# 6. OPTIMISATION DES ACTIVITES ET PROJET ALARA A EDF

**Gérard Cordier**
**EDF Division Production Nucléaire**
**Immeuble Cap Ampère – Bât Cap Ampère**
**1, place Pleyel**
**93282 SAINT DENIS CEDEX**

## 1) LES RESULTATS D'EDF EN MATIERE DE DOSIMETRIE

La fin des années 80 a été marquée, pour EDF, par une augmentation sensible de la dose collective moyenne par réacteur en service et par an, qui est ainsi passée de 1.74 H.Sv en 1984 à 2.36 H.Sv en 1992[1]. Cette évolution était principalement due à une augmentation des volumes de maintenance courante ainsi qu'à quelques opérations génériques, dosimétriquement coûteuses (microbillage des tubes de générateurs de vapeur, par exemple). Il faut rappeler que, pendant la même période, les exploitants américains, japonais ou allemands (pour ne citer que les plus grands parcs PWR[2] mondiaux) connaissaient une tendance exactement inverse. A titre d'exemple, les PWR US passaient, pendant la même période et en moyenne, de 5.58 H.Sv par tranche et par an à 2.17 H.Sv.

A la même période (début des années 90), la publication de la CIPR 60 et la perspective d'une limite réglementaire en terme de dose efficace réduite à 100 mSv sur 60 mois (voire 20 mSv sur 12 mois), ont amené EDF à suivre de manière plus fine les populations (EDF ou Entreprises Extérieures) aux dosimétries individuelles les plus élevées. A fin 1992, le nombre de travailleurs (EDF et prestataires) dépassant 20 mSv sur 12 mois était de 1200.

Ces constats ont conduit EDF à s'impliquer de manière forte dans l'application du principe d'optimisation (par ailleurs transcrit dans la réglementation française applicable aux Installations Nucléaires de Base -INB- en 1988).

La démarche Alara lancée, devenue par la suite projet Alara national a permis d'aboutir aux résultats suivants à fin 2001 :

- une dose collective moyenne par an et par réacteur en service de 1.02 H.Sv,
- aucun travailleur (EDF ou d'Entreprises Extérieures) ne présentant une dose efficace 12 mois supérieure à 20 mSv (4 ayant une dose efficace 12 mois comprise entre 18 mSv et 20 mSv)

---

[1] Les doses collectives annuelles citées dans l'ensemble de l'article représentent le cumul des doses individuelles des agents EDF et des salariés d'Entreprises Extérieures étant intervenus sur les Centres Nucléaires de Production d'Electricité. Il s'agit de la dosimétrie opérationnelle.

[2] PWR ou REP : Réacteurs à Eau sous Pression

Nos résultats en terme de dose collective, intercomparés à fin 2000, nous placent au même niveau que les grands parcs REP mondiaux (USA, Japon, Allemagne). Par contre certains exploitants présentent des résultats nettement plus faibles (Belgique, Espagne, Suède..). Ces écarts résultent en grande partie de facteurs tels que la durée des campagnes (plus courte pour les REP EDF) et la durée d'arrêt (plus longue pour les REP EDF), de facteurs de conception (nuances de matériaux..) et d'exploitation (plus grande fréquence des variations de puissance des réacteurs EDF pour s'adapter à la demande du réseau électrique). Toutefois, ces facteurs ne suffisent pas à expliquer totalement les écarts indiquant, par là-même, que des progrès sont encore possibles.

## 2) ANALYSE DES RESULTATS EN MATIERE DE DOSIMETRIE D'EDF ET DEMARCHE ALARA

Les bons résultats obtenus sur la période 1992-2002, marqués notamment par une dose collective moyenne par réacteur divisée par un facteur supérieur à 2, tiennent à deux facteurs essentiels :

- une meilleure maîtrise des arrêts et une optimisation de leur placement. Les éléments favorables ont été l'allongement des cycles de fonctionnement sur les réacteurs 1300 MW, l'alternance de visites à maintenance allégée (dites ASR : arrêt à simple rechargement) et de visites standard (dites VP : visites partielles) ainsi qu'une meilleure tenue des durées d'arrêt planifiées. Par contre, le nombre total d'heures de travail en zone contrôlée n'a pas baissé. En effet la diminution de la maintenance courante résultant de l'optimisation des programmes a été compensée par des opérations exceptionnelles,
- le dynamisme de la démarche Alara lancée.

