



# Batteries Lithium-ion et stockage des énergies renouvelables

De la maison autonome en énergie à la transition énergétique

François Barsacq  
[francois.barsacq@easylibatteries.com](mailto:francois.barsacq@easylibatteries.com)



# Sommaire

---

- ❖ Technologies de stockage électrochimique
- ❖ Stockage d'énergie et réseaux intelligents
- ❖ Marchés et perspectives
- ❖ Conclusions



## Présentation d'easyLi

---

- ❖ Jeune entreprise innovante créée en 2011 par des spécialistes de l'industrie des batteries avancées
- ❖ Développe et fabrique en France des solutions de stockage d'énergie à hautes performances pour les énergies renouvelables et l'électromobilité
- ❖ Maîtrise l'ensemble des savoir-faire nécessaires au développement de systèmes batteries clés-en-main
- ❖ Véritable partenaire de ses clients, indépendant de tout fournisseur d'éléments Lithium-ion



## Systemes de stockage d'énergie renouvelable

- ❖ Storelio<sup>®</sup>, coffrets d'énergie solaire avec stockage pour applications résidentielles
- ❖ Systemes de batterie sur-mesure en réponse à des cahiers des charges tertiaires et industriels
- ❖ De 1kWh à 100kWh



**storelio**  
advanced energy systems



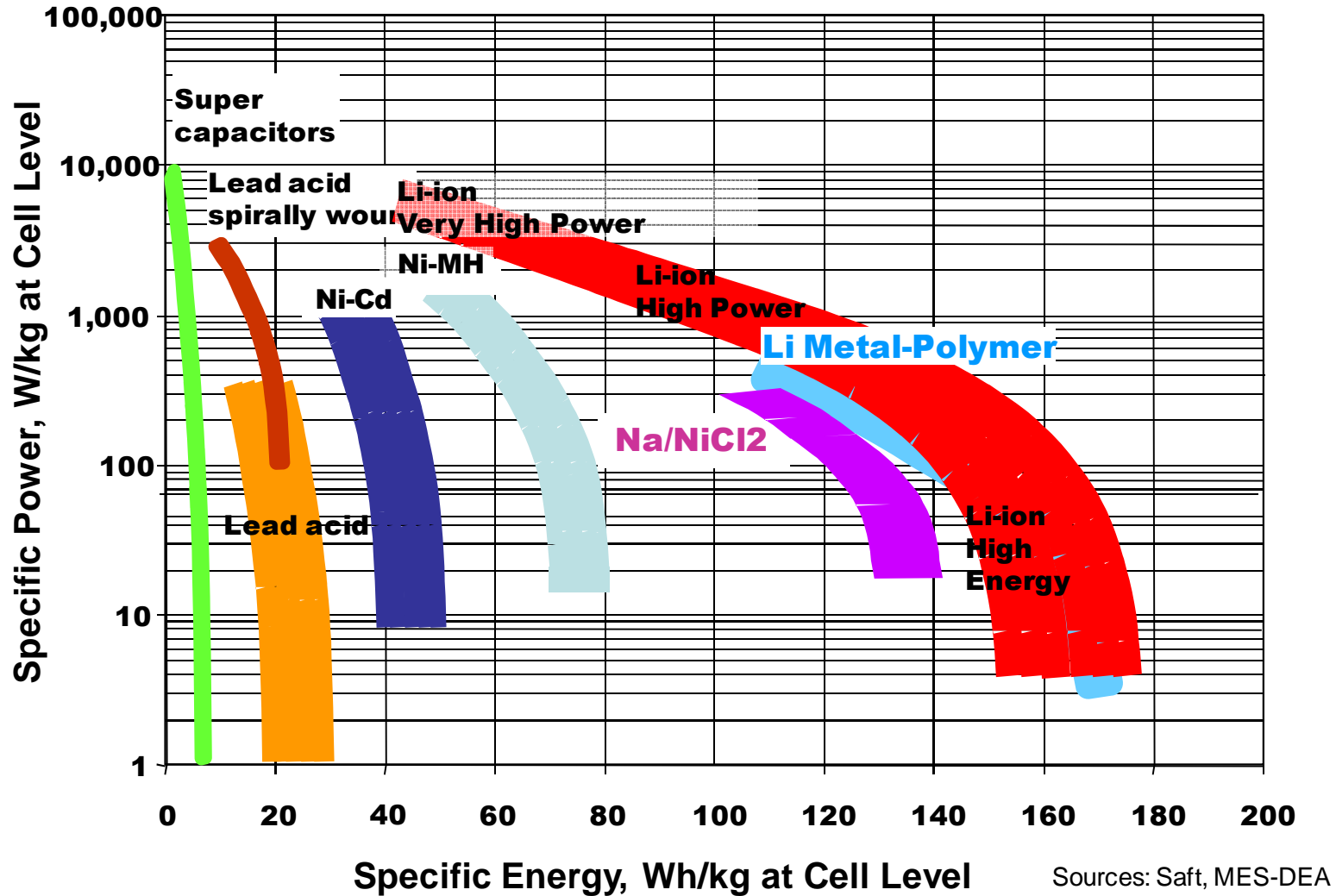
# Sommaire

---

- ❖ Technologies de stockage électrochimique
- ❖ Stockage d'énergie et réseaux intelligents
- ❖ Marchés et perspectives
- ❖ Conclusions



