

Edition 2011

Isolation: la méthode «Spider»,
indicateur pour des constructions
écologiques et économiques!

Version résumée

isolants évalués
selon la méthode

spider



Spider Edition 2011

La méthode d'évaluation « Spider » a été publiée pour la première fois, en mai 2009. Cette méthode a rencontré un succès important et inattendu dans le secteur de la construction et permet une utilisation à grande échelle. Après deux ans, il était indispensable de rééditer une nouvelle version. Cette dernière prend en considération les changements des caractéristiques thermiques, du coût des différents matériaux isolants, des données actuelles, du bilan énergétique des matières publiés par l'EPFZ / EMPA (ecoinvent) et d'une série de détails au niveau de la méthodologie. La mise à jour de ces données a été encouragée notamment par l'intérêt porté à cette méthode d'évaluation. De plus, sur le plan rédactionnel, les textes ont été une nouvelle fois évalués et adaptés. C'est pourquoi, vous disposez d'une version qui reflète la situation à fin 2010. La mise à jour n'a eu que de légers impacts sur les résultats en comparaison avec 2008. Cette méthode a fait ses preuves et nous espérons qu'elle vous aidera à choisir des solutions d'isolation durables.

isolants évalués
selon la méthode

spider



Graphiques présentant
les caractéristiques durables
des matériaux isolants.

Rapport sur la méthodologie
utilisée et les résultats obtenus

Table des matières

Choix d'isolants: évaluation selon la méthode «Spider». Un rapide tour d'horizon	4
Toitures plates: avantages significatifs aux isolants en EPS	10
Façades ventilées: de 19 à 30 cm pour un même pouvoir isolant	12
Façades compactes: tout, ou presque, parle en faveur de l'EPS	16
Isolations périmétriques: préservation des ressources ou absence de matières potentiellement nocives, il faut choisir...	18

**büro für
umweltchemie**

Ueli Kasser et Matthias Klingler
Schaffhauserstrasse 21
CH-8006 Zürich
Tel. 043 300 50 40
Fax 043 255 15 35
u.kasser@umweltchemie.ch
www.umweltchemie.ch

Sur mandat de swisspor AG, 6312 Steinhausen

Choix d'isolants: évaluation selon la méthode «Spider». Un rapide tour d'horizon

Par Ueli Kasser et Matthias Klingler. Travaux de recherche, livres ou brochures spécialisés, rapports d'expertise: nombreux sont les ouvrages qui traitent de la durabilité des matériaux isolants. Cependant, il n'existe à ce jour aucun document calqué sur la pratique et qui permettrait aux maîtres d'ouvrage, aux bureaux de conception ou encore aux physiciens du bâtiment de prendre une décision rapide et fondée. Le groupe swisspor en collaboration avec des experts externes et indépendants a développé la méthode «Spider». Le «Spider» permet de visualiser facilement les principaux éléments de durabilité des matériaux d'isolation sur les différents axes. Fondés sur une méthodologie éprouvée ainsi que des critères objectifs et transparents, ces profils (graphiques) permettent de visualiser facilement les principaux aspects de la durabilité des matériaux isolants.

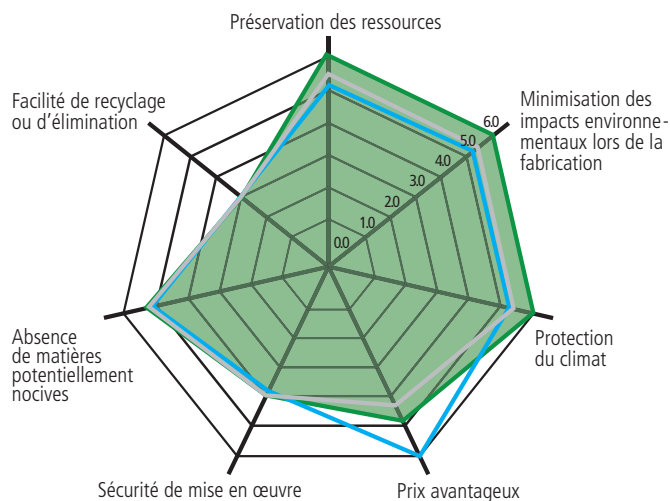
Les critères représentés sur les axes des graphiques reflètent tout le cycle de vie des matériaux, les coûts ainsi que les facteurs influençant la résistance et la facilité d'utilisation des matériaux. Les points forts et les points faibles étant aisément identifiables, les graphiques sont faciles à interpréter.

Echelle suivant le principe des notes à l'école

Les libellés des axes des graphiques peuvent être compris facilement, sans qu'aucune connaissance spécifique ne soit nécessaire, et ils expriment une qualité (caractéristique positive). Pour tous les paramètres, l'échelle adoptée va de 0 à 6 (où 6 représente la meilleure notation), d'où le libellé de l'axe positif. Par ailleurs, la méthode de présentation «Spider» requiert de choisir un mode de quantification (unité de mesure) pour chaque axe. Ce sont ainsi neuf critères qui ont été sélectionnés et représentés sur les axes (cf. tableau ci-joint). Tous les calculs et évaluations se basent sur un pouvoir isolant normalisé. La quantification limitant le nombre de caractéristiques qui peuvent être prises en compte, on ne peut faire figurer sur les axes des caractéristiques qui ne seraient que qualitatives. En outre, les données et autres informations utilisées pour les modèles quantitatifs doivent être objectives, reproductibles et reconnues par les professionnels de la branche.

Exemple de graphique en toile d'araignée

- EPS 18 graphité collé 18 cm
- EPS 15 standard collé 23 cm
- EPS 15 graphité collé 19 cm



Methode:

Choix d'isolants: évaluation selon la méthode «Spider». Un rapide tour d'horizon

Bases et méthodologie utilisées pour les critères

Caractéristique (libellé de l'axe)	Mode d'évaluation et de quantification
Préservation des ressources	Energie grise en MJ, seulement pour la fabrication (élimination exclue)
Minimisation des impacts environnementaux lors de la fabrication	Unités de charge environnementale (UCE), seulement pour la fabrication (élimination exclue)
Protection du climat	Potentiel de réchauffement global (PRG), CO ₂ eq [kg/m ²], seulement pour la fabrication (élimination exclue)
Prix avantageux	[Fr./m ²], coûts des matériaux et de travail (rendu posé)
Sécurité de mise en œuvre	2 critères quantitatifs, 3 critères qualitatifs pondérés (différemment) en fonction du domaine d'application
Eventail des applications (protection incendie)	1 critère quantitatif, 2 critères qualitatifs
Absence de matières potentiellement nocives	Quantité et phrases R des éléments soumis à l'obligation d'étiquetage
Durée d'utilisation	Années: valeur moyenne entre la durée d'utilisation économique et celle physique
Facilité de recyclage et d'élimination	4 critères qualitatifs pour la facilité de recyclage 2 critères semi-quantitatifs officiellement définis

Les écobilans en toile de fond

Les critères «préservation des ressources», «minimisation des impacts environnementaux lors de la fabrication» ou «protection du climat» se fondent sur des bilans de matières et d'énergie prenant en compte les étapes du cycle de vie d'un produit, allant de l'extraction des matières premières à la sortie d'usine du produit fini, chargé sur véhicule.

Le premier de ces critères comprend la consommation totale en énergies non renouvelables (fossile ou nucléaire); n'existant qu'en quantités limitées, ces deux ressources sont les plus importantes et leur utilisation engendre des nuisances environnementales considérables.

La méthode sous-tendant le deuxième critère est celle utilisée pour les écobilans, dite de la «saturation écologique».

