



Direction territoriale Ile-de-France

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

LES CLASSES D'EXPOSITION



Patrick Guiraud

23 Octobre 2014



Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

Les nouveaux textes normatifs relatifs au béton prennent en compte la **DURABILITE** en s'appuyant sur la notion de **CLASSE D'EXPOSITION**.

Ces classes traduisent les **ACTIONS DUES A L'ENVIRONNEMENT**^(*) auxquelles le béton de l'ouvrage ou de chaque **PARTIE D'OUVRAGE**, et les armatures vont être exposés pendant la **DUREE D'UTILISATION** de la structure.

Les classes d'exposition permettent ainsi **d'optimiser la formulation** et les performances des bétons ainsi que **la conception des ouvrages** en vue de leur durabilité.

Prescrire un béton durable nécessite 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.

^(*) 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 pour chaque partie d'ouvrage les classes d'exposition à prendre en compte.

En fonction de l'environnement auquel seront exposées les différentes parties de l'ouvrage et en application de l'Eurocode 2, de la norme NF EN 206-1/CN et du fascicule 65 du CCTG (pour les ouvrages de Génie Civil).

Chaque partie d'ouvrage peut être soumise simultanément à plusieurs agressions et attaques. Il convient donc, pour chaque partie d'ouvrage, de déterminer l'ensemble des classes d'exposition à considérer.

RESPONSABILITE DU MAITRE D'OUVRAGE

2/2

Le maître d'ouvrage doit donc préciser :

- Les **classes d'exposition** de chaque partie d'ouvrage
- La **durée d'utilisation de projet** (100 ans pour les ponts)
- Le **niveau de prévention vis-à-vis de l'alcali-réaction** et les classes d'exposition associées
- La classe d'exposition (XH1, XH2 ou XH3), la catégorie d'ouvrage (I, II ou III) et le **niveau de prévention (As à Ds) vis-à-vis de la RSI**
- La classe d'abrasion (XM1, XM2 ou XM3) le cas échéant...

Le maître d'ouvrage (conseillé par le maître d'œuvre) doit connaître et prévoir les conditions d'exploitation et l'environnement de son ouvrage : salage, entretien et dispositions protectrices ... pendant toute la durée d'utilisation de l'ouvrage.

A QUOI SERVENT LES CLASSES D'EXPOSITION

➤ **Au stade de la conception du projet**

- Détermination de l'enrobage nécessaire pour assurer la durabilité « $c_{\min, \text{dur}}$ »
(NF EN 1992 section 4)
- Définition de la valeur limite de l'ouverture maximale calculée des fissures
(NF EN 1992 section 7)
- Détermination de 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 206-1/CN (tableaux NA F),
détermination de limites dans la composition du béton et/ou prescriptions dans le choix des matériaux
- Selon l'approche performantielle, détermination d'indicateurs et de seuils à satisfaire

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

▪ Les normes NF EN 206-1/CN et NF EN 1992-1-1 définissent **SIX catégories de CLASSES D'EXPOSITION**, en fonction des **ACTIONS** dues à l'**ENVIRONNEMENT** (*):

- ✓ **XO** : aucun risque de corrosion ni d'attaque,
- ✓ **XC**: corrosion induite par carbonatation,
- ✓ **XD**: corrosion induite par les chlorures, ayant une origine autre que marine,
- ✓ **XS** : corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer,
- ✓ **XF** : attaques gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage,
- ✓ **XA** : attaques chimiques.

Les normes décrivent, pour chaque classe d'exposition, le type de béton concerné, l'environnement et donne à titre informatif des exemples d'ouvrages ou de parties d'ouvrages.

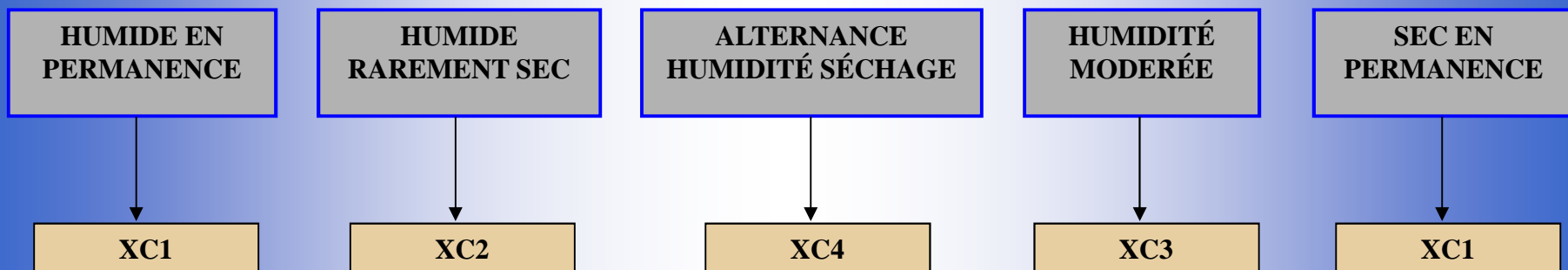
Nota : La norme NF EN 206-1/CN a complété les informations pour les classes d'exposition XF : précisions sur les fréquences de salage et les niveaux de gel

(*) risques de corrosion et attaques

CORROSION INDUITE PAR CARBONATATION : XC

La carbonatation du béton est prise en compte par la classe d'exposition **XC 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.



