

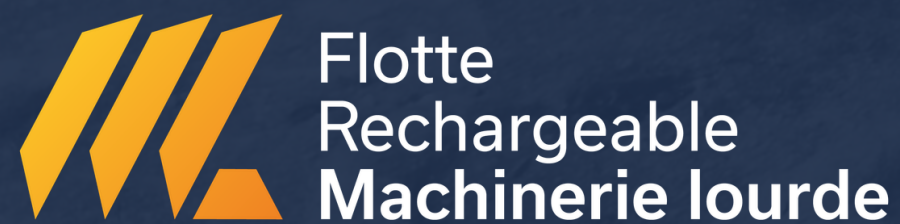
Avez-vous une question
pour l'équipe FRML ?



Ce contenu est la propriété de l'Institut du véhicule innovant et s'inscrit dans le cadre du projet Flotte rechargeable – Machinerie lourde.



Toute reproduction est interdite sans autorisation.



Un projet propulsé par



Institut du véhicule innovant

Financé par

Plan pour une
économie
verte



Québec



En collaboration avec



**FONDS D'ACTION
QUÉBÉCOIS**
pour le développement durable

Avez-vous une question
pour l'équipe FRML ?



Présentation 9:30

Formation:

Engins de chantier électriques 101

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Un projet propulsé par



Institut du véhicule innovant

Financé par

Plan pour une
économie
verte



Québec



En collaboration avec



FONDS D'ACTION
QUÉBÉCOIS
pour le développement durable

Électrification : une technologie mature ?

La technologie des composants des machines électriques n'est pas nouvelle.

→ **Oui, la technologie est mature !**

Qu'est-ce qui est nouveau ou innovant ici

L'application dans les chantiers !

L'adaptation des opérations.

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Flotte
Rechargeable
Machinerie lourde



Institut du véhicule innovant

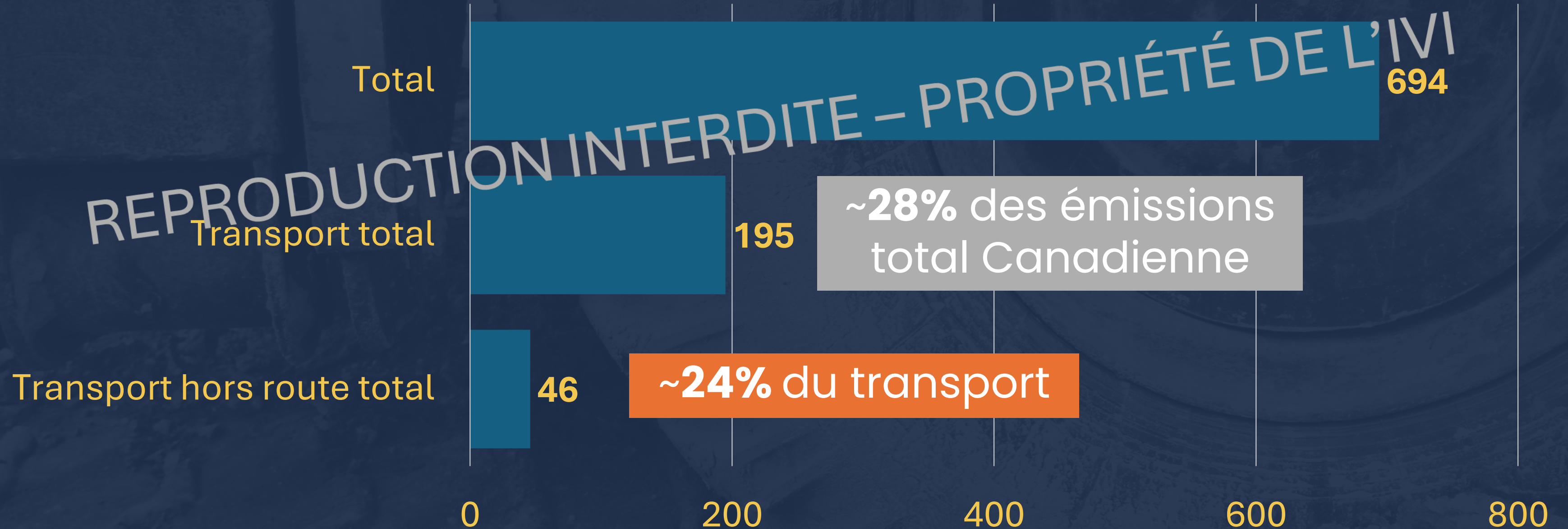
Structure de la présentation

- **Quelques statistiques intéressantes**
- **Familiarisation des composants et les unités**
- **Perspectives de l'avenir et efficacité**
- **Systeme hydraulique**
- **Autonomie et variables importantes**
- **État du marché québécois**

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI

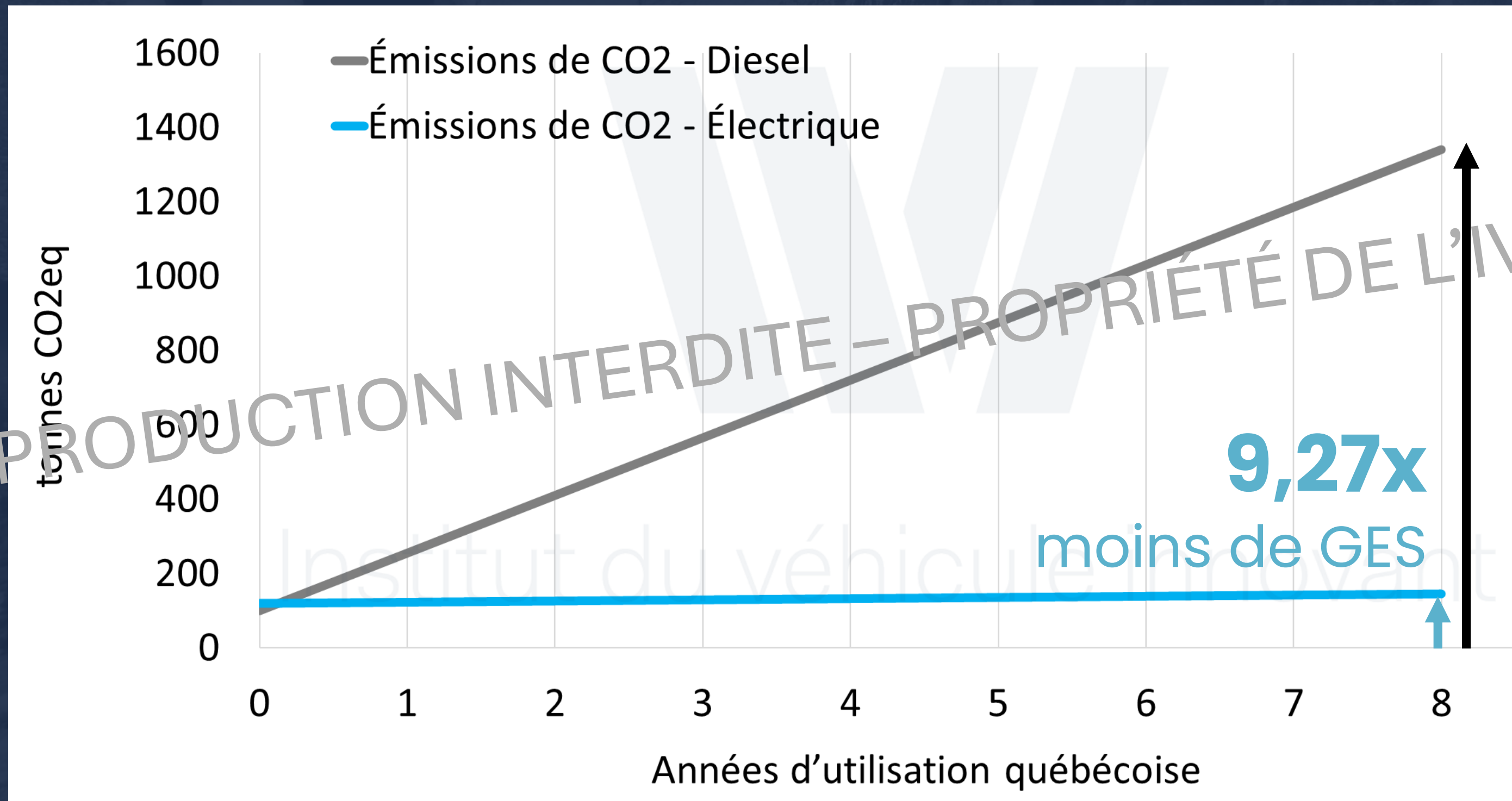


Émission total de GES du Canada en 2023 [million de t CO2 eq.]