Cette dernière prend en compte quelques dizaines de paramètres concernant les émissions de polluants dans l'air, les eaux et les sols; l'appréciation générale est exprimée par un score, c.-à-d. un chiffre unique résultant de l'agrégation de tous les paramètres (il s'agit des unités de charge environnementale, UCE).

Pour le troisième critère (protection du climat) sont considérés les gaz à effet de serre émis, exprimés en termes d'équivalents CO₂. Le chiffre ainsi obtenu reflète essentiellement la consommation en énergie fossile (et ne comprend donc pas l'énergie hydraulique, éolienne ou nucléaire).

Pour les trois axes (critères) mentionnés, l'échelle adoptée suit le même principe: les notes sont inversement propor-

tionnelles à la valeur (la note 6 correspond à la valeur la plus basse, les notes proches de 0 aux valeurs les plus élevées). A titre d'exemple, selon ce système d'échelle, une isolation qui présenterait une valeur de CO₂ double par rapport à la valeur la plus basse (pour une même application) obtiendrait la note 3; une isolation avec une valeur de CO₂ très élevée obtiendrait une note proche de zéro. L'échelle adoptée correspond ainsi à la manière «normale» d'interpréter un graphique selon la méthode «Spider».

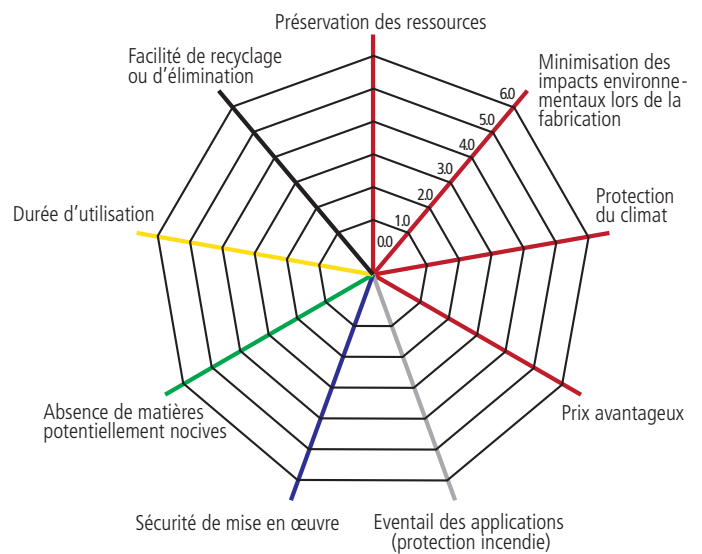
Calcul des prix uniforme

L'axe «prix avantageux» recouvre les coûts d'investissement à l'intérieur des limites de système définies, c.-à-d. les coûts pour les matériaux isolants et les matériaux auxiliaires, ainsi que les coûts de la mise en œuvre pour des hypothèses standard. En revanche, il ne comprend pas les frais d'entretien. Les données concernant les coûts d'investissement ont été recensées d'après les mêmes sources et selon les mêmes conditions aux limites; par ailleurs, elles ont été collectées par des experts des associations de branche concernées. L'échelle de l'axe des prix suit le même principe que celui des axes reflétant les bilans de matières et d'énergie.

Tolérance aux défauts et risques liés à la pose

L'axe reflétant la sécurité de mise en œuvre porte sur la santé des collaborateurs et sur la sécurité technique. Il se fonde sur quatre critères. Un critère concerne l'hygiène du travail et l'environnement, trois objectifs portent sur les aspects techniques de transformation : mesures de protection à prendre (contre les fibres pouvant pénétrer dans leurs poumons), les émissions de COV au cours du traitement, le poids des panneaux, le comportement à la déformation et la sensibilité aux intempéries. Plus le poids des panneaux est important, plus les risques sont importants au plan physique pour les personnes manipulant les panneaux. Le comportement à la déformation est utilisé comme critère pour mesurer les risques liés à la mise en œuvre. En effet, les panneaux rigides sont plus difficiles à mettre en œuvre (adaptations de détails) et plus sensibles aux variations de

Concept méthodologique des axes



- **Facilité de recyclage: (4)**
 - Déconstruction (1)
 - Logistique (1)
 - Disponibilité de la technique (1)
 - Neutralité des coûts (1)
- **Système de points:**
 - Santé (a)
 - Poids spécifique (b)
 - Elasticité de forme (c)
 - Sensibilité aux intempéries (d)
- **Facilité d'élimination: (2)**
 - Mâchefers / matériaux inertes (2)
- **Semi-quantitatif:**
 - Classification (2)
 - Nbre d'étages ou niveaux (1)
 - Importances des mesures à prendre (2)
- **Linéaire:**
 - Moyenne entre durée physique et économique
 - 65 ans = 6, 0 an = 0
- **Quantitatif:**
 - Absence de matières Potentiellement nocives = 6
 - Référence XPS = 0
- **Quantitatif:**
 - min. = 6
 - valeur double = 3; 0 = ∞

Méthode:

Choix d'isolants: évaluation selon la méthode «Spider». Un rapide tour d'horizon

température ainsi que d'humidité. Ils accroissent ainsi les risques lors de la mise en œuvre, qui requiert une attention accrue de la part des personnes qui les manipulent, afin de prévenir toute erreur ou tout dommage; on parle à ce propos souvent de «tolérance aux défauts» d'un produit. Les matériaux isolants doivent impérativement être installés alors qu'ils sont secs, pour prévenir tout dommage ultérieur. Par conséquent, les risques liés à la mise en œuvre sont plus élevés pour les matériaux absorbant facilement l'eau (fibres). La pondération des quatre critères susmentionnés est ainsi légèrement différente d'un domaine d'application à l'autre.

Quantification et pondération des matières potentiellement nocives

Les éventuels matières nocives des matériaux isolants sont plus précisément les composants qui ne sont pas liés chimiquement à ces matériaux et auxquels s'appliquent une ou plusieurs phrases R. Il s'agit avant tout des agents ignifuges, des catalyseurs, des stabilisateurs ainsi que des gaz à effet de serre (gaz d'expansion dans les mousses alvéolaires organiques). Les isolants minéraux et les isolants organiques étudiés au moyen de la méthode «Spider» (panneaux en fibres de bois à faible densité et en fibres de chanvre) ne contiennent pas d'additifs soumis à l'obligation d'étiqueter. L'axe «absence de matières potentiellement nocives» représente le potentiel de toxicité et de pollution de ces substances, sans considérer dans quelle mesure ces dernières se disséminent effectivement dans l'environnement durant les phases d'utilisation et d'élimination (ou de valorisation). Le potentiel est calculé selon un modèle de pondération officiel pour les phrases R ainsi que selon la quantité de polluants par unité de surface.

Priorité à la valorisation

Les critères définissant la facilité de valorisation ou d'élimination des matériaux isolants sont les plus difficiles à analyser (liens, interactions complexes entre différents facteurs), et ainsi à représenter sur les graphiques en «Spider». D'une

part, le degré de «recyclabilité» n'est pas objectivement mesurable; d'autre part, il convient de prendre en compte l'option «élimination» (c.-à-d. celle de l'incinération ou de la mise en décharge), et non seulement celle du recyclage. En effet, pour tous les domaines d'application, il y a fort à parier que les systèmes d'isolation ne seront démontés que s'ils sont endommagés, ce qui implique que certains produits mis au rebut (tels que ceux absorbant l'eau) sont décomposés, voire pourris, ne pouvant plus être recyclés. C'est pourquoi les graphiques «Spider» comprennent les deux critères de la facilité de recyclage (qui désigne plus spécifiquement le degré de «recyclabilité») et celle d'élimination (qui désigne une élimination non problématique au niveau des nuisances causées). Cependant, la pondération de la facilité de recyclage est double par rapport à celle de la facilité d'élimination.

