

Rapport d'enquête

Sur l'explosion d'une chaudière
biomasse survenue au sein d'un
site exploité par APEE sur la
commune d'Aix-en-Provence (13)
le 29 septembre 2023

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI)

Titre du document : rapport d'enquête sur l'explosion d'une chaudière biomasse survenue au sein d'un site exploité par APEE à Aix-en-Provence (13) le 29 septembre 2023

N° : MTE-BEARI-2024-004

Date du rapport : 16/10/2024

Proposition de mots-clés : Explosion, chaudière, chaufferie, biomasse, ESP, équipement sous pression.

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Au titre de ce rapport on entend par :

- Cause de l'accident : toute action ou événement de nature technique ou organisationnelle, volontaire ou involontaire, active ou passive, ayant conduit à la survenance de l'accident. Elle peut être établie par les éléments collectés lors de l'enquête, ou supposée de manière indirecte. Dans ce cas le rapport d'enquête le précise explicitement.
- Facteur contributif : élément qui, sans être déterminant, a pu jouer un rôle dans la survenance ou dans l'aggravation de l'accident.
- Enseignement de sécurité : élément de retour d'expérience tiré de l'analyse de l'évènement. Il peut s'agir de pratiques à développer car de nature à éviter ou limiter les conséquences d'un accident, ou à éviter car pouvant favoriser la survenance de l'accident ou aggraver ses conséquences.
- Recommandation de sécurité : proposition d'amélioration de la sécurité formulée par le BEA-RI, sur la base des informations rassemblées dans le cadre de l'enquête de sécurité, en vue de prévenir des accidents ou des incidents. Cette recommandation est adressée, au moment de la parution du rapport définitif, à une personne physique ou morale qui dispose de deux mois à réception, pour faire part au BEA des suites qu'elle entend y donner. La réponse est publiée sur le site du BEA-RI.

Synthèse

Le vendredi 29 septembre 2023, deux techniciens en charge de la maintenance des chaudières biomasse et de la cogénération, de la chaufferie urbaine alimentant le réseau de chaleur géré par APEE (filiale 100% ENGIE Solutions) sur la commune d'Aix-en-Provence (13), débutent leur journée vers 8h00, afin de réaliser les opérations hebdomadaires de maintenance préventive en amont du week-end.

À l'occasion de cet arrêt planifié de la chaudière, les deux techniciens réalisent une opération de maintenance curative. Cette dernière consistait à réparer une fuite constatée quelques semaines auparavant au niveau de l'un des deux moteurs de la pompe du circuit de refroidissement de la goulotte d'introduction de la biomasse. Cette opération n'avait jamais été réalisée auparavant.

Alors que l'arrêt est réalisé depuis moins de deux heures, une explosion se produit et entraîne le décès de l'un des deux techniciens qui se trouve à ce moment dans le bâtiment à proximité de la chaudière.

Différents facteurs ont conduit à l'accident étudié dans ce rapport d'enquête tels que l'absence de dispositifs de sécurité sur l'élément en cause et d'analyse des risques de l'opération engagée, la formation, la mauvaise connaissance du fonctionnement de l'équipement et des dangers associés.

À l'issue de cette enquête, le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'exploitant et au fabricant de la chaudière :

À destination de l'exploitant :

- Renforcer la formation initiale et de maintien des acquis des opérateurs intervenant sur les chaudières biomasse, sur le volet risque, en créant des scénarios pédagogiques adaptés pour les machineries et appareillages du groupe ;
- Renforcer la sécurité des interventions sur les chaudières biomasse :
 - En déclinant les modes opératoires pour les opérations de contrôle, d'entretien voire de maintenance courante et préciser à cette occasion l'état de fonctionnement de la chaudière (en fonctionnement, alimentation stoppée, à l'arrêt complet) ;
 - Pour les autres interventions (qui n'auraient pas été identifiées comme courantes) en procédant à une analyse des risques préalable et en élaborant un protocole d'intervention validé par un tiers qui dispose de la compétence technique et du temps pour le faire.
- Réaliser un état des lieux au niveau d'ENGIE Solutions pour identifier les chaudières disposant de circuits de refroidissement qui peuvent être isolés et équiper ces circuits de dispositifs de sécurité pour prévenir le risque d'explosion en cas de mauvaise manipulation ;
- Veiller à la présence constante des marquages d'indication des dangers liés aux mauvaises manipulations de la machine.

À destination du fabricant de la chaudière :

- Sur le parc de chaudières en fonctionnement équipées de goulotte refroidie par un circuit isolable :
 - Rappeler aux exploitants de ces chaudières, les précautions nécessaires pour travailler en sécurité et isoler la goulotte ;

- Proposer à chaque exploitant une solution de sécurisation de son installation par la pose de dispositif de limitation de la pression ou par la pose d'un dispositif d'alerte informant l'opérateur d'un fonctionnement dangereux.
- Sur les nouvelles machines, opter pour une solution de goulotte qui ne puisse pas être isolée hydrauliquement où équiper les goulottes possédant un circuit de refroidissement pouvant être isolé, d'une soupape de surpression ;
- Compléter le volet sécurité de la formation délivrée aux clients, par un focus sur les risques inhérents aux interventions.

Sommaire

I.	Rappel sur l'enquête de sécurité	8
II.	Constats immédiats et engagement de l'enquête	8
	II.1 Les circonstances de l'accident.....	8
	II.2 Le bilan de l'accident.....	9
	II.3 Les mesures prises après l'accident	10
	II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	10
III.	Contextualisation.....	10
	III.1 L'entreprise	10
	III.2 Supervision, exploitation et maintenance.....	11
	III.3 Le site d'Encagnane	12
	III.4 La chaudière biomasse	13
	III.4.1 La goulotte d'introduction des plaquettes.....	15
	III.4.2 Situation réglementaire de l'équipement.....	16
	III.4.2.1 La conception de la chaudière.....	16
	III.4.2.2 Etat des lieux des types de chaudières détenues par ENGIE Solutions	18
	III.4.2.3 La notice d'instruction de la chaudière	19
IV.	Déroulement de l'évènement	19
	IV.1 Déclenchement de l'évènement	19
	IV.2 L'intervention des secours publics	22
V.	Compte-rendu des investigations menées	22
	V.1 Reconnaissance de terrain.....	22
	V.1.1 La goulotte d'introduction des plaquettes de bois.....	22
	V.1.2 Etude de la notice d'instruction.....	25
	V.1.3 Les éléments importants extraits des témoignages recueillis.....	26
	V.1.4 La formation des techniciens concernant le fonctionnement de la chaudière	27
	V.2 Analyse de l'inspection des installations classées.....	27
	V.3 Analyse de l'INERIS sur le scénario retenu par le BEA-RI	28
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	29
	VI.1 Scénario.....	29
	VI.2 Facteurs contributifs	30
	VI.2.1 Une mauvaise connaissance des dangers de l'équipement et des mesures de prévention	30
	VI.2.2 L'absence de mode opératoire et d'analyse de risque préalable.....	30
	VI.2.3 La formation des techniciens	31
	VI.2.4 L'absence de dispositifs de sécurité.....	31
	VI.2.5 La culture de l'optimisation de l'outil.....	31
VII.	Enseignements de sécurité.....	32
	VII.1 Les risques liés aux chaudières biomasse.....	32
	VII.2 Sécurisation des goulottes d'introduction des plaquettes.....	32
	VII.3 Le retrait des poignées : une barrière de sécurité à l'efficacité limitée	32
VIII.	Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant et du fabricant de la chaudière.....	33

VIII.1 A destination de l'exploitant	33
VIII.2 A destination du fabricant de la chaudière.....	33
IX. Annexes.....	34
Annexe 1 Rapport de l'INERIS.....	35

Rapport d'enquête

Sur l'explosion d'une chaudière biomasse survenue au sein d'un site exploité par APEE à Aix-en-Provence (13) le 29 septembre 2023

I. Rappel sur l'enquête de sécurité

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement. Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents.

Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité.

Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

II. Constats immédiats et engagement de l'enquête

II.1 Les circonstances de l'accident

Le vendredi 29 septembre 2023, deux techniciens interviennent sur l'une des deux chaudières biomasse de 8,9 MW de la chaufferie urbaine alimentant le réseau de chaleur et gérée par APEE, dans le quartier d'Encagnane, sur la commune d'Aix-en-Provence (13).

Vers 10h30, alors qu'une séquence d'arrêt a été engagée et que la chaudière n'est plus alimentée depuis quelques heures, une explosion se produit alors qu'un technicien se trouve dans le bâtiment à proximité de la chaudière.



Photographie 1 : Vue du bâtiment à droite abritant les 2 chaudières biomasse du site APEE

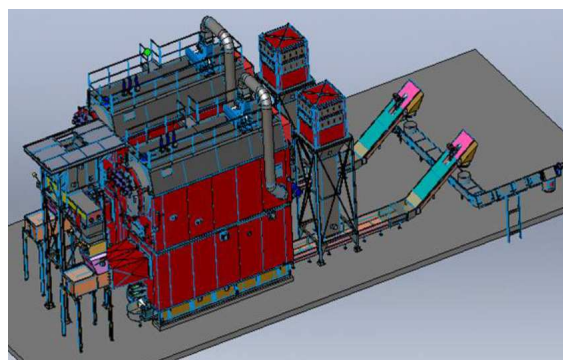


Figure 1 : Schéma des 2 chaudières de marque COMPTE.R

II.2 Le bilan de l'accident

Sur le plan humain, l'opérateur qui était présent à l'intérieur du bâtiment au moment de l'explosion et qui intervenait sur la chaudière, est décédé sur le coup. Six autres techniciens étaient présents sur le site. Ils n'ont pas été directement impactés par l'explosion.

Les dégâts ont été circonscrits au local abritant les deux chaudières biomasse du bâtiment dédié à ce combustible et l'explosion n'a généré aucun dégât à l'extérieur du bâtiment.

La chaudière concernée est hors d'usage et la production a été reportée sur les unités gaz qui se trouvent, pour l'une dans le bâtiment voisin non impacté, et pour les autres sur d'autres quartiers de la ville, dans l'attente d'une installation de production de chaleur provisoire.

Au niveau du bâtiment biomasse, les enquêteurs ont constaté que :

- La façade extérieure présentait des désordres sans qu'il soit possible de les lier à l'explosion ;
- Une grille de ventilation était sortie de son emplacement sans qu'il soit établi qu'elle ait été projetée par l'effet de souffle.

La structure de poutrelles en acier qui supportait la partie de la chaudière impliquée dans l'explosion a, sous l'effet de celle-ci, été déformée et déplacée de quelques centimètres.



Photographie 2



Photographie 3



Photographie 4

Les photographies de gauche et du centre montrent deux des pieds de la structure en acier qui supportent les éléments auxiliaires de la chaudière ainsi que les passerelles d'accès aux étages, s'étant déplacés de plusieurs centimètres. À droite, des dégradations légères en façade.

II.3 Les mesures prises après l'accident

Un arrêté préfectoral de mesures d'urgence a été pris par le Préfet des Bouches-du-Rhône le 4 octobre 2023, imposant notamment la mise à l'arrêt immédiate de l'exploitation du bâtiment des chaudières fonctionnant à la biomasse.

La chaudière biomasse n°1, située au sein du bâtiment endommagé et à quelques mètres de celle ayant explosé, mais n'ayant pas été impliquée dans l'explosion, n'a pas été remise en service en attendant le déroulement de l'expertise judiciaire et des expertises techniques permettant de déterminer son éventuel redémarrage.

L'ensemble de l'installation a été mis sous scellés judiciaires dans le cadre de l'enquête ouverte par le parquet.

II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé de l'ouverture d'une enquête technique.

Une enquête judiciaire ayant été ouverte, les enquêteurs du BEA ont pris attache de l'autorité judiciaire afin de se coordonner. Leur visite sur site s'est déroulée en simultané avec celle de l'expert judiciaire nommé dans le cadre de cette affaire.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont donc rendus sur site le jeudi 7 décembre 2023 afin de procéder aux premières investigations du bâtiment impliqué.

Plusieurs échanges par visioconférence et en présentiel ont également été réalisés avec des représentants de l'entreprise ENGIE Solutions et de la société COMPTE.R qui a fabriqué la chaudière.

Ils ont recueilli les témoignages et les déclarations des acteurs impliqués dans l'évènement et dans sa gestion. Ils ont eu, consécutivement à ces entretiens et aux réunions techniques organisées par la suite, communication des pièces et documents nécessaires à leur enquête.

III. Contextualisation

III.1 L'entreprise

La société APEE (Aix-en-Provence Energie Environnement) est une filiale à 100% d'ENGIE solutions créée spécifiquement, dans le cadre d'une Délégation de Service Public (DSP)¹, pour exploiter le réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence et pour concevoir, réaliser et exploiter une chaudière biomasse sur le site d'Encagnane, pour une durée de 12 ans.

La production de chaleur d'Aix-en-Provence est produite par 3 chaufferies alimentant un réseau long de 25 km possédant 154 postes de livraison :

- Encagnane : biomasse, chaudière gaz et cogénération ;

¹ La Délégation de Service Public (DSP) est un contrat par lequel une collectivité confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire (public ou privé) suite à un appel d'offre. Dans le cadre d'APEE, ce contrat concerne le réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence.

- Fenouillères : Cogénération et gaz en appoint ;
- Hauts-de-provence : chaudière gaz.

La société est titulaire du marché et de toutes les autorisations nécessaires à la construction (permis de construire, autorisation de raccordement, ...) et l'exploitation des sites de production d'énergie et du réseau de chaleur attendant. La société contractualise avec l'ensemble de ses clients fournisseurs et prestataires.

