

4 juin 2013, Saclay

Quelques remarques sur la transition énergétique

Yves Bréchet

Haut Commissaire à l'énergie atomique



HAUT-COMMISSAIRE
À L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Quelques évidences qu'il faut rappeler

Un problème aux facettes multiples ...

Il faut considérer les différents **aspects de la question énergétique**, et la façon dont ils sont impactés par les choix de mix énergétique :

- **Production** de l'énergie
- **Transport et distribution** de l'énergie
- **Stockage** de l'énergie
- **Utilisation** sobre de l'énergie

ON NE RESOUT PAS UN PROBLEME EN L'IGNORANT ...

La sagesse de l'ingénieur ...

« On n'a jamais vu résoudre un problème correctement sans prendre en compte les conditions initiales et les conditions aux limites »

⇒ **conditions initiales** : le mix énergétique actuel

⇒ **conditions aux limites** : les lois physiques (loi de Carnot, loi de Kirchoff, ... , encombrement au sol, etc ...)

LES SOLUTIONS PEUVENT VARIER D'UN PAYS A L'AUTRE, PAS LA PHYSIQUE ...

La sagesse du concepteur ...

- Ne pas confondre les contraintes (ce qui doit être respecté) et les objectifs (ce qui doit être optimisé)
- => **Astreintes** : ce qui est scientifiquement possible, techniquement réalisable, industriellement envisageable
- ⇒ **Objectifs** : à coût minimal, à émission de GES minimale, etc ...

IL FAUT RECHERCHER UNE TRAJECTOIRE, PAS SIMPLEMENT UN OPTIMUM ...

Une remarque incidente ...

« On vous recommande de sauter d'un avion en parfait état de marche en vous promettant que le parachute (qui n'est pas encore là) sera disponible avant que vous ne vous écrasiez au sol »

EST CE UNE STRATEGIE BIEN RAISONNABLE ?

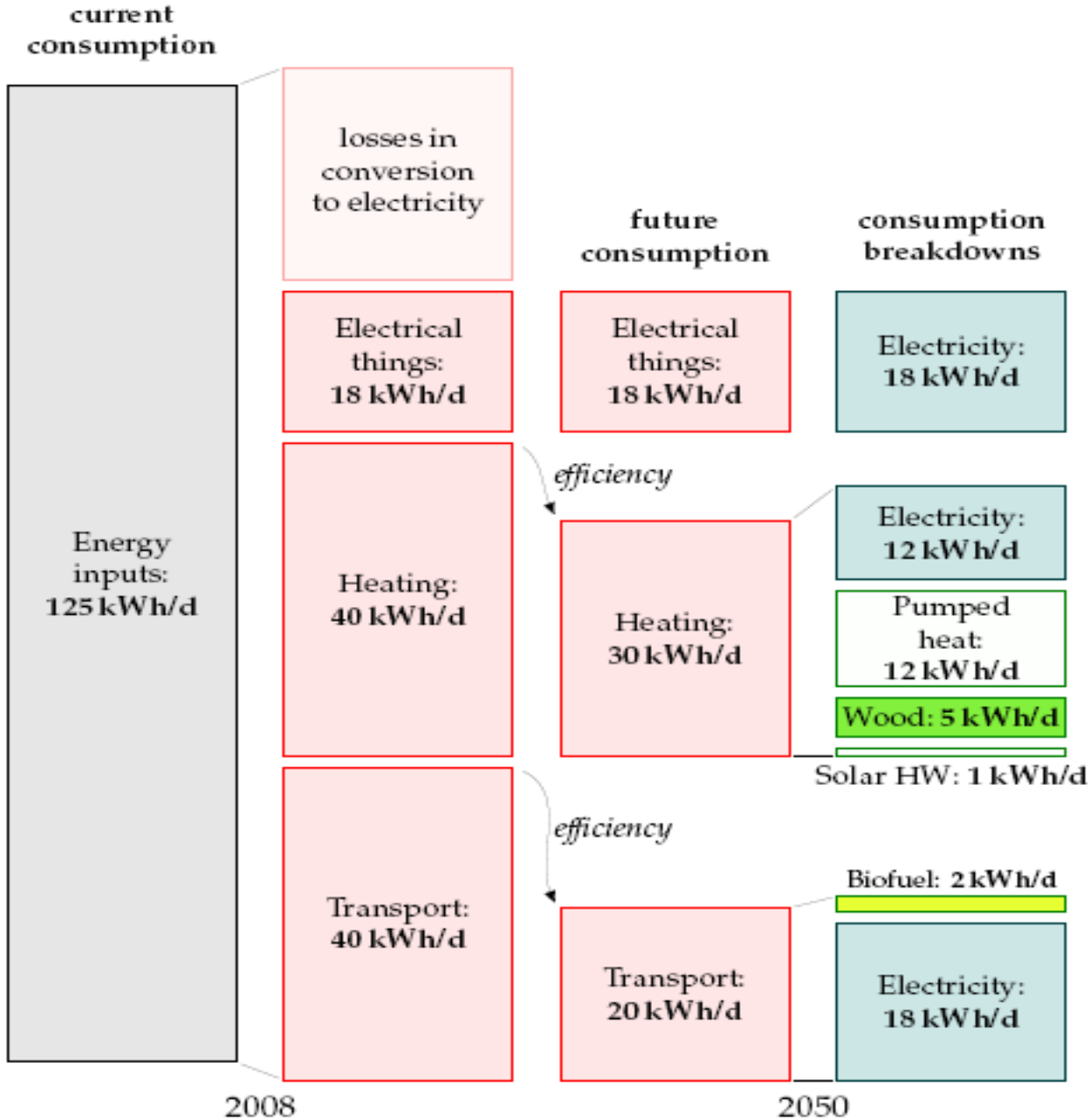
Une méthode d'approche « chirurgicale »

