

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2020-00010

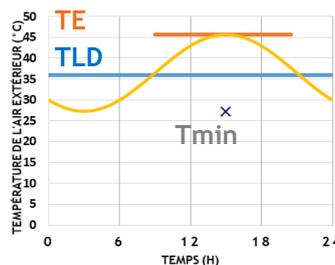
Objet ...	Réacteurs électronucléaires - EDF - Grand Chaud - Retour d'expérience de la canicule de l'été 2019
Réf(s) ...	1. Lettre ASN - CODEP-DCN-2019-040287 du 4 décembre 2019 2. Avis IRSN/2019-00019 du 6 février 2019
Nbre de page(s)..	6

En France, lors des vagues de chaleur de 2003 puis de 2006, les températures de l'air et de l'eau observées ont dépassé celles retenues à la conception des réacteurs électronucléaires. Électricité de France (EDF) a alors élaboré un référentiel « grands chauds » visant à vérifier, pour chaque palier, le bon fonctionnement des équipements importants pour la sûreté à des températures de l'air et de l'eau plus élevées, en tenant compte du réchauffement climatique. Cette vérification est menée pour les situations de fonctionnement normal, incidentel et accidentel des réacteurs, d'une part **en régime permanent (redimensionnement)**, d'autre part **en situations exceptionnellement chaudes (agression canicule)**.

On parle communément de vague de chaleur, voire de canicule, lorsqu'on observe des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours et nuits consécutifs. Il n'existe en réalité pas de définition universelle du phénomène : les niveaux de température et la durée de l'épisode qui permettent de le caractériser varient notamment selon les régions du monde. Météo-France définit une canicule comme un niveau de très fortes chaleurs observées le jour et la nuit pendant au moins trois jours consécutifs alors que, pour une vague de chaleur, seul un critère sur la température maximale quotidienne est retenu.

Cf. Instruction du référentiel «grands chauds» EDF du palier CPY par l'IRSN : <https://www.irsn.fr/FR/expertise/avis/Documents/AVIS-IRSN-2012-00353.pdf>

Les études en régime exceptionnel sont réalisées en tenant compte d'une température exceptionnelle (TE). Cette température est définie comme la température qui serait dépassée en moyenne une fois sur la période des 30 prochaines années.



pour les matériels à faible inertie thermique (matériels situés à l'extérieur par exemple), la TE est appliquée pendant 12 heures.

pour les matériels à forte inertie thermique, un profil sinusoïdal de température, avec pour maximum la TE, est appliqué pendant 14 jours.

Les études en régime permanent sont réalisées en appliquant une température dite « longue durée » (TLD). Suite aux canicules de 2003 et 2006 et pour tenir compte du changement climatique, les TLD retenues à la conception des centrales nucléaires ont été réévaluées. Cette réévaluation de température est appelée « redimensionnement ».

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Siège social
31, av. de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses

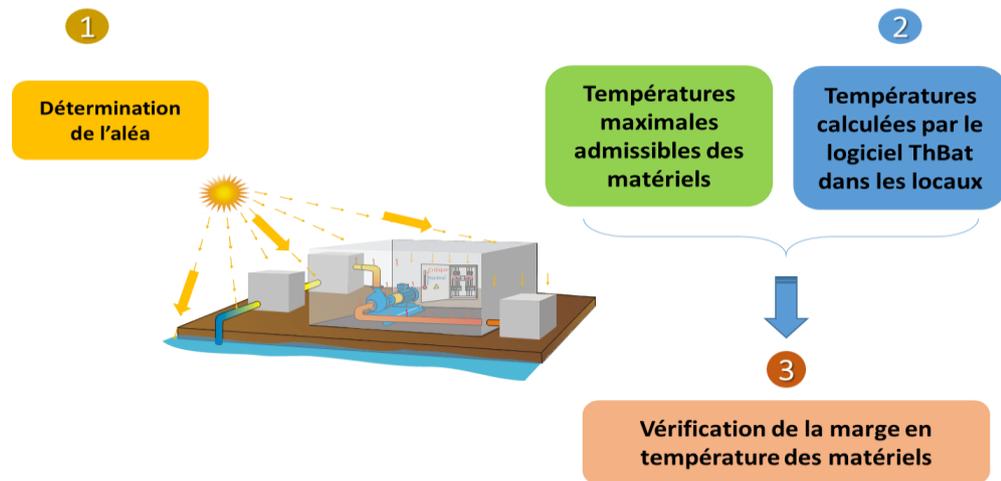
Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018

