

Panorama des technologies et des utilisations

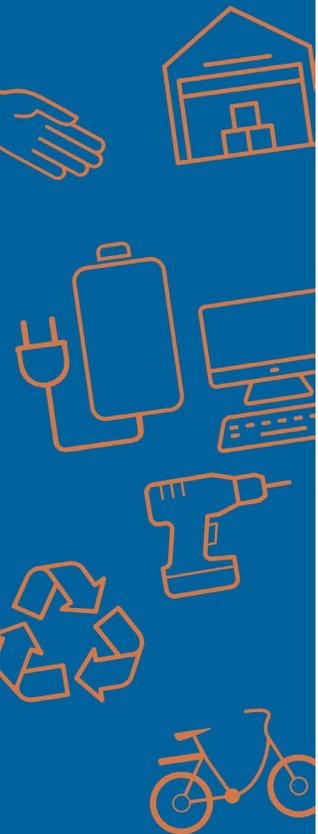
Anne LE MINOR

Ingénieur conseil – Carsat Hauts de France

22 NOVEMBRE 2022
Maison de la RATP – Paris

SOMMAIRE

- 1 La carte d'identité du Lithium et ses ressources
- 2 Les batteries au Lithium : Généralités
- 3 Les risques



Les batteries Lithium

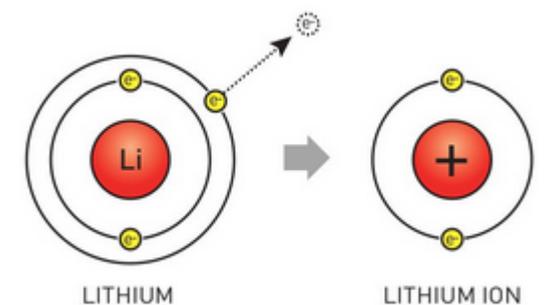
- Carte d'identité du Li
- Ses ressources

Carte d'identité du Lithium (Li)

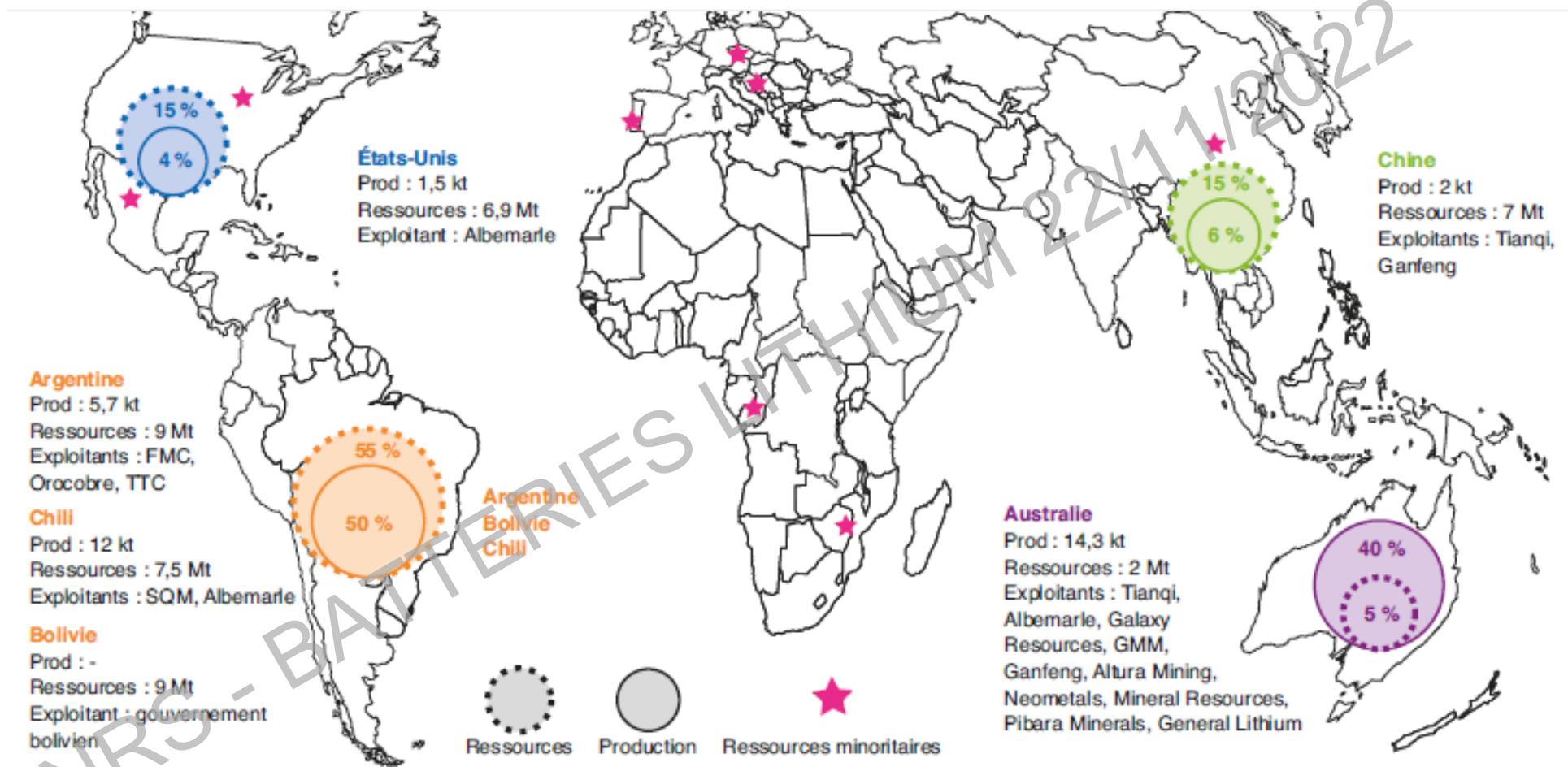
- Métal blanc argenté, mou et très léger,
- Dans le tableau périodique, il appartient à la famille des alcalins avec 3 électrons dont un seul électron sur son orbite externe.
- Métal instable, n'existe pas à l'état naturel,
 - *Très réactif comme tous les alcalins
 - *S'oxyde très rapidement au contact de l'eau (H_2 , $LiOH$) et de l'air (Li_2O),

