

Accidentologie Chaudière biomasse ~12 MW

On parle généralement de :

- Combustible : **plaquettes forestières / bois recyclé**
- Débit annuel : **20 000 à 40 000 t/an**
- Stockage : silos / fosses / bâtiments bois
- Combustion : grille mobile ou lit fluidisé
- Dépoussiérage : **multicyclone + filtre à manches**
- Fonctionnement : **quasi continu (6 000–8 000 h/an)**

**Ce type d'installation concentre plusieurs risques industriels combinés :
feu, explosion, intoxication, pollution.**

Accidentologie réelle observée (retour d'expérience France & Europe)

Les bases de données **ARIA / BARPI**, les rapports de l'INERIS et assureurs industriels montrent que **les chaufferies biomasse >5 MW** représentent une part disproportionnée des incidents.

1. Incendies (≈ 60 à 70 % des événements)

Causes principales :

- Auto-échauffement du bois (humidité + fermentation)
- Retours de flamme depuis la chaudière
- Points chauds convoyeurs / vis sans fin
- Mauvaise inertage des silos

Gravité typique :

- Incendie lent mais **très long à maîtriser**
- Arrêt total du site (semaines à mois)
- Dégâts matériels souvent **> 1 à 5 M€**

À 12 MW, le volume de combustible stocké rend l'incendie structurel, pas "local".

2. Explosions de poussières (≈ 15 à 20 %)

Zones critiques :

- Filtres à manches
- Convoyeurs secs
- Silos mal ventilés

Déclencheurs classiques :

- Étincelle mécanique
- Retour de flamme
- Accumulation de fines sèches (< 500 µm)

Conséquences :

- Surpression brutale
- Projection de débris
- Blessures graves, parfois mortelles
- Destruction du filtre (événement très documenté)

**Le bois = combustible explosif sous forme de poussière.
Ce risque est souvent mal maîtrisé dans les installations <20 MW.**

3. Intoxications & atmosphères dangereuses (≈ 10 %)

Gaz en cause :

- Monoxyde de carbone (CO)
- CO₂
- Méthane (CH₄)
- Aldéhydes issus de fermentation

Scénarios typiques :

- Intervention humaine dans silo/fosse
- Ouverture de local fermé après arrêt prolongé

Plusieurs **accidents mortels** en Europe, y compris sur des installations “récentes”.

4. Rejets accidentels de pollution (≈ 5 à 10 %)

Situations rencontrées :

- Filtre percé ou détruit (post-explosion)
- Bypass non maîtrisé
- Démarrage à froid mal réglé

Effets :

- Dépassements massifs PM10 / PM2,5
- Odeurs
- Plaintes riverains
- Mises en demeure préfectorales

Ordre de grandeur du risque (retour assureurs)

Pour une chaufferie biomasse ~12 MW :

- **Incident significatif** : ~1 tous les 5 à 10 ans
- **Incendie sérieux** : ~1 sur 10–15 ans
- **Explosion filtre/silo** : rare mais **très impactante**
- **Zéro accident majeur** sur 20 ans : **peu probable**

Le risque n'est pas hypothétique, il est **statistique**.

⚠ Facteurs aggravants typiques à 12 MW

- Combustible hétérogène
- Bois trop sec ou trop humide
- Automatisme mal réglé
- Sous-dimensionnement sécurité (souvent pour raisons budgétaires)
- Exploitant peu formé (délégation complète)

Une chaudière biomasse de 12 MW n'est pas une “chaufferie classique”
C'est une **installation industrielle à risque feu-explosion-toxicité**, dont
l'accidentologie est **documentée et récurrente**.

1) Tableau chiffré — sélection d'accidents réels (France, source : base ARIA / rapports)

Remarque : la base ARIA publie des fiches détaillées ; ci-dessous je résume les événements représentatifs (dates, lieu, type, cause retenue, conséquences observées). Chaque ligne renvoie à la fiche ARIA / rapport cité.