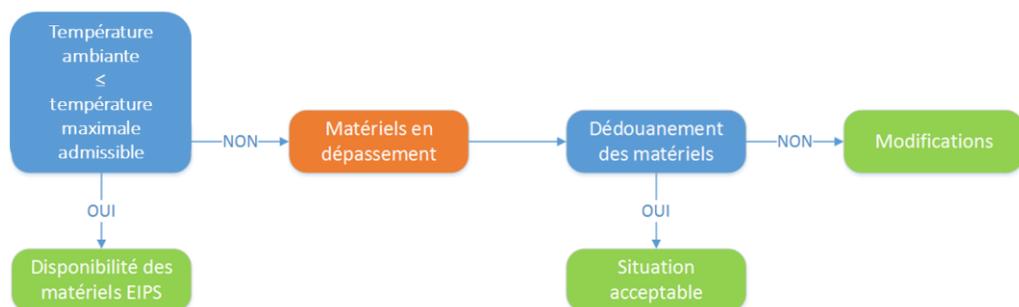
Le référentiel « grands chauds » se décline en trois étapes :

- la caractérisation des températures extérieures susceptibles d'être rencontrées en période de « grands chauds » en redimensionnement et en agression canicule (aléa) ;
- la réalisation d'études thermiques, qui visent en particulier à calculer, à l'aide du **logiciel ThBat**, les températures ambiantes atteintes dans les locaux contenant les matériels importants pour la sûreté, pour les différentes situations retenues ;
- la vérification de l'existence d'une marge entre les températures dans les locaux précédemment calculées et les températures maximales admissibles des matériels.

Le **logiciel ThBat** a été développé par EDF pour déterminer les températures que pouvait atteindre l'air dans les locaux d'une centrale nucléaire en fonctionnement normal, incidentel et accidentel. Pour réaliser ses calculs ThBat prend en compte les puissances dissipées par les matériels, les débits de ventilation, les volumes des locaux, les puissances des systèmes de refroidissement (climatiseurs, batteries froides...), la température de l'air extérieur et les caractéristiques des échanges thermiques aux parois (surfaces, coefficients d'échange thermique...)....



Lorsqu'un matériel est soumis à une température ambiante supérieure à sa température maximale admissible, EDF s'assure qu'il n'est plus requis pour la gestion des situations du référentiel après dépassement de cette température (« **dédouanement** ») ou propose des modifications.



À la suite des différentes expertises menées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), des interrogations persistent sur les valeurs de températures extérieures susceptibles d'être rencontrées à l'avenir sur les sites et sur le caractère enveloppe des résultats des études thermiques (incertitudes sur les données d'entrée, sur la validation du logiciel ThBat, liées aux modélisations retenues...). Or de nombreux matériels importants pour la sûreté présentent de faibles marges entre leur température maximale admissible et la température calculée dans les locaux qui les abritent. Ainsi, il est nécessaire de mieux caractériser l'aléa et de mieux apprécier l'impact des périodes de fortes chaleurs sur l'évolution effective des températures dans les locaux abritant des matériels importants pour la sûreté, sur la base notamment de campagnes de mesures.

Durant l'été 2019, la France a été touchée par deux vagues de chaleur, en juin et juillet, exceptionnelles par leur intensité. Lors de l'épisode de juin, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à EDF de réaliser des campagnes de mesures des températures extérieures sur site et dans certains locaux contenant des matériels importants pour la sûreté. Les résultats de ces mesures ont été transmis pour neuf sites.