En analysant les conditions qui ont assuré la réussite de la démarche Alara, on peut relever :

- une implication visible et forte du management aussi bien au niveau des sites nucléaires qu'au niveau national. La création de comités Alara pilotés par des cadres de direction en a été l'élément moteur
- une mobilisation des structures internes de l'entreprise. Au côté de la Division Production Nucléaire, évidemment directement concernée et pilote naturel, la Direction de l'Equipement (concepteur des installations) et la Direction des Etudes et Recherches ont apporté leurs savoir-faire spécifiques
- une mobilisation des Entreprises Extérieures réalisant la maintenance des installations. Celle-ci s'est faite autour de challenges communs (baisser les doses individuelles cumulées des populations les plus exposées ou réussir de grandes opérations de maintenance -remplacement des générateurs de vapeur ou changements de couvercle-). Un autre élément essentiel a été une politique achat basée sur une sélection des offres au mieux-disant. Cette expression signifie que le choix d'une entreprise prestataire est basé non seulement sur le prix (la capacité technique ayant, bien sûr, été vérifiée au

préalable) mais aussi sur des critères additionnels de qualité, sécurité.. et performance en radioprotection.

- une sensibilisation et formation importante des personnels. Celle-ci a débouché sur une modification radicale des attitudes vis à vis de la prise de doses, et un partage des enjeux stimulant l'esprit d'innovation.
- un processus de contractualisation des objectif attendus en terme de dose collective entre la direction de chaque centre nucléaire de production d'électricité et la direction nationale, ce dispositif étant lui-même souvent relayé en interne à chaque site. La fixation de ces objectifs s'apparente à une contrainte de dose au sens de la CIPR.

Parmi toutes les actions lancées, au plan local ou national, deux plus particulièrement méritent d'être soulignées :

- l'approche qui a été retenue pour optimiser les doses reçues par les personnels a consisté à travailler sur la dizaine de chantiers (ouverture-fermeture cuve, travaux de maintenance des GV, mise en service et maintenance de la chaîne de manutention combustible etc..) ou métiers (pose-dépose des calorifuges, montage-démontage des échafaudages, pose-dépose des protections biologiques etc..) générateurs de 80% des doses. Le travail a été réalisé, par le biais d'un réseau d'acteurs de chaque métier appartenant aux divers sites nucléaires, et en association avec des entreprises prestataires. L'effet « parc » a ainsi été pleinement utilisé en permettant la capitalisation des expériences et des bonnes pratiques. Le produit de cette approche a été des classeurs largement diffusés et porteurs de toute l'expérience accumulée.

On notera, et nous y reviendrons, que cette approche était radicalement différente de celle imposée ensuite par l'évolution de la réglementation française portée par le décret n°98-1185 du 24 décembre 98 et qui impose une évaluation systématique des doses individuelles et collectives pour toute opération en zone contrôlée.

- la seconde action a été la réduction du terme source par optimisation des conditions d'exploitation et du passage à l'arrêt. EDF a notamment fait, très tôt, le choix d'une oxygénation contrôlée du circuit primaire principal lors des mises à l'arrêt à froid de ses réacteurs, pour maîtriser la remise en suspension des oxydes activés sous flux et limiter la contamination des circuits. La procédure a fait l'objet de diverses améliorations qui alliées à une bonne maîtrise de la chimie en cours de cycle par les exploitants permet une réduction constante, en moyenne, des termes sources, hors quelques incidents ponctuels de pollutions avérés.

## 3) UN PROJET ALARA DE DEUXIEME GENERATION A EDF : AMBITIONS ET OBJECTIFS

La fin des années 90 a été marquée, pour EDF, par l'apparition de problématiques nouvelles dans le champ de la radioprotection.

Parmi celles-ci, la maîtrise de la propreté radiologique des transports et des installations a, sans conteste, mobilisé le plus d'efforts. Il faut rappeler que le problème est apparu, fin 1997, lors de la mise en évidence d'un niveau de propreté radiologique insuffisant des transports de combustibles irradiés, en regard des exigences réglementaires. Malgré l'absence totale de conséquences sanitaires résultant des écarts relevés, il en a résulté une suspension de quelques mois de tout transport de combustible irradié en provenance des sites nucléaires EDF et le lancement un an plus tard d'un ambitieux projet Propreté Radiologique, qui a produit les résultats attendus.

Il serait faux de prétendre que cela n'a eu aucun effet sur la dynamique Alara. A contrario, on observera que les résultats en dosimétrie n'en ont pas pâti puisque la réduction de la dose collective annuelle et des niveaux maximaux de doses individuelles s'est poursuivie.

Début 2001, la Direction de la Division Production Nucléaire d'EDF a décidé de lancer un projet Alara de deuxième génération.

Deux raisons, porteuses d'enjeux différents, sont à l'origine de cette décision.

Tout d'abord : l'évolution de la réglementation radioprotection, découlant de la transcription de la directive 96/29 EURATOM fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la populations et des travailleurs extérieurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

Le décret n°98-1185 en modifiant le décret n°75-306 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants dans les installations nucléaires de base a rendu obligatoire une évaluation préalable des doses individuelles et collectives pour toute opération en zone contrôlée. On a vu plus haut que ceci ne correspondait pas à l'approche antérieure de l'optimisation retenue à EDF.

Dans ces conditions, le projet s'est vu confier, comme première mission, de fournir aux centres nucléaires de production d'électricité tous les moyens ou outils relevant d'un niveau national, pour leur permettre d'être réglementairement conformes.

