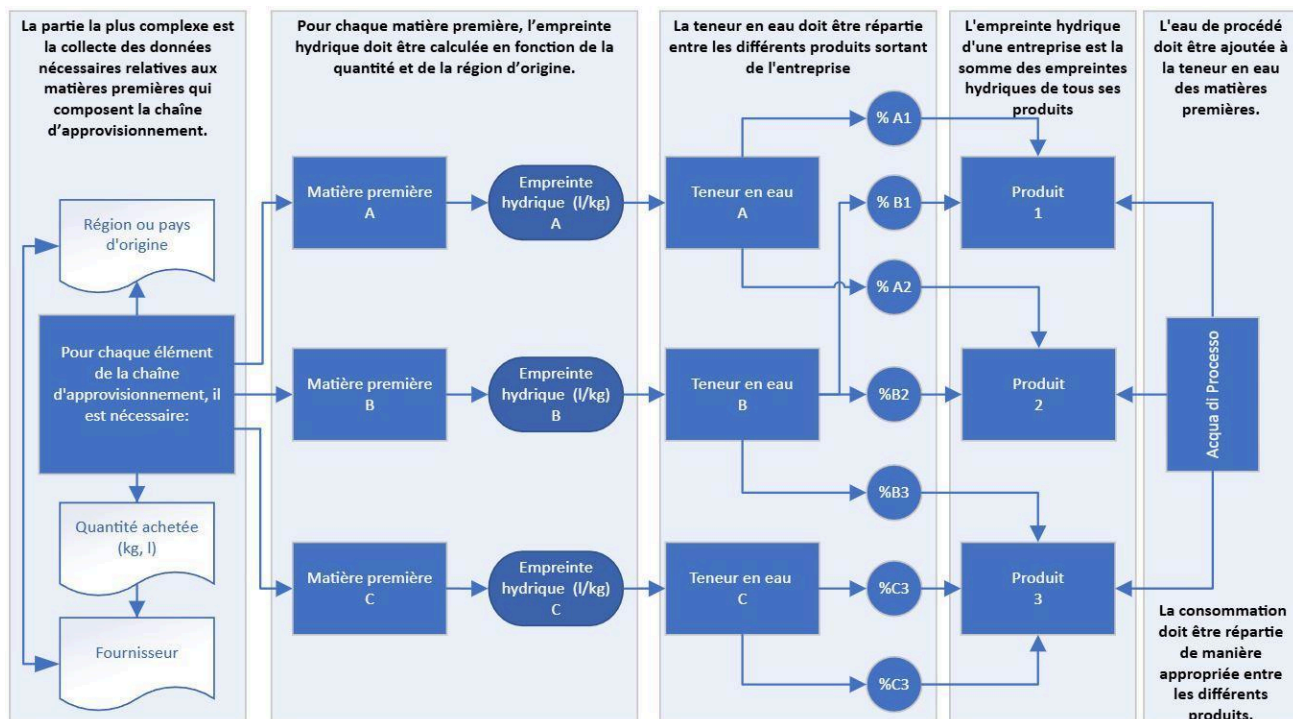


Figure 10 Cas C. L'organigramme de l'évaluation de l'empreinte eau des produits d'une entreprise à partir d'une multitude de matières premières.

Empreinte eau d'une entreprise de confiserie

L'entreprise utilisée pour illustrer le budget du PAM est une entreprise de la province de Cuneo qui a pour activité typique la production de pain et de pain à la noix. Pour les raisons de sensibilité des données que vous venez de présenter, vous n'êtes pas familier avec le nom de l'entreprise.

Comme décrit ci-dessus, l'empreinte eau d'une entreprise est définie comme le volume total d'eau douce utilisé **directement** ou **indirectement** pour gérer et soutenir l'entreprise. Il se compose de deux composants principaux. L'empreinte hydrique opérationnelle (ou directe) d'une entreprise est le volume d'eau douce consommé en raison des activités commerciales. L'empreinte hydrique (ou indirecte) de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise est le volume d'eau douce consommé ou pollué pour produire l'ensemble des biens et services qui composent les intrants de production de l'entreprise. Au lieu du terme « empreinte eau de l'entreprise », vous pouvez également utiliser les termes « empreinte eau de l'entreprise » ou « empreinte eau de l'entreprise ». L'empreinte hydrique totale d'une entreprise peut être schématisée en composants, comme déjà montré dans la Figure 6. L'analyse doit être effectuée à la fois du côté de la consommation d'eau interne de l'entreprise et de la quantité d'eau intrinsèque au produit utilisé à l'entrée.

Empreinte eau des produits de la chaîne d'approvisionnement

Les étapes permettant d'identifier l'empreinte eau de la chaîne d'approvisionnement sont les suivantes :

- a) Identifier tous les produits qui entrent dans l'entreprise et leurs quantités
- b) Identifier l'origine des produits au moins à l'échelle régionale

Les deux informations doivent se trouver en interne et éventuellement être étayées par des documents (factures d'achat, etc.) afin de disposer de données solides avec lesquelles travailler. Dans le cas de l'entreprise analysée ici, tous les produits achetés annuellement et leur origine ont été obtenus comme indiqué dans le Figure 8. Les produits de la chaîne d'approvisionnement ont déjà été divisés en fruits secs (noisettes, amandes et pistaches), cacao et chocolat (de différents types et transformations) et sucres. Cette subdivision servira ensuite à quantifier l'empreinte eau des différents produits.

