



**Guide de prescriptions techniques pour la résistance du  
bâti  
face à un aléa technologique thermique avec pour unique  
but la protection des personnes**



**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

**Réduction des effets thermiques**

**PPRT: guide de prescriptions techniques de protection**

**Objectifs**

**Élaboration d'un guide de prescriptions techniques de protection du bâti face à un aléa thermique pour unique but la protection des personnes**

⇒ **guide simple d'utilisation (tableaux) et complet (annexes)**

Ces prescriptions seront retenues dans le règlement du PPRT ou imposées par les services de secours dans le cadre de l'élaboration des plans de secours, et de leur avis sur des constructions nouvelles en zones à risques

**Guide réalisé conjointement par:**

- **la société Efectis France** ([www.efectis.com/fr](http://www.efectis.com/fr))

Laboratoire agréé en résistance au feu et pour la réalisation d'études d'ingénierie du désenfumage par le Ministère de l'Intérieur

- **le Laboratoire National de Métrologie et d'Essai LNE** ([www.lne.fr](http://www.lne.fr))

Laboratoire agréé en réaction au feu par le Ministère de l'Intérieur

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Phénomènes dangereux continus

### CINETIQUE LENTE

**Feux de nappe** (liquide)

particules de suies/kW/m<sup>2</sup> = f(diamètre)

**Feux de solides** (pds comb.)

cent. kW/m<sup>2</sup> = f(pds présents)



### CINETIQUE RAPIDE

**Feux torches** (gaz ou liquide)

Jet de flammes



DCO - 0

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Conséquences sur les biens

- **Effets sur les matériaux**
- **quelques kW/m<sup>2</sup>**
  - => dégradation légère (indirect)
  - => dégagement d'espèces toxiques (pyrolyse);
- **> dizaine de kW/m<sup>2</sup>**
  - => inflammation du matériau (inflammation pilotée)
- **Effets sur les systèmes constructifs**
- **une dizaine de kW/m<sup>2</sup>**
  - => échauffement (début des pertes de performance);
- **plusieurs dizaines de kW/m<sup>2</sup>**
  - => déformation sérieuse (pertes de performance)
- **une centaine de kW/m<sup>2</sup>**
  - => ruine



*Les conséquences sur les biens sont fonction de l'action thermique, de la durée d'exposition, de la cinétique du phénomène et de la nature des matériaux*

DCO - 08/09/2004 - titre - 4

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Conséquences sur les personnes

*Plusieurs modes de transmission : radiatif, convectif, conductif et combinaisons*

- **Effets directs du rayonnement**

- **2,5 kW/m<sup>2</sup>**

=> Flux maximal pendant 30 minutes avant d'affecter les capacités

- **5 kW/m<sup>2</sup>**

=> Flux minimum létal pour 1 minute d'exposition

- **Effets de la chaleur de convection (température de l'air)**

- **T<sub>air</sub> > 60°C (plus. min.)**

=> Hyperthermie (coup de chaleur)

- **T<sub>air</sub> > 100°C (qques. min.)**

=> Douleurs et brûlures de la peau (hygrométrie)

- **T<sub>air</sub> > 100°C (plus. min.)**

=> Brûlures des régions respiratoires

- **Effets du transfert par conduction (contact)**

- **T<sub>matériau</sub> > 65°C => brûlures**

DCO - 08/09/2004 - titre - 5

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Établir un diagnostic et une réduction de la vulnérabilité

Méthodologie employée pour la détermination des prescriptions

- Caractérisation de l'aléa thermique et ses conséquences
- Caractérisation des performances des produits de construction
- Analyse des typologies de construction et de bâtiment
- Caractérisation de la performance des bâtis en fonction du niveau d'aléa thermique
  - Objectifs de sécurité et des niveaux de protection
  - Établissement d'un diagnostic
  - Propositions de protection et de renforcement du bâti vis-à-vis de l'aléa thermique
  - Propositions d'objectifs de performance pour l'urbanisation future
  - Méthodologie pour la mise en protection et le renforcement des bâtis existants