La deuxième mission relève d'une ambition de progrès continu dans le domaine de la dosimétrie qui nous assure de figurer parmi les meilleurs exploitants mondiaux, dans le domaine, à contraintes égales.

Comme nous l'avons mentionné plus avant, la comparaison internationale nous démontre que des progrès sont encore possibles. Evaluer les bonnes pratiques des autres exploitants internationaux, les transposer à bon escient sont une première voie de progrès. Par ailleurs, l'observation plus fine des résultats des divers réacteurs de notre parc met en évidence des disparités significatives, qui ne s'expliquent pas uniquement par des facteurs de conception ou de fabrication différents (teneurs en éléments résiduels de type Co59 des matériaux du circuit primaire par exemple). Cette disparité se traduit, par exemple, par une variation de 1 à 3 de la dose par heure de présence en zone contrôlée, en arrêt de tranche, si l'on considère les réacteurs d'un même palier (palier 900 MW ou 1300MW). Tenter d'agir pour réduire ces disparités est sans conteste une seconde voie de progrès.

Les objectifs actuels assignés au projet, pour 2004, sont :

- une dose collective moyenne par tranche et par an inférieure à 0.8 H.Sv,
- moins de 4 personnes au-dessus de 18 mSv sur 12 mois (dosimétrie opérationnelle)

## 4) UN PROJET ALARA DE DEUXIEME GENERATION A EDF : PROGRAMME

Les actions lancées dans le cadre du projet Alara de la Division Production Nucléaire d'EDF sont regroupées dans 5 lots distincts .

Lot n°1 : Généralisation des évaluations préalables des doses individuelles et collectives et des optimisations pour toute opération en zone contrôlée

L'objectif principal est d'assurer une cohérence minimale dans le traitement de cette obligation réglementaire entre les différents centres nucléaires de production d'électricité. La difficulté d'application et donc la source de disparité résultent principalement du sens à donner au mot opération, dans la réglementation. On conçoit facilement qu'entre considérer l'ensemble de la maintenance réalisée lors d'un arrêt de tranche comme une seule opération et chacune des phases de travail d'une visite d'un robinet comme telle, il y ait un juste milieu à trouver. Il faut savoir qu'un arrêt de tranche standard comporte couramment 3000 activités en zone contrôlée, impliquant de l'ordre de mille personnes, d'environ 100 entreprises différentes. Par ailleurs, il faut définir comment traiter l'intervention ponctuelle, par exemple celle d'un agent de terrain du service conduite des installations, qui pénètre en zone brièvement pour relever un paramètre ou vérifier un organe. La cohérence visée permet de garantir qu'au delà d'une conformité réglementaire indiscutable, le processus débouche sur des gains de doses réels.

Le second objectif est de développer des outils méthodologiques(référentiel et guide pratique) et concrets(systèmes informatiques) pour réaliser les évaluations. Le système d'information dosimétrique, existant actuellement en centrale nucléaire, n'a pas été conçu, par exemple, pour suivre de manière discrète, un grand nombre d'opérations, ce qui oblige, actuellement, à un fastidieux travail de collecte manuelle des doses.

En attendant une refonte complète, traitée dans un autre cadre et qui est lancée, des outils informatiques provisoires sont développés pour une mise en place rapide quoique temporaire.

Lot n°2 : Relance de réseaux Alara multi sites, par métiers, associant les entreprises prestataires

Réduire la disparité des résultats entre site, que nous évoquions plus haut, retrouver des gisements de progrès sur des activités où la dose collective stagne passe par la capitalisation des bonnes pratiques développées et la mise à disposition de tous.

Une analyse approfondie des tendances sur les dernières années a permis de conclure à la nécessiter de relancer des réseaux sur un certain nombre de thèmes : calorifuges, servitudes, échafaudages, contrôles non destructifs etc..

L'objectif est d'aboutir à une mise à disposition des donneurs d'ordre, des chargés de travaux et des personnes compétentes, sous une forme conviviale, de l'ensemble des bonnes pratiques réductrices de doses validées par des pairs.

Un second objectif est de mettre à disposition de tous les études d'optimisation approfondies, correspondant à des chantiers à enjeu dosimétrique fort, réalisées par chaque centre nucléaire.

Lot n°3 : Réduction du terme source de contamination des circuits en produits d'activation

La veille internationale met en évidence que de nombreux exploitants notamment aux USA et en Allemagne lancent des actions visant à réduire la contamination des circuits telles que :

- injection de zinc en cours de cycle,
- amélioration de l'efficacité de la purification et de la filtration,
- modification de la chimie en cours de passage à l'arrêt,
- décontamination des assemblages combustibles etc..

Des résultats parfois spectaculaires sont affichés.

Même s'il convient d'être prudent aussi bien sur l'interprétation des résultats que sur l'efficacité d'une transposition à nos réacteurs, des pistes très sérieuses existent.

