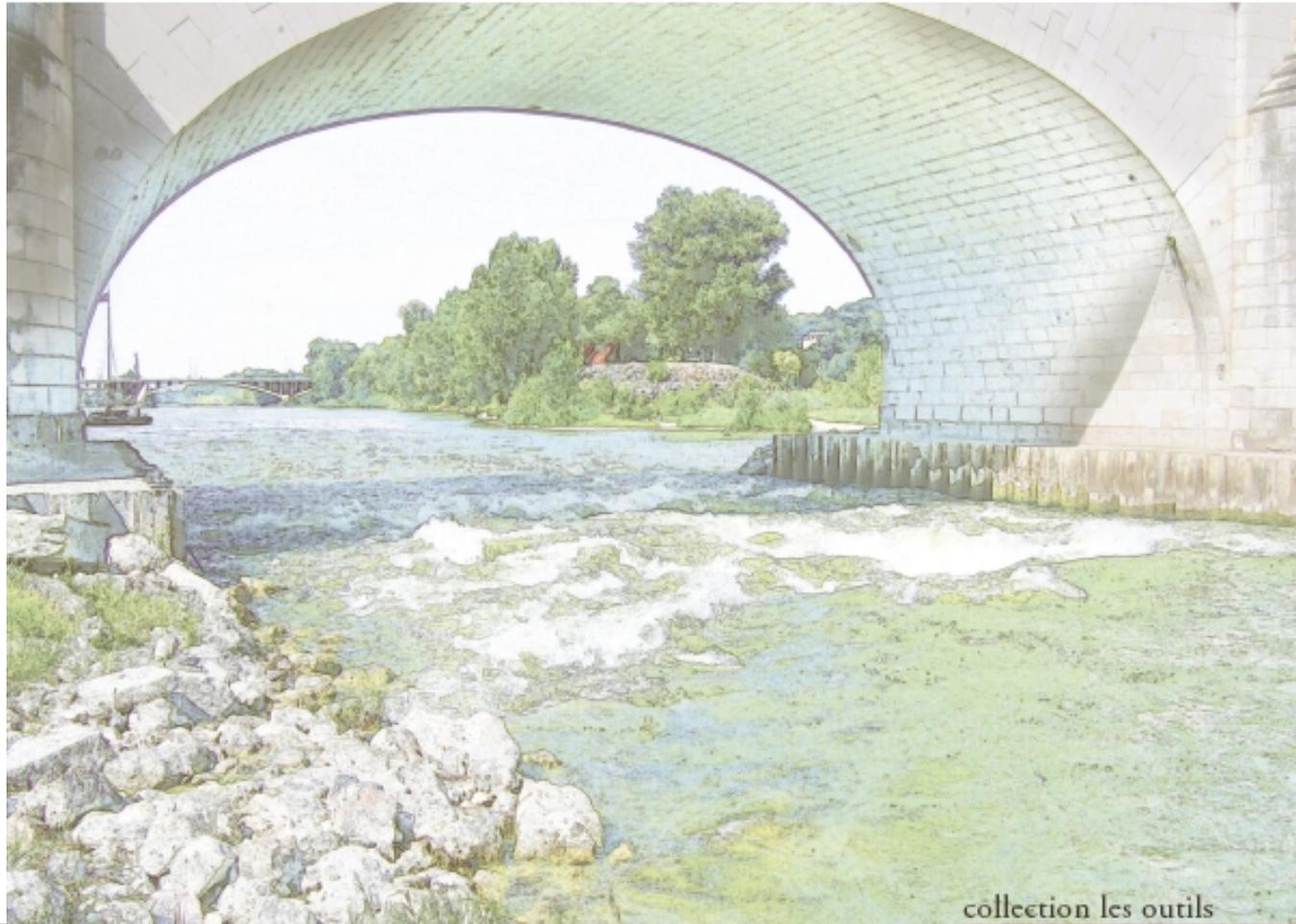


Cours d'eau et ponts



collection les outils



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ministère de l'Écologie
du Développement
et de l'Aménagement
durables

Club OA du CETESO

étude réalisée par

centre d'études
techniques
de l'Équipement
du Sud-Ouest

CETE
du Sud-Ouest

division
ouvrages
d'art

L'objectif

- Le guide a été élaboré pour répondre aux problématiques suivantes :
 - des inondations qui ont toujours existé mais qui se produisent de plus en plus fréquemment, notamment suite à de l'urbanisation du lit majeur des cours d'eau,
 - des ouvrages d'art concernés car ils peuvent à la fois subir des dommages et à la fois, de par leur présence, aggraver les phénomènes d'inondation ou perturber les écosystèmes,
 - une réglementation mise en place (PPRi, Loi sur l'eau) mais qui doit être comprise et correctement appliquée,
 - une prise en compte encore trop tardive dans les études d'ouvrages d'art des données et contraintes liées au cours d'eau.

