

Well-to-wheel, Tank-to-wheel et Cradle-to-grave : chaînes de rendement

Combien d'énergie de propulsion arrive à la roue ?

Le débat portant sur la propulsion est axé sur le CO₂. Quelle propulsion en émet le moins du réservoir d'énergie dans le véhicule jusqu'à la roue ? Cette approche se concentre toutefois uniquement sur les émissions et fait l'impasse sur les chaînes de rendement de la source jusqu'à la roue, et donc sur l'efficacité énergétique. **Andreas Senger**

Il serait impossible de vivre sur Terre sans énergie. L'alimentation, les infrastructures, mais aussi la mobilité en dépendent. La nature fonctionne en toute simplicité : les plantes convertissent l'énergie solaire et le CO₂ présent dans l'air en énergie chimique grâce à la photosynthèse (élément C pour carbone). Le rendement de cette conversion d'énergie est d'environ 20%. En d'autres termes, un cinquième de l'énergie électromagnétique de la lumière du soleil qui aboutit sur une feuille peut être transformé en énergie chimique qui permet à la plante de croître alors que 80% sont convertis en chaleur que la plante ne peut utiliser directement pour sa croissance.

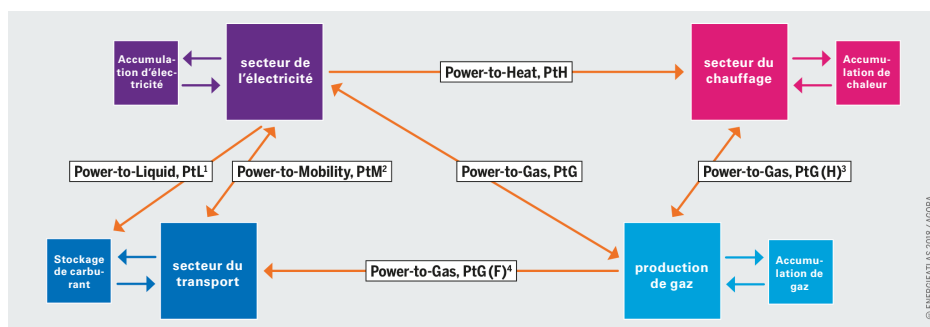
L'énergie solaire, l'énergie éolienne et l'énergie de la biomasse font partie des formes d'énergie régénératives. Il est possible d'utiliser des sources d'énergie naturelles sans polluer excessivement l'environnement. Cette réflexion ne tient néanmoins pas compte du fait que la production d'une cellule photovoltaïque, d'une éolienne ou d'une centrale à biomasse nécessite une grande quantité d'énergie (grise) et que les émissions de polluants sont parfois importantes. Le soleil et le vent ne sont par ailleurs pas disponibles 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 ou toute l'année, si bien qu'ils sont considérés comme des énergies fluctuantes. Les centrales électriques, capables de réguler leurs performances indépendamment de la météo, doivent délivrer l'énergie en ruban et donc garantir la sécurité d'approvisionnement. Il ne sera judicieux de développer l'électricité régénérative que lorsque des systèmes d'accumulation d'énergie pourront être construits et qu'une production d'électricité décentralisée pourra prendre pied.



La propulsion électrique dominera la mobilité individuelle à l'avenir. Reste à savoir si les véhicules électriques fonctionnant sur batterie (BEV) ou les véhicules dotés d'une pile à combustible s'imposeront. Source : Magna

Techniques de conversion : lesquelles pour quelles fonctions

Schéma des secteurs couplés et des technologies « Power-to-X » qui les relie et proviennent de l'électrification



¹comme carburant ²pour voitures électriques ³comme accumulateur de chaleur ⁴comme carburant pour la production d'électricité *Gaz : production à partir d'énergies renouvelables, processus de conversion sans émission de gaz à effet de serre. PtM, PtL : carburants synthétiques, seulement pour les procédés économiques.

