



Etude multifactorielle  
de la dispersion des doses collectives  
en arrêts de tranche  
dans le parc  
des réacteurs EDF 1998-2004.

C.Lefaure, L d'Ascenzo, CEPN,  
G. Cordier, EDF



## OBJECTIFS DE L'ETUDE

- ❑ Depuis 1992, EDF, poursuit des efforts continus en vue de réduire les expositions professionnelles.
  - Sans véritablement avoir pu quantifier les facteurs les plus importants sur lesquels on peut agir.
  
- ❑ Réalisation d'une étude statistique approfondie de l'impact des facteurs qui peuvent expliquer la dispersion des doses en arrêt,
  - Contribuer à dégager les leviers sur lesquels agir en vue d'optimiser encore plus les doses.

## METHODE

- ❑ Au total, recueil de données correspondant à 313 arrêts de tranche sur sept années (1998 à 2004)
- ❑ 11 variables qualitatives (caractérisées par des "modalités", ex: type de GV, type d'arrêt) et
- ❑ 39 variables quantitatives (doses, nombre d'heures, Ph, ...)
- ❑ Complétées par des données plus fines (en dose et temps) pour les travaux GV, O/F cuve, la robinetterie, les calorifuges... (2000 à 2004)

## METHODE

- ❑ **10 variables de conception**
  - Palier; type GV; électropolissage GV; type bâche REA Bore...
- ❑ **15 variables caractérisant l'exploitation**
  - Type combustible et taux enrichissement, longueur cycle, Ph en début de cycle...
- ❑ **15 variables caractérisant la mise à l'arrêt**
  - Durée épuration, présence de radionucléides au pic oxygénation ou à l'arrêt des Moto pompes primaires...
- ❑ **13 variables caractérisant l'arrêt lui même**
  - Type d'arrêt; Temps de présence en zone, indice de tranche, travaux exceptionnels, prolongation arrêt...
- ❑ **4 variables non retenues car inaccessibles**
  - Les indicateurs de produits de fission; le tonnage de protections biologiques; et le type de résine des déminéraliseurs RCV.

## METHODE

- ❑ Analyse en 3 temps (pour la dose arrêt dans son ensemble ou la dose par tâche):
  - Influence des variables qualitatives sur les doses
  - Description de l'évolution de chaque variable quantitative (en particulier de la dispersion)
  - Etude des corrélations (et de leur évolution) entre doses et variables quantitatives;
- ❑ Utilisation de STATGRAPHICS Plus.
- ❑ Analyses sur l'échantillon total; par palier; par type d'arrêt (ASR, VP, VD)

## IMPACT DES VARIABLES QUALITATIVES

- ❑ Impacts statistiquement significatifs
  
- ❑ La **conception joue un rôle fondamental**:
  - **Palier** (25 à 40%)
  - Matériau, constructeur, type de GV: **matériau des tubes prédominant** (apparu significatif plus vite)
  - **l'électropolissage** des boîtes à eau (-35% VP 1300 )
- ❑ Mais pas d'impact du type de bâche "REA bore"
  - Deux types de toits pour ces bâches (sur les 900 MWe) avec de l'air ou de l'azote

## IMPACT DES VARIABLES QUALITATIVES

- ❑ **Impact évident du type d'arrêt** (1 ASR 50% VP, 1 VP 50% VD) et de la présence de travaux exceptionnels (sur VP), mais pas d'impact de l'utilisation du MOX (pas de dose en AdT...)
- ❑ La présence de **points chauds induit  $\pm 30\%$**  de dose supplémentaire pour AdT dans son ensemble, nettement plus pour les travaux GV (50%), un peu moins pour O/F cuve (20%), pas d'impact significatif pour les calorifugeurs et les robinetiers.
- ❑ **Normalisation par 1.3** des doses AdT pour l'étude d'impact des var. quantitatives sur les tranches à points chauds.

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES

$$\square S = d \cdot t \cdot N$$

- $\square$  Poids des variables représentant  $d$  ?**
- $\square$  Poids des variables représentant  $t \cdot N$  ?**

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES:

t.N

- ❑ **Le temps passé en zone contrôlée** est de très loin la variable la plus importante pour expliquer la dispersion des doses tant pour AdT (temps total) que pour chaque tâche (temps affecté à cette tâche)
- ❑ Pour agir, il est donc important de mieux suivre et **connaître les éléments qui influent sur ces temps**: % aléas, reprises de travaux, travaux fortuits, formation des intervenants (niveaux, maquettes...), organisation du travail
- ❑ **Beaucoup encore à gagner** car cette variable a un impact significatif y.c au sein des arrêts de même type pour un palier donné
- ❑ Cela conforte les analyses regroupées dans le livre **ISOE** sur l'impact de l "**organisation du travail**"

IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES:  
t.N mais aussi d : organisation du travail

