



DUREE D'UTILISATION DE PROJET

Patrick GUIRAUD, CIMbéton

DEFINITION

EUROCODE 0 : Norme NF EN 1990

Article 1.5.2.8 : Durée d'utilisation de projet

« Durée pendant laquelle une structure ou une de ses parties est censée pouvoir être utilisée comme prévu en faisant l'objet de la maintenance escomptée, mais sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des réparations majeures »

EXIGENCES DE L'EUROCODE

1/2

EUROCODE 0 : Norme NF EN 1990

Section 2 : EXIGENCES - Article 2.1 : Exigences de base

• 5 principes

1. Une structure doit être conçue et réalisée de sorte que, pendant sa **durée** de vie escomptée, avec des niveaux de fiabilité appropriés et de façon économique :
 - elle résiste à toutes les **actions** et **influences** susceptibles d'intervenir pendant son exécution et son utilisation;
 - elle reste adaptée à l'usage pour lequel elle a été conçue.
2. Une structure doit être conçue et dimensionnées pour avoir :
 - une résistance structurale,
 - une aptitude au service,
 - une **durabilité**.
3. En cas d'incendie, la résistance de la structure doit être de niveau approprié pendant la période de temps requise.

3

EXIGENCES DE L'EUROCODE

2/2

EUROCODE 0 : Norme NF EN 1990**Section 2 : EXIGENCES - Article 2.1 : Exigences de base****• 5 principes**

4. Une structure doit être conçue et réalisée de telle sorte qu'elle ne soit pas endommagée par des événements tels que :

- une explosion,
- un choc,
- les conséquences d'erreurs humaines ,

de façon disproportionnée par rapport à la cause initiale.

5. Les dommages potentiels doivent être évités ou limités par le choix approprié d'une ou plusieurs des mesures suivantes :

- en prévenant, éliminant ou réduisant les dangers potentiels auxquels la structure peut être soumise ;
- en choisissant un type de structure peu vulnérable aux dangers potentiels considérés;
- en choisissant un type de structure et un dimensionnement permettant de survivre de façon appropriée à la disparition accidentelle d'un élément individuel ;
- en évitant autant que possible les systèmes structuraux susceptibles de s'effondrer sans signe précurseur ;
- en solidarissant les différents éléments de la structure.

NOTIONS DE DURABILITE

EUROCODE 0 : Norme NF EN 1990

Article 2.4 : Durabilité

- La structure doit être projetée de sorte que sa détérioration pendant la **durée d'utilisation de projet** n'abaisse pas ses performances au-dessous de celles escomptées, compte tenu de l'environnement et du niveau de maintenance escompté.
- Les **conditions d'environnement** doivent être identifiées dès le stade du projet afin de déterminer leur effet sur la **durabilité** et de pouvoir prendre les dispositions permettant d'assurer la protection des matériaux utilisés dans la structure.

NOTIONS DE DURABILITE

EUROCODE 0 : Norme NF EN 1990

Article 2.4 : Durabilité

Afin d'assurer une **durée** adéquate de la structure, il convient de prendre en compte les facteurs suivants :

- l'utilisation prévue ou prévisible de la structure;
- les critères de dimensionnement requis ;
- les **influences escomptées de l'environnement** ;
- la composition, les propriétés et les performances des matériaux et des produits ;
- les propriétés du sol ;
- le choix du système structural ;
- la forme des éléments structuraux et les dispositions constructives ;
- la qualité de mise en œuvre et le niveau de contrôle;
- les mesures de protection spécifiques ;
- la maintenance escomptée pendant la **durée d'utilisation de projet.**

NOTIONS DE DURABILITE

EUROCODE 2 : Norme NF EN 1992-1-1

Section 4 : Durabilité et enrobage des armatures

- Une **structure durable** doit satisfaire aux exigences d'aptitude au service, de résistance et de stabilité pendant toute la **durée d'utilisation de projet**, sans perte significative de fonctionnalité ni maintenance imprévue excessive.
- La protection requise de la structure doit être établie en considérant l'utilisation prévue, la **durée d'utilisation de projet**, le programme de maintenance envisagé ainsi que les actions attendues.
- L'importance éventuelle des actions directes et indirectes, des **conditions d'environnement** et des effets qui en résultent doit être pris en considération
- Pour atteindre la **durée d'utilisation de projet** requise pour la structure, des dispositions appropriées doivent être prises afin de protéger chaque élément structural des **actions d'environnement** concernées.



NOTIONS DE DURABILITE

Les normes de conception des structures (Eurocodes) applicables depuis le 1^{er} avril 2010 en France explicitent :

- l'exigence de **durabilité** des ouvrages
- la nécessité de prendre en compte une **durée d'utilisation** de l'ouvrage dès sa conception.

La **durabilité** de l'ouvrage nécessite une conception adaptée, un choix approprié des composants, des matériaux et des dispositions constructives une qualité d'exécution, une utilisation de l'ouvrage conforme aux hypothèses du projet et des opérations de maintenance courantes et régulières pendant la **durée d'utilisation** de la structure.

NOTIONS DE DURABILITE

Un ouvrage doit satisfaire, avec un niveau constant, les besoins des utilisateurs au cours du temps et résister aux diverses agressions ou sollicitations (physiques, mécaniques, chimiques...) et aux charges auxquelles il est soumis, ainsi qu'aux actions induites par le vent, la pluie, le froid, la chaleur, le milieu ambiant... tout en conservant son esthétisme.

La durabilité d'un ouvrage caractérise sa capacité à conserver les fonctions d'usage pour lequel il a été conçu (fonctionnement structurel, sécurité, confort des usagers) et à maintenir son niveau de fiabilité et son aspect, dans son environnement avec des frais de maintenance et d'entretien aussi réduits que possible (mise en service d'une maintenance préventive).

La durabilité du maintien de ses fonctions doit être assortie d'une durée, temps minimal pour lequel l'ouvrage est conçu, qui est appelé **LA DURÉE D'UTILISATION DE PROJET**.

Nota: La durée d'utilisation de l'ouvrage est à distinguer d'une durée de vie réelle, estimée sur la base de retours d'expérience et fonction de la qualité de conception et d'exécution, de l'environnement de l'ouvrage et de sa stratégie d'entretien.

VALEURS DE DUREES D'UTILISATION DE PROJET

EUROCODE : Norme NF EN 1990-AN. Application de l'annexe A1

Le tableau 2.1 (NF) fournit les valeurs de la durée d'utilisation de projet modifiées par rapport à celles indiquées dans le tableau 2.1 de la norme européenne EN 1990:2002.

Tableau 2.1 (NF) : DURÉE INDICATIVE D'UTILISATION DE PROJET

<i>Catégorie de durée d'utilisation de projet</i>	<i>Durée indicative d'utilisation de projet : années</i>	<i>Exemples</i>
1	10	Structures provisoires
2	25 (10 à 25)	Éléments structuraux remplaçables
3	25 (10 à 25)	Structures agricoles et similaires
4	50	Bâtiments et autres structures courantes
5	100	Bâtiments monumentaux, ponts et autres ouvrages de génie civil.

La durée d'utilisation de projet doit être définie par le maître d'ouvrage



LES CLASSES D'EXPOSITION

Patrick GUIRAUD, CIMbéton

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

RESPONSABILITE DU MAITRE D'OUVRAGE

1/2

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 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**
- 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 (tableaux NAF-1 ou NAF-2), 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

■ Les normes NF EN 206-1 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 PRESENTS DANS L'EAU DE MER,
- ✓ **XF** : ATTAQUES GEL/DEGEL AVEC ou SANS AGENT DE DEVERGLAÇAGE,
- ✓ **XA** : ATTAQUES CHIMIQUES.

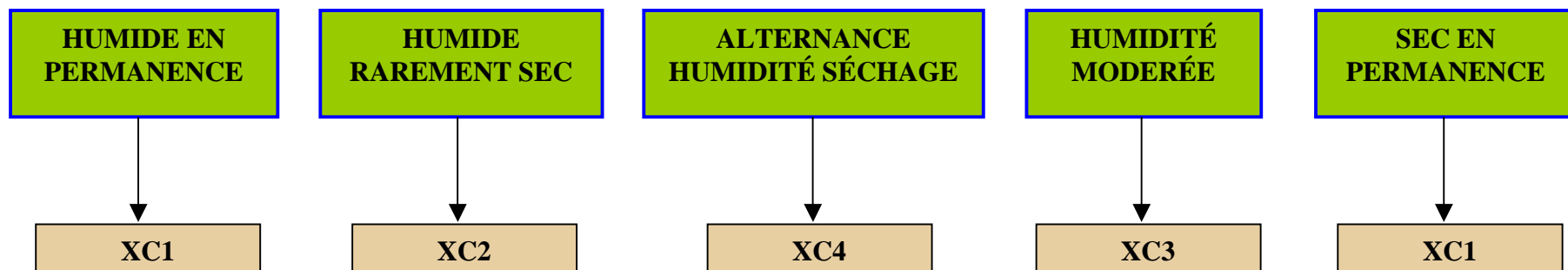
Les normes décrivent, pour chaque classe d'exposition, le type de béton concerné, l'environnement et donne à titre informatif des exemples d'ouvrages ou de parties d'ouvrages.