										Gaz rares (gaz nobles)															
										Alcalins				Alcalino-terreux				Halogènes				18 VIIIA			
										1 IA	2 IIA											18 VIIIA			
										↓	↓											↓	↓		
1	1.0079											18	4.0026												
1	H											2	He												
3	6.941	9.0122											10	20.180											
2	Li	Be											10	Ne											
										LITHIUM	BERYLLIUM											HÉLIUM			
11	22.990	12	24.305											17	35.453	18	36.948								
3	Na	Mg											17	Cl	18	Ar									
										SODIUM	MAGNÉSIUM											CHLORE	ARGON		
19	39.098	20	40.078	21	44.956	22	47.867	23	50.942	24	51.996	30	65.39	31	69.723	32	72.64	33	74.922	34	78.96	35	79.904	36	83.80
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr												
										POTASSIUM	CALCIUM	SCANDIUM	TITANE	VANADIUM	CHROME	ZINC	GALLIUM	GERMANIUM	ARSENIC	SÉLÉNIUM	BROME	KRYPTON			
37	85.468	38	87.62	39	88.906	40	91.224	41	92.906	42	95.94	48	112.41	49	114.82	50	118.71	51	121.76	52	127.80	53	126.90	54	131.29
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe												
										RUBIDIUM	STRONTIUM	YTTRIUM	ZIRCONIUM	NIOBIUM	MOLYBDÈNE	CADMIUM	INDIUM	ÉTAIN	ANTIMOINE	TELLEURE	IODEE	XÉNON			