Le terme «recyclage» nécessite une précision dans sa définition, car presque tout peut être recyclé. Par exemple, il est possible de transformer pratiquement toutes les matières en une fraction très fine pouvant être utilisée comme matériau de remplissage pour de nouveaux matériaux de construction. Dans le présent projet, le recyclage désigne une valorisation matière au sens strict du terme: un produit qui ne peut plus être utilisé est récupéré et réintroduit dans le cycle de production dont il est issu (même fonction) et dans lequel il remplace donc une matière première «primaire» analogue. A l'exception des plastiques thermodurcissables que sont le polyuréthane (PUR) et le phénol-formaldéhyde (PF), les matériaux d'isolation répondent – en théorie – tous à la condition formulée dans cette définition. La facilité de recyclage dépend en outre également de la disponibilité des filières de récupération ainsi que de la neutralité des coûts par rapport à l'élimination. Répondent au critère de la facilité d'élimination les isolants combustibles qui n'occasionnent pas de résidus problématiques lors du traitement en usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM). Quant aux matériaux non combustibles, ils doivent, pour être considérés comme non problématiques, présenter la qualité de matériaux inertes au sens de la législation applicable aux déchets.

Application / pouvoir isolant	Matériaux isolants
Toitures plates praticables avec végétalisation extensive $U = 0.15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (dalle béton et matériaux isolants)	EPS standard, EPS graphité, PUR alu/voile, PUR Premium, laine de roche, verre cellulaire, XPS
Façades ventilées sur briques de terre cuite, $U = 0.15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (construction entière sans revêtement y compris les ponts thermiques)	EPS graphité, laine de roche, laine de verre, fibres de chanvre, fibres de bois à faible densité, verre cellulaire
Façades compactes (isolation extérieure crépie) $U = 0.15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (mur de briques, matériaux isolants et plâtre)	EPS standard, EPS graphité, laine de roche, panneaux composites de mousse phénolique (PF)
Murs extérieurs enterrés (isolation périmétrique) sans eaux souterraines, $U = 0.2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (mur en béton et matériaux isolants)	EPS à haute densité, XPS, verre cellulaire

Quatre domaines d'application et treize types de matériaux isolants

Pour que la méthodologie soit correcte, on ne peut comparer les isolants qu'à l'intérieur du même domaine d'application, car un même isolant présentera des propriétés physiques différentes selon le type d'application concerné (masse volumique apparente, résistance, conductivité thermique). Les systèmes sont normalisés du point de vue du pouvoir isolant, sauf dans le cas d'une isolation périmétrique (murs extérieurs enterrés), qui se fonde sur un coefficient U de $0.20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Les comparaisons sont effectuées entre des systèmes (isolants, y c. les constructions auxiliaires) présentant les mêmes pouvoirs isolants (y c. les ponts thermiques, sous-constructions dans le cas des façades

ventilées). Avec de si faibles coefficients U , certains matériaux isolants requièrent une épaisseur allant jusqu'à 30 cm. Ces types de constructions ne sont encore que peu usités, notamment pour les façades ventilées ou compactes, et n'ont pas encore été beaucoup testées aux niveaux statique et physique. Pour les façades ventilées, les fibres de bois à faible densité, les fibres de chanvre et le verre cellulaire figurent parmi les produits usuels en tant qu'alternatives. Quant aux toitures plates et aux isolations périmétriques, aucune autre alternative particulière n'est disponible ou n'a été testée au niveau des propriétés physiques du matériau concerné.

Méthode:

Choix d'isolants: évaluation
selon la méthode «Spider».
Un rapide tour d'horizon



Toitures plates: avantages significatifs aux isolants en EPS

Le dispositif de base est une toiture plate végétalisée et praticable, possédant un coefficient U de 0.15 W/m²·K, sans charge ou autres caractéristiques particulières. L'épaisseur de l'isolation requise a été calculée pour l'entier du toit y compris la dalle en béton, mais sans étanchéité. Six types d'isolation en matières alvéolaires organiques sont comparés à deux types d'isolation minérale. Ont été choisis les produits les plus courants sur le marché suisse. On constate que les épaisseurs et les poids spécifiques (c.-à-d. par unité de surface) varient fortement entre les sept produits différents proposés: Les épaisseurs d'isolants varient entre 13 cm (PUR Premium) et 29 cm (laine de roche). Les matériaux isolants les plus légers (EPS graphité et PUR) pèsent jusqu'à près de dix fois moins que les matériaux les plus lourds (laine de roche). Pour atteindre la résistance physique nécessaire pour ce type d'application, il est nécessaire de choisir un produit possédant une masse volumique apparente élevée (surtout dans le cas de la laine minérale), ce qui péjore sa conductivité thermique.

EPS: un produit qui préserve les ressources et le climat

S'agissant des toitures plates, les graphiques mettent en évidence le rôle joué par le poids spécifique des produits. En ce qui concerne les trois axes définissant les bilans de matières et d'énergie, les matériaux alvéolaires organiques obtiennent de bien meilleurs résultats que la laine de roche ou le verre cellulaire, qui sont beaucoup plus lourds. L'XPS consomme bien plus de ressources et est plus dommageable pour l'environnement que l'EPS, un impact néfaste qui tient avant tout à sa masse volumique apparente plus élevée ainsi qu'au gaz expanseur utilisé (le CO₂). La différence entre l'EPS graphité et l'EPS normal est le coefficient de conductivité thermique moins favorable de ce dernier ($\Delta\lambda = 0,005 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Si le PUR Premium se caractérise par une conductivité thermique encore plus faible, il présente cependant une masse volumique apparente plus élevée, si bien que son écobilan est sensiblement moins bon que celui des isolants à base de polystyrène. Le coefficient de conductivité thermique du PUR Premium est de $\lambda = 0,021 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ inférieure à celle de l'air immobile grâce à l'utilisation d'un gaz expanseur spécial. L'importante influence de l'effet de serre de ce gaz a été prise en considération pour la protection du climat. Pour un même pouvoir isolant, la laine de roche pèse près de dix fois plus que l'EPS graphité. Cette différence ne peut pas être compensée par les qualités environnementales de la laine de roche, qui sont certes meilleures par rapport à l'unité de poids, mais pas si l'on considère le poids nécessaire pour le même pouvoir isolant. Pour les toitures compactes en verre cellulaire, il faut encore tenir compte des 13 kg de bitume chaud, qui s'ajoutent aux 30 kg de matériaux isolants. Dans le cas d'une toiture plate, les coûts d'investissement sont déterminés par le coût des matériaux. En effet, les frais de mise en œuvre ne représentent qu'une part de 15 à 20% des coûts totaux. Le verre cellulaire est environ quatre fois plus cher que les matériaux isolants alvéolaires organiques. Du point de vue de la sécurité de mise en œuvre, les panneaux en XPS viennent en tête. Leurs avantages sont l'absence de risques sur le plan de l'hygiène du travail, leur légèreté et leur résistance aux in-

tempéries. Le seul paramètre pour lequel ils obtiennent de mauvais résultats est leur comportement à la déformation. Les autres panneaux isolants alvéolaires organiques présentent une résistance aux intempéries légèrement inférieure. La laine de roche obtient de moins bons résultats, en raison du risque lié aux fibres, qui peuvent pénétrer dans les poumons des employés chargés de la mise en œuvre, ainsi qu'en raison de sa fragilité aux intempéries et de son poids important. S'agissant des toitures en verre cellulaire collé en pleine surface, les vapeurs émises lors de la pose à chaud sont considérées comme un facteur de risque sur le plan de l'hygiène du travail.

