

CONSTRUIRE DURABLE EN ZONE À RISQUE D'INCENDIE DE FORÊT

TECHNIQUES ADAPTÉES À LA MISE EN ŒUVRE
DE MATÉRIAUX BOIS ET BIOSOURCÉS



CONSTRUIRE DURABLE EN ZONE À RISQUE D'INCENDIE DE FORÊT

**TECHNIQUES ADAPTÉES À LA MISE EN ŒUVRE
DE MATÉRIAUX BOIS ET BIOSOURCÉS**



ÉDITO

La forêt, qui couvre près de la moitié de notre territoire, c'est notre patrimoine. Et un atout considérable pour Provence-Alpes-Côte d'Azur. Atout environnemental, atout économique : la filière Bois, pour notre région, représente près de 3 000 entreprises, plus de 8 000 salariés. Avec l'essor de la construction en bois et du bois énergie, ce secteur est en pleine expansion. Toutefois il existe certains freins à son utilisation en particulier dans les zones présentant un risque accru aux incendies de forêt.

C'est parce que nous sommes à la fois soucieux de la prévention des incendies et du développement économique de la filière bois que la Région s'est associée à l'élaboration de ce guide des bonnes pratiques proposé par EnvirobatBDM. C'est un outil essentiel pour l'ensemble des acteurs de la construction sur notre territoire qui ont un projet en zone à risque accru de feux de forêt. À la fois utile et pédagogique, il démocratise certaines pratiques constructives, mettant en œuvre du bois et des matériaux bio-sourcés tout en permettant de réduire les vulnérabilités des habitations aux feux.

Ce guide s'adresse également aux services impliqués dans la prévention, la lutte et la réglementation liées aux feux de forêt, pour leur permettre de mieux percevoir qu'il est possible de traiter correctement les vulnérabilités et d'atteindre les niveaux de résistance au feu similaires à des constructions traditionnelles, avec des systèmes constructifs bois et bio-sourcés.

Christian ESTROSI

Président du conseil Régional Provence Alpes Côte d'Azur

Les défis environnementaux, auxquels le secteur de la construction doit répondre, nécessitent que la filière bâtiment se réinvente dans un contexte de sobriété économique, d'optimisation des matières premières et de réduction des émissions de polluants. L'État et les pouvoirs publics accompagnent cette transition énergétique, environnementale et économique notamment en mettant en place un contexte réglementaire et législatif très favorable à cette évolution. Nous pouvons citer en particulier les lois Grenelle, le Plan Bâtiment Durable, et plus récemment la loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (TEPCV) qui fixent de grandes mesures ambitieuses.

La loi TEPCV encourage également l'utilisation des matériaux biosourcés qui bénéficient d'atouts environnementaux déterminants, tels que le stockage du carbone, des matières premières renouvelables ou encore de faibles besoins en énergie grise. Au-delà de ces avantages, n'oublions pas que ces filières sont également un formidable levier de développement économique pour nos territoires par la création de valeurs et d'emplois.

Conscient du fort potentiel de ces filières, le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, pilote depuis 2009 en lien avec les professionnels différents plans d'actions visant à accompagner ces filières dans leur structuration, leur industrialisation, leur professionnalisation, et dans l'innovation. La territorialisation de ces plans d'actions a conduit la DREAL PACA à se mobiliser activement pour accompagner l'émergence de projets économiques locaux tels que la filière de valorisation des pailles de riz et de lavande/lavandin en matériaux biosourcés ou encore la filière chanvre construction.

Aujourd'hui, ce guide est un précieux outil pour l'essor de la construction durable et des filières de matériaux biosourcés. Il ouvre une voie conciliant l'amélioration des performances environnementales des bâtiments avec les exigences réglementaires de la prévention des risques liés aux incendies de Forêts ; risque prégnant dans notre région et qui mobilise bien évidemment toute l'attention de l'État et de l'ensemble des services concernés par l'élaboration des plans de prévention des risques d'incendies de forêts.

Je terminerai en remerciant tous ceux et toutes celles qui ont œuvré à la rédaction de ce document et qui participent au quotidien à l'amélioration de la qualité des bâtiments.

Corinne TOURASSE

Directrice régionale DREAL

Les professionnels du bois ont identifié ces dernières années les problématiques liées à la construction « Bois » face aux incendies de forêt et aux aspects réglementaires des PPRIF qui l'encadrent. L'idée était de dresser un état de l'art pour cerner les questions et trouver d'éventuelles pistes de solutions, afin de réaliser ultérieurement des essais au feu en situation réelle d'incendie de forêt, problématique régionale cruciale.

L'engagement d'EnvirobatBDM dans la généralisation du bâtiment durable et le grand nombre de projets en démarche BDM utilisant le bois et les matériaux biosourcés locaux nous ont amené à mettre en place de nouvelles actions comme le réseau professionnel Fibraterra. En tant que vice-président d'EnvirobatBDM et architecte très investi dans la construction bois, j'ai proposé que notre association, dans le cadre de ce réseau, pilote cet état de l'art. C'est ainsi qu'avec le soutien de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de la DREAL, EnvirobatBDM a réalisé, en 2015, cette action collective : je salue ici l'excellent travail de Jean-Brice Cordier et la coordination d'Olivier Gaujard, ainsi que l'investissement de tous les professionnels du bois et des matériaux bio-sourcés.

Le résultat de cette ingénierie collaborative, basée sur la capitalisation de retours d'expériences français et étrangers, vous est présenté dans cet ouvrage conçu, avant tout, comme un outil pratique et opérationnel destiné à tous ceux qui veulent construire en bois, en région PACA.

Jérôme SOLARI

Vice-président de l'association EnvirobatBDM

La construction bois permet le stockage du carbone de l'atmosphère. La Loi de transition énergétique pour la croissance verte (2015) confirme ce constat. Par ailleurs, la filière bois est identifiée comme l'une des 34 filières d'avenir de la Nouvelle France Industrielle et fait l'objet du plan « industries du bois ». Avec un taux de boisement de 42 % de son territoire, la filière bois-construction en Provence-Alpes-Côte d'Azur possède tous les atouts d'un formidable moteur de développement économique. Construire en bois, c'est utiliser une main d'œuvre locale de qualité et c'est donc enrichir notre région : l'expérience du Vorarlberg, région occidentale de l'Autriche qui a fait sa richesse et sa réputation à partir de la construction bois en est la preuve. L'État a lancé une action interministérielle (DGRP, DHUP) pour redynamiser l'élaboration ou la révision des Plans de Prévention des Risques Incendie de Forêt dans les communes à risque. Cette action a pour but de proposer, via une directive ministérielle, de nouvelles mesures constructives basées sur des niveaux graduels de performances au feu à atteindre, en fonction du niveau de sollicitation thermique auquel peut être soumis le bâtiment. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, face à une réglementation exigeante des Plans de Prévention des Risques Incendie de Forêt, basée parfois sur l'interdiction de matériaux ou de systèmes constructifs comportant du bois et des matériaux biosourcés, EnvirobatBDM, en liaison avec les professionnels du bois, a souhaité initier une action qui propose des solutions techniques permettant de réduire la vulnérabilité au risque incendie de forêt des bâtiments utilisant ces matériaux.

Fruit d'un an de travail collectif, l'action d'EnvirobatBDM, financée par la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et la DREAL PACA, a permis de regrouper les professionnels de la construction qui utilisent le bois et les matériaux biosourcés, les experts du CSTB et du FCBA, les Marins-pompiers de Marseille, les Services Départementaux d'Incendies et de Secours de différents départements, les Directions Départementales des Territoires et de la Mer ainsi que les représentants de l'État. Cette démarche collaborative a permis la réalisation de cet ouvrage pour « Construire durable en zone à risque d'incendie de forêt ». A tous, nos plus vifs remerciements !

Daniel FAURÉ

Directeur d'EnvirobatBDM (jusqu'en 2016)

et **Jean-Pascal SCHAEFER**

Directeur d'EnvirobatBDM

SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

CE QU'IL FAUT SAVOIR AVANT DE CONSTRUIRE DANS UNE ZONE À RISQUE D'INCENDIE DE FORÊT 7

1. CONNAÎTRE LE DANGER 8

1.1. LES NOTIONS DE BASE : QUE SE PASSE-T-IL LORS D'UN INCENDIE DE FORÊT ? 8

- A. Le triangle du feu 8
- B. Les modes de transfert de chaleur 8
- C. La propagation d'un incendie en forêt 8
- D. La durée du passage d'un incendie de forêt 8
- E. Les principaux scénarios de danger pour un bâtiment 9

1.2. ÉVALUER LE RISQUE DANS UNE SITUATION GÉOGRAPHIQUE DONNÉE 10

- A. Topographie 10
- B. Vents dominants 10
- C. Végétation environnante 10
- D. Bâtiments environnants 10
- E. Accès pour l'acheminement des secours 11
- F. Equipements de Défense Extérieure Contre l'Incendie (DECI) : hydrants, réserves d'eau 11
- G. Où se renseigner ? 11

1.3. QUE FAIRE EN CAS DE FEU DE FORÊT ? 12

2. CONNAÎTRE LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES 14

2.1. L'OBLIGATION LÉGALE DE DÉBROUSSAILLEMENT 14

- A. Qu'est-ce que le débroussaillage ? 14
- B. Que dit la réglementation ? 14
- C. Comment débroussailler sur une parcelle appartenant à un tiers ? 15
- D. Combien ça coûte ? 15

2.2. L'ENCADREMENT RÉGLEMENTAIRE DES CONSTRUCTIONS 16

- A. Le Code de l'Urbanisme 16
- B. Le Plan Local d'Urbanisme 16
- C. Le Plan de Prévention des Risques 16
- D. Lors d'un dépôt de permis de construire 17
- E. Anticiper les évolutions réglementaires 17

2.3. LA RÉGLEMENTATION DES USAGES 17

- A. L'usage du barbecue 17
- B. Le brûlage des déchets verts 17
- C. Le brûlage des déchets de chantier 17

DEUXIÈME PARTIE

LES PRATIQUES CONSTRUCTIVES 19

1. AMÉNAGER LES ALENTOURS PROCHES DU BÂTIMENT 22

1.1. LIMITER LES VECTEURS DE PROPAGATION DU FEU AUTOUR DE LA CONSTRUCTION 22

- A. La végétation 22
- B. Les réserves de combustible 23
- C. Le véhicule 23
- D. Tenir compte du risque de feu de forêt dans l'espace de vie extérieur 24

1.2. AMÉNAGER L'ESPACE POUR PERMETTRE L'INTERVENTION DES SERVICES DE SECOURS 24

2. RÉDUIRE LES VULNÉRABILITÉS PAR DES CHOIX CONSTRUCTIFS 26

2.1. GÉNÉRALITÉS CONCERNANT LE BÂTIMENT 27

- A. L'impact de la forme et de l'orientation 27
- B. Adapter les exigences sur les matériaux extérieurs à leur fonction et à leur localisation 27
- C. Penser la vie future du bâtiment 30
- D. Tenir compte du risque dans l'organisation du chantier 30

2.2. LES OUVERTURES 31

- A. Occulter efficacement les parties vitrées 31
- B. Caractéristiques des menuiseries 33
- C. Quelques cas particuliers 34

2.3. LES TOITURES	35
A. La couverture	35
B. Les débords de toiture	36
C. Les auvents	37
D. La ventilation de la toiture	37
2.4. LES ESPACES SOUS PLANCHER	38
2.5. LES PASSAGES DANS L'ENVELOPPE	39
A. Les canalisations	39
B. Les aérations	39
C. La VMC	39
D. La cheminée	39
2.6. LES ÉLÉMENTS CONSTRUCTIFS EXTÉRIEURS	39
A. Le revêtement des pieds de façade	39
B. L'isolation thermique par l'extérieur (ou ITE) en façade	40
C. Les vêtues ou bardages sur lame d'air ventilée	41
D. Les appentis	44
E. Les terrasses bois	44
F. Les balcons et les coursives externes	45
G. Les pergolas	45
H. Les brise-soleil	46
3. ATTEINDRE DES PERFORMANCES AU FEU QUALIFIÉES	47
3.1. TRADUCTION DES OBJECTIFS DE SÉCURITÉ	48
A. Des objectifs aux critères	48
B. Les degrés de performance	48
3.2. CRITÈRES ET ESSAIS QUALIFIANT LES PERFORMANCES	49
A. La résistance au feu	49
B. La réaction au feu	52
C. Les exigences de performance au feu des façades	54
D. Le classement au feu des toitures	56
3.3. CONCEVOIR UNE ENVELOPPE PROTECTRICE ET RÉSILIENTE	57
A. Les parois minérales	57
B. Les parois à ossature bois	58
C. Les parois en CLT	60
D. Les parois en béton de chaux-chanvre	62
E. Les parois en bottes de paille	63
F. Les toitures avec charpente bois et isolation biosourcée	64
3.4. CONSERVER LES PERFORMANCES DE LA PAROI AU NIVEAU DES SINGULARITÉS	65
A. Singularités de forme : maintenir la continuité de l'écran protecteur	65
B. Jonctions : obturer efficacement les interstices	65
C. Ouvertures vitrées : être performant en étanchéité au feu	66
TROISIÈME PARTIE	
LA DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE EN BOIS & BIOSOURCÉS	69
1. UTILISER LES PIÈCES OBLIGATOIRES DU PERMIS DE CONSTRUIRE	70
A. Un plan de situation	70
B. Un plan masse	70
C. Un plan en coupe du terrain et de la construction	70
D. Une notice décrivant l'état initial du terrain et présentant le projet	71
E. Un plan des façades et toiture(s)	72
2. ARGUMENTER EN FAVEUR DE SON PROJET	73
A. La robustesse et la fiabilité du mode constructif	73
B. La conception bioclimatique	73
C. Les économies d'énergie et bilan carbone	73
D. Les vertus d'un chantier bois	73
E. L'effet positif de la filière bois d'œuvre sur la gestion forestière	73
F. La valorisation des ressources locales et de l'emploi local	73
GLOSSAIRE	75
BIBLIOGRAPHIE RECOMMANDÉE	76
REMERCIEMENTS	79

PREMIÈRE PARTIE

CE QU'IL FAUT SAVOIR AVANT DE CONSTRUIRE DANS UNE ZONE À RISQUE D'INCENDIE DE FORÊT

1. CONNAÎTRE LE DANGER

1.1. LES NOTIONS DE BASE: QUE SE PASSE-T-IL LORS D'UN INCENDIE DE FORÊT ?

Pour bien appréhender le sujet, il est utile de s'approprier les notions et de bien comprendre les phénomènes à l'œuvre pendant un feu de forêt.

A. LE TRIANGLE DU FEU



Pour qu'il y ait combustion, les trois composantes suivantes doivent être réunies : le combustible (masse de végétation ou de matériaux de construction mobilisable par le feu), le comburant (oxygène de l'air, dont la quantité mobilisable augmente avec le vent) et la source d'activation (chaleur dégagée par le feu de forêt qui est transférée au combustible).

B. LES MODES DE TRANSFERT DE CHALEUR

- **Conduction** : transfert de chaleur par contact direct avec un corps chauffé ou avec la flamme.
- **Rayonnement ou radiation** : transfert de chaleur par onde électromagnétique, dont la puissance dépend de la distance au corps chauffé ou à la flamme (fonction du carré de la distance) et de la présence d'obstacles.
- **Convection** : transfert de chaleur par déplacement de masses d'air chaud.

C. LA PROPAGATION D'UN INCENDIE EN FORÊT

Voir le schéma en bas de page

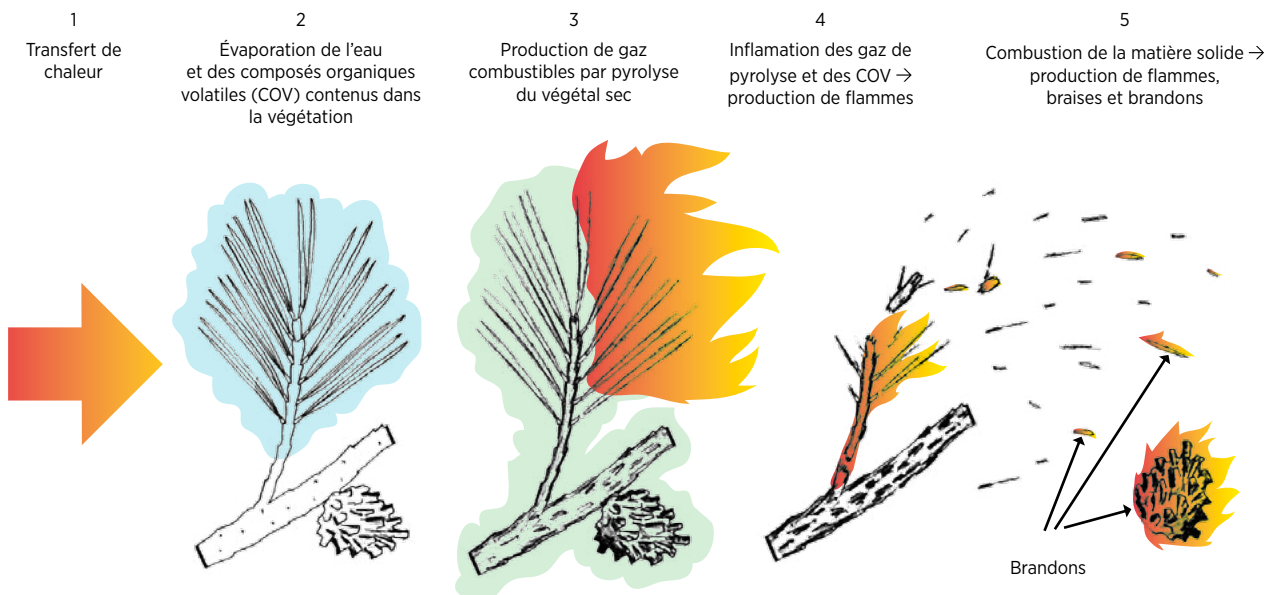
Il faut garder à l'esprit que le feu de forêt est essentiellement un phénomène gazeux. La matière solide réellement consommée se limite souvent aux feuilles et aux branches fines. Il arrive cependant que des feux très puissants provoquent la combustion de l'écorce, d'une partie du tronc et des grosses branches et parfois même des racines.

D. LA DURÉE DU PASSAGE D'UN INCENDIE DE FORÊT

La vitesse d'avancée d'un front de flammes est rapide. En cas d'incendie à l'interface forêt - zone urbaine, la durée d'exposition d'une construction au flux thermique maximal (front de flammes) n'est que de quelques minutes. Ce flux thermique peut entraîner l'embrassement de certains matériaux, sans qu'il y ait nécessairement de contact avec les flammes.

Certains feux collatéraux, impliquant des éléments proches du bâtiment, peuvent se déclarer avant l'arrivée du front de flammes (à cause des sautes de feux) et/ou perdurer après son passage. Ainsi ils peuvent solliciter ponctuellement la construction plus longtemps que le passage de l'incendie.

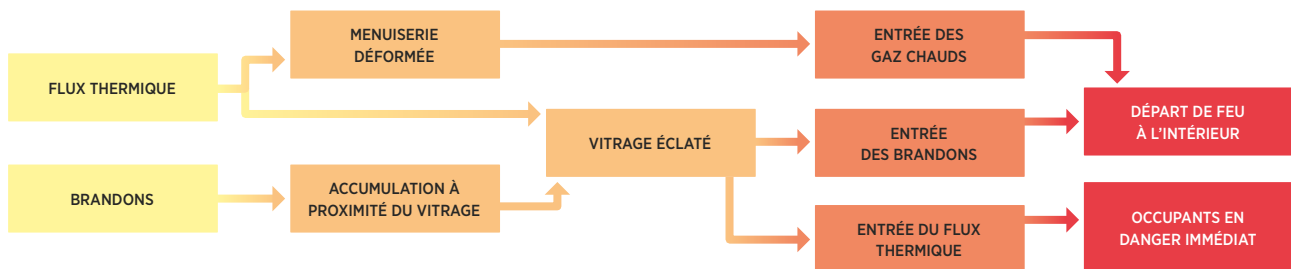
La propagation d'un incendie de forêt



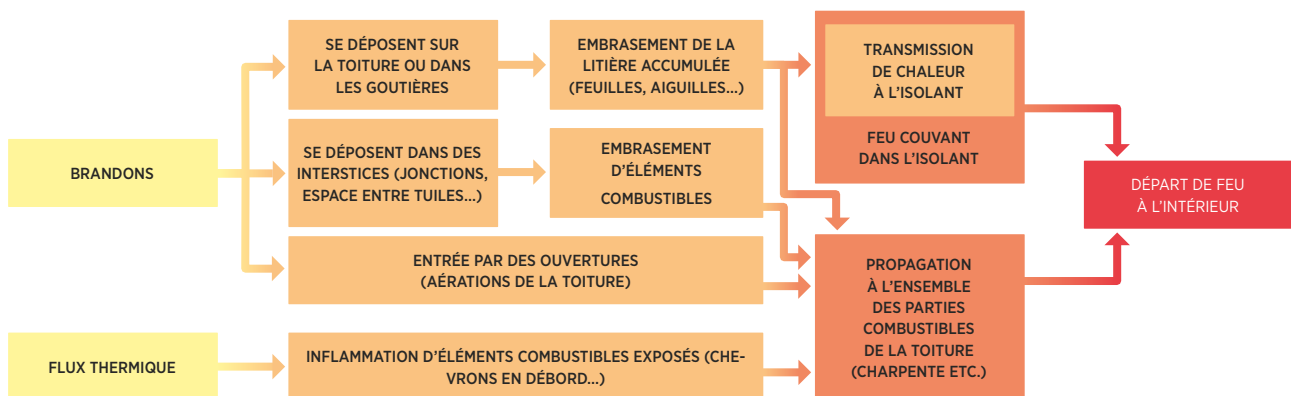
E. LES PRINCIPAUX SCÉNARIOS DE DANGER POUR UN BÂTIMENT

Il y a peu de bâtiments sinistrés en France, mais le risque existe bel et bien. Les retours d'expérience de bâtiments sinistrés par un incendie de forêt ont montré que les ouvertures vitrées et les toitures sont les éléments les plus vulnérables d'une construction. Les principaux scénarios de danger identifiés lors des retours d'expérience (non exhaustifs) pouvant survenir lorsqu'un feu de forêt sollicite ces points faibles sont les suivants :

• PAR LES OUVERTURES :

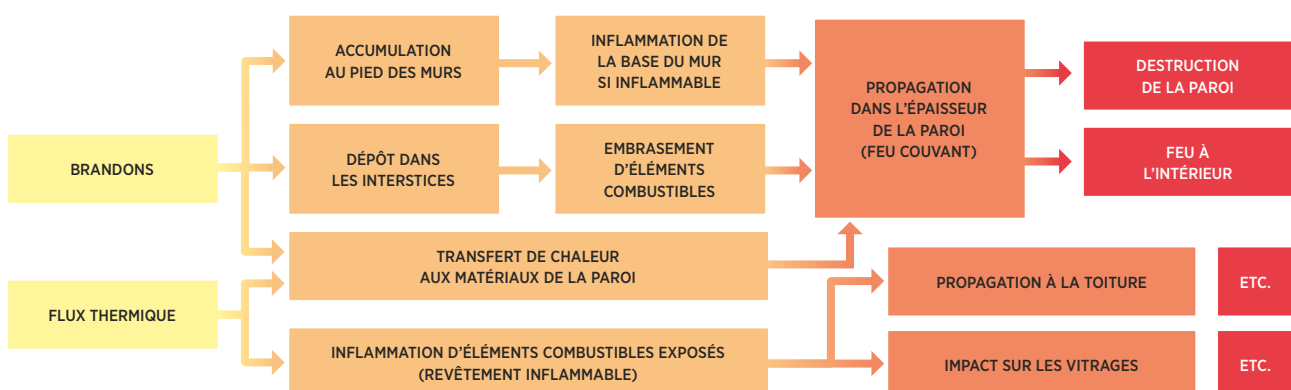


• PAR LES TOITURES :



Avec le développement de modes constructifs bois et biosourcés, d'autres scénarios de danger peuvent apparaître. Les mécanismes ont notamment été identifiés au travers des retours d'expériences australiens et américains, où la majorité des constructions sont en bois, avec des principes constructifs beaucoup plus légers que ceux utilisés en France (donc moins résistants).

• PAR LES PAROIS BOIS ET BIOSOURCÉES :



1.2. ÉVALUER LE RISQUE DANS UNE SITUATION GÉOGRAPHIQUE DONNÉE

Dans les écosystèmes méditerranéens, les zones à risque d'incendie concernent les massifs forestiers et leurs alentours (bande de 200m en périphérie) et parfois d'autres espaces identifiés dans un zonage de l'aléa.

Les alentours du terrain sur lequel est planifié le projet de construction doivent être étudiés afin d'évaluer le risque d'être exposé à un feu de forêt et de pouvoir prendre les mesures adéquates. Il est conseillé d'examiner les 200 premiers mètres autour de l'implantation du bâtiment.

A. TOPOGRAPHIE

Le feu se propage de bas en haut : ainsi un terrain à bâtir surplombant des espaces boisés est particulièrement vulnérable. Plus la pente est forte plus la propagation est rapide et intense. Les crêtes sont généralement des situations très exposées.

Dans un contexte boisé, les fonds de vallon étroits sont également des espaces sensibles, car les gaz inflammables produits par la pyrolyse de la végétation peuvent s'y accumuler et s'embraser brutalement.

B. VENTS DOMINANTS

Pour déterminer la direction de propagation d'un front de flammes (résultante du vent et de la pente) ainsi que la direction des sautes de feu (résultante du vent), il faut tenir compte de la direction des vents dominants. En outre cette donnée est importante pour une architecture bioclimatique.

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, les régimes de vents dominants sont principalement : le mistral, la tramontane, le marin (humide et doux, accompagné de pluies) et le sirocco (très sec et chaud, parfois violent).

La direction d'un vent dominant n'est pas la même selon la position géographique. Par exemple le mistral est un vent venant du nord dans la vallée du Rhône et un vent de nord-ouest au fur et mesure qu'on se déplace vers l'est de la région. Dans les Alpes Maritimes, il est pratiquement absent, mais on se trouve en présence d'autres vents dangereux en période de feu de forêt.

Enfin, la direction d'un vent est influencée par le relief local.

C. VÉGÉTATION ENVIRONNANTE

L'orientation des massifs forestiers par rapport au terrain indique les directions par lesquelles peuvent arriver des feux de forêt.

La structure des espaces boisés est importante. La continuité horizontale de la végétation facilite la propagation du feu. La continuité verticale des strates de végétation favorise des feux de grande intensité.



© SDIS 06

Les espaces cultivés sont généralement moins propice à la propagation du feu, mais ce n'est pas toujours le cas en période de sécheresse. Il faut aussi tenir compte qu'à long terme, en cas d'abandon de l'activité agricole, ces espaces peuvent être colonisés par de la végétation naturelle.

La végétation proche doit être prise en compte même s'il ne s'agit pas de végétation naturelle. Les haies séparatives sont souvent mises en cause dans la propagation du feu aux bâtiments lorsqu'il y a un sinistre.

En plus d'une propagation horizontale par avancée d'un front de flammes, l'incendie de forêt se propage par « sautes de feu ». Sous l'effet du vent, des brandons sont arrachés à la végétation et transportés devant le front de flammes, souvent à plusieurs dizaines de mètres. Aussi, une construction peut être impactée par un feu de végétation même si celle-ci n'est pas située aux alentours directs de l'incendie.

D. BÂTIMENTS ENVIRONNANTS

Construire dans une zone déjà partiellement urbanisée donne la perspective de considérer les bâtiments alentours comme des écrans et vient renforcer la densité urbaine, ce qui peut diminuer la vulnérabilité au feu de la zone. On peut considérer les bâtiments environnants comme des « écrans » au flux thermique et les espaces de vie alentours comme des « coupures de combustibles » à condition qu'ils soient bien entretenus et ne soient pas particulièrement sensibles par leur nature.

E. ACCÈS POUR L'ACHEMINEMENT DES SECOURS

Les accès déterminent la possibilité ou non pour les pompiers d'intervenir rapidement, de se déployer efficacement et de pouvoir se mettre en sécurité. C'est donc un point déterminant pour la défendabilité de la zone. La question des accès oblige les pompiers à adapter leurs modes d'intervention et à considérer certaines constructions comme difficilement défendables. C'est notamment le cas dans les situations de relief marqué, moins facilement accessibles et plus dangereuses du fait de la propagation du feu dans la pente.

Un référentiel national de défendabilité est en cours de réalisation. L'objectif poursuivi par ces travaux, menés sur la période 2015-2016, est d'identifier et caractériser la défendabilité des interfaces habitat-forêt sur la base de trois critères : hydrants, accès et coupures de combustibles.

Les critères pour qualifier les accès sont la distance à parcourir, les conditions de risque du tronçon à parcourir, les difficultés d'accès (pentes fortes, lacets, etc.), la largeur de la voie, l'existence d'aires de croisement et l'existence d'aires de retournement. L'amélioration de l'accès peut faire partie intégrante d'un projet de construction.

Des dispositions peuvent être précisées ou complétées dans les documents d'urbanisme et les PPRIF de chaque commune. Aussi, il est nécessaire de consulter la réglementation relative au territoire sur lequel se situe la parcelle considérée. Le premier chapitre des « pratiques constructives » donne des précisions sur les aménagements facilitant l'accès des secours.

F. EQUIPEMENTS DE DÉFENSE EXTÉRIEURE CONTRE L'INCENDIE (DECI) : HYDRANTS, RÉSERVES D'EAU

Les zones urbanisées soumises à un risque d'incendie de forêt sont censées être équipées avec des réserves d'eau et des raccords sur lesquels les pompiers peuvent brancher leurs camions afin de disposer de quantités d'eau suffisantes. La présence, la densité et la qualité de ces équipements détermine fortement la défendabilité de la zone.

La mise en place progressive de ces équipements dans l'espace public n'est pas achevée partout. Il est donc nécessaire de se renseigner pour un projet donné.

En plus des équipements publics, certains espaces privés peuvent être équipés d'installations de lutte contre l'incendie (bouches, citernes, points d'eau, poteaux). Ces installations privées, notamment les « Points d'Eau Incendie », doivent respecter certaines prescriptions lors de leur création et il convient

d'effectuer des contrôles réguliers de ces installations. Attention, les piscines ne sont pas considérées comme des réserves d'eau mobilisables.

NE PAS CONFONDRE : DECI ET DFCI

Le second terme désigne la défense de la forêt contre l'incendie. La DFCI comporte ses accès et ses équipements propres, qui ne sont pas destinés à protéger les constructions mais à protéger les espaces boisés. Il faut donc veiller à distinguer les deux types d'équipements lorsqu'on évalue le risque dans une situation géographique donnée. Il existe un référentiel national pour la Défense Extérieure Contre l'Incendie depuis fin 2015 qui sera complété par des règlements départementaux (en cours d'élaboration) à destination des services risques.

G. OÙ SE RENSEIGNER ?

- Des informations pratiques¹, des guides et les arrêtés concernant le risque incendie de forêt sont disponibles en mairies et en préfectures de département.
- En cas de vente ou de location, le propriétaire a l'obligation de fournir un État des risques naturels, miniers et technologiques établi sur la base d'informations mises à disposition par arrêté préfectoral. La référence de cet arrêté est précisée au début de ce document et un dossier communal d'information acquéreur/locataire sur les risques naturels, miniers et technologiques y est annexé. Ce dossier d'information est composé d'extraits cartographiques et d'une fiche synthétique sur les risques pris en compte au niveau de la commune. Ce dossier est consultable en mairie, préfecture, sous-préfecture et sur internet.
- Les Services Départementaux d'Incendie et de Secours sont à même de renseigner sur les risques existants dans une situation donnée.

Pour plus d'informations sur les risques majeurs, dont le risque incendie de forêt, consulter les sites :

- www.prevention-incendie-foret.com,
- www.risquesmajeurs.fr, rubrique « Le risque feux de forêts »,
- les sites des préfectures rubrique « IAL » (information acquéreur locataire) ou encore la plateforme www.prim.net

¹ Se référer à bibliographie complémentaire page 76

1.3. QUE FAIRE EN CAS DE FEU DE FORÊT ?²

SURTOUT NE PAS EVACUER

DONNER L'ALERTE : Appeler le 18 ou le 112 pour signaler un départ de feu, une fumée suspecte ou une saute de feu et indiquer sa présence.

AVANT L'ARRIVÉE DU FEU

NE PAS ÉVACUER

Lorsqu'un feu de forêt approche, une construction robuste et conçue intelligemment constitue la meilleure protection. Le risque, en étant à l'extérieur y compris dans un véhicule, est de se retrouver piégé par les flammes et les fumées. De plus, le fait d'occuper la route peut ralentir l'arrivée des pompiers.

Rien ne garantit que les pompiers puissent être déployés à temps devant chaque construction avant qu'elle ne soit approchée par le feu. Il convient donc d'être autonome : rassembler toutes les personnes (et animaux) dans un même lieu et prévoir que l'électricité pourra être coupée (avoir une lampe torche).

PRÉPARER LA CONSTRUCTION POUR SE CALFEUTRER EFFICACEMENT

L'objectif prioritaire est de mettre la construction en condition de protéger efficacement ses occupants. Pour ce faire, il convient de fermer toutes les ouvertures (portes et fenêtres, bouches de ventilation, trappe de cheminée) et éventuellement de les calfeutrer avec des linges mouillés, pour éviter les appels d'air et l'entrée de fumées. Il est très important de fermer les volets, pour protéger les vitres du rayonnement de chaleur. Enfin, il faut arrêter les systèmes de ventilation électrique (VMC).