1	H				
3	Li	4	Be		
11	Na	12	Mg		
19	K	20	Ca	21	Sc
37	Rb	38	Sr	39	Y

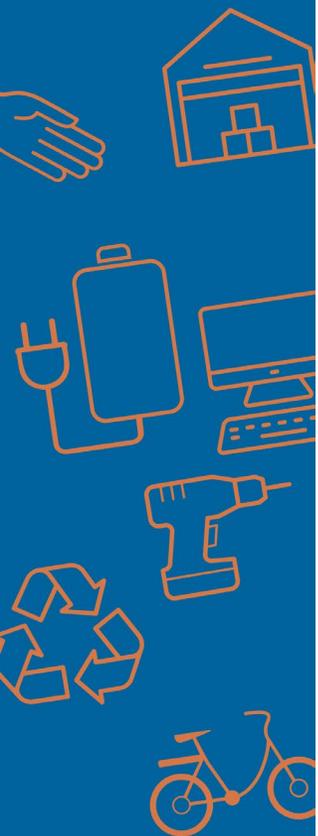


Répartition des ressources du Lithium



Sources : USGS (2017), annonces des producteurs

Répartition des ressources (en pointillés) et de la production primaire mondiale (en trait plein), avec les principales entreprises présentes sur les sites de production actuels et les projets en cours (données 2016)