- NE PAS rajouter un mix énergétique au zoo
- NE PAS participer au grand débat
- Analyser ligne à ligne les propositions issues des agences (ADEME, ANCRE, ...)
 - pour s'assurer de la validité technique des propositions faites côté production
 - analyser les échelles de temps, les moyens nécessaires côté consommation
 - analyser les conditions de stabilité en fonction des possibilités de stockage et de mise en réseau
 - *analyser les volets économiques (coût, emplois, ...) est un exercice autrement plus compliqué mais absolument indispensable*

**Quelques notions clés pour garder
les deux pieds sur terre**

Ce que je produis égale ce que je consomme

- **Vision « Ecclesiaste »** (« le lys des champs ») : on diminue la consommation, pour le reste, Dieu y pourvoira ...
- **Vision pragmatique** : faire le point des différents postes de consommation, des différents modes de production et de leurs limites physiques, et évaluer le réalisme de différents mix énergétiques



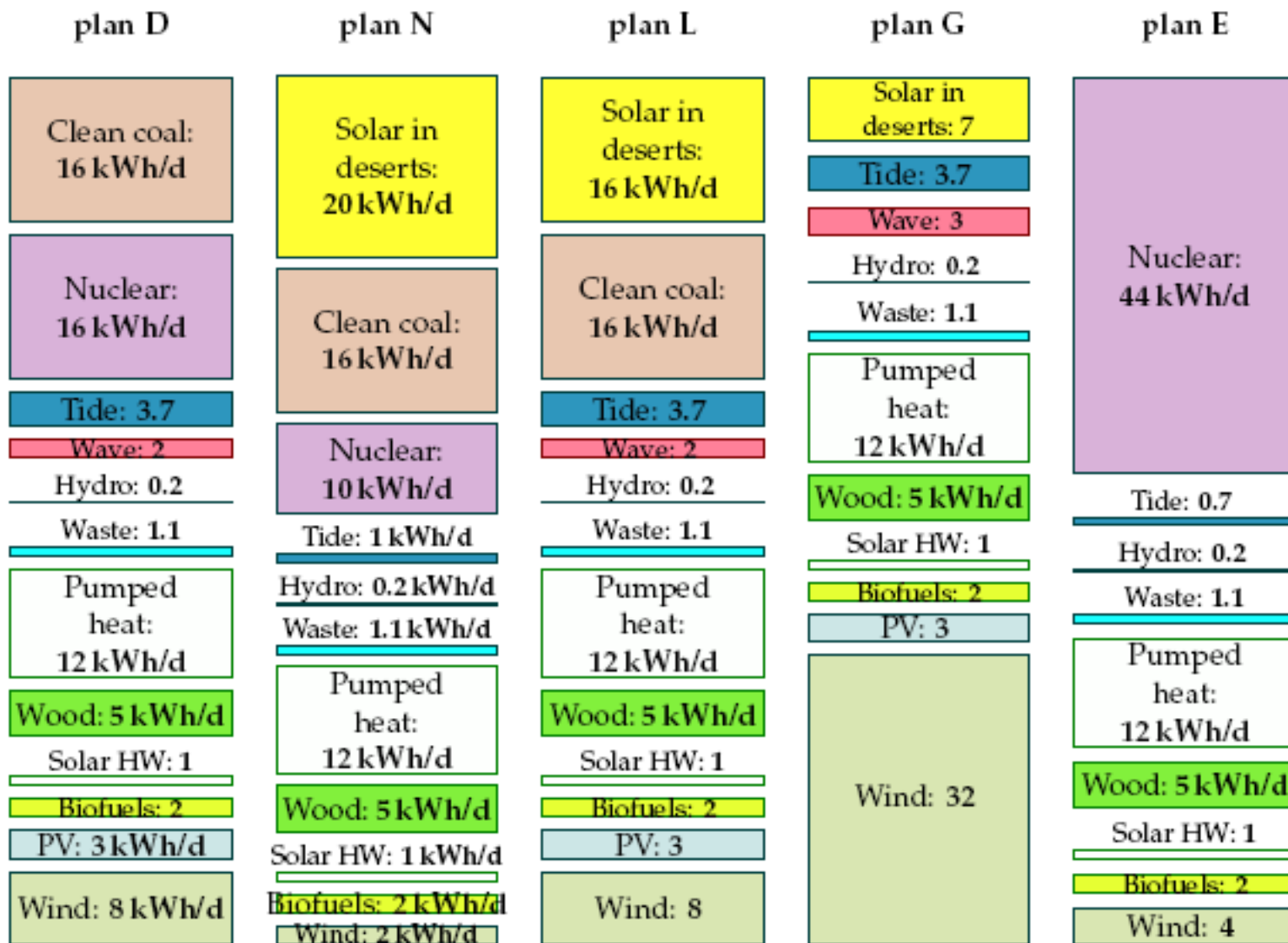
From David McKay

« Sustainable energy Without the hot hair »

Cambridge 2009

Energy consumption in UK: present and future

Possible energy plans (feasibility).



PREPARER le débat public

De l'autre côté de la Manche ...

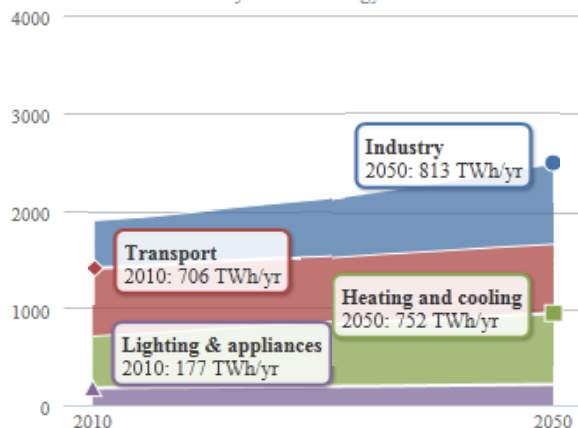
<http://2050-calculator-tool.decc.gov.uk/>

<http://my2050.decc.gov.uk/>

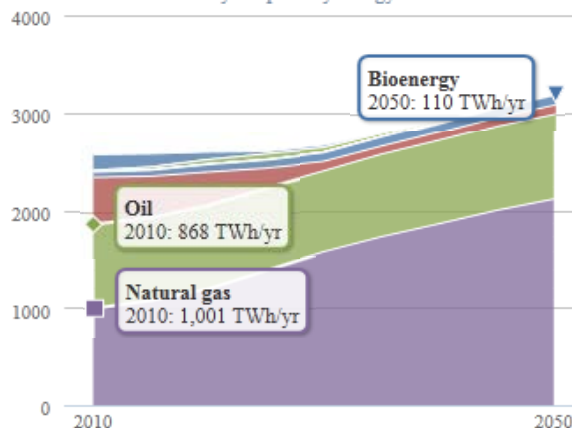
Application Excel

Actions en cours en Belgique, en Chine, ...