Par lettre citée en référence 1, l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur :

- les premiers enseignements pouvant être tirés des épisodes caniculaires de 2019, ainsi que sur les besoins de mesures complémentaires et de surveillance des installations à mettre en œuvre pendant les périodes de forte chaleur ;
- l'aléa retenu dans le référentiel « grands chauds » en agression canicule, sur la base des données recueillies par l'IRSN (données Météo France en particulier) relatives aux épisodes caniculaires de juin et juillet 2019 ;
- l'éventuel impact des températures élevées sur le fonctionnement et la durée de vie des matériels importants pour la sûreté ;
- l'éventuelle remise en cause d'hypothèses ou de résultats des études thermiques.

Aléa retenu dans le référentiel « grands chauds »

La première vague de chaleur, en juin, a été remarquablement précoce et le nouveau record absolu en France métropolitaine a été enregistré fin juin dans le Sud-Est avec 46°C. Fin juillet, la température a souvent dépassé 40°C sur la moitié Nord du pays et de très nombreux records absolus ont été battus au niveau des stations météorologiques à proximité des sites d'EDF. Ainsi, en juillet :

Plus d'info sur le Bilan climatique de l'été 2019

<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2019/bilan-climatique-de-l-ete-2019>

- les valeurs TE de température exceptionnelle de l'agression canicule du référentiel « grands chauds » ont été dépassées sur les stations de référence¹ de trois sites : Paluel, Penly et Gravelines ;
- les records des stations de référence ont été dépassés pour 11 sites ;
- des écarts pouvant atteindre fréquemment 1°C ou 2°C entre les températures mesurées à la station de référence et une autre station proche du site ont été constatés.



¹ La station de référence du site EDF est la station Météo France considérée comme représentative des températures du site.

Dans le cadre des études génériques du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4-900), l'IRSN a estimé nécessaire qu'EDF :

- revoie les valeurs de TE et Tmin (températures maximale et minimale en agression canicule) du référentiel « grands chauds », en tenant compte non seulement d'une **période de retour centennale**, mais également des températures mesurées aux stations proches du site (seules les valeurs de la station de référence du site étant considérées dans les extrapolations statistiques actuelles). Ces aspects ont fait l'objet d'une recommandation de l'IRSN formulée dans la référence 2 ;
- fasse évoluer les **critères de déclenchement d'un événement climatique majeur**, qui initient une analyse approfondie entre deux réexamens périodiques, pour y intégrer le dépassement de records régionaux ou la survenue d'un événement de période de retour estimée centennale. EDF avait indiqué qu'il se prononcerait sur ce dernier point en 2021, échéance considérée tardive par l'IRSN.

Une température de **période de retour centennale** est une température dont la valeur a une chance sur 100 d'être dépassée au cours d'une année.

Dans sa démarche de prise en compte des changements climatiques, EDF a introduit l'indicateur « **événement climatique majeur** ». L'observation d'un tel événement déclenche une analyse approfondie et immédiate de la situation. Pour les « grands chauds », EDF retient comme critère de déclenchement d'un événement climatique majeur l'atteinte de la température exceptionnelle (TE).

L'épisode caniculaire de 2019 conforte les positions précitées de l'IRSN.

Ainsi, dans le cadre de la présente expertise, EDF s'est engagé à réévaluer les valeurs de TE d'ici mi-2020, en retenant une période de retour centennale et, pour les sites pour lesquels la TE actuelle a été dépassée, les valeurs mesurées lors de l'été 2019 à la station de référence du site. La prise en compte dans les études thermiques de la valeur de la TE ainsi révisée sera effective fin 2021 pour le palier 900 MWe. Par ailleurs, EDF s'est engagé à étudier, d'ici fin 2020, la représentativité de la station de référence du site par rapport à la station météorologique du site.

Pour l'IRSN, si ces engagements sont positifs, ils apparaissent insuffisants. En effet, les températures mesurées durant l'été 2019, aussi bien aux stations de référence des sites qu'aux autres stations à proximité des sites, sont susceptibles d'influencer fortement les valeurs de températures à retenir dans le référentiel « grands chauds » en agression canicule et cela pour l'ensemble des sites. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe.**

De plus, EDF ne propose pas d'évolution des critères de déclenchement d'un événement climatique majeur pour intégrer les valeurs de records régionaux pertinents. Pour l'IRSN, les observations de l'été 2019 remettent en cause l'échéance de 2021 annoncée par EDF pour décider d'une possible évolution de ces critères. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe.**