(*) 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

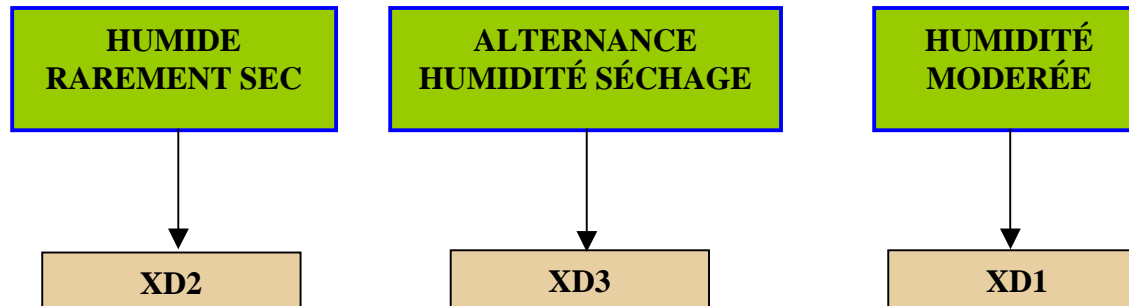
CORROSION INDUITE PAR CARBONATATION : XC

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

Parties d'ouvrage	XC
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>	
fondations de tous types entièrement immergées	XC1
fondations de tous types en zone de marnage	XC4
fondations profondes enterrées hors eau de mer	XC2
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XC4
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	XC2
<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	XC1
parties en zone de marnage	XC4
parties enterrées, dalles de transition	XC2
parties à l'air libre	XC4
faces intérieures des piles ou culées creuses	XC3
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>	
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	XC3
faces extérieures	XC4
faces intérieures des caissons	XC3
<i>équipements et superstructures</i>	
corniches, solins de joints de dilatation, corniches-caniveaux	XC4
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XC4
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XC4
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XC4

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.

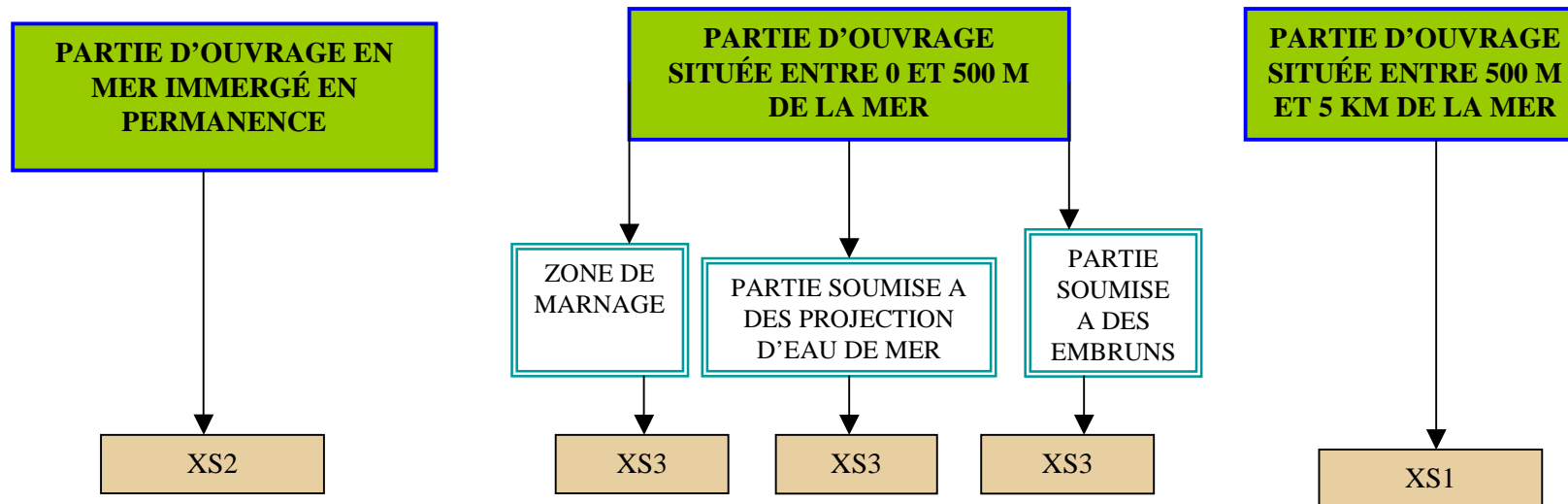
CORROSION INDUITE PAR LES CHLORURES AYANT UNE ORIGINE MARINE : XD

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

Parties d'ouvrage	XD		
	salage peu fréquent	salage fréquent	salage très fréquent.
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>			
fondations de tous types entièrement immergées	-	-	-
fondations de tous types en zone de marnage	-	-	-
fondations profondes enterrées hors eau de mer	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	XD2
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XD3
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	XD2
<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	-	-	-
parties en zone de marnage	-	-	-
parties enterrées	-	pas d'exposition XD, ou XD2 selon salage et distance de la voie franchie	XD2
parties à l'air libre	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XD3
faces intérieures des piles ou culées creuses	-	-	-
dalles de transition	-	XD2	XD2
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>			
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	-	-	-
faces extérieures	-	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie	XD1 ou XD3 selon salage et distance de la voie franchie
faces intérieures des caissons	-	-	-
<i>équipements et superstructures</i>			
corniches	-	XD3	XD3
solins de joints de dilatation	-	XD3	XD3
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	-	XD3	XD3
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	-	XD3	XD3
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	-	XD3	XD3
corniches-caniveaux	-	XD3	XD3

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

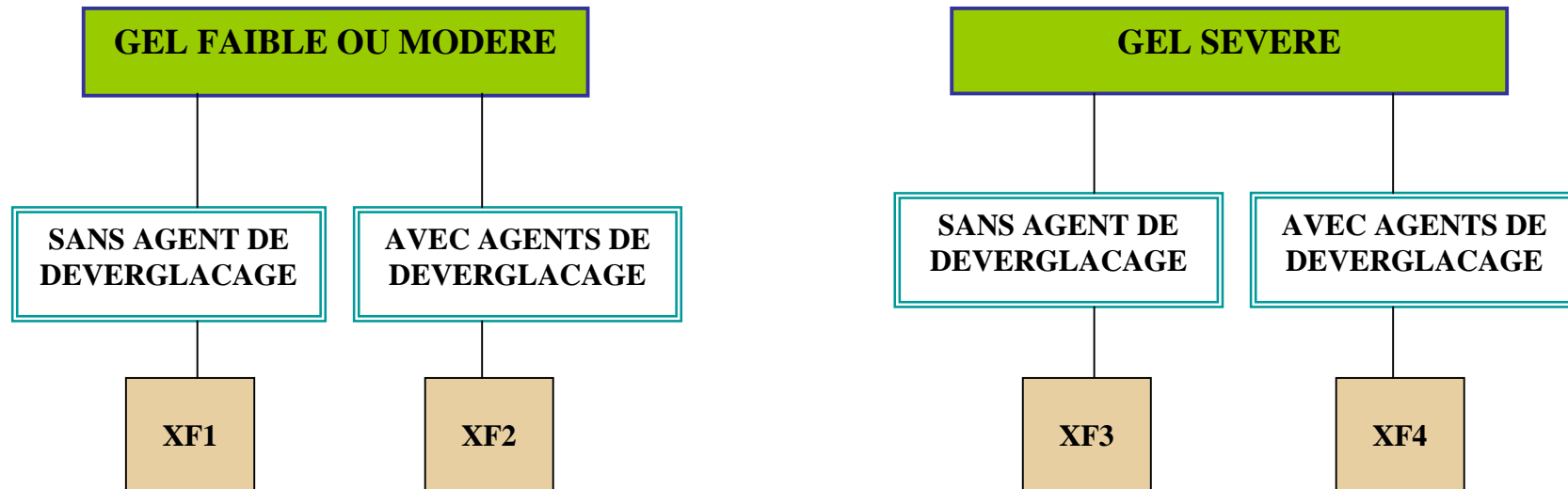
- XS3... les éléments de structure en zone de marnage et/ou exposés aux embruns lorsqu'ils sont situés à moins de 100 m de la côte, parfois plus, jusqu'à 500 m, suivant la topographie particulière
- XS1... éléments de structure situés au-delà de la zone de classement XS3 et situés à moins de 1 km de 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