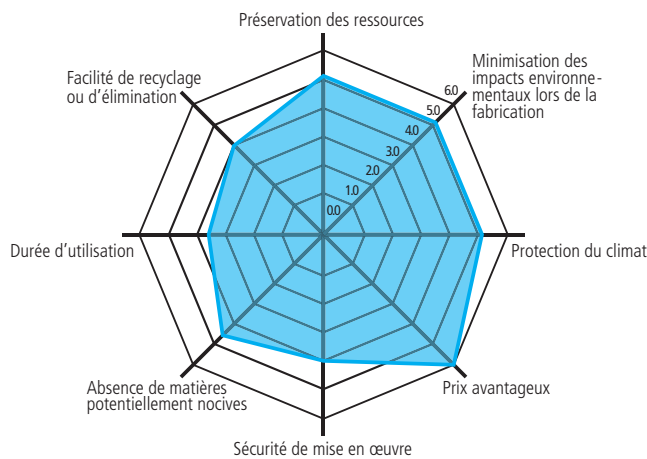
Matériaux isolants minéraux: des produits sans matières potentiellement nocives

En ce qui concerne l'absence de matières potentiellement nocives, les panneaux isolants en XPS obtiennent la plus mauvaise note. Cela tient au fait que l'XPS contient les mêmes additifs pour augmenter sa résistance au feu que l'EPS, mais en quantités trois fois plus grandes. Les agents ignifuges, les catalyseurs et le gaz à effet de serre du PUR sont plus importants en quantité, mais leur toxicité potentielle est bien moindre. Sur le plan de la durée d'utilisation (un critère utilisé seulement pour le domaine des toitures plates) le toit compact à une durabilité évaluée à 65 ans. Pour tous les autres dispositifs d'isolation, la durée d'utilisation théorique va de 40 à 45 ans; il s'agit d'une valeur moyenne entre la durée physique et la durée «économique». S'agissant du critère de la facilité de recyclage ou d'élimination, les toitures compactes ne permettent pas de le remplir, tandis qu'il est rempli de manière optimale pour les autres formes de toitures. La laine de roche peut être recyclée ou éliminée. Les systèmes d'isolation à base d'EPS peuvent tous être recyclés de manière optimale, mais ils ne remplissent pas le critère de la facilité d'élimination, car l'EPS contient du bromure, qui se retrouve dans les résidus de l'incinération. Le PUR et l'XPS ne sont pas recyclables selon la définition „standard“ du recyclage et causent également des déchets écologiquement négatifs lors de la combustion.

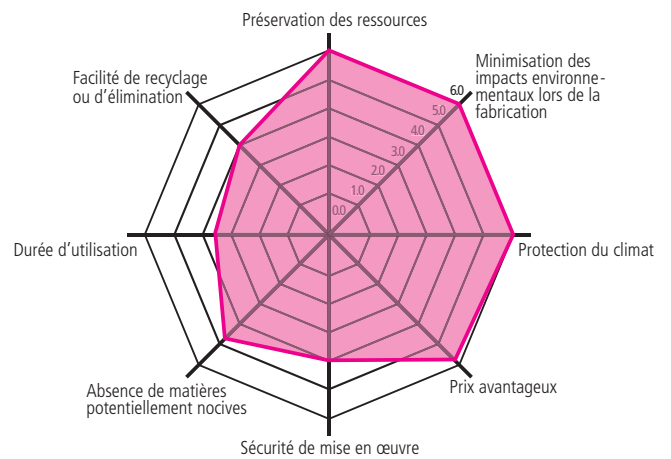
Toitures plates, U de 0.15 W/(m²·K)