- ❑ Le **temps passé** en zone par les **radioprotectionnistes** apparaît comme important pour les réacteurs 900 MWe.
- ❑ Plus le temps est élevé plus faibles sont les doses (quel que soit le type d'arrêt; ASR, VP or VD).
- ❑ Pourquoi pas pour les 1300 MWe ?
- ❑ Temps moyen supérieur de 66% avec une dispersion plus faible: culture plus homogène?
- ❑ Introduction de ce temps de présence dans les **indicateurs de performance des sites EDF** depuis 2003/2004 (augmentation de 15 à 20% de ce temps sur le parc)

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES: t.N mais aussi d : organisation du travail

- ❑ Aucun impact significatif du temps passé à installer des protections biologiques ou à effectuer de la décontamination...
- ❑ La **prolongation de l'arrêt** est un facteur explicatif de la croissance de la dose sur le **palier 1300**. Cette prolongation va de pair avec l'augmentation des travaux de robinetterie (surtout), de calorifuges et sur les GV.

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES

- ❑ L'impact de la plupart des autres variables est caché par le poids du temps passé en zone.
- ❑ **Utilisation du dose index** pour aller plus avant dans l'analyse
  - Ratio « dose de l'arrêt (ou de la tâche) divisé par le temps passé en zone correspondant »
  - Sorte de débit de dose moyen "utilisé"
- ❑ L'impact d'autres variables devient alors significatif pour expliquer la dispersion du dose index.

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES: d

- ❑ **L'indice de tranche** (qui caractérise la pollution du circuit primaire) apparaît alors comme la deuxième variable explicative de la dispersion des doses d'arrêt, tout en étant moins importante (importance des circuits auxiliaires)
  
- ❑ L'indice est une variable très fortement corrélée avec la dispersion des doses en robinetterie, pas du tout avec l'activité de calorifugeage.
  
- ❑ Quelles variables, en dehors de la conception, influent sur la pollution du circuit primaire?
  - Réduction des produits de corrosion par suppression des cobalt? Modification de la chimie en exploitation? Amélioration de la purification lors de la mise à l'arrêt?

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES :

d: Présence de Co 60

- ❑ *Toutes les corrélations (avec D, ddd, index) sont nettement plus faibles au Pic d'oxygénation qu'à l'arrêt des GMPP, c.a.d après l'épuration des circuits plutôt qu'avant.*
  
- ❑ Même si les tranches sont marquées par le Co 60 surtout dans les premiers cycles, l'étude montre que celui ci reste longtemps un paramètre explicatif de la dose (réacteurs 900 MWe) pour l'AdT (pas pour la dose par tâches).
  - Cela justifie les programmes de réduction de la teneur en stellite sur ces réacteurs
  - Et pose même la question d'une amplification de ce programme

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES:

d: Présence d'autres polluants

- ❑ D'autres radioéléments émetteurs de rayons gamma apparaissent significatifs à côté du Cobalt pour les réacteurs 900 Mwe, il s'agit de l'antimoine, ou bien lorsque le Cobalt est moins important pour les réacteurs 1300 Mwe, il s'agit de l'argent 110m;
- ❑ Cela montre donc l'importance de bien épurer les circuits avec des spécifications chimiques adaptées à ces radioéléments;
- ❑ L'étude a conforté EDF dans le développement et la mise en œuvre d'une telle stratégie.

## IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES:

### d: Dépassements acides dans le circuit primaire

- ❑ De façon un peu moins significative, les ASR des réacteurs 900 Mwe sont impactés par le degré d'acidité moyen en début de cycle dans le circuit primaire, alors que les ASR des réacteurs 1300 le sont par le nombre de jours où le Ph est  $< 6.9$  (en particulier pour les travaux GV). Ces corrélations montrent donc que **les dépassements acides ont un effet pénalisant sur la dose.**
- ❑ Pas de corrélation significative entre les mouvements d'eau liés aux modifications de charge en cours d'exploitation (qui devraient introduire un accroissement de l'oxydation) et la dose.

IMPACT DES VARIABLES QUANTITATIVES:  
d: Durée de l'épuration depuis le pic d'oxygénation.

- ❑ Cette variable qui n'apparaissait pas dans les premiers temps de l'étude devient de plus en plus significative pour les VP des réacteurs 900 Mwe avec l'accroissement de la taille de l'échantillon
- ❑ Elle apparaît en particulier comme importante pour les travaux GV sur les réacteurs 900 Mwe et dans une moindre mesure pour les travaux de robinetterie (VP dans leur ensemble et VD des réacteurs 900 Mwe).

## CONCLUSION

- ❑ Le plus Grand degré de liberté: à la conception
- ❑ Le plus grand facteur de dispersion des expositions en fonctionnement: le VTE
  - Réduire la quantité de travaux à effectuer
  - Jouer sur l'organisation du travail
- ❑ La chimie et l'épuration fondamentales pour réduire les ddd
- ❑ Restent deux problèmes pour l'étude:
  - Absence de certaines données, ou données de qualité non contrôlée
  - Pas été possible de proposer un modèle qui quantifie l'impact de chaque variable.