



_Accompagner les entreprises dans la prévention des risques technologiques en zone PPRT

_Présentation du guide pratique BATIRSÛR « Bâtiment acier en zone PPRT de surpression »

Atelier Presse

[14 avril 2016]

► Contact // 03 44 55 63 01 // Severine.Vaselli@ineris.fr ◀



L'INERIS PRÉSENTE LE GUIDE BATIRSÛR

« *Bâtiment acier en zone PPRT de surpression* »

Une solution technique et économique à l'implantation des entreprises en zone PPRT.

Paris, le 14 avril 2016 : L'INERIS, l'institut national de l'environnement industriel et des risques, annonce la publication du premier guide pratique destiné aux bureaux d'études construction permettant de faciliter le dimensionnement et d'optimiser la conception de bâtiments de plain-pied en acier soumis aux aléas de surpression 20-50 mbar en zone PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques). Cette publication s'inscrit dans une logique territoriale durable, facilitant la coexistence des sites « Seveso seuil haut » à l'origine du risque et les activités économiques, tout en assurant la protection des personnes. Le projet BATIRSÛR « Bâtiment en acier en zone PPRT de surpression », qui a conduit à la production de ce guide, réunit le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, le CTICM, l'INSA Centre Val de Loire, ArcelorMittal, AMARIS, la Communauté d'agglomération de Bourges Plus et le Conseil Départemental du Cher. Le guide BATIRSÛR est en accès libre sur les sites internet de [l'INERIS](#) et de ses partenaires.

Suite à la catastrophe d'AZF, le Parlement a adopté la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages. Les Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT), mesure phare de cette loi, visent à améliorer la coexistence des sites industriels à hauts risques existants avec leurs riverains, en améliorant la protection de ces derniers tout en pérennisant les premiers.

Après une phase de réduction des risques à la source, les PPRT peuvent prévoir des mesures foncières dans les secteurs les plus exposés, des restrictions de l'urbanisation future autour du site industriel, et/ou des travaux de renforcement des bâtiments existants.

Cette réglementation dépend du type et du niveau d'aléa technologique généré par les établissements Seveso Seuil haut, l'aléa pouvant être thermique, toxique ou de surpression.

Pour protéger les personnes des effets thermiques et toxiques, les mesures à mettre en œuvre dans le cadre des PPRT reposent essentiellement sur des techniques standards de renforcement de l'isolation ou la création de local de mise à l'abri à l'intérieur du bâti.

En revanche, pour implanter un bâtiment d'activité économique dans une zone soumise à un aléa de surpression, même de faible intensité, les mesures à mettre en œuvre pour répondre aux exigences des PPRT peuvent dans de nombreux cas, et avec les pratiques actuelles de dimensionnement, être plus complexes et coûteuses. En apportant une solution technique et économique à l'implantation des bâtiments en acier sur ces zones réglementées liées à l'aléa de surpression, le guide BATIRSÛR répond ainsi aux besoins d'accompagnement des entreprises dans la prévention des risques technologiques en zone PPRT.

L'appui de la Recherche

Le guide BATIRSÛR est le résultat d'un travail de recherches sur la vulnérabilité des bâtiments acier en zone de surpression 20-50 mbar. En effet, en 2012, l'INERIS qui développe une expertise reconnue en matière de prévention des risques technologiques, a initié un projet de recherche portant sur l'analyse de la résistance des structures acier en zone PPRT de surpression. Il visait d'une part à approfondir les connaissances sur le comportement et la tenue des bâtiments en acier de plain-pied face à l'aléa de surpression, et d'autre part à améliorer la précision des modèles théoriques de prédiction existants. Les premières étapes ont consisté en des évaluations théoriques et expérimentales au travers d'essais à moyenne et petite échelle. Les résultats de ces recherches ont permis de développer une méthodologie modulaire simple à appréhender qui, contrairement aux méthodes classiques employées par les bureaux d'étude, repose sur des outils de calcul précis et prédictifs intégrant l'aspect dynamique du signal de surpression et le comportement associé de la structure.

L'apport pour les acteurs du territoire

Les professionnels disposent désormais d'une méthodologie unique leur permettant d'évaluer de manière efficace et rapide la résistance des structures métalliques face aux effets de surpression, sans mise en œuvre de techniques de calculs complexes et coûteuses, tout en s'intégrant aux règles classiques du dimensionnement. Le guide BATIRSÛR réunit des règles et recommandations constructives simples, permettant de faciliter le dimensionnement et d'optimiser la conception de bâtiments en acier soumis aux effets d'un aléa de surpression 20-50 mbar.

Pour accompagner les acteurs du territoire et notamment les entreprises dans la prise en compte des risques technologiques, les dispositions en matière de conception et d'exécution de bâti doivent prendre en compte leurs préoccupations techniques et économiques. En répondant aux préoccupations des entreprises, le guide BATIRSÛR facilite leur installation ou leur maintien sur ces zones par ailleurs attractives par leur positionnement (proximité de grandes voies routières, ferroviaires, zone de chalandise, ...) et contribue ainsi à la vie des territoires. En effet, les zones soumises à un aléa de surpression de faible intensité, où les constructions acier sont majoritairement représentées, constituent les surfaces les plus vastes du périmètre d'exposition aux risques de surpression, mais aussi les zones constructibles les plus importantes.

LE GUIDE BATIRSÛR

« *Bâtiment acier en zone PPRT de surpression* »

Le guide pratique BATIRSÛR est né d'un projet de recherche initié par l'INERIS en 2012 et soutenu par le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. Le projet visait à approfondir les connaissances sur le comportement et la tenue des bâtiments en acier de plain-pied face à l'aléa de surpression et à améliorer la précision des modèles théoriques de prédiction existants. Ces travaux de recherche ont permis de développer une nouvelle méthodologie destinée aux bureaux d'étude construction, permettant de faciliter le dimensionnement et d'optimiser la conception des bâtiments en acier de plain-pied soumis à l'aléa de surpression de 20-50 mbar en zone PPRT.

Ce projet de recherche élaboré en partenariat avec le CTICM, l'INSA Centre Val de Loire, ArcelorMittal, AMARIS, la Communauté d'agglomération de Bourges Plus et le Conseil Départemental du Cher, permet de répondre à certaines exigences des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT). Suivant la zone de risque, les PPRT peuvent interdire les constructions ou imposer la mise en œuvre de dispositions constructives spécifiques dans le bâti afin d'assurer la sécurité des occupants en cas d'explosion extérieure.

