

CEE-ONU – Groupe d'experts sur l'Adaptation au changement climatique des réseaux et nœuds de transport 12ème session

Variables climatiques et impacts sur les infrastructures de transport

André LEUXE

Direction générale des infrastructures, des
transports et de la mer

Marie COLIN

Cerema – Dtec ITM

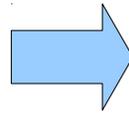
GENEVE - 27 et 28 mars 2017



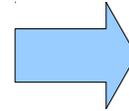
Action 1 PNACC infrastructures et réseaux de transport

Action 1 : Passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en outre-mer.

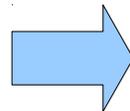
METHODE POUR L'ADAPTATION DES REFERENTIELS



1 - Passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et en outre-mer.



2 - mise à disposition par l'Etat des services techniques spécialisés et des maîtres d'ouvrages, des informations spécifiques relatives aux paramètres et valeurs climatiques pour l'adaptation des référentiels.



3 - proposition de modification des référentiels selon des critères de priorité mettant en jeu la sécurité des personnes :

- les référentiels de risque inondation, pollution de l'eau
- les référentiels de risque de rupture d'ouvrage
- les référentiels de risque événement neigeux, crise routière

En commençant par les normes et règlements, sur lesquels s'appuient les documents techniques



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer



Répartition et classement des référentiels examinés

ACTION 1 du PNAAC : Répartition et classement des Référentiels examinés :

- la catégorie 1 correspond aux référentiels non impactés par le changement climatique mais abordant des notions climatiques.
- la catégorie 2 correspond aux référentiels techniques impactés par les évolutions climatiques et nécessitant d'ores et déjà une révision (modification réglementaire, action de normalisation)
- la catégorie 3 correspond aux référentiels pour lesquels il est indispensable d'obtenir des précisions sur les variables et paramètres climatiques afin de déterminer s'ils doivent ou non être révisés et de quelle manière.

Catégorie de référentiel	Routiers	Voirie urbaine	Ouvrages d'art routiers	Ferroviaires	Maritimes et fluviaux	Aéroportuaire	Spécifiques aux remontées mécaniques et transports guidés
Nombre de référentiels listés dans le L1	105	14	15	35	34	8 excepté les normes	30
Catégorie 1	82	14	5	0	31	6	22
Catégorie 2	5	0	5	2	3	les normes à modifier sont à identifier avec des experts de l'afnor	8
Catégorie 3	18	0	5	27	0	2	0
Documents qui doivent être examinés de façon détaillée pour déterminer s'ils doivent être modifiés	0	0	0	6	0	Les normes à modifier sont à identifier avec des experts de l'AFNOR	

Classement des référentiels et variables climatiques

ACTION 1 du PNAAC : Répartition et classement des Référentiels examinés et variables et paramètres climatiques les plus concernés :

