

LES INSTITUTS CARNOT EN SOUTIEN À LA COMPÉTITIVITÉ
DES ENTREPRISES DE LA FILIÈRE ÉCO-ÉNERGIE

ACTION CARNOT FILIÈRE ENERGICs

ACCOMPAGNER VERS L'INNOVATION UN LARGE TISSU
DE TPE/PME/ETI DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE

L'ACTION CARNOT FILIÈRE ENERGICS

Le consortium EnergICs : la force du collectif

Consortium de 5 instituts : Énergies du futur, M.I.N.E.S, ICÉEL, BRGM, CSTB

Principaux acteurs français de la recherche publique en énergie



6000

CHERCHEURS ET
INGÉNIEURS



50

PLATEFORMES
TECHNOLOGIQUES



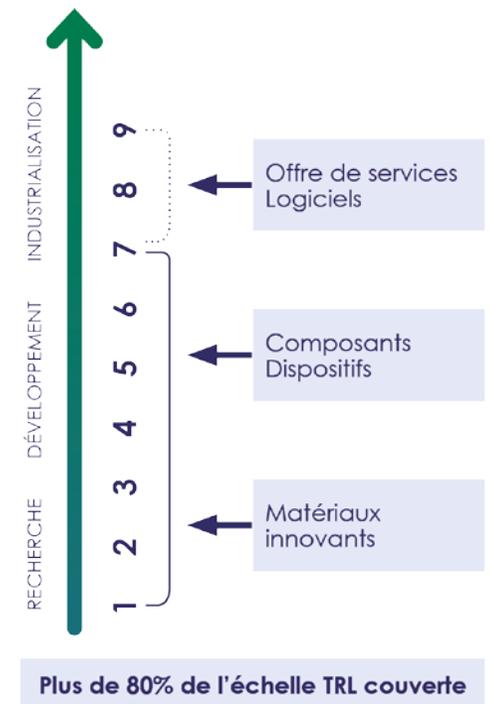
100

LABORATOIRES
REGROUPÉS DANS
LA FILIÈRE

Maillage territorial



Complémentarité TRL



140 M€ de recherche partenariale avec les industriels :

- 15 % de la recherche partenariale française avec les industriels

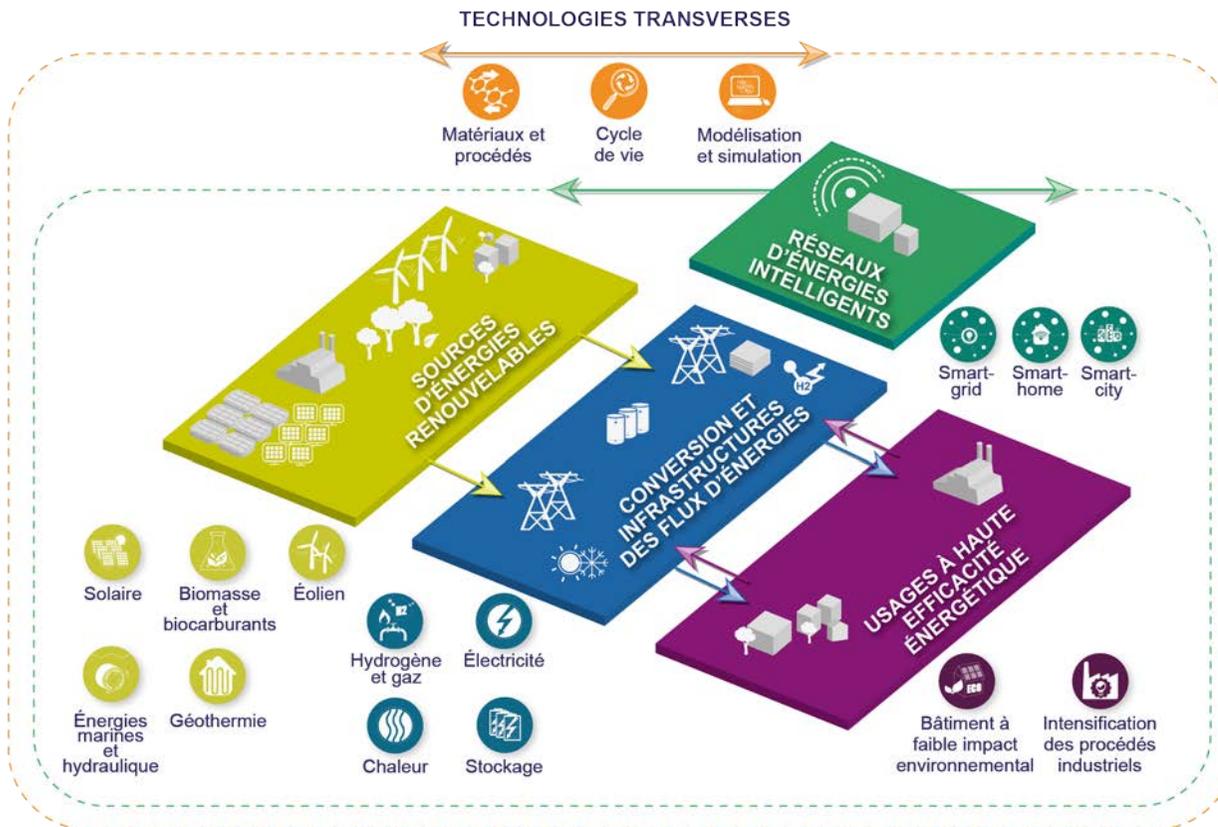
Thématique Energie :

