

# **AIDE AU CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION**

## **FASCICULE 5 – TUNNELS ROUTIERS CREUSÉS**

### ***Ouvrages visés :***

Les ouvrages visés par les tableaux ci-après sont les tunnels routiers creusés ainsi que les galeries.

La description des ouvrages ou parties d'ouvrage utilisée dans les tableaux ci-après ne préjuge pas de leur mode de réalisation (coulé en place ou préfabriqué). Les produits préfabriqués en usine font l'objet de normes spécifiques, dont certaines sont « autoportantes ».

Dans le cas des produits de structure, les normes de produit renvoient à la norme NF EN 206-1 et à l'Eurocode via la norme NF EN 13-369, et donc aux classes d'exposition telles que déclinées dans les tableaux ci-après. Dans le cas des produits en béton non structuraux disposant de normes autoportantes, les normes intègrent directement les spécificités des environnements auxquels les produits sont destinés. Les tableaux indiquent alors explicitement la référence de la norme de produit qui s'applique.

### ***Remarques préliminaires :***

Les classes d'exposition conditionnent aussi bien la composition du béton que l'enrobage des armatures métalliques pour les parties armées. Cette remarque permet de mieux comprendre la logique retenue pour le découpage en parties d'ouvrage.

Pour tous les tableaux, les classes d'exposition indiquées supposent une mise en œuvre correcte dans le respect des règles de l'art. Une étanchéité étant prévue en revêtement en tunnel, cette dernière est supposée être mise en place correctement et être pleinement efficace. En aucun cas, un défaut de mise en œuvre n'est pris en compte à la conception, par exemple, en surclassant le niveau d'agressivité de l'environnement. Ceci couvre le cas des réparations par coques indépendantes d'étanchement et de revêtement en béton projeté.

De la même manière, dans tous les tableaux qui suivent, les classes indiquées ne tiennent pas compte des défauts d'entretien quelquefois constatés. Il est rappelé notamment que l'évacuation des eaux doit être bien conçue et, le cas échéant, entretenue durant toute la durée d'utilisation de l'ouvrage, et que le défaut d'entretien ne doit pas être pris en compte à la conception, par exemple en surclassant le niveau d'agressivité de l'environnement.

### ***Mode d'emploi des tableaux***

L'aide au choix des classes d'exposition est déclinée, pour les classes d'exposition liées aux risques de carbonatation, agression par les chlorures, gel-dégel et attaques chimiques, en quatre tableaux 1 à 4 ci-après portant en lignes les parties d'ouvrages, et en colonnes les risques considérés, avec pour certains risques différents niveaux de sévérité correspondant à des sous-colonnes. Les parties d'ouvrages peuvent concerner non seulement des éléments ayant une cohérence constructive, mais également des parois et parties de parement cohérentes en termes d'exposition aux agressions extérieures.

Ces tableaux correspondent à quatre zones d'environnement (liées notamment à la localisation géographique de l'ouvrage) exclusives pour la France métropolitaine et la plupart des D.O.M./T.O.M. La définition de ces zones fait référence en particulier à la clause 4.2 (2) de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-1-1, en termes de distance à la côte et de sévérité du gel. Pour les quelques territoires soumis à la fois à un environnement maritime et au gel sévère il convient d'utiliser les indications des tableaux 1 ou 2 liés à l'environnement maritime pour les classes d'exposition XC et XS, et celles du tableau 4 lié à l'environnement en zone de gel sévère pour les autres classes, notamment XD et XF.

Dans l'aide au choix des classes d'exposition vis-à-vis du gel (XF), il est tenu compte des interprétations actualisées de la norme NF EN 206-1 en cours d'harmonisation avec les autres textes.

*Note : Dans ces tableaux le tiret « - » indique que l'agression en question n'est pas à prendre en compte pour la partie d'ouvrage considérée.*

### ***Précisions sur le salage***

En application de la clause 4.2 (2) de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-1-1 (notes 4 et 6) le choix de la classe XD1, XD2 ou XD3 se réfère non seulement à l'effet aggravant des cycles d'humidification / séchage, selon les indications du tableau 4.1 de la norme NF EN 1992-1-1, mais également à la fréquence de salage des chaussées. Le salage est considéré comme « peu fréquent » lorsque la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années est inférieure à 10, « très fréquent » lorsqu'elle est supérieure ou égale à 30, et « fréquent » entre ces deux cas. Par analogie avec les dispositions issues de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-2 les parties extérieures d'ouvrages situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) d'une chaussée salée peuvent être considérées comme exposées ou très exposées aux projections de sels de déverglaçage, selon la fréquence du salage. Quelle que soit la fréquence de salage des routes et la zone géographique, certaines parties d'ouvrages peuvent ne pas être exposées aux effets du salage, on considèrera alors pour ces parties d'ouvrages la colonne « salage peu fréquent ».

