
Stockage d'Énergie

Présentation de Jona Homann et Dilman Mohamed

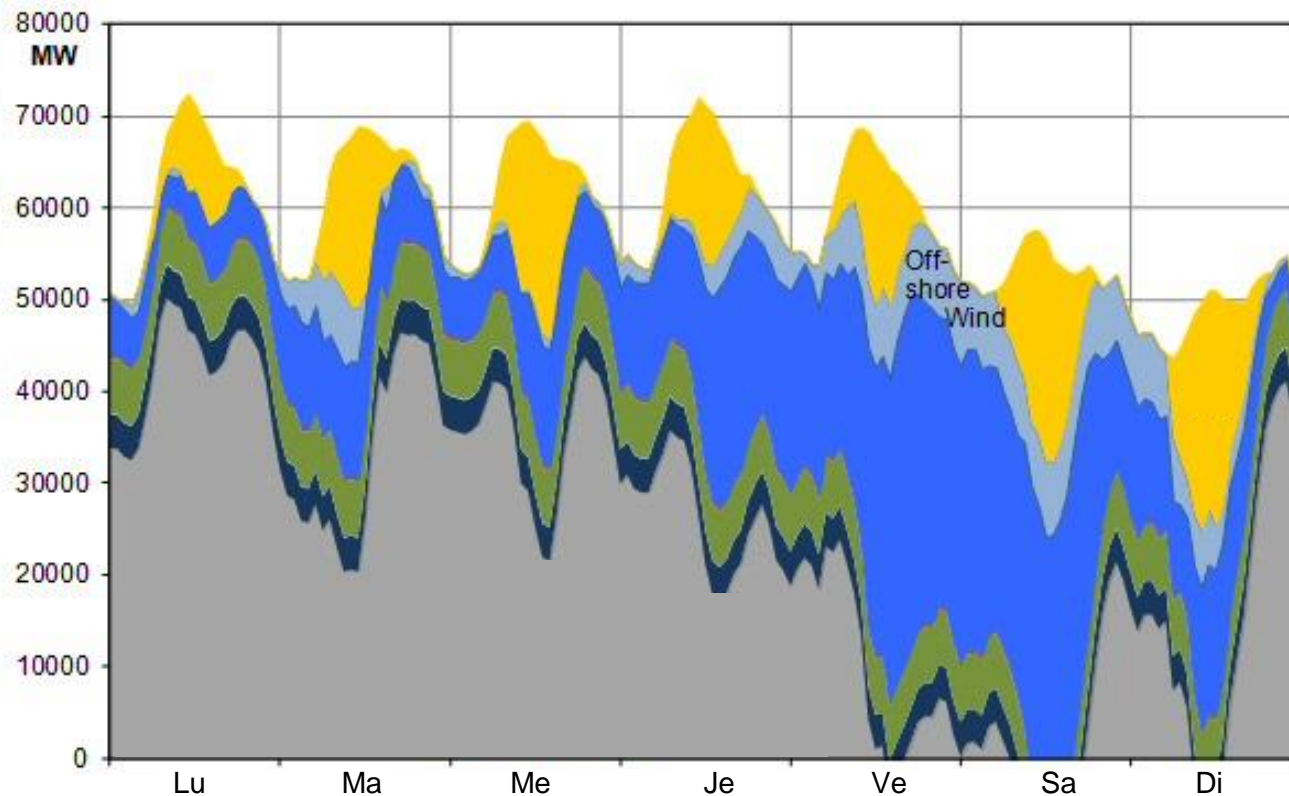
Aperçu

- 1 Situation de départ et problématique
- 2 Exemples pour les solutions au stockage
- 3 Résumé

Aperçu

- 1** Situation de départ et problématique
- 2** Exemples pour les solutions au stockage
- 3** Résumé

Situation de départ et problématique

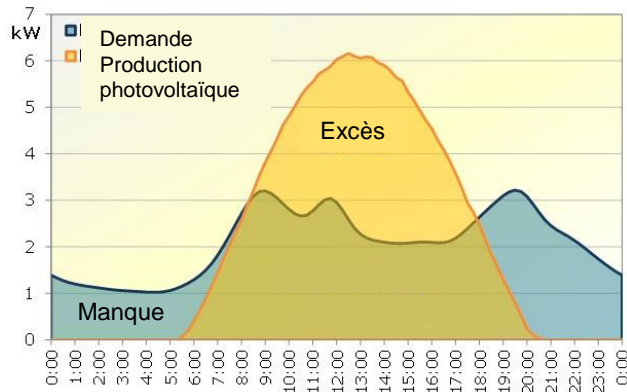


- Fortes fluctuations dans la production pour les énergies renouvelables
- Pour les éoliennes:
 - Saut de +/- 1000 MW pendant 15 minutes
 - Saut de +/- 2000 MW pendant 1 heure
- Problème augmente en fonction de la pourcentage des énergies renouvelables

