



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 8 février 2018

Réf. : CODEP-DCN-2018-002381**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93 282 SAINT-DENIS CEDEX****Objet : Centrales nucléaires de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim
Séisme extrême à prendre en compte pour la mise en place du « noyau dur »****Réf. :**

- [1] Décision ASN n° 2011-DC-0213 du 5 mai 2011
- [2] Décisions ASN n° 2012-DC-0274 à n° 2012-DC-0292 du 26 juin 2012
- [3] Décisions ASN n° 2014-DC-0394 à n° 2014-DC-0412 du 21 janvier 2014
- [4] Avis et recommandations du Groupe permanent d'experts pour les « réacteurs » du 18 février 2016 : Agressions externes extrêmes retenues pour le « noyau dur » des réacteurs à eau sous pression d'EDF en construction ou en exploitation
- [5] Lettre EDF D455616016218 du 12 avril 2016 : GP « Aléas du noyau dur » : Positions et actions EDF
- [6] Lettre ASN n°CODEP-DCN-2016-016677 du 19 juillet 2016 : GP « Aléas du noyau dur » : Positions et actions EDF Agressions externes extrêmes à prendre en compte pour la mise en place du « noyau dur ».

Monsieur le Directeur,

À la suite de l'accident de Fukushima, l'ASN a prescrit à EDF, par décision citée en référence [1], de réaliser des évaluations complémentaires de sûreté afin d'étudier le comportement des installations nucléaires pour des situations allant au-delà de celles retenues jusqu'alors dans la démonstration de protection des intérêts. Ces évaluations visaient, en particulier, les situations d'agressions naturelles dites « extrêmes », dont la sévérité dépassait notablement celles des agressions considérées jusqu'alors.

À la suite de ces évaluations complémentaires de sûreté, l'ASN a demandé à EDF, par un ensemble de décisions en date du 26 juin 2012 [2], de lui proposer la mise en place de dispositions matérielles et organisationnelles visant, pour les situations extrêmes étudiées, à :

- a) prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
- b) limiter les rejets radioactifs massifs ;
- c) permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

Elle demandait dans le même temps à EDF de définir les caractéristiques des situations que cet ensemble de dispositions, ou « noyau dur », devait être en mesure de gérer.

Les propositions d'EDF, relatives aux situations devant être gérées par le noyau dur, ont été examinées dans le cadre de la réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires des 13 et 20 décembre 2012. À la suite de cette réunion, l'ASN a précisé, par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014 [3], ses demandes, en vue de définir les caractéristiques des agressions naturelles externes à retenir pour le noyau dur.

En particulier, l'ASN a prescrit à EDF de définir un aléa sismique pour le « noyau dur » qui réponde aux caractéristiques suivantes :

[ECS-ND7]

L'aléa sismique, à prendre en compte pour les SSC² du noyau dur, défini par un spectre de réponse, doit :

- être enveloppe du séisme majoré de sécurité (SMS) de site, majoré de 50 % ;
- être enveloppe des spectres de site définis de manière probabiliste avec une période de retour de 20 000 ans ;
- prendre en compte pour sa définition, les effets de site particuliers et notamment la nature des sols.

Pour les SSC nouveaux du noyau dur, l'exploitant retient un spectre majoré par rapport au spectre de réponse défini ci-dessus.

Vous avez transmis à l'ASN les éléments correspondants, d'une part, aux engagements que vous aviez pris à la suite des instructions précédentes, d'autre part, à la prescription rappelée ci-dessus.

À la demande de l'ASN, ces éléments ont fait l'objet d'un examen par le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires, les 28 janvier et 10 février 2016, en s'appuyant sur l'analyse effectuée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Le Groupe permanent d'experts a formulé son avis et ses recommandations par la lettre citée en référence [4]. À la suite de cet examen, vous avez transmis à l'ASN des engagements [5] ; ceux-ci complètent les éléments techniques que vous aviez transmis en réponse aux prescriptions techniques de l'ASN.

Sur la base de l'ensemble de ces éléments, l'ASN a formulé sa position et des demandes sur les aléas à retenir pour le noyau dur par lettre citée en référence [6]. Dans cette lettre, l'ASN a notamment pris position sur les niveaux d'aléa sismique à prendre en compte pour le « noyau dur » de vos réacteurs, à l'exception de ceux des sites de **Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim**. Pour ces trois sites, l'ASN a considéré que, en l'état des connaissances, il n'était pas possible de prendre position sur les spectres probabilistes proposés par EDF et que les analyses techniques sur ce sujet devaient se poursuivre.