Les batteries Lithium

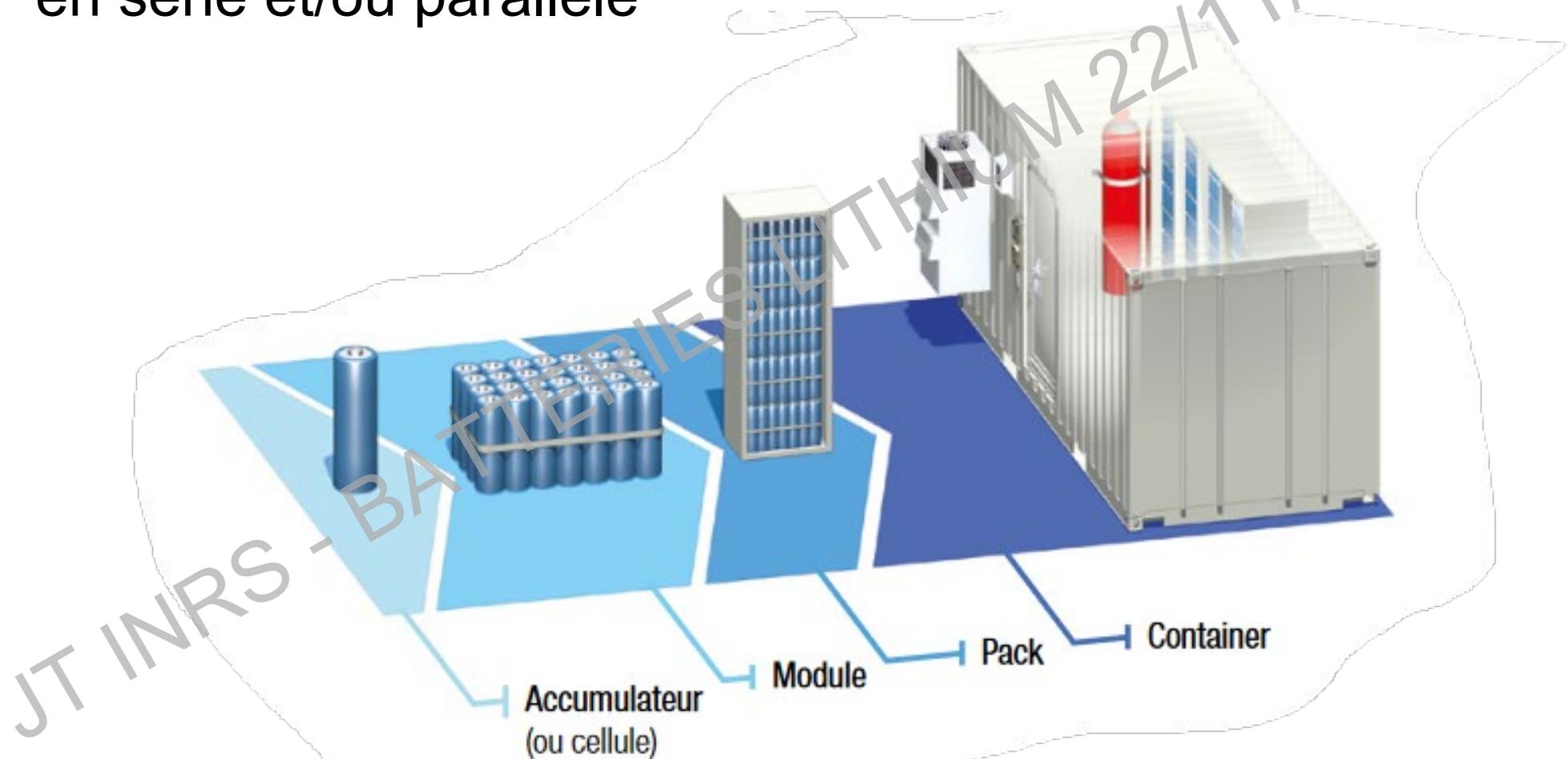
- Généralités

Quelques définitions

- **Stockage électrochimique** : système qui permet de stocker de l'énergie sous forme chimique, pour la restituer, au besoin, sous forme électrique
- **Pile** : système électrochimique, non rechargeable
- **Accumulateur ou cellule** : système électrochimique, rechargeable
- **Cycle** : Un cycle correspond à une décharge totale, puis à une recharge complète.

Mais comment est constituée une batterie Lithium ?

- Batterie : constituée d'accumulateurs (ou cellules) assemblés en série et/ou parallèle



Caractéristiques essentielles d'une batterie

- Tension nominale (V) : tension moyenne pendant la décharge
- Capacité nominale (Ah) : quantité d'énergie électrique pouvant être stockée

	Tension nominale (V)	Capacité nominale (Ah)	Poids (kg)	Nombre de cellules
Cellule unitaire	3,2 – 3,7	2,2 – 3,9	0,02 – 0,05	–
Ordinateur portable	11 – 15	2,6 – 5,2	0,2 – 0,5	3 – 8
Outillage électroportatif	12 – 48	2 – 12	0,2 – 1	10 – 40
Vélo électrique	24 – 48	10 – 20	3 – 8	10 – 50
Véhicule électrique	300 – 500	100 – 250	300 – 600	200 – plusieurs milliers
Container de stockage	600 – 800	1000 – 2000	14 000 – 19 000	Non limité <i>a priori</i>

- BMS (Battery Management System) : gestionnaire de la batterie
 - Gérer la charge de chaque cellule
 - Détecter et désactiver les cellules défectueuses (tension, température...)
 - Limiter les risques de réactions incontrôlées

Utilisations principales



Les différents types de cellules

■ Cellules cylindriques

- Enveloppe résistante
- Capacité énergétique limitée 2-3 Ah (nombre important à assembler)
- Vélos, trottinettes, ordinateurs, outillage, véhicules



■ Cellules poches (pouch)

- Enveloppe fragile mais modulable
- Capacité énergétique importante 20-40 Ah
- Téléphones, véhicules



■ Cellules prismatiques

- Enveloppe la plus résistante
- Très grande capacité énergétique 100-300 Ah
- Applications industrielles, véhicules