Les conversions d'énergie sont soumises à la loi physique du rendement. Toute conversion s'accompagne d'une perte d'énergie plus ou moins grande. Plus le nombre de conversions d'énergie consécutives est élevé, plus le rendement global et donc l'efficacité énergétique baissent. Source : Energieatlas

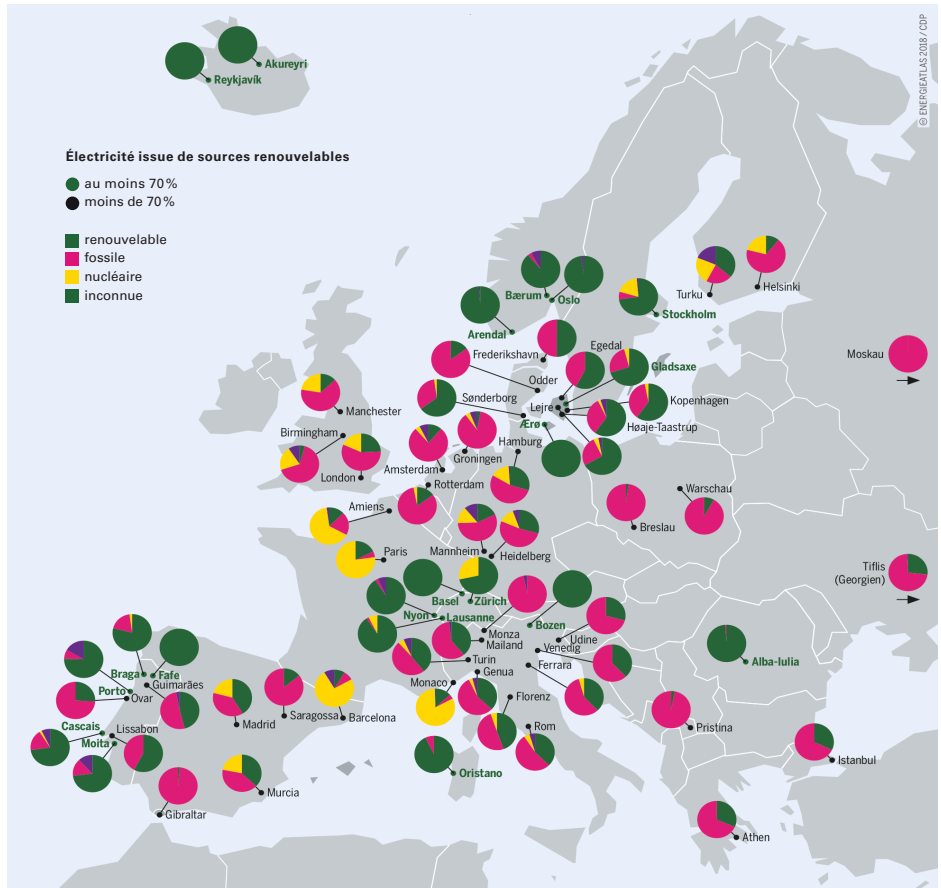
Le principe physique est clair : chaque kJ ou chaque kWh d'énergie qui n'est pas requis profite à l'environnement. Plus la production d'énergie, l'infrastructure de stockage, la pro-

pulsion des véhicules et le recyclage sont efficaces, moins l'empreinte écologique sera profonde.

