Notions de classes d'exposition

Mars 2017

Les nouveaux textes normatifs relatifs au béton prennent en compte la durabilité en s'appuyant sur la notion de classe d'exposition.

Définition des classes d'exposition

Ces classes traduisent les actions dues à l'environnement(*) auxquelles le béton de l'ouvrage ou de chaque partie d'ouvrage, et les armatures vont être exposés pendant la durée d'utilisation de la structure.

(*) Norme NF EN 1992-1-1 Section 4 Article 4.2 : Actions physiques et chimiques auxquelles la structure est exposée en plus des actions mécaniques

Le maître d'ouvrage doit définir les actions dues à l'environnement auxquelles le béton de l'ouvrage ou de chaque partie d'ouvrage va être exposé pendant la durée d'utilisation de la structure, en application de l'Eurocode 2, de la norme NF EN 206/CN et du fascicule 65 du CCTG (pour les ouvrages de Génie Civil).

Nota : La spécification de la durée d'utilisation de l'ouvrage et des classes d'exposition est de la responsabilité du maitre d'ouvrage qui se trouve ainsi engagé dans l'expression des risques de dégradation et des conditions d'exploitation de la structure qu'il commande

Prescrire un béton durable nécessite donc d'apprécier, dès sa conception, l'ensemble des contraintes environnementales et les agressions et attaques potentielles qu'il aura à subir pendant toute sa durée d'utilisation.

La détermination des classes d'exposition permet d'optimiser la formulation et les performances du béton et sa durabilité en sélectionnant avec précision les formulations, les caractéristiques et les propriétés parfaitement adaptées aux environnements dans lesquels il va se trouver.

La norme NF EN 206/CN, en conformité avec l'Eurocode 2 (norme NF EN 1992-1-1), définit (article 4.1 : Classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement) 18 classes d'exposition regroupées par risque de corrosion (XC, XD, XS) et d'attaques du béton (XF, XA) dépendant des actions et conditions environnementales auxquelles les bétons de l'ouvrage ou de la partie de l'ouvrage vont être soumis pendant leur durée d'utilisation.

Nota : la prévention vis-à-vis des risques de corrosion permet en particulier de déterminer l'enrobage nécessaire des armatures. La prévention vis-à-vis des attaques permet en particulier de déterminer le dosage en ciment et le type de ciment adapté.

	CLASSE D'EXPOSITION	
	XO	Aucun risque de corrosion ou d'attaque
RISQUE DE CORROSION	XC1 à XC4	Corrosion induite par carbonatation
	XD1 à XD3	Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine
	XS1 à XS3	Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer
ATTAQUES	XF1 à XF4	Attaques gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage
	XA1 à XA3	Attaques chimiques

Les normes NF EN 206/CN et NF EN 1992-1-1 décrivent, pour chaque classe d'exposition, l'environnement et le type de béton concerné et donne à titre informatif des exemples d'ouvrages ou de parties d'ouvrages.

A chaque classe d'exposition correspondent des spécifications sur la composition des bétons sous forme d'exigences minimales et de valeurs limites à respecter.

Si plusieurs classes d'exposition sont spécifiées pour un même béton, il doit respecter toutes les exigences prévues pour chaque classe d'exposition.

Les spécifications concernent en particulier la nature et le dosage minimal en ciment, la valeur maximale du rapport eau/liant équivalent la classe de résistance du béton, la teneur maximale en chlorures ainsi que l'enrobage des armatures.

Nota : En France, la désignation des classes d'exposition doit être suivie du sigle (F) car leur définition a été adaptée au contexte climatique et géographique français.

Nota : Les actions dues à l'environnement correspondent à des actions physiques et chimiques auxquelles le béton est exposé, qui entraînent des effets sur le béton et les armatures et qui ne sont pas considérées comme des charges pour la conception de la structure.

À quoi servent les classes d'exposition

Les classes d'exposition permettent :

Au stade de la conception du projet

- de déterminer l'enrobage nécessaire pour assurer la durabilité « $c_{min,dur}$ » (NF EN 1992 section 4)
- de définir la valeur limite de l'ouverture maximale calculée des fissures (NF EN 1992 section 7)
- de déterminer la résistance minimale du béton de la partie d'ouvrage considérée (NF EN 1992 annexe E)

Au stade de l'étude, de la commande puis de la fabrication du béton

- Selon l'approche « prescriptive » de la norme NF EN 206/CN (tableaux NAF1 à NAF4), de déterminer les spécifications du béton et les limites dans la composition du béton et/ou des prescriptions dans le choix des matériaux
- Selon l'approche performantielle, de déterminer des indicateurs et des seuils à satisfaire pour assurer la durabilité du béton.

