

AIDE AU CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION POUR LES OUVRAGES DIVERS DE GENIE CIVIL

Ouvrages visés

Les ouvrages de génie civil visés par les tableaux ci-après comprennent notamment les murs et ouvrages de soutènement, les ouvrages hydrauliques, les ouvrages de production d'énergie, et les silos et réservoirs. Les fondations de ces ouvrages peuvent notamment être constituées de pieux, de micro-pieux, de barrettes, de puits, de parois moulées ou de radiers.

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.

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. La profondeur des parties enterrées concernées par le gel est à étudier spécifiquement en cas de gel sévère.

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.

Salage et exposition aux chlorures autres que marins

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 voisines des ouvrages, voire

au salage des ouvrages eux-mêmes. 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 ».

Par ailleurs, indépendamment du salage induit par l'exploitation routière, le risque de corrosion provoquée par les chlorures autres que ceux provenant de l'eau de mer peut également, particulièrement pour les ouvrages visés par les présents tableaux, être induit par la destination de ces ouvrages et leur exploitation : rétention de liquides chlorés, nettoyage avec javellisation, contact avec des sels chlorurés, etc.

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 ». La catégorie II comprend « les éléments porteurs de la plupart des bâtiments et les ouvrages de génie civil (dont les ponts courants) » et la catégorie III « les barrages, les tunnels, et les bâtiments réacteurs des centrales nucléaires et aérorefrigérants », tandis que la catégorie I comprend « les éléments aisément remplaçables ». Le tableau 5 ci-après intègre cette notion pour aider au choix du niveau de prévention.

Précision importante

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 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.

Attaque chimique par l'eau de mer

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 XS1 (parties exposées à l'air véhiculant du sel marin et, par interprétation de la norme, à l'infiltration des chlorures marins pour les parties enterrées), XS2 (béton immergé en permanence) ou XS3 (béton en zone de marnage et d'exposition aux embruns) des tableaux NAF 1 ou NAF 2 de la norme NF EN 206-1, que l'élément de béton soit armé ou non, et non les prescriptions de composition de la classe XA3 qui résulteraient 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.

**Tableau 1 - Ouvrages de génie civil 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*	
Fondations (pieux, micro-pieux, barrettes, puits, parois moulées, radiers) d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs							
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau de mer ou saumâtre	XC1	XS2	-	-	-	-	selon pollution de l'eau de mer
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau douce	XC1	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau de mer ou saumâtre) **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau douce) **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties enterrées ou faces en contact avec le sol	XC2	XS1	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	selon analyse sol et eau
fondations de tous types, parties aériennes	XC4	XS3	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
Superstructures d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs							
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau de mer ou saumâtre	XC1	XS2	-	-	-	-	selon pollution de l'eau de mer
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau douce	XC1	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec d'autres liquides	XC1	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	selon liquides concernés
parties ou parois en zone de marnage, ou exposées à des écoulements d'eau de mer ou saumâtre **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon pollution de l'eau de mer
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC4	XS3	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF1	XF1	selon liquide concerné
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau de mer ou saumâtre **	XC4	XS3	-	-	-	-	selon pollution de l'eau de mer
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC3	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	selon liquide concerné
parties ou parois enterrées ou en contact avec le sol	XC2	XS1	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	selon analyse sol et eau
parties ou parois à l'air libre, exposées aux intempéries	XC4	XS3	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
parties ou parois à l'air libre, protégées des intempéries	XC3	XS3	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
parties ou parois intérieures, protégées des intempéries et des condensations	XC1	-	-	-	-	-	-
parties ou parois intérieures humides avec risque de condensations	XC3	-	-	-	-	-	selon risque de condensation
Autres ouvrages particuliers							
Tuyaux préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1916 (et NF P 16-345-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.						
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection coulés en place	XC4	XS3	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ***	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau
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.						
Caniveaux hydrauliques coulés en place	XC4	XS3	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ***	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau

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.
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 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 ».