On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.

Les parties enterrées (en contact avec le sol en profondeur) sont en général considérées comme protégées du risque de gel, sauf dans les zones de gel sévère à proximité des têtes où une analyse spécifique doit être conduite. Par ailleurs, la possibilité de ne pas prendre en compte le gel ou tout du moins de le faire à un moindre degré, en section courante, n'est pas intégrée dans les tableaux et doit être également étudiée spécifiquement. En effet, seule la réduction des effets du salage en section courante est prise en compte dans les tableaux.

### ***Prévention de la réaction sulfatique interne***

Un cinquième tableau complète l'aide au choix des classes d'exposition. Il est associé à la prévention de la réaction sulfatique interne, en application du guide technique « Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne » publié par le LCPC en août 2007. Ce guide précise en effet :

---

« la norme NF EN 206-1 ne définissant pas de classe d'exposition adaptée à la réaction sulfatique interne, trois classes complémentaires XH1, XH2 et XH3 sont introduites... et doivent être spécifiées au CCTP pour chaque partie d'ouvrage. ... Les spécifications définies (dans le guide en question pour la prévention de la RSI) devront être prises en compte en complément de celles imposées par la norme NF EN 206-1. »

Par analogie avec la démarche de prévention de l'alcali-réaction, le niveau de prévention, et donc les précautions à mettre en œuvre, est associé non seulement à la classe d'exposition XH1, XH2 ou XH3, mais également au choix d'une catégorie d'ouvrage ou d'élément d'ouvrage, I, II ou III, qui relève de la responsabilité du maître d'ouvrage et dépend « de la nature de l'ouvrage, de sa destination, des conséquences des désordres sur la sécurité souhaitée, et de son entretien ultérieur ».

A priori, les tunnels sont classés en catégorie III (conséquences inacceptables ou quasi-inacceptables). On peut cependant concevoir que selon les conditions d'exploitation de l'ouvrage et son caractère plus ou moins stratégique (trafic faible ou non faible, tunnel urbain ou non urbain, existence d'un itinéraire alternatif ou non), l'ouvrage ou tout du moins certaines parties puissent être classées en catégorie II (conséquences peu tolérables). C'est pourquoi les deux catégories de niveau de prévention figurent dans le tableau 5.

**Tableau 1 – TUNNELS ROUTIERS CREUSES situés en mer, ou à moins de 100 m de la côte  
(ou jusqu'à 500 m de la côte, suivant la topographie particulière, lorsque les parties aériennes sont soumises à un risque d'exposition aux embruns)**

Parties d'ouvrage	XC	XS *** **	XD		XF *** **		XA
			salage peu fréquent *** **	salage fréquent *** **	salage peu fréquent *** **	salage fréquent *** **	
<b>Soutènement et revêtement en tunnel</b>							
Soutènement * :	Pas de spécification sauf conditions spécifiques liées à l'ouvrage et à son phasage						
Intrados des parties non armées du revêtement :							
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	-	XS3	-	-	XF1	XF2	-
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	-	XS1	-	-	XF1	XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	-
Extrados des parties non armées du revêtement : (en présence d'une étanchéité)	-	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des parties armées du revêtement en tunnel ***, sous face de la dalle de ventilation :							
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XC4	XS3	-	XD3	XF1	XF2	-
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC3	XS1	-	XD1	XF1	XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	-
Extrados des parties armées du revêtement en tunnel *** : (en présence d'une étanchéité)	XC2	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des zones non armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation :	-	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des zones armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation, face supérieure de la dalle de ventilation, cloisons de ventilation :	XC3	-	-	-	XF1	XF1	-
Voussoirs préfabriqués armés ou fibrés (cas des ouvrages creusés au tunnelier) :							Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** :							
Intrados	XC4	XS3	-	XD3	XF1	XF2	
Extrados	XC2	XS1	-	-	XF1	XF1	
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes :							
Intrados	XC3	XS1	-	XD1	XF1	XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	
Extrados	XC2	XS1	-	-	XF1	XF1	
<b>Fondations et radier</b>							
Parties non armées des fondations du revêtement :	-	XS1	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Parties armées des fondations du revêtement :	XC2	XS1	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Radier contre-vouté en tunnel (y compris fondations du revêtement) :							Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
- Intrados	XC2	-	-	-	-	-	
- Extrados	XC2	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	-	-	
Béton du radier en galerie non circulée :							Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
- Intrados	XC3	-	-	-	-	-	
- Extrados	XC2	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	-	-	
<b>Plateforme</b>							