Une fois que les types de produits entrant dans la chaîne d'approvisionnement, leurs quantités et leurs fournisseurs ont été identifiés, l'empreinte eau de chaque produit doit être quantifiée. Cela se fait en analysant les caractéristiques de chaque fournisseur pour comprendre l'origine des produits

qui sont fournis. Veuillez noter que, comme décrit dans le paragraphe *Calcul de l'empreinte des cultures*, les principaux facteurs qui caractérisent l'empreinte hydrique d'un produit agricole sont l'origine (la pluviométrie et le climat de la région d'origine influencent à la fois les composantes vertes et bleues) et les pratiques agricoles utilisées.

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
T905050300	NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	Kg	25,669.00	Gruppo Fontana
T905050350	NOCCIOLE ROMANE	Kg	271,150.00	La Caliendo
S903500240	PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO	Kg	2,935.00	Anastasi
SMPMA0010	MANDORLE CRUDE	Kg	8,315.00	Alfrus
T905050400	MANDORLE PELATE	Kg	7,430.00	Alfrus
T905050910	PASTA DI PISTACCHIO	Kg	21,700.00	Anastasi
S903500250	GRANELLA DI PISTACCHIO	Kg	16,845.00	Anastasi

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
T90505065B	CACAO BIO	Kg	415.00	Icam
T90505064B	COPERTURA AL LATTE BIO	Kg	880.00	Icam
T90505061B	COPERTURA FONDENTE BIO	Kg	1,539.00	Icam
T905050600	CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO	Kg	167,100.00	Barry Callebaut
T905050610	CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO	Kg	11,620.00	Barry Callebaut
T905050689	CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO	Kg	189,740.00	Barry Callebaut
T905050690	CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO	Kg	6,975.00	Barry Callebaut
T905050687	CIOCCOLATO AL CARAMELLO	Kg	31,020.00	Barry Callebaut + Crea
T905050640	CIOCCOLATO AL LATTE	Kg	79,253.00	Barry Callebaut + Irca
T905050650	CACAO IN POLVERE 22/24	Kg	13,660.00	Icam
T905050602	MASSA DI CACAO	Kg	3,274.00	Icam
T905050711	GRANELLA DI CACAO CAMELLAT	Kg	2,383.00	Barry Callebaut

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
S903500332	ZUCCHERO INVERTITO	Kg	11,350.00	Rader
T905050200	ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCON	Kg	99,850.00	Granda zuccheri+ Italia zuccheri
T905050210	ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	Kg	14,610.00	P.I.D.A.
T905050100	GLUCOSIO	Kg	64,880.00	Rader
T905050010	MIELE	Kg	69,877.40	Lattanzi

Figure 9 Produits de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise

Exemple d'analyse des fournisseurs

Groupe Fontana : Les origines et l'emplacement ont des racines historiques à Cravanzana (CN), et le groupe est actif depuis 1984 dans la transformation de la Tonda Gentile Trilobata, la célèbre IGP de noisette du Piémont de la LangheStruttore. Ils disposent de systèmes de décorticage modernes

(capacité 600 q en 8 h), de trois usines, d'une sélection automatique et manuelle, et de machines pour l'étalonnage en 8-9 bandes. Les caractéristiques sont celles d'une entreprise locale avec un produit cultivé dans le Piémont. L'estimation de l'empreinte hydrique locale est donc de 2 900 à 3 200 litres/kg pour les noisettes en coque et de 6 500 à 6 900 litres/kg pour les noisettes décortiquées. Ces valeurs sont parmi les plus basses au monde pour des fruits secs à forte teneur en lipides, grâce au climat favorable, à la gestion sèche et à la chaîne d'approvisionnement courte et contrôlée.

La Caliendo : Espèces et variétés : dérivées principalement des variétés *Corylus avellana*, Tonda Gentile Romana et Nocchione (minimum 90 %). Zone d'origine : cultivé dans le Latium, plus précisément dans une zone qui comprend 6 municipalités de Rome et 31 de Viterbe. Forme et taille : en coquille, ils mesurent 14 à 25 mm, avec une coquille moyennement épaisse et semi-compacte ; la version « Nocchione » a une coquille épaisse, un rendement de décortilage de 28 à 50 %. Estimation de l'empreinte eau locale : Empreinte eau globale des noisettes d'environ 5 260 L/kg en coque et 10 515 L/kg décortiquée. Utilisation prédominante d'eau verte (pluie), grâce au climat et à la gestion des gouttes-à-goutte avec une réduction significative de l'eau bleue et de l'empreinte totale par rapport à la moyenne mondiale. Cependant, la composante bleue (irrigation) n'est pas complètement éliminée – en particulier les années sèches ou avec des systèmes d'irrigation intensifs – ce qui maintient une fraction importante de l'empreinte hydrique.