avantages significatifs aux isolants en EPS

● EPS 25 standard 22 cm



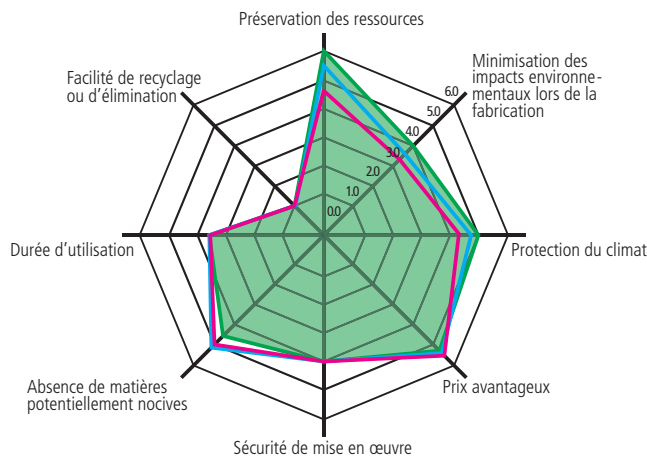
● EPS 25 graphité 19 cm



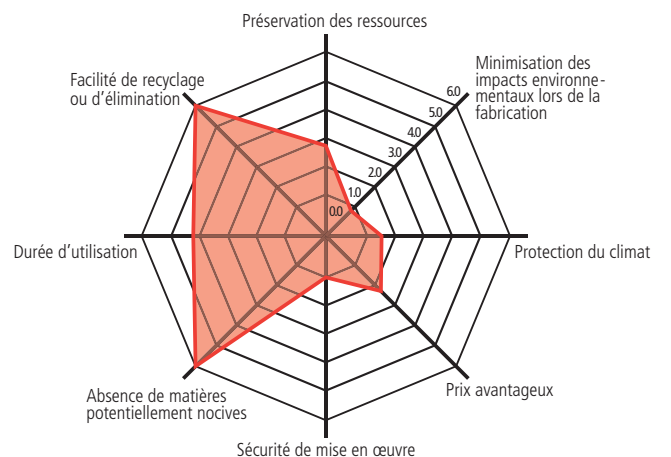
● PUR revêtu d'un voile min. 17 cm

● PUR revêtu d'al. 15 cm

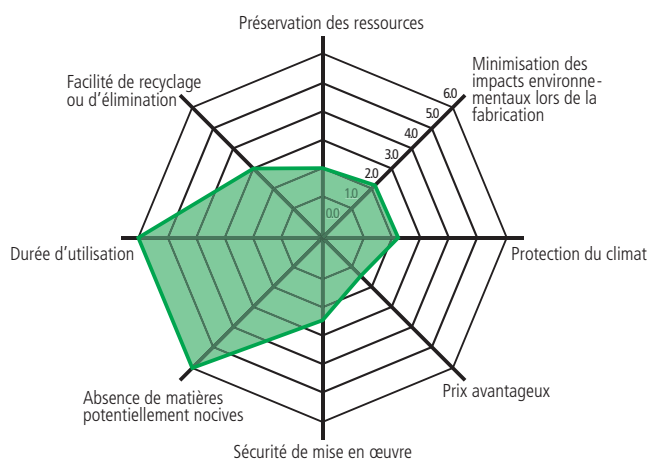
● PUR Premium 13 cm



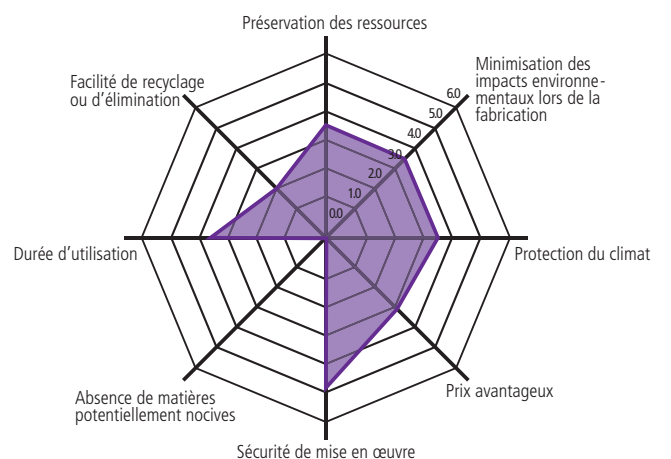
● Laine de roche 29 cm



● Verre cellulaire 26 cm



● XPS 23cm



Façades ventilées: de 19 à 30 cm pour un même pouvoir isolant

Le dispositif de base est une façade ventilée, possédant un coefficient $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, dont l'isolant est posé sur un mur en briques de terre cuite et couvert d'une plaque de protection de $25 \text{ kg}/\text{m}^2$. Les épaisseurs d'isolant requises ont été calculées pour la paroi extérieure prise dans son ensemble, en tenant compte des ponts thermiques dus aux systèmes de fixation et aux sous-constructions. Lorsque l'isolation est relativement épaisse, il est important de prendre en compte les éléments de la sous-construction, tant du point de vue de la quantité de matériaux requise que des ponts thermiques induits, et donc du surplus d'isolation nécessaire pour les compenser. En ce qui concerne les isolants présentant une certaine élasticité, les systèmes de vis à double filetage et de consoles ont été étudiés. Dans ce système, les chevilles sont vissées dans le mur porteur à travers un lattage de bois (destiné à la ventilation de façade) et à travers toute l'épaisseur de l'isolant. On constate que les différences entre épaisseurs et poids spécifiques entre les dix systèmes d'isolation sont également considérables dans le cas des façades ventilées. L'épaisseur de l'isolation varie entre 19 cm pour l'EPS 25 graphité et 30 cm pour les panneaux de fibres de chanvre posés sur consoles. L'EPS graphité est dix fois plus léger que le verre cellulaire 115.

Matériaux alvéolaires organiques et matériaux naturels: résultats très proches

Dans le cas des façades ventilées, les profils en toile d'araignée des différents systèmes d'isolation (à l'exception du verre cellulaire) se ressemblent beaucoup plus que dans le cas des toitures plates. Pour les trois axes représentant les bilans de matières et d'énergie, les matières plastiques sont proches des laines minérales et des produits à base de fibres végétales (fixés par un système à chevilles). Il faut remarquer que les systèmes de pose sur consoles utilisés pour les panneaux en fibres de chanvre et pour la laine de roche consomment bien plus de ressources naturelles que les dispositifs utilisant des chevilles. Cette différence est due à la quantité plus importante de matériaux nécessaire pour le système de console (UKS), induisant des ponts thermiques qui doivent être compensés par une surépaisseur d'isolation de 3 à 4 cm. En revanche, la laine de verre, nécessite une épaisseur moindre et peut être fixée par le système standard (par exemple, Wagner WSK), qui nécessite donc significativement moins de matériaux.

Système à cheville: plus respectueux de l'environnement

Du point de vue de la préservation des ressources et de la minimisation des impacts sur l'environnement, il faudrait, en toute logique, utiliser toujours le système de fixation à chevilles (par les vis à double filetage), particulièrement pour les grandes épaisseurs d'isolation. Les matériaux présentant le moins d'impact sur l'environnement au moment de leur fabrication sont l'EPS 15 graphité, les fibres de bois à faible densité ainsi que les fibres de chanvre – dont l'impact environnemental n'est cependant pas connu avec certitude. Les différences constatées entre les produits au niveau de la protection du climat sont dues, en règle générale, à la proportion de courant suisse utilisé lors de leur fabrication. En effet, l'électricité produite en Suisse, comprend surtout de l'énergie hydraulique et de l'énergie nucléaire, n'entraînant que de faibles émissions de CO_2 . L'incidence de ce facteur est particulièrement manifeste dans la comparaison entre la laine de verre et la laine de roche: dans le cas de la laine de verre, les matières premières sont fondues avec de l'énergie électrique, tandis que pour la laine de roche, ce procédé se déroule dans des fours à coupole et l'agent énergétique est du coke.



Dans le cas des façades ventilées, les coûts d'investissement sont induits pour 2/3 par les coûts des matériaux, et pour 1/3 par les coûts de mise en œuvre (rapport 2:1). Les coûts de mise en œuvre sont significativement moins élevés pour les systèmes de pose basés sur des chevilles, que pour les systèmes sur consoles. Mis à part pour le verre cellulaire, les coûts globaux des dispositifs de pose basés sur le système de vis à double filetage sont très proches d'un système à l'autre. Le coût du verre cellulaire est environ deux à trois fois plus élevé que pour les autres matériaux isolants, sans présenter d'avantages décisifs sur les autres critères.

Protection contre les incendies: limitations pour les produits combustibles

Le critère «éventail des applications» est utilisé dans le cas des façades ventilées pour évaluer les restrictions d'utilisation dues aux mesures de protection contre les incendies. L'indice officiel d'incendie, le nombre d'étages ou niveaux pouvant être isolés sans mesure de protection particulières et l'importance des mesures pour prévenir les incendies entrent en considération pour obtenir la note finale en matière de protection contre les incendies. Alors que les isolants minéraux peuvent être posés sans précaution particulière sur des façades d'immeubles élevés (<20m), les isolants fortement ou moyennement combustibles sont limités dès quatre étages. Pour les isolants à base d'EPS, un cloisonnement anti-feu doit être mis en place à chaque étage ou niveau pour les bâtiments dépassant quatre étages; pour les isolants à base de fibres végétales, un crépi minéral est nécessaire, entraînant une augmentation des quantités de matériaux nécessaires et un surcroît considérable de travail de fixation. Le niveau de sécurité de mise en œuvre des panneaux en fibres de chanvre et de bois à faible densité est presque optimal. En effet, relativement légers et élastiques, ils peuvent être posés sans risque au niveau de l'hygiène de travail. Pour les façades ventilées, l'élasticité de forme est pondérée de manière plus importante que la sensibilité aux intempéries. L'impact des intempéries est moins important pour des isolants posés dans des façades ventilées que pour des isolants de toitures plates exposés lors de la pose. Dans le cas de la laine de roche et de la laine de verre, il faut prendre en compte les risques concernant l'hygiène du travail, en raison du risque de pénétration de ces fibres dans les pou-

mons; ces deux isolants sont de poids moyen, élastiques et sensibles aux intempéries. Quant aux panneaux alvéolaires organiques, ils sont légers et ne présentent pas de risque au niveau de l'hygiène du travail. Leur inconvénient est leur faible élasticité de forme, ce qui pose problème pour les nombreux raccords d'angle dans la façade. Le principal avantage du verre cellulaire est qu'il résiste bien aux intempéries, mais ce critère est pondéré plus faiblement pour les façades ventilées.

Pour les critères relatifs au recyclage ou à l'élimination, tous les systèmes de pose sans colle sont faciles à déconstruire¹. En ce qui concerne les panneaux en fibres de chanvre fixés avec des chevilles, la première couche d'isolation doit être collée; il en va de même pour le verre cellulaire. Par ailleurs, la laine de roche et la laine de verre sont à la fois facile à recycler ou à éliminer. Les systèmes d'isolation à base d'EPS peuvent tous être recyclés de manière optimale, mais ils ne remplissent pas le critère de la facilité d'élimination, car l'EPS contient du bromure, qui se retrouve dans les résidus de l'incinération. Les panneaux isolants en fibres de chanvre ou de bois, ou en verre cellulaire ne remplissent pas le critère de recyclage, car il n'existe actuellement aucune filière de récupération pour ce matériau.