Les points de divergence entre les analyses d'EDF et de l'IRSN concernent certains des paramètres utilisés pour le calcul des spectres probabilistes avec une période de retour de 20 000 ans. Les hypothèses d'EDF en termes de magnitude maximale, de poids des zonages dans les arbres logiques et de modèle par faille ont été identifiées par l'IRSN comme des paramètres clés ayant des impacts significatifs sur les niveaux sismiques retenus pour le noyau dur.

Dans l'optique de prendre position sur les niveaux d'aléa sismique pour le « noyau dur » de ces trois sites, je considère nécessaire qu'EDF :

- établisse, dans un premier temps, **des spectres probabilistes, appelés « spectres de vérification », avec une période de retour de 20 000 ans**, en s'appuyant sur le cahier des charges rédigé avec l'appui de l'IRSN que vous trouverez en annexe 2 au présent courrier ;

² SSC : systèmes, structures et composants

- réalise, dans un second temps, **un calcul de vérification de la résistance des SSC existants du « noyau dur » à ces nouveaux spectres** afin d'identifier les éléments présentant une forte sensibilité au choix du spectre ;
- s'assure que les spectres retenus pour le dimensionnement des SSC nouveaux du « noyau dur » couvrent ces nouveaux spectres.

Dans son courrier en référence [6], l'ASN a également formulé des demandes sur la prise en compte des effets de site particuliers. Les résultats de vos investigations relatives à ces effets de site ne seront pas connus avant 2020. Je note qu'ils ne peuvent pas être intégrés aux nouvelles études à ce stade.

Vous trouverez, en annexe 1 au présent courrier, les demandes correspondantes de l'ASN.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général adjoint

Signé par : Julien COLLET

A. Demande relative au calcul de la composante probabiliste du spectre à prendre en compte pour le « noyau dur » des sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim.

En réponse à la prescription technique [ECS-ND7] des décisions de l'ASN citées en référence [3], vous avez fourni, pour l'ensemble de vos sites, des spectres probabilistes médians correspondant à une période de retour de 20 000 ans. La méthode PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Assessment) que vous utilisez pour déterminer ces spectres nommés « UHS » (Uniform Hazard Spectrum) s'appuie sur la connaissance scientifique internationale et constitue une approche classique dans ce domaine.

L'expertise réalisée par l'IRSN a permis d'identifier des paramètres clés de la méthode PSHA ayant un impact significatif sur le niveau des spectres probabilistes. Il s'agit de la magnitude maximale considérée dans le calcul probabiliste, du taux de sismicité des zones géographiques, du poids des différents zonages sismo-tectoniques retenus dans les arbres logiques et des hypothèses retenues dans les modèles par failles. L'IRSN a mis en lumière une forte influence du choix de ces paramètres sur le résultat obtenu en termes de pseudo-accélération pour les sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim. Pour ces trois sites, l'IRSN estime que ces choix conduisent EDF à sous-estimer la composante probabiliste du spectre de « noyau dur ».

Pour les sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim, l'ASN a considéré [6] que, en l'état des connaissances, il n'était pas possible de prendre position sur le choix de ces paramètres. Néanmoins, dans l'optique de définir le cas de charge sismique à prendre en compte, je considère nécessaire qu'EDF étudie la sensibilité de la résistance au séisme des SSC existants du « noyau dur » à ces choix de paramètres.

Je considère ainsi qu'EDF doit réaliser un calcul PSHA avec un nombre limité de paramètres modifiés afin de produire un nouveau spectre UHS correspondant à une période de retour de 20 000 ans. À ce titre, l'ASN a saisi l'IRSN pour établir un cahier des charges pour chaque site définissant précisément les paramètres à réviser dans ce nouveau calcul.

Le cahier des charges à appliquer pour les trois sites figure en annexe 2 au présent courrier.

Demande n° 1 : Je vous demande de produire, sous trois mois et pour chacun des sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim, un nouveau calcul PSHA en appliquant rigoureusement le cahier des charges joint figurant en annexe 2. À la suite de ces calculs, vous présenterez à l'ASN pour ces trois sites un nouveau spectre probabiliste correspondant à une période de retour de 20 000 ans. Ce spectre probabiliste révisé sera combiné au séisme majoré de sécurité (SMS) majoré de 50 % pour définir un spectre de vérification des SSC existants du « noyau dur », dit « SND* ».

