



RAPPORT D'ÉTUDE

14/10/2009

INERIS-DRA-08-99461-15249A

Cahier applicatif du complément technique de la
vulnérabilité du bâti aux effets de surpression.
Version 1.

INERIS

Cahier applicatif du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression. Version 1.

Verneuil en Halatte

Client : MEEDDM

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

F. Antoine, M. Bentley, G. Chantelauve, E. Dannin, A. Diarra, J. Eisele, B. Le Roux, F. Mercier, G. Prod'Homme, M. Reimeringer, S. Richomme, Y. Severe, G. Verrhiest

ATEMA, Efectis et C. Perrot

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

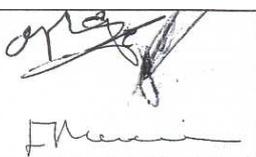
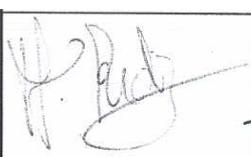
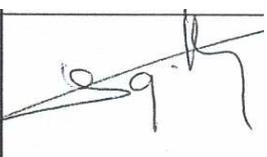
	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	M. REMERINGER F. MERCIER F. ANTOINE	G. CHANTELAUVE	A-M KORDEK	B. PIQUETTE
Qualité	INERIS Ingénieur REST Délégué aux prestations PHDS Ingénieur EDIS Direction des Risques Accidentels	INERIS Délégué-adjoint Appui à l'Administration Direction des Risques Accidentels	INERIS Déléguée Appui à l'Administration Direction des Risques Accidentels	INERIS Directeur-adjoint des Risques Accidentels Responsable du pôle PHDS
Visa				

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	9
2. GLOSSAIRE.....	13
3. PRESENTATION DU CAHIER APPLICATIF	15
3.1 Contexte réglementaire et méthodologique.....	15
3.2 Objet du cahier applicatif.....	16
3.3 Limites du cahier applicatif	16
3.4 Approche sommaire de la vulnérabilité	17
3.4.1 Démarche de l'approche sommaire	17
3.4.2 Champ d'application	17
3.5 Structure du présent document	18
4. CARACTERISATION DE L'AGRESSION.....	23
4.1 Introduction	23
4.1.1 Objectifs.....	23
4.1.2 Données d'entrée et outil.....	23
4.1.3 Méthodologie	23
4.1.4 Compétences mobilisables	24
4.1.5 Caractérisation recherchée.....	24
4.2 Zones d'intensité	26
4.3 Zones d'enjeux caractérisées par leurs phénomènes dangereux de référence	26
4.4 Coordonnées des centres des phénomènes dangereux.....	29
4.4.1 Méthode.....	29
4.4.2 Produit de sortie.....	29
5. CARACTERISATION DU BATI.....	31
5.1 Introduction	31
5.1.1 Objectifs.....	31
5.1.2 Données d'entrée : cibler les visites terrain	31
5.1.3 Méthodologie	31
5.1.4 Compétences mobilisables	32
5.1.5 Caractérisation recherchée.....	32
5.2 Exploitation des données disponibles	34

5.3	Préparation des visites de terrain	35
5.3.1	Pour le bâti ancien	36
5.3.2	Pour le bâti récent.....	36
5.3.3	Synthèse des fiches de lecture par région administrative	37
5.4	Visites de terrain.....	39
5.4.1	Structures non-métalliques, 50-140 mbar	39
5.4.2	structures métalliques, 20-50 mbar.....	40
5.4.3	Relevés spécifiques	40
5.5	Finalisation de la caractérisation du bâti.....	41
5.5.1	Structures non-métalliques	41
5.5.2	Structures métalliques	42
6.	FINALISATION DE L'APPROCHE SOMMAIRE DE LA VULNERABILITE..	43
6.1	Principes de l'approche sommaire de la vulnérabilité.....	43
6.2	Tableau des principes de l'approche sommaire de la vulnérabilité	44
6.3	Formalisation des choix.....	47
6.3.1	Structures non-métalliques, 50-140 mbar	48
6.3.2	Structures métalliques, 20-50 mbar	49
7.	DIAGNOSTICS « SIMPLÉS » ET MOYENS DE RENFORCEMENT.....	50
7.1	Recommandations à l'usage des bureaux d'études en structures.....	50
7.1.1	Mode d'intervention du bureau d'études en structures.....	50
7.1.2	Renforcement des parois vis-à-vis des surpressions.....	50
7.1.2.1	Introduction.....	50
7.1.2.2	Données d'entrée	51
7.2	Sur les zones 50-140.....	51
7.2.1	Diagnostic de la vulnérabilité	51
7.2.1.1	Orientation des faces.....	51
7.2.1.2	Façades.....	53
7.2.1.3	Orientation de la toiture	54
7.2.2	Moyens de renforcement envisageables	54
7.2.2.1	Renforcement des façades.....	54
7.2.2.2	Charpente.....	55
7.2.2.3	Couvertures	55
7.2.2.4	Fenêtres / Vitrages.	55
7.3	Sur les zones 20-50.....	55
7.3.1	Structures métalliques	55

7.3.1.1	Portées des pannes	55
7.3.1.2	Bardages de façades et de couverture.....	56
7.3.2	Structures non-métalliques	57
7.3.2.1	Couvertures.....	57
7.3.3	Vitrages	57
7.4	Sur les zones 140-200	57
7.5	Solutions techniques de renforcement	57
7.5.1	Renforcement des murs	57
7.5.2	Renforcement des toits.....	59
7.5.3	Renforcement des fenêtres / vitrages / vitrines.....	59
8.	DIAGNOSTICS « POUSESSE »	60
8.1	Mode d'intervention du bureau d'études spécialisé	60
8.2	Règles de traitement	60
9.	REFERENCES	63
10.	LISTE DES ANNEXES	65

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Principes de réglementation applicable au bâti existant	15
Figure 2 : Logigramme : Démarche de l'approche sommaire de la vulnérabilité	21
Figure 3 : Exemple de carte des zones d'enjeux caractérisées par leurs phénomènes dangereux de référence	24
Figure 4 : Logigramme : Démarche de caractérisation de l'agression 20-140 mbar	25
Figure 5 : Coordonnées des centres des phénomènes dangereux	30
Figure 6 : Logigramme : Démarche de caractérisation du bâti par des relevés terrain.....	33
Figure 7 : Schéma relatif à la portée des poutres fermières (Source : INERIS).....	35
Figure 8 : Répartition des types de bâtiment (Source EDF).....	36
Figure 9 : Bâti à dominante brique (Source EDF).....	36
Figure 10 : Caractéristiques des maisons en diffus - Nord-Picardie (Source AQC).....	37
Figure 11. Angles retenus	52
Figure 12. Affectation des numéros de faces.....	53
Figure 13. Orientation de la toiture	54
Figure 14. Pannes et portiques	55
Figure 15. Exemple de parpaing (coupe) respectant les exigences minimales pour le renforcement.	58
Figure 16. Exemple de chemisage (guide CSTB).....	58
Figure 17. Ferme d'une toiture à deux pans	59

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des phénomènes dangereux de référence, 50-140 mbar	27
Tableau 2 : Classification des phénomènes dangereux de référence, 20-50 mbar	27
Tableau 3 : Tableau de correspondance de typologie du signal : BLEVE	28
Tableau 4 : Types de phénomènes et informations de l'étude de dangers.....	28
Tableau 5 : Exemple de classification des phénomènes qui impactent le quartier St Mathieu, 50-140 mbar.....	29
Tableau 6 : Caractéristiques du bâti et données envisageables.....	35
Tableau 7 : Synthèse des fiches de lecture par région administrative.....	39
Tableau 8 : Tableau de synthèse - Caractérisation du bâti : structures non-métalliques (Relevé terrain entre 50-140 mbar)	41
Tableau 9 : Tableau de synthèse - Caractérisation du bâti : structures métalliques (Relevé terrain entre 20-50 mbar)	42
Tableau 10 : Tableau des principes de l'approche sommaire de la vulnérabilité	46
Tableau 11 : Tableau de synthèse - Structures non-métalliques (50-140 mbar).....	48
Tableau 12 : Tableau de synthèse - Structures métalliques (20-50 mbar).....	49
Tableau 13 : Diagnostic des faces à renforcer - Déflagration.....	53
Tableau 15 : Conditions de fixation des panneaux - 20-50 mbar	56

1. ERRATUM.

Des modifications ont été effectuées sur le présent document depuis la version du 30/11/2008.

8.3.1.2. « être au **maximum** de 1,75 m pour le toit » au lieu du « minimum »

8.2.1.2 Tableau 14. Deuxième ligne deuxième colonne « > **100** ms » au lieu « > 150 ms »

2. CONTEXTE DE L'ETUDE

La loi "Risques" n°2003-699 du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages, a créé une nouvelle approche de maîtrise de l'urbanisation autour des installations à risques soumises à autorisation avec servitudes : les Plans de Préventions des Risques Technologiques (PPRT).

Le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat (MEEDDM) a mis en ligne, en décembre 2005, un « *Guide méthodologique* » [1] pour l'élaboration des PPRT, qui explique la démarche à suivre. Le PPRT délimite notamment, autour des installations classées concernées, des zones à l'intérieur desquelles des prescriptions peuvent être imposées aux constructions existantes ou futures, dans le but de protéger les personnes.

Dans ce contexte, le MEEDDM a commandé à plusieurs organismes des compléments techniques pour que les services instructeurs puissent définir simplement la vulnérabilité du bâti aux effets d'agressions thermiques [2], toxiques [3] et de surpression [4].

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a produit le complément technique relatif à l'effet de surpression (Complément technique relatif à l'effet de surpression, mars 2008 [4]). Ce document, très complet, fixe en ses paragraphes 5.6¹ et 6.5², la démarche que doivent suivre les services instructeurs pour qualifier la vulnérabilité du bâti, neuf ou existant. Pour le bâti neuf, ce guide assoit un diagnostic de vulnérabilité sur l'examen de quinze critères. Leur nombre, pour l'existant est porté à dix-sept. Quoique, le guide en question reste néanmoins plus particulièrement adapté au cas des bâtiments d'application difficile pour les services instructeurs.

Concernant le bâti existant, les services peuvent être confrontés à des difficultés pour renseigner les critères de vulnérabilité. Certains critères nécessitent une expertise spécifique dans le domaine de la construction et un examen approfondi des caractéristiques extérieures et intérieures du bâti. Par ailleurs, l'expérience acquise lors des premières études de vulnérabilité sur le terrain montre :

- D'une part, que l'accès, uniquement possible sur autorisation des occupants est souvent difficile à obtenir ;
- D'autre part, que certains paramètres ne peuvent être appréhendés par un examen visuel simple (type de fondation par exemple) ;
- Enfin, que les prescriptions techniques mises en lumière par la démarche ont un coût très rapidement supérieur à 10% de la valeur vénale du bien (par exemple modification du rapport longueur sur largeur).

Pour ces raisons, le MEEDDM a demandé qu'un groupement piloté par l'INERIS, et comprenant le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipeement (CETE)

¹ 5.6. Récapitulatif : actions pratiques pour les préconisations en matière de bâti neuf.

² 6.5. Récapitulatif : actions pratiques pour les préconisations en matière de bâti existant.

Normandie-Centre et le CETE Méditerranée développe, sur les bases du complément technique élaboré par le CSTB, une méthode simplifiée de l'approche de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression.

Cette intervention de l'INERIS s'inscrit dans le cadre de son expertise dans le domaine du risque accidentel puisqu'elle s'appuie sur :

- Le retour d'expérience qu'il a tiré de ses interventions sur sites après un certain nombre d'accidents industriels ou assimilés : l'explosion d'AZF à Toulouse (2001), une explosion de gaz au Trilport (2002), l'explosion d'un hangar agricole à Saint Romain en Jarez (2003), l'explosion de camions citernes à Montluel (2007), etc. ;
- Les études de vulnérabilité qu'il a réalisées, avant que le cadre des investigations complémentaires (approche de la vulnérabilité) des PPRT ne soit mis en œuvre : résistance d'un groupe scolaire vis-à-vis de phénomènes dangereux thermiques, toxiques et de surpression, tenue d'un parking vis-à-vis d'effets de surpression, etc. ;
- L'examen des différentes études de vulnérabilité du bâti dans le cadre des investigations complémentaires des PPRT, soit dans le cadre d'une réalisation propre de l'INERIS, soit dans le cadre de l'analyse d'une réalisation effectuée par un autre organisme ;
- Le document « *Cahier scientifique du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression* ».

De son côté, le CETE Normandie-Centre a apporté à ce projet son expertise du terrain, notamment en terme de connaissance du bâti existant, ancien et récent. Le CETE Normandie-Centre, en tant que centre ressources « Risques Technologiques et Urbanisme », a valorisé ses premières applications pratiques des compléments techniques et mobilisé les compétences du secteur construction de la division Aménagement Construction Transport pour rendre ce cahier applicatif le plus opérationnel possible et adapté aux attentes des services.

Pour sa part, le CETE Méditerranée, en tant que centre ressources « Vulnérabilité Structurale des Bâtiments », a amené au groupement ses capacités d'expertise dans le domaine de la réponse bâtiminaire à des sollicitations événementielles (séisme) dont le traitement est proche de celui de l'agression due à l'explosion. Il a mis à profit son expérience de développements méthodologiques et de mise en œuvre opérationnelle d'approches sommaires de la vulnérabilité des bâtiments (séisme, inondation). Il a également fourni des pistes pour des solutions techniques visant à réduire la vulnérabilité des constructions à la surpression.

Enfin, sont à noter également les contributions de :

- Efectis France concernant la tenue des constructions à ossature métallique ;
- Atema Conseil pour l'identification, la récupération et l'organisation de données relatives à l'habitat récente et ancien sur le plan national ;
- Christian PERROT - Economiste de la construction sur la faisabilité et le coût des mesures de renforcement.

3. GLOSSAIRE

CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement
CETE NC	CETE Normandie-Centre
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DDE ³	Direction Départementale de l'Équipement
IIC ⁴	Inspection des Installations Classées
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat
PhD	Phénomène Dangereux
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
SI	Services Instructeurs

³ Au niveau départemental, la dénomination DDE de ce cahier comprend les services concernés des DDE (directions départementales de l'Équipement) et DDEA (directions départementales de l'Équipement et de l'agriculture).

⁴ Au niveau régional, la dénomination IIC de ce cahier comprend les services concernés des DRIRE (directions régionales de l'Industrie, de la recherche et de l'environnement), du STIIIC (Service Technique Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées) et des DREAL (directions régionales de l'Environnement, de l'aménagement et du logement).