Nota : Ce guide ne traite pas des buses et petits rétablissements hydrauliques, ni des ponts-canal



La cible

- Maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage, concepteurs d'ouvrages d'art pour :
 - les assister dans la conception des ouvrages de franchissement de cours d'eau et de leurs ouvrages annexes, tels que les remblais d'accès,
 - aider à la compréhension des cours d'eau et de leurs hydrosystèmes, présenter l'ensemble des volets sur lesquels l'interférence entre l'ouvrage et le milieu naturel est à prendre en considération, avec réciprocité possible des impacts.

Le contenu

- Plusieurs volets : l'hydraulique, la morphodynamique, l'hydroécologie et la navigation fluviale.
- Contient les démarches à conduire, des études amont jusqu'à l'exploitation de l'ouvrage.
- Ne reprend ni ne remplace l'ensemble des ouvrages spécialisés sur les divers champs qu'il aborde (bibliographie étoffée).
- Ne développe pas les diverses méthodes de calcul mais incite le maître d'œuvre à recourir à des spécialistes pour les mettre en œuvre.
- Est là pour clarifier les idées du lecteur et lui faciliter le dialogue sur le projet avec les experts et les citoyens.



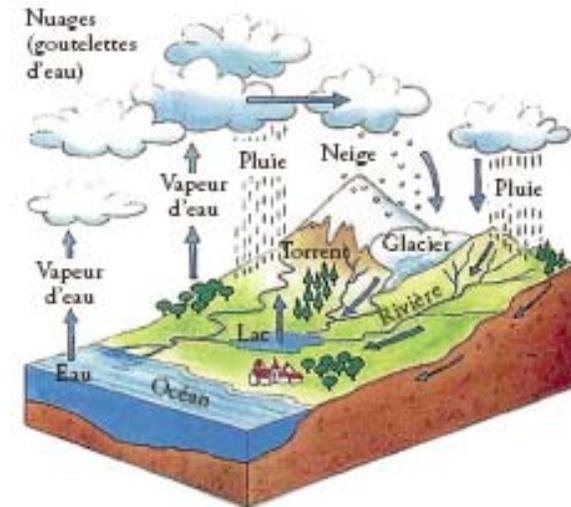
Partie 1



Généralités

Partie 1 : Généralités

- Notions fondamentales sur les cours d'eau
 - Définitions principales
 - Bassin versant, ruissellement
 - Intensité, durée, fréquence des pluies
 - Lit mineur, lit majeur



Partie 1 - Figure 1 : le cycle de l'eau - Swis : J.L. Delgado (GazMidamoni)

- Incidences des ponts sur les cours d'eau
 - Généralités sur le fonctionnement
 - Ouvrage = obstacle à l'écoulement → inondations, érosion, affouillement,
 - Conséquence des travaux

Partie 1 : Généralités

- Cas particuliers des cours d'eau navigables → **chapitre 5**
 - Prise en compte des données spécifiques
 - Gabarits, chocs, protections des berges, signalisation
- Démarche pour la conduite d'une étude hydraulique
 - Généralités sur la Loi sur l'eau et les études hydrauliques
 - Incidence sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité de l'eau
 - Précise les éventuelles mesures compensatoires
 - Études progressives comprenant hydraulique + environnement
 - amont : état initial
 - EPOA : éléments nécessaires pour la DUP
 - POA : dimensionnement détaillé de l'ouvrage + protections
 - volet
 - Études spécialisées à coordonner avec études ouvrage



Partie 2

**Hydraulique
et ponts**

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Hydrologie
 - Occurrence, distribution et circulation des eaux et évaluation des propriétés chimiques et physiques
 - I : intensité des pluies (mm/mn) – P : hauteur des pluies (mm)
 - D : Durée de pluie – F : Fréquence de pluie
 - Étude des bassins versants
 - Temps de concentration, coefficients de ruissellement
 - Évaluation des débits : Q_{10} puis Q_{25} , Q_{50} , Q_{100}
 - Période de retour
 - Crues de référence
 - Crue de projet : PHEC ou centennale
 - Crue de vérification (Q_{100} ou Q_{250}) : pas d'aggravation des inondations
 - Crue de chantier : Q_{10} ou $Q_{10 \times \text{durée du chantier}}$

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Hydraulique :
 - écoulement régi par théorème de Bernouilli
 - Pente, miroir, surface mouillée, rayon hydraulique
 - Régime fluvial (V faible) ou torrentiel (V forte)
 - Rugosité : lit mineur et lit majeur
 - Coef de Strikler K
 - Coef de Manning $n=1/K$

$$H = Z + \frac{V^2}{2g} \qquad \frac{dH}{dx} = -\frac{V^2}{K^2 R_b^{4/3}}$$

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Hydraulique : au droit d'un obstacle
 - Perte de charge localisée
 - Dépend du profilage de l'obstacle (C_x)
 - Survitesses → creusement
 - Remous en amont ou en aval
sur distance dépendant de la pente
et de la vitesse