DCO - 08/09/2004 - titre - 6

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

Réduction des effets thermiques

Formation ENPC - Paris, 24-25/10/2007

## Objectifs de sécurité et niveaux de protection

- **Mise en protection et renforcement des bâtiments**
- **Zones d'aléas < TF**
- **Intensité < 12 kW/m<sup>2</sup>**
- **Stratégie de renforcement : 3 niveaux de sécurité**
  - **N1 : Protection du bâtiment pour une durée illimitée de l'aléa**  
concerne tous les éléments d'ouvrages
  - **N2 : Protection du bâtiment pour une durée de 2h de l'aléa**  
concerne les éléments de façades lourdes (élts secondaires=N1), niveau compatible avec PPI (évacuation et/ou fin du sinistre)
  - **N3 : protection d'une zone de mise à l'abri pour une durée illimitée de l'aléa**



zone d'abri spécifique + bâtiment N1 pour aléa inférieur

DCO - 08/09/2004 - titre - 7

INERIS  
pour un développement durable

## Établissement du diagnostic

- **Découpages en parties d'ouvrages**

Façades opaques lourdes  
Mur  
Doublage isolant

Façades opaques légères  
Bardage  
Âme isolante  
Doublage isolant

Éléments de menuiseries extérieures  
vitrage  
châssis  
porte  
Occultation - contrevent

Couverture/Toiture  
Charpente  
Doublage isolant

Éléments singuliers  
Descriptif

Éléments de structure :  
Nature  
Exposition

DCO - 08/09/2004 - titre - 8

INERIS  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

- Résistance au feu

Flux	Exigences minimales des matériaux constituant l'enveloppe externe du bâtiment (menuiseries extérieures – revêtements de façade – grilles d'aération – isolants combustibles non protégés en façade – Equipements d'occultation des baies)	
	Classement européen en matière de réaction au feu	Température de dégradation thermique des matériaux
< 3 kW/m <sup>2</sup>	Toutes classes de matériaux, sans restriction	Pas de recommandation complémentaire
< 5 kW/m <sup>2</sup>	Matériaux extérieurs classés au moins C-s2 ; d0	Matériaux ayant une température de dégradation supérieure à 200°C
< 8 kW/m <sup>2</sup>	Matériaux extérieurs classés au moins B-s1 ; d0	Matériaux ayant une température de dégradation supérieure à 280°C
< 12 kW/m <sup>2</sup>	Matériaux extérieurs classés au moins A2	Pas de dégagement de fumée significatif à 500°C
? 12 kW/m <sup>2</sup>	Matériaux extérieurs classés A1	Pas de recommandation complémentaire

DCO - 08/09/2004 - titre - 9

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

- Structures porteuses (N1)

Flux	Exigences minimales pour les structures extérieures (nature des éléments)
< 3 kW/m <sup>2</sup>	Aluminium Acier non protégé Béton Bois massif et lamellé collé
< 5 kW/m <sup>2</sup>	Aluminium Acier non protégé Béton Bois massif et lamellé collé
< 8 kW/m <sup>2</sup>	Acier non protégé Béton Bois massif et lamellé collé
< 25 kW/m <sup>2</sup>	Acier non protégé Béton
> 25 kW/m <sup>2</sup>	Etude spécifique de résistance au feu

DCO - 08/09/2004 - titre - 10

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

- Façades opaques lourdes (N1)

Niveau d'effet thermique :		< 3 kW/m				< 5 kW/m <sup>2</sup>				< 8 kW/m <sup>2</sup>				< 12 kW/m <sup>2</sup>			
Nature isolant		sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR
Épaisseur minimale d'enveloppe (cm)	Pierre naturelle	40	20	20	20	50	23	20	20	70	50	40	20	80	60	50	40
	Brique pleine/perforée	34	12	9	9	-	19	15	9	-	-	34	19	-	-	-	23
	Brique creuse	-	20	15	15	-	18	15	15	-	-	33	18	-	-	-	28
	Bloc de terre cuite	15	15	15	15	20	20	15	15	22	25	20	15	30	25	20	15
	Bloc de béton plein/ perforé et banché	20	23	20	20	-	25	23	20	-	-	-	25	-	-	-	28
	Bloc de béton creux	23	20	20	20	-	23	20	20	-	-	-	20	-	-	-	20
	Bloc de béton cellulaire	10	7	5	5	15	10	5	5	20	20	15	7	25		20	10

DCO - 08/09/2004 - titre - 11

**INERIS**  
maîtriser le risque pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

- Façades opaques lourdes (N2)

Niveau d'effet thermique :		< 3 kW/m <sup>2</sup>				< 5 kW/m <sup>2</sup>				< 8 kW/m <sup>2</sup>				< 12 kW/m <sup>2</sup>			
Nature isolant		sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR
Épaisseur minimale d'enveloppe (cm)	Pierre naturelle	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Brique pleine/perforée	9	9	9	9	12	9	9	9	15	12	9	9	15	12	12	9
	Brique creuse	15	15	15	15	18	15	15	15	18	15	15	15	18	15	15	15
	Bloc de terre cuite	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	15	15	15
	Bloc de béton plein/ perforé et banché	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Bloc de béton creux	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	23	20	20	20
	Bloc de béton cellulaire	7	7	7	7	10	7	7	7	15	10	10	7	15	15	15	10