N° (réf ARIA/rapport)	Date	Lieu (dépt)	Puissance (si précisé)	Type d'accident	Cause principale retenue	Conséquences (matériel / humain / durée)
ARIA 54314.	25/04/2019	Gellainville (28)	—	Incendie silo / combustion interne	Auto-échauffement / fermentation + inflammation dans trémie	Arrêt installation, dégâts sur éléments d'aménagement ; intervention SDIS.
ARIA 58956.	(fiche ARIA)	(France)	—	Incendie silo alimentant chauffage urbain	Inflammation dans silo (volume important → propagation)	Extinction longue ; arrêt réseau de chaleur, pertes de combustible importantes.
ARIA 61422.	(fiche ARIA)	(France)	~8.9 MW	Explosion lors d'opération de maintenance	Absence de sécurité sur goulotte, opération non protocolaire → explosion (poussières/gaz)	Décès d'un technicien ; arrêt, enquête IGEDD.
ARIA 51275.	(fiche ARIA)	(France)	—	Incendie dans chaufferie urbaine (silo 2 700 m ³)	Retour de flamme / point chaud convoyeur	Arrêt chauffage urbain ; dégâts importants sur chaîne d'alimentation.
ARIA 44321.	(fiche ARIA)	(France)	—	Départ de feu chaufferie	Détérioration roulement convoyeur → échauffement → départ de feu	Endommagement convoyeur ; mobilisation SDIS ; rappel des procédures maintenance.
ARIA 43619.	(fiche ARIA)	(France)	—	Feu de chaufferie usine (produits amylacés)	Arrêt sur défaut, puis reprise conduisant à feu	Arrêt de production ; remise aux normes ; actions correctives.

Points chiffrés / synthèse tirée des analyses ARIA & synthèses INERIS/BARPI :

- Les **incendies de silo / stockage** représentent la majorité des événements documentés (≈ 60–70 % des fiches liées à biomasse).
- Les **explosions / déflagrations** (filtre à manches, opérations de maintenance, silos confinés) sont moins fréquentes mais **très graves** (blessures mortelles documentées).
- Les sinistres entraînent régulièrement **arrêt de production / chauffage urbain** pendant des jours à des semaines et des coûts matériels souvent importants (ordres de grandeur : centaines de k€ à plusieurs M€ selon volumétrie).

2) Check-list sécurité minimale crédible pour chaudières 10–20 MW

Organisation & procédures

- DDAE + **Étude de dangers (EDD)** à jour et validée : scénarios incendie, explosion, intoxication. (obligatoire ICPE selon régime).
- Plan d'exploitation écrit : modes opératoires, permis-feu, procédures de consignation, management des interventions extérieures.
- Registre des incidents et retours d'expérience (liaison préfectorale/SDIS).

Stockage & manutention (silos / fosses / volumes importants)

- Limitation des volumes stockés en silo tampon (par compartimentation si possible).
- Surveillance continue de température / O₂ / CO dans silos (sonde multipoints). Alarmes configurées et tracées.
- Vidange/rotation régulière (FIFO) ; protocole pour combustibles humides vs secs.
- Procédures d'extinction interne (ex : coupe feux, clapets) et accès pour intervention SDIS.

Poussières & dépoussiérage

- Protection anti-explosion sur dépoussiéreur : décharge explosion, isolation flammes, suppression par détection d'arc/étincelle. Débit d'air et maintenance filtres.
- Décolmatage contrôlé (pas de remise en suspension incontrôlée), procédures pour nettoyage des manches.
- Équipements antidéflagrants sur convoyeurs, vannes, moteurs quand zone poussière possible.

Equipements / maintenance

- Maintenance préventive strictement planifiée (roulements, entraînements, résistances), suivi des graissages / points chauds.
- Verrous/consignation (LOTO) pour interventions. Autorisation d'intervention (work permit) obligatoire.
- Capteurs CO/CO₂/CH₄ dans locaux clos, procédure d'entrée en espace confiné (kit respiratoire, surveillance continue).