Tableau n° 1 : classes d'exposition des bétons selon la norme NF EN 206/CN

Classe d'exposition	Description de l'environnement	Béton concerné
X0	**Aucun risque de corrosion ou d'attaque**	**Béton non armé ou béton armé en environnement très sec**
XC	**Corrosion induite par carbonatation**	**Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées exposé à l'air et à l'humidité**
XC1	Sec ou humide en permanence	
XC2	Humide, rarement sec	
XC3	Humidité modérée	
XC4	Alternance d'humidité et de séchage	
XD	**Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine**	**Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage**
XD1	Humidité modérée	
XD2	Humide, rarement sec	
XD3	Alternance d'humidité et de séchage	
XS	**Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer**	**Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin**
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin mais pas en contact direct avec l'eau de mer	
XS2	Immergé en permanence	
XS3	Zone de marnage, zone soumise à des projections ou des embruns	
XF	**Attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage**	**Béton soumis à une attaque significative due à des cycles gel/dégel alors qu'il est mouillé**
XF1	Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage	
XF2	Saturation modérée en eau avec agent de déverglaçage	
XF3	Forte saturation en eau sans agent de déverglaçage	
XF4	Forte saturation en eau avec agent de déverglaçage	
XA	**Attaques chimiques**	**Béton exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface et / les eaux souterraines**
XA1	Environnement à faible agressivité chimique	
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée	
XA3	Environnement à forte agressivité chimique	

Nota : La classe « XO » concerne les bétons ne comportant aucun risque de corrosion, ni d'attaque. Cette classe ne peut concerner que les bétons non armés, ou faiblement armés avec un enrobage d'au moins 5 cm à condition qu'ils ne soient soumis ni au gel, ni à l'abrasion, ni à des attaques chimiques

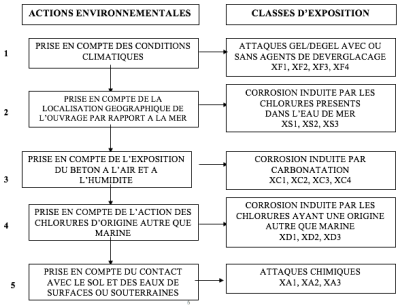
Détermination des classes d'exposition

La détermination rigoureuse des classes d'expositions auxquelles est soumis le béton de chaque partie d'ouvrage nécessite une analyse par étapes successives de l'ensemble des actions environnementales potentielles.

Cette démarche peut être décomposée en cinq étapes.

- Etape 1 : prise en compte des conditions climatiques,
- Etape 2 : prise en compte de la localisation géographique de l'ouvrage par rapport à la mer
- Etape 3 : prise en compte de l'exposition du béton à l'air et à l'humidité
- Etape 4 : prise en compte de l'action des chlorures d'origine autre que marine
- Etape 5 : prise en compte du contact avec le sol et des eaux de surface ou souterraines.

Synoptique pour la détermination des classes d'exposition



Chaque béton d'une partie d'ouvrage peut être soumis pendant sa durée d'utilisation à plusieurs actions environnementales.

Il convient donc, pour chaque partie d'ouvrage ayant une cohérence constructive de déterminer la combinaison des classes d'exposition pour prendre en compte avec précision l'ensemble des actions environnementales auxquelles est soumis chaque béton.

À lire aussi

Classes d'exposition en génie civil et norme NF EN 206+A2/CN (2022)

Chaque partie d'ouvrage est exposée à divers environnements traduits par des classes d'exposition définies dans l'article 4.1 (classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement) de...

Valeurs limites pour la composition et les propriétés du béton

La norme EN 206 fixe dans une annexe informative les valeurs limites spécifiées applicables pour la composition et les propriétés du béton.

La norme NF EN 206/CN complète ces dispositions par des valeurs limites applicables en France et rend celles-ci normatives dans quatre tableaux (NA.F.1 à NA.F.4).

La durabilité du béton aux diverses conditions environnementales auxquelles il est soumis pendant la durée d'utilisation prévue de la structure impose pour chaque classe d'exposition le respect d'exigences, en particulier sur la composition et les caractéristiques du béton.