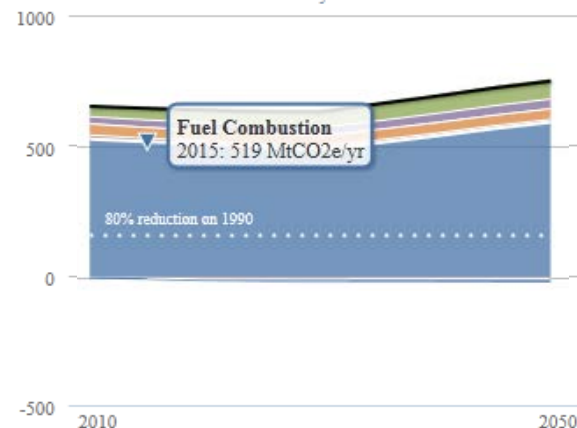
UK energy demand
TWh/yr of final energy



UK energy supply
TWh/yr of primary energy



UK greenhouse gas emissions
MtCO₂e/yr



- Domestic transport behaviour 1 2 3 4
- Shift to zero emission transport 1 2 3 4
- Choice of fuel cells or batteries 1 2 3 4
- Domestic freight 1 2 3 4
- International aviation 1 2 3 4
- International shipping 1 2 3 4
- Average temperature of homes 1 2 3 4
- Home insulation 1 2 3 4
- Home heating electrification A B C D
- Home heating that isn't electric A B C D
- Home lighting & appliances 1 2 3 4
- Electrification of home cooking A B
- Growth in industry A B C
- Energy intensity of industry 1 2 3
- Commercial demand for heating and cooling 1 2 3 4
- Commercial heating electrification A B C D
- Commercial heating that isn't electric A B C D
- Commercial lighting & appliances 1 2 3 4
- Electrification of commercial cooking A B

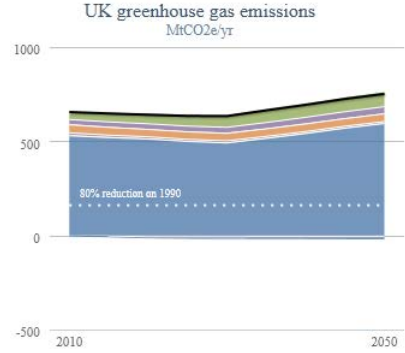
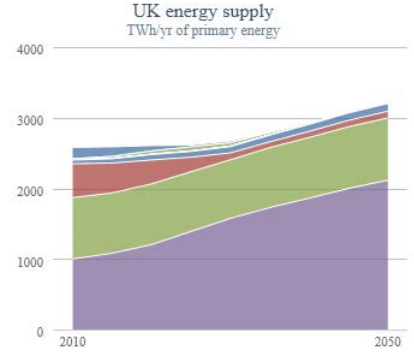
- Nuclear power stations 1 2 3 4
- CCS power stations 1 2 3 4
- CCS power station fuel mix A B C D
- Offshore wind 1 2 3 4
- Onshore wind 1 2 3 4
- Wave 1 2 3 4
- Tidal Stream 1 2 3 4
- Tidal Range 1 2 3 4
- Biomass power stations 1 2 3 4
- Solar panels for electricity 1 2 3 4
- Solar panels for hot water 1 2 3 4
- Geothermal electricity 1 2 3 4
- Hydroelectric power stations 1 2 3 4
- Small-scale wind 1 2 3 4
- Electricity imports 1 2 3 4
- Land dedicated to bioenergy 1 2 3 4
- Livestock and their management 1 2 3 4
- Volume of waste and recycling A B C D
- Marine algae 1 2 3 4
- Type of fuels from biomass A B C D
- Bioenergy imports 1 2 3 4

- Geosequestration 1 2 3 4
- Storage, demand shifting & interconnection 1 2 3 4

Nuclear power stations... 1 2 3 4

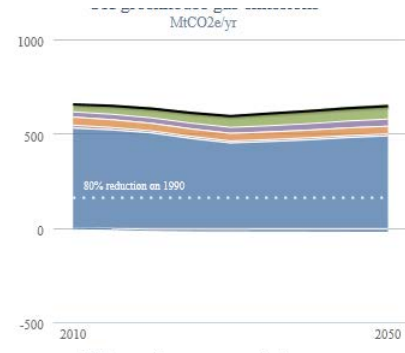
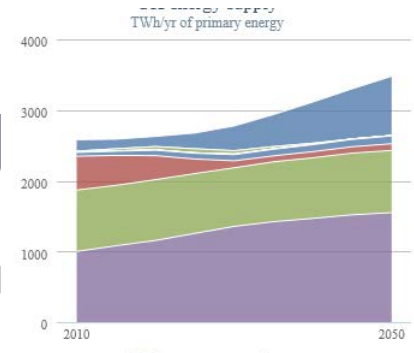
No new nuclear power installed; estimated closure of final plant in 2035