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

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

Parties d'ouvrage	XS	
	moins de 100 m de la côte et équiv.	100 à 1000 m de la côte et équiv.
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>		
fondations de tous types entièrement immergées	XS2	XS2
fondations de tous types en zone de marnage	XS3	XS3
fondations profondes enterrées hors eau de mer	XS1	-
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XS3	XS1
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	XS1	-
<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	XS2	XS2
parties en zone de marnage	XS3	XS3
parties enterrées	XS1	-
parties à l'air libre	XS3	XS1
faces intérieures des piles ou culées creuses	XS1	-
dalles de transition	XS1	-
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>		
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	-	-
faces extérieures	XS3	XS1
faces intérieures des caissons	XS1	-
<i>équipements et superstructures</i>		
corniches	XS3	XS1
solins de joints de dilatation	XS3	XS1
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XS3	XS1
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XS3	XS1
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XS3	XS1
corniches-caniveaux	XS3	XS1

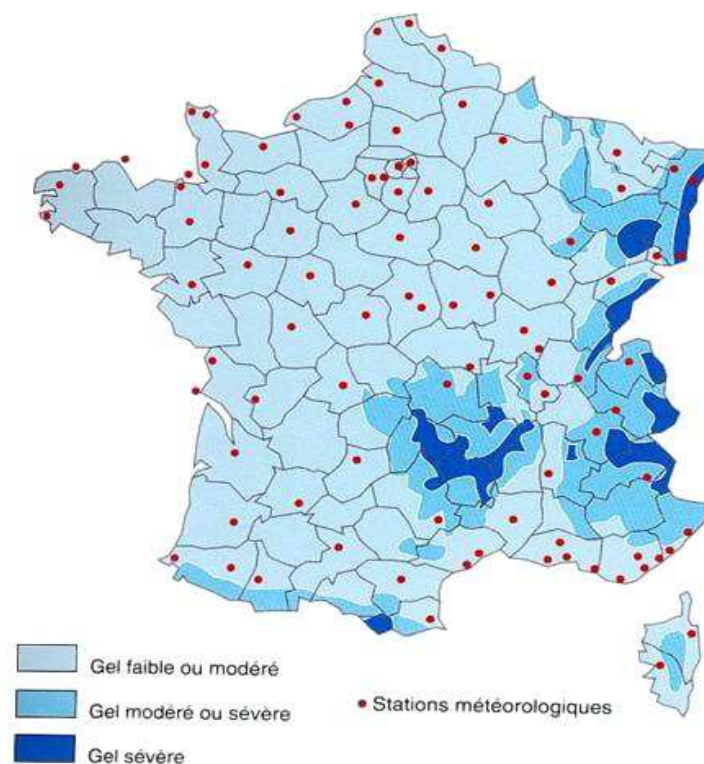
ATTAQUES GEL/DEGEL AVEC OU SANS AGENT DE DEVERGLAÇAGE : XF



NIVEAUX DE GEL

Carte de gel

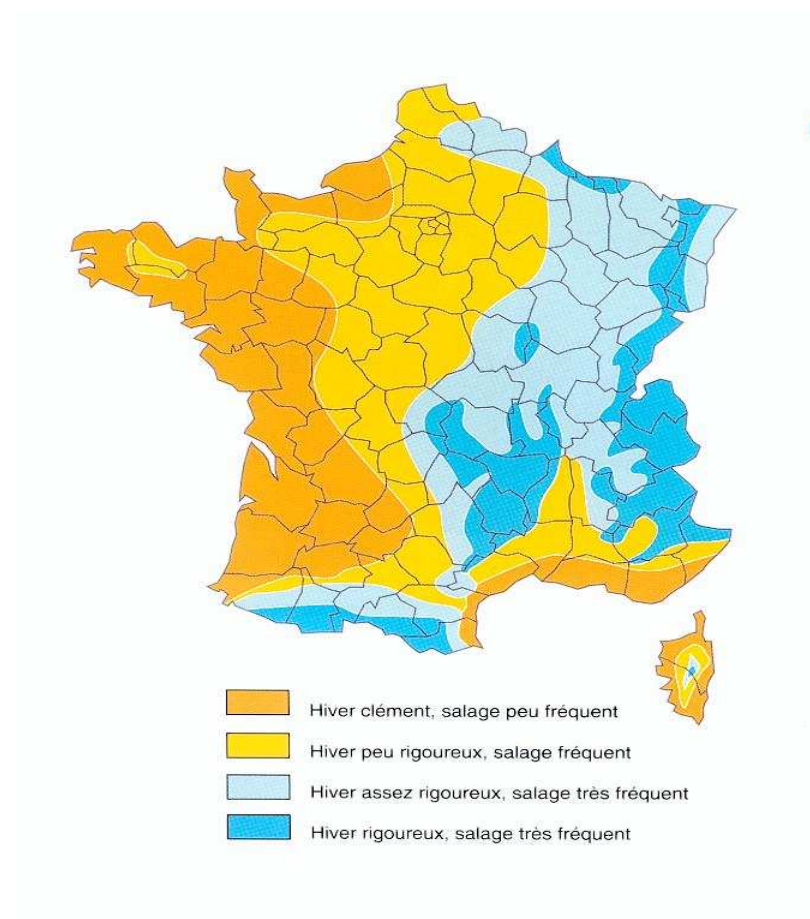
- Gel faible ou modéré
- Gel modéré ou sévère
- Gel sévère



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

ATTAQUE GEL / DÉGEL AVEC OU SANS SELS DE DEVERGLAÇAGE : XF (gel faible ou modéré)

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

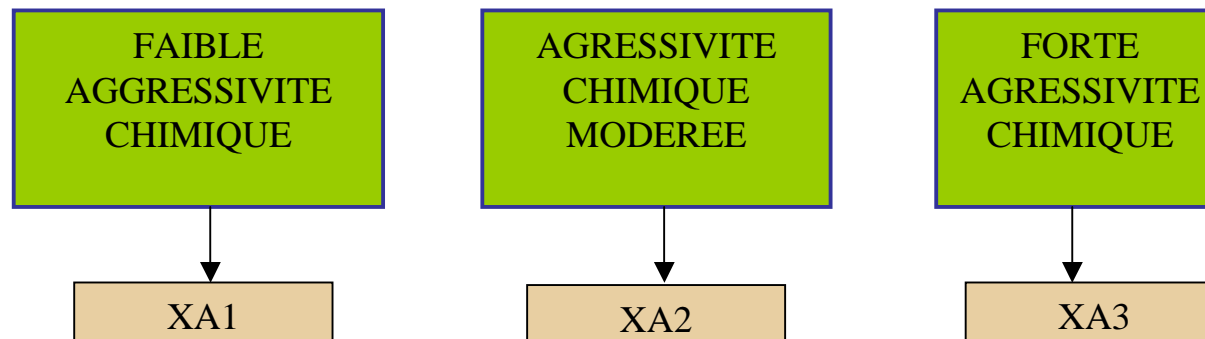
Parties d'ouvrage	XF - gel faible ou modéré		
	salage peu fréquent	salage fréquent	salage très fréquent.
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>			
fondations de tous types entièrement immergées	-	-	-
fondations de tous types en zone de marnage	XF1	XF1	XF1
fondations profondes enterrées hors eau de mer	-	-	-
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	-	-	-
<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	-	-	-
parties en zone de marnage	XF1	XF1	XF1
parties enterrées	-	-	-
parties à l'air libre	XF1	XF1, XF2 si très exposé aux sels	XF2, XF4 si très exposé aux sels
faces intérieures des piles ou culées creuses	XF1	XF1	XF1
dalles de transition	XF1	XF2	XF2
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>			
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	XF1	XF1	XF1
faces extérieures	XF1	XF2	XF2, XF4 si très exposé aux sels
faces intérieures des caissons	XF1	XF1	XF1
<i>équipements et superstructures</i>			
corniches	XF1	XF2	XF4
solins de joints de dilatation	XF1	XF2	XF4
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XF1	XF2	XF4
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XF1	XF2	XF4
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XF1	XF2	XF4
corniches-caniveaux	XF1	XF2	XF4

ATTAQUE GEL / DÉGEL AVEC OU SANS SELS DE DEVERGLAÇAGE : XF (gel sévère)

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

Parties d'ouvrage	XF - gel sévère		
	salage peu fréquent	salage fréquent	salage très fréquent.
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers...)</i>			
fondations de tous types entièrement immergées	XF3	XF3	-
fondations de tous types en zone de marnage	XF3	XF3	XF3
fondations profondes enterrées hors eau de mer	XF3	XF3	-
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF4
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	XF3	XF3	XF3
<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	XF3	XF3	XF3
parties en zone de marnage	XF3	XF3	XF3
parties enterrées	XF3	XF3	XF3
parties à l'air libre	XF3	XF3, XF4 si très exposé aux sels	XF4
faces intérieures des piles ou culées creuses	XF3	XF3	XF3
dalles de transition	XF3	XF3	XF4
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>			
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	XF3	XF3	XF3
faces extérieures	XF3	XF3 ou XF4 selon salage et distance de la voie franchie	XF3 ou XF4 selon salage et distance de la voie franchie
faces intérieures des caissons	XF3	XF3	XF3
<i>équipements et superstructures</i>			
corniches	XF3	XF4	XF4
solins de joints de dilatation	XF3	XF4	XF4
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XF3	XF4	XF4
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XF3	XF4	XF4
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XF3	XF4	XF4
corniches-caniveaux	XF3	XF4	XF4

ATTAQUES CHIMIQUES : XA



Le tableau 2 de la norme NF EN 206-1 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.