CORROSION INDUITE PAR CARBONATATION : XC

Sévérité croissante de XC1 à XC4

❖ **Critères** : humidité environnante moyenne (carbonatation faible si HR < 50% ou en cas de saturation permanente, maximale pour HR > 70 %) et présence d'eau

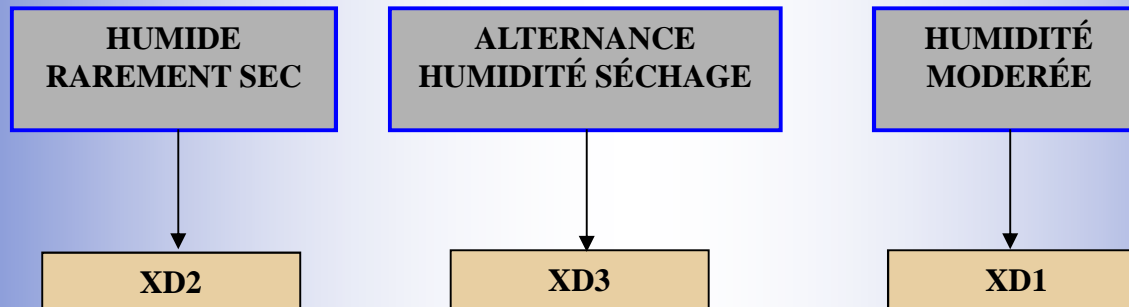
Effet aggravant des cycles d'humidification / séchage des intempéries (et, pour les bâtiments, des condensations importantes en fréquence et en durée)

❖ Précisions de l'AN de l'EC2 sont à classer :

- XC4 les parties aériennes des ouvrages d'art
- XC3 les surfaces des hourdis protégées par une étanchéité
- XC2 au moins, pour les fondations
- XC3 pour les parties des bâtiments à l'abri de la pluie exposées à des condensations importantes

CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES AYANT UNE ORIGINE AUTRE QUE MARINE : XD

Cette classe concerne les bétons soumis au contact d'une eau contenant des **chlorures** (d'origine autre que marine) ou **des sels de déverglaçage**.



CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES AYANT UNE ORIGINE MARINE : XD

Sévérité croissante de XD1 à XD3

❖ **Critères** : concomitance des chlorures et de l'eau, cycles d'immersion / séchage favorisant la pénétration des ions, concentration en chlorures des eaux environnantes.

Critères associés pour les sels de déverglaçage à la fréquence du salage, à la proximité de la chaussée salée et au risque de projections ou de ruissellements.

Nota : Le critère géographique (carte de salage Sétra) n'est pas seul suffisant.

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 l'AN de l'EC2 et différents documents

▪ Salage « peu fréquent » : $n < 10$ (n étant la moyenne annuelle du nombre de jours de salage estimée sur les 10 dernières années)

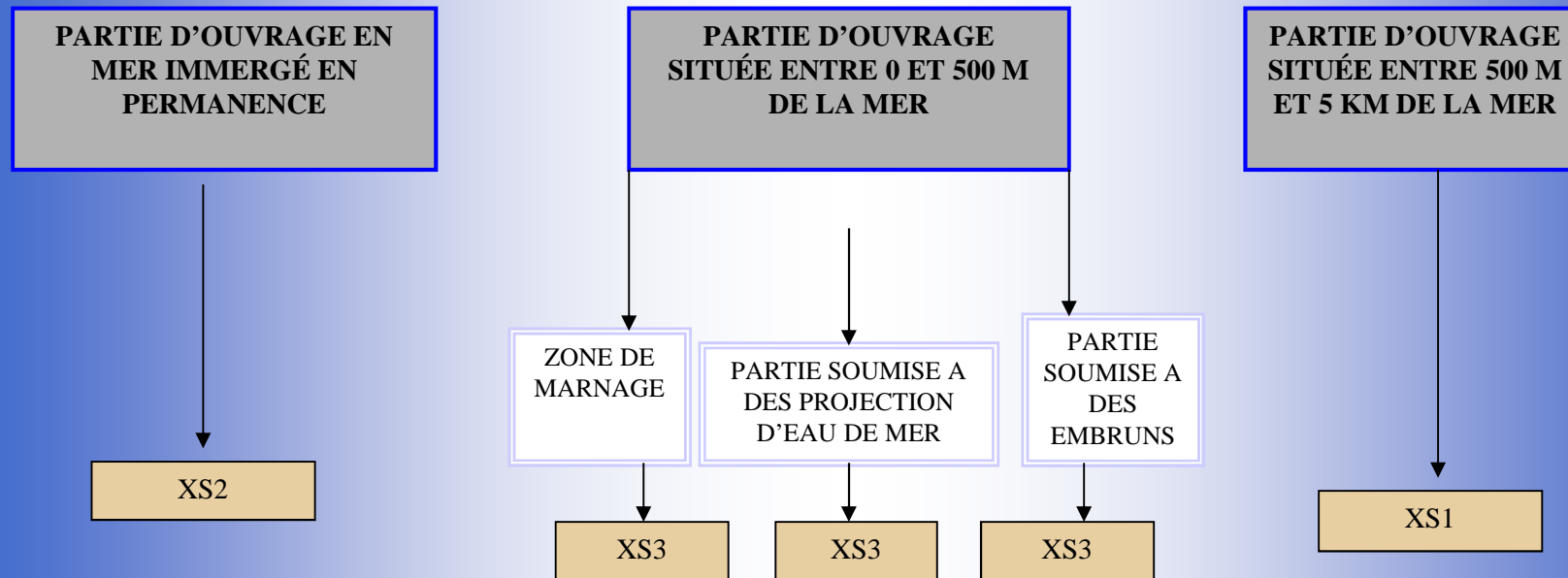
Salage « fréquent » : $10 \leq n < 30$ Salage « très fréquent » : $n \geq 30$

▪ Zones « exposées » ou « très exposées » : parties situées à moins de 6 m (horizontalement ou verticalement) de la chaussée salée (selon fréquence de salage).