Par ailleurs, les études thermiques retiennent, en données d'entrée, des valeurs d'**enthalpie**² pour évaluer notamment les besoins en termes de refroidissement à fournir par les systèmes de conditionnement thermique des locaux abritant des matériels importants pour la sûreté. Ainsi, ce paramètre a une importance particulière et doit faire l'objet d'une caractérisation pertinente, intégrant les valeurs observées lors des épisodes caniculaires de 2019. **Sur ce sujet, EDF a pris un engagement que l'IRSN estime satisfaisant.**

L'**enthalpie** est la quantité de chaleur (ou énergie, en kJ/kg d'air sec) contenue dans l'air humide dont la masse d'air sec est égale à 1 kg.

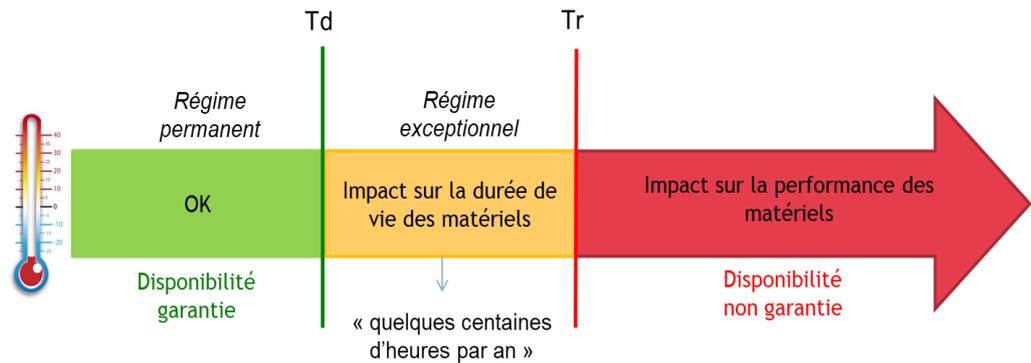
Enfin, EDF considère que les mesures de températures extérieures ponctuelles qu'il a effectuées sur site pendant l'épisode caniculaire de 2019 ne sont pas exploitables du fait des disparités locales observées. Ainsi, aucune mesure ne permet de conforter le caractère

² L'enthalpie se déduit de la température et de l'humidité relative de l'air.

enveloppe, au regard des spécificités locales (implantation des bâtiments, des bouches d'aspiration des systèmes de conditionnement thermique, réverbération), des températures extérieures du référentiel « grands chauds » considérées dans les études thermiques. Ce point fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe.

Comparaison des températures mesurées en juin 2019 dans les locaux avec les températures admissibles des matériels

La comparaison des températures mesurées dans les locaux (températures ambiantes) avec les températures admissibles des matériels (Td/Tr)³ qui s'y trouvent vise à s'assurer que les performances et la durée de vie des matériels importants pour la sûreté n'ont pas été dégradées lors de l'épisode caniculaire. Pour l'IRSN, le dépassement de la Tr conduirait de facto à considérer le matériel indisponible.



L'expertise présentée ci-après porte sur les éléments collectés en juin 2019. Il convient de noter que, sur cette période, les réacteurs sont restés dans leur domaine de fonctionnement normal.

De manière générale, l'analyse des données transmises par EDF montre que, sur la période d'observation, les températures mesurées par EDF dans les locaux n'ont pas remis en cause la disponibilité des matériels qui étaient en service. Par ailleurs, pour un grand nombre de matériels, l'écart entre la Td du matériel et la température mesurée dans le local est conséquent (locaux des diesels de secours, locaux des pompes de traitement et de réfrigération des piscines).