DCO - 08/09/2004 - titre - 12

**INERIS**  
maîtriser le risque pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

### • Exigences façades opaques légères (N1)

Niveau d'effet thermique :		< 3 kW/m <sup>2</sup>				< 5 kW/m <sup>2</sup>				< 8 kW/m <sup>2</sup>				< 12 kW/m <sup>2</sup>			
Nature isolant		sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR	sans isolant	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR
Épaisseur minimale d'isolant (cm)	Métal/Pierre/Ciment	-	4	3	3	-	-	3	5	-	-	-	8	-	-	-	10
	Bois	-	4	4	4	-	4	4	4	-	-	-	4	-	-	-	-
	Plastique	-	4	3	3	-	-	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-

### • Exigences menuiseries extérieures (N1)

	Niveau d'effet thermique	Vitrage	Châssis	Occultation Contre-vent	Porte	
					Peau	âme isolante
	< 3 kW/m <sup>2</sup>	Double vitrage	PVC/Bois Alu-inox/Acier	PVC/Bois Métal	PVC/Bois Métal	sans PSE/PSX PUR/PIR LDV/LDR
	< 5 kW/m <sup>2</sup>	Double vitrage	Bois Alu-inox/Acier	Bois/Métal	Bois/Métal	PUR/PIR LDV/LDR
	< 8 kW/m <sup>2</sup>	Double vitrage	Bois Alu-inox/Acier	Bois/Métal	Bois/Métal	LDV/LDR
	< 12 kW/m <sup>2</sup>	Châssis vitré REI30		Métal	Porte REI30	

DCO - 08/09/2004 - titre - 13

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

### • Exigences couvertures (N1)

	Niveau d'effet thermique	Épaisseur minimale d'isolant* (cm)			
		Charpente	isolant PSE/PSX	isolant PUR/PIR	isolant LDV/LDR
	< 3 kW/m <sup>2</sup>	Bois	6	6	6
	< 5 kW/m <sup>2</sup>	Bois		10	10
	< 8 kW/m <sup>2</sup>	Bois			10
	< 12 kW/m <sup>2</sup>	Métallique			10

### • Exigences Toitures (N1)

	Niveau d'effet thermique	Protection mécanique	Épaisseur minimale d'isolant (cm)	
			isolant PUR/PIR	isolant LDR
	< 3 kW/m <sup>2</sup>	NON	3	3
	< 5 kW/m <sup>2</sup>	OUI	3	5
	< 8 kW/m <sup>2</sup>	OUI		8
	< 12 kW/m <sup>2</sup>			*

DCO - 08/09/2004 - titre - 14

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Exigences pour le bâti futur

### • Exigences éléments singuliers

Éléments singuliers	Flux thermique incident				
	< 3 kW/m <sup>2</sup>	< 5 kW/m <sup>2</sup>	< 8 kW/m <sup>2</sup>	< 12 kW/m <sup>2</sup>	> 12 kW/m <sup>2</sup>
Exutoire de désenfumage	Aucune restriction	capotage opaque aluminium, inox ou acier	Exutoire de désenfumage avec capotage opaque acier + 10 mm d'isolant classé au minimum A2	Exutoire de désenfumage avec capotage opaque acier + 20 mm d'isolant classé au minimum A2	Occultation des exutoires en couverture Ou Désenfumage naturel uniquement en façade non exposée Ou Système de désenfumage mécanique
Lanterneaux d'éclairage zénithal	Aucune restriction	Occultation ou Mise en place d'une grille métallique à maille fine (réduction du facteur de vue – récupération des matières dégradées)	Occultation ou Mise en place d'une grille métallique à maille fine (réduction du facteur de vue – récupération des matières dégradées)	Occultation Ou Remplacement par exutoire de désenfumage avec capotage opaque acier + 20 mm d'isolant classé au minimum A2	Occultation
Traversé de câbles et canalisation de fluides en façade ou couverture	Aucune restriction	Calefement des traversés de câbles et de fluide	Calefement des traversés de câbles et de fluide + Capotage des câbles avec matériaux classés A2 Ou câbles CR1	Interdiction des câbles et canalisations de fluides dangereux (gaz, etc.) en façade exposé ou protection par capotage isolé avec matériaux classés A2 Ou câbles CR1	Interdiction des câbles et canalisations de fluides dangereux (gaz, etc.) en façade exposé ou protection par capotage isolé avec matériaux classés A2
Équipements d'évacuation des eaux pluviales	Aucune restriction	Aucune restriction	Zinc Ou Matériaux classés A1	Zinc Ou Matériaux classés A1	Zinc Ou Matériaux classés A1
Bouche de ventilation ou d'aération	Aucune restriction	Grille métallique	Grille métallique à maille fine (facteur de trous <50%)	Interdiction des bouches d'aération et de ventilation en façade exposée Ou protection par capotage isolé avec matériaux A2	Interdiction des bouches d'aération et de ventilation en façade exposée Ou protection par capotage isolé avec matériaux A1
Occultation (store extérieurs – volet, etc.)	Aucune restriction	Aucune restriction	Équipements d'occultation métallique ou bois massif	Équipements d'occultation acier	Équipements d'occultation acier
Balcon et terrasse pour bâtiment > R+1	Aucune restriction	Aucune restriction	Interdiction de balcons et terrasses en façades exposées	Interdiction de balcons et terrasses en façades exposées	Interdiction de balcons et terrasses en façades exposées