Par ailleurs, APEE, qui ne dispose d'aucun moyen technique et humain propre, confie la gestion à proprement parler de ses installations à ENGIE Solutions. Cette entité apporte une solution technique aux besoins d'acteurs publics ou privés (industriels, collectivités, entreprises, ...) dans le domaine des économies d'énergie et de la transition énergétique en assurant la conception, le financement et l'exploitation d'infrastructures et des services associés.

ENGIE Solutions gère 900 implantations en France, emploie 50 000 collaborateurs et a réalisé 9,8 milliards € de chiffre d'affaires en 2019.

Deux directions d'ENGIE Solutions travaillent à l'exploitation du site d'Encagnane :

- La direction en charge des équipes de maintenance dont une partie des personnels est affectée au réseau de chaleur d'Aix-en-Provence ;
- La direction en charge du pilotage de la délégation de service public d'APEE.

Pour la suite du rapport, toutes les entités liées à ENGIE citées dans le rapport seront désignées sous l'appellation « ENGIE Solutions ».

III.2 Supervision, exploitation et maintenance

L'exploitation de l'unité d'Encagnane et du réseau de chaleur est assurée par des personnels d'ENGIE Solutions localisés sur le site. Ils interviennent autant que de besoin sur l'ensemble du réseau desservi et, dans certains cas, sur des installations qui sont en aval du poste de livraison si les clients ont par ailleurs souscrit un contrat de maintenance en ce sens.

Ces personnels sont appuyés par une cellule dénommée "Prédity", localisée à Lyon, qui supervise le fonctionnement des principaux réseaux de chaleur exploités par ENGIE Solutions services pour le quart sud-est du territoire métropolitain. Il s'agit d'une équipe dédiée qui supervise la production de chaleur de chaque site au moyen d'une salle de contrôle connectée à l'ensemble des réseaux. La mission de Predity consiste à optimiser les moyens de production des clients et à conseiller les équipes locales dans l'exploitation de l'installation.

Les échanges entre Predity et le responsable de site d'Encagnane sont réguliers et cadrés par des réunions hebdomadaires au cours desquelles le bilan de la semaine écoulée est analysé, et où l'on prépare la semaine à venir. Les sujets abordés peuvent être l'engagement ou le désengagement des moyens de production, les arrêts momentanés programmés ou inopinés (incidents d'exploitation), les conditions météorologiques qui sont de nature à faire évoluer la consommation des clients, les remontées des rejets atmosphériques... Ces réunions sont aussi l'occasion d'évoquer des sujets d'ordre hygiène et sécurité lors de séquences appelées "causerie de sécurité".

Les opérations d'entretien et de "petite" maintenance sont réalisées par les équipes d'ENGIE Solutions. Leur principale mission consiste à assurer la maintenance nécessaire en période de production et l'entretien des deux chaudières à bois afin que les machines fonctionnent correctement en permanence. En dehors de la période de grand arrêt de l'une des deux chaudières, ces dernières sont

arrêtées alternativement pour maintenance, en général, toutes les semaines. Les personnels d'ENGIE Solutions assurent également l'entretien de la chaufferie gaz.

Pour la maintenance qui fait appel à des compétences plus spécifiques, ENGIE Solutions fait intervenir des sociétés sous-traitantes selon les domaines (ramonage, intervention sur le changement de pièces ou de réfractaire, maintenance ou réparation sur l'hydraulique ou les vérins, l'entretien des chaînes mécaniques, convoyeurs et autres).

Ainsi, la chaudière n°2, qui a explosé, venait d'être remise en service trois semaines auparavant après presque 4 mois d'arrêt, suite à des travaux de remplacement de la tuyauterie nécessaire au passage des fumées.

La chaudière n°1 était, quant à elle, arrêtée pour des travaux similaires aux travaux déjà réalisés sur l'autre chaudière.

III.3 Le site d'Encagnane

Le site d'Encagnane est un site de production de chaleur dont la puissance thermique nominale de l'installation est de 49 MWth, qui comprend, selon les termes de l'arrêté préfectoral d'exploitation :

- Une chaufferie bois composée de 2 chaudières biomasse de 8,9 MW chacune ;
- Une chaufferie gaz comprenant 3 chaudières de 8,5 MW, 22,7 MW, et 11,6 MW en secours.

Le site relève du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique 2910-A-1. La chaufferie biomasse a été mise en service en décembre 2013.

Le site emploie un responsable de site assisté d'un contremaître, un intérimaire chargé de la gestion du bois, un apprenti et cinq opérateurs (techniciens) chargés d'entretenir la chaufferie biomasse, le réseau de chaleur et les postes de livraison. Cette équipe est chargée d'assurer les interventions sur l'ensemble du réseau et de ses clients.

Le réseau bois alimente en chauffage et eau chaude sanitaire des logements sociaux, copropriétés, bâtiments communaux, établissements de santé, bureaux, commerces, des groupes scolaires. Il consomme à ce jour un peu moins de 30 000 tonnes de bois par an.

Le réseau de chaleur géré par APEE est un réseau basse température² dont la température de l'eau est comprise entre 90 et 95°C. En plein hiver, les 2 chaudières fonctionnent à leur nominal.

² La température de l'eau d'un réseau haute température est supérieure à 110°C.

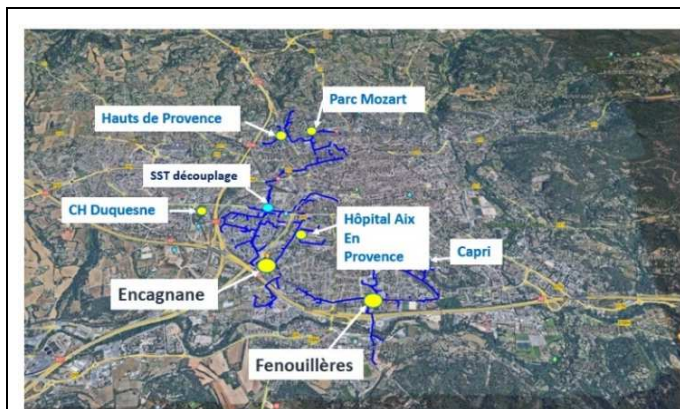


Figure 2 : Le plan du réseau géré par APEE (Source ENGIE Solutions)

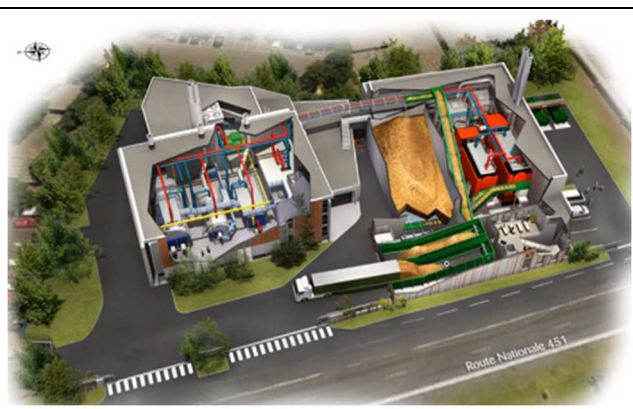


Figure 3 : Vue en coupe de la chaufferie. La chaufferie biomasse est située à droite. Les deux chaudières sont en rouge (Source ENGIE Solutions)

III.4 La chaudière biomasse

La chaudière impliquée dans l'accident a été fabriquée par la société COMPTE.R spécialisée dans la fabrication de chaudière biomasse depuis 1955. Selon les informations transmises, il existe à ce jour environ 170 installations de technologie comparable à celle qui a été impliquée dans l'accident.

Elle produit de la chaleur à partir de plaquettes de bois. Le site est approvisionné via des camions, la fréquence varie entre 8 camions par jour en plein hiver, à 6 camions par semaine en plein été. Après avoir été versée par le camion dans une trémie de dépotage, ces plaquettes de bois sont stockées dans un silo adjacent au local des chaudières qui peut contenir environ 1800 m³ de bois. Le vendredi, le dernier camion livre les dernières plaquettes de bois à 16h, ce qui permet de faire fonctionner les 2 chaudières biomasse jusqu'au lundi matin.

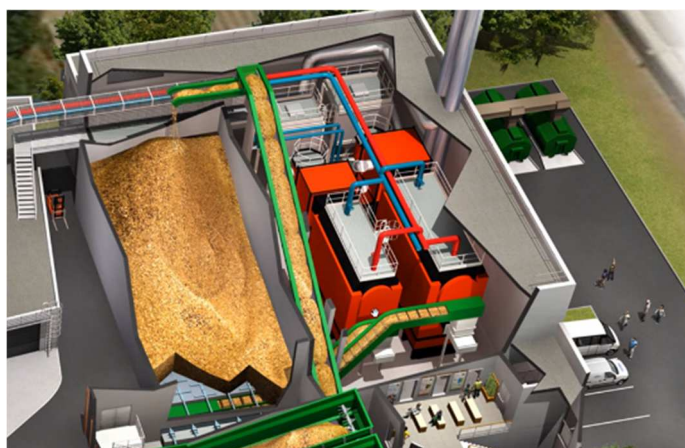
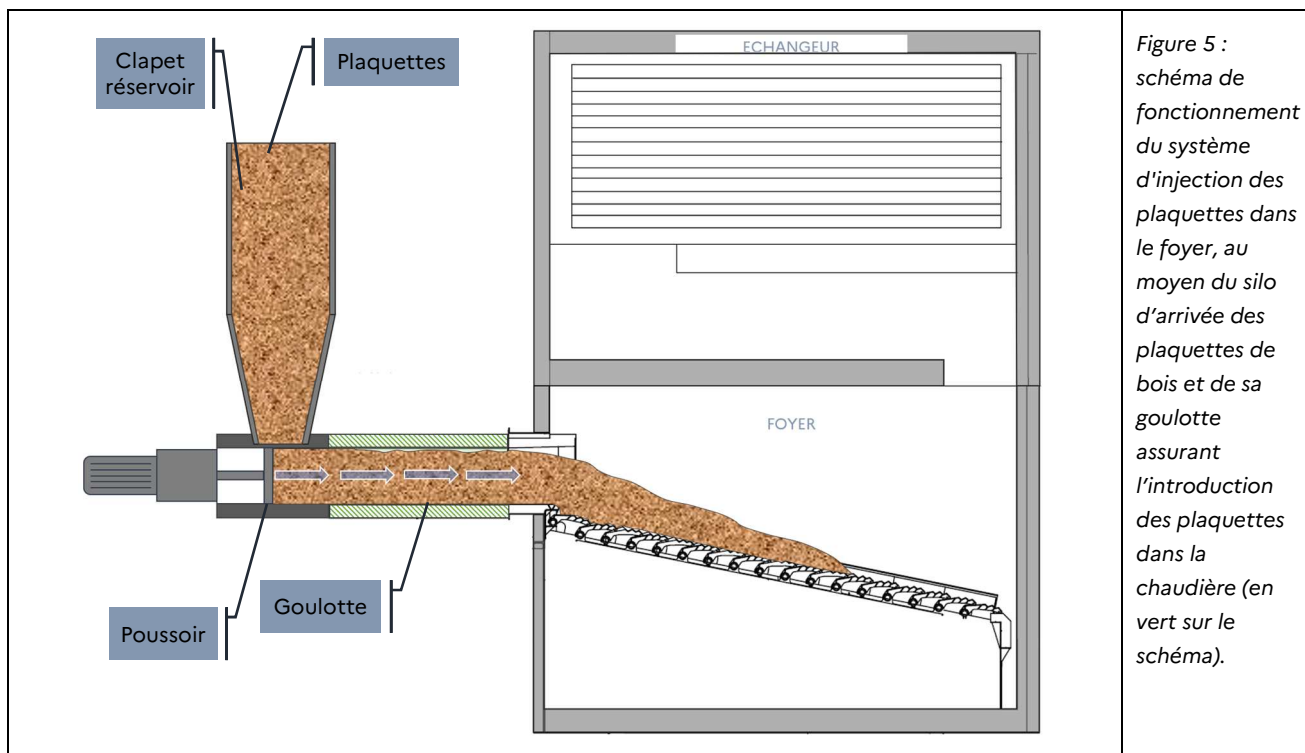


Figure 4 : Zoom sur la chaufferie biomasse, la chaudière ayant explosé est celle de droite (Source ENGIE Solutions)

Les plaquettes de bois sont transportées par convoyeur jusqu'à un silo situé dans le local des chaudières. Elles sont ensuite acheminées de manière automatique par une vis sans fin vers un réservoir équipé d'un clapet qui vient alimenter gravitairement un poussoir. Ce poussoir introduit dans une

goulotte une quantité de plaquettes qui, elles-mêmes, poussent les plaquettes qui y avaient été précédemment déposées.

À la sortie de la goulotte, les plaquettes de bois se déversent dans la chambre de combustion où elles sont brûlées. Il convient de noter que le poussoir s'arrête à l'entrée de la goulotte, si bien qu'en cas d'arrêt du poussoir, la goulotte reste pleine (cf. figure 5).



Le foyer est surmonté d'un échangeur thermique tubulaire (repère 6 de la figure 6) par lequel passent les fumées de combustion. Ces fumées sont ensuite traitées par un filtre à manche (repère 7 de la figure 6) avant d'être rejetées à la cheminée (repère 9 de la figure 6). Les cendres sont récupérées tout au long du procédé via un système de transporteur à cendres, de bennes et de bigbags qui doivent être régulièrement vidés.