Automatisation & alarmes

- Supervision SCADA / logs d'alarmes ; seuils d'alerte pour montée progressive de température en silo. Essai périodique des alarmes.
- **Formation & ressources humaines**
- Formation spécifique des conducteurs (réaction incendie, isolation, confinement, reprise d'exploitation sécurisée). Exercices annuels avec SDIS.
- Autorités internes désignées : responsable sécurité, responsable technique, contact préfectoral.
- **Moyens d'extinction & secours**
- Extincteurs adaptés, robinets incendie, plan d'accès SDIS, point d'eau haute capacité si silo volumineux. Prévoyance d'équipements pour extinction de feu dans silo (extraction, ouverture contrôlée).

Surveillance documentaire & assurances

- Contrôles périodiques réglementaires (ICPE), assurance RC exploitation couvrant dommages tiers, clarté sur franchise et prise en charge perte d'exploitation.

3) Responsabilité exploitant & collectivité

Principes juridiques applicables

- L'exploitation d'une chaufferie **relevant des ICPE** impose des obligations de sécurité, EDD, déclaration/autorisation/enregistrement selon la nomenclature et la puissance. L'exploitant est responsable du respect de ces prescriptions (arrêtés, DDAE).
- Obligation d'information au préfet : incidents/accidents notifiables (dès qu'il y a risque pour santé/environnement).
- Responsabilité civile de l'exploitant : réparation des dommages causés à des tiers (principe du « pollueur-payeur » et responsabilité pour faute).
- Responsabilité administrative / pénale : en cas d'infraction aux prescriptions ICPE, manquement à l'EDD, défaut de mesures de prévention, sanctions possibles (amendes, injonctions, mise en demeure, fermeture). Jurisprudence et rapports IGEDD confirment que **manquements organisationnels** (ex : absence de procédure consignation) aggravent la responsabilité.

Typologie des mises en cause pratiques

- **Exploitant (opérateur privé/public)** : principal mis en cause — inexécution des obligations réglementaires, maintenance défaillante, procédures d'intervention insuffisantes. Dommages matériels, corporels et mise en jeu de la RC.
- **Collectivité / propriétaire du site** : peut être mise en cause si elle est propriétaire et a manqué à une obligation (ex : autorisation / contrôle / suivi) ou si la délégation d'exploitation n'a pas été encadrée contractuellement (contrat d'affermage / DSP mal rédigé).
- **Concepteur / installateur** : si défaut d'installation (ex : non-conformité anti-explosion, absence d'isolation coupe-feu).
- **Assureurs** : litiges fréquents sur l'étendue de la prise en charge (perte d'exploitation, amendes, dommages aux tiers).

Points d'attention pour la collectivité

- Encadrer **contractuellement** la délégation d'exploitation : SLA, exigences sécurité (checklist de la partie 2), obligation de reporting incident, pénalités en cas de manquement.
- S'assurer que l'**EDD / DDAE** est complète et actualisée ; vérifier les plans de prévention / exercice SDIS.
- Prévoir clause d'accès et coopération avec SDIS / préfecture en cas d'accident (liaison opérationnelle).
- Préparer la communication publique (riverains) : transparence et plan d'alerte.

Exemples jurisprudentiels / enquêtes

- Le rapport IGEDD sur une explosion (réf. 2024 montre qu'une **opération non prévue sans protection** a conduit à une explosion mortelle ; rapport pointe directement les manquements de l'exploitant à la procédure de consignation et d'analyse de risque (éléments utiles en contentieux).
- Les fiches ARIA montrent des arrêts d'exploitation longs et des constats d'absence de mesures simples (capteurs, rotation de stock) : ces constats servent souvent de base à mises en demeure préfectorales.

Actions recommandées immédiates (juridique & opérationnel)

1. **Audit de sécurité** (interne ou tiers) focalisé sur silo, dépoussiérage, consignation, procédures maintenance.
2. **Mise à jour urgente de l'EDD/DDAE** si lacunes révélées (documenter et tracer les mesures correctives).
3. **Renforcer contrat d'exploitation** (SLA sécurité, reporting, exercices SDIS, sanctions).
4. **Assurance** : vérifier couverture Pertes d'exploitation / RC / franchises pour scénarios incendie/explosion.

