DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

www.cea.fr

L'ENERGIE NUCLEAIRE AUX ETATS-UNIS

JM CAPDEVILA

JUIN 2016

POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE « *ALL-OF-THE-ABOVE* »



*"By 2035, 80% of America's electricity will come from clean energy sources. Some folks want wind and solar. Others want **nuclear**, clean coal and natural gas. To meet this goal we will need them all."*

2011 State of the Union

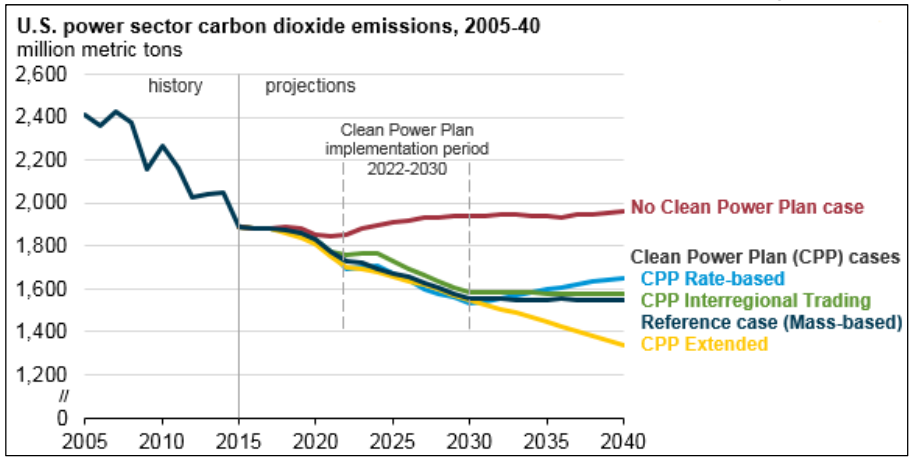
- **<u>3 objectifs</u> :**
  - Contribuer à la croissance économique et à la creation d'emplois
  - Renforcer la sécurité et l'indépence énergétique
  - Déployer les technologies énergétiques "bas-carbone" et engager le pays vers les énergies propres

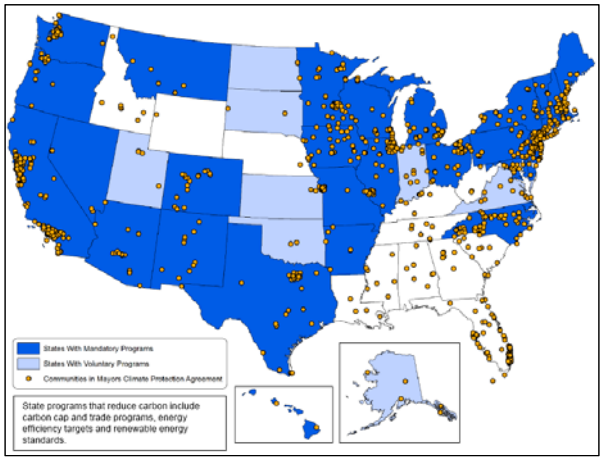
- **<u>Toutes les composantes du mix énergétiques ont un rôle à jouer</u> :**
  - **Fossiles** (gaz ↑ , pétrole → , charbon ↓)
  - **Nucléaire** →
  - **Renouvelables ↑**

OBJECTIFS CLIMATIQUES : *CLEAN POWER PLAN* (CPP)

- **Annoncé le 03/08/15**

- **<u>Objectif de baisse des émissions de CO_2 dans la production d'électricité de 32% d'ici 2030 par rapport au niveau de 2005</u>**



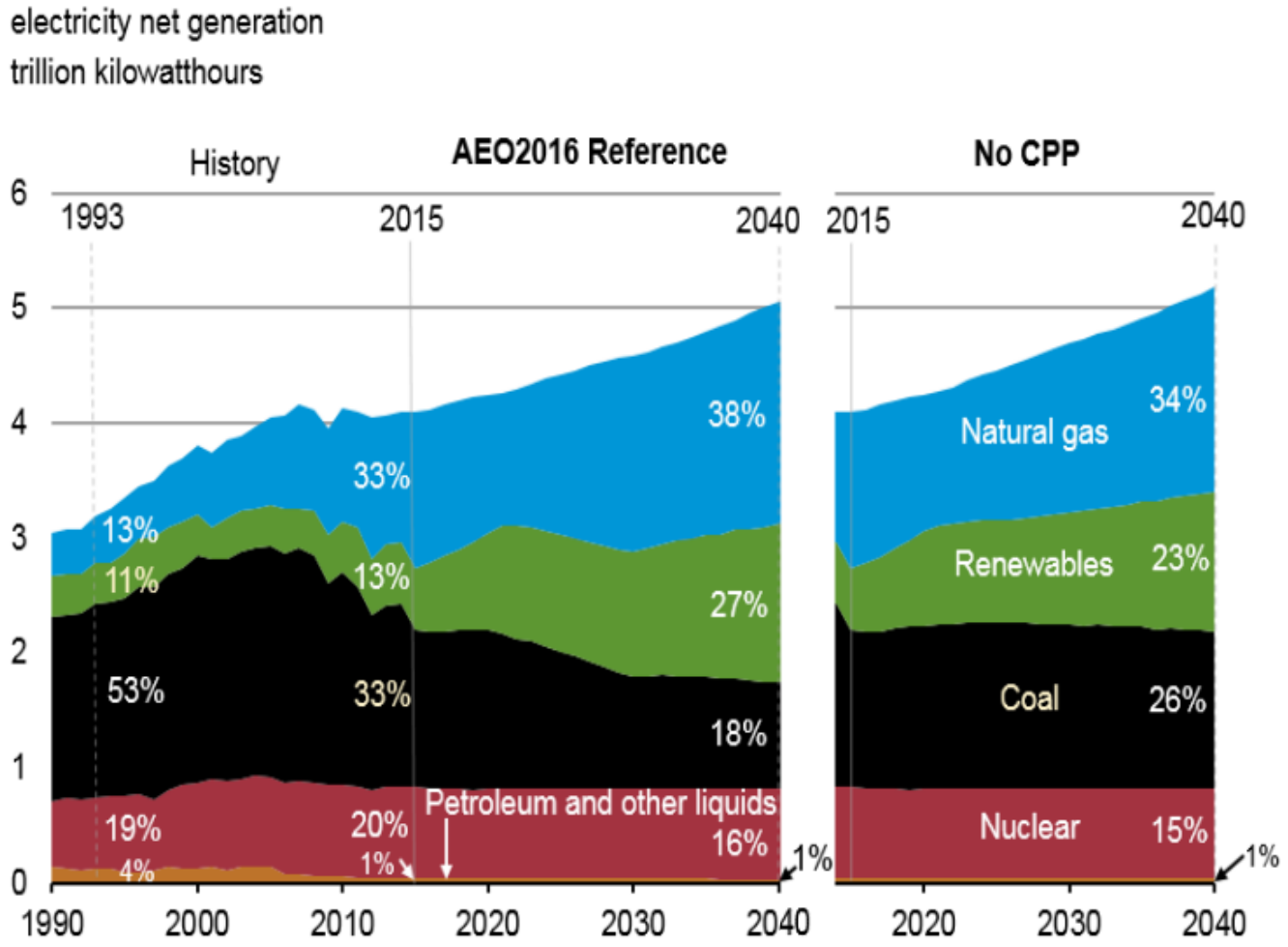


- **2016/2018 :** chaque Etat soumet son plan (souvent à partir d'initiatives existantes)

- **2022 :** début du suivi de la conformité au plan

- **"best system of emission reduction" (BSER) ➔** flexibilité pour atteindre l'objectif ; ***emission rate credits*** **; pour le nucléaire, prise en compte des nouveaux réacteurs et des extensions de puissance, mais pas des extensions de durée d'exploitation**

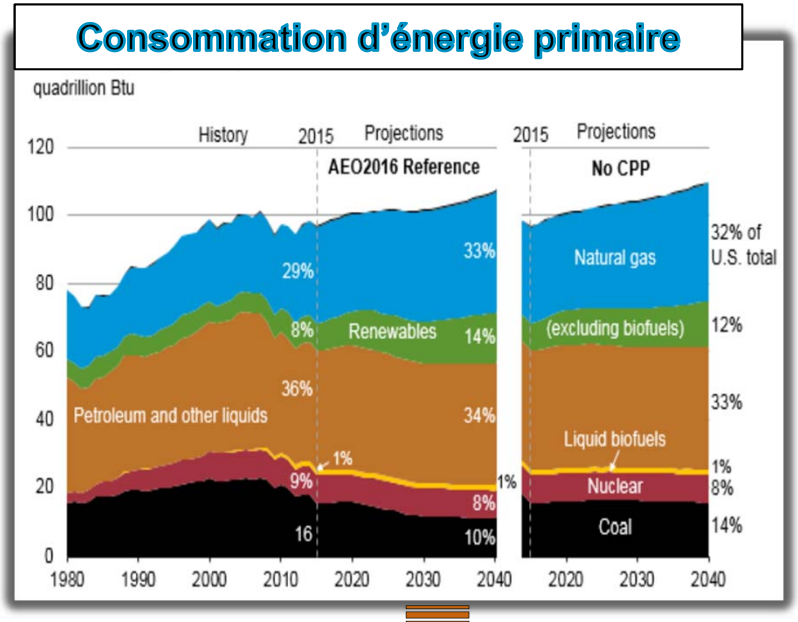
LES PROJECTIONS DE L'*ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION* (EIA)