Vocation

Le guide pratique BATIRSÛR est destiné aux professionnels de la construction, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre. Il propose des règles de dimensionnement associées à des recommandations constructives pour la réalisation de nouveaux bâtiments en acier de plain-pied devant répondre aux objectifs de performance d'un PPRT en zone de surpression 20-50 mbar.

Spécificités

- ***Un guide issu de trois années de recherches pointues ...***

Grâce aux travaux de recherches du projet BATIRSÛR, la précision des modèles théoriques de prédiction existants a pu être améliorée avec le développement, la validation et l'application d'outils de calcul précis prenant en compte l'influence des différents paramètres des bâtiments en acier et du chargement au niveau du signal de surpression s'appliquant sur la structure.

- ***... simple d'utilisation***

Les principes simples de construction et les dispositions spécifiques de renforcement proposés dans le guide BATIRSÛR, s'intègrent aux règles classiques de dimensionnement utilisées par les bureaux d'études construction, sans mise en œuvre de techniques de calculs complexes et coûteuses.

- ***... rapide d'exécution et optimisant les coûts***

Le guide BATIRSÛR propose une méthodologie modulaire basée sur des outils de calculs simplifiés qui permettent aux ingénieurs d'évaluer rapidement et facilement le risque de défaillance des structures métalliques face à l'aléa de surpression.

Avec un dimensionnement facilité, et une conception optimisée, il répond aux impératifs économiques des professionnels.

Le guide BATIRSÛR est disponible en libre téléchargement sur les sites internet des partenaires.

Structure en 5 points

1. Une description des éléments de structure « type » constitutifs d'un bâtiment en acier de plain-pied, situé à proximité d'un site industriel.
2. Une présentation du domaine de validité et des conditions d'utilisation du guide.
3. Une présentation de la typologie des signaux de surpression retenus dans les zones PPRT.
4. Une partie pratique donnant des principes simples de construction, majoritairement sous la forme de tableaux, pour chacun des éléments constitutifs d'un bâtiment en acier.
5. Une description des dispositifs spécifiques de renforcement.

Un exemple d'application de la démarche est fourni en annexe.

Le guide BATIRSÛR accompagne ainsi les professionnels à chaque étape de la conception d'un bâtiment, avec des principes simples de construction et de dimensionnement ou des dispositions spécifiques de renforcement.

Périmètre d'application

Le guide BATIRSÛR concerne les constructions futures de bâtiments en acier de plain-pied devant répondre aux exigences des PPRT liées à un aléa de surpression de 20 à 50 mbar et respectant les caractéristiques suivantes, les plus communes :

- Une ossature métallique en portique :
 - o Les **poutres et poteaux** des portiques constitués de barres à section en I doublement symétriques, en profilés laminés à chaud ou en profilés reconstitués par soudage.



Figure 1 : Portique courant en profilés laminés à chaud



Figure 2 : Portique courant en profilés reconstitués soudés

- Les éléments secondaires, **pannes et lisses**, en profilés laminés à chaud ou en éléments minces formés à froid.
- Les **façades** réalisées à partir, de bardages en simple ou double peau.
- La **toiture** :
 - o Une couverture sèche.
 - o En acier avec isolation et étanchéité, constituée de tôles d'acier nervurées, éventuellement d'un pare-vapeur ; de panneaux isolants non porteurs, d'un revêtement d'étanchéité et éventuellement d'une protection lourde.
 - o Son inclinaison est inférieure à 10°.

Pour les façades et la toiture, les éléments sont fixés aux lisses ou aux pannes à l'aide de fixations définies selon les règles de l'art.

Le guide BATIRSÛR peut également s'appliquer aux constructions existantes dans le cadre d'un renforcement de la structure.

DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE

La démarche proposée pour la conception des bâtiments en acier en zone de surpression 20-50 mbar se structure en 2 étapes principales :

1. Caractérisation du signal de surpression retenu en zone PPRT

Il s'agit dans un premier temps d'identifier la zone d'aléa et le signal de surpression auquel est soumis le bâtiment à construire ou à renforcer. Le guide rappelle à cet effet les quatre paramètres à prendre en compte pour la caractérisation des effets de surpression : zone d'intensité, nature du signal, temps d'application et orientation des faces.

Outre un tableau synthétisant les différents signaux de surpression possibles en zone 20-50 mbar permettant un gain de temps, le guide propose une méthode simple pour numéroter les faces du bâtiment en fonction de leur orientation par rapport au centre de l'explosion. Ce numéro de face exprime la violence des effets que les différentes façades du bâtiment sont susceptibles de subir en cas d'accident engendrant une surpression.

2. Dimensionnement à prévoir pour chaque élément de structure

Un chapitre « pratique » vise à présenter les conditions minimales à respecter pour le dimensionnement du bâtiment vis-à-vis de l'intensité de la surpression, à la fois pour les éléments primaires (ossature porteuse composée de portiques), secondaires (pannes et lisses) et pour l'enveloppe (bardage). Le guide propose des règles et des recommandations constructives simples à respecter afin d'obtenir, pour chaque élément constitutif du bâtiment, une résistance suffisante à la surpression dans la zone 20-50 mbar. Pour les éléments structuraux primaires et secondaires, ces principes se présentent essentiellement sous forme de tableaux intégrant les quatre caractéristiques fondamentales de l'aléa de surpression.

PORTIQUES en profilés laminés à chaud - Pression de dimensionnement à l'explosion en mode « standard » - Zone 20-35 mbar								
Type de signal	Portée (en m)	Temps d'application						
		20 ms	50 ms	100 ms	150 ms	500 ms	1000 ms	> 1000 ms
Déflagration	12	0	0	5	10	20	20	20
	15	0	0	5	5	20	20	20
	20	0	0	0	5	20	20	20
	25	0	0	0	5	15	15	20

Exemple de tableau d'aide au dimensionnement : pression statique à prendre en compte pour le dimensionnement à l'explosion, en mode « standard », des portiques en profilés laminés à chaud - Déflagration, 20-35 mbar

Des dispositions constructives de renforcement et des préconisations particulières sur l'enveloppe et les assemblages sont également proposées. Les annexes du guide présentent par ailleurs, toujours sous forme de tableaux, des exemples de profilé précisant les tailles minimales à respecter pour un dimensionnement à l'explosion en mode standard ou spécifique, permettant de guider l'ingénieur dans le choix ou la vérification des profilés. Enfin, un exemple d'application de la démarche est fourni en annexe.