Un plan d'actions conséquent a été bâti pour analyser et expérimenter sur certains de nos réacteurs des modifications de spécifications chimiques ou de procédures de conduite.

Lot n°4 : Lancement d'une démarche spécifique Alara transports.

L'accord européen, dit ADR, relatif au transport de marchandises dangereuses par route a été repris et complété en droit français par l'arrêté du 1er juin 2001. Il demande que pour les marchandises de classe 7 (matières radioactives), tout transport soit assorti d'un programme de protection radiologique. Ce programme doit notamment s'appuyer sur les 3 principes de la radioprotection : justification, optimisation, limitation.

Par ailleurs, les transports de combustibles usés (sont aussi transportés des outillages, des déchets, du combustible neuf, des sources etc..) représentent, pour les activités réalisées sur nos sites, de l'ordre de 1 Sv par an en dose collective soit prés de 20% de la dose collective hors arrêt.

Une analyse statistique d'une centaine d'évacuations combustibles a mis en évidence des disparités de résultats en terme de dosimétrie, et globalement une marge d'optimisation significative.

Les objectifs de ce lot découlent de ces deux attendus.

Lot n°5 : Mise en place d'une ingénierie Alara nationale au service des différentes centrales nucléaires d'EDF

L'ingénierie développée aura deux objectifs distincts :

- fournir une assistance aux sites dont les résultats sont en retrait pour analyser l'origine de leurs moins bons résultats et définir des actions correctives. Ponctuellement, traiter des incidents de pollutions ou de sur contaminations,

- réaliser des études de poste à enjeu dosimétrique fort et en environnement complexe (sources d'irradiation multiples) à l'aide notamment de codes de calculs (Microshield, Panthère etc..).

## 5) CONCLUSION

Pour EDF, l'optimisation de la radioprotection des travailleurs sur ses sites de production d'électricité d'origine nucléaire, qu'ils soient agents de l'Entreprise ou salariés d'Entreprises Extérieures demeure un objectif majeur.

La réduction continue des doses collectives et individuelles passe par un plan d'actions Alara raisonnablement ambitieux piloté au niveau national de la Division Production Nucléaire, qui vient en complément des plans d'actions locaux que chaque centre de production nucléaire est invité à mener.

