

2.1 - DURABILITE - CLASSE D'EXPOSITION

Désignation de la classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1 - Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions, sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion et d'attaque chimique. Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec.	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible.
2 - Corrosion induite par carbonatation		
XC1	Sec ou humide en permanence.	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible. Béton submergé en permanence dans de l'eau.
XC2	Humide, rarement sec.	Surface de béton soumises au contact à long terme de l'eau. Un grand nombre de fondations.
XC3	Humide modérée.	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé. Béton extérieur abrité de la pluie.
XC4	Alternativement humide et sec.	Surface de béton soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2.
3 - Corrosion induite par les chlorures		
XD1	Humidité modérée.	Surface de béton exposées à des chlorures transportés par voir aérienne.
XD2	Humide, rarement sec.	Piscines. Eléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures.
XD3	Alternativement humide et sec.	Eléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures. Chaussées. Dalles de parcs de stationnement de véhicules.
4 - Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer		
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin, mais pas en contact direct avec l'eau de mer	Structure sur ou à proximité d'une côte.
XS2	Immergé en permanence.	Eléments de structures marines.
XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns.	Eléments de structures marines.
5 - Attaque gel/dégel		
XF1	Saturation modérée en eau, sans agents de déverglaçage.	Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel.
XF2	Saturation modérée en eau, avec agents de déverglaçage.	Surfaces verticales de béton des ouvrages routiers exposés au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglaçage.
XF3	Forte saturation en eau, sans agents de déverglaçage.	Surface horizontales de béton exposées à la pluie et au gel.
XF4	Forte saturation en eau, avec agents de déverglaçage ou eau de mer.	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage. Surfaces de béton verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel.
6 - Attaques chimiques		
XA1	Environnement à faible agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2.	Sols naturels et eau dans le sol.
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée selon l'EN 206-1, Tableau 2.	Sols naturels et eau dans le sol.
XA3	Environnement à forte agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2.	Sols naturels et eau dans le sol.

Précisions relatives à la classe d'exposition X0 :

Le béton non armé se trouve dans d'autres classes d'exposition que X0 dès lors que ce béton comporte des armatures ou des pièces métalliques noyées et que l'environnement n'est pas classé « très sec ».

Précisions relatives aux classes d'exposition XC :

Les parties des bâtiments à l'abri de la pluie, que ceux-ci soient clos ou non, sont à classer en XC1 à l'exception des parties exposées à des condensations importantes à la fois par leur fréquence et leur durée qui sont alors à classer en XC3.

C'est le cas notamment de certaines parties d'ouvrages industriels, de buanderies, de papeteries, de locaux de piscines, etc...

Précisions relatives aux classes d'exposition XD :

Ne sont à classer en XD3 que les parties d'ouvrages soumises à des projections fréquentes et très fréquentes et contenant des chlorures et sous réserve d'absence de revêtement d'étanchéité assurant la protection du béton.

Ne sont donc à classer en XD3 que les parties des parcs de stationnement de véhicules exposées directement aux sels contenant des chlorures (par exemple les parties supérieures des dalles et rampes) et ne comportant pas de revêtement pouvant assurer la protection du béton pendant la durée de vie du projet.

Précisions relatives aux classes d'exposition XS :