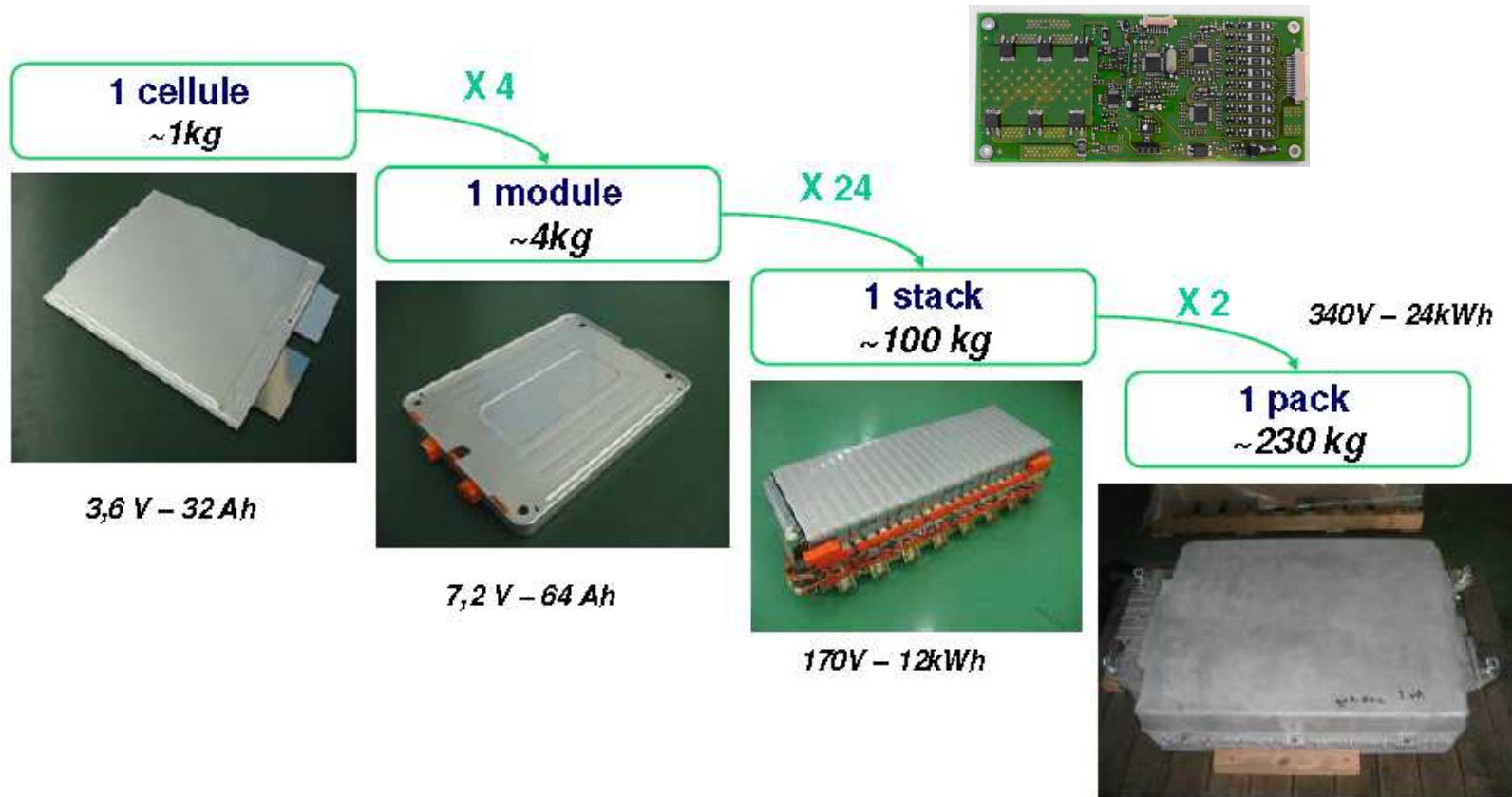
# Les technologies de batteries : diagramme de Ragone



## Comparaison des technologies de batteries

	Plomb	Nickel-Cadmium	Nickel-Métal Hydrure	Lithium-ion
Tension cellule	2,0 V	<b>1,2 V</b>	<b>1,2 V</b>	3,6 à 3,7 V 3.2 V (LFP)
Energie Spécifique	<b>25-50 Wh/kg</b>	30-60 Wh/kg	50-90 Wh/kg	<b>100-230 Wh/kg</b>
Cycles	<b>200-500</b>	<b>1000-1500</b>	<b>1000</b>	<b>500-3000</b>
Domaine de Température	0°C à 50°C	-30°C à 50°C	-20°C à 50°C	-20°C à 50°C
Autodécharge	~5% /mois	<b>~15% /mois</b>	<b>~25% /mois</b>	<b>~2% /mois</b>
Durée de vie calendaire	<b>5 ans</b>	10 ans	5-10 ans	<b>5-15 ans</b>
Prix kWh (Pb base 100)	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>350</b>	<b>300 à 500</b>
Temps de charge standard	<b>10 hrs</b>	5 hrs	3-5 hrs	<b>3 hrs</b>

# De l'élément au système batterie

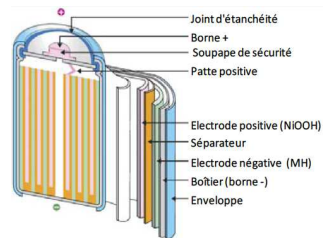
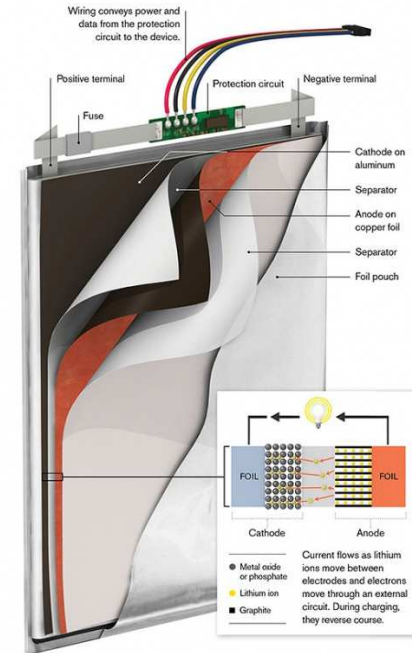


Source : Renault

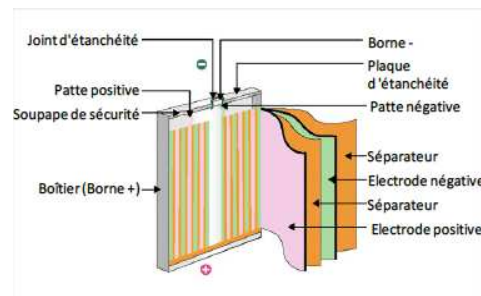


# Constituants d'un élément Lithium-ion

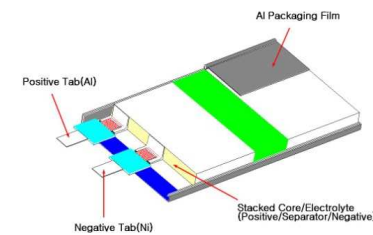
- ❖ Deux électrodes : positive/cathode, négative/anode
- ❖ Isolées électriquement par un séparateur
- ❖ Connectées par un électrolyte conducteur ionique
- ❖ Insérées dans un boîtier métallique ou plastique
- ❖ Capacités disponibles de quelques Wh à plusieurs centaines de Wh



Cylindrique



Prismatique



Souple

## Electrodes positives

- ❖ **Cobalt (pour mémoire, pas utilisé dans les applications industrielles)**
- ❖ **Nickel (« NCA » Nickel Cobalt Aluminium)**
  - + : excellente densité d'énergie, longue durée de vie, fort retour d'expérience
  - - : coût élevé, tolérance aux situations abusives
- ❖ **Manganèse spinelle, éventuellement dopé Nickel**
  - + : coût plus faible, bonne tolérance aux situations abusives
  - - : Densité d'énergie plus faible, durée de vie plus courte
- ❖ **NMC (mélange Nickel Manganèse Cobalt)**
  - Technologie de compromis
- ❖ **Phosphate de fer (« LFP », « LiFePO4 », « batterie au fer »)**
  - La plus récente technologie au stade industriel
  - + : excellente tolérance aux abus, excellente cyclabilité
  - - : Faible densité d'énergie, durée de vie à confirmer

Fournisseurs

Saft

Japonais,  
coréens,  
chinois

A123,  
Valence,  
BYD...