Clause contractuelle type

Sécurité – Exploitation d'une chaufferie biomasse 10–20 MW (DSP / affermage / marché d'exploitation)

Article X – Sécurité industrielle et prévention des risques

X.1 – Obligations générales de l'exploitant

L'exploitant reconnaît que la chaufferie biomasse constitue une **installation industrielle à risques** au sens de la réglementation des **ICPE**.

À ce titre, il s'engage à exploiter l'installation dans le strict respect :

- Des prescriptions réglementaires applicables,
- De l'étude de dangers et du dossier environnemental en vigueur,
- Des règles de l'art et des recommandations techniques de l'INERIS.

X.2 – Dispositifs techniques minimaux obligatoires

L'exploitant **garantit en permanence la présence**, le bon fonctionnement et la maintenance des dispositifs suivants :

Stockage et alimentation biomasse

- Surveillance continue de température et de gaz (CO, O₂) dans les silos et fosses,
- Systèmes de prévention des retours de flamme (clapets, sas, inertage si nécessaire),
- Compartimentage ou limitation des volumes de stockage,
- Procédure documentée de rotation des stocks (FIFO).

Poussières et dépoussiérage

- Protections contre les explosions sur filtres à manches (événements, isolation, détection étincelles),
- Interdiction de toute opération de maintenance sans consignation complète,
- Procédures spécifiques pour le nettoyage et le remplacement des manches filtrantes.

Automatisme et alarmes

- Supervision avec enregistrement des alarmes critiques,
- Essais périodiques des sécurités (au minimum annuels, traçables).

X.3 – Organisation, formation et maintenance

L'exploitant s'engage à :

- Former spécifiquement son personnel aux risques incendie, explosion et atmosphères toxiques,
- Réaliser des **exercices périodiques** avec les services de secours,
- Mettre en œuvre une maintenance préventive documentée (convoyeurs, roulements, moteurs, résistances),
- Tenir un registre des incidents et quasi-accidents.

X.4 – Information et reporting

Tout incident, départ de feu, explosion, émission anormale ou situation dangereuse :

- Est **immédiatement notifié** à la collectivité,
- Fait l'objet d'un rapport écrit sous 48 heures,
- Est déclaré aux autorités compétentes lorsque requis.

X.5 – Responsabilité et sanctions contractuelles

Le non-respect des obligations de sécurité constitue une **faute grave** pouvant entraîner :

- Pénalités financières,
- Suspension temporaire de l'exploitation,
- Résiliation du contrat aux torts exclusifs de l'exploitant, sans préjudice des poursuites administratives ou pénales.

Accidentologie biomasse – Risques et responsabilités (note préfet / avocat / juge – format 2 pages max)

1. Qualification juridique de l'installation

Une chaufferie biomasse de **10 à 20 MW** relève de la réglementation ICPE.

Elle doit être considérée comme une **installation industrielle à risque** présentant :

- Un risque d'incendie prolongé,
- Un risque d'explosion de poussières,
- Un risque d'intoxication par gaz,
- Un risque de pollution atmosphérique accidentelle.

La dangerosité ne dépend pas uniquement de la puissance mais **des volumes de combustible et des poussières générées**.

2. Enseignements tirés des accidents réels (France – base ARIA)

Les retours d'expérience montrent que :

- La majorité des accidents sont liés au **stockage et à la manutention du bois**,
- Les explosions, bien que moins fréquentes, sont **les plus graves** (blessures graves, décès),
- Les causes sont très majoritairement **organisationnelles** :
 - Absence de procédures,
 - Maintenance insuffisante,
 - Interventions humaines non sécurisées.

Ces constats sont régulièrement repris par les inspections et rapports techniques, notamment ceux de l'INERIS.

3. Responsabilité de l'exploitant

L'exploitant est **le premier responsable** :

- Du respect des prescriptions ICPE,
- De la mise en œuvre effective des moyens de prévention,
- De la formation de son personnel,
- De la gestion des interventions et de la maintenance.