L'eau du réseau de chaleur arrive à une température de 80°C environ. Elle circule au niveau des parois du foyer, dans l'échangeur thermique et, pour assurer le refroidissement de la goulotte d'introduction des plaquettes, une petite partie circule dans la double enveloppe entourant cette dernière.

Elle ressort aux alentours de 95°C. À titre d'ordre de grandeur, on retiendra que le volume d'eau présent au niveau de l'échangeur est de 22 000 L et celui au niveau du foyer de 4 000 L soit un volume total de la chaudronnerie de 26 000 L.

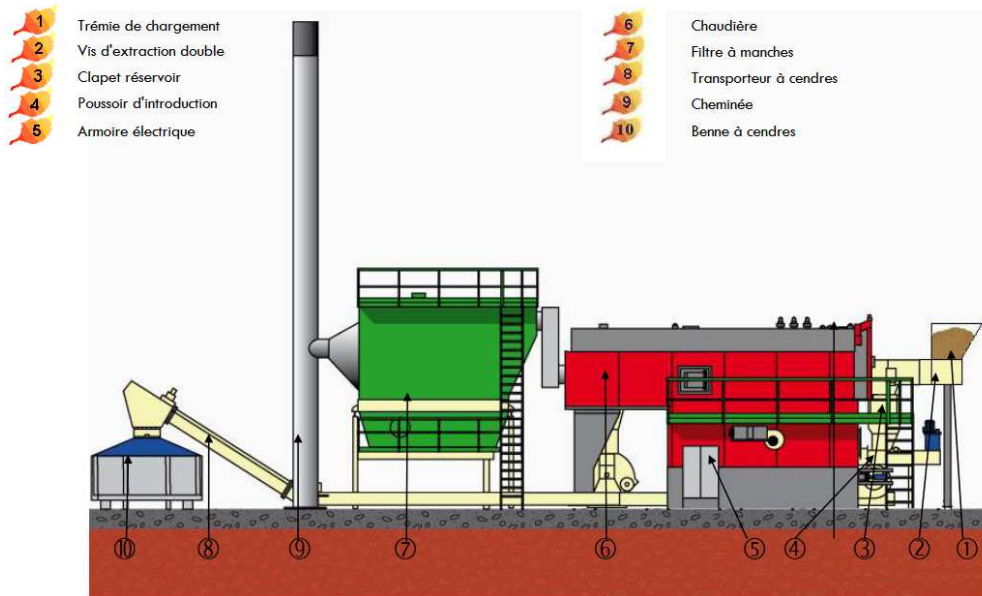


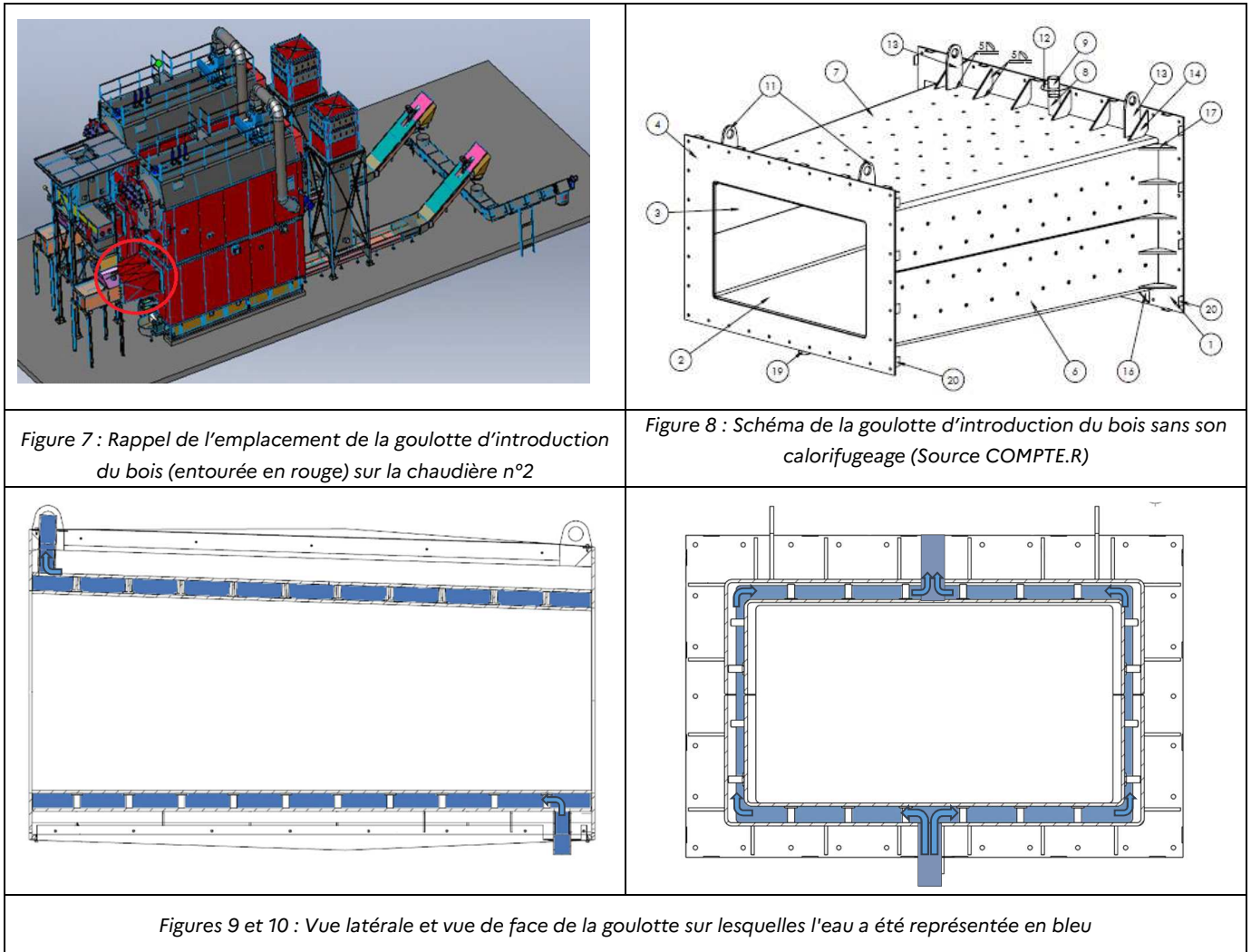
Figure 6 : Schéma de l'installation (Source Compte.R)

III.4.1 La goulotte d'introduction des plaquettes

Comme rappelé sur la figure 7, cette goulotte est située à l'entrée du foyer. Elle se compose d'une double enveloppe constituée de plaques en acier de 10 mm, pliées et soudées, séparées d'un espace de 52 mm. L'ensemble est protégé par un isolant thermique de type laine de roche et d'un carter de protection. L'espace entre les deux plaques est assuré par 162 tirants. Dans cet espace, circule de l'eau qui sert à refroidir la goulotte. Cette eau est prise par dérivation sur le circuit de la chaudière. Ce circuit permet de récupérer la chaleur qui s'accumule en partie haute du foyer et, pour partie, dans la goulotte. En outre, lorsque l'introduction de plaquettes est arrêtée (arrêt du pousoir), les plaquettes situées à la sortie de la goulotte peuvent se consumer pendant quelques heures.

Les caractéristiques du circuit d'eau de la goulotte sont les suivantes :

- Pression d'utilisation : 5,5 bar ;
- Pression maximale admissible (PS) : 6 bar ;
- Pression d'essai : 9 bar ;
- Volume d'eau approximatif : 400 L ;
- Pression de rupture de 40 bar environ (Il convient de noter que le document confirmant la pression de rupture de la goulotte ne nous a pas été communiqué par le fabricant).



III.4.2 Situation réglementaire de l'équipement

III.4.2.1 La conception de la chaudière

Outre les arrêtés préfectoraux qui encadrent le fonctionnement du site d'Encagnane au titre de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement, le BEA-RI s'est intéressé à la réglementation applicable à la conception de la chaudière au regard de ses caractéristiques principales (la pression d'utilisation, la pression de service, le volume de la chaudronnerie de 26 000L et la température de l'eau).

La notice de conformité CE émise par le fabricant et qui figure dans le manuel d'utilisation de la chaudière mentionne trois directives : la directive 2006/42/CE dite directive machine³, la directive

³ Directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE

2004/108/CE dite compatibilité électromagnétique (CEM)⁴ et la directive 2006/95/CE dite basse tension⁵.

Concernant la réglementation relative aux équipements sous pression (ESP), l'article 4 de la directive ESP⁶ (au même titre que l'article R.557-9-3 du code de l'environnement qui le transpose) vise bien *"les équipements sous pression soumis à l'action de la flamme ou chauffés d'une autre façon présentant un risque de surchauffe **mais limite son champ aux équipements prévus pour la production de vapeur ou d'eau surchauffée à une température supérieure à 110 °C lorsque le volume est supérieur à 2L, ainsi que tous les autocuiseurs**"* (annexe II, tableau 5 de la directive ESP).

La température du réseau étant inférieure au seuil de 110°C, la chaudière d'Aix ne relève pas de cette catégorie.

En outre, une lecture plus globale du même article 4 conduit à conclure que la chaudière entre dans la catégorie des équipements dont la conception relève simplement des règles de l'art et de la réglementation nationale. La chaudière n'est donc pas soumise à la directive relative aux équipements sous pression (ESP). Elle est ainsi non soumise aux contraintes réglementaires suivantes :

- Marquage CE ;
- Obligation du fabricant L 557-17 du code de l'environnement ;
- Obligation de satisfaire aux exigences essentielles de sécurité L.557-1 et R.557-9-4 du code de l'environnement, renvoi à l'annexe I de la directive et donc au point 2.10 "Protection contre le dépassement des limites admissibles des équipements sous pression" : *"Lorsque, dans des conditions raisonnablement prévisibles, les limites admissibles pourraient être dépassées, les équipements sous pression doivent être équipés ou prévus pour être équipés de dispositifs de protection adéquats, à moins que la protection ne soit assurée par d'autres dispositifs de protection intégrés dans l'ensemble"*.

Par conséquent, la chaudière est soumise à la directive machine de par le convoyeur présent nécessaire au transport des plaquettes de bois, et tel que cela est visé par le fabricant dans sa notice d'utilisation.

La directive machine ne prévoit pas explicitement de dispositif de sécurité en matière de prévention du risque d'explosion. Elle exige néanmoins du fabricant qu'il procède à une évaluation des risques *"afin de déterminer les exigences de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine. La machine doit ensuite être conçue et construite en prenant en compte les résultats de l'évaluation des risques"*⁷. Ce processus d'évaluation et de réduction du risque doit tenir compte de l'usage normal et de tout mauvais usage raisonnablement prévisible.

⁴ Directive 2004/108/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 relative au rapprochement des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique et abrogeant la directive 89/336/CEE

⁵ Directive 2006/95/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de tension

⁶ Directive 2014/68/UE du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché des équipements sous pression

⁷ Principes généraux de l'annexe I "Exigences essentielles de santé et de sécurité relatives à la conception et à la construction des machines"

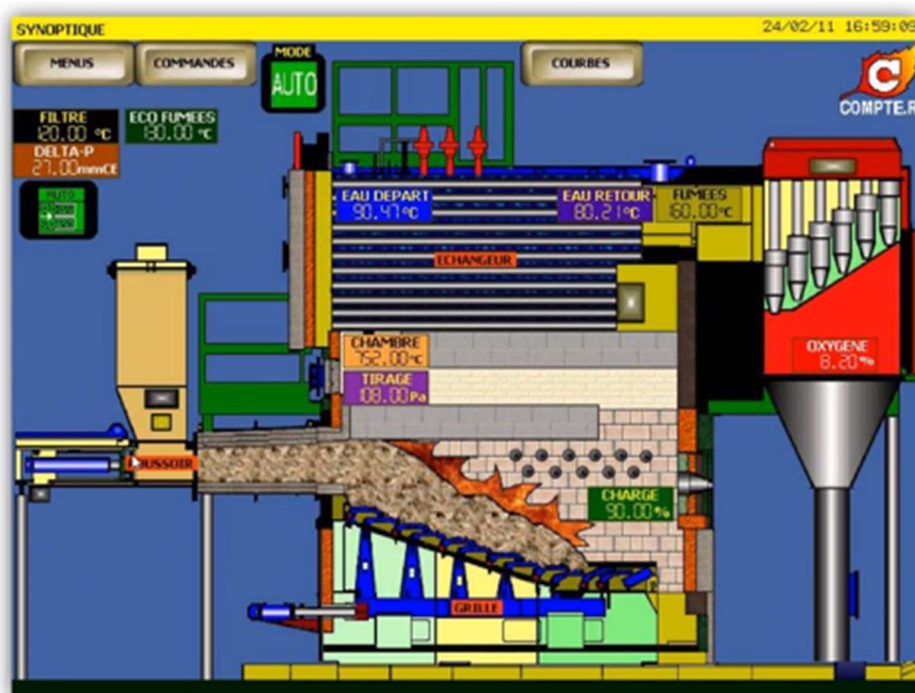


Figure 11 : Vue de coupe de la chaudière biomasse :
À gauche : goulotte d'amenée du bois avec son poussoir, le puits à cendres est situé juste dessous
Au centre : L'échangeur est situé en partie haute, le four à combustion en partie basse et des ventilateurs positionnés sous la grille introduisent de l'air
À droite : L'extracteur de fumées

III.4.2.2 État des lieux des types de chaudières détenues par ENGIE Solutions

Sur le périmètre de la région AURA – PACA⁸ dont ENGIE Solutions a la charge, l'état des lieux réalisé à la suite de l'accident dénombre 32 chaudières biomasse avec les caractéristiques suivantes :

Fabricant	Nombre de chaudières	Type de circuit de refroidissement de la goulotte	Présence de vannes sur le circuit	Présence de soupape de surpression	Période de mise en service
COMPTE.R	5	Sans goulotte refroidie	-	-	2010 à 2014
COMPTE.R	14	Avec goulotte refroidie	Oui	Non	2009 à 2015
COMPTE.R	3	Avec goulotte refroidie	Oui	Oui	Depuis 2020
LEROUX ET LOTZ	4	Sans goulotte refroidie	-	-	
WEISS	2	Sans goulotte refroidie	-	-	
SB THERMIQUE	1	Sans goulotte refroidie	-	-	
SCHMID	3	Avec goulotte refroidie	Non	Non	

Cet état des lieux montre que la question de l'introduction mécanique des plaquettes dans le foyer est traitée différemment entre les constructeurs de chaudière et que, par conséquent, les risques liés aux opérations d'exploitation et de maintenance ne sont pas les mêmes d'un site à l'autre. Nous pouvons noter également que le circuit de refroidissement de la goulotte a évolué au fil du temps chez le constructeur COMPTE.R.