TRAVERSESES en profilés laminés à chaud – Zone 35-50 mbar – Exemple de profilé en acier nécessaire à minima - Dimensionnement standard								
Type de signal	Portée (en m)	Travées (en m)	Temps d'application					
			20 ms	50 ms	100 ms	150 ms	500 ms	> 500 ms
Onde de Choc	12	5	R.A.S.	IPE 140	IPE 220	IPE 240	IPE 330	IPE 330
		6	R.A.S.	IPE 140	IPE 220	IPE 270	IPE 330	IPE 360
		8	IPE 100	IPE 160	IPE 240	IPE 300	IPE 400	IPE 400
		10	IPE 100	IPE 180	IPE 270	IPE 330	IPE 450	IPE 450

Extrait d'un tableau donnant dans le cas d'utilisation de profilés en acier en laminé à chaud de type IPE, les tailles minimales de profilé à respecter pour le dimensionnement à l'explosion en mode « standard », en fonction : de la nature de signal de surpression, de la portée du portique et de la distance entre portiques - pour des cas de charges permanentes et d'exploitation inférieures à 80 kg.m² s'appliquant sur les traverses.

EXEMPLE : COMPARAISON DES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT

Le tableau suivant permet de visualiser les caractéristiques techniques liées au dimensionnement d'un bâtiment* en acier de plain-pied, en zone 35-50 mbar, vis-à-vis d'un effet de surpression et devant respecter les objectifs de performance associés au règlement du PPRT. Le tableau présente les informations obtenues à partir du guide BATIRSÛR et celles relatives aux pratiques actuelles employées par les bureaux d'étude construction.

Afin de pouvoir comparer les deux méthodes, le tableau inclut les données du dimensionnement de ce même bâtiment implanté en zone hors PPRT.

Selon les pratiques actuelles des bureaux d'étude construction, de nombreuses modifications sont nécessaires et ce, sur l'ensemble des éléments constitutifs du bâtiment.

Avec le guide pratique BATIRSÛR, peu d'adaptations techniques sont nécessaires pour répondre aux exigences du PPRT, comparé au dimensionnement de ce même bâtiment en zone hors PPRT. Seules les lisses nécessitent quelques modifications afin d'assurer la sécurité des personnes face à l'aléa de surpression.

Tableau comparatif des méthodes de dimensionnement

	Dimensionnement du bâtiment – <u>Hors exigences PPRT</u>	Dimensionnement du bâtiment vis-à-vis des effets de surpression – <u>Pratiques actuelles des bureaux d'études construction</u>	Dimensionnement du bâtiment vis-à-vis des effets de surpression – <u>Guide pratique BATIRSUR</u>
Portique	Portiques, espacés de 6 m, Traverse IPE330 – S275, Poteau IPE360 – S275	Portique 15 m de portée, Traverse HEA600 – S275, Poteau HEB650 – S275	<i>Pas de modification par rapport au dimensionnement hors PPRT</i>
Panne	Pannes IPE 140 - nuance d'acier S275 et espacées de 2 m environ	IPE 220 - nuance d'acier S275 et espacés de 2 m environ ou IPE180 – nuance d'acier S275 espacés tous les 1 m	<i>Pas de modification par rapport au dimensionnement hors PPRT</i>
Lisse	Lisses IPE 120 - nuance d'acier S275 espacées de 2 m environ	Face 1 : IPE330 – S275 espacés de 2 m ou IPE270 – S275 espacés de 1 m Faces 3 et 4 : IPE220 - S275 espacés de 2 m ou IPE180	Face 1 : IPE160 – S275 espacés de 2 m ou IPE140 – S275 espacés de 2 m + vérifications des dispositions constructives de continuité et d'assemblage Faces 3 et 4 : <i>pas de modification</i>
Elements non structuraux	Couverture bac acier avec étanchéité / Façade en bardage simple peau respectant les règles de dimensionnement des normes neige et vent	A minima renforcement des fixations des éléments de bardage et de couverture de toiture	<i>Pas de modification par rapport au dimensionnement hors PPRT</i>

***Note :**

Dimensionnement d'un bâtiment en acier de plain-pied de 36 mètres de long et 15 mètres de large et de 6 m de haut, situé dans le périmètre d'exposition aux risques de surpression d'un PPRT et qui se doit de répondre aux objectifs de performances suivants, indiqués dans le règlement du PPRT :

- Zone d'intensité : 35-50mbar,
- Nature de l'onde de surpression : onde choc,
- Temps d'application de l'onde de surpression : 150ms

EFFET DE SURPRESSION

4 caractéristiques fondamentales au cœur de la méthodologie du guide BATIRSÛR

L'effet de surpression est généré par le souffle d'une explosion. Celle-ci peut être issue d'un explosif, d'une décompression brutale d'un gaz sous pression, d'une réaction chimique ou d'une combustion violentes. Les effets de surpression se manifestent par la propagation à très grande vitesse dans l'atmosphère d'une onde de surpression dont la forme générale dépend du type d'explosion, qu'elle consiste en une déflagration ou en une détonation. L'effet de surpression est principalement caractérisé par son intensité, exprimé en mbar. On distingue 4 seuils réglementaires - 20 mbar, 50 mbar, 140 mbar et 200 mbar - formant quatre zones d'intensité inscrites dans les PPRT : 20-50 mbar, 50-140 mbar, 140-200 mbar et >200 mbar.

La construction acier, de par ses caractéristiques avantageuses, est fortement représentée au sein des activités commerciales et industrielles et notamment autour des sites « Seveso seuil haut » dans la zone 20-50 mbar. Cette zone constitue par ailleurs une des surfaces les plus vastes du périmètre d'exposition aux risques de surpression, mais aussi l'espace constructible le plus important au sein des collectivités locales concernées.

Les caractéristiques de l'effet de surpression

La construction d'un bâtiment en acier dans une zone PPRT doit suivre des règles précises pour assurer la sécurité des personnes. La première étape consiste à déterminer les caractéristiques de l'aléa de surpression associées à la zone dans laquelle sera implanté le futur bâtiment afin d'appliquer les dispositions constructives adéquates.