SI LE TEMPS LE PERMET, PRÉPARER LES ALENTOURS IMMÉDIATS DE LA CONSTRUCTION

Les bouteilles de gaz stockées en extérieur doivent être fermées, rentrées dans le bâtiment ou bien plongées dans une piscine. Si le temps précédant l'arrivée des flammes est suffisant, il est utile d'éloigner du bâtiment tout objet susceptible de propager le feu à l'habitation (ex : mobilier de jardin, autres équipements combustibles) et d'arroser abondamment les murs, la toiture et les abords du bâtiment à titre préventif. Le tuyau d'arrosage devant resservir après le passage du feu, il est important de le conserver à l'intérieur afin qu'il ne soit pas abîmé par le feu. En cas de besoin, le véhicule peut être déplacé là où il risque moins de prendre feu (dans le garage, derrière la construction, sur une surface adéquate).

PRÉPARER L'INTERVENTION DES POMPIERS

En cas d'incendie de forêt, les forces de lutte contre l'incendie vont concentrer leurs actions sur des zones clés pour stopper la propagation du feu et protéger les personnes. Elles auront parfois besoin de se déployer autour des constructions. Pour cela, il faut ouvrir le portail et dégager le passage pour permettre aux pompiers de se déployer efficacement. Enfin, les mesures listées dans le paragraphe précédent permettent de sécuriser davantage leur intervention.

PENDANT LE PASSAGE DU FEU

L'arrivée du feu est précédée de fumées, de retombées de cendres ou de particules incandescentes. L'arrivée des flammes est quant à elle annoncée par une chaleur extrême et une fumée dense.

NE PAS S'APPROCHER DU FEU

À l'avant du front de feu, les flammes émettent de fortes chaleurs (rayonnement thermique et convection) qui peuvent rapidement

atteindre des valeurs mortelles, même à plus de 15 mètres. Ce flux thermique peut également faire exploser, à distance, des vitrages non protégés.

NE PAS DÉCIDER DE PARTIR AU DERNIER MOMENT

Sauf ordre des pompiers sur place, ne jamais quitter son habitation au dernier moment. La construction est le meilleur abri contre les feux de forêts.

² Plus d'informations dans le guide : *Comment réagir face à un incendie qui menace votre habitation ?* (voir bibliographie page 76).

APRÈS LE PASSAGE DU FEU

LES BONS GESTES JUSTE APRÈS LE PASSAGE DU FEU

Il est conseillé de :

- Vérifier l'état de santé des personnes présentes.
- Signaler sa présence aux secours si ce n'est pas déjà fait
- Éteindre à l'aide d'un tuyau d'arrosage les éléments extérieurs pouvant avoir pris feu.
- Vérifier s'il n'y a pas des parties incandescentes « cachées » où le feu peut couvrir et traiter les foyers résiduels (concentrer ses efforts sur la construction et les foyers les plus proches) pour éviter toute reprise du feu.
- Noyer si nécessaire les souches et zones encore chaudes du jardin.

L'APRÈS INCENDIE : LA QUESTION DE L'ASSURANCE EN CAS DE SINISTRE

Dans un deuxième temps, si le feu a causé des dégâts, il faut alors contacter son assurance et faire des photos des parties touchées.

Le feu de forêt, malgré son caractère exceptionnel, n'est pas considéré comme une catastrophe naturelle. La prise en charge du sinistre relève donc de l'assurance privée.

D'après les informations délivrées par des compagnies d'assurance, c'est la « garantie incendie » du contrat d'assurance qui prend en charge le sinistre. Celle-ci couvre en général les biens mobiliers et immobiliers, les réparations suite à la venue des pompiers, les travaux d'embellissement du logement pour sa remise en état et les objets de valeurs endommagés.

La compagnie d'assurance peut être amenée à effectuer une expertise afin de savoir si le feu s'est propagé en raison d'un mauvais entretien de la propriété, en particulier pour les propriétés soumises à l'obligation légale de débroussaillage, ou s'il a causé des dégâts en raison d'un non-respect de certaines règles de construction. La responsabilité des propriétaires pourra être engagée en cas de négligence avérée.



2. CONNAÎTRE LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

2.1. L'OBLIGATION LÉGALE DE DÉBROUSSAILLEMENT³

A. QU'EST-CE QUE LE DÉBROUSSAILLEMENT ?

Le débroussaillage est défini comme l'ensemble des « opérations dont l'objectif est de diminuer l'intensité et de limiter la propagation des incendies par réduction des combustibles végétaux, en garantissant une rupture de la continuité du couvert végétal et en procédant à l'élagage des sujets maintenus et à l'élimination des rémanents de coupe ».

Les retours d'expérience ont montré que le débroussaillage est la mesure la plus efficace pour protéger les constructions et leurs occupants d'un feu de forêt. Un débroussaillage effectué dans les règles de l'art consiste à créer des discontinuités horizontales et verticales dans le couvert végétal.

Le coût lié au débroussaillage doit être intégré au coût global du projet de construction car le débroussaillage initial doit être effectué dès la phase de travaux, afin de sécuriser le périmètre du chantier et de protéger la construction dès son achèvement.

B. QUE DIT LA RÉGLEMENTATION ?

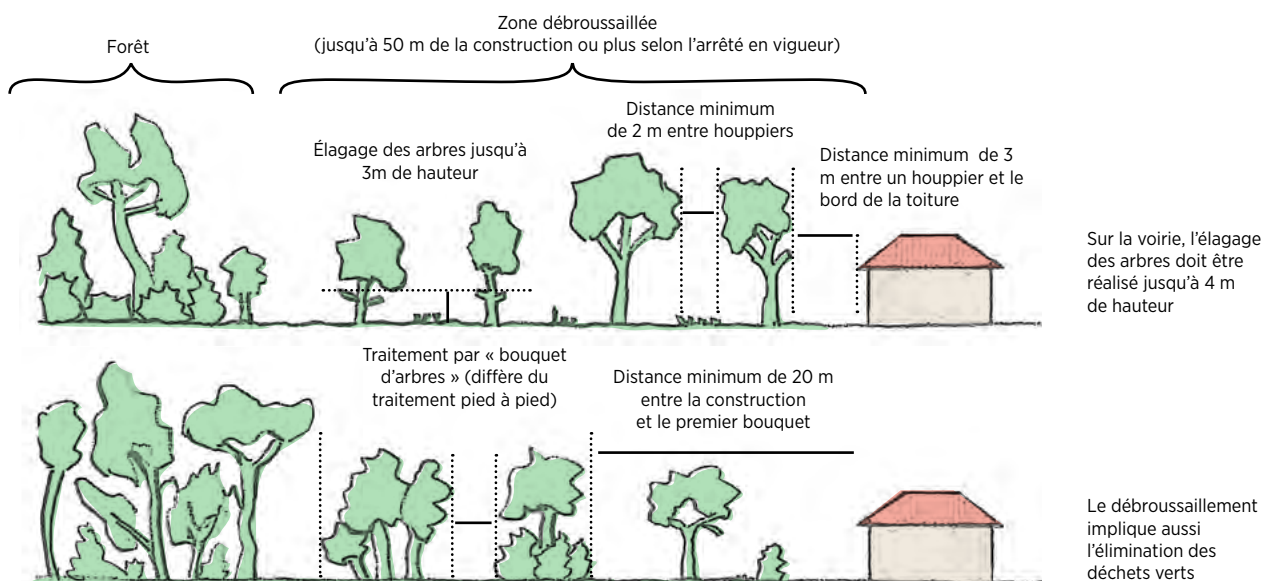
En France, le débroussaillage est une Obligation Légale définie dans le Code Forestier qui fixe un cadre général national, précisé ensuite par des arrêtés préfectoraux pour chaque département. En Provence Alpes Côte d'Azur, tous les départements sont concernés.

Les propriétés soumises à l'obligation légale de débroussaillage (OLD) sont situées dans et aux abords de zones boisées (bois, forêts, landes, maquis, garrigues, plantations et boisements) ou éloignées de moins de 200 m des lisières de ces types de végétation. Le débroussaillage doit notamment être effectué dans un rayon de 50 m autour des constructions (habitation, dépendance, chantier, atelier ou usine) et le long des voies et réseaux, afin d'en garantir la sécurité. En zone non urbaine, le débroussaillage doit également être effectué de façon continue le long des voies privées donnant accès à des constructions sur 10 m de part et d'autre de la voie (art. L321 du code forestier).

RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES :

Code Forestier art. L321-5-3
art. L 131-10 à L.131-18, art. L.134-1,
art. L.134-5 à L.134-18
art. L134-2 et suivants

Principales caractéristiques d'une zone débroussaillée :



³ Plus d'informations dans les différents guides sur le débroussaillage. Voir documentation page 76.

Certaines zones avec obligation de débroussaillage peuvent être étendues ou ajoutées par le Plan de Prévention des Risques Incendies de Forêt. En zone non urbaine, le Maire peut porter cette obligation de débroussaillage à 100 mètres et le représentant de l'État du département jusqu'à 200 mètres de la construction.

L'entretien est de la responsabilité du propriétaire ou de ses ayants droit qui en a également la charge financière. Une amende de classe 4 ou 5, voire une amende de 30 euros/m² non débroussaillé, peut s'appliquer en cas de non-respect de ces obligations.

C. COMMENT DÉBROUSSAILLER SUR UNE PARCELLE APPARTENANT À UN TIERS ?

Les travaux de débroussaillage dans un périmètre de 50 mètres autour d'une construction sont à la charge exclusive du propriétaire de ladite construction, car il lui revient de mettre en protection son propre bâtiment, y compris sur les propriétés voisines qui subissent l'obligation de débroussaillage.

Une procédure est donc prévue pour permettre aux propriétaires d'aller débroussailler chez leurs voisins, qui ne peuvent s'opposer à cette action :

- Le propriétaire de la construction doit demander l'autorisation à son voisin par lettre recommandée avec accusé de réception.
- Si le voisin accepte, le propriétaire peut exécuter les travaux.
- Si le voisin refuse, le propriétaire doit en informer la commune qui saisit le Président du Tribunal d'instance. Une procédure en référé est mise en place et les frais incombent entièrement au voisin ayant refusé.
- Si le voisin est inconnu, le propriétaire doit alors demander l'intervention de la commune pour le rechercher. Si après de multiples démarches il n'a pas été possible de le retrouver, alors la commune peut prendre la responsabilité d'autoriser le débroussaillage ou de faire exécuter d'office les travaux nécessaires. Ces travaux sont à la demande et aux frais du propriétaire du bâti concerné.
- Si le voisin ne répond pas, il convient alors, comme pour le cas où le voisin est inconnu, de saisir la commune.

Faute d'entretenir un terrain non bâti, la commune peut notifier au propriétaire dudit terrain, par arrêté, l'obligation d'exécuter, à ses frais, les travaux de remise en état, après mise en demeure. En cas de danger grave ou imminent, la commune prescrit l'exécution des mesures de sûreté exigées par les circonstances.

D. COMBIEN ÇA COÛTE ?

Un débroussaillage coûte en moyenne 30 euros de l'heure + le coût d'élimination des déchets (obligatoire) + le surcoût pour des prestations particulières comme la taille d'arbres. Ce coût dépend très fortement de la végétation existante et du terrain.

En général, le coût d'un premier débroussaillage peut aller de 2 000 à 5 000 euros/ha car il est souvent long et difficile à réaliser avec des moyens mécanisés. Le coût de l'entretien régulier, à effectuer tous les 2 ou 3 ans, est bien moindre.

Dans les lotissements et copropriétés, les charges sont souvent réparties par tantième à l'ensemble des copropriétaires concernés.

Il est possible, voire conseillé, de réaliser des débroussaillages groupés pour bénéficier de tarifs plus intéressants. Ce regroupement peut se faire entre groupement de riverains, via une ASL (Association Syndicale Libre), via le syndic ou directement en contactant la Mairie. La commune a en effet la possibilité de faire effectuer les travaux par un prestataire ou par ses services. Le coût reste néanmoins à la charge des propriétaires.

Enfin, le sylvo-pastoralisme ou l'installation d'une activité agricole peut permettre cet entretien à moindre coût.



Salle des sports (Commune de Saint-Marc launegarde).
Architectes : Battisti et associés. © EnvirobatBDM

2.2. L'ENCADREMENT RÉGLEMENTAIRE DES CONSTRUCTIONS

Le risque incendie est présent sur l'ensemble des zones boisées du territoire. Afin de protéger les personnes et leurs biens, notamment aux interfaces habitat-forêt, les collectivités territoriales disposent de différents outils qui se superposent et se cumulent.

A. LE CODE DE L'URBANISME

Il invite les autorités compétentes en matière d'aménagement à prendre en compte les risques de toute nature afin de garantir la sécurité et la salubrité publique ainsi que la protection de l'environnement. Particulièrement, les collectivités locales doivent élaborer les documents d'urbanisme (SCOT, PLU, carte communale) en veillant à la bonne prise en compte des risques naturels. Ces documents donnent à l'autorité compétente le pouvoir de faire démolir ou d'interdire certaines constructions et de réserver certains emplacements à des fins de gestion forestière ou de lutte contre les incendies de forêt (élargissement de voie, aires de croisement ou de retournement).

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE:

Code de l'Urbanisme
art. L101-2, art. L422-1
& art. R111

B. LE PLAN LOCAL D'URBANISME

Ce document réglementaire régit la planification de l'occupation du sol au niveau communal. Il récapitule la vocation, à la parcelle, du territoire en le divisant en zones dites « urbaines », « à urbaniser », « agricoles » et « naturelles ». Il précise également certaines restrictions d'usages sous forme de servitudes d'utilité publiques qui lui sont annexées et peut, parfois, disposer d'un chapitre « feu de forêt », rédigé sur la base du Porter à Connaissance adressé à la commune, qui comporte des dispositions constructives applicables aux nouvelles constructions en zone à risque d'incendie de forêt.

C. LE PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES

Réalisé par l'État, il réglemente l'utilisation des sols, en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis, pour réduire la vulnérabilité des zones exposées, améliorer les moyens de protection des constructions existantes et réglementer l'implantation de nouvelles constructions à proximité ou dans les espaces exposés au risque. Cette réglementation va de l'interdiction de

construire à la possibilité de construire sous certaines conditions et est opposable aux autorisations d'urbanisme.

En France, les principaux risques sont les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les séismes et les incendies de forêt. La prise en compte de ce dernier peut se faire :

- soit, lorsque la commune dispose d'un PPRN multirisque, par l'écriture d'un volet spécifique à l'incendie de forêt ;
- soit, lorsque la commune est soumise de manière significative au risque feu de forêt, par élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Incendies de Forêt (PPRIF) qui délimite les zones exposées en fonction de 3 paramètres : aléa, enjeu et défendabilité.

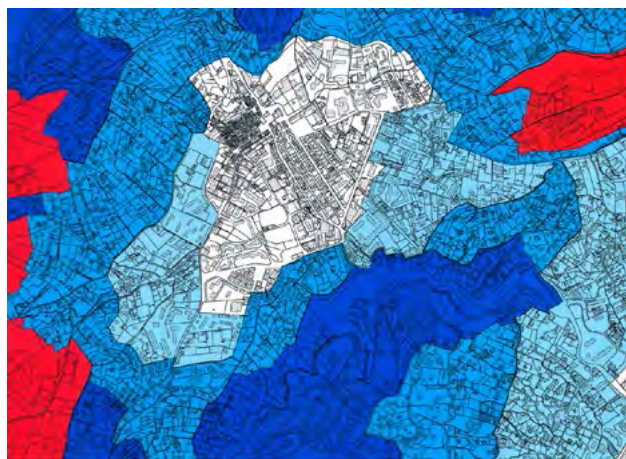
Le PPRIF est composé :

- d'un rapport de présentation décrivant la méthodologie utilisée pour l'élaboration du document, les choix de zonage et les grands principes du règlement ;
- de documents graphiques : carte des enjeux, carte de l'aléa, carte de défendabilité (localisation des équipements de lutte) et carte de zonage réglementaire ;
- d'un règlement qui prévoit, pour chacune des zones, les règles d'utilisation du sol, les mesures d'interdiction ou de prescription pour tout type de construction, d'aménagement ou d'exploitation (y compris forestière et agricole). Le règlement comporte également des prescriptions constructives, sur les biens existants afin de réduire leur vulnérabilité face au risque, pour les zones où s'applique la constructibilité conditionnelle. Le règlement peut également imposer des bandes avec OLD supplémentaires à la charge des propriétaires des parcelles concernées (art. L134-5 du Code Forestier).

Le zonage réglementaire des PPRIF définit 3 types de zones conditionnant la constructibilité :

- **LA ZONE ROUGE : zone d'aléas FORT à TRÈS FORT** – toute nouvelle construction est interdite.
- **LES ZONES BLEUES : zones d'aléa MOYEN à FAIBLE** – constructibles (éventuellement selon conditions) avec des prescriptions techniques.
- La zone non concernée par le risque : zone de risque TRÈS FAIBLE à NUL, non réglementée par le Plan de Prévention des Risques – les règles de constructibilités sont définies par le Plan Local d'Urbanisme.

Les règlements des PPRIF contiennent des prescriptions techniques constructives réglementant les constructions en zone bleue. Le plus souvent, celles-ci rendent obligatoire la construction dite « en dur », ce qui peut amener à exclure, selon l'interprétation que l'on fait de ce terme, des systèmes constructifs en structure bois. D'autres règlements, notamment dans les Alpes Maritimes, interdisent clairement toute construction en bois ou en structure bois dans certaines zones de risques. Enfin, certains règlements établissent des niveaux de performance à atteindre (en résistance au feu et réaction au feu).



Différents degrés de zones bleues sont définis pour exprimer plusieurs niveaux d'exposition à l'aléa. Néanmoins, cette gradation est très rarement traduite par une gradation des prescriptions techniques requises, le paragraphe du règlement de chacune des zones bleues renvoyant à la même annexe.

D. LORS D'UN DÉPÔT DE PERMIS DE CONSTRUIRE

Pour les dépôts de Permis de Construire concernant des constructions situées dans des zones à risques d'incendie de forêt (indépendamment de l'application d'un PPRIF), la Commune peut consulter l'État ou le SDIS au sujet de la vulnérabilité de la construction projetée. Cet avis n'est que consultatif et la décision finale revient à la commune qui peut donc, en connaissance de cause, accorder avec prescriptions ou refuser le permis de construire en argumentant sa décision.

Cette consultation est différente de l'avis demandé à la commission de sécurité réunie pour les Établissements Recevant du Public (ERP) ou les Immeubles de Grande Hauteur (IGH), convoquée pour étudier le risque d'incendie dont l'origine est intérieure au bâtiment (notamment avec les procédures d'évacuation).

E. ANTICIPER LES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

Toutes les zones à risques de feu de forêt ne sont pas couvertes par un Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt. Néanmoins, appliquer de manière préventive des dispositions constructives peut être pertinent, en premier lieu pour garantir la sécurité des personnes en cas d'incendie.

A l'inverse du PLU, qui n'impose pas de mise en conformité de l'existant, un PPRIF peut imposer au propriétaire d'effectuer des mesures correctives sur sa construction, même existante, afin de la mettre en conformité avec le règlement désormais applicable, dans une limite de coût de 10 % de la valeur vénale du bien.

Dans le cadre d'une nouvelle construction située dans une zone à risques, on peut donc prévoir, dès la conception, des adaptations préventives car des choix constructifs pertinents peuvent, outre leur intérêt sur le plan de la sécurité, se révéler intéressants économiquement.

2.3. LA RÉGLEMENTATION DES USAGES

A. L'USAGE DU BARBECUE

L'emploi du feu est réglementé par des arrêtés préfectoraux ou communaux précisant les obligations particulières à respecter, notamment pour les parcelles situées dans un périmètre de 200 mètres à proximité de zones boisées. Les barbecues utilisant de la chaleur, voire du feu pour permettre la cuisson d'aliments sont donc soumis à ces arrêtés, notamment pour les périodes de restriction, voire d'interdiction d'usage (correspondant souvent aux périodes où l'on souhaite s'en servir, l'été).

B. LE BRÛLAGE DES DÉCHETS VERTS

La circulaire du 18/11/2011 relative à l'interdiction du brûlage à l'air libre des déchets verts interdit le brûlage des résidus de végétaux par les particuliers. Les tontes de pelouses, les feuilles mortes ou les produits de la taille sont considérées comme des déchets verts, qui, comme les épluchures ou les autres déchets ménagés sont interdits à l'incinération à l'air libre. Ces déchets verts doivent être envoyés en déchetterie ou être traités par broyage/compostage. Le brûlage des déchets verts est aussi soumis aux arrêtés d'emploi du feu comme aux arrêtés d'obligation Légale de Débroussailler. Il convient donc de prendre connaissance de l'ensemble de ces réglementations.

C. LE BRÛLAGE DES DÉCHETS DE CHANTIER

Il est interdit de brûler des déchets de chantier. Ceux-ci doivent être traités selon les filières appropriées. Outre l'aspect réglementaire, le fait de brûler des déchets lors d'un chantier dans une zone à risque peut provoquer un départ de feu de forêt.

DEUXIÈME PARTIE

LES PRATIQUES CONSTRUCTIVES



L'objectif est de dresser un état de l'art des pratiques constructives pouvant réduire la vulnérabilité des constructions au feu de forêt. Nous proposons 3 chapitres. Leur enchainement correspond globalement aux différentes phases de la conception d'un bâtiment - plan masse, aspects architecturaux et enfin composition des parois - et suit l'idée d'une réponse proportionnée à une échelle de risque croissante :



1

AMÉNAGER LES ALENTOURS PROCHES DU BÂTIMENT - PAGES 22 À 25

Etant donné leur importance décisive, ces mesures concernent toutes les constructions exposées à un risque potentiel.



2

RÉDUIRE LES VULNÉRABILITÉS PAR DES CHOIX CONSTRUCTIFS - PAGES 26 À 46

Les mesures détaillées dans cette partie sont diverses et peuvent être arbitrées en fonction des enjeux afin que les réponses techniques soient proportionnées au niveau de risque.



3

ATTEINDRE DES PERFORMANCES QUALIFIÉES EN RÉSISTANCE ET EN RÉACTION AU FEU - PAGES 47 À 67

Une exposition élevée au risque, en interface directe avec la forêt, peut justifier de recourir à des modes constructifs dont les performances au feu sont qualifiées par les normes incendie.

1. AMÉNAGER LES ALENTOURS PROCHES DU BÂTIMENT

Dans la majorité des cas de sinistres, les enquêtes ont démontré l'implication d'éléments compris dans l'espace proche des constructions. Les mesures prises peuvent donc être déterminantes : leur objectif principal est d'empêcher les flammes de se propager jusqu'au bâtiment. A l'échelle d'un projet de construction, il s'agit des mesures de base de la prévention.

Ce chapitre donne des outils pour protéger la construction en aménageant ses alentours proches. Il est nécessaire d'être conscient que l'aménagement de cet espace fait partie intégrante de l'acte de construire : lorsque qu'on est exposé au risque d'incendie de forêt, les choix de conception du bâtiment sont souvent liés aux choix d'aménagement.



© SDIS 06

Lotissement où le feu s'est propagé par les haies jusqu'à la deuxième rangée de maisons.

1.1. LIMITER LES VECTEURS DE PROPAGATION DU FEU AUTOUR DE LA CONSTRUCTION

Le meilleur moyen d'aménager intelligemment les alentours du bâtiment est d'imaginer des scénarios d'arrivée du feu et de réfléchir aux éléments qu'ils peuvent impliquer.

A. LA VÉGÉTATION

La majorité des bâtiments sinistrés par un feu de forêt sont la conséquence d'une application insuffisante voire inexistante de l'Obligation Légale de Débroussaillage (OLD) ou d'une végétation plantée trop près du bâtiment. En respectant les principes de l'OLD⁴ on supprime les principaux vecteurs de propagation de l'incendie au bâtiment. Ces principes doivent aussi être appliqués à la végétation plantée par l'occupant :

- Distance minimale de 3 mètres entre une branche d'arbre (ou un arbuste) et un point de vulnérabilité du bâtiment (ouverture, élément extérieur combustible, etc.)
- Pas de branches d'arbre en surplomb de la toiture
- Mise à distance entre arbres et arbustes dans les alentours du bâtiment : traitement pied à pied ou par bouquet.

Il est à signaler que l'impact de la végétation plantée aux abords des constructions sur la vulnérabilité de l'interface habitat-forêt fait actuellement l'objet de recherches⁵.

• Les haies

Les haies sont souvent utilisées pour limiter un terrain construit : en cela, elles font partie intégrante des projets de construction. Lorsqu'elles servent à séparer deux propriétés elles sont qualifiées de séparatives et sont censées être à la charge des deux propriétaires. Ces haies séparatives sont considérées comme l'un des principaux vecteurs de propagation du feu. En formant une bande linéaire combustible, elles constituent une sorte de « mèche » qui peut rapidement propager le feu d'un bout à l'autre de la haie. Pour limiter cet effet, les mesures suivantes peuvent être adoptées :

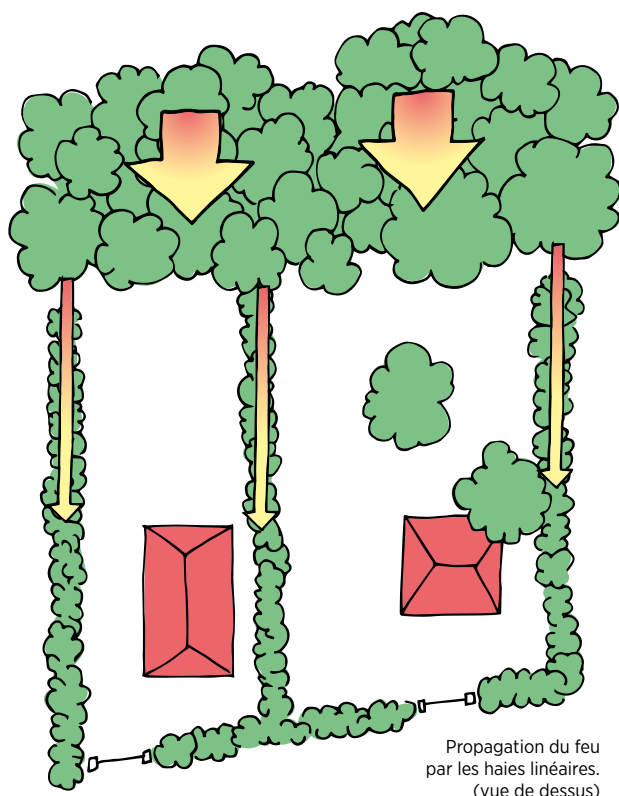
- Créer des coupures de végétation afin d'interrompre la propagation du feu, avec un espace vide de 2 mètres tous les 6 mètres.
- Utiliser des essences peu inflammables, avec une faible proportion de matière végétale morte. Parmi les essences les plus dangereuses on trouve notamment le cyprès, le thuya, les bambous et le mimosa⁶ : elles sont pourtant employées couramment en région méditerranéenne.

⁵ Programme de recherche mené par IRSTEA.

⁶ Le guide Sensibilité des haies face aux incendies de forêt sous climat méditerranéen (voir bibliographie page 76) présente la sensibilité au feu des principales essences utilisées en haie séparative.

⁴ Voir page 14.

- Alternier les essences notamment en incluant des espèces feuillues à feuilles caduques. Cela a pour effet de ralentir la progression du feu. Les haies monospécifiques ont une réaction homogène à la sécheresse : en été, le risque de dessiccation voire de mortalité de l'ensemble de la haie est accru. En revanche, les haies variées permettent une complémentarité des plantes résistantes à la sécheresse (mais souvent assez inflammables) avec des plantes adaptées à des conditions plus fraîches (et moins inflammables).



• Les plantes grimpantes

Ces végétaux agrémentent l'espace autour d'une construction et améliorent le confort des espaces de vie extérieurs en été. Leur proximité avec la construction en fait un vecteur de propagation potentiel.

En contenant leur développement par des tailles régulières, on peut limiter la masse combustible. L'idéal est d'avoir des plantes dont l'essentiel de la biomasse est constitué de pousses de l'année, qui contiennent beaucoup plus d'eau que les parties ligneuses.

Enfin, il faut chercher à les éloigner de tout point de vulnérabilité de la construction (ouverture, débord de toiture, etc.) par exemple en les réservant à des façades pleines et en les limitant en hauteur.

B. LES RÉSERVES DE COMBUSTIBLE

• La réserve de bois de chauffage

Elle doit être placée le plus loin possible du bâtiment. En situation de feu de forêt elle peut en effet se transformer en véritable bûcher capable de brûler pendant des heures, même avec une intervention des pompiers. La construction d'un abri avec une cloison barrant la propagation des flammes (situé du côté du sens présumé de propagation du feu) peut limiter le risque de départ de feu dans la réserve.

Les règlements de PPRIF fixent une distance minimale de 10 m entre une réserve de bois de chauffage et une construction.

• Les citernes de gaz ou de fioul

Outre leur rôle de vecteur de propagation potentiel, elles constituent un risque d'explosion pouvant menacer les pompiers intervenant autour de la construction. Aussi en plus d'une distance suffisante au bâtiment, les citernes de combustible liquide nécessitent des mesures protectrices particulières :

- Réserver un périmètre de plusieurs mètres de large exempt de toute végétation et de tout matériau combustible autour d'elles.
- Les enterrer ou bien construire un abri en maçonnerie autour d'elles, celui-ci devant dépasser d'au moins 50 cm le niveau de la soupape. L'accès à la citerne doit pouvoir être fermé et doit être situé du côté opposé au sens présumé de propagation du feu. La disposition de l'abri en maçonnerie concerne également les bouteilles de gaz stockées en extérieur.

C. LE VÉHICULE

Un véhicule garé contre un bâtiment peut, en s'enflammant, l'impacter très fortement. La propagation du feu à un véhicule se fait principalement par les pneumatiques. En extérieur, il faut donc éviter de stationner sur les zones herbeuses, où la strate herbacée peut propager les flammes aux pneus. Une zone empierrée peut donc être prévue pour l'emplacement du véhicule. Cette mesure permet également de se prémunir contre un départ de feu causé par le véhicule : un pot catalytique très chaud peut en effet enflammer l'herbe sèche à son contact.

D. TENIR COMPTE DU RISQUE DE FEU DE FORÊT DANS L'ESPACE DE VIE EXTÉRIEUR

L'existence du risque a conduit à réglementer les usages en extérieur⁷. En plus des points abordés par la réglementation, certains points méritent une vigilance renforcée, que ce soit à cause de leur rôle de vecteur de propagation du feu ou à cause du risque d'un départ de feu :

Conception et usage du barbecue : ils doivent être solidaires d'un mur en maçonnerie et comporter une cape. Un conduit doit être équipé d'une grille pour éviter la projection de brandons. Une arrivée d'eau proche est nécessaire. Enfin, s'agissant des barbecues à gaz, il est vrai que les flammes sont maîtrisées et qu'ils ne produisent pas de brandons, mais le fait d'avoir des bouteilles de gaz stockées en extérieur aggrave les risques autour de la construction.

Travaux courants : les travaux réalisés en extérieur peuvent provoquer des étincelles ou des échauffements. La période de travaux et l'environnement dans lequel ils sont effectués doivent dans certains cas inciter à la prudence. Nous rappelons en outre qu'il est interdit et très dangereux de brûler les déchets de chantier.

Accumulations et stockages divers : toutes les matières combustibles stockées ou accumulées sont des vecteurs de propagation potentiels. Des rangements adéquats, loin des zones vulnérables du bâtiment, peuvent être imaginés. L'idéal est de s'en débarrasser régulièrement.

Mobilier de jardin en bois ou en plastique : ils sont capables de s'enflammer et de propager le feu lors d'un incendie de forêt. Les occupants doivent donc pouvoir les éloigner du bâtiment ou les ranger rapidement, grâce aux accès pratiques prévus.



© EnvirobatBOM

1.2. AMÉNAGER L'ESPACE POUR PERMETTRE L'INTERVENTION DES SERVICES DE SECOURS

Lorsqu'un feu de forêt approche une zone urbanisée, les pompiers sont déployés aux abords des constructions, souvent même lorsque celles-ci sont inoccupées. Une intervention efficace et en sécurité dépend des caractéristiques de l'espace autour de la construction.

Un certain nombre d'éléments concernant la voirie - qui peut concerner la voirie privée - se trouve dans les documents d'urbanisme et les PPRIF. En outre, l'aménagement de l'espace peut être élaboré en consultant préalablement le SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) pour chaque projet exposé directement au risque d'incendie de forêt, sur lequel les pompiers pourraient être amenés à se déployer. En effet, il n'existe pas de « plan type » : seuls les services opérationnels sont en mesure de déterminer la meilleure disposition en fonction des caractéristiques locales et du mode opératoire envisagé.

Le paragraphe ci-dessous donne les grandes lignes et expose différentes options de dispositions d'aménagement de l'espace permettant l'intervention des services de secours.

• Dimensions des véhicules de secours

Les camions citernes mesurent en général 2,5 mètres de large pour 7 mètres de long et un véhicule léger tout terrain 2 mètres de large pour 5 mètres de long.

• Voirie privée

Les voiries privées doivent permettre l'accès et l'évacuation des véhicules et du matériel de lutte contre l'incendie. Leur largeur doit être suffisante pour le passage des camions citernes. Lorsque cette voirie dessert plusieurs habitations, il peut être nécessaire de prévoir une largeur suffisante ou des aires de croisement pour que les véhicules se croisent. Une aire de retournement est systématiquement à prévoir car les véhicules de secours ne doivent pas repartir en marche arrière.