Béton d'assise et de remplissage :	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Béton d'assainissement (caniveaux et regards) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC4	XS3 XS1	- -	- -	XD3 XD2 *** ** *	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	Classe XA à définir (pour les regards siphoniques)
Caniveaux hydrauliques préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1433 pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.							
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1917 (et NF P 16-346-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.							
Revêtement de surface des trottoirs : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	- -	XS3 XS1	- -	- -	- -	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Chambres de tirage (y compris tampons) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	XS3 XS1	- -	- -	XD3 XD1 *** ** *	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
<b>Revêtement en galeries non circulées **</b>								
Intrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties non armées du revêtement :	-	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Intrados des parties armées du revêtement :	XC3	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties armées du revêtement :	XC2	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Autres ouvrages</b>								
Ouvrages de têtes « casquettes » :	Cf. Tranchées couvertes							
Ouvrages de têtes armés, étanchés et remblayés :	*** *							
Bâtiment d'exploitation et locaux techniques :	Cf. Bâtiments							
XS1 correspond ici à un risque de ruissellement et d'infiltration de chlorures marins pour les parties enterrées. Ceci constitue une interprétation de la norme cohérente avec les pratiques actuelles pour les parties de bâtiment								

\* : Le béton de soutènement projeté ou coulé est considéré comme provisoire. Il n'est pas pris en compte dans le dimensionnement du revêtement. On admettra donc qu'aucune exigence particulière liée à une classe d'exposition ne lui est imposée.

\*\* : Contrairement à la réalisation du tunnel lui-même où les règles de l'art françaises imposent la mise en place d'une étanchéité protégée par un revêtement définitif, dans le cas de la réalisation des galeries, il peut être tenu compte de la présence ou non de venues d'eau. Si aucune venue d'eau importante et continue n'est constatée, il est possible de réaliser un béton projeté définitif sans mise en place d'une étanchéité systématique. Le béton projeté fait alors office de revêtement définitif et des classes d'exposition doivent être définies. Il est à noter que d'après la norme NF EN206-1, des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour certains produits. C'est le cas notamment des bétons projetés. On se référera en particulier à la norme NF EN 14487-1 et -2 dont la mise en application est aujourd'hui effective.

\*\*\* : Les parties armées du revêtement sont : les corbeaux en présence d'une dalle de ventilation, les bases des piédroits en présence d'un radier contre-voûté, les anneaux des têtes, les zones armées des anneaux spécifiques : fixation des accélérateurs, présence de niches de sécurité et d'incendie, débouché des galeries en tunnel, etc.

\*\*\* \* : Les différentes parties armées des ouvrages de têtes, étanchés et remblayés sont traitées de la même manière que les parties armées des anneaux (courants).

\*\*\* \*\* : Le salage est considéré comme « peu fréquent » lorsque la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années est inférieure à 10, « très fréquent » lorsqu'elle est supérieure ou égale à 30, et « fréquent » entre ces deux cas. En application de la norme NF EN 1992-2 et de son annexe nationale, les parties extérieures d'ouvrages situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) d'une chaussée salée sont réputées (très) exposées aux projections de sels de déverglaçage. Quelle que soit la fréquence de salage des routes et la zone géographique, certaines parties peuvent ne pas être exposées, on considèrera alors la colonne « salage peu fréquent ».

\*\*\* \*\* : On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.

\*\*\* \*\* \* : En France, pour éviter l'attaque chimique du matériau béton dans le cas particulier de l'exposition à l'eau de mer, il est admis par le fascicule FDP 18-011, appelé par la norme NF EN 206-1, d'appliquer les prescriptions de composition de la classe XS2 (béton immergé en permanence) ou XS3 (béton en zone de marnage et d'exposition aux embruns) des tableaux NAF 1 ou 2 de la norme NF EN 206-1, que l'élément de béton soit armé ou non, et non les prescriptions de la composition de la classe XA3 qui résulterait de l'application du tableau 2 de la norme NF EN 206-1. Pour le cas d'ouvrages au contact d'eau de mer polluée ou mélangée à d'autres eaux de surface, par exemple, une analyse est à effectuer au cas par cas, vis à vis des attaques chimiques possibles.

\*\*\* \*\* \*\* : Pour ces ouvrages de durée d'utilisation de projet souvent inférieure à 50 ans on admet en France que la classe XD ne concerne que l'enrobage, les classes XF2 et XF4 couvrant les exigences liées au matériau dues à la présence des sels de déverglaçage.

\*\*\* \*\* \*\* : La possibilité de ne pas prendre en compte le gel ou tout du moins de le faire à un moindre degré en section courante, n'est pas intégrée dans les tableaux et doit être étudiée spécifiquement. En effet, seule la réduction des effets du salage en section courante est prise en compte dans les tableaux.