Prévision pour la production d'électricité en 2050

Source: Martin Hofmann/Volker Quaschnig

Situation de départ et problématique



■ Fluctuations

- à court terme (< 1 heure)
- à moyen terme (au long d'une journée)
- de longue durée (pendant l'année)

■ Un parc de production 100 % renouvelables est incapable de mobiliser un charge de base fiable

■ Solutions:

1. Installer des capacités de production en réserve
2. Adapter la demande à la production
3. Utilisation des accumulateurs d'énergie pour l'équilibrage des excès et des manques

■ 8 ambitions stratégiques de la Commission Innovation 2030

1. Le stockage de l'énergie
2. ...

Source: Volker Quaschnig



Aperçu

1 Situation de départ et problématique

2 Exemples pour les solutions au stockage

2.1 Pompage-turbinage

2.2 Sel fondu

2.3 Batterie d'accumulateurs

2.4 Électrolyse de l'eau

3 Résumé

Aperçu

1 Situation de départ et problématique

2 Exemples pour les solutions au stockage

2.1 Pompage-turbinage

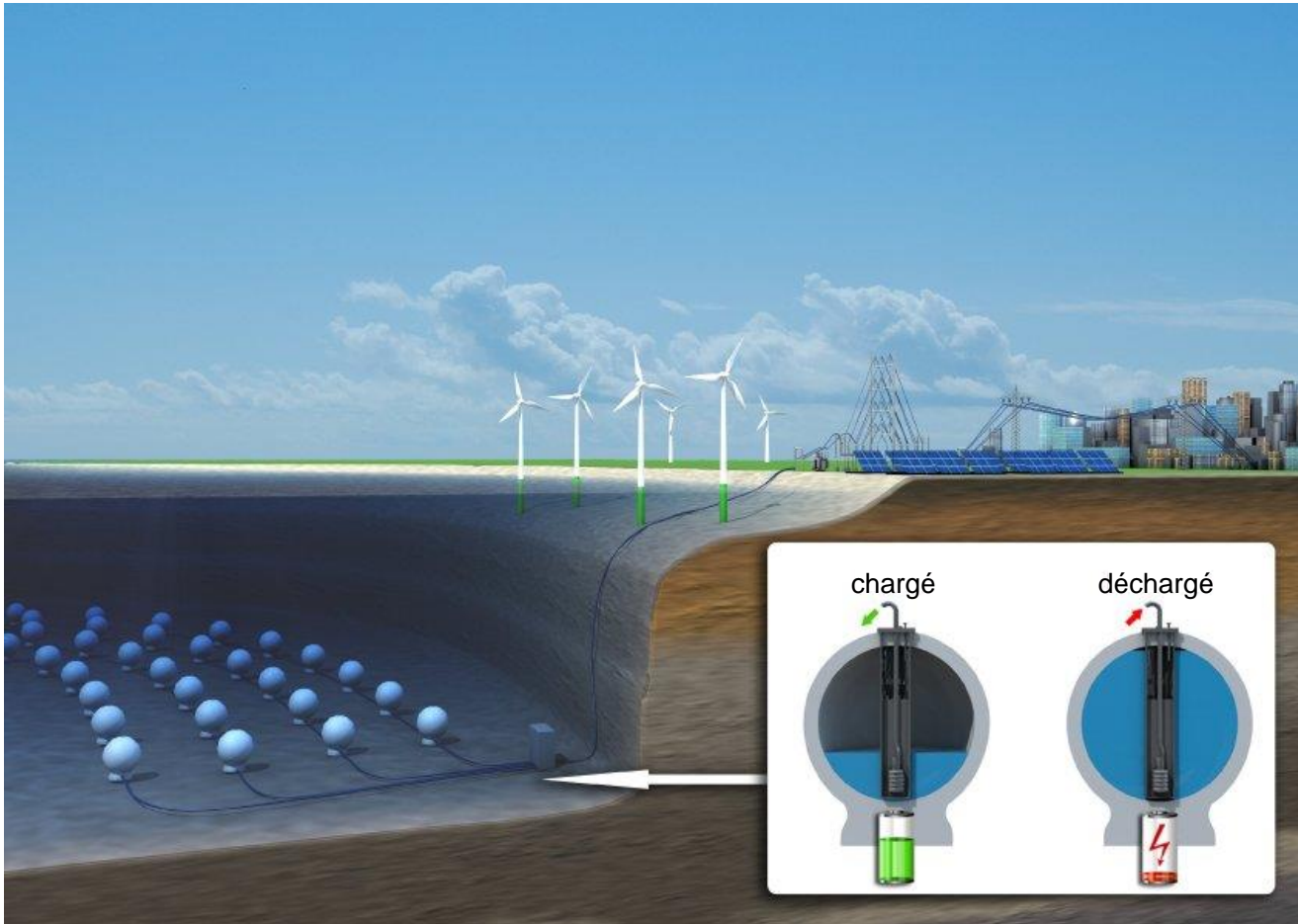
2.2 Sel fondu

2.3 Batterie d'accumulateurs

2.4 Électrolyse de l'eau

3 Résumé

Stockage de l'énergie éolienne sous-marin