⁷ Voir page 39.

• Portails

Si le relief le permet, la largeur adéquate d'un portail pour le passage des véhicules est de 4 mètres. Il peut être demandé de réserver un espace profond de 4 mètres devant le portail. Cet espace permet à un véhicule en train d'entrer dans la propriété de se dégager de la voirie principale avant que le conducteur ne sorte ouvrir le portail. Ce détail peut permettre de faire gagner de précieuses secondes aux véhicules de lutte empruntant la voirie principale.

Un portail collectif à l'entrée d'un lotissement ou d'une copropriété privée doit être muni d'un système de déverrouillage « pompier ».

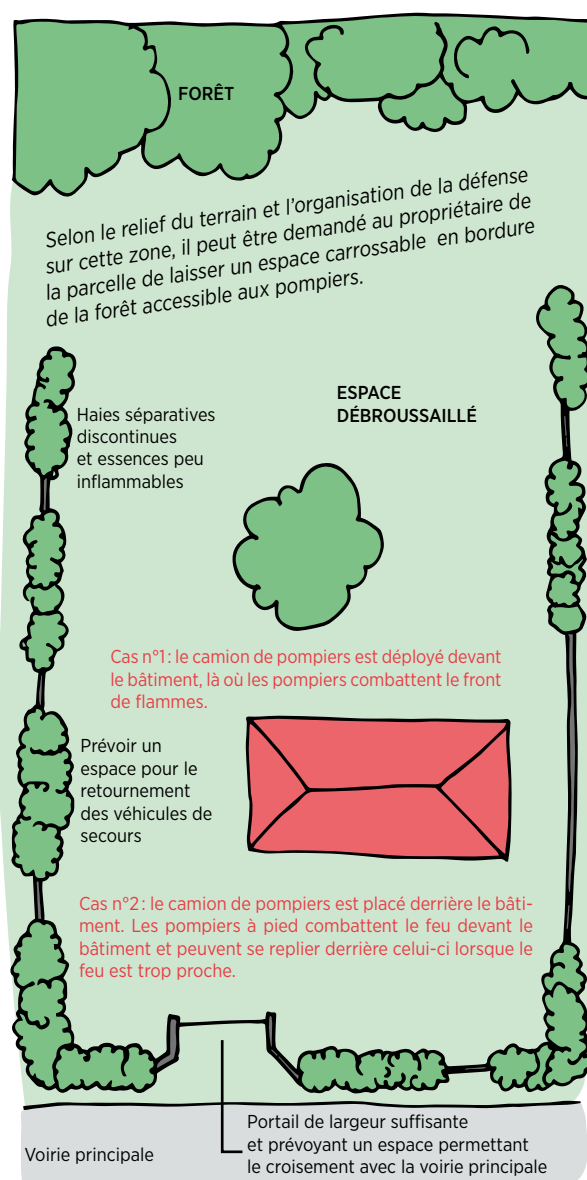
• Espace carrossable sur la parcelle

L'organisation de la lutte dépend du mode opératoire utilisé par les pompiers. Les véhicules peuvent être déployés entre le bâtiment et la forêt ou bien derrière le bâtiment. Il peut donc être nécessaire de réserver une aire carrossable dans l'espace approprié, sans oublier de prévoir le retournement des véhicules.

Lorsque le relief le permet et que l'organisation des secours le prévoit, il est parfois demandé aux propriétaires des terrains de réserver une bande carrossable accessible aux pompiers le long de la forêt.

• Équipements

Si le nombre ou le débit des hydrants est insuffisant pour défendre une nouvelle construction, le projet peut être conditionné à la mise en place d'équipements privés : citernes, bassins et raccords. Une piscine n'est pas comptabilisée comme un équipement de défense.



Toutes les dispositions décrites ci-dessus doivent être expliquées de manière pédagogique aux propriétaires, qui doivent eux-mêmes les expliquer à leurs locataires éventuels, de manière à ce que chaque habitant d'une zone de risque d'incendie de forêt prenne conscience de la réalité du danger

et s'en préserve.

Il convient de faire en sorte que ces dispositions ne soient pas considérées comme des contraintes administratives mais comme les conditions indispensables pour assurer le mieux possible la sécurité des habitants et l'efficacité des pompiers.

2. RÉDUIRE LES VULNÉRABILITÉS PAR DES CHOIX CONSTRUCTIFS

Les retours d'expérience d'incendies de forêt ont montré que tous les types constructifs possèdent des vulnérabilités à un feu venant de l'extérieur. Le danger intervient en premier lieu par les points faibles de la construction, bien avant qu'il soit question de l'intégrité de la structure du bâtiment. L'exemple de l'Australie, forte de dizaines d'années de recherche sur le sujet, a montré que les mesures de protection les plus efficaces correspondent à des détails constructifs du bâtiment et qu'il est possible de construire des bâtiments résistants au feu mettant en œuvre du bois et/ou des matériaux biosourcés combustibles.

Ce chapitre a pour objectif de dresser un inventaire de choix constructifs et de discuter de leur pertinence et de leur capacité à traiter les vulnérabilités ou réduire la sensibilité d'un bâtiment à un feu venant de l'extérieur. Il apparaît que parmi les techniques efficaces, beaucoup correspondent à des pratiques courantes de construction. Ainsi renforcer une construction vis-à-vis du feu de forêt n'est pas nécessairement synonyme de complexité ou de surcoût.

Bien qu'aucun élément extérieur ne le laisse paraître cette construction est bien en structure bois



Architectes : R+4

2.1. GÉNÉRALITÉS CONCERNANT LE BÂTIMENT

A. L'IMPACT DE LA FORME ET DE L'ORIENTATION

- **L'orientation des parois :**

- **Distinguer les parois les plus exposées**

Les éléments de l'environnement entourant la construction peuvent indiquer la direction par laquelle pourrait arriver un feu de forêt par la combinaison du sens des vents dominants, de la pente, de l'orientation du massif forestier et de la végétation proche (voir partie 1). Ce scénario potentiel d'arrivée du feu permet d'identifier les parois les plus exposées et d'effectuer des choix visant à réduire les vulnérabilités sur ces parois : réduction du nombre d'ouvertures, choix des matériaux extérieurs, etc.

- **Éléments en surplomb :**

- **Sensibles aux flammes venant d'en dessous**

L'exposition aux flammes de la face inférieure des éléments en surplomb (auvents, pergolas, marquises, débords de toiture, terrasses, etc.) est plus importante, car le feu peut se développer en dessous et les flammes s'élever jusqu'à ces éléments.

- **Hauteur des bâtiments :**

- **Attention à la propagation verticale du feu**

Il est important de considérer la dimension verticale de la propagation du feu. Une fois que le feu se développe en pied de façade, les flammes peuvent se propager le long de celle-ci.

- **Replats, angles rentrants, recoins et interstices :**

- **Propices au dépôt de brandons**

Les particules enflammées – ou brandons – transportées par le vent s'accumulent de façon naturelle sur les parties horizontales du bâtiment, notamment celles situées en pied d'éléments verticaux (par exemple les appuis de fenêtres ou les seuils de portes) ou plus encore dans les angles rentrants des façades du bâtiment ou autres recoins.

En outre, les brandons se logent facilement dans les interstices de quelques millimètres et peuvent enflammer les matériaux combustibles à leur contact.

ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE ET RISQUE DE FEU DE FORÊT

Les constructions bioclimatiques adaptées au climat méditerranéen sont en général orientées nord-sud. En face nord, elles disposent d'un nombre limité d'ouvertures et d'une isolation renforcée. On y place parfois un espace « tampon », tel qu'un garage. Les faces ouest et sud comprennent de grandes ouvertures ce qui permet de bénéficier des apports solaires (chaleur en hiver et lumière). Elles sont complétées par des protections solaires (débords de toitures, brise-soleil, volets), pour garder la fraîcheur en été.

Certains éléments de l'architecture bioclimatique interagissent avec la question de la protection au feu. Par exemple, la conception d'une façade nord, impactée par le mistral, peut intégrer des éléments favorisant la performance thermique tout comme la protection contre un feu venant de cette direction. D'autres éléments – comme les éléments en surplomb – peuvent constituer une vulnérabilité supplémentaire. L'important est d'en avoir conscience, de manière à apporter les réponses adéquates sans renoncer au bioclimatisme qui permet de réaliser d'importantes économies d'énergie.

B. ADAPTER LES EXIGENCES SUR LES MATÉRIAUX EXTÉRIEURS À LEUR FONCTION ET À LEUR LOCALISATION

Les éléments mis en œuvre à l'extérieur d'une construction sont susceptibles d'être dégradés par un feu de forêt. Les conséquences, qui dépendent du comportement au feu du matériau de l'élément, peuvent être de deux ordres :

- La perte de leur intégrité qui peut mettre en danger la construction et ses occupants s'il s'agit d'un élément jouant un rôle dans la protection.
- L'apparition de dangers supplémentaires, notamment la production localisée de flammes qui peut participer à propager le feu à la construction.

La « réaction au feu » définie par la réglementation qualifie la contribution d'un produit à la propagation du feu lorsque ce matériau est soumis à l'action du feu. Une présentation plus complète de cette notion est faite en page 52. Pour évaluer les dangers associés à l'exposition des matériaux au feu de forêt, la notion de réaction au feu n'apporte pas forcément toutes les réponses. La réflexion doit intégrer des connaissances plus globales de comportement au feu des matériaux.

COMPORTEMENT AU FEU DE MATÉRIAUX MIS EN ŒUVRE EN EXTÉRIEUR ET ENJEUX ASSOCIÉS

MATÉRIAUX D'ORIGINE MINÉRALE À BASE DE PIERRE, TERRE CRUE, TERRE CUITE, CHAUX, CIMENT, BÉTON, PLÂTRE, ETC. :

ces matériaux sont incombustibles et résistent efficacement dans les conditions d'un feu de forêt.

→ Ils ne nécessitent donc pas de mesures protectrices.

LES MÉTAUX : Les métaux ne sont pas combustibles mais se déforment sous l'action de la chaleur et perdent leur portance selon leurs caractéristiques. Les éléments métalliques peuvent perdre plus rapidement leur intégrité que les éléments en bois lorsqu'ils sont sollicités par le feu et cela survient de manière imprévisible. Les températures de fusion du zinc (420 °C) ou de l'aluminium (660 °C) sont beaucoup plus basses que celles du fer ou de l'acier (environ 1500 °C). Enfin, les métaux conduisent efficacement la chaleur.

→ Il existe peu de retours d'expérience d'incendies de forêt mettant en cause la vulnérabilité des éléments métalliques des constructions. Néanmoins, leur comportement au feu incite à la prudence quant à leur usage en structure légère, a fortiori si celle-ci est apparente en extérieur. On peut s'interroger sur la robustesse de certaines fixations métalliques, notamment en aluminium, d'éléments intervenant dans la protection (comme les volets).

LES MATIÈRES PLASTIQUES : Les matières plastiques sont combustibles. Elles produisent des flammes (parfois des gouttelettes enflammées) et des fumées toxiques. En outre, les matières plastiques perdent toute résistance mécanique lorsqu'elles montent en température (beaucoup plus vite que les métaux et le bois) et peuvent se déformer ou se rompre brusquement. Elles sont fusibles. Les éléments en plastique peuvent rester soudés une fois refroidis.

→ La mise en œuvre de matières plastiques en extérieur est donc potentiellement dangereuse. Tout élément en plastique censé participer à une fonction de protection (volet, fixation, menuiserie, etc.) ne peut pas assurer sa fonction de façon sûre. Les pompiers recommandent généralement de proscrire les éléments en PVC, en polystyrène ou en polyuréthane.

LE VERRE : Sous l'action du feu, le verre éclate. Toute fermeture vitrée est donc une vulnérabilité potentielle.

→ L'enjeu principal est généralement d'occulter efficacement les parties vitrées en cas de feu de forêt.

LE BOIS : Le comportement d'un bois sollicité par la chaleur du feu est analogue au comportement de la végétation (décrit en introduction, page 8). Il y a d'abord une phase précédant

l'inflammation consistant en évaporation de l'eau, suivie d'une production de gaz de pyrolyse. Une fois enflammé, le bois se consume en produisant des flammes, lesquelles deviennent alors la principale source de danger. Les éléments en bois gardent des propriétés mécaniques et isolantes tant qu'ils ne sont pas totalement consumés. Il est possible de déterminer la résistance au feu des structures en bois par le calcul, en fonction de la section des pièces de charpente. Le bois ne se dilate pas sous l'effet de la chaleur : en cas d'incendie il ne sollicite pas davantage les assemblages, contrairement aux structures métalliques.

→ L'enjeu principal est que les éléments extérieurs en bois soient dissociés des matériaux combustibles (bois, biosourcés ou autre) mis en œuvre dans l'épaisseur de l'enveloppe afin de prévenir tout risque de propagation du feu à l'intérieur du bâtiment. Selon la localisation des éléments extérieurs en bois, il peut être très pertinent de réduire leur inflammabilité, ce qui est possible par des dispositions simples (voir encadré page suivante).

Schéma d'un bois en combustion : (CSTB)

Quelques données :

Début de pyrolyse du bois :

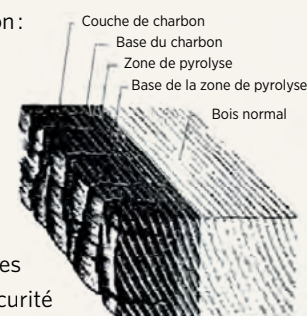
entre 150 °C et 200 °C

Début d'inflammation :

à partir de 300 °C

Vitesse de combustion dans les conditions de référence de la sécurité incendie : 0,6 et 0,8 mm d'épaisseur/min,

une épaisseur de 5 cm de bois met donc plus d'une heure à se consumer entièrement.



ET LES ISOLANTS BIOSOURCÉS ?

Les isolants biosourcés comprennent par exemple les laines, ouates et fibres de bois, coton, chanvre, cellulose, carton et lin, la laine de mouton, les blocs de paille, la balle de riz et le liège. En tant qu'isolants ils ne sont pas mis en œuvre directement en extérieur : ils sont en effet situés sous un revêtement. Dans les conditions d'un incendie de forêt, ils ne sont donc pas impactés directement par les flammes.

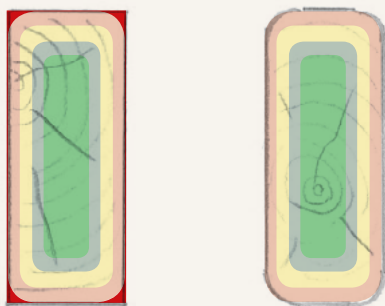
Si la chaleur du feu parvient à s'y propager, on risque d'atteindre un état de « pyrolyse active » pouvant initier un feu couvant dans l'épaisseur de l'enveloppe. En dehors de ce risque de pyrolyse, des essais récents⁸ ont montré un bon comportement au feu de ces isolants dans des configurations classiques de parois, notamment parce qu'ils conservent leur pouvoir isolant en situation de feu contrairement à la laine de verre qui se désagrège.

⁸ Essais sur maquettes réalisés dans le cadre du plan bois. Le rapport Étude du comportement au feu de parois et planchers constitués de structures bois est disponible sur le site internet du CODIFAB.

BOIS EXPOSÉS AU FEU : COMMENT RÉDUIRE LEUR INFLAMMABILITÉ ?

PROFILS ARRONDIS OU CHANFREINÉS

Sur une pièce de bois, un rapport surface sur volume élevé est favorable à une inflammation rapide. En effet, plus la surface est importante plus les transferts de chaleur sont importants. Ainsi sur une pièce de bois, les parties saillantes sont les plus sollicitées par le feu et subissent l'inflammation en premier.



Arrondir ou chanfreiner les angles et choisir des profils présentant le moins possible d'angles aigus permet de diminuer significativement l'inflammabilité des bois exposés.

CONTINUITÉ ENTRE ÉLÉMENTS

Assembler les éléments en bois de manière à constituer un plan continu est la meilleure façon de réduire la surface exposée au feu. Par exemple, un bardage à claire voie est beaucoup plus inflammable qu'un bardage assemblé par emboîtement (rainure et languette) car le feu peut solliciter les quatre faces à la fois au lieu d'une seule. Il faut également veiller à éviter les petits interstices dans lesquels peuvent se loger les brandons.



ETAT DE SURFACE LISSE

Un état de surface rugueux rend le bois plus inflammable qu'un état de surface lisse. Aussi les bois rabotés s'enflamment moins rapidement que les bois bruts de sciage.

SECTION DES BOIS FORTE

Plus la section d'un bois est importante, plus son inflammation est retardée, à cause du temps de montée en température. Cela s'observe lorsqu'on jette un fagot et une bûche dans un feu : le fagot prend feu beaucoup plus rapidement que la bûche.

APPLICATION D'UN TRAITEMENT D'IGNIFUGATION

Il existe différentes technologies d'ignifugation des bois en adéquation à leur environnement de mise en œuvre.

Pour des bois en extérieur, l'ignifugation peut être réalisée par une technique particulière d'imprégnation en autoclave vide-pression d'une résine qui polymérise dans le bois suite à un séchage à haute température. Selon son fabricant cette technique permet de conserver la performance sans entretien supplémentaire.

D'autres systèmes d'ignifugation sont réalisés à base de sel de bore mais utilisés préférentiellement en intérieur car le sel de bore est lessivable. Pour les utiliser en extérieur, il est indispensable d'appliquer une lasure et de l'entretenir.

ESSENCE DE BOIS

L'essence des bois influence son inflammabilité. Cela est principalement lié aux facteurs de densité du bois et à la présence de poches de résine. Il est difficile de hiérarchiser les caractères d'influence. Le mélèze se comporte mieux que les autres essences résineuses.

BOIS IMPRÉGNÉS D'UN PRODUIT DE PRÉSERVATION

Pour l'emploi de bois en extérieur (classe d'emploi 3 ou 4), il est nécessaire selon les essences de réaliser un traitement de préservation afin de conférer au bois une durabilité aux agents de dégradation biologique (champignons, insectes lignivores...). Le traitement le plus courant est l'imprégnation par autoclave sous vide et sous pression d'un produit de préservation à base de sels de cuivre. Cette technologie ne modifie pas l'inflammabilité du bois.

BOIS PEINTS OU LASURÉS

L'application d'une finition peut modifier le comportement d'inflammabilité du bois. Il faut s'assurer auprès du fabricant de la finition que le produit n'influence pas la réactivité au feu du bois (produit dit « non déclassant au regard de la réactivité au feu »). Ceci étant vérifié, il est alors important que la couche déposée ne dépasse pas un certain grammage (environ 400 gr/m²).

Plus d'informations sur les bardages bois en page 42.

C. PENSER LA VIE FUTURE DU BÂTIMENT

• Limiter les stockages de matière combustible dans les endroits sensibles

Certaines parties situées à l'extérieur du bâtiment peuvent se transformer en lieux de stockage non prévus. Ce risque concerne notamment toutes les zones abritées (sous plancher, sous débord, etc.) et parfois cachées, souvent à l'écart des espaces de vie en extérieur.

Dans son travail de conception, l'architecte peut restreindre l'accès à certains endroits de manière à y rendre le stockage impossible ou très peu pratique sous les terrasses par exemple. Il peut aussi chercher à associer l'ensemble du pourtour du bâtiment à l'espace de vie extérieur, ce qui incitera les occupants à ne pas y établir de stocks peu esthétiques. Enfin, il prévoira dans le plan du bâtiment les espaces nécessaires au rangement dans des situations non problématiques, à l'intérieur ou clairement séparées du bâtiment.

• Favoriser l'entretien du bâtiment

Les feuilles, aiguilles ou herbes mortes qui se logent contre le bâtiment doivent être enlevées au moins une fois par an. Moins il y a d'espaces dans lesquels cette litière végétale peut rester coincée, moins le travail sera fastidieux.

En outre, toutes les zones nécessitant un entretien doivent être accessibles. C'est notamment le cas des toitures et des gouttières.

• Anticiper une situation de feu de forêt

Lorsqu'un feu approche, la priorité première est d'occulter efficacement les parties vitrées, qui sont les principaux points faibles de l'enveloppe. Il doit donc être possible pour une seule personne d'effectuer cette opération en quelques minutes. Cela implique :

- un accès facile à l'ensemble des ouvertures nécessitant d'être occultées,
- un nombre limité d'ouvertures à occulter,
- des opérations simples pour occulter ces ouvertures.

Pour des bâtiments de grande taille, comprenant plusieurs logements ou des locaux professionnels d'une grande surface, une situation d'incendie de forêt peut être problématique si le bâtiment est exposé à un niveau d'aléa fort. Par exemple, on peut tout à fait imaginer que certaines vulnérabilités ne puissent pas être occultées le moment venu : cela peut d'autant plus arriver qu'en été, de tels bâtiments sont souvent en partie inoccupés. C'est le cas des établissements scolaires, par exemple. À l'inverse, une occupation importante des bâtiments peut aussi être problématique. Si, en plus, ces bâtiments de grande taille mettent en œuvre une grande quantité de matériaux combustibles, il s'agit d'être particulièrement vigilant et de prévoir un schéma d'intervention adapté qui peut s'appuyer des équipements spécifiques.

Un grand bâtiment composé principalement de matériaux bois et biosourcés peut ainsi requérir une réserve d'eau importante pour leur extinction dans le cas où le feu s'est propagé au bâtiment. D'autres équipements, tels que des asperseurs extérieurs ou des murs d'eau peuvent apporter une protection supplémentaire.

La mise en place du schéma d'intervention et la conception des équipements concourant à l'amélioration de la sécurité vis-à-vis d'une situation de feu de forêt doit se faire en concertation avec les pompiers.

D. TENIR COMPTE DU RISQUE DANS L'ORGANISATION DU CHANTIER

Durant la période de chantier, un bâtiment est particulièrement vulnérable. Les matériaux entreposés ou partiellement mis en œuvre sont alors directement exposés et peuvent prendre feu très facilement s'ils sont combustibles. Le risque accru en période de chantier peut justifier un certain nombre de mesures liées à l'organisation de ce chantier. On peut citer par exemple :

- Un débroussaillage effectué avant le démarrage du chantier.
- Dès le démarrage, un aménagement du terrain permettant l'intervention des forces de secours.
- S'ils sont prévus dans le projet, des équipements de défense (réserve d'eau, hydrants, asperseurs, etc.) opérationnels le plus tôt possible dans le chantier.
- Si c'est possible, un calendrier de réalisation prenant en compte les périodes de plus haut risque.
- L'utilisation de la préfabrication en atelier (ce qui est adapté aux constructions bois) afin de réduire le temps de levage du bâtiment et d'éviter le stockage sur chantier de matériaux sensibles comme les isolants.
- Une gestion adaptée des déchets sur le chantier (évacuation fréquente, mise à distance) en période de risque élevé.

2.2. LES OUVERTURES

Les ouvertures, en particulier les ouvertures vitrées, ont été identifiées comme la principale vulnérabilité des bâtiments en situation de feu de forêt. Dans les retours d'expérience réalisés après les incendies, l'origine des sinistres a souvent été attribuée à l'entrée du feu par une fenêtre, soit parce que celle-ci est restée ouverte, soit parce que le vitrage n'était pas protégé et a éclaté, soit parce que l'occultation du vitrage s'est révélée inadaptée et inefficace. Une fois l'ouverture béante, cela crée un appel d'air. Les occupants risquent alors d'être exposés à un flux thermique élevé. En outre, les brandons peuvent entrer et initier un feu à l'intérieur en enflammant des éléments du mobilier.

En résumé, pour réduire la sensibilité des ouvertures, les trois principales recommandations sont :

- Choisir des fenêtres conformes à la réglementation thermique actuelle, car elles comportent un double vitrage (ce qui assure une protection minimale) et sont étanches à l'air.
- Mettre en place une occultation efficace des vitrages.
- Renoncer à l'utilisation de menuiseries standards en PVC⁹.

A. OCCULTER EFFICACEMENT LES PARTIES VITRÉES

La mise en place d'une occultation efficace des vitrages est la solution protectrice la plus pertinente dans la majorité des cas. Lorsqu'elle est en situation occultée, l'ouverture vitrée doit empêcher le passage des flammes et des gaz chauds et toxiques pendant au moins une demi-heure (E 30).

L'objectif de l'occultation est d'éviter que le vitrage ne soit exposé trop fortement au flux thermique maximal (lors du passage du front de l'incendie de forêt) et d'empêcher un contact direct de la menuiserie avec d'éventuelles flammes proches. Les volets utilisés comme occultation sont plus efficaces s'ils sont constitués d'une surface continue donc sans persiennes.

L'occultation doit être composée d'un matériau ayant une tenue mécanique en situation d'exposition au feu. Aussi, les volets en bois pleins sont recommandés pour constituer l'occultation des vitrages. Les volets en PVC ne peuvent pas assurer cette fonction, car ce matériau fond très rapidement sous l'effet de la chaleur.

COMPORTEMENT DES VITRAGES AU FEU DE FORÊT

Un vitrage subissant un choc thermique peut éclater brutalement.

Les doubles ou triple vitrages : Respecter la réglementation thermique en vigueur en utilisant un double vitrage (ou un triple) plutôt qu'un simple vitrage est déjà une mesure protectrice en soi.

Les vitrages antichocs en verre feuilleté ou trempé : Ces types de vitrages ne sont pas conçus pour une protection contre le feu. Néanmoins, les verres feuilletés sont réputés être plus protecteurs que des vitrages standards. Le verre trempé est réputé avoir une meilleure résistance à la chaleur et en cas d'éclat, les morceaux de verre sont non coupants.

Les vitrages résistants au feu : Il existe des vitrages pare-flammes¹⁰ voire coupe-feu¹¹. La plupart des vitrages résistants au feu sont des vitrages feuilletés avec une couche de matière intumescente transparente emprisonnée entre deux couches de verre. Même si le verre extérieur est brisé par la chaleur, la face non exposée reste protégée par la couche isolante.

• Caractéristiques des volets en bois plein

Les volets en bois plein sont bien adaptés pour protéger les vitrages car ils sont stables au feu et que le bois a des propriétés isolantes en situation d'incendie. Le bois est un matériau combustible, mais il est possible de réduire significativement son inflammabilité. En outre, un volet brûlé n'est pas un dégât majeur en soi et un feu de volet peut être rapidement éteint, y compris par les habitants, une fois que le front de flammes est passé et que la situation extérieure devient tenable. Aussi, le volet en bois plein peut être recommandé même dans des situations d'exposition directe avec le front du feu.

Les techniques permettant de diminuer l'inflammabilité des bois exposés au feu¹² sont applicables aux volets en bois. Réaliser les choix suivants peut améliorer l'efficacité du volet face à l'incendie :

- Des volets constitués d'un matériau plein et continu (sans persiennes)
- Une épaisseur minimale de 22 mm est requise (ce qui correspond à des produits standards), une épaisseur de 27 mm est préférable pour les situations les plus exposées. La valeur de 22 mm correspond à l'épaisseur carbonisée d'un élément en bois sollicité en continu par le feu durant environ 30 minutes dans les conditions de référence d'un essai, d'après les règles de calcul pour la résistance au feu des éléments en bois.
- Un état de surface lisse : le bois doit donc être raboté.
- Chanfreiner ou arrondir les angles, car les parties saillantes sont très inflammables. Les profils arrondis permettent en outre une meilleure tenue de la surface de finition.
- Utiliser un bois de densité supérieure à 550 kg/m³ (par exemple du pin, du mélèze ou une essence feuillue).

⁹ Cf. partie précédente sur « les matières plastiques » page 28.

¹⁰ Voir définition en page 49.

¹¹ Voir définition en page 49.

¹² Voir page 29.

• Techniques pour améliorer l'efficacité de l'occultation

En tant qu'éléments ouvrants, les volets ne sont pas conçus pour être totalement étanches aux flammes. On peut cependant réduire la perméabilité au feu des occultations en incluant une feuillure au niveau des jonctions entre les volets et l'embrasure.

Pour obtenir une étanchéité aux flammes maximale, il est possible d'ajouter un joint intumescent à condition que la configuration soit adaptée. Le joint intumescent permet d'obturer les jeux entre les volets et la paroi en situation d'incendie.

Afin d'éloigner les vitrages de la zone sollicitée par les flammes, il faut chercher à maximiser la distance entre l'occultation et la partie vitrée. Cela implique de disposer ces deux éléments de chaque côté de l'épaisseur du mur.

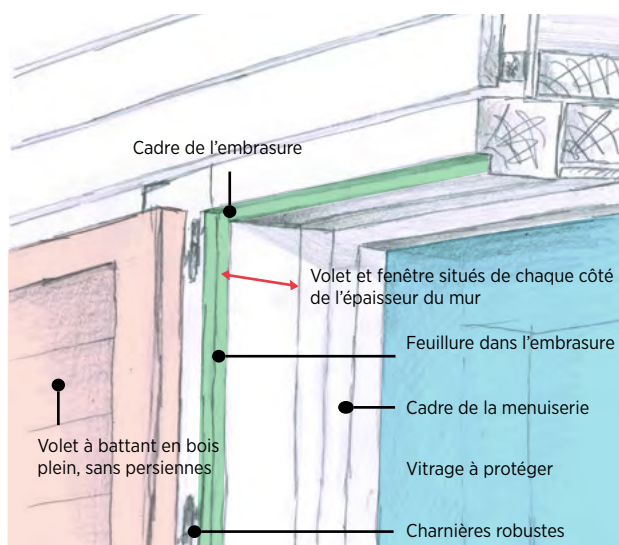
• Les volets à battants

Les volets à battants sont les volets les plus couramment utilisés et offrent une protection efficace. Ils sont constitués d'un ou deux battants et présentent ainsi peu d'interstices.

Une feuillure sur l'embrasure permet au volet d'être mieux plaqué lorsqu'il est fermé, ce qui limite le passage de flammes. Cette feuillure existe dans le bâtiment ancien sur des embrasures maçonnées (photographie ci-dessous), probablement pour empêcher le vent froid de s'engouffrer dans les interstices et d'impacter les vitrages. Il est tout à fait possible de l'inclure dans l'épaisseur des embrasures massives en bois.



Bâtiment ancien, où la fenêtre est occultée par des volets en bois plein épais et dont l'embrasure comporte une feuillure sur le pourtour.

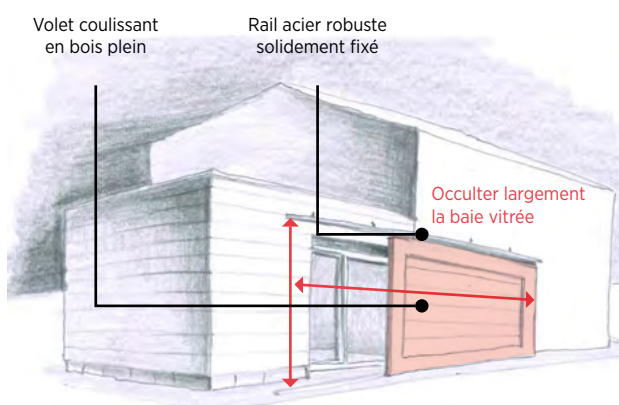


• Les volets pliants

Il s'agit d'un type de volets qui est aujourd'hui un peu passé de mode. Il en existe deux types : ceux qui se déploient devant l'embrasure au droit de la façade et ceux qui se déploient juste devant la partie vitrée en étant souvent fixé directement sur le cadre fixe dormant. Le premier type offre probablement une protection plus efficace car le vitrage est plus éloigné de la surface sollicitée par le feu.

• Les volets coulissants

Les volets coulissants sont fixés sur des rails métalliques. En situation d'incendie ces rails doivent conserver leur stabilité mécanique pour permettre à l'occultation de jouer son rôle. Ainsi les rails en acier inoxydable sont plus appropriés que les rails en aluminium, plus fusibles à haute température et risquant de se déformer sous le poids du volet.



Les volets coulissants présentent l'intérêt de pouvoir recouvrir facilement une surface plus grande que celle de l'ouverture et grâce à cela contrarier le passage des flammes vers la partie vitrée. Ces volets sont parfois utilisés pour recouvrir des fenêtres ou des portes fenêtres d'angles. Pour diminuer la perméabilité aux flammes au niveau de l'angle on peut prévoir d'emboîter un volet dans l'autre lorsqu'ils sont fermés.

- **Les volets roulants**

Dans certaines configurations la mise en place de volets rigides est impossible, faute de place suffisante sur la paroi. C'est parfois le cas avec les grandes baies vitrées. Les volets roulants sont alors la seule option pour occulter le vitrage.

Il existe des volets roulants en bois mais ceux-ci sont constitués de baguettes de faible épaisseur, ils sont donc trop inflammables pour être considérés comme une protection efficace. Le PVC, comme dans les autres cas, n'est pas envisageable.

Parmi les volets roulants, ceux qui offrent la meilleure protection sont donc les volets roulants métalliques, en acier ou dans une moindre mesure en aluminium.

- **Les brise-soleil à lames métalliques**

Il existe des brise-soleil à lames métalliques orientables, placés en face extérieure, qui permettent d'occulter complètement les ouvertures. Ces produits sont particulièrement intéressants pour une approche bioclimatique de la construction.

Plusieurs d'entre eux sont réputés « anti effraction » ce qui laisse supposer une certaine robustesse. Les lames sont par exemple raccordées avec des câbles en acier inoxydable au lieu d'une matière textile. Chacune des lames possède un profil qui lui permet de s'insérer complètement dans l'autre, ce qui réduit la perméabilité au feu.