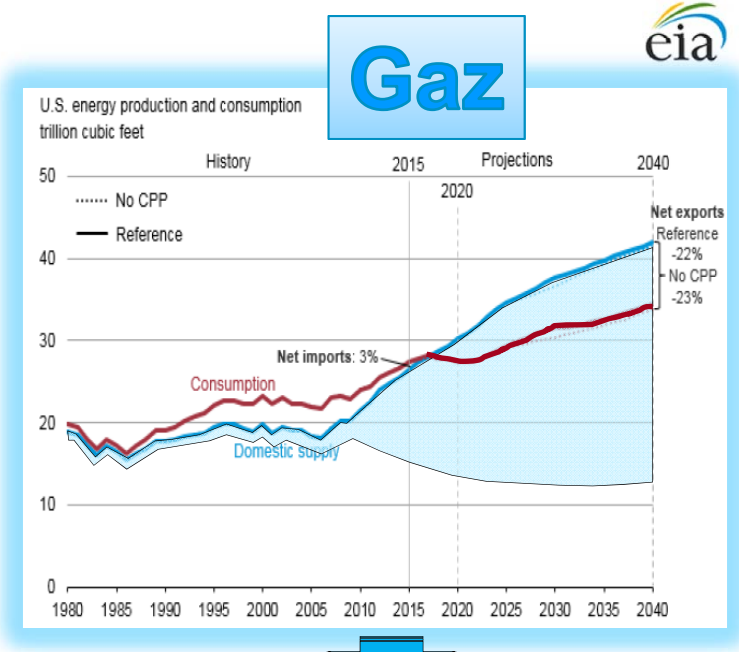
Source: EIA, Annual Energy Outlook 2016

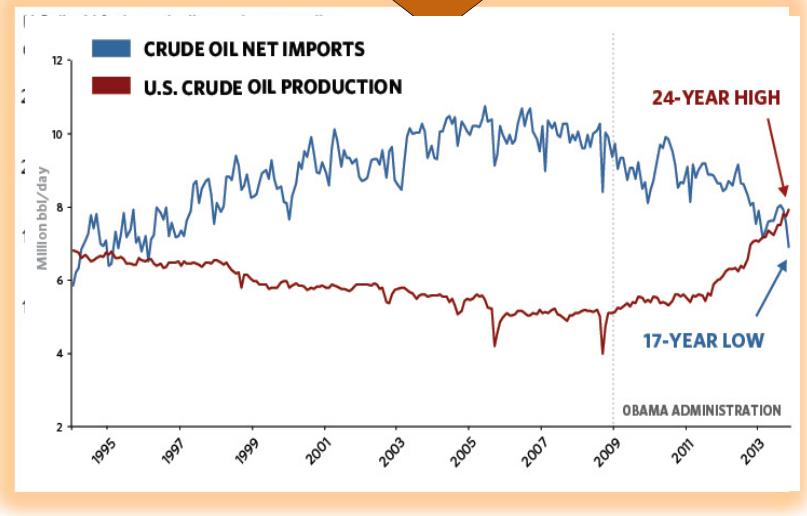
L'ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE DOMINÉE PAR UNE PRODUCTION CROISSANTE DES HYDROCARBURES

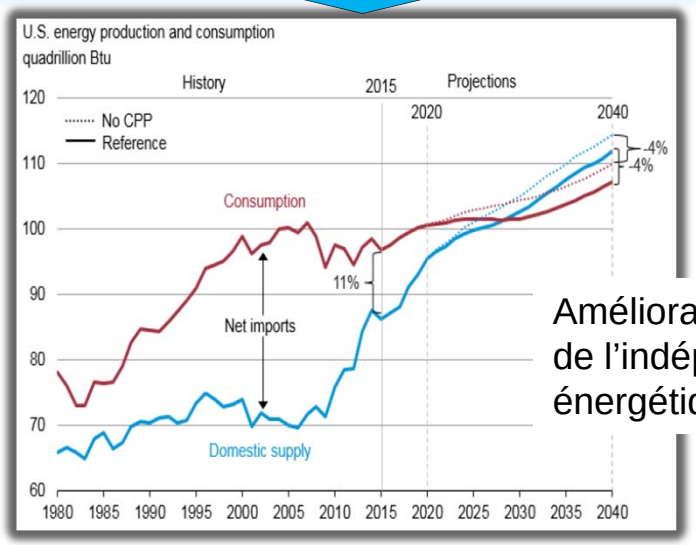
Consommation d'énergie primaire



Gaz





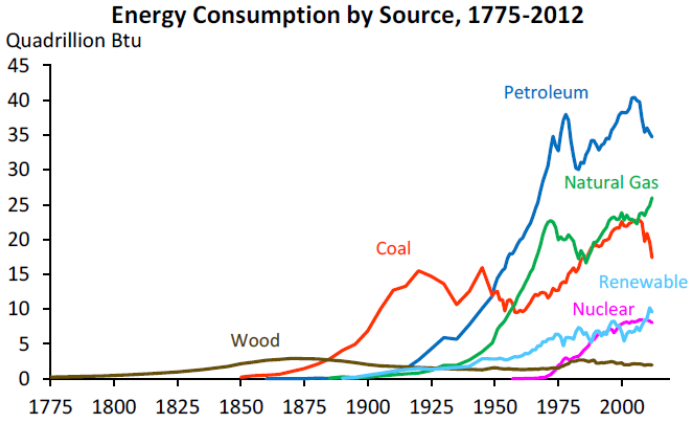


Amélioration de l'indépendance énergétique !!!

« *ALL-OF-THE-ABOVE* » : BILAN SATISFAISANT - 1

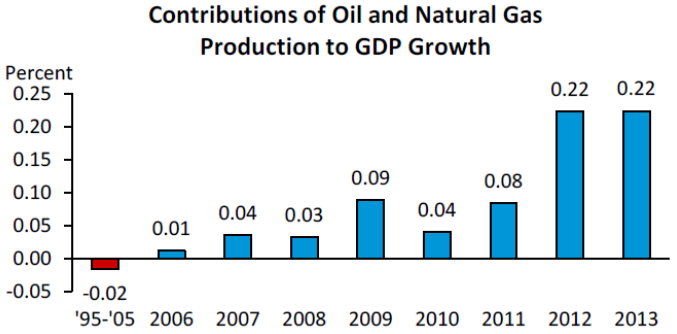


New Report
(May 2014)



1. **Les grandes tendances énergétiques ont été inversées**

2. **Le secteur énergétique a contribué de manière essentielle à la sortie de recession**



3. **Meilleure résistance de l'économie aux chocs sur les approvisionnements**

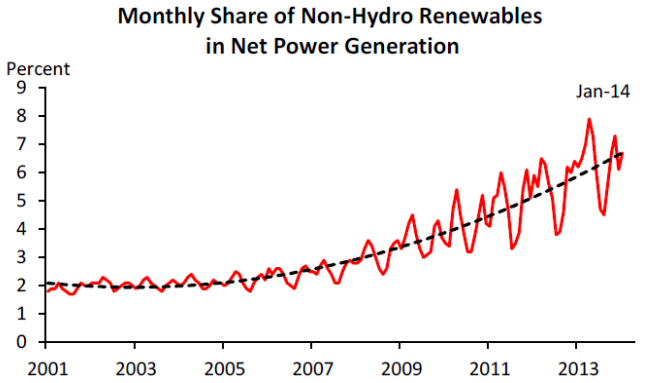
4. **Le gaz naturel joue un rôle central dans la transition vers les énergies bas-carbone**

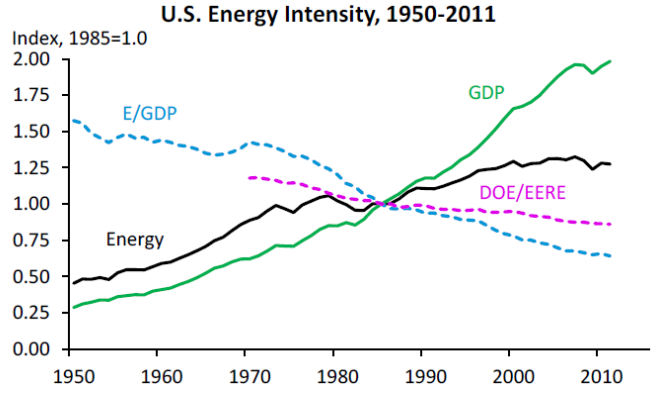
« *ALL-OF-THE-ABOVE* » : BILAN SATISFAISANT - 2