Toutefois, l'IRSN a constaté des écarts faibles dans certains locaux contenant des matériels importants pour la sûreté, comme par exemple les locaux électriques ou les locaux des pompes d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG). Pour ces matériels, il n'est pas possible de conclure à l'absence de dépassement de leur Td/Tr pour l'ensemble des situations du référentiel « grands chauds », d'autant plus que certains d'entre eux étaient à l'arrêt (cas des pompes ASG). Ainsi, l'IRSN considère qu'EDF doit effectuer sa propre analyse des épisodes caniculaires de l'été 2019 et présenter les enseignements qu'il en tire sur la disponibilité des matériels importants pour la sûreté, pour l'ensemble des situations du référentiel « grands chauds ». Sur ce point, EDF a pris plusieurs engagements visant à tirer les enseignements issus des mesures effectuées en 2019 sur les sites et à mieux orienter la campagne de mesures prévue à l'été 2020 sur le réacteur n°1 du site du Tricastin. Pour l'IRSN, l'analyse d'EDF devra également porter sur la disponibilité des matériels requis dans les situations du référentiel « grands chauds ».

³ La température de disponibilité des matériels (Td) est la température maximale acceptable par le matériel en régime permanent. Jusqu'à l'atteinte de cette température, les performances du matériel sont maintenues. La température exceptionnelle de tenue des matériels (Tr) est la température maximale acceptable par le matériel pour un fonctionnement limité à quelques centaines d'heures par an. Le fonctionnement du matériel entre sa Td et sa Tr a un impact possible sur sa durée de vie. Pour la majorité des matériels, la Tr est prise égale à la Td.

Comparaison des températures mesurées en juin 2019 dans les locaux avec les températures issues des études thermiques

L'IRSN a comparé les températures mesurées dans les locaux avec les températures calculées par ThBat pour les situations de fonctionnement normal de redimensionnement (R-N) et d'agression canicule (C-N). Dans les études thermiques, des valeurs différentes des températures extérieures de l'air et de l'eau sont considérées pour ces deux cas.

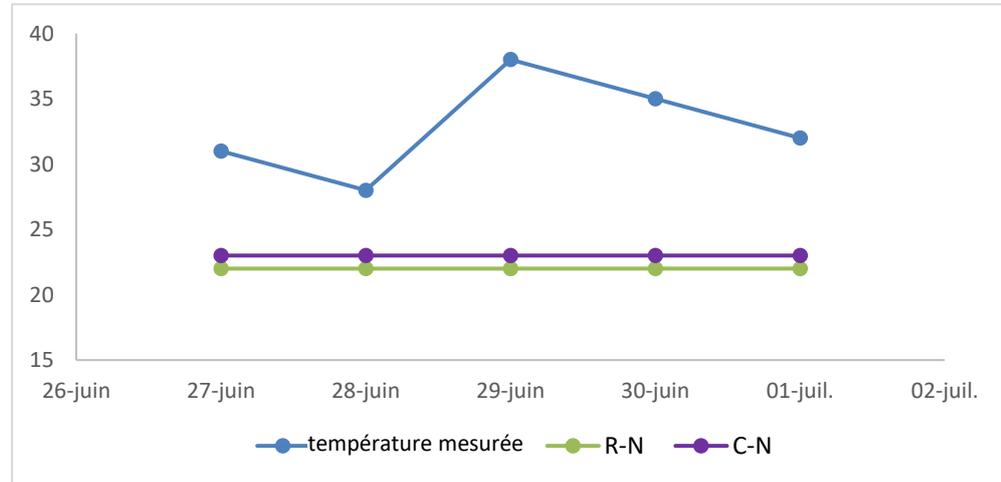


Figure 1 exemple de températures mesurées en juin 2019 dans les locaux avec les températures issues des études thermiques

De l'expertise menée par l'IRSN, il ressort que, pour certains locaux, les températures ambiantes mesurées ont été supérieures aux températures R-N et C-N calculées par ThBat pour le fonctionnement normal, alors que les températures extérieures enregistrées par Météo France ne dépassaient pas les températures du référentiel « grands chauds » en agression canicule et parfois même en redimensionnement. Ce constat interroge sur le caractère enveloppe des températures calculées dans les locaux à l'aide du logiciel ThBat en fonctionnement normal, mais également en situations incidentelles et accidentelles.