⁸ Auvergne Rhône Alpes – Provence Alpes Côte d'Azur

III.4.2.3 La notice d'instruction de la chaudière

La notice d'instruction est un document de près de 900 pages dans lequel figure toute la documentation nécessaire à l'exploitation, au contrôle et à la maintenance de la chaudière. On y retrouve les instructions pour les différentes fonctions de la machine (le stockage et l'alimentation en combustible, l'évacuation des cendres, la production d'eau chaude, la gestion des cendres et des fumées) et toute la documentation concernant les équipements de la chaudière (moteurs, moto-réducteurs, servomoteurs, automate, capteurs et instrumentations, compresseurs, ventilateurs, ...).

IV. Déroulement de l'évènement

IV.1 Déclenchement de l'évènement

Le vendredi 29 septembre, la chaudière n°2 fonctionne autour de 5/6 MW utiles. La chaudière n°1 est à l'arrêt de son côté.

Deux techniciens d'ENGIE Solutions en charge de la maintenance des chaudières biomasse et de la cogénération, débutent leur journée du vendredi vers 8h, afin de réaliser les opérations hebdomadaires de maintenance préventive en amont du week-end.

Ils commencent par les opérations de maintenance prévues dans le bâtiment de la chaudière gaz puis poursuivent avec celles du bâtiment des chaudières biomasse, dans lequel ils arrivent vers 8h30.

La chaudière biomasse n°1 est ainsi arrêtée à 8h50.

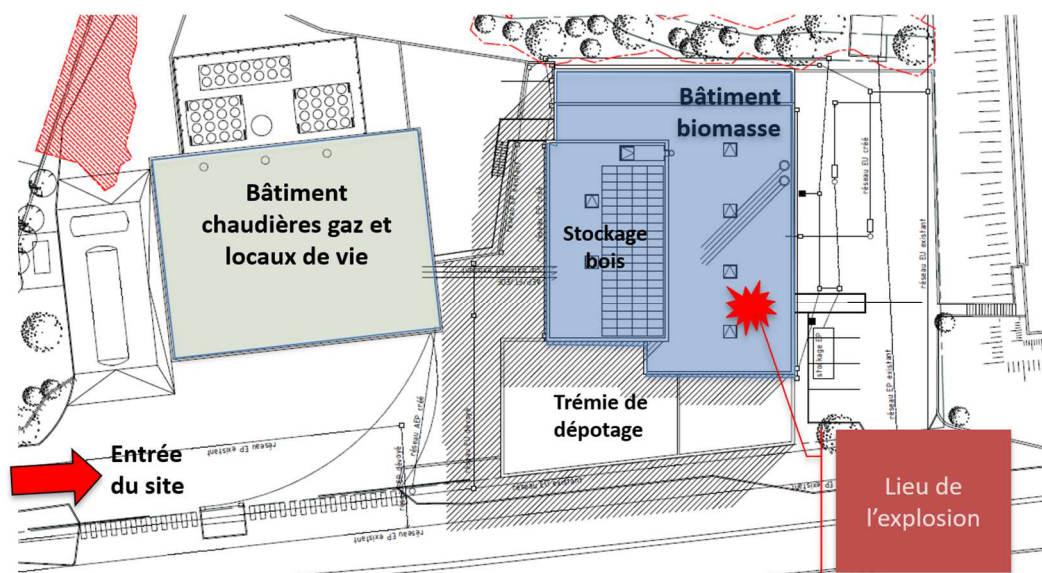
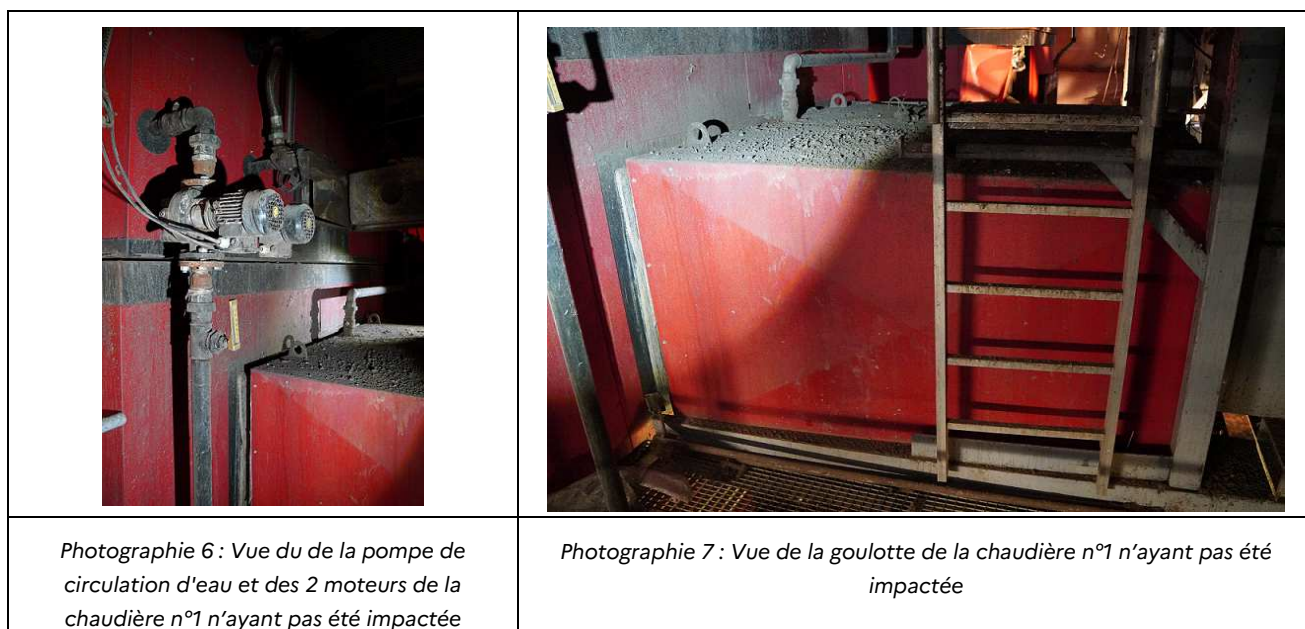


Figure 12 : Localisation du lieu de l'explosion dans le bâtiment contenant les 2 chaudières biomasse (étoile en rouge)

L'arrêt de la chaudière provoque l'arrêt de l'introduction de bois et de la filtration des fumées mais pas de l'extraction, qui peut être arrêtée manuellement après une temporisation ou automatiquement au bout de 24h. La durée d'arrêt des chaudières doit ainsi être réduite afin de limiter la perte de rendement et d'éviter des émissions de fumées à l'atmosphère. Ces dernières peuvent effectivement

avoir lieu lors de la phase de redémarrage lorsque les chaudières sont arrêtées trop longtemps et peuvent générer de ce fait des plaintes du voisinage⁹.

Dans un second temps, les 2 techniciens souhaitent profiter de cet arrêt pour réaliser une opération de maintenance curative. Cette dernière consiste à réparer une fuite qui a été constatée le 6 septembre 2023, au niveau d'un des deux moteurs de la pompe du circuit de refroidissement de la goulotte d'introduction de la biomasse. Cette fuite ne présente pas de gravité particulière mais les projections d'eau endommagent les équipements à proximité dont notamment le moteur du ventilateur d'air primaire situé sous le foyer. La fuite a nécessité la pose de bâches de protection dans l'attente de la réparation.

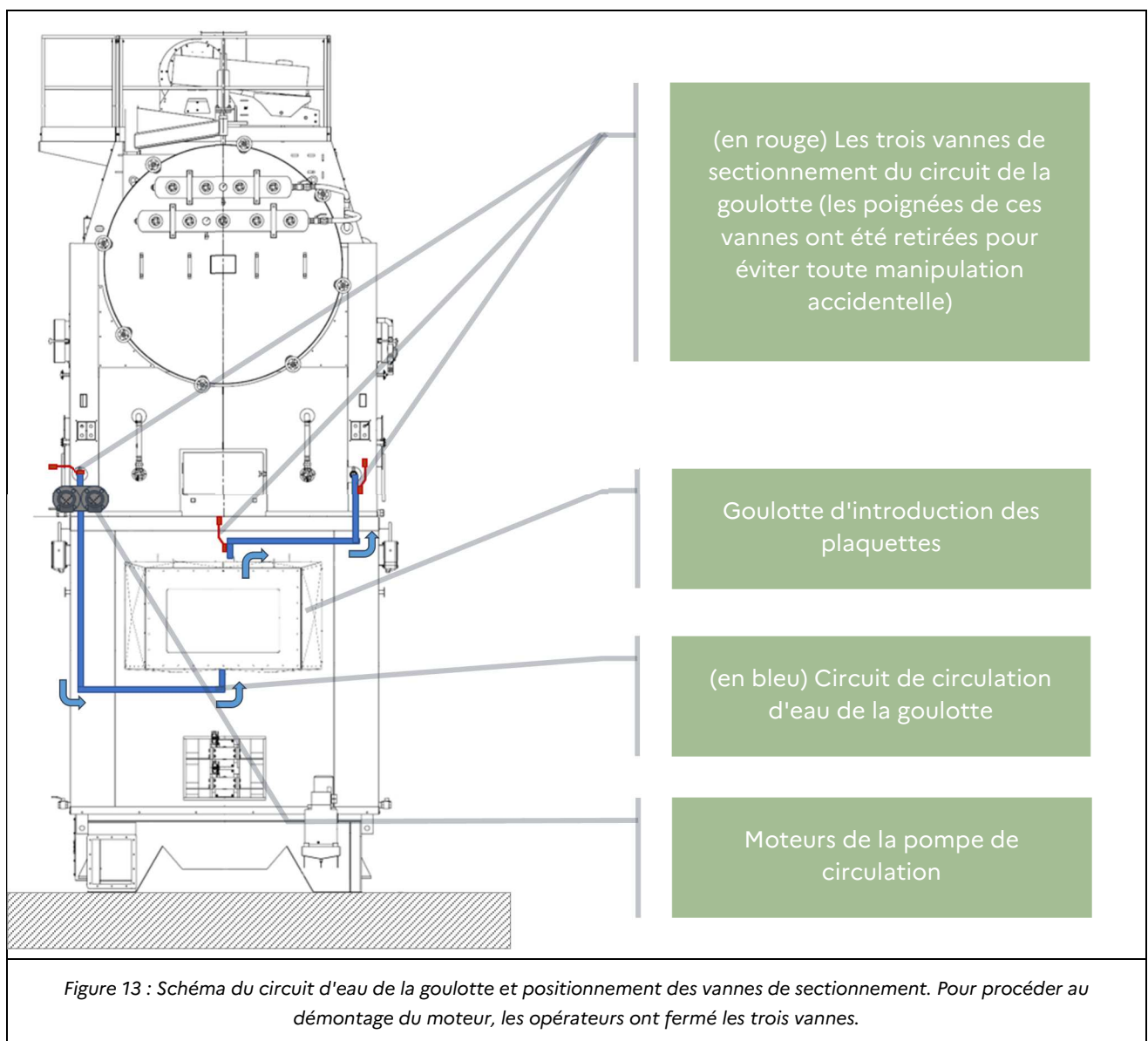


⁹ Les premières plaintes du voisinage ont eu lieu en 2016 car le réseau était sous-dimensionné et était régulièrement en perte de charges. Des travaux de re-dimensionnement réalisés en 2018 ont permis d'améliorer ce point. Enfin, un mur anti-bruit a été construit en 2021 afin de limiter les nuisances sonores, ce qui a conduit à limiter voire faire disparaître les plaintes du voisinage ces dernières années.

À l'issue des tâches courantes d'entretien de la chaudière biomasse, les deux techniciens se retrouvent ainsi vers 10h à l'avant de la chaudière pour réaliser cette opération. L'objectif est de retirer le moteur de pompe défectueux afin de l'emporter en réparation et de faire tourner la chaudière sur le second moteur en attendant. Une tôle pleine doit être posée en lieu et place du moteur le temps de sa réparation.

Il convient de noter qu'aucune maintenance préventive de ces moteurs de pompe n'avait été réalisée auparavant, hormis le nettoyage de la ventilation du moteur et la vérification des connexions électriques. Cependant, afin de s'assurer de leur bon fonctionnement, les moteurs de pompe étaient utilisés alternativement une fois par mois à l'aide d'un commutateur manuel.