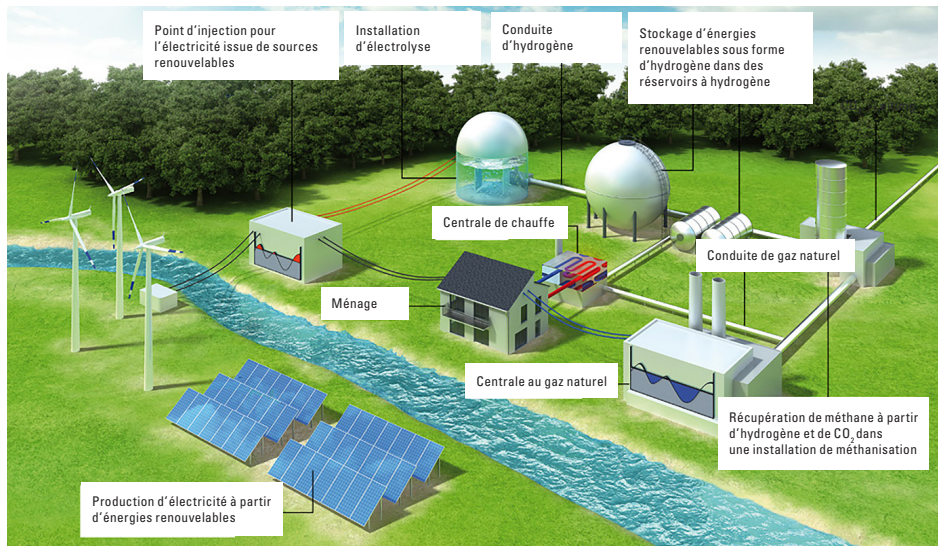
Quelles en sont les conséquences pour l'énergie de propulsion des véhicules? La réponse est simple : si la mobilité individuelle doit être moins polluante, il faut se pencher sur toute la chaîne de rendement, du berceau à la tombe (« cradle to grave »). Ne s'intéresser qu'aux émissions de CO₂ ou de polluants est peu intéressant sur le plan énergétique à court terme.

Il s'agit également de remplacer sur le plan économique et écologique le pétrole brut et ses dérivés à moyen et long terme. Les carburants alternatifs le permettent. Ils doivent toutefois provenir impérativement de sources d'énergie régénératives. La décarbonisation et la défossilisation doivent être mises en œuvre à long terme. Le pétrole est trop précieux, en soi et en tant que matière première pour de nombreuses applications, pour être simplement brûlé dans des moteurs à combustion.

Les véhicules équipés de tels moteurs dominent actuellement le marché. Le rendement d'un véhicule à essence oscille autour de 30% en fonctionnement optimal. Il tombe même à environ 10% à faible charge partielle. Autrement dit, sur dix litres d'essence sans plomb achetés à la station-service, un moteur essence n'en utilise que trois au plus pour propulser le véhicule. Les sept à neuf litres restants d'énergie chimique ne sont convertis qu'en chaleur dans le véhicule (refroidissement, température des gaz d'échappement, chauffage de l'habitacle). Sous forme imagée, un litre de carburant produit la force motrice d'une voiture consommant 10 l/100 km pour parcourir 100 km. Le reste pourrait tout aussi bien être brûlé à la station-service (énergie thermique). Ce sont surtout les partisans de la propulsion électrique qui citent l'argument du rendement déplorables. Un moteur électrique fait en effet état d'un rendement de près de 95%. L'hybridation permet cependant de tirer parti de l'immense potentiel d'optimisation du moteur thermique.



La mobilité électrique ne sera propre que lorsque nous parviendrons à produire de l'électricité sans énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel). Le graphique présente le mix d'électricité de villes européennes. Les parts indiquées en rose de la production d'électricité fossile dominant souvent et ne sont pas faciles à remplacer. Source : Energieatlas



Un circuit énergétique intéressant : la production d'électricité régénérative permet de produire de l'hydrogène (H₂) et de l'oxygène (O₂) par électrolyse de l'eau (H₂O). L'hydrogène peut être injecté dans le réseau de gaz naturel existant. L'hydrogène excédentaire peut en outre être transformé en méthane gazeux (GNC) et utilisé pour chauffer, cuisiner et propulser des véhicules. Au besoin, le gaz naturel stocké peut être retransformé en électricité. La production d'essence, de gazole ou de kérosène synthétiques est également possible. Source : enbw

Suite à la page 18

Nouveau: FGS, la remorque avec essieu élévateur et 100% d'équilibrage

Poids utile à 2,9t

Remorques pour le transport de voitures, carrosseries

Visitez notre exposition ou demandez une démonstration. Disponible également en modèle communal.