PREVENTION DE LA RSI

EXEMPLES POUR LES OUVRAGES D'ART (extrait tableaux EFB)

Parties d'ouvrage	XH (prévention RSI)	Niveau de prévention RSI	
		Ouvrage courant (de catégorie II)	Ouvrage exceptionnel (de catégorie III)
<i>fondations (pieux, barrettes, puits marocains, bétons de blocage, semelles, radiers)</i>			
fondations de tous types, parties entièrement immergées	XH3	Cs	Ds
fondations de tous types, parties en zone de marnage	XH3	Cs	Ds
fondations profondes enterrées hors eau de mer	XH3	Cs	Ds
fondations superficielles non immergées (partie aérienne)	XH2	Bs	Cs
fondations superficielles non immergées (partie enterrée)	XH2	Bs	Cs
<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	XH3	Cs	Ds
partie en zone de marnage	XH3	Cs	Ds
parties enterrées	XH2	Bs	Cs
parties à l'air libre	XH2	Bs	Cs
faces intérieures des piles ou culées creuses	XH1	As	
dalles de transition	XH2	Bs	
<i>tablier (poutres, hourdis, dalles, caissons, traverses de ponts cadres, entretoises)</i>			
face supérieure du hourdis protégée par l'étanchéité	XH2	Bs	Cs
faces extérieures	XH2	Bs	Cs
faces intérieures des caissons	XH2	Bs	Cs
<i>équipements et superstructures</i>			
corniches	XH2	Bs	
solins de joints de dilatation	XH3	As	
contre-corniches et longrines d'ancrage de barrière de sécurité (non revêtues)	XH3	Cs	
barrières de sécurité en béton, garde-corps, écrans acoustiques	XH2	As	
massifs d'ancrage (non revêtus) des candélabres, PPHM et panneaux de signalisation	XH3	Cs	
corniches-caniveaux	XH3	Cs	

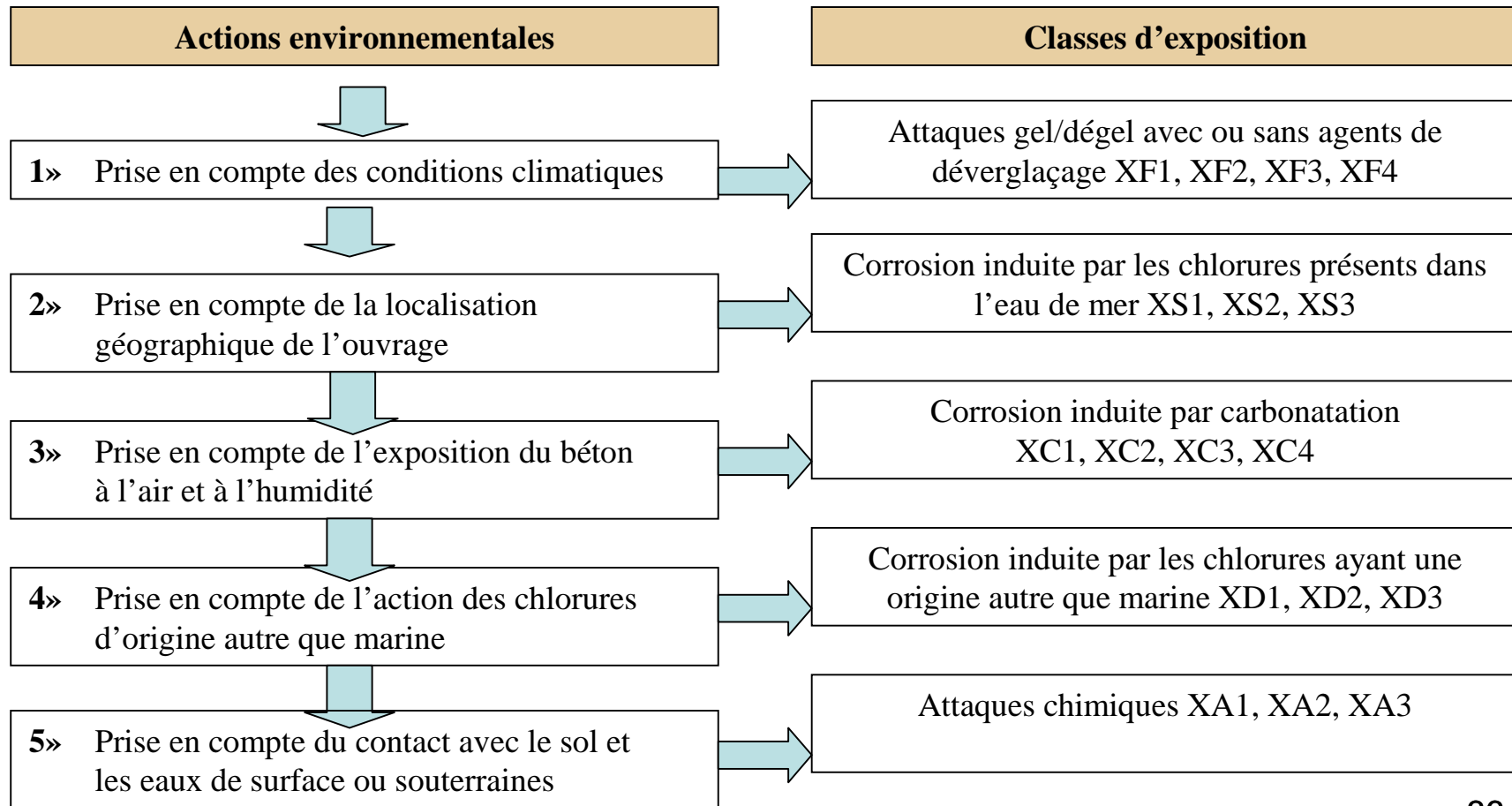
COMBINAISON DES CLASSES D'EXPOSITION

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

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 fort 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 des choix du meilleur compromis entre alternatives.

CONCLUSIONS

Les environnements les plus sévères restent ceux mis en avant dans la réglementation française antérieure et validés par le retour d'expérience :

- Zones de marnage et soumises aux embruns
- Zones soumises au gel et à des projections fréquentes de sels de déverglaçage.

Pour ces environnements, les classes (et les prescriptions induites) sont plus sévères.

Il faut, lors de la conception de l'ouvrage :

- anticiper l'environnement futur et l'exploitation de l'ouvrage
- se laisser la possibilité d'itérations sur les moyens d'obtenir la durabilité (revêtement, type d'armatures, optimisation de l'enrobage, résistance et indicateurs de durabilité du béton, mesures additionnelles...).