B. Demande relative à la vérification de la résistance au séisme et au dimensionnement des SSC du « noyau dur » des sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim.

À la suite de l'accident de Fukushima, par décisions en date du 21 janvier 2014 (ND), visant notamment à préciser les hypothèses et méthodes de conception et de vérification du « noyau dur », l'ASN a prescrit [3] la disposition suivante :

[ECS-ND9]

Pour la conception des SSC nouveaux du noyau dur, l'exploitant utilise des règles de conception et de construction codifiées ou, à défaut, conformes à l'état de l'art. Il démontre l'intégrité et la fonctionnalité de ces SSC au regard de la situation traitée.

Les SSC nouveaux du noyau dur non substituables par d'autres moyens font l'objet d'exigences de conception et de fabrication renforcées pour leur assurer un haut niveau de fiabilité pour remplir leurs fonctions de sûreté pour toutes les phases d'un accident, tant qu'ils sont nécessaires.

Pour les SSC existants dont la justification en situations noyau dur ne pourrait être acquise sur la base des règles de conception et de construction codifiées ou, à défaut, conformes à l'état de l'art, il justifie ces SSC sur la base de méthodes déterministes réalistes ; il utilise en tout état de cause des critères garantissant la fonctionnalité des SSC vis-à-vis des missions qu'ils ont à accomplir en situations noyau dur. Dans les cas où la justification sur la base de ces méthodes n'est pas acquise, l'exploitant étudie le remplacement ou le renforcement de ces SSC.

En réponse à cette prescription, vous avez transmis à l'ASN un ensemble de guides méthodologiques relatifs à la justification du comportement des SSC existants appartenant au « noyau dur » sous l'effet d'un séisme extrême, dit « séisme noyau dur » (SND). L'objectif de ces guides est de définir les méthodes d'analyse et les critères de vérification associés à la catégorie de SSC considérée, afin de définir leur capacité à assurer leur fonction après un séisme. Indépendamment des demandes que l'ASN pourrait être amenée à formuler sur ces guides méthodologiques, je considère qu'EDF devra justifier la capacité sismique des SSC existants du « noyau dur » au niveau du « séisme noyau dur » ainsi que pour le « séisme de vérification » défini en réponse à la demande n° 1 du présent courrier.

Demande n° 2 : Dans le cadre de la prescription [ECS-ND9], je vous demande de considérer, pour les sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim les chargements sismiques associés :

- au spectre du séisme « noyau dur » ou « SND » que vous avez présenté en réponse à la prescription [ECS-ND7]. Vous prendrez en compte, pour la définition de ce spectre, les demandes de l'ASN relatives au SMS et au filtrage par le CAV (Cumulative Absolute Velocity) formulées dans le courrier cité en référence [6] ;
- au spectre « du séisme de vérification » des SSC existants du « noyau dur » calculé en réponse à la demande n° 1 du présent courrier.

En conclusion de cette vérification de résistance au séisme, vous indiquerez quels sont les SSC existants du « noyau dur » sensibles au choix du spectre.

Pour les SSC pour lesquels la vérification de la résistance au « SND* » ne pourrait être apportée, vous présenterez leurs possibilités de remplacement ou de renforcement. Vous évalueriez également, pour ces SSC, la période de retour du séisme pour lequel vous êtes en mesure de garantir leur tenue. Cette période de retour sera déterminée en utilisant les hypothèses retenues pour déterminer le spectre de vérification « SND* ».

Demande n° 3 : Je vous demande, sous trois mois de vous assurer, pour les sites de Saint-Alban, Tricastin et Fessenheim, que les spectres sismiques retenus pour le dimensionnement des SSC nouveaux du « noyau dur » couvrent à toutes fréquences les spectres du « séisme de vérification » calculés en réponse à la demande n° 1 du présent courrier. Vous apprécierez l'impact d'éventuels dépassements par le « séisme de vérification » des niveaux retenus pour le dimensionnement des SSC nouveaux du « noyau dur ».

