

## Ouvrages maritimes\* en béton : ouvrages portuaires et digues

\* Pour les bâtiments, dépendances, postes de contrôle, locaux techniques et ouvrages de génie civil (par exemple les phares à terre) construits en retrait de la côte, les classes d'exposition sont à déterminer à partir des tableaux couvrant, selon le cas, les bâtiments, les ouvrages d'art ou les ouvrages de génie civil. En général on se reportera au tableau concernant les constructions situées à moins de 100 m de la côte (parfois plus, jusqu'à 500 m, suivant la topographie particulière), à cause du risque d'exposition aux embruns.

\*\* Pour le tableau qui suit, on considère que les parties « immergées en permanence » des ouvrages sont celles dont on peut s'assurer qu'elles sont situées, pour toute la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage, en dessous du niveau de la basse mer de vive eau, sauf dans le cas des bassins à flot où cette limite est déterminée par le mode d'exploitation du plan d'eau.

\*\*\* 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.

Type d'ouvrages	Partie considérée	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel	Attaques chimiques ***	Risque d'abrasion
Parties communes à différents types d'ouvrages	Voies de grues	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(7)
	Dalles et revêtements armés de tous quais	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(7)
	Massifs bollards	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(7)
	Poutres de couronnement	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(7) et (8)
	Aqueducs	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
Quai sur pieux	Pieux (partie aérienne ou en zone de marnage)	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	-
	Partie des pieux immergée en permanence **	XC1	XS2	-	-	(5)	-
	Partie complètement enterrée des pieux	XC2	XS1	-	-	(5)	-
	Remplissage tubes métalliques <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-
	Têtes de pieux	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	-
	Poutres et béton clavetage	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	-
	Rideaux ou massifs d'ancrage	XC2	XS2	-	-	(5)	-
Duc d'Albe	Partie aérienne ou en zone de marnage	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
Quai caissons préfabriqués	Caissons	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(8)
Quai blocs	Fondations armées (partie immergée en permanence **)	XC1	XS2	-	-	(5)	-
	Fondations armées (parties totalement enterrées)	XC2	XS1	-	-	(5)	-
	Blocs non armés <sup>(2)</sup> (partie immergée en permanence **)	-	XS2 ***	-	-	(5)	-
	Blocs non armés <sup>(2)</sup> (partie aérienne ou en zone de marnage)	-	XS3 ***	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	-
	Blocs armés	XC4	XS3	XD3 <sup>(3)</sup>	XF1, XF2 si salage fréquent <sup>(4)</sup>	(6)	(8)
Quai paroi moulée	Parois moulées (partie aérienne ou en zone de marnage)	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
	Parois moulées (partie immergée en permanence **)	XC1	XS2	-	-	(5)	(8)
	Parois moulées (parties complètement enterrées)	XC2	XS1	-	-	(5)	-
	Rideaux ou massifs d'ancrage	XC2	XS2	-	-	(5)	-

## Ouvrages maritimes\* en béton : ouvrages portuaires et digues

<b>Écluse</b>	Radier	XC2	XS2	-	-	(5)	(8)
	Murs et bajoyers	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
<b>Forme de radoub</b>	Radier, mur de tête et bajoyers	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(7) et (8)
<b>Digues</b>	Blocs béton préfabriqués de carapace <sup>(2)</sup> (partie immergée en permanence **)	-	XS2 ***	-	-	(5)	(8)
	Blocs béton préfabriqués de carapace <sup>(2)</sup> (partie aérienne ou en zone de marnage)	-	XS3 ***	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
	Caissons : partie immergée en permanence **	XC1	XS2	-	-	(5)	(8)
	Caissons : partie aérienne ou en zone de marnage	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
	Mur de couronnement / mur chasse mer	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
	Chaussées et dalles non armées des quais	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(7)

(1) Pour ce béton non armé susceptible de relever de la classe X0, les spécifications (autres que la résistance minimale liée aux efforts à reprendre) sont données par le FD P 18-011

(2) Béton non armé et sans pièces métalliques noyées. Pas de corrosion mais attaque chimique par l'eau de mer

(3) Dans le cas de salage fréquent ou très fréquent de l'ouvrage, ou d'utilisation de produits chlorés pour son exploitation

(4) Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marnage et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours par an). Pour le cas particulier de St Pierre et Miquelon et des Terres Australes et Antarctiques Françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrages en zone de marnage ou d'embruns

(5) Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage.

(6) Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée, des eaux souterraines, et des marchandises, liquides ou produits pouvant être en contact avec l'ouvrage, en fonction de son utilisation prévue et du risque de pollution accidentelle.