Émission GES sur le cycle de vie complet

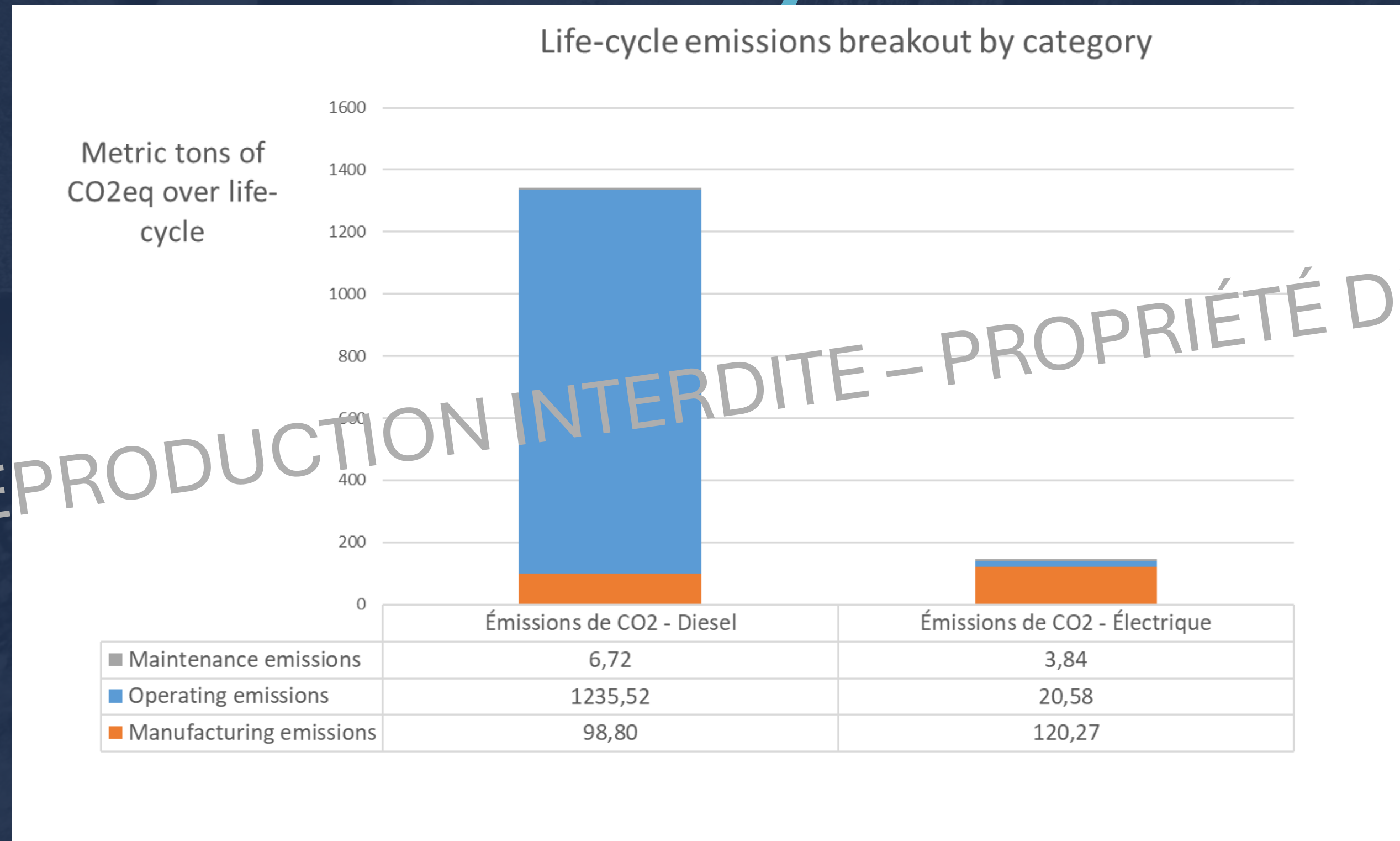


REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI

Hypothèses et sources ici !



Émission GES sur le cycle de vie complet



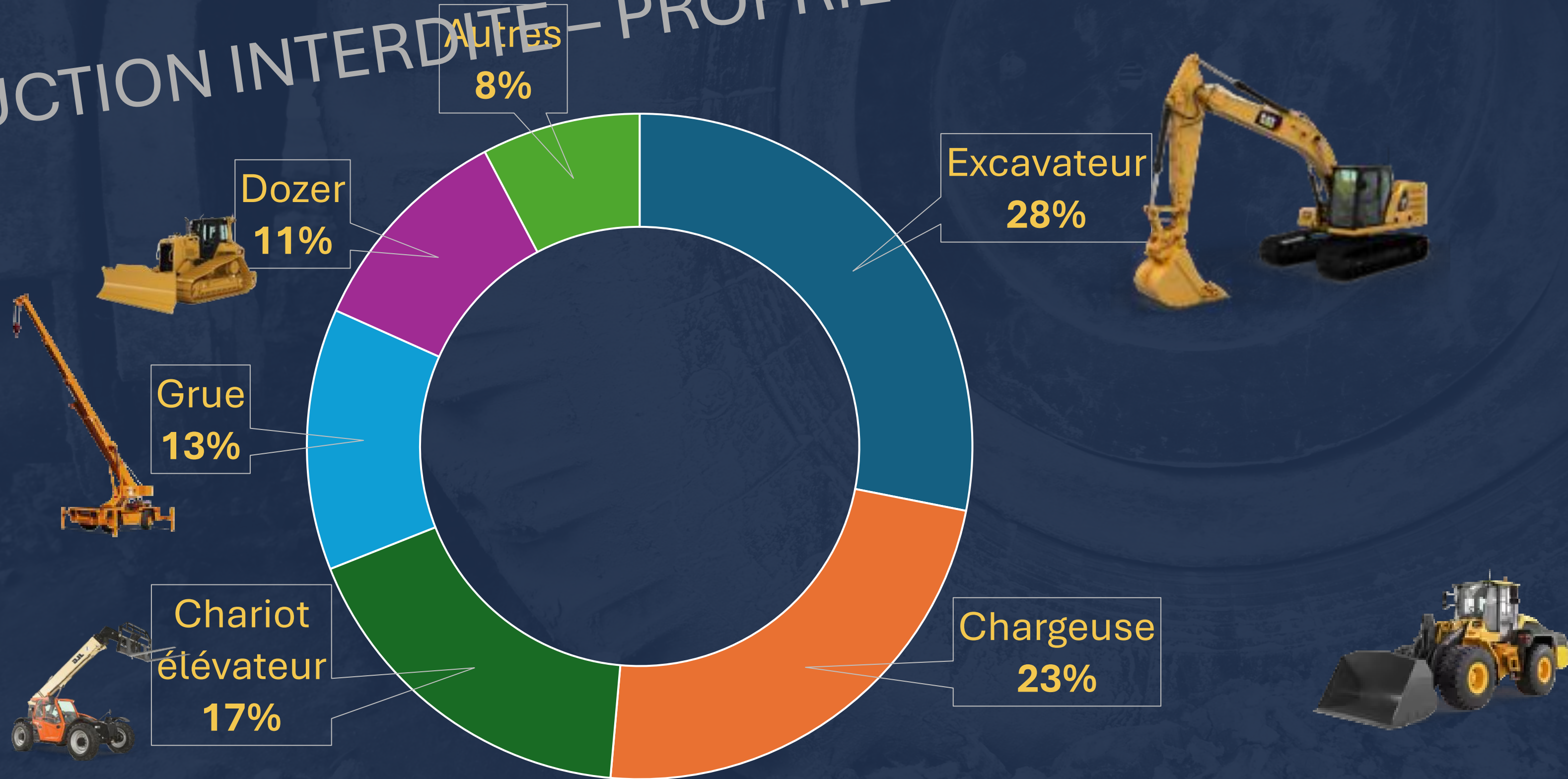
Hypothèses et sources ici !

