



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Les impacts des fondants routiers sur l'environnement

Bilan des connaissances actuelles...



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Pierre-Olivier LAUSECKER



Introduction

I- Composition des fondants routiers

II- Comportement dans l'environnement

III- Ecotoxicologie

IV- Quelques exemples France

V- Conclusion



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

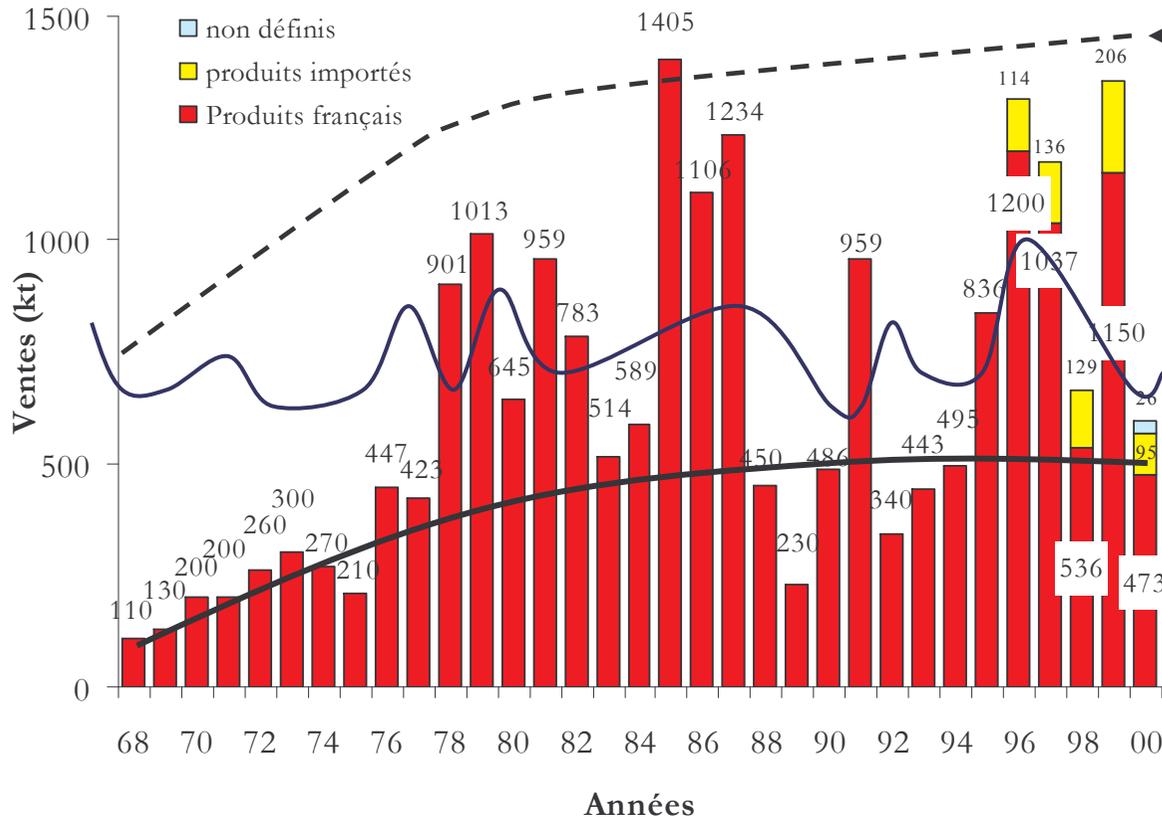


Introduction

de l'Est

Evolution de la consommation Française en fondants routiers en fondants routiers

Milliers de tonnes (histogramme)



Allure de l'allongement des réseaux routiers

Allure de la variation de la Rigueur hivernale (Index IVH)

Tendance d'évolution de la consommation

Aperçu international

	Unités	Canada	Suisse	France	Suede
Longueur total de réseau	milliers de km	1 000	71	1 000	500
Tonnage moyen annuel	milliers de tonnes	5 000	160	1 300	250
Taux linéaire	t/km	5,0	2,3	1,3	0,5

Source: Marchetti et Livet, 2005 ; Queyrel et Livet, 1998

Une évaluation a-t-elle été réalisée en France sur cet aspect ?



Introduction

Debut du
XXème siècle

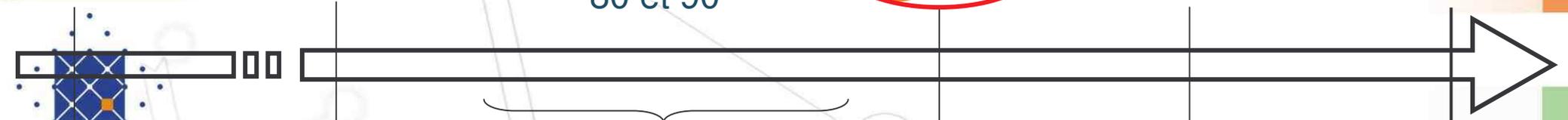
Années 70

Années
80 et 90

1998-2000

2006

2015



Usage non
systématique
à Paris

Usage
systématique
en France
(circ. 71-08),
augmentation
des surfaces
traitees et du
reseau routier

Remise en question
et sensibilisation à
l'optimisation des
quantites à epandre

Necessite
d'integration de
l'environnement
(Directives
européennes)

Initiatives CETE

Aucunes
directives
ministérielles

Séminaire
Fondants et
Environnement-
Paris)

**Aucune
directive
nationale
spécifique**

Atteinte du bon
état écologique
des masses
d'eau en
Europe

Objectif DCE
(Directive
Européenne sur
l'Eau)

Code le l'Environnement Suédois (SFS 1998:808, Ch. 2)

Application à la contamination des sels de voirie par l'Administration Suédoise des Routes.
Appui pour la mise en œuvre d'action d'évaluation des risques et de protection des ressources en eau, de l'environnement et du patrimoine historique.