power stations 1



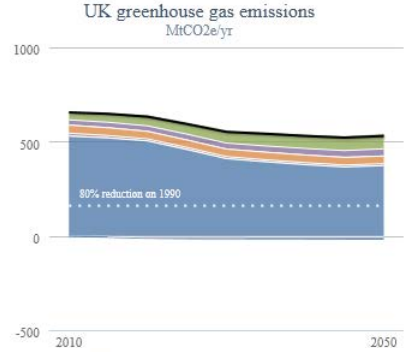
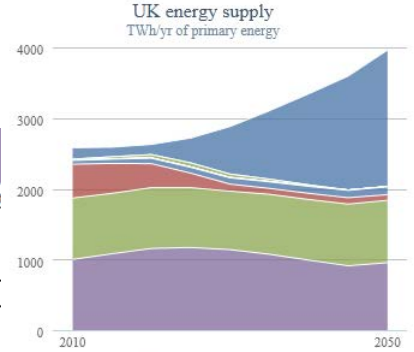
~13 3GW power stations delivering ~280 TWh/yr

power stations 1 2



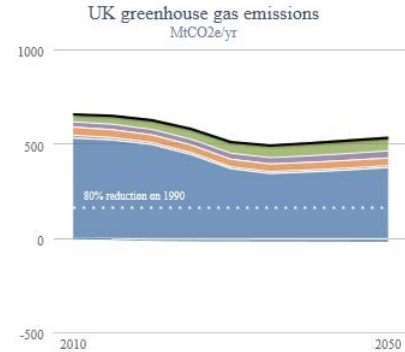
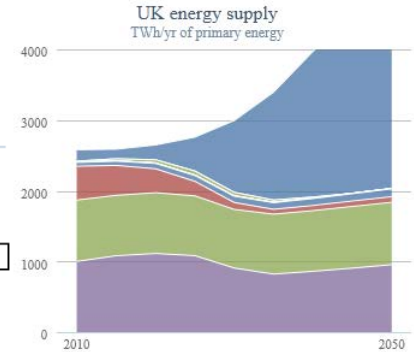
~30 3GW power stations delivering ~630 TWh/yr

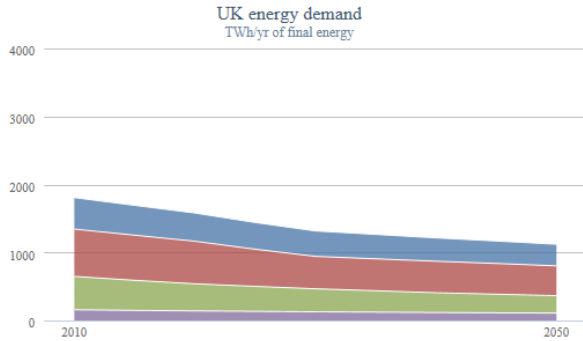
power stations 1 2 3



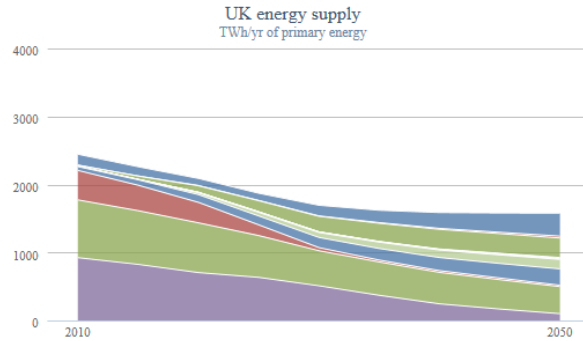
~50 3GW power stations delivering ~1030 TWh/yr

power stations 1 2 3 4

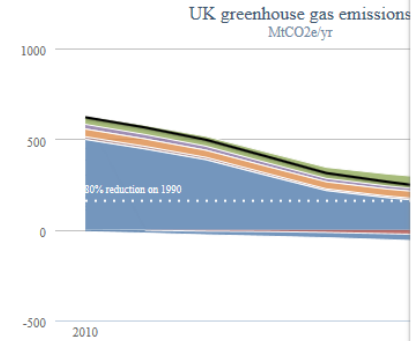




Domestic transport behaviour	1	2	3	4
Shift to zero emission transport	1	2	3	4
Choice of fuel cells or batteries	1	2	3	4
Domestic freight	1	2	3	4
International aviation	1	2	3	4
International shipping	1	2	3	4
Average temperature of homes	1	2	3	4
Home insulation	1	2	3	4
Home heating electrification	A	B	C	D
Home heating that isn't electric	A	B	C	D
Home lighting & appliances	1	2	3	4
Electrification of home cooking	A	B	C	D
Growth in industry	A	B	C	D
Energy intensity of industry	1	2	3	4
Commercial demand for heating and cooling	1	2	3	4
Commercial heating electrification	A	B	C	D
Commercial heating that isn't electric	A	B	C	D
Commercial lighting & appliances	1	2	3	4
Electrification of commercial cooking	A	B	C	D