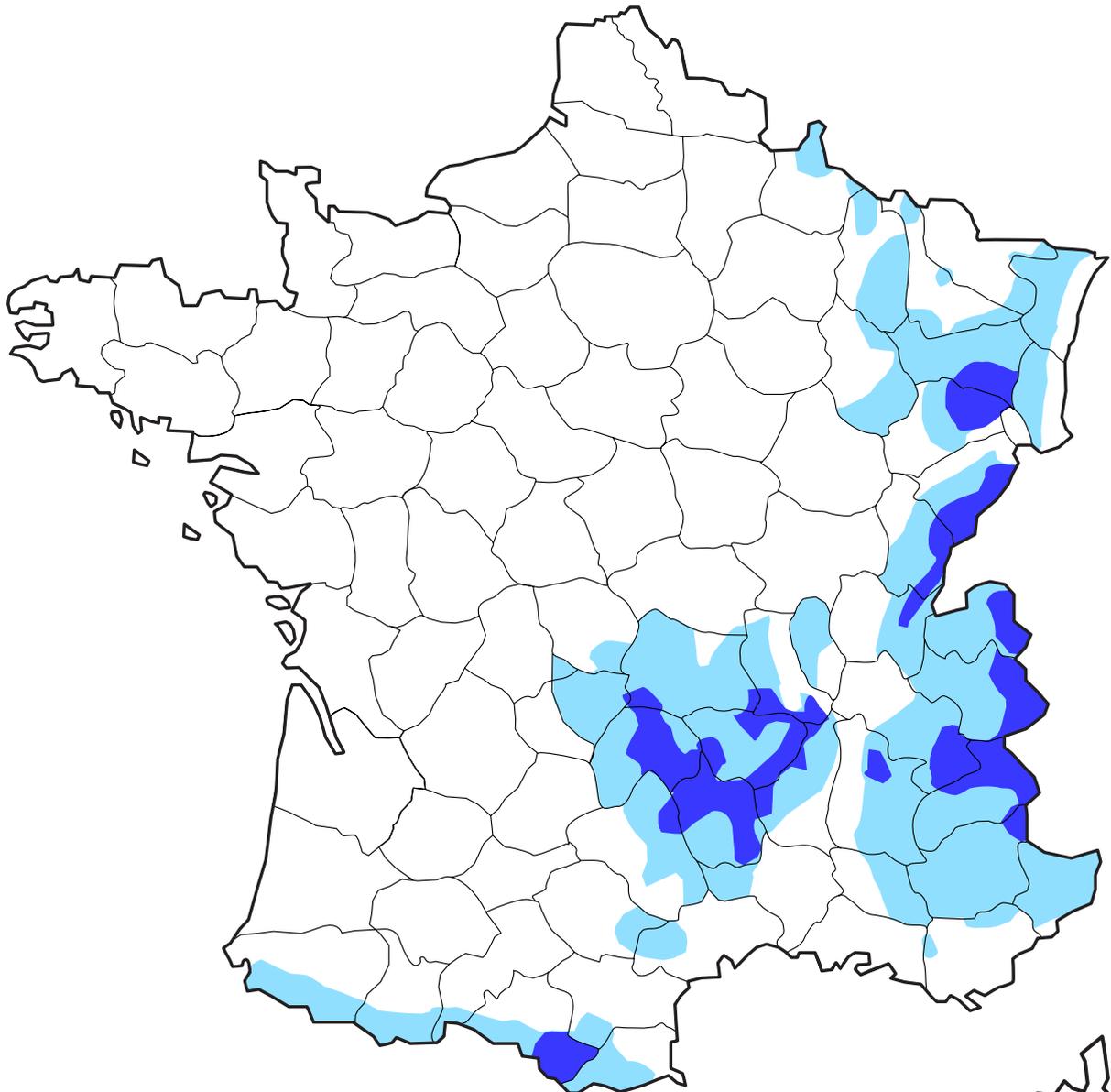
Sont à classer en XS3 les éléments de structures en zone de marnage et/ou exposés aux embruns lorsqu'ils sont situés à moins de 100 m de la côte, parfois plus, jusqu'à 500 m, suivant la topographie particulière.

Sont à classer en XS1 les éléments de structure situés au-delà de la zone de classement XS3 et situés à moins de 1 km de la côte, parfois plus, jusqu'à 5 km, lorsqu'ils sont exposés à un air véhiculant du sel marin, suivant la topographie particulière.

Précisions relatives aux classes d'exposition XF :

En France, les classes d'exposition XF1, XF2, XF3 et XF4 sont indiquées dans la carte donnant les zones de gel, sauf spécification particulière notamment fondée sur l'état de saturation du béton.

Carte des zones de gel



- Gel faible ou modéré :**
-  Sans agents de déverglaçage : XF1
 -  Avec agents de déverglaçage : XF2
- Gel sévère :**
-  Sans agents de déverglaçage : XF3
 -  Avec agents de déverglaçage : XF4
- Gel modéré ou sévère :**
-  Suivant l'altitude

Précisions relatives aux classes d'exposition XA :

Les exemples informatifs donnés pour les classes XA1, XA2 et XA3 sont à comprendre et préciser comme suit :

- Eléments de structures en contact avec le sol ou un liquide agressif.
- Ouvrages de génie civil soumis à des attaques chimiques, par exemple certains bâtiments de catégorie E, suivant les documents particuliers du marché.

Les risques de lixiviation et d'attaque par condensation d'eau pure sont à traiter dans les classes d'exposition XA1, XA2 et XA3 suivant leur sévérité.

Combinaison des classes d'exposition :

Un élément en béton d'un ouvrage peut être soumis à plusieurs actions environnementales. Il faut donc lui associer plusieurs classes d'exposition. Le béton devra respecter pour chaque propriété l'exigence la plus sévère demandée par ses classes d'exposition.

Propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition :

Classe d'exposition	Rapport Eeff/liant éq maximal	Classe de résistance minimale	Teneur minimale en liant éq (kg/m ³)	Teneur minimale en air (%)	Rapport maximal A/(A+C)					Nature du ciment
					Cendres volantes	Fumées de silice	Laitier moulu	Addition calcaire	Addition siliceuse	
X0	/	/	150	/	0,30	0,10	0,30	0,25	0,20	/
XC1	0,65	C20/25	260	/	0,30	0,10	0,30	0,25	0,20	/
XC2	Valeurs numériques identiques à XC1									
XC3	Valeurs numériques identiques à XF1									
XC4	Valeurs numériques identiques à XF1									
XS1	Valeurs numériques identiques à XS2									
XS2	0,55	C30/37	330	/	0,15	0,10	0,15	0,05	0,15	PM
XS3	0,50	C35/45	350	/	0,15	0,10	0,15	0,05	0,15	PM
XD1	Valeurs numériques identiques à XF1									
XD2	0,55	C30/37	330	/	0,15	0,10	0,15	0,05	0,15	/
XD3	0,50	C35/45	350	/	0,15	0,10	0,15	0,05	0,15	/
XF1	0,60	C25/30	280	/	0,30	0,10	0,30	0,25	0,20	/
XF2	0,55	C25/30	300	4	0,30	0,10	0,30	0,25	0,20	/
XF3	0,55	C30/37	315	4	0,30	0,10	0,30	0,25	0,20	/
XF4	0,45	C30/37	340	4	0,15	0,10	0,15	0,05	0,05	/
XA1	0,55	C30/37	330	/	0,30	0,10	0,30	0,00	0,00	/
XA2	0,50	C35/45	350	/	0,30	0,10	0,30	0,00	0,00	/
XA3	0,45	C40/50	385	/	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	/

Tableau de la norme française NE EN 206-1

On peut remarquer que pour la France :

XC2 = XC1
 XC3 = XF1
 XC4 = XF1
 XS1 = XS2

Ces classes sont donc identiques pour ce qui concerne les propriétés du béton mais ne sont pas identiques pour les valeurs d'enrobage des aciers (cf. chapitre 2.3 – Durabilité – Enrobage).

Exemples de classes d'expositions pour le bâtiment :

Intérieur des terres - Gel faible ou modéré			
Infrastructure	Fondations non armée (gros béton et béton de propreté)		X0
	Fondations armée		XC2
	Longrine totalement enterrée		XC2
	Longrine partiellement enterrée		XC4 - XF1
	Sous-sol (cave ou garage)	Plancher bas et haut Mur intérieur Mur au contact de la terre	XC1
			XC1
			XC2 - XF1
	Vide sanitaire ou vide technique	Plancher haut Mur intérieur Mur extérieur	XC3
XC3			
XC4 - XF1			
Dallage extérieur		XC4 - XF1	
Superstructure	Local clos et couvert sans phénomène de condensation persistante (plancher courant, cuisine, sanitaires, salle d'eau...)	Plancher bas et haut Mur intérieur	XC1
			XC1
	Local clos et couvert avec phénomène de condensation persistante (buanderie, papeterie, local piscine...)	Plancher bas et haut Mur intérieur	XC3
			XC3
	Mur extérieur protégé (avec bardage ou isolation extérieure)		XC1
	Mur extérieur non protégé		XC4 - XF1
	Balcon ou loggia non protégé (sans étanchéité)		XC4 - XF1
	Plancher terrasse avec étanchéité		XC1
Acrotère non protégé		XC4 - XF1	
Parking ouvert	Mur intérieur		XC3
	Mur extérieur		XC4 - XF1
	Plancher intérieur	Sans agent de déverglaçage	XC3 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC3 - XD1 - XF2
	Plancher ou rampe extérieur non protégé (sans étanchéité)	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC4 - XD1 - XF2
	Acrotère non protégé	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XF1
Avec agent de déverglaçage		XC4 - XD1 - XF2	

Intérieur des terres - Gel sévère			
Infrastructure	Fondations non armée (gros béton et béton de propreté)		X0
	Fondations armée		XC2
	Longrine totalement enterrée		XC2
	Longrine partiellement enterrée		XC4 - XF3
	Sous-sol (cave ou garage)	Plancher bas et haut Mur intérieur Mur au contact de la terre	XC1
			XC1
			XC2 - XF3
	Vide sanitaire ou vide technique	Plancher haut Mur intérieur Mur extérieur	XC3
XC3			
XC4 - XF3			
Dallage extérieur		XC4 - XF3	
Superstructure	Local clos et couvert sans phénomène de condensation persistante (plancher courant, cuisine, sanitaires, salle d'eau...)	Plancher bas et haut Mur intérieur	XC1
			XC1
	Local clos et couvert avec phénomène de condensation persistante (buanderie, papeterie, local piscine...)	Plancher bas et haut Mur intérieur	XC3
			XC3
	Mur extérieur protégé (avec bardage ou isolation extérieure)		XC1
	Mur extérieur non protégé		XC4 - XF3
	Balcon ou loggia non protégé (sans étanchéité)		XC4 - XF3
	Plancher terrasse avec étanchéité		XC1
Acrotère non protégé		XC4 - XF3	
Parking ouvert	Mur intérieur		XC3
	Mur extérieur		XC4 - XF3
	Plancher intérieur	Sans agent de déverglaçage	XC3 - XF3
		Avec agent de déverglaçage	XC3 - XD1 - XF4
	Plancher ou rampe extérieur non protégé (sans étanchéité)	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XF3
		Avec agent de déverglaçage	XC4 - XD1 - XF4
	Acrotère non protégé	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XF3
Avec agent de déverglaçage		XC4 - XD1 - XF4	