▪ Eléments « très exposés » : corniches, longrines d'ancrage des dispositifs de retenue, solins des joints de dilatation.

CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES PRESENTS DANS L'EAU DE MER : XS

La classe XS concerne les bétons soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin.



CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES PRÉSENTS DANS L'EAU DE MER : XS

Sévérité croissante de XS1 à XS3

❖ **Critères** : concomitance des chlorures et de l'eau, et cycles d'immersion / séchage favorisant la pénétration des ions.

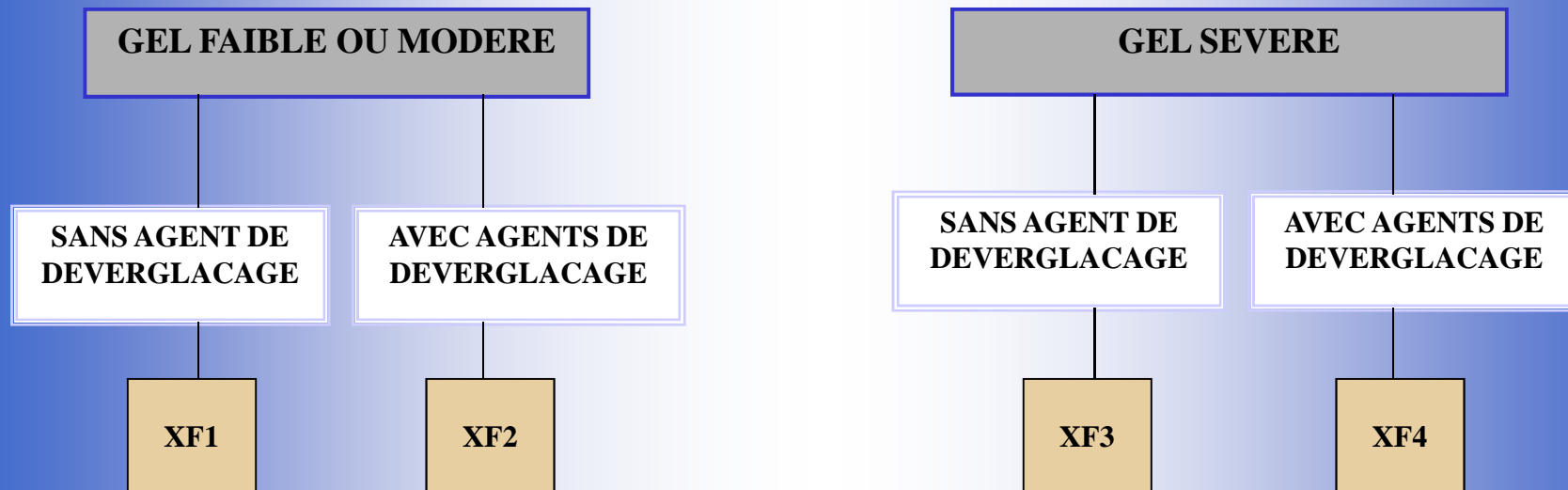
Critères associés à la **distance à la côte**, à la permanence ou non de l'immersion, à l'exposition aux embruns et à l'air véhiculant du sel marin, avec une latitude interprétative par rapport au seul critère de distance.

Nota : La classe XS est également utilisée pour décrire le risque de dégradation chimique du béton par l'eau de mer (FD P 18-011).

Précisions de l'AN de l'EC2 : sont à classer en

- XS3... les éléments de structure 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
- XS1... 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
- XS2 : immergé en permanence