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Les données à recueillir
 - Études de tracé : rechercher la meilleure zone de franchissement
 - Largeur lit mineur et lit majeur
 - Pente et vitesse en lit mineur
 - Les enjeux amont ou aval (zones potentiellement impactées par remous)
 - APS : ouverture hydraulique et ouvrages de décharge
 - Hauteur d'eau et débits (calcul hydraulique) pour les crues de projet
 - Le nombre, la forme, la distribution des piles envisagées dans le lit mineur
 - Projet :
 - Type ouverture hydraulique, le type d'écoulement au droit de l'ouvrage
 - Les raccordements avec le remblai

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Incidences des ponts sur les écoulements liquides
 - Remous d'exhaussement ...
 - Principalement dus au remblai dans lit majeur, surtout si le débit de lit majeur est important (20% par exemple)
 - Remous excessifs → ouvrages de décharges dont la position et la répartition sont primordiales pour bon écoulement : différentes méthodes d'évaluation des débits
 - Implantation :
 - Les culées ne doivent pas impacter le lit mineur
 - Les piles conduisent à une réduction de 5% de la section
 - Peu de biais

Partie 2 : Hydraulique et ponts

- Embâcles
 - Indications sur les accumulations d'embâcles
 - Calage de l'ouvrage
 - Revanche : 0,60 m pour petits ouvrages
1,00 m pour grands ouvrages



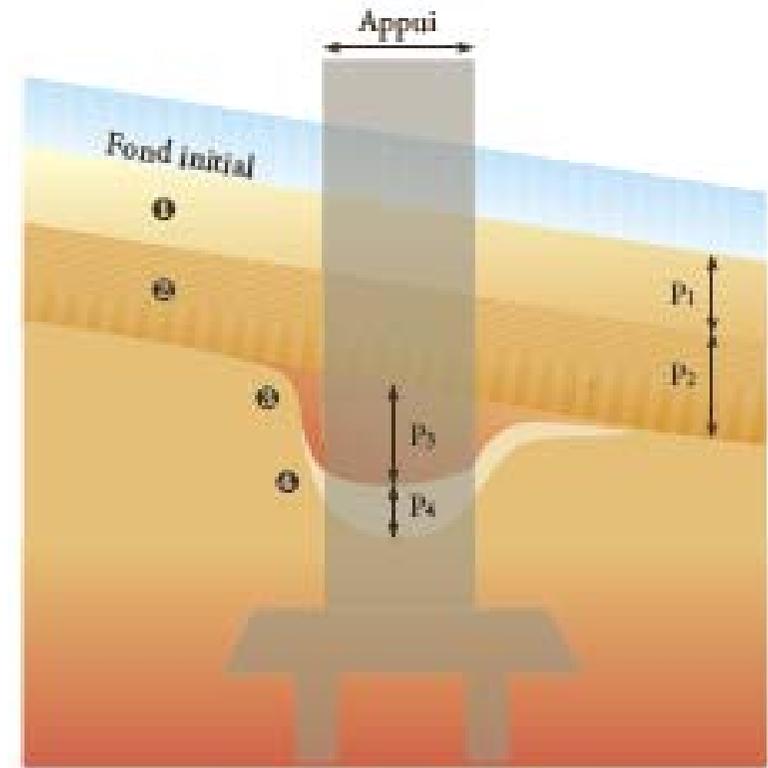
Partie 3 **Morphodynamique
et ponts**

Partie 3 : Morphodynamique et ponts

- Notions de morphodynamique
 - Formes naturelles des rivières, transport solide
 - Adaptation du lit au débit liquide (largeur, profondeur, pente)
 - Adaptation du lit au débit solide (dépôt, érosion)
 - Incidence des interventions humaines
 - Curages, calibrages, défense des berges, endiguements
 - Seuils et dérivation, coupure de méandres
 - Extraction de matériaux
 - Transport solide
 - Transport solide par charriage ou suspension
 - Estimation de la profondeur d'affouillement et de l'érosion des berges (complété par annexe 3.4 du guide)

Partie 3 : Morphodynamique et ponts

- Incidences des ponts
 - Evolution des fonds,
 - affouillement,
 - réduction du lit ...
- Protection des ouvrages
 - Risques de contournement →
↗ ouverture
réaliser un entonnement
 - Protection des berges
techniques végétales
enrochements, gabions, palplanches



- ① Tendances à long terme cumulée avec effets d'accompagnements amont ou aval (ici : creusement)
- ② Mobilisation du fond en crue (profondeur normale d'affouillement)
- ③ Surcreusement généralisé sous le pont
- ④ Surprofondeur d'affouillement en pied de l'appui

Partie 3 - Figure 25 : résumé des risques de creusement à prendre en considération au droit des appuis d'un pont – Source : fonds de Mérou - Case méditerranée - Case Normandie-Centre - Lave de Blot