Bord de mer - Entre 100 m (parfois 500 m) et 1 km (parfois 5 km) de la côte			
Infrastructure	Fondations non armée (gros béton et béton de propreté)		X0
	Fondations armée		XC2
	Longrine totalement enterrée		XC2
	Longrine partiellement enterrée		XC4 - XS1 - XF1
	Sous-sol (cave ou garage)	Plancher bas et haut	XC1
		Mur intérieur	XC1
		Mur au contact de la terre	XC2 - XS1 - XF1
Vide sanitaire ou vide technique	Plancher haut	XC3 - XS1	
	Mur intérieur	XC3 - XS1	
	Mur extérieur	XC4 - XS1 - XF1	
Dallage extérieur		XC4 - XS1 - XF1	
Superstructure	Local clos et couvert sans phénomène de condensation persistante (plancher courant, cuisine, sanitaires, salle d'eau...)	Plancher bas et haut	XC1
		Mur intérieur	XC1
	Local clos et couvert avec phénomène de condensation persistante (buanderie, papeterie, local piscine...)	Plancher bas et haut	XC3
		Mur intérieur	XC3
	Mur extérieur protégé (avec bardage ou isolation extérieure)		XC1
	Mur extérieur non protégé		XC4 - XS1 - XF1
	Balcon ou loggia non protégé (sans étanchéité)		XC4 - XS1 - XF1
Plancher terrasse avec étanchéité		XC1	
Acrotère non protégé		XC4 - XS1 - XF1	
Parking ouvert	Mur intérieur		XC3 - XS1
	Mur extérieur		XC4 - XS1 - XF1
	Plancher intérieur	Sans agent de déverglaçage	XC3 - XS1 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC3 - XS1 - XD1 - XF2
	Plancher ou rampe extérieur non protégé (sans étanchéité)	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XS1 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC4 - XS1 - XD1 - XF2
Acrotère non protégé	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XS1 - XF1	
	Avec agent de déverglaçage	XC4 - XS1 - XD1 - XF2	

Front de mer - Moins de 100 m (parfois 500 m) de la côte			
Infrastructure	Fondations non armée (gros béton et béton de propreté)		X0
	Fondations armée		XC2
	Longrine totalement enterrée		XC2
	Longrine partiellement enterrée		XC4 - XS3 - XF1
	Sous-sol (cave ou garage)	Plancher bas et haut	XC1
		Mur intérieur	XC1
		Mur au contact de la terre	XC2 - XS3 - XF1
Vide sanitaire ou vide technique	Plancher haut	XC3 - XS3	
	Mur intérieur	XC3 - XS3	
	Mur extérieur	XC4 - XS3 - XF1	
Dallage extérieur		XC4 - XS3 - XF1	
Superstructure	Local clos et couvert sans phénomène de condensation persistante (plancher courant, cuisine, sanitaires, salle d'eau...)	Plancher bas et haut	XC1
		Mur intérieur	XC1
	Local clos et couvert avec phénomène de condensation persistante (buanderie, papeterie, local piscine...)	Plancher bas et haut	XC3
		Mur intérieur	XC3
	Mur extérieur protégé (avec bardage ou isolation extérieure)		XC1
	Mur extérieur non protégé		XC4 - XS3 - XF1
	Balcon ou loggia non protégé (sans étanchéité)		XC4 - XS3 - XF1
Plancher terrasse avec étanchéité		XC1	
Acrotère non protégé		XC4 - XS3 - XF1	
Parking ouvert	Mur intérieur		XC3 - XS3
	Mur extérieur		XC4 - XS3 - XF1
	Plancher intérieur	Sans agent de déverglaçage	XC3 - XS3 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC3 - XS3 - XD1 - XF2
	Plancher ou rampe extérieur non protégé (sans étanchéité)	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XS3 - XF1
		Avec agent de déverglaçage	XC4 - XS3 - XD1 - XF2
Acrotère non protégé	Sans agent de déverglaçage	XC4 - XS3 - XF1	
	Avec agent de déverglaçage	XC4 - XS3 - XD1 - XF2	