(7) Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins (cf. norme NF EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13))

(8) Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité de la houle, des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la fréquence des tempêtes, des frottements d'amarres, des jets d'hélices, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux abrasifs pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2 (13) de la norme NF EN 1992-1-1.

Pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne, toutes les parties des ouvrages maritimes sont à considérer en classe XH3. Le niveau de prévention associé est en général Cs, sauf pour les ouvrages maritimes considérés comme exceptionnels (de catégorie III) où il s'agira du niveau Ds.

## Ouvrages maritimes\* en béton : ouvrages côtiers et autres ouvrages à la mer

\* Pour les bâtiments, dépendances, postes de contrôle, locaux techniques et ouvrages de génie civil (par exemple les phares à terre) construits en retrait de la côte, les classes d'exposition sont à déterminer à partir des tableaux couvrant, selon le cas, les bâtiments, les ouvrages d'art ou les ouvrages de génie civil. En général on se reportera au tableau concernant les constructions situées à moins de 100 m de la côte (parfois plus, jusqu'à 500 m, suivant la topographie particulière), à cause du risque d'exposition aux embruns.

\*\* Pour le tableau qui suit, on considère que les parties « immergées en permanence » des ouvrages sont celles dont on peut s'assurer qu'elles sont situées, pour toute la durée d'utilisation prévue de l'ouvrage, en dessous du niveau de la basse mer de vive eau, sauf dans le cas des bassins à flot où cette limite est déterminée par le mode d'exploitation du plan d'eau.

\*\*\* 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.

Type d'ouvrages	Partie considérée	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins	Corrosion induite par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel	Attaques chimiques ***	Risque d'abrasion
Ouvrages de défense contre la mer et protection du littoral	Epis	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8) et (9)
	Revêtement de talus (par dalles ou éléments préfabriqués)	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8) et (9)
	Mur chasse mer, poutre de tête, couronnement	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8)
	Escaliers et rampes d'accès	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(7) et (8)
Ouvrages en mer : éoliennes, balises, tourelles, feux et phares en mer	Parties aériennes ou en zone de marnage	XC4	XS3	-	XF1 <sup>(4)</sup>	(5)	(8), (8) et (9) en zone de marnage
	Partie immergée en permanence ** <sup>(10)</sup>	XC1	XS2	-	-	(5)	(8)
	Partie complètement enterrée	XC2	XS1	-	-	(5)	-
Structures flottantes, ouvrages off-shore	Parties aériennes ou en zone de marnage	XC4	XS3	(3)	XF1 <sup>(4)</sup>	(6)	(8), (8) et (9) en zone de marnage
	Partie immergée en permanence ** <sup>(10)</sup>	XC1	XS2	(3)	-	(6)	(8)
Ouvrages de prise et rejet d'eau, émissaires	Partie complètement enterrée	XC2	XS1	(3)	-	(6)	(8)
	Parties aériennes ou en zone de marnage	XC4	XS3	(3)	XF1 <sup>(4)</sup>	(6)	(8)
	Partie immergée en permanence ** <sup>(10)</sup>	XC1	XS2	(3)	-	(6)	(8)

<sup>(3)</sup> Dans le cas de salage de l'ouvrage, ou d'utilisation de produits chlorés pour son exploitation, classe à choisir le cas échéant entre XD1, XD2 ou XD3

<sup>(4)</sup> Pour les ouvrages maritimes métropolitains, l'attaque gel/dégel concerne les parties aériennes ou les zones de marnage et correspond à XF1 en zone de gel faible ou modéré, sans salage ou avec salage peu fréquent, ou à XF2 en zone de gel modéré avec salage fréquent (plus de 10 jours par an). Pour le cas particulier de St Pierre et Miquelon et des Terres Australes et Antarctiques Françaises, on retiendra la classe XF4 pour les parties d'ouvrages en zone de marnage ou d'embruns

<sup>(5)</sup> Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée et/ou des eaux souterraines pouvant être en contact avec l'ouvrage.

<sup>(6)</sup> Classe d'exposition à choisir entre XA1, XA2 ou XA3 en fonction du niveau d'agressivité de l'eau de mer polluée, des eaux souterraines, et des marchandises, liquides ou produits pouvant être en contact avec l'ouvrage, en fonction de son utilisation prévue et du risque de pollution accidentelle.