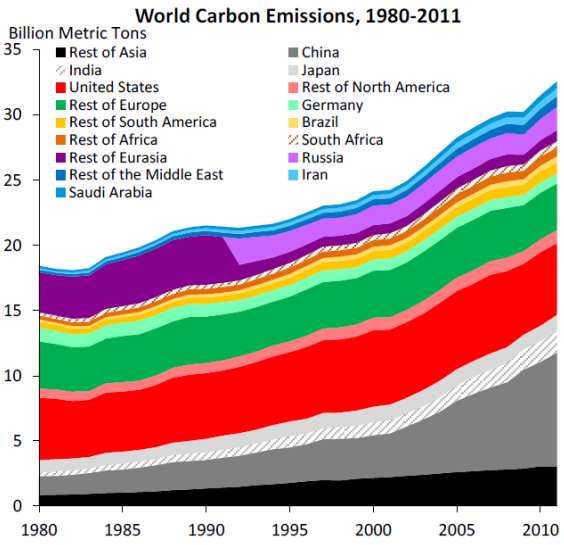
3. **Formidable croissance des énergies renouvelables**

4. **Meilleure éfficacité énergétique**

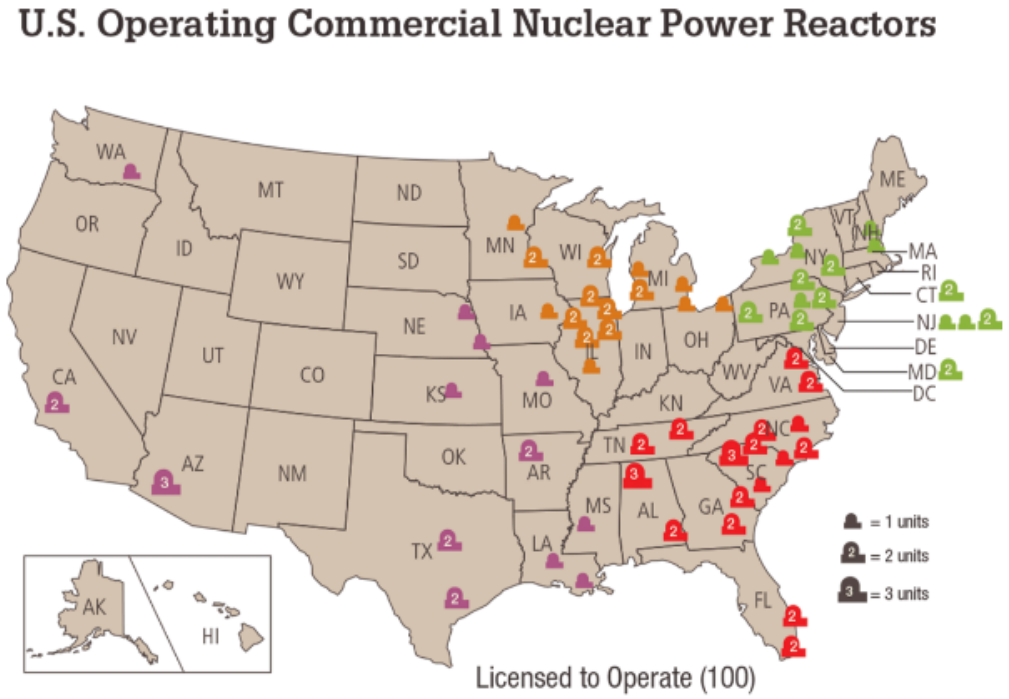
5. **Les Etats-Unis a réduit ses émissions carbone depuis 2005 plus que tout autre pays**







LE PLUS GRAND PARC NUCLÉAIRE MONDIAL



Réacteurs

- 100 réacteurs en exploitation dans 30 Etats par 26 exploitants différents
- Le parc est composé de 65 REP et 35 REB (99,6 GWe de capacité disponible)
- 4 réacteurs AP1000 en construction

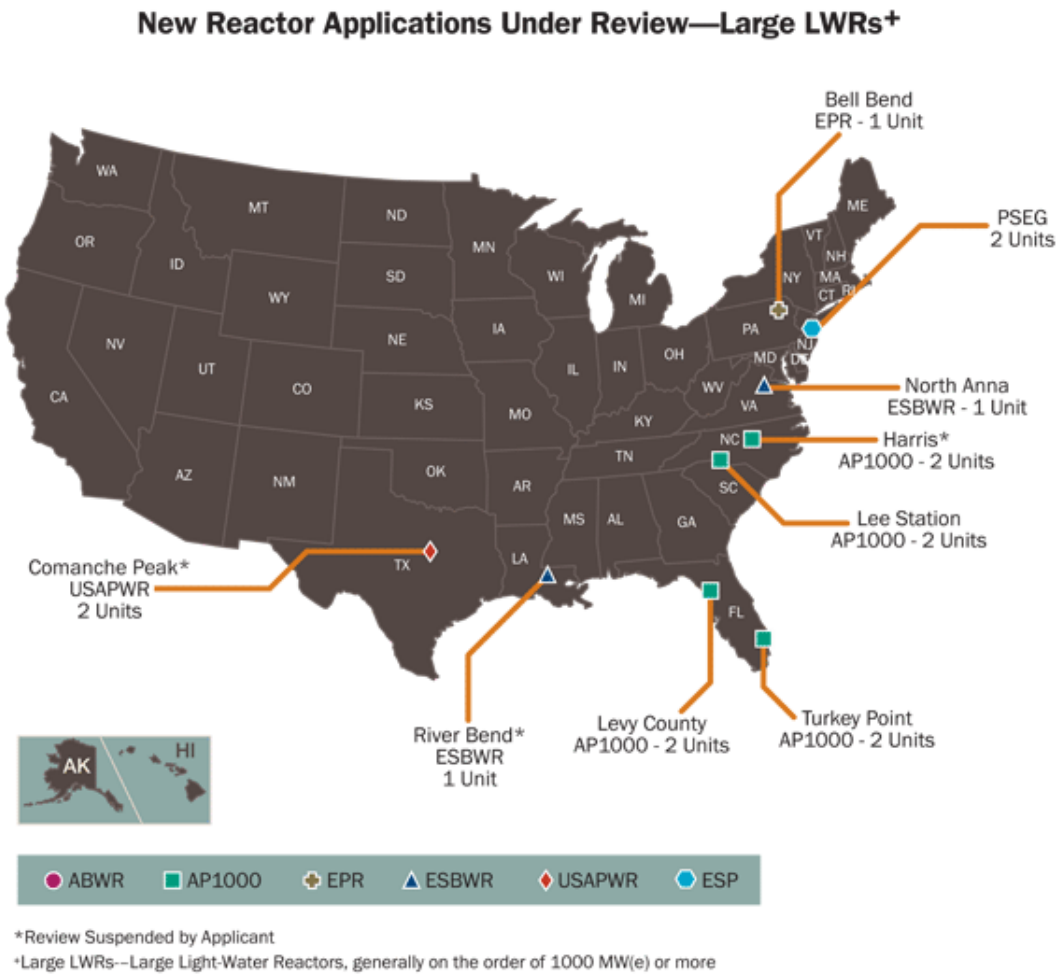
Exploitation

- 19% du mix électrique
- 30% de la production de la production nucléaire mondiale
- Première source d'énergie zéro carbone aux Etats-Unis (63%)

Capacité de production

- 81 des réacteurs en fonctionnement ont déjà reçu une extension de 20 ans de leur permis d'exploitation, 11 demandes sont en cours d'examen, 7 nouvelles seront déposées d'ici 2022
- Les premières demandes de prolongation au-delà de 60 ans sont attendues à partir de 2018

PEU DE PERSPECTIVES DE CONSTRUCTION À COURT TERME

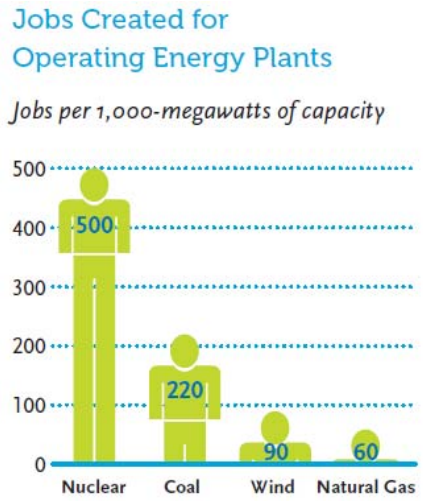


De nombreuses COL (*Combined Licence Application*), mais peu de perspectives de construction

