

aeesuisse

Dachorganisation der Wirtschaft für
erneuerbare Energien und Energieeffizienz

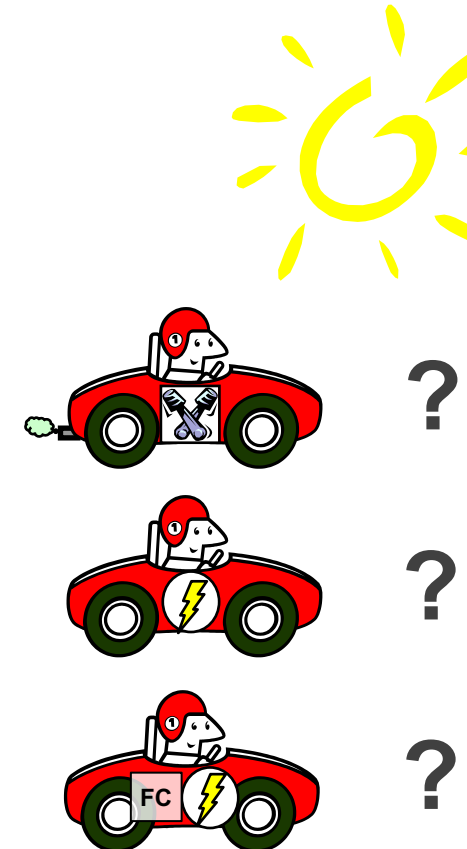
Marcel Gauch

Responsable de projet chez Technology & Society Lab,
Délégué à la durabilité EMPA

Faits et infox sur l'e-mobilité

AEE SUISSE - Congrès 2020
02.09.2020 @ Soleure

1. **'Faits'**
ce que l'on veut bien croire...
2. **Comparaisons équitables**
ne pas tricher !
3. **À quel point les batteries sont toxiques**
ceux que l'on veut bien croire...
4. **Bilan ICE / électrique**
explications sur la durée de vie



Marcel Gauch marcel.gauch@empa.ch

TSL Technology and Society Lab @ EMPA

CARE Critical Materials and Resource Efficiency

Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche

Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

Les « faits » résident dans l'œil de celui qui les regarde

- On peut *toujours* prouver le fait que quelqu'un ait dit quelque chose.
- Google fournit une grande quantité de résultats lorsque l'on recherche des faits pour/contre
- La véracité des faits dépend entièrement de la crédibilité (intentions !) et de la compétence des « experts » et institutions concernés.
- Savoir plutôt que croire : savoir dans quelle mesure des faits sont corrects n'est possible que grâce à des recherches approfondies
- C'est un fait...
- Toute activité humaine peut avoir des conséquences négatives sur l'environnement, l'utilisation des ressources et la santé
 -> Cette règle est valable pour toutes les formes de mobilité : route, rail, à base de pétrole, d'électricité
- Les batteries peuvent être « toxiques » de différentes manières : dommages environnementaux lors de l'extraction des ressources naturelles et de la production, violation des droits humains, ne se recyclent pas, se recyclent mal, sont inflammables, s'abîment très vite.
 -> Valable pour tous les produits industriels: frigos, téléphones portables, aspirateurs, ...
 -> Valable pour tous les biens de consommation : vêtements, aliments, meubles, ...
 -> Valable pour toutes les formes d'énergie : charbon, pétrole, gaz, hydrogène, production d'électricité
- La vraie question est : la variante A est-elle meilleure ou moins bonne que la variante B ?



Energieverschwendung der Extraklasse

Die Elektromobilität ist alles andere als umweltfreundlich, dies belegt die *Weltwoche* in der letzten Ausgabe. Besonders schlecht schneiden E-Autos beim Ressourcenverbrauch ab: Wer mit Strom fährt, benötigt mehr als doppelt so viel Energie, als wenn er mit Benzin unterwegs wäre. Von Ferruccio Ferroni* und Alex Reichmuth



Letzte Behauptung: Tesla Model S beim Aufladen.