# Optimisation des activités et Projet ALARA de la Division Production Nucléaire d'EDF

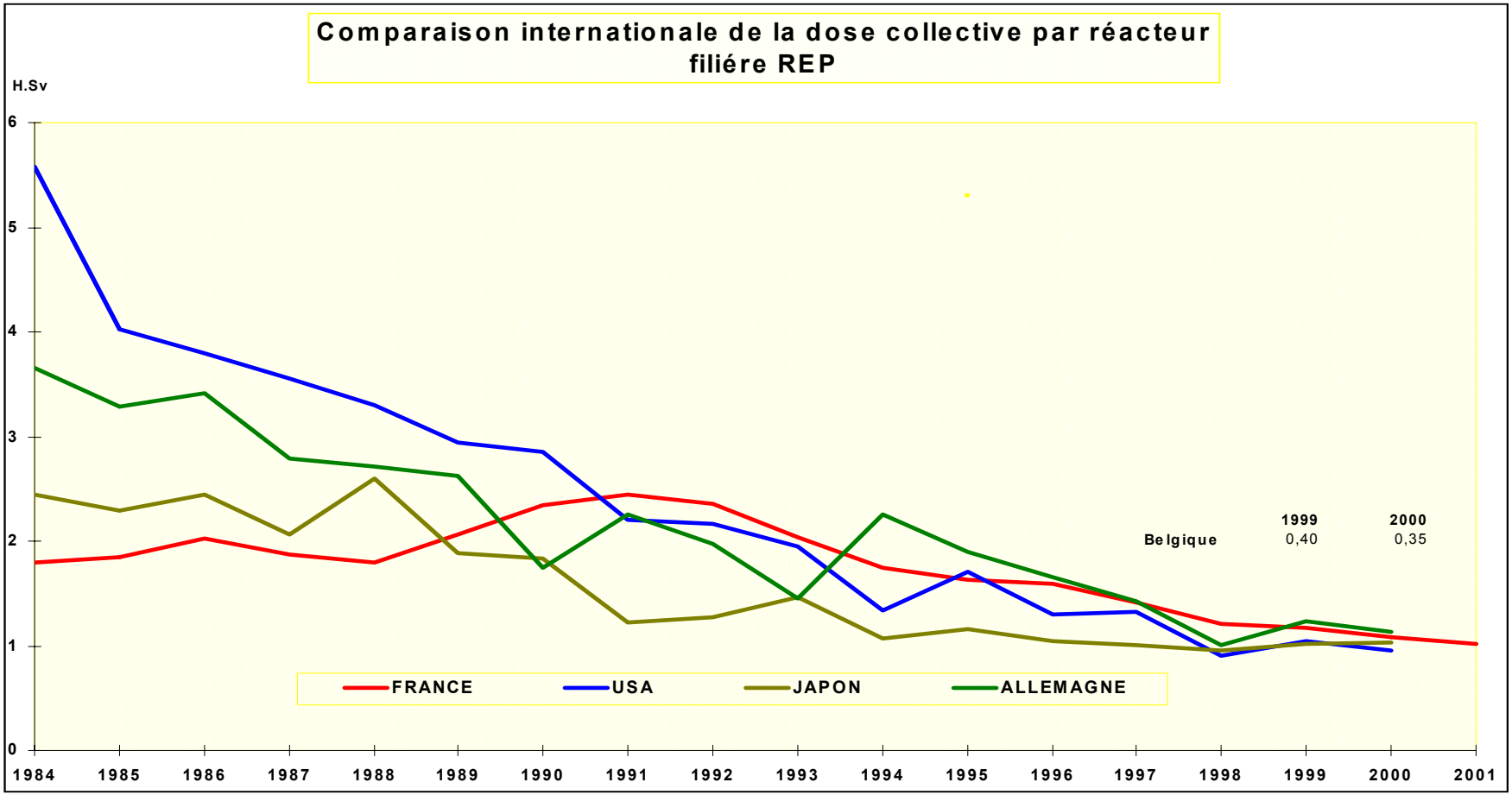
G. CORDIER

(EDF / Division Production Nucléaire)

EDF Electricité de France

Branche Énergie

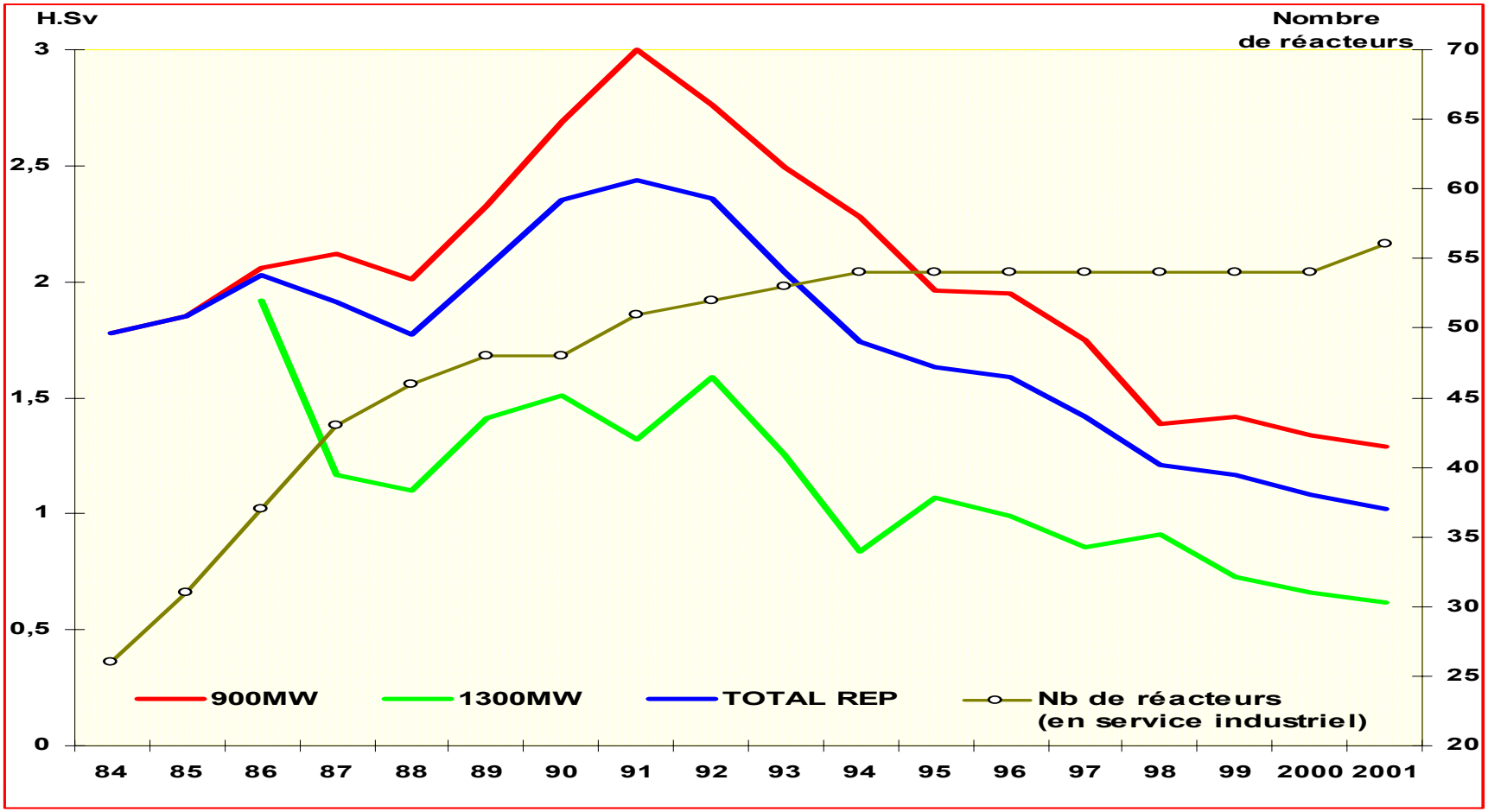
# Évolution de la dose collective par réacteur et par an
# Comparaison internationale