Marché global

Avez-vous une question pour l'équipe FRML ?



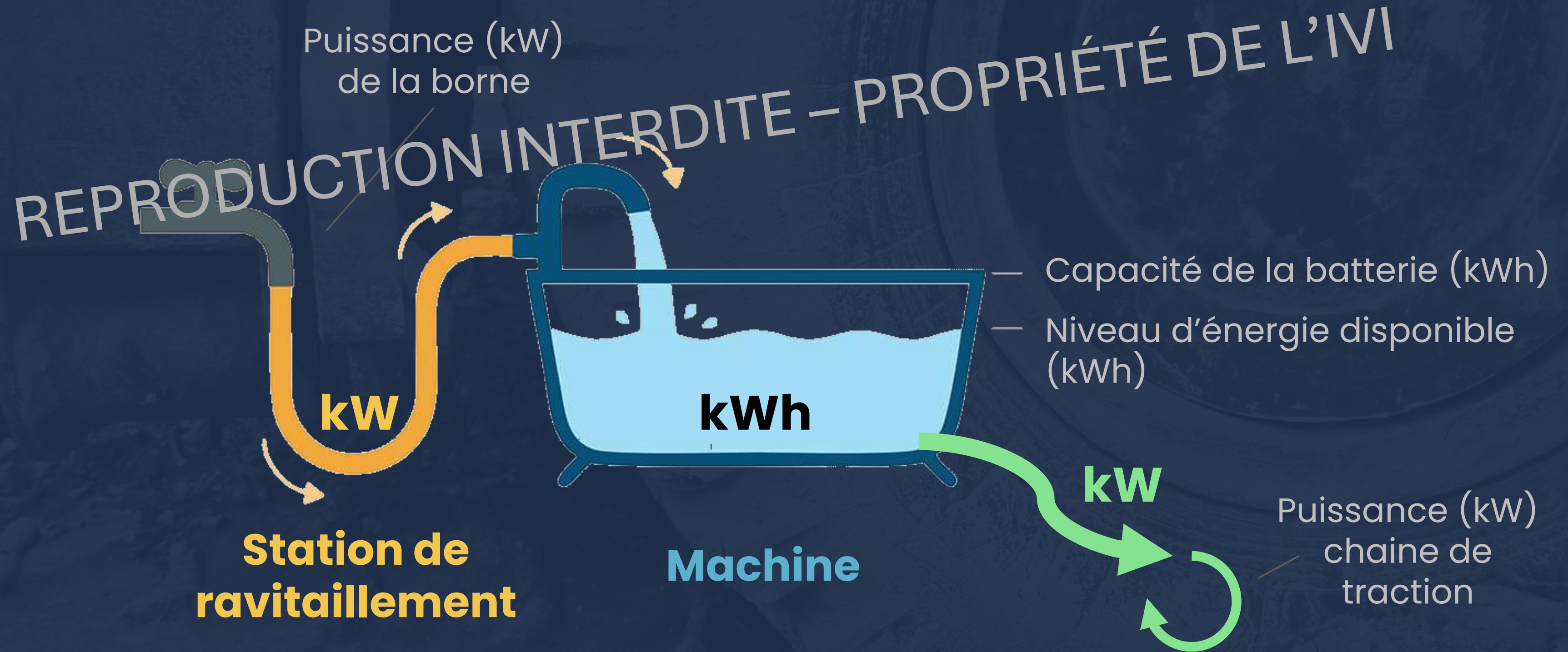
REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Source:
https://www.mmrstatistics.com/statistics/324063/global-construction-equipment-market-share-type?utm_source=chatgpt.com



Terminologies





Terminologies

REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI

	Véhicule routier	Machine de construction
Autonomie	km	h
Consommation électrique	kWh/100km	kWh/h (ou kW moyen)

Qu'est-ce qui consomme de l'énergie ?

Accessoires et confort

Déplacement

Outils et système hydraulique



Machine Diesel VS Électrique

Fait le travail ? Oui, si la machine est bien sélectionnée

Autonomie (h) Bien connu dans l'industrie

Émission GES Part importante des émissions directes

Ravitaillement Connu dans l'industrie

Oui, si la machine est bien sélectionnée

Besoin d'une **planification** des opérations

Diminution significative des émissions GES

Besoin d'une **planification** des opérations (énergie et puissance)

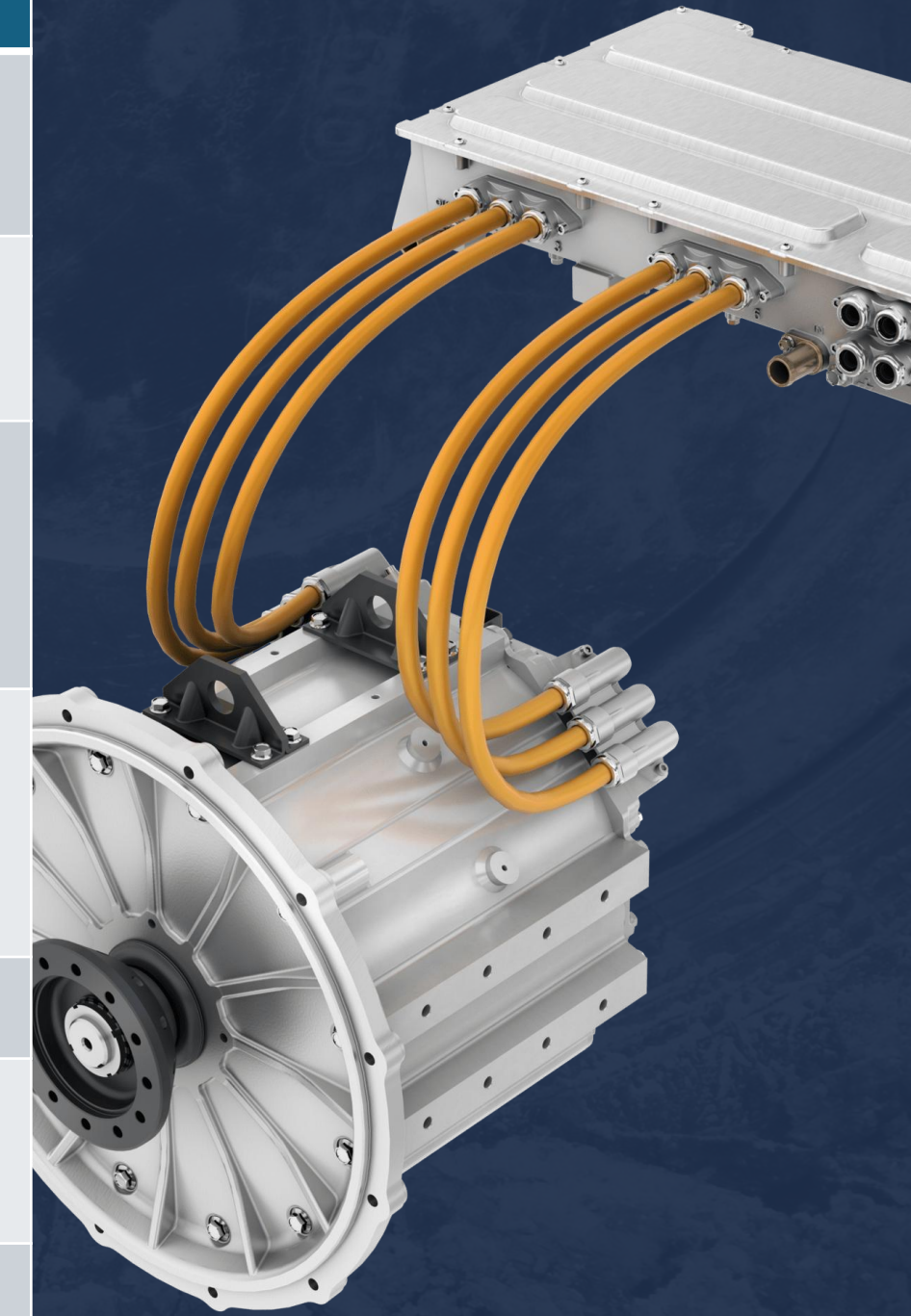
Prix du kWh fixe ; kW variable
Achat de **1.25 à 1.75X** le \$ machine diesel équivalent (avant sub.);
\$/h de **0.1 à 0.2 X** le diesel