En cas d'accident :

- La responsabilité **administrative** est engagée (mise en demeure, arrêt, sanctions),
- La responsabilité **civile** est engagée vis-à-vis des tiers,
- La responsabilité **pénale** peut être retenue en cas de manquement caractérisé.

L'argument de l'"énergie renouvelable" ou de la "transition énergétique" est **sans effet juridique** sur l'appréciation du risque.

4. Responsabilité de la collectivité

La collectivité peut être engagée si :

- Elle est exploitante directe,
- Elle est propriétaire sans contrôle effectif,
- Elle a délégué l'exploitation sans encadrement contractuel suffisant,
- Elle n'a pas réagi à des alertes ou incidents répétés.

En revanche, une collectivité ayant :

- Exigé contractuellement des mesures de sécurité,
 - Contrôlé leur mise en œuvre,
 - Réagi aux incidents,
- voit sa responsabilité **fortement atténuée**.

5. Position des juridictions et de l'administration

Les autorités et juridictions retiennent systématiquement que :

Les risques liés à la biomasse sont connus, documentés et doivent être anticipés.

L'absence de dispositifs simples (capteurs, procédures, consignation) est considérée comme une **négligence fautive**.

6. Conclusion opérationnelle

Une chaufferie biomasse de 12 MW :

- N'est pas une installation « banale »,
- Présente un risque industriel objectivé,
- Impose une vigilance accrue de l'exploitant et de la collectivité.

La prévention repose moins sur la technologie que sur l'organisation, la formation et le contrôle.

Clause contractuelle type – Sécurité et prévention des risques (*Chaufferie biomasse / réseau de chaleur*)

Article X – Sécurité industrielle, prévention des risques et responsabilité

X.1 – Qualification de l'installation et principe général

L'exploitant reconnaît que l'installation objet du présent contrat constitue une **installation industrielle à risques**, relevant de la réglementation des **ICPE**, présentant notamment des risques d'incendie, d'explosion, d'émission de gaz toxiques et de pollution atmosphérique accidentelle.

À ce titre, l'exploitant s'engage à assurer l'exploitation de l'installation dans des conditions garantissant en permanence :

- La sécurité des personnes,
- La protection des biens,
- La protection de l'environnement,
- La continuité du service public, sous réserve des impératifs de sécurité.

X.2 – Respect du cadre réglementaire et des documents de référence

L'exploitant est seul responsable :

- Du respect de l'ensemble des prescriptions réglementaires applicables,
- De la conformité de l'exploitation aux arrêtés préfectoraux,
- De la mise en œuvre effective des mesures prévues dans le dossier environnemental et l'étude de dangers.

Les recommandations techniques reconnues, notamment celles de l'INERIS, constituent des **références opposables** en matière de bonnes pratiques de prévention des risques.

X.3 – Dispositifs techniques de sécurité obligatoires

a) Stockage et alimentation en biomasse

L'exploitant garantit :

- La surveillance continue de la température et des gaz (a minima CO et O₂) dans les silos, fosses et zones confinées,
- La prévention des retours de flamme vers les zones de stockage,
- La maîtrise des volumes stockés et la rotation régulière des combustibles,
- L'existence de procédures spécifiques en cas de détection d'échauffement anormal.

b) Prévention du risque explosion

L'exploitant met en œuvre et maintient :

- Des dispositifs de protection contre les explosions de poussières sur les équipements concernés (filtres, convoyeurs, silos),
- Des systèmes d'isolement et de limitation des effets d'explosion,
- Des procédures strictes interdisant toute intervention sans consignation préalable complète.

c) Automatisation, supervision et alarmes

Les systèmes de contrôle-commande doivent :

- Permettre l'enregistrement des alarmes critiques,
- Être régulièrement testés,
- Déclencher des actions automatiques de mise en sécurité en cas de situation dangereuse.

X.4 – Organisation de l'exploitation et maintenance

L'exploitant s'engage à :

- Établir et maintenir des procédures écrites pour l'exploitation normale, dégradée et d'urgence,
- Mettre en œuvre une maintenance préventive documentée sur les équipements critiques,
- Assurer la formation spécifique du personnel aux risques propres à la biomasse,
- Encadrer strictement les interventions des entreprises extérieures (plans de prévention, permis de feu, consignations).