Comité de recherche au sein de l'administration Suédoise (1998); Etat des lieux national et développement d'outil d'aide à la décision

Art.64 de la Loi Canadienne de Protection de l'Environnement

Appui du ministère de l'environnement à la mise en œuvre d'action de réduction des quantités de sels de fondants routiers épandus sans compromettre la sécurité.

Evaluation du caractère toxique (1999), élaboration d'un guide de gestion (2001) et d'identification des zones vulnérables (2005)...



Introduction

I- Composition des fondants routiers

II- Comportement dans l'environnement

III- Ecotoxicologie

IV- Quelques exemples France

V- Conclusion



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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



Composition des fondants routiers

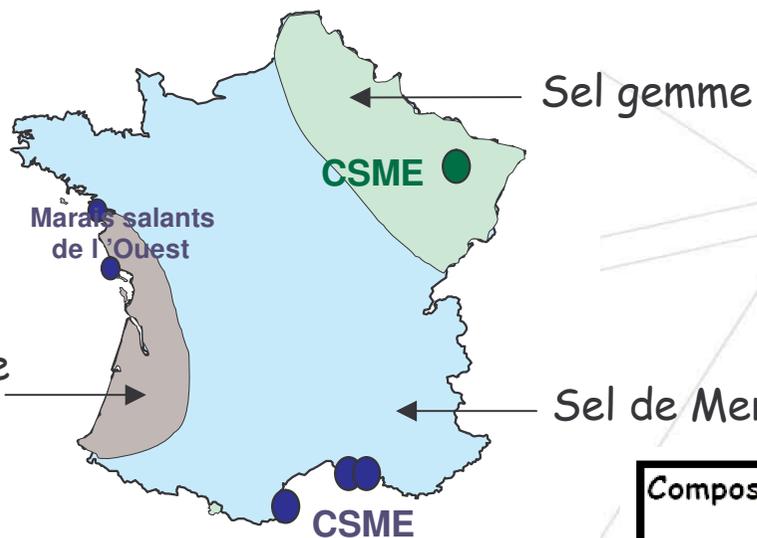
de l'Est

de l'Équipement



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Quasi-absence
d'épandage



Composition	Sel Mer %	S. Gemme %
-		
Chlorure	58,50	56,40
Sodium	37,50	36,60
Sulfates	0,30	0,86
Brome	0,00	0,01
Calcium	0,06	0,36
Magnésium	0,04	0,02
Potassium	0,01	0,01
Hexacyanoferrate de sodium	0,01	0,01
Insolubles		
Sables et argiles	0,90	
Silicates		4,50
Carbonates		0,25
Sulfates		0,25

Libe
REP

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



Introduction

I- Composition des fondants routiers

II- Comportement dans l'environnement

III- Ecotoxicologie

IV- Quelques exemples Français

V- Conclusion



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Vecteurs de dispersion

Rappel des sources naturelles en NaC

- Certain types de roches (sedimentaires)
- Dépôts atmosphériques

Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

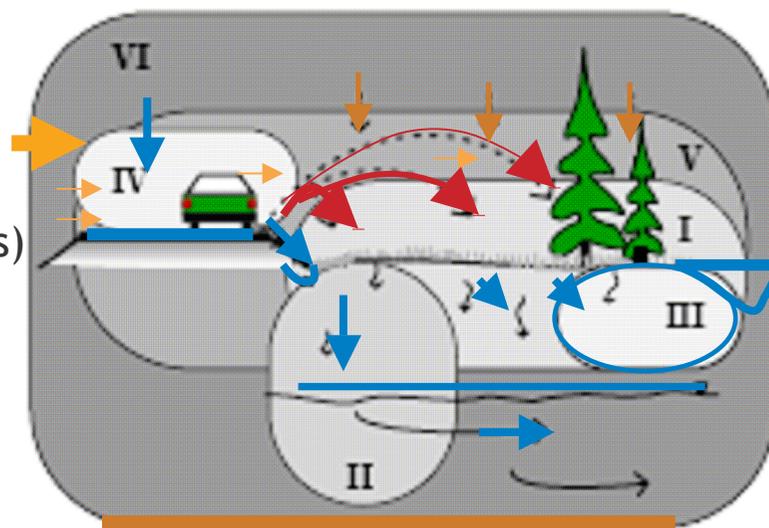
-L'EAU (jusqu'aux limites du bassin versant)

-Le VENT (Jusqu'à plusieurs centaines de mètres)

-La mobilisation par le trafic

=nébulisation et éclaboussures

(Jusqu'à plusieurs centaine de mètre en combinaison avec le vent)



L'atteinte potentielle du milieu est complète: dans le temps comme dans l'espace



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Caractéristique des éléments en présence...



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Conservateur :

n'influent sur sa concentration

ni les réactions biologiques ni les réactions chimiques

Cas de l'ion Chlorure (Cl⁻)

Non conservateur :

concentration dans le milieu

les réactions chimiques et/ou biologiques influent sur sa

Cas de l'ion sodium (Na⁺)

et de l'ensemble du cortège d'ions constituant les fondants routiers



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

et ses conséquences comportementales



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Comportement non conservateur

Sodium
(Na⁺)



- + Affinité avec les particules du sol
- + Rôle dans la capacité d'échange cationique des sols = *caractéristique essentielle à la composition/structure d'un sol*
- + Agit sur l'équilibre osmotique entre la cellule vivante et son environnement (végétal comme animal)



Se stockera préférentiellement dans les sols à l'interface SOL-ORGANISME