Cahiers des charges définissant les modalités de définition de nouveaux spectres probabilistes pour les sites de Saint Alban, Tricastin et Fessenheim

1 Dispositions générales

Afin d'établir les spectres probabilistes appelés par le présent courrier, EDF reprendra ses calculs initiaux sans filtrage « CAV », en utilisant comme référence les paramètres détaillés dans le rapport d'étude PSHA d'EDF [1]. Pour ce nouveau calcul PSHA, EDF révisera uniquement les paramètres mentionnés dans la présente annexe.

Concernant les poids affectés aux hypothèses de zonage dans l'arbre logique, **EDF devra adopter une pondération équivalente pour chacun de ces zonages sismotectoniques : GEOTER (1/3), EDF (1/3) et IRSN (1/3).**

Concernant le paramètre Mmax, EDF a retenu dans son arbre logique initial deux méthodes pour estimer la Mmax des séismes pouvant survenir dans les zones sismotectoniques. La méthode « Mmax-SHARE », adoptant les gammes de valeurs utilisées dans le cadre du projet européen SHARE [2] en se fondant sur un découpage de l'Europe par grands domaines tectoniques, a été appliquée uniquement au zonage IRSN. La méthode « Mmax-EDF », définissant les gammes de valeur en regroupant par domaines des zones similaires du point de vue des déformations à l'échelle de la France, a été appliquée aux zonages EDF et GEOTER. Par construction de l'arbre logique, cette méthode était donc affectée d'une pondération de 75% contre 25% pour la méthode « Mmax-SHARE ». **Pour ce nouveau calcul PSHA, EDF devra dissocier les hypothèses de Mmax et de zonage dans son arbre logique et appliquer ainsi les deux méthodes d'estimation de Mmax (SHARE et EDF) à chaque zonage sismotectonique. EDF devra également appliquer un poids de 0,75 aux magnitudes maximales « Mmax-SHARE » et de 0,25 aux magnitudes maximales « Mmax-EDF ».**

L'arbre logique correspondant aux hypothèses d'EDF modifiées pour la réalisation des nouveaux calculs PSHA est illustré sur la . Les autres paramètres des calculs de PSHA analysés dans le cadre de la réunion du Groupe permanent d'experts du 28 janvier 2016 resteront inchangés. EDF calculera sur cette base de nouveaux spectres d'aléa uniforme pour une période de retour de 20 000 ans, pour la moyenne ainsi que pour la médiane et les fractiles 16% et 84%, indicateurs de la variabilité des résultats PSHA. Afin de permettre une analyse des résultats, EDF réalisera aussi pour trois fréquences spectrales (1 Hz, 5 Hz, et PGA) des désagrégations de l'aléa pour la période de retour 20 000 ans. Ces désagrégations seront exprimées en termes de contribution par source (zone) et en termes de contribution par intervalle de (magnitude, distance, epsilon).

EDF transmettra les fichiers d'entrée du code de calcul PSHA (au format CRISIS) ainsi que les fichiers numériques au format Excel contenant les graphiques et les valeurs tabulées obtenues pour les courbes d'aléa à différentes fréquences spectrales, les spectres d'aléa uniforme ainsi que les désagrégations demandées.

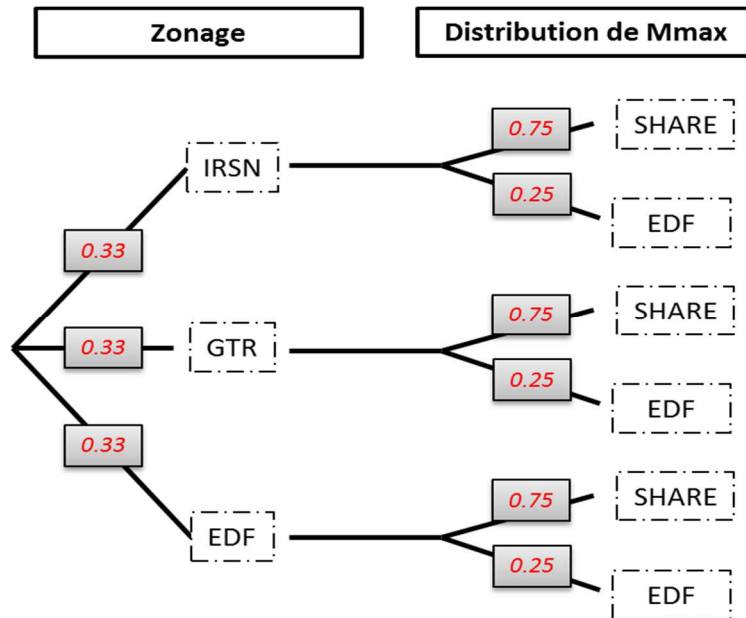


Figure 1 : Schéma de l'arbre logique reportant les hypothèses de zonage et de Mmax et les pondérations associées pour les nouveaux calculs PSHA à réaliser