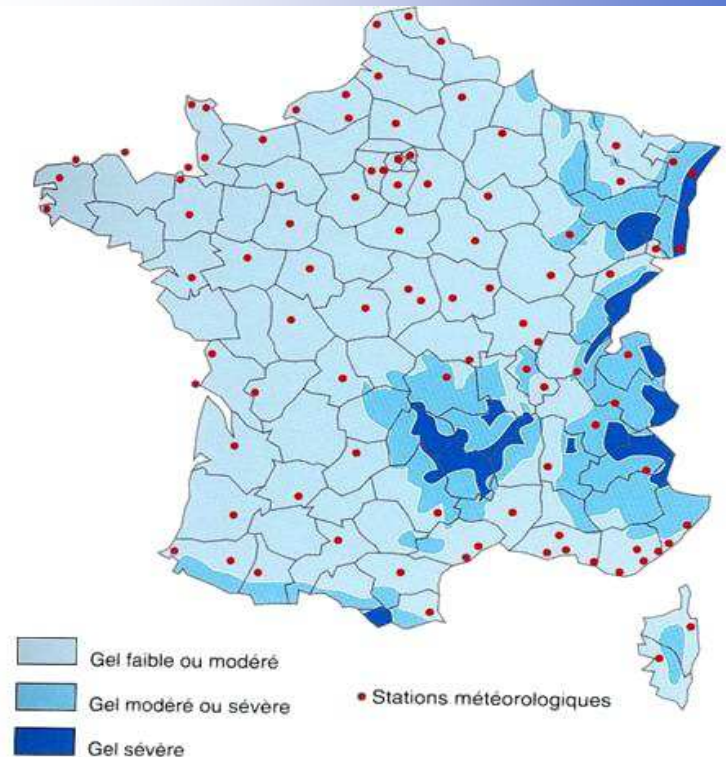
ATTAQUES GEL/DEGEL AVEC OU SANS AGENT DE DEVERGLAÇAGE : XF



NIVEAUX DE GEL

Carte de gel

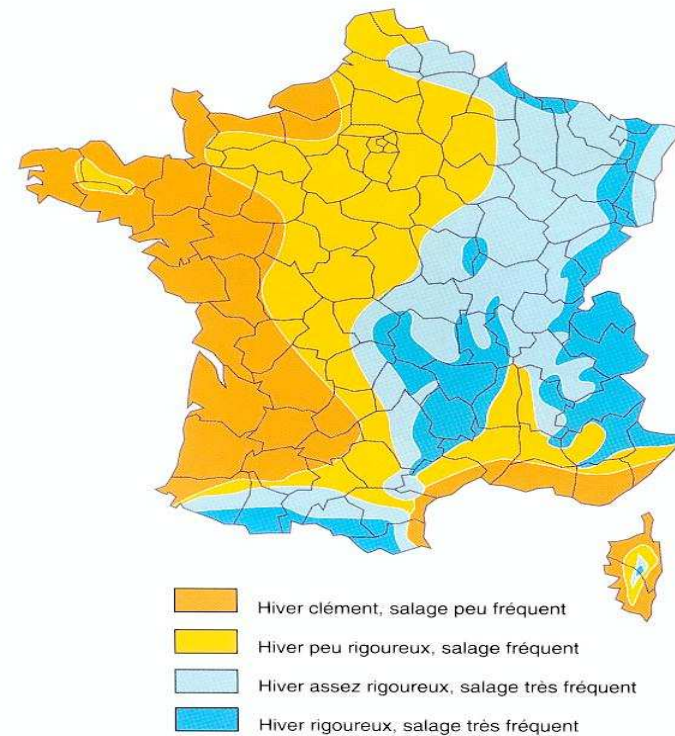
- Gel faible ou modéré
- Gel modéré ou sévère
- Gel sévère



NIVEAUX DE SALAGE

Carte de salage

- H1 : salage peu fréquent
- H2 : salage fréquent
- H3 et H4 : salage très fréquent



ATTAQUE GEL / DÉGEL AVEC OU SANS SELS DE DEVERGLAÇAGE: XF

Sévérité croissante de XF1 à XF4

❖ **Critères** : nombre de cycles et niveau des températures froides atteintes (profondeur de béton concernée par le gel)

effet aggravant des stagnations d'eau (surfaces horizontales)

Critères associés à la moyenne annuel du nombre de jours de gel (carte) et aux effets du salage, avec une prise en compte secondaire de l'orientation des surfaces concernées.

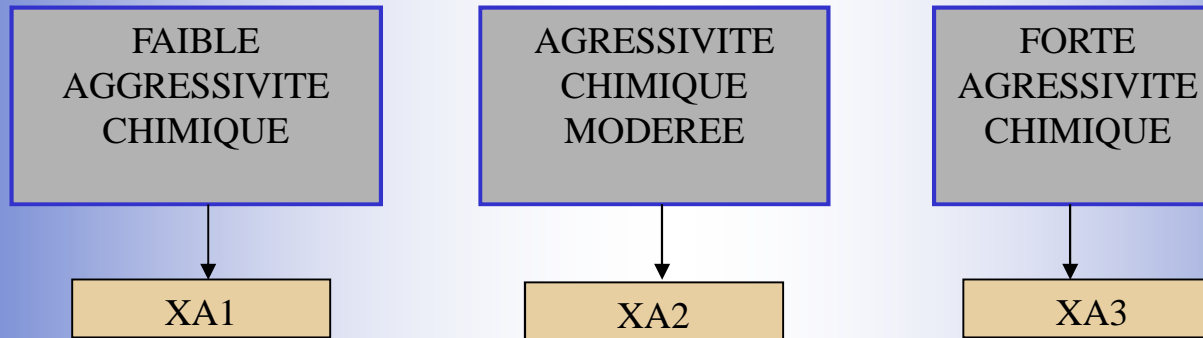
Nota : A cause de l'interaction avec le salage le critère géographique (carte de salage Sétra) n'est pas seul suffisant. Selon les parties d'ouvrage c'est le salage de la voie franchie et/ou celui de la voie portée qui est à considérer.

❖ Précisions de l'AN de l'EC2 et différents documents

Carte du nombre de jours de gel (faible / modéré / sévère), par canton et en fonction de l'altitude

- gel faible ou modéré, salage peu fréquent : XF1
- gel faible ou modéré, salage fréquent : XF1 à XF2
- gel faible ou modéré, salage très fréquent : XF1 à XF4 selon exposition aux sels
- gel sévère, salage peu fréquent : XF3
- gel sévère, salage fréquent ou très fréquent : XF3 à XF4 selon exposition aux sels

ATTAQUES CHIMIQUES : XA



Le tableau 2 de la norme NF EN 206-1/CN définit les valeurs limites correspondant aux attaques chimiques des sols naturels (SO_4^{2-} , acidité) et des eaux de surface ou souterraines (SO_4^{2-} , pH, CO_2 , NH_4^+ , Mg^{2+}).

ATTAQUE CHIMIQUE : XA

Sévérité croissante de XA1 à XA3

❖ **Critères** : concentration en ions agressifs (sulfates, nitrates), pH, risque de condensation d'eaux pures et lixiviation

Critères requérant une analyse chimique détaillée à fournir 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

❖ Précisions de l'AN de l'EC2 et différents documents (FD P 18-011)

Approche prescriptive sur la composition du liant donnée dans la norme NF EN 206-1

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.