** risque d'exposition à l'abrasion à considérer.

*** 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.

Tableau 2 – Ouvrages de génie civil 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*	
Fondations (pieux, micro-pieux, barrettes, puits, parois moulées, radiers) d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs							
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau de mer ou saumâtre	XC1	XS2	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau douce	XC1	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau de mer ou saumâtre) **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau douce) **	XC4	XS1	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties enterrées ou faces en contact avec le sol	XC2	-	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	selon analyse sol et eau
fondations de tous types, parties aériennes	XC4	XS1	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
Superstructures d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs							
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau de mer ou saumâtre	XC1	XS2	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau douce	XC1	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec d'autres liquides	XC1	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	selon liquides concernés
parties ou parois en zone de marnage, ou exposées à des écoulements d'eau de mer ou saumâtre **	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	XS1	-	-	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC4	XS1	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF1	XF1	selon liquides concernés
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau de mer ou saumâtre **	XC4	XS3	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC3	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	selon liquides concernés
parties ou parois enterrées ou en contact avec le sol	XC2	XS1	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	selon analyse sol et eau
parties ou parois à l'air libre, exposées aux intempéries	XC4	XS1	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
parties ou parois à l'air libre, protégées des intempéries	XC3	XS1	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
parties ou parois intérieures, protégées des intempéries et des condensations	XC1	-	-	-	-	-	-
parties ou parois intérieures humides avec risque de condensations	XC3	-	-	-	-	-	selon risque de condensation
Autres ouvrages particuliers							
Tuyaux préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1916 (et NF P 16-345-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.						
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection coulés en place	XC4	XS1	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ***	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau
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.						
Caniveaux hydrauliques coulés en place	XC4	XS1	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ***	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau

* 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 ».

** risque d'exposition à l'abrasion à considérer.

*** 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.

Tableau 3 - Ouvrages de génie civil 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*	
Fondations (pieux, micro-pieux, barrettes, puits, parois moulées, radiers) d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs									
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau salée ou saumâtre	XC1	XS2***	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau douce	XC1	-	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau salée ou saumâtre) **	XC4	XS3***	-	-	-	XF1	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau douce) **	XC4	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties enterrées ou faces en contact avec le sol	XC2	-	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	-	selon analyse sol et eau
fondations de tous types, parties aériennes	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels	-
Superstructures d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs									
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau salée ou saumâtre	XC1	XS2***	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau douce	XC1	-	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec d'autres liquides	XC1	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	-	selon liquides concernés
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée ou saumâtre **	XC4	XS3***	-	-	-	XF1	XF1	XF2	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	XF1	XF1	XF1	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC4	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF1	XF1	XF1	selon liquides concernés
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée ou saumâtre **	XC4	XS3***	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	-	-	-	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC3	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	-	-	-	selon liquides concernés
parties ou parois enterrées ou en contact avec le sol	XC2	-	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	-	-	-	selon analyse sol et eau
parties ou parois à l'air libre, exposées aux intempéries	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels	-
parties ou parois à l'air libre, protégées des intempéries	XC3	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels	-
parties ou parois intérieures, protégées des intempéries et des condensations	XC1	-	-	-	-	-	-	-	-
parties ou parois intérieures humides avec risque de condensations	XC3	-	-	-	-	-	-	-	selon risque de condensation
Autres ouvrages particuliers									
Tuyaux préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1916 (et NF P 16-345-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.								
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection coulés en place	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF1, XF2 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau
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.								

Caniveaux hydrauliques coulés en place	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau
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.								

* 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 ».

** risque d'exposition à l'abrasion à considérer

*** par analogie avec l'exposition à l'eau de mer, sous réserve d'une analyse plus détaillée de l'agressivité chimique et de la concentration en chlorures