Les exigences relatives à chaque classe d'exposition doivent être spécifiées en termes de :

- rapport maximal $eau_{efficace}$ / $liant_{équivalent}$
- dosage minimal en liant équivalent
- classe de résistance minimale à la compression du béton
- teneur minimale en air dans le béton (le cas échéant)
- type et classe de constituants permis
- rapport A/A+C (notion de liant équivalent)

Le béton doit respecter toutes les valeurs limites applicables pour la composition et les propriétés du béton pour chaque classe d'exposition et donc la sélection des plus sévères exigences et spécifications.

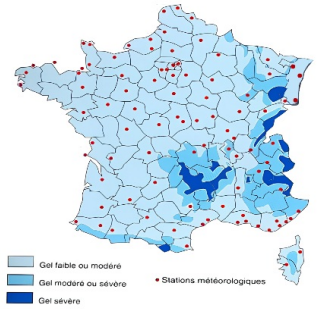
Attaques gel / dégel avec ou sans agent de déverglaçage

La norme NF EN 206/CN définit 4 classes d'exposition (XF1, XF2, XF3 et XF4) pour les bétons soumis à une attaque des cycles gel/dégel avec ou sans agents de déverglaçage.

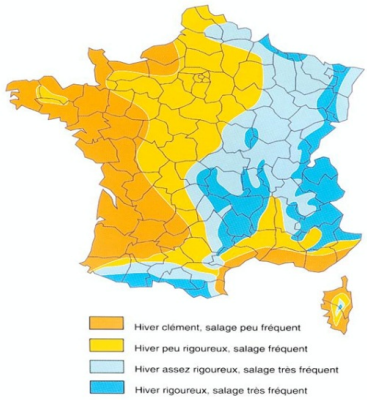
1. XF1 : gel faible ou modéré sans agent de déverglaçage
2. XF2 : gel faible ou modéré avec agent de déverglaçage
3. XF 3 : gel sévère sans agent de déverglaçage
4. XF4 : gel sévère avec agent de déverglaçage

Carte de gel

Note : cette carte des zones de gel/dégel en France a été établie suivant un classement en trois catégories (gel faible, gel modéré, gel sévère) à partir de données statistiques de stations météorologiques de Météo France couvrant le territoire national.



Carte de salage



Précisions de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 2

- salage « peu fréquent » : n < 10 (n étant la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années)
- Salage « fréquent »: 10 ≤ n < 30
- Salage « très fréquent » n ≥ 30

Pour les ouvrages d'art :

- zones « exposées » ou « très exposées » : parties situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) de la chaussée salée (selon fréquence de salage).
- Éléments « très exposés » : corniches, longrines d'ancrage des dispositifs de retenue, solins des joints de dilatation

Nota : la sévérité des exigences à respecter est croissante de XF1 à XF4

Nota : Selon les parties d'ouvrage c'est le salage de la voie franchie et/ou celui de la voie portée qui est à considérer.

Précisions de la norme NF EN 206/CN : article NA. 4.1.6.

En France, le choix de la classe d'exposition au gel-dégel est déterminé par rapport à l'intensité de gel et la fréquence de salage et non par l'état de saturation du béton (voir carte de gel et de salage).

Sauf spécification particulière notamment fondée sur l'état de saturation en eau du béton (par exemple surface horizontale ou non), les classes d'exposition **XF1**, **XF2, XF3** et **XF4** sont indiquées dans la carte donnant les zones de gel et dans le Tableau NA.1.

Nota : Les classes XF2 et XF4 couvrent les risques de corrosion liées aux chlorures véhiculés par les sels de déverglaçage (Il n'y a pas de besoin de recourir à des classes XD).

SALAGE GEL	AUCUN	PEU FRÉQUENT	FRÉQUENT	TRÈS FRÉQUENT
FAIBLE OU MODÉRÉ	XF1	XF1	XF2	XF2
SÉVÈRE	XF3	XF3	XF4	XF4

TABLEAU NA.1

A défaut de spécifications particulières, on se référera au classement de la carte de gel et du Tableau NA.1 complété par le fascicule de documentation FDP 18-326 .

Pour les classes XF2, XF3, XF4, l'utilisation des essais de performances (XP P 18-424 ou XP P 18-425) et le respect des seuils associés peuvent se substituer aux obligations concernant la teneur en air.