Analyse WF des produits de la chaîne d'approvisionnement

Une fois que tous les produits entrants et la provenance des produits ont été identifiés à partir de l'analyse des fournisseurs, il est désormais possible de quantifier la quantité d'eau utilisée comme intrant de production. Comme souligné dans les paragraphes précédents, cette composante est certainement la plus pertinente d'un point de vue quantitatif et doit donc être analysée avec soin. En multipliant les quantités d'intrants obtenues à partir du questionnaire de l'entreprise et le contenu spécifique des produits, qui dépendent du type de produit et de la région d'origine, il est possible d'obtenir le Table 1.

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	Kg	25,669.00	6,700	500	850	171,982	12,835	21,819
NOCCIOLE ROMANE	Kg	271,150.00	7,750	1,400	1,450	2,101,413	379,610	393,168
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO	Kg	2,935.00	9,000	5,000	1,000	26,415	14,675	2,935
MANDORLE CRUDE	Kg	8,315.00	10,000	8,000	1,500	83,150	66,520	12,473
MANDORLE PELATE	Kg	7,430.00	10,200	8,500	2,000	75,786	63,155	14,860
PASTA DI PISTACCHIO	Kg	21,700.00	9,250	5,000	1,100	200,725	108,500	23,870
GRANELLA DI PISTACCHIO	Kg	16,845.00	9,100	5,000	1,050	153,290	84,225	17,687
						2,812,760	729,520	486,811

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
CACAO BIO	Kg	415.00	13,000	4,500	1,500	5,395	1,868	623
COPERTURA AL LATTE BIO	Kg	880.00	11,700	4,050	1,350	10,296	3,564	1,188
COPERTURA FONDENTE BIO	Kg	1,539.00	7,773	1,307	1,065	11,963	2,011	1,639
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO	Kg	167,100.00	14,500	700	2,000	2,422,950	116,970	334,200
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO	Kg	11,620.00	14,500	700	2,000	168,490	8,134	23,240
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO	Kg	189,740.00	5,500	900	1,400	1,043,570	170,766	265,636
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO	Kg	6,975.00	5,500	900	1,400	38,363	6,278	9,765
CIOCCOLATO AL CARAMELLO	Kg	31,020.00	7,875	1,260	2,310	244,283	39,085	71,656
CIOCCOLATO AL LATTE	Kg	79,253.00	7,500	1,200	2,200	594,398	95,104	174,357
CACAO IN POLVERE 22/24	Kg	13,660.00	16,900	5,850	1,950	230,854	79,911	26,637
MASSA DI CACAO	Kg	3,274.00	15,364	5,318	1,773	50,301	17,412	5,804
GRANELLA DI CACAO CARAMELLATA	Kg	2,383.00	17,745	6,143	2,048	42,286	14,638	4,879
						4,863,147	555,740	919,623

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
ZUCCHERO INVERTITO	Kg	11,350.00	800	500	1,300	9,080	5,675	14,755
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	Kg	99,850.00	800	500	1,300	79,880	49,925	129,805
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI DA 10 KG	Kg	14,610.00	800	500	1,300	11,688	7,305	18,993
GLUCOSIO	Kg	64,880.00	1,050	1,100	2,000	68,124	71,368	129,760
MIELE	Kg	69,877.40	850	60	120	59,396	4,193	8,385
						228,168	138,466	301,698

Table 1 Les quantités partielles et totales de l'Empreinte Eau

Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
7,904,075	1,423,725	1,708,133

de la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise

L'analyse effectuée montre que les matières premières entrantes portent avec elles une teneur d'environ 8 Mm3 d'eau verte, 1,5 Mm3 d'eau bleue et 1,7 Mm3 d'eau grise. La grande teneur en eau

verte, en plus de la quantité de matière achetée, est due à la teneur spécifique en eau très élevée des noix et des dérivés du cacao. La plus grande valeur des eaux grises par rapport à l'eau bleue est plutôt due aux grandes quantités de sucre achetées pour la production de nougat.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Gianduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	5.00%	5.00%				5.00%	4.00%				
NOCCIOLE ROMANE	35.00%	40.00%	28.00%		30.00%	30.00%	30.00%	28.00%	17.00%	28.00%	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				2.00%							
MANDORLE CRUDE				11.00%							
MANDORLE PELATE				11.00%							
PASTA DI PISTACCHIO				8.00%							28.00%
GRANELLA DI PISTACCHIO				8.00%							28.00%

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1.00%	1.00%			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					67.00%	5.00%	60.00%	35.00%	27.00%		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			20.00%								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						25.00%		7.00%	27.00%	65.00%	20.00%
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								15.00%			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						10.00%					
CIOCCOLATO AL LATTE						25.00%		5.00%	27.00%		20.00%
CACAO IN POLVERE 22/24					3.00%		4.00%	5.00%	1.00%	1.00%	1.00%
MASSA DI CACAO			10.00%								
GRANELLA DI CACAO CARAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	2.00%	2.00%	1.40%	2.00%							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	32.00%	27.00%	20.00%	32.00%			1.00%	3.00%	1.00%	2.00%	1.00%
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	3.00%	3.00%	2.10%	3.00%				1.00%			
GLUCOSIO	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%						4.00%	2.00%
MIELE	15.00%	15.00%	10.50%	15.00%							