4. PRESENTATION DU CAHIER APPLICATIF

4.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET METHODOLOGIQUE

La loi du 30 juillet 2003 [5] a créé les Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT). A l'intérieur du périmètre d'exposition aux risques, le PPRT peut « *prescrire les mesures de protection des populations face aux risques encourus, relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des installations et des voies de communication existant à la date d'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants et utilisateurs dans les délais que le plan détermine.* » (Art L515-16-IV du Code de l'environnement).

L'article IV du décret PPRT [6] précise que ces travaux de protection « *ne peuvent porter que sur des aménagements dont le coût n'excède pas 10% de la valeur vénale du bien...* ».

Le guide PPRT [1] précise les principes de réglementation relative aux mesures physiques sur le bâti existant :

	Niveaux d'aléas	TF+	TF	F+	F	M+	M	Fai
Mesures physiques sur le bâti existant	Effet toxique	Prescriptions TF+ et TF : confinement obligatoire des locaux d'activités tolérés (rappel : habitations expropriées). F+ et F : confinement obligatoire pour les établissements sensibles et les ERP. Confinement obligatoire selon des critères simples pour les locaux d'activités et les habitations.				Prescriptions Confinement des établissements sensibles et des ERP à adapter au contexte local. Confinement des locaux d'activités. Recommandations Confinement des habitations des particuliers.		Recommandations
	Effet thermique	Prescriptions Mesures de protection contre l'effet thermique obligatoires, même si ces mesures techniques ne permettent de faire face qu'à un aléa moins important Identification obligatoire d'une zone de mise à l'abri dans chaque bâtiment				Prescriptions Identification d'une zone de mise à l'abri obligatoire dans chaque bâtiment résidentiel et à enjeux importants.		Recommandations
	Effets de surpression	Prescriptions Mesures de renforcement des structures du bâti obligatoires, même si ces mesures techniques permettent de faire face uniquement à un aléa moins important.				Prescriptions Mesures de renforcement des structures du bâti obligatoires.		Recommandations de renforcement des vitrages

Figure 1 : Principes de réglementation applicable au bâti existant

Ce guide méthodologique prévoit des investigations complémentaires de deux types : approche de la vulnérabilité et estimation de la valeur des biens immobiliers, dont l'objectif est « *d'apporter des éléments complémentaires de réflexion permettant aux différents acteurs du PPRT de mieux adapter le projet de réponse réglementaire* ».

Selon le guide, les investigations complémentaires de type « approche de la vulnérabilité » « *doivent permettre de déterminer si des mesures peuvent réduire la vulnérabilité des personnes au travers d'un renforcement des bâtis* ». L'objet de ces investigations est notamment d'apprécier l'état général des bâtiments et la possibilité de cibler les mesures techniques adaptées. Il est précisé que l'approche développée « *ne s'apparente en aucune manière à une expertise du bâti qui, pour être menée, nécessiterait une analyse fine de chaque construction. Les investigations menées restent nécessairement à un niveau d'approche globale* ».

4.2 OBJET DU CAHIER APPLICATIF

Le présent cahier applicatif s'inscrit dans cette démarche d'approche de la vulnérabilité. Son application doit permettre :

- De préciser si des mesures de renforcement pouvant réduire la vulnérabilité sont nécessaires et possibles techniquement et économiquement ;
- Une réalisation pratique simple à deux niveaux :
 - Un niveau d'approche sommaire et une première étape, réalisable par les services instructeurs, d'évaluation de la nécessité de renforcement des bâtis et éventuellement de définition d'un programme de diagnostics à mener ;
 - Un niveau d'approche détaillé et une seconde étape, le cas échéant, de réalisation de diagnostics ciblés par des bureaux d'études.

Ce cahier propose ainsi différents principes quant à l'approche de vulnérabilité adéquate. Il contient également des propositions techniques de stratégies de protection et des estimations économiques des solutions de renforcement. Les données économiques permettent de disposer d'une indication sur le coût global du renforcement envisageable et déterminer si les investissements nécessaires sont à la hauteur des 10% de la valeur vénale du bien.

4.3 LIMITES DU CAHIER APPLICATIF

Le cahier technique ne répond pas à toutes les difficultés techniques qui peuvent être rencontrées sur le terrain. Ces limites et incertitudes sont précisées au sein du document.

Du point de vue des caractéristiques du bâti, les catégories structurelles des constructions retenues sont celles rencontrées le plus fréquemment. Elles ne couvrent donc pas l'ensemble des cas qui pourraient être rencontrés. Le document renvoie donc à des études spécifiques pour les cas non prévus.

Concernant les estimations économiques, les données sont à considérer uniquement comme des ordres de grandeurs.

Enfin, la liste des propositions de mesures techniques n'est pas exhaustive et leur mise en œuvre nécessite l'intervention d'une maîtrise d'œuvre spécifique.

4.4 APPROCHE SOMMAIRE DE LA VULNERABILITE

4.4.1 DEMARCHE DE L'APPROCHE SOMMAIRE

Le présent cahier technique vise à proposer aux services instructeurs une méthode d'approche sommaire de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression permettant de déterminer la capacité des constructions à protéger ou non les personnes. Elle permet de ranger le bâti analysé dans une des quatre classes suivantes :

1. La protection des personnes ne nécessite pas de travaux de renforcement ;
2. La protection des personnes peut être obtenue par la réalisation de travaux ne nécessitant pas d'étude préalable ;
3. La protection des personnes peut être obtenue par la réalisation de travaux nécessitant au préalable un diagnostic « sommaire » par un bureau d'études « structures » généraliste ;
4. La protection des personnes nécessite la réalisation d'un diagnostic « poussé » par un bureau d'études spécialisé afin de définir la faisabilité et les mesures de renforcement possibles.

La classification intègre des considérations afférentes aux types de bâtiments et aux zones d'intensité.

Cette approche sommaire de la vulnérabilité réalisée par les services instructeurs nécessite la conduite de relevés terrain simples. La nécessité et le niveau de détail des relevés dépendent des niveaux d'intensité rencontrés et du type de bâti. Ces relevés sont basés sur des observations essentiellement extérieures des bâtiments permettant l'identification de facteurs de vulnérabilité architecturaux et structuraux [**Annexe B5 – Fiches de relevé terrain et notice explicative**].

Par ailleurs, le cahier applicatif fournit également des éléments relatifs à l'intervention de bureaux d'études « structures » généralistes ou de bureaux d'études spécialisés. Ces données seront utiles suite à l'approche sommaire de la vulnérabilité :

- Pour les services instructeurs et les propriétaires d'ouvrage dans le cadre de l'élaboration de cahiers des charges techniques en vue de la réalisation de diagnostics ;
- Pour les bureaux d'études afin de dimensionner leur action et de mettre en œuvre des moyens adaptés.

4.4.2 CHAMP D'APPLICATION

La mise en œuvre de la classification de l'approche sommaire de la vulnérabilité nécessite de caractériser le bâtiment étudié. La classification proposée dans le présent cahier et la nécessité de réaliser des relevés de terrain ciblés pour affiner la réponse, reposent sur la typologie bâimentaire suivante :

- **Structures non-métalliques.** Il s'agit de bâtiments d'habitation individuelle et de logements collectifs assimilables à des habitations individuelles ($\leq R+4$), hors construction bois et hors charpente métallique. Par ailleurs, la hauteur maximale d'un étage ne doit excéder 4 mètres.

Des facteurs de vulnérabilité doivent être relevés sur le terrain dans la zone d'intensité 50-140 mbar afin de mieux adapter le principe. Les principes pour les zones d'intensité 20-50 mbar et >140 mbar ne demandent pas de relevé terrain spécifique ;

- **Structures métalliques.** Il s'agit de bâtiment à ossature métallique plain-pied.

Des facteurs de vulnérabilité doivent être relevés sur le terrain dans la zone d'intensité 20-50 mbar pour mieux adapter le principe. Les principes pour les zones d'intensité > 50 mbar ne demandent pas de relevé terrain spécifique ;

- **Structures particulières.** L'ensemble des structures qui ne correspond pas aux types précédemment définis (structures non-métalliques et structures métalliques) nécessite une étude spécifique (diagnostic « poussé » par un bureau d'études). Il s'agit notamment des structures suivantes :

- Les bâtiments en bois ;
- Les structures non-métalliques de type R+5 et plus ;
- Les structures non-métalliques dont la hauteur des étages est supérieure à 4 m ;
- Les parties en béton armé dans la zone 140-200 ;
- Les structures métalliques non de plain-pied.

Elles doivent être identifiées et localisées dans l'ensemble des zones exposées à des effets de surpression sans nécessité d'un relevé terrain particulier de facteurs de vulnérabilité.

- **Éléments non-structuraux : couvertures.**

Leurs renforcements font l'objet de principes génériques.

- **Éléments non-structuraux : éléments de façade translucides.** Il s'agit des fenêtres (châssis et vitrage) et des vitrines.

Leurs renforcements font l'objet de principes génériques. Une étude est en cours pour les fenêtres dans la zone bris de vitre.

Le détail des principes fonction de cette typologie et des intensités est l'objet du **chapitre 6** du présent cahier.

Des dispositions spécifiques aux éléments non structuraux sont présentées dans le l'Annexe C1 **[Annexe C1 – Dispositions relatives aux éléments non-structuraux]** du présent cahier.

4.5 STRUCTURE DU PRESENT DOCUMENT

Ce document s'articule autour des parties suivantes. Elles sont présentées selon la chronologie d'une investigation complémentaire de type étude de vulnérabilité et définies en fonction des organismes en charge des actions considérées selon les références [1] et [7].

Le chapitre 6 « Finalisation de l'approche sommaire de la vulnérabilité » est le cœur de l'approche sommaire de la vulnérabilité au sens où il présente les

principes de l'approche en fonction de la typologie bâimentaire et des zones d'intensité permettant aux services instructeurs d'évaluer la capacité d'un bâti à protéger les personnes et les suites éventuelles à donner.

Les chapitres 4 et 5 décrivent respectivement les méthodes de « caractérisation de l'agression » et de « caractérisation du bâti » par des relevés terrain qui sont nécessaires pour mieux adapter la réponse pour les :

- Structures non-métalliques sur la zone d'intensité 50 à 140 mbar ;
- Structures métalliques sur la zone d'intensité 20 à 50 mbar.

Les chapitres 7 et 8 fournissent des éléments nécessaires pour les diagnostics par des bureaux d'études pouvant faire suite à l'approche sommaire de la vulnérabilité.

- **IIC - Caractérisation de l'agression [Chapitre 4]**

Cette partie présente le travail de l'inspection des installations classées (IIC) en matière de caractérisation de l'agression. Cette caractérisation consiste à déterminer les paramètres suivants sur les zones d'intensité 20-50 et 50-140 mbar :

- Les niveaux d'intensité ;
- La forme du signal (déflagration ou onde de choc) ;
- La durée du signal ;
- La direction des phénomènes.

Ce travail repose sur des outils et tableaux proposés dans ce cahier et ses annexes [**Annexe A2 - Phénomènes dangereux - Surpression : Tableaux des paramètres et typologie du signal, Annexe A4 – Module SIGALEA : Notice d'utilisation**], ainsi que sur une lecture ciblée de l'étude de dangers pour quelques paramètres du terme source des phénomènes dangereux, dits de référence, permettant de caractériser le signal de surpression.

- **DDE – Caractérisation du bâti [Chapitre 5]**

Cette partie présente l'action de la DDE en matière d'identification de certaines caractéristiques des bâtiments par le biais de relevés terrain ciblés. Ces relevés s'appuient sur :

- Des fiches de relevé accompagnées d'une notice explicative [**Annexe B5 – Fiches de relevé terrain et notice explicative**] pour les structures non-métalliques et pour les structures métalliques ;
- Des observations visuelles essentiellement réalisées à l'extérieur des bâtiments.

Pour les structures non-métalliques en zones d'intensité 50-140 mbar, les facteurs de vulnérabilité déterminés concernent :

- Les caractéristiques en élévation des bâtiments ;
- Les types de murs extérieurs ;
- Les caractéristiques de la toiture.

Pour les structures métalliques en zones d'intensité 20-50 mbar, le facteur de vulnérabilité concerne la portée de poutres fermières.

Afin d'aider les services, le cahier et ses annexes fournissent des outils [Annexe B3 - Bâti ancien à partir de la collection EDF « Connaissance de l'habitat existant, Annexe B4 - Bâti récent à partir de l'étude AQC – Caron Marketing de 2008] pour préparer les visites de terrain.

- **Equipe-projet – Finalisation de l'approche sommaire de la vulnérabilité [Chapitre 6]**

Cette partie présente l'action conjointe des services instructeurs. Elle vise à préciser la capacité des bâtis à protéger les personnes et éventuellement à définir un programme de diagnostics complémentaires.

La formalisation de ces choix s'appuie sur un tableau des principes de l'approche de la vulnérabilité à partir du croisement des caractéristiques bâtimementaires et des zones d'intensité.

Cette étape finalise l'approche sommaire de la vulnérabilité.

- **Bureaux d'études et diagnostics**

Ces parties présentent des éléments relatifs à l'intervention des bureaux d'études.

- **Bureaux d'études « structure » [Chapitre 7].**
- **Bureaux d'études « spécialisés » [Chapitre 8].**

Le logigramme ci-après illustre la démarche d'approche sommaire de la vulnérabilité à conduire par les services instructeurs et la structure du cahier.