REPRODUCTION INTERDITE –
PROPRIÉTÉ DE L'IVI
Prix du diesel variable



Groupe motopropulseur

Diesel	Électrique
Moteur diesel	Moteur et entraînement électrique
« Powershift » à plusieurs rapports et/ou hydrostatique	Réducteur 1 vitesse et/ou hydrostatique
Système d'admission, intercooler et turbocompresseur	-
Système d'échappement et post-traitement des gaz : DOC / DPF / SCR / EGR	-
Réservoir et filtre à huile	-
Système de refroidissement liquide 85 à 105 °C	Système de refroidissement liquide 20 à 40 °C (plus petit)
Alternateur	Convertisseur DC/DC
Réservoir de combustible	Batterie li-ion

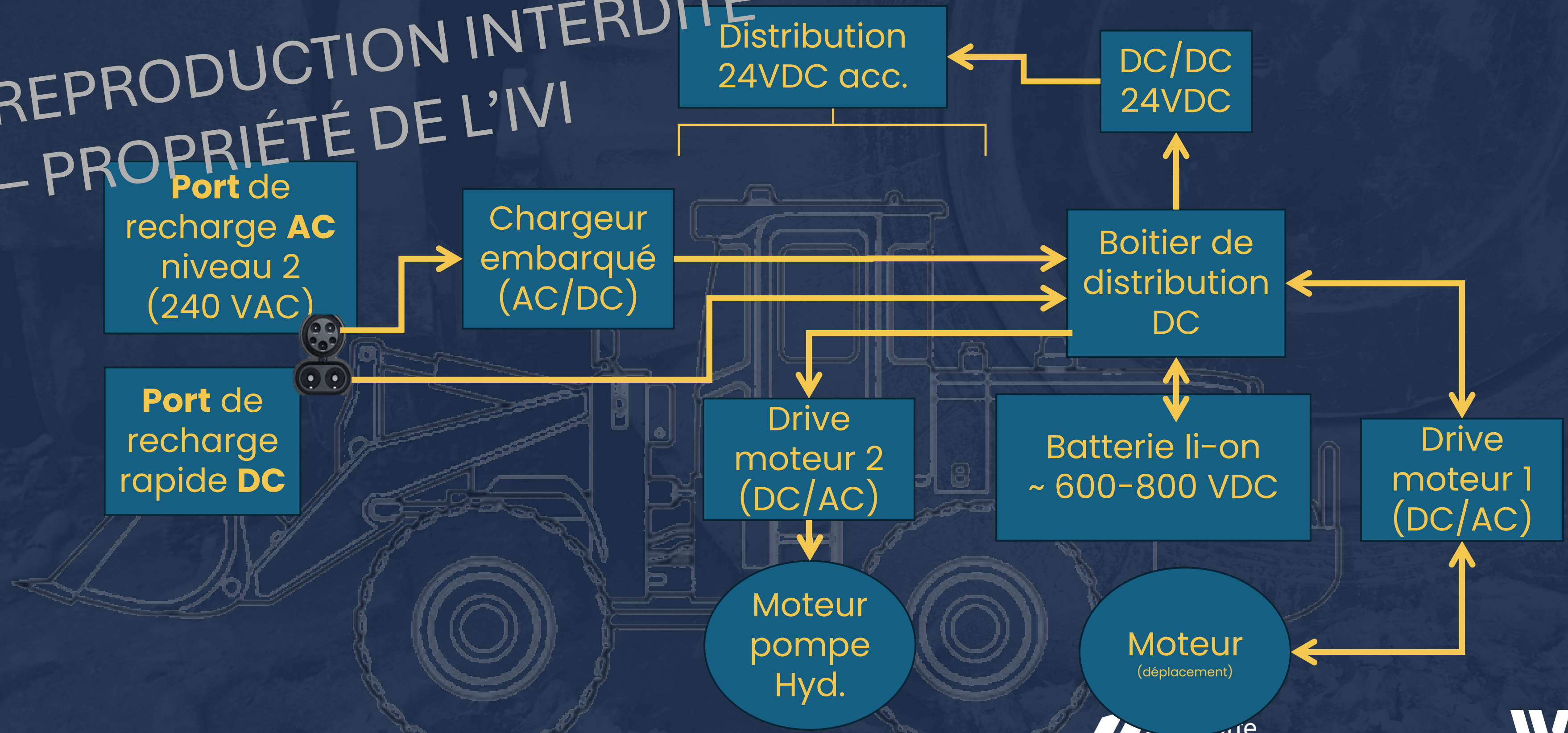


REPRODUCTION
- PROPRIÉTÉ DE L'INSTITUT



Familiarisation des Composants

REPRODUCTION INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVI





Perspectives de l'avenir ?

Amélioration de la **conception machine**

Amélioration des **batteries**

Amélioration de l'**Infrastructure de recharge**

Efficacité énergétique des machines

Densité énergétique

Offre

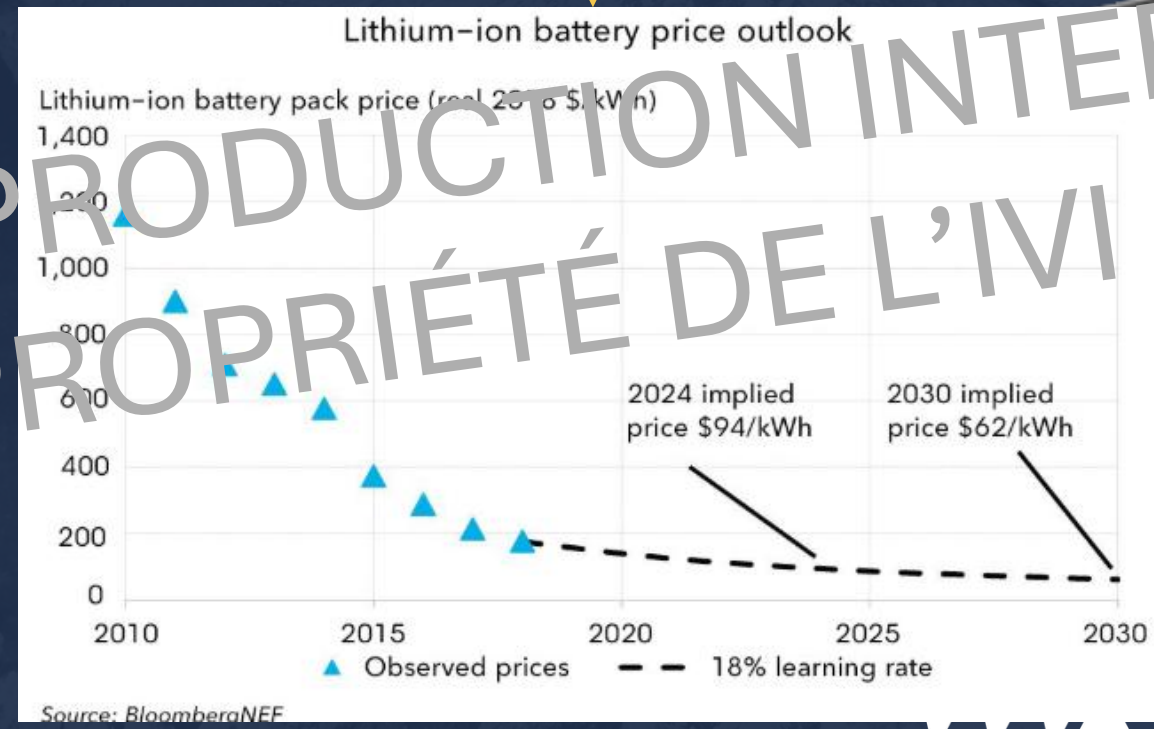
Coût

Puissance de recharge

Mobilité et stockage d'énergie

Autonomie d'opération

Puissance de travail disponible





Efficacité

Efficacité
Véhicule routier électrique

100% diesel

de 15-30%

100% électricité

de 70 à 80 %

Efficacité
Machinerie lourde avec système hydraulique exclusif

de 5 à 14%

de 10 à 30%

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI

Pourquoi aussi bas ?
L'efficacité d'un système hydraulique à lui seul est de **13-35%**