Partie 3 : Morphodynamique et ponts

- Protection des appuis
 - Enrochements des fonds : dispositifs efficaces et peu coûteux,
 - Zone à traiter autour de la pile, épaisseur, dispositions constructives
 - Détails en annexe 3.2 du guide
 - Cas des culées
 - Murs guide eaux
 - Piles
 - Niveau de fondations hors d'atteinte des fondations



Partie 4

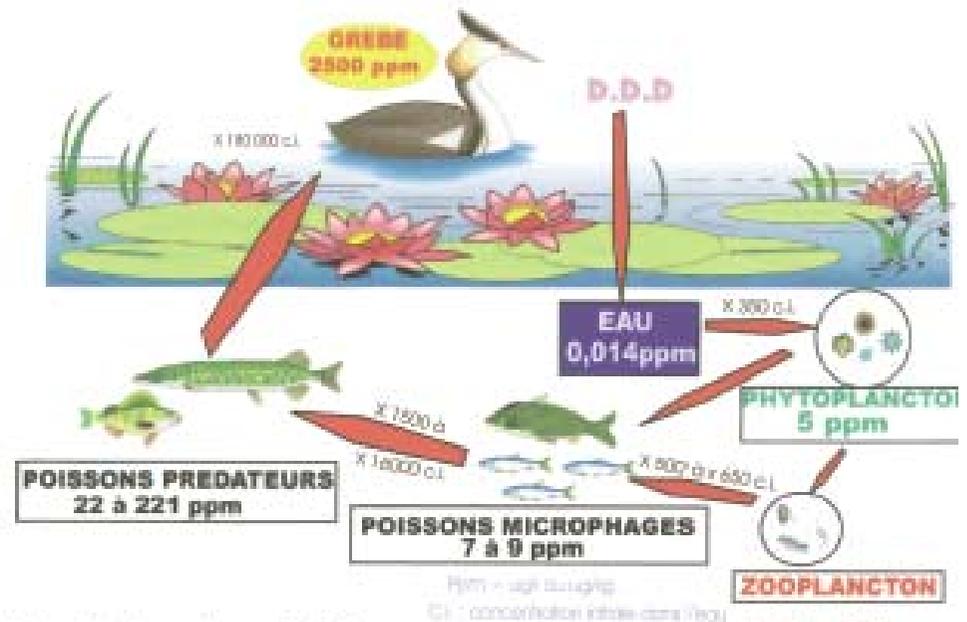
Écosystèmes aquatiques et ponts

Partie 4 : Ecosystèmes aquatiques et ponts

- Notions générales d'hydroécologie
 - Définitions réglementaires des zones humides et cours d'eau
 - Biotope :
 - régime hydrologique, morphologie du cours d'eau, éléments physico-chimiques de l'eau → varie longitudinalement, transversalement verticalement ...
 - Biocénose : groupement d'êtres vivants sur milieu déterminé
 - La chaîne alimentaire : producteur, consommateurs, décomposeurs
 - La faune liée au milieu aquatique : zooplancton, invertébrés, batraciens, reptiles, oiseaux, poissons, mammifères
 - La flore liée au milieu aquatique : du phytoplancton aux herbes et arbustes créant la ripisylve jusqu'à la forêt alluviale

Partie 4 : Ecosystèmes aquatiques et ponts

- Protection de la faune et flore des milieux aquatiques
 - Textes rassemblés dans le code de l'environnement
 - Protection des espèces
 - Listes des espèces
 - Directives européennes
 - Risque juridique
 - Construction sauvage
 - Pollution



Partie 4 - Figure 4 : exemple de bio-concentration d'un insecticide dans le « Clear Lake » aux Etats Unis – Source : Flemer Boettj, 1960

Partie 4 : Ecosystèmes aquatiques et ponts

- Perturbations apportées par les ponts aux écosystèmes aquatiques
 - Conception
 - Éviter les zones sensibles → implantation des appuis, des remblais
 - Dimensions des ouvrages
 - Aménagements particuliers : banquettes,



Partie 4 - Figure 7 : représentation schématique de la hauteur libre sous ouvrage (par rapport aux cheminements aménagés) – Source : D. Lefève (Cercle de Lyon)

Fonction à rétablir	Hauteur libre minimale
Petite faune *	0,70 m
Piétons, pêcheurs, bétail	2,00 m
Cyclistes	2,50 m
Chevreuil, sanglier, cavaliers **	3,50 m
Cerf, daim **	4,00 m
Agricole, forestier	4,60 m