Services Instructeurs - Approche sommaire de la vulnérabilité

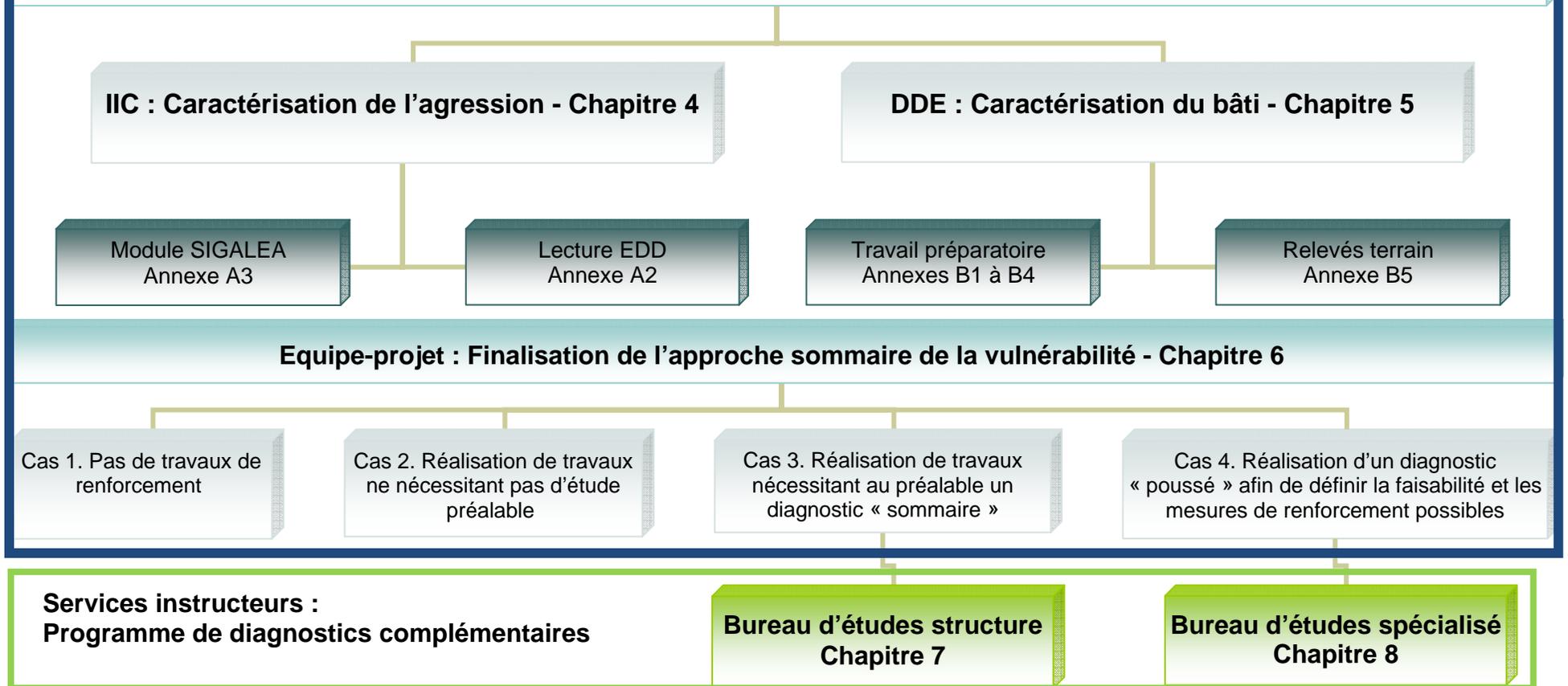


Figure 2 : Logigramme : Démarche de l'approche sommaire de la vulnérabilité

5. CARACTERISATION DE L'AGRESSION

5.1 INTRODUCTION

5.1.1 OBJECTIFS

Il s'agit de caractériser l'agression afin de déterminer :

- **Les zones d'intensité**. Cette information cartographique est transmise à la DDE au plus tôt pour définir son programme de relevés terrain et le réaliser [Chapitre 5] ;
- **Des zones d'enjeux caractérisées par leurs phénomènes dangereux de référence**. Ces phénomènes de référence sont définis par la forme et la durée du signal. Le croisement ultérieur [Chapitre 6] avec les informations relatives aux caractéristiques du bâti permettra de déterminer la capacité à protéger les personnes et les suites éventuelles à donner à l'approche sommaire de la vulnérabilité (notamment la proposition d'un type de renforcement ou le diagnostic par un bureau d'études) ;
- **Les directions des phénomènes** vis à vis de zones d'enjeux. Cette information sera fournie sous forme de coordonnées et utile aux bureaux d'études afin de préciser l'agression [Chapitres 7 et 8].

L'Annexe A1 [Annexe A1 - Phénomènes dangereux – Suppression : Acculturation] de ce présent cahier précise les notions relatives aux régimes d'explosion (déflagration et onde de choc), aux phénomènes d'explosion et à la direction du phénomène vis-à-vis de l'orientation des parois d'une structure impactée.

5.1.2 DONNEES D'ENTREE ET OUTIL

Ce travail débute à l'issue de l'analyse des aléas et sur la base d'informations de l'étude de dangers pour caractériser les phénomènes de référence.

Un module dédié SIGALEA permet d'obtenir les résultats cartographiques recherchés. La fiche d'utilisation de ce module se trouve en Annexe A4 [Annexe A4 – Module SIGALEA : Notice d'utilisation]. Les données d'entrée de ce module sont disponibles dans le répertoire de calculs de SIGALEA.

5.1.3 METHODOLOGIE

La caractérisation cartographique de l'agression se déroule en trois étapes :

- Un premier travail de cartographie des zones d'intensité ;
- Un travail d'identification des phénomènes dangereux de référence et de cartographie de leurs zones d'enjeux associées sur la base d'une analyse spatiale programmée et de la lecture de l'étude de dangers ;
- Enfin, une étape qui permet de définir l'orientation des phénomènes vis-à-vis de zones d'enjeux.

Les deux dernières étapes sont réalisées sur les zones d'intensité 20-50 et 50-140 mbar.

5.1.4 COMPETENCES MOBILISABLES

La méthode proposée sera implémentée dans SIGALEA. Des compétences de base en Système d'Information Géographique (essentiellement au logiciel MapInfo) telles que développées par les utilisateurs réguliers de SIGALEA sont utiles.

La méthode nécessite également la lecture de l'étude de dangers pour identifier quelques paramètres du terme source de phénomènes dangereux sélectionnés.

5.1.5 CARACTERISATION RECHERCHEE

Afin de pouvoir déterminer la capacité du bâti à protéger les personnes au regard des phénomènes de surpression, la détermination des phénomènes dangereux de référence devra permettre de caractériser des zones d'enjeux sur les zones d'intensité 20-50 et 50-140 mbar selon les paramètres suivants :

- Intensité ;
- Type de signal :
 - Forme du signal : déflagration ou onde de choc ;
 - Intervalle de temps d'application, ou durée du signal.
- Direction des phénomènes (définis par leurs coordonnées).

Le service instructeur obtient en produit de sortie de ce travail une carte comprenant plusieurs zones d'enjeux. Celles-ci sont toutes définies de la manière suivante sur les zones d'intensité 20-50 et 50-140 mbar :

**[Intensité - Forme de signal - Intervalle de temps d'application –
Coordonnées des phénomènes]**

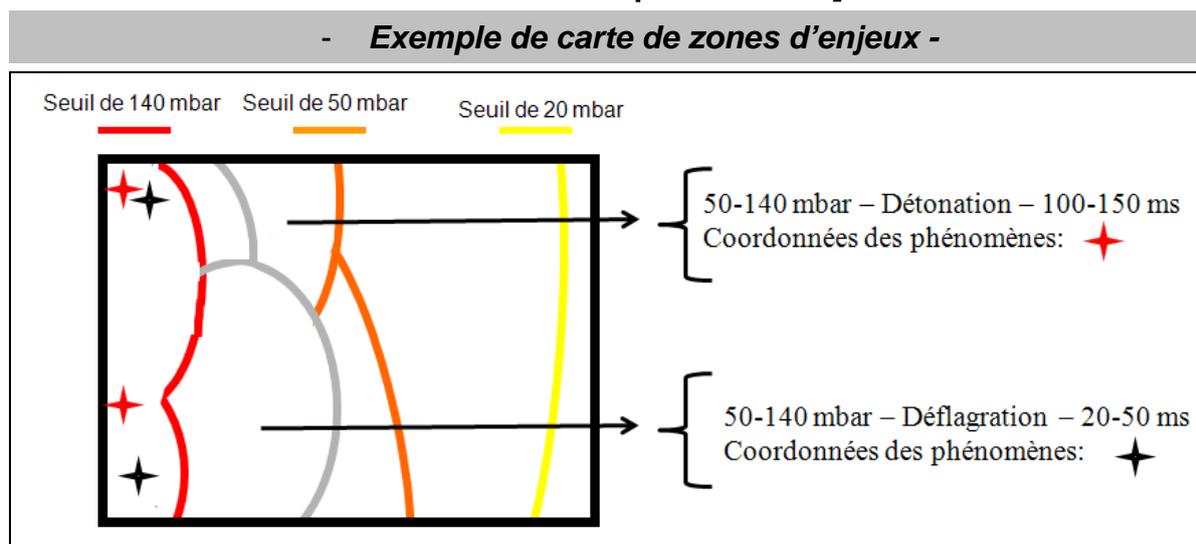


Figure 3 : Exemple de carte des zones d'enjeux caractérisées par leurs phénomènes dangereux de référence

La caractérisation consiste donc, pour les zones d'intensité 20-50 et 50-140 mbar, à attribuer en chaque point du territoire (ou zone d'enjeu) un phénomène dangereux de référence défini par son intensité et son type de signal (forme et intervalle de temps d'application).

Les étapes pour aboutir à cette caractérisation sont détaillées en **Annexe A3 zones d'enjeu]** en rappelant si elles sont automatiques (SIGALEA) ou si elles nécessitent des données d'entrée spécifiques et une interface avec l'utilisateur (IIC).

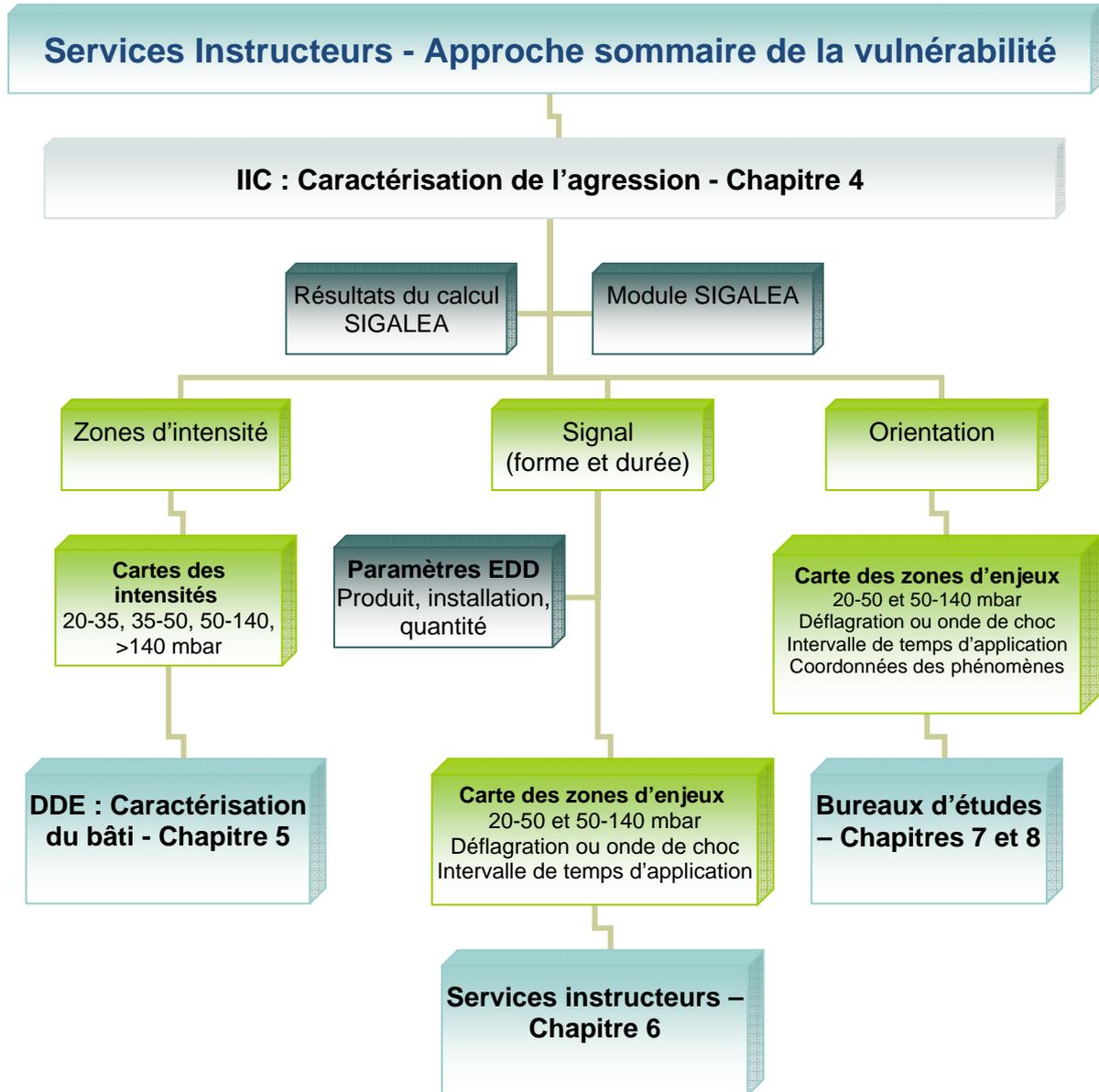


Figure 4 : Logigramme : Démarche de caractérisation de l'agression 20-140 mbar

5.2 ZONES D'INTENSITE

Les différentes zones d'intensité à identifier sous format cartographique correspondent aux surpressions suivantes :

- 20-35 mbar ;
- 35-50 mbar ;
- 50-140 mbar ;
- 140 mbar et plus.

Ces zones sont définies par des seuils d'intensité réglementaires (20, 50, 140 mbar) avec l'utilisation d'un seuil supplémentaire à 35 mbar⁵.

Cette carte des intensités réalisée par SIGALEA est transmise à la DDE pour lancer la caractérisation des bâtis [**Chapitre 4 – Caractérisation du bâti par des visites terrains**]. A titre informatif, cette caractérisation par des visites terrain sera recherchée :

- Pour les structures non-métalliques sur la zone 50-140 mbar ;
- Pour les structures métalliques sur la zone 20-50 mbar.

5.3 ZONES D'ENJEUX CARACTERISEES PAR LEURS PHENOMENES DANGEREUX DE REFERENCE

La caractérisation des zones d'enjeux correspond à l'attribution d'un phénomène dangereux de référence (caractérisé par sa forme et sa durée de signal) en chaque point du territoire étudié.

Ainsi chaque zone d'enjeux est caractérisée par un des phénomènes de référence défini par son type de signal tel que présenté dans les deux tableaux suivants :

- Le premier est relatif aux intensités 140 et 50 mbar ;
- Le second est relatif aux intensités 50 et 20 mbar.

Rang ⁶	Phénomène dangereux de référence, 50-140 mbar
1	Onde de choc >500ms
2	Onde de choc [150;500[ms
3	Onde de choc [100;150[ms
4	Onde de choc [20;100[ms
5	Déflagration >1s
6	Onde de choc [0;20[ms

⁵ Ce dernier seuil permettra de mieux adapter la réponse quant à la capacité à protéger les personnes pour les structures métalliques et donc de cibler les visites terrain réalisées par les DDE.