EDF Electricité de France

Branche Énergie

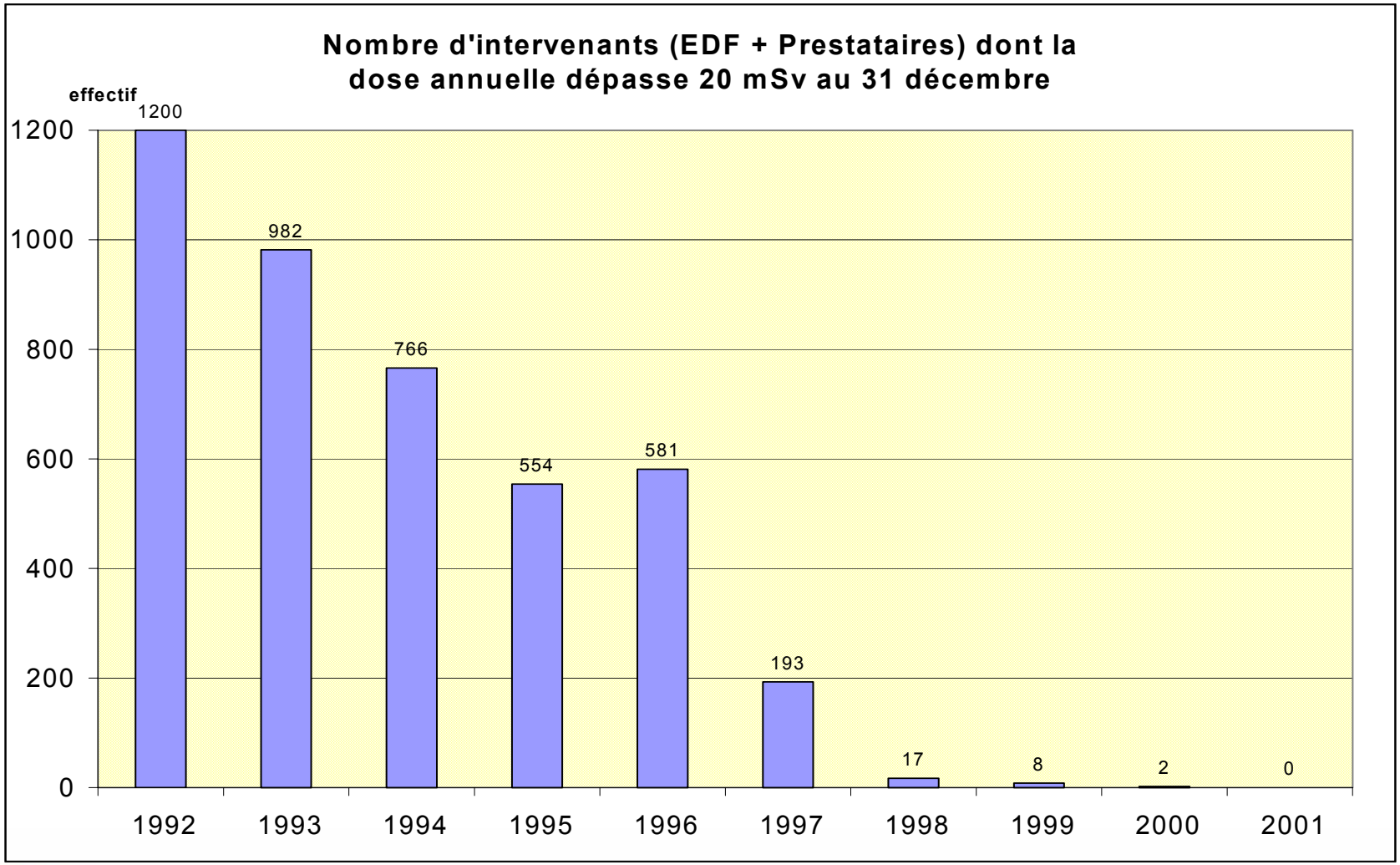
# Évolution de la dose collective par réacteur et par an
# Comparaison par type de réacteur