Mercato	20	45	55	32	35	40	45	50	50	50	55
Costo	9	20	24	14	15	17	20	22	22	22	24
Produzione %	15%	5%	5%	7%	6%	27%	10%	5%	5%	9%	6%
Produzione Tot (Tons)	169	56	56	79	68	305	113	56	56	102	68
Ricavi	1472	1104	1349	1099	1030	5299	2208	1227	1227	2208	1619

Table 2 La teneur en matières premières, en pourcentage, des différents types de produits typiques de l'entreprise est dérivée des spécifications de chaque produit. Les coûts sont estimés en €/kg et les revenus sont en k€.

Analyse du WF de l'entreprise

Une première estimation de l'empreinte eau des produits peut être faite en divisant le contenu total des produits dans la chaîne d'approvisionnement par le volume du produit final. De l'entreprise, nous savons que le volume total des produits est d'environ 1128 tonnes, y compris les lignes de nougat et de chocolat. Il est facile de calculer la teneur moyenne en eau : **7000 l/kg d'eau verte, 1262 l/kg d'eau bleue et 1514 l/kg d'eau grise**. Bien que ces chiffres soient conformes au WP des produits de confiserie, la différence entre les différentes lignes de produits (nougat, chocolat, truffes) est certainement énorme et doit être analysée avec prudence.

Analyse WF des produits finis de l'entreprise

Afin de calculer l'empreinte hydrique des différents produits de l'entreprise, les matières premières doivent être réparties entre les différentes lignes de production.

Description Article	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Glanduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo ai pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	8	3				15	5				
NOCCIOLE ROMANE	59	23	16		20	91	34	16	10	28	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				2							
MANDORLE CRUDE				9							
MANDORLE PELATE				9							
PASTA DI PISTACCHIO				6							19
GRANELLA DI PISTACCHIO				6							19

Description Article											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1	1			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					45	15	68	20	15		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			11								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						76		4	15	66	14
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								8			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						30					
CIOCCOLATO AL LATTE						76		3	15		14
CACAO IN POLVERE 22/24					2		5	3	1	1	1
MASSA DI CACAO			6								
GRANELLA DI CACAO CARAMELLATA											

Description Article											
ZUCCHERO INVERTITO	3	1	1	2							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	54	15	11	25		1	2	1	2	1	
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	5	2	1	2				1			
GLUCOSIO	14	5	5	6					4	1	

Table 3 La teneur en matières premières, en tonnes, pour les différents types de produits typiques de l'entreprise.

Dans Table 2 et Table 3 les principaux produits utilisés sont mis en évidence au premier rang. Les deux principales chaînes d'approvisionnement, celle du nougat et celle du chocolat, sont visibles. Alors que le premier utilise principalement du sucre, le second est basé sur différents types de chocolat. Le produit qui unit les deux lignes est la noisette. Le Table 2 met en évidence les pourcentages de matière première pour chaque produit tirés des notices d'information, tandis que le Table 3, sur la base de l'analyse de la chaîne d'approvisionnement, indique la quantité totale de matières premières utilisées.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Glanduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	56682	18894				102028	30230				
NOCCIOLE ROMANE	458955	174840	122388		157356	708102	262260	122388	74307	220298	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				14213							
MANDORLE CRUDE				86856							
MANDORLE PELATE				88593							
PASTA DI PISTACCHIO				58430							175291
GRANELLA DI PISTACCHIO				57483							172449

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							8768	4384			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					657511	220806	981360	286230	220806		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			163560								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						418770		21714	83754	362934	74448
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								46530			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						239841					
CIOCCOLATO AL LATTE						571050		21150	114210		101520
CACAO IN POLVERE 22/24					34314		76253	47658	9532	17157	11438
MASSA DI CACAO			86651								
GRANELLA DI CACAO CARAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	2707	902	632	1263							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	43315	12182	9024	20214			902	1354	451	1624	541
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	4061	1354	948	1895				451			
GLUCOSIO	14213	4738	4738	6633						4264	1421
MIELE	21573	7191	5034	10067							

Table 4 L'empreinte eau, en m3 d'eau verte, pour les différents types de produits typiques de l'entreprise et l'apport de chaque matière première. La ligne du bas résume l'empreinte eau de chaque kilogramme de produit.

D'après l'analyse de la Table 4, on peut souligner que l'empreinte eau verte des différents produits est très variable. Il va d'environ 3500 l/kg de nougat moelleux aux noisettes à 12 500 l/kg de chocolat noir.