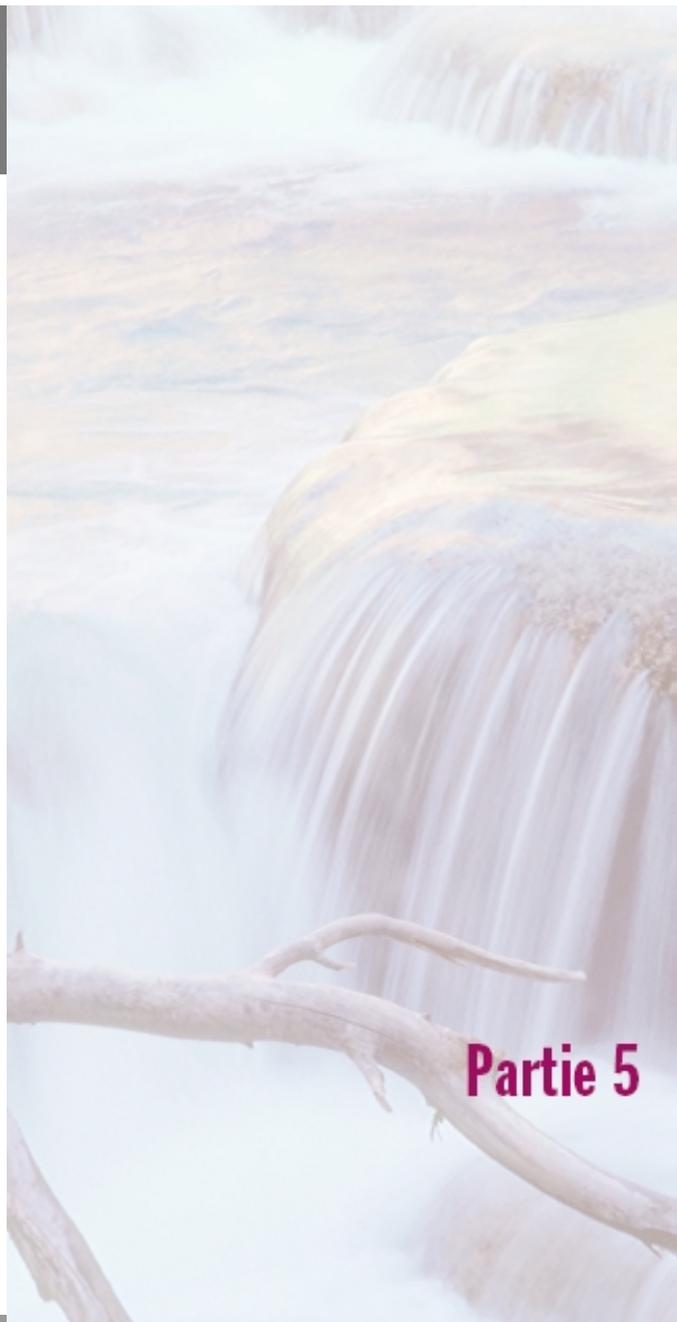
Partie 4 : Ecosystèmes aquatiques et ponts

– Chantier

- Perturbation directe ou du libre déplacement des espèces
- Périodes de travaux propices
- Aménagement provisoires
- Précautions espèces végétales et intrusion espèces invasives