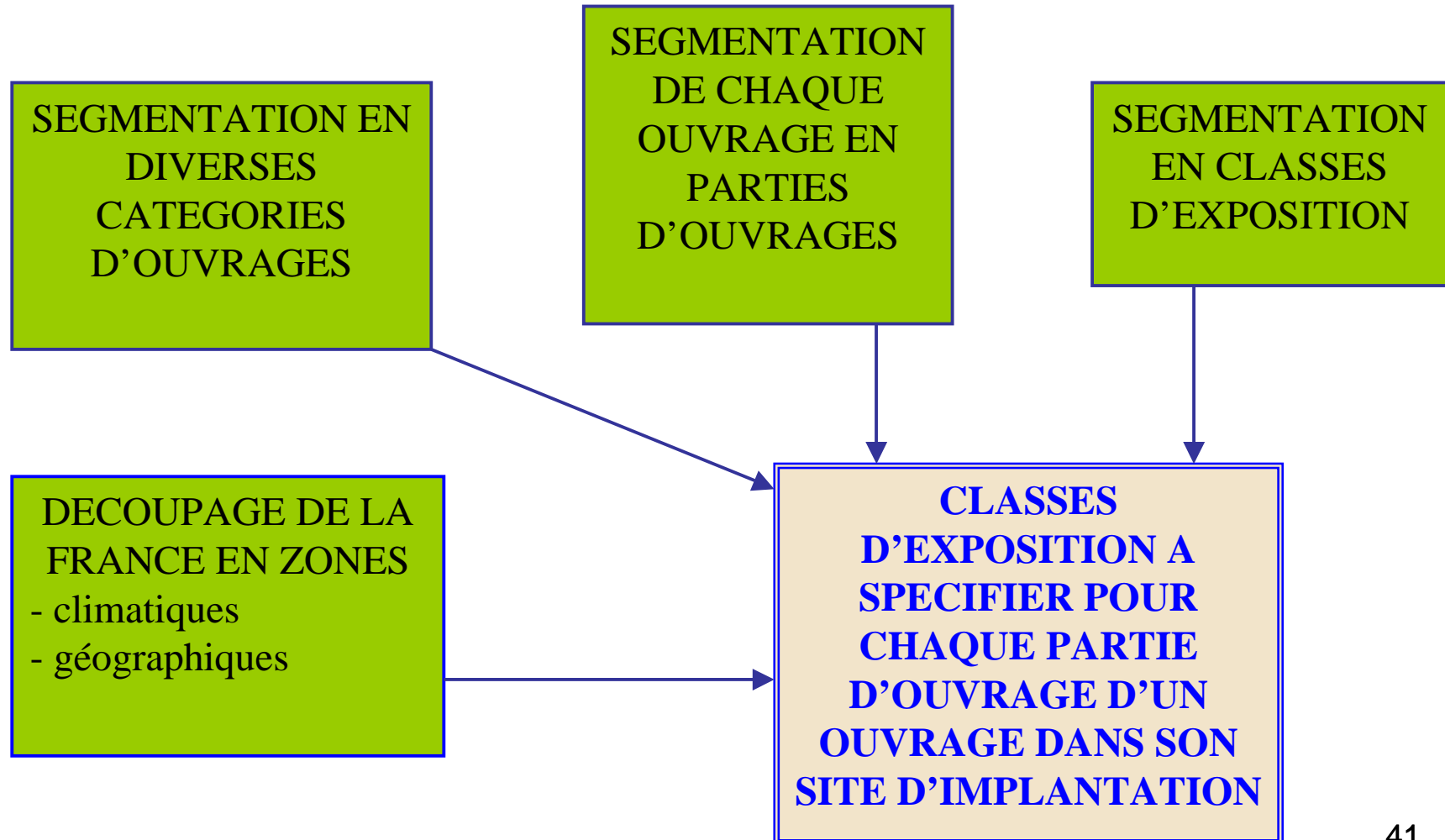
L'explicitation des classes d'exposition et des mécanismes de vieillissement associés et de la durée d'utilisation de projet, contribue à une **prise de conscience des enjeux patrimoniaux et financiers** (coût global), et contribue à une **approche responsable de la construction**.

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...

SYNTHESE : 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 DIGUE**

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



PRESCRIPTION DES CIMENTS ET DES BETONS

Patrick GUIRAUD, CIMbéton

Un nouveau contexte normatif et réglementaire encadre désormais la prescription des ciments et des bétons et l'utilisation du matériau BETON.

Toutes les normes constituent un ensemble de textes COHERENT, HOMOGENE et COMPLET.

Cette évolution s'inscrit dans une LOGIQUE de PROGRES visant à optimiser :

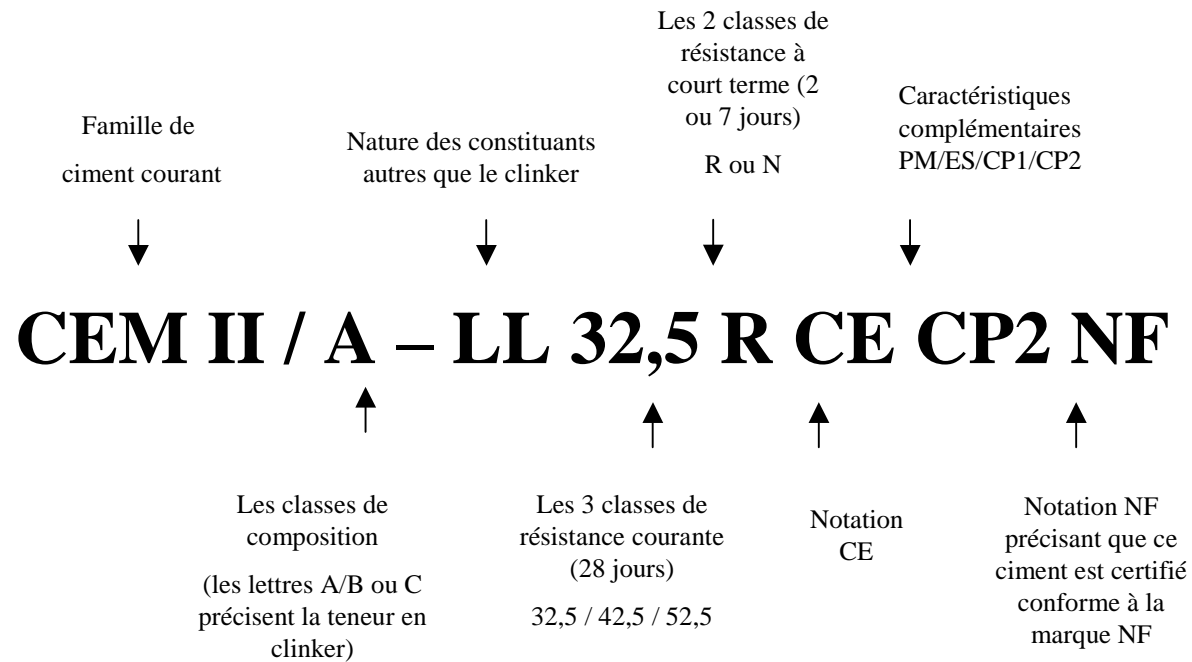
- LA QUALITÉ DES BÉTONS,
- LA DURABILITÉ DES OUVRAGES.

Il est possible désormais de définir des **objectifs de durabilité** et de choisir avec précision les caractéristiques du béton, qui sont donc plus complètes et plus précises, en fonction de l'agressivité du milieu dans lequel se trouve l'ouvrage et **d'optimiser ses caractéristiques** afin de les adapter à la durée d'utilisation souhaitée.

Les connaissances actuelles sur les ciments et les bétons permettent d'optimiser et d'adapter encore mieux la composition et la formulation des bétons aux contraintes environnementales auxquelles ils seront soumis, tout en respectant les critères de performances mécaniques.

Mais quelles que soient les précautions prises pour adapter et optimiser la formulation du béton, l'ouvrage ne pourra assurer sa fonction durablement que si les « **règles de l'art** » ont été respectées lors de sa **fabrication** (malaxage efficace adapté à la formulation, respect des tolérances sur les constituants) et de sa **mise en œuvre** (vibration correcte, cure adaptée, prise en compte des conditions climatiques lors du bétonnage, retraits maîtrisés, respect des valeurs d'enrobage des armatures, etc.).

**DESIGNATION D'UN CIMENT COURANT CE+NF CONFORME A LA
NORME NF EN 197-1**



L/LL (CALCAIRE) – S (LAITIER DE HAUT FOURNEAU) – D (FUMÉES DE SILICE) – V (CENDRES SILICEUSES) – W (CENDRES CALCIQUES) – Z (POUZZOLANES) – T (SCHISTES CALCINES)

SPÉCIFICATION DES BÉTONS A PROPRIÉTÉES SPECIFIÉES : BPS

■ LA SPÉCIFICATION DOIT COMPRENDRE

- ✓ EXIGENCE de CONFORMITÉ à la NF EN 206-1
- ✓ CLASSE de RÉSISTANCE en COMPRESSION
- ✓ CLASSE D'EXPOSITION
- ✓ DIMENSION MAXIMALE NOMINALE des GRANULATS
- ✓ CLASSE de TENEUR en CHLORURE
- ◀ ✓ CLASSE de CONSISTANCE

■ EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES ÉVENTUELLES

- ✓ TYPES ou CLASSES PARTICULIÈRES de CIMENTS
- ✓ TYPES ou CLASSES PARTICULIÈRES de GRANULATS (alcali-réaction ...)
- ✓ RÉSISTANCE A LA TRACTION PAR FENDAGE
- ✓ TENEUR EN AIR (résistance au gel/dégel...)
- ✓ DEGAGEMENT DE CHALEUR AU COURS DE L'HYDRATATION

...