## Electrodes négatives

- ❖ **Graphite**
  - La technologie traditionnelle
  - Quelquefois remplacée par du carbone
  
- ❖ **Titanate de Lithium**
  - Excellentes performances en puissance et en cyclabilité
  - Au détriment d'une très faible densité d'énergie
  
- ❖ **Silicium**
  - Stade pilote
  - + : Densité d'énergie > 250 Wh/kg
  - - : Durée de vie en cyclage



### Fournisseurs

**Toshiba**  
**EnerDel**  
**AltairNano**

**Panasonic**  
**Envia**  
**Nexeon**  
**Amprius**

## Batteries Lithium-Soufre

---

- ❖ **En développement par plusieurs start-ups :**
  - Oxis (GB) : 24 m\$ levés en 2012 auprès de Sasol New Energy
  - Sion (USA) : 50 m\$ levés en 2012 auprès de BASF
  - Polyplus (USA)
- ❖ **Densité d'énergie x 2 (350 à 400 Wh/kg) par rapport aux technologies Lithium-ion actuelles**
- ❖ **Les performances en durée de vie restent à démontrer**



## Batteries « chaudes »

### ❖ Sodium-Chlorure de Nickel (ZF Sonic / Zebra, GE Durathon)

- Energie spécifique (120 Wh/kg) et durée de vie élevées
- Température de fonctionnement : 270-350°C
- Uniquement disponibles en « gros » modules batteries (> 20 kWh)



### ❖ Lithium Métal Polymère (LMP) Batscap – Bolloré

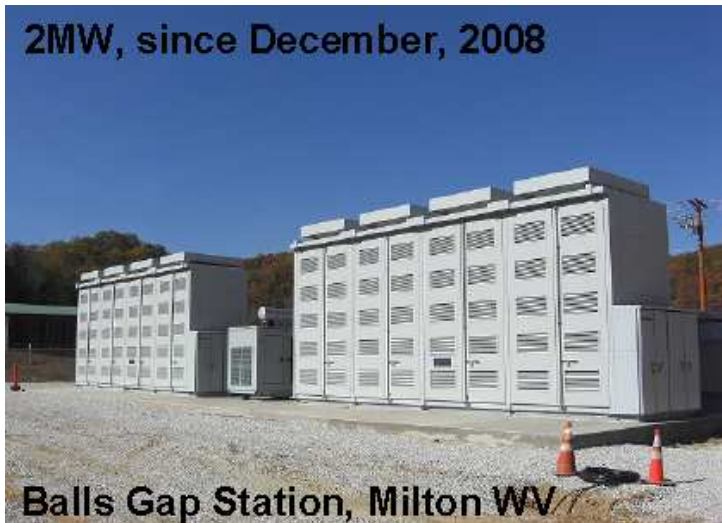
- Technologie réservée aux véhicules du groupe Bolloré et de ses partenaires (Gruau)
- Fonctionne en température (80°C)
- Sels de Lithium dissous dans un polymère (oxyde de polyéthylène)
- En série sur Blue Car - Autolib



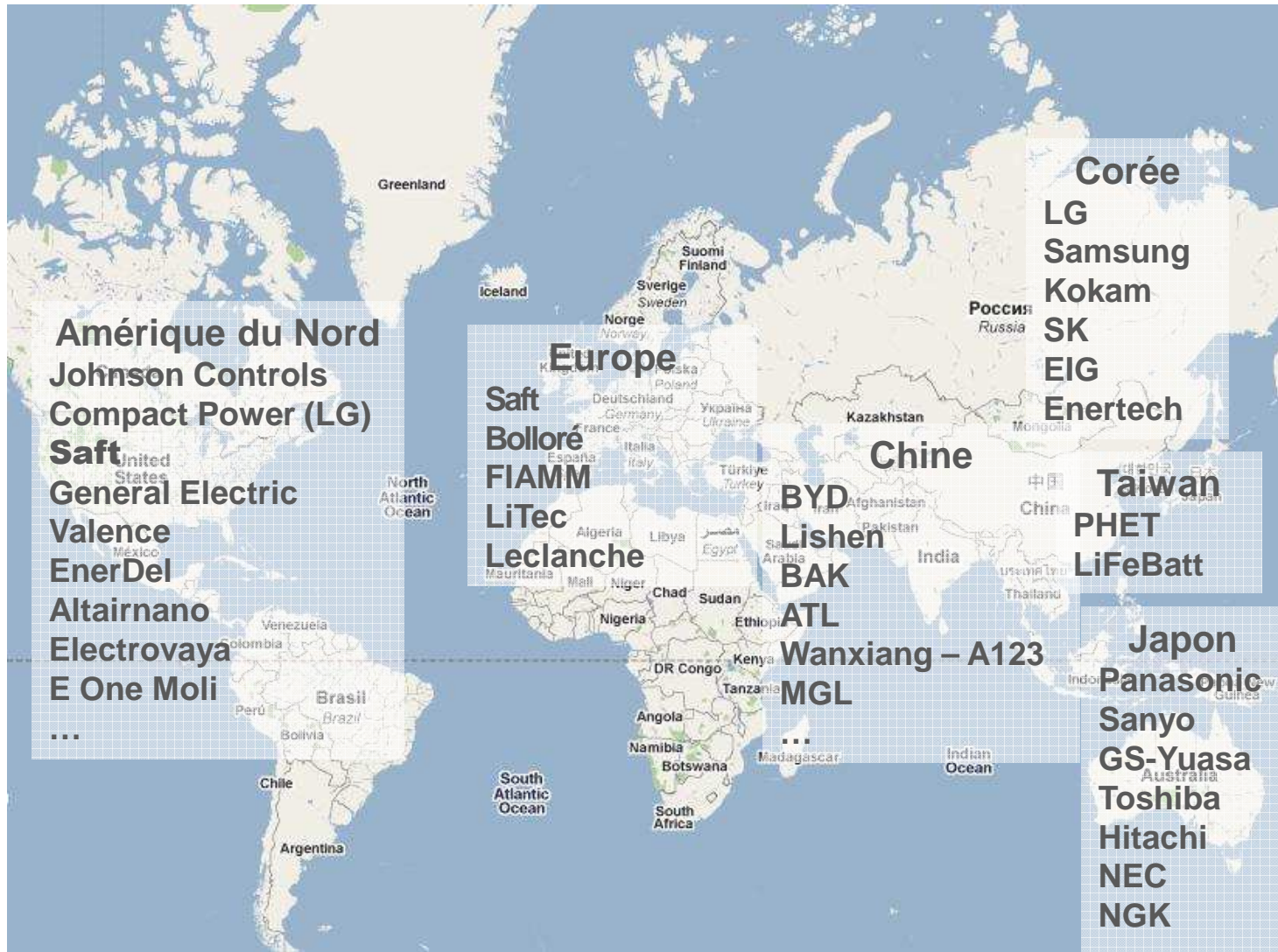
## Batteries Sodium-Soufre

---

- ❖ Technologie propriétaire de NGK, Japon
- ❖ Le plus grand parc installé de systèmes de stockage électrochimiques (> 300 MW)
- ❖ Incident grave à la suite du tsunami de Fukushima
- ❖ La commercialisation reprend lentement