2 Compléments pour le site du Tricastin

Pour le nouveau calcul PSHA du site du Tricastin, EDF révisera également les paramètres clés de son modèle par failles (vitesses de glissement, segmentation et géométrie des failles) mentionnés ci-après.

Concernant le modèle « par faille » (poids de 0,4) retenu dans l'arbre logique initial d'EDF comme alternative aux modèles « par zone » (poids de 0,6), EDF a sélectionné la faille de Nîmes, le chevauchement du Ventoux, la faille des Cévennes et une faille hypothétique pour expliquer le fonctionnement de l'essai de sismicité du Tricastin. **Pour son nouveau calcul PSHA, EDF devra compléter son modèle pour y ajouter l'ensemble des segments des failles de Nîmes, de Ventoux-Lure et des Cévennes.** Pour cela, EDF utilisera comme référence les informations sur la cartographie et la géométrie des failles en profondeur disponibles dans le rapport d'étude PSHA d'EDF [1] et, à défaut, celles issues des travaux cités en référence [3], [4] et [5]. **EDF devra également retenir les vitesses de glissement déduites de l'analyse des publications issues des observations réalisées localement. Ces vitesses de glissement sont reportées dans le Tableau 1.** Compte tenu des incertitudes inhérentes à la détermination des vitesses de glissement, une distribution de probabilité uniforme entre les valeurs de glissement minimales et maximales devra être adoptée.

Nom	Valeur minimale de vitesse de glissement	Référence	Valeur maximale de vitesse de glissement	Références
Faille de Nîmes	0,01 mm/an	Analogie avec la faille de la Moyenne Durance (Cushing et <i>al.</i> , 2008) [6]	0,09 mm/an	Schlupp et <i>al.</i> (2001) [7]
Faille des Cévennes	0,01 mm/an	Analogie avec la faille de la Moyenne Durance (Cushing et <i>al.</i> , 2008) [6]	0,06 mm/an	Bishop et <i>al.</i> (1989) [8]
Chevauchement du Ventoux-Lure	0,01 mm/an	Analogie avec la faille de la Moyenne Durance (Cushing et <i>al.</i> , 2008) [6]	0,1 mm/an	Clément et <i>al.</i> (2004) [9] Dutour et <i>al.</i> (2002) [10] Champion et <i>al.</i> (2000) [11]

Tableau 1 : Synthèse des valeurs de vitesses de glissement des failles à retenir pour les nouveaux calculs PSHA à réaliser pour le site du Tricastin

3 Cahier des charges pour le site de Fessenheim

Pour le nouveau calcul PSHA du site de Fessenheim, EDF révisera également les paramètres clés de son modèle par failles (vitesses de glissement, segmentation et géométrie des failles) mentionnés ci-après.

Concernant le modèle « par faille » (poids de 0,4) retenu dans l'arbre logique initial d'EDF comme alternative aux modèles « par zone » (poids de 0,6), EDF a sélectionné la faille bordière est du Fossé Rhénan et le segment sud de la faille du Rhin. **EDF devra compléter son modèle pour y ajouter la faille du Rhin Nord, la faille de Weinstetten et la faille de Lehen-Schonberg.** Pour cela, EDF utilisera comme référence les informations sur la cartographie et la géométrie des failles en profondeur disponibles dans le rapport d'étude PSHA d'EDF [1]. **EDF devra également retenir les vitesses de glissement déduites de l'analyse des publications issues des observations réalisées localement. Ces vitesses de glissement sont reportées dans le Tableau 2.** Compte tenu des incertitudes inhérentes à la détermination des vitesses de glissement, une distribution de probabilité uniforme entre les valeurs de glissement minimales et maximales devra être adoptée.