**Tableau 2 – TUNNELS ROUTIERS CREUSES situés à moins de 1 km de la côte  
(ou jusqu'à 5 km de la côte, suivant la topographie particulière)  
lorsque les parties aériennes de ces ouvrages sont exposées à un air véhiculant du sel marin, mais pas directement aux embruns**

Parties d'ouvrage	XC	XS *** **	XD		XF*** **		XA
			salage peu fréquent *** **	salage fréquent *** **	salage peu fréquent *** **	salage fréquent *** **	
<b>Soutènement et revêtement en tunnel</b>							
Soutènement * :	Pas de spécification sauf conditions spécifiques liées à l'ouvrage et à son phasage						
Intrados des parties non armées du revêtement : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	- -	XS1 XS1	- -	- -	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties non armées du revêtement : (en présence d'une étanchéité)	-	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des parties armées du revêtement en tunnel ***, sous face de la dalle de ventilation : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	XS1 XS1	- -	XD3 XD1	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties armées du revêtement en tunnel *** : (en présence d'une étanchéité)	XC2	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des zones non armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation :	-	-	-	-	XF1	XF1	-
Intrados des zones armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation, face supérieure de la dalle de ventilation, cloisons de ventilation :	XC3	-	-	-	XF1	XF1	-
Voussoirs préfabriqués armés ou fibrés (cas des ouvrages creusés au tunnelier) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** : Intrados Extrados - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes : Intrados Extrados	XC4 XC2  XC3 XC2	XS1 XS1  XS1 XS1	- -  - -	XD3 -  XD1 -	XF1 XF1  XF1 XF1	XF2 XF1  XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
<b>Fondations et radier</b>							
Parties non armées des fondations du revêtement :	-	XS1	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Parties armées des fondations du revêtement :	XC2	XS1	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Radier contre-vouté en tunnel (y compris fondations du revêtement) : - Intrados - Extrados	XC2 XC2	- XS1 Sauf si étanchéité	- -	- -	- -	- -	Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Béton du radier en galerie non circulée : - Intrados - Extrados	XC3 XC2	- XS1 Sauf si	- -	- -	- -	- -	Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité

		étanchéité					sauf si étanchéité
<b>Plateforme</b>							
Béton d'assise et de remplissage :	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Béton d'assainissement (caniveaux et regards) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC4	XS1 XS1	- -	XD3 XD2 *** ** *	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	Classe XA à définir (pour les regards siphonnés)
Caniveaux hydrauliques préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1433 pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.						
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1917 (et NF P 16-346-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.						
Revêtement de surface des trottoirs : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	- -	XS1 XS1	- -	- -	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Chambres de tirage (y compris tampons) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	XS1 XS1	- -	XD3 XD1 *** ** *	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
<b>Revêtement en galeries non circulées **</b>							
Intrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties non armées du revêtement :	-	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Intrados des parties armées du revêtement :	XC3	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties armées du revêtement :	XC2	XS1 Sauf si étanchéité	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Autres ouvrages</b>							
Ouvrages de têtes « casquettes » :	Cf. Tranchées couvertes						
Ouvrages de têtes armés, étanchés et remblayés :	*** *						
Bâtiment d'exploitation et locaux techniques :	Cf. Bâtiments						

\* : Le béton de soutènement projeté ou coulé est considéré comme provisoire. Il n'est pas pris en compte dans le dimensionnement du revêtement. On admettra donc qu'aucune exigence particulière liée à une classe d'exposition ne lui est imposée.

\*\* : Contrairement à la réalisation du tunnel lui-même où les règles de l'art françaises imposent la mise en place d'une étanchéité protégée par un revêtement définitif, dans le cas de la réalisation des galeries, il peut être tenu compte de la présence ou non de venues d'eau. Si aucune venue d'eau importante et continue n'est constatée, il est possible de réaliser un béton projeté définitif sans mise en place d'une étanchéité systématique. Le béton projeté fait alors office de revêtement définitif et des classes d'exposition doivent être définies. Il est à noter que d'après la norme NF EN206-1, des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour certains produits. C'est le cas notamment des bétons projetés. On se référera en particulier à la norme NF EN 14487-1 et -2 dont la mise en application est aujourd'hui effective.

\*\*\* : Les parties armées du revêtement sont : les corbeaux en présence d'une dalle de ventilation, les bases des piédroits en présence d'un radier contre-voûté, les anneaux des têtes, les zones armées des anneaux spécifiques : fixation des accélérateurs, présence de niches de sécurité et d'incendie, débouché des galeries en tunnel, etc.

\*\*\*\* : Les différentes parties armées des ouvrages de têtes, étanchés et remblayés sont traitées de la même manière que les parties armées des anneaux (courants).

\*\*\* \*\* : Le salage est considéré comme « peu fréquent » lorsque la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années est inférieure à 10, « très fréquent » lorsqu'elle est supérieure ou égale à 30, et « fréquent » entre ces deux cas. En application de la norme NF EN 1992-2 et de son annexe nationale, les parties extérieures d'ouvrages situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) d'une chaussée salée sont réputées (très) exposées aux projections de sels de déverglaçage. Quelle que soit la fréquence de salage des routes et la zone géographique, certaines parties peuvent ne pas être exposées, on considèrera alors la colonne « salage peu fréquent ».