Pour respecter les exigences du règlement du PPRT associées aux effets de surpression, il convient de s'assurer du bon comportement du bâtiment vis-à-vis de l'aléa, en fonction de **4 paramètres à analyser**. Contrairement aux méthodes classiques utilisées par les bureaux d'étude construction, la méthodologie du guide BATIRSÛR repose sur ces 4 paramètres fondamentaux, proposant ainsi dans ses tableaux d'aide au dimensionnement, des calculs prédictifs intégrant l'aspect dynamique du signal de surpression et la capacité des différents éléments constitutifs du bâtiment à se déformer plastiquement :

1. La zone d'intensité dans laquelle se trouve le bâtiment

Elle correspond au niveau de surpression incident maximal qui peut s'appliquer sur la structure. Elle est de 20 à 50 mbar dans la zone réglementaire, divisée en deux zones : 20 à 35 et 35 à 50 mbar.

2. La nature de l'explosion

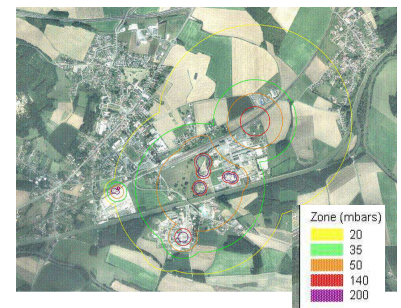
La nature de l'explosion (déflagration ou détonation) modifie la forme du signal de surpressions spécifiques : ces formes sont utilisées comme modèles dans les études de danger. La forme du signal conditionnera la réponse de la structure.

3. La durée du signal de surpression

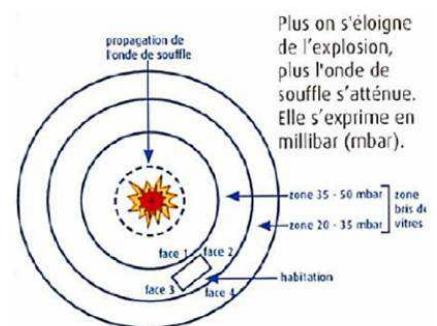
Pour effectuer un calcul précis des amplifications dynamiques de la réponse de la structure, il convient également de tenir compte de la durée de l'onde de surpression.

4. L'orientation des façades du bâtiment

Suivant leur orientation, les façades sont plus ou moins exposées aux effets de l'explosion. Définie par rapport au centre de l'explosion, l'orientation est caractérisée par un numéro de 1 (face la plus exposée) à 4 (la moins exposée), permettant ainsi de différencier les profilés qui peuvent être utilisés en fonction de l'orientation. Dans l'annexe 1, le guide BATIRSÛR propose une méthodologie afin de déterminer l'orientation des façades par rapport au centre de l'explosion.



Cartographie d'intensité de surpression

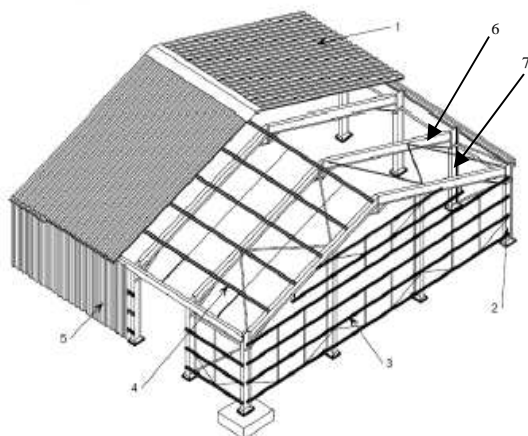


Plus on s'éloigne de l'explosion, plus l'onde de souffle s'atténue. Elle s'exprime en millibar (mbar).

ÉTAT DE L'ART DES CONSTRUCTIONS ACIER

Synthèse et principaux avantages

La construction de bâtiments à usage industriel constitue une part importante du secteur de la construction métallique en France. Le plus souvent, ces bâtiments s'articulent autour d'une charpente métallique, de grandes dimensions et de forme rectangulaire, habillée d'une enveloppe extérieure. La charpente métallique a pour fonction essentielle d'assurer la solidité du bâtiment, en assurant le transfert des diverses actions appliquées au bâtiment (poids-propre de la structure, poids des équipements, neige, vent, séisme, etc.) vers ses fondations.



Légende :

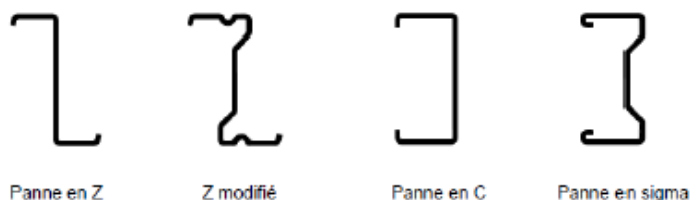
1. Couverture de la toiture en acier
2. Ossature principale en acier
3. Lisses
4. Pannes
5. Bardages
6. Traverses
7. Poteaux

Bâtiment en acier « type » à un seul niveau

Le système structural le plus répandu est réalisé à partir de portiques constitués par l'assemblage boulonné de traverses et de poteaux.

Les portiques sont liaisonnés par une structure secondaire comprenant les pannes de toiture et les lisses de façade. Ils sont le plus souvent à double pente symétrique, et peuvent être à une ou plusieurs travées, avec des poteaux intérieurs.

Les traverses et les poteaux des portiques sont habituellement réalisés à partir de profilés en forme de I ou de H. Ces profilés peuvent être des Profilés marchands Laminés à Chaud (PLC) ou des Profilés Reconstitués par Soudage (PRS).



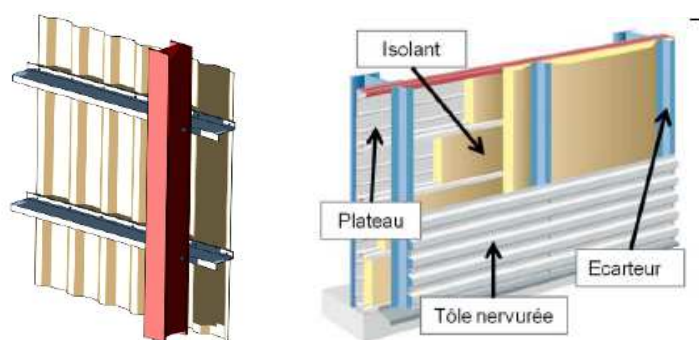
Exemples de profilés formés à froid

La stabilité latérale de ce type de bâtiments est assurée, en général, par les portiques et les systèmes de contreventement se situant au niveau de la toiture et des palées de stabilité entre les portiques au niveau des façades. La portée des portiques se situe fréquemment entre 15 et 30 m et leur espacement varie entre 5 et 10 m.