Description Article	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato latte, Glanduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	4230	1410				7614	2256				
NOCCIOLE ROMANE	82908	31584	22109		28426	127915	47376	22109	13423	39796	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				7896							
MANDORLE CRUDE				69485							
MANDORLE PELATE				73828							
PASTA DI PISTACCHIO				31584							94752
GRANELLA DI PISTACCHIO				31584							94752

Description Article											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1474	737			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					31742	10660	47376	13818	10660		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			7896								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO					68526			3553	13705	59389	12182
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								7614			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						38375					
CIOCCOLATO AL LATTE						91368		3384	18274		16243
CACAO IN POLVERE 22/24					11878		26395	16497	3299	5939	3959
MASSA DI CACAO			29995								
GRANELLA DI CACAO CARAMELLATA											

Description Article											
ZUCCHERO INVERTITO	1692	564	395	790							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	27072	7614	5640	12634			564	846	282	1015	338
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	2538	846	592	1184				282			
GLUCOSIO	14890	4963	4963	6948						4467	1489
MIELE	1523	508	355	711							

Blue (l/kg)

797	842	1276	2997	1065	1131	1112	1221	1058	1090	3306
-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

France – Italia ALCOTRA

Table 5 L'empreinte eau, en m3 de Blue water, pour les différents types de produits typiques de l'entreprise et l'apport de chaque matière première. La ligne du bas résume l'empreinte eau de chaque kilogramme de produit.

Plus précisément, le nougat aux noisettes a une empreinte eau beaucoup plus faible que le nougat à la pistache. Cela est dû au fait que les noisettes nécessitent moins d'eau verte et bleue que les pistaches. Il n'a pas été possible, faute de données, d'analyser la différence de WP entre le nougat aux noisettes du Piémont IGP et les noisettes romaines. Certes, puisque les noisettes du Piémont IGP ont un WP inférieur à celui des noisettes romaines, même les nougats relatifs seront plus « performants » de ce point de vue.

La différence substantielle entre les lignes de nougat et de chocolat doit être attribuée à la faible teneur en alcool du sucre par rapport à la teneur en particules du cacao et de ses dérivés. Seuls les chocolats blancs, qui n'ont pas de cacao parmi les matières premières utilisées, ont un WP pas trop supérieur à celui du nougat.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Gianduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	7191	2397				12944	3835				
NOCCIOLE ROMANE	85869	32712	22898		29441	132484	49068	22898	13903	41217	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				1579							
MANDORLE CRUDE				13028							
MANDORLE PELATE				17371							
PASTA DI PISTACCHIO				6948							20845
GRANELLA DI PISTACCHIO				6633							19898

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1201	601			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					90691	30456	135360	39480	30456		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			22560								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						106596		5527	21319	92383	18950
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								11844			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						70353					
CIOCCOLATO AL LATTE						167508		6204	33502		29779
CACAO IN POLVERE 22/24					3959		8798	5499	1100	1980	1320
MASSA DI CACAO			9998								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	4399	1466	1026	2053							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	70387	19796	14664	32847			1466	2200	733	2640	880
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	6599	2200	1540	3079				733			

Table 6 L'empreinte eau, en m3 d'eaux grises, pour les différents types de produits typiques de l'entreprise et l'apport de chaque matière première. La ligne du bas résume l'empreinte eau de chaque kilogramme de produit.

Empreinte eau d'un abattoir et production de saucissons

L'entreprise utilisée pour illustrer le coût du WF, dans le cas B ci-dessus, est une entreprise chinoise qui exerce principalement la transformation, la transformation, la transformation, l'achat et le commerce du sucre. La ferme est un cas B typique puisque la matière première se compose uniquement de porcs vivants, achetés principalement auprès de fournisseurs piémontais, et transformés en une pléthore de produits tels que des saucisses et des saucisses fraîches et assaisonnées. La matière première entrante, 6/7 porcs par semaine, s'accumule autour de 370 tonnes pour un produit de 260 tonnes (rendement de 70 % en ligne avec les statistiques de la filière). La consommation d'eau estimée dans le processus de production s'élève à environ 2000 m³ par an.

Analyse WF des matières premières

Étant donné que dans ce cas il n'y a qu'une seule matière première, il est nécessaire d'analyser son empreinte eau avec une attention particulière comme mis en évidence dans le paragraphe «Modèles d'estimation de l'empreinte eau des produits animaux (viande, lait, œufs)». Dans ce cas, la matière première est constituée de vos personnes vivantes, principalement dans la province de Cuneo. Ces informations nous aident à comprendre la région d'intérêt et les pratiques agricoles et porcines connexes. Des études internationales indiquent que l'empreinte hydrique d'un kilogramme de porc varie entre 4 300 et 6 000 litres, compte tenu de l'eau utilisée pour la production de fourrage, de l'eau consommée directement par les animaux et de l'eau utilisée dans les processus d'abattage et de transformation. Selon les procédures reconnues par le Water Footprint Network, la répartition typique de WF pour le porc (porc) est la suivante : Total 5988 litres/kg, Vert ≈ 82 %, Bleu ≈ 8 % et Gris ≈ 10 %. Ainsi pour 1 kg de porc : WF vert 4910 l, WF bleu 480 l et WF 600 l gris.