Pour procéder au retrait du moteur défectueux, les deux techniciens stoppent le fonctionnement des moteurs et isolent le circuit de la goulotte en fermant les 3 vannes de circulation (une située en amont des moteurs et deux situées en aval de la goulotte, comme représenté sur la figure 13).



Vers 10h10, l'un des 2 techniciens d'ENGIE Solutions sort de l'atelier afin d'aller donner un outil à l'un de ses collègues qui l'avait contacté par téléphone peu de temps auparavant. Il est prévu que le second attende le retour de son collègue avant d'intervenir.

L'explosion se produit vers 10h30, soit une vingtaine de minutes plus tard, provoquant le décès du technicien resté à l'intérieur de la chaufferie, à proximité de la goulotte.

IV.2 L'intervention des secours publics

Les sapeurs-pompiers des Bouches-du-Rhône sont appelés à 10h37 et les premiers engins se présentent sur les lieux vers 10h47.

L'explosion de la chaudière n'est pas suivie d'un incendie. À l'arrivée des premiers secours, les pompiers procèdent à la mise en sécurité des 2 chaudières biomasse en lien avec l'exploitant, puis procèdent à l'extinction des foyers résiduels de l'alimentation en bois de la chaudière ainsi qu'à la ventilation naturelle des locaux. Ils procèdent ensuite à la prise en charge des impliqués, à la sécurisation du site, et enfin à l'accompagnement et à la sécurisation des premiers intervenants judiciaires.

V. Compte-rendu des investigations menées

V.1 Reconnaissance de terrain

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont donc rendus sur site le jeudi 7 décembre 2023 afin de procéder aux constats et mener les premières investigations sur l'équipement impliqué dans l'explosion. Ils ont par la suite conduit différents entretiens avec plusieurs entités concernées, directement ou indirectement par l'accident. Sans reprendre l'ensemble des questionnements explorés au cours des investigations, les enquêteurs retiennent les éléments marquants suivants :

V.1.1 La goulotte d'introduction des plaquettes de bois

Les dégradations et les déformations les plus importantes sont relevées sur la goulotte d'injection des plaquettes de bois.

À l'examen de la goulotte, on constate que l'enveloppe externe de la goulotte s'est déchirée sur son arrête supérieure gauche en regardant dans le sens d'introduction des plaquettes. L'enveloppe intérieure de la goulotte s'est également déformée vers l'intérieur. Ces signes sont caractéristiques d'une montée en pression du fluide situé entre les deux enveloppes de la goulotte. Sous l'effet de l'explosion, la goulotte s'est détachée du corps de la chaudière et a percuté un montant de la structure portante (poteau blanc de la photo de gauche ci-dessous).



Photographie 8 : Vue de la goulotte de la chaudière n°2 après l'accident, avec sa double coque éventrée au-dessus.

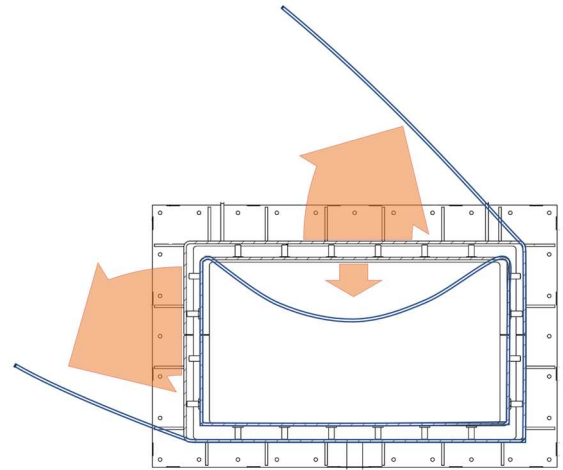


Figure 14 : Schéma de rupture de la goulotte. Le schéma est réalisé dans le sens d'introduction de la goulotte.



Photographie 9 : Vue de la partie intérieure de la goulotte qui permet de visualiser une déformation de la paroi vers l'intérieur de la goulotte.



Photographie 10 : Vue de l'intérieur de la double coque de la goulotte de la chaudière n°1 après l'accident

L'examen des éléments du circuit de la goulotte conduit à faire les constats suivants :

- En terme d'instrumentation, le circuit de la goulotte était équipé d'un thermomètre. En revanche, la goulotte ne possédait pas de capteurs de température, de pression ou de débitmètre ;
- La pompe de circulation du circuit de refroidissement de la goulotte comprenait deux moteurs situés côte-à-côte. Cette configuration avait pour objectif d'en avoir toujours un de fonctionnel lorsque le second était en maintenance ou en panne.

Il est à noter que le fabricant de la chaudière (COMPTE.R) nous a indiqué verbalement que cette dernière avait été livrée avec un seul moteur de pompe, mais sans avoir justifié cette affirmation par écrit. Le client (ENGIE Solutions), de son côté, n'a pas retrouvé la traçabilité de la modification de la chaudière sur ce point.

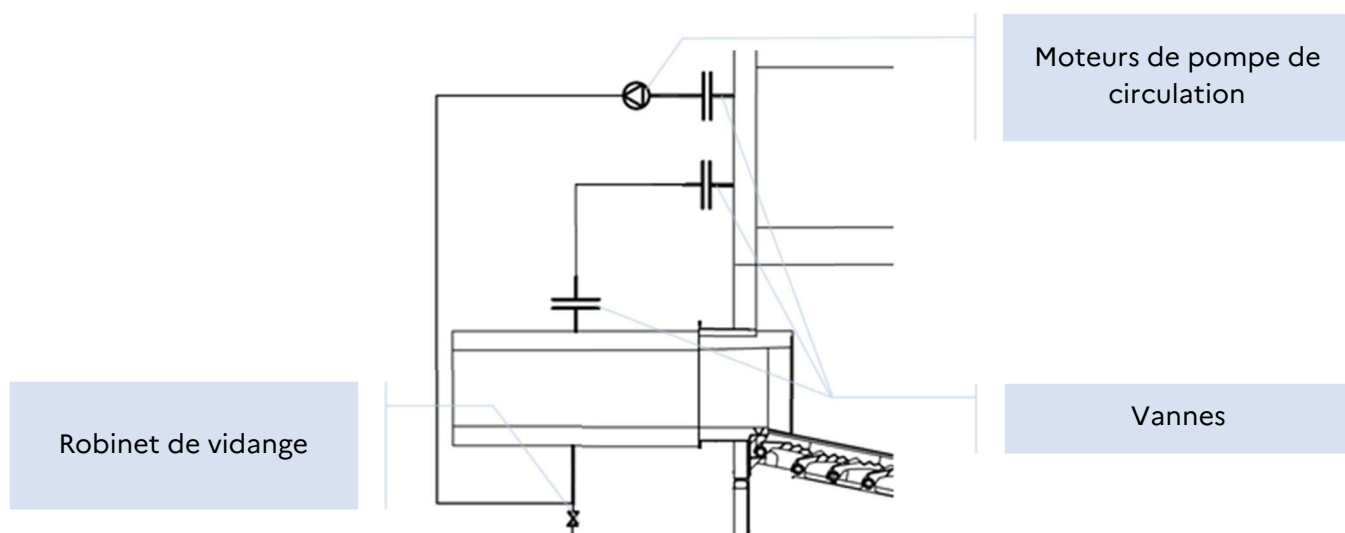




Figure 15 : Illustration du circuit de refroidissement de la goulotte

- Le circuit de refroidissement de la goulotte pouvait être isolé au moyen de 3 vannes : une située en amont de la pompe et deux situées en aval de la goulotte. Ces trois vannes permettaient ainsi de procéder à des interventions sur le circuit de la goulotte sans nécessiter une vidange importante de la chaudière. La notice d'instruction précise que ce circuit ne peut être isolé que chaudière à l'arrêt pour éviter une montée en température et donc en pression de l'eau confinée dans le circuit de la goulotte.

Par ailleurs, pour éviter toute manœuvre accidentelle qui conduirait à stopper la circulation de l'eau dans le circuit de la goulotte, les poignées des vannes avaient été retirées par les anciens techniciens d'ENGIE Solutions, aujourd'hui en retraite.

En termes de chronologie, les éléments recueillis permettent d'établir que le jour de l'accident, la dernière introduction de plaquettes a été réalisée vers 9h00. Les 3 vannes ont ensuite été fermées par les techniciens (probablement à l'aide d'une clé à molette retrouvée sur place), moins de 2 heures après l'arrêt du poussoir de la chaudière (arrêt de l'introduction du combustible), durée qu'il faut mettre en perspective avec celle de 5h indiquée oralement par le fabricant sans que cette durée figure explicitement dans sa notice d'utilisation¹⁰.



¹⁰ La notice mentionne un critère de température intérieure du foyer de 100°C.

	
<p>Photo 11 : Photo de l'une des vannes de fermeture du circuit de refroidissement, sans sa poignée. L'accessoire qui apparaît au second plan sur la tuyauterie n'est pas une vanne mais un thermomètre.</p>	<p>Photo 12 : Photo de l'un des outils retrouvés à proximité avec lequel les vannes ont, à priori, été fermées.</p>

V.1.2 Etude de la notice d'instruction

La notice précise dans le chapitre consacré aux définitions que la procédure d'arrêt de l'installation "ne signifie pas que l'on peut intervenir immédiatement sur tous les équipements ; l'inertie thermique du foyer étant importante, des précautions particulières sont à respecter avant toute intervention."

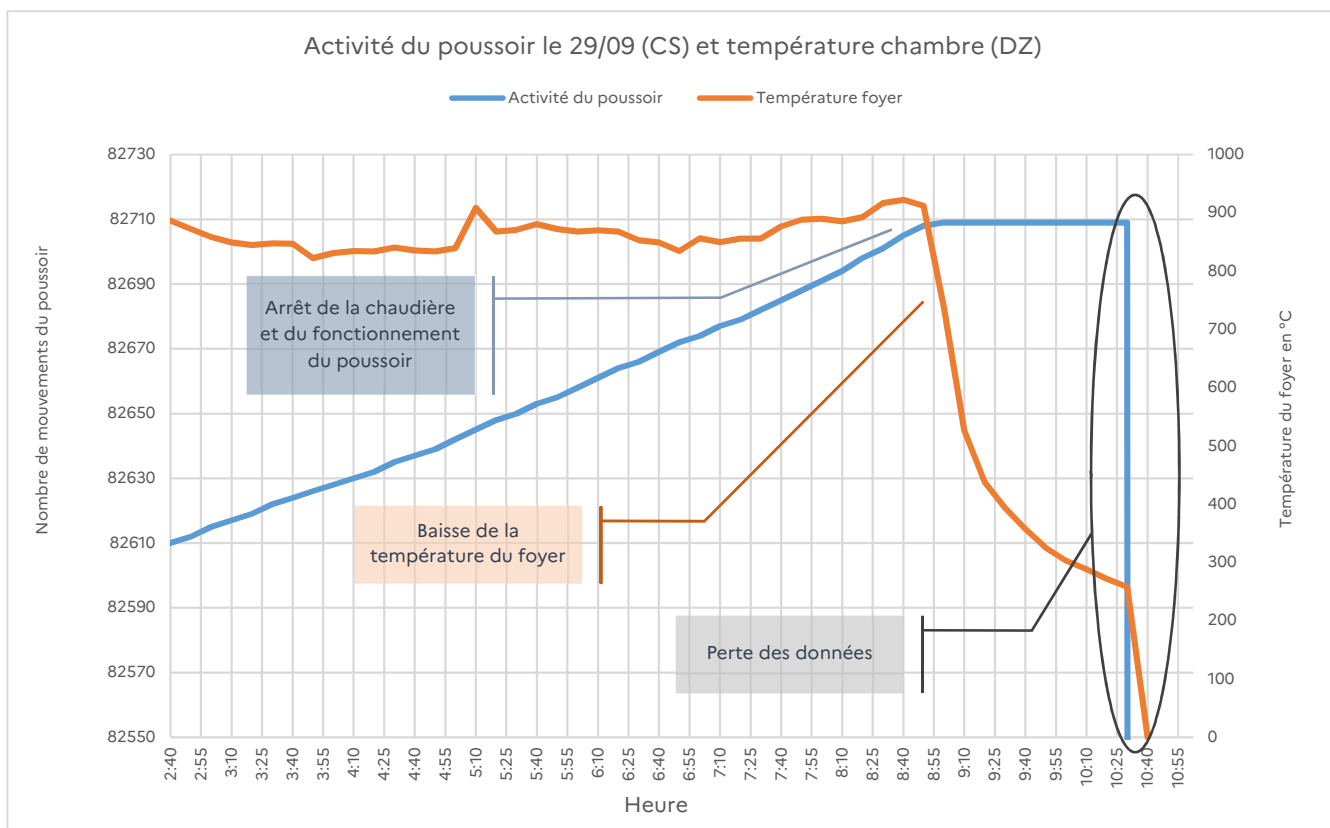
Concernant la goulotte, la notice du fabricant de la chaudière fait état de l'interdiction de manœuvrer les vannes d'isolement du circulateur de la goulotte comme on peut le voir sur l'image ci-dessous.