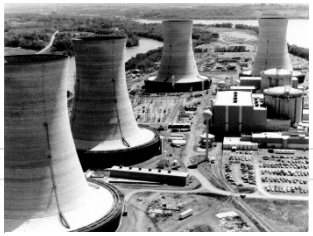
- 4 COL attribuées (7 réacteurs)
- 5 COL suspendues (8)
- 5 COL retirées (6)
- 4 COL en examen (7)

UNE PLANCHE DE SALUT POUR L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE : L'EXPORT

- L'énergie nucléaire génère 40-50 Mds$ par an et entretient 100 000 emplois
- Chaque centrale de 1000 MW injecte 470 M$ dans l'économie
- Construction de 20 réacteurs = création de 176 000 emplois
- **Le *Department of Commerce* évalue à 500-740 Mds$ le volume d'activité nucléaire au plan mondial sur la prochaine décennie, dont 100 Mds$ pourraient être captés par l'industrie US**
- « *Nuclear Exports = More US jobs* »
  - 4 AP1000 en construction en Chine = 15 000 emplois US
  - 1 Mds$ d'export = 5-10 000 emplois US

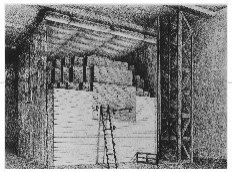


LA CAPACITÉ INSTALLÉE

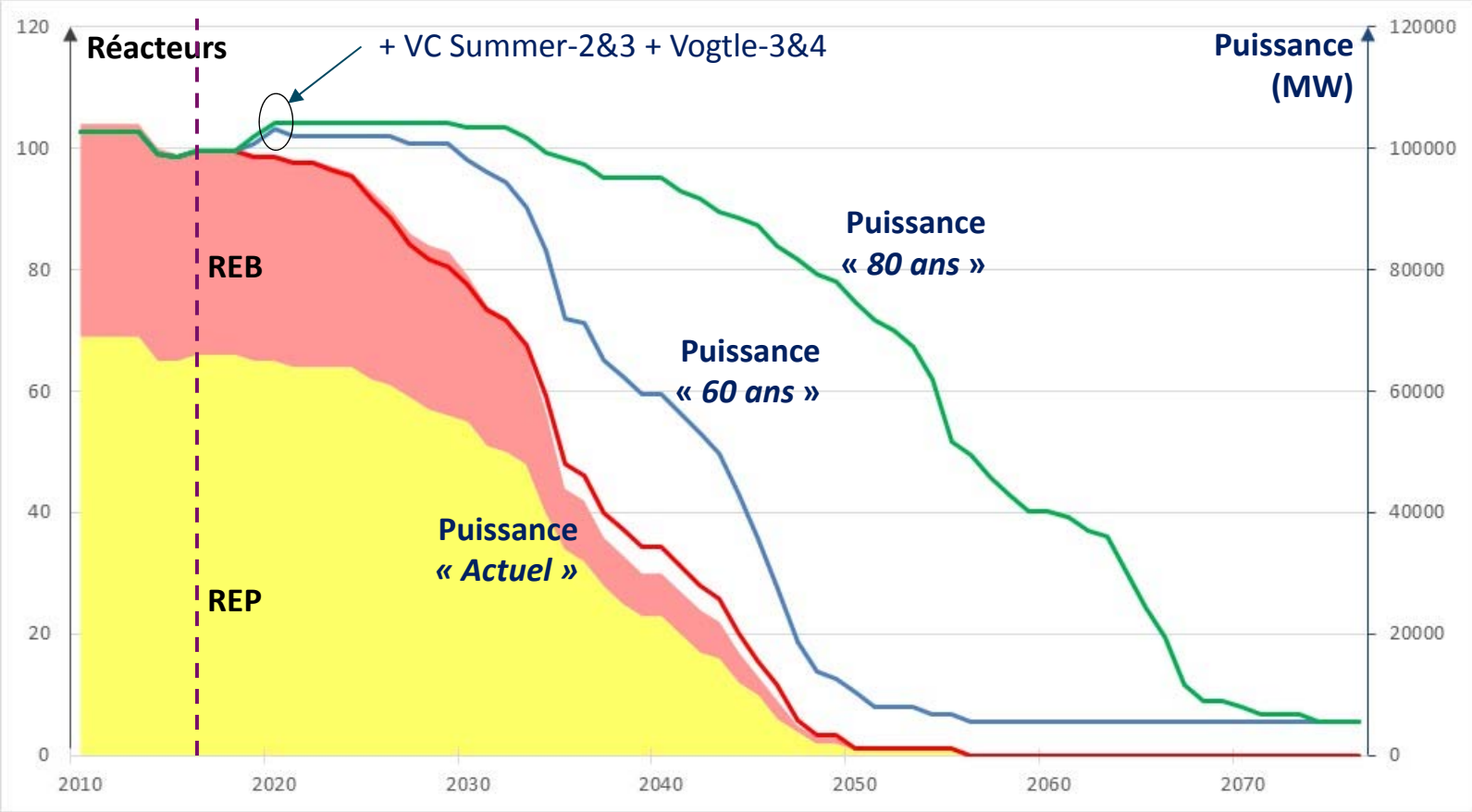








QUELLE CAPACITÉ DEMAIN ??



NUCLÉAIRE : LE CHALLENGE DE LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE

Contexte général défavorable

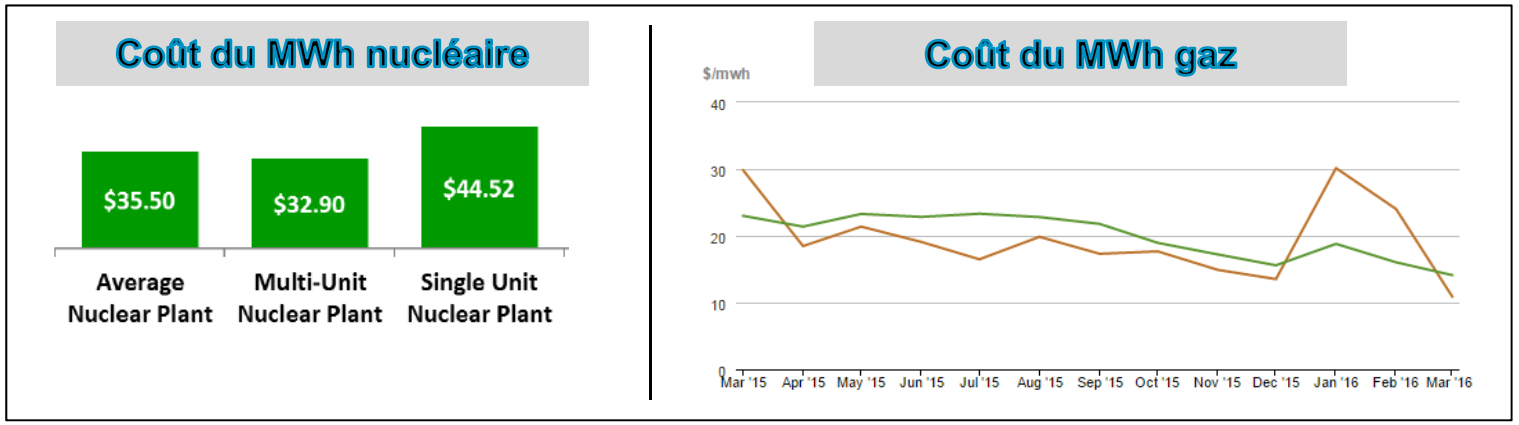
- Disponibilité accrue de gaz à faible coût
- Déploiement important des ENR
- Baisse de la demande d'électricité
- Marché dérégulé