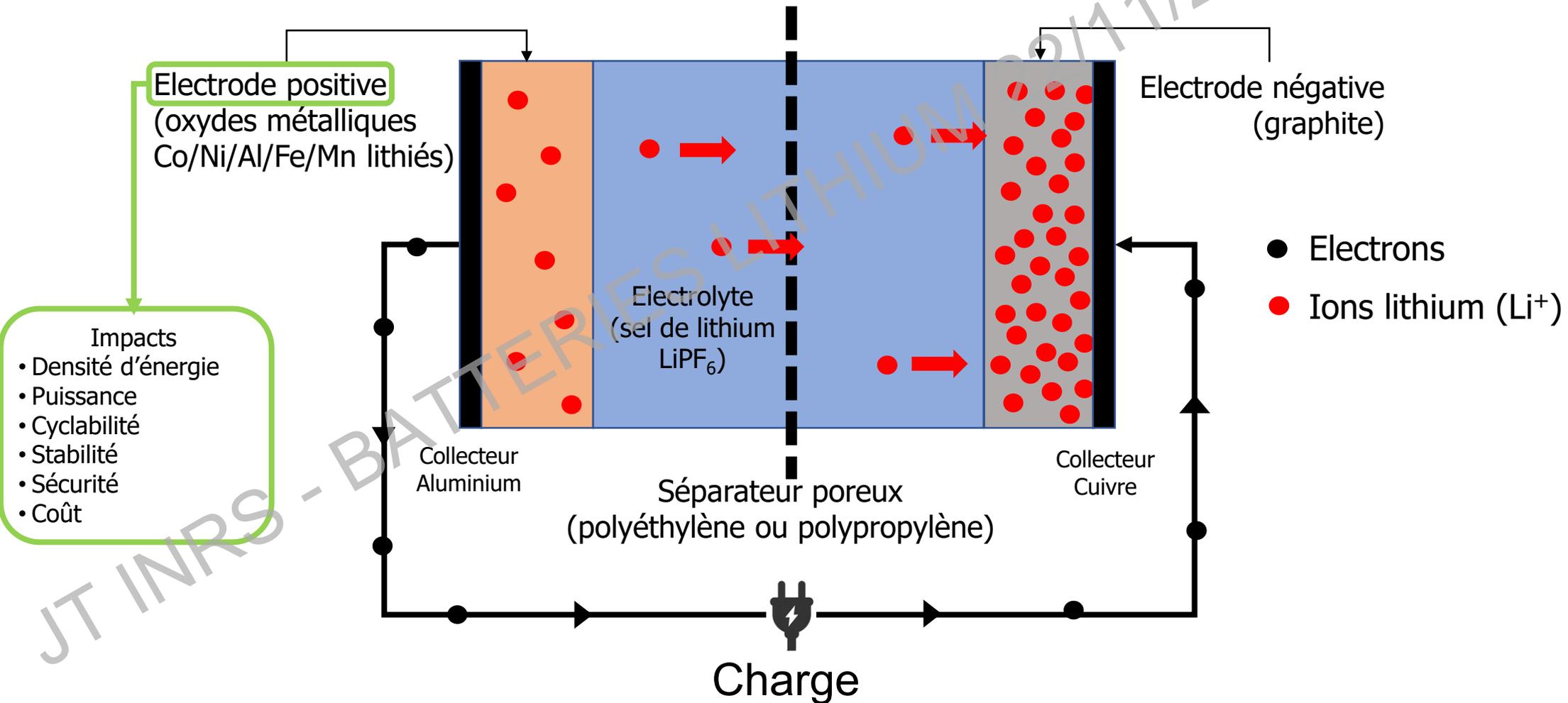


Les batteries au Lithium

- Deux technologies de batteries au lithium :
 - Batteries au lithium ionique
 - ✓ Electrolyte liquide : Li-ion
 - ✓ Electrolyte polymère : Li-Po
 - Batteries au lithium métal (LMP - Lithium métal polymère)

Un peu de chimie

Li-ion



Les différentes technologies

- Des architectures variables
- Trois éléments principaux
 - ❖ Anode
 - ❖ Cathode
 - ❖ Electrolyte
- Deux cathodes principales
 - ✓ NMC: Lithium Nickel
Manganèse Cobalt
 - ✓ LFP: Lithium Fer Phosphate

Matériaux de cathode	Energie spécifique en Wh/kg	Capacité spécifique (théorique/expérimentale) en mAh/g	Fem en V	Cyclabilité
LCO	150-200	274/148	3,6	500-1000
LNO	150-200	275/150	3,6	300-600
LMO	100-150	285/140	3,7	300-700
NMC	150-200	280/180	3,6-3,7	1000-3000
NCA	200-260	279/200	3,6	500
LFP	90-120	170/165	3,2-3,3	1000-2000
Li-S	2500 (théorique) 500 (expérimentale)	1000	2,2	100
Li-Air	3500 (théorique)	2000	3,0-3,2	50

Utilisation : Cycle de vie

Types de batteries Li-ion	Année	Energie spécifique (Wh/Kg)	Cycle de vie
LCO	1991	160	300
LMO	1996	140	300
NCA	1999	240	500
LFP	1998	120	2000
NMC	2006	200	500

LCO: Lithium Cobalt Oxyde → Téléphones, ordinateurs

LMO: Lithium Manganèse Oxyde → Outils, équipement médical, voitures

NCA: Lithium Nickel Cobalt Aluminium → Stockage d'énergie

LFP: Lithium Fer Phosphate → Equipements médicaux, voitures (« équivalent Pb »)

NMC: Lithium Nickel Manganèse Cobalt → Outils, vélos, voitures

Des « chimies » de plus en plus pauvres en Cobalt Co ...