350 partenaires industriels /an type PME/ETI

L'ACTION CARNOT FILIÈRE ENERGICS

Le consortium EnergICs : un périmètre thématique large

Couverture d'une majeure partie de la chaîne énergétique



4 axes thématiques stratégiques et 1 axe transverse

- SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES**
- CONVERSION ET INFRASTRUCTURES DES FLUX D'ÉNERGIES**
- USAGES À HAUTE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE**
- RÉSEAUX D'ÉNERGIES INTELLIGENTS**
- TECHNOLOGIES TRANSVERSES**

5 SECTEURS CLÉS

Réseaux



Carnot Filière EnergICs



Un catalogue de 40 plateformes technologiques ouvertes aux industriels



Approche horizontale des matériaux

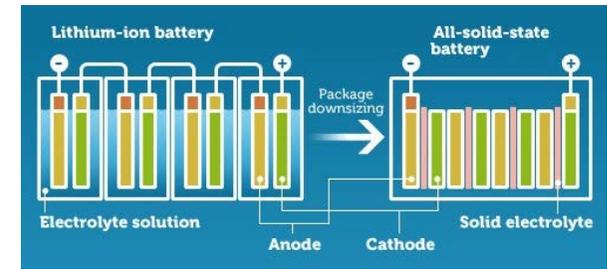
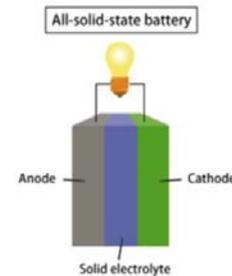
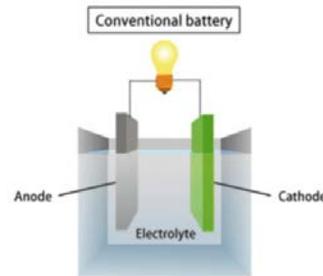
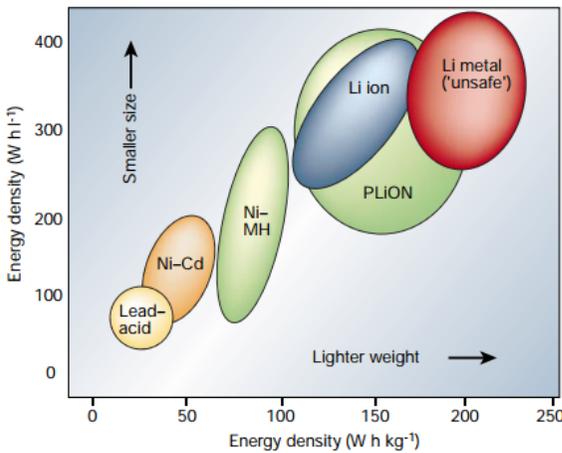
- Plateformes pour les matériaux et les technologies de l'énergie
- Adapté de "The Implementation of the SET Plan Roadmap "Materials for Low Carbon Technologies"
- Réduire l'usage de matériaux stratégiques et critiques