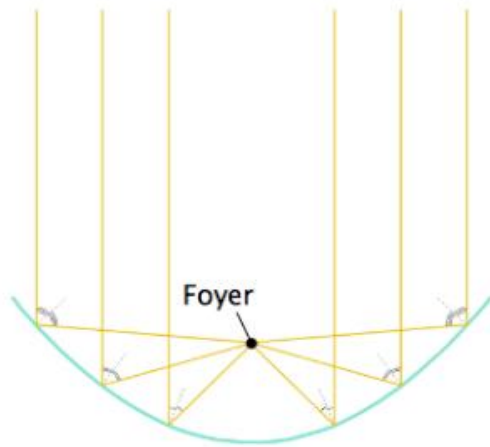
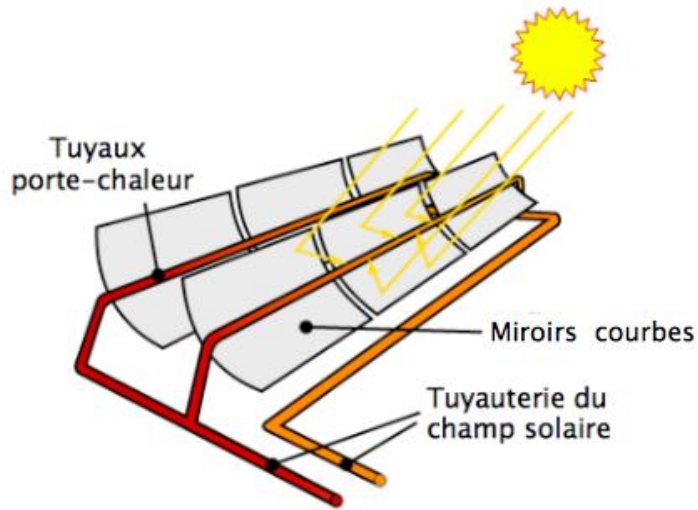


- Les sphères creuses en béton ayant 30 m diamètre
- Capable de stocker 20 mégawatt heure (4 heures de puissance maximum d'une éolienne)
- Pomper l'eau pour stocker l'énergie superflue
- Ouvrir valve pour fonctionner un générateur
- 600 m en dessous de la surface de l'eau

Aperçu

- 1 Situation de départ et problématique
- 2 Exemples pour les solutions au stockage
 - 2.1 Pompage-turbinage
 - 2.2 Sel fondu
 - 2.3 Batterie d'accumulateurs
 - 2.4 Électrolyse de l'eau
- 3 Résumé

Centrale solaire thermodynamique avec stockage d'énergie grâce à des sels fondus



- Les miroirs concentrent le rayonnement sur des tubes
- Le liquide caloporteur (sels fondus), à l'intérieur, est ainsi porté à haute température
- Ce caloporteur envoyé dans une chaudière vaporise de l'eau
- La vapeur fait tourner des turbines qui entraînent des alternateurs produisant de l'électricité
- Les sels fondus (fluorure, chlorure et nitrate) peuvent également être utilisés pour le stockage thermique
- Une centrale a Maroc est dotée d'une capacité de stockage de 3 heures de production