Il serait intéressant de tester ce type de produit pour savoir s'il peut constituer une occultation efficace des vitrages en situation de feu de forêt.

- **Les occultations à fermeture motorisée**

Les occultations fermées par un mécanisme motorisé comportent l'avantage de pouvoir se fermer facilement et assez rapidement. Cela peut être très utile lorsqu'un bâtiment est sous occupé et que le peu de personnes restantes doit assurer l'occultation des parties vitrées avant l'arrivée d'un incendie de forêt. Cette situation peut être rencontrée dans certains bâtiments de bureaux en plein été.

En revanche, il est possible que l'électricité soit coupée à cause d'un feu de forêt qui aurait détruit la ligne électrique. Les motorisations des occultations ne pouvant alors être actionnées, il est important que celles-ci disposent d'une manœuvre de secours mécanique facilement accessible.

B. CARACTÉRISTIQUES DES MENUISERIES

- **Cadres, châssis de fenêtre et portes pleines**

Les menuiseries bois sont à même de résister efficacement à la chaleur de l'incendie. Des châssis et cadres en bois sont notamment utilisés pour la fabrication de fenêtres et de portes coupe-feu. Par exemple, les épaisseurs courantes des portes coupe-feu 1/2 h et 1 h en bois existant actuellement sont de 40 mm pour le panneau et de 68 mm pour les cadres ouvrants et dormants. Ainsi les portes d'entrée massives en bois dont les épaisseurs sont semblables constituent une protection adéquate.

Les fenêtres bois-aluminium, dont l'épaisseur est en bois et la partie extérieure recouverte d'aluminium, présentent l'intérêt supplémentaire de ne pas exposer de bois, potentiellement combustible, en partie extérieure. Cela permet de limiter le risque de propagation du feu à la menuiserie par une accumulation de brandons dans le cas où il n'y a pas d'occultation.

Le même principe peut être appliqué au pied des portes massives en bois, où une bande métallique peut être plaquée afin d'éviter le contact avec des brandons s'accumulant contre la porte. Cette disposition existe dans le bâtiment ancien, pour des raisons esthétiques et pour protéger contre les projections d'eau (garde au sol).

Il existe des menuiseries entièrement métalliques en acier ou en aluminium. Il y a peu de risques que le flux thermique de l'incendie soit suffisamment élevé et dure suffisamment longtemps pour faire perdre leur tenue mécanique à ces éléments dans la situation où la menuiserie est occultée.

Enfin, il est déconseillé d'utiliser des menuiseries standard en PVC à cause de leur sensibilité à la chaleur (déformation et fusion). En situation d'incendie, leur tenue mécanique n'est pas garantie. La menuiserie peut rapidement s'effondrer, entraînée par le poids du vitrage. Sans arriver jusque-là, la perte d'étanchéité d'une menuiserie déformée peut provoquer l'entrée de gaz chauds inflammables. Il arrive aussi qu'après un incendie, cadre et châssis en PVC restent soudés et qu'il soit difficile de sortir du bâtiment. Enfin, le PVC peut produire des émanations toxiques.

- **Les joints d'étanchéité à l'air**

Il existe des joints d'étanchéité à l'air avec une meilleure tenue au feu que les joints en caoutchouc classiques. Il s'agit de joints spécifiques extrudés, avec un classement en réaction au feu M2¹³.

Sous les portes, il existe des seuils magnétiques empêchant le passage de l'air. Ces seuils peuvent ainsi servir de barrière aux brandons et aux flammes pouvant s'y glisser.

¹³ Voir définition de la réaction au feu en page 52.

• L'embrasure

Le profil de l'embrasure peut être amélioré grâce une feuillure destinée à réduire la perméabilité de l'occultation, notamment pour les volets battants et les volets pliants (disposition évoquée en page 32).

Une bavette en acier ou en bois dense peut améliorer la protection d'une ouverture face à une propagation verticale du feu. Le fait que le bord de la bavette se situe en léger décrochage par rapport au mur lui permet de dévier les flammes venant d'en dessous. Plus le débord est important, plus il sera efficace dans son rôle de déflecteur.



Bavette métallique sous une fenêtre

Enfin, on peut appliquer les techniques visant à réduire l'inflammabilité des éléments en bois aux embrasures en bois : angles arrondis ou cassés, état de surface lisse, bois épais et dense.

C. QUELQUES CAS PARTICULIERS

• Les petites surfaces vitrées

Pour des petites surfaces vitrées, il est souvent plus facile et plus intéressant financièrement d'utiliser des vitrages pare flammes 1/2h (RE30) plutôt que de prévoir des occultations supplémentaires. Cela est particulièrement pertinent pour les éléments ne nécessitant pas de volets dans leur usage courant et qui sont parfois inaccessibles. On peut citer par exemple :

- Les petites fenêtres protégées par des barreaux.
- Les puits de lumière en toiture.
- Les carreaux vitrés de porte d'entrée.
- Les hublots, oculus et œil de bœuf.

Dans ce cas, il sera judicieux de donner une pente aux appuis de fenêtre suffisante pour que les brandons ne puissent pas s'y déposer (environ 30°).

• Les fenêtres de toit

On ne sait pas encore si les fenêtres de toit sont, de par leur position sur le bâtiment, plus ou moins exposées aux flux thermiques que les parties vitrées situées sur les parois verticales. Elles sont en tout cas soumises à un risque plus important d'accumulation de brandons. Le danger lié à leur ouverture brutale en situation d'incendie est de toute façon identique voire encore plus critique. Il paraît donc nécessaire d'avoir au moins les mêmes objectifs de protection.

Il est recommandé d'occulter les fenêtres de toit à l'aide de volets roulants extérieurs en aluminium. Ces dispositifs sont généralement motorisés.

Les menuiseries en bois utilisées pour les cadres et les châssis sont généralement recouvertes d'aluminium en position externe, pour améliorer leur résistance aux intempéries (du fait de leur position très exposée). Une bavette périphérique en aluminium sur trois cotés et en plomb en partie basse permet de garantir l'étanchéité à l'eau au niveau de l'embrasure de la fenêtre, selon le principe des solins. Bien que le plomb fonde à 327 °C, cette disposition empêche pendant un certain temps les brandons de pénétrer à l'intérieur de la toiture.

• Les vérandas

Plutôt que de tenter de protéger les surfaces vitrées de la véranda, il est plus pertinent techniquement et économiquement de faire en sorte que la communication entre la véranda et l'intérieur de la construction soit étanche aux flammes au moins une demi-heure.

• Les portes de garage

Les garages sont souvent un lieu de dépôt de divers matériaux et produits, dont certains sont fortement inflammables et combustibles. Un départ de feu à l'intérieur d'un garage fait ainsi courir un risque important à une construction attenante.

Les portes de garage ne sont pas conçues pour être étanches à l'air. Quelques mesures peuvent être prises pour réduire la perméabilité aux flammes et aux brandons, en particulier en partie basse. Des portes battantes peuvent ainsi être préférées à une porte basculante, ce qui permet de prévoir des dispositions similaires à celles proposées pour les volets battants.

Des mesures plus simples peuvent être envisagées : séparer le garage du volume du bâtiment ou bien protéger la communication entre le garage et l'intérieur de la construction en l'équipant d'une porte coupe-feu une demi-heure.

2.3. LES TOITURES

L'enjeu est de ne pas subir un départ de feu à l'intérieur de la toiture, partie du bâtiment particulièrement vulnérable aux feux de forêt. Les retours d'expérience mettent souvent en cause la toiture lorsque le feu est parvenu à se propager au bâtiment.

Dans son épaisseur, la toiture est généralement composée d'éléments combustibles (charpente en bois, dont certains éléments sont bruts de sciage et de faible section comme les liteaux ; isolation ; membrane d'étanchéité à l'eau). La toiture doit être conçue pour empêcher un départ de feu via ces éléments combustibles à cause d'une exposition directe aux flammes et aux brandons.

A. LA COUVERTURE

La couverture est souvent l'élément qui permet de protéger la toiture d'un feu extérieur. La plupart des types de couvertures (tuiles, ardoises, lauzes, tôles etc.) sont qualifiés pour leur rôle protecteur et leur comportement au feu, au niveau de performance B roof (t3)¹⁴.

Quel que soit le matériau qui la constitue, la couverture doit néanmoins être nettoyée annuellement pour la débarrasser de tous les débris végétaux qui s'y accumulent et constituent un départ de feu potentiel.

Pour faciliter cette opération, la conception de la construction doit donc permettre un accès aisé et sécurisé sur la toiture avec le matériel adéquat (balai, nettoyeur à eau sous haute pression).

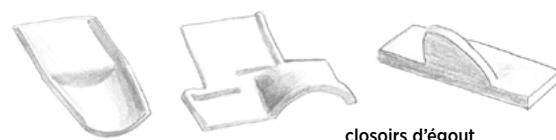
• L'étanchéité aux brandons¹⁵

Certains revêtements de couverture apportent une étanchéité satisfaisante aux brandons. Il s'agit par exemple des tuiles à emboîtement et des tôles. La qualité de la pose est déterminante : les éléments doivent être placés régulièrement et solidement fixés, car pendant un incendie de forêt, les rafales de vent peuvent être fortes.

D'autres types de couvertures par petits éléments sont plus perméables aux brandons. Il s'agit par exemple des lauzes et des tuiles canal. Une solution consiste à les poser sur un support continu, ce qui se fait couramment. Par exemple, il est d'usage de poser les tuiles canal sur des plaques ondulées en fibrociment. Celles-ci assurent l'étanchéité aux brandons. À défaut de support continu, une solution est de disposer une grille métallique fine (maille 2 à 3 mm) sous la couverture.

Généralement, et ce quel que soit le type de couverture, les zones les plus perméables aux brandons sont situées aux points singuliers : rive, égout, faitage, arêtier. Il est donc nécessaire de les obturer efficacement. Pour cela, on dispose des possibilités suivantes :

- Les profils de tuiles spécifiés par les fabricants : il s'agit d'éléments courants pour les rives, le faitage et les arêtiers. Selon les modèles de tuile, il existe des éléments permettant de clore efficacement l'égout (closoirs d'égout)



closoirs d'égout

- Les pare oiseaux : ce sont des éléments rajoutés sous la première rangée de tuile, servant à empêcher l'entrée d'animaux au niveau de l'égout. Ils peuvent également s'avérer efficaces contre les brandons s'ils sont constitués d'une grille métallique. En revanche, les « peignes » pare oiseau en PVC laissent des interstices trop importants.
- Des closoirs ventilés doivent impérativement être disposés en faitage et le long des arêtiers, des fabricants mettant en avant le fait que leur produit est résistant au feu.
- Un bourrage de laine de roche sous ces zones singulières peut être utile à condition de ne pas obstruer la ventilation de la sous-face de la couverture lorsqu'elle est nécessaire. Cette solution, destinée à améliorer le comportement au feu de la toiture, a été développée en Australie.
- Des grilles métalliques à maille fine localisées directement sous les singularités peuvent aussi être utilisées, mais selon les profils de tuiles, cette solution n'est pas forcément aisée à mettre en œuvre de façon efficace, en particulier à l'égout et en rive. La difficulté à protéger efficacement ces zones spécifiques contre l'entrée des brandons peut remettre en cause les localisations prévues des entrées et sorties d'air nécessaires pour la ventilation de la couverture (sachant qu'il existe plusieurs possibilités)¹⁶.

• L'inflammabilité de la couverture

Utiliser des matériaux inflammables en couverture fait courir le risque d'un départ de feu sur la toiture. Les matériaux les plus inflammables sont :

- Les bardeaux ou tuiles de bois (tavaillons, ancelles...) : on distingue les bardeaux fendus - dont l'épaisseur (1 à 2 cm), le mode de pose (laissant des interstices entre les tuiles) et la surface rugueuse les rend extrêmement inflammables - des bardeaux sciés, plus épais et plus lisses.
- Les tôles en polyester ou autres matières plastiques.
- Le chaume.

Si leur inflammabilité est limitée, d'autres matériaux sont néanmoins combustibles, comme les membranes d'étanchéité de toit terrasse (voir ci-après).

¹⁴ La qualification de la performance au feu spécifique aux toitures est développée dans le chapitre suivant en page 56.

¹⁵ Cette question est indissociable de celle de la ventilation de la toiture, développée dans le point C.

¹⁶ Voir dispositions sur la ventilation de la toiture en page 37.

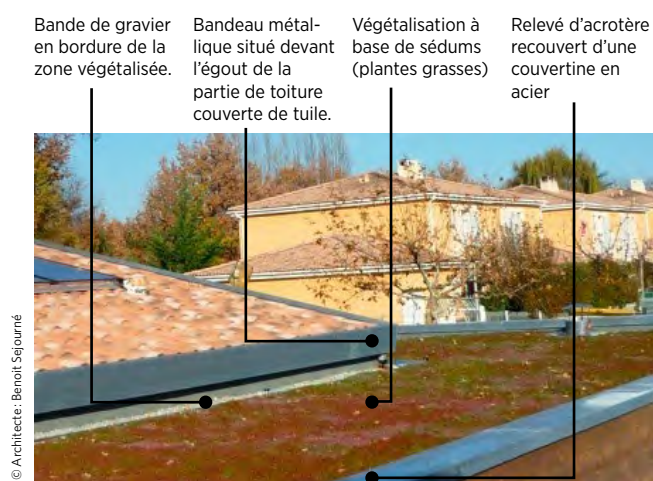
• Cas des toits terrasses et des toitures végétalisées

De par leur position généralement proche de l'horizontale, ces toitures sont particulièrement exposées au dépôt de brandons, qui poussés par le vent peuvent s'accumuler dans certaines zones, comme les angles rentrants, et y initier un départ de feu au contact de matériaux combustibles ou par transfert de chaleur à l'isolant de la toiture.

Les toits terrasses sont revêtus d'une fine couche d'un matériau étanche à l'eau. Il peut s'agir de bitume ou de matières synthétiques (PVC, polyoléfine). Par définition, ces matériaux sont combustibles. Cependant, la majorité des complexes de toit terrasse ont obtenu le classement B roof (t3), qui signifie que le développement du feu y est limité. En outre, sur ces types de toitures quelques mesures peuvent permettre de réduire l'exposition de la couche d'étanchéité à un feu extérieur :

- répandre un lit de gravier sur la couche d'étanchéité,
- disposer une couvertine en tôle d'acier sur les relevés de l'acrotère et la faire descendre jusqu'au lit de gravier

Les toitures végétalisées, qui sont mises en œuvre sur un toit terrasse, ne sont pas forcément aussi vulnérables au feu qu'on peut le penser. Pour preuve, il en existe avec le classement au feu B roof (t3)¹⁷. Le type de toiture végétalisée correspondant – la « tundra » – est un complexe couramment utilisé en région méditerranéenne, car très résistant à la sécheresse. Il est composé de plantes grasses, les sédums, dont la masse combustible est infiniment petite car composées presque exclusivement d'eau. En outre la couche de terreau procure une protection thermique à la membrane d'étanchéité.



Exemple de toiture terrasse végétalisée

Les toitures végétalisées supposent cependant un entretien minimum. Il consiste à arroser les plantes en début de vie (lors de leur installation) ainsi qu'en période de sécheresse et à limiter l'invasion par d'autres espèces végétales, qui pourraient faire augmenter la masse de combustible.

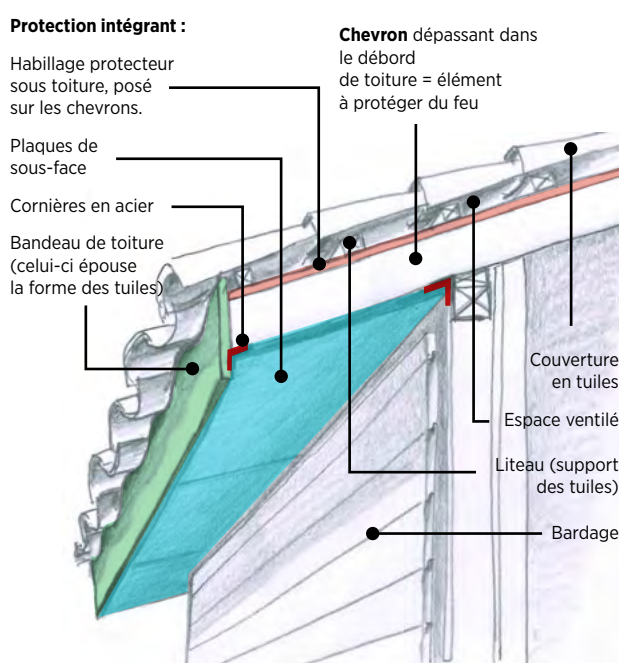
B. LES DÉBORDS DE TOITURE

Les débords de toiture prononcés sont des éléments vulnérables au feu, car leur avancée les met plus tôt en contact avec le flux thermique et parce que les flammes peuvent venir lécher leur sous-face et potentiellement enflammer cette partie du bâti.

Néanmoins, les débords de toiture sont très intéressants dans le bioclimatisme du bâtiment. Ils jouent le rôle de casquette solaire : quand le soleil est haut l'été ils protègent la façade Sud des apports solaires. Plutôt que de renoncer à ces débords il est possible de protéger les éléments sensibles.

Ainsi, les éléments de charpente qui se prolongent en débord ne doivent pas être exposés au feu. Même lorsqu'ils sont de forte section, ces éléments peuvent être enflammés en surface ce qui peut permettre au feu de se propager à l'intérieur de la toiture.

Une solution consiste à disposer un habillage protecteur constitué d'un bandeau et d'une sous face devant et en dessous des débords de la charpente. Cet habillage doit de préférence être réalisé en matériaux difficilement inflammables. S'il est en bois, son épaisseur doit être de 22 mm au minimum pour apporter une protection d'au moins une demi-heure. Pour que l'efficacité de cet habillage protecteur soit optimale, les jonctions linéaires doivent être soignées. Pour cela on peut les équiper de cornières en acier galvanisé.



¹⁷ Voir définition en page 56

LE PROBLÈME DES GOUTTIÈRES

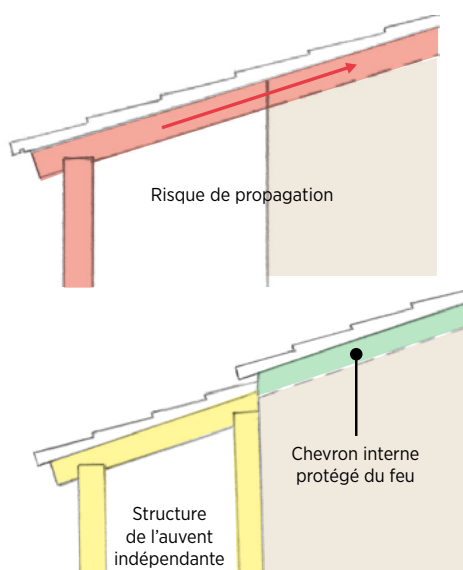
Les gouttières favorisent l'accumulation de débris végétaux et de brandons. Il peut donc y avoir un départ de feu au niveau de l'égout de toiture, qui est une zone très sensible.

Il est essentiel de nettoyer les gouttières et chéneaux chaque année pour évacuer les débris végétaux qui s'y trouvent. Cette opération favorise aussi un bon écoulement des eaux pluviales ce qui évite les stagnations où peuvent se développer les moustiques-tigres.

Enfin, les gouttières en PVC sont dangereuses : le feu peut remonter du sol vers la toiture par la descente en PVC, inflammable.

C. LES AUVENTS

Les auvents sont des débords de toiture dont la charge est reprise par des poteaux ou des consoles. Ces éléments impliquent qu'une partie de leur structure est localisée en extérieur. Cela peut rendre la mise en place d'un habillage protecteur plus difficile. Une solution consiste à désolidariser complètement la structure de l'auvent de celle de la charpente afin d'éviter tout risque de propagation du feu vers l'intérieur de la toiture.

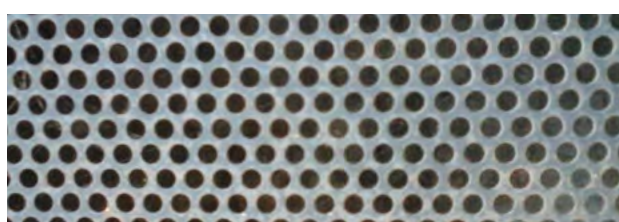


D. LA VENTILATION DE LA TOITURE

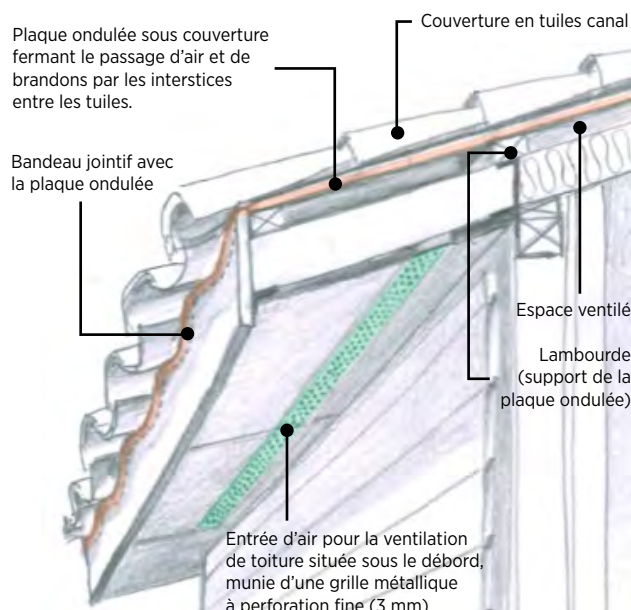
La ventilation de la toiture est nécessaire pour évacuer la vapeur d'eau et prévenir la condensation. Elle est matérialisée par un espace sous couverture connecté avec l'air extérieur. L'espace ventilé peut correspondre au volume des combles perdus (cas des charpentes industrielles) ou à la lame d'air située juste en dessous de la couverture. Lors d'un feu de forêt, cet espace ventilé est potentiellement accessible aux brandons qui peuvent alors se déposer sur les éléments combustibles de la charpente (liteaux, isolation de la toiture) et initier un départ de feu.

Deux types de solutions se présentent :

- À l'intérieur de la toiture, sous l'espace ventilé, il convient d'ajouter un habillage protecteur des éléments les plus vulnérables de la charpente (comme l'isolant). Dans les toitures traditionnelles, les voliges (platelage en bois cloué sur les chevrons de la charpente) ou mieux, les parefeuilles anciens en terre cuite, jouent ce rôle de protection. Certains types de toiture, construites avec des caissons contenant l'isolant, mettent en œuvre cette solution grâce au panneau de fermeture extérieur. Bien que ce ne soit pas l'usage courant, les charpentes en fermettes industrielles peuvent être protégées par un écran en panneaux agglomérés, contreplaqués ou OSB de 22 mm d'épaisseur.
- Rendre les entrées d'air étanches aux brandons, au moyen de grilles en acier perforé ou de grillage métallique à maille fine (2 à 3 mm). Les entrées d'air peuvent être situées en sous face du débord, en couverture (avec des tuiles spécifiques dites « tuiles chatières ») et aux singularités du toit (égout, rives, faîtage, arêtières) avec des closoirs ventilés.
 - Les closoirs ventilés :
Comme évoqué précédemment, il est préférable que les singularités de la couverture soient obturées le mieux possible, d'autant plus qu'il n'est pas forcément aisé d'y disposer des grilles anti brandons. Les éléments spécifiques détaillés en page 35 peuvent apporter des réponses techniques.
 - Les tuiles chatières :
Elles servent à ventiler les couvertures en tuiles à emboîtement (terre cuite ou béton). Le DTU 40 indique qu'il faut une tuile chatière tous les 10 m² de toiture pour obtenir une ventilation efficace. Certains modèles sont munis de perforations fines. Si ce n'est pas le cas, il faut disposer une grille anti brandons en dessous de chaque tuile chatière.
 - L'entrée d'air en sous face de débord :
Cette entrée d'air peut être protégée des brandons au moyen d'une grille, qui permet également d'éviter l'entrée d'animaux cherchant à nicher dans la toiture et pouvant occasionner des dérangements. De plus, même si cette grille n'offre qu'une protection relative contre les flammes, elle permet de freiner le flux thermique. Sachant que le débord de toiture peut constituer un point faible, il serait intéressant de tester l'efficacité d'une application de peinture intumescente sur cette grille métallique, afin d'améliorer son étanchéité aux flammes.



Exemple de grille métallique rigide à perforation fine.



La comparaison de cet exemple avec celui exposé en page précédente (qui laisse la possibilité de ventiler avec des tuiles chaâtières) montre l'interdépendance entre le type de couverture, la ventilation de l'espace sous couverture et les éléments servant à réduire la vulnérabilité au feu de forêt.

2.4. LES ESPACES SOUS PLANCHER

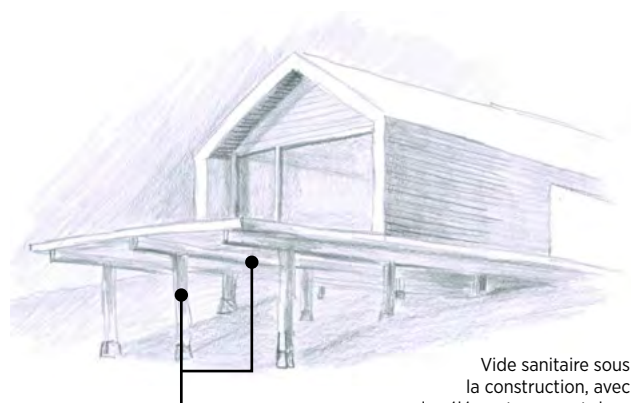
Dans les constructions sur pilotis, l'enjeu est d'éviter que le feu ne se propage sous le bâtiment et ne puisse pénétrer dans l'épaisseur du plancher. Pour ce faire, une technique simple consiste à clôturer l'espace sous plancher pour bloquer le passage du feu et des brandons. Cela permet également d'éviter le développement de végétation sous le plancher et d'empêcher le stockage d'éléments combustibles.

De par la proximité avec le sol, il est suggéré que le matériau choisi pour clôturer l'espace sous plancher soit très peu inflammable (maçonnerie de pierre, de brique ou de béton, fibrociment, métal, bardage bois ignifugé, bardage en laine de roche compressée, etc.), au moins pour les premiers centimètres au-dessus du sol¹⁸ et constitue une surface pleine. L'efficacité de l'habillage protecteur dépend également du soin apporté aux jonctions linéaires. Celles-ci peuvent être équipées de cornières en acier galvanisé.

LA CONSTRUCTION BOIS SURÉLEVÉE : UNE TECHNIQUE PERTINENTE MALGRÉ SA VULNÉRABILITÉ AU FEU

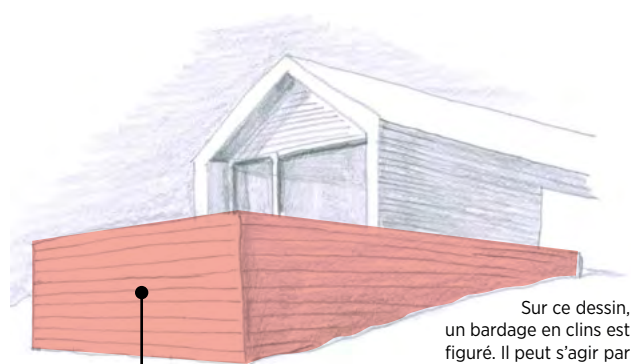
Le fait que ce type constructif soit plus vulnérable que la construction sur vide sanitaire maçonné ne doit pas forcément faire renoncer à sa mise en œuvre. Il est en effet possible d'apporter les protections nécessaires.

La construction sur pilotis peut en effet se révéler moins coûteuse, elle permet une adaptation aux terrains en pente, elle diminue les travaux de sols et les fondations et se comporte bien sur des terrains difficiles (terrains argileux, zones à fortes remontées capillaires et zones à risque d'inondation). Enfin, ce type de construction a des temps de réalisation courts et un impact environnemental souvent faible.



Pilotis et structure sous plancher exposés à un feu au sol, a fortiori en situation de pente

Vide sanitaire sous la construction, avec des éléments passant dans l'enveloppe (canalisations) susceptibles de conduire le feu à l'intérieur



Cloison de l'espace sous plancher permettant de protéger la structure, le plancher et le vide sanitaire.

Sur ce dessin, un bardage en clins est figuré. Il peut s'agir par exemple de bois ignifugé ou de bardage imitant le bois en laine de roche compressée incombustible.

Lorsqu'il n'est pas possible de clôturer l'espace sous plancher, on peut utiliser :

- un matériau écran en sous-face de plancher (plaques à base de plâtre, de fibrociment, etc.) : cette disposition peut également concerner les volumes du bâtiment en surplomb. Il est également nécessaire de soigner les jonctions linéaires.
- des matériaux de structure non combustibles et résistant au feu pour les poteaux (béton ou acier de forte section).

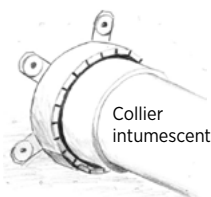
¹⁸ Vulnérabilité développée en pages 39 et 40.

2.5. LES PASSAGES DANS L'ENVELOPPE

En cas de feu de forêt, le bâtiment doit servir d'enceinte sécurisée pour ses occupants. Aussi, la priorité est de le maintenir étanche aux brandons (qui pourraient initier un départ de feu à l'intérieur) et d'empêcher la propagation du feu dans l'épaisseur de l'enveloppe. Cet objectif implique de soigner les passages dans l'enveloppe.

A. LES CANALISATIONS

Le passage de canalisations en PVC, comme les canalisations d'eau usée dans le vide technique, dont une partie située en extérieur est susceptible d'être exposée au feu de forêt, peut, en brûlant, propager le feu à l'intérieur de la construction. Il existe des colliers intumescents, pouvant être disposés sur tuyaux au niveau de leur passage dans l'enveloppe, capables de s'opposer par gonflement sous l'effet de la chaleur au passage du feu par les canalisations.



B. LES AÉRATIONS

Les aérations à travers l'enveloppe, que l'on retrouve notamment dans les garages, les caves et les vides sanitaires, peuvent être rendus étanches aux brandons en y apposant une grille métallique à maille ou perforation fine (2 à 3 mm).

C. LA VMC

Comme pour les aérations passives, l'étanchéité aux brandons de la VMC (ventilation mécanique contrôlée) peut être améliorée au moyen d'une grille métallique. En outre, il est nécessaire de prévoir un dispositif d'arrêt d'urgence – qui n'est pas prévu habituellement – afin que les occupants réfugiés à l'intérieur de la construction puissent couper la ventilation et évitant ainsi d'aspirer l'air brûlant et les gaz nocifs venus de l'extérieur pendant le passage du feu de forêt.

D. LA CHEMINÉE

Avec les cheminées à foyer ouvert, il existe un risque d'entrée de brandons à l'intérieur de la maison. Un clapet métallique situé dans le conduit permet de l'obturer en situation d'incendie.

En outre, comme toute singularité de la couverture, le passage du conduit de cheminée à travers la toiture doit faire l'objet d'une mise en œuvre soignée permettant d'empêcher le passage des brandons à travers la couverture.

2.6. LES ÉLÉMENTS CONSTRUCTIFS EXTÉRIEURS

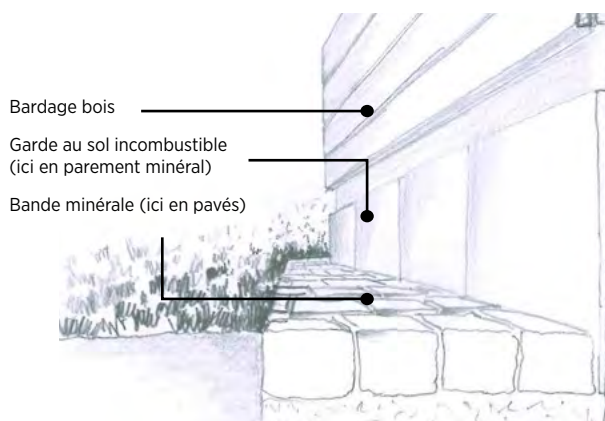
Dans cette partie on distingue les éléments situés à l'extérieur de l'enveloppe (revêtements de façades, appentis, balcons, aménagements externes) de ceux évoqués précédemment (ouvertures, toitures, espaces sous plancher et passages dans l'enveloppe). L'intégrité des éléments extérieurs n'est en effet pas directement liée à l'intégrité du bâtiment et à sa fonction protectrice. En cela, ils peuvent donc admettre des dégâts mineurs. Néanmoins, toutes les mesures concourant à réduire leur vulnérabilité au feu de forêt feront diminuer le risque de propagation du feu via ces éléments. Lorsqu'elle est disponible, la réaction au feu des produits mis en œuvre en extérieur est une donnée pertinente qui peut être utilisée dans le choix. Ce critère permet d'estimer dans quelle mesure un matériau, dans une mise en œuvre donnée, est capable de contribuer au développement d'un feu. Pour une explication plus complète du critère de la réaction au feu, se reporter au chapitre suivant (page 52).

A. LE REVÊTEMENT DES PIEDS DE FAÇADE

Les pieds de mur sont la partie la plus vulnérable de la façade : le feu peut s'y propager par la strate herbacée et c'est une zone propice à l'accumulation de brandons.