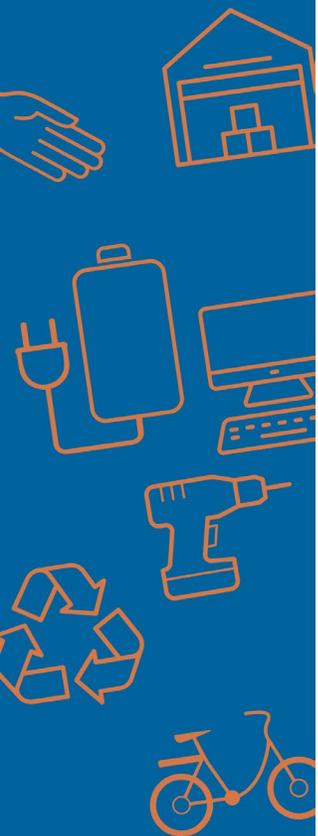
Types de batteries Li-ion	Année	Energie spécifique (Wh/Kg)	Cycle de vie
NMC	2006	200	500

Lithium Nickel Manganèse Cobalt

NMC 333 : 33% Nickel – 33% Manganèse – 33% Cobalt

NMC 622 : 60% Nickel – 20% Manganèse – 20% Cobalt

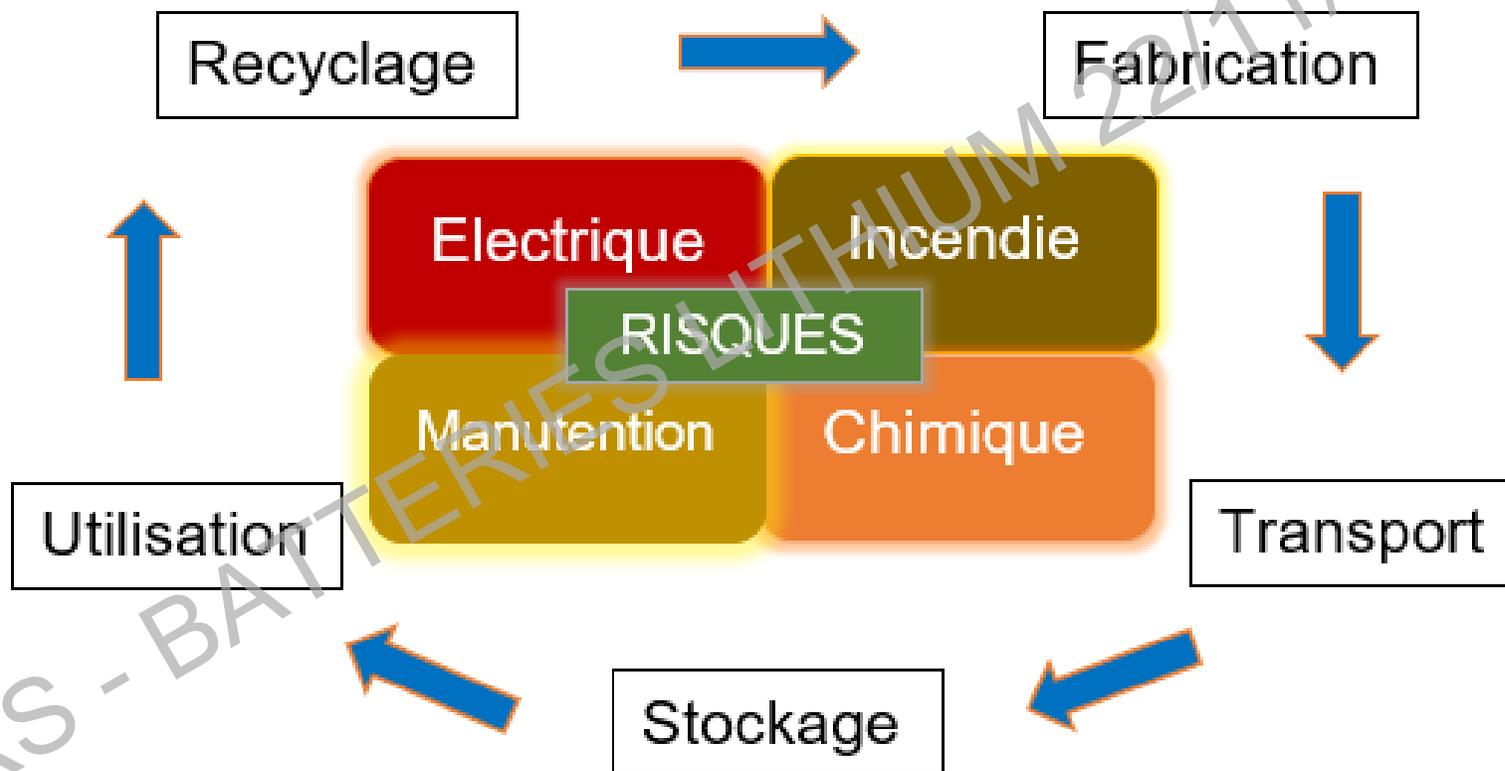
NMC 811 : 80% Nickel – 10% Manganèse – 10% Cobalt