⁶ Les phénomènes sont hiérarchisés selon la gravité de leurs effets sur les structures.

Rang ⁶	Phénomène dangereux de référence, 50-140 mbar
7	Déflagration [150;1s[ms
8	Déflagration [50;150[ms
9	Déflagration [20;50[ms
10	Déflagration [0;20[ms

Tableau 1 : Classification des phénomènes dangereux de référence, 50-140 mbar

Rang ⁷	Phénomène dangereux de référence, 20-50 mbar ⁸
1	Onde de choc ou déflagration > 150 ms
2	Onde de choc ou déflagration [100;150[ms
3	Onde de choc ou déflagration [20;100[ms
4	Onde de choc ou déflagration [0;20[ms

Tableau 2 : Classification des phénomènes dangereux de référence, 20-50 mbar

Le phénomène dangereux de référence caractérisant un point donné (et ainsi une zone d'enjeux) est celui de plus haut rang parmi l'ensemble des phénomènes qui impacte ce point.

Afin d'aboutir aux phénomènes dangereux de référence, il est nécessaire au préalable de sélectionner les phénomènes dangereux pertinents et de caractériser leur type de signal.

- Les phénomènes dangereux sélectionnés sont ceux qui forment l'enveloppe des intensités. C'est une étape réalisée par SIGALEA
- La caractérisation du type de signal (forme et la durée) des phénomènes sélectionnés est obtenue à l'aide d'un des six tableaux fournis en annexe A2 [**Annexe A2 - Phénomènes dangereux – Surpression : Tableaux des paramètres et typologie de signal**] en fonction du type de phénomènes. C'est une étape nécessitant une interface avec l'utilisateur.

Le tableau suivant est un exemple issu de l'**Annexe A2** illustrant le type de phénomène « BLEVE ».

⁷ Cette classification est différente de la celle utilisée pour la zone 50-140 mbar. En effet, le classement est réalisé pour l'analyse des toitures de structures métalliques pour lesquelles la distinction onde de choc - déflagration a moins d'importance que le temps d'application.

⁸ Pour les phénomènes de rang 2 à 4, l'intensité sera définie sur les zones 20-35 et 35-50 mbar



Type de phénomènes	Type d'installations	Volume de stockage (m3)	Typologie du signal	
			Forme du signal	Temps d'application ⁹ (ms)
BLEVE	Fixe	< 10	Onde de choc	0 - 20
		10 – 1 500		20 - 100
		1 500 – 5 000		100 – 150
		>5 000		150 – 500
	Mobile	-	Onde de choc	20 -100

Tableau 3 : Tableau de correspondance de typologie du signal : BLEVE

Pour utiliser les tableaux de l'Annexe A2 et obtenir la forme et la durée du signal des phénomènes sélectionnés, le service instructeur recueille dans l'étude de dangers les éléments suivants en fonction du type de phénomènes.

Type de phénomènes			Informations collectées dans l'étude de dangers
Annexe A2	Définition	Mots clefs	
UVCE en champ libre ¹⁰	Explosion d'un nuage de gaz inflammable à l'air libre ou en milieu encombré	UVCE / Rupture canalisation, rupture de bras de déchargement	<ul style="list-style-type: none"> Type de produit utilisé Masse ou volume inflammable retenu
UVCE en milieu encombré ¹¹			
BLEVE	Vaporisation à caractère explosif d'un liquide surchauffé	BLEVE / Eclatement camion ou wagon	<ul style="list-style-type: none"> Type d'installations Volume de stockage
Explosion de réservoir d'hydrocarbures	Explosion du ciel gazeux inflammable du réservoir	Explosion de réservoir d'hydrocarbures / Eclatement de réservoir d'hydrocarbures	<ul style="list-style-type: none"> Volume de stockage
Explosion d'engrais	Détonation d'engrais à base de nitrate d'ammonium	Explosion d'engrais	<ul style="list-style-type: none"> Masse d'engrais qui explose
Explosion d'explosifs	Détonation de produit pyrotechnique	Explosion d'explosif	<ul style="list-style-type: none"> Masse d'explosif, en équivalent TNT, qui explose

Tableau 4 : Types de phénomènes et informations de l'étude de dangers

⁹ Les temps d'application, indiqués dans le tableau, sont associés au signal de surpression généré par la détente de la phase gazeuse du réservoir

La lecture de l'étude de dangers permet de distinguer deux catégories d'UVCE :

¹⁰ Les UVCEs en champs libre (niveau d'encombrement faible).

¹¹ Les UVCEs en milieu encombré (niveau d'encombrement élevé).

- Exemple : PhD sélectionnés pour le PPRT de Raïko -
- PhD en gras impactant la zone d'enjeux « quartier St Mathieu » -

Rang	Phénomène dangereux de référence, 50-140 mbar	Phénomènes sélectionnés
1	Onde de choc >500ms	PhD15, PhD33
2	Onde de choc [150;500[ms	
3	Onde de choc [100;150[ms	PhD23
4	Onde de choc [20;100[ms	PhD2, PhD14, PhD12, PhD17
5	Déflagration >1s	PhD3
6	Onde de choc [0;20[ms	
7	Déflagration [150;1s[ms	
8	Déflagration [50;150[ms	PhD1, PhD4
9	Déflagration [20;50[ms	PhD11
10	Déflagration [0;20[ms	
Résultat	Zone d'enjeux « quartier St Mathieu »	[50-140 mbar – Onde de choc - 20-100 ms]

Tableau 5 : Exemple de classification des phénomènes qui impactent le quartier St Mathieu, 50-140 mbar

5.4 COORDONNEES DES CENTRES DES PHENOMENES DANGEREUX

5.4.1 METHODE

Le service instructeur obtient les centres des phénomènes dangereux pénalisants sur les zones retenues d'intensité 50-140 : SIGALEA donne les coordonnées du (s'il n y en a qu'un) ou des deux phénomènes géolocalisés (s'il y en a plusieurs) situés aux extrémités du nuage des phénomènes d'intensité 50-140 impactant chacune des zones tracées.

5.4.2 PRODUIT DE SORTIE

Le service instructeur obtient en produit de sortie de ce travail une carte comprenant plusieurs zones toutes définies de la manière suivante :

Aléa. Intensité. Forme de signal. Intervalle de temps d'application. Coordonnées des centres des phénomènes.

- Exemple -

- PHDE 1 : Rupture canalisation butane DN 50
 - PHDE 2 : BLEVE camion propane
 - PHDE 3 : Rupture canalisation propane DN 200
 - PHDE 4 : Rupture bras de déchargement DN 80
- Seuil de 140 mbar
- Seuil de 50 mbar
- Seuil de 20 mbar

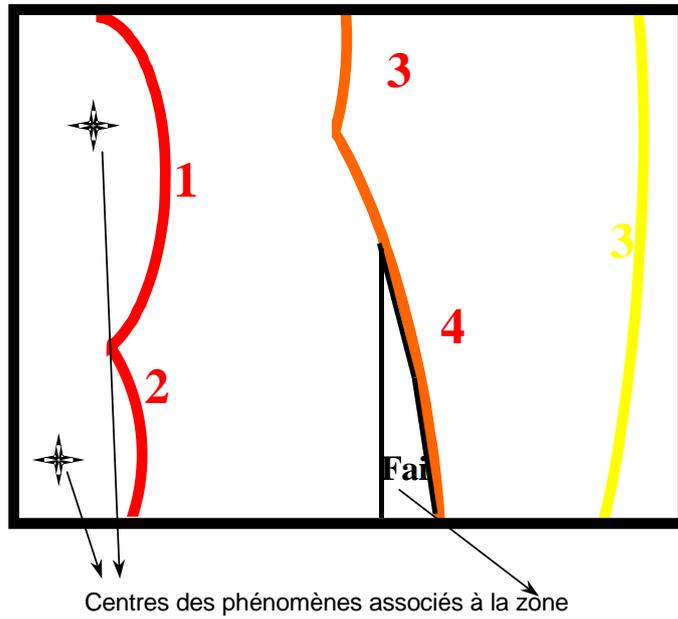


Figure 5 : Coordonnées des centres des phénomènes dangereux

6. CARACTERISATION DU BATI

6.1 INTRODUCTION

6.1.1 OBJECTIFS

Il s'agit de caractériser les bâtis selon deux types :

- **Les structures non-métalliques.** On entend par structures non-métalliques les bâtiments d'habitation individuels et les logements collectifs assimilables à des habitations individuelles ($\leq R+4$), hors construction bois ;
- **Les structures métalliques plain-pied.**

Des structures particulières peuvent également être identifiées. Elles ne sont pas l'objet principal de ce chapitre [Voir la partie 5.4.3 Relevé simple sur structure particulière].

Le croisement ultérieur [Chapitre 6] avec les informations relatives aux phénomènes (intensité, forme et durée du signal de surpression) permettra de déterminer la capacité à protéger les personnes et les suites éventuelles à donner à l'approche sommaire de la vulnérabilité (notamment la proposition d'un type de renforcement ou le diagnostic par un bureau d'études).

6.1.2 DONNEES D'ENTREE : CIBLER LES VISITES TERRAIN

Ce travail débute à l'issue de l'analyse des enjeux et en connaissance de zones précises dans lesquelles les visites terrain complémentaires seront menées. Pour l'effet de surpression, il s'agit des zones définies par les seuils d'intensité suivants en fonction du type de construction :

- **Pour les structures non-métalliques, 50 à 140 mbar ;**
- **Pour les structures métalliques, 20 à 50 mbar,** dans laquelle une limite à 35 mbar aura été identifiée.

Cette cartographie des zones d'intensité pour les relevés terrain est fournie par l'IIC sur la base des calculs SIGALEA [Chapitre 4.2].

6.1.3 METHODOLOGIE

Cette caractérisation par des relevés terrain se déroule en quatre étapes :

- Un premier travail d'exploitation des résultats de l'analyse des enjeux et des bases de données disponibles ;
- Un travail préparatoire à la visite de terrain notamment pour le bâti ancien et le bâti récent ;
- Une visite de terrain sur la base de fiches de relevé [Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative] ;
- Une réalisation de la synthèse des éléments.

6.1.4 COMPETENCES MOBILISABLES

Au delà de leurs compétences propres et des outils qui seront mis à leur disposition, les services déconcentrés et notamment les unités risques des DDE ou DDEA pourront s'appuyer, pour réaliser ce travail de caractérisation du bâti, sur les ressources suivantes :

- Les services constructions publiques des DDE ou DDEA ;
- L'architecte conseil des DDE ou DDEA ;
- Les conseils en architecture, urbanisme et environnement (CAUE) ;
- Les centres d'études techniques de l'équipement (CETE et DREIF, Direction régionale de l'équipement Ile-de-France).

6.1.5 CARACTERISATION RECHERCHEE

Afin de pouvoir déterminer la capacité du bâti à protéger les personnes au regard des phénomènes de surpression, la caractérisation du bâti par des relevés terrain devra permettre de classer les enjeux selon deux types de structures avec les facteurs de vulnérabilité associés :

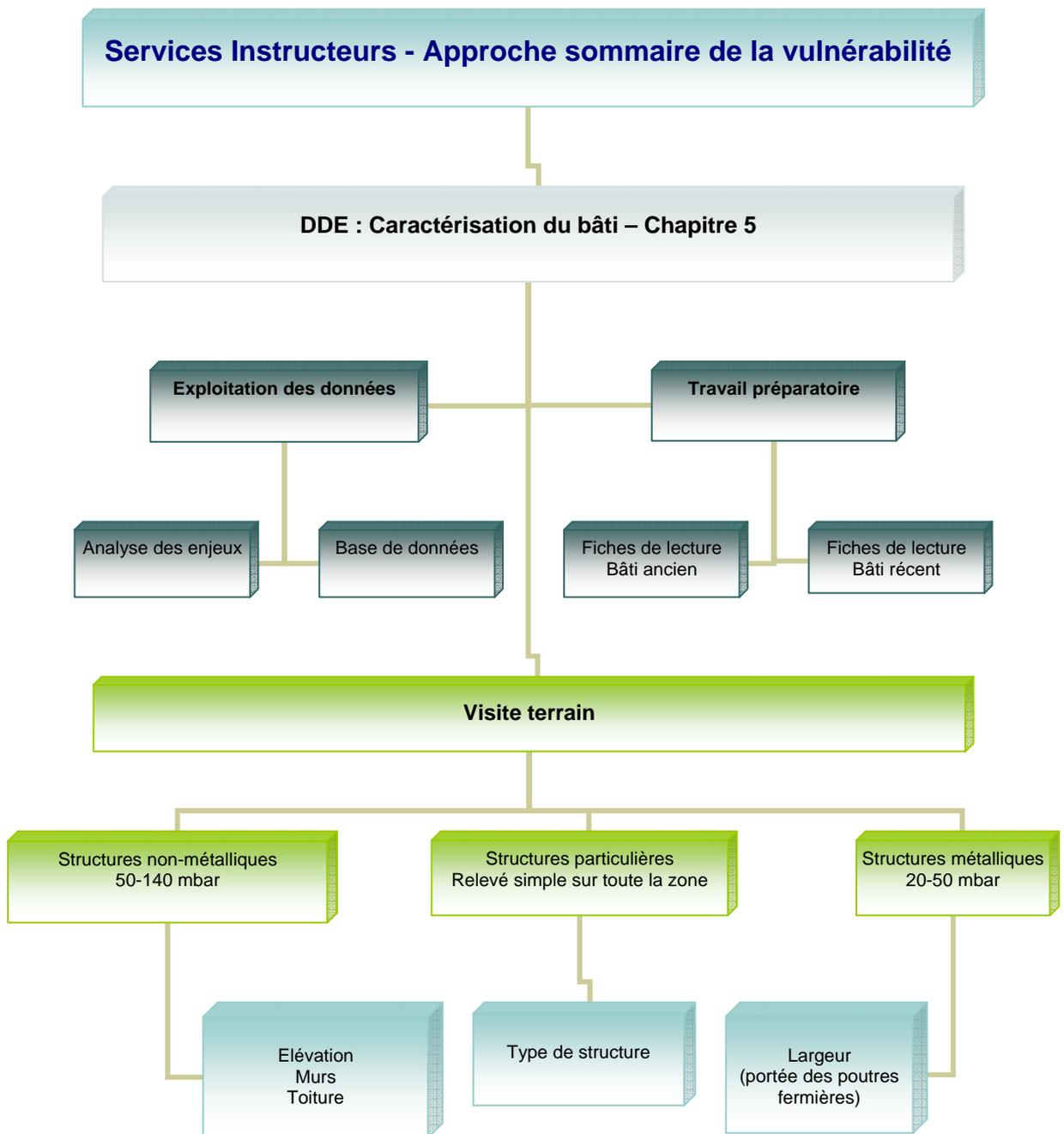
- **Structures non-métalliques** :
 - Caractéristiques en élévation : nombre d'étages et hauteur maximale des étages ;
 - Type de murs : avec une classification en trois catégories (catégorie A de type parpaing, B de type moellon de pierre dégrossie et C de type pisé) ;
 - Caractéristiques de la toiture : pente, type de couverture, type de charpente.
- **Structures métalliques** :
 - Largeur : portée de poutres fermières.