Une bande minérale faite de pierres, pavés, galets ou graviers le long des pieds de mur est une solution pertinente à plus d'un titre :

- elle crée un espace sans végétation, donc sans combustible susceptible de propager le feu au pied de mur par contact direct avec les flammes
- elle piège les brandons entre les pierres
- elle améliore le drainage et l'évacuation des eaux pluviales en pied de mur. En cela elle est complémentaire d'un débord de toiture sans gouttière, où l'eau tombe directement en pied de mur ce qui nécessite une zone de réception. Or le fait de ne pas mettre de gouttière protège la toiture de façon significative. en supprimant le risque d'accumulation de débris végétaux décrit plus haut (voir page 37).



Cette disposition constructive est une pratique courante imposée par les DTU pour les bâtiments en bois. La garde au sol doit être de 20 cm au minimum¹⁹.

EXEMPLES DE GARDE AU SOL

pied de mur minéral sous un bardage bois, séparé de l'herbe par une noue en graviers.

la garde au sol consiste en une cornière métallique placée sous une couche d'isolation par l'extérieur en fibre de bois recouverte d'enduit à la chaux



Architecte : Mauro Veneziano

B. L'ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR (OU ITE) EN FAÇADE

Lorsqu'un mur est isolé par l'extérieur, la couche isolante peut se retrouver directement impactée par les flammes et le flux thermique. Cela peut constituer une vulnérabilité, si cette couche – par l'inflammabilité d'un de ses composants – est susceptible de propager l'incendie à la paroi ou au débord de toiture. Mais cela peut aussi constituer une solution protectrice si cette couche est performante sur le plan de l'isolation et de l'étanchéité au feu (flammes et gaz toxiques) : aussi des solutions techniques utilisant l'isolation par l'extérieur seront discutées dans le chapitre suivant.

Les principaux matériaux et type de mise en œuvre utilisés en ITE sont les suivants :

• L'ITE en polystyrène

Attention à la vulnérabilité au feu de ce matériau

En zone urbaine, plusieurs retours d'expérience d'incendies mettent en cause une isolation par l'extérieur en polystyrène. Il s'agit de feux dont l'origine du feu est externe, tout comme dans le cas des incendies de foyer. Malgré le parement protecteur appliqué sur la couche de polystyrène, ce type d'isolation reste vulnérable. Lorsqu'un incendie s'y développe les dangers sont multiples – chute du parement protecteur, liquéfaction du produit, gouttelettes enflammées, fumées toxiques – et compliquent l'intervention des pompiers sur les bâtiments à étages. Les industriels travaillent actuellement sur des solutions techniques permettant de réduire la vulnérabilité de l'ITE en polystyrène.

• Les isolants biosourcés fibreux

Leur vulnérabilité dépend de leur densité et de leur mise en œuvre

Les isolants biosourcés utilisés en ITE peuvent être le siège d'un dangereux phénomène de feu couvant, dès lors que la chaleur accumulée devient trop importante. Néanmoins tous ne réagissent pas avec la même sensibilité : cela dépend essentiellement de leur densité et de leur mise en œuvre.

• Les isolants « massifs »

Le plus courant est le panneau de fibre de bois de densité supérieure à 110 kg/m³. On peut également citer les blocs de paille, bien que leur mise en œuvre en ITE soit moins courante.

Les isolants biosourcés dits massifs contiennent peu d'air (donc peu d'oxygène) ce qui favorise son autoextinguibilité (lorsque le feu est étouffé par manque de comburant)²⁰. De plus, leur comportement isolant n'est pas altéré en situation d'incendie. Enfin, grâce à leur rigidité ils admettent une application directe d'un enduit minéral mince ou épais, comme la chaux ou la terre. Il existe aujourd'hui plusieurs complexes [isolant + enduit de revêtement] qualifiés en réaction au feu au niveau de l'euroclasse B.



Pose d'une isolation par l'extérieur en fibre de bois rigide (couleur brune) qui sera recouverte d'une couche d'enduit à la chaux, lors de la rénovation thermique d'un bâtiment en béton.

• Les isolants « légers »

Ces isolants, qu'on appelle couramment les « laines » (de bois, de coton, chanvre, etc.) sont de densité beaucoup plus faible et de ce fait plus inflammables que les isolants massifs. De plus, leur texture souple empêche de les utiliser comme support d'enduit minéral. En ITE ils sont disposés derrière une vêtiture à lame d'air ventilée et une membrane pare pluie. Leur usage en ITE n'est donc pas recommandé en zone de risque²¹. Cette recommandation ne vise pas leur usage en ITI (isolation thermique par l'intérieur) ou en isolation intégrée à la paroi.

¹⁹ La réglementation australienne des constructions en zone de feu de forêt indique une garde au sol incombustible de 40 cm.

²⁰ Voir triangle du feu en page 8

²¹ À moins que ces isolants ne soient protégés par un écran protecteur en face extérieure. Les questions liées à l'écran protecteur seront abordées dans le chapitre suivant (pages 51 et 55 notamment).

- **Le liège**

Un matériau intéressant qui gagnerait à être mieux connu

Le liège naturel offre une protection intéressante contre le feu de forêt. En témoigne la survie des chênes lièges après les incendies de forêt, grâce à la protection qu'offre leur écorce : lors de la saison de végétation suivante, les bourgeons qui étaient protégés par le liège se développent et reforment le feuillage des arbres alors que toutes les autres espèces végétales ont succombé à l'incendie.

Il est utilisé en construction sous forme de panneaux de liège expansé de différentes épaisseurs (de 1 à 20 cm) qui ont aussi la propriété d'être imputrescibles et insensibles aux agents chimiques agressifs et aux insectes. Ce matériau est donc particulièrement bien adapté pour isoler par l'extérieur les fondations et les soubassements des constructions, il est toutefois recommandé de l'enduire.

- **La laine de roche**

Une solution adaptée et protectrice

L'ITE en laine de roche de densité supérieure à 40 kg/m³ permet de protéger efficacement la paroi. La laine de roche a en effet une bonne tenue au feu et à la chaleur, contrairement à la laine de verre. Des laines de roche plus denses peuvent être revêtues d'un enduit minéral, comme la chaux.

CAS PARTICULIER :

L'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR DU SOUBASSEMENT

Sur les murs isolés par l'extérieur, la nature de l'isolant plaqué sur la zone de soubassement est souvent différente de l'isolant utilisé en façade. L'isolant en soubassement doit en effet être hydrophobe, afin de bloquer les remontées d'eau par capillarité. Cette exigence peut également concerner les pieds de murs contre une zone de replat, où l'eau est susceptible de s'accumuler lors des orages.

Les principaux types d'isolants utilisés sont :

- Le polystyrène : en raison de sa vulnérabilité au feu, l'utilisation du polystyrène en isolation de soubassement doit être réalisée avec soin. Des éléments protecteurs peuvent être ajoutés, tels qu'un parement minéral externe et une cornière métallique le séparant de l'ITE de la façade. Les jonctions linéaires peuvent être étanchées avec du mortier.
- Le liège : il peut être utilisé pour son caractère hydrophobe. Bien que classé E (Euroclasse feu), il est difficilement combustible.
- Les isolants rigides en verre cellulaire : ces produits, adaptés à l'isolation de soubassement, sont incombustibles.

C. LES VÊTURES OU BARDAGES SUR LAME D'AIR VENTILÉE

Les vêtements et bardages sont apposés en façade et sont séparés de la paroi par une lame d'air ventilée. Il est courant de les utiliser pour revêtir les constructions bois, mais on les trouve également en habillage de murs maçonnés ou devant une ITE. Leurs fonctions, en plus de l'esthétique, sont de protéger les parois contre le vent et la pluie battante et d'améliorer le déphasage thermique des parois.

Ces revêtements sont dans une position externe à la paroi mais peuvent, dans le cas où ils sont composés d'un matériau combustible, participer au développement du feu et le propager vers des zones vulnérables du bâtiment comme les débords de toiture.

DERRIÈRE LA LAME D'AIR : LA MEMBRANE PARE PLUIE

La membrane pare pluie est essentielle dans la mise en œuvre d'une vêtue ventilée sur une paroi à ossature bois, car c'est cette couche qui protège la paroi contre les entrées d'eau liquide tout en lui permettant de respirer.



Parois recouvertes d'une membrane pare pluie noire, avant la pose du bardage.

Les membranes pare-pluie classiques sont inflammables mais leur masse combustible est faible, il n'est donc pas sûr que leur combustion soit suffisante pour propager le feu à des éléments de la paroi. Il existe des membranes pare pluie ignifugées, ayant obtenu l'Euroclasse B (équivalent M1) en classement de réaction au feu. Enfin, certains panneaux à base de fibre de bois sont équivalents aux membranes pare-pluie du point de vue de l'étanchéité à l'eau s'ils sont posés avec toutes les précautions utiles.

Les différents produits :

Les bardages en bois sont les vêtements sur lame d'air ventilée les plus courantes. Il s'agit d'une solution économique, naturelle car peu transformée et souvent la plus adaptée à l'expression que recherchent les maîtres d'ouvrage d'une construction en bois. Des techniques pour réduire l'inflammabilité des bardages bois existent.

Il existe d'autres types de vêtements dont la capacité à propager le feu est inférieure à celle des bardages bois. La « réaction au feu ²² » est un indicateur pertinent pour déterminer la sensibilité des vêtements.

Voilà un aperçu de niveaux de réaction au feu ²³ de produits du marché utilisables en vêture :

Type de vêture / Matériau	Niveaux de réaction au feu constatés sur des produits de ce type
Bardage bois respectant les critères du DTU 41.2	D s2, d0 (soit M3)
Certains bardages en mélèze selon des critères de profil, finition, état surface, mode de pose.	C s1 d0 (soit M2)
Bardage bois ignifugé avec une résine polymère permettant une utilisation en extérieur (le produit n'est pas lessivable par les intempéries)	B (soit M1)
Plaque de fibre ciment	A2 s1 d0 (soit M0)
Bardage en laine de roche compressée	A2 ou B
Plaque de ciment et particules de bois	B s1 d0
Panneaux de fibres bois et cellulose + résine	B
Panneaux stratifiés compact	B
Plaque de ciment armée de fibre de verre, destinée à être enduite	A1

Techniques permettant de réduire l'inflammabilité des bardages en bois naturels :

Les techniques permettant de réduire l'inflammabilité des éléments extérieurs en bois sont exposées en page 29. Pour les bardages en bois, un certain nombre de techniques spécifiques peuvent être utilisées, en plus du respect du DTU 41.2. Grâce à celles-ci, on peut atteindre en classement en réaction au feu C-s2, d0 avec du bois naturel sans traitement. En voici un aperçu :

- Un bardage formant une surface continue grâce à des emboîtements entre les lames par rainure et languette (beaucoup moins exposé aux flammes qu'un bardage à claire voie qui est exposé sur toutes ses faces)
- Une orientation horizontale des lames, le feu se propageant beaucoup plus facilement sur un élément vertical.
- Des arêtes arrondies ou chanfreinées
- Un état de surface lisse (bois raboté)
- Un bois de densité supérieure à 500 kg/m³ (mélèze, pin, etc.)
- Une épaisseur nominale d'au moins 26 mm
- Un emboîtement minimisant la zone de faible épaisseur
- Une épaisseur au niveau des points singuliers la plus proche possible de l'épaisseur nominale (18 mm pour une épaisseur nominale de 26 mm)
- Une largeur des lames limitée pour prévenir un retrait trop important dans des conditions de sécheresse
- Des rainures de libération de contraintes limitées à 3 par lame avec une largeur inférieure à 3 mm

On peut également réduire la sensibilité des bardages dans les angles du bâtiment en utilisant une pièce d'angle (carrelet en bois ou cornière métallique) limitant la propagation du feu d'une face à l'autre du bâtiment.



Profil de bardage approprié pour limiter l'inflammabilité

²² Notion définie en page 52.

²³ Définition et catégories de classement en page 52.

Mesures limitant la propagation du feu aux vêtues :

• Alternier différents types de vêtue

Une mesure simple, qui associe la protection et la recherche architecturale, consiste à alterner plusieurs types de vêtues, de sensibilité au feu différente. Cette alternance complique la propagation du feu. Les produits les moins combustibles peuvent être posés au niveau des zones les plus sensibles : bas de façade, angle rentrant, aplomb d'une ouverture vitrée, etc.



Villa T. Architecte : Amault Guin. © Amault Guin

Sur la construction ci-contre, le choix esthétique s'est porté sur deux types de vêtue. Celle du rez de chaussée est moins inflammable que le bardage bois à l'étage.

• Favoriser la déviation des flammes

Pour les façades de grande hauteur, un recouvrement de la vêtue à chaque étage au moyen d'une bavette en acier ou en bois dense épais²⁴ est une mesure qui a montré son efficacité pour freiner la propagation verticale des feux de façade. Cet élément joue un rôle de déflecteur qui dévie les flammes vers l'extérieur et ralentit la progression du feu.



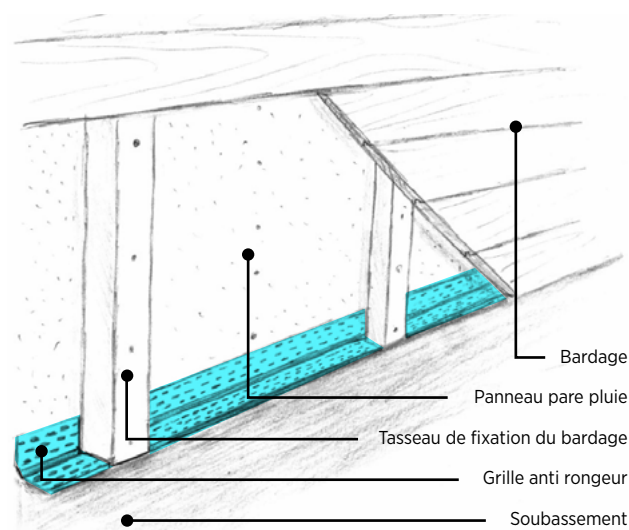
Immeuble mixte Marseille Docks Libres (Nexity - SNC Marseille Docks Libres) Architectes : Carta Associés. © Yann BOUVIER

La bavette de recouvrement du bardage est visible entre chaque étage de cet immeuble en bois,

• Protéger la lame d'air

Des recherches récentes sur la propagation du feu en façade²⁵ ont montré que l'on réduit significativement la vulnérabilité des vêtues en obturant la lame d'air en situation d'incendie. Cela permet d'éviter l'effet dit « cheminée » qui permet au feu de se propager très rapidement grâce à la circulation d'air derrière la vêtue. Pour cela, un joint intumescent est placé dans la lame d'air au-dessus de chaque recouvrement par un déflecteur. Ce joint laisse circuler l'air en temps normal mais lorsqu'un incendie advient, il s'expande sous l'effet de la chaleur et obture la lame d'air. De même que le déflecteur de flammes, cette solution est obligatoire pour les façades de grande hauteur en application des prescriptions du guide du CSTB (daté du 4 juillet 2016) relatif à l'application de l'Instruction Technique n° 249 - version 2010 - sur la propagation du feu par les façades.

La mise en œuvre des vêtues et des bardages prévoit que la lame d'air soit protégée à sa base par une grille métallique anti-rongeur. En plus de sa fonction originelle, celle-ci peut constituer une barrière contre les brandons et atténuer le passage de flammes dans la lame d'air. Il est aussi possible d'utiliser un joint intumescent de type « Firestop » qui, en plus de sa fonction d'obturateur de la lame d'air en cas d'incendie, pourrait aussi jouer le rôle de dispositif anti-rongeurs.



²⁴ L'exigence portée sur la bavette tient davantage à sa stabilité au feu qu'à son caractère combustible

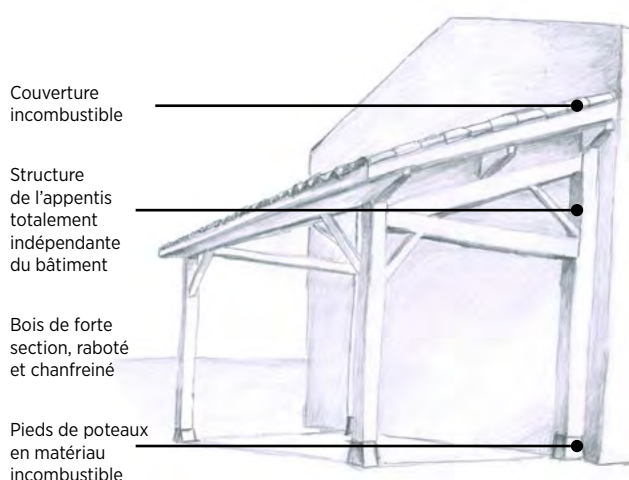
²⁵ Essais menés dans le cadre du Plan Bois

D. LES APPENTIS

La structure des appentis est parfois liée à la structure interne du bâtiment. Pour éviter que le feu ne se propage à l'intérieur de l'enveloppe via cette structure, celle-ci doit être déconnectée grâce à des poteaux supportant tout le poids de l'appentis et situés à l'extérieur du mur de la construction principale. Ce choix de déconnecter les structures est d'autant plus pertinent qu'il supprime certains ponts thermiques et améliore ainsi l'isolation thermique de la construction.

En plus de l'emploi usuel de bois de forte section, qui diminue l'inflammabilité du matériau, on peut appliquer d'autres techniques visant à réduire l'inflammabilité : bords chanfreinés ou arrondis, bois rabotés, etc. Une attention particulière sera portée à la conception de ces charpentes pour éviter autant que possible les pièces horizontales sur lesquelles les brandons pourraient se déposer et à la qualité de réalisation des assemblages bois/bois pour empêcher que des brandons ne soient « piégés » dans des interstices.

L'usage d'une couverture incombustible (en tuiles ou en tôle) est préférable, car celle-ci protège le haut de la construction d'un feu qui pourrait se développer en dessous de l'appentis.



Lorsque l'appentis est clos pour servir de garage et/ou d'espace de stockage de divers matériaux (dont certains sont des combustibles potentiels), il est important de veiller à l'étanchéité aux brandons des parois et de la couverture de manière à limiter les risques de départ de feu à l'intérieur.

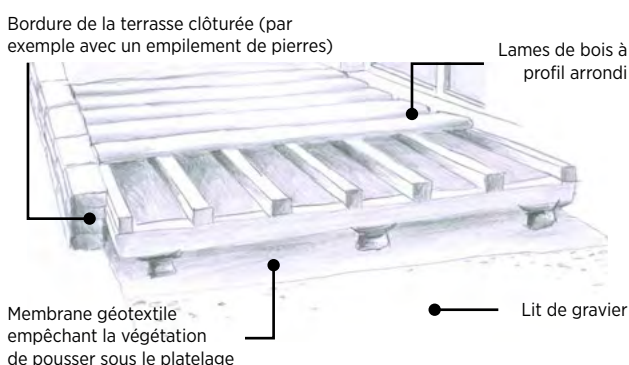
E. LES TERRASSES BOIS

Comme pour les autres éléments externes, il est suggéré que la structure bois de la terrasse soit déconnectée de celle du bâtiment.

La disposition horizontale du platelage d'une terrasse fait que le développement du feu y est moins puissant que lors de l'inflammation d'éléments verticaux. Cependant, les terrasses sont souvent proches des bâtiments : il peut donc être pertinent de limiter le risque de propagation du feu via cet élément.

Les terrasses bois, étant proches du sol, sont essentiellement sensibles au feu se propageant par la strate herbacée et les brandons. Les mesures permettant de limiter le risque de propagation du feu à la terrasse par la strate herbacée ou par la projection de brandons sont :

- Apposer une membrane géotextile sur lit de gravier ou sable avant de poser la terrasse, pour éviter la croissance de végétation sous le platelage (ce qui correspond aux règles de l'art). Ainsi, les brandons qui passeraient entre les lames ne pourraient pas initier de départ de feu en dessous.
- Clôturer l'espace entre le bord de la terrasse et le sol, afin de prévenir tout passage de flammes venant de la strate herbacée et pour empêcher le vent d'attiser le feu par en dessous.
- Laisser une bande sans végétation tout autour de la terrasse. Cet espace pourra être minéralisé pour minimiser la croissance des végétaux.
- Pour les lames de terrasse, utiliser les profils classiques très arrondis afin de réduire l'inflammabilité des angles. Les platelages bois comportent nécessairement un jeu entre les lames d'au moins 5 mm, afin de permettre les variations dimensionnelles du bois du fait des écarts d'humidité. Il n'est donc pas possible de constituer une surface continue.



Enfin, lorsque la terrasse en bois est située directement contre le bardage de la façade (sachant que les replats sont propices à l'accumulation de brandons) ou d'une ouverture vitrée (zone particulièrement vulnérable, bien que destinée à être occultée) on peut créer une discontinuité entre les éléments combustibles de la terrasse et ceux de la façade en disposant à l'interface de ces deux ouvrages une bande de matériau incombustible (minéral ou métallique) de largeur appropriée (15 à 20 cm minimum).

F. LES BALCONS ET LES COURSIVES EXTERNES

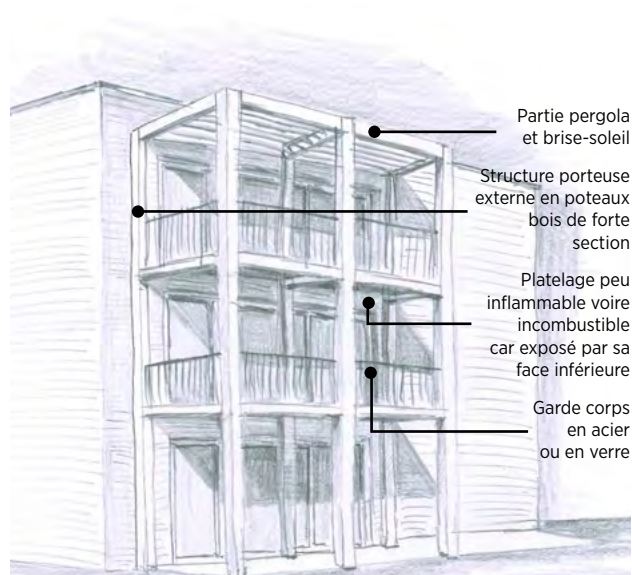
Les balcons et coursives externes peuvent généralement disposer d'une structure indépendante de la structure porteuse principale du bâtiment, ce qui permet d'éviter une propagation du feu à travers l'enveloppe par ces éléments. Cette pratique est par ailleurs couramment utilisée pour son intérêt sur le plan de l'isolation thermique de la construction car elle permet de limiter les ponts thermiques.

Les éléments de structure peuvent être métalliques (donc incombustibles) ou en bois de forte section, rabotés et chanfreinés (ce qui est usuellement le cas).

Concernant les platelages des balcons, il faut avoir à l'esprit que leur position élevée les rend plus vulnérables que les platelages de terrasses. Ils peuvent être sollicités par un feu venant d'en dessous, contrairement à une terrasse de plain-pied pour laquelle peuvent être mises en œuvre des dispositions protectrices²⁶. De plus les balcons sont nécessairement situés contre la façade et devant des ouvertures.

Aussi, il est recommandé de réaliser les planchers des balcons et coursives avec des dalles préfabriquées en béton ou bien des caillebotis en acier galvanisé ou bien en éléments en verre trempé. Quant aux garde corps, il est préférable qu'ils soient prévus en acier galvanisé ou bien en éléments en verre trempé.

Enfin, il est pertinent d'éviter les interstices fins (de quelques millimètres) entre bois en raison du risque de départ de feu par contact avec les brandons pouvant venir s'y coincer.



26 Voir partie précédente

G. LES PERGOLAS

Les pergolas sont des structures externes à la construction dont la fonction est de procurer un ombrage au bâtiment ou aux espaces de vie en extérieur. Par cet ombrage, la pergola offre une contrepartie intéressante à une végétation dense dans les alentours proches du bâtiment qui serait problématique vis-à-vis du risque de feu de forêt.

Comme pour d'autres éléments externes, il est important de déconnecter sa structure de celle du bâtiment, afin d'éviter une propagation du feu dans l'épaisseur de l'enveloppe.

Les pergolas en bois sont généralement constituées de bois de forte section, rabotés et au profil arrondi. Ces caractéristiques permettent de limiter leur inflammabilité.



Pergola en bois couverte par des toiles amovibles

Pergola en bois couverte par des lames brise-soleil métalliques.



La structure des pergolas offrant un ombrage partiel, elles sont parfois complétée par d'autres éléments. Lorsque la pergola est proche du bâtiment, il est nécessaire d'être vigilant quant à la nature de ces éléments afin qu'ils ne deviennent pas des vecteurs de propagation du feu. Parmi les éléments courants on peut citer :

- Les toiles : très inflammables mais leur combustion est rapide (faible masse combustible) et elles peuvent se décrocher rapidement lorsqu'elles commencent à brûler. Dans l'idéal elles doivent être retirées par les occupants avant que le feu de forêt n'atteigne les alentours de la construction.
- Les plantes grimpantes : elles doivent être entretenues régulièrement de manière à contenir leur croissance et limiter leur

présence aux pousses de l'année qui sont gorgées d'eau et présentent ainsi peu de masse combustible.

- Les canisses naturelles ou en plastique : ces matériaux sont extrêmement inflammables, leur matière combustible n'est pas négligeable et ils sont moins faciles à enlever qu'une toile. Les canisses posées sur pergolas ont déjà été impliquées dans des sinistres de bâtiment lors de feux de forêt.
- Les lames brise-soleil en bois ou en métal (voir ci-après)

H. LES BRISE-SOLEIL

Les brise-soleil sont un composant essentiel de l'architecture bioclimatique²⁷ méditerranéenne. Ils sont en effet disposés de manière à ombrager la construction aux heures chaudes de l'été et laisser passer la lumière directe en saison froide.

Il existe deux principaux types de brise-soleil :

- Ceux servant d'occultation aux vitrages²⁸, intégrés au cadre de la fenêtre et le plus souvent constitués de lames métalliques orientables. En tant qu'éléments incombustibles, ils ne peuvent pas constituer un vecteur de propagation du feu.
- Ceux qui sont rapportés devant les façades ou les ouvertures, ou bien posés sur des pergolas.

Sur les brise-soleil rapportés, les lames en bois classiques sont souvent des éléments fins car ils n'ont pas de fonction structurale. Il est recommandé de les remplacer par des éléments en bois moins inflammables, c'est-à-dire de forte section, rabotés et dont les arêtes sont cassées ou arrondies. Il existe également des lames de brise-soleil métalliques.

Il est important de veiller à ce que les brise-soleil rapportés laissent la possibilité d'occulter facilement et efficacement les ouvertures.



Architecte : Jérôme Solari



Architecte : Jérôme Solari

Pergola et lames brise-soleil en bois de forte section.

Les principales sources de vulnérabilité d'un bâtiment à un incendie venu de l'extérieur comme le sont les feux de forêt ne sont pas directement liées au système constructif choisi - maçonnerie, structure bois ou métal - mais à la configuration des constructions : nombre, dimensions et protection des ouvertures, toiture plate ou inclinée, présence d'appendices divers.

La plus grande attention doit être portée par les concepteurs aux détails constructifs de façon à empêcher, de manière systématique, le dépôt des brandons qui constituent le principal

facteur de risque de propagation de l'incendie à l'intérieur des constructions.

La qualité de l'exécution des ouvrages est, dans ce domaine comme dans les autres, une condition indispensable pour obtenir l'efficacité nécessaire à la maîtrise du risque.

L'utilisation de techniques décrites dans le chapitre ci-dessus doit permettre de réaliser des constructions qui jouent correctement leur rôle de refuge pour leurs occupants à des coûts maîtrisés.

²⁷ Voir encadré en page 27

²⁸ Exposés en page 33, dans la partie sur les ouvertures

3. ATTEINDRE DES PERFORMANCES AU FEU QUALIFIÉES

Les constructions situées à l'interface forêt/zone urbaine ne sont pas toutes exposées au même niveau de risque. Quelques choix constructifs pertinents – tels que ceux exposés en partie précédente – peuvent suffire à améliorer significativement la sécurité pour des constructions en situation de risque modéré. En revanche, lorsque les constructions sont dans une situation les exposant directement au flux thermique d'un incendie de forêt, celles-ci doivent pouvoir servir de refuge à leurs occupants pendant que la situation extérieure est intenable, ce grâce à un système constructif performant.

Ce chapitre aborde la question de la composition des parois d'un bâtiment. Il présente les notions réglementaires servant à qualifier les performances au feu – tout en les resituant dans le contexte d'un feu de forêt, puis propose des pistes pour atteindre des performances au feu qualifiées avec des parois composées de bois et de matériaux biosourcés.

MISE EN GARDE : Les propositions techniques présentées ne sont pas des solutions techniques dont les performances en situation de feu de forêt sont démontrées. Quant aux dessins, ils n'ont qu'un rôle d'illustration des idées développées dans le texte.



© SDIS 06

Pompiers déployés devant un front de flammes de forte intensité

3.1. TRADUCTION DES OBJECTIFS DE SÉCURITÉ

A. DES OBJECTIFS AUX CRITÈRES

En situation d'incendie de forêt, l'objectif poursuivi est la sécurité des personnes se trouvant dans la zone parcourue par le feu, non la protection des biens. Pour cela, les personnes doivent obligatoirement se mettre en sécurité dans un bâtiment. Leur sécurité dépend alors des performances de ce bâtiment.

OBJECTIFS DE PERFORMANCES DU BÂTIMENT	CRITÈRES ASSOCIÉS
Capacité à procurer un refuge efficace	
Les personnes doivent être réfugiées dans un bâtiment durant le passage du front de flammes, au moment où l'impact thermique est maximal. Il est donc nécessaire que l'enveloppe du bâtiment soit suffisamment performante pour maintenir ses occupants en sécurité alors que les conditions extérieures sont intenable.	Résistance au feu de l'enveloppe
Résilience au passage d'un feu de forêt	
Les matériaux mis en œuvre en extérieur ne doivent pas créer de foyer suffisamment important pour aggraver significativement les conditions extérieures durant le passage du front de flammes: cela pourrait mettre en danger les pompiers déployés autour du bâtiment ou provoquer des réactions de panique chez les occupants. On peut cependant admettre des dégâts mineurs.	Réaction au feu des éléments extérieurs
Il faut prévenir le risque de généralisation de l'incendie à tout le bâtiment même si le feu de forêt est déjà passé. Le fait qu'un bâtiment prenne feu peut désorganiser l'action des forces de lutte en les empêchant de combattre efficacement le feu de forêt et avoir des conséquences sur la sécurité d'autres personnes. Cette problématique concerne particulièrement les bâtiments bois et biosourcés car les matériaux mis en œuvre constituent une importante masse combustible.	Résistance au feu + Réaction au feu de la face extérieure de l'enveloppe

Les critères de résistance au feu et de réaction au feu peuvent être complétés par d'autres critères spécifiques à certains éléments du bâti (toitures et façades).

B. LES DEGRÉS DE PERFORMANCE

Dans les PPRIF existants, différents degrés (valeurs) de résistance au feu ou de réaction au feu ont été définis, mais sans démarche d'étude préalable. Pour apporter des réponses précises, la question des degrés de performance fait actuellement l'objet d'une étude basée sur des expertises et des modélisations²⁹. Des situations de référence correspondant au cas de constructions exposées directement au feu de forêt dans différentes situations (en fonction de la distance de débroussaillage, du type de végétation, de la pente, la vitesse du vent, etc.) ont été définies. Grâce à des modélisations dans ces situations de référence, on connaîtra bientôt plus précisément les sollicitations thermiques auxquelles sont soumises les constructions. Ces sollicitations thermiques seront comparées à celles que l'on mesure dans le cadre des essais au feu normalisés: ainsi des analogies entre critères réglementaires et situation d'incendie de forêt pourront être établies.

Les degrés de performance exigés dans les PPRIF seront alors établis à partir d'une démarche d'étude. Ils pourront même être adaptés aux différents niveaux d'exposition étudiés, ce qui permettra de proportionner les exigences réglementaires.

L'enjeu des configurations techniques proposées dans la suite de ce chapitre n'est pas de déterminer les degrés de performance exacts pouvant être atteints mais de donner des principes techniques. Dans un cas réel, pour une exigence donnée, il est possible d'adapter le degré de performance en se basant sur les informations délivrées par le fabricant du matériau dévolu au rôle protecteur et en jouant éventuellement sur le nombre ou l'épaisseur des couches.

²⁹ Étude menée par la Direction Générale de la Prévention des Risques (Ministère de l'intérieur) et la Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et du Patrimoine (Ministère du Logement)

3.2. CRITÈRES ET ESSAIS QUALIFIANT LES PERFORMANCES

A. LA RÉSISTANCE AU FEU

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages

La résistance au feu est la durée pendant laquelle un matériau ou une configuration constructive donnée est capable d'assurer les rôles qui lui sont dévolus en termes de sécurité malgré l'action d'un incendie, dans les conditions d'un essai au feu spécifique. Les performances mesurées sont exprimées en degrés ou classes, directement liées à la durée pendant laquelle les critères de performance retenus sont satisfaits.

Les trois principaux critères de sécurité sont :

Résistance mécanique : durée pendant laquelle un élément structurel (qu'il soit surfacique comme une paroi ou un plancher ou linéaire comme une poutre) assure son rôle porteur.

Etanchéité aux flammes et aux gaz chauds : durée pendant laquelle un élément séparatif empêche tout passage de flammes ou de gaz chauds inflammables susceptibles de propager le feu sur la face non exposée ou dans le local contigu.

Isolation thermique : durée pendant laquelle un élément séparatif maintient sa face non exposée au feu en dessous de seuils de température (140°C en moyenne sur la surface et 180°C ponctuellement) ce qui permet d'empêcher toute propagation du feu en face non exposée par transfert de chaleur.