# Une filière industrielle foisonnante bien que 95% de la production soit asiatique



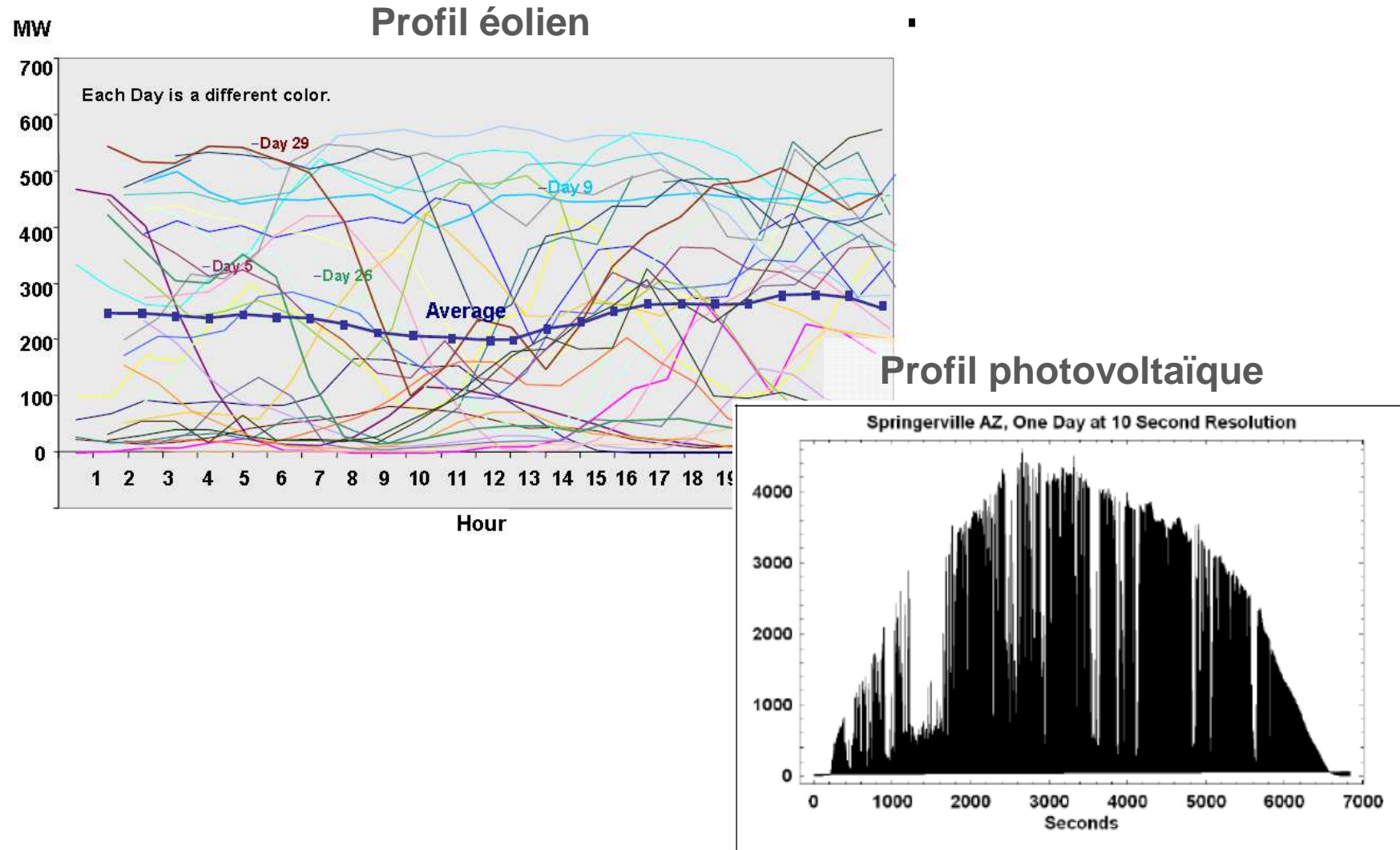
# Sommaire

---

- ❖ Technologies de stockage électrochimique
- ❖ Stockage d'énergie et réseaux intelligents
- ❖ Marchés et perspectives
- ❖ Conclusions