Catégorie de référentiel	Routiers	Voirie urbaine	Ouvrages d'art routiers	Ferroviaires	Maritimes et fluviaux	Aéroportuaire	Remontées mécaniques et transports guidés
Nombre de référentiels	105	14	15	35	34	8 excepté les normes	30
Catégorie 2 (à réviser)	5 Référentiels : <u>Dimensionnement chaussée :</u> Norme NF-P 98-086 <u>Terrassement :</u> Norme NF P98-080-1 <u>Viabilité hivernale :</u> Norme NF P99-320 <u>Assainissement et terrassement :</u> Guides techniques	0	5 Référentiels : <u>Appareils d'appui structuraux :</u> Norme NF EN 1337 : <u>Béton partie 1 (spécification, performance, production et conformité) :</u> Norme NF EN 206-1	2 Référentiels : <u>dimensionnement poteaux caténaires :</u> Arrêté interministériel 17/05/2001 (UTE C 11-001) <u>Équipement embarqué MR, Alimentation élect, appareillages, signalisation, ...</u> Normes européenne et NF EN 50125-1,2,3 Norme NF EN 50123 ,124 et 163	3 Référentiels : <u>Infrastructure portuaire et fluviale :</u> Norme NF EN 1991-1-3 Norme NF EN 1991-1-4 et 1991-1-5	les normes à modifier sont à identifier avec des experts de l'afnor	8 Référentiels : <u>Environnt. matériel, équipt. embarqué, signalisation, télécommunications, sécurité installations à câbles, Génie Civil :</u> Norme européenne NF EN 50125-1, 2, 3 NF EN 50155, 12929-1
Variables climatiques et paramètres les plus concernés	<u>Normes :</u> Indice de gel, température, classes de vent, visibilité <u>Guides techniques :</u> indice de gel/dégel, vent, température, précipitations pluie et neige		<u>Normes :</u> cartes de gel et de salage, température de la structure <u>Guides techniques :</u> gel, vent, température, crue,	<u>Arrêté :</u> Seuils de dimensionnement <u>Normes :</u> température extérieure et température des compartiments, glace, neige abondante, givre, vent de tempête...	<u>Norme :</u> carte de neige, de vent, de température		<u>Norme européenne:</u> Température, pluie, vent, foudre, neige, givre
Catégorie 3 (précisions demandées)	18 Référentiels : <u>Dimensionnement chaussée, Terrassement, Assainissement, Matériaux, Viabilité hivernale :</u> guides techniques	0	5 Référentiels : <u>Guides techniques CCTG fascicules 62, 65, 68 et ITSEO fascicule 10 :</u> (Fondations, BA et précontraint, Étanchéité,)	27 Référentiels Infrastructures : IN 0283, 3001, 2915, 3002, 3003, 3183, 0291, 3590, 2955, 0259, 0319, 1252, 1833, 3930, 4487, 0312, 0256, 0284, 0631, 3297, 0315, 2913, 0393, 1817,2447, 3278, et Principe 305090 (Caténaires, Signalisation, Voie, Installation RFN, Génie civil)	0	2 (Guide technique)	0
Variables climatiques et paramètres les plus concernés	<u>Guides techniques :</u> indice de gel/dégel, vent, température, précipitations pluie , débit de pointe et intensité moyenne, inondation, occurrence décennales , centennales, submersion, neige,...		<u>Guides techniques :</u> gel, vent, température, site aquatique, crue, affouillement précipitations pluie et neige	IN : température extrême, surchauffe, fortes gelées, glace, neige abondante, givre, vent de tempête, pluie torrentielle, inondations,		Normes et Guides : Types de climat, Vent, neige,..	

Exemple référentiels et variables climatiques

BESOIN DE PRECISIONS

Action 1

Passer en revue et adapter les référentiels techniques pour la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux de transport (infrastructures et matériels liés au service) en métropole et Outre-Mer

1. Comprendre les principales évolutions climatiques tendanciennes attendues à l'horizon 2100 en France

2. Lister les impacts climatiques actuels et attendus

3. Lister les référentiels impactés

4. Lister les projections nécessaires à l'adaptation



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

2 Référentiels routiers

Titre du document	Catégorie	Date de publication	Type de doc.	Infra.	Variable climatique	Thèmes		
						Conception	Entretien	Exploitation
Route – Environnement : bruit								
Pas de modification de référentiel identifiée								
Route – Environnement : paysage								
Pas de modification de référentiel identifiée								
Route – Environnement : qualité de l'air								
Pas de modification de référentiel identifiée								
Route – Environnement : risques naturels / eau								
Pas de modification de référentiel identifiée								
Route – Chaussée : dimensionnement								
NF P 98-086 : Dimensionnement des structures de chaussées routières. DOCUMENT EN COURS DE REVISION	2		Norme – Norme Homologuée	Route – Chaussée	Indice de gel, température	x		
Catalogue des structures types de chaussées neuves. Réseau routier national	3	10/1998	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel / dégel, température	x		
Chaussées en béton – Guide technique	3	03/2000	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Drainage, indice de gel, vent, température, pluie (intensité en mm/an)	x		
Chaussées neuves à faible trafic – Manuel de conception. DOCUMENT EN COURS DE REVISION	3	07/1981	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Assainissement, drainage, indice de gel.	x		
Construction des chaussées neuves sur le réseau routier national. Spécifications des variantes – Guide technique	3	2003	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel / dégel	x		