T&W Technik

Dammstr. 16, 8112 Otelfingen
 tél. 044 844 29 62
 www.fgs-fahrzeuge.ch

FGS

depuis 1904

CORTELLINI & MARCHAND AG

061 312 40 40
 Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden

Le plus complet des services de réparation de boîtiers électroniques pour auto de Cortellini & Marchand AG

Vous cherchez, nous trouvons – Votre service de recherche pour pièces automobiles d'occasion

www.auto-steuergaete.ch www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch

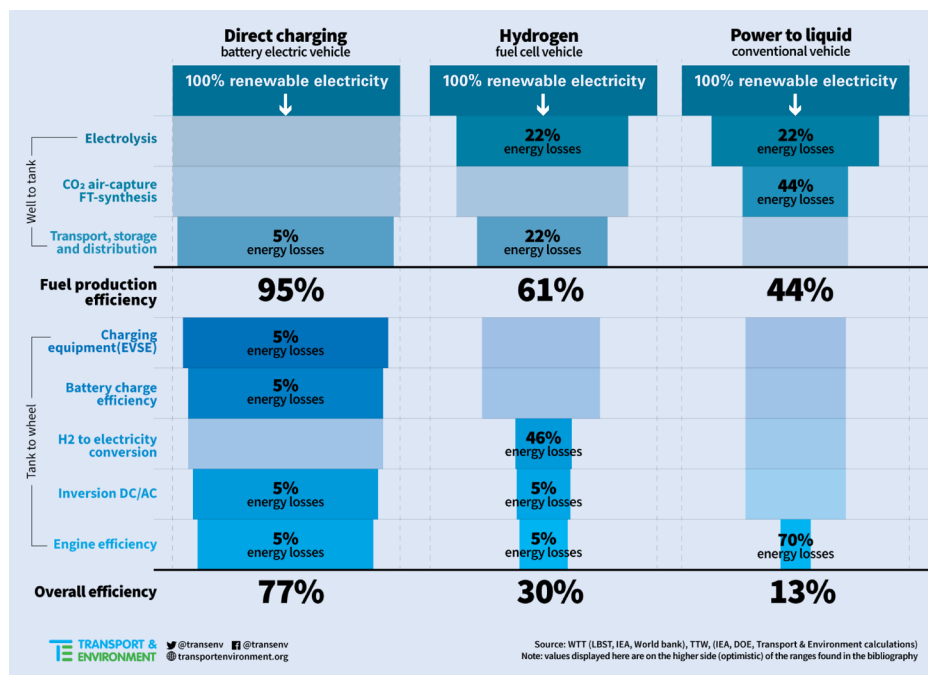
Le rendement de la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique est prodigieux. Il ne faut toutefois pas oublier que l'électricité doit d'abord passer de la borne de charge à la batterie haute tension lorsqu'un véhicule électrique fonctionnant sur batterie (BEV) est rechargé. Elle est redressée à la borne de charge (procédé en courant continu) ou à bord du véhicule (chargeur embarqué) et la puissance est contrôlée pendant l'opération. La conversion de l'énergie électrique en énergie chimique dans la batterie ainsi que la gestion de la charge nécessitent de l'énergie et engendrent une baisse du rendement. L'ADAC l'a étudiée sur 15 BEV et conclut qu'il en résulte une différence de 10 à 25% entre la capacité de charge de la borne/Wallbox et l'autonomie de conduite. Les recharges rapides sont associées à d'importantes réductions du rendement.

La conversion de l'énergie chimique en énergie de propulsion est également affectée. Lors de la récupération, seule une partie de l'énergie cinétique peut être stockée avant d'être réutilisée pour accélérer le véhicule (environ 50 à 60%). Sur les BEV et en général sur les véhicules rechargeables, il faut par ailleurs tenir compte des importantes dépenses d'énergie liées à la fabrication et au recyclage pour calculer le rendement global. En fonction de la méthode de calcul, une voiture équipée d'un moteur thermique peut parcourir 60 000 à 120 000 km jusqu'à ce que le bilan de CO₂ soit compensé et que le BEV ressorte gagnant (hors recyclage). La question du recyclage des batteries n'a pas encore été définitivement réglée. L'opération est au demeurant très coûteuse.