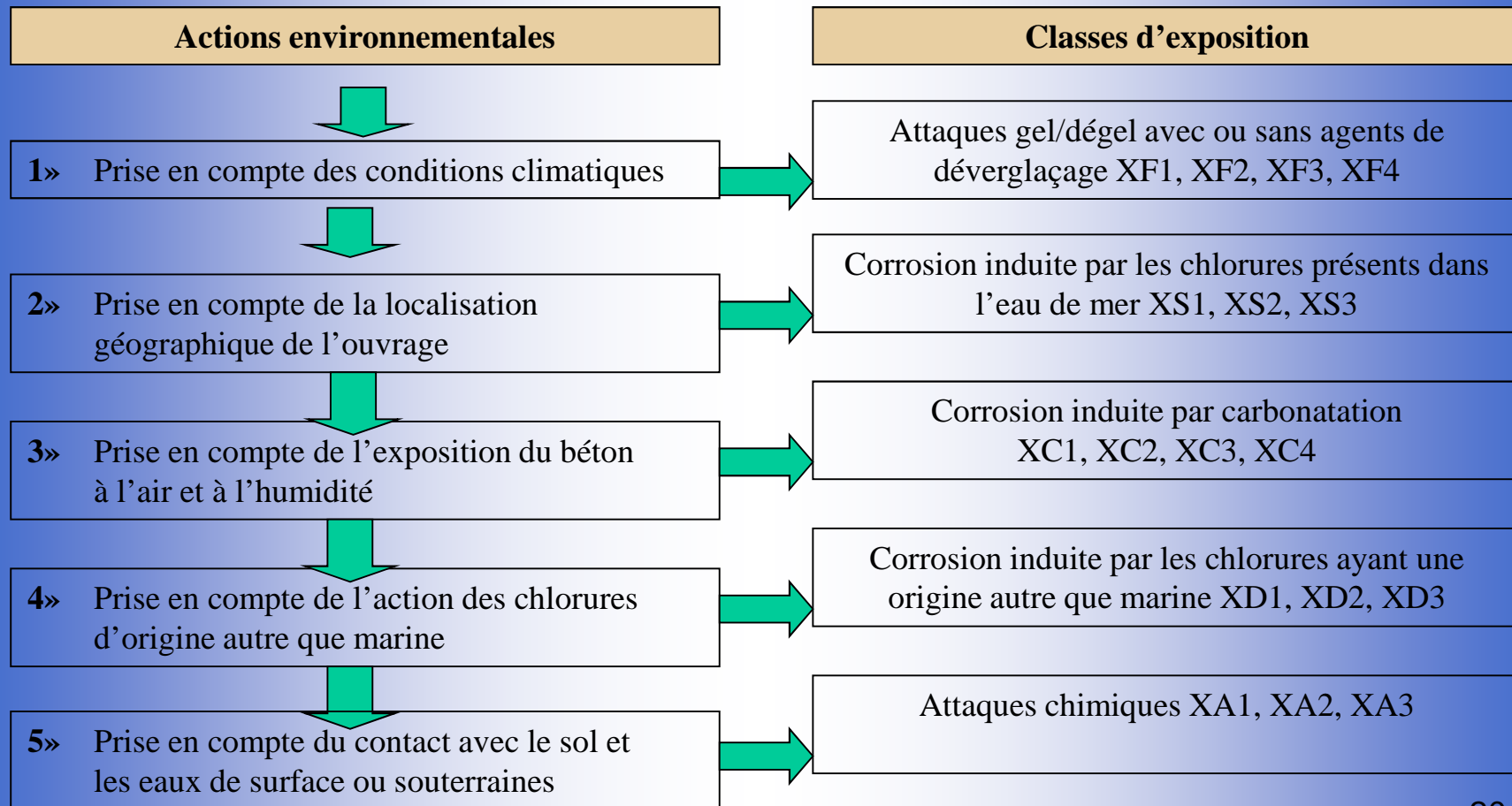
COMBINAISON DES CLASSES D'EXPOSITION

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 de déterminer la **COMBINAISON des CLASSES D'EXPOSITION** pour prendre en compte avec précision l'ensemble des actions environnementales auxquelles est soumis le béton.

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 **SELECTION DES PLUS SEVERES EXIGENCES ET SPECIFICATIONS**.

SYNOPTIQUE POUR LA DETERMINATION DES CLASSES D'EXPOSITION



EXIGENCES LIÉES AUX CLASSES D'EXPOSITION selon la norme NF EN 206-1/CN

LES EXIGENCES RELATIVES A CHAQUE CLASSE D'EXPOSITION DOIVENT ETRE SPÉCIFIÉES EN TERMES DE :

- **RAPPORT MAXIMAL $\text{EAU}_{\text{efficace}} / \text{LIANT}_{\text{équivalent}}$,**
- **DOSAGE MINIMAL EN LIANT EQUIVALENT,**
- **CLASSE DE RÉSISTANCE MINIMALE A LA COMPRESSION DU BÉTON,**
- **TYPE et CLASSE de CONSTITUANTS PERMIS,**
- **TENEUR MINIMALE EN AIR DANS LE BÉTON.**

CONSEILS ET COMMENTAIRES

- **Eviter de surclasser** : risque d'exigences impossibles à satisfaire simultanément
- Pour les classes sévères, le respect d'une durée d'utilisation de projet de 100 ans demande à la fois un enrobage important et un béton performant.
- Les classes indiquées ne tiennent pas compte des défauts d'entretien de l'ouvrage et de ses équipements. Ainsi l'évacuation des eaux doit être bien conçue et entretenue durant toute la durée d'utilisation de l'ouvrage, et le défaut d'entretien ne doit pas être pris en compte à la conception, en surclassant le niveau d'agressivité de l'environnement.

Conserver l'ensemble des classes correspondant aux différents risques de corrosion et d'attaques

- La conséquence de chaque classe diffère en sévérité selon que l'on considère les armatures / l'enrobage ou la composition du béton (**pas de « classe enveloppe »**)
- Pour utiliser une approche performantielle dans des cas complexes et/ou sévères, il est nécessaire de conserver l'ensemble de l'analyse « multi-critères »

L'application du nouveau contexte normatif conduit à poser en amont les questions associées à la durabilité attendue.