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Titre du document	Catégorie	Date de publication	Type de doc.	Infra.	Variable climatique	Thèmes		
						Conception	Entretien	Exploitation
Actualisation du guide technique dimensionnement des renforcements de chaussées souples – Guide technique DOCUMENT EN COURS DE REVISION	3	01/04/1988	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel		x	
Renforcements en enrobés à module élevé en traversée d'agglomération – Guide technique	3	11/1988	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel / dégel	x		
Entretien des chaussées urbaines – Guide méthodologique et pratique	3	04/01/2010	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel-dégel, neige, cycle de température		x	x
Route – Chaussée : matériaux								
Enrobés hydrocarbonés à chaud – guide d'application des normes pour le réseau routier national	3	12/1994	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	UV, vent, température, pluie, moyenne des températures maximales sur juillet / août, moyenne des températures minimale sur janvier / février	x		
Enrobés drainants – Note d'info n°100	3	1997	Document technique – Fiche et note d'information	Route – Chaussée	Gel, température, pluie, neige, zone climatique Hi	x	x	
Assises de chaussées en graves non traitées et matériaux traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques – Guide d'application des normes pour le réseau routier national	3	12/1998	Document technique – Guide technique	Route – Chaussée	Indice de gel, conditions météorologiques, vent, température, pluie	x		
Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel – Guide technique	3	12/01/2003	Document technique – Guide technique	Route	Gel / dégel, vent, pluie, neige	x	x	
Route – Assainissement								
Ouvrages routiers et inondations	3	1998	Document technique Fiche et note d'information	Route – Assainissement	Débits de pointe de référence	x		
Bilan financier prévu par la circulaire n° 94-56 du 5 mai 1994 définissant les modalités d'élaboration, d'instruction et d'approbation des opérations d'investissements sur le réseau routier national non concédé – Guide technique	2	2001	Document technique – Guide technique	Route – Assainissement	Neige, gel	x		
Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques	2	30/12/2006	Texte officiel Loi	Route – Assainissement				



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer



Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Titre du document	Catégorie	Date de publication	Type de doc.	Infra.	Variable climatique	Thèmes		
						Conception	Entretien	Exploitation
Assainissement routier – Guide technique	3	2006	Document technique – Guide technique	Route – Assainissement	Inondation, submersion, période de retour, débit exceptionnel, hauteur d'eau, débit de pointe pour une période de retour donnée, intensité moyenne (mm/h), coefficient de ruissellement, pluie journalière décennale ou autre période de retour, temps de concentration, climatologie	x		
Pollution d'origine routière – Conception des ouvrages de traitement des eaux – Guide technique	3	2007	Document technique – Guide technique	Route – Assainissement	Pluviométrie, pluie, période de retour, rigueur de l'hiver, hauteur d'eau de période de retour de 10 ans, durée 2 heures, hauteur d'eau limitée a une période de retour d'un an, durée 2 heures. En annexe : hauteur d'eau en m de l'événement de pointe, hauteur de pluie moyenne annuelle en m, occurrence et niveau des crues centennales et décennales (débits et fréquences)	x	x	x
Route – Terrassements								
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (GTS) – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme – Guide technique	3	2000	Document technique – Guide technique	Route – Terrassements	Gel / dégel, vent, pluie, pluviométrie, climat, température	x		
Météorologie et Terrassement. DOCUMENT EN COURS DE REVISION	3	1986	Document technique – Guide technique	Route – Terrassements	Évaporation précipitation, neige, brouillard, orage, gel, état hydrique du sol, vent	x		
Terrassements – Aide à la rédaction des CCTP – Guide méthodologique. DOCUMENT EN COURS DE REVISION	3	2006	Document technique – Guide technique	Route – Terrassements	Gel, vent, inondation, température, précipitation	x		
NF P98-080-1 : Chaussées – Terrassement – Terminologie – Partie 1 : terminologie relative au calcul de dimensionnement des chaussées	2	1992	Norme – Norme Homologuée	Route – Terrassements	Indice de gel, température	x		
Route – Signalisation verticale – PPHM								
Pas de modification de référentiel identifiée								
Route – Viabilité hivernale (VH)								
Dispositions particulières pour l'exploitation hivernale des bétons bitumineux drainants	3	09/2001	Document technique – Fiche et note d'information	Route – VH	Phénomènes météorologiques. Référence aux Hi : référentiel à modifier si le zonage Hi évolue			x