	Hydro	PV	Eolien	Stockage	PAC	Réseaux	Captage CO2	Solaire thermique	Energies marines	Nucléaire
Milieus divisés et filamentaires		Nanoparticules fonctionnelles, catalyse (CO2 réduction...), électrolytes (graphene, nano-Si...) Nanostructuration (propriétés nouvelles) Modélisation (multi-échelle, IA ...)								
Revêtements fonctionnels / membranes / barrières		Nouvelles membranes (désalinisation, reformage des biocarburants, céramiques pour PAC...), filtration, batteries								
Matériaux composites	Allègement des matériaux et des structures (métal-céramique, métal-C en aéronautique ...) Bon compromis entre résistance mécanique, chimique .. Matériaux fibreux (composites C-C, SiC-SiC ...) Hydro : matériaux ou revêtements qui réduisent le coût du cycle de vie des roues de turbine, des tubes de tirage et des conduites forcées. La R&D se concentre également sur l'identification et l'essai de moyens d'améliorer l'efficacité et la fiabilité des générateurs.									
Matériaux en conditions sévères	Aciers spéciaux, superalliages, revêtements Matériaux résistants à la corrosion, usure									
Nouveaux procédés chimiques métallurgiques	Vers de nouveaux concepts électrochimiques, électronique de puissance, encres Fabrication additive, impression 3D									

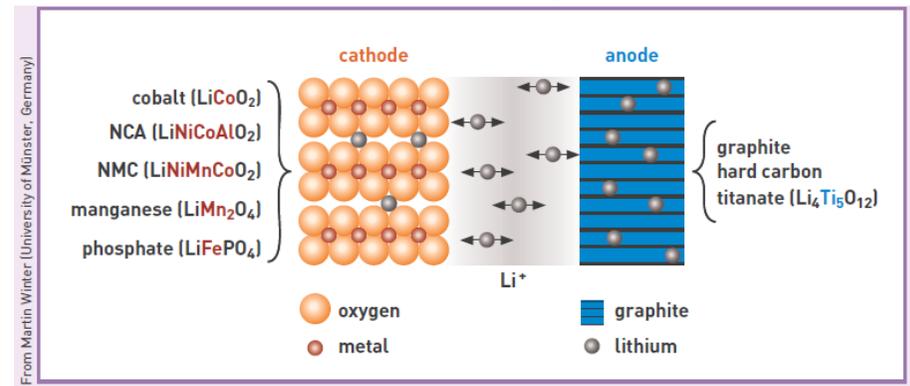
Exemple de matériaux pour le stockage : batteries

• La batterie Li-ion et la batterie « tout solide »

- A Review of Cathode and Anode Materials for Lithium-Ion Batteries [Y. Mekonnen, A. Sundararajan, A. Sarwat](#) Published 2016 Computer Science SoutheastCon 2016
- Clés CEA 61, 2013



charge



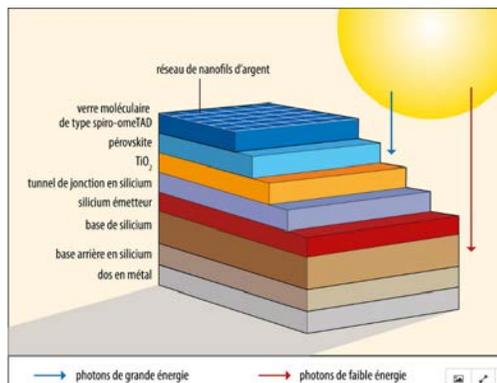
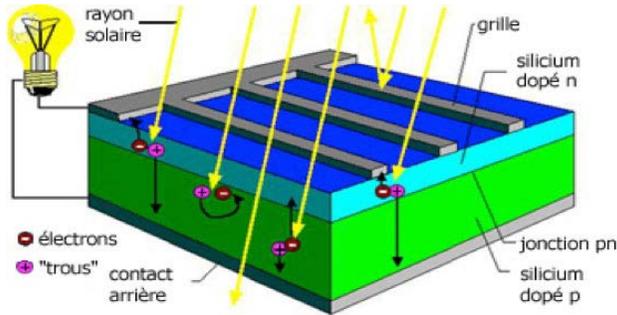
- Accroître la densité d'énergie
- Evolution des matériaux d'électrodes et des électrolytes