Il faut anticiper les conditions d'environnement et d'exploitation de l'ouvrage, ce qui peut entraîner des itérations et la recherche du meilleur compromis entre alternatives.

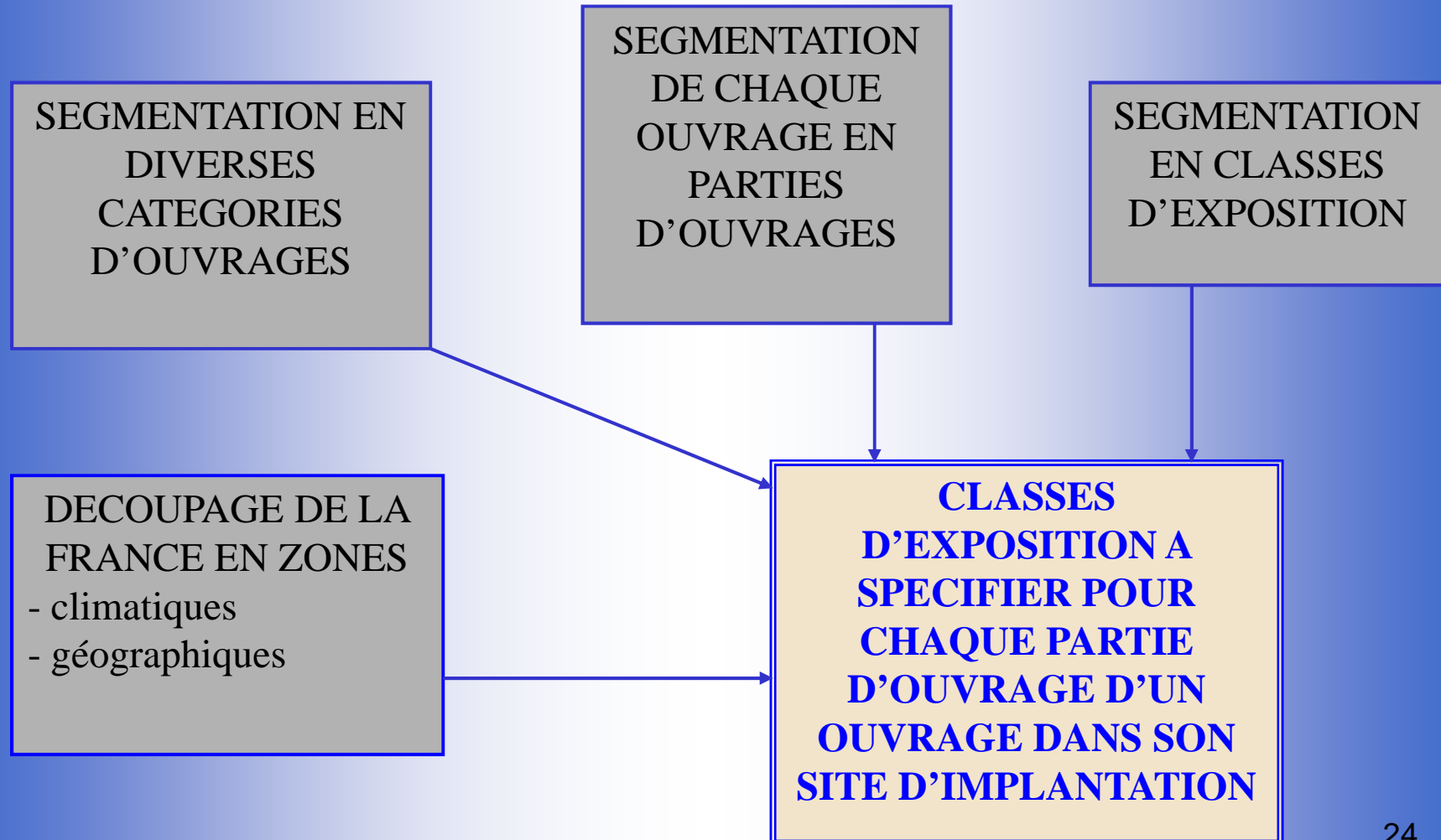
Cette démarche contribue à une prise de conscience des enjeux patrimoniaux et financiers (coût global), et à une approche responsable de la construction.

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

Groupe de travail de l'**Ecole Française du Béton** pour mettre au point des guides destinés à faciliter le choix des classes d'exposition pour différentes catégories d'ouvrages.

- Pilotage : Henri Thonier – EGF-BTP
- Membres représentant
 - l'administration : LCPC / CETMEF/ CETU
 - les bureaux de contrôle : SOCOTEC/ APAVE
 - les fédérations professionnelles : FFB/ FNTP / EGF-BTP / UMGO
 - les entreprises :
 - les organismes techniques professionnels : CIMBETON / CERIB

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION



GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

DIVERSES CATEGORIES D'OUVRAGES

- ❖ OUVRAGES D'ART**
- ❖ OUVRAGES MARITIMES**
- ❖ OUVRAGES FLUVIAUX**
- ❖ OUVRAGES D'EQUIPEMENTS DE LA ROUTE ET CHAUSSEE**
- ❖ TUNNELS ROUTIERS**
- ❖ OUVRAGES DIVERS DE GENIE CIVIL**
- ❖ BATIMENTS**

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

DECOUPAGE DE LA FRANCE EN 4 ZONES GEOGRAPHIQUES

- ❖ **OUVRAGES EN MER ou à MOINS de 100 m DE LA CÔTE (FRONT DE MER)**
- ❖ **OUVRAGES SITUES à MOINS de 1000 m DE LA CÔTE (BORD DE MER)**
- ❖ **OUVRAGES A L'INTERIEUR DES TERRES EN ZONE DE GEL FAIBLE OU MODÉRÉ**
- ❖ **OUVRAGES A L'INTERIEUR DES TERRES EN ZONE DE GEL SÉVÈRE**

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

OUVRAGES D'ART : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

- ❖ **FONDATIONS** : pieux, barrettes, puits marocains, semelles, radiers...
- ❖ **APPUIS** : chevêtres sur pieux, chevêtres sur piles, culées, voûtes...
- ❖ **TABLIER** : poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres
- ❖ **ÉQUIPEMENTS et SUPERSTRUCTURES** : corniches, longrines d'ancrage, massifs d'ancrage...