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Titre du document	Catégorie	Date de publication	Type de doc.	Infra.	Variable climatique	Thèmes		
						Conception	Entrée	Exploitation
NF P99-320 – Recueil des données météorologiques et routiers – Météorologie routière	2	04/1998	Norme – Norme Homologuée	Route – VH	Définitions paramètres atmosphériques et phénomènes météorologiques. Classes de vent routier et classes de visibilité routière, à faire évoluer éventuellement (vocabulaire à modifier)			x
Route – Autres								
Pas de modification de référentiel identifiée								

Tableau 1 : Référentiels routiers catégorisés. Source : Cerema.



Exemple référentiels ferroviaires et variables climatiques

2. Lister les principaux impacts attendus du changement climatique

	Températures				Précipitations		Élévation du niveau de la mer et augmentation des fortes houles	Modification des régimes de vents	Sécheresse	Évolution de la biodiversité
	Augmentation de la température moyenne	Augmentation des températures maximales	Diminution du nombre de jours de gel	Cycles de gel / dégel	Nombre de jours de neige	Augmentation de l'intensité des précipitations « extrêmes »				
Infrastructures ferroviaires – Rail		Augmentation des contraintes dans le rail : risque de déformation (canicule) ou de rupture du rail (froid) Dysfonctionnement des appareils de coupure Risque de surchauffe des câbles en période de canicule		Risque de rupture du rail Blocage de la manœuvre des aiguilles des appareils de voie	Risque de rupture du rail Blocage de la manœuvre des aiguilles des appareils de voie	Glissements de terrain / inondations : perturbation du fonctionnement des équipements électroniques, des circuits de voie Accélération de la corrosion du rail Déformation la géométrie de la voie... Les coulées de boue constituent un obstacle aux circulations Dysfonctionnement des appareils de coupure en cas de pluie ou de crues exceptionnelles	Dégradation des OA	Vents exceptionnels : désaxement de portée adapté aux pantographes Vents forts : risque par rapport aux équipements électriques extérieurs Tempête d'air salin : perturbation possible du fonctionnement des circuits de voie	Rétraction des argiles	
Infrastructures ferroviaires – Systèmes caténaires		Dysfonctionnement des appareils de coupure		Usure du fil conducteur, les isolateurs deviennent passants		Inondation (pluie ou crue exceptionnelle) : dysfonctionnement des appareils de coupure		Vents exceptionnels : désaxement de portée adapté aux pantographes		
Infrastructures ferroviaires – Sous-stations		Risque de surchauffe des câbles en période de canicule						Vents forts : risque par rapport aux équipements électriques extérieurs		



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer



Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Exemple d'application - Domaine routier Chaussée - Assainissement

Impacts d'une évolution de la température

- Augmentation de la température → *impact sur les cycles de renouvellement des structures de chaussées*
- Diminution du nombre de jours de verglas → *réduction des interventions hivernales*

Impact général attendu plutôt positif mais :

- dépend du « niveau » de service
- importance de l'écart de température sur les jours de gel