Source:

https://www.fueleconomy.gov/feg/atv-ev.shtml?utm_source=chatgpt.com
https://info.ornl.gov/sites/publications/files/pub28014.pdf?utm_source=chatgpt.com
https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/HDV_engine-efficiency-eval_WVU-rpt_oct2014.pdf

Worldbank (2014), Apostolaki-Iosifidou et al. (2017), Peters et al. (2017), Larmanie et al. (2012), Umweltbundesamt (2019), National Research Council (2013), Ricardo Energy & Environment (2020), DOE (no date), ACEA (2016).



Flotte
Rechargeable
Machinerie lourde



Institut du véhicule innovant

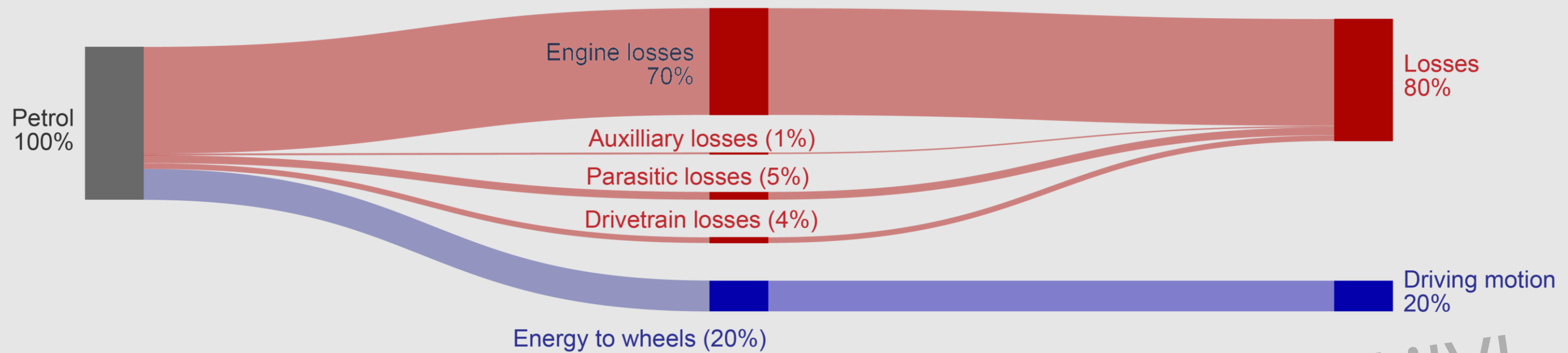
Efficacité

Avez-vous une question pour l'équipe FRML ?



Petrol

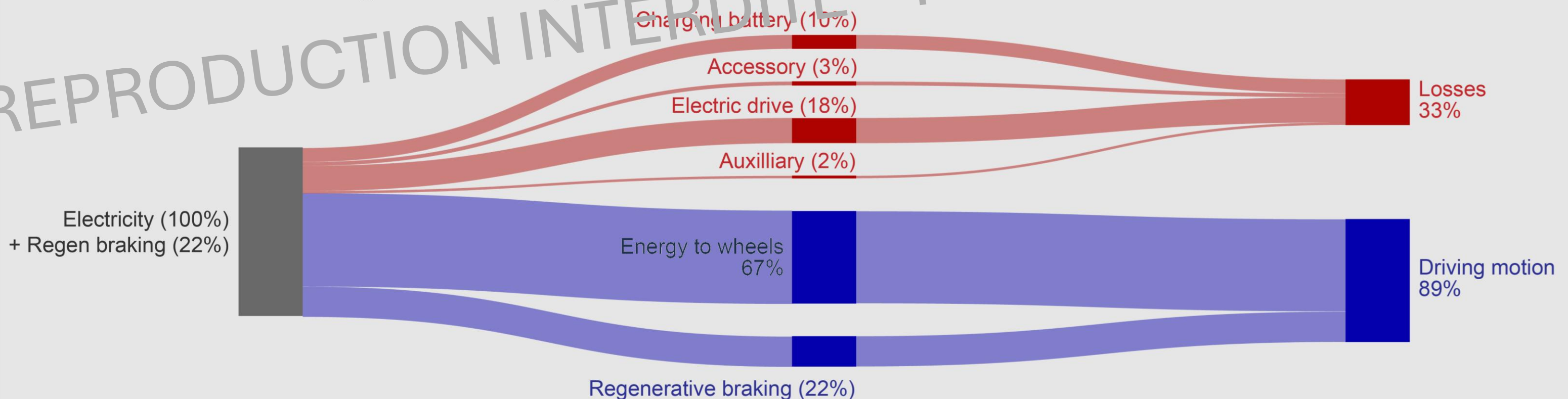
Put 100 units of energy in; 20 are turned into motion