- Le lithium est très toxique et radioactif
- Une voiture électrique a besoin de 60 kWh/100km

Elektroauto-Akkus: So entstand der Mythos von 17 Tonnen CO₂

Eine Studie aus Schweden soll belegen, dass die Akkus eines Elektroautos das Klima mit 17,5 Tonnen CO₂ belasten. EDISON begab sich auf Spurensuche und ermittelte: Die Zahl ist falsch. Und der Urheber erklärte uns, wie sie zustande kam.

Emissionen | Von Peter Vollmer | 11. Januar 2019

<https://edison.handelsblatt.com/erklaren/elektroauto-akkus-so-entstand-der-mythos-von-17-tonnen-co2/23828936.html>

Poser les bonnes questions

- Rien n'est en soi « écologique »
Mais : quelle variante est « meilleure pour l'environnement » ou « moins toxique » ?
- La réponse à la question contient des éléments non négociables :
 - Les lois de la nature sont respectées
 - Les suppositions sont présentées de manière transparente
 - Bases de données aussi similaires que possible pour les comparaisons (stock de matériel et inventaires de processus, banques de données avec impacts environnementaux)
 - Comparer ce qui peut être comparé
 - limites du système identiques (y compris les chaînes en amont, l'énergie grise, les coûts de fabrication, l'exploitation, la durée de vie, l'élimination)

Studie des ADAC

E-Auto und Diesel fast gleich schädlich: Das ist der umweltfreundlichste Antrieb



Ein Mann betankt an einer Erdgas-Tankstelle des Energieunternehmens Badenova sein Fahrzeug mit Erdgas. Autos mit Erdgasantrieb sind nach einer Studie des ADAC derzeit am wenigsten klimaschädlich.

<https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/co2-treibhausgasbilanz-studie/?redirectId=quer.klimabilanz>
https://www.focus.de/auto/news/laut-adac-studie-e-auto-und-diesel-fast-gleich-schlecht-das-ist-der-umweltschonendste-auto-antrieb_id_11072032.html

Comparaison équitable au niveau du bilan écologique:

ICE <-> EV
ICEV

Production et exploitation automobiles

EV

7.3 l/100km
(6.1 l/100km WLTP
(4.8l/100km NEDC)

19.0 kWh/100km
(15.8kWh/100km WLTP)
(13.2kWh/100km NEDC)

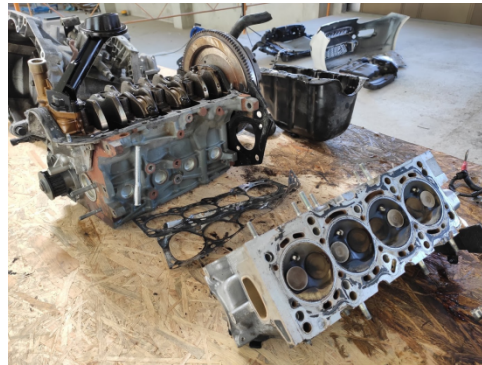
ICE Vehicle

Glider

Body and Frame,
Axle, Brakes, Wheels,
Bumpers, Cockpit,
A/C System,
Seats, Doors, Lights
Entertainment etc.

Drivetrain

Engine, Gearbox,
Cooling System,
Fuel System,
Starting System,
Exhaust System, Lubrication
etc.



Battery Vehicle

Glider

Body and Frame,
Axle, Brakes, Wheels,
Bumpers, Cockpit,
A/C System,
Seats, Doors, Lights
Entertainment etc.

Drivetrain

El. Motor, Gearbox,
Controller, Charger, Cables,
Cooling System etc.

Battery

Li-Ion battery 300 kg



- Limites du système identiques : du début (mine) à la fin (recyclage) du cycle pour la production et pour l'exploitation du véhicule
- Même catégorie de véhicule
- Afficher les bases de données pour le bilan écologique, ne pas relever ni laisser de côté de données « dérangeantes » (batteries, production de pétrole, ...)

Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles.
Dominic A. Notter*, Marcel Gauch, Rolf Widmer, Patrick Wäger, Anna Stamp, Rainer Zah and Hans-Jörg Althaus; *Environ. Science & Technology*, No.44/2010 p.6550-6556;
DOI: 10.1021/es903729a

Comparaison équitable au niveau du bilan écologique :

réservoir <-> batteries

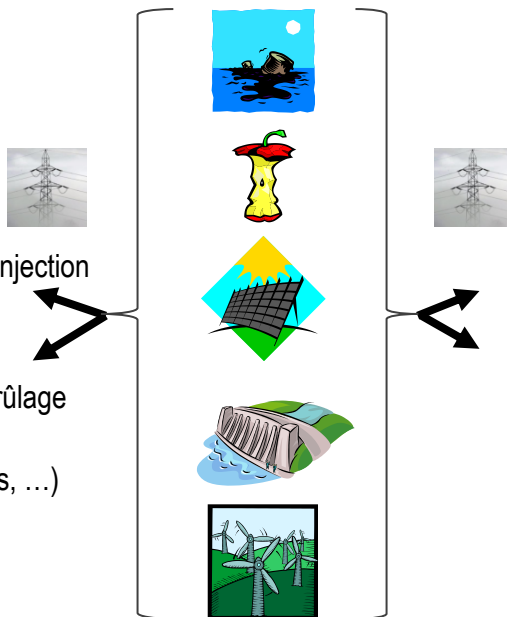
Esence / réservoir

Production et exploitation

Électricité / batterie



Source d'énergie

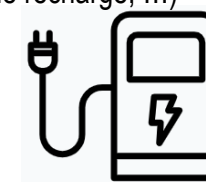


Production de pétrole (forage, pompes, injection eau/gaz, brûlage des gaz, ...)
 Transports (pipelines, pétroliers, ...)
 Raffinage (construction d'installations, brûlage des gaz, ...)
 Transports (pipelines, pétroliers, camions, ...)

Extraction des matières premières (mines, lacs salés, traitement des matières premières, ...)
 Transports (cargos, camions, ...)
 Production de produits intermédiaires
 Production d'éléments de batterie, modules, batteries, ...)
 Production des infrastructures de recharge (stations de recharge, ...)

-> **Station-service, réservoir**

-> **Borne de recharge/prise, batterie**



- Limites du système identiques : du début (mine) à la fin (recyclage) du cycle pour la production et pour l'exploitation des unités de comparaison
- Afficher les bases de données pour le bilan écologique, ne pas relever ni laisser de côté de données « dérangementes »

La construction du contenant (réservoir à essence) est négligeable



Fermeture du circuit

Le recyclage des véhicules ICE est considéré comme résolu mais pourrait être plus efficace



Le recyclage des batteries est problématique. L'efficacité doit être améliorée jusqu'à être élevée en fonction du processus



... et extrêmement controversée !

« Faits concernant les batteries »

- Énorme éventail selon la source : GHG 40 .. 250 kgCO₂eq/kWh !

« Étude suédoise »:

Mia Romare, Lisbeth Dahllöf (2017); *The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries*; IVL Swedish Environmental Research Institute

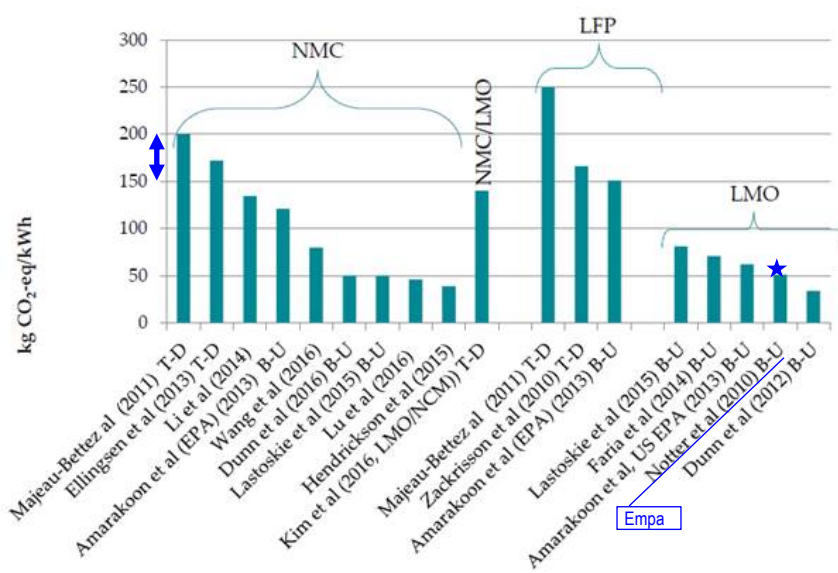


Figure 3: Calculated greenhouse gas emissions for different LCA studies of lithium-ion batteries for light vehicles for the chemistries NMC, NMC/LMO, LFP and LMO. T-D=Top-down approach for manufacturing and B-U is Bottom-Up approach.