Variables Jouzel concernées : T01 à T10



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Exemple d'application - Domaine routier Chaussée - Assainissement

Impacts d'une évolution des précipitations

- Augmentation de l'intensité des précipitations (variables Jouzel P01, P02, P03) →
 - Risque d'aquaplaning,*
 - Rupture de fonctionnalité (zones inondables ; ...)*
 - Dépassement de capacité des réseaux (assainissement)*
- Augmentation du nombre de jours de sécheresse (P04) → *Effet induit par le sous-sol : fissuration des chaussées*
- Diminution du nombre de jours de chutes de neige (P05) → *Favorable exploitation*

Variables Jouzel concernées : P01 à P05



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Exemple référentiels routiers et variables climatiques

Exemple d'application - Domaine routier Chaussée - Assainissement

Impacts d'une évolution du vent (variable Jouzel V01)

- Évolutions incertaines → *impacts sur les équipements ou sur les usagers : prise au vent*

Impacts d'une évolution des événements extrêmes

- Extrêmes liés aux précipitations : inondations, fortes pluies, etc. → *possibilité de perte de fonctionnalité de l'itinéraire*
- Extrêmes chauds : augmentation en fréquence et en intensité, pics de chaleur - sécheresse → *feux de forêt, pics de pollution, impact sur les enduits*

Impact d'une évolution du niveau des mers

- Hausse du niveau moyen de la mer → *submersion*



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

BESOIN DE PRECISIONS

Exemple d'application - Domaine routier

Chaussée - Assainissement

Besoin en compléments d'information :

- Connaissance régionalisée des indices de gel (plus fin que le département) : dimensionnement des structures → *éviter le sur-dimensionnement*
- Connaissance spatiale (3 zones) de la température atmosphérique moyenne journalière (déjà donnée dans le rapport) ; connaissance de la température équivalente/3 zones → *dimensionnement des chaussées en matériaux « noirs »*
- Températures moyenne, maximale et minimale, mensuelle et annuelle → *choix de la nature des liants hydrocarbonés*
- Nombre de jours avec : vitesse de vent > 30 km/h : *mise en œuvre des enrobés*



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Exemple référentiels routiers et variables climatiques

BESOIN DE PRECISIONS

Exemple d'application - Domaine routier

Chaussée - Assainissement

Besoin en compléments d'information :

- Nombre de jours où les précipitations dépassent le seuil de 1 à 5 mm → *Mise en œuvre : performances mécaniques*
- Intensité minimale, maximale, moyenne, horaire, mensuelle, annuelle (échelle d'une station météo) → *dimensionnement des ouvrages d'assainissement*



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Exemple référentiels routiers et variables climatiques

BESOIN DE PRECISIONS

Exemple d'application

Terrassements – Ouvrages en terre

Impacts d'une évolution de la température

- Augmentation de la température →

tassements, retraits instabilités superficielles des talus

mise en œuvre : changement état hydrique, poussières, arrosages (restriction)

Variables Jouzel concernées : T01 à T10



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Travail en cours

- Participation à des réunions de normalisation qui s'intéressent à la thématique, aux niveaux international, européen et français, notamment des groupes de coordination « adaptation au changement climatique »
- Contacts pris avec des commissions de normalisation pour proposition de discussion
- De façon générale, sensibilisation des acteurs techniques à la thématique, pour aller vers l'adaptation des référentiels



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer



Exemple référentiels routiers et variables climatiques

BESOIN DE PRECISIONS

Conclusion

1. Comprendre les principales évolutions climatiques tendanciennes attendues à l'horizon 2100 en France

2. Lister les impacts climatiques actuels et attendus

3. Lister les référentiels impactés

4. Lister les projections nécessaires à l'adaptation

5. Calcul des projections / Adaptation des référentiels

Des travaux de recherche sont nécessaires pour mieux comprendre les impacts et les besoins de précisions climatiques



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Merci pour votre attention

andre.leuxe@developpement-durable.gouv.fr