EDF Electricité de France

Branche Énergie

# Évolution des doses individuelles




EDF Electricité de France

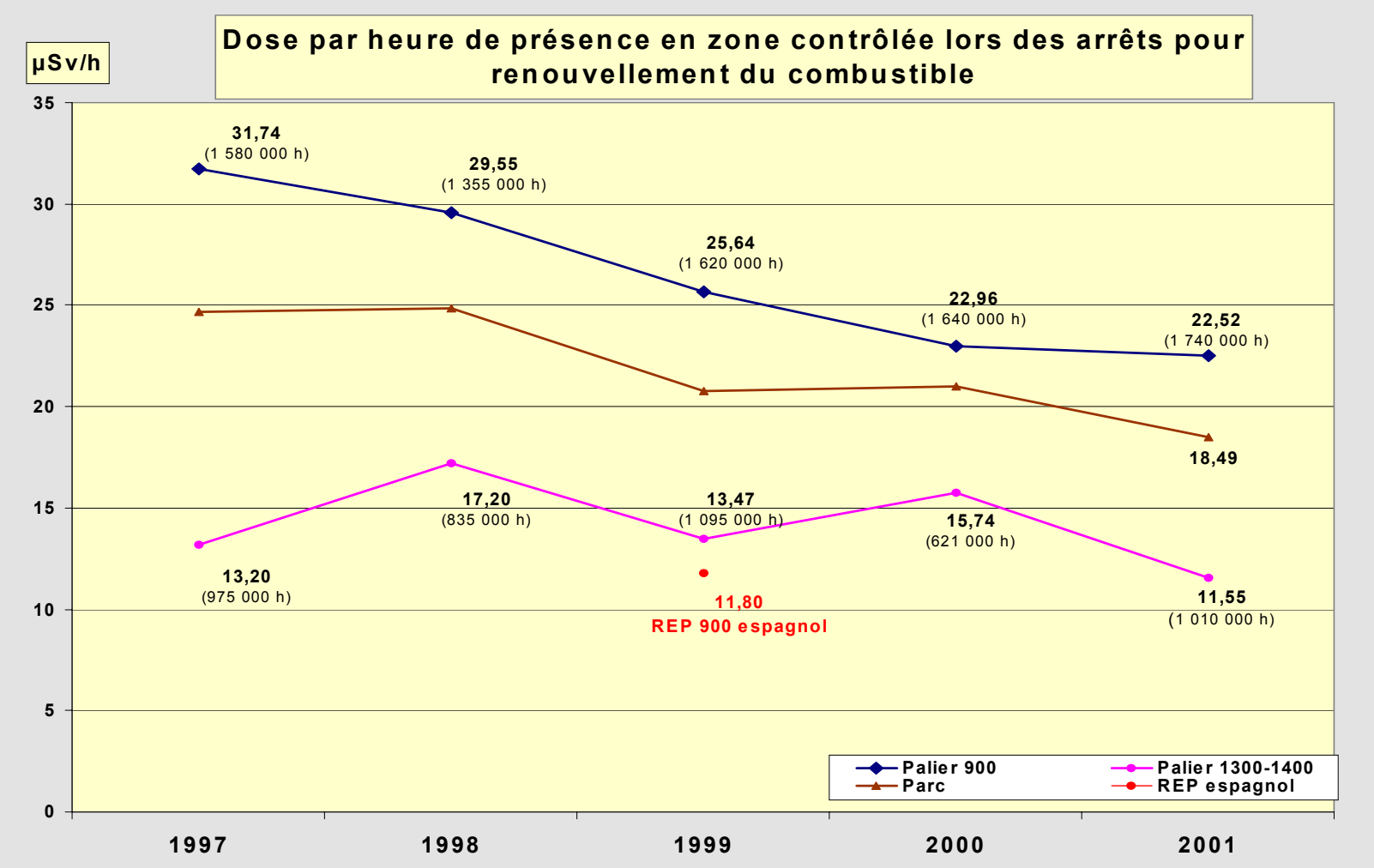
Branche Énergie

# A l'origine des bons résultats

- Meilleure maîtrise des arrêts pour renouvellement du combustible :
  - ✓ Moins d'alea
  - ✓ Alternance d'arrêts à maintenance allégée et de visites standard
  - ✓ Allongement des cycles de fonctionnement REP 1300
  - … 
- Dynamisme de la démarche Alara

- NB : Pas de réduction du nombre d'heures travaillées en zone contrôlée

# L'effet ALARA




EDF Electricité de France

Branche Énergie

# Les clefs du succès d'ALARA à EDF (regard sur 10 années)

1. Les hommes et les organisations :
   - ✓ Implication du management
   - ✓ Mobilisation des Entreprises prestataires de service
   - ✓ Adhésion des personnels (partage des enjeux /évolution de la culture /formation)

2. Les actions de terrain :
   - ✓ Réduction du terme source (meilleure chimie)
   - ✓ Constitution de réseaux d'acteurs de maintenance inter sites EDF et inter entreprises pour optimiser les chantiers les plus dosants

# Les nouveaux challenges pour EDF

1. L'évolution des exigences réglementaires implique une évolution de notre approche :

« *Évaluation préalable* ***systématique*** des doses individuelles et collectives / Mesure /Analyse (décret 24/12/98) »