Electric

Put 100 units of energy in; 89 are turned into motion

67 units + 22 recovered from regenerative braking

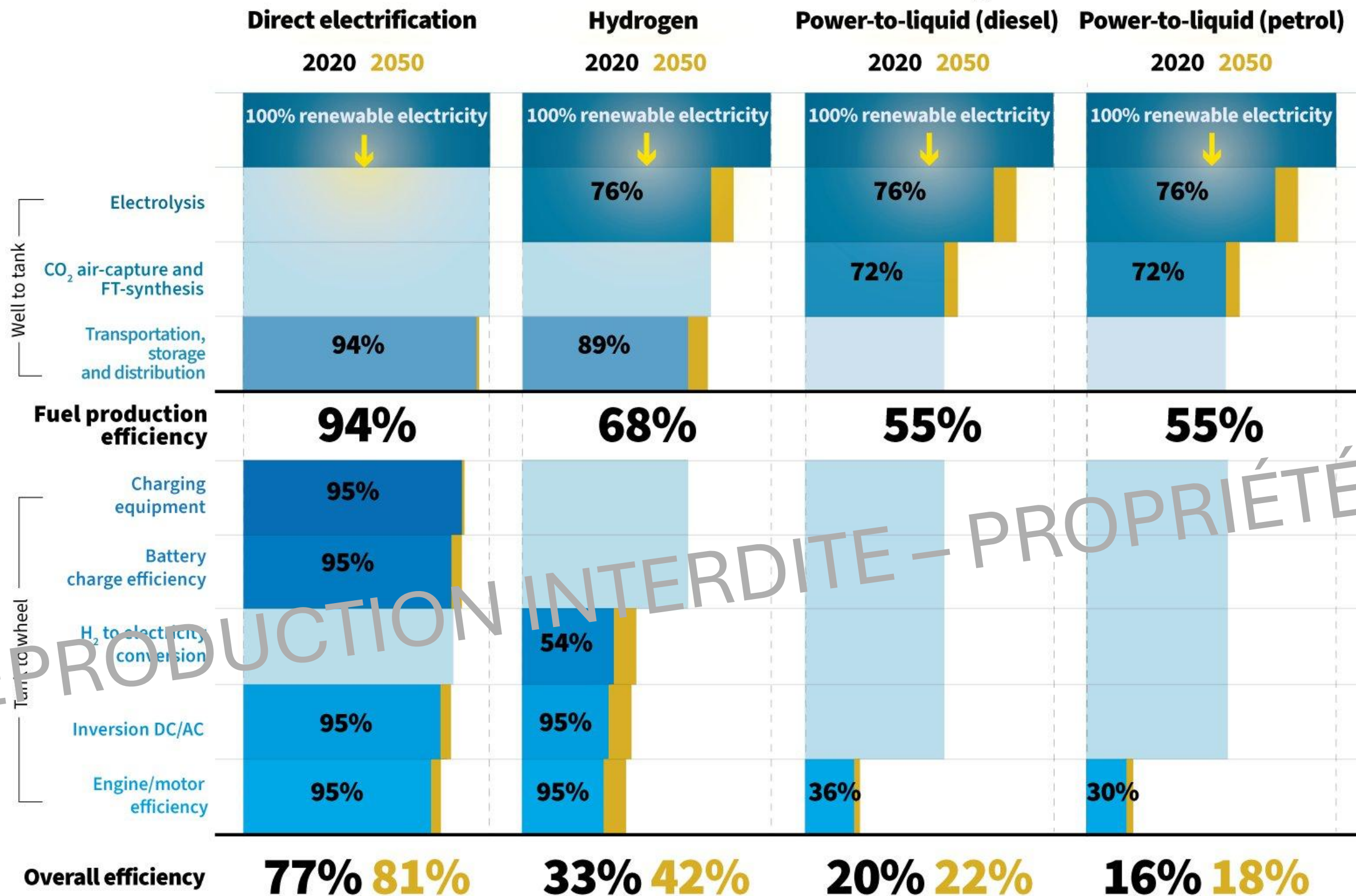


REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Cars: direct electrification most efficient by far

une question
équipe FRML ?



REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI

Notes: To be understood as approximate mean values taking into account different production methods. Hydrogen includes onboard fuel compression. Excluding mechanical losses.



Les systèmes hydrauliques ont-ils encore leur place?

Réponse simple: Oui.

Interfaçable à un système électrique

Un système qui a fait ses preuves

→ fiable, connu et réparable

...mais,

ces systèmes hydrauliques sont peu efficaces énergiquement.

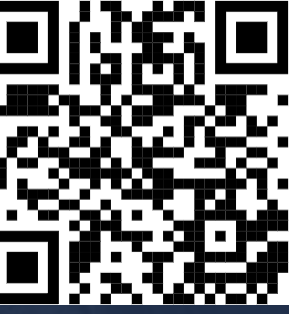
Efficacité

13 à 35% pour vérins hydrauliques

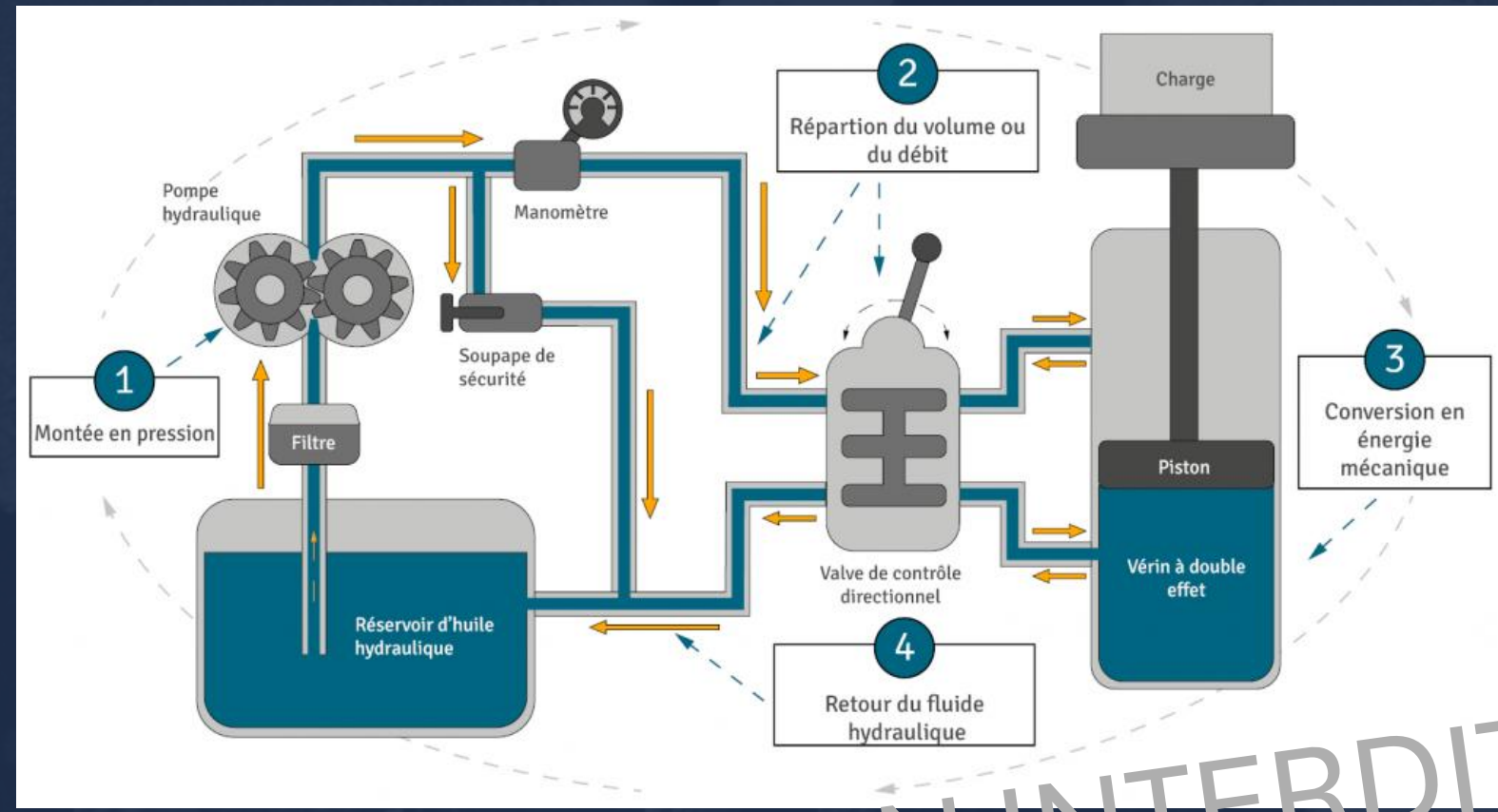
70 à 90% pour actuateurs électriques

Source: <https://info.ornl.gov/sites/publications/files/pub28014.pdf>





Les systèmes hydrauliques



Aujourd'hui:

L'hydraulique est toujours en place.

Translation technologique

-> 1 étape/fois

Dans 5-10 ans:

Actuateur électrique

=> + efficace

=> + d'autonomie



REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Variables affectant l'autonomie d'opération

- Énergie kWh embarqué
- Intensité du travail
- Les temps « idle »
- Les temps d'arrêts (pause/diner/nuit)
- La puissance de recharge disponible (machine, borne, réseau)
- Température ambiante
 - impact sur l'efficacité des systèmes et sur l'intensité travail

REPRODUCTION INTERDITE
– PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Exemples d'autonomie d'opération

REPRODUCTION INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Autonomie et consommation estimée

Volvo L120-282 kWh

Intensité du travail	Autonomie avec 5% idling	Consommation kWh/h ou kW moy.
Basse	9,6 h	29 kWh/h
Moyenne	7,2 h	38 kWh/h
Haute	5,8 h	48 kWh/h

Autonomie et consommation estimée excavateur

Volvo EC230-450 kWh

Intensité du travail	Autonomie avec 20% idling	Consommation kWh/h ou kW moy.
Basse	8,8 h	32 kWh/h
Moyenne	7,1 h	39 kWh/h
Haute	5,7 h	49 kWh/h



Avez-vous une question pour l'équipe FRML ?