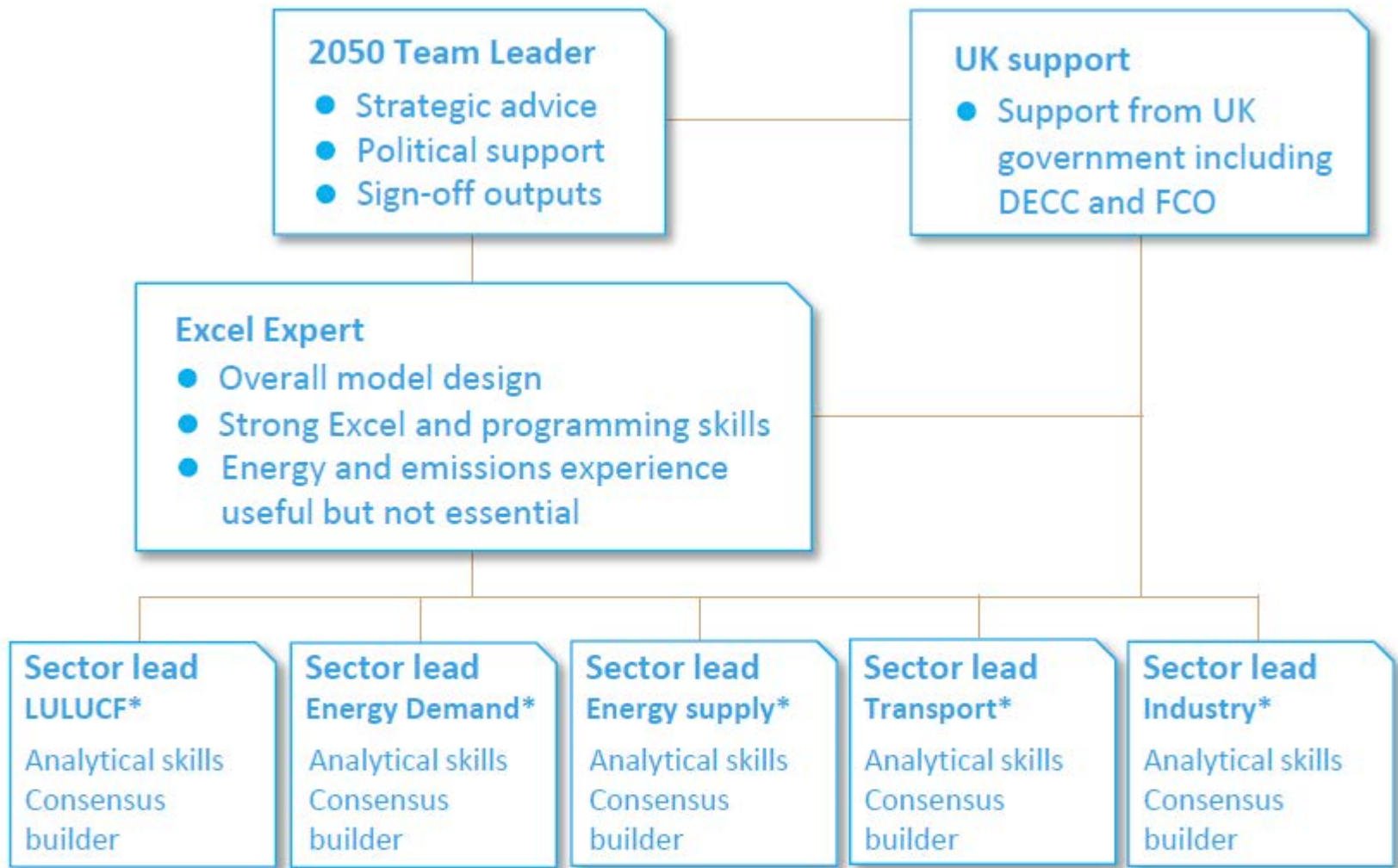
Nuclear power stations	1	1.4	3	4
CCS power stations	1	1.3	3	4
CCS power station fuel mix	A	B	C	D
Offshore wind	1	1.9	3	4
Onshore wind	1	2	2.7	4
Wave	1	1.6	3	4
Tidal Stream	1	2	3	4
Tidal Range	1	2	3	4
Biomass power stations	1	2	3	4
Solar panels for electricity	1	1.2	3	4
Solar panels for hot water	1	1.8	3	4
Geothermal electricity	1	2	3	4
Hydroelectric power stations	1	2	3	4
Small-scale wind	1	2	3	4
Electricity imports	1	2	3	4
Land dedicated to bioenergy	1	2	3	4
Livestock and their management	1	2	3	4
Volume of waste and recycling	A	B	C	D
Marine algae	1	2	3	4
Type of fuels from biomass	A	B	C	D
Bioenergy imports	1	2	3	4