 <p>AVANT TOUTE INTERVENTION SUR L'EQUIPEMENT RESPECTER LES CONSIGNES DE SECURITE</p> <p>Pour intervenir sur l'équipement, s'assurer de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Arrêt équipement de chauffe (voir procédure d'arrêt – & Manuel de références) 2. Positionner le commutateur CAA « Alimentation automatique » situé en face avant de l'armoire électrique, sur la position '0' 3. Consigner l'installation électrique 	<p>NE PAS MANŒVRER LES VANNES D'ISOLEMENT DU CIRCULATEUR DE LA GOULOTTE POUSSOIR</p>  <p>RISQUE D'EXPLOSION</p>
<p>Figure 16 : Extrait de la page 99 de la notice d'instruction du fabricant de la chaudière (chapitre "Instructions, contrôle et maintenance" N°: 2010347-1-NI-01 Edition du : 17/01/2014)</p>	

Le BEA-RI relève enfin que la notice pose en principe général que "toute intervention" doit être précédée d'un arrêt de l'équipement de chauffe ce qui sous-entend un temps d'arrêt suffisant pour permettre un refroidissement du foyer¹¹. Ainsi, une opération de maintenance telle que celle engagée

¹¹ Le manuel de référence en page 70/73 précise les conditions d'arrêt de la machine et notamment cette température seuil de 100°C. Le fabricant de la machine interrogé sur le sujet estime que l'arrêt de la machine peut prendre de 5h à 8h en fonction de la quantité de plaquettes présentes dans le foyer au moment du lancement de la procédure d'arrêt.

Le jour de l'accident ne peut être effectuée que lorsque la température du foyer est inférieure à 100°C. Pour rappel, le jour de l'accident, cette dernière était de l'ordre de 250°C environ (cf. graphique 1).



Graphique 1 : Nombre de mouvements du poussoir (en bleu) et température du foyer (en orange) au cours de la matinée du 29 septembre.

On note également que la notice d'instruction distingue les opérations de contrôle et les opérations de maintenance ainsi que leur fréquence, sans préciser toutefois si l'arrêt concerne toutes les interventions ou uniquement celles qui relèvent de la maintenance. On peut supposer que les opérations quotidiennes de contrôle réalisables par simple contrôle visuel ne sont pas soumises à l'obligation d'arrêt mais la notice ne le mentionne pas explicitement.

Afin d'accélérer l'extinction du feu et limiter les fumées, il nous a été mentionné le recours à l'arrosage du foyer au moyen d'une lance à eau, par le biais de la trappe située à l'arrière de la chaudière. Cette technique ne figure pas dans la notice d'utilisation de la chaudière et ne nous semble pas avoir fait l'objet d'une analyse de risque préalable.

V.1.3 Les éléments importants extraits des témoignages recueillis

Les éléments recueillis confirment qu'en plus des opérations classiques d'entretien, les opérateurs avaient bien prévu de retirer ce jour-là l'un des moteurs de la pompe de circulation. Cette opération n'a fait l'objet d'aucune mise en garde ou de signalement. Elle est jugée simple et sans risque et n'a pas fait l'objet non plus d'une analyse de risques préalable. Elle n'a pas été évoquée avec la cellule Predit dans la mesure où aucun arrêt de machine n'était programmé.

Ces mêmes éléments permettent d'avoir des indications de temporalité des événements permettant de déduire qu'une durée d'environ 30 minutes s'est écoulée entre la fermeture des vannes et l'explosion.

Ils permettent également de penser qu'une purge partielle du circuit a été réalisée après la fermeture des vannes pour faire baisser la pression du circuit, qui était initialement entre 5 et 6 bar, afin de faciliter l'intervention des opérateurs.

L'installation permet cette manœuvre grâce à une vanne située sous la goulotte. L'eau évacuée rejoint alors le bac à cendres.

Il ressort enfin des entretiens menés à différents niveaux de responsabilité du groupe un sentiment d'incompréhension et de surprise face à la survenue de cet accident. Il apparaît également que les opérateurs n'avaient pas conscience des conséquences qu'ils engendraient en fermant ces vannes, ni de notion du temps nécessaire au refroidissement de la chaudière (5 à 8 heures minimum pour supprimer tout risque de montée en température au niveau de la goulotte¹²). Pour finir, les raisons qui sous-tendaient à la décision de retirer les poignées de vannes n'étaient pas connues par ces derniers.

V.1.4 La formation des techniciens concernant le fonctionnement de la chaudière

Au moment de la mise en service, la société COMPTE.R réalise une formation initiale à destination des opérateurs qui sont chargés d'exploiter la chaudière. Par la suite, au cours de la vie de l'équipement, d'autres formations peuvent avoir lieu. Il peut s'agir de formations à destination des opérateurs nouvellement affectés à l'exploitation et la maintenance de la machine ou de formations d'approfondissement sur des thématiques plus spécifiques à la demande du client. Ces formations sont délivrées par un opérateur de la société COMPTE.R sur deux jours, à des groupes de techniciens d'une dizaine de personnes.

La formation initiale vise à permettre une exploitation conforme aux prescriptions du constructeur, et évoque les réglages de la chaudière permettant d'obtenir le meilleur rendement de cette dernière. La formation suivie par les opérateurs comportait également un module sur la sécurité de la machine. Selon le fabricant, ce module se veut de portée assez générale sur l'ensemble des risques liés à l'exploitation et l'entretien de la machine. Il n'a pas vocation à reprendre dans le détail les messages de mise en garde de la notice d'utilisation et n'aborde pas, à cet égard, le cas spécifique de la goulotte.

V.2 Eléments de contexte communiqués par l'inspection des installations classées

En application de la réglementation, l'exploitant a dressé un inventaire et assure un suivi des équipements sous pression présents sur le site. L'inventaire qui nous a été communiqué mentionne des sous-ensembles de la chaudière (essentiellement des réservoirs d'air comprimé).

Les échanges avec la DREAL ont permis de dresser l'historique administratif de cette installation qui a été marquée, dans les mois qui ont suivi la mise en service, par des plaintes des riverains au sujet des nuisances générées par des phases récurrentes d'arrêt et de redémarrage des installations.

En effet, lors d'un arrêt de la chaudière dépassant environ 1h30, le système de traitement des fumées est arrêté pour éviter sa détérioration en raison des températures trop basses, mais cela occasionne des odeurs dans le voisinage.

¹² Durée donnée par le fabricant dans le cadre des entretiens mais non inscrite dans la notice d'utilisation de la machine.

Ces évolutions techniques et organisationnelles (mise en place d'une cellule d'appui aux équipes locales (Predity), priorité donnée à la production de la chaufferie biomasse dans le mix énergétique) et commerciales (développement du réseau de chaleur permettant d'augmenter le seuil plancher des consommations) ont permis de réduire les arrêts et donc les nuisances.

V.3 Analyse de l'INERIS

Le BEA-RI a sollicité l'INERIS afin qu'il apporte son expertise sur les deux questions suivantes :

- Déterminer, en fonction de la configuration de la chaudière quelques minutes avant l'explosion (alimentation en plaquettes arrêtée, vannes du circuit de la goulotte en position fermée, ...), les mécanismes d'explosion susceptibles de se produire compte-tenu des manœuvres réalisées par les opérateurs dans les minutes qui ont précédé l'accident ;
- Identifier le phénomène le plus probable, à partir des dégâts constatés et de la chronologie des événements connus, dans l'hypothèse d'une pression de rupture de la goulotte de 30 bar et de 40 bar.

Ces questions visent à étudier l'hypothèse d'une montée en pression progressive de la goulotte hydrauliquement isolée et exposée à la chaleur résiduelle du foyer. Un autre scénario plausible en termes de phénomène n'a pas été expertisé. Il repose sur l'hypothèse que les opérateurs, après avoir fermé les vannes, auraient vidangé en totalité le circuit d'eau de la goulotte. Durant l'intervention, la goulotte aurait été chauffée en l'absence d'eau et l'explosion se serait produite par vaporisation flash de l'eau au moment du remplissage du circuit.

Ce scénario a été écarté pour deux raisons :

- Il suppose tout d'abord que l'opération de maintenance était terminée or nous savons que celle-ci ne l'était pas ;
- Il suppose enfin que l'opérateur avait procédé à l'ouverture des vannes or celles-ci étaient en position fermée lors des constats effectués.

En réponse à la première question, et en fonction des éléments dont il disposait, l'INERIS fait part de deux possibilités ayant pu conduire à l'explosion de la goulotte :

1. Par dilatation thermique de l'eau, si celle-ci remplissait la totalité de l'espace de la goulotte au moment de son isolement ;
2. Par un phénomène de montée en pression de l'eau à saturation si de l'air était présent.

Au vu des dégâts observés, les effets de pression d'une rupture liée à une dilatation thermique étant généralement limités, il apparaît plus réaliste pour l'INERIS que la rupture ait été consécutive à la montée en pression par ébullition de l'eau jusqu'à atteinte de la pression de rupture.

Pour ce second scénario, toujours en fonction des données à sa disposition, l'INERIS détermine « que l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau présente jusqu'à atteindre la température correspondant à la pression de rupture est de 258 MJ (respectivement 285 MJ) pour une pression de rupture de 30 bar (respectivement 40 bar) ».

L'énergie totale disponible par combustion des plaquettes présentes dans la goulotte a été estimée dans une approche très prudente à 4990 MJ¹³. L'énergie nécessaire pour chauffer l'eau jusqu'à atteindre la rupture à 30 bar (respectivement 40 bar) représente donc 5,2 % (respectivement 5,7 %) de l'énergie totale de combustion.

L'énergie disponible était donc largement suffisante pour atteindre la rupture.

Dans un second temps, l'évolution de la température de l'eau liquide peut être calculée par un simple bilan d'énergie. Le temps d'atteinte de la rupture ainsi calculé est de 1 900 s (respectivement 2100 s) pour une pression de rupture de 30 bar (respectivement 40 bar). L'ordre de grandeur calculé est donc de 30-35 min.

L'étude précise enfin que le temps d'atteinte de la rupture avec les hypothèses de calcul retenues est directement proportionnel à la quantité d'eau liquide présente. La donnée de 400L utilisée correspond à une valeur maximale. Si cette quantité est divisée par 2, le temps d'atteinte l'est également.

Finalement, le temps d'atteinte de la rupture peut être estimé entre quelques minutes et 1h environ en fonction des données et hypothèses retenues.

Les conclusions de l'INERIS, dont le rapport complet est consultable en annexe I du présent rapport, sont donc parfaitement compatibles avec le temps qui s'est écoulé entre les opérations d'isolement du circuit de refroidissement de la goulotte et sa rupture.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

À la date de l'accident, cela faisait quelques semaines que les opérateurs du site d'Encagnane avaient constaté la présence d'une fuite au niveau de l'un des deux moteurs de pompe de circulation du circuit de la goulotte. Ils avaient, en attente de la réparation, posé des bâches de protection afin d'éviter l'endommagement des appareils électriques situés à proximité.

Au cours des discussions qui ont eu lieu avant l'intervention, la réparation avait été estimée suffisamment simple pour être réalisée en interne. Le matériel nécessaire a été commandé et la réparation n'a donné lieu à aucune alerte ou mise en garde concernant la nécessité d'intervenir chaudière à l'arrêt¹⁴. Le sujet n'a d'ailleurs pas été évoqué en réunion hebdomadaire avec la cellule Predit.

Après avoir procédé à l'arrêt de l'alimentation en plaquettes un peu avant 9h00, les opérateurs ont réalisé les opérations d'entretien habituelles. Un peu avant 10h00, ils se dirigent vers la goulotte où ils procèdent à la fermeture des trois vannes du circuit de refroidissement de cette dernière. Une purge du réseau est réalisée pour abaisser la pression interne. La quantité vidangée n'est pas connue.

¹³ Pour son calcul l'INERIS a comparé l'énergie nécessaire pour élever la pression interne avec celle qui était disponible dans la goulotte en partant de l'hypothèse que la goulotte est remplie à 50%. En pratique, compte tenu du mode d'alimentation du foyer par poussées successives de quantités de plaquettes, le taux de remplissage est probablement supérieur à ce taux de 50 %.

¹⁴ Ce qui signifie, selon la notice du fabricant, avec une température du foyer inférieure à 100°C.

À l'intérieur du foyer, les plaquettes continuent de se consumer. La température du foyer est descendue à 250°C environ. Toutefois, les plaquettes situées en partie haute du foyer et à la sortie de la goulotte encore pleine continuent de brûler.

L'isolement du circuit a stoppé la circulation de l'eau. Les informations sont imprécises quant à la quantité d'eau présente après la purge. Il est probable que la purge ait été suffisante pour rendre possible un phénomène d'ébullition et une montée en pression par vaporisation de l'eau jusqu'à atteinte de la pression de rupture. Cette hypothèse est corroborée par les dégâts produits par l'explosion. La pression de rupture est atteinte en quelques dizaines de minutes (30-40 minutes).

La double enveloppe n'est équipée d'aucun dispositif de mesure ou d'alarme et n'est reliée à aucun dispositif de sécurité : pas de capteur de pression ou de température, pas d'alarme sur l'absence de débit dans le circuit. Les seules soupapes existantes sont celles situées au-dessus de la chaudière mais, du fait de la fermeture du circuit, elles ne permettent pas l'évacuation de la pression.

La goulotte explose vers 10h30. La rupture de l'équipement se produit sur l'enveloppe extérieure de la goulotte, du côté du moteur qui devait être démonté.

L'explosion est donc due à la fermeture et à la vidange partielle du circuit de refroidissement de la goulotte alors que la température du foyer avoisine les 250°C.

VI.2 Facteurs contributifs

Pour rappel, les facteurs contributifs sont des éléments qui, sans être déterminant, ont pu jouer un rôle dans la survenance ou dans l'aggravation de l'accident.