# Les énergies renouvelables sont par essence intermittentes

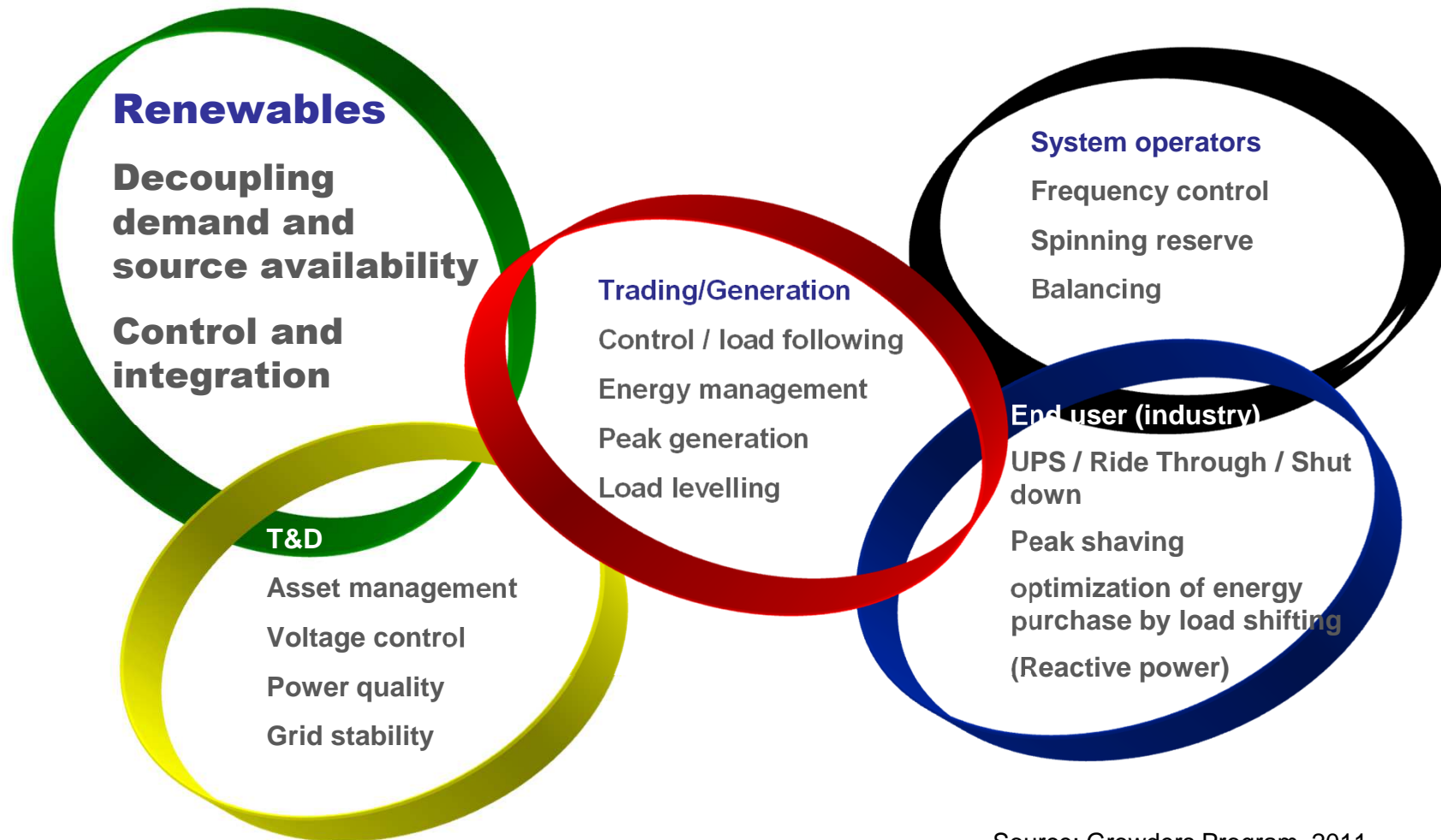


# **Le défi de l'intégration des énergies renouvelables au réseau**

---

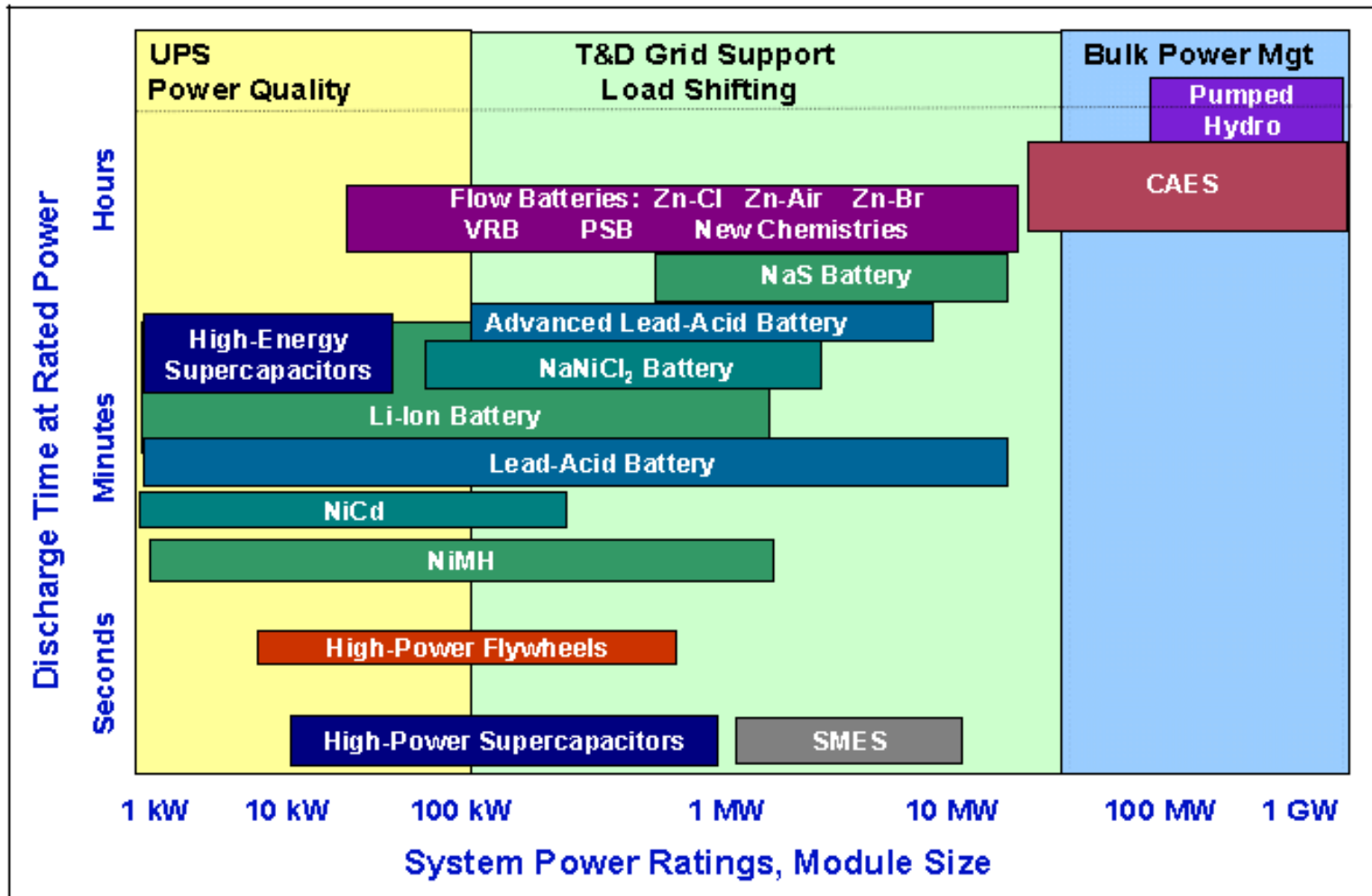
- ❖ **La gestion des réseaux électriques exige un équilibre permanent entre l'offre et la demande**
  - Procédures automatisées adaptées à la gestion des systèmes centralisés
  - Pas conçues pour gérer les sources d'énergie renouvelables, intermittentes et distribuées
  
- ❖ **Le stockage local des ENR est indispensable pour faciliter/ permettre l'intégration des énergies renouvelables**
  - Ecrêtage des pics de production, décalage de charge, îlotage
  - Régulation de fréquence et stabilisation de tension
  - Alternative au renforcement des réseaux