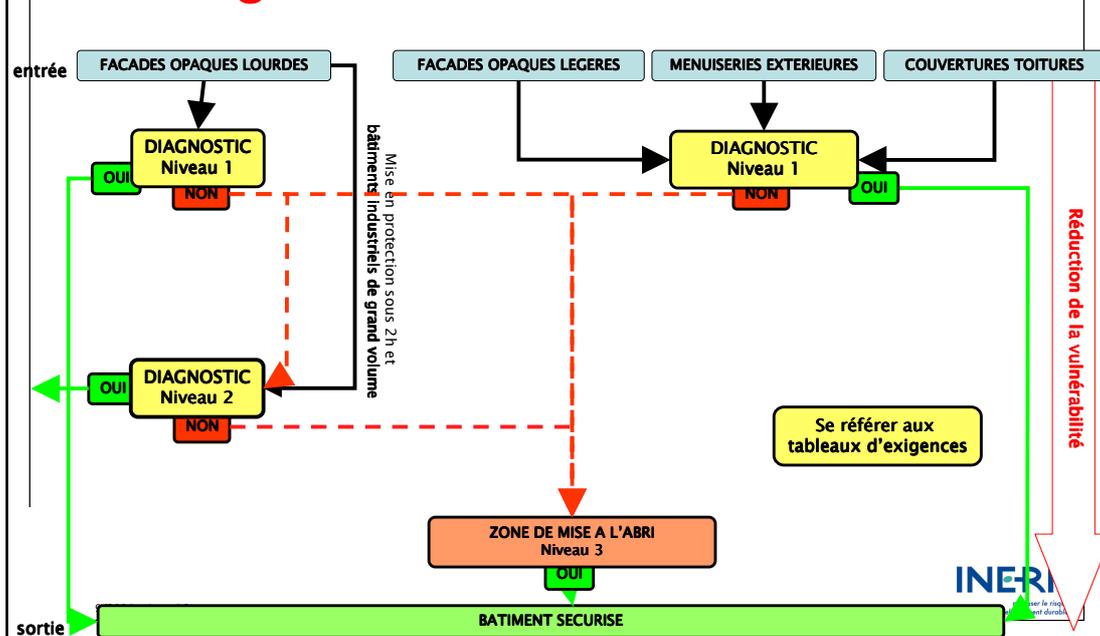
DCO - 08/09/2004 - titre - 15

Réduction des effets thermiques

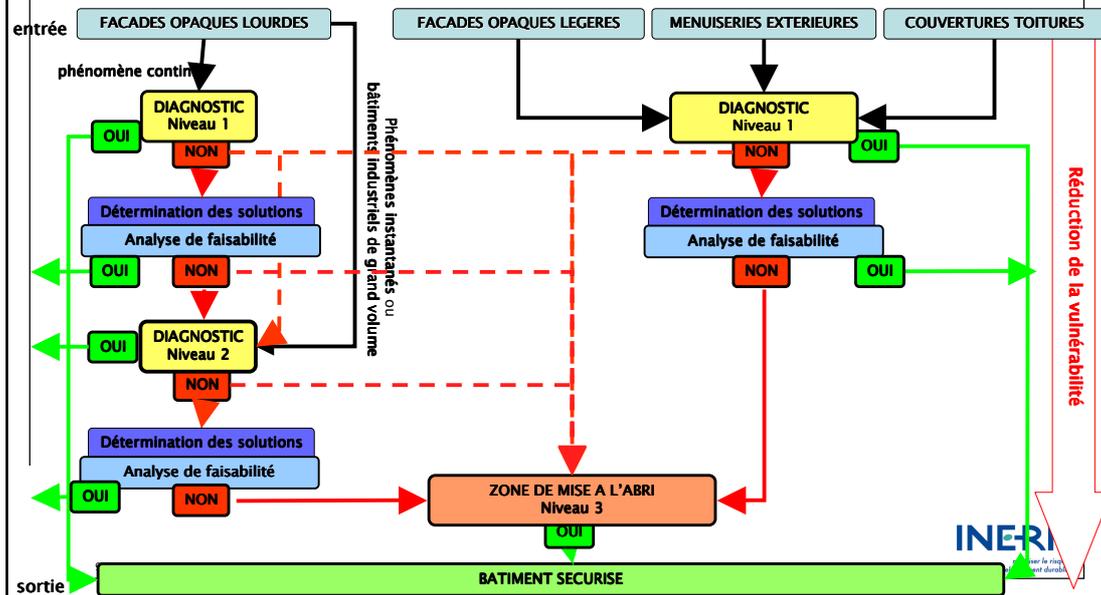
Formation ENPC – Paris, 24-25/10/2007



## Diagnostic de vulnérabilité



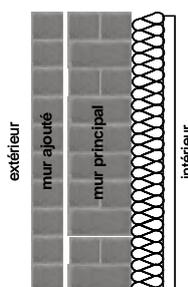
# Réduction de la vulnérabilité



## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les façades opaques lourdes

- **Solution 1 : Isolation par l'extérieur**
- **Augmentation de l'épaisseur du matériau principal de la façade**
- **Se référer aux exigences du futur**
  - **Avantages** : solution rapide, facile à mettre en œuvre et peu coûteuse
  - **Inconvénients** : grande façade et détermination du matériau



## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les façades opaques lourdes

- **Solution 2 : Isolation par l'intérieur**
- **Modification de la nature de l'isolant**
- **Se référer aux exigences du futur**
  - **Avantages** : adaptée aux habitations individuelles et peu coûteuse
  - **Inconvénients** : peu adaptée aux ERP (arrêt provisoire de l'activité)

Polystyrène



Polyuréthane



Laine minérale



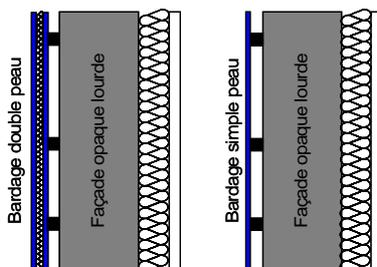
DCO - 08/09/2004 - titre - 19