– Exploitation

- Récupération des déchets
- Entretien des berges
- Pollution accidentelle



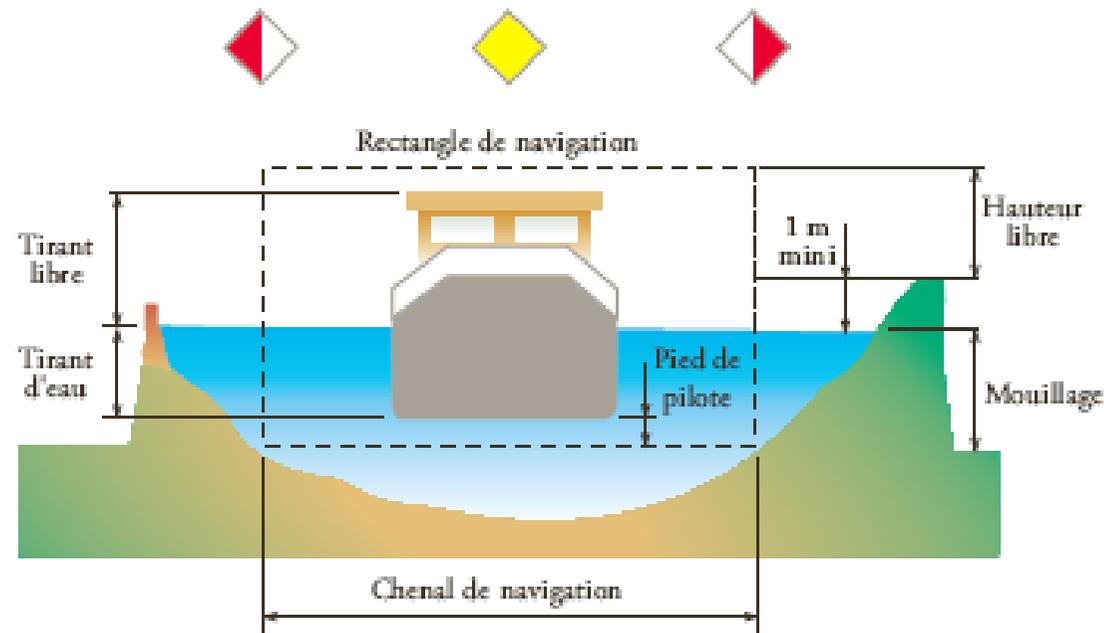
Partie 5



**Navigation fluviale
et ponts**

Partie 5 : navigation fluviale et ponts

- Notions sur la navigation
 - Gabarit des bateaux → différentes classes
 - Évaluation des vitesses et courants dus aux bateaux
 - Manœuvrabilité ...



Partie 5 - Figure 1 : définition des dimensions du bateau et de la voie navigable — Source : petit guide de la voie d'eau (Vier)

Partie 5 : navigation fluviale et ponts

- Incidence sur la navigation
 - Doit être minimale voire nulle : dérogation possible chantier
 - Respect des gabarits + passage de services (3,00 m ou 3,50 m) si canal ou rivière → tableaux fonction des classes

Classe	Hauteur libre (m)	Une passe navigable		Deux passes navigables		Surlargeur
		Ouverture libre normale (m)	Ouverture libre minimale (m)	Ouverture libre minimale (m)	Ouverture libre normale (m)	Courbe de rayon R
0	-	-	-	-	-	-
I	3,70	34	25	15	23	800/R
II	4,10	39	30	-	-	-
III	4,10	39	30	20	24	3 600/R

Classe	Hauteur libre / ligne d'eau	Ouverture libre	
		Une passe navigable	2 passes navigables
I	3,70 / P _{HEN}	25	16
II	4,10 / P _{HEN}	25	16
III	4,10 / P _{HEN}	30	20

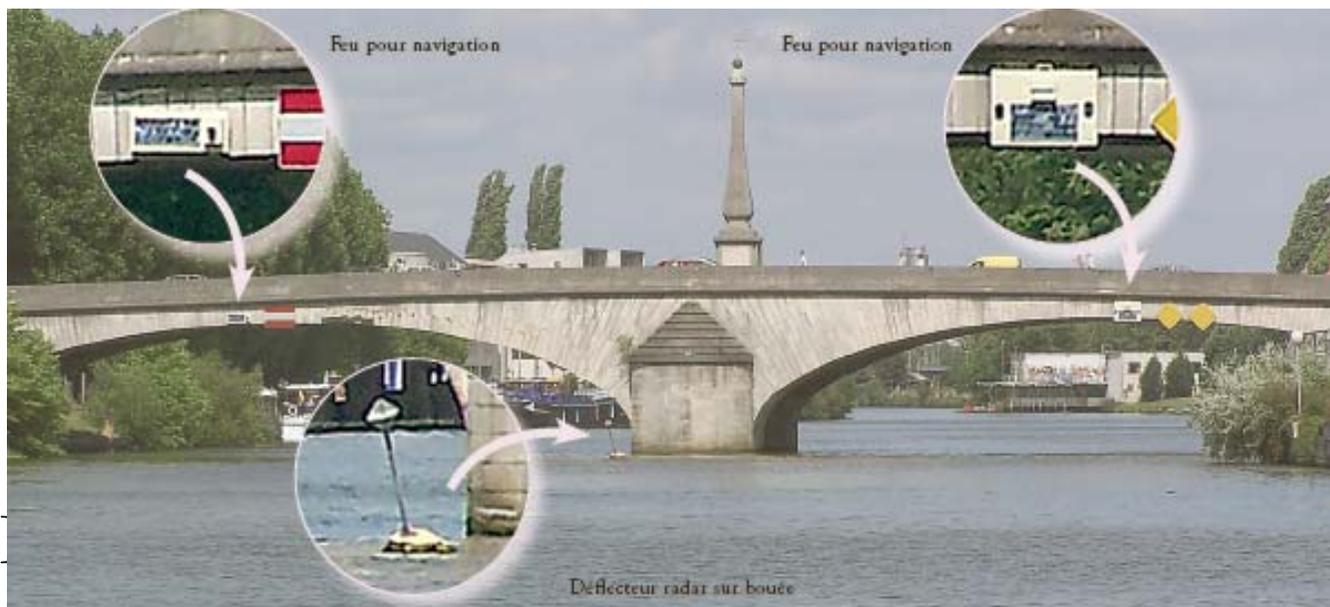
Partie 5 : navigation fluviale et ponts

- Incidence sur le pont
 - Chocs de Bateaux
 - Ce sera l'EC1 et non plus le BAEL

Classe de bateau (CEMT)	Force nominale normale (kN)	Force nominale tangentielle (kN)	Frottement associé à la force tangentielle
I	2 000	1 000	0,4 * Ft
II	3 000	1 500	
III	4 000	2 000	
IV	5 000	2 500	
Va	8 000	3 500	
Vb et Via	10 000	4 000	
VIb	14 000	5 000	
VIc	17 000	8 000	
VII	20 000	10 000	