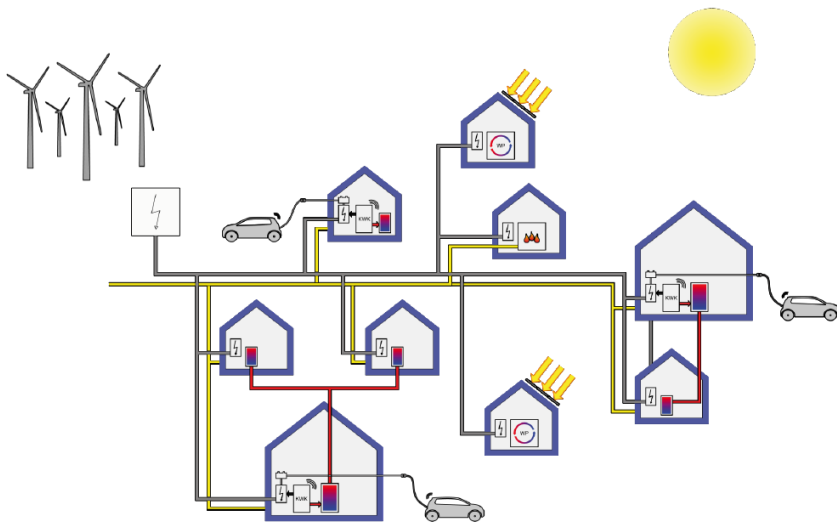
Aperçu

- 1 Situation de départ et problématique
- 2 Exemples pour les solutions au stockage
 - 2.1 Pompage-turbinage
 - 2.2 Sel fondu
 - 2.3 Batterie d'accumulateurs
 - 2.4 Électrolyse de l'eau
- 3 Résumé

Exemples – Batterie d'accumulateurs



- Conversion de l'énergie électrique en énergie électrochimique par un processus réversible
- Densité d'énergie: 30 – 1100 Wh/kg
- Efficacité: 80 – 95 %
- Prix: 100 – 350 €/kWh
- Longévité: 10 – 20 a



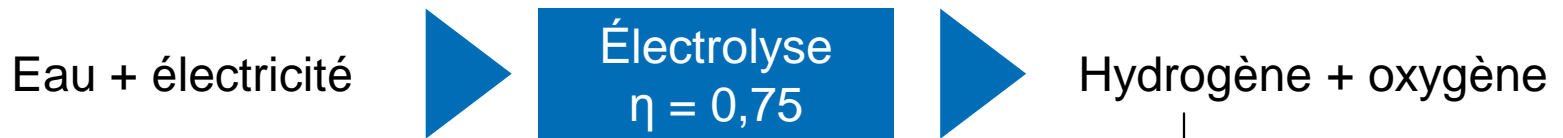
- Intégration des voitures électriques dans le réseau électrique
- Charge / Décharge avec limites définies
 - Pourcentage minimal
 - Heure du jour
 - Nombre de cycles dans un certain temps

Source: wikipedia.de, E.ON Energy Research Center

Aperçu

- 1 Situation de départ et problématique
- 2 Exemples pour les solutions au stockage
 - 2.1 Pompage-turbinage
 - 2.2 Sel fondu
 - 2.3 Batterie d'accumulateurs
 - 2.4 **Électrolyse de l'eau**
- 3 Résumé

Exemples – Électrolyse de l'eau



Pile à combustible
(Renversement de l'électrolyse)

$$\eta_{\text{pile}} = 0,6 / \eta_{\text{total}} = 0,45$$



Addition au réseau de gaz
(limité à 5 %vol.)

Différents possibilités
d'exploitation



Carburant dans la voiture
(réservoir de pression 200 – 700 bar)