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton
Approche performantielle et évolutions normatives

**EXEMPLE DE TABLEAU D'AIDE AU CHOIX DES CLASSES
D'EXPOSITION (GUIDES LCPC-EFB)**

**Tableau 2 – Ouvrages d'art 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*	
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>							
fondations de tous types entièrement immergées (rivière ou eau saumâtre ou marée)	XC1	XS2	-	-	-	-	selon analyse sol et eau
fondations de tous types en zone de marnage (rivière ou eau saumâtre ou marée)	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse sol et eau
fondations profondes enterrées hors eau	XC2	-	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	-	-	selon analyse sol et eau
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XC4	XS1	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	XC2	-	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	-	-	selon analyse sol et eau
<i>appuis (chevêtres sur pieux, piles, chevêtres sur piles, piédroits, culées y compris murs en retour...), parties d'ouvrages en contact avec le terrain, voûtes</i>							
parties immergées (rivière ou eau saumâtre ou marée)	XC1	XS2	-	-	-	-	selon analyse sol et eau
parties en zone de marnage (rivière ou eau saumâtre ou marée)	XC4	XS3	-	-	XF1	XF1	selon analyse sol et eau
parties enterrées	XC2	-	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	-	-	selon analyse sol et eau
parties à l'air libre	XC4	XS1	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	-
faces intérieures des piles ou culées creuses	XC3	-	-	-	XF1	XF1	-
dalles de transition	XC2	-	-	XD2	XF1	XF2	-
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>							
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	XC3	-	-	-	XF1	XF1	-
faces extérieures	XC4	XS1	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XF1	XF1 ou XF2 selon salage et distance de la voie franchie	-
faces intérieures des caissons	XC3	-	-	-	XF1	XF1	-
<i>équipements et superstructures</i>							
corniches	XC4	XS1	-	XD1 ou XD3 selon salage	XF1	XF2	-
solins de joints de dilatation	XC4	XS1	-	XD3	XF1	XF2	-
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XC4	XS1	-	XD3	XF1	XF2	-
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XC4	XS1	-	XD3	XF1	XF2	-
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XC4	XS1	-	XD3	XF1	XF2	-
corniches-caniveaux	XC4	XS1	-	XD3	XF1	XF2	-

* L'appréciation du salage se réfère le cas échéant à la voie franchie, sauf :

- pour les dalles de transition, solins de joints de dilatation, barrières de sécurité, longrines d'ancrage, massifs d'ancrage d'équipements et garde-corps en béton où on l'apprécie par rapport à la voie portée,
- pour les corniches et corniches caniveaux où on l'apprécie à la fois par rapport à la voie portée et à la voie franchie.

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 ».

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

OUVRAGES MARITIMES : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

❖ OUVRAGES PORTUAIRES ET DIGUES

- Parties communes à différents types d'ouvrages
- Quai sur pieux
- Duc d'Albe
- Quai caissons préfabriqués
- Quai blocs
- Ecluse
- Forme de radoub
- Digue
- Quai paroi moulée

❖ OUVRAGES CÔTIERS ET AUTRES OUVRAGES A LA MER

- Ouvrages de défense contre la mer et protection du littoral
- Ouvrages en mer : éoliennes, phares
- Structures flottantes, ouvrages off-shore
- Ouvrages de prise et rejet d'eau, émissaires

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

OUVRAGES FLUVIAUX : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

- ❖ GÉNIE CIVIL DE BARRAGE DE NAVIGATION
- ❖ ÉCLUSE
- ❖ GÉNIE CIVIL DE PONT CANAL ET PONT MOBILE
- ❖ TUNNEL FLUVIAL
- ❖ BARRAGE RÉSERVOIR
- ❖ SECTION COURANTE DE BERGE / DIGUE DE CANAL

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

**OUVRAGES D'ÉQUIPEMENTS DE LA ROUTE : DÉCOMPOSITION EN
PARTIES D'OUVRAGE**

- ❖ DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ
- ❖ CHAUSSÉES ET TROTTOIRS EN BÉTON
- ❖ OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT ROUTIER
- ❖ ÉCRANS ACOUSTIQUES

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

TUNNELS ROUTIERS : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

❖ **SOUTÈNEMENT ET REVÊTEMENT EN TUNNEL**

- Intrados
- Extradados
- Voussoirs préfabriqués

❖ **FONDATIONS ET RADIER**

❖ **PLATEFORME**

❖ **REVÊTEMENT EN GALERIES NON CIRCULÉES**

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

OUVRAGES DIVERS DE GÉNIE CIVIL : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

❖ FONDATIONS

- pieux
- micropieux
- parois moulées
- radiers

❖ SUPERSTRUCTURES :

- d'OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL,
- de MURS et d'OUVRAGES de SOUTÈNEMENT
- d'OUVRAGES HYDRAULIQUES,
- de PRODUCTION d'ÉNERGIE,
- de SILOS et de RÉSERVOIRS