Les types de structures et les facteurs de vulnérabilité associés sont décrits précisément dans l'annexe 5 [**Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative**].

La caractérisation par des visites terrain est recherchée :

- Pour les structures non-métalliques sur la zone 50-140 mbar ;
- Pour les structures métalliques sur la zone 20-50 mbar.

Il est à noter que les principes de renforcements proposés pour les éléments de façades translucides (fenêtres et vitrines) seront génériques et ne nécessitent pas un relevé terrain spécifique.



IIC

DDE

SI

BE Standard

BE Spécialisé

Figure 6 : Logigramme : Démarche de caractérisation du bâti par des relevés terrain

6.2 EXPLOITATION DES DONNEES DISPONIBLES

Une fois les zones des relevés terrain définies et sur la base de l'analyse des enjeux, de premiers éléments visant à compléter les fiches **[Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative]** de relevé terrain - pour un enjeu ou un groupe d'enjeux homogènes - concernent les caractéristiques suivantes :

- Usage du bâti ;
- Âge du bâti ;
- Nombre et hauteur des étages ;
- Dimensions (largeur).

Caractéristiques	Enjeu concerné	Données envisageables	Commentaires
Usage du bâti	Tous	Qualification de l'urbanisation de l'analyse des enjeux	Réutiliser les fiches de caractérisation des enjeux, par enjeux ou groupe d'enjeux.
Âge du bâti	Habitat, activités, ERP / Structures non-métalliques	Historique de l'urbanisation de l'analyse des enjeux MAJIC II Photographies aériennes et cartes anciennes Filocom	On privilégiera la réutilisation de l'historique de l'urbanisation réalisée dans le cadre de l'analyse des enjeux. Si tel n'est pas le cas, les options suivantes peuvent être envisagées. Bien qu'il soit prévu la mise à disposition progressive des données MAJIC aux différents services de l'état et notamment les services déconcentrés en charge des PPRT, il apparaît toutefois, plus fiable d'utiliser les photographies aériennes. Il s'agira de déterminer plus qu'un âge précis une période de construction et de ce fait on retiendra les dates suivantes ou approchant : 1945, 1960-65, 1975-80 et 1995. On utilisera une échelle adéquate pour l'analyse des photographies aériennes : au maximum le 1/25 000.
Nombre et hauteur des étages	Habitat, activités, ERP / Structures non métalliques	Qualification de l'urbanisation de l'analyse des enjeux	Les enjeux ou groupes d'enjeux « habitat » de type R+5 et plus ou avec des étages d'une hauteur supérieure à 4 mètres seront exclus de la suite de la caractérisation terrain du bâti. Il faut alors les traiter en utilisant les principes proposés dans le chapitre 6.

Caractéristiques	Enjeu concerné	Données envisageables	Commentaires
Dimensions du bâti : largeur	Activités, ERP / Structures métalliques plain-pied	PCI Vecteur (plan cadastral numérisé en vecteur) BD Parcellaire de l'IGN www.cadastre.gouv.fr BD Topo de l'IGN MAJIC II	On privilégiera l'utilisation des plans cadastraux vectorisés (PCI vecteur ou BD Parcellaire). S'ils ne sont pas disponibles, on peut aller sur le site www.cadastre.gouv.fr , où les planches cadastrales sont accessibles et un outil de mesure disponible.

Tableau 6 : Caractéristiques du bâti et données envisageables

Un rappel des bases de données décrites ainsi que leurs disponibilités et la technicité d'utilisation est disponible en annexe B1 [Annexe B1 - Analyse des bases de données].

Par largeur (dimensions du bâti) pour les structures métalliques plain-pied s'entend la distance entre deux parois porteuses de la charpente (schéma ci-dessous). La largeur du bâtiment peut être déterminée à partir du plan cadastral. Pour les bâtiments dont la largeur est supérieure à 13 m, une vérification à l'intérieur du bâtiment permettra de vérifier l'existence ou non de poteaux et donc la portée réelle des poutres fermières (voir schéma ci-dessous).

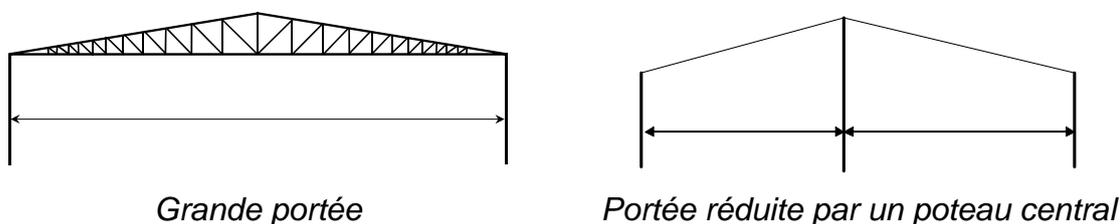


Figure 7 : Schéma relatif à la portée des poutres fermières (Source : INERIS)

6.3 PREPARATION DES VISITES DE TERRAIN

En préalable à la visite de terrain, il est important de s'acculturer sur l'architecture et les techniques constructives locales afin de préparer au mieux la visite. Des informations sont notamment disponibles dans les CAUE (Conseils d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement) [Annexe B2 - Les périodes de construction. Les Conseils d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE)].

En s'appuyant sur l'âge du bâti déterminé à l'étape précédente, les services instructeurs pourront utiliser les fiches de lectures présentées ci-dessous hors structures métalliques.

Il a été fait le choix de retenir deux types de bâti dans la dimension temporelle, le bâti ancien et le bâti récent. Toutefois, il apparaît important de nuancer cette typologie double en l'abordant avec l'œil de l'historien, c'est à dire de déterminer

quelles ont été les grandes tendances architecturales au travers de l'histoire [Annexe B2 - Les périodes de construction. Les Conseils d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE)]

Trois grandes périodes de construction pour la caractérisation du bâti ont été considérées dans le cadre de cette étude :

- **Avant 1945** : bâti ancien ;
- **De 1945 à la fin des années 70 début des années 80** : bâti ancien et bâti récent ;
- **De la fin des années 70 début des années 80 à nos jours** : bâti récent.

6.3.1 POUR LE BATI ANCIEN

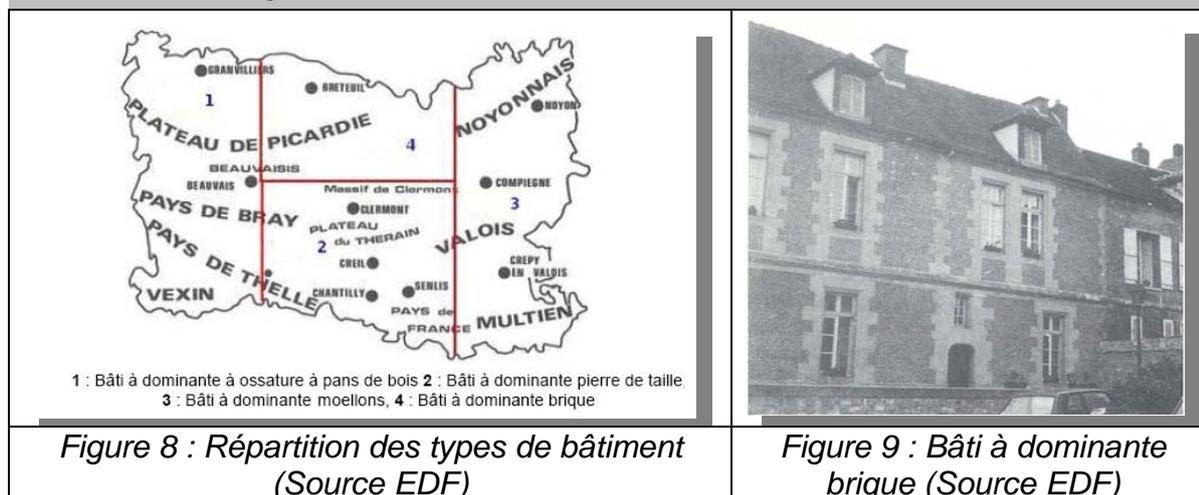
Un ensemble de fiches de lecture par « région » a été constitué à partir d'ouvrages de la collection EDF « Connaissance de l'habitat existant ».

L'objectif de cette collection était d'identifier les bâtis, déterminer des techniques de réhabilitation et de préserver ce patrimoine en l'adaptant avec les éléments de confort tels que l'électricité, l'isolation thermique. Cette collection d'ouvrages a été réalisée entre 1980 et 1988 et couvre la quasi-totalité du territoire français, hors DOM-TOM.

Les fiches de lecture développées sur la base de cette collection ont pour objectif l'appropriation de connaissances pour comprendre l'habitat vernaculaire (i.e. ancien) d'un territoire. Une typologie de bâti est présentée en fin de chaque fiche.

Ces fiches sont disponibles en **Annexe B3 « Bâti ancien à partir de la collection EDF « Connaissance de l'habitat existant » »**.

- **Exemple « LE BATI ANCIEN en Picardie Oise - Paru en 1983 » -**



"Droits Réservés", pour toute utilisation d'éléments issus de la collection " Extraits de Connaissance de l'habitat existant Collection EDF"

6.3.2 POUR LE BATI RECENT

Des fiches de lectures réalisées à partir de l'étude Caron Marketing mandatée par l'Agence de la Qualité de la Construction (AQC) sont disponibles pour le bâti récent. Cette étude a porté sur trois grands « types » de bâti :

- Les appartements en collectif ;
- La maison individuelle en diffus ;
- La maison individuelle en groupé.

Cette étude a été réalisée sur la base d'un recueil de données DAEI (ancienne Direction des Affaires économiques et Internationales du Ministère de l'Équipement) issues d'une enquête sur le prix de revient des logements neufs sur la période 2004, 2005 et 2006.

Des immeubles de bureau récent pourront être assimilés à du logement collectif.

Ces fiches de lectures sont disponibles en **Annexe B4 « Bâti récent à partir de l'étude AQC – Caron Marketing 2008 »**.

- Exemple « LE BATI RECENT en Nord-Picardie -

Caractéristiques	Éléments recueillis
Dimensions du bâti	Surface moyenne : 125 m2
Nombres d'étages	Combles aménagés 57%, Plain-pied (combles perdus) 42%
Garage	87% oui, dont 73% intégré, 12% en sous-sol, 2% accolé
Soubassement	Vide sanitaire (poutrelles et hourdis ²) 49%, Terre plein (dalle béton) 39%, Sous-sol 12%
Planchers intermédiaires	Poutrelles et entrevous ³ 52%, Plancher bois 43%, Dalle béton 5%
Murs périphériques	Parpaings béton 51%, Brique 35%, Bois 3%, Béton 2%
Toiture - charpente	Fermettes industrie bois 86%, Charpente traditionnelle 6%
Toiture - couverture	Tuiles Terre cuite : 64%, tuiles béton 34%, Ardoises naturelles 2%
Nature des ouvertures	60% PVC, 24% Bois, 9% Alu
Occultations (volets)	Volets roulants PVC 74%, Volets roulants Alu 11%, Volets battants bois 9%
Cloisons	Carreaux de plâtres 48%, Plaques de plâtre 44%,
Matériaux isolants	Murs périphériques : Laine 50%, PSE : 43%

Figure 10 : Caractéristiques des maisons en diffus – Nord-Picardie (Source AQC)

6.3.3 SYNTHÈSE DES FICHES DE LECTURE PAR RÉGION ADMINISTRATIVE

Pour le bâti ancien, la collection de référence a débuté avant la décentralisation de 1983, créant les nouvelles régions administratives, donc certains ouvrages réalisés avant cette date ne disposaient pas de ce référentiel géographique. D'autre part, comme le sujet est l'habitat vernaculaire, on ne peut pas systématiquement avoir corrélation entre le champ géographique d'étude d'un ouvrage et les limites administratives. Ainsi, comme le montre le tableau n°3 ci-après, on a 45 ouvrages pour 22 régions administratives. En effet, si certains ouvrages couvrent parfaitement une région administrative comme la Lorraine ou la Basse-Normandie, d'autres ne couvrent que partiellement une région, voir un seul département.

Pour l'habitat récent, les fiches sont classifiées par région SISAM, dénomination de l'INSEE. Certaines régions administratives sont regroupées en une seule région SISAM.