# Stockage d'énergie et Smart Grid : des fonctions multiples



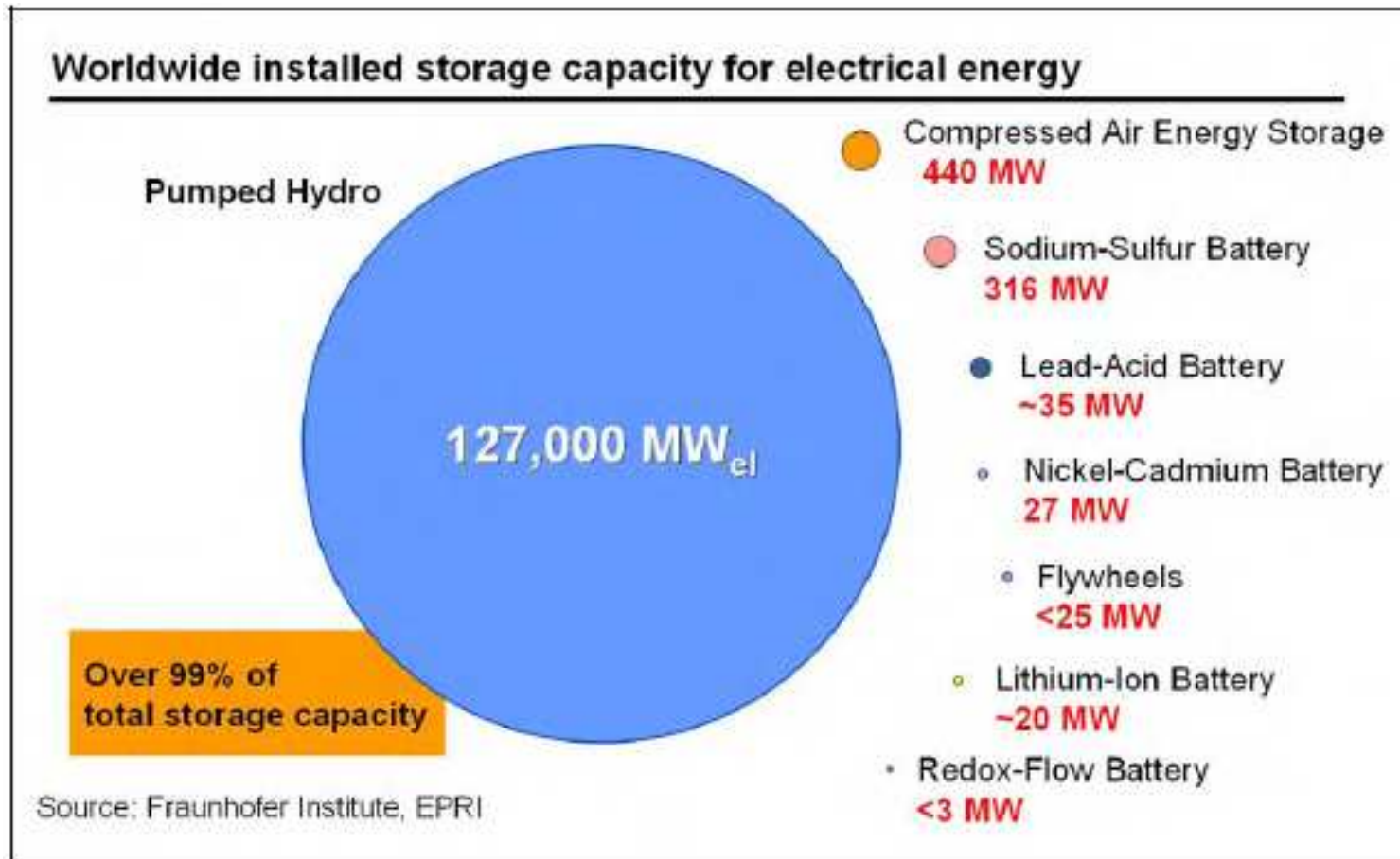
Source: Growders Program, 2011

# Il n'existe pas UNE solution de stockage idéale commune à tous les smart grids



Source: EPRI, 2009

# Le stockage électrochimique : moins de 1% des capacités totales installées

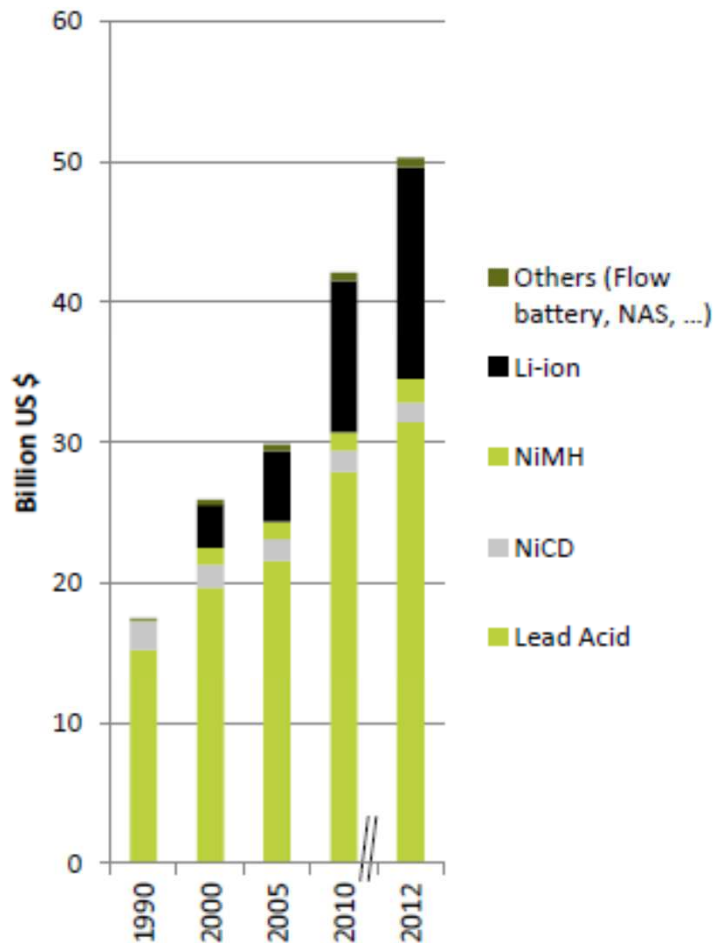


# Sommaire

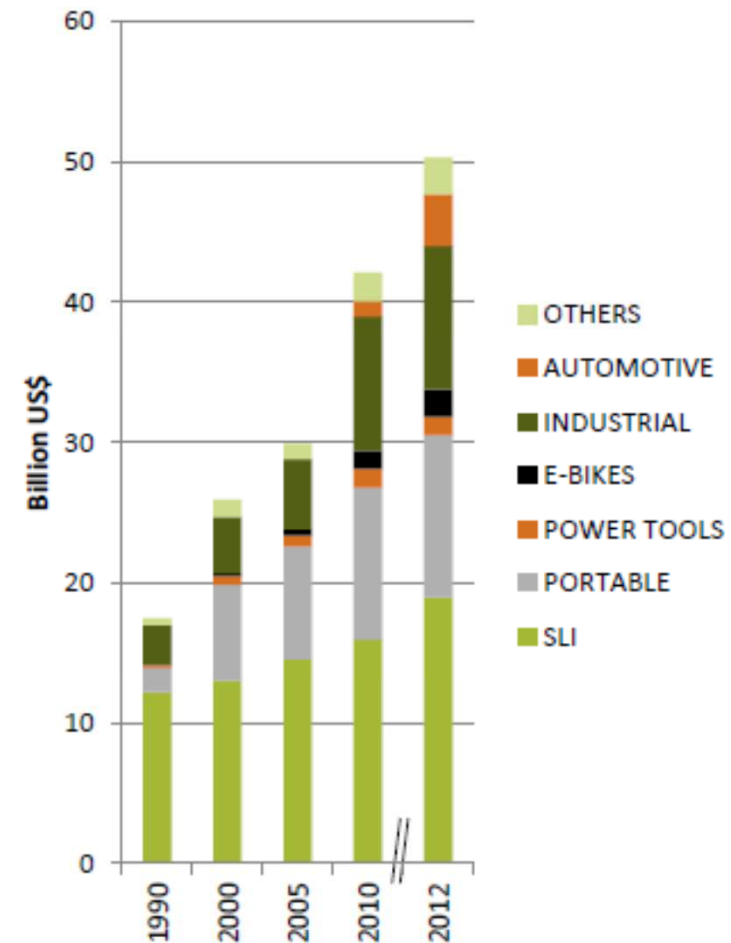
---

- ❖ Technologies de stockage électrochimique
- ❖ Stockage d'énergie et réseaux intelligents
- ❖ **Marchés et perspectives**
- ❖ Conclusions