- a) How large are the energy use and greenhouse emissions related to the production of lithium-ion batteries?

The results from different assessments vary due to a number of factors including battery design, inventory data, modelling and manufacturing. Based on our review greenhouse gas emissions of 150-200 kg CO₂-eq/kWh battery looks to correspond to the greenhouse gas burden of current battery production. Energy use for battery manufacturing with current technology is about 350 – 650 MJ/kWh battery.

- Seulement 8 études sur 113 reposent sur la saisie et l'évaluation de données propres (Peters et al. 2019) ¹⁾
- De nombreux auteurs reprennent les propos d'autres auteurs et se citent réciproquement. Les données les plus citées sont les données norvégiennes ²⁾ de 150 à 200 kg CO₂eq/kWh. -> Les valeurs élevées souvent citées semblent « vraies »

Actualisations :

- Travail complet de Chine/USA (GREET, Yin et al. 2019) ³⁾: 43 - 58 kgCO₂eq/kWh (prod. USA), 80 -110 kgCO₂eq/kWh (prod. Chine)
- Travail complet des USA (Dai et al. 2019) ⁴⁾: 72.9 kgCO₂eq/kWh
- Fin 2019, les auteurs de « l'étude suédoise » ont sensiblement corrigé les anciennes valeurs à la baisse qui sont maintenant de 61 - 106 kgCO₂eq/kWh ⁵⁾
- Suisse : Ecoinvent v3.6 (2019): 7.88 kgCO₂eq/kg 69 kgCO₂eq/kWh CH
Les révisions en cours (Empa, PSI) affichent pour le niveau actuel de la technique (part d'électricité d'origine fossile rel. élevée) à des valeurs d'env. 70 kgCO₂eq/kWh.

¹⁾ The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review; Peters, Baumann, Zimmermann, Braun, Weil; HIU Helmholtz-Institute, KIT Karlsruhe Institute for Technology; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67 (2017) 491–506; <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.039>

²⁾ Linda Ager-Wick Ellingsen, Christine Roxanne Hung, Anders Hammer Strømman 2017; Identifying key assumptions and differences in life cycle assessment studies of lithium-ion traction batteries with focus on greenhouse gas emissions; *Transportation Research Part D* 55 (2017) 82–90 <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.028>

³⁾ Life cycle inventories of the commonly used materials for lithium-ion batteries in China; Renshu Yin, Shuhan Hu, Yang Yang *Journal of Cleaner Production* 227 (2019) 960e971 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.186>

⁴⁾ Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications; Qiang Dai, Jarod C. Kelly, Linda Gaines and Michael Wang; *Systems Assessment Group, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory; Batteries* 2019, 5, 48; doi:10.3390/batteries5020048

⁵⁾ Erik Emilsson, Lisbeth Dahllöf (2019); Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO₂ Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling; IVL Swedish Environmental Research Institute; <https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf>

Émission de CO₂eq pendant la durée de vie

ICE / EV

Émission de CO₂ à la fabrication

Exemple : Golf VII; 1.0 TSI; 63 kW, 175 Nm, 1206 kg

Dimensions	Poids kg	kgCO ₂ /kg Ecoinvent v3.6	kgCO ₂ fabrication
Châssis/propulsion	1206	6.393 kg CO ₂ /kg	7710 kg CO ₂
Total CH	1206		7710 kg CO₂

Exemple : eGolf VII; 100 kW, 290 Nm, 1615 kg

Dimensions	Poids kg	kgCO ₂ /kg Ecoinvent v3.6	kgCO ₂ fabrication
Châssis/propulsion	1300	6.393 kg CO ₂ /kg	8310 kg CO ₂
Batterie CH/Empa	315	7.878 kg CO ₂ /kg	2480 kg CO ₂
Batterie NOR/NTNU	315	20 kg CO ₂ /kg	6300 kg CO ₂
Total CH	1615		10790 kg CO₂
Total NOR	1615		14610 kg CO₂