Régions administratives	Fiches de lecture - Bâti ancien	Fiche de lecture Bâti récent
Alsace	LE BATI ANCIEN en Alsace- Paru en 1985	Fiche 1 - Alsace
Aquitaine	LE BATI ANCIEN en Périgord – Paru en 1981 LE BATI ANCIEN en Bastide - Paru en 1986 LE BATI ANCIEN en Pays Basque - Paru en 1981 LE BATI ANCIEN en Béarn - Paru en 1981 LE BATI ANCIEN en Gascogne - Paru en 1984 LE BATI ANCIEN dans les Landes - Paru en 1983	Fiche 2 - Aquitaine
Auvergne	LE BATI ANCIEN en Auvergne - Paru en 1985	Fiche 3 - Auvergne Limousin
Basse Normandie	LE BATI ANCIEN en Basse Normandie - Paru en 1983	Fiche 13 - Normandie
Bourgogne	LE BATI ANCIEN en Bourgogne- Paru en 1982	Fiche 4 - Bourgogne Franche comté
Bretagne	LE BATI ANCIEN en Bretagne - Paru en 1983 LE BATI ANCIEN urbain en Bretagne occidentale - Paru en 1983	Fiche 5 - Bretagne
Centre	LE BATI ANCIEN en Touraine - Paru en 1981 LE BATI ANCIEN en Beauce et Sologne- Paru en 1984 LE BATI ANCIEN en Berry - Paru en 1984	Fiche 6 - Centre
Champagne Ardennes	LE BATI ANCIEN en Ardennes- Paru en 1983 LE BATI ANCIEN en Champagne - Paru en 1984	Fiche 7 - Champagne Lorraine
Corse	LE BATI ANCIEN en Corse - Paru en 1984	
Franche Comté	LE BATI ANCIEN en Franche-Comté - Paru en 1980	Fiche 4 - Bourgogne Franche comté
Guyane Antilles		
Haute Normandie		Fiche 13 - Normandie
Île de France	LE BATI ANCIEN en Île de France (Tome 1 Bâti populaire à Paris et en proche banlieue) - Paru en 1980 LE BATI ANCIEN en Île de France (Tome 2 Bâti parisien du second empire)- Paru en 1983	Fiche 9 – IDF
Languedoc Roussillon	LE BATI ANCIEN en Roussillon- Paru en 1988 LE BATI ANCIEN en Languedoc - Paru en 1985	Fiche 10 - Languedoc Roussillon
Limousin	LE BATI ANCIEN en Limousin - Paru en 1980	Fiche 3 - Auvergne Limousin
Lorraine	LE BATI ANCIEN en Lorraine- Paru en 1981	Fiche 7 - Champagne Lorraine
Midi-Pyrénées	LE BATI ANCIEN en Bastide - Paru en 1986 LE BATI ANCIEN à Toulouse- Paru en 1982 LE BATI ANCIEN en Tarn et Garonne- Paru en 1985 LE BATI ANCIEN en Gascogne - Paru en 1984 LE BATI ANCIEN en Rouergue - Paru en 1985	Fiche 11 - Midi Pyrénées

Régions administratives	Fiches de lecture - Bâti ancien	Fiche de lecture Bâti récent
	LE BATI ANCIEN en Quercy - Paru en 1981 LE BATI ANCIEN en Bigorre- Paru en 1982	
Nord Pas de Calais	LE BATI ANCIEN en Flandre-Artois - Paru en 1982	Fiche 12 - Nord Picardie
Pays de Loire	LE BATI ANCIEN en Vendée- Paru en 1984 LE BATI ANCIEN en Pays Nantais - Paru en 1982 LE BATI ANCIEN en Maine Anjou- Paru en 1984	Fiche 15 - Pays de Loire
Picardie	LE BATI ANCIEN en Picardie Oise - Paru en 1983	Fiche 12 - Nord Picardie
Poitou Charente	LE BATI ANCIEN en Angoumois, Aunis et Saintonge- Paru en 1982 LE BATI ANCIEN en Poitou- Paru en 1984	Fiche 16 - Poitou Charente
PACA	LE BATI ANCIEN dans Les Alpes du Sud- Paru en 1985 LE BATI ANCIEN en Provence du Mistral- Paru en 1983 LE BATI ANCIEN à Marseille - Paru en 1983	Fiche 14 - PACA
Réunion		
Rhône - Alpes	LE BATI ANCIEN des Pays de l'Ain- Paru en 1985 LE BATI ANCIEN des deux Savoies - Paru en 1985 LE BATI ANCIEN en Dauphiné - Paru en 1985 LE BATI ANCIEN en Lyonnais - Paru en 1981	Fiche 17 - Rhône alpes

Tableau 7 : Synthèse des fiches de lecture par région administrative

6.4 VISITES DE TERRAIN

6.4.1 STRUCTURES NON-METALLIQUES, 50-140 MBAR

La visite de terrain a pour objectif de renseigner la fiche de relevé de terrain [Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative] par enjeu ou groupe d'enjeux homogènes et se réalise dans la zone de 50 à 140 mbar dont la cartographie est fournie par l'IIC.

On entend, par structures non-métalliques, les bâtiments d'habitation individuels et les logements collectifs assimilables à des habitations individuelles ($\leq R+4$), hors construction bois.

Les bâtis sont considérés selon les paramètres suivants :

- Caractéristiques du bâtiment en élévation ;
- Type de murs ;
- Caractéristiques de la toiture.

Chaque item sera interprété de manière indépendante avec les facteurs de vulnérabilité et critères décrits dans l'annexe B5 [Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative] :

- Les caractéristiques du bâtiment en élévation concernant :
 - Le nombre de niveaux avec un critère à R+5
 - La hauteur maximale d'un étage avec un critère à 4 m
- Les types de murs donnent lieu à trois catégories :
 - Catégorie A de type parpaing ;
 - Catégorie B de type moellon (pierre dégrossie) ;
 - Catégorie C de type pisé ;
 - Par ailleurs, les bâtiments en bois nécessitent une étude spécifique.
- Les facteurs relatifs à la toiture concernant :
 - La charpente, métallique ou non-métallique ;
 - La pente, renseignée en deux options $<25^\circ$ ou $>25^\circ$;
 - Le type de couverture, entre grands éléments et petits éléments.

Par la suite les trois paramètres et leurs facteurs doivent être pris en compte pour la synthèse globale de chaque enjeu ou groupe d'enjeux et permettront avec les données précises sur la caractérisation des phénomènes dangereux de finaliser l'approche sommaire de la vulnérabilité pour la zone 50-140 mbar.

A partir des fiches de typologie de bâti récent et ancien, les enjeux ou groupes d'enjeux vont pouvoir être caractérisés en complétant la fiche de relevé de terrain et en utilisant sa note associée **[Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative]** La lecture de cette dernière guide les pas de l'utilisateur pour apprécier le type de bâti auquel il est confronté.

6.4.2 STRUCTURES METALLIQUES, 20-50 MBAR

Les attentes sur les structures métalliques portent principalement sur la largeur. Il s'agit plus précisément caractériser la portée de poutres fermières en relevant la présence ou non de poteau intermédiaire vis à vis de la structure porteuse de la charpente du bâti considéré.

Les enjeux ou groupes d'enjeux vont pouvoir être caractérisés en complétant la fiche de relevé de terrain et en utilisant sa note associée **[Annexe B5 - Fiches de relevé terrain et notice explicative]**. La lecture de cette dernière guide les pas de l'utilisateur pour apprécier les caractéristiques du bâti.

6.4.3 RELEVES SPECIFIQUES

Les bâtiments en bois, les structures non-métalliques de type R+5 et plus, ou avec des étages dont la hauteur est supérieure à 4 mètres, les structures métalliques non de plain-pied et dans la zone 140-200 mbar les parties en béton armé nécessitent une étude spécifique.

Ces structures, et toute structure ne correspondant pas aux types définis précédemment, doivent être identifiées et localisées dans l'ensemble des zones exposées à des effets de surpression. Il en est de même pour les structures à ossature métallique plain-pied hors zone 20-50 mbar. Ces relevés spécifiques ne font pas l'objet de fiches de relevé particulières dans les annexes de ce cahier.

6.5 FINALISATION DE LA CARACTERISATION DU BATI

A l'issue de cette étape, la caractérisation du bâti sera formalisée sous la forme des tableaux de synthèse pouvant être structurés comme suit.

6.5.1 STRUCTURES NON-METALLIQUES

Caractérisation du bâti (DDE)										Caractérisation de l'agression (IIC)			SI
Prise de vue et référencement			Etude spécifique			Charpente	Pente	Couverture	Cat. (Mur)	Id. zone d'enjeux	Forme du signal	Durée du signal	Principe retenu
Réf.	BD Ortho	Enjeu	Niveau	H étage	Mur	Non métallique	< 25°	Petits éléments	A - B - C		Déflagration		
	Extrait	Photos	> R+ 4	> 4m	Bois	Métallique	> 25°	Grands éléments			Onde de choc		

Tableau 8 : Tableau de synthèse – Caractérisation du bâti : structures non-métalliques (Relevé terrain entre 50-140 mbar)

6.5.2 STRUCTURES METALLIQUES

Caractérisation du bâti (DDE)					Caractérisation de l'agression (IIC)		SI
Prise de vue et référencement			Etude spécifique	Largeur (Portée de poutres fermières)	Id. zone d'enjeux	Durée du signal	Principe retenu
Réf.	BD Ortho	Enjeu	Niveau	< 13 m			
				13 – 20 m			
	Extrait	Photos	Non de plain-pied	> 20 m			

Tableau 9 : Tableau de synthèse – Caractérisation du bâti : structures métalliques (Relevé terrain entre 20-50 mbar)

7. FINALISATION DE L'APPROCHE SOMMAIRE DE LA VULNERABILITE

7.1 PRINCIPES DE L'APPROCHE SOMMAIRE DE LA VULNERABILITE

La détermination des stratégies d'approche de la vulnérabilité afin d'évaluer la capacité à protéger les personnes ou la nécessité de renforcement s'appuie sur :

- Les zones d'intensité
 - La caractérisation de l'agression réalisée par l'IIC [Chapitre 4] affine les zones 20-50 et 50-140 mbar.
- La caractérisation du bâti
 - La caractérisation réalisée par la DDE [Chapitre 5] affine cette connaissance pour les structures non-métalliques (50-140 mbar) et les structures métalliques (20-50 mbar) ;
- Des principes d'approche de la vulnérabilité proposés dans ce chapitre.

Ces principes sont mis en œuvre en fonction du type bâtementaire et des zones d'intensité. L'approche sommaire permet de distinguer 4 principes pour chaque caractéristique bâtementaire :

- **Cas 1.** La protection des personnes ne nécessite pas de travaux de renforcement ;
- **Cas 2.** La protection des personnes peut être obtenue par la réalisation de travaux ne nécessitant pas d'étude préalable ;
- **Cas 3.** La protection des personnes peut être obtenue par la réalisation de travaux nécessitant au préalable un diagnostic « sommaire » par un bureau d'études « structures » généraliste ;
- **Cas 4.** La protection des personnes nécessite la réalisation d'un diagnostic « poussé » par un bureau d'études spécialisé afin de définir la faisabilité et les mesures de renforcement possibles.

Les types bâtementaires, leurs caractéristiques et les critères de vulnérabilité associés sont :

- **Les structures non-métalliques** (hors charpente métallique¹²) :
 - Les types de murs définis en 3 catégories par la DDE sur la zone 50-140 mbar: catégorie A de type parpaing, B de type moellons (pierre dégrossie) et C de type pisé ;
 - La pente de la toiture avec l'utilisation du critère de pente à 25° relevé lors des visites terrain de la DDE sur la zone 50-140 mbar.
 - Les couvertures en grands éléments.

¹² Le cas rare des charpentes métalliques de structures non-métalliques est à traiter comme une structure métallique.

- **Les structures métalliques** :
 - La charpente et la structure porteuse avec l'utilisation de la largeur définie par la portée de poutres fermières sur la zone 20-50 mbar ;
 - Les pannes et bardages.
- **Les structures particulières** nécessitant une étude spécifique ;
- **Les éléments de façade translucides (fenêtres et vitrines)** : des indications génériques relatives à ces éléments non structuraux sont données.

Les principes énoncés dans le tableau de principes dépendent également de l'intensité. Le tableau délimite trois zones principales :

- **>140 mbar.** Les principes proposés permettent de faire face à une intensité moins importante soit avec des travaux simples ne nécessitant l'intervention de bureaux d'études (Cas n°2) soit avec le recours à une étude spécifique par un bureau d'études spécialisé (Cas n°4) ;
- **50-140 mbar.** La forme de signal et le temps d'application peuvent être nécessaires pour déterminer les principes pour les structures non-métalliques ;
- **20-50 mbar.** Cette dernière zone est elle même divisée en deux zones pour les structures métalliques : 20-35 mbar et 35-50 mbar. Le temps d'application est alors pris en compte pour déterminer le principe.

La forme du signal (déflagration ou onde de choc) peut être utilisée pour déterminer le principe applicable.

Le tableau identifie aussi des cases [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante] associées au principe cas n°2 ou cas n°4.

7.2 TABLEAU DES PRINCIPES DE L'APPROCHE SOMMAIRE DE LA VULNERABILITE

Intensité			Type de signal	> 140 mbar	50-140 mbar	20 - 50 mbar	
Caractéristiques du bâti		35-50 mbar				20 –35 mbar	
Structures non-métalliques ¹³ (hors charpente métallique)	Type de mur (catégorie)	Cat. A	Déflagration	Cas n°2 ¹⁴ [Mesure permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas n°1	Cas n°1	
			Onde de choc		Cas n°1 si t < 100 ms Cas n°3 si t > 100 ms		
		Cat. B	Déflagration		Cas n°1 si t < 50 ms Cas n°3 si t > 50 ms		
			Onde de choc		Cas n°3		
		Cat. C	Déflagration		Cas n°3		
			Onde de choc		Cas n°3		
	Toiture	Déflagration	Cas n°2 [Mesure permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas n°1 si t < 150 ms ou pente < 25° Cas n°2 si t > 150 ms et pente > 25°	Cas n°1		
		Onde de choc		Cas n°1 - si t < 100 ms et pente < 25° - si t < 20 ms et pente > 25° Cas n°2 : si t > 100 ms Cas n°3 : si 20 < t < 100 ms et pente > 25°			
	Couverture Grands éléments	Pas de distinction en fonction du type de signal	Cas n°2 [Mesure permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas n°2	Cas n°2 Cas n°4 ¹⁵		

¹³ Certains cas spécifiques – constructions bois, ou de type R+5 et plus ou avec des étages d'hauteur supérieure à 4 mètres – n'ont pas été abordés dans le cadre de l'étude et devront faire l'objet d'une étude spécifique : elles sont dénommées « structures particulières ».

¹⁴ Les parties en béton armé dans la zone 140-200 sont à considérer comme des « structures particulières ».

¹⁵ Le cas n°4 correspond au renforcement des éléments de couverture nécessitant une étude spécifique sur la charpente.

Intensité		Type de signal	> 140 mbar	50-140 mbar	20 - 50 mbar	
Caractéristiques du bâti					35-50 mbar	20 –35 mbar
Structures métalliques ¹⁶	Charpente et structure porteuse (hors panne)	Pas de distinction en fonction du type de signal	Cas n°4 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante]	(Uniquement sur la charpente) Cas n°4 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas °1 si largeur < 13 m et t < 20 ms Cas n°2 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante] si l> 20m ou t> 150 ms Cas n°4 (uniquement sur la charpente) sur les autres cas	Cas °1 si largeur < 13 m et t < 100 ms Cas n°2 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante] si l> 20m ou t> 150 ms Cas n°4 (uniquement sur la charpente) sur les autres cas
	Panne et bardage	Pas de distinction en fonction du type de signal	Cas n°4 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas n°4 [Mesures permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas 2	
Structures particulières ¹⁷		Pas de distinction en fonction du type de signal	Cas n°4			
Vitrage + Châssis		Déflagration	Cas n°2	Cas n°2	Cas n°2	
		Onde de choc	[Mesure permettant de faire face à une intensité moins importante]	Cas n°2 [Mesure permettant de faire face à une intensité moins importante pour t > 50 ms]		

Tableau 10 : Tableau des principes de l'approche sommaire de la vulnérabilité

¹⁶ Le cas rare des charpentes métalliques des structures non-métalliques peut être analysé à l'aide des mêmes principes.