Partie 5 : navigation fluviale et ponts

- Signalisation



•



Partie 6



Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Réglementation et recommandations pour la prise en compte du cours d'eau dans l'étude d'un ouvrage d'art
 - Nomenclature Loi sur l'eau (autorisation, déclaration) ...
 - des prélèvements restitués ou non dans les eaux superficielles ou souterraines, des modifications de niveau ou du mode d'écoulement des eaux, et des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluant ;
 - des travaux d'assèchement, des remblais, des épandages, des stockages souterrains de produits chimiques et d'hydrocarbures, des forages...



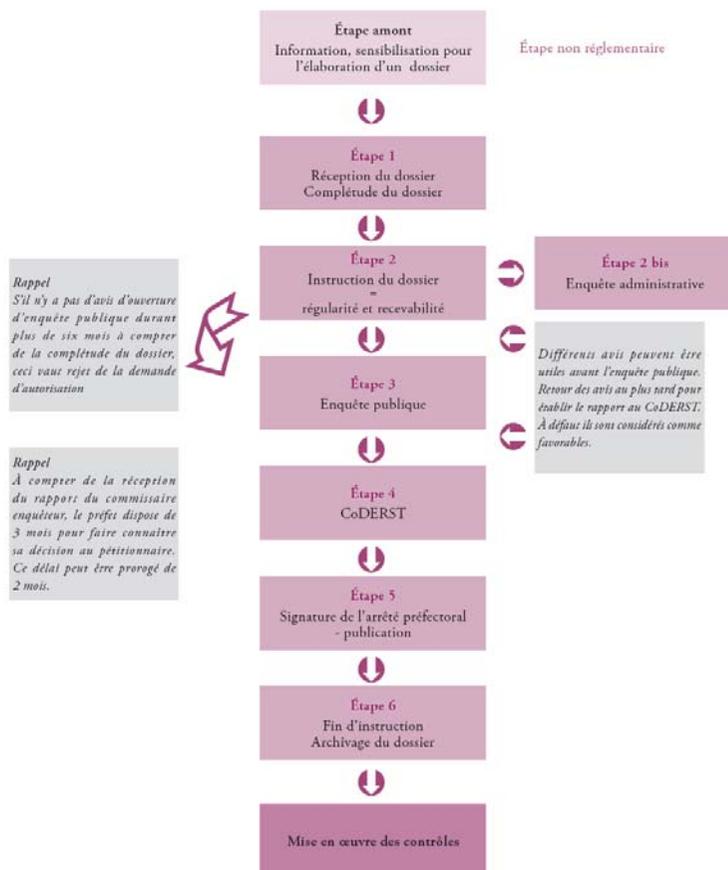
Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Réglementation et recommandations pour la prise en compte du cours d'eau dans l'étude d'un ouvrage d'art

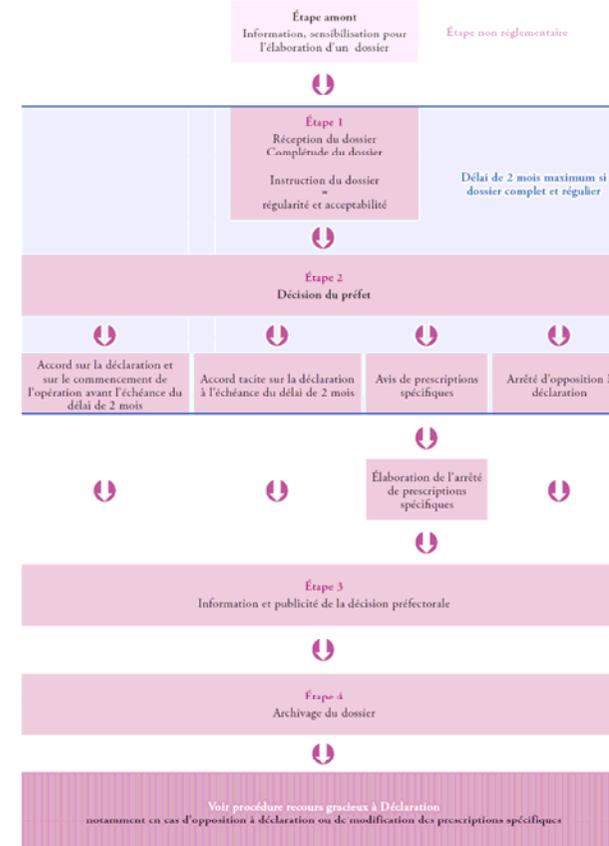
Rubrique	Objet	IOTA (exemples)
1.1.1.0 } 1.1.2.0 }	Forage, sondage, prélèvement dans un système aquifère.	Prélèvement d'eau pour le chantier.
1.2.1.0	Prélèvement dans les eaux superficielles.	Prélèvement d'eau pour le chantier.
1.3.1.0	Prélèvement dans zone avec mesures de répartition quantitative.	
5.1.1.0	Ré-injection dans la même nappe.	Prélèvement d'eau pour chantier.
3.1.1.0	Installation, ouvrages, remblais et épis.	Busage, plateforme...
3.1.2.0	Modification du profil (en long ou en travers).	Idem.
3.1.3.0	Réduction de la luminosité.	Travaux au niveau des ouvrages d'art, buses...