NOR : 150 - 200 kgCO₂eq/kWh, supposition 0.114 kWh/kg, -> 17.1 - 22.8 kgCO₂eq/kg
 CH: 7.878 kgCO₂eq/kg / 0.114 kWh/kg = 69 kg CO₂eq/kWh

Tesla Model 3 Performance, 75 kWh, 473 PS, 1927 kg (1449kg châssis + 478 kg batterie)
 9263 kgCO₂eq châssis + 3766 kgCO₂eq batterie = 13029 kgCO₂eq total CH
 9263 kgCO₂eq châssis + 9560 kgCO₂eq batterie = 18823 kgCO₂eq total NOR

Émission de CO₂-E pour l'exploitation

Exemple : Golf VII; 1.0 TSI; 63 kW, 175 Nm, 1206 kg (1.5 TSI OPF ACT DSG 7G, 110kW, 250Nm, 1320kg)

	l/100km	kgCO ₂ /150'000km
NEDC	4.8 (5.1)	17'010 kg CO ₂
NEDC +38% = réelle	6.6 (7.0)	23'390 kg CO ₂
WLTP	6.1 (6.2)	21'620 kg CO ₂
WLTP +20% chaîne en amont	7.3 (7.4)	25'940 kg CO ₂

Calcul de la consommation d'essence, ~6l/100km (0.06l/km); 0.06l x 0.75kg/l = 0.045kg,
 0.045kg/km x 3.15 kgCO₂/kg = 0.142 kgCO₂/km

Exemple : eGolf VII; 100 kW, 290 Nm, 1615 kg

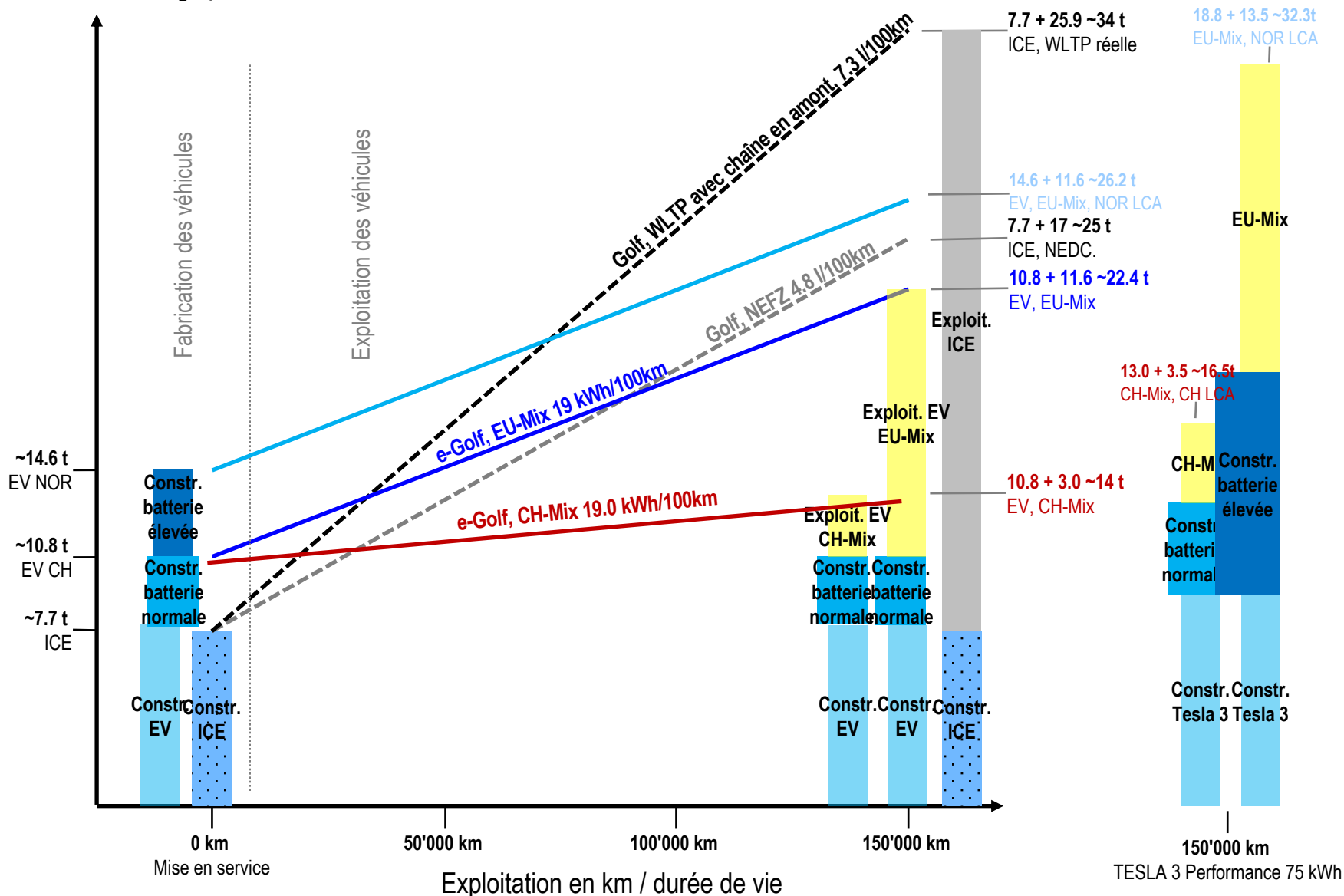
	kWh/100km	kgCO ₂ /150'000km CH-Mix (106g)	kgCO ₂ /150'000km ENTSO-e-Mix (408g)
NEDC	13.2	2'100 kg CO ₂	8'080 kg CO ₂
NEDC +38% = réelle	18.2	2'890 kg CO ₂	11'140 kg CO ₂
WLTP	15.8	2'510 kg CO ₂	9'670 kg CO ₂
WLTP +20% de perte de charge	19.0	3'020 kg CO ₂	11'630 kg CO ₂