**VALEURS LIMITES APPLICABLES EN FRANCE À LA COMPOSITION ET AUX
PROPRIÉTÉS DES BÉTONS CONFORMES A LA NORME NF EN 206-1**

La norme fixe dans une annexe informative les valeurs limites spécifiées applicables à la composition du béton en fonction de chaque classe d'exposition.

L'Annexe Nationale complète ces dispositions par des valeurs limites applicables en France et rend celles-ci normatives dans deux tableaux.

**NA.F.1 : BÉTON BPE, BÉTON de CHANTIER, BÉTON PREFABRIQUÉ
(produits structuraux autres que les blocs)**

NA.F.2 : BÉTON PRÉFA (produits structuraux autres que les blocs)

■ **VALEURS LIMITES**

- Rapport maximal eau efficace / Liant équivalent,
- Classe de résistance minimale
- Teneur minimale en liant équivalent (ou absorption d'eau maximale pour NA.F.2),
- Teneur minimale en air dans le béton, le cas échéant

RÈGLE FRANÇAISE DU COEFFICIENT K

- **$E/C = E_{\text{eff}}/\text{Ciment} + k \cdot \text{Addition}$**
- **Liant équivalent = ciment + k . Addition**
- **Valeurs du coefficient K (NF EN 206-1)**
 - ✓ **Cendres volantes : de 0,40 à 0,60**
 - ✓ **Fumées de silice : 2,00 ou 1,00**
 - ✓ **Laitier moulu : 0,90**
 - ✓ **Additions calcaires : 0,25**
 - ✓ **Additions siliceuses : 0,25**

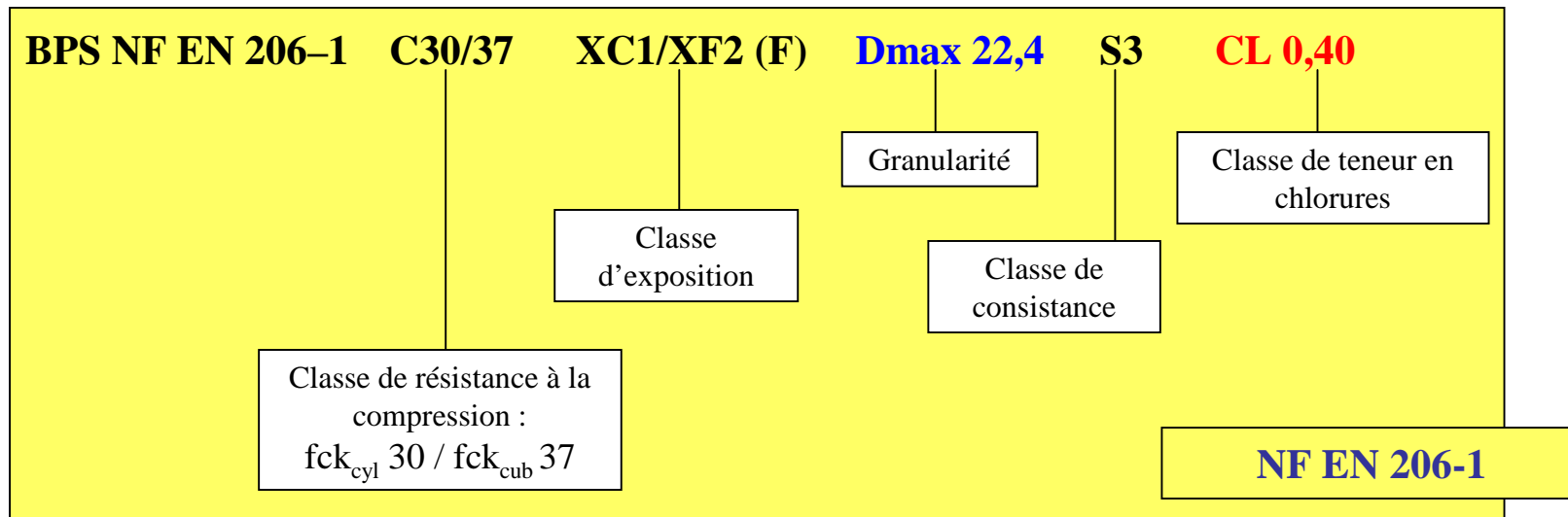
Nota : L'utilisation des additions suppose qu'elles soient conformes aux normes qui les couvrent.

NA.F.1 : VALEURS LIMITES APPLICABLES EN FRANCE POUR LA COMPOSITION ET LES PROPRIETES DU BETON EN FONCTION DE LA CLASSE D'EXPOSITION

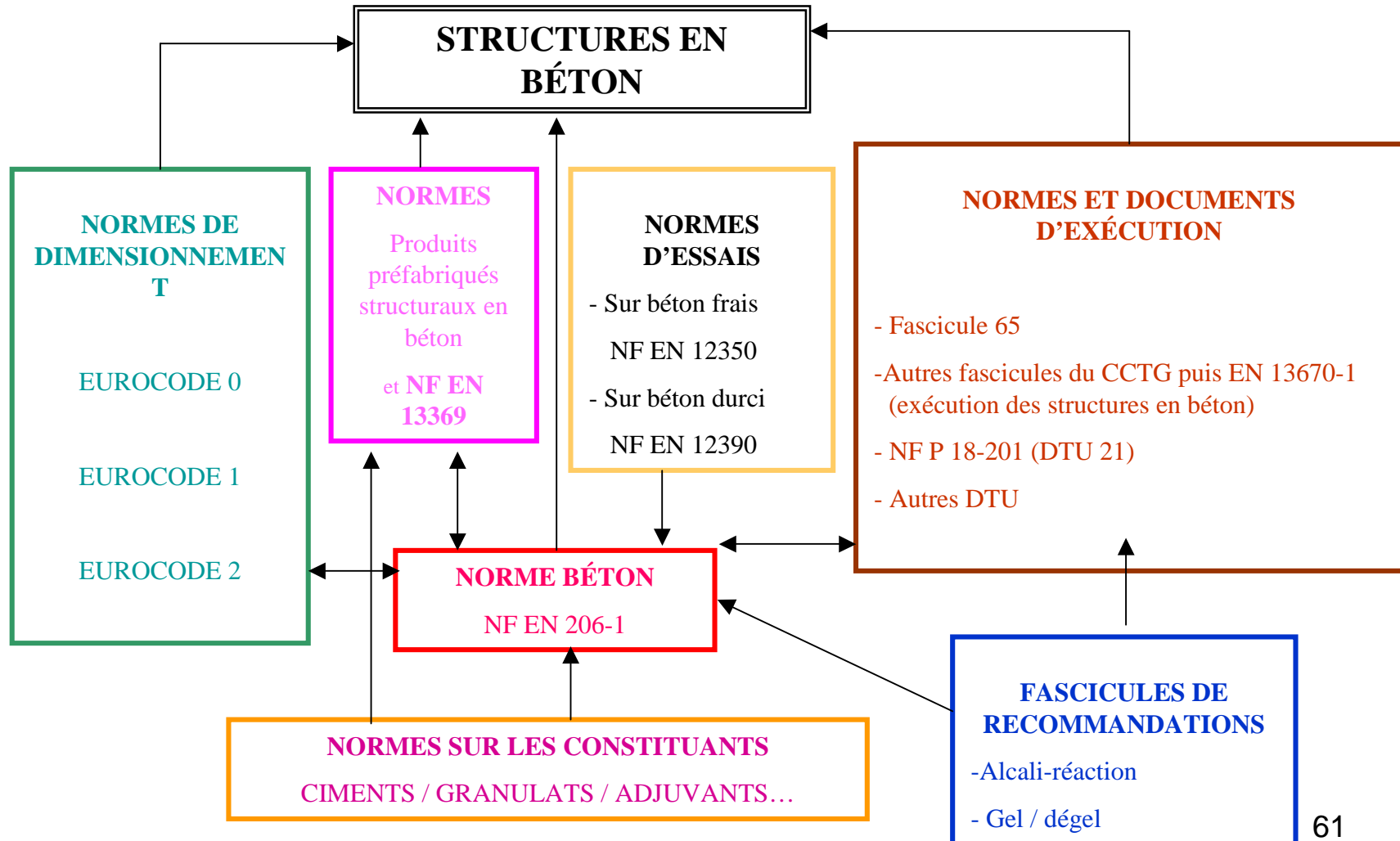
	CLASSES D'EXPOSITION																		
	Aucun risque de corrosion ou d'attaque	Corrosion induite par carbonatation				Corrosion induite par les chlorures						Attaque gel / dégel				Environnements chimiquement agressifs			
						Eau de mer			Chlorures autres que l'eau de mer										
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Rapport Eeff/liant éq. maximal	-	0,65	Valeurs numérique identiques à XC1	Valeurs numériques identiques à XF1	Valeurs numériques identiques à XF1	Valeurs numériques à XS2	0,55	0,50	Valeurs numériques identiques à XF1	0,55	0,50	0,60	0,55	0,55	0,45	0,55	0,50	0,45	
Classe de résistance minimale	-	C20/25					C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50
Teneur mini en liant éq (kg/m ³)	150	260					330	350		330	350	280	300	315	340	330	350	385	
Teneur minimale en air (%)	-	-					-	-		-	-	-	4	4	4	-	-	-	
Cendres volantes (*)	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	0,00	
Fumées de silice (*)	0,10	0,10					0,10	0,10		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Laitier moulu (*)	0,30	0,30					0,15	0,15		0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15	0,30	0,30	0,00	
Addition calcaire (*)	0,25	0,25					0,05	0,05		0,05	0,05	0,25	0,25	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	
Addition siliceuse (*)	0,20	0,20					0,15	0,15		0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	
Nature du ciment	-	-					PM	PM		-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(*) Rapport maximal A/A+C