¹⁷ Il s'agit de toute structure ne correspondant pas aux types « structures non-métalliques » ou « structures métalliques ». En particulier : les bâtiments en bois, les bâtiments de type R+5 et plus, les bâtiments dont la hauteur des étages est supérieure à 4 m, les parties en béton armé dans la zone 140-200, etc.

7.3 FORMALISATION DES CHOIX

La formalisation des choix est l'ultime étape de la phase de détermination de la capacité de protection des personnes. En fonction de l'utilisation du tableau de principes présenté dans le paragraphe précédent, les éléments suivants peuvent être mis en évidence :

- La capacité à protéger les personnes sans travaux spécifiques (Cas n°1) ou avec des travaux simples ne nécessitant pas l'intervention de bureaux d'études (Cas n°2) ;
- Le recours à un diagnostic par un bureau d'études « structure » (Cas n°3) **[Chapitre 6]** ;
- Le recours à une étude spécifique par un bureau d'études spécialisé (Cas n°4) **[Chapitre 7]**.

La mise en œuvre du tableau permet notamment de compléter les tableaux de synthèse :

- Pour les structures non-métalliques ;
- Pour les structures métalliques.

Les choix sont arrêtés et donnent éventuellement lieu à un programme de diagnostics complémentaires (réalisation pratique par des bureaux d'études). Par exemple :

- Lotissement de maisons individuelles récentes (parpaing), avec une pente de toit $<25^\circ$, en zone 50-140 mbar : la capacité à protéger les personnes est assurée vis à vis de la tenue des murs. Toutefois, il s'agira de renforcer les fenêtres. La qualité EPR1 de la norme EN-13223-1 permet de répondre à l'exigence de protection des personnes.
- Garage de type structure métallique en zone 140-200 mbar : la possibilité de protection à une intensité inférieure peut être envisagée via une étude spécifique.

7.3.1 STRUCTURES NON-METALLIQUES, 50-140 MBAR

Caractérisation du bâti (DDE)									Caractérisation de l'agression (IIC)			SI	
Prise de vue et référencement			Etude spécifique			Charpente	Pente	Couverture	Cat. (Mur)	Id. zone d'enjeux	Forme du signal	Durée du signal	Principe retenu
Réf.	BD Ortho	Enjeu	Niveau	H étage	Mur	Non métallique	< 25°	Petits éléments	A - B - C		Déflagration		
	Extrait	Photos	>R+ 4	>4m	Bois	Métallique	> 25°	Grands éléments					

Tableau 11 : Tableau de synthèse - Structures non-métalliques (50-140 mbar)

7.3.2 STRUCTURES METALLIQUES, 20-50 MBAR

Caractérisation du bâti (DDE)				Caractérisation de l'agression (IIC)		SI	
Prise de vue et référencement			Etude spécifique	Largeur (Portée de poutres fermières)	Id. zone d'enjeux	Durée du signal	Principe retenu
Réf.	BD Ortho	Enjeu	Niveau	< 13 m			
	Extrait	Photos	Non de plain-pied	13 – 20 m			
				> 20 m			

Tableau 12 : Tableau de synthèse - Structures métalliques (20-50 mbar)

8. DIAGNOSTICS « SIMPLÉS » ET MOYENS DE RENFORCEMENT

Cette partie est à usage principal des bureaux d'études « structures ». Néanmoins les éléments techniques nécessaires pour les cas où le renforcement ne nécessite pas de faire appel à un bureau d'études structures ont aussi été ajoutés à cette partie.

Ce chapitre présente :

- Des recommandations spécifiques à l'usage des bureaux d'étude « structures » sur les modes d'intervention et le renforcement des parois ;
- Sur la zone 50-140, le diagnostic de la vulnérabilité (prise en compte de l'orientation) et les moyens de renforcement envisageables ;
- Sur la zone 20-50, les moyens de renforcement envisageables ;
- Sur la zone 140-200, les moyens de renforcement envisageables ;
- Un approfondissement des détails pratiques associés aux moyens de renforcement exposés.

8.1 RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES BUREAUX D'ETUDES EN STRUCTURES

8.1.1 MODE D'INTERVENTION DU BUREAU D'ETUDES EN STRUCTURES

Dans le cadre de l'étude de la vulnérabilité du bâti à la suppression, le rôle du bureau d'études en structures consiste à apporter un cahier des charges complet pour la mise en œuvre des solutions techniques permettant de le renforcer. Ce cahier des charges inclut :

- Une description des options que peut choisir le maître d'œuvre ;
- Ainsi que le coût associé de chacune des options.

8.1.2 RENFORCEMENT DES PAROIS VIS-A-VIS DES SUPPRESSIONS

8.1.2.1 INTRODUCTION

Lorsque le bureau d'études peut prouver qu'une paroi de catégorie B ou C présente :

- Une capacité de flexion de valeur minimale de 8 kN.m/m dans le sens vertical ;
- Une masse surfacique associée de 170 kg/m².

Celle-ci pourra être surclassée en catégorie A.

De la même façon, pour une paroi en catégorie C, lorsque le bureau d'études peut prouver qu'elle présente :

- Une capacité de flexion de valeur minimale de 6 kN.m/m dans le sens vertical ;
- Une masse surfacique associée de 170 kg/m².

Celle-ci pourra être surclassée en catégorie B.

Enfin tous les moyens de renforcement envisageables doivent répondre aux exigences suivantes :

- Un moment de flexion de 8 kN.m/m ;
- Une masse surfacique minimale de 170 kg/m² ;
- Une liaison (même sommaire par joint de mortier) avec les planchers inférieurs et supérieurs.

Tout moyen de protection qui ne respecterait pas ces critères doit avoir fait l'objet d'essais à l'explosion de manière à prouver son efficacité.

8.1.2.2 DONNEES D'ENTREE

Pour un bâtiment donné, le bureau d'études travaille à partir des données d'entrée suivantes fournies par les services instructeurs (structures non-métalliques) :

- La zone considérée dont les caractéristiques sont :
 - Intensité ;
 - Type de signal ;
 - Intervalle de temps d'application ;
 - Coordonnées des centres des phénomènes.
- Le bâtiment considéré dont les caractéristiques sont :
 - Catégorie ;
 - Pente du toit.

8.2 SUR LES ZONES 50-140

8.2.1 DIAGNOSTIC DE LA VULNERABILITE

8.2.1.1 ORIENTATION DES FACES

Le bureau d'études complète le travail des services instructeurs :

- Il relève toutes les faces du bâtiment ;
- Pour chaque centre de phénomène retenu, il calcule la valeur des deux angles formés entre :
 - La normale de chaque face ;

IIC

DDE

SI

BE Standard

BE Spécialisé

- et le segment [centre du phénomène retenu-extrémité de la face] (en pratique, dans la majorité des cas il y a une différence seulement de quelques degrés).

Il retient l'angle le plus défavorable (le plus faible en valeur absolue) pour chaque face.

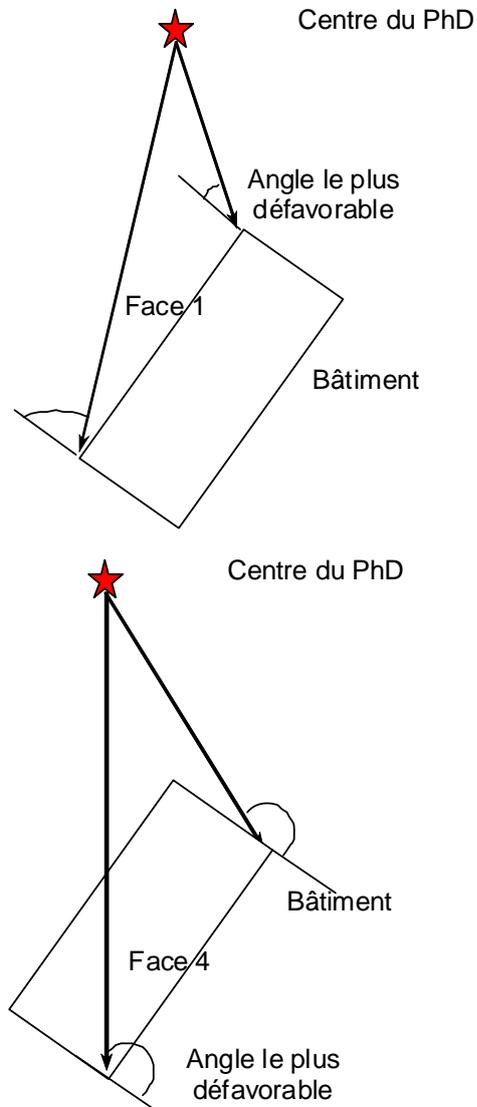


Figure 11. Angles retenus

- Il affecte aux faces un numéro de face selon la règle suivante :
 - Face 1 angle compris entre 0 et 45 ;
 - Face 2 angle compris entre 45 et 90 ;
 - Face 3 angle compris entre 90 et 135 ;
 - Face 4 angle compris entre 135 et 180.

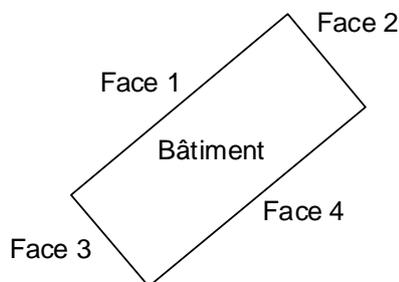


Figure 12. Affectation des numéros de faces

Lorsque l'étude doit prendre en compte deux centres de phénomènes, deux numéros de face peuvent alors être affectés à une même face. Le numéro de face le plus faible doit être retenu (si une face est 1 et 3, le numéro de face 1 est retenu).

8.2.1.2 FAÇADES

Le diagnostic porte ensuite sur les faces à renforcer. Il est nécessaire de suivre les préconisations des tableaux ci-dessous :

- Déflagration

Catégorie de bâtiment	Seuil de temps d'application	Faces à renforcer
B	> 50 ms	1
	> 150 ms	1, 2
C	> 0	1
	> 20 ms	1, 2
	> 1 s	1, 2, 3

Tableau 13 : Diagnostic des faces à renforcer – Déflagration

- Onde de choc

Catégorie de bâtiment	Seuil de temps d'application	Faces à renforcer
A	> 100 ms	1
B	> 0	1
	> 20 ms	1, 2
	> 500 ms	1, 2, 3
C	> 0	1, 2
	> 150 ms	1, 2, 3

Tableau 14 : Diagnostic des faces à renforcer – Onde de choc

8.2.1.3 ORIENTATION DE LA TOITURE

Pour les toitures de pente supérieure à 25° , il est nécessaire de calculer l'angle de la toiture par rapport aux centres des phénomènes retenus.

Le bureau d'études utilise l'axe du faîtage de toiture (ligne de plus grande hauteur) dont il calcule l'angle le plus défavorable avec le phénomène.

Pour le bureau d'étude, la procédure est la même que le calcul de l'angle pour chaque face. Pour chaque centre de phénomène retenu, il calcule la valeur des deux angles formés entre :

- L'axe du faîtage ;
- et le segment [centre du phénomène retenu-extrémité de l'axe du faîtage] (en pratique, dans la majorité des cas il y a une différence seulement de quelques degrés).

Il retient l'angle le plus défavorable entre ces deux valeurs (le plus grand en valeur absolue).

Si cet angle est inférieur à 25° , la toiture peut être déclassée en toiture de pente inférieure à 25° .

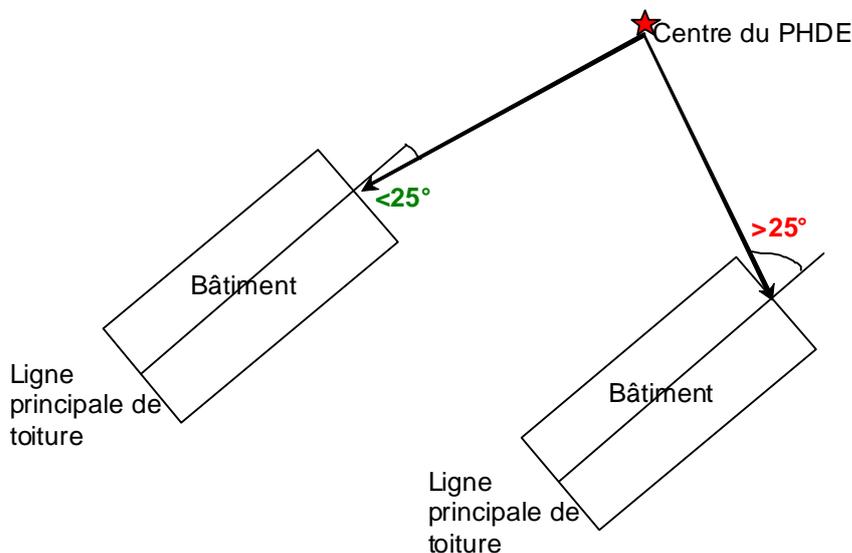


Figure 13. Orientation de la toiture

8.2.2 MOYENS DE RENFORCEMENT ENVISAGEABLES

8.2.2.1 RENFORCEMENT DES FAÇADES

Une fois le diagnostic réalisé selon les préconisations de la partie précédente, les renforcements doivent répondre aux exigences de la partie 7.1.2 et peuvent être conçus selon les indications de la partie 7.5.1.

8.2.2.2 CHARPENTE

Pour les toitures de pente supérieure à 25° une fois que l'orientation a été déterminée si celles-ci ne sont pas déclassées, il est alors nécessaire de doubler les fermes. Il s'agit d'un renforcement des charpentes traditionnelles, dimensionnées neige et vent.

8.2.2.3 COUVERTURES

Pour les toitures en grands éléments, les prescriptions peuvent être le remplacement par de petits éléments.

8.2.2.4 FENETRES / VITRAGES.

Les vitrages mis en œuvre sur la zone 50-140 peuvent être de catégorie EPR1, qui est définie dans la norme EN-13223-1. Cette norme définit expérimentalement des ensembles châssis / vitres résistant à des ondes de chocs. L'EPR1 correspond à la première qualité.