Les batteries Lithium

- Risques et accidentologie

Quels risques pour les travailleurs ...

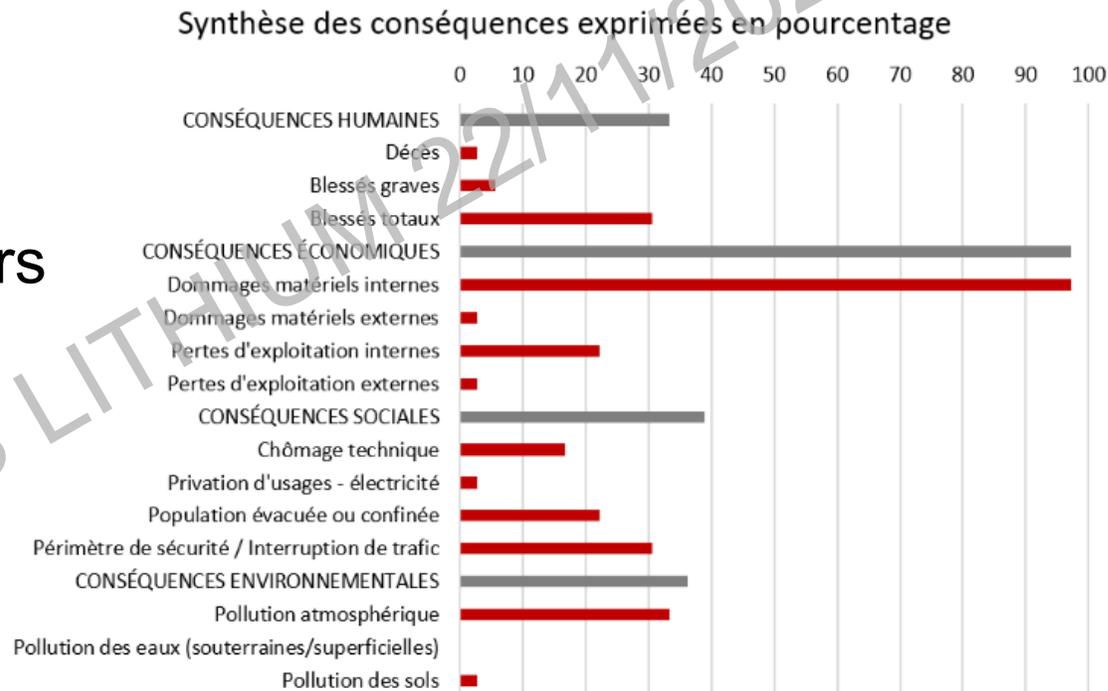


Accidentologie durant les étapes du cycle de vie des batteries

- **Industriels** – Rapport BARPI (Bureau d'analyses des risques et pollutions industrielles)

https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2022/02/Implication_batteries_Lithium-ion_final.pdf

- 36 évènements depuis 2000,
 - hors utilisation par des particuliers
 - hors secteur déchets