Analyse WF des porcs élevés dans la province de Cuneo

La province de Cuneo se caractérise par deux facteurs importants pour la chaîne d'élevage porcine. Le maïs est une culture clé de la plaine de Cuneo depuis des décennies : semé sur des zones importantes, souvent irriguées grâce au réseau de canaux qui descend des Alpes, il fournit des céréales de qualité avec des productions élevées. Ce maïs est l'aliment de base de l'alimentation animale et a façonné le paysage agricole local. Sur le front de l'élevage porcin, Cuneo est l'un des pôles les plus importants du nord de l'Italie : de la phase d'engraissement à la transformation en charcuterie typique, toute la chaîne d'approvisionnement est ancrée dans le territoire. Les coopératives et les entreprises familiales ont su allier tradition et innovation, en soutenant à la fois le secteur du frais et celui des grandes saucisses.

France – Italia ALCOTRA

Pour l'estimation de la WF des porcs élevés dans la province de Cuneo, les hypothèses suivantes peuvent être utilisées :

- ✓ Peso vivo : 120 kg
- ✓ Consommation totale d'aliments par tête : ≈ 320 kg (FCR $\approx 3,2$).
- ✓ Composition moyenne des aliments
- ✓ Maïs (granella) 65% (≈ 208 kg per capo)
- ✓ Soja / Tourteau de soja 20 % (≈ 64 kg)
- ✓ Orzo/avena 10 % (≈ 32 kg).
- ✓ Autres (huiles, prémélanges, déchets, vitamines, etc.) 5 % (≈ 16 kg).

Une fois que l'alimentation typique des porcs a été estimée, la WF des cultures utilisées peut être calculée comme suit :

- ✓ Maïs ~ 1222 l/kg. Pour le maïs cultivé dans le nord de l'Italie, où l'irrigation est répandue, la part de bleu est beaucoup plus élevée que pour le maïs pluvial. Dans la région de Cuneo, il y a une grande diffusion de maïs irrigué. Pour le maïs irrigué, j'ai supposé que le vert ≈ 50 %, le bleu ≈ 40 %, le gris ≈ 10 % (ces valeurs sont dérivées des moyennes pour l'agriculture irriguée rapportées par Mekonnen & Hoekstra).
- ✓ Soja $\sim 2\,096$ L/kg. Pour le soja, il est souvent très difficile d'identifier l'origine du produit. Ici, la moyenne entre le soja irrigué et le soja importé est utilisée (les valeurs varient considérablement selon l'origine). En supposant un fort mélange d'origines (Italie + importation) ; Vous pouvez utiliser la répartition standard avec des \approx vert de 69 %, de \approx bleu de 5 %, de \approx gris de 26 %.
- ✓ Orge/avoine : $\sim 1\,500$ l/kg dont vert 70 % / bleu 20 % / gris 10 %.
- ✓ Autres $\sim 1\,000$ L/kg (composants mineurs, prémélanges, huiles, additifs).
- ✓ Eau directe (arrosée) : environ 1200 l doivent être ajoutés pour tout le cycle

En résumant ces valeurs, on peut supposer que : Fourrage total par tête : 320 kg répartis en maïs 208 kg, soja 64 kg, orge 32 kg, autres 16 kg. Estimation totale de la WF pour l'alimentation et par animal

455 m3 répartis entre les composantes vertes/bleues/grises résultantes : 60 % de verts, 25 % de bleus et 15 % de gris. Par conséquent, on peut supposer un WF de 3780 l/kg par kg de poids vif (120 kg), ce qui, compte tenu d'un rendement de 70 % au niveau de la carcasse, devient **5380** l/kg par kg de porc prêt à être transformé. Cette FSE est nettement inférieure à la moyenne mondiale que l'on peut obtenir du Réseau d'empreinte hydrique pour le porc qui, comme mentionné ci-dessus, est égale à **5988** litres/kg.

Une fois l'empreinte eau de la matière première calculée, il est maintenant possible de la répartir entre les différents produits de l'entreprise à l'aide des méthodologies mises en évidence ci-dessus (*Approche cumulative étape par étape*). En particulier, si l'on considère que l'entreprise achète environ 370 tonnes de matières premières, nous pouvons estimer l'apport total de WF égal à 1,47 Mm3 d'eau qui doit être divisé, par l'approche économique, entre les produits de l'entreprise qui accumulent 260 tonnes. C'est ce que montre la Table 7 dans lequel la carcasse de l'animal (70 % du poids vif) a été divisée en produits principaux de l'entreprise (première et deuxième rangées de la table). Après avoir entré la valeur des produits, en poids et en total, il est possible d'estimer le total WF et de le diviser en trois composantes (quatre dernières rangées du tableau). On peut le voir depuis le Table 7 que le Wf des différents produits est très variable, d'environ 300 l/kg de la cuisse à 16 500 du guanciaie.