Runtime Calculator

Get an overview of how your day could be divided between work and charging. For detailed information, please contact your dealer.

Select your electric machine

L120 Electric, 282 kWh

Select charger

IC charger 180kW (InCharge/ ABB)

80% charge takes 1h 22min

Select Workload ⓘ

Low **Medium** High Transport

Cab comfort ⓘ

Cab heater AC

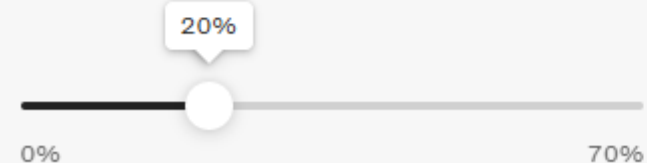
How long is your working day? ⓘ



How long are your planned daily stops? ⓘ

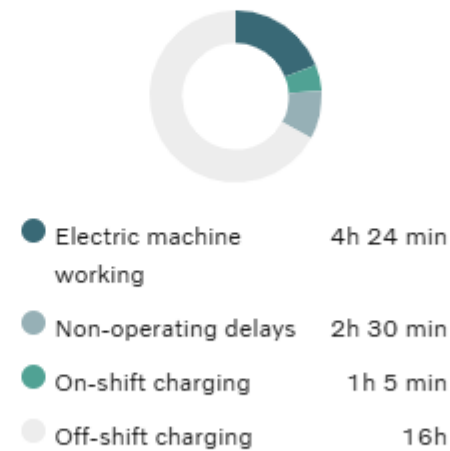


Idling (diesel machine, %) ⓘ



Runtime Charging

Breakdown of your 24h workday



Runtime

On full charge
Equivalent to a diesel machine incl. idling

8h 36min

On full charge
Non-stop without idling

6h 52min

Charging needed

See how long you need to charge during your work day and how much time you have for overnight charging

1h 5min

Charge during workday

[How we have calculated](#)

[Disclaimer](#)



Simulateur d'autonomie Volvo

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI

 Flotte Rechargeable
Machinerie lourde


Institut du véhicule innovant



Autonomie VS Température

Pourquoi l'autonomie varie en fonction de la température ?

- Le confort de la cabine (Chauffage ou AC)
- Thermorégulation de la batterie et des systèmes
- Une batterie plus résistive lorsqu'elle est froide
- Manutention plus intense (sol plus dur)

Bonnes pratiques

- Toujours brancher la machine lorsqu'elle n'est pas en opération.
- Thermorégulation de la cabine et de la batterie avant d'opérer.

REPRODUCTION INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Santé d'une batterie (SOH)

Prévoir une dégradation de batterie !

Facteurs principaux influençant la dégradation

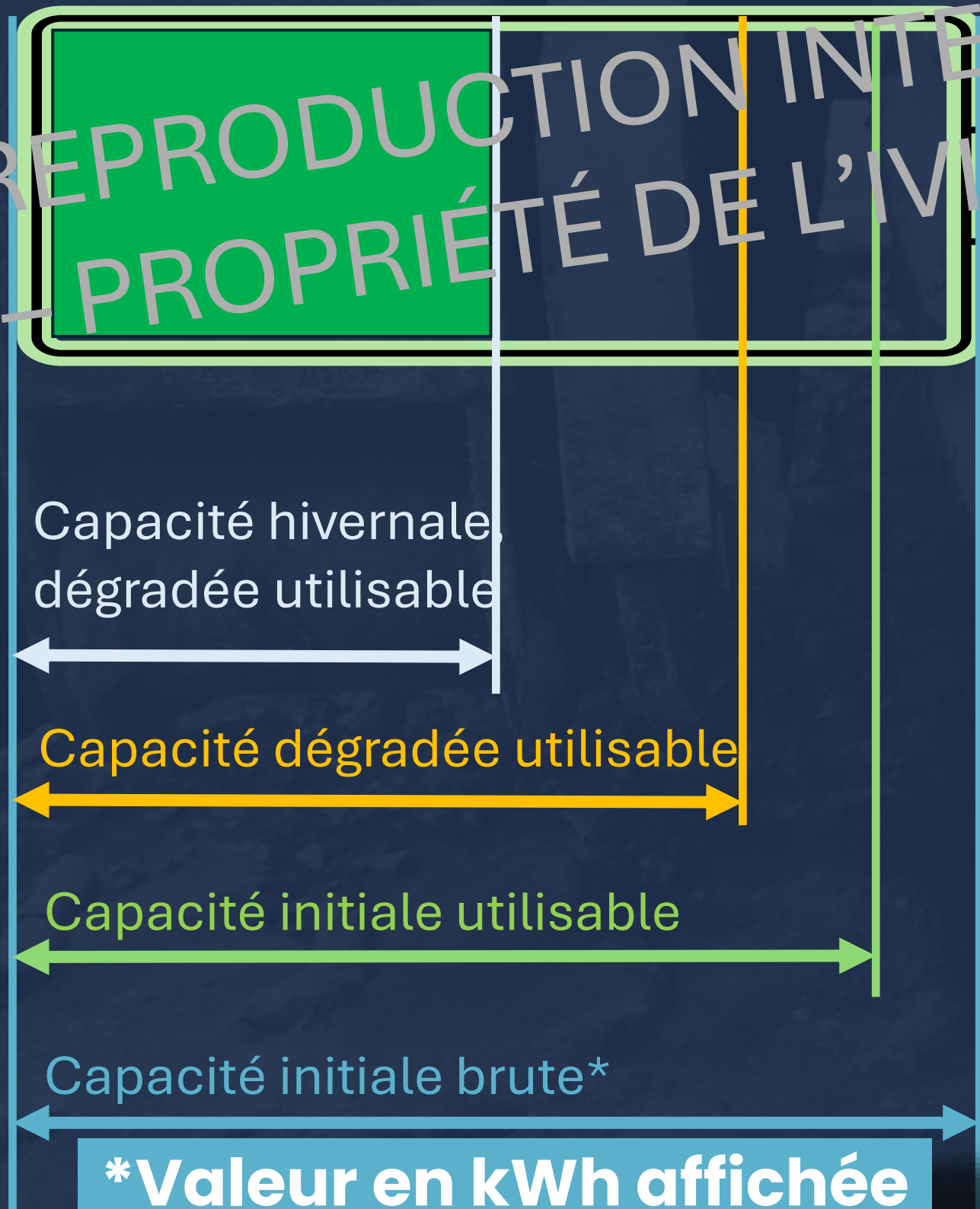
- Nombre de cycle de recharge/décharge
 - Si grosse batterie, ALORS moins de cycle recharge/décharge
- Chaleur
 - La haute puissance peut faire augmenter la température.
- SOC (niveau de la batterie en %)
 - le temps passé sous le 20% et au dessus de 80%
- **Age de la batterie depuis sa fabrication**

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Calcul préliminaire de taille de batterie

REPRODUCTION INTERDITE
PROPRIÉTÉ DE L'IVM



Capacité initiale brute

>

Besoin quotidien moyen (kWh)

Marge hivernale

X

Marge dégradation

X

Marge plage utilisable

Valeur préliminaire pour commencer les discussions
1,75 kWh

Recommandation préliminaire
1.4

Recommandation préliminaire
1.2

Recommandation préliminaire
1.1

h * t

Exemple théorique préliminaire:

$$\left[\frac{1,75 \text{ kWh}}{h * t} * 8h * 21t \right] * 1,4 * 1,2 * 1,1 = 543 \text{ kWh}$$

294 kWh

1,85

Sans opportunité de recharge

*Valeur en kWh affichée par les fabricants



Validation de taille de batterie

- Une analyse énergétique des opérations est nécessaire
- Profitez des opportunités de recharge durant les **pauses** et **diners** pour diminuer la quantité de batterie embarquée nécessaire

REPRODUCTION
INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVM



Exemple théorique précédent:

$$294 \text{ kWh} * 1,85 = 543 \text{ kWh}$$

$$[294 \text{ kWh} - (80 \text{ kW} * 1\text{h})] * 1,85 = 396 \text{ kWh}_{min}$$

Sans recharge
d'opportunité

AVEC recharge
d'opportunité

Ne pas dimensionner vos requis selon
le besoin extrême.

