

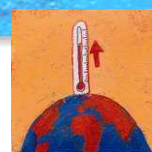


INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE SYSTEME ELECTRIQUE



OBJECTIFS GRENELLE COMOP 10

	<i>Situation 2006 (ktep)</i>	<i>Potentiel 2020 (ktep)</i>	<i>Supplément à réaliser (ktep)</i>	<i>Obstacles à surmonter</i>
2. Électricité	5 629	12 860	7 231	
Hydraulique	5 200 (25 000 MW)	5 800 (27 500 MW)	600	Classement des cours d'eau Gouvernance locale
Éolien	180 (1 600 MW)	5 050 (25 000 MW)	4 870	Acceptabilité
Photovoltaïque	0	450 (5 400 MW)	450	Coût très élevé, même si forte décroissance



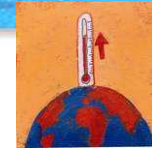
OBJECTIFS GRENELLE COMOP 10

	<i>Situation 2006 (ktep)</i>	<i>Potentiel 2020 (ktep)</i>	<i>Supplément à réaliser (ktep)</i>	<i>Obstacles à surmonter</i>
Biomasse dont biogaz et part EnR des UIOM	240	1 440	1 200	Approvisionnement
Géothermie	9	90	81	Ressources dans les DOM Maturité technologie des roches chaudes sèches
Divers : technologies marines, solaire thermodynamique	0	30	30	Technologies pas encore à maturité bien que prometteuses



CONTEXTE

- ❑ La production décentralisée d'électricité (PDE) d'origine renouvelable engendre une plus grande la variabilité de la production.
- ❑ Cette variabilité impacte le bon fonctionnement des réseaux qui doivent à chaque instant équilibrer production et consommation.
- ❑ Des solutions de contrôle actif ou de stockage deviennent nécessaires.



CARACTERISTIQUES DES ENRs

PV ; EOLIEN ; HYDRO ; GEOTH ; BIO ; MARINE

Faiblement carbonées:

+ Maîtrise du réchauffement

Variables:

- Faible part de puissance garantie (PV, Eolien)

Réparties:

+ Possible rapprochement (production-consommation)

Chères:

- Filières industrielles émergentes



CARACTERISTIQUES DES RESEAUX

Peu évolutifs:

Infrastructures lourdes et fortement réglementées

Interconnectés:

Interdépendance transfrontalière

Contraints:

Fiabilité et qualité de la fourniture (tension, fréquence, harmoniques...)

Chers:

Coûts des matériels, des infrastructures et de leur mise en oeuvre.



PROBLEME

RENDRE COMPATIBLES
DES MOYENS DE PRODUCTIONS
« FLUCTUANTS »
AVEC
LE SYSTEME ELECTRIQUE ACTUEL
« RIGIDE »
NECESSITE DE LA
« FLEXIBILITE »



LES OUTILS DE LA FLEXIBILITE

Interconnections:

Les échanges transfrontaliers Import/Export

Hydraulique

Grande réactivité + possible double sens (STEP) mais des réserves longues à constituer.

Thermique

Grande réactivité, mais: Coût de production élevé + Emissions + sens unique.

Stockage

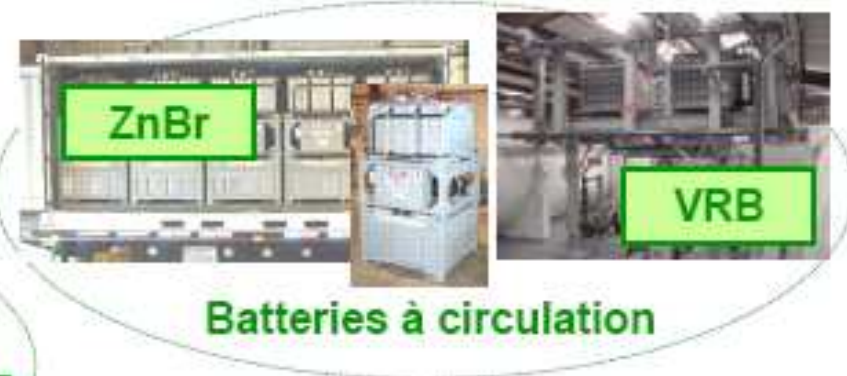
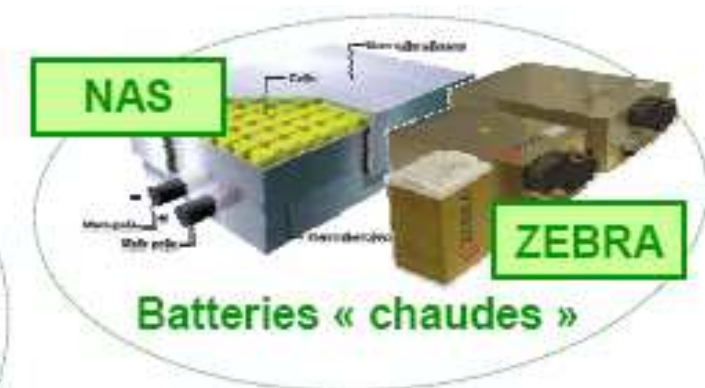
Très grande réactivité, pas d'émissions directes, Coût élevé.