# Les batteries au Plomb représentent 60% du marché des batteries rechargeables



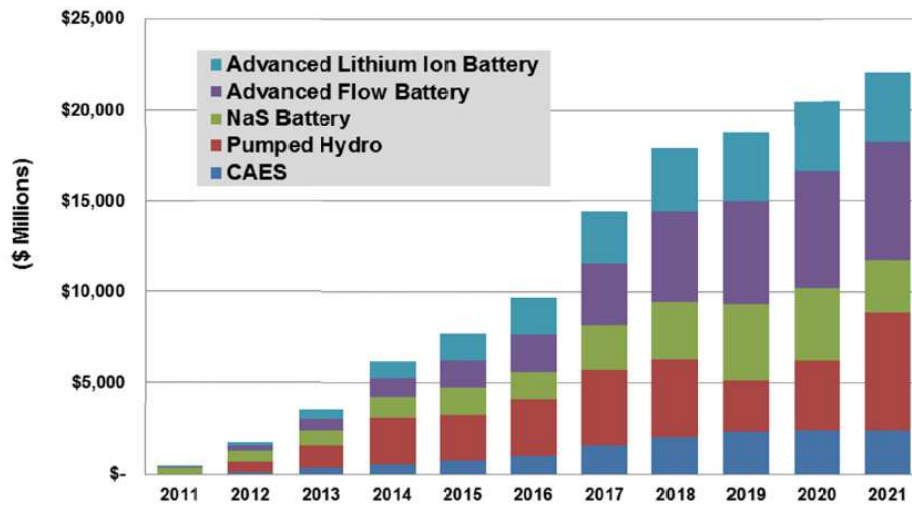
Source: AVICENNE ENERGY Analyses 2013



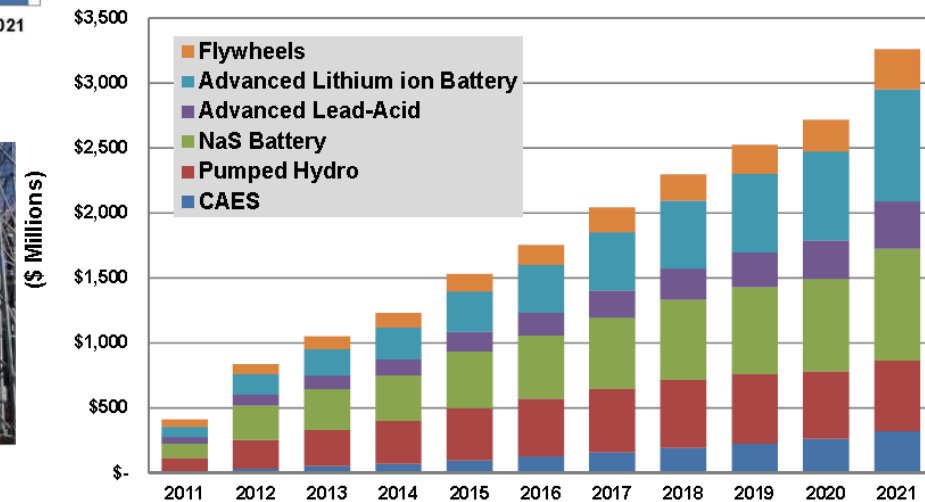
1- Pack level

# Batteries Li-ion pour smart grid en 2020 : de 5 à 10 milliards \$ selon les hypothèses

Chart 1.1 Installed Revenue by ESG Technology, World Markets: 2011-2021



Installed Revenue by ESS for Ancillary Services by Technology, World Markets: 2011-2021



Source : Pike Research 2011

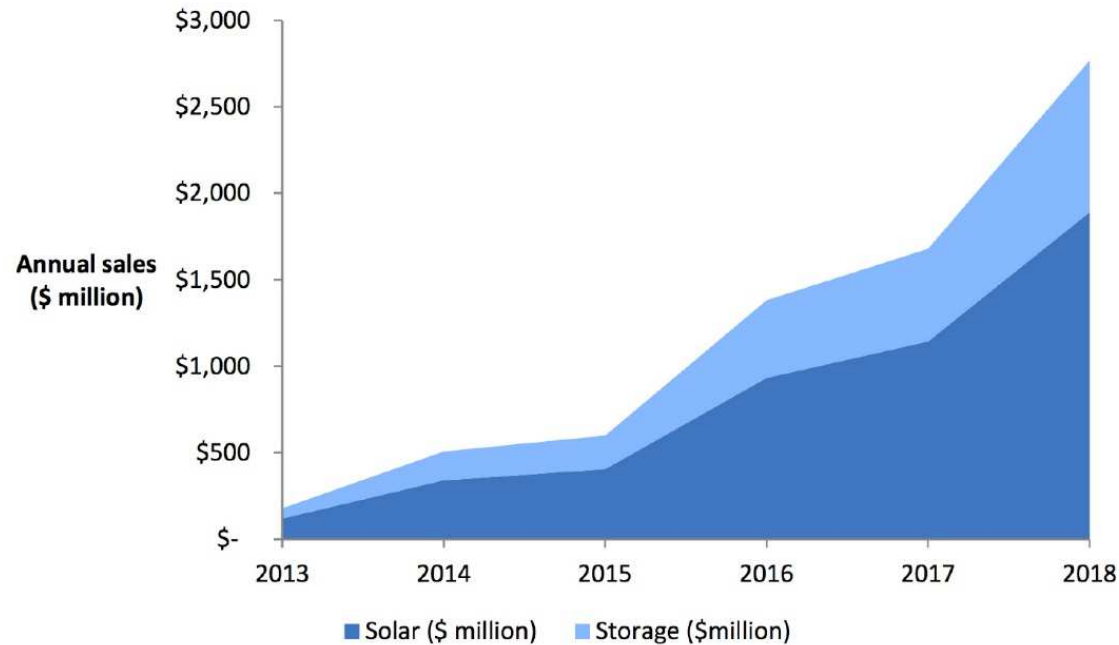




## Fort développement attendu du stockage résidentiel et tertiaire couplé au solaire

- ❖ Environnement réglementaire favorable en Europe
- ❖ Forts besoins d'électrification rurale dans les pays émergents

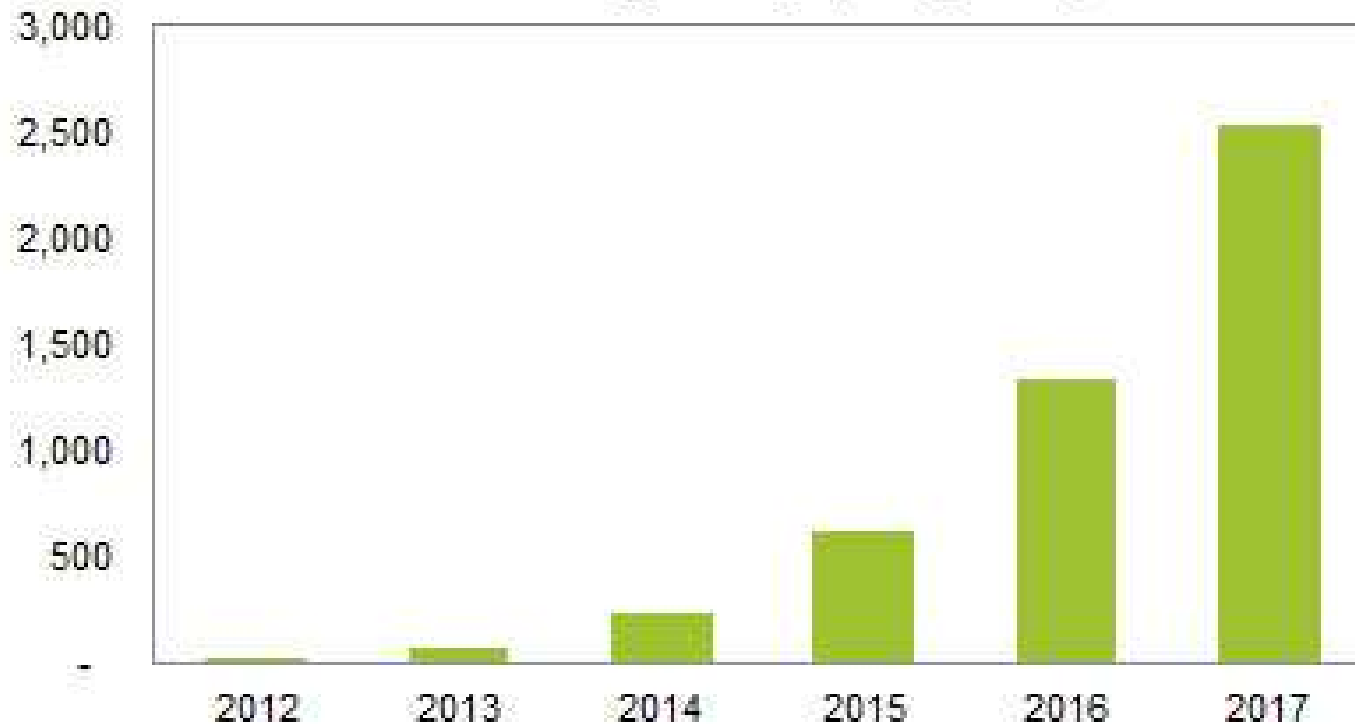
The Combined Market for Integrated Solar and Storage Will Reach \$2.8 Billion in 2018