Exemple du photovoltaïque

- Evolution des matériaux

- <https://www.edf.fr/groupe-edf/qui-sommes-nous/activites/recherche-et-developpement/toutes-les-actualites-de-la-r-d/l-ipvf-et-le-cea-signent-une-collaboration-dans-le-pv-pour-un-tandem-made-in-france> ; <http://tpe.photovoltaique.free.fr>

- Atteindre les 30 % de rendement : dispositif tandem (CEA-IPVF)
- Technologie compétitive



Exemple de dispositif tandem

(a)

(b) Perovskites ABX₃

Cellule supérieure à base de Pérovskite Hybride

- Convertit des longueurs d'onde les plus énergétiques, « **partie bleue** » du spectre solaire
- Transmet les longueurs d'onde les moins énergétiques, « **partie rouge** » du spectre solaire

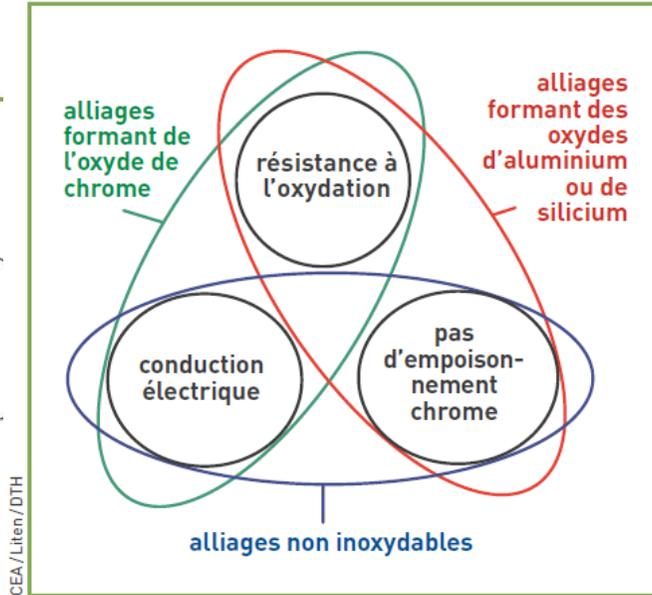
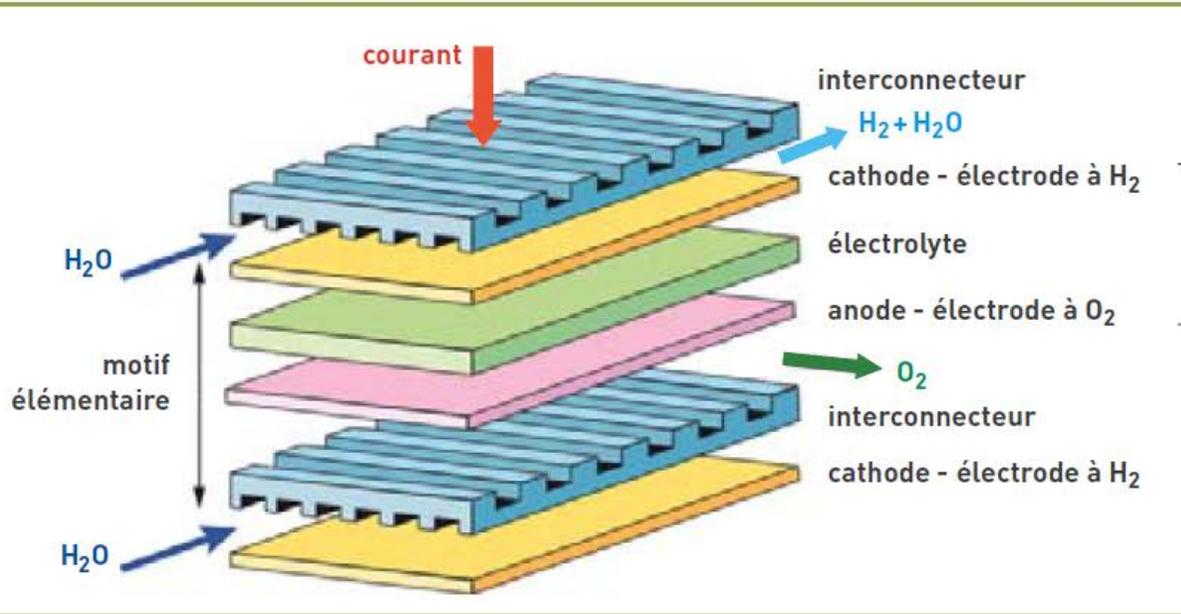
Cellule inférieure à base de Silicium