\*\*\* \*\* : On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.

\*\*\* \*\* : En France, pour éviter l'attaque chimique du matériau béton dans le cas particulier de l'exposition à l'eau de mer, il est admis par le fascicule FDP 18-011, appelé par la norme NF EN 206-1, d'appliquer les prescriptions de composition de la classe XS2 (béton immergé en permanence) ou XS3 (béton en zone de marnage et d'exposition aux embruns) des tableaux NAF 1 ou 2 de la norme NF EN 206-1, que l'élément de béton soit armé ou non, et non les prescriptions de la composition de la classe XA3 qui résulterait de l'application du tableau 2 de la norme NF EN 206-1. Pour le cas d'ouvrages au contact d'eau de mer polluée ou mélangée à d'autres eaux de surface, par exemple, une analyse est à effectuer au cas par cas, vis à vis des attaques chimiques possibles.

\*\*\* \*\* : Pour ces ouvrages de durée d'utilisation de projet souvent inférieure à 50 ans on admet en France que la classe XD ne concerne que l'enrobage, les classes XF2 et XF4 couvrant les exigences liées au matériau dues à la présence des sels de déverglaçage.

\*\*\* \*\* : La possibilité de ne pas prendre en compte le gel ou tout du moins de le faire à un moindre degré en section courante, n'est pas intégrée dans les tableaux et doit être étudiée spécifiquement. En effet, seule la réduction des effets du salage en section courante est prise en compte dans les tableaux.

**Tableau 3 – TUNNELS ROUTIERS CREUSES à l'intérieur des terres en zone de gel faible ou modéré**

Parties d'ouvrage	XC	XS	XD			XF**** **			XA
			salage peu fréquent ****	salage fréquent ****	salage très fréquent ****	salage peu fréquent ****	salage fréquent ****	salage très fréquent ****	
<b>Soutènement et revêtement en tunnel</b>									
Soutènement * :	Pas de spécification sauf conditions spécifiques liées à l'ouvrage et à son phasage								
Intrados des parties non armées du revêtement : - Sur 200 mètres à partir des têtes **** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	- -	- -	- -	- -	- -	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties non armées du revêtement : (en présence d'une étanchéité)	-	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	-
Intrados des parties armées du revêtement en tunnel ***, sous face de la dalle de ventilation : - Sur 200 mètres à partir des têtes **** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	- -	- -	XD3 XD1	XD3 XD1	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties armées du revêtement en tunnel *** (en présence d'une étanchéité)	XC2	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	-
Intrados des zones non armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation :	-	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	-
Intrados des zones armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation, face supérieure de la dalle de ventilation, cloisons de ventilation :	XC3	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	-
Voussoirs préfabriqués armés ou fibrés (cas des ouvrages creusés au tunnelier) :									Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
- Sur 200 mètres à partir des têtes **** :									
Intrados	XC4	-	-	XD3	XD3	XF1	XF2	XF4	
Extrados	XC2	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes :									
Intrados	XC3	-	-	XD1	XD1	XF1	XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	
Extrados	XC2	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	
<b>Fondations et radier</b>									
Parties non armées des fondations du revêtement :	-	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Parties armées des fondations du revêtement :	XC2	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Radier contre-voûté en tunnel (y compris fondations du revêtement) :									Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
- Intrados	XC2	-	-	-	-	-	-	-	
- Extrados	XC2	-	-	-	-	-	-	-	
Béton du radier en galerie non circulée :									Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses
- Intrados	XC3	-	-	-	-	-	-	-	
- Extrados	XC2	-	-	-	-	-	-	-	

									du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Plateforme</b>									
Béton d'assise et de remplissage :	-	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Béton d'assainissement (caniveaux et regards) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC4	- -	- -	XD3 XD2 *** **	XD3 XD2 *** **	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	Classe XA à définir (pour les regards siphoides)
Caniveaux hydrauliques préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1433 pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.								
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1917 (et NF P 16-346-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.								
Revêtement de surface des trottoirs : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	- -	- -	- -	- -	- -	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Chambres de tirage (y compris tampons) : - Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	- -	- -	XD3 XD1 *** **	XD3 XD1 *** **	XF1 XF1	XF2 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF1 ou XF2 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
<b>Revêtement en galeries non circulées **</b>									
Intrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Intrados des parties armées du revêtement :	XC3	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	-
Extrados des parties armées du revêtement :	XC2	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF1	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Autres ouvrages</b>									
Ouvrages de têtes « casquettes » :	Cf. Tranchées couvertes								
Ouvrages de têtes armés, étanchés et remblayés :	*** *								
Bâtiment d'exploitation et locaux techniques :	Cf. Bâtiments								

\* : Le béton de soutènement projeté ou coulé est considéré comme provisoire. Il n'est pas pris en compte dans le dimensionnement du revêtement. On admettra donc qu'aucune exigence particulière liée à une classe d'exposition ne lui est imposée.