D'autres critères peuvent également être mesurés en fonction des enjeux, mais leur usage est moins courant (limitation du rayonnement W, etc.)

À ces critères est donc associée une durée de performance exprimée en minutes, avec les classes suivantes : 15 min, 20 min, 30 min, 45 min, 60 min, 90 min, 120 min, etc.

La performance de certains éléments peut être complétée par un indice servant à connaître le « sens du feu » lors de l'essai. Pour une paroi verticale, l'indice (i → o) signifie que la face intérieure était exposée et (o → i) que la face extérieure était exposée. Ces indices existent également pour les plafonds : (b → a) lorsque le feu est en face inférieure et (a → b) lorsque le feu est en face supérieure. L'utilisation de ces indices n'est pas systématique.

Exemples d'écriture de résistance au feu :

- Performance en résistance mécanique d'une poutre pendant une demi-heure : R 30
- Performance en étanchéité au feu d'une demi-heure d'une paroi verticale porteuse attaquée côté extérieur : RE 60 (o → i)
- Performance en étanchéité et isolation de 15 minutes d'un écran horizontal non porteur attaqué sur la face inférieure : EI 15 (b → a)

TRANSPOSITION AVEC L'ANCIEN RÉFÉRENTIEL FRANÇAIS :

R = SF (stabilité au feu)

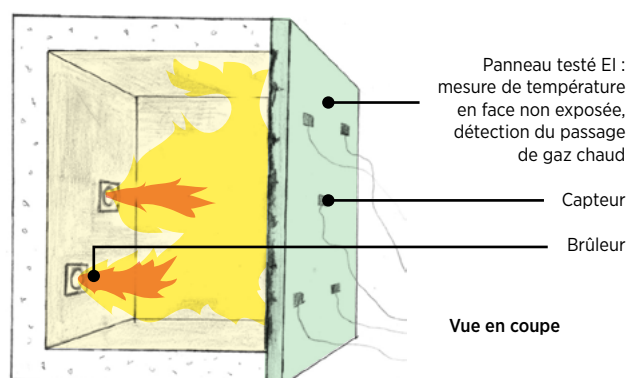
E ou RE = PF (pare flammes)

EI ou REI = CF (coupe-feu)

Les essais conventionnels de résistance au feu

Ces essais consistent à fabriquer des éléments à qualifier aux dimensions requises (environ 3 m sur 3 m pour les parois) et à les placer contre une chambre munie de brûleurs à gaz produisant des flammes, des gaz chauds et provoquant une montée en température. Les protocoles varient en fonction des types d'éléments à tester et des critères retenus. Par exemple, les essais visant à caractériser le degré de résistance mécanique d'éléments porteurs utilisent une lourde charge placée sur le complexe. Différents capteurs analysent les performances de l'élément pendant l'essai.

Les protocoles d'essais ont été initialement conçus pour des situations d'incendie intérieur. On peut toutefois admettre qu'ils sont adaptés à une situation d'incendie de forêt si les brûleurs à gaz sollicitent la couche située côté extérieur d'une paroi, en lieu et place de celle située côté intérieur.



- **Applications et limites de la résistance au feu dans le cas de l'incendie de forêt :**

Les règlements constructifs des PPRIF exigent souvent un degré de résistance au feu des parois verticales. Parfois les parois concernées sont uniquement celles qui sont situées du côté exposé au feu de forêt. L'exigence porte sur l'étanchéité seule (E) ou bien sur l'étanchéité et l'isolation thermique (EI). Il n'y a généralement pas d'exigence sur la stabilité mécanique (voir encadré).

Dans les règlements des PPRIF existants, lorsque qu'une exigence en résistance au feu est portée sur l'enveloppe, les degrés indiqués peuvent aller de 30 minutes à 1 heure (pour les critères EI ou E seul). L'attribution de ces valeurs a jusqu'à présent été effectuée sans démarche d'étude des conditions thermiques correspondant à une situation de feu de forêt.

Le critère de l'étanchéité de l'enveloppe garantit que les personnes réfugiées restent protégées des flammes et que le feu ne peut pas passer dans l'espace intérieur. Le critère de l'isolation a pour objet de limiter la hausse de température à l'intérieur. Celui-ci ne figure pas toujours dans les exigences.

Pour améliorer la résilience du bâtiment, il est pertinent de faire porter les exigences d'étanchéité et d'isolation sur une couche située sur le côté extérieur de l'enveloppe. Ainsi, en plus de la protection des personnes réfugiées, cela garantit que les éléments situés côté intérieur de la couche protectrice (comme des isolants ou des éléments de structure en bois) sont protégés des flammes, des gaz chauds et du transfert de chaleur susceptibles d'initier une pyrolyse active à l'intérieur de l'enveloppe. Nous appellerons cette couche l'écran protecteur.

LA STABILITÉ MÉCANIQUE DES STRUCTURES EST-ELLE MENACÉE PAR UN FEU DE FORÊT ?

Structures « minérales » (pierre, brique, parpaing, béton armé, etc.) : Non, car l'énergie du front de feu est insuffisante pour les dégrader.

Structures bois : Non, si elles sont protégées du feu. La capacité portante d'une structure bois n'est pas menacée tant qu'elle n'est pas en situation de combustion. Or le fait d'empêcher la propagation du feu vers l'intérieur de la construction a pour corollaire de prévenir la combustion de la structure interne. En outre il convient de rappeler que les structures bois ont un comportement stable lorsqu'elles sont exposées au feu, ce pendant une durée qu'il est possible de déterminer par le calcul.

Structures métalliques légères et structures en matière plastique : Prudence. La chaleur de l'incendie peut altérer la stabilité mécanique de ces structures beaucoup plus vite que celle des structures bois.



L'ÉCRAN PROTECTEUR : UN OUTIL DE LA RÉSISTANCE AU FEU DES PAROIS

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP) :

Article AM 8

Arrêté du 6 octobre 2004 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public : Guide d'emploi des isolants combustibles.

Historiquement, « l'écran protecteur » est devenu nécessaire avec la généralisation de l'isolation par l'intérieur des parois, des cloisons et des combles avec des isolants combustibles (polystyrène, rouleaux de laine de verre, dérivés de bois et de papier, etc.) suite au choc pétrolier. On retrouve ainsi des dispositions techniques concernant la nature et la mise en œuvre des écrans protecteurs dans la réglementation de la sécurité incendie dans les ERP (Établissements Recevant du Public).

• Réglementation ERP

Le « Guide d'emploi des isolants combustibles », datant de 2004, fournit un certain nombre d'informations sur la mise en œuvre des écrans protecteurs. Rappelons que ces dispositions ont été élaborées pour le côté intérieur des parois exposé au feu.

Voici quelques-uns des matériaux « écran » cités : Plaque de plâtre, Enduit plâtre projeté sur armature métallique fixée à la cloison, Panneaux de particules de bois agglomérées au ciment, Panneaux OSB, Panneaux MDF, Contreplaqué, Bois massif, Laine de roche dense, etc.

Concernant la mise en œuvre, l'exigence principale est portée sur la continuité de l'écran. Cela implique que les jointements entre les plaques soient traités de l'une des manières suivantes :

- Être situés au droit d'un élément d'ossature, principal ou secondaire sur lesquels les éléments d'écran juxtaposés sont fixés mécaniquement.
- Être équipés d'un profil métallique ou en bois, apparent, masqué ou encastré.
- Être assemblés par emboîtement, emboîtement, feuillure ou par rainure et languette.
- Être garnis d'une matière incombustible, ou intumescence ou d'une colle (enduit seul ou enduit plus bande, mortier, mastic ou équivalent)

Concernant les fixations, il est précisé que l'écran doit être fixé mécaniquement à la paroi (soit directement soit via une ossature secondaire). Les fixations ne doivent pas être en matière plastique.

• Murs bois : Solutions écrans en doublage intérieur

Pour les systèmes constructifs à base de bois, le DTU Bois Feu de 1988 détaille des solutions protectrices en doublage intérieur des parois.

Dans le cadre du Plan bois³⁰, des essais conventionnels de résistance au feu ont été effectués sur des parois et des planchers à ossature bois protégés par des écrans protecteurs en face interne, de manière à réactualiser les solutions écrans décrites dans le DTU Bois Feu afin qu'elles soient compatibles avec les Eurocodes. L'étude apporte des solutions génériques pour des degrés de résistance au feu de 15, 30 et 60 minutes³¹.

Ces essais ont mis en évidence :

- L'efficacité des solutions avec deux couches protectrices superposées (2 plaques de plâtre ou 1 plaque de plâtre devant une plaque OSB) permettant une discontinuité des joints, ces zones étant particulièrement sensibles à cause du phénomène de retrait du plâtre en situation d'incendie.
- Le bon comportement des isolants biosourcés situés derrière les écrans, les performances des parois associées ayant été aussi bonnes voire meilleures qu'avec de la laine de verre.

• Façades bois : Écrans protecteurs mis en œuvre en face extérieure

Voir page 55, avec les essais récents de feux de façades à structure bois dans le cadre du Plan Bois.

30 Programme d'action national visant à faire évoluer la technique et la réglementation des solutions constructives bois, démarré en 2011.

31 Le rapport Etude du comportement au feu de parois et planchers constitués de structures bois est disponible sur le site internet du CODIFAB.

B. LA RÉACTION AU FEU

La réaction au feu qualifie la contribution d'un matériau au développement d'un feu et à la production de fumées dans les premiers instants d'un incendie. Cette notion est établie à partir de la mesure de différents critères lors d'essais au feu spécifiques. L'essai utilisé pour les matériaux combustibles dure 30 minutes.

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement

• Critère principal : La contribution au développement du feu

Pendant les essais sont mesurés les critères suivants : l'élévation de température, la perte de masse, la durée de l'inflammation, le pouvoir calorifique supérieur, l'accélération de la production énergétique, le dégagement thermique total et la propagation de flammes. Ces critères permettent de déterminer les classes suivantes :

- A1: Incombustible
- A2, B, C, D, E: Matériaux combustibles (ordonnés par contribution croissante au développement du feu)
- F: Non classé

• Critères complémentaires :

L'épaisseur de fumée dégagée

- s1: production de fumées très faible
- s2: production de fumées limitée
- s3: production de fumées élevée

La production de gouttelettes enflammées

- d0: pas de gouttelettes enflammées
- d1: gouttelettes enflammées à persistance courte (<10 s) + produit non thermo-fusible dans les conditions de l'essai
- d2: gouttelettes enflammées à persistance longue

Les différents degrés de réaction au feu :

transposition entre Euroclasses et classement français

Euroclasses			Classement français M
A1	–	–	Incombustible
A2	s1	d0	M0 (produit non combustible)
A2	s1	d1	M1 (produit non inflammable)
	s2 s3	d0 d1	
B	s1 s2 s3	d0 d1	
C	s1 s2 s3	d0 d1	M2 (produit difficilement inflammable)
D	s1 s2 s3	d0 d1	M3 (produit moyennement inflammable) ou M4 (produit facilement inflammable)
Toutes classes autres que E-d2 et F			M4 (produit facilement inflammable)

Attention : les correspondances ne fonctionnent que dans un seul sens. Par exemple, l'Euroclasse B-s1-d0 permet d'obtenir le classement M1 et non l'inverse.

L'essai SBI « Single Burning Item »

Cet essai, réalisé au sein d'un module de combustion, soumet le matériau testé à une source de feu isolée (brûleur à gaz), située dans un angle rentrant (voir photo ci-contre) et produisant une flamme verticale d'environ 80 cm. La réaction de l'échantillon (dégagement de chaleur et de fumées, temps d'apparition des phénomènes, etc.) est mesurée instrumentalement ainsi que par l'observation.

Cet essai tient compte des conditions de mise en œuvre du matériau. Par exemple, pour classer un bardage bois, il faut qu'il soit assemblé pour l'essai.

D'autres types d'essai peuvent venir compléter la connaissance de certains critères entrant en jeu pour déterminer la réaction au feu (essai à la petite flamme, essai d'incombustibilité).

Certains matériaux sont classés par la réglementation comme n'apportant aucune contribution à l'incendie. Ils sont donc classés A1 et ne nécessitent pas d'essai au feu. Parmi ceux-ci on trouve ces produits courants : la pierre naturelle, le béton, la fibre-ciment, le ciment, la chaux, les granulats minéraux, la laine de roche, la céramique, le verre, le verre cellulaire, des métaux (fer, acier, acier inoxydable, cuivre, zinc, aluminium et leurs alliages), le gypse, le plâtre, les éléments en argiles, l'argile la perlite et la vermiculite expansées, etc.

Le tableau en page 42 (chapitre précédent) donne des valeurs indicatives de réaction au feu de différents types de bardage et véitures dont les qualifications ont été obtenues par l'essai.



© FCBA

Applications et limites de la réaction au feu dans le cas de l'incendie de forêt :

Les règlements des PPRIF exigent parfois des degrés de réaction au feu pour les couches extérieures des parois, en réponse à une problématique de développement du feu par ces couches extérieures.

Une exigence de réaction au feu peut être portée sur la couche jouant le rôle d'écran protecteur. Cette couche est censée « encaisser » le flux thermique du front de feu et ainsi protéger les occupants et les éléments constructifs situés côté intérieur. Du fait de cette forte sollicitation, il existe un risque de développement du feu dans le matériau de cette couche si celui-ci est combustible. Cela explique le fait que certains règlements de PPRIF fassent porter une exigence de réaction au feu sur la couche jouant le rôle d'écran protecteur (classement minimum A2).

Les exigences de réaction au feu sur les revêtements extérieurs sont assez hétérogènes. Certains règlements ne fixent pas d'exigences, d'autres demandent des revêtements classés M0, M1 ou M2³². Cela peut se justifier pour limiter les risques de propagation du feu à l'ensemble du bâtiment, éviter les situations de panique et ne pas aggraver les conditions à l'extérieur, pour faciliter l'intervention des pompiers autour de la construction.

Enfin, de même que pour la résistance au feu, les degrés de réaction au feu exigés dans les PPRIF n'ont pas été déterminés à partir d'une connaissance précise des sollicitations thermiques en situation d'incendie de forêt. Les études en cours³³ permettront de connaître les degrés adaptés aux enjeux.

³² Se référer au tableau en page 52 pour la transposition avec les Euroclasses.

³³ Voir page 48.

C. LES EXIGENCES DE PERFORMANCE AU FEU DES FAÇADES

Dans les incendies de bâtiments, les façades sont un vecteur potentiel de propagation du feu d'un étage à l'autre. La réglementation incendie appliquée aux ERP ainsi qu'aux bâtiments d'habitation de 3^e et 4^e famille fait porter des exigences sur les performances au feu des façades vitrées. Les objectifs de performances portent sur :

- L'étanchéité au feu des façades des niveaux supérieurs à celui où s'est déclaré l'incendie,
- La vitesse de propagation au revêtement de façade (bardage, ITE, etc.) des niveaux supérieurs
- L'étanchéité des jonctions plancher/façade.

L'Instruction Technique n°249 comporte des solutions techniques, portant sur l'architecture et la composition des parois, limitant la propagation du feu par les façades. Certaines de ces solutions techniques sont adaptées aux façades à structure bois. Dans le cas où la conception des façades ne répond pas aux exigences de cette instruction technique, il est nécessaire de procéder à un essai au feu.

L'essai au feu LEPIR 2

Contrairement aux essais évoqués précédemment, l'essai LEPIR 2 est un essai en « situation réelle » : il est réalisé en extérieur, avec un échantillon de mur de façade assemblé à taille réelle et à partir de la combustion d'un bûcher de bois de 600 kg (et non de brûleurs à gaz).

Le dispositif est composé d'un local en béton armé dont l'une des faces verticales est ouverte et accueille la façade à tester. Celle-ci doit comporter deux ouvertures vitrées superposées. L'essai démarre par la mise à feu du bûcher de bois situé à l'intérieur du niveau bas. Le vitrage du bas se brise rapidement ce qui provoque la sortie des flammes vers l'extérieur, sollicitant directement la façade. Les mesures et les observations sont réalisées durant l'essai et après l'extinction de l'incendie, qui intervient au terme de la durée de performance attendue (1/2 heure, 1 heure ou plus).

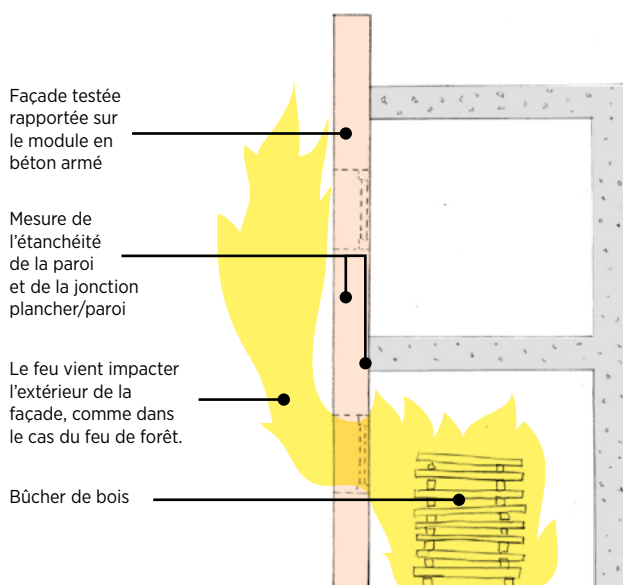
Les modalités de cet essai, définies en 1970, ne correspondent plus aux objectifs attendus aujourd'hui d'un essai de ce type. Elles seront vraisemblablement reconsidérées dans un proche avenir pour tirer plus d'enseignements en tenant compte de l'évolution des matériaux et des dispositions constructives répondant à de nouvelles exigences (la transition énergétique, notamment).

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).

- Article CO 19 à CO 22

- Instruction technique n°249



Essai au feu LEPIR 2. Les flammes sont produites par la combustion du bûcher, non par celle des matériaux de construction.



© CSTB

Applications et limites des performances au feu des façades dans le cas de l'incendie de forêt :

Les règlements de PPRIF ne font pas porter d'exigences particulières en termes de limitation de la propagation du feu d'un étage à l'autre. L'IT 249 ne s'applique que dans les cas prévus dans son domaine d'application.

L'expérience des feux de façade peut être prise en compte pour comprendre comment réagissent certaines parois à une

sollicitation par un feu puissant venu de l'extérieur. Étant donné que les flammes produites par le bûcher se retrouvent rapidement à l'extérieur, on est dans une situation analogue à celle de l'incendie de forêt, car c'est la face extérieure de la façade qui est sollicitée.

Les sollicitations thermiques des essais LEPIR 2 sont beaucoup plus intenses que celles que subit un bâtiment impacté par un incendie de forêt : cela permet donc de considérer les solutions qualifiées par ces essais comme valides vis-à-vis des performances recherchées dans le cas d'un incendie de forêt.

PERFORMANCES DES FAÇADES À STRUCTURE BOIS TESTÉES DANS LE CADRE DU PLAN BOIS³⁴

La France s'oriente aujourd'hui vers la construction de grands immeubles en structure bois avec l'objectif d'améliorer le bilan environnemental du secteur du bâtiment. Pour la réalisation de tels projets, il est indispensable de disposer de données fiables sur la sécurité incendie de ce nouveau type de construction.

Dans le cadre du Plan bois, des configurations permettant d'améliorer les performances au feu des façades d'immeubles en bois ont fait l'objet d'une campagne d'essais LEPIR 2. Grâce à ces essais, il est désormais admis que la mise en œuvre d'un écran protecteur non combustible permet de ne pas comptabiliser les matériaux situés derrière l'écran (comme les bois de structure et les isolants) dans le calcul de la masse combustible mobilisable. Un certain nombre de solutions techniques se sont avérées concluantes et permettent de réactualiser les configurations contenues dans l'IT 249. Elles sont présentées dans un guide technique édité par le CSTB et le FCBA³⁵.

Les résultats obtenus ont permis de justifier de la performance E (o→i) 30 de parois à ossature bois dans les conditions d'un essai au feu de façade, avec des écrans protecteurs adaptés aux modes constructifs bois actuels. Ces écrans protecteurs – disposés en face extérieure – sont les suivants :

- Toute plaque rigide justifiant d'un PV de classement de résistance au feu EI 30 et dont la réaction au feu est à minima A2-s3, d0

- Plaque de plâtre hydrofuge conforme à la norme NF EN 520 (BA13 pour une exigence de stabilité au feu de la structure inférieure ou égale à 60 min et BA18 pour une exigence supérieure à 60 min)
- Plaque de plâtre renforcée de fibres de cellulose d'épaisseur minimale 12,5 mm, a minima A2-s3, d0
- Panneau de contreplaqué ignifugé selon la norme NF EN 636-3, classé B-s3, d0 et d'épaisseur minimale de 15 mm (pour une exigence de stabilité au feu de 30 min en façade porteuse et de 60 min en façade non porteuse)
- Panneau bois-ciment conforme à la norme NF EN 634-2, classé B-s3, d0 et d'épaisseur minimale de 12 mm (pour une exigence de stabilité au feu 30 min en façade porteuse et 60 min en façade non porteuse)
- ITE en laine de roche d'épaisseur comprise entre 60 mm et 100 mm, de masse volumique supérieure ou égale à 70 kg/m³, mise en œuvre entre des contre ossatures en bois massif ou abouté de section variant de 36 x 60 mm à 45 x 100 mm, d'entraxe 600 mm en pose horizontale conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2 ou du NF DTU 31.4

Par ailleurs, les configurations testées admettent la mise en œuvre d'isolants biosourcés derrière l'écran protecteur, à condition que celui-ci soit classé a minima A2-s3, d0 et que le bardage ventilé soit classé a minima B-s3, d0.

Les autres apports de cette campagne d'essais concernent la limitation de la propagation du feu en bardage³⁶ et l'étanchéité au feu au niveau des jonctions façade/plancher et des embrasures.

³⁴ Programme d'action national visant à faire évoluer la technique et la réglementation des solutions constructives bois, démarré en 2011.

³⁵ Voir bibliographie en page 76.

³⁶ Techniques évoquées en page 42.

D. LE CLASSEMENT AU FEU DES TOITURES

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toitures exposées à un incendie extérieur.

La réglementation fait porter des exigences particulières sur les toitures afin de prévenir les propagations du feu entre bâtiments voisins. La performance vis-à-vis d'un incendie extérieur est évaluée lors d'un essai spécifique sur un échantillon de toiture durant 30 minutes, par la mesure de deux critères analogues aux notions de résistance au feu (critère de l'étanchéité) et de réaction au feu :

- Le temps de passage du feu à travers la toiture
- Le temps de propagation du feu d'un bord à l'autre de l'échantillon (côté extérieur)

La combinaison de ces deux critères exprime le classement suivant :

Niveau	Temps de passage du feu à travers la toiture	Temps de propagation du feu en surface
B Roof (t3)	> 30 min	> 30 min
C Roof (t3)	15 à 30 min	10 à 30 min
D Roof (t3)	5 à 15 min	<10 min

L'essai au feu pour les toitures

Le protocole d'essai au feu utilisé en France est désigné par l'indice « t3 ». Il consiste à exposer un échantillon de toiture à un panneau radiant (générant un flux thermique de 12,5 kW/m² sur la couverture), une soufflerie (générant un vent de 10,8 km/h) et une matière incandescente à proximité de la couverture pendant une durée de 30 minutes. Les dimensions de l'échantillon et sa pente (5° ou 30°) sont normalisées.

Selon la réglementation, l'usage de certains matériaux incombustibles (classés A1 en réaction au feu) en couverture permet de qualifier la toiture pour sa performance au feu pour le niveau B-roof (t3) sans passer par un essai. Il s'agit des tuiles en terre cuite, céramique, béton, acier, des lauzes, des ardoises, des tôles en fibrociment et des tôles métalliques (épaisseur minimale de 0,4 mm). Le fait de recouvrir la couverture par certains matériaux inorganiques comme du gravier, une chape de mortier ainsi que de pierres ou de dalles minérales, en respectant les épaisseurs minimales indiquées dans l'arrêté, permet également de répondre aux exigences.

Applications et limites du classement au feu des toitures dans le cas de l'incendie de forêt :

Les règlements de PPRIF comportent parfois une exigence de classement des toitures au niveau B roof (t3). Ce classement semble adapté à l'enjeu de protection de la construction car il atteste d'une performance en étanchéité et en limitation de la propagation du feu. Ce niveau peut être obtenu grâce à l'emploi de matériaux de couverture courants. Il est à noter l'existence de complexes d'étanchéité pour toiture terrasse, dont des solutions avec végétalisation³⁷, qualifiées B roof t3.

Dans le cas des feux de forêt, l'un des vecteurs prédominants est le brandon. Or, certains types de couverture cités par la réglementation sont potentiellement perméables aux brandons. Aussi les mesures concourant à améliorer l'étanchéité aux brandons de la toiture³⁸ sont également importantes. Certaines configurations, comme les toitures plates, peuvent également être propices à une accumulation de brandons importante, pouvant générer un départ de feu. Il est important de prendre en compte le comportement au feu des matériaux susceptibles d'être en contact avec une accumulation importante de brandons, indépendamment du classement au feu de la toiture.

Enfin, si le matériau utilisé en couverture n'est pas assez performant, les solutions à base d'écrans protecteurs qualifiés en résistance et en réaction au feu sont également adaptées pour la protection des toitures. La couche écran peut être mise en œuvre sous la couverture, au dessus des éléments sensibles composant la toiture (notamment les isolants).

³⁷ Voir page 36.

³⁸ Voir les dispositions proposées en pages 35 à 38.

3.3. CONCEVOIR UNE ENVELOPPE PROTECTRICE ET RÉSILIENTE

Par enveloppe protectrice, nous entendons des parois capables de maintenir les occupants d'une construction à l'abri d'une exposition directe au feu de forêt pendant son passage aux abords du bâtiment. Avec la résilience de l'enveloppe, nous cherchons à éviter que celle-ci ne subisse une combustion généralisant le feu à l'ensemble du bâtiment.

Le parti-pris actuel, largement partagé par les experts de la sécurité incendie et les responsables de la question des PPRIF, est que l'enveloppe est performante à partir du moment où elle n'est pas percée par le feu et qu'elle ne subit pas de feu couvant dans son épaisseur.

Cela se traduit principalement par :

- *Une exigence d'étanchéité au feu E de la paroi (ou de l'une de ses couches constitutives)*
- *Une exigence d'isolation I d'une couche protectrice située devant une éventuelle couche de paroi combustible,*
- *Une exigence de réaction au feu de la couche protectrice (a minima A2-s3, d0 ou B-s3, d0).*

Nous ne reviendrons pas dans cette partie sur la réaction au feu des vêtements et des bardages. Cette question a été traitée dans le chapitre précédent³⁹. Le choix d'une vêtue ou d'un bardage relève en effet plus du choix architectural que de la composition des parois et leur performance ne permet pas, en général, de justifier de la performance d'une paroi.

RAPPEL : Les propositions techniques présentées ne sont pas des solutions techniques dont les performances en situation d'incendie de forêt sont démontrées. Quant aux dessins, ils n'ont qu'un rôle d'illustration des idées développées dans le texte.

A. LES PAROIS MINÉRALES

Les murs, toitures terrasse et dalles de plancher en parpaing, brique ou béton armé, les murs en pierre maçonnerie et les murs en terre crue peuvent former une enveloppe protectrice. En effet, ils sont constitués de matériaux non combustibles et conservent leurs propriétés mécaniques sous la sollicitation d'un feu de forêt. Leur rôle porteur implique en effet une épaisseur et une robustesse suffisantes pour obtenir l'étanchéité au feu recherchée. Outre la performance en étanchéité au feu, ces parois ont également une performance en isolation qui protège le côté interne de la paroi. Enfin, étant incombustibles ils ne nécessitent pas un classement en réaction au feu.

La mise en œuvre de tous types d'isolants biosourcés en ITI (isolation thermique par l'intérieur) est admise. La mise en œuvre d'une ITE (isolation thermique par l'extérieure) et d'un bardage doit quant à elle présenter un niveau de réaction au feu, et plus généralement de comportement au feu⁴⁰, correspondant aux exigences réglementaires.

Les parois minérales doivent néanmoins être mises en œuvre avec attention (position des ferraillements, discontinuité des joints) pour conserver leurs performances vis-à-vis du feu. Enfin, il faut bien garder à l'esprit que mettre en œuvre ce type d'enveloppe minérale ne dispense pas de traiter l'ensemble des vulnérabilités du bâtiment (ouvertures, passages dans l'enveloppe, toiture, jonction avec la toiture, etc.)



Crèches Les Petites Robinsons (Ville de Vitrolles).
Architectes : SCPA Lacaille Lassus. © Thomas Kendall

39 La réaction au feu de différents produits utilisés en bardage est exposée en page 42.

40 Voir partie sur les revêtements de façade en page 42.

B. LES PAROIS À OSSATURE BOIS

Les parois à ossature bois sont aujourd'hui le système constructif le plus courant dans le domaine de la construction en bois. Les panneaux sont constitués de montants et de traverses en bois sur lesquels sont fixés des panneaux structuraux rigides qui en assurent le contreventement. En région méditerranéenne, pour des raisons de confort d'été, il est souhaitable de compenser la faible inertie thermique de l'ossature bois en y intégrant des isolants biosourcés, plus performants sur le plan du déphasage thermique que les laines minérales.

Le rôle protecteur est dévolu à une couche située sur le côté extérieur de la structure : l'écran protecteur⁴¹.

Pour justifier des performances en étanchéité au feu de la paroi et de protection thermique des composants combustibles de la paroi (en particulier les isolants, qui seraient les premiers à subir une combustion), le plus simple est de se référer aux attestations fournies par les fabricants des matériaux utilisés comme écran, indiquant leurs performances en résistance au feu (critères E et I) et en réaction au feu. Il est alors important de respecter les bonnes pratiques de pose permettant à ces éléments d'être véritablement performants. Les configurations élaborées sur la base d'essais au feu permettent également de justifier de ces performances.

PRÉCAUTION CONCERNANT LA GESTION DE L'HUMIDITÉ DANS LES PAROIS

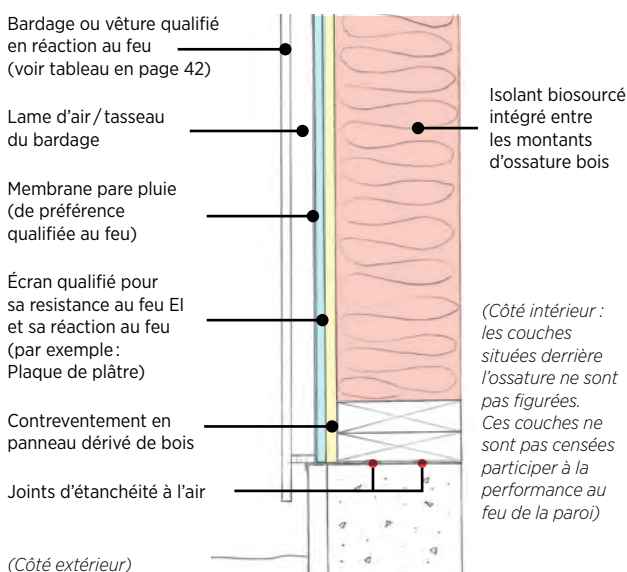
Contrairement aux parois béton, qui régulent mal l'humidité, les parois bois et biosourcées peuvent être conçues de façon à être « perspirantes ». Cela signifie qu'elles participent aux transferts de vapeur d'eau et améliorent ainsi le confort hygrothermique intérieur en hiver comme en été ainsi que la qualité sanitaire de l'air ambiant. Cependant le fait d'ajouter une couche supplémentaire – en l'occurrence la couche « écran » – sur le côté extérieur peut perturber les transferts de vapeur d'eau et être à l'origine d'accumulation d'eau liquide dans l'épaisseur du mur. Même si les propriétés absorbantes des matériaux bois et biosourcés mis en œuvre peuvent permettre de prévenir ce type de problème jusqu'à un certain point, il convient d'être vigilant. Pour cela, il est nécessaire de tenir compte de la résistance à la pression de vapeur d'eau du matériau jouant le rôle d'écran. Il est possible d'apporter des mesures correctives lors de la conception de la paroi dans sa globalité (par exemple : choix du pare vapeur, de l'isolant, protection de la façade contre la pluie battante, etc.)



chantier en ossature bois, avant la pose de l'isolant

DESCRIPTION DE LA MISE EN ŒUVRE D'UN ÉCRAN PROTECTEUR RIGIDE DEVANT UNE OSSATURE BOIS

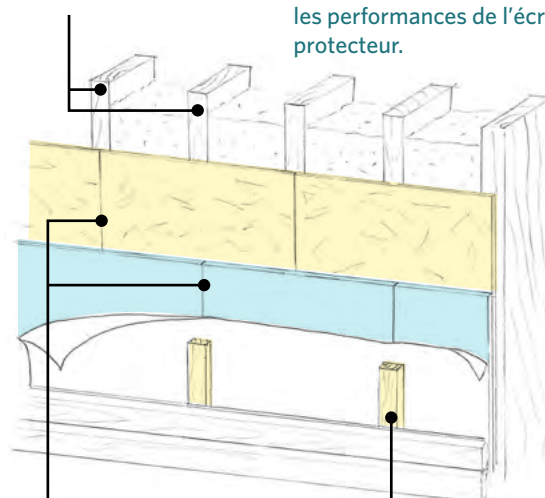
Vue en coupe



Vue en perspective

Joint des plaques protectrices situés au droit des montants d'ossature

Un traitement adéquat des jointoiments améliore les performances de l'écran protecteur.