⇩

modifications d'organisation

modifications des outils informatiques

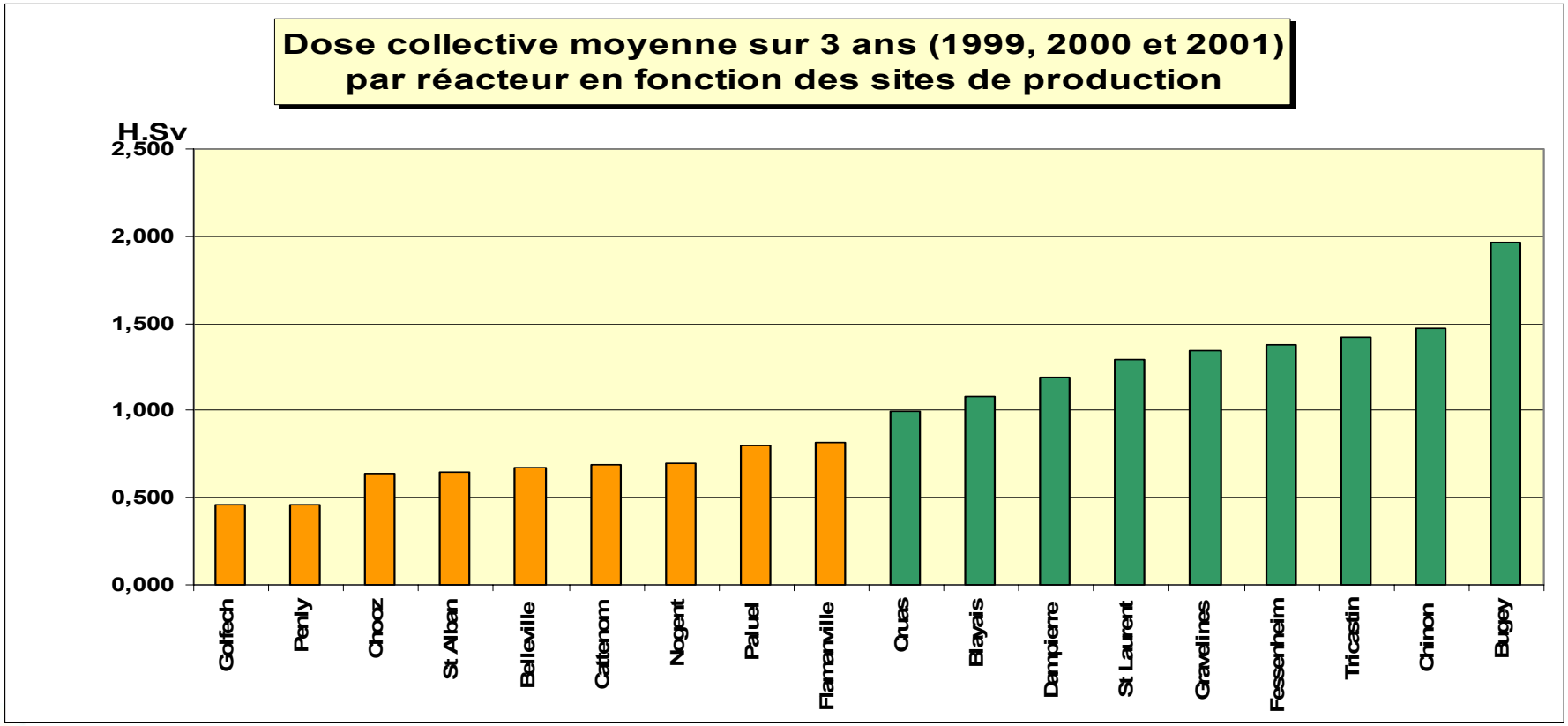
2. Viser 0.8 H.Sv/réacteur/an en 2004 pour rester parmi les meilleurs exploitants

EDF Electricité de France

Branche Énergie

# Les leviers de nos ambitions

1. Mettre en place une assistance spécifique vis à vis des centrales nucléaires dont les résultats sont en retrait :



# Les leviers de nos ambitions

2. Réduire le terme source de contamination des circuits en exploitant le retour d'expérience international :
   - ✓ Réduction globale (optimisation des paramètres pilotant la formation/dissolution des dépôts activés, optimisation des paramètres lors des mises à l'arrêt des réacteurs..)
   - ✓ Traitement des pollutions particulières (Ag110) ou sur contaminations éventuelles (Co60)
   - ✓

# Les leviers de nos ambitions

3. Mettre en place une ingénierie ALARA nationale d'études de postes, travaillant en partenariat avec les sites nucléaires :
   - ✓ pour des chantiers complexes et dosants, modéliser l'environnement radiologique et simuler l'effet des différentes dispositions d'optimisation envisageables (code PANTHERE)

4. Lancer une démarche spécifique pour les transports de matières radioactives (combustibles usés, déchets…)