Geosequestration
Storage, demand shifting & interconnection

- Doesn't tackle climate change (All at level 1)
- Maximum demand, no supply
- Maximum supply, no demand
- Analogous to MARKAL 3.26
- Higher renewables, more energy efficiency
- Higher nuclear, less energy efficiency
- Higher CCS, more bioenergy
- Low cost pathway
- Friends of the Earth
- Campaign to Protect Rural England
- Mark Brinkley
- National Grid
- Atkins





*no prior sectoral expertise needed

Sector leaders will lead sectoral literature overview, identify main sector drivers, develop four levels of effort for identified technologies and run workshop with sectoral experts to test findings. This breakdown is draft only and could be broken down in different ways according to country needs

<i>Task list</i>	<i>Duration</i>
Phase 1 – Initiation	Around 3 months
<ul style="list-style-type: none"> ● Identify resource requirements ● Set-up team ● Agree project timescales ● Sign Memorandum of Understanding with DECC 	
Phase 2 – Technical development	Around 6 months
<ul style="list-style-type: none"> ● DECC visit to provide week long-training session ● Identify potential needs for model restructuring ● Develop 1-4 scenarios for each technology ● Share these scenarios with stakeholders ● Visit to DECCs London offices to build webtool ● Quality checking of work ● Gain internal sign-off 	
Phase 3 – Communication	Around 3 months
<ul style="list-style-type: none"> ● Prepare communications material – including website ● Public launch event ● Potential development of My2050 simulation 	

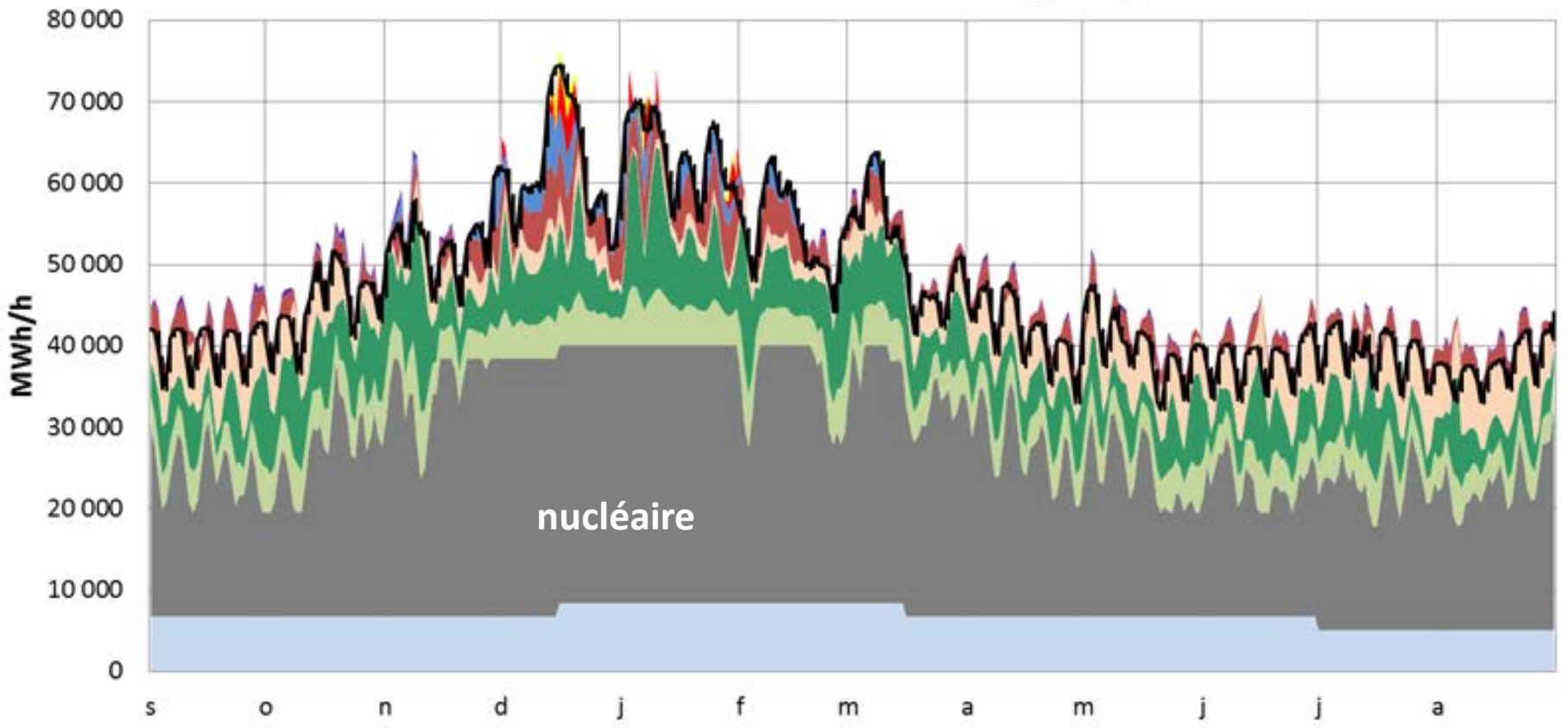
Ce que je produis **au moment où je le produis égale ce que je consomme **au moment** où je le consomme**