L'enveloppe des bâtiments est composée d'éléments de façade et de couverture.

Ces éléments sont non porteurs et constituent des parties indépendantes fixées sur la structure secondaire (pannes et lisses) reliant les poteaux ou les traverses des portiques. Les pannes constituent la structure porteuse des éléments de couverture, tandis que les lisses supportent les éléments de façades. Elles peuvent être réalisées à partir de profilés marchands laminés à chaud ou formés à froid.

En plus de leur rôle d'éléments porteurs de l'enveloppe, les pannes et les lisses participent également à stabiliser les poteaux et traverses des portiques. L'enveloppe peut également contribuer à la stabilité globale des bâtiments par l'effet de diaphragme. Lorsqu'ils sont métalliques, les éléments de façade et de couverture sont réalisés à partir de tôles nervurées en acier ou en aluminium. Leurs choix et disposition dépendent de critères architecturaux, ainsi que des exigences en matière d'isolations thermique et acoustique. Ils peuvent être à simple peau ou à double peau avec isolation interne.



Exemples de bardages simples et double peau

Les avantages de la solution acier.

L'acier offre de multiples avantages pour la construction neuve, la rénovation ou l'évolution de tout type de bâtiments (industriel, commercial, logement, agricole, ...).

- **Fiabilité** : l'acier présente une résistance garantie, résultant d'une production contrôlée.
- **Optimisation** : l'acier est un matériau léger et très résistant. Il permet de dégager de grands espaces libres, grâce à des structures de grandes portées et des éléments de sections réduites. De plus, l'acier autorise une grande liberté architecturale.
- **Rapidité et simplicité** : la préfabrication en atelier d'éléments constructifs prêts à être assemblés, la facilité du montage sur le principe « meccano » et des fondations réduites grâce à la légèreté de la construction permettent de minimiser les délais de construction et de réduire les coûts.
- **Respect de l'environnement** : comparé aux autres alternatives, les chantiers utilisant l'acier sont plus silencieux, plus propres, génèrent moins de poussière et peu de déchets. Relevant de la filière sèche, les solutions acier ne nécessitent pas d'eau, ce qui économise la ressource et évite les écoulements, les fuites et les risques de pollution qui lui sont associés. En outre, une construction en acier présente l'avantage de se démonter, simplement et proprement, en facilitant la séparation des matériaux et leur recyclage, sans mise en décharge. Les éléments métalliques peuvent se recycler indéfiniment et à 100%.
- **Pérennité** : grâce aux nombreux systèmes de protection contre la corrosion (galvanisation, métallisation et systèmes de peinture), l'acier conserve ses propriétés pendant toute la durée de vie de l'ouvrage et en assure sa longévité.
- **Flexibilité et adaptabilité** : le mode d'assemblage des charpentes métalliques facilite les extensions de bâtiments et leur adaptation au gré des besoins. Il se prête également bien à des rénovations, réhabilitations ou remises aux normes (renforcement, etc.).

PARTENAIRES DU GUIDE BATIRSÛR

Présentation et implications dans le projet



L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. Il mène des programmes de recherche visant à mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations de risques ou d'atteintes à l'environnement et à la santé, et à développer sa capacité d'expertise en matière de prévention. Ses compétences scientifiques et techniques sont mises à la disposition des pouvoirs publics, des entreprises et des collectivités locales afin de les aider à prendre les décisions les plus appropriées à une amélioration de la sécurité environnementale. Créé en 1990, l'INERIS est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. Il emploie 600 personnes, basées principalement à Verneuil-en-Halatte, dans l'Oise.

L'INERIS, dans le cadre de sa mission de soutien aux pouvoirs publics dans la prévention des risques, a initié le projet BATIRSÛR dès 2012 et en a assuré la coordination. L'INERIS a par ailleurs contribué à la réalisation du guide via :

- *La caractérisation théorique et expérimentale, avec le laboratoire PRISME (INSA CVL), de l'onde de surpression réellement induit par une explosion extérieure sur l'enveloppe des bâtiments.*
- *L'évaluation expérimentale du comportement des bâtiments en acier soumis à une onde de surpression.*
- *Le développement de modèles de prédiction simplifiés, validés au travers des modélisations numériques et des campagnes expérimentales afin d'étudier la réponse des bâtiments en acier aux effets de surpression.*
- *La réalisation du guide BATIRSÛR, en collaboration avec le CTICM et sur la base des résultats expérimentaux, numériques et analytiques.*



Le Centre Technique Industriel de la Construction Métallique a été créé, par décret, le 31 août 1962. Organisme privé reconnu d'utilité publique, il est placé sous la tutelle du ministère en charge de l'industrie. Depuis sa création, le CTICM a pour objectif de participer au progrès des connaissances et des performances en construction métallique et mixte, en organisant ses activités autour de 4 grands axes :

- Le développement de la connaissance, en contribuant à la recherche nationale et européenne dans le domaine du comportement – à froid comme à chaud – des constructions métalliques, pour valoriser leurs performances structurales et environnementales.
- La codification de la connaissance, en organisant les actions de normalisation du secteur.
- La transmission de la connaissance par la formation, les publications et la mise à disposition d'outils logiciels.
- L'accompagnement à la mise en œuvre des connaissances nouvelles grâce à un pôle d'expertise opérationnelle prenant en charge tous types d'études.