Points faibles intrinsèques

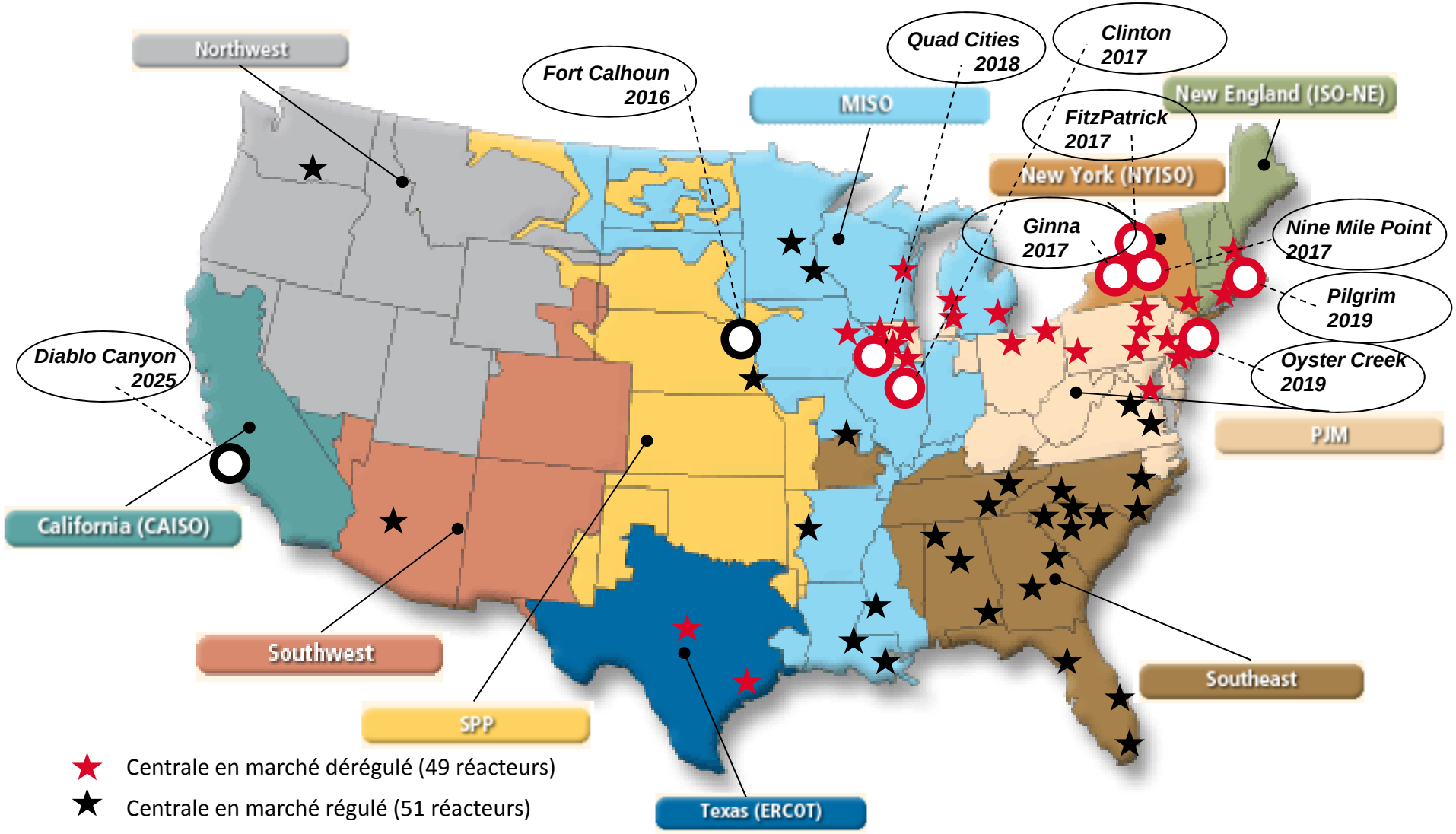
- Parc vieillissant
- Mesures « post-Fukushima »

Perte de compétitivité du nucléaire

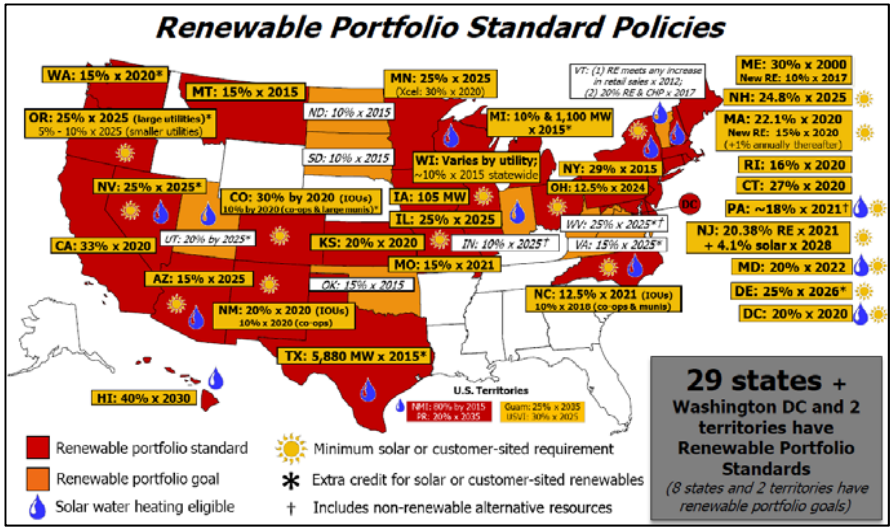
- 5 réacteurs arrêtés ces 3 dernières années
- 15 à 20 réacteurs menacés dans les 10 ans à venir ?
- *Without a path for sustainable profit « we will be obligated to shut units down »*
(C. Crane, Exelon)

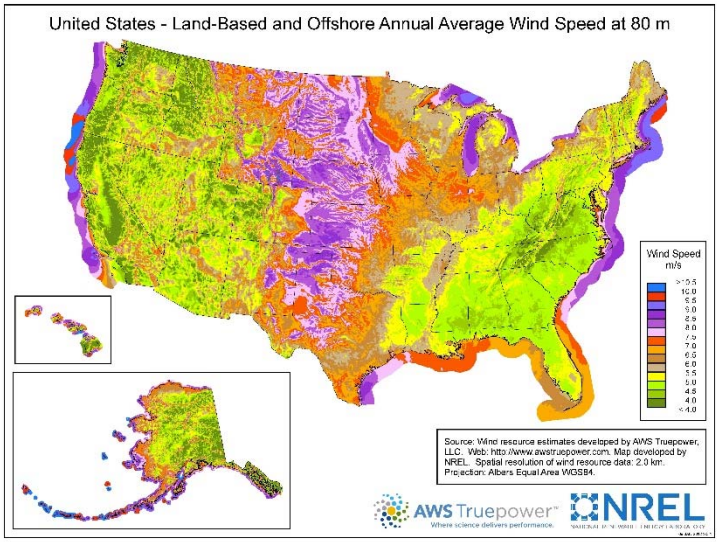


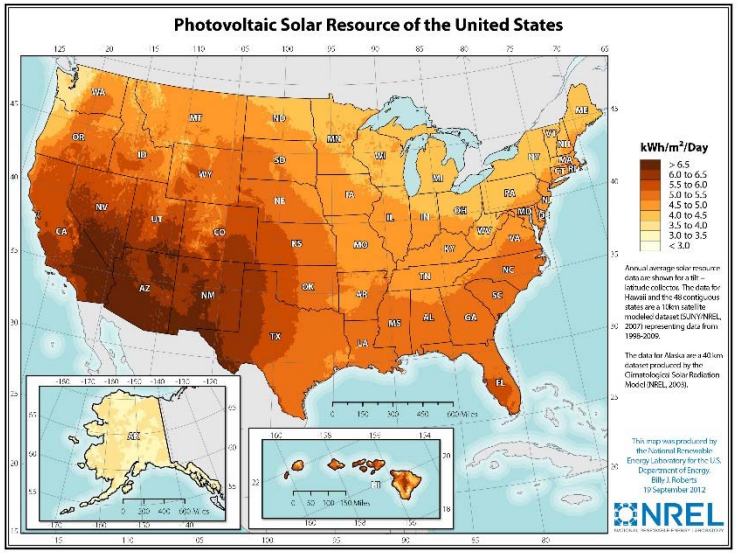
MAIS DÉJÀ DES MENACES DE FERMETURES

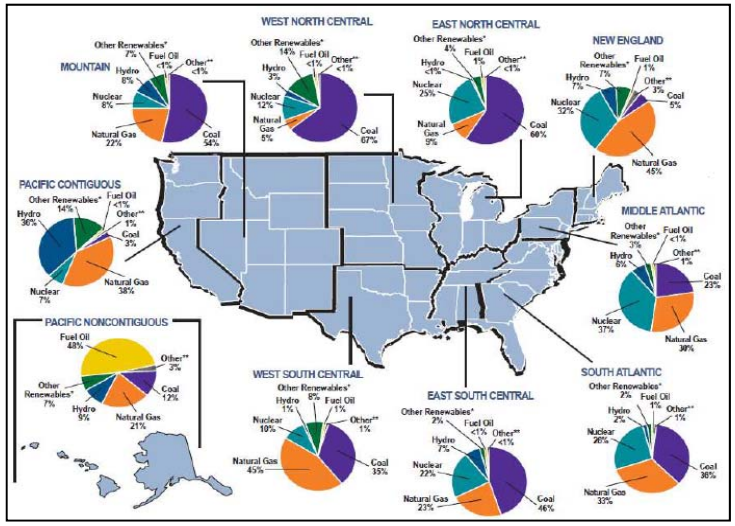


UNE DIFFICULTÉ POUR LE NUCLÉAIRE AMÉRICAIN : DES SITUATIONS TRÈS DIVERSIFIÉES









QUELLES POSSIBILITÉS POUR AMÉLIORER LA COMPÉTITIVITÉ DU NUCLÉAIRE ?