Les véhicules dotés d'une pile à combustible (PC) sont eux aussi victimes de problèmes de rendement. Pour produire un kilogramme de H₂ par électrolyse, il faut environ 30-55 kWh d'énergie électrique, soit une quantité suffisante pour qu'un BEV puisse parcourir plus de 150-200 km. La pile à combustible affiche ensuite un rendement de près de 60%. Un rendement global d'environ 30% est cité, un chiffre plus élevé que celui des moteurs thermiques. D'autres développements dans le domaine des propulsions alternatives permettront aux clients de profiter d'une mobilité individuelle avantageuse et moins onéreuse.

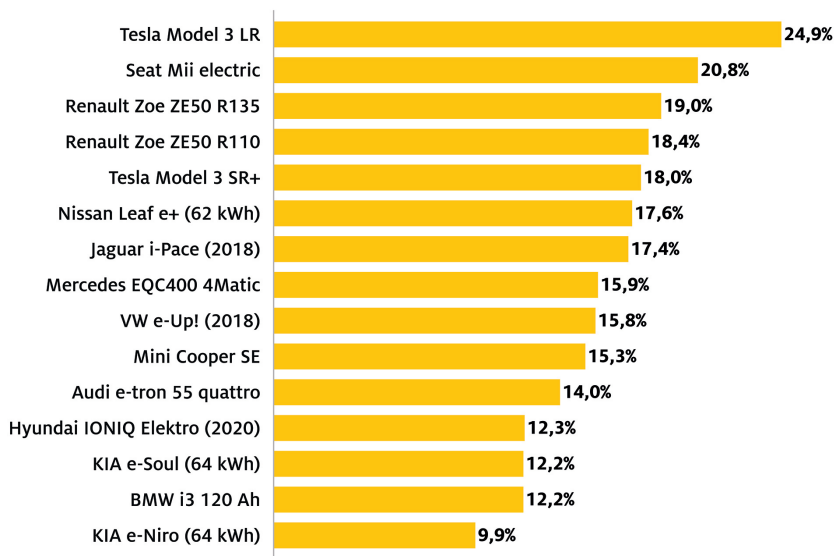
Il faudra attendre quelques années pour identifier la propulsion alternative qui s'imposera compte tenu de sa disponibilité, de

Chaînes de rendement « Well to tank » et « Tank to wheel »



La chaîne de rendement n'est souvent indiquée que du réservoir d'énergie dans le véhicule jusqu'à la roue (« Tank to wheel »). L'indication de la source à la roue (« Well to wheel ») serait plus honnête. La chaîne de rendement globale s'étendant du berceau à la tombe (« Cradle to grave ») serait transparente. Les performances des véhicules rechargeables et surtout des BEV sont inférieures à cause de la fabrication et du recyclage des batteries. Source : Transport & Environment

Différence entre l'ordinateur de bord et la consommation d'électricité réelle



Quelle: ADAC e.V. © ADAC e.V. 07.2020
La différence entre la capacité de charge calculée et la capacité de la batterie (= autonomie) déterminée par l'ordinateur de bord est parfois conséquente. L'ADAC exige que la consommation et le rendement de la charge soient indiqués. Source: ADAC

l'infrastructure de distribution, de ses avantages économiques et écologiques et de son rendement. Le client devrait aussi être prêt à accompagner et à financer une mutation technologique. L'UPSAs prépare une grande initiative de formation dès l'été 2021 pour que les garagistes, le service clientèle, la vente et surtout les collaborateurs des ateliers puissent se familiariser avec les nouvelles technologies. Diverses écoles mettent sur pied des formations consacrées aux pro-

pulsions alternatives qui complètent d'ailleurs également le contenu de la formation continue de diagnosticien(ne) d'automobiles. Seule cette approche permettra aux nouvelles technologies de propulsion de mieux s'installer dans la branche, du conseil aux clients jusqu'à l'entretien. <