Le projet BATIRSÛR, visant à étudier la performance sous effets de surpression des bâtiments en acier situés aux abords des sites à risque, explique l'engagement du CTICM. Dans la réalisation de ce projet, les contributions du CTICM ont été nombreuses et se sont déroulées de la manière suivante :

- *L'état de l'art de la pratique française dans le domaine des bâtiments de plain-pied en acier.*
- *L'évaluation expérimentale, en collaboration avec le laboratoire PRISME (INSA-CVL), des effets de surpression réellement induit par une explosion extérieure sur l'enveloppe des bâtiments.*
- *L'étude, grâce à une vaste campagne d'analyses numériques, de la réponse structurale des bâtiments en acier face à ce type d'action accidentelle.*
- *En collaboration avec l'INERIS et sur la base des résultats expérimentaux, numériques et analytiques : le développement du guide BATIRSÛR.*

L'association AMARIS, créée en 1990, regroupe plus de 100 collectivités (communes, intercommunalités et région) concernées par les risques technologiques majeurs. Tous ses adhérents ont un ou plusieurs sites Seveso seuil haut sur leur territoire. L'association AMARIS a pour objectif de défendre l'intérêt des collectivités dans la mise en place de politique de prévention des risques. Fédérant des territoires qui font face à des situations très diverses, AMARIS est en mesure de rendre compte des réalités du terrain et des difficultés rencontrées par les élus locaux dans la gestion des risques. Par son expertise, elle permet à ses adhérents de bénéficier des ressources nécessaires à une bonne appréhension des enjeux et des contraintes liées aux risques. L'association participe ainsi à la montée en compétence des collectivités sur cette thématique. Dans le cadre des PPRT, AMARIS offre aux collectivités locales une tribune pour faire part aux pouvoirs publics et aux industriels de leurs difficultés, observations, interrogations et propositions. Reconnue comme un interlocuteur de référence, AMARIS défend les intérêts de ses adhérents dans toutes les négociations avec l'État ou les industriels.

AMARIS a soutenu financièrement le projet du guide BATIRSÛR. Il apporte aux entreprises un soutien et une réponse concrète aux surcoûts liés aux travaux de renforcement. Le guide répond à la problématique des collectivités confrontées à la dégradation des zones d'activités en raison de la complexité et du coût des travaux à réaliser en zone de surpression.

L'INSA Centre Val de Loire est né le 1er janvier 2014 de la fusion de l'ENI du Val de Loire et de l'ENSI de Bourges. L'Institut, héritier de ces deux écoles d'ingénieurs, a intégré au 1er janvier 2014, l'Ecole Nationale supérieure de la Nature et du paysage. L'INSA Centre Val de Loire forme dans 5 spécialités :

- Maîtrise des risques industriels (Bourges).
- Sécurité et technologies informatiques (Bourges).
- Génie des systèmes industriels (Blois).
- Energie, risques et environnement (en apprentissage en partenariat avec le CFSA Hubert Curien).
- Ecole de la Nature et du Paysage (Blois).

L'INSA Centre Val de Loire compte, à la rentrée 2015, 1 664 étudiants sur ses 2 campus. L'INSA Centre Val de Loire, habilité à délivrer le diplôme de doctorat, développe une politique scientifique pluridisciplinaire de pointe en s'appuyant sur cinq laboratoires de recherche et compte au niveau international 90 accords de coopération.

C'est au travers du laboratoire PRISME, partenaire de longue date de l'INERIS sur la thématique de la caractérisation de la réponse des matériaux et des structures aux sollicitations dynamiques accidentelles, que l'institut participe au projet BATIRSÛR.

Deux campagnes expérimentales à échelle réduite sur tables d'explosion ont été réalisées, dans le but d'évaluer les effets d'une onde de souffle sur un bâtiment, lorsque celle-ci résulte d'une détonation ou d'une déflagration. Chaque campagne sur maquette représentative d'un bâtiment à ossature métallique s'est divisée en deux étapes : caractérisation du chargement sur prototype rigide et caractérisation de la réponse au moyen d'une maquette déformable.

Ces travaux ont été conduits dans le cadre de deux thèses de doctorat qui associent à ces expérimentations des modélisations et des simulations numériques. La première a été réalisée par un ingénieur du CTICM et la seconde a été menée avec le soutien financier du Conseil Départemental du Cher et la Communauté d'Agglomération Bourges Plus.



ArcelorMittal

ArcelorMittal est le numéro un mondial de l'exploitation sidérurgique et minière, avec une présence dans 60 pays et une empreinte industrielle dans 19 pays. Guidés par une philosophie visant à produire un acier sûr et durable, nous sommes le principal fournisseur d'acier de qualité des grands marchés sidérurgiques mondiaux, y compris l'automobile, la construction, l'électroménager et l'emballage, soutenus par un département de recherche et développement d'envergure mondiale et d'excellents réseaux de distribution. Grâce à nos valeurs fondamentales que sont le développement durable, la qualité et le leadership, nous agissons de manière responsable en ce qui concerne la santé, la sécurité et le bien-être de notre personnel, de nos cotraitants et des communautés au sein desquelles nous opérons. Pour nous, l'acier est la trame de la vie, au cœur du monde moderne, utilisé dans les voies ferrées, les véhicules et les machines à laver. Nous recherchons et produisons des technologies et solutions basées sur l'acier qui rendent grand nombre des produits et composants que le monde utilise dans la vie de tous les jours plus écoénergétiques. Nous sommes l'un des cinq premiers producteurs mondiaux de minerai de fer et de charbon métallurgique et notre activité minière tient une place essentielle dans notre stratégie de croissance. Grâce à la diversité géographique de notre portefeuille d'actifs miniers de fer et de charbon, nous bénéficions d'une position stratégique nous permettant d'approvisionner notre réseau d'aciéries et le marché mondial externe. Si nos exploitations sidérurgiques sont d'importants clients, l'approvisionnement du marché externe augmente de pair avec notre croissance. En 2015, ArcelorMittal a enregistré un chiffre d'affaires de 63,6 milliards de dollars pour une production d'acier brut de 92,5 millions de tonnes, avec une production propre de minerai de fer de 62,8 millions de tonnes. Les actions d'ArcelorMittal sont cotées sur les marchés de New York (MT), Amsterdam (MT), Paris (MT), Luxembourg (MT) et sur les bourses espagnoles de Barcelone, Bilbao, Madrid et Valence (MTS).