Source : Lux research, 2013

## 600 000 maisons pourraient être équipées d'un système de stockage en 2017

Global Market Forecast for Cumulative Grid-Connected Residential Solar PV Energy Storage (In Megawatts)



Source : HIS, 2013

## **Le cas du marché allemand en 2013**

---

- ❖ **Taux d'équipement photovoltaïque le plus élevé au monde**
  
- ❖ **Contexte tarifaire favorable :**
  - Prix du kWh élevé et en hausse
  - Tarifs de rachat faibles et en baisse la robustesse des technologies
  - Baisse des coûts (effets d'échelle)
  
- ❖ **Soutien financier (600 à 660 €/kWc) pour une enveloppe budgétaire totale de 25 m€ en 2013**
  
- ❖ **1 700 installations en 6 mois**

# Sommaire

---

- ❖ Technologies de stockage électrochimique
- ❖ Stockage d'énergie et réseaux intelligents
- ❖ Marchés et perspectives
- ❖ Conclusions

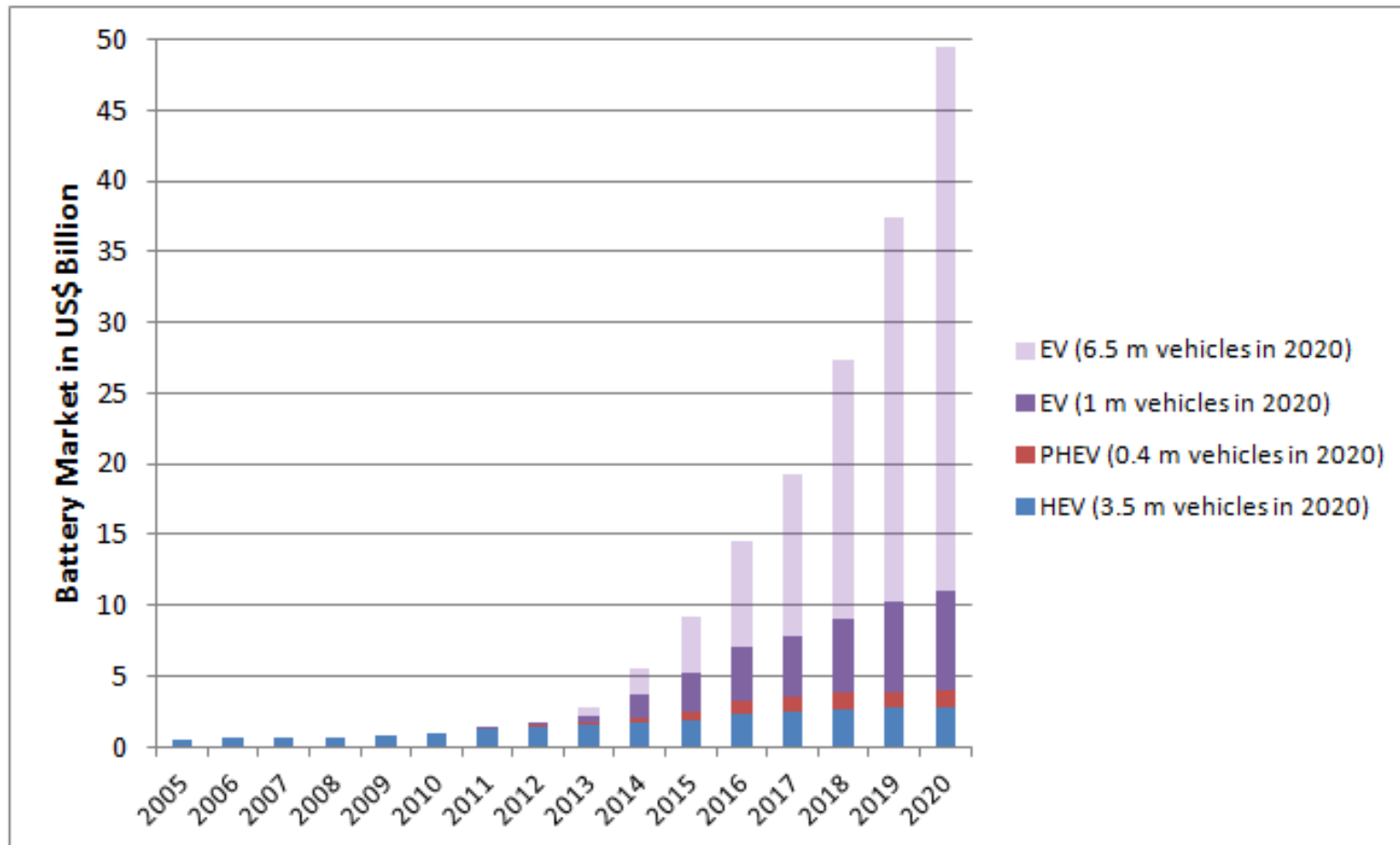
## Conclusions

---

- ❖ **De nombreuses technologies de stockage sont ou seront prochainement disponibles**
- ❖ **Les batteries Lithium-ion joueront un rôle majeur dans le développement des smart grids d'ici à 2020**
- ❖ **Les opportunités de marché sont considérables, du stockage résidentiel à la gestion des réseaux de distribution**
- ❖ **L'automobile va bouleverser l'industrie des batteries Lithium-ion :**
  - Amélioration des performances et de la robustesse des technologies
  - Baisse des coûts (effets d'échelle)



# Marché des batteries pour l'électromobilité 50 milliards de dollars en 2020 ?



## **De grands défis encore à relever**

---

- ❖ **Réduire les coûts d'un facteur 2 à 4 pour se rapprocher des objectifs du marché à long terme :**
  - \$250/kWh pour les véhicules hybrides rechargeables et électriques
  - \$20/kWh pour les hybrides
  - \$250/kWh pour les réseaux intelligents
  
- ❖ **Confirmer des durées de vie égales à celles des applications**
  - 10 à 20 ans
  
- ❖ **Améliorer la sécurité intrinsèque en situation abusive**
  
- ❖ **Développer des infrastructures de charge pour PHEV et VE**
  
- ❖ **Préparer les prochaines générations de batteries à très forte densité d'énergie et faible coût**