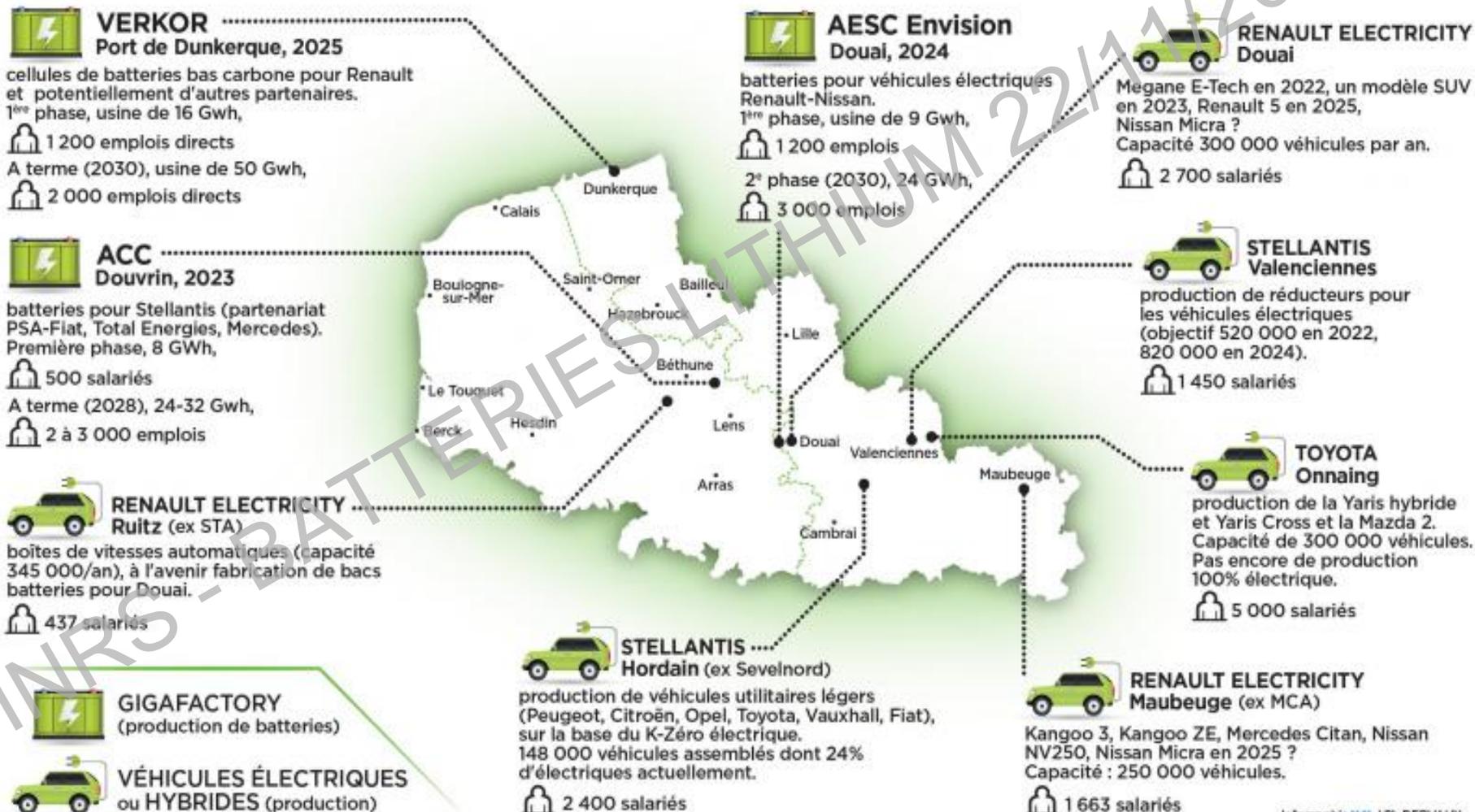


- **Domestiques**
 - Incendie de batteries de téléphones portables, de trottinettes, de cigarettes électroniques, de véhicules



Véhicules électriques : 3 « gigafactories » font des Hauts de France la « vallée de la batterie »

LA PRODUCTION AUTOMOBILE ÉLECTRIQUE AUJOURD'HUI... ET DEMAIN ?





Merci pour votre attention