Le rôle d'ArcelorMittal dans le projet a porté sur la définition d'un bâtiment en acier à usage industriel, avec la présentation des différentes parties d'ouvrage ou éléments de structures constituant les bâtiments en acier de plain-pied ainsi que sur la définition de leurs caractéristiques géométriques types, basée sur les guides de conception en vigueur. Dans un deuxième temps, l'équipe R&D d'ArcelorMittal a réalisé le dimensionnement à froid des charpentes métalliques en profilés laminés à chaud. Pour la réalisation des essais à moyenne échelle, réalisés à l'INERIS afin d'étudier le comportement dynamique d'une charpente en acier et le bardage soumis à une onde de surpression, ArcelorMittal a participé à la définition du cahier des charges des essais et fourni les différents composants d'une toiture de bâtiments en acier : traverses, pannes, bardages.



Dynamique agglomération de la Région Centre avec 100 000 habitants, Bourges Plus est à l'initiative de la création d'un Technopôle dédié à l'innovation et plus spécifiquement à la Prévention et la Maîtrise des Risques.

Situé en plein cœur de la ville de Bourges, l'ensemble du site accueille déjà l'INSA Centre Val de Loire, une pépinière d'entreprises et des laboratoires de recherche. Il offre un environnement privilégié pour développer des projets innovants et structurants.

Bourges Plus a soutenu financièrement le projet BATIRSÛR dans le cadre du développement de sa démarche technopolitaine centrée sur la prévention et la maîtrise des risques, mené par plusieurs acteurs déjà présents sur le technopôle de Bourges. Il s'agit aussi de renforcer la visibilité au plan national de l'ensemble des compétences présentes sur le territoire de l'agglomération en matière de risques.



Le Département du Cher est un service public de proximité. Il place l'utilisateur au cœur de ses préoccupations et met en œuvre des actions sur tout le territoire pour répondre aux attentes et besoins de ses habitants. Les lois de décentralisation lui confèrent des domaines d'intervention larges : action sociale (enfance, famille, personnes âgées, personnes handicapées, insertion...), collèges, transports scolaires et interurbains, entretien des routes, lecture publique, archives départementales... Près de 2000 agents interviennent au quotidien pour assurer ces missions sous l'impulsion des 38 conseillers départementaux qui composent l'Assemblée départementale.

Dans le cadre de l'aide aux programmes de recherche, le Conseil départemental du Cher a octroyé, fin 2013, une subvention à l'ENSI (devenue INSA-CVL) pour soutenir le projet BATIRSÛR.

L'INERIS

au cœur de l'étude des phénomènes dangereux

L'INERIS dispose d'une expérience de plus de 25 ans dans l'évaluation et la gestion des risques accidentels liés aux activités industrielles. Les compétences de ses ingénieurs et techniciens sont le fruit de la mise en œuvre de programmes de recherche et du développement d'une expertise, mise à la fois au service des exploitants d'installations à risques et des autorités publiques en charge de contrôler les exploitations. Le savoir-faire étendu de l'Institut dans le domaine accidentel est réparti en quatre champs d'expertise :

- L'étude des risques physico-chimiques inhérents aux substances et aux procédés industriels.
- L'évaluation des systèmes et des équipements de sécurité.
- L'analyse globale et la gestion intégrée des risques pour une installation industrielle.
- L'étude des phénomènes dangereux et de la résistance des structures à ces phénomènes.

L'étude des phénomènes dangereux à l'INERIS a pour vocation d'accroître et de diffuser des connaissances sur les mécanismes, les effets et les conséquences d'incendie, d'explosion et de dispersion de toxiques ou de gaz inflammables. Les équipes approfondissent également les connaissances sur la vulnérabilité des structures sensibles (équipements industriels, bâti...) à l'explosion, l'incendie et aux projections. Cette activité amène l'Institut à développer et mettre à disposition des outils de modélisation numérique. Par ailleurs, les experts de l'INERIS réalisent des essais à petite, moyenne et grande échelle, et proposent une ingénierie d'essai et la conception de dispositifs d'expérimentation sur mesure pour des essais industriels. Le savoir-faire de l'Institut le conduit également sur les questions relatives aux phénomènes dangereux, à participer à des études réglementaires et à intervenir comme tiers-expert pour le compte des pouvoirs publics.

Des moyens expérimentaux adaptés

L'INERIS développe une approche qui couple la modélisation numérique et l'expérimentation à diverses échelles. L'Institut dispose de moyens d'essais parmi les plus importants en France avec une métrologie de pointe qui permet de tirer de nombreux enseignements de tous les essais réalisés et de fournir des valeurs de référence pour tous les phénomènes dangereux (dispersion, incendie et explosion).

Les capacités expérimentales

Incendie – Structure - Dispersion de gaz :

Les capacités d'essais incendie sont rassemblées au siège de l'INERIS sur le site de Verneuil-en-Halatte (Oise), mais des essais sur site sont régulièrement réalisés, notamment en tunnel.



Calorimètre de Tewarson pour qualifier le comportement d'une substance en cas d'incendie (paramètres thermiques et chimiques)



Galerie à incendie de 50 m pour réaliser des essais de combustion jusqu'à une puissance dégagée de 10MW (en maîtrisant les rejets dans l'atmosphère par une « tour de lavage »)



Halle de caractérisation de la combustion à grande échelle, inaugurée le 19 février 2016 par Ségolène Royal, Ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, chargée des Relations internationales sur le climat

Explosion – Structure :

L'INERIS dispose d'une plate-forme d'essai sur le site de Montlville à Verneuil-en-Halatte (Oise).



Zone d'essais de dispersion, d'explosion ou d'incendie de gaz et liquides inflammables



Galerie pour tests d'explosifs et essais d'explosion de poussières jusqu'à 150 b



Enceinte pare-éclats pour des essais d'éclatement de structures sous l'effet d'une explosion ou d'un incendie



Laboratoire d'inflammation



Galerie de 150 m (10 m² d'ouverture) pour tests de ventilation et/ou de détecteurs de gaz



Chambre 2 m³ (-200°C / 200 b)



Tube d'explosion (diamètres 10-25-40) de diverses longueurs (3 à 30 m)



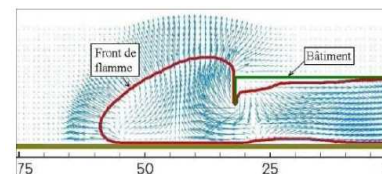
Chambre d'explosion 100 m³

Les modèles numériques

Le savoir-faire de l'INERIS en modélisation permet d'évaluer les conséquences des phénomènes dangereux sur l'environnement, que ce soit dans le cadre d'étude réglementaires ou pour dimensionner des installations.