Intelligence système

Indispensable pour connaître l'état du système et effectuer sa conduite (complexité croissante).



LES TECHNOLOGIES DE STOCKAGE





LES TECHNOLOGIES DE STOCKAGE

Technologie	Puissances réalisables (MW)	Temps caractéristique	Énergie Spécifique (Wh/kg)	Densité volumique d'énergie (W/hl)	Rendement DC/DC (%)	Autodécharge (%/temps ³³)	Durée de vie technologique (années)	Cyclabilité à 80% DOD	C _P (€/kW)	C _C (€/kWh)	C _{OP} (€/kW)	C _{RE} (€/kWh)	Maturité pour applications dans les réseaux (1/5)	Contraintes spécifiques (1/5)	Environnement et acceptabilité (1/5)
PbA	<qq10	2-8h	25-35	60-130	70-85	1-5/m	3-12	200-1500	100-500	25-250	SO	SO	5	2	3
NiMH	qqMW	Heures	50-100	80-300	85-75	15-25/m	10-15	1500-2000	?	400-2000	SO	SO	3	4	4
Li	qq0,1	Heures	60-180	150-400	85-90	2-10/m	10-15	qq1000	1000-3000	300-1500	SO	SO	2	4	3
NAS	50kW-35MW	7-8h	100-120	120-150	85-90	Aux	15	>5000	1000-2500	115-350	SO	SO	4	4	3-4
ZEBRA	5kW-0,5MW	2-10	95-120	130-190	85-90	Aux	11 et plus	1000-1500	200-400	500	SO	SO	2	3	3-4
VRB	qqkW-10MW	Heures	12-15	11-17	80-85	Aux	10-15 et plus	~10 ⁴	SO	SO	-3500	-400	3	4	3-4
ZnBr	25kW-10MW	~2h30	30-40	10-15	75-80	1%/h	~10 et plus	1000-2000	700	300	SO	SO	3	3	3-4
FES	qqkW-20MW	qq10s-qqh	1-10	5-20	85-95	1-1000 %/h	20	10 ⁵ -10 ⁷	150-3000	?	SO	SO	3	4-5	3-4
Supercap	qqkW-10MW	qq10s	2-15	3-10	85-98	qq%/-50%/h	~10	10 ⁴ -10 ⁶	100-500	5.10 ⁴ -1,5.10 ⁶	SO	SO	3	3-4	3



VALORISER LE STOCKAGE PAR DES SERVICES

- Réglage de fréquence
- Réglage de tension
- Réduction des pertes
- Congestions
- Stabilité angulaire

Transporteur



- Lissage de charge
- Réglage de tension
- Soutien régime dégradé
- Compensation réactif
- Réduction des pertes
- Qualité/continuité
- Perturbations HTB
- Renvoi de tension

Distributeur





VALORISER LE STOCKAGE PAR DES SERVICES

- Contribution aux SSY
- Lissage court terme
- Valorisation effacements
- Report d'injection
- Production garantie
- Systèmes isolés

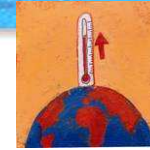
**Production
décentralisée**



- Report de consommation
- Effacement transparent
- Lissage de pointe
- Qualité de l'électricité
- Continuité d'alimentation
- Perturbations amont
- Compensation réactif

Consommateur





EXEMPLES DE REALISATION

TEPCO (Japon)
Expérimentations NAS depuis 1985.



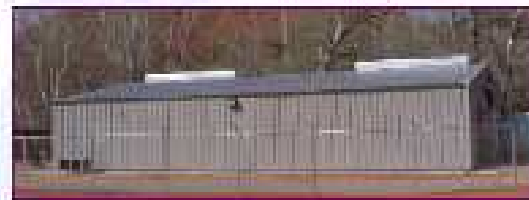
Tests en réseau (messure de la charge)
Tests chez le client (AS)

AEP (USA)
Expérimentations NAS depuis 2002.



Tests en réseau (messure de la charge)
Tests chez le client (AS)

PacifiCorp (USA)
VRB 350kVA/2MWh depuis 2003.



Régulation de tension, qualité de fourniture
et report d'investissement