<sup>(7)</sup> Classe d'abrasion à choisir entre XM1, XM2 ou XM3 en fonction du niveau d'agressivité du trafic d'engins (cf. norme NF EN 1992-1-1 clause 4.4.1.2 (13))

## Ouvrages maritimes\* en béton : ouvrages côtiers et autres ouvrages à la mer

- <sup>(8)</sup> Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité de la houle, des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la fréquence des tempêtes, des frottements d'amarres, des jets d'hélices, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux abrasifs pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2 (13) de la norme NF EN 1992-1-1.
- <sup>(9)</sup> Ouvrage particulièrement exposé à l'abrasion induite par les matériaux et sédiments environnants
- <sup>(10)</sup> Y compris éventuellement parties d'ouvrage (ou corps morts d'amarrage) posés au fond

Pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne, toutes les parties des ouvrages côtiers et des ouvrages à la mer sont à considérer en classe XH3. Le niveau de prévention associé est en général Cs, sauf pour les ouvrages considérés comme exceptionnels (de catégorie III) où il s'agira du niveau Ds.

## Ouvrages fluviaux\* et de navigation intérieure en béton, et parties en béton de ces ouvrages

Type d'ouvrages	Partie considérée	Corrosion par carbonatation	Corrosion par les chlorures marins *	Corrosion par les chlorures autres que marins	Attaques gel/dégel		Attaques chimiques	Risque d'abrasion
					gel faible ou modéré	gel sévère		
génie civil de barrage de navigation	appuis (culée, pile)	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	-
	radier	XC2	-	-	-	-	(2)	-
	protection amont et aval du radier	XC2	-	-	-	-	(2)	(3)
	franchissement piscicole (passe à poissons)	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	(3)
écluse	radier	XC2	-	-	-	-	(2)	(3)
	bajoyer	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	(3)
	tête d'écluse	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	-
	aqueducs et conduites en béton	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	(3)
	bassin d'épargne	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	-
génie civil de pont-canal et pont mobile**	appui (culée, pile)**	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	-
	tablier**	XC4	-	(1)	XF1	XF3	-	-
	cuvelage (étanchéité)	XC2	-	-	-	-	(2)	-
tunnel fluvial	voûte	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	-
	revêtement béton du conduit hydraulique	XC2	-	-	-	-	(2)	(3)
	puits d'aération	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	-
	banquette	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	(3)
barrage-réservoir (remblai ou en maçonnerie / béton)	évacuateur de crue	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	(3)
	système d'étanchéité (amont, aval, interne)	XC2	-	-	-	-	(2)	-
	système de drainage (partie débouchante)	XC4	-	-	XF1	XF3	(2)	-
	ouvrage hydraulique (prise d'eau, vidange de fond, partie courante du drainage)	XC2	-	-	-	-	(2)	(3)
section courante de berge/digue de canal	protection de berge	XC4	-	(1)	XF1	XF3	(2)	(3)
	système d'étanchéité	XC2	-	-	-	-	(2)	-

\* A titre indicatif la salinité de l'eau de mer varie de 20 à 40 g/l de NaCl. On considère dans ce tableau les ouvrages fluviaux ou de navigation intérieure pour lesquels l'eau est réputée douce. Pour les ouvrages des ports atteints par la marée ou le mascaret, se reporter au tableau « ouvrages maritimes en béton - ouvrages portuaires ».

\*\* Se référer éventuellement pour plus de détails aux tableaux « ouvrages d'art »

(1) classe XD1, XD2 ou XD3 à choisir le cas échéant selon exposition à des sels issus du déverglaçage des chaussées voisines, ou liés à des exploitations industrielles environnantes

(2) classe à choisir le cas échéant entre XA1, XA2 et XA3 selon l'agressivité chimique éventuelle du sol et des eaux souterraines ou en contact avec l'ouvrage, et le risque éventuel de lixiviation, cf. NF EN 206-1 et FD P 18-011.

(3) Risque d'abrasion à apprécier en fonction du niveau d'agressivité des courants, des fluides circulant dans et autour de l'ouvrage, de la présence de sédiments, corps flottants ou matériaux pouvant être mis en suspension, etc. La prévention du phénomène pourra s'appuyer sur la résistance à l'abrasion du matériau béton (obtenue par exemple par un faible rapport eau/ciment, la qualité des granulats, l'incorporation de fibres...) caractérisée éventuellement par des performances obtenues par des essais d'abrasion spécifiques. Dans le cas du béton armé, ce risque sera exprimé par le choix de la classe d'abrasion XM1, XM2 ou XM3 et la prévention de l'abrasion pourra en outre s'appuyer sur une épaisseur sacrificielle d'enrobage comme prévu par la clause 4.4.1.2 (13) de la norme NF EN 1992-1-1.

Pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne, toutes les parties des ouvrages fluviaux et de navigation intérieure sont à classer en XH3. Le niveau de prévention est en général Cs, sauf pour les ouvrages considérés comme exceptionnels (de catégorie III) où il s'agira du niveau Ds.