1. **Meilleure prise en compte des avantages du nucléaire (*valuation*) :**
   - (Marchés régulés : Soutien financier des acteurs publics (cf Vogtle & Summer))
   - Marchés dérégulés : Recherche de sources de financement complémentaire (marchés de capacité, adaptation des règles de fonctionnement du marché (?) pour mieux prendre en compte les atouts du nucléaire (fiabilité, stabilité du réseau, diversité du mix, sécurité énergétique))
   - Prix du carbone : réglementation de l'EPA, marché du carbone, taxe carbone
2. **Réduction des coûts d'exploitation du parc**
   - Initiative du NEI (*Delivering the Nuclear Promise*)
3. **Innover dans une nouvelle génération de réacteurs plus compétitifs**
   - DOE (dans un contexte d'augmentation des moyens : *Mission Innovation*)
   - Accompagnement des initiatives privées (GAIN, NRC…)

NUCLÉAIRE : LE SOUTIEN DU PRÉSIDENT, DE L'ADMINISTRATION ET UNE FORTE MOBILISATION DES ACTEURS

"Thanks to the ingenuity of our businesses, we're starting to produce much more of our own energy. We're building the first nuclear power plants in more than three decades in Georgia and South Carolina." *June 2013*



"In partnership with our nuclear industry, the U.S. Government is supporting the deployment of passively safe reactors both in the United States and around the world. By incorporating passive systems into the large Gen III designs, and the new small modular reactors (SMR) being pursued today, the world has a broader set of options for safe, reliable nuclear energy.



The Department of Energy has issued $6.5 billion in loan guarantees to support the construction of two passively safe reactors at the Plant Vogtle in Georgia. We have partnered with U.S. industry to support two small modular reactor designs through the U.S. Nuclear Regulatory Commission licensing process and we expect these designs to be deployed early in the next decade." *AIEA – September 2014*

DOE *"SUMMIT ON IMPROVING THE ECONOMICS OF AMERICA'S NUCLEAR POWER PLANTS"* (19/05/16)



1. **Que peuvent faire les industriels ?**
2. **Que peuvent faire les Etats ?**
3. **Que peuvent faire le Congrès ou les régulateurs ?**

« *DELIVERING THE NUCLEAR PROMISE* » (NEI)

OBJECTIF : Faire baisser le coût de la production d'électricité nucléaire de 40 $/MWh à 28 $/MWh (-30%) d'ici 2020

40 $/MWh en 2012

- 3,5 $/MWh	déjà réalisé entre 2012 et 2014
- 3,0 $/MWh	sur les coûts d'investissement, d'ici 2020
- 2,0 $/MWh	sur les coûts de combustible, d'ici 2020
- 3,5 $/MWh	provenant directement de l'initiative

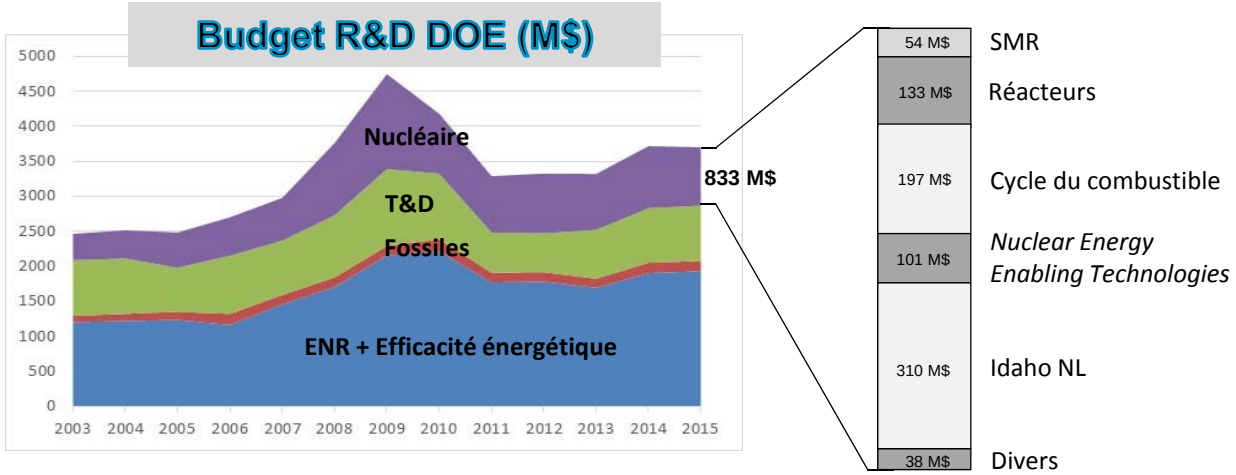
= 28 $/MWh en 2020

<u>4 axes majeurs :</u>

- Analysis & Monitoring
- Full Value Recognition
- Process/Program Redesign to Advance Safety, Reliability & Efficiency
- Strategic Communication