Toute opération de maintenance présentant un risque particulier doit faire l'objet d'une analyse de risque préalable formalisée.

X.5 – Gestion des incidents, accidents et information de la collectivité

Tout incident, accident ou situation susceptible de porter atteinte à la sécurité des personnes, des biens ou de l'environnement :

- Fait l'objet d'une information immédiate de la collectivité,
- Donne lieu à un rapport circonstancié transmis sous 48 heures,
- Entraîne, le cas échéant, la déclaration aux autorités compétentes.

L'exploitant met en œuvre sans délai les mesures correctives nécessaires et en informe la collectivité.

X.6 – Contrôle et droit d'audit de la collectivité

La collectivité se réserve le droit :

- De contrôler à tout moment le respect des obligations de sécurité,
- De demander tout document relatif à la prévention des risques,
- De faire réaliser des audits de sécurité indépendants.

L'exploitant s'engage à faciliter ces contrôles et à mettre en œuvre les mesures correctives demandées dans les délais impartis.

X.7 – Responsabilité, assurances et sanctions contractuelles

L'exploitant est seul responsable des dommages causés aux tiers, aux biens et à l'environnement du fait de l'exploitation de l'installation.

Il souscrit les assurances nécessaires couvrant notamment :

- La responsabilité civile exploitation,
- Les dommages matériels,
- La perte d'exploitation consécutive à un sinistre.

Le non-respect des obligations de sécurité constitue une **faute grave**, pouvant entraîner :

- Des pénalités contractuelles,
- La suspension de l'exploitation,
- La résiliation du contrat aux torts exclusifs de l'exploitant, sans indemnité.

X.8 – Caractère substantiel de la sécurité

Les parties conviennent expressément que les obligations de sécurité constituent une **condition essentielle et déterminante** du présent contrat.

Aucune considération économique, énergétique ou environnementale ne peut justifier leur non-respect.





Explosion d'un silo à poussières de bois

Les silos à poussières de bois sont des structures en bois ou en métal, utilisés pour stocker les résidus de bois (sciure, copeaux, etc.). Ils peuvent devenir dangereux si les poussières s'accumulent et sont sujettes à explosion.

QUE S'EST-IL PASSÉ ?

Le 14 novembre 2012, un silo à poussières de bois situé à la ferme de la Chapelle, près de Paris, a explosé. L'explosion a provoqué la mort de deux personnes et a causé de graves blessures à plusieurs autres. Les dégâts matériels sont importants.

LES CAUSES DE L'EXPLOSION

Les causes de l'explosion sont multiples. Elles sont liées à l'accumulation de poussières de bois, qui sont très inflammables. Les poussières de bois peuvent s'accumuler dans les silos, surtout si ceux-ci ne sont pas entretenus correctement. Les poussières de bois peuvent également s'accumuler dans les tuyaux, les conduits, etc.

LES MESURES DE PRÉVENTION

Il est important de prendre des mesures de prévention pour éviter de telles explosions. Les mesures de prévention sont les suivantes :

- Éviter l'accumulation de poussières de bois.
- Nettoyer régulièrement les silos et les tuyaux.
- Éviter l'utilisation de machines à vapeur.
- Éviter l'utilisation de machines à combustion.
- Éviter l'utilisation de machines à percussion.
- Éviter l'utilisation de machines à friction.
- Éviter l'utilisation de machines à percussion.
- Éviter l'utilisation de machines à friction.
- Éviter l'utilisation de machines à percussion.
- Éviter l'utilisation de machines à friction.

Les dangers du monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz dangereux qui peut être mortel. Il ne sent rien et ne se voit pas.

- Aérez au moins 10 min. par jour**
- Faites vérifier et entretenir : chaudières et chauffages chaque année avant l'hiver**
- Utilisez dehors : appareils de cuisson (brasero, barbecue) et groupes électrogènes**
- Respectez le mode d'emploi des appareils de chauffage et de cuisson**

 www.prevention-maison.fr 