Profils en toile d'araignée des matériaux utilisés dans les façades ventilées

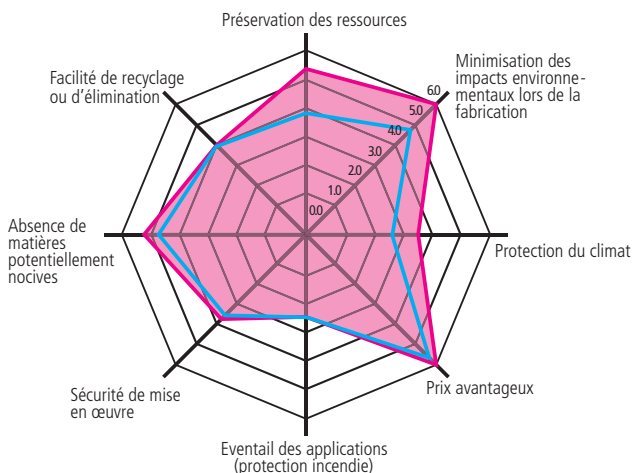
¹ La déconstruction désigne le démontage ordonné d'un élément de construction en vue d'obtenir des fractions valorisables.

Façades ventilées, U de 0.15 W/(m²·K)

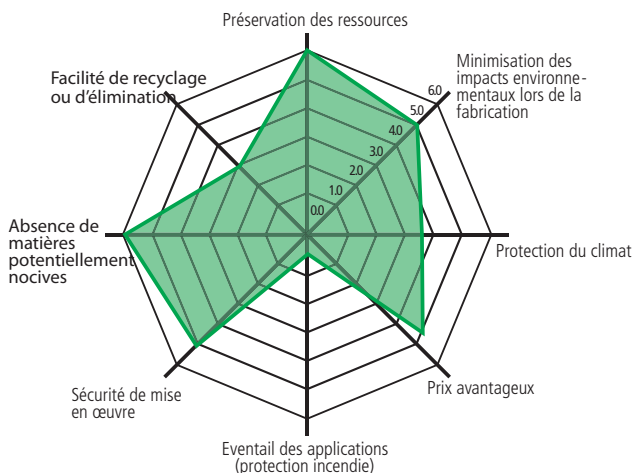
de 19 à 30 cm pour un même pouvoir isolant



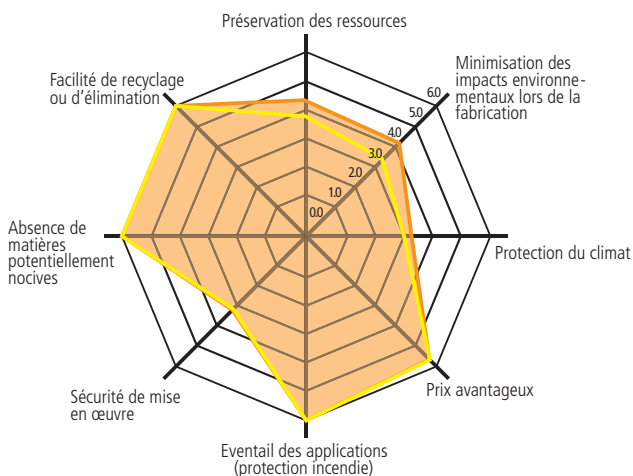
- EPS 25 graphité chevilles d'écartement 19 cm
- EPS 15 graphité chevilles d'écartement 20 cm



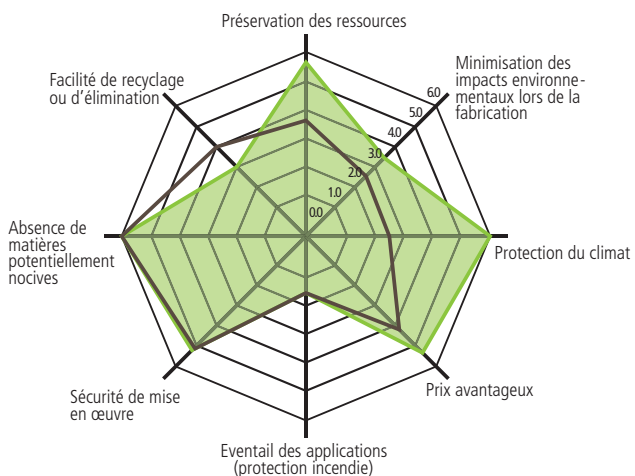
- Fibres de bois à faible densité, chevilles d'écartement 25 cm



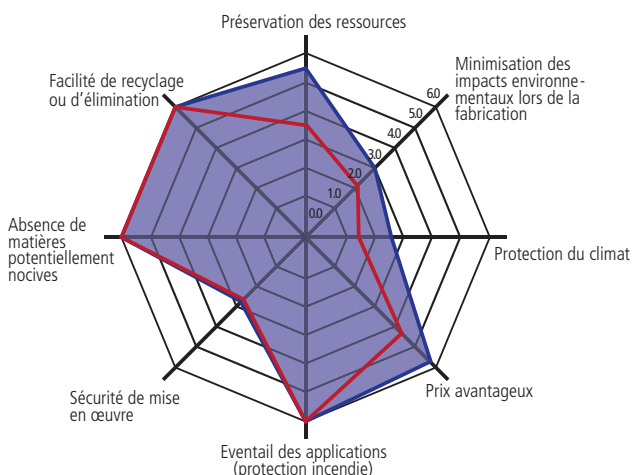
- Laine de verre chevilles d'écartement 21 cm
- Laine de verre sur console 24 cm



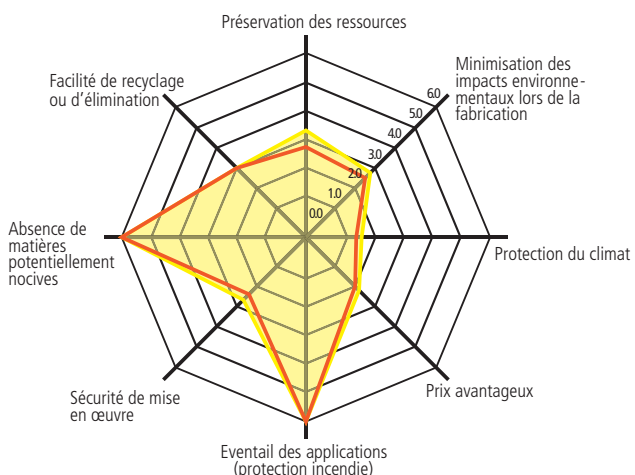
- Fibres de chanvre collées chevilles d'écartement 26 cm
- Fibres de chanvre sur console 30 cm



- Laine de roche chevilles d'écartement 22 cm
- Laine de roche sur console 26 cm



- Verre cellulaire 115 collé chevilles d'écartement 27 cm
- Verre cellulaire 100 collé chevilles d'écartement 25 cm



Façades compactes (isolations thermiques extérieures crépies): tout, ou presque, parle en faveur de l'EPS