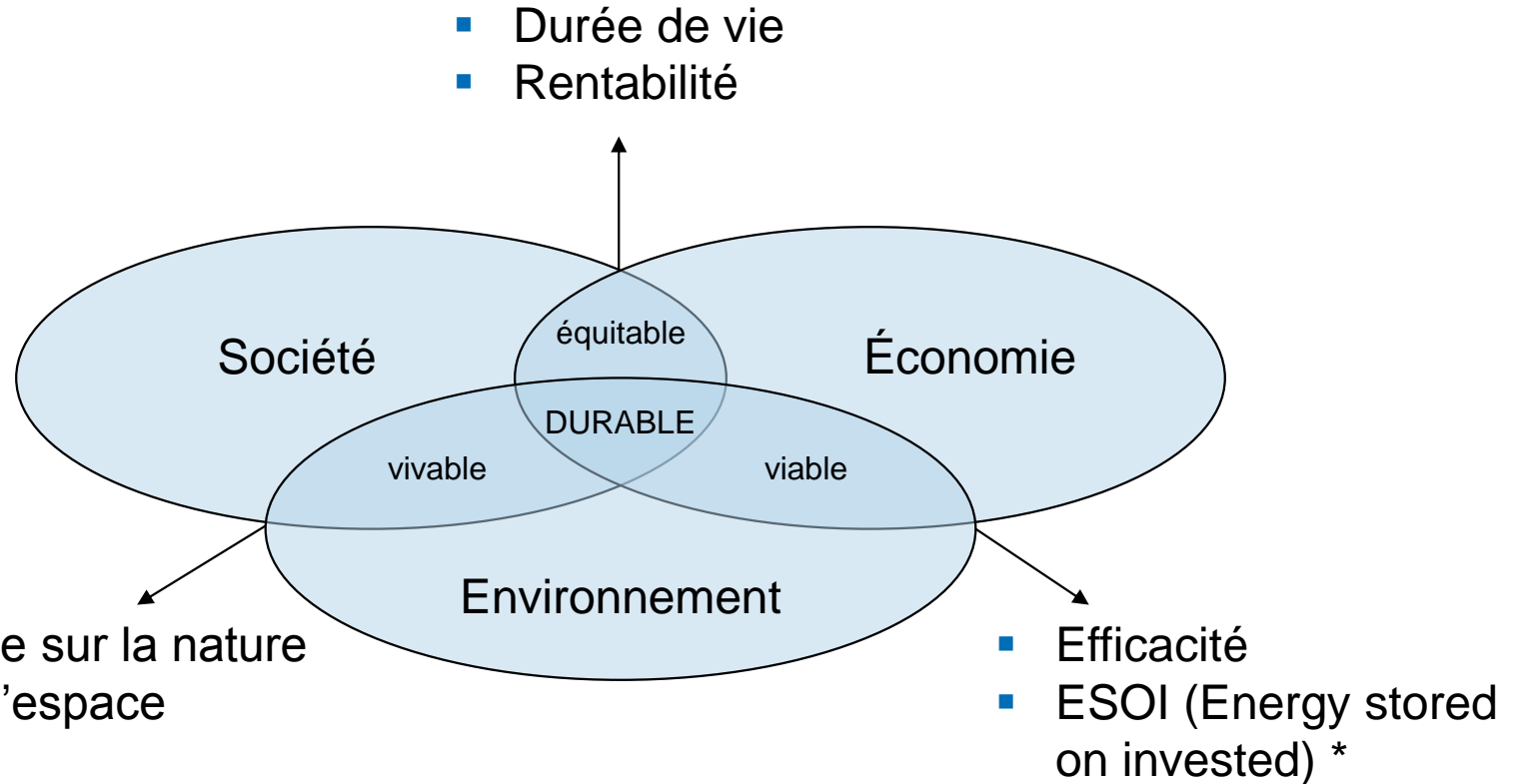
$$\eta_{\text{moteur}} = 0,45 / \eta_{\text{total}} = 0,34$$