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les façades opaques lourdes

- **Solution 3 : Écran de façade**
- **Écran thermique => réduction du flux incident**
- **Bardage avec âme isolante (cf. Tableau écran)**
  - **Avantages** : efficacité et applicable à tout bâtiment
  - **Inconvénients** : travaux lourds, matériaux coûteux et esthétique



Écran de façade



DCO - 08/09/2004 - titre - 20

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les façades opaques légères

- **Remplacement**
- **Mettre en œuvre une façade répondant aux exigences**
- **Se référer aux exigences du futur**
  - **Avantages** : rapide et simple
  - **Inconvénients** : coût selon la nature du matériau

Bardage simple peau



Bardage double peau

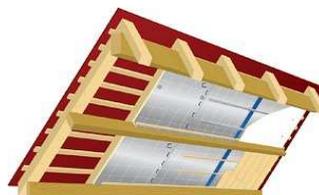
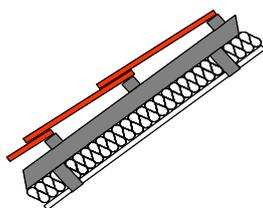


DCO - 08/09/2004 - titre -

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les couvertures

- **Solution 1 : protection par l'intérieur**
- **Ajout et/ou augmentation d'isolant**
- **Se référer aux exigences du futur**
  - **Avantages** : solution efficace, pratique et esthétique
  - **Inconvénients** : non adapté aux charpentes bois si  $> 8\text{kW/m}^2$