VI.2.1 Une mauvaise connaissance des dangers de l'équipement et des mesures de prévention

Les poignées de manœuvre des vannes d'ouverture/fermeture du circuit de refroidissement avaient été retirées afin d'éviter toute manœuvre accidentelle. L'erreur a probablement été de croire que la mesure permettrait aussi de signaler un danger à manœuvrer ces dernières et d'inciter les techniciens à redoubler de vigilance au moment d'intervenir.

Il apparaît qu'en pratique, le sens de cette mesure de retrait des poignées, n'était pas connu et que, d'une manière générale, les dangers liés à la fermeture du circuit de refroidissement lorsque la chaudière était en fonctionnement, étaient ignorés.

En outre, l'absence de marquage visible ou d'indication claire sur les conséquences d'un isolement du circuit à proximité de ce dernier ont manifestement fait défaut.

VI.2.2 L'absence de mode opératoire et d'analyse de risque préalable

Le remplacement du moteur défectueux de la pompe est une opération de maintenance qui n'avait jamais été réalisée par les techniciens ou le chef de site d'Encagnane. Les différentes tâches à accomplir ont été rapidement discutées entre le chef de site et les techniciens.

Elles ne faisaient pas l'objet d'une procédure d'intervention ou d'un mode opératoire spécifique comme le propose le fabricant de la machine dans sa notice d'utilisation partie 2.5 « Instructions de service », alinéa 2 (Page 48) : « Il appartient [donc] à l'exploitant de rédiger, s'il en éprouve le besoin, des consignes et des documents spécifiques pour l'exploitation et la maintenance ».

Cette opération n'a pas non plus fait l'objet, préalablement à l'intervention, d'une analyse de risque par une autre personne que les opérateurs (tiers disposant des compétences techniques et du temps nécessaire) ce qui aurait augmenté les chances d'identifier le risque de montée en température de la goulotte.

VI.2.3 La formation des techniciens

Les techniciens possédaient les diplômes et qualifications nécessaires à leur emploi.

Leur expérience sur l'entretien des chaudières à bois était de quelques années, et ils avaient suivi une formation de 2 journées, dispensée par le fabricant de la chaudière. La formation était principalement orientée sur l'optimisation du fonctionnement des chaudières (réglage de la combustion, ventilation, fonctionnement général de la chaudière) et elle comportait bien un volet sécurité, mais qui n'évoquait pas spécifiquement le risque d'explosion au niveau de la goulotte. L'opérateur interrogé n'avait pas souvenir ou connaissance des éléments de mise en sécurité relatifs à l'opération qu'ils étaient en train de réaliser, ni des recommandations présentes dans le manuel du constructeur.

VI.2.4 L'absence de dispositifs de sécurité

La goulotte d'admission de la chaudière d'Aix n'était pas pourvue de dispositifs de sécurité malgré le risque important pouvant résulter d'une mauvaise manipulation des vannes (manœuvre accidentelle ou utilisation en méconnaissance des risques liés à cette partie de la machine).

En effet, l'équipement ne disposait pas d'alarme de température, de débit ou de niveau d'eau ou bien encore de soupape de surpression. Aucune signalisation spécifique n'était apposée pour alerter sur les conséquences d'une mauvaise utilisation. Le BEA-RI considère que l'absence de ces mesures ont contribué à la survenue de l'accident.

VI.2.5 La culture de l'optimisation de l'outil

Lors de la mise en service de la chaudière biomasse en 2014, cette dernière a fait l'objet de nombreuses plaintes du voisinage suite aux nuisances olfactives générées par les phases d'arrêt et de redémarrage.

Outre la question des nuisances, l'interruption de service pour chaque opération de maintenance emporte aussi nécessairement des conséquences financières proportionnelles au temps d'arrêt.

Les changements apportés en matière d'organisation, de planification des interventions, de gestion du mix énergétique au niveau du réseau de chaleur ont permis d'optimiser le fonctionnement de l'installation et de réduire notablement les nuisances générées en faisant de la réduction de la fréquence des arrêts de production un objectif de qualité de service.

C'est dans ce contexte de recherche d'optimisation de la production, motivée par des considérations environnementales et économiques, que la solution d'une intervention sans arrêt de la chaudière a été examinée. En l'absence de connaissance des dangers inhérents à cette intervention, ce contexte a, consciemment ou inconsciemment, contribué à accueillir favorablement cette solution et, à considérer qu'elle ne nécessitait pas d'être évoquée en réunion avec la cellule d'appui Preditry.

VII. Enseignements de sécurité

VII.1 Les risques liés aux chaudières biomasse

Le fait que les chaudières biomasse ne soient pas visées par la réglementation relative aux équipements sous pression (ESP) peut donner le sentiment trompeur que ce sont des équipements sans risque.

Aussi, en raison du risque de montée en pression ou de formation d'atmosphères explosives (poussières et gaz), il convient de considérer de telles machines comme des installations à risques qui justifient que l'on élabore des procédures ou des plans de prévention préalablement à toute intervention.

Contrairement à d'autres modes de production de chaleur tels que le gaz ou le fioul, les foyers dans lesquels sont brûlés des combustibles solides comme la biomasse ont des inerties thermiques importantes qui conduisent à devoir attendre plusieurs heures pour procéder à leur arrêt.

VII.2 Sécurisation des goulottes d'introduction des plaquettes

Aucun élément de sécurité, comme des soupapes de surpression, n'était présent sur le modèle de goulotte de la chaudière biomasse présente à Aix-en-Provence.

L'enquête a montré que seules 3 chaudières (les plus récentes), sur les 32 autres équipements analysés par ENGIE Solutions, dotées d'une goulotte refroidie par un circuit de refroidissement à eau, possédaient des soupapes de surpression.

Il est nécessaire que les sites industriels possédant ce type d'équipements réalisent un état des lieux afin de renforcer les procédures d'intervention et de sécuriser les circuits de refroidissement des goulottes d'amenée du bois.

VII.3 Le retrait des poignées : une barrière de sécurité à l'efficacité limitée

Il est souvent observé une pratique de retrait des poignées d'organes de coupure pour éviter leur actionnement lorsqu'une problématique a été identifiée en lien avec cette ouverture (création d'une situation accidentogène, blocage ou défaut qualité de la production...). Il est alors implicitement considéré qu'en cas de besoin d'actionner l'organe de coupure, l'opérateur chargé de cette opération sera amené à se questionner sur la réelle nécessité / les enjeux associés à cette manipulation.

Le présent accident rappelle qu'au fil du temps, le motif de la suppression des poignées est oublié et que l'absence de poignée perd sa vertu pédagogique. Pire, elle apparaît comme un simple défaut qu'il est facile de corriger au moyen d'un outil assez commun (clé à molette).

La suppression des poignées est une mesure adaptée pour se prémunir contre l'actionnement accidentel (actionnement consécutif à un heurt). Elle s'avère par contre inutile en cas de manœuvre intentionnelle car elle est en général facilement contournable. A minima, il convient de l'accompagner de messages de prévention et d'une signalétique lisible et permanente.

VIII. Recommandations de sécurité à destination de l'exploitant et du fabricant de la chaudière

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'exploitant et au fabricant de la chaudière :

VIII.1 À destination de l'exploitant

- Renforcer la formation initiale et de maintien des acquis des opérateurs intervenant sur les chaudières biomasse, sur le volet risque, en créant des scénarios pédagogiques adaptés pour les machineries et appareillages du groupe ;
- Renforcer la sécurité des interventions sur les chaudières biomasse :
 - En déclinant les modes opératoires pour les opérations de contrôle, d'entretien voire de maintenance courante et préciser à cette occasion l'état de fonctionnement de la chaudière (en fonctionnement, alimentation stoppée, à l'arrêt complet) ;
 - Pour les autres interventions (qui n'auraient pas été identifiées comme courantes) procédant à une analyse des risques préalable et en élaborant un protocole d'intervention validé par un tiers qui dispose de la compétence technique et du temps pour le faire.
- Réaliser un état des lieux au niveau d'ENGIE Solutions pour identifier les chaudières disposant de circuits de refroidissement qui peuvent être isolés et équiper ces circuits de dispositifs de sécurité pour prévenir le risque d'explosion en cas de mauvaise manipulation ;
- Veiller à la présence constante des marquages d'indication des dangers liés aux mauvaises manipulations de la machine.

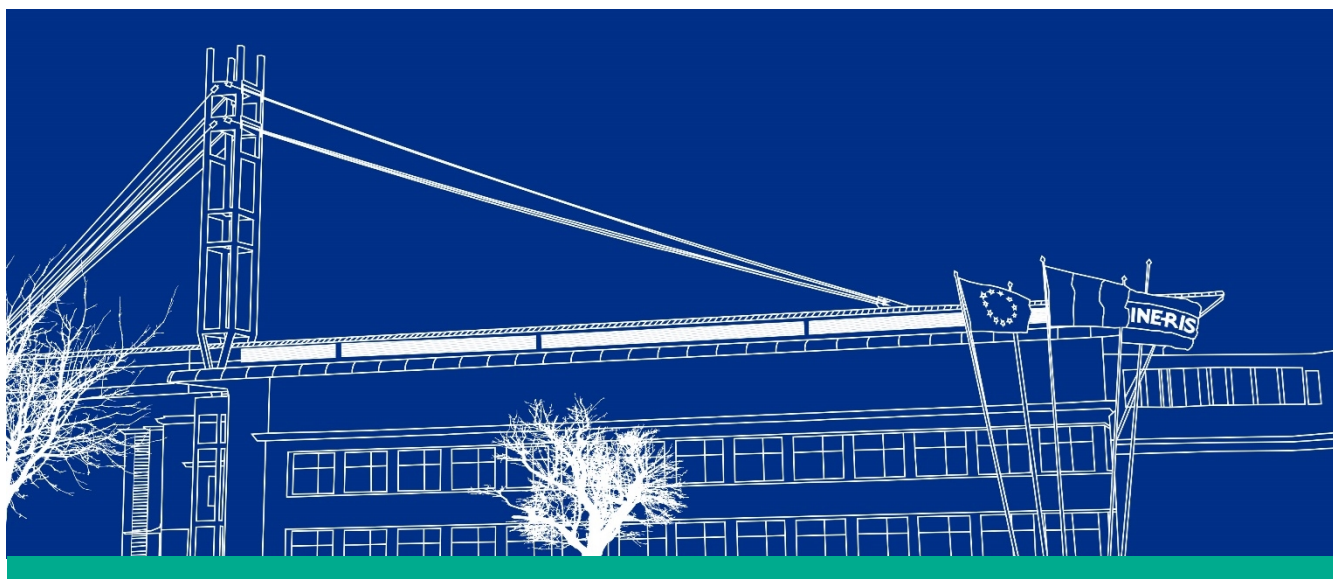
VIII.2 À destination du fabricant de la chaudière

- Sur le parc de chaudières en fonctionnement équipées de goulotte refroidie par un circuit isolable :
 - Rappeler aux exploitants de ces chaudières, les précautions nécessaires pour travailler en sécurité et isoler la goulotte ;
 - Proposer à chaque exploitant une solution de sécurisation de son installation par la pose de dispositif de limitation de la pression ou par la pose d'un dispositif d'alerte informant l'opérateur d'un fonctionnement dangereux.
- Sur les nouvelles machines, opter pour une solution de goulotte qui ne puisse pas être isolée hydrauliquement ou équiper les goulottes possédant un circuit de refroidissement pouvant être isolé, d'une soupape de surpression ;
- Compléter le volet sécurité de la formation délivrée aux clients, par un focus sur les risques inhérents aux interventions.

IX. Annexes

Annexe 1	Rapport de l'INERIS	35
----------	---------------------------	----

Annexe 1 Rapport de l'INERIS



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 229017 - 2794691 - v2.0

13/09/2024

**Appui à l'expertise de l'accident survenu sur
une chaufferie biomasse d'Aix-en-Provence le
29 septembre 2023**

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION INCENDIE, DISPERSION, EXPLOSION

Rédaction : JOUBERT Lauris

Vérification : GENTILHOMME OLIVIER; CHAUMETTE SYLVAIN

Approbation : PIQUETTE BERNARD - le 13/09/2024

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Déontologie.....	4
1.2	Contexte	4
2	Présentation de l'installation et du scénario retenu par le BEA-RI	5
3	Réponse de l'Ineris à la sollicitation du BEA-RI	6
4	Annexes.....	9

1 Introduction

1.1 Déontologie

L'Ineris n'a jamais réalisé d'études pour APEE. APEE est une filiale à 100 % de la société ENGIE Solutions pour laquelle l'Ineris réalise des prestations régulièrement.

Durant les 5 dernières années, la majeure partie des prestations réalisées pour ENGIE Solutions concerne des formations, des audits de renouvellement ATEX, la caractérisation de produits ainsi que l'appui dans la réalisation de guides internes. Elles n'ont pas concerné le type d'installation, objet de l'accident.

1.2 Contexte

Le 29 septembre 2023, une explosion est survenue dans la chaufferie d'Encagnane à Aix-en-Provence (13).

Le site comprend deux chaudières bois COMPTE R. d'une puissance totale de 17,8 MW. Il fournit le chauffage et l'eau chaude sanitaire à 19 000 équivalent logements, soit environ 60 000 Aixois. Un travailleur qui procédait à une opération de maintenance préventive est décédé lors de l'explosion.

À la suite de l'accident, le BEA-RI a missionné l'Ineris (cf. Annexe 1) pour :

- Déterminer les mécanismes d'explosion susceptibles de se produire compte tenu des manœuvres réalisées par les opérateurs dans les minutes qui ont précédé l'accident ;
- Identifier le phénomène le plus probable à partir des dégâts constatés et de la chronologie des événements connus, dans l'hypothèse d'une pression de rupture de la goulotte de 30 bar et de 40 bar.