En particulier, dans les études thermiques, les températures calculées dans les locaux en fonctionnement normal, R-N et C-N, constituent les températures d'initialisation⁴ des calculs des situations incidentelles et accidentelles, respectivement en redimensionnement et en agression canicule. Dès lors, certains dédouanements réalisés par EDF dans ses études thermiques pourraient ne plus être justifiés avec une température d'initialisation plus élevée et de nouveaux dépassements pourraient être identifiés. Par conséquent, l'IRSN considère qu'EDF doit vérifier la validité des températures d'initialisation retenues dans les études thermiques et statuer sur la disponibilité des matériels, ainsi que sur les besoins de modifications. **Sur ce point, EDF a pris un engagement que l'IRSN estime satisfaisant.**

Limites et perspectives

L'expertise menée par l'IRSN présente certaines limites associées à la nature, à la quantité et à la qualité des données transmises. Il est en particulier nécessaire qu'EDF anticipe dès maintenant le besoin de nouvelles campagnes de mesures, qu'il conviendra d'encadrer davantage que celle de juin 2019, pour statuer sur la pertinence des études thermiques et donc sur la robustesse des installations en période de forte chaleur. À cet égard, il convient de noter qu'EDF s'est engagé, dans le cadre de la présente expertise ainsi que dans le cadre des thèmes « agressions » et « essais particuliers » du réexamen RP4-900, à :

- transmettre en juin 2020 une synthèse de l'application sur les sites de la règle particulière de conduite « grands chauds », précisant les actions de surveillance et de conduite mises en œuvre lors de l'été 2019 ;

⁴ Conditions initiales de température de l'air dans les locaux.

- réaliser une campagne de mesures sur le réacteur n° 1 du site du Tricastin à l'été 2020 et à examiner, à l'issue de cette campagne, l'opportunité d'en programmer de nouvelles en 2021.

L'IRSN estime d'ores et déjà que des campagnes doivent être menées sur des sites représentatifs (bords de mer, fluviaux) des paliers 1300 MWe et 1450 MWe. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.**

Conclusion

Dans le cadre de la présente expertise, EDF a pris plusieurs engagements qui complètent ceux qu'il a déjà pris dans le cadre des expertises menées sur les thèmes « agressions » et « essais particuliers » du réexamen RP4-900. Ils devraient permettre de mieux apprécier le caractère enveloppe des études thermiques et in fine la robustesse des installations aux températures élevées de l'air et de l'eau en période de « grands chauds », ce qui est satisfaisant.

Toutefois, des compléments d'études sont encore nécessaires pour statuer sur le caractère enveloppe des températures extérieures du référentiel « grands chauds » au regard, d'une part, des températures mesurées lors de l'été 2019 aux stations météorologiques à proximité des sites et, d'autre part, des spécificités locales des sites. De plus, l'IRSN considère que l'épisode caniculaire de 2019 doit conduire EDF à revoir sans délai les critères de déclenchement d'un événement climatique majeur. Enfin, l'IRSN estime qu'EDF doit anticiper la réalisation de campagnes de mesures sur des sites représentatifs des paliers 1300 MWe et 1450 MWe. Ces points font l'objet de recommandations formulées en annexe.

Pour le Directeur général et par délégation
Frédérique PICHEREAU
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe de l'avis IRSN n° 2020-00010 du 23 janvier 2020

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF intègre, pour tous les sites, les valeurs des températures de l'été 2019 dans les prochaines évaluations, tenant compte d'une période de retour centennale, des températures TE et Tmin définissant l'agression canicule (niveaux d'aléas attendus pour mi-2020 suite à l'expertise réalisée dans le cadre du réexamen RP4-900).

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF réévalue, sans attendre, les critères de déclenchement d'un événement climatique majeur pour intégrer les valeurs de records régionaux pertinents.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF complète la campagne de mesures prévue sur le réacteur n° 1 du site du Tricastin à l'été 2020 par des mesures des températures extérieures locales (températures en entrée des gaines de ventilation, températures à proximité de bâtiments à faible inertie thermique...) et vérifie qu'elles sont cohérentes avec celles enregistrées au même moment à la station de référence du site.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des campagnes de mesures dédiées sur des sites représentatifs des paliers 1300 MWe et 1450 MWe, pour vérifier le caractère conservatif des hypothèses et des résultats des études thermiques « grands chauds » et s'assurer ainsi de la disponibilité des matériels importants pour la sûreté.