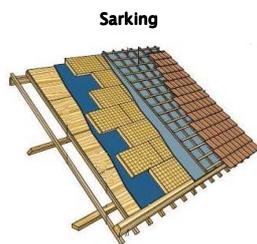
DCO - 08/09/2004 - titre - 22

INERIS  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

### Solutions pour les couvertures

- **Solution 2 : protection par l'extérieur**
- **Pose d'un isolant entre couverture et charpente (sarking)**
- **Sur-toiture (↔ écran de façade)**
  - **Avantages sur toiture** : simplicité de mise en œuvre, coût, délai de réalisation, ossature métallique, poursuite de l'activité pendant les travaux, protection de la charpente
  - **Inconvénients sarking** : difficulté de mise en œuvre, coût, délai de réalisation, perte d'activité ou relogement temporaire pendant les travaux



Sarking

Sur-toiture



DCO - 08/09/2004 - titre - 23

INERIS  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Solutions pour les couvertures

- **Solution 1 : Mise en œuvre d'une toiture sèche**
- **Pose d'un isolant entre couverture et charpente (sarking)**
  - **Avantages** : Simplicité de mise en œuvre, délai de réalisation, ossature métallique, poursuite de l'activité pendant les travaux, protection de la charpente de toiture
  - **Inconvénients** : coût
- **Solution 2 : Remplacement de la toiture**
- **Pose d'un isolant entre couverture et charpente (sarking)**
  - **Avantages** : niveau de protection adapté
  - **Inconvénients** : difficulté de mise en œuvre, délai, perte activité pendant travaux
- **Solution 3 : Protection rapportée**
- **Dalle / gravillon / terre**
  - **Avantages** : mise en œuvre, délai, poursuite activité pendant travaux, protection étanchéité, coût
  - **Inconvénients** : toiture légère

DCO - 08/09/2004 - titre - 24

INERIS  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour les menuiseries extérieures

- **Portes extérieures** (surface vitrée < 30%)
- **Remplacement par une porte adaptée à l'aléa**  
se référer aux exigences pour bâti futur  
Porte en bois jusqu'à 8kW/m<sup>2</sup>
- **Déplacement de la porte sur une face non exposée**
- **Protection par écran thermique**
  - coûteux et peu esthétique

Écran thermique



DCO - 08/09/2004 - titre - 25

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour fenêtres et ouvertures vitrées

### Solution 1 : Occultation permanente

- **Occultation totale par une façade opaque répondant aux exigences du bâti futur** (bardage/écran en extérieur ou comblement)
  - **Avantages** : simplicité de mise en œuvre, coût, adapté aux phénomènes combinés
  - **Inconvénients** : visibilité, inadapté pour habitation, respect code du travail
- **Occultation partielle** (volet à lamelles, casquette, écran déporté)
  - **Avantages** : luminosité, simplicité de mise en œuvre
  - **Inconvénients** : inadapté pour habitation, coût

Comblement



Volets à lamelles fixes



DCO - 08/09/2004 - titre - 26

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réduction des effets thermiques

Solutions pour fenêtres et ouvertures vitrées

### Solution 2 : Occultation non permanente

- **Volets opaques extérieurs ou intérieurs**
  - **Avantages** : luminosité, esthétisme, visibilité, coût
  - **Inconvénients** : fermeture manuelle, non permanent
- **Stores extérieurs à lamelles pivotantes**
  - **Avantages** : luminosité, visibilité
  - **Inconvénients** : coût, peu adapté aux habitations
- **Volets guillotine avec fermeture fusible**
  - **Avantages** : luminosité, esthétisme, visibilité, adapté TF et TF+
  - **Inconvénients** : coût, fiabilité (maintenance)

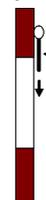
Volets extérieurs



Volets extérieurs à lamelles mobiles



Volet guillotine



**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

DCO - 08/09/2004 - titre - 27

## Méthodologie alternative pour zones TF et TF+

### • Objectifs

Caractérisation de la vulnérabilité du bâti vis-à-vis des cibles situées à l'intérieur des ouvrages,

Définition d'un cahier des charges des prescriptions techniques de renforcement du bâti pour garantir l'intégrité physique des cibles situées à l'intérieur

### • Méthodologie d'analyse

- Caractérisation des sollicitations et des effets thermiques
- Caractérisation de l'enveloppe externe
- Définition des objectifs de sécurité à atteindre et critères de performances associés
- Vérification du niveau de protection
- Vérification de l'atteinte des objectifs
- Mise en sécurité

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

DCO - 08/09/2004 - titre - 28