\*\* : Contrairement à la réalisation du tunnel lui-même où les règles de l'art françaises imposent la mise en place d'une étanchéité protégée par un revêtement définitif, dans le cas de la réalisation des galeries, il peut être tenu compte de la présence ou non de venues d'eau. Si aucune venue d'eau importante et continue n'est constatée, il est possible de réaliser un béton projeté définitif sans mise en place d'une étanchéité systématique. Le béton projeté fait alors office de revêtement définitif et des classes d'exposition doivent être définies. Il est à noter que d'après la norme NF EN206-1, des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour certains produits. C'est le cas notamment des bétons projetés. On se référera en particulier à la norme NF EN 14487-1 et -2 dont la mise en application est aujourd'hui effective.

\*\*\* : Les parties armées du revêtement sont : les corbeaux en présence d'une dalle de ventilation, les bases des piédroits en présence d'un radier contre-voûté, les anneaux des têtes, les zones armées des anneaux spécifiques : fixation des accélérateurs, présence de niches de sécurité et d'incendie, débouché des galeries en tunnel, etc.

\*\*\*\* : Les différentes parties armées des ouvrages de têtes, étanchés et remblayés sont traitées de la même manière que les parties armées des anneaux (courants).

\*\*\* \*\* : Le salage est considéré comme « peu fréquent » lorsque la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années est inférieure à 10, « très fréquent » lorsqu'elle est supérieure ou égale à 30, et « fréquent » entre ces deux cas. En application de la norme NF EN 1992-2 et de son annexe nationale, les parties extérieures d'ouvrages situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) d'une chaussée salée sont réputées (très) exposées aux projections de sels de déverglaçage. Quelle que soit la fréquence de salage des routes et la zone géographique, certaines parties peuvent ne pas être exposées, on considèrera alors la colonne « salage peu fréquent ».

\*\*\* \*\*\* : On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.

\*\*\* \*\*\* \* : Pour ces ouvrages de durée d'utilisation de projet souvent inférieure à 50 ans on admet en France que la classe XD ne concerne que l'enrobage, les classes XF2 et XF4 couvrant les exigences liées au matériau dues à la présence des sels de déverglaçage.

\*\*\* \*\*\* \*\* : La possibilité de ne pas prendre en compte le gel ou tout du moins de le faire à un moindre degré en section courante, n'est pas intégrée dans les tableaux et doit être étudiée spécifiquement. En effet, seule la réduction des effets du salage en section courante est prise en compte.

**Tableau 4 – TUNNELS ROUTIERS CREUSES à l'intérieur des terres en zone de gel sévère**

Parties d'ouvrage	XC	XS	XD			XF**** **			XA
			salage peu fréquent ****	salage fréquent ****	salage très fréquent ****	salage peu fréquent ****	salage fréquent ****	salage très fréquent ****	
<b>Soutènement et revêtement en tunnel</b>									
Soutènement * :	Pas de spécification sauf conditions spécifiques liées à l'ouvrage et à son phasage								
Intrados des parties non armées du revêtement : - Sur 200 mètres à partir des têtes **** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	-	-	-	-	-	XF3 XF3	XF4 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties non armées du revêtement (en présence d'une étanchéité) :	-	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	-
Intrados des parties armées du revêtement en tunnel ***, sous face de la dalle de ventilation : - Sur 200 mètres à partir des têtes **** - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4 XC3	- -	- -	XD3 XD1	XD3 XD1	XF3 XF3	XF4 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF4 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	- -
Extrados des parties armées du revêtement en tunnel *** (en présence d'une étanchéité) :	XC2	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	-
Intrados des zones non armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation :	-	-	-	-	-	XF3 ou XF1	XF3 ou XF1	XF3 ou XF1	-
Intrados des zones armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation, face supérieure de la dalle de ventilation, cloisons de ventilation :	XC3	-	-	-	-	XF3 ou XF1	XF3 ou XF1	XF3 ou XF1	-
Voussoirs préfabriqués armés ou fibrés (cas des ouvrages creusés au tunnelier) : - Sur 200 mètres à partir des têtes **** : Intrados Extrados - En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes : Intrados Extrados	XC4 XC2  XC3 XC2	- -  - -	- -  - -	XD3 -  XD1 -	XD3 -  XD1 -	XF3 XF3  XF3 XF3	XF4 XF3 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site XF3	XF4 XF3 XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site XF3	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
<b>Fondations et radier</b>									
Parties non armées des fondations du revêtement :	-	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Parties armées des fondations du revêtement :	XC2	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Radier contre-vouté en tunnel (y compris fondations du revêtement) : - Intrados - Extrados	XC2 XC2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Béton du radier en galerie non circulée : - Intrados - Extrados	XC3 XC2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	Classe XA à définir pour l'extrados selon les analyses