Source: picbleu.fr, tribune.com.pk, wikipedia.org

Aperçu

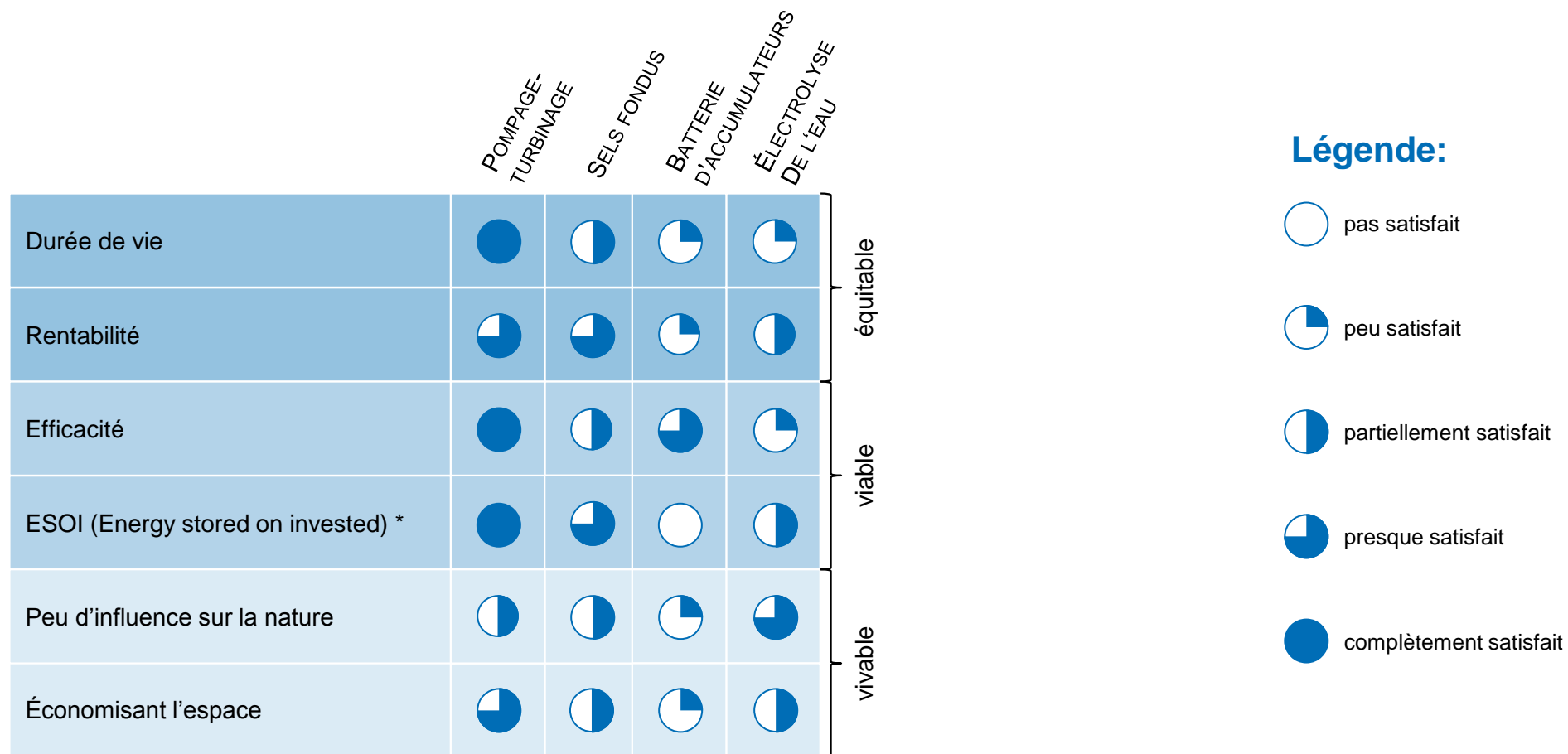
- 1 Situation de départ et problématique
- 2 Exemples pour les solutions au stockage
- 3 **Résumé**

Génération des critères d'évaluation partant du concept du Développement Durable



* Relation entre l'énergie stocké au long du cycle de vie par rapport à l'énergie consommé pour la production du stockage