- Convertit des longueurs d'onde les moins énergétiques, « **partie rouge** » du spectre solaire

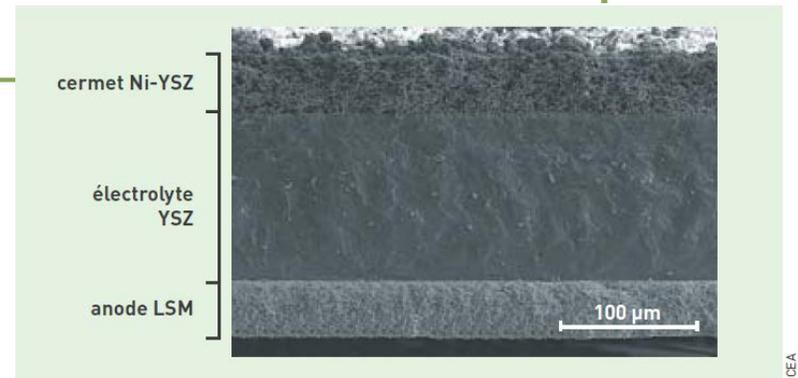
Exemple des électrolyseurs haute température

- Evolution des matériaux d'interconnexion

- Cles CEA n° 59 (2010)

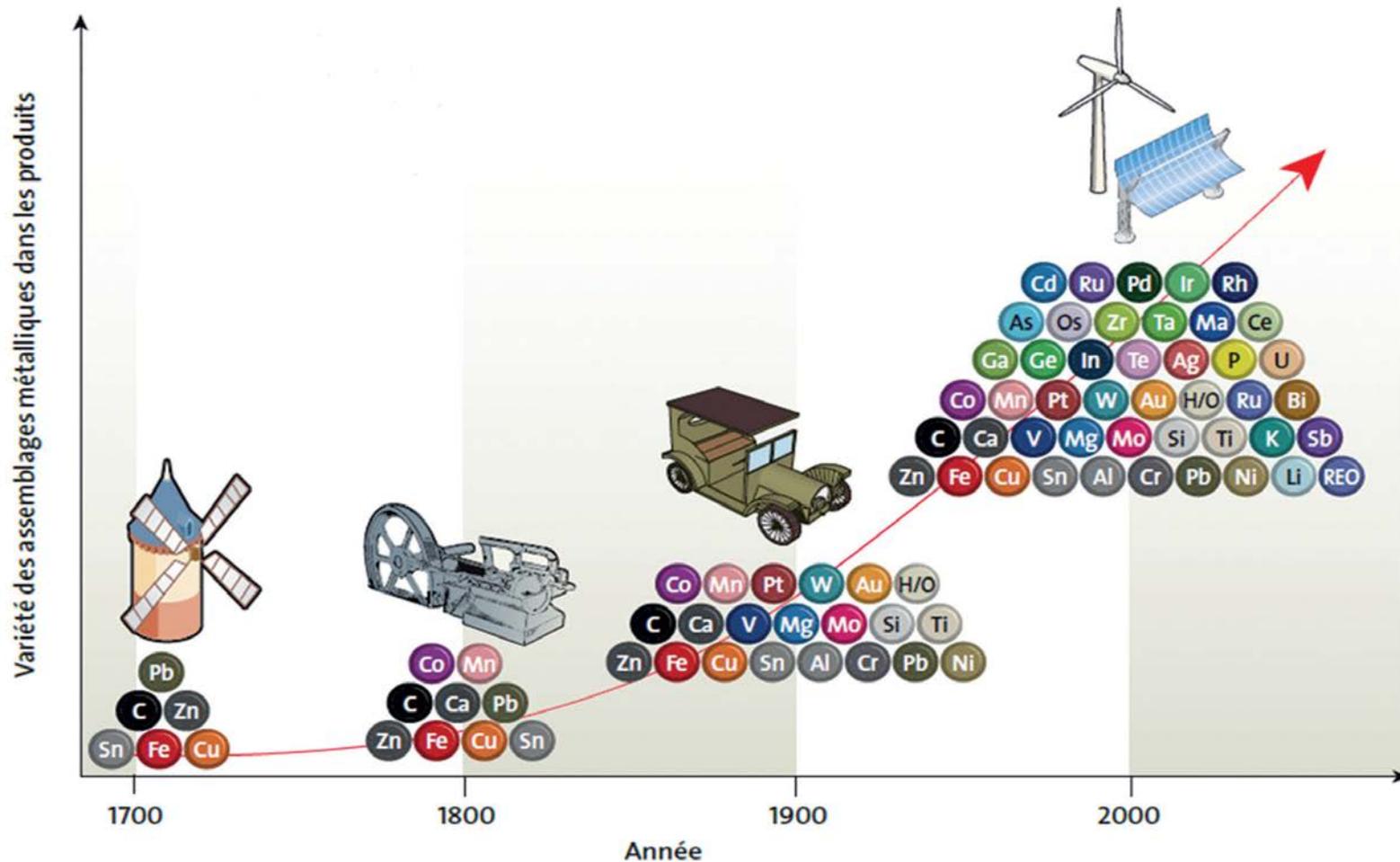


- Oxydation des matériaux d'interconnexion : traitements de surface $(Cr, Mn)_3O_4$
- Electrode H_2 : cermet nickel/zircone stabilisé YSZ
- Electrolyte : YSZ
- Electrode O_2 , $La_{1-x}SrMnO_{3-y}$