Le dispositif de base de la comparaison est une façade compacte, possédant un coefficient $U = 0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, dont l'isolant est fixé sur un mur en briques de terre cuite. Les épaisseurs d'isolant nécessaires ont été calculées pour la paroi extérieure prise dans son ensemble, en incluant les ponts thermiques dus au système de fixation, mais en excluant le système de crépissage. Tous les dispositifs d'isolation supportent différents systèmes de crépissage. La comparaison porte sur deux types d'isolant à base d'EPS, un panneau en laine de roche et un panneau composite en PF. L'isolant composite en PF est fait d'un cœur en PF (mousse phénolique, formaldéhyde de résol) inséré dans une enveloppe en EPS. Ce type de panneau se distingue entre autres par une très faible conductivité thermique, notamment grâce à un gaz particulier qui remplit les cellules. Pour les calculs, l'auteur de l'étude a choisi les produits disponibles sur le marché suisse et recommandés pour les façades compactes. Les épaisseurs d'isolants vont d'environ 15 cm environ (panneau composite en PF) à 23 cm (EPS 15 Standard). La laine de roche pèse près de sept fois plus que l'EPS graphité. Les graphiques en toile d'araignée font apparaître des avantages significatifs pour l'EPS utilisé dans les façades compactes; la laine de roche obtient de meilleures notes seulement quant à sa facilité d'élimination ou à l'absence de polluants. Sur les trois axes représentant les bilans de matières et d'énergie, les résultats des panneaux en EPS graphité sont environ deux fois meilleurs que ceux des panneaux composites en PF ou en laine de roche. Dans ce domaine d'application également, les différences de notation sont dues aux différences de poids spécifique entre matériaux. Même les panneaux composites en PF, qui présentent pourtant une conductivité thermique faible, exigent presque deux fois plus de matériaux que les panneaux en EPS graphité. Les coûts de mise en œuvre représentent, à l'intérieur des limites du système retenues, entre 10 et 20 % des coûts totaux d'investissement. Le poids des matériaux a également une incidence sur les coûts d'investissement (plus il est élevé, plus les coûts augmentent). Enfin, les isolants les moins dommageables pour l'environnement sont aussi les moins chers.

Laine de roche: un matériau sans matières potentiellement nocives et moins problématique à éliminer

Les différents critères définissant la sécurité de mise en œuvre sont pondérés quelque peu différemment dans le cas des façades compactes que dans celui des façades ventilées. Les panneaux en EPS et les panneaux composites en PF présentent l'inconvénient d'être peu élastiques. Les panneaux en laine de roche ne se distinguent pas du point de vue de leur sécurité de mise en œuvre, mais ils sont un peu plus élastiques. Lourds et sensibles aux intempéries, ils nécessitent en outre un équipement de protection pour les ouvriers qui en font la pose, en raison des fibres pouvant pénétrer dans les poumons. S'agissant de l'absence de matières potentiellement nocives, les graphiques en toile d'araignée mettent en évidence le rôle des retardateurs de flamme bromés dans l'EPS, qui obtient de moins bons résultats que les matériaux sans matières potentiellement nocives tels que la laine de roche. Pour les panneaux composites en PF, les composants nocifs sont soumis à

l'obligation d'étiquetage au sens du règlement concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH).

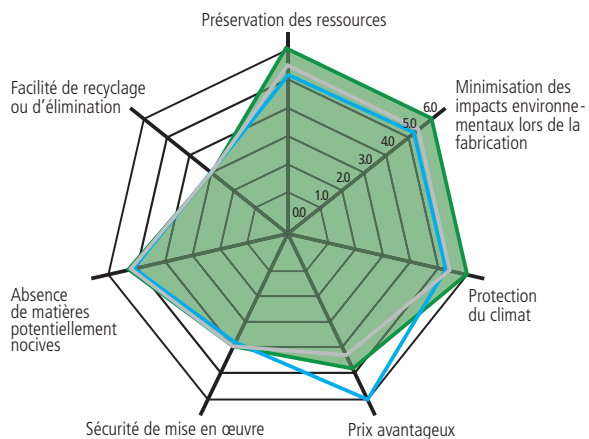
Parmi les critères relatifs à l'élimination, la facilité de déconstruction n'est assurée dans aucun des systèmes d'isolation des façades compactes. En effet, en l'état actuel des techniques d'élimination, il est quasiment impossible de séparer le ciment-colle et les couches de crépis du panneau isolant proprement dit. Ainsi, aucun des systèmes n'est recyclable de manière optimale. S'agissant des critères relatifs à la facilité d'élimination (résidus problématiques lors de l'incinération), les dispositifs d'isolation à base d'EPS ne les remplissent pas. La laine de roche est le produit le plus facile à éliminer, en particulier parce que les couches de mortier qui y adhèrent après démontage ne compliquent pas le processus. Les panneaux composites en PF ne peuvent pas être recyclés au sens des critères fixés ici, car il s'agit de plastiques thermodurcissables. Comme il s'agit d'un produit composite à base d'EPS, il ne peut pas être incinéré sans problèmes.

Façades compactes, U de 0.15 W/(m²·K)

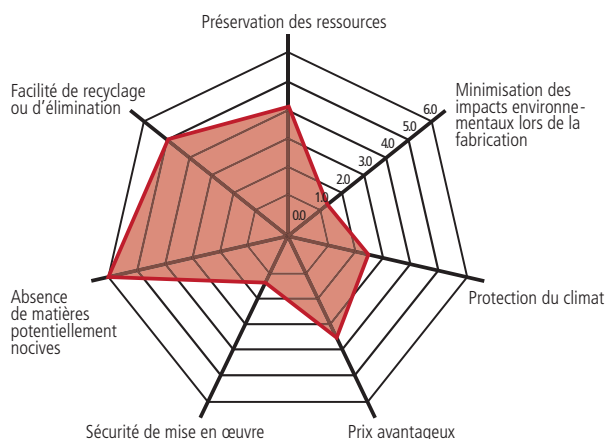
presque tout parle en faveur de l'EPS



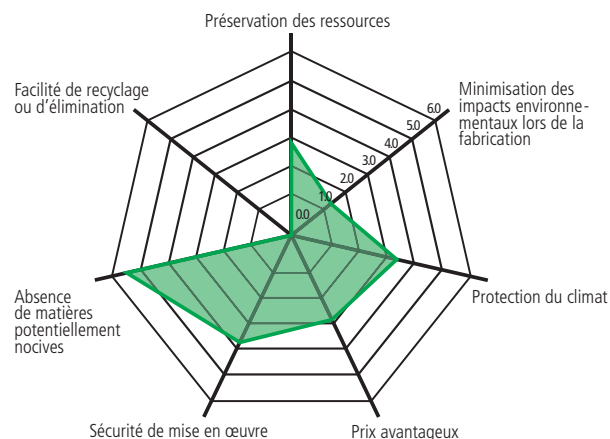
- EPS 18 graphité collé 18 cm
- EPS 15 standard collé 23 cm
- EPS 15 graphité collé 19 cm



- Laine de roche collée 21 cm



- Panneaux composites en PF, collés 14 cm



Profils en toile d'araignée des matériaux utilisés dans les façades compactes

Isolation périmétrique: absence de matières potentiellement nocives ou moins polluante lors de la production ?

Par «isolation périmétrique», on entend l'isolation des murs extérieurs enterrés (sous-sols). Le dispositif de base est un mur en béton isolé par une couche dont le coefficient $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Les épaisseurs d'isolant requises ont été calculées pour la paroi extérieure prise dans son ensemble, en incluant les ponts thermiques dus au système de fixation. Chacun des systèmes d'isolation comprend la couche de colle, telle qu'elle est recommandée par les fabricants. La comparaison porte sur les trois matériaux isolants les plus courants: le polystyrène expansé à haute densité, le polystyrène extrudé et le verre cellulaire. L'EPS à haute densité est également désigné par l'appellation «mousse rigide de polystyrène expansé»; très semblable à l'EPS normal, il est également fabriqué à partir de particules pré-moussées. Les épaisseurs d'isolants vont de 16 cm environ (pour l'EPS) à 20 cm (pour le verre cellulaire). Comparées aux autres domaines d'application, ces épaisseurs sont très proches les unes des autres. De même, les poids spécifiques sont assez similaires les uns par rapport aux autres. Le verre cellulaire pèse environ trois fois plus que l'EPS à haute densité.