Nom	Valeur minimale de vitesse de glissement	Référence	Valeur maximale de vitesse de glissement	Références
Faille du Rhin sud	0,01 mm/an	Analogie avec le fossé du Rhin inférieur (Vanneste et al., 2013) [12]	0,07 mm/an	Nivière et al (2008) [13]
Faille du Rhin nord	0,01 mm/an	Analogie avec le fossé du Rhin inférieur (Vanneste et al., 2013) [12]	0,07 mm/an	Nivière et al (2008) [13]
Faille de Weinstetten	0,01 mm/an	Analogie avec le fossé du Rhin inférieur (Vanneste et al., 2013) [12]	0,18 mm/an	Nivière et al (2008) [13]
Faille de Lehen-Schonberg	0,04 mm/an	Analogie avec le fossé du Rhin inférieur (Vanneste et al., 2013) [12]	0,1 mm/an	Nivière et al (2008) [13]
Faille bordière est	0 mm/an	Nivière et al (2008) [13]	0,08 mm/an	Rapport EDF : GTR/EDF/0514-1170 [1]

Tableau 2 : Synthèse des valeurs de vitesses de glissement des failles à retenir pour les nouveaux calculs PSHA à réaliser pour le site de Fessenheim

Références du cahier des charges

- [1] Rapport EDF - GTR/EDF/0514-1170 Volume 1, 29/09/2014 – « Évaluation probabiliste de l'aléa sismique pour 19 sites nucléaires EDF dans le cadre du noyau dur – Volume 1 : rapport de synthèse ».
- [2] Collaborative EU-FP7 Giardini, D. et al. - Online Data Resource, doi:10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013 - « Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE) ».
- [3] Terrier, M. Rapport - BRGM/RP-5315-FR, 2004 - « Identification et Classification des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Phase 2 : Analyse et synthèse des connaissances actuelles sous la forme de fiches descriptives des failles » [342 p.].
- [4] Terrier, M. Rapport - BRGM/RP-5315-FR, 2004 - « Identification et Classification des failles actives de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Phase 2 : Fiches descriptives des failles partie 2» [322 p.].
- [5] NEOPAL : Base de données des déformations récentes et paléoséismes : www.neopal.net
- [6] Cushing, E.M., Bellier, O., Nechtschein, S., Sébrier, M., Lomax, A., Volant, P.H., Dervin, P., Guignard, P., Bove, L. (2008). A multidisciplinary study of a slow-slipping fault for seismic hazard assessment: The example of the Middle Durance Fault (SE France). *Geophysical Journal International*, 172 (3), pp. 1163-1178.
- [7] Schlupp, A., Clauzon, G., Avouac, J.-P. (2001). Post Messinian movement along the Nîmes fault: Implications for the seismotectonics of Provence (France) [Mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes: Implications pour la sismotectonique de la Provence]. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 172 (6), pp. 697-711.
- [8] Bishop, P., Bousquet, J.-C. (1989). The Quaternary terraces of the Lergue River and activity of the Cevennes Fault in the lower Herault valley (Languedoc), southern France. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 33 (4), pp. 405-415.
- [9] Clément, C., Scotti, O., Bonilla, L.F., Baize, S., Beauval, C. (2004). Zoning versus faulting models in PSHA for moderate seismicity regions preliminary results for the tricastin nuclear site, France? *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 45 (3), pp. 187-204.
- [10] Dutour, A., Philip, H., Jaurand, E., Combes, P. (2002). Evidence of reverse faulting and coseismic surface ruptures in Würm colluvial deposits from the Mt Ventoux northern slope (Western Provence, France) [Mise en évidence de déformations en faille inverse avec ruptures de surface cosismiques dans des dépôts colluviaux würmiens du versant nord du mont Ventoux (Provence occidentale, France)]. *Comptes Rendus - Geoscience*, 334 (11), pp. 849-856.
- [11] Champion, C., Choukroune, P., Clauzon, G. (2000). Post Miocene deformation of Western Provence [La déformation post-Miocène en Provence occidentale]. *Geodinamica Acta*, 13 (2-3), pp. 67-85.
- [12] Vanneste, K., Camelbeeck, T., Verbeeck, K. (2013). Model of composite seismic sources for the Lower Rhine Graben, northwest Europe. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103 (2 A), pp. 984-1007.
- [13] Nivière, B. et al. (2008). Active tectonics of the southeastern Upper Rhine Graben, Freiburg area (Germany). *Quaternary Science Reviews*, 27(5-6), p. 541-555.