2 Présentation de l'installation et du scénario retenu par le BEA-RI

L'accident s'est produit au niveau de la goulotte d'admission des plaquettes dans la chambre de combustion de la chaudière.

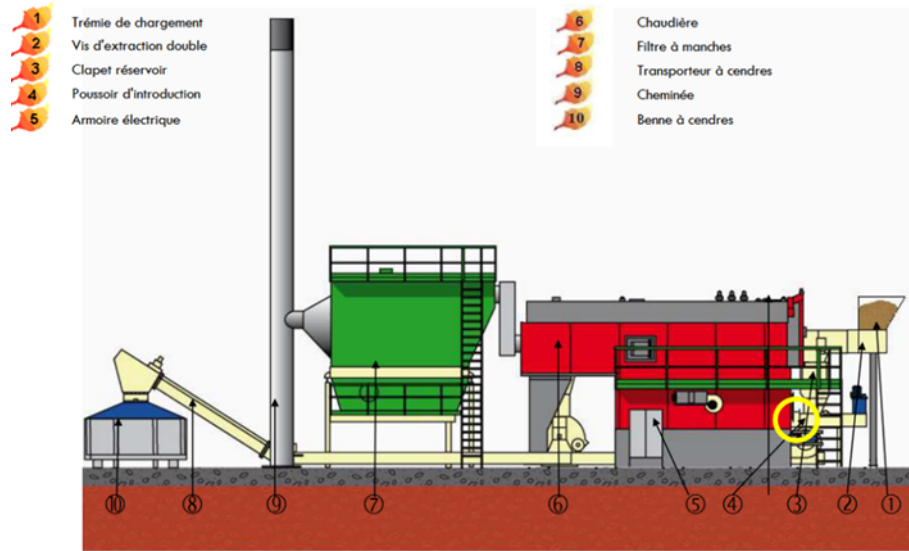


Figure 1 : Plan de la chaudière et position de la goulotte d'admission (cercle jaune)

La goulotte est une sorte de conduit de forme quasi parallélépipédique à l'intérieur de laquelle sont poussées les plaquettes de bois par un poussoir vers la chambre de combustion. Le poussoir en amont s'arrête à l'entrée de la goulotte.

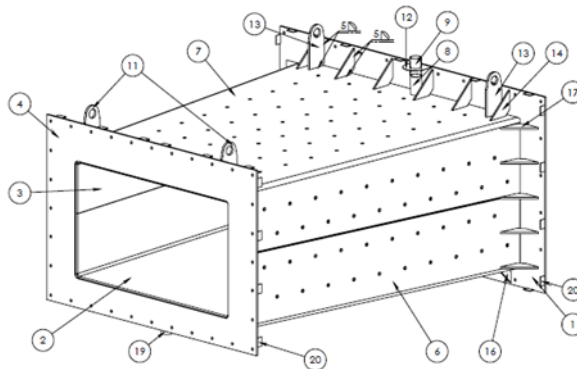


Figure 2 : Schéma de la goulotte d'admission

La goulotte a une double enveloppe dans laquelle circule l'eau de la chaudière qui arrive à environ 80°C. Avant l'accident, l'introduction de plaquettes avait été arrêtée à 8h30, ce qui signifie que la goulotte était pleine de plaquettes. Il est suspecté une fermeture du circuit d'eau de la goulotte qui aurait entraîné une montée en pression par élévation de température de l'eau dans la double enveloppe jusqu'à l'éclatement.

La quantité d'eau présente dans le circuit isolé est estimée à 400 L.

3 Réponse de l'Ineris à la sollicitation du BEA-RI

La demande du BEA-RI consiste à :

- Déterminer les mécanismes d'explosion susceptibles de se produire compte tenu des manœuvres réalisées par les opérateurs dans les minutes qui ont précédé l'accident ;
- Identifier le phénomène le plus probable à partir des dégâts constatés et de la chronologie des événements connus, dans l'hypothèse d'une pression de rupture de la goulotte de 30 bar et de 40 bar.

Dans le cadre du scénario retenu par le BEA-RI présenté au paragraphe précédent, en fonction du taux de remplissage d'eau de l'enveloppe de la goulotte au moment de son isolement, la rupture aurait pu être causée, soit par la dilatation thermique de l'eau si celle-ci remplit la totalité de l'espace, soit par un phénomène de montée en pression de l'eau à saturation si du gaz est présent.

Les effets de pression d'une rupture liée à une dilatation thermique sont généralement limités. Compte tenu des dégâts observés (cf. Figure 3) **il apparaît plus plausible que la rupture soit consécutive à la montée en pression par ébullition de l'eau jusqu'à atteinte de la pression de rupture.** Dans ce scénario, l'eau est supposée être à saturation, ce qui veut dire que la pression est directement fonction de la température de l'eau (cf. Figure 4).



Figure 3 : Photographies des dégâts

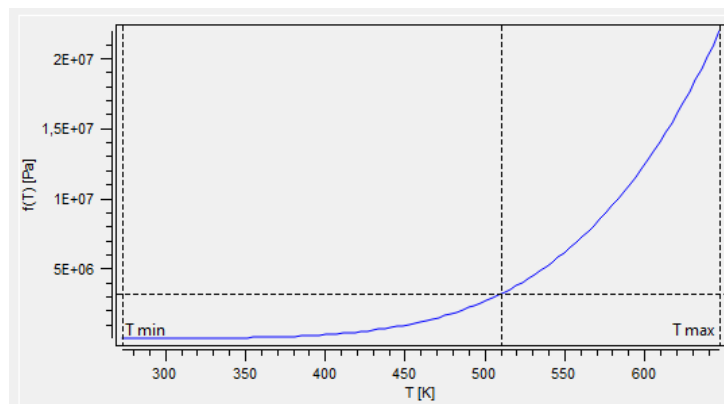


Figure 4 : Courbe de pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température

Par la suite, la cinétique de ce scénario est étudiée ainsi que sa cohérence avec le déroulement de l'accident. Il est important de noter que compte tenu des incertitudes sur les données (quantité d'eau liquide présente dans la double enveloppe, quantité de plaquettes présentes dans la goulotte, pression de rupture de la goulotte, part de l'énergie de combustion servant à chauffer l'eau...) les éléments présentés, ci-après, sont des ordres de grandeur et sont à utiliser comme tels.

Les données retenues pour l'eau sont présentées dans le Tableau 1 et celles retenues pour le feu de plaquettes dans le Tableau 2. La surface de feu retenue est présentée sur la Figure 5.

Paramètre	Valeur
Volume d'eau liquide dans la double enveloppe	400 L
Température initiale de l'eau	80°C
Température de l'eau pour atteindre la pression de rupture de 30 bar	235°C
Température de l'eau pour atteindre la pression de rupture de 40 bar	251°C

Tableau 1 : Données retenues pour l'eau

Paramètre	Valeur
Volume de plaquettes pris égal à la moitié du volume libre de la goulotte	1,3 m ³
Densité	300 kg/m ³
Chaleur de combustion	12,6 MJ/kg
Vitesse de combustion	0,017 kg/m ² /s
Surface de feu pris égale au plan horizontal de la goulotte	2,1 m ²
Part de l'énergie de combustion servant à chauffer l'eau	0,3

Tableau 2 : Données retenues pour le feu de plaquettes

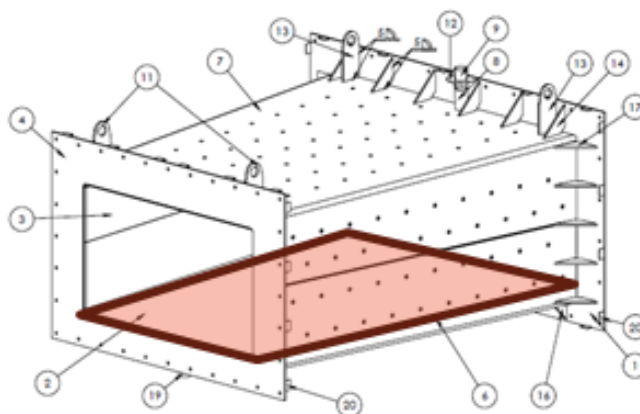


Figure 5 : Schéma de la surface de feu retenue

L'énergie nécessaire pour chauffer l'eau présente jusqu'à atteindre la température correspondant à la pression de rupture est de 258 MJ (respectivement 285 MJ) pour une pression de rupture de 30 bar (respectivement 40 bar). L'énergie totale disponible par combustion des plaquettes présentes dans la goulotte est de 4990 MJ. L'énergie nécessaire pour chauffer l'eau jusqu'à atteindre la rupture à 30 bar (respectivement 40 bar) représente donc 5,2 % (respectivement 5,7 %) de l'énergie totale de combustion. **L'énergie disponible est donc largement suffisante pour atteindre la rupture.**

L'évolution de la température de l'eau liquide peut être calculée par un simple bilan d'énergie (cf. Figure 6). Le temps d'atteinte de la rupture ainsi calculé est de 1 900 s (respectivement 2 100 s) pour une pression de rupture de 30 bar (respectivement 40 bar). **L'ordre de grandeur calculé est donc de 30-35 min.** L'influence de la donnée de la pression de rupture est relativement faible. Cela s'explique par la forme de la courbe de pression de vapeur saturante qui est exponentielle. Une faible augmentation de température entraîne une augmentation de plus en plus importante de pression. Les données d'entrée du calcul qui ont le plus d'influence sur le résultat et pour lesquelles l'incertitude est élevée sont la quantité d'eau liquide présente dans l'enveloppe ainsi que la part de l'énergie de combustion servant à chauffer l'eau.

Le temps d'atteinte de la rupture avec les hypothèses retenues de calcul est directement proportionnel à la quantité d'eau liquide présente. La donnée de 400 L utilisée correspond à une valeur maximale. Si cette quantité est divisée par 2, le temps d'atteinte l'est également.

Le temps d'atteinte de la rupture avec les hypothèses retenues de calcul est inversement proportionnel à la part de l'énergie de combustion servant à chauffer l'eau. Si cette part est multipliée par 2 alors le temps d'atteinte est divisée par 2. La valeur utilisée de 0,3 est une valeur correspondant à une valeur plutôt basse pour tenir compte de l'ouverture de la goulotte vers la chaudière.

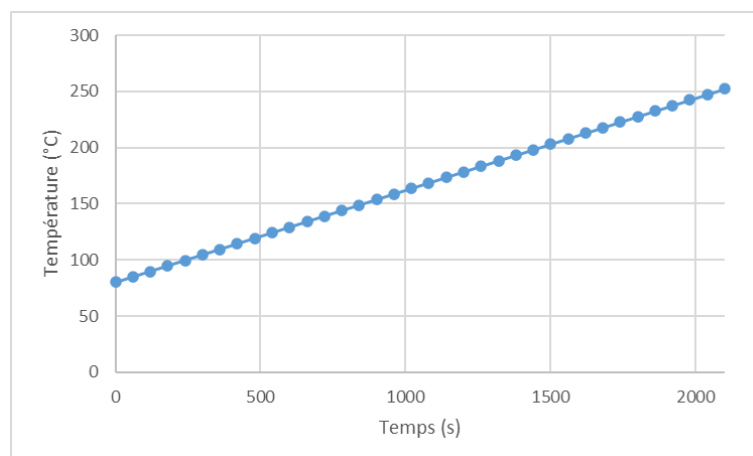


Figure 6 : Evolution de la température de l'eau calculée en fonction du temps

Finalement le temps d'atteinte de la rupture peut être estimé entre quelques minutes et 1 h environ en fonction des données et hypothèses retenues.

4 Annexes

Liste des annexes :

- Annexe 1 : Lettre de saisine du BEA-RI du 19/01/2024 (1 page).

ANNEXE 1

-

Lettre de saisine du BEA-RI
du 19/01/2024

1 page

Mission conjointe BEA-RI - Ineris

Le BEA-RI a décidé le 12/10/2023 d'ouvrir une enquête sur l'évènement survenu le 29 septembre 2023 au sein de l'entreprise APEE, site soumis à autorisation au titre de la réglementation ICPE et située à Aix en Provence (13).

Deux enquêteurs du BEA-RI se sont rendus sur site. Selon les premiers éléments de l'enquête, cet accident semble être la conséquence d'une explosion d'un composant d'une chaudière à biomasse servant à l'introduction de plaquettes bois dans le foyer.

Dans la continuité des constats dressés lors de cette visite, nous souhaiterions mobiliser l'expertise de l'Ineris, dans le cadre de sa coopération avec le BEA-RI, pour :

- Déterminer les mécanismes d'explosions susceptibles de se produire compte tenu des manœuvres réalisées par les opérateurs dans les minutes qui ont précédé l'accident,
- Identifier le phénomène le plus probable à partir des dégâts constatés et de la chronologie des événements connus, dans l'hypothèse d'une pression de rupture de la goulotte de 30 bar et de 40 bar.

Nous souhaiterions pouvoir disposer de vos conclusions au travers d'un rapport (au format pdf) selon un calendrier qui sera défini entre vos équipes et les enquêteurs en charge de l'affaire.

Fait à la Défense, le 19/01/2024

Laurent Olivé



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Bureau d'enquêtes et d'Analyses
sur les Risques Industriels

MTECT / IGEDD / BEA-RI
Tour Séquoïa
92055 La Défense Cedex

+33 1 40 81 21 22
bea-ri.igedd@developpement-durable.gouv.fr

<https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>