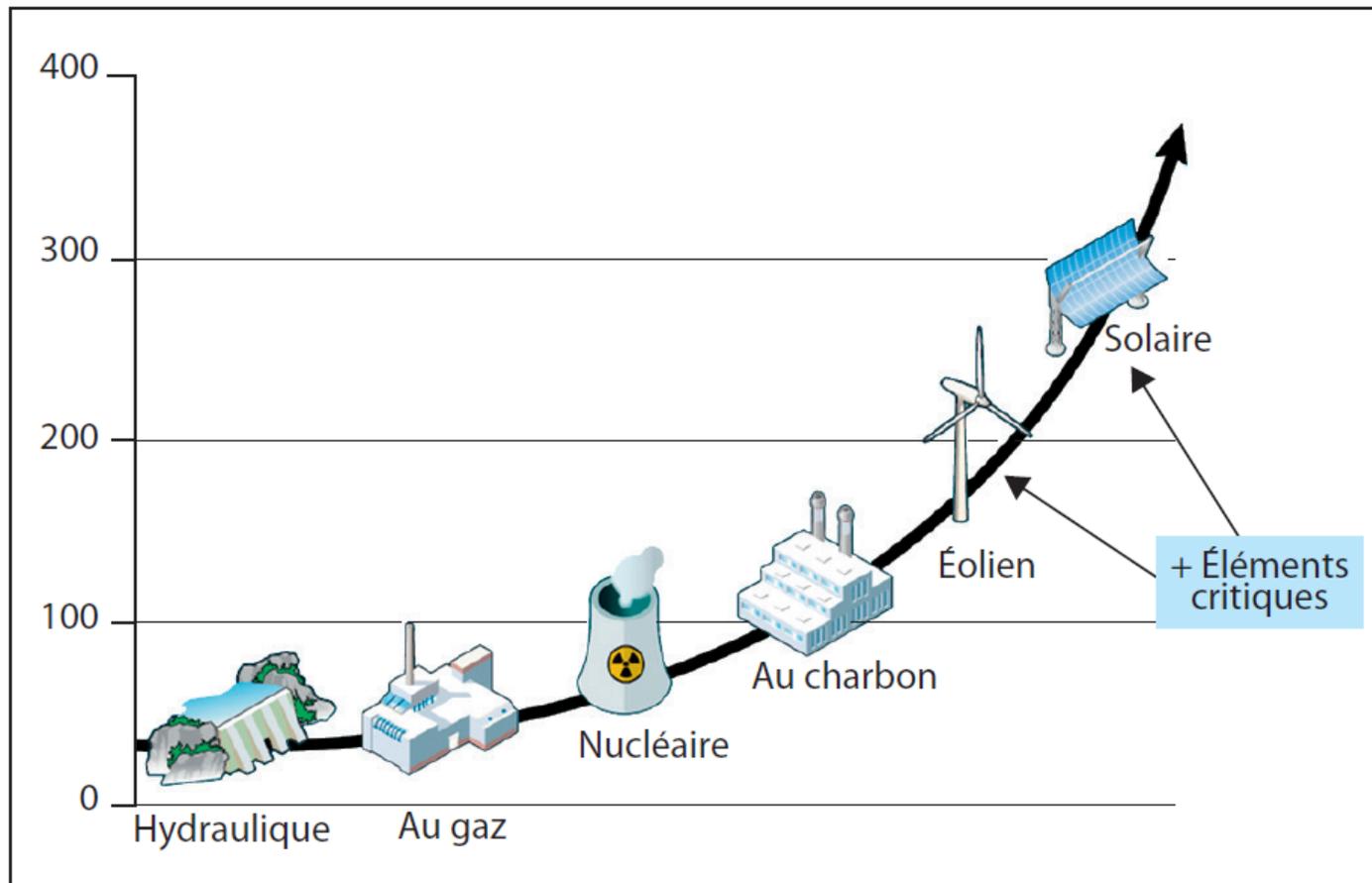
Variété des assemblages : recyclage!!!

- Complexité croissante dans les assemblages
- B. Goffé, Les matériaux stratégiques pour l'énergie, [Colloque Chimie et enjeux énergétiques, 14 novembre 2012](#)



Empreinte acier

- Quantité d'acier pour différentes technologies de l'énergie en kg/MW
- B. Goffé, Les matériaux stratégiques pour l'énergie



Éléments chimiques

- Différentes technologies EnR

- B. Goffé, Les matériaux stratégiques pour l'énergie

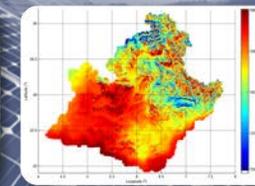
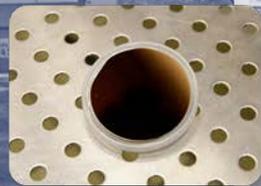
Economie d'énergie et éclairage

Renouvelable et stockage

Hydrogène et PAC

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	**	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Sg	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uug	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
			89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

- Stockage de l'énergie
- Connectique
- Économies d'énergie
- Catalyse (automobile, piles à combustible)
- Production et transport de l'électricité
- Industrie électrique nucléaire
- Photovoltaïque
- Aimants permanents (véhicules électriques, éoliennes, TGV...)
- Éclairage
- Lanthanides
- Terres rares
- Actinides



MERCI DE VOTRE ATTENTION

EnergICs
Bâtiment GreEn-ER
21 avenue des martyrs – CS 90624
38031 Grenoble CEDEX 1
Tél. (04) 76 82 62 93 – contact@energics.eu

Carnotenergics.fr