Calcul de la consommation d'électricité, 16 kWh/100km; (016 kWh/km)
 0.16kWh/km x 0.106kg/kWh (CH) = 0.017kgCO₂/km, x 150'000km = 2544 kg CO₂
 0.16kWh/km x 0.408kg/kWh (ENTSO)=0.0653kgCO₂/km, x 150'000km = 9792 kg CO₂

Tesla Model 3 Performance, 22 kWh, 3498 kg CO₂ CH-Mix, 13464 kg CO₂ EU-Mix

TOTAL Tesla CH LCA, CH-Mix: 13029 + 3498 = 16527 kgCO₂eq
 TOTAL Tesla NOR LCA, EU-Mix: 18823 + 13464 = 32287 kgCO₂eq

Émission de CO₂eq



Perspectives

- L'e-mobilité et les batteries restent une affaire de croyance malgré les résultats très clairs des analyses mondiales : ceux qui ne veulent pas cherchent des raisons, ceux qui veulent cherchent des moyens d'y arriver.
- L'adhésion des participants au marché qui constituaient jusque-là plutôt un frein (p. ex. VW) va accélérer l'acceptation des véhicules électriques et des systèmes de stockage de l'énergie électrique.
- La production de nouveaux véhicules et de nouvelles batteries est basée, selon ce que professent les fabricants, sur l'éco-électricité.
- Recherche:



Batterie Million-mile ¹⁾

*Taux de récupération élevé
pour le recyclage*

Sel fondu

Lithium-soufre

État solide

Électrodes sèches

*« Batterie à l'eau salée »
ions Na ou Mg*

Lithium-air

Merci

¹⁾ Journal of The Electrochemical Society, 166 (13) A3031-A3044 (2019); **A Wide Range of Testing Results on an Excellent Lithium-Ion Cell**; Chemistry to be used as Benchmarks for New Battery Technologies; Jessie E. Harlow, Xiaowei Ma, Jing Li, Eric Logan, Yulong Liu, Ning Zhang, Lin Ma, Stephen L. Glazier, Marc M. E. Cormier, Matthew Genovese, Samuel Buteau, Andrew Cameron, Jamie E. Stark, and J. R. Dahn; Dalhousie University, Halifax, Canada; [DOI: 10.1149/2.0981913jes]