Les bétons soumis à la classe d'exposition XF2 peuvent être formulés de deux façons :

- Avec une teneur en air occlus égale ou supérieure à 4%
- Avec une teneur en air occlus inférieur à 4%, et les spécifications correspondent à la classe d'exposition XD3

Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer

Les classes XS1 à XS3 sont relatives à la corrosion des armatures induite par les chlorures présents dans l'eau de mer.

Elles concernent donc les bétons contenant des armatures soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin.

Tous les ouvrages situés à proximité des côtes ou les structures marines sont donc concernées par ce type d'actions environnementales.

Classe d'exposition	Description de l'environnement	Exemples informatifs
XS1	Exposés à l'air véhiculant du sol marin, mais pas en contact directement avec l'eau de mer	Structures sur ou à proximité d'une côte
XS2	Immergée en permanence	Éléments de structures marines
XS3	Zone de marnage Zone soumise à des projections ou à des embruns	Éléments de structures marines

Nota : La sévérité des exigences est croissante de XS1 à XS3

Précisions de la norme NF EN 206/CN : article NA.4.1.5

Pour les ouvrages en **béton armé** ou précontraint et en l'absence de spécifications particulières, sont à classer :

- en **XS1 :** les éléments de structures, non en contact avec l'eau de mer et non exposés aux embruns mais directement exposés à l'air salin (ce sont des éléments situés à moins de 1 km de la côte)
- en **XS2** : les éléments de structures marines immergés en permanence
- en **XS3** : les éléments de structures marines en zone de marnage et/ou exposés aux embruns (ce sont en général ceux situés à moins de 100 m de la côte)

Les éléments en béton non armé situés, en zone de marnage et/ou exposés aux embruns (ce sont en général ceux situés à moins de 100 m de la côte) sont à classer en XA1 pour prendre en compte l'agressivité chimique de l'eau de mer.

Nota : en cas de conditions particulières (telles que la topographie), les distances précitées pourront être portées à 5 km pour la classe XS1 et à 500 m pour la classe XS3.

Corrosion induite par carbonatation

La carbonatation du béton est **prise** en compte par les classes d'exposition XC1 à XC4 **corrosion induite par carbonatation**.

Les classes XC1 à XC4 prennent en compte l'exposition du béton à l'air et à l'humidité en distinguant le degré d'humidité de l'environnement et l'alternance d'humidité et de séchage.

Nota : La vitesse de carbonatation est :

- faible si l'environnement est toujours sec ou toujours humide (classes XC1 et XC2)
- forte s'il y a alternance d'humidité et de séchage (classes XC3 et XC4)

Classe d'exposition	Description de l'environnement	Exemples informatifs pour les ouvrages en site maritime
XC1	Sec ou humide en permanence	• Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	• Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau • Fondations
XC3	Humidité modérée	• Béton extérieur abrité de la pluie
XC4	Alternance d'humidité et de séchage	• Surfaces soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2 • Béton extérieur exposé à la pluie

La sévérité des exigences est croissante de XC1 à XC4

Précisions de la norme NF EN 206/CN : article na.4.1.3

En l'absence de spécifications particulières, sont à classer :

- En **XC1** : les parties de bâtiments à l'abri de la pluie, à l'exception des parties classées en XC3 (1) C'est le cas notamment de certaines parties d'ouvrages industriels, de buanderies, de papeteries, de locaux de piscine
- En **XC2** : les parties de bâtiments au contact de l'eau à long terme : c'est le cas notamment des fondations en zone humide, des réservoirs, des bassins de piscines, etc.
- En **XC3** : les parties de bâtiments à l'abri de la pluie mais non closes, ou exposées à des condensations importantes à la fois par leur fréquence et leur durée
- En **XC4** : les parties aériennes d'ouvrages d'art et les parties extérieures des bâtiments non protégées de la pluie, comme par exemple les façades, les pignons et les parties saillantes à l'extérieur (2), y compris les retours de ces parties concernées par les cheminements et/ou rejaillissements d'eau.

(2) Une peinture ou un simple **enduit** ne constitue pas une protection suffisante. Seuls peuvent être pris en compte les revêtements adhérents justifiés vis-à-vis de la pénétration des agents agressifs pendant la durée d'utilisation de projet

Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine

Lorsque le béton contenant des armatures est soumis au contact d'une eau contenant des chlorures (d'origine autre que marine, par exemple des eaux industrielles) ou des sels de déverglaçage), il fait l'objet des classes d'exposition XD1 à XD3, corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine, en fonction du type d'humidité.