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Logigrammes des procédures d'autorisation et de déclaration



Partie 6 - Figure 2 : logigramme autorisation



Partie 6 - Figure 3 : logigramme déclaration

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Autres réglementations
 - Directive cadre eau
 - Prise en compte des milieux naturels
 - Application de la police de la pêche
- Le dossier loi sur l'eau
 - Prises de contact MISE dès APS
 - Dossier au niveau du projet

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Au stade de l'EPOA
 - Affinage progressif avec hydraulique et environnement
 - Débouché hydraulique, pas d'exhaussement inadmissible, éventuels OA de décharge, « survitesse » admissible
 - Niveau de calage de l'intrados avec revanche et des appareils d'appui (responsabilité du MOA avec EC)
 - Dispositions stabilité des berges
 - Prise en compte des enjeux environnementaux
 - Contraintes d'exploitation du cours d'eau

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Au stade du POA
 - Conception détaillée
 - Définition des ouvrages de protection
 - Étude détaillée des impacts et mesures compensatoires (hydr. et env.)
 - Confirmation de l'étude hydraulique
 - Protection des appuis

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Données nécessaires à l'étude hydraulique
 - Description du projet
 - Données fonctionnelles
 - Données topographiques et bathymétriques
 - Données géologiques et géotechniques
 - Données environnementales
 - Données sur les zones inondables

➔ Tableaux détaillés

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

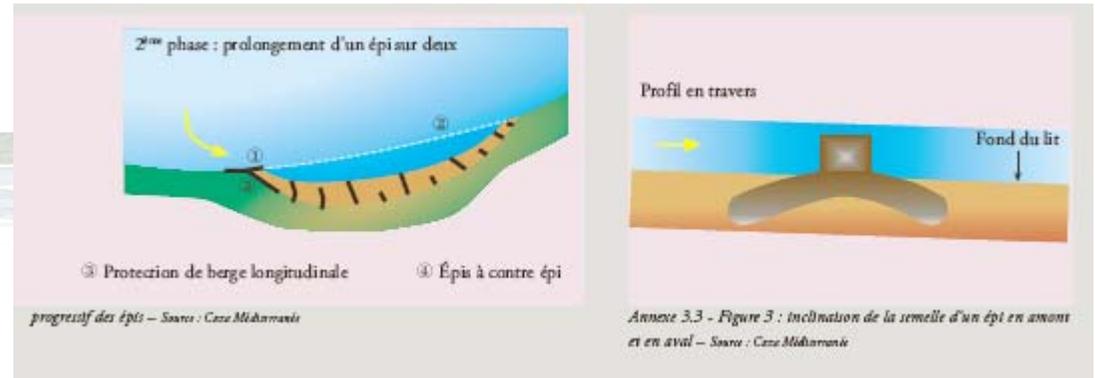
- Phase de chantier
 - Respect de la loi sur l'eau et précautions prévues au marché
 - Être précis dans le DCE : réponses techniques attendues dans PAQ, variantes non autorisées ... prévoir des pénalités
 - Protection des rejets : laitance, produits de forage, hydrocarbures, solvants, polluants « divers »
 - Ouvrages provisoires
 - Être précis dans le DCEDonnées topographiques et bathymétriques

Partie 6 : Prise en compte du cours d'eau, du projet à l'exploitation

- Exploitation
 - Incidence de l'évolution du cours d'eau
 - Faible si les études ont bien appréhendé les choses
 - Incidence de la modification du pont
 - Protection d'appuis, modification de l'aspect biologique
 - Entretien du cours d'eau
 - Végétation, atterrissements
 - Surveillance spécialisée
 - Surveillance continue des fondations (après évènements de crues)
 - Visite annuelle et inspection détaillée

Et aussi :

- Annexes
 - Etude de cas,
 - Protection par enrochements
 - Protection transversales par épis
 - Affouillements
 - Projections dues aux jets d'hélices
 - Exemples ducs d'Albe (Richemond)
- Bibliographie
 - Textes réglementaires et autres textes
- Glossaire des termes techniques



Pour commander

- Sur internet
 - <http://www.setra.equipement.gouv.fr>
- Sur i2 :
 - <http://intra.setra.i2>
- Référence 0721