**** 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.

Tableau 4 - Ouvrages de génie civil 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*	
Fondations (pieux, micro-pieux, barrettes, puits, parois moulées, radiers) d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs									
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau salée ou saumâtre	XC1	XS2***	-	-	-	XF4	XF4	XF4	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau douce	XC1	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau saumâtre) **	XC4	XS3***	-	-	-	XF4	XF4	XF4	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau douce) **	XC4	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	selon analyse de l'eau
fondations de tous types, parties enterrées ou faces en contact avec le sol	XC2	-	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	XF3	XF3	XF3	selon analyse sol et eau
fondations de tous types, parties aériennes	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF3, XF4 si très exposé aux sels	-
Superstructures d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs									
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau salée ou saumâtre	XC1	XS2***	-	-	-	XF4	XF4	XF4	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau douce	XC1	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	selon analyse de l'eau
parties ou parois immergées ou en contact durable avec d'autres liquides	XC1	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF3	XF3	XF3	selon liquides concernés
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée ou saumâtre **	XC4	XS3***	-	-	-	XF4	XF4	XF4	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	XF3	XF3	XF3	selon analyse de l'eau
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC4	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF3	XF3	XF3	selon liquides concernés
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée ou saumâtre **	XC4	XS3***	-	-	-	XF4 sauf si hors gel	XF4 sauf si hors gel	XF4 sauf si hors gel	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XC4	-	-	-	-	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	selon analyse de l'eau
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XC3	-	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XD2 selon liquide concerné	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	selon liquides concernés
parties ou parois enterrées ou en contact avec le sol	XC2	-	-	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	pas d'exposition XD, XD2 si très exposé aux sels	XF3	XF3	XF3	selon analyse sol et eau
parties ou parois à l'air libre, exposées aux intempéries	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF3, XF4 si très exposé aux sels	-
parties ou parois à l'air libre, protégées des intempéries	XC3	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XD1, XD3 si très exposé aux sels	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF3, XF4 si très exposé aux sels	-
parties ou parois intérieures, protégées des intempéries et des condensations	XC1	-	-	-	-	XF1 sauf si hors gel	XF1 sauf si hors gel	XF1 sauf si hors gel	-
parties ou parois intérieures humides avec risque de condensations	XC3	-	-	-	-	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	XF3 sauf si hors gel	selon risque de condensation
Autres ouvrages particuliers									
Tuyaux préfabriqués en usine	Faire référence à la norme de produit NF EN 1916 (et NF P 16-345-2) pour décrire les actions liées à l'environnement et en déduire les spécifications associées.								
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection coulés en place	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF3, XF4 si très exposé aux sels	selon analyse sol et eau

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.								
Caniveaux hydrauliques coulés en place	XC4	-	-	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XD1, XD3 si très exposé aux sels ****	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF4	selon analyse sol et eau
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.								

* 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 ».

** risque d'exposition à l'abrasion à considérer.

*** par analogie avec l'exposition à l'eau de mer, sous réserve d'une analyse plus détaillée de l'agressivité chimique et de la concentration en chlorures

**** 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.

**Tableau 5 – Prévention de la réaction sulfatique interne
Tous ouvrages de génie civil indépendamment de leur situation géographique**

Parties d'ouvrage	XH (prévention RSI)	Niveau de prévention RSI	
		Ouvrage courant (de catégorie II)	Ouvrage exceptionnel (de catégorie III)
<i>Fondations (pieux, micro-pieux, barrettes, puits, parois moulées, radiers) d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs</i>			
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau salée, eau de mer ou eau saumâtre	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties entièrement immergées en eau douce	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau salée, eau de mer ou eau saumâtre) **	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties en zone de marnage (eau douce) **	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties enterrées ou faces en contact avec le sol	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties aériennes	XH2	Bs	Cs
<i>Superstructures d'ouvrages de génie civil, de murs et d'ouvrages de soutènements, d'ouvrages hydrauliques, de production d'énergie, de silos et de réservoirs</i>			
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau salée, eau de mer ou saumâtre	XH3	Cs	Ds
parties ou parois immergées ou en contact durable avec de l'eau douce	XH3	Cs	Ds
parties ou parois immergées ou en contact durable avec d'autres liquides	XH3	Cs	Ds
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée, eau de mer ou eau saumâtre **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois extérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau salée, eau de mer ou eau saumâtre **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'eau douce **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois intérieures en contact variable ou exposées à des écoulements d'autres liquides **	XH3	Cs	Ds
parties ou parois enterrées ou en contact avec le sol	XH3	Cs	Ds
parties ou parois à l'air libre, exposées aux intempéries	XH2	Bs	Cs
parties ou parois à l'air libre, protégées des intempéries	XH1	As	
parties ou parois intérieures, protégées des intempéries et des condensations	XH1	As	
parties ou parois intérieures humides avec risque de condensations	XH2	Bs	Cs
<i>Autres ouvrages particuliers</i>			
Tuyaux préfabriqués en usine	XH3	Cs	Ds
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection coulés en place	XH2	As	As
Regards et boîtes de branchement ou d'inspection préfabriqués en usine	XH2	As	As
Caniveaux hydrauliques coulés en place	XH3	As	As
Caniveaux hydrauliques préfabriqués en usine	XH3	As	As