Évaluation des possibilités de stockage d'énergie

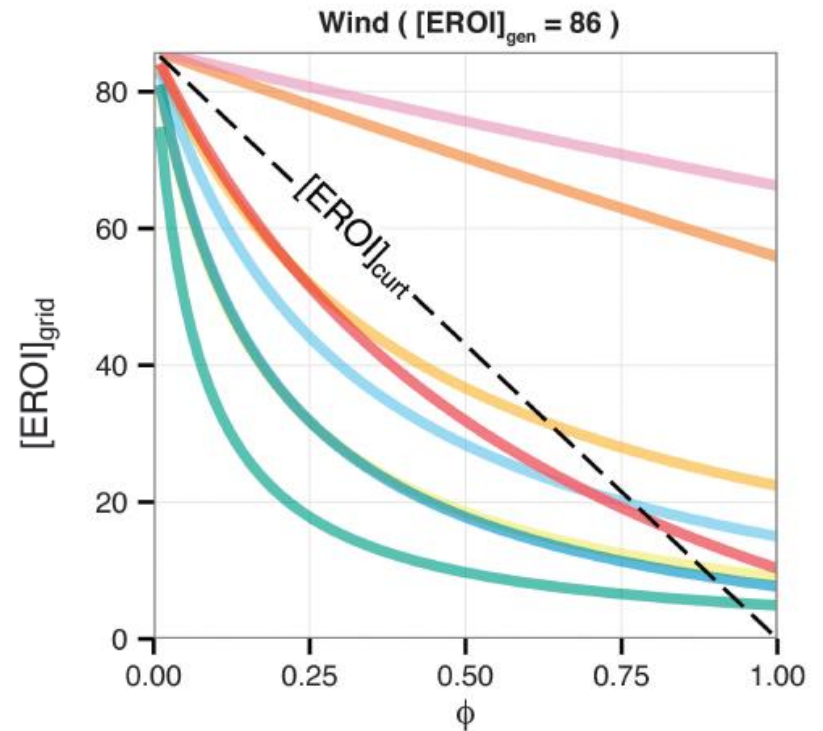
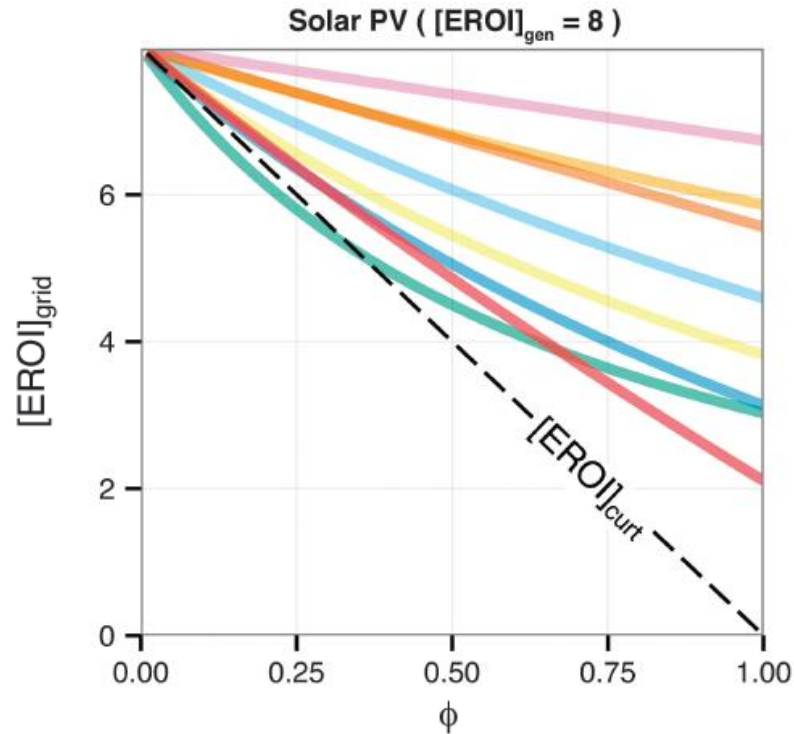


* Relation entre l'énergie stocké au long du cycle de vie par rapport à l'énergie consommé pour la production du stockage

Bonus: Remise en question du stockage d'énergie

- D'un point de vue énergétique, est-il toujours raisonnable de stocker l'énergie?
- Deux options à examiner:
 1. « Jeter » l'énergie en excédent (si demande < production)
 2. Stocker cette énergie dans un système quelconque
- Introduction de quelques termes:
 - **ESOI (Energy stored on invested)**: l'énergie stocké au long du cycle de vie par rapport à l'énergie consommé pour la production du stockage
 - **EROI (Energy return on investment)**: l'énergie produit au long du cycle de vie par rapport à l'énergie consommé pour la production d'un producteur d'énergie
 - η : l'efficacité du stockage d'énergie
 - ϕ : part de l'énergie, qui ne peut pas être utilisé tout de suite (sans stockage)
- Décision à partir de la valeur $EROI_{\text{Système}}$
 - $EROI_{\text{Système},1} = (1 - \phi) * EROI$
 - $EROI_{\text{Système},2} = \frac{1 - \phi + \eta * \phi}{\frac{1}{EROI} + \frac{\phi}{ESOI}}$

Bonus: Remise en question du stockage d'énergie



Pumped hydro storage
Compressed air energy storage

Différentes technologies de piles

Storage Technology

PHS (16 h)	VRB (9.8 h)
CAES (16 h)	ZnBr (9.8 h)
LIB (2 h)	PbA (9.8 h)
NaS (9.8 h)	RHFC (4 h)

Différentes technologies de piles
Regenerative hydrogen fuel cell

Source: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2015/ee/c4ee04041d>