Descrizione Articolo	Coscia fresca per Prosciutto	Lonza/Filetto stagionato	Arista Affumicata	Pancetta stagionata	Porchetta	Salami o insaccati	Salsiccia	Costine	Guanciaie e Tuma d'salam	Ossa	Totale
Percentuale su Carcassa	16.5%	7.0%	1.7%	5.8%	5.0%	11.0%	4.0%	6.0%	3.8%	14.2%	75.0%
Peso Articolo (quintali)	603	256	62	212	183	402	146	219	139	519	2743
Valore Articolo (€/kg)	5.1	12.0	15.5	21.0	14.0	8.5	8.6	9.0	28.0	0.5	
Valore totale Articolo (k€)	310	307	96	445	256	342	126	197	389	26	2495
Valore Percentuale Articolo	12%	12%	4%	18%	10%	14%	5%	8%	16%	1%	100%
Impronta idrica totale (Mm ³)	0.18	0.18	0.06	0.26	0.15	0.20	0.07	0.12	0.23	0.02	1.48
Impronta idrica prodotti (l/kg)	3034	7097	9167	12419	8279	5027	5086	5322	16559	296	5379
WF Green (l/kg)	1820	4258	5500	7451	4968	3016	3052	3193	9935	177	3228
WF Blue (l/kg)	758	1774	2292	3105	2070	1257	1271	1331	4140	74	1345
WF Gray (l/kg)	455	1064	1375	1863	1242	754	763	798	2484	44	807

Table 7 L'empreinte eau totale des différents types de produits typiques de l'entreprise CMV. La ligne du bas résume l'empreinte eau de chaque kilogramme de produit.

Interreg



Cofinancié par
l'Union Européenne
Cofinanziato
dall'Unione Europea

goccia
agoccia

France – Italia ALCOTRA



CAMERA DI COMMERCIO
CUNEO



CAMERA DI COMMERCIO
RIVIERE DI LIGURIA
IMPERIA LA SPEZIA SAVONA



Politecnico
di Torino



Bibliographie

(WFN), W. F. (s.d.). *Réseau d'Empreinte Eau (WFN)*. Récupéré sur

<https://www.waterfootprint.org/>

A. AghaKouchak, A. M. (2021). Sécheresse anthropique : définition, défis et opportunités. .

Révérend Geophys.

Alberto Montanari, H. N. (2023). Pourquoi la sécheresse du Pô en 2022 est la pire des deux

derniers siècles. *La science progresse.*

Allen, R. G. (1998). *Évapotranspiration des cultures : lignes directrices pour le calcul des*

besoins en eau des cultures, FAODrainage et irrigation. Rome : Organisation des

Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

B. I. Cook, J. E.-H. (2022). , Les mégasécheresses de l'ère commune et l'Anthropocène.

Révérend Nat. Terre Environ. .

Cao, X. B. (2023). Démêler les effets des flux d'eau virtuels bleus, verts et gris des cultures sur

l'empreinte et la rareté de l'eau agricole régionale. *Gestion agricole des eaux.*

Chapagain, A. K. (2004). *Série de rapports de recherche sur la valeur de l'eau n° 16,*

UNESCO-IHE. Récupéré sur [www. waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf)

Chapagain, A. K. (2006). L'empreinte hydrique de la consommation de coton : une évaluation

de l'impact de la consommation mondiale de produits en coton sur les ressources en

eau dans les pays producteurs de coton. *Économie écologique.*

Chelli, G. (2023). La sécheresse du Pô en 2022 a été la pire des deux derniers siècles. *Nature*

Italie.

Clifford, C. (2022). « *L'Italie a déclaré l'état d'urgence en raison de la sécheresse : 'Il ne fait aucun doute que le changement climatique a un effet' », a déclaré le Premier ministre* ».

D. Faranda, S. P. (2023). Des conditions anticycloniques persistantes et le changement climatique ont exacerbé la sécheresse euro-méditerranéenne exceptionnelle de 2022. *Environ. Res. Lett.*

D. Peña-Angulo, S. M.-S.-C. (2020). Les précipitations à long terme en Europe du Sud-Ouest ne révèlent pas de tendance claire attribuable au forçage anthropique. *Environ. Res. Lett.*

Doorenbos, J. a. (1979). *Réponse du rendement à l'eau, FAO Drainage et irrigation*. Rome : FAO.

Sécheresse : Les réserves d'eau du Piémont sont épuisées, selon un responsable. (2022). *ANSA Anglais*.

Falkenmark, M. (20023). L'eau douce partagée entre la société et les écosystèmes : des approches divisées aux défis intégrés. *Transaction philosophique de la Royal Society de Londres*.

Falkenmark, M. a. (2004). *Équilibrer l'eau pour l'homme et la nature : la nouvelle approche de l'écohydrologie*. Londres : Earthscan.

FAO. (2010). (base de données FAOSTAT)

FAO. (2010). www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html. (modèle CROPWAT 8.0)

H. Hisdal, K. S. (2001). Les sécheresses des cours d'eau en Europe sont-elles devenues plus graves ou plus fréquentes ? . *Int. J. Climatol*.

Hendy, CRC, K. U. (1995). *Élevage et environnement : trouver un équilibre : interactions entre les systèmes de production animale et l'environnement, Domaine d'impact : demande d'aliments concentrés.*

Hoekstra AY, C. A. (2011). *Le manuel d'évaluation de l'empreinte eau : établir la norme mondiale.* Londres : Earthscan.

Hoekstra, A. Y. (2002). *Commerce virtuel de l'eau : Actes de la Réunion internationale d'experts sur le commerce virtuel de l'eau.* Delft, Pays-Bas : UNESCO-IHE.