Nota : La sévérité des exigences est croissante de XD1 à XD3

Precisions de la norme NF EN 206/CN : article na. 4.1.4

En l'absence de spécifications particulières, sont à classer :

- en **XD1** : Les surfaces modérément humides exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
- en **XD2** : les piscines ou les parties exposées aux eaux industrielles et contenant des chlorures
- en **XD3** : 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. C'est le cas notamment des parties supérieures des dalles et rampes de parcs de stationnements de véhicules ne comportant pas de revêtement pouvant assurer la protection du béton pendant la durée de vie du projet.

Les classes **XF2** et **XF4** couvrent les risques de corrosion liés aux chlorures véhiculés par les sels de déverglaçage et il n'est donc pas nécessaire de leur combiner les classes XD pour s'en prémunir.

Attaques chimiques

Lorsque le béton est au contact d'un sol naturel, des eaux de surfaces ou des eaux souterraines, il peut faire l'objet, selon le niveau d'agressivité du sol et des eaux, à l'une des classes : XA1, XA2 et XA3 correspondant respectivement à des environnements à faible, modérée ou forte agressivité chimique.

- XA1 Environnement à faible agressivité chimique
- XA2 Environnement d'agressivité chimique modérée
- XA3 Environnement à forte agressivité chimique

Le tableau 2 de la norme NF EN 206/CN définit les valeurs limites correspondant aux attaques chimiques des sols naturels (SO_4^{2-}, acidité) et des eaux de surfaces et souterraines (SO_4^{2-}, pH, CO_2, NH_4^+, Mg^{2+}).

Ce tableau permet de déterminer la classe d'exposition en fonction des caractéristiques chimiques correspondant à l'agressivité la plus élevée.

Lorsqu'au moins deux caractéristiques agressives correspondent à une même classe, l'environnement doit être classé dans la classe immédiatement supérieure, sauf si une étude spécifique démontre que ce n'est pas nécessaire dans ce cas.

Le Fascicule de Documentation FD P 18-011 (bétons classification des environnements agressifs) fournit des recommandations complémentaires des exigences de la norme NF EN 201/CN, pour les bétons soumis aux environnements chimiques agressifs.

Nota : La sévérité des exigences est croissante de XA1 à XA3

Une analyse chimique détaillée doit être fournie par le maître d'ouvrage (sol et eau, le cas échéant incidences de l'exploitation)

Nota : Il s'agit principalement d'agressions chimiques vis-à-vis du béton, indépendamment de leur agressivité ou non vis-à-vis des armatures

Nota : Les réactions chimiques internes ne sont pas traitées par cette classe, mais font appel aux méthodologies nationales :

- Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction, LCPC 1994
- Recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne, LCPC 2007
- Fascicule FD P 18-011 pour le choix du type de liant.

Bétons : définitions et classification des environnements chimiquement

Agressifs : Recommandations pour la formulation des bétons

NOTE : Pour les environnements agressifs dans les milieux industriels, une étude spécifique est nécessaire pour déterminer l'exposition du béton.

NOTE : La seule imposition d'une classe XA ne permet pas de déterminer l'enrobage conformément à la norme NF EN 1992-1-1 et NF EN 1992-2/NA. Il convient de préciser les classes d'exposition retenues vis-à-vis des risques de corrosion des armatures.

Incidence de la classe d'exposition sur les seuils d'ouverture des fissures

Aux états limites de service, les seuils d'ouverture des fissures sont fonction de la classe d'exposition.

Classe d'exposition	Eléments en béton armé et éléments en béton précontraint à armatures non adhérentes	Eléments en béton précontraint avec armatures adhérentes
	Combinaison quasi-permanente des charges	Combinaison fréquente des charges
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3	0,2	décompression

Extrait du tableau 7.1 NF de la norme NF EN 1992-1-1: valeurs recommandées de W_{max} (mm) ouverture des fissures en fonction de la classe d'exposition

À lire aussi

Choix des classes d'exposition pour travaux maritimes

Les textes normatifs relatifs au béton prennent en compte la durabilité en s'appuyant sur la notion de classe d'exposition. Ils imposent au prescripteur de définir les actions dues à l'environnement...

Auteur

Patrick Guiraud

Retrouvez toutes nos publications sur les ciments et bétons sur infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet

Article imprimé le 26/11/2026 © infociments.fr