INNOVER : LA FORCE DE FRAPPE DU DOE



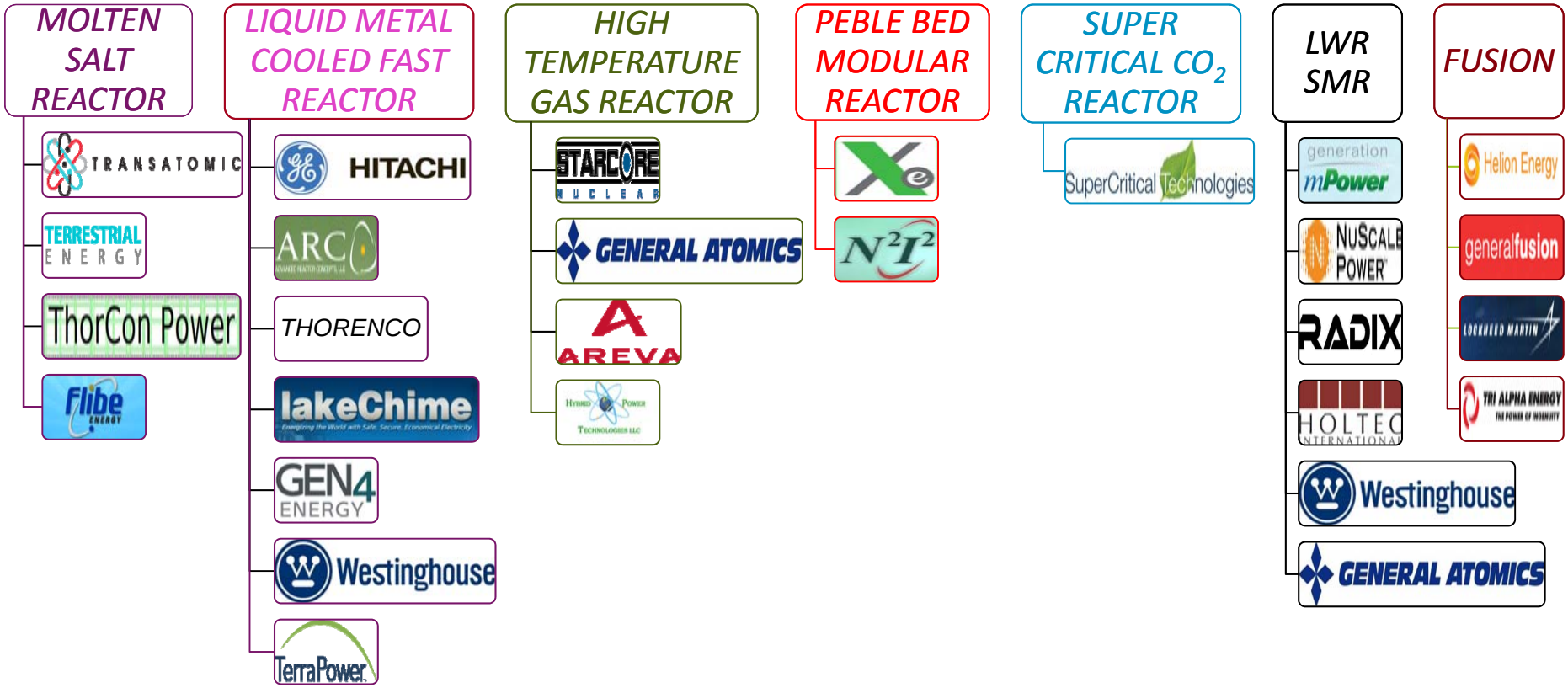


LES ETATS-UNIS RESTENT LA RÉFÉRENCE MONDIALE EN MATIÈRE D'INNOVATION

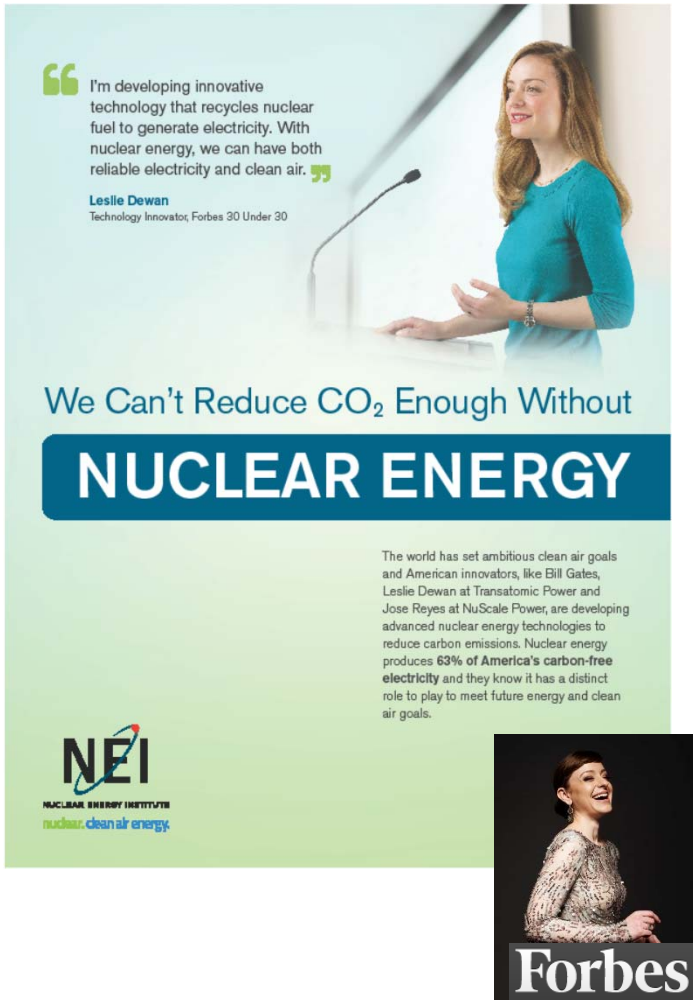
450 Md USD **2,8% PIB**	**24%**	**35**	**75 Md USD**
dépenses de R&D en 2013 (Banque Mondiale)	**des demandes internationales de brevets en 2014**	**des 100 entreprises mondiales les plus innovantes (enquête Reuters, 2015)**	**Investis directement par les fonds de *venture capital* (capital risque) en 2015**

Au total, 65% de la R&D aux Etats-Unis provient du secteur privé

INNOVER : UNE MULTITUDE D'ENTREPRISES PRIVÉES



INNOVER : …ET COMMUNIQUER





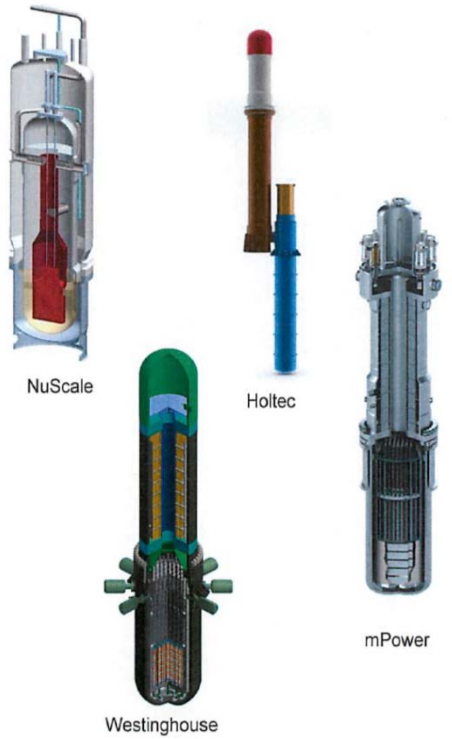
INNOVER : WHITE HOUSE *"SUMMIT ON NUCLEAR ENERGY" (06/11/15)*

1. ***Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear* (GAIN) :**
   - Le DOE ouvre l'accès à un soutien technique, règlementaire et financier pour accélérer le développement et l'accès au marché pour les nouvelles technologies de réacteurs :
     - Installations
     - *Nuclear Energy Insfrastructure Database*
     - *Vouchers* pour les développeurs
     - Accompagnement pour progresser avec la NRC sur les aspects règlementaires
2. **Second workshop DOE-NRC sur les *Avanced Non-LWR***
3. ***Loan Garantees* ouvertes aux projets innovants**
4. ***Working Group* sur les LWR**
5. **Support pour la simulation des SMR**
6. **Licensing des SMR**

SMALL MODULAR REACTOR : L'AVENIR POUR LE NUCLÉAIRE AMÉRICAIN ?

De nombreux atouts à faire valoir

- LWR : technologies déjà maîtrisées au plan opérationnel et règlementaire
- Intérêt commercial : plusieurs *vendors* sur le marché ; coalitions vendor/utility en structuration
- Amélioration possible de la sûreté
- Avantages environnementaux : moins d'eau de refroidissement
- Nouveau vecteur de la ré-industrialisation américaine
- Remplacement des vielles centrales charbons (>120GWe au total)
- Réduction de la durée de construction
- Coût global moins élevé, financement plus accessible



Un accompagnement de la part du DOE pour l'accès au marché

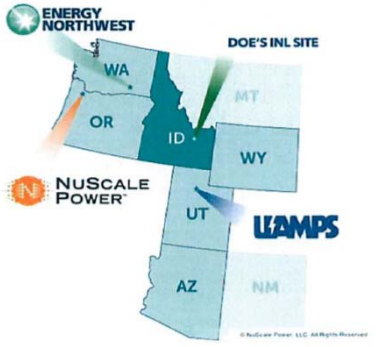
- 452M$ sur 6 ans attribués à NuScale et mPower pour le *licensing*
- Travail technique avec la NRC pour faciliter le *licensing*

➔ premières technologies attendues vers 2024

Deux projets en pointe

- <u>NuScale / UAMPS</u>

2018 : demande de COL



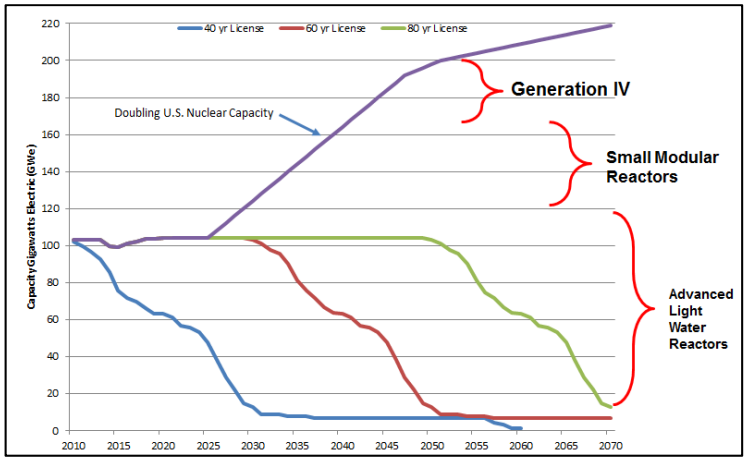
- <u>TVA – Clinch River</u>

2016 : demande ESP
2017 : choix techno



VISION ET STRATÉGIE POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LE DÉPLOIEMENT DES *ADVANCED REACTORS* (27/05/16)