Hoekstra, A. Y. (2003). *Commerce virtuel de l'eau : Actes de la Réunion internationale d'experts sur le commerce virtuel de l'eau.* Delft, Pays-Bas : Série de rapports de recherche sur l'eau n° 12, UNESCO-IHE.

Hoekstra, A. Y. (2008). *Mondialisation de l'eau : partager les ressources en eau douce de la planète.* Oxford, Royaume-Uni : Blackwell Publishing.

Hoekstra, A. Y. (2008). *Mondialisation de l'eau : partager les ressources en eau douce de la planète.* Oxford : Blackwell Publishing.

Hoekstra, A. Y. (2008). *Mondialisation de l'eau : partager les ressources en eau douce de la planète.* Oxford : Blackwell Publishing.

Hoekstra, A. Y. (2011). *Le manuel d'évaluation de l'empreinte eau : établir la norme mondiale.* Londres, Royaume-Uni : Earthscan.

Hoekstra, A. Y. (2019). *Comptabilisation de l'eau vert-bleu dans un bilan hydrique du sol. Adv. eau Resour.*

Hoekstra, M. M. (2012). *Une évaluation mondiale de l'empreinte hydrique des produits d'animaux d'élevage. Écosystèmes.*

- J. Spinoni, J. V. (2018). Les épisodes de sécheresse vont-ils devenir plus fréquents et plus graves en Europe ? *Int. J. Climatol.*
- Liu, J., Williams, J., Zehnder, A., et Yang, H. (2007). GEPIC : Modélisation du rendement du blé et de la productivité de l'eau des cultures à haute résolution à l'échelle mondiale. *Systèmes agricoles.*
- Liu, J., Williams, J., Zehnder, A., et Yang, H. (2007). GEPIC : Modélisation du rendement du blé et de la productivité de l'eau des cultures à haute résolution à l'échelle mondiale. *Systèmes agricoles.*
- Marston, L. et (2017). Impacts de la sécheresse sur les empreintes hydriques et les transferts d'eau virtuels de la vallée centrale de la Californie. *Ressources en eau. Res.*
- Mekonnen MM, H. A. (2010). Une évaluation mondiale et à haute résolution de l'empreinte eau verte, bleue et grise du blé. *Hydrol Earth Syst Sci.*
- Organisation), F. (. (2003). *Facteurs techniques de conversion pour les produits agricoles.*
Récupéré sur www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf
- P. Mehta, S. S. (2022). Ensemble de données Global AreaEquipped for Irrigation 1900-2015. *Zenodo.*
- Ponce-Oliva, R. D.-L. (2021). Utilisation de l'eau et facteurs de stress climatiques dans un bassin fluvial multi-utilisateurs : à qui profite l'adaptation ? *Ressource d'eau. Manag.*
- Portmann, F. T. (2010). MIRCA2000 – Superficie mondiale mensuelle de cultures irriguées et pluviales autour de l'an 2000 : un nouvel ensemble de données à haute résolution pour la modélisation agricole et hydrologique. *Cycles biogéochimiques mondiaux.*

- Rockström, J. (2001). La sécurité de l'eau verte pour les producteurs alimentaires de demain : des fenêtres d'opportunité dans les savanes sujettes à la sécheresse ». *Sciences et technologies de l'eau*.
- Rost, S. G. (2008). La consommation d'eau verte et bleue agricole et son influence sur le système hydrique mondial. *Ressources en eau. Res.*
- Siebert, S. a. (2010). Quantifier les teneurs virtuelles en eau bleue et verte dans la production agricole mondiale ainsi que les pertes potentielles de production sans irrigation. *Journal d'hydrologie*.
- T. Mastrotheodoros, C. P. (2020). Plus d'eau verte et moins d'eau bleue dans les Alpes pendant les étés plus chauds. *Nat. Clim. Chang.*
- Vanessa Novoa, C. R.-R.-S. (2024). Une analyse temporelle des conséquences du régime de sécheresse sur l'empreinte hydrique de l'agriculture dans la vallée de Guadalupe, au Mexique. *Rapports scientifiques*.
- Watson RT, Z. M. (1998). *Les impacts régionaux du changement climatique : une évaluation de la vulnérabilité*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Williams, J. R. (1995). Le modèle EPIC', dans V. P. Singh (ed) Modèles informatiques de l'hydrologie des bassins versants. *Éditeur des ressources en eau*.
- WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau). (2009). *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 3 : L'eau dans un monde en mutation*. Londres : Éditions UNESCO.
- Z. Huang, M. H. (2018). Ensemble de données sectorielles sectorielles mondiales maillées sur l'utilisation de l'eau pour la période 1971-2020. *Zenodo*.

Zisopoulou, K. &. (2021). Une analyse approfondie de la rareté physique de l'eau bleue et verte dans l'agriculture en termes de causes et d'événements et de sensibilité perçue à l'interprétation économique. *Eau* .

Interreg



Cofinancé par
l'Union Européenne
Cofinanziato
dall'Unione Europea

goccia a goccia

France – Italia ALCOTRA



CAMERA DI COMMERCIO
CUNEO



CAMERA DI COMMERCIO
RIVIERE DI LIGURIA
IMPERIA LA SPEZIA SAVONA