DESIGNATION D'UN BPS CONFORME A LA NORME NF EN 206-1



SYNTHESE DU CONTEXTE NORMATIF EUROPEEN



EXIGENCES À PRENDRE EN COMPTE POUR LE CHOIX DU CIMENT

Au niveau
de la conception

DUREE D'UTILISATION DE L'OUVRAGE

CATEGORIE D'OUVRAGE

GEOMETRIE ET FORMES
DES PARTIES D'OUVRAGE

EXIGENCES ESTHETIQUES

EXIGENCES LIEES A L'ENVIRONNEMENT
DE L'OUVRAGE: CLASSES D'EXPOSITION

Au niveau
de la réalisation

EXIGENCES LIEES AUX PERFORMANCES
DU BETON DURCI

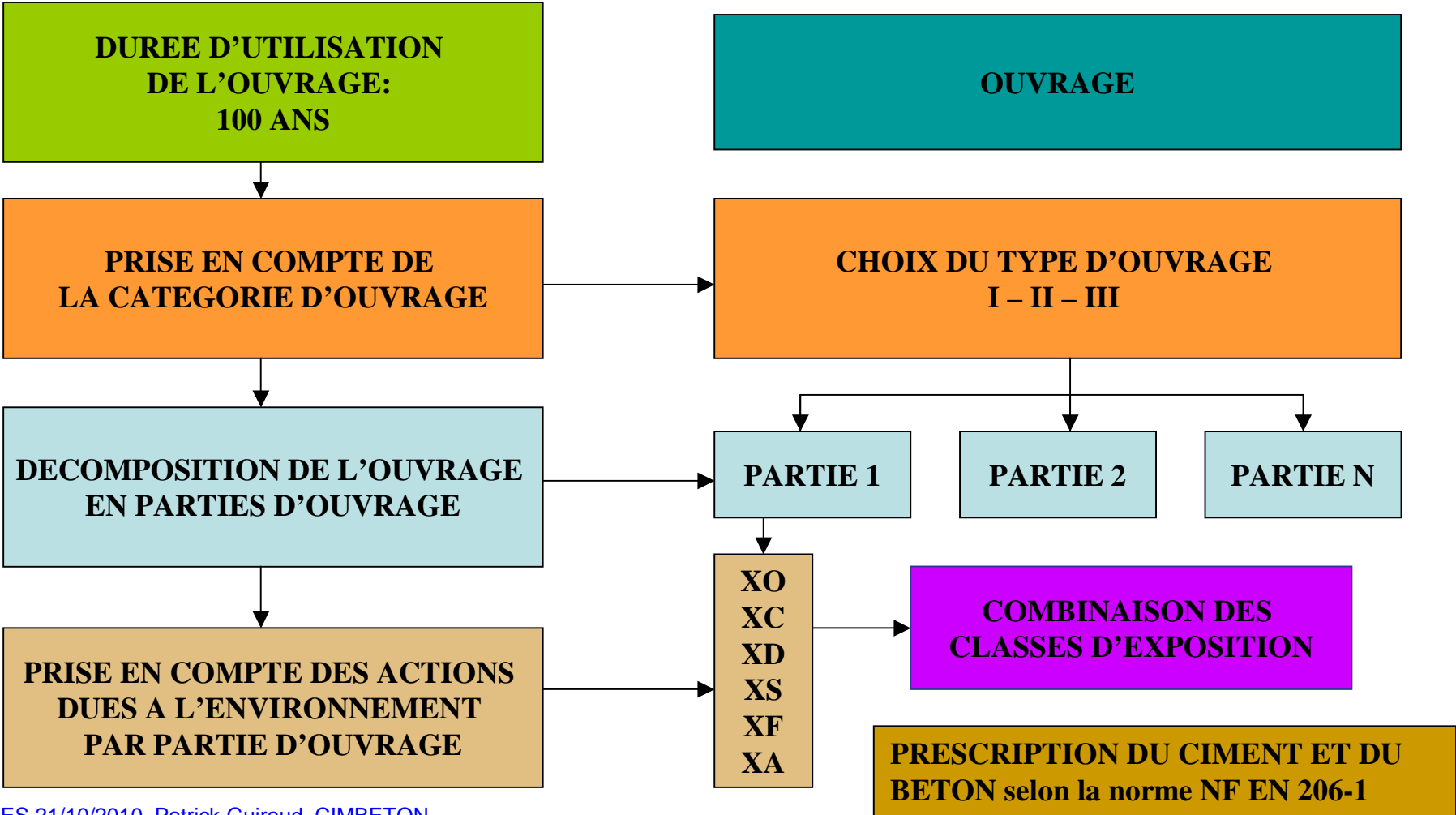
EXIGENCES LIEES AUX
CARACTERISTIQUES DU BETON FRAIS

EXIGENCES LIEES AUX CONDITIONS
DE FABRICATION ET DE TRANSPORT
DU BETON

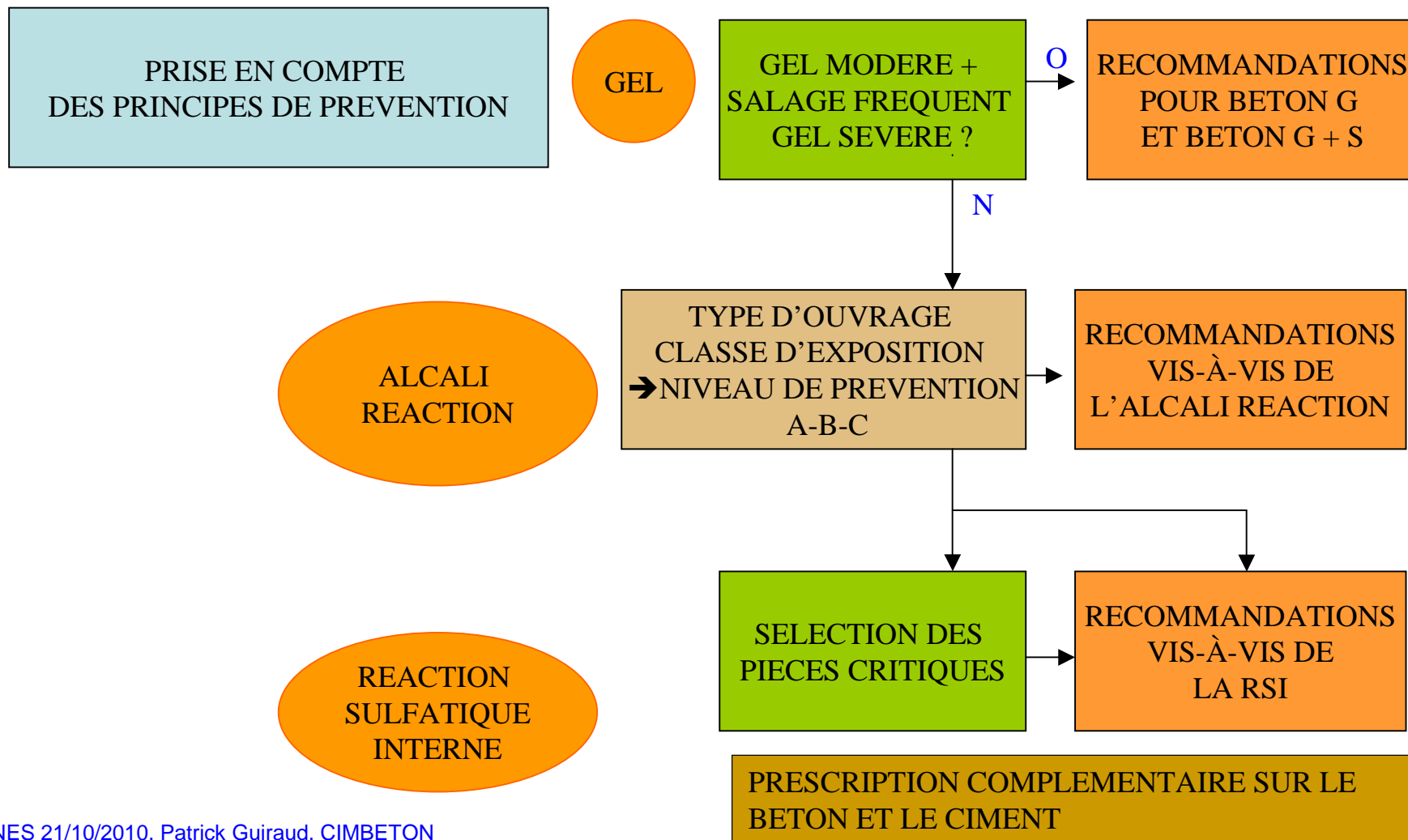