Explosions :

- Calcul de la combustion en champ turbulent.
- Simulation de la propagation des ondes de pression, avec prise en compte des réflexions sur les obstacles.
- Résistance des structures à une sollicitation dynamique en pression.



Explosion dans une enceinte munie d'un évent et propagation de la flamme à l'extérieur

Incendie :

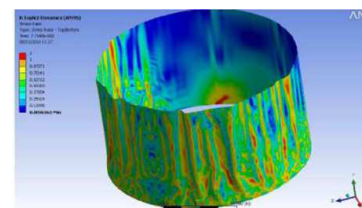
- Simulation de la propagation.
- Prise en compte du confinement.
- Calcul du flux rayonné.
- Modélisation d'une cinétique d'accident.

Dispersion atmosphérique :

- Simulation de la dispersion de polluant.
- Cinétique du mode rejet.
- Calcul de l'exposition des personnes.
- Modélisation des conditions météorologiques.

Résistance des structures :

- Simulation du comportement des structures aux actions accidentelles (explosion - incendie - impact - aléas naturels...).
- Modélisation de la cinétique de ruine.
- Evaluation des protections à mettre en œuvre.



L'INERIS en bref

L'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques a pour mission de contribuer à la prévention des risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens, et sur l'environnement. Il mène des programmes de recherche visant à mieux comprendre les phénomènes susceptibles de conduire aux situations de risques ou d'atteintes à l'environnement et à la santé, et à développer sa capacité d'expertise en matière de prévention. Ses compétences scientifiques et techniques sont mises à la disposition des pouvoirs publics, des entreprises et des collectivités locales afin de les aider à prendre les décisions les plus appropriées à une amélioration de la sécurité environnementale.

L'INERIS, établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle du ministère chargé de l'Environnement, a été créé en 1990. Né d'une restructuration du Centre de Recherche des Charbonnages de France (CERCHAR) et de l'Institut de Recherche Chimique Appliquée (IRCHA), il bénéficie d'un héritage de plus de 60 ans d'expertise reconnue. L'Institut dispose de deux filiales, INERIS Formation et INERIS Développement. L'INERIS est également membre fondateur de GEODERIS, Groupement d'Intérêt Public qui vient en appui des services déconcentrés de l'Etat sur la gestion de l'après-mine.

- Un effectif de 600 personnes.
- Une équipe de spécialistes des géosciences basée à Nancy dans le cadre d'activités de recherche et d'expertise sur les risques liés à l'Après-Mine.
- Une plate-forme d'expertise sur la valorisation des déchets à Aix-en-Provence.
- Un siège dans l'Oise, à Verneuil-en-Halatte : 50 hectares, dont 25 utilisés pour des plates-formes d'essais, 25 000 m² de laboratoires.

Domaines de compétence

- *Risques technologiques* : sécurité industrielle (sites Seveso), TMD, nouvelles énergies, équipements de sécurité, sécurité des procédés chimiques, étude des phénomènes dangereux accidentels (incendie, explosion, dispersion toxique), certification.
- *Risques santé-environnement* : mesure et prédiction de la qualité de l'air (ambiant, intérieur), pollution des milieux aquatiques, toxicité des substances chimiques, CEM, REACh, nanosécurité, gestion des sites pollués...
- *Risques naturels et du sous-sol* : cavités et versants rocheux, industries extractives et mine/après-mine, stockages souterrains, filière CCS, risques et impacts d'exploration-production d'hydrocarbures...

Activité

- Recettes : 78 M€
- Recherche amont et partenariale : 20 %
- Expertise en soutien des politiques publiques : 57 %
- Chiffres d'affaires entreprises : 23 %

L'INERIS, acteur de la recherche

L'Institut est un des partenaires de l'ANCRE (Alliance Nationale pour la Coordination de la Recherche sur l'Energie) ; il est membre associé d'AVIESAN (alliance nationale pour les sciences de la vie et la santé) et d'ALLENVI (alliance nationale de la recherche pour l'environnement). L'INERIS est partie prenante de deux unités mixtes de recherche : l'UMR PERITOX « Périnatalité et Risques Toxiques » avec l'Université de Picardie Jules Verne et l'UMR SEBIO « Stress environnementaux et biosurveillance des milieux aquatiques » avec l'Université de Reims Champagne-Ardenne et l'Université du Havre.

Gouvernance et déontologie à l'Institut

La gouvernance scientifique de l'INERIS est constituée d'un Conseil scientifique qui examine les orientations stratégiques de l'Institut, de trois commissions spécialisées qui évaluent les programmes et équipes scientifiques et de la Commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (CORE). Un comité indépendant suit l'application des règles de déontologie qui encadrent l'indépendance des avis de l'INERIS ; depuis 2001, il rend compte directement au Conseil d'administration. L'INERIS a la possibilité de se saisir de questions portant sur des risques, notamment à caractère environnemental ou sanitaire. Cet aspect a été pris en compte en septembre 2010, lors de l'adoption de la Charte Nationale de l'Expertise.

La Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence

L'Institut a créé en 2003 une Cellule d'Appui aux Situations d'Urgence (CASU) qui met, en temps réel et 24h/24, les compétences scientifiques et techniques de ses ingénieurs et chercheurs à la disposition des Ministères, des services déconcentrés du Ministère chargé de l'Environnement et des services d'intervention de la Sécurité Civile (pompiers...).

La démarche Qualité

L'INERIS est certifié ISO 9001 pour l'ensemble de ses activités depuis 2000.

Plusieurs laboratoires disposent d'accréditations COFRAC : ISO/CEI 17025 essais et étalonnages ; ISO/CEI 17043 organisation de comparaisons inter-laboratoires ; ISO/CEI 17065 certification de produits et services.

L'INERIS possède également une installation d'essai reconnue conforme BPL.

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise (CORE)

représente la concrétisation de la démarche d'ouverture de l'Institut. Officialisée par l'arrêté du 26 avril 2011 relatif aux comités d'orientation scientifique et technique de l'INERIS, elle marque le passage d'une gouvernance scientifique à une gouvernance scientifique et sociétale, portant également sur les activités d'expertise et d'appui aux pouvoirs publics.

La Commission d'Orientation de la Recherche et de l'Expertise réunit 5 collègues (industriels, élus, syndicats, associations, État) et des personnalités qualifiées de l'enseignement supérieur ou de la recherche.