- Caractère essentiel : l'intermittence énergétique
- Rôle essentiel des capacités de stockage de l'électricité : définir « le moment où »
- Stockage dédié (STEP, ...) ou stockage associé (chauffe eau, véhicule électrique, ...)

Le cauchemar de l'intermittence

- Le péché capital de beaucoup d'ENR (sauf hydraulique et géothermique)
- Echelles temporelles très variables
 - Solaire : quelques heures, alternance nuit/jour
 - Eolien : quelques heures à plusieurs jours
- Corrélations spatiales très variables
 - Solaire : quelques 100km
 - Eolien : à l'échelle d'un continent

Production VS Consommation (2030)

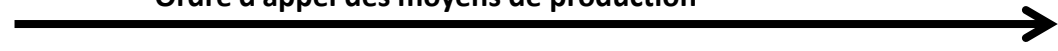


nucléaire

— Consommation

- | | | | |
|------------------|-----------|-------|-------------------|
| EnR Base | Nucléaire | CCG | Stockage de masse |
| Eolien en mer | | STEP | Batteries |
| Photovoltaïque | | Hydro | Import |
| Eolien terrestre | | | TAC |

Ordre d'appel des moyens de production



Quelques règles de bon sens

- On ne peut faire face à un type d'intermittence qu'avec une source d'énergie dont la flexibilité est à l'échelle de temps de l'intermittence considérée
- La puissance garantie d'une source d'énergie fatale doit être à chaque instant égale au maximum de la puissance consommée diminuée des énergies non fatales mobilisables

Ce que je produis au moment et à l'endroit où je le produis égale ce que je consomme au moment et à l'endroit où je le consomme

- Unité spatiale associée au réseau : permet de définir « à l'endroit où »
- Remède potentiel à l'intermittence : il faut mailler sur des distances grandes devant les longueurs de corrélation des intermittences
- Plus on est intermittent, plus il faut mailler
- L'intermittence est une maladie contagieuse politiquement transmissible

Gérer l'intermittence ?

« Le mariage est une convention qui permet de supporter à deux des problèmes qu'on n'aurait jamais eu tout seul » (S. Guitry)

- Ou on introduit beaucoup d'ENR intermittentes et on gère l'intermittence par les ENR, via un maillage intensif
- Ou bien on met face aux ENR intermittentes une source non fatale flexible (hydraulique, gaz, charbon, ...)

Mises en perspectives

Le système est ouvert ...

- Réseaux européens (la situation est différente en France/Allemagne/Espagne et en Angleterre)
- Le choix d'un mix énergétique implique le choix de stratégies de gestion de l'intermittence
- On ne peut faire ce choix en autiste ... sauf si on choisit de minimiser les énergies fatales !!!
- On ne peut donner un coût aux énergies renouvelables qu'en intégrant les coûts de la gestion de l'intermittence
- Les mesures économiques contre-nature engendrent des monstres (payer pour NE PAS produire l'électricité ...)

Pistes de traverse ...

- Quelle probabilité de blackout admissible?
- Autres vecteurs énergétiques?
- Changer les modes de comportement?
 - Chauffage
 - Transport
 - Vision intégrée transport électrique / habitat
- Produire local et consommer local?
 - OK consommation domestique, pour un urbanisme adapté
 - Quid des besoins industriels massifs?
- Réseau distribué vs réseau centralisé?
 - A quelle échéance ?
 - Le parallèle avec les Telecom est trompeur

RECOMMANDATION FINALE

« Fabriquez le parachute

AVANT

de sauter de l'avion »