EXIGENCES LIEES AUX TECHNIQUES DE
CONSTRUCTION ET AUX
METHODES DE COULAGE

EXIGENCES LIEES
AUX CONTRAINTES CLIMATIQUES

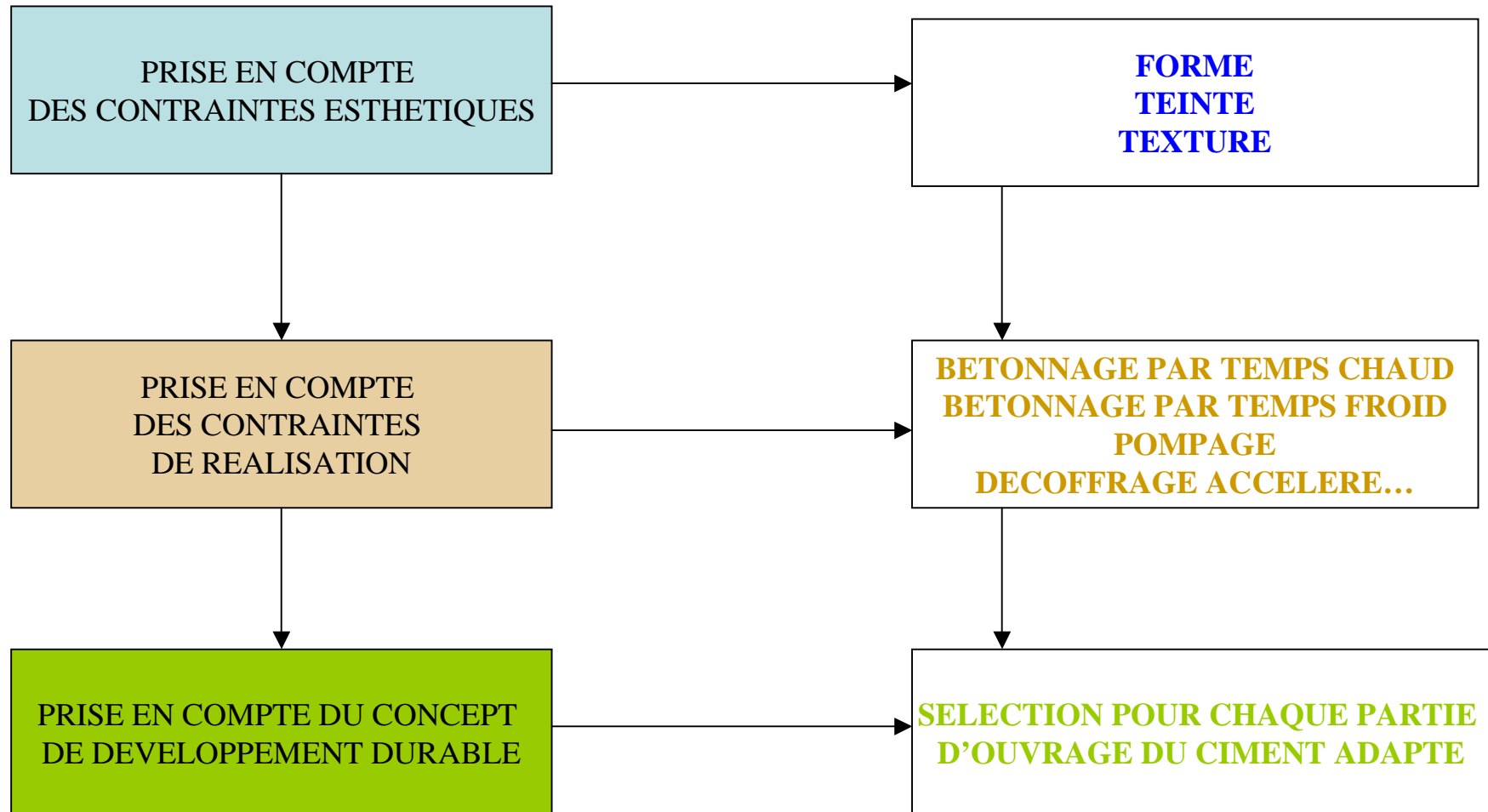
**SYNOPTIQUE DE LA DEMARCHE A SUIVRE POUR LA PRESCRIPTION
DES CIMENTS POUR DES CONSTRUCTIONS DURABLES 1/3**



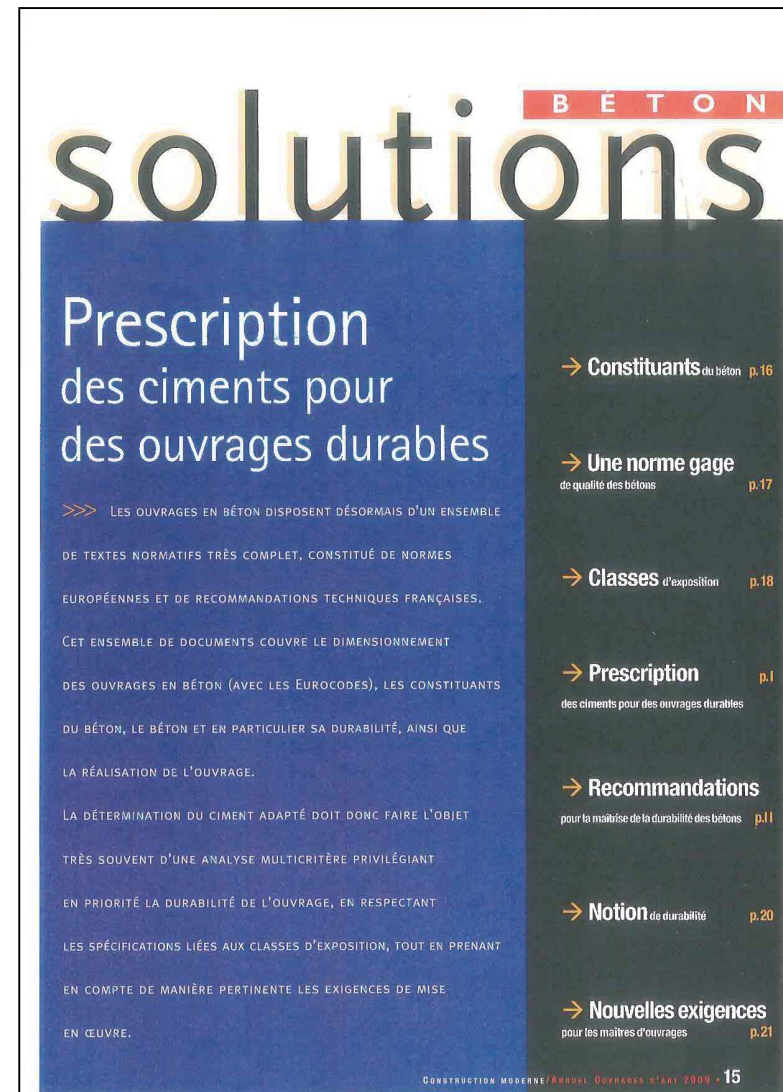
**SYNOPTIQUE DE LA DEMARCHE A SUIVRE POUR LA PRESCRIPTION
DES CIMENTS POUR DES CONSTRUCTIONS DURABLES 2/3**



**SYNOPTIQUE DE LA DEMARCHE A SUIVRE POUR LA PRESCRIPTION
DES CIMENTS POUR DES CONSTRUCTIONS DURABLES 3/3**



- Solutions béton
Construction moderne -
Ouvrages d'art 2009



- Guide de prescription des ciments pour des constructions durables
- Ref : T47