Discontinuité des joints de la plaque de plâtre et du panneau de contreventement

Tasseaux recouvrant pleinement les joints des plaques de plâtre

41 Pour rappel, les fondamentaux de l'écran protecteur sont exposés en page 51; d'autres données concernant les écrans adaptés aux façades bois et obtenues par des essais au feu récents sont exposés en page 55.

ÉCRANS PROTECTEURS RIGIDES :**QUELQUES DONNÉES INDICATIVES**

Parmi les produits aptes à constituer un écran protecteur rigide devant un panneau à ossature bois, on peut citer les suivants, avec des performances courantes (ces données doivent être actualisées et vérifiées auprès des fabricants ou à partir de rapports d'essais au feu) :

Plaque de plâtre standard (cartonnée ou fibrée) :

EI30 pour 12,5 mm d'épaisseur

A2-s1, d0 en réaction au feu

Plaque de ciment armée de fibre de verre :

EI30 pour 12,5 mm d'épaisseur

A1 en réaction au feu

Plaque de particules de bois et ciment :

EI30 pour 18 mm d'épaisseur

B-s1, d0 en réaction au feu

Panneau en dérivé de bois (OSB, contreplaqué, panneau de particules) ignifugé :

EI45 pour 15 mm d'épaisseur

B-s1, d0 en réaction au feu

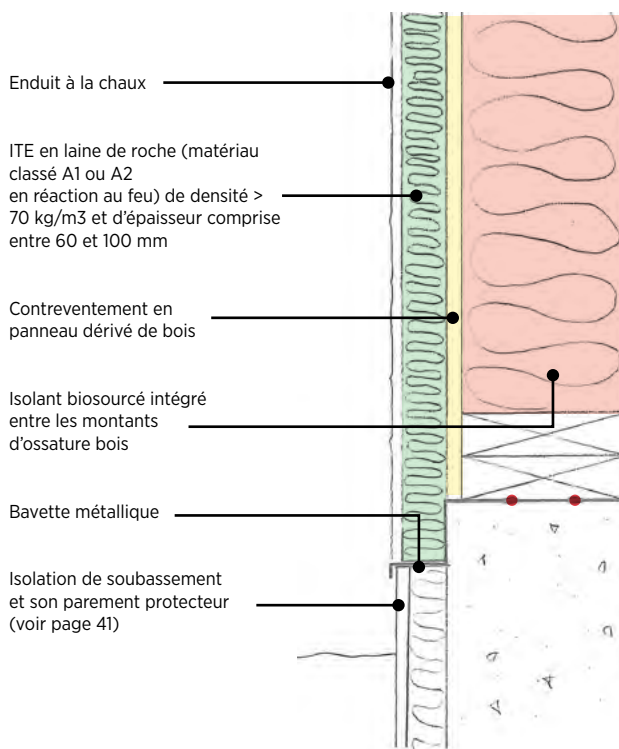
UN ÉCRAN PROTECTEUR RIGIDE PEUT-IL AVOIR UNE FONCTION STRUCTURELLE ? LA QUESTION RESTE OUVERTE.

Les parois porteuses à ossature bois doivent être munies d'un voile de contreventement qui reprend les contraintes de cisaillement. Les panneaux de contreventement peuvent être fixés à l'intérieur comme à l'extérieur de l'ossature. Or plusieurs types de plaques identifiées comme étant des écrans protecteurs efficaces ont des propriétés mécaniques leur permettant de contreventer les structures. Aussi, une double fonction – protectrice et structurelle – des panneaux fixés à l'extérieur de l'ossature est-elle admise ?

D'un point de vue réglementaire, les mesures constructives des PPRIF fixent des performances en étanchéité et isolation, non en stabilité mécanique. On peut donc envisager d'attribuer et une fonction structurelle et une fonction d'écran protecteur à la même couche de paroi.

Cependant, la fonction de stabilité structurelle repose sur la pérennité de la fixation de l'écran protecteur sur la structure (il ne doit pas se détacher) qui dépend du nombre et de la nature des fixations ainsi que de l'intensité de l'exposition au feu. Cette configuration est donc à éviter.

L'utilisation d'une couche d'isolation par l'extérieur (ITE) comme écran protecteur est une solution pertinente car elle permet de ne pas générer de surcoût lié à la mise en œuvre d'une couche dédiée à la protection. Des essais de feux de façade ont permis de valider l'ITE en laine de roche comme une solution protectrice adaptée à l'ossature bois. Il est à noter que cette solution fonctionne avec une vêtue ou un bardage. Une ITE en laine de roche peut aussi être directement enduite avec de la chaux, ce qui permet d'avoir un matériau de revêtement totalement incombustible (configuration dessinée ci-contre).

DESCRIPTION DE LA MISE EN ŒUVRE D'UNE ITE EN LAINE DE ROCHE SERVANT D'ÉCRAN PROTECTEUR**AUSTRALIE : DES SOLUTIONS À OSSATURE BOIS QUALIFIÉES POUR LES NIVEAUX ÉLEVÉS D'ALEA FEU DE FORÊT**

En Australie, les incendies de forêt sont très puissants. Chaque année, ils font des victimes et causent d'importants dégâts. Dans ce contexte, les industriels du bois australiens ont développé des solutions techniques permettant de construire en ossature bois, même en situation d'exposition directe au feu de forêt, en application d'une norme réglementaire de construction en zone à risque d'incendie de forêt. Il convient de préciser que le système constructif français de l'ossature bois est plus robuste que le système constructif australien.

FRANCE : DES SOLUTIONS APPLICABLES, CAR QUALIFIÉES POUR UN FEU DE FAÇADES

Les configurations testées et approuvées grâce aux essais du plan bois (voir page 55) sont des solutions techniques valides, qui peuvent être utilisées pour protéger des constructions en structure bois directement exposées à un risque de feu de forêt. Un guide édité par le CSTB et le FCBA présente des solutions utilisables pour la conception des parois. Il est présenté dans la bibliographie en page 76.

C. LES PAROIS EN CLT

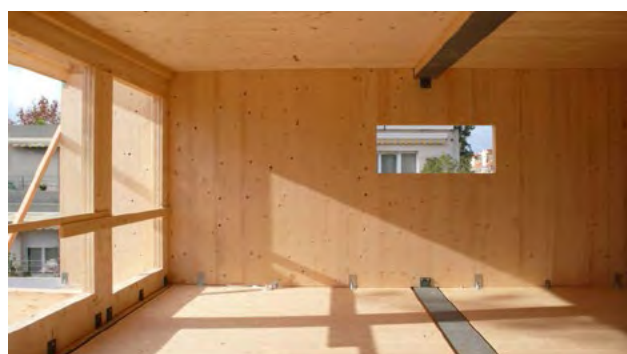
Il existe aujourd'hui des structures porteuses en panneaux massifs constitués de planches de bois croisées contrecollées. Le nom usuel de ces produits est le CLT : Cross Laminated Timber (échantillons en photographie ci-dessous).



L'utilisation du CLT permet aujourd'hui de construire des immeubles de grande hauteur avec une structure interne en bois, notamment grâce aux performances de résistance au feu de ce matériau. Le CLT s'utilise aussi pour la construction de maisons individuelles ou autres petits bâtiments. Ce matériau n'est pas mis en œuvre directement en extérieur : une isolation thermique par l'extérieur (ITE) ainsi qu'un revêtement (vêtue, bardage, enduit direct sur l'isolant) complètent la composition de la paroi vers l'extérieur.

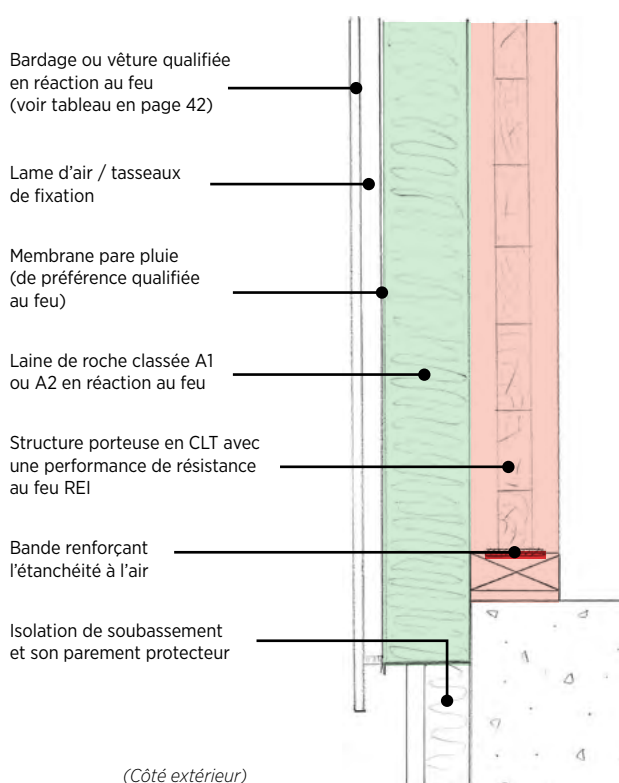
L'épaisseur usuelle des panneaux de CLT est de 90 mm à 200 mm en mur porteur, toit-terrasse ou plancher. Il s'agit donc d'un système constructif plus massif que l'ossature bois.

Mettre en œuvre un écran protecteur de la même façon que pour une paroi à ossature bois (notamment à partir des configurations validées) est une solution protectrice efficace.



Construction en CLT en cours de montage

DESCRIPTION D'UNE PAROI EN CLT, ISOLÉE PAR L'EXTÉRIEUR AVEC DE LA LAINE DE ROCHE



La solution consistant à utiliser une isolation par l'extérieur en laine de roche comme écran protecteur est analogue à celle validée par des essais au feu de façades à ossature bois.

Pour rappel, la configuration admet la pose d'une vêtue ou d'un bardage ventilé par une lame d'air. On peut également prévoir un enduit direct sur l'isolant.

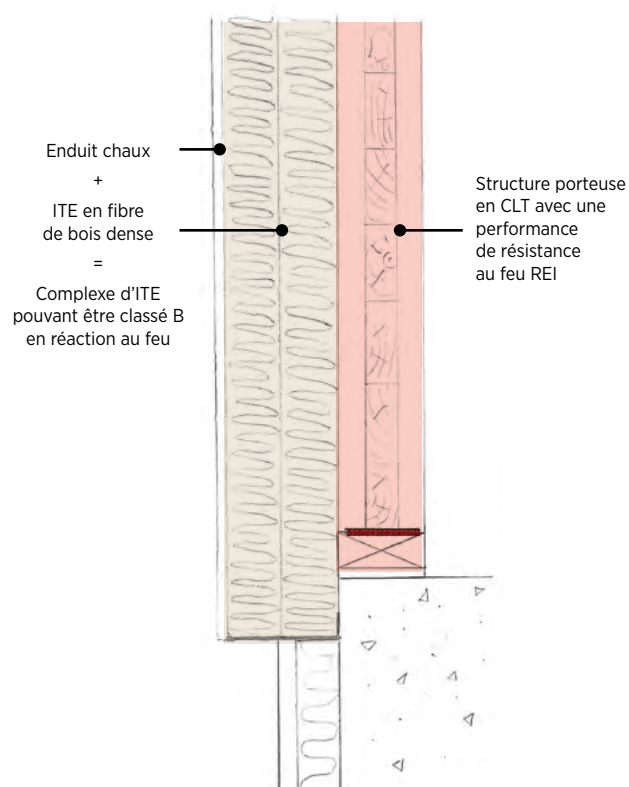
COMMENT PRENDRE EN COMPTE LES PERFORMANCES AU FEU INTRINSÈQUES D'UNE PAROI EN CLT ?

Les qualités intrinsèques du matériau bois (isolation, combustion lente, tenue mécanique) et les propriétés des colles utilisées ont permis aux principaux fabricants de CLT d'obtenir une qualification de leur performance en résistance au feu. Par exemple, les panneaux de 120 mm d'épaisseur atteignent une performance REI 60 et ceux de 200 mm une performance REI 90. Ces parois peuvent donc conférer une protection aux occupants pendant le passage d'un feu de forêt lorsque le flux thermique en extérieur est élevé. Cependant, si le matériau en vient tout de même à se consumer, même en différé, à cause d'une propagation via les couches extérieures ou via un point faible de la paroi, l'incendie provoqué peut être important en raison de la masse importante de bois. L'enjeu principal est donc être de parer à toute propagation du feu au matériau. La performance, notamment en réaction au feu, des matériaux situés à l'extérieur de la couche de CLT est alors déterminante, tout comme le traitement des points faibles.

UNE ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR BIOSOURCÉE EST-ELLE ENVISAGEABLE CONTRE UNE PAROI EN CLT ?

La nécessité de parer à toute propagation du feu à la couche de CLT peut amener à renoncer à l'usage de matériaux biosourcés en ITE. Il existe pourtant des configurations dont le comportement en situation d'incendie est intéressant, comme la fibre de bois à haute densité (> 110 kg/m³) recouverte d'enduit minéral. Il existe notamment des produits justifiant d'un classement en réaction au feu au niveau de l'euroclasse B. Ce matériau a en outre les particularités de rester en place sous l'impact du feu, d'apporter une isolation thermique efficace et de subir une combustion très lente. Des essais au feu menés par un fabricant ont de plus mis en évidence une capacité à étouffer le feu grâce au phénomène suivant : la combustion de la couche externe de fibre de bois a consommé du dioxygène présent dans la fibre et a fait migrer la vapeur d'eau vers la zone interne, chassant le dioxygène restant dans une zone de moins forte chaleur. La poursuite de la combustion vers l'intérieur de la couche de fibre de bois s'est donc effectuée très lentement, par manque de comburant. Il faudrait donc chercher à évaluer précisément dans quelle mesure un complexe d'ITE biosourcée avec enduit minéral peut contribuer à la protection de la paroi ou au contraire au développement du feu – par un phénomène de pyrolyse active – dans les conditions d'exposition directe à un incendie de forêt.

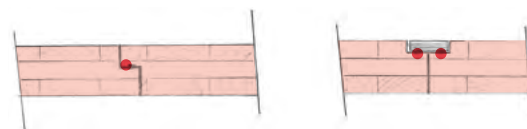
DESCRIPTION D'UNE PAROI EN CLT, ISOLÉE PAR L'EXTÉRIEUR AVEC DE LA FIBRE DE BOIS ENDUITE



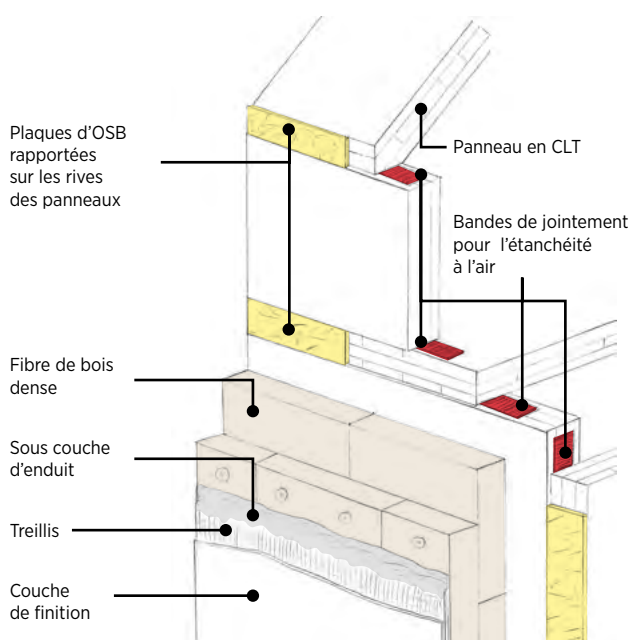
Complexe d'ITE pouvant être classé B en réaction au feu et dont on peut présumer une performance en résistance au feu (voir ci-dessus).

LES EXIGENCES D'ÉTANCHÉITÉ AUX RACCORDS DES ÉLÉMENTS EN CLT

Les jointements de deux panneaux continus peuvent se faire au moyen d'une feuillure ou d'une pièce rapportée en contreplaqué. Les raccords prévoient des joints d'étanchéité à l'air (points rouges).⁴²

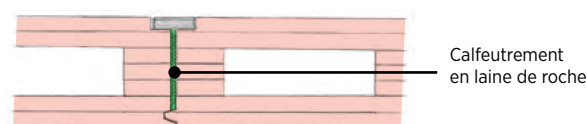


La vue ci-dessous⁴³ montre les raccords entre murs, plancher et toiture avec les différents éléments rapportés utilisés pour l'étanchéité à l'air et la performance thermique des parois en CLT.



Certains produits en CLT servent de plancher coupe-feu. Cette fonction est permise par les importantes épaisseurs de bois. Ces produits prévoient un calfeutrement en laine de roche aux jointements des panneaux pour améliorer l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds⁴³.

Jointure de deux éléments de plafond en CLT :



⁴² Dessins réalisés à partir de documentation KLH

⁴³ Dessin réalisé à partir de documentation Lignotrend

D. LES PAROIS EN BÉTON DE CHAUX-CHANVRE

Le béton chaux-chanvre est un matériau composé de granulats de chènevotte (résidu du défibrage du chanvre) et de liant à base de chaux. Il permet de constituer des parois ayant de très bonnes performances d'isolation thermique et de confort d'été. La fonction porteuse est assurée par une ossature en bois noyée dans le béton chaux-chanvre. Les photos ci-dessous montrent la projection de ce béton sur une paroi en cours de montage.



Architecte : D. Bayol

Mise en œuvre d'un mur de béton chaux chanvre, par projection du béton contre une structure bois.

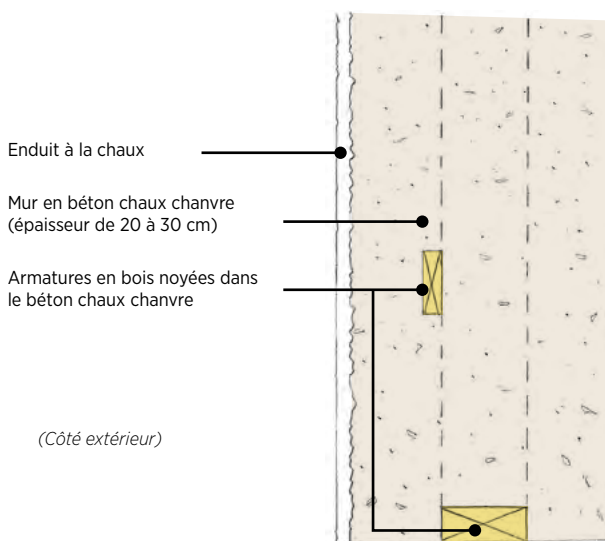
Les parois en béton chaux-chanvre forment des surfaces pleines et continues. La présence du liant minéral dans toute l'épaisseur du mur garantit de très bonnes performances de tenue au feu. Sur sa face externe le béton peut être directement enduit d'une couche de chaux.

Un fabricant a obtenu une qualification en réaction au feu de son béton chaux chanvre au niveau de l'Euroclasse B. La couche de chaux servant de revêtement extérieur est quant à elle incombustible.

Par ailleurs, un retour d'expérience d'un incendie survenu dans un bâtiment avec une paroi en béton de chanvre a démontré que ces parois possèdent une très bonne résistance au feu et une très bonne résilience (voir photos ci-contre).

Grâce aux très bonnes performances de ce matériau en situation d'incendie, on peut donc envisager de construire en béton chaux-chanvre dans une zone à risque de feu de forêt.

DESCRIPTION D'UNE PAROI EN BÉTON CHAUX-CHANVRE ENDUITE À LA CHAUX



LES AUTRES BÉTONS VÉGÉTAUX

Il est possible de constituer d'autres bétons à base de chaux et d'un végétal avec d'autres matériaux que la chènevotte de chanvre. Les changements de recettes permettent de valoriser des matières disponibles localement. En région méditerranéenne, c'est le cas de la balle du riz de Camargue pour laquelle des essais de fabrication de béton chaux/chanvre/balle de riz sont en cours. La présence du liant à la chaux permet d'envisager des performances en situation d'incendie similaires à celles du béton chaux/chanvre.



Incendie intérieur ayant détruit une construction. Le mur en béton de chanvre a résisté.

E. LES PAROIS EN BOTTES DE PAILLE

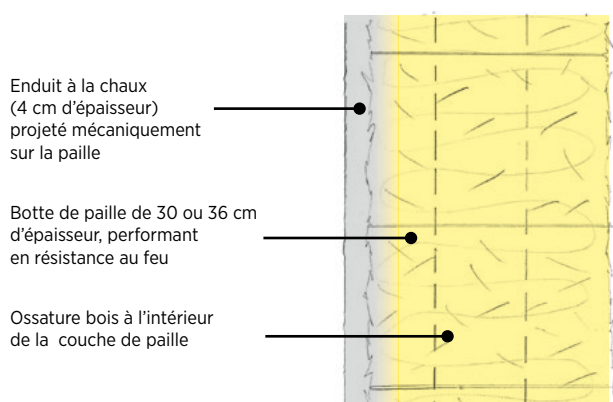
Les bottes de paille façonnées par les agriculteurs sont un matériau de construction idéal pour constituer des parois : économique, très bon isolant, très performant pour le confort d'été, etc. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur possède en outre une ressource abondante grâce aux cultures de céréales, de riz et de lavande. L'usage de la paille pour la construction a été essentiellement développé pour la maison individuelle. Aujourd'hui on l'incorpore de plus en plus dans de grands bâtiments. L'exemple le plus emblématique est le logement social du Toit Vosgien construit à St Dié en 2014, immeuble de 8 étages en bois et paille.

Les performances au feu des systèmes constructifs à base de bottes de paille ont été et sont encore étudiées. Voici un aperçu des résultats de quelques essais réalisés ces dernières années dans l'encadré ci-contre.

Les bonnes performances des parois en bottes de paille en situation d'incendie permettent d'envisager son utilisation dans un contexte de feu de forêt à condition que le matériau soit protégé d'un feu couvant. Les bottes de paille doivent donc être situées derrière un matériau jouant le rôle d'écran au flux thermique d'un incendie de forêt. La fonction d'écran protecteur peut être remplie avec les techniques validées pour les constructions à ossature bois.

On peut également envisager que la fonction d'écran protecteur soit attribuée à une couche d'enduit minéral épais (4 cm) appliqué en revêtement extérieur des bottes de paille (décrit ci-dessous). Cette pratique est particulièrement adaptée à la construction en paille.

DESCRIPTION D'UNE PAROI EN PAILLE AVEC ENDUIT MINÉRAL ÉPAIS



ESSAIS AU FEU DE PAROIS EN PAILLE

▪ Un essai LEPIR 2 sur une façade contenant des bottes de paille⁴⁴

La résistance au feu des bottes de paille a été démontrée lors d'un essai au feu effectué en 2009 pour la construction d'une école. Le complexe testé, comportant de larges baies vitrées, était constitué de caissons préfabriqués en ossature bois remplis de bottes de paille. Ces caissons étaient fermés par un panneau en fibre de bois haute densité (Agepan 16 mm) du côté extérieur et par un panneau OSB 12 mm du côté intérieur. Le parement extérieur était un bardage en bois sur lame d'air.

Malgré l'intensité de l'incendie provoqué dans le protocole de l'essai LEPIR 2 (600 kg de bois), on a pu constater que l'utilisation de la paille comme isolant thermique de la paroi n'est pas un facteur aggravant de la propagation de l'incendie.

En effet, après que le bardage et le panneau de fermeture extérieur aient brûlé, la paille s'est consumée lentement sans produire de flammes importantes. Ce phénomène s'explique par la rareté de l'oxygène à l'intérieur de la botte de paille qui empêche le feu de se développer par manque de comburant. En revanche, bien après l'extinction apparente du feu, celui-ci a repris dans la paille à cause d'un phénomène de combustion lente entretenu par l'importante quantité de chaleur accumulée. Ce phénomène, dû principalement à la très forte épaisseur de l'isolant, peut se produire avec tous les types isolants fibreux, y compris les laines minérales.



1. Démarrage de l'essai avec l'inflammation du bûcher.

2. Au bout de 18 minutes, le bûcher a été consumé et les couches

externes de la paroi ont brûlé.

3. Une fois l'incendie éteint on constate que les bottes de paille ont été peu touchées par l'incendie.

▪ Un essai de résistance au feu⁴⁵

Un essai de résistance au feu effectué en 2013 sur une paroi pleine en bottes de paille revêtues par un enduit à l'argile épais (5 cm dont 3 cm incrustés dans la paille). Le rapport indique qu'au cours de cet essai, l'enduit ne s'est fissuré qu'au bout de 30 minutes (la température en face extérieure était alors proche de 800°C). En fin d'essai (135 minutes), la paroi avait conservé son étanchéité alors que la température avait dépassé les 1000°C. Une couche de 5 cm de paille a été calcinée.

▪ Un essai de réaction au feu⁴⁶

La réaction au feu d'une paroi de bottes de paille enduite de 2 cm de chaux a été qualifiée au niveau de l'euroclasse B. Or il est à noter que l'épaisseur habituelle d'un enduit chaux sur des bottes de paille avoisine plus souvent les 4 centimètres.

⁴⁴ Le rapport est consultable librement, son utilisation est libre de droits.

⁴⁵ Les rapports d'essais sont consultables en s'adressant au Réseau Français de la Construction en Paille

F. LES TOITURES AVEC CHARPENTE BOIS ET ISOLATION BIOSOURCÉE

L'exigence de classement au feu des toitures B roof (t3) fait référence aux performances du matériau utilisé en couverture. La plupart des éléments utilisés en couverture (tuiles, tôles en fibrociment, lauzes, etc.) permettent d'atteindre ce niveau de performance, quels que soient les matériaux composant l'épaisseur de la toiture. Il existe par ailleurs des complexes d'étanchéité de toit terrasse et de toiture végétalisée possédant un classement B roof (t3), y compris sur des structures bois.

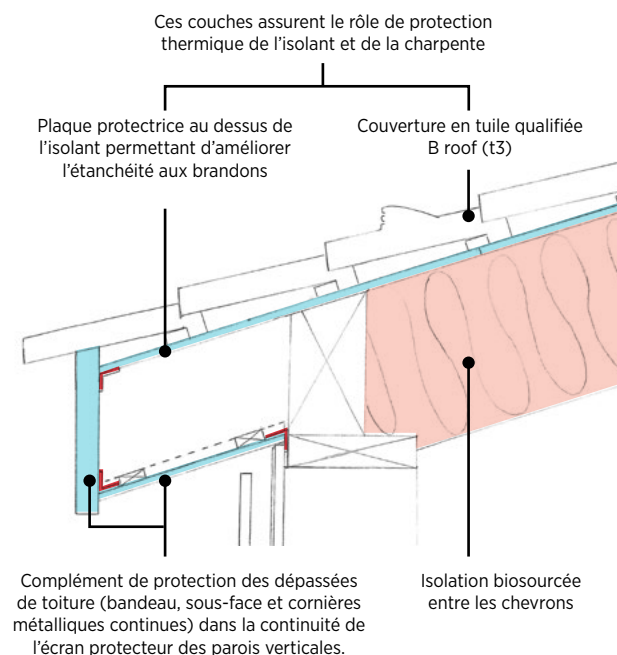
Indépendamment du classement de la toiture, un type constructif plus vulnérable peut justifier la mise en place d'une protection supplémentaire. Les charpentes intégrant des isolants biosourcés sont notamment sensibles au dépôt de brandons, contre lesquels certains revêtements de toiture n'offrent qu'une protection incomplète. Il est alors pertinent de mettre en œuvre une couche améliorant l'étanchéité aux brandons. Cette couche peut avoir d'autres fonctions (fermeture, isolation par l'extérieur) et compléter la couverture dans la performance d'étanchéité au feu et d'isolation en situation d'incendie, limitant ainsi davantage le risque d'un feu couvant dans l'épaisseur de la toiture.



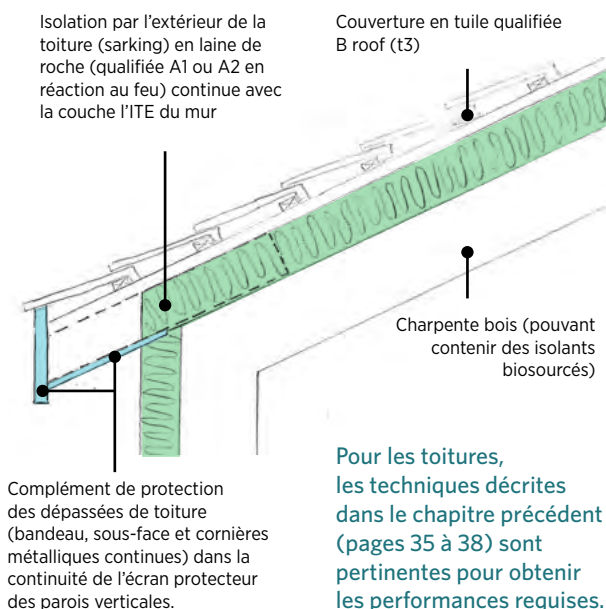
Pose de panneaux sur une charpente bois isolée avec des bottes de paille. Les panneaux de fermeture permettent de protéger les couches les plus sensibles de la toiture du dépôt de brandons.

Enfin, la question du comportement vis-à-vis du dépôt de brandons des complexes d'étanchéité des toitures terrasses, même classées B roof (t3), doit être étudiée avec soin. En situation d'incendie de forêt, une grande quantité de brandons peut s'y déposer directement et s'accumuler dans les recoins. Le problème se pose notamment lorsqu'une grande quantité de matériaux combustibles (isolant ou bois de structure) se situe sous la membrane. Une solution consiste à interposer une couche de laine de roche (densité > 70 kg/m³) entre la membrane d'étanchéité et les couches inférieures, en prenant soin de protéger de la même manière les relevés d'acrotères jusqu'au niveau des couvertines de protection des rives. Concernant cette question, des propositions sont évoquées en page 36.

DESCRIPTION D'UNE CHARPENTE TRADITIONNELLE AVEC UNE PLAQUE SOUS COUVERTURE



DESCRIPTION D'UNE TOITURE AVEC UNE ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR (SARKING)



Pour les toitures, les techniques décrites dans le chapitre précédent (pages 35 à 38) sont pertinentes pour obtenir les performances requises.

3.4. CONSERVER LES PERFORMANCES DE LA PAROI AU NIVEAU DES SINGULARITÉS

En impactant une paroi, le feu de forêt sollicite également les différentes singularités qu'elle présente. Au niveau de celles-ci, la performance qui qualifie la paroi avec une composition donnée peut être remise en question. Il est important d'être particulièrement vigilant afin que ces singularités ne se transforment pas en vulnérabilités pouvant déclencher l'inflammation des matériaux combustibles présents dans la paroi et exposer les occupants à un risque d'incendie bien après le passage du feu de forêt.

Ainsi, l'ensemble des points discutés dans le chapitre précédent « Réduire les vulnérabilités par des choix constructifs » doit être pris en compte pour traiter efficacement les singularités. Pour rappel, la vigilance doit notamment être portée sur :

- Une occultation efficace des vitrages pour prévenir un éclatement brutal du verre
- L'obturation des interstices pouvant générer un appel d'air vers l'intérieur de l'enveloppe
- La disposition de grilles anti brandons devant les aérations techniques
- La déconnexion entre les éléments de structure en bois extérieurs et intérieurs
- Le traitement approprié de tous endroits où les brandons sont susceptibles de s'accumuler, comme les pieds de mur ou les surfaces horizontales

Le traitement des singularités peut aussi faire appel à des solutions qualifiées pour leur performance en situation d'incendie. Il s'agit principalement de techniques adaptées aux singularités de forme, aux jonctions et aux ouvertures.

A. SINGULARITÉS DE FORME : MAINTENIR LA CONTINUITÉ DE L'ÉCRAN PROTECTEUR

Les singularités de forme sont assez courantes, comme les débords de toiture (voir schémas en page précédente) ou les éléments en surplomb. La composition de la paroi peut y varier. Lorsque celle-ci est vulnérable à l'impact du feu de forêt, l'écran protecteur doit être maintenu, dans la continuité de celui qui protège la paroi principale. Les écrans protecteurs évoqués précédemment et justifiant d'un niveau de performance au feu peuvent être utilisés.



Éléments en surplomb insérés contre un immeuble en béton

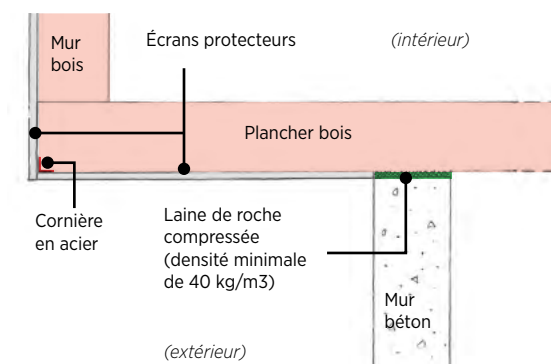
Architecte : SCOP A4 architecture

B. JONCTIONS : OBTURER EFFICACEMENT LES INTERSTICES

Au niveau d'une singularité de forme, la jonction entre deux écrans protecteurs peut laisser apparaître un interstice si les bords de ces écrans ne sont pas apposés contre un élément rigide. Des cornières en acier peuvent être utilisées pour obturer l'interstice et fixer solidement les panneaux entre eux. L'efficacité de tels profils en acier a été démontrée lors d'essais de feux de façades.

Les jonctions entre parois bois et parois béton comportent forcément quelques jeux. Les jonctions les plus exposées au feu peuvent être obturées avec de la laine de roche compressée. Cette technique a été éprouvée et validée lors d'essais aux feux de façades, et figure dans l'instruction technique IT 249 pour la jonction entre murs bois et nez de dalles béton.