										du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Plateforme</b>										
Béton d'assise et de remplissage :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau
Béton d'assainissement (caniveaux et regards) :										
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XC4	-	-	XD3	XD3	XF3	XF4	XF4	XF4	Classe XA à définir (pour les regards siphoides)
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC4	-	-	XD2 *** **	XD2 *** **	XF3	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	
Caniveaux hydrauliques préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1433 pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.									
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1917 (et NF P 16-346-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.									
Revêtement de surface des trottoirs :										
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	-	-	-	-	-	XF3	XF4	XF4	XF4	-
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	-	-	-	-	-	XF3	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	-
Chambres de tirage (y compris tampon) :										
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XC4	-	-	XD3	XD3	XF3	XF4	XF4	XF4	-
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XC3	-	-	XD1 *** **	XD1 *** **	XF3	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	XF3 ou XF4 selon la longueur du tunnel et la configuration du site	-
<b>Revêtement en galeries non circulées **</b>										
Intrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	-
Extrados des parties non armées du revêtement :	-	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
Intrados des parties armées du revêtement :	XC3	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	-
Extrados des parties armées du revêtement :	XC2	-	-	-	-	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Parties des galeries débouchant à l'extérieur XF3	Classe XA à définir selon les analyses du sol et de l'eau sauf si étanchéité
<b>Autres ouvrages</b>										
Ouvrages de têtes « casquettes » :	Cf. Tranchées couvertes									
Ouvrages de têtes armés, étanchés et remblayés :	*** *									
Bâtiment d'exploitation et locaux techniques :	Cf. Bâtiments									

\* : Le béton de soutènement projeté ou coulé est considéré comme provisoire. Il n'est pas pris en compte dans le dimensionnement du revêtement. On admettra donc qu'aucune exigence particulière liée à une classe d'exposition ne lui est imposée.

\*\* : Contrairement à la réalisation du tunnel lui-même où les règles de l'art françaises imposent la mise en place d'une étanchéité protégée par un revêtement définitif, dans le cas de la réalisation des galeries, il peut être tenu compte de la présence ou non de venues d'eau. Si aucune venue d'eau importante et continue n'est constatée, il est possible de réaliser un béton projeté définitif sans mise en place d'une étanchéité systématique. Le béton projeté fait alors office de revêtement définitif et des classes d'exposition doivent être définies. Il est à noter que d'après la norme NF EN206-1, des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour certains produits. C'est le cas notamment des bétons projetés. On se référera en particulier à la norme NF EN 14487-1 et -2 dont la mise en application est aujourd'hui effective.

\*\*\* : Les parties armées du revêtement sont : les corbeaux en présence d'une dalle de ventilation, les bases des piédroits en présence d'un radier contre-voûté, les anneaux des têtes, les zones armées des anneaux spécifiques : fixation des accélérateurs, présence de niches de sécurité et d'incendie, débouché des galeries en tunnel, etc.

\*\*\* \* : Les différentes parties armées des ouvrages de têtes, étanchés et remblayés sont traitées de la même manière que les parties armées des anneaux (courants).

\*\*\* \*\* : Le salage est considéré comme « peu fréquent » lorsque la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années est inférieure à 10, « très fréquent » lorsqu'elle est supérieure ou égale à 30, et « fréquent » entre ces deux cas. En application de la norme NF EN 1992-2 et de son annexe nationale, les parties extérieures d'ouvrages situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) d'une chaussée salée sont réputées (très) exposées aux projections de sels de déverglaçage. Quelle que soit la fréquence de salage des routes et la zone géographique, certaines parties peuvent ne pas être exposées, on considèrera alors la colonne « salage peu fréquent ».

\*\*\* \*\*\* : On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.

\*\*\* \*\*\* \* : Pour ces ouvrages de durée d'utilisation de projet souvent inférieure à 50 ans on admet en France que la classe XD ne concerne que l'enrobage, les classes XF2 et XF4 couvrant les exigences liées au matériau dues à la présence des sels de déverglaçage.

\*\*\* \*\*\* \*\* : La possibilité de ne pas prendre en compte le gel ou tout du moins de le faire à un moindre degré en section courante, n'est pas intégrée dans les tableaux et doit être étudiée spécifiquement. En effet, seule la réduction des effets du salage en section courante est prise en compte dans les tableaux.