→ L'alignement de planète est peu
probable





AVANT DE SE LANCER ...

Variables principales à considérer pour les besoins énergétiques.

- Nombre d'heures d'opération / jour
- Type de travail (à quel point la machine travaillera fort?)
- Déplacement de la machine (sur son pouvoir)
- Cycle des pauses et repas
- Accessibilité électrique (puissance, énergie et localisation)
- Température ambiante

C'est la 1^{ère} étape!
**Ces variables aident à définir
l'énergie consommée et les
stratégies de ravitaillement**

La planification et l'adaptation de vos opérations est essentielle.

REPRODUCTION INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Sécurité haute tension

>60 VDC => HAUTE TENSION

Voltage DC des machines électrique à
batterie:

600-800 VDC grosse machinerie (>15-20 t)

300-450 VDC moyenne machinerie (5-15 t)

24-48 VDC petite machinerie (<5 t)



Formation haute tension
est nécessaire pour les
entretiens !

Avez-vous une question pour l'équipe FRML ?



État du marché québécois



Catalogue de véhicules spécialisés de *Roulons Électrique*

- Machine de construction
- Transport de marchandise
- Usage hors-route
- Service publique
- Etc.

REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Flotte Rechargeable
Machinerie lourde



Institut du véhicule innovant

Avez-vous une question pour l'équipe FRML ?



Piles à combustible ?

Bonne maturité technologique
Plus de composante à bord

Attention au ravitaillement !

REPRODUCTION INTERDITE – PROPRIÉTÉ DE L'IVI

FC

Batterie

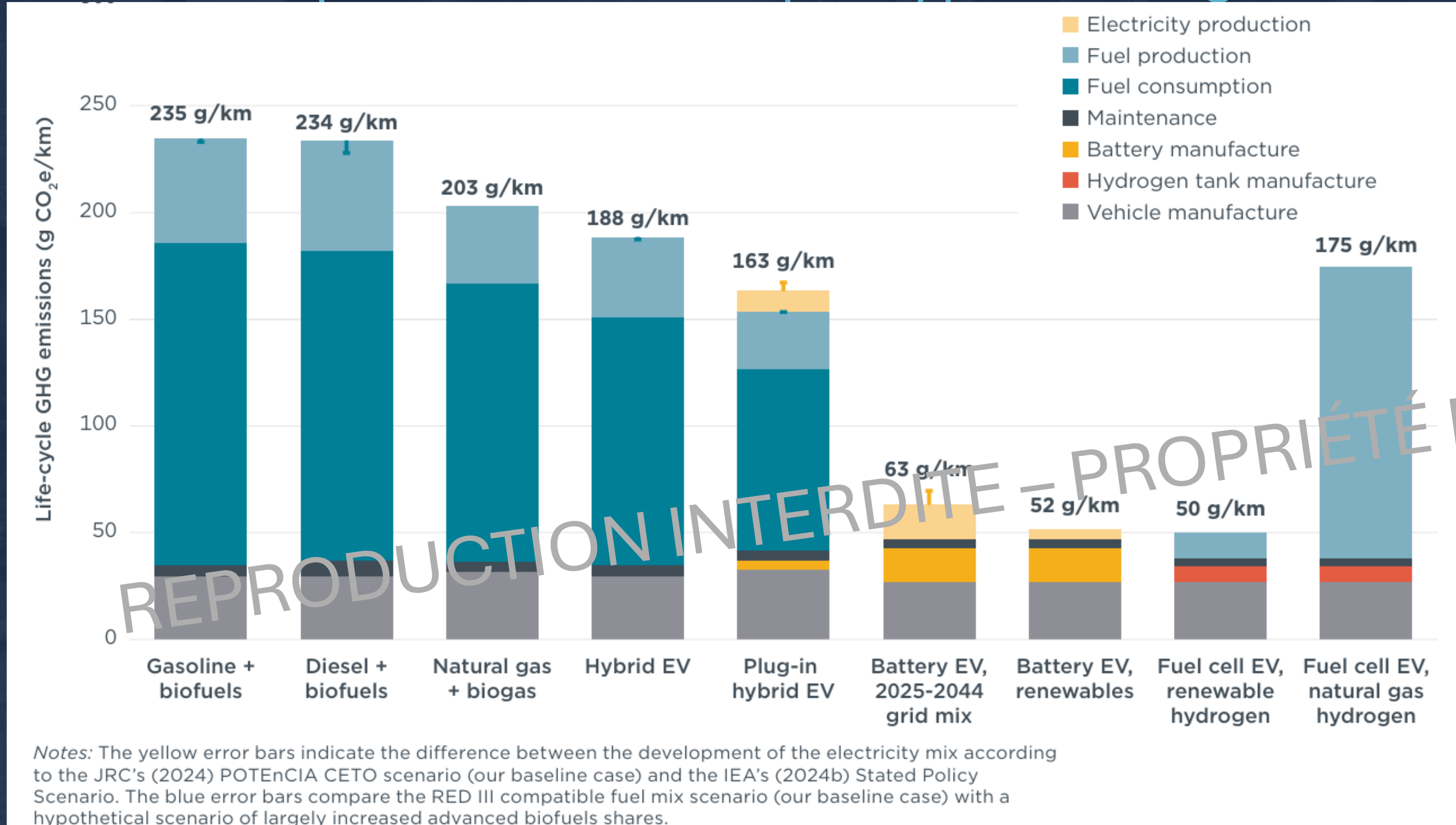
Vs

Batterie





Émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie des véhicules utilitaires moyens vendus dans l'Union européenne en 2025, par type d'énergie.



REPRODUCTION INTERDITE - PROPRIÉTÉ DE L'IVI



Flotte Rechargeable Machinerie lourde

Avez-vous une question
pour l'équipe FRML ?



Un projet propulsé par



Institut du véhicule innovant

Financé par

Plan pour une
économie
verte



Québec 

En collaboration avec



**FONDS D'ACTION
QUÉBÉCOIS**
pour le développement durable

Hypothèses LCA

Analyse Institut du Véhicule Innovant

Avez-vous une question
pour l'équipe FRML ?



LCA

Liu gong 856HE électrique vs 856HV diesel

Consommation 856HE électrique : **36,75 kWh/h** ; 856HV diesel : **22L/h**

Utilisation de **2000h/année**; Analyse sur **8 ans**

Masse machine **diesel 19 t**; Machine **électrique 21 t**

1,75 kW/h/tonne opérationnelle: **36,75 kWh/h** pour une chargeuse 21 t

Emission pour la fabrication de **5,2 t CO₂eq / tonne** selon étude ICCT. Incluant le recyclage et fin de vie utile et excluant la batterie

Estimation d'émission de maintenance à **420g CO₂ eq./h** opérationnelle pour le diesel et **240g CO₂ eq./h** pour l'électrique

Émission GES de litre de diesel produit de **0,98 kg CO₂eq / L** selon étude ICCT

Émission GES de litre de diesel brûlé de **2,53 kg CO₂eq / L** selon étude ICCT

Quantité de batterie sur version électrique de **423 kWh**; Chimie LFP

Densité énergétique du pack batterie LFP de **205 wh/kg**

66 kgCO₂e/kWh batterie LFP produite

4,7 t CO₂eq/tonne de chassis(sans batterie). Selon étude ICCT

Chauffage seulement électrique dans la version électrique (n/a diesel)

Étude de cycle de vie de machine et batterie envoyées au dépôt en fin de vie (sans recyclage, ni 2e vie)

Consommation 856HE électrique : **36,75 kWh/h** ; 856HV diesel : **22L/h**

Électricité consommée au Québec avec impact de **35g CO₂ eq./kWh**

REPRODUCTION INTERDITE
- PROPRIÉTÉ DE L'IVI