DESCRIPTION DU RACCORD D'UN ÉLÉMENT EN SURPLOMB



C. OUVERTURES VITRÉES : ÊTRE PERFORMANT EN ÉTANCHÉITÉ AU FEU

A l'heure actuelle, les ouvertures vitrées pouvant justifier une performance en étanchéité au feu sont des systèmes spécifiques, munis de vitrages par-flames traités pour résister au feu. Dans la plupart des cas, ces vitrages sont constitués de plusieurs couches de verre entre lesquelles a été placé un gel intumescent. Ces produits sont caractérisés par leur classement de résistance au feu, obtenu par des essais conventionnels ⁴⁶.

L'utilisation des vitrages de protection contre le feu étant très onéreuse, le recours à une solution basée sur une occultation efficace du vitrage est généralement admise. Les volets en bois plein sont considérés comme une solution efficace, à condition de présenter les caractéristiques adéquates ⁴⁷.

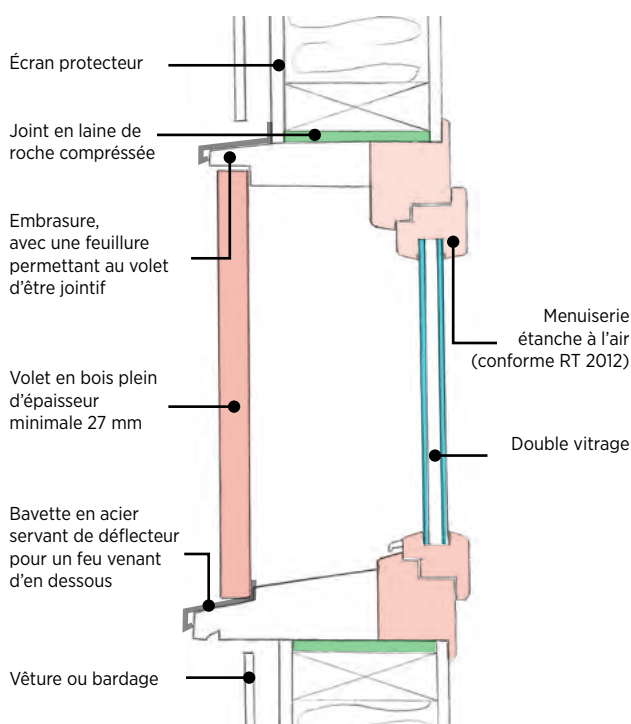
Le caractère isolant, étanche et stable d'une épaisseur continue de bois dans les conditions d'un incendie est bien connu. Néanmoins, il n'existe pas de qualification de la performance en résistance au feu d'un volet en bois plein mis en œuvre dans une embrasure.

Un volet en bois comporte nécessairement un jeu avec l'embrasure pour pouvoir s'ouvrir : il est donc difficile d'atteindre une performance en étanchéité au feu avec un volet seul. Aussi, au lieu de faire porter l'exigence d'étanchéité au feu uniquement sur le volet, il est pertinent de considérer l'ensemble du système volet + menuiserie en situation occultée. Le volet et la menuiserie vitrée sont alors complémentaires :

- le volet en bois s'oppose au flux thermique et protège le vitrage de l'éclatement
- la menuiserie vitrée empêche le passage des gaz chauds (à condition qu'elle soit performante sur le plan de l'étanchéité à l'air, ce qui est aujourd'hui exigé par la RT 2012).

Une performance en étanchéité au feu des ouvertures vitrées pouvant être exigée pour les situations les plus risquées, il serait intéressant de vérifier par des essais l'efficacité du système décrit ci-dessus.

DESCRIPTION D'UNE OUVERTURE VITRÉE OCCULTÉE POTENTIELLEMENT PERFORMANTE EN ÉTANCHÉITÉ AU FEU



Pour les ouvertures, les techniques décrites dans le chapitre précédent ⁴⁸ sont pertinentes pour obtenir les performances requises.

La question de la performance des ouvertures implique également de traiter les jonctions au niveau de l'embrasure, afin que le feu ne se propage pas à l'épaisseur du mur à ce niveau. Les travaux menés dans le cadre du plan bois ont permis de trouver des solutions techniques adaptées au cas des feux de façades, détaillées dans un guide paru en 2016 ⁴⁹.

⁴⁶ Décrits en page 49.

⁴⁷ Ce point est détaillé au chapitre concernant les ouvertures page 31.

⁴⁸ Voir pages 31 à 34.

⁴⁹ Voir bibliographie page 76.

Les nombreux essais au feu qui ont été réalisés ces dernières années par les laboratoires accrédités en résistance et réaction au feu sur le comportement des matériaux et des ouvrages en bois et autres matériaux biosourcés ont permis de mieux appréhender la manière dont se comportent, lors d'un incendie, les constructions qui utilisent massivement ces matériaux. Les résultats de ces travaux ont alimenté la réflexion sur les dispositions constructives à mettre en oeuvre pour réduire les vulnérabilités au feu des bâtiments en zone de risque d'incendie de forêt. Ce travail doit être poursuivi pour améliorer encore les connaissances sur ce sujet. Il apparaît néanmoins que l'utilisation des matériaux biosourcés

n'aggrave pas les conséquences d'un incendie de forêt sur une construction et ne met pas en danger les occupants qui y ont trouvé refuge lorsque les précautions requises telles qu'elles sont décrites dans le présent guide sont soigneusement observées. Le respect de ces dispositions constructives permet d'améliorer la sécurité des personnes et des services de secours pour tous les types de construction se trouvant en situation d'incendie, il devient ainsi possible de lever les restrictions relatives à l'utilisation des matériaux biosourcés que l'on peut trouver dans certains Plans de Prévention contre les Risques d'Incendie de Forêt (PPRIF).



© EnvirobatBDM

TROISIÈME PARTIE

LA DEMANDE DE PERMIS DE CONSTRUIRE EN BOIS & BIOSOURCÉS

Cette partie a pour objectif d'aider les maîtres d'ouvrage et les architectes à présenter, de manière claire et pragmatique, un projet de permis de construire en bois et matériaux biosourcés dans une zone soumise à un risque d'incendie de forêt. Généralement, lorsqu'un tel projet est présenté, les instructeurs portent beaucoup plus d'attention aux vulnérabilités vis-à-vis du feu que sur un projet conventionnel. Il faut tenir compte de cela en faisant une présentation du projet qui soit claire, pertinente et argumentée.

Il est recommandé de se rapprocher du Service Urbanisme de la Commune et du Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) en amont du dépôt de la demande de permis de construire, afin de connaître les contraintes et recommandations locales concernant le risque d'incendie de forêt. Un Certificat d'Urbanisme Opérationnel, présentant le projet, peut servir de support pour entamer un échange avec les services territoriaux. Il permet de « tester » la viabilité du projet, d'anticiper les réserves de l'administration et de connaître les règles d'urbanisme applicables sur la parcelle.

1. UTILISER LES PIÈCES OBLIGATOIRES DU PERMIS DE CONSTRUIRE

Pour toute demande de permis de construire, il est nécessaire de fournir, en plus du formulaire de demande dûment rempli, les pièces complémentaires suivantes (voir notice explicative dans le formulaire cerfa n°51434#06).

RÉFÉRENCE RÉGLEMENTAIRE :

Code de l'urbanisme
Art. R423-2b, R431-7 et suivants

A. UN PLAN DE SITUATION

Le plan de situation doit permettre de localiser précisément le terrain où sera implantée la construction sur le territoire de la commune afin de savoir quelles règles d'urbanisme s'appliquent dans la zone où est situé le projet. Il permet également de savoir s'il existe des servitudes.

Il est conseillé de démontrer la prise en compte anticipée du risque incendie, par exemple, en justifiant le choix d'implantation de la construction par rapport à la proximité du massif forestier, à la topographie et aux vents dominants.

Concernant la défendabilité du site, les voiries permettant d'acheminer les secours peuvent être commentées et la présence d'hydrants sur la voie publique peut être indiquée.

Voir « connaître le danger » partie A.2 « Évaluer le risque dans une situation géographique donnée » p.10 et 11

B. UN PLAN MASSE

Il présente le projet dans sa totalité et permet de vérifier que la/les future (s) construction (s) respecte (nt) les différentes règles d'implantation et de hauteur, y compris par rapport aux constructions existantes. Il permet également de connaître le projet d'aménagement du terrain, l'organisation des accès à la voie publique et des branchements sur les réseaux.

Sur le plan masse, il est pertinent de considérer le rôle des éléments proches du bâtiment projeté vis-à-vis du risque d'incendie de forêt en y apportant des commentaires succincts : disposition des autres constructions (bâtiment, mur) pouvant jouer le rôle d'écran ainsi que la présence d'arbres, arbustes et haies, qui sont des vecteurs potentiels de propagation du feu, à conserver, planter, enlever ou tailler.

Autour de la maison, les espace pouvant servir au passage et au retournement des véhicules de secours peut être indiqué. Tout ce qui concerne l'accès au terrain peut aussi être dessiné et commenté : largeur du portail, renforcement permettant le croisement sur la voie publique, déverrouillage pompier, etc.

Voir « les pratiques constructives » partie 1 « Aménager les alentours proches du bâtiment » p.22 à 25

C. UN PLAN EN COUPE DU TERRAIN ET DE LA CONSTRUCTION

Le plan en coupe complète le plan de masse et permet de comprendre l'implantation du projet et ses incidences sur le terrain existant avant le projet.

Le but du plan en coupe n'est pas de détailler la composition de l'intérieur de la construction, mais d'exposer sa forme. Aussi le plan en coupe permet de visualiser certaines formes singulières pouvant créer une vulnérabilité sur le bâtiment : auvent, plancher surélevé, etc. On fournira autant de coupes que nécessaire pour rendre compte de toutes les singularités de la construction projetée. Il peut être utile de compléter le plan avec des indications montrant que ces formes singulières sont prises en compte, en mentionnant éventuellement les moyens mis en œuvre pour traiter les vulnérabilités à l'aide d'un commentaire succinct.

Voir « les pratiques constructives » partie 2 « Réduire les vulnérabilités par des choix constructifs » p.26 à 46

D. UNE NOTICE DÉCRIVANT L'ÉTAT INITIAL DU TERRAIN ET PRÉSENTANT LE PROJET

La notice est un élément du projet architectural. Elle présente la situation du terrain et le projet, en répondant à six questions précises destinées à permettre au maire ou au préfet de comprendre la façon dont les constructions prévues s'insèrent dans leur environnement. Elle permet de préciser les éléments du projet qui ne peuvent pas être représentés par les seuls plan de masse et plan en coupe.

La notice est la pièce permettant d'exposer et d'expliquer de façon détaillée les choix constructifs effectués en lien avec le risque de feux de forêt. Il sera pertinent de préciser l'ensemble des choix d'aménagements extérieurs, y compris paysagers, mais également les matériaux choisis. La notice comprend deux parties :

1^{ÈRE} PARTIE

Présentation de l'état initial du terrain et de ses abords indiquant, s'il y en a, les constructions, la végétation et les éléments paysagers existants.

L'existence d'un risque de feu de forêt fait partie de l'état initial du terrain. Il est important de l'évoquer et d'exposer les informations obtenues lors des recherches et des échanges effectués préalablement à la conception du projet. Cette description de l'état initial doit être cohérente avec le plan de situation et le plan masse et doit permettre d'approfondir la compréhension des données qui y sont exposées (notamment relatives aux éléments environnementaux déterminant le sens d'arrivée d'un feu de forêt : vents dominants, végétation naturelle, relief, éventuels bâtiments « écrans »).

Voir « connaître le danger » partie A.2 « Evaluer le risque dans une situation géographique donnée » p.10 et 11

2^{ÈME} PARTIE

Réponses aux six questions réglementaires :

- Quel aménagement est prévu pour le terrain ?

L'aménagement prioritaire est la réalisation du débroussaillage obligatoire, à réaliser avant le démarrage des travaux.

Voir « connaître les exigences réglementaires » partie B.1 « L'obligation légale de débroussaillage » p.14 et 15

- Comment sont prévus l'implantation, l'organisation, la composition et le volume des constructions nouvelles, notamment par rapport aux constructions ou paysages avoisinants ?

Il est pertinent de montrer que l'implantation du bâtiment tient compte d'un possible incendie de forêt et que les caractéristiques du terrain ont été prises en compte (orientation des façades les plus sensibles, distances, position dans la pente, etc.). Les explications doivent être cohérentes avec le plan de situation et le plan masse.

Voir « connaître le danger » partie A.2 « Evaluer le risque dans une situation géographique donnée » p.10 et 11

Cette partie permet aussi de parler des formes du bâtiment. La simplicité des formes du bâtiment, diminuant son exposition au feu, peut être mise en avant. Dans le cas où des formes complexes génèrent des vulnérabilités (angles rentrants, surplombs, replats, etc.), il peut être utile de détailler comment il en est tenu compte.

C'est aussi dans cette partie que sont présentés les éventuels aménagements prévus autour du bâtiment (terrasse, garage, appentis, etc ...) en précisant là encore les dispositions prises pour limiter les risques de propagation de l'incendie à la construction principale qui servira de refuge aux occupants du site.

Voir « les pratiques constructives » partie 2 « Réduire les vulnérabilités par des choix constructifs » p.26 à 46

- Comment sont traités les constructions, clôtures, végétation ou aménagements situés en limite de terrain (visibilité extérieure) ?

On peut parler des mesures prises pour réduire la vulnérabilité des haies séparatives et des clôtures (discontinuité, mélange d'essences, distance à la construction, etc.) Les mesures concernant les réserves de combustibles (bois, citerne de gaz, etc.) peuvent aussi être détaillées.

Voir « les pratiques constructives » partie 1 « Aménager les alentours proches du bâtiment » p.22 à 25

- Quels sont les matériaux et les couleurs des constructions ?

Les matériaux entrant dans la composition des parois peuvent être présentés dans cette partie. Le bois et matériaux biosourcés étant combustibles, il est nécessaire d'expliquer comment la conception du bâtiment a tenu compte du risque d'incendie de forêt. Toutes les mesures prises peuvent être expliquées, qu'il s'agisse de solutions architecturales, de la composition des parois ou du traitement des vulnérabilités ponctuelles. Celles qui sont visibles à l'extérieur, car mises en œuvre en façade et en toiture, peuvent être illustrées par les plans de façade et de toiture (voir ci-après) avec lesquels cette partie doit être en cohérence.

Voir « les pratiques constructives » partie 2 « Réduire les vulnérabilités par des choix constructifs » p.26 à 46

Dans le cas des projets pour lesquels s'appliquent les mesures réglementaires d'un PPRIF, exigeant des niveaux de performance, il est utile de préciser quelles sont les couches jouant le rôle protecteur et comment elles sont mises en œuvre.

Voir « les pratiques constructives » partie 3 « Atteindre des performances au feu qualifiées » p.47 à 67

- **Comment sont traités les espaces libres, notamment les plantations ?**

Les arbres et arbustes implantés dans l'espace extérieur sont admis à condition de respecter les règles du débroussaillage.

Voir « connaître les exigences réglementaires » partie B.1 « L'obligation légale de débroussaillage » p.14 et 15 et « les pratiques constructives » partie 1 « Aménager les alentours proches du bâtiment » p.22 à 25

On peut aussi parler des espaces de vie extérieurs avec leurs aménagements éventuels en montrant que des mesures ont été prises pour éviter que ces aménagements ne propagent le feu vers la construction.

Voir « les pratiques constructives » partie 2.6 « Les éléments constructifs extérieurs » p.39 à 46

- **Comment sont organisés et aménagés les accès au terrain, aux constructions et aux aires de stationnement ?**

Cette partie permet de détailler les moyens mis en œuvre pour permettre l'acheminement et le déploiement des pompiers en cas d'incendie de forêt (implantation et largeur du portail, espace carrossable, aire de retournement, etc.). Les explications doivent être cohérentes avec le plan de situation et le plan masse.

Voir « les pratiques constructives » partie 1 « Aménager les alentours proches du bâtiment » p.22 à 25

E. UN PLAN DES FAÇADES ET TOITURE(S)

Le plan des façades et des toitures permet d'apprécier quel sera l'aspect extérieur de la construction

Tous les éléments figurés sur ce plan sont concernés par le risque de feu de forêt. Pour chacun des éléments visibles, un commentaire précise les caractéristiques entrant en jeu pour réduire les vulnérabilités. On peut citer, à titre d'exemple, les éléments suivants vu précédemment :

- Ouvertures vitrées : caractéristiques des occultations placées devant les ouvertures
- Matériau utilisé en couverture : classement au feu B roof t3, mesures éventuelles améliorant l'étanchéité aux brandons
- Débords de toiture (bandeau, sous-face) : caractéristiques du bandeau, de la sous-face, étanchéité aux brandons de la ventilation de la couverture
- Espaces sous plancher : description des matériaux servant à clôturer l'espace sous plancher et à obturer les passages dans le vide sanitaire
- Pieds de mur : matériau utilisé
- Isolation par l'extérieur : matériau utilisé, système protecteur
- Revêtement : réaction au feu des matériaux, autres caractéristiques des bardages, pièces d'angles, grilles anti-rongeur
- Mesures protectrices prises sur les éléments externes figurant sur le plan : terrasses, balcons, pergolas, brise-soleil.

Voir « les pratiques constructives » partie 2 « Réduire les vulnérabilités par des choix constructifs » p.26 à 46

2. ARGUMENTER EN FAVEUR DE SON PROJET

En région méditerranéenne tout particulièrement, un projet de construction en bois et autres matériaux biosourcés bouscule les habitudes et peut susciter le doute, ce qui est compréhensible lorsque le projet est situé dans une zone à risque d'incendie de forêt. Pour faire accepter son projet, il est donc très important d'expliquer sa raison d'être et d'exposer ses qualités lors des échanges avec l'administration et les services de secours. Cela permet de faire reculer un certain nombre d'idées reçues et ainsi favoriser une analyse objective du projet.

On peut ainsi s'appuyer sur les arguments listés ci-dessous ainsi que sur les politiques de développement durable mises en œuvre sur les territoires, promouvant l'efficacité énergétique, l'éco-construction, l'emploi de matériaux naturels et locaux, etc.

A. LA ROBUSTESSE ET LA FIABILITÉ DU MODE CONSTRUCTIF

Les modes constructifs auxquels il est fait référence dans ce document sont robustes et fiables s'ils sont mis en œuvre dans les règles de l'art. Ils peuvent être assimilés à de la construction « en dur », car atteignant un même niveau de performance en termes de résistance mécanique, de longévité, de résistance sismique, d'étanchéité à l'air, d'isolation thermique et phonique et également de résistance au feu lorsque des mesures protectrices adéquates sont mises en œuvre. Ils sont différents des systèmes constructifs très légers utilisés pour les habitations légères de loisirs. Le choix du bois et des matériaux biosourcés n'est pas un choix économique : le but recherché n'est pas de construire moins cher. Le coût des constructions bois est analogue voire légèrement supérieur au coût des constructions conventionnelles.

B. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

L'utilisation du bois et des matériaux biosourcés s'insère complètement dans la conception bioclimatique. Bien conçus, ces bâtiments sont parfaitement adaptés au climat méditerranéen. Le rôle des matériaux biosourcés dans les transferts de vapeur d'eau améliore considérablement le confort hygrothermique, particulièrement en été. La conception bioclimatique peut intégrer également des éléments (pergolas, brise-soleil, débords, pilotis, etc.) auxquels il est dommage de renoncer sachant qu'il existe des solutions pour les intégrer tout en tenant compte du risque incendie.

C. LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE ET BILAN CARBONE

L'énergie mobilisée pour fabriquer des matériaux de construction bois et biosourcés est très inférieure à celle nécessaire pour fabriquer les matériaux de constructions conventionnels (ciment, acier, etc.) De plus, les qualités isolantes de ces matériaux ainsi que l'architecture bioclimatique permettent de réaliser d'importantes économies d'énergie lors du fonctionnement du bâtiment. Enfin, ces matériaux stockent le carbone tout au long de la durée de vie du bâtiment, équivalente à celle des bâtiments conventionnels. Réaliser ces économies permet de lutter contre le dérèglement climatique, qui accentue les catastrophes naturelles.

D. LES VERTUS D'UN CHANTIER BOIS

Un chantier bois est intéressant sur le plan technique : il produit peu de déchets non valorisables et peut être réalisé dans des délais beaucoup plus courts qu'avec la construction maçonnée grâce à la préfabrication de certains éléments de parois en atelier.

E. L'EFFET POSITIF DE LA FILIÈRE BOIS D'ŒUVRE SUR LA GESTION FORESTIÈRE

En construisant en bois dans la région méditerranéenne, on crée des débouchés pour la valorisation du bois d'œuvre des forêts de proximité, particulièrement sensibles aux incendies. La structuration progressive d'une filière de bois d'œuvre peut en effet améliorer le faciès des forêts - par la mise en place d'une sylviculture dédiée - et ainsi diminuer leur vulnérabilité au feu.

F. LA VALORISATION DES RESSOURCES LOCALES ET DE L'EMPLOI LOCAL

Les régions méditerranéennes (PACA, Occitanie, Corse) disposent d'un certain nombre de ressources naturelles valorisables dans la construction : bois, paille de blé, paille de lavande, paille de riz, balle de riz, chanvre, pierre, terre, etc. La valeur ajoutée de l'utilisation de matériaux bois, biosourcés et premiers (pierre, terre crue, etc.) a beaucoup plus de répercussion sur l'emploi que celle d'autres matériaux conventionnels, pour lesquels la valeur ajoutée est beaucoup plus orientée vers la dépense énergétique et l'investissement lourd. Avec de tels projets de construction, on agit favorablement sur l'emploi local.



Villa T. Architecte : Arnault Guin, © Arnault Guin

GLOSSAIRE

DÉFINITIONS

Brandon : particule brûlante ou enflammée transportée par le vent. Les brandons sont produits massivement par la combustion de la végétation. Les plus gros, comme les pignes, peuvent être transportés sur de grandes distances et sont à l'origine des sautes de feu. [Voir schéma en page 8](#)

Combustibilité : cette notion fait référence à la quantité d'énergie dégagée par la combustion d'un matériau.

Défendabilité : ensemble des caractéristiques et des équipements permettant à une zone d'être défendue par les pompiers lors d'un incendie de forêt. Les principaux éléments entrant en compte sont l'accessibilité ainsi que la disponibilité et le débit des hydrants.

Feu couvant : feu se développant lentement à l'intérieur d'un matériau combustible, souvent dans une zone cachée, à cause d'une importante accumulation de chaleur et/ou d'une pyrolyse active. Ce phénomène peut être à l'origine de reprises de feu plusieurs heures après le passage d'un incendie de forêt. Il a été constaté dans les litières végétales des forêts tout comme dans des parties vulnérables des bâtiments, comme les toitures.

Inflammabilité : cette notion fait référence à la rapidité d'un matériau à produire des flammes.

Intumescence : capacité qu'à un matériau à s'épaissir sous l'effet de la chaleur et à former une barrière étanche aux flammes et isolant de la chaleur. Elle concerne notamment des

matériaux (bandes) et substances (peinture, gel) utilisés dans la sécurité incendie.

Pyrolyse : il s'agit d'un phénomène de dégradation d'un matériau sous l'effet de la chaleur, modifiant sa composition chimique et produisant des gaz de pyrolyse.

Pyrolyse active : une pyrolyse est active lorsqu'elle se poursuit alors que la source de chaleur externe a disparu. La chaleur nécessaire à la poursuite de la pyrolyse vient de l'inflammation des gaz de pyrolyse : les flammes constituent alors une nouvelle source de chaleur qui entretient le processus de pyrolyse.

Réaction au feu : sa première composante (Euroclasse A, B, C, D E ou F) fait référence à la contribution du matériau au développement du feu pendant les premières minutes de sa mise à feu : elle fait donc appel à la fois à son inflammabilité et à sa combustibilité. Sa deuxième et sa troisième composante font respectivement référence à l'opacité des fumées et à la production de gouttelettes enflammées. [Voir définition complète en page 52](#)

Résistance au feu : il s'agit des durées pendant lesquelles un élément soumis à l'action du feu peut continuer d'assurer ses fonctions ; les trois principales fonctions prises en compte sont la stabilité mécanique, l'étanchéité aux flammes et aux gaz chauds et l'isolation thermique en condition d'incendie. [Voir définition complète en page 49](#)

SIGLES

ERP : Etablissement Recevant du Public

DECI : Défense Extérieure Contre l'Incendie

DFCI : Défense des Forêts Contre l'Incendie

DTU : Document Technique Unifié

ITE : Isolation Thermique par l'Extérieur

ITI : Isolation Thermique par l'Intérieur

OLD : Obligation Légale de Débroussaillage

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PPRIF : Plan de Prévention des Risques d'Incendie de Forêt

RT : Réglementation Thermique

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours

BIBLIOGRAPHIE RECOMMANDÉE

Le travail collectif mené dans le cadre de l'action « Incendies de forêt et matériaux biosourcés » a permis de rassembler et consulter une vaste bibliographie sur le sujet. Les documents sélectionnés ci-dessous peuvent permettre d'approfondir certains points évoqués dans le présent guide.



Guide protection incendie : Pour un été sans nuage – A l'usage des résidents en forêt

Institut pour la forêt

Ce guide, élaboré avec les acteurs de la lutte et de la prévention, permet d'évaluer sa vulnérabilité à l'incendie de forêt et expose des mesures de prévention.

Disponible sur <http://www.ofme.org>



OLD : Obligation Légale de Débroussaillage – Une obligation pour la sécurité des personnes et des biens

Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Bouches du Rhône, 2015

Une brochure d'information pour le grand public sur le débroussaillage.

Disponible sur : <http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr>



Guide DFCI - Sensibilité des haies face aux incendies sous climat méditerranéen

Yvon Duché, Rémi Savazzi, Bruno Teissier du Cros, Office National des Forêts, 2012

Les haies situées autour des résidences individuelles peuvent facilement propager un incendie de forêt à l'intérieur d'un lotissement pourtant éloigné du front de flamme. Chacune des 17 haies les plus utilisées en région méditerranéenne fait l'objet d'une fiche pratique qui apporte des conseils pour limiter les risques.

Disponible sur : <http://www.onf.fr>



Comment réagir à un incendie qui menace votre habitation ?

Bruno Teissier du Cros, Office National des Forêts, 2012

Une brochure illustrée récapitulant les bons gestes à réaliser avant, pendant et après le passage du feu pour mettre sa maison en condition de protéger ses occupants et éviter qu'elle ne prenne feu.

Disponible sur : <http://www.onf.fr>



Ma maison est proche d'un (ou dans un) massif forestier. Est-elle vulnérable en cas de feu de forêt ? Je le vérifie...

Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Bouches du Rhône, 2013

Une brochure permettant d'établir un diagnostic simplifié d'une construction existante vis-à-vis du risque d'incendie de forêt.

Disponible sur : <http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr>



Vous habitez une commune exposée au risque de feux. Le Plan de prévention des risques d'incendie de forêt vous concerne.

Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Bouches du Rhône, 2013

Une brochure présentant ce qu'est un PPRIF, pourquoi et comment il est élaboré.

Disponible sur : <http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr>

Documentation sur les feux de forêts disponible sur le site de l'Observatoire de la Forêt Méditerranéenne :

<http://www.ofme.org>



Vulnérabilités des bâtiments face à l'incendie de forêt

EnvirobatBDM, 2015

Ce document au format diaporama a été réalisé dans le cadre de l'action « Incendie de forêt et matériaux biosourcés ». Il compile des informations et des illustrations provenant des retours d'expérience de bâtiments sinistrés par les feux de forêt en France, Etats Unis et Australie.

Disponible sur : <http://www.enviroboite.net/>



Feu de forêt : synthèse du standard australien AS3959

EnvirobatBDM, 2015

Egalement réalisé dans le cadre de l'action « Incendie de forêt et matériaux biosourcés », ce document offre un décryptage et une analyse de la norme australienne de construction dans les zones à risque d'incendie de forêt.

Disponible sur : <http://www.enviroboite.net/>

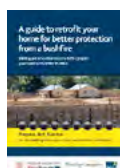


Feu de forêt : solutions techniques australiennes

EnvirobatBDM, 2015

Un complément pratique au document précédent, où sont compilés des produits et systèmes élaborés par les professionnels australiens (constructeurs, industriels) permettant de répondre aux exigences du standard AS 3959.

Disponible sur : <http://www.enviroboite.net/>



A guide to retrofit your home for better protection from a bushfire

Country Fire Authority, Gouvernement de l'Etat de Victoria, Australie

Un guide pour renforcer une habitation existante en la mettant en conformité avec la norme AS 3959. Il expose notamment des techniques pertinentes pour traiter quelques vulnérabilités ponctuelles.

Disponible sur : <http://www.cfa.vic.gov.au>



Bilan Plan Bois 1

FCBA, DGALN, CNDB, 2015

Cette brochure présente les synthèses de programmes d'études nationaux récents effectués sur des systèmes constructifs bois, dont plusieurs ont pour objet la sécurité incendie. Dans ce premier rapport les premiers résultats sont présentés.

Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>



Bois construction et propagation du feu par les façades En application de l'Instruction Technique 249 version 2010

CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) et FCBA (Forêt Cellulose Bois Ameublement), 2016

Une campagne d'essais au feu menés en conditions réelles sur des façades bois et biosourcées a permis d'élaborer des solutions techniques permettant d'améliorer leur performance en situation d'incendie. Les carnets de solutions présentés sont adaptés aux exigences de la sécurité incendie des immeubles de 3^{ème} et 4^{ème} famille.

Disponible sur : <http://www.codifab.fr/>



Architecture méditerranéenne d'aujourd'hui : l'intelligence collective pour mieux bâtir

EnvirobatBDM, 2016

Un retour sur l'aventure de la démarche BDM à travers la présentation des 300 premiers projets, dont beaucoup ont été construits avec du bois et des matériaux biosourcés. Cet ouvrage de collection montre que l'utilisation de ces matériaux et la conception bioclimatique sont parfaitement adaptées aux régions méditerranéennes et sont même nécessaires à un acte de bâtir harmonieux et durable. Cela justifie pleinement de trouver des solutions permettant de construire durable en zone à risque d'incendie de forêt.

Disponible auprès d'EnvirobatBDM.

Documentation sur la construction durable disponible sur l'enviroBOITE :

<http://www.enviroboite.net>

REMERCIEMENTS

Le guide Construire durable en zone à risque d'incendie de forêt est le fruit d'un an de travail collectif et de recherches documentaires. Il a pu être réalisé grâce à l'implication de nombreux professionnels de la construction bois et biosourcée, adhérents et partenaires d'EnvirobatBDM.

Nous tenons à les remercier :

Olivier Gaujard (Prescripteur bois construction, Interprofession Legnu Vivu), Jérôme Solari (Solari Architectes et associés), Frédéric Nicolas (Cabinet d'Architectes Frédéric Nicolas), Jérôme Voutier (SOLEA Architectes), Pascale Birotteau (A4 architecture), Anne-Laure Boichot (Tangram Architectes), Gaël Perché (Art Scop Bois), Franck Faure Brac (Alpes Méditerranée Charpentes), Jean-Daniel Alzial et Jean Michel Dronne (Construction Conception Maisons Bois) Serge Lièvreumont (EXE Bois Construction), Gilles Landerer (SCOP Triangle), Pierre Defosse (Les Toitures Montiliennes), Damien Funel (Bois et Tradition), Maximilien Piteau (Avenir Bois Construction), Thierry Hulin (Bureau d'études Hulin), Christophe Beaussire (Pavatex France et VESTA Solutions Biosourcées), Martine Angeli, Julian Tizianel et Philippe Marcaillou (SINIAT), Quentin Debarbouille (Piveteau Bois), Jean-François Doucet (Ma Terre Bio), Eric Delanoë (BCB Tradical), Florian Miletto (SOPREMA), Géraldine Martin (Nexity Ywood), Philippe Viel (Communes forestières PACA), Jean Marie Haquette, Richard Lacortiglia (Le Gabion), Pierre Delot (Le Village, Bâtir en Balles), Hayeth Sidhoum (Fibois 06 & 83), Cyrille Naudy (Communauté du Pays d'Aix), Coralie Garcia (Réseau Français de la Construction Paille) Elisabeth Blanchard et Stéphane Hameury (CSTB), Rafik Meraoumia (CEREMA), Jean-Marie Gaillard (FCBA).

Les échanges avec les services de secours et les services de l'État ont été extrêmement précieux. Nous tenons à remercier particulièrement : le Bataillon des Marins Pompiers de Marseille, le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Alpes-Maritimes, le Service Départemental d'Incendie et de Secours des Bouches-du-Rhône, les Directions Départementales des Territoires et de la Mer des Bouches-du-Rhône, du Var, des Alpes-Maritimes et du Vaucluse, La DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, la DHUP et la DGPR.

ENVIROBATBDM

Le Phocéen, Bâtiment C
32 Rue de Crimée - 13003 Marseille
www.envirobatbdm.eu

Guide réalisé en 2016



RÉDACTEURS :

Jean-Brice Cordier
Alexandra Prin-Derre

RELECTURE :

Olivier Gaujard
Benoit Vion-Dury

CONCEPTION ET RÉALISATION :

Les Poulets Bicyclettes

IMPRIMÉ PAR :

Exaprint en 2017

Photo de couverture : Vigie de Figuerolles
Équipe de maîtrise d'œuvre : OH!SOM
Architectes mandataires : +i2C bet structure
Photographe : OH!SOM Architectes

Guide réalisé avec le soutien financier de nos partenaires :



envirobat **bcdm**