**Tableau 5 – TUNNELS ROUTIERS CREUSES : Prévention de la réaction sulfatique interne**

Parties d'ouvrage	XH (prévention RSI)	Niveau de prévention RSI	
		Ouvrage courant (de catégorie II)	Ouvrage exceptionnel (de catégorie III)
<b>Soutènement et revêtement en tunnel</b>			
Soutènement * :	-	-	-
Intrados des parties non armées du revêtement en tunnel :			
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XH2	Bs	Cs
Extrados des parties non armées du revêtement en tunnel : (en présence d'une étanchéité)	XH2	Bs	Cs
Intrados des parties armées du revêtement en tunnel ***, sous face de la dalle de ventilation :			
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XH2	Bs	Cs
Extrados des parties armées du revêtement en tunnel *** : (en présence d'une étanchéité)	XH2	Bs	Cs
Intrados des zones non armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation :	XH2	Bs	Cs
Intrados des zones armées de la partie supérieure de la voûte en présence d'une dalle de ventilation, face supérieure de la dalle de ventilation, cloisons de ventilation :	XH2	Bs	Cs
Voussoirs préfabriqués armés ou fibrés (cas des ouvrages creusés au tunnelier) :			
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** ** :			
Intrados	XH3	Cs	Ds
Extrados	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes :			
Intrados	XH2	Bs	Cs
Extrados	XH3	Cs	Ds
<b>Fondations et radier</b>			
Parties non armées des fondations du revêtement :	XH3	Cs	Ds
Parties armées des fondations du revêtement :	XH3	Cs	Ds
Radier contre-vouté en tunnel (y compris fondations du revêtement) :			
- Intrados	XH3	Cs	Ds
- Extrados	XH3 sauf si étanchéité XH2	Cs ou Bs	Ds ou Cs
Béton du radier en galerie non circulée :			
- Intrados	XH1	As	As
- Extrados	XH3 sauf si étanchéité XH2	Cs ou Bs	Ds ou Cs
<b>Plateforme</b>			
Béton d'assise et de remplissage :	XH3	Cs	Ds
Béton d'assainissement (caniveaux et regards) :			
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XH3	Cs	Ds
Revêtement de surface des trottoirs :			

- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XH2	Bs	Cs
Chambres de tirage (y compris tampon) :			
- Sur 200 mètres à partir des têtes *** **	XH3	Cs	Ds
- En section courante, en dehors des 2x200 mètres à partir des têtes	XH2	Bs	Cs
<b>Revêtement en galeries non circulées **</b>			
Intrados des parties non armées du revêtement :	XH1	As	As
Extrados des parties non armées du revêtement :	XH3 sauf si étanchéité XH1	Cs ou As	Ds ou As
Intrados des parties armées du revêtement :	XH1	As	As
Extrados des parties armées du revêtement :	XH3 sauf si étanchéité XH1	Cs ou As	Ds ou As
<b>Autres ouvrages</b>			
Ouvrages de têtes « casquettes » :	Cf. Tranchées couvertes		
Ouvrages de têtes armés, étanchés et remblayés :	*** *		
Bâtiment d'exploitation et locaux techniques :	Cf. Bâtiments		

\* : Le béton de soutènement projeté ou coulé est considéré comme provisoire. Il n'est pas pris en compte dans le dimensionnement du revêtement. On admettra donc qu'aucune exigence particulière liée à une classe d'exposition ne lui est imposée.

\*\* : Contrairement à la réalisation du tunnel lui-même où les règles de l'art françaises imposent la mise en place d'une étanchéité protégée par un revêtement définitif, dans le cas de la réalisation des galeries, il peut être tenu compte de la présence ou non de venues d'eau. Si aucune venue d'eau importante et continue n'est constatée, il est possible de réaliser un béton projeté définitif sans mise en place d'une étanchéité systématique. Le béton projeté fait alors office de revêtement définitif et des classes d'exposition doivent être définies. Il est à noter que d'après la norme NF EN206-1, des exigences complémentaires ou différentes peuvent être données dans d'autres normes européennes spécifiques pour certains produits. C'est le cas notamment des bétons projetés. On se référera en particulier à la norme NF EN 14487-1 et -2 dont la mise en application est aujourd'hui effective.

\*\*\* : Les parties armées du revêtement sont : les corbeaux en présence d'une dalle de ventilation, les bases des piédroits en présence d'un radier contre-voûté, les anneaux des têtes, les zones armées des anneaux spécifiques : fixation des accélérateurs, présence de niches de sécurité et d'incendie, débouché des galeries en tunnel, etc.

\*\*\* \* : Les différentes parties armées des ouvrages de têtes, étanchés et remblayés sont traitées de la même manière que les parties armées des anneaux (courants).

\*\*\* \*\* : On considère en général pour un ouvrage enterré que l'influence de l'environnement extérieur (effet du gel sur les parties non enterrées, des sels marins, du salage s'il est appliqué sur l'itinéraire en dehors de l'ouvrage considéré, etc.) peut se faire sentir jusqu'à une distance de 200 mètres à partir des têtes, parfois moins, parfois plus selon la topographie particulière.