Verre cellulaire: sans polluants, mais dommageable pour l'environnement

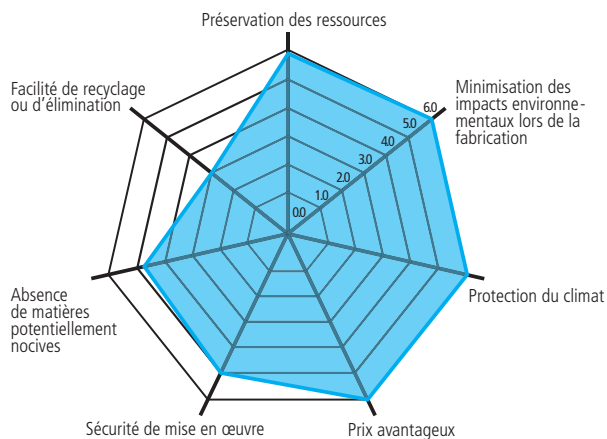
Néanmoins, les profils du «Spider» de l'isolation périmétrique se différencient considérablement l'un de l'autre, mais l'EPS à cellules fermées obtient les meilleurs résultats. En termes de préservation des ressources et d'absence de matières potentiellement nocives toutes les variantes sont semblables. En ce qui concerne les trois axes définissant les bilans de matières et d'énergie, les variantes en polystyrène sont relativement semblables. Les deux matériaux sont étroitement liés. En termes de protection et respect de l'environnement, l'impact du verre cellulaire est d'environ 30% plus élevé. Les coûts de mise en œuvre représentent, à l'intérieur des limites du système retenues, entre 10 et 15 % des coûts totaux d'investissement. En raison du prix des matériaux de base, le verre cellulaire est environ deux fois plus cher que l'EPS à haute densité, et environ 30 % plus cher que l'XPS. S'agissant des isolations périmétriques, les caractéristiques définissant la sécurité de mise en œuvre sont pondérées très différemment que dans les autres domaines d'application: la sensibilité aux intempéries n'est pas prise en compte, car tous les produits doivent résister à l'eau dans ce domaine d'application. Il reste trois critères, qui sont pondérés de manière égale. Les types d'isolants ne se distinguent que sur le critère du poids des panneaux. Sur l'axe de la sécurité de mise en œuvre, c'est donc le seul critère discriminant. Le critère de l'absence de risques sur le plan de l'hygiène du travail est rempli pour tous les produits. Par ailleurs, les colles utilisées ne nécessitent pas de prendre des mesures de protection particulière lors de la mise en œuvre.

L'échelle de l'axe concernant l'absence de matières potentiellement nocives se base sur la toxicité potentielle du produit le moins bon, c'est-à-dire l'XPS. Les colles ne contiennent pas de composant soumis à l'obligation d'étiquetage, qu'il serait pertinent de prendre en considération au niveau de l'utilisation. Les matériaux isolants à base d'EPS présentent environ 30% en moins de toxicité que ceux en XPS. Sur ce même axe, le verre cellulaire obtient la meilleure note, car il n'entraîne aucune émission de matières potentiellement nocives lors de sa fabrication, selon le critère retenu dans cette méthode d'évaluation. Pour les critères relatifs à l'élimination, il n'est pas facile, voire impossible de déconstruire les produits isolants utilisés pour les murs extérieurs enterrés. Il est probable que, même à l'avenir, la déconstruction des isolants des murs extérieurs enterrés sera réservée à quelques cas particuliers; dans la majorité des cas, il ne sera pas possible de recycler les matériaux isolants. Les isolants à base de polystyrène se voient grevés de déductions supplémentaires en raison des résidus problématiques qu'ils laissent au cours de l'incinération dans les usines d'incinération des ordures ménagères; pour l'XPS, cette déduction est due à l'impossibilité de recycler le produit. S'agissant du verre cellulaire, il est certes possible de l'éliminer dans des décharges contrôlées pour matériaux inertes, mais pas de le recycler, contrairement aux affirmations du fabricant. Le «recyclage» du verre cellulaire est tout au plus un «downcycling» permettant de récupérer du sable de moindre valeur pour la construction des routes, ou d'autres matériaux de substitution du gravier.

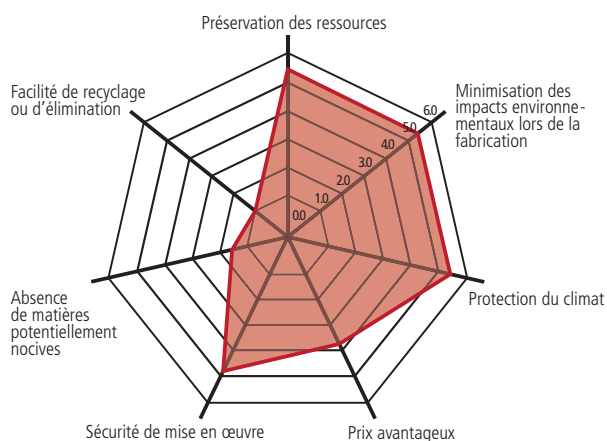
Isolations périmétriques, U de 0.20 W/(m²·K)

préservation des ressources ou absence de polluants, il faut choisir...

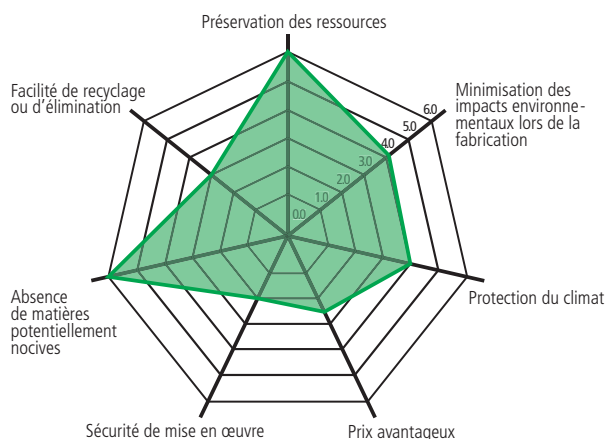
● EPS à haute densité 16 cm



● XPS 17cm



● Verre cellulaire 20 cm



Version longue 2011

Le rapport circonstancié sur l'évaluation des isolants selon la méthode «Spider», contenant les informations détaillées sur la méthodologie ainsi que toutes les données sur les matériaux, peut être téléchargé sur le site swisspor à l'adresse:

www.isolation-spider.ch

Profils en toile d'araignée des matériaux utilisés dans les murs extérieurs enterrés

Version longue 2011

Le rapport circonstancié sur l'évaluation des isolants selon la méthode «Spider», contenant les informations détaillées sur la méthodologie ainsi que toutes les données sur les matériaux, peut être téléchargé sur le site swisspor à l'adresse: www.isolation-spider.ch

Sur mandat de swisspor AG, 6312 Steinhausen, étude et rapport réalisé par Ueli Kasser et Matthias Klingler, Büro für Umweltchemie, 8006 Zürich

**büro für
umweltchemie**

swisspor