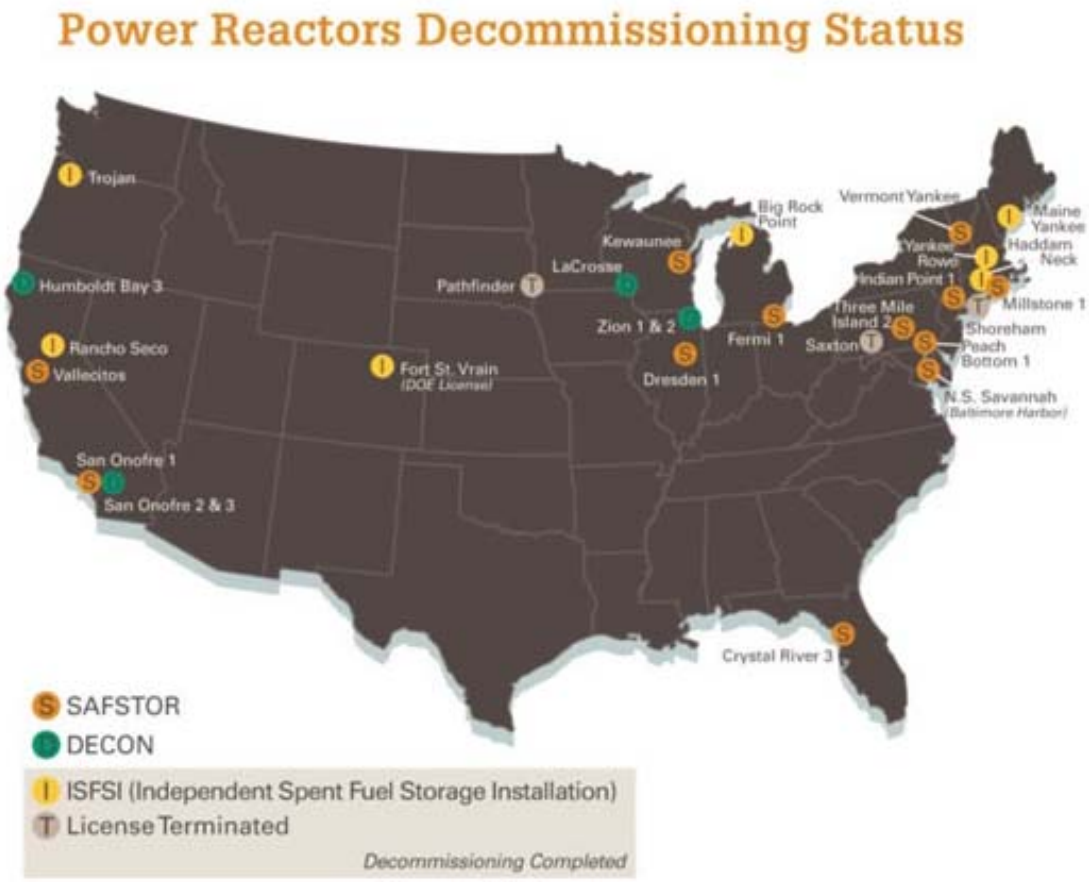
- Augmentation de la demande en électricité + Objectifs climatiques ambitieux (COP21+…) ➔ une énorme opportunité de croissance pour le nucléaire (x2 dans certains scénarios !?)
- Vision : d'ici 2050, les *advanced reactors* vont contribuer de manière significative et croissante à la composante nucléaire du mix, dû à leurs avantages en matière d'amélioration de la sûreté, de la performance et de durabilité et de réduction du coût et des risques de prolifération
- 1er objectif : deux technologies non-LWR *licensées* d'ici 2035





Public-Private Partnerships for Reactor Development

ASSAINISSEMENT-DÉMANTÈLEMENT DES RÉACTEURS



Des centrales ont déjà été démantelées



Maine Yankee - avant



Maine Yankee - après

LES STOCKAGES DE DÉCHETS RADIOACTIFS

Low-Level Waste (LLW)

Catégorie (10 CFR61.55)	A	B	C	GTCC (Greater Than Class C)
Volume stocké 1986-2008 (m^3)	1 330 497	14 422	7 978	1 100

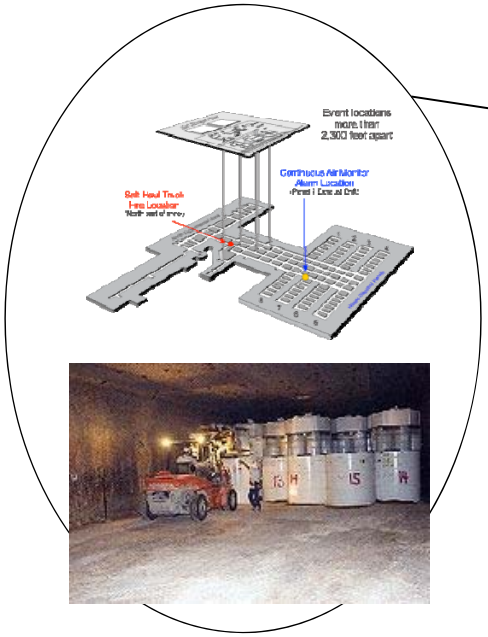


★ En exploitation

★ Fermé







TRU Waste (defense) : Waste Isolation Pilot Plant (WIPP)

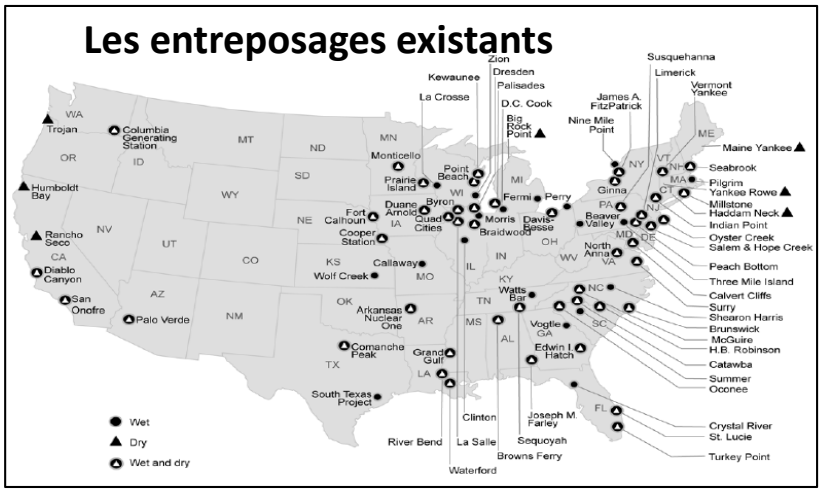
Volume stocké (m^3)	90 000

LA GESTION DU COMBUSTIBLE USÉ

- **72 000 tonnes de combustible usé fin 2013**
- Une augmentation d'environ 2 000 tonnes par an

- **<u>Aujourd'hui</u> :**
  - **75 sites d'entreposage** dans 33 états : 65 sur des sites de réacteurs en fonctionnement, 7 sur des sites de réacteurs en démantèlement, 3 sur des sites de réacteurs démantelés
  - Le DOE n'a pas réussi à ouvrir pour 1998 un stockage à Yucca Mountain comme initialement prévu par la loi
  - ***Nuclear Waste Fund* de 36 Mds$ en 2015** (1 $/MWh collecté jusqu'en 2014)

- **<u>Demain</u> :**
- La relance d'un processus de **création d'un stockage sur une « *consent base approach* »**;
- La mise en place rapide d'un **entreposage centralisé de combustible usé** pour donner de la flexibilité
- L'étude immédiate d'un **stockage dédié pour les déchets militaires de haute activité** pour les traiter en priorité (volume clairement défini, déchets plus anciens et donc moins actifs)





LES PROJETS D'ENTREPOSAGES CENTRALISÉS

WCS / AREVA + (NAC INTERNATIONAL)

Andrews County, Texas

Lancement du licensing : mai 2016

Début des travaux : automne 2019

Entrée en service : fin 2020

Entreposage de surface pour 40 ans (+ tranches 20 ans)

40 000 t dans des NUHOMS + NAC



Holtec / ELEA

Eddy et Lea Counties, Nouveau Mexique

Eddy Lea Energy Alliance LLC : propriété des villes de Carlsbad et Obbs et des counties d'Eddy et de Lea

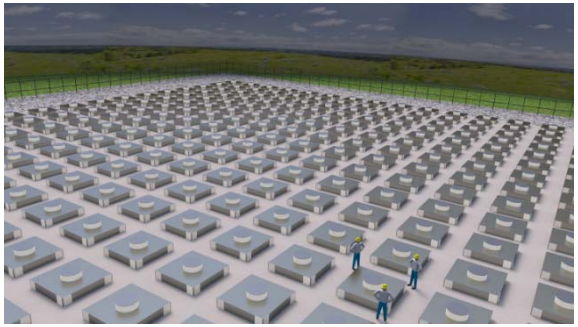
Lancement du licensing : fin 2016

Début des travaux : automne 2019

Entrée en service : fin 2020

Entreposage souterrain

HI-STORM UMAX



CONCLUSION

- Histoire du nucléaire américain riche, complexe… et tellement instructive pour l'avenir du nucléaire mondial
- La capacité des acteurs américains à trouver des solutions durables aux problèmes rencontrés par le nucléaire sur leur(s) marché(s) doit être suivie avec attention et sera riche d'enseignements :
  - Marché régulé / Marché dérégulé
  - Des politiques énergétiques différenciées suivant les Etats
  - Exploitation du gaz
  - Des objectifs climatiques qui ne devraient pas peser de manière déterminante
- Dans l'attente de mesures fédérales favorables significatives, des solutions doivent être trouvées au niveau des Etats ; le feront ils?
- Pour passer ce cap, l'export et surtout l'innovation restent deux alternatives plausible pour maintenir le nucléaire américain à flots

MERCI

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 64 50 10 86

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019