Ces vitrages permettent de protéger les occupants dans la zone 50-140. Cependant pour des ondes de chocs de temps supérieur à 50 millisecondes, le vitrage peut ne pas tenir mais permet une protection à une intensité moins importante.

8.3 SUR LES ZONES 20-50

8.3.1 STRUCTURES METALLIQUES

8.3.1.1 PORTEES DES PANNES

Les portées de pannes suivantes sont préconisées :

- Si l'espacement entre pannes est inférieur à 1 m, la distance entre portiques doit être inférieure à 6 m ;
- Si l'espacement entre pannes est inférieur à 2 m, la distance entre portiques doit être inférieure à 5 m ;
- Dans la pratique, ces espacements sont fréquemment respectés. Néanmoins, si l'espacement entre pannes est supérieur à 2 m, cet espacement devra être ramené à 2 m.

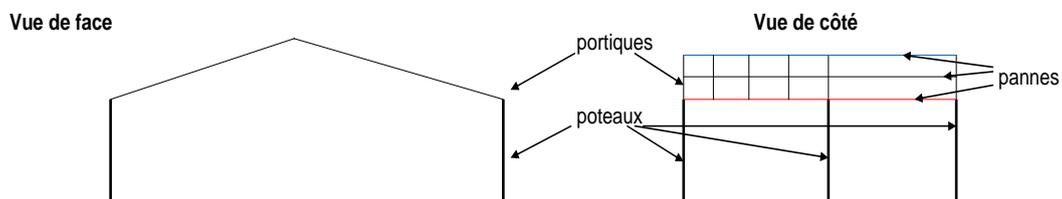


Figure 14. Pannes et portiques

8.3.1.2 BARDAGES DE FAÇADES ET DE COUVERTURE

Les renforcements de bardages suivants sont préconisés. Quatre stratégies peuvent être envisagées. Celles-ci sont classées par ordre de prix du plus au moins onéreux :

1. L'augmentation du nombre de fixations. En effet, le retour d'expérience sur la ruine des panneaux classiques montre qu'elle se produit le plus souvent par défaillance des fixations. A titre indicatif, les conditions de fixation du tableau suivant permettent de garantir la résistance à l'arrachement de panneaux de toiture en déflagration comme en détonation.

Nature de l'élément	Résistance / fixation	Nombre de fixations nécessaires par panneau
Couverture sèche	30 daN	40
Couverture étanchéité	600 daN	2
Bardage simple peau	30 daN	40
Bardage double peau	30 daN	40
Panneau sandwich	30 daN	40
Procédé de bardage en panneaux sandwiches Industrial W tôle - mousse de polyuréthane - tôle	150 daN	8
Panneau sandwich à parement en tôle d'acier galvanisée (pré-laquée ou non) et à âme isolante injectée en polyuréthane expansée au pentane	200 daN	6
Couverture en plaques nervurées métalliques de type HACIERCO	60 daN	20

Tableau 15 : Conditions de fixation des panneaux – 20-50 mbar

2. Les éléments de bardages métalliques peuvent être remplacés par du bardage respectant les caractéristiques suivantes (par exemple du bardage de type 5.43T) :
 - inertie $1,54 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4/\text{m}$;
 - surface $3,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{m}$.
3. Les éléments de bardages métalliques peuvent être aussi remplacés par des éléments suffisamment légers (type fibrociment) pour ne pas être à l'origine de graves blessures en cas de chute ;

4. Les portées (espaces entre lisses) peuvent être également :

- Réduites à 1 m pour les faces ;
- Etre au maximum de 1,75 m pour le toit.

8.3.2 STRUCTURES NON-METALLIQUES

8.3.2.1 COUVERTURES

Pour les toitures en grands éléments, les prescriptions peuvent être le remplacement par de petits éléments ou le renforcement des éléments de couverture (selon les préconisations des structures métalliques partie 7.3.1.2) nécessitant une étude spécifique sur la charpente (cf. structures métalliques).

8.3.3 VITRAGES

Les préconisations pour les vitrages peuvent s'appuyer sur l'étude vitrages réalisée pour le compte de la DRIRE Lorraine. **[Annexe C2 – Diagnostic et moyens de renforcements de fenêtres face à un aléa de surpression dans la zone 20-50 mbar]**

8.4 SUR LES ZONES 140-200

Les préconisations ne portent que sur les structures non-métalliques.

Il est préconisé, de :

- Renforcer l'ensemble des façades (cf. partie 7.5.1);
- Renforcer l'ensemble des toitures (cf. partie 7.5.2);
- Remplacer les vitrages par de l'EPR1 (cf. partie 7.5.3).

L'ensemble de ces préconisations largement supérieures à 10% de la valeur du bien peuvent ne pas suffire à protéger. En revanche cet ensemble la protège à l'aléa inférieur.

8.5 SOLUTIONS TECHNIQUES DE RENFORCEMENT

NOTE : chacune des solutions techniques décrites ci-dessous est, la plupart du temps, proche des 10% de la valeur vénale du bien.

8.5.1 RENFORCEMENT DES MURS

Dans ce paragraphe, la faisabilité et le coût d'un certain nombre de solutions techniques sont analysés¹⁸. Sept solutions sont ainsi proposées, elles doivent (à l'exception du renforcement par poteaux) respecter les exigences minimales énoncées en partie 7.1.2 :

¹⁸ La fourchette des coûts annoncés est relativement large en fonction des travaux d'embellissement : reprise éventuelle de carrelage, reprise sur installation électrique et chauffage, réfection des peintures et revêtements muraux, etc.

1. Doublage du mur par un mur en parpaings en partie interne. Les parpaings représentés sur la figure ci-dessous respectent les exigences de la partie 7.1.2. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 300 à 700 euros/m² de façade à protéger ;

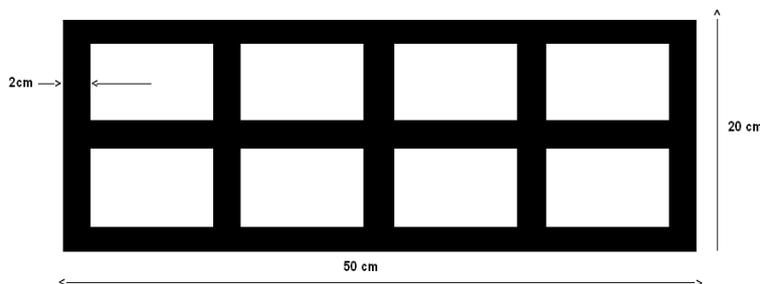


Figure 15. Exemple de parpaing (coupe) respectant les exigences minimales pour le renforcement.

2. Renforcement de la paroi en réduisant la portée du mur par la pose de poteaux métalliques (IPN) contre la paroi à intervalles réguliers (1,5 m par exemple). Cette diminution de portée du mur permet d'augmenter ainsi sa raideur en flexion, la flexion du mur obtenue doit atteindre 8 kN.m/m. Les poteaux devront assurer la tenue du plancher en cas de défaillance du mur. Cette solution peut s'accompagner de la pose d'une cloison à des fins d'esthétique ou d'isolation thermique. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 350 à 750 euros/m² de façade à protéger ;
3. Même solution que 2) agrémenté d'un remplissage en dur entre chaque poteau. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 400 à 800 euros/m² de façade à protéger ;
4. La paroi est traitée par chemisage (cf. figure ci-dessous) à l'aide d'un treillis métallique et de béton projeté. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 300 à 700 euros/m² de façade à protéger ;

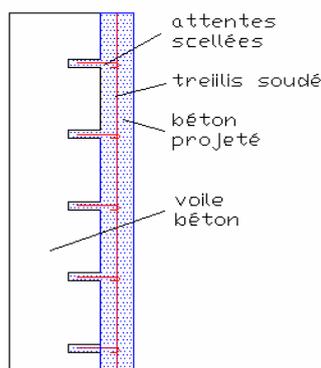


Figure 16. Exemple de chemisage (guide CSTB)

5. La paroi est renforcée par la pose d'éléments en béton armé préfabriqué. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 400 à 800 euros/m² de façade à protéger ;

6. Le renforcement de la paroi est réalisé au moyen de plaques en palplanches (éventuellement avec cadre métallique). Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 550 à 950 euros/m² de façade à protéger.

8.5.2 RENFORCEMENT DES TOITS

Le renforcement des toits vis-à-vis des surpressions peut être réalisé en doublant les fermes du toit. Il s'agit d'un renforcement des charpentes traditionnelles, dimensionnées neige et vent. Le cout de tels travaux pourrait se situer dans une fourchette haute de 50 à 150 euros/m² de toiture à protéger¹⁹ ;

Exemple : Une toiture à 2 pans possédant une ferme tous les 5 m pourra être renforcée par l'ajout d'une ferme de même constitution tous les 2,5 m.

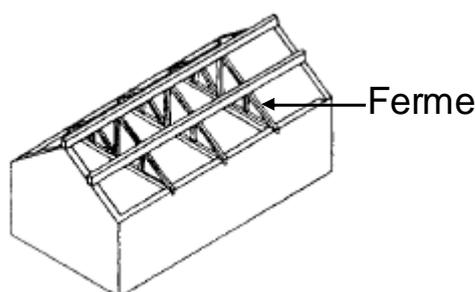


Figure 17. Ferme d'une toiture à deux pans

8.5.3 RENFORCEMENT DES FENETRES / VITRAGES / VITRINES

Les vitrages mis en œuvre peuvent être de catégorie EPR1, qui est définie dans la norme EN-13223-1. Cette norme définit expérimentalement des ensembles châssis / vitres résistant à des ondes de chocs. L'EPR1 correspond à la première qualité.

Les vitrages EPR1 sont vendus par quelques fabricants spécialisés. Le prix de ce vitrage est compris entre 1 et 2 k€ le m².

S'agissant de la liaison entre le mur et les châssis, on respectera les préconisations du fabricant.

¹⁹ La fourchette des coûts annoncés est relativement large en fonction des travaux de voligeage : échafaudage, découverture, etc.

9. DIAGNOSTICS « POUSES »

9.1 MODE D'INTERVENTION DU BUREAU D'ETUDES SPECIALISE

Dans le cadre de l'étude de la vulnérabilité du bâti à la surpression, le rôle du bureau d'études spécialisé consiste à étudier la réponse des structures aux effets de surpression dans les cas suivants :

- Les charpentes de toiture des structures métalliques identifiées dans la zone 20-50 mbar et dans la zone 50-140 mbar tel que cela a été défini dans le tableau des principes ;
- Les structures métalliques dans la zone > 140 mbar ;
- Les charpentes métalliques de bâtiments individuels ou collectifs tel que cela a été défini dans le tableau des principes ;
- Les parties en béton armé dans la zone 140-200 ;
- Les bâtiments dont la hauteur des étages est supérieure à 4 m ;
- Les bâtiments à plusieurs étages de type R+5 et plus ;
- Les bâtiments en bois.

9.2 REGLES DE TRAITEMENT

Il est conseillé :

- De sélectionner les phénomènes dangereux les plus pénalisants pour les structures ;
- D'évaluer la réponse de la structure à ces phénomènes dangereux comme suit :
 - Modélisation des signaux de pression comme des triangles : triangles isocèles pour les déflagrations et triangles rectangles pour les signaux de type onde de choc. La vitesse de propagation considérée est de 300 m/s ;
 - Prise en compte de l'interaction entre l'onde incidente et la structure au moyen de coefficients de réflexion. Dans le cas où le bureau d'études ne disposerait pas de logiciel de calcul spécifique permettant de prendre en compte cette interaction, il pourra tabler sur les coefficients de réflexion donnés en annexe A1 [**Annexe A1 - Phénomènes dangereux – Surpression : Acculturation**] et en faire une extrapolation linéaire en fonction de l'angle réel d'incidence ;
 - Analyser la stabilité globale de la structure sous l'effet du phénomène dangereux ;
 - Analyser la tenue élémentaire (par élément de façade, par vitrage ou par porte).

Pour ce faire, le bureau d'études spécialisé pourra emprunter une approche semblable à celle qui est décrite dans le guide « *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35)*. La résistance des

structures aux actions accidentelles ». Celui-ci est disponible au lien hypertexte suivant :

http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getDoc&id_doc_object=3112.

Une réduction du coût des renforcements pourra être obtenue en employant des modèles prenant en compte la dissipation de l'énergie via la déformation élastoplastique. Toutefois, le bureau d'études spécialisé devra s'assurer que le taux de plastification retenu n'est pas incompatible avec l'exigence de préservation des occupants du bâtiment. Pour ce faire, un taux de ductilité moyen (rapport de la déformation maximale calculée à la déformation élastique) de 4 pourra être retenu pour l'ensemble des éléments structuraux.

10. REFERENCES

- [1] Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Technologiques ». 2005 version 1, 2007 version 2.
- [2] Efectis France, LNE. Guide de prescriptions techniques pour la résistance du bâti face à un aléa technologique thermique avec pour unique but la protection des personnes. Réf. 06070. Juillet 2008 révision C.
- [3] CERTU, CETE Lyon, INERIS. Complément technique relatif à l'effet toxique. Juillet 2008.
- [4] CSTB. Complément technique relatif à l'effet de surpression. Recommandations et précautions en vue de réduire les risques. Référence 26005165. Mars 2008 version 2.
- [5] Loi n° 2003-699 du 30/07/03 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
- [6] Décret n° 2005-1130 du 07/09/05 relatif aux plans de prévention des risques technologiques.
- [7] Circulaire DGUHC- DPPR du 27 juillet 2005 relative au rôle des services de l'équipement dans les domaines de la prévention des risques technologiques et naturels.
- [8] INERIS, CETE Normandie-Centre, et al. Cahier scientifique du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression. Décembre 2008.

11. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nbre° pages
A1	Phénomènes dangereux – Surpression : Acculturation	14
A2	Phénomènes dangereux – Surpression : Tableaux des paramètres et typologie du signal	9
A3	Phénomènes dangereux : Méthode de caractérisation des zones d'enjeux	15
B1	Analyse des bases de données	17
B2	Les périodes de construction Les Conseils d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE)	12
B3	Bâti ancien à partir de la collection EDF « Connaissance de l'habitat existant » (à paraître en version complète)	16
B4	Bâti récent à partir de l'étude AQC – Caron Marketing de 2008 (à paraître en version complète)	17
B5	Fiches de relevé terrain et notice explicative	35
C1	Dispositions relatives aux éléments non-structuraux	14
C2	Guide pratique : Fenêtres dans la zone des effets de surpression d'intensité 20-50 mbar, diagnostic et mesures de renforcement	55