GUIDES POUR LE CHOIX DES CLASSES D'EXPOSITION

BÂTIMENTS : DÉCOMPOSITION EN PARTIES D'OUVRAGE

- ❖ **SUPERSTRUCTURES** : locaux, murs extérieurs, balcons, toitures terrasse....
- ❖ **INFRASTRUCTURES** : vides sanitaires, sous-sol, longrine...
- ❖ **PARKING OUVERT**
- ❖ **PARKING ENTERRÉ OU FERMÉ**
- ❖ **PISCINE**

-OUVRAGE EN BÉTON COULÉ EN PLACE

-OUVRAGE CONSTITUÉ DE PRODUITS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

B É T O N

solutions

Guide pour le choix des classes d'exposition des ouvrages d'art en béton

>>> LES NOUVEAUX TEXTES NORMATIFS RELATIFS AUX OUVRAGES EN BÉTON PRENNENT EN COMPTE LA DURABILITÉ, EN S'APPUYANT SUR LA NOTION DE CLASSE D'EXPOSITION. CES CLASSES TRADUISENT LES ACTIONS DUES À L'ENVIRONNEMENT AUXQUELLES LE BÉTON ET LES ARMATURES DE L'OUVRAGE OU DE CHAQUE PARTIE D'OUVRAGE VONT ÊTRE EXPOSÉS PENDANT LA DURÉE DE SERVICE DE LA STRUCTURE. LES CLASSES D'EXPOSITION PERMETTENT AINSI D'OPTIMISER LA FORMULATION DES BÉTONS ET LA CONCEPTION DES OUVRAGES EN VUE DE LEUR DURABILITÉ.

SB-04.2010-1

CONSTRUCTION MODERNE / Annuel, Ouvrages d'Art 2010 - 15



→ En mer
ou à moins de 100 m de la côte

p.17



→ Littoral
à moins de 1 km de la côte

p.18



→ Gel faible
ou modéré

p.19



→ Gel sévère

p.20

B É T O N

solutions

Guide pour le choix des classes d'exposition des ouvrages divers de Génie Civil

>>> LES NOUVEAUX TEXTES NORMATIFS RELATIFS AUX OUVRAGES EN BÉTON PRENNENT EN COMPTE LA DURABILITÉ, EN S'APPUYANT SUR LA NOTION DE CLASSE D'EXPOSITION. CES CLASSES TRADUISENT LES ACTIONS DUES À L'ENVIRONNEMENT AUXQUELLES LE BÉTON ET LES ARMATURES DE L'OUVRAGE OU DE CHAQUE PARTIE D'OUVRAGE VONT ÊTRE EXPOSÉS PENDANT LA DURÉE DE SERVICE DE LA STRUCTURE. LES CLASSES D'EXPOSITION PERMETTENT AINSI D'OPTIMISER LA FORMULATION DES BÉTONS ET LA CONCEPTION DES OUVRAGES EN VUE DE LEUR DURABILITÉ.

SB-04.2010-4



→ En mer
ou à moins de 100 m de la côte

p.03



→ Littoral
à moins de 1 km de la côte

p.04



→ Gel faible
ou modéré

p.05



→ Gel sévère

p.06

CONSTRUCTION MODERNE • 1

BÉTON solutions

Guide pour le choix des classes d'exposition des ouvrages maritimes et fluviaux en béton

>>> LES NOUVEAUX TEXTES NORMATIFS RELATIFS AUX OUVRAGES EN BÉTON

PRENNENT EN COMPTE LA DURABILITÉ, EN S'APPUYANT SUR LA NOTION

DE CLASSE D'EXPOSITION. CES CLASSES TRADUISENT LES ACTIONS DUES

À L'ENVIRONNEMENT AUXQUELLES LE BÉTON ET LES ARMATURES DE L'OUVRAGE

OU DE CHAQUE PARTIE D'OUVRAGE VONT ÊTRE EXPOSÉS PENDANT LA DURÉE

DE SERVICE DE LA STRUCTURE.

LES CLASSES D'EXPOSITION PERMETTENT AINSI D'OPTIMISER LA FORMULATION

DES BÉTONS ET LA CONCEPTION DES OUVRAGES EN VUE DE LEUR DURABILITÉ.

18-04.2010-2



→ Ouvrages portuaires p.04



→ Ouvrages côtiers p.06



→ Ouvrages fluviaux p.07

CONSTRUCTION MODERNE • 1

BÉTON solutions

Guide pour le choix des classes d'exposition des tunnels routiers creusés

>>> LES NOUVEAUX TEXTES NORMATIFS RELATIFS AUX OUVRAGES EN BÉTON

PRENNENT EN COMPTE LA DURABILITÉ, EN S'APPUYANT SUR LA NOTION

DE CLASSE D'EXPOSITION. CES CLASSES TRADUISENT LES ACTIONS DUES

À L'ENVIRONNEMENT AUXQUELLES LE BÉTON ET LES ARMATURES DE L'OUVRAGE

OU DE CHAQUE PARTIE D'OUVRAGE VONT ÊTRE EXPOSÉS PENDANT LA DURÉE

DE SERVICE DE LA STRUCTURE.

LES CLASSES D'EXPOSITION PERMETTENT AINSI D'OPTIMISER LA FORMULATION

DES BÉTONS ET LA CONCEPTION DES OUVRAGES EN VUE DE LEUR DURABILITÉ.

18-04.2010-2



→ En mer
ou à moins de 100 m de la côte p.03



→ Littoral
À moins de 1 km de la côte p.04



→ Gel faible
ou modéré p.05



→ Gel sévère p.06

CONSTRUCTION MODERNE • 1



Direction territoriale Ile-de-France

Concevoir, construire et gérer des structures durables en béton

Approche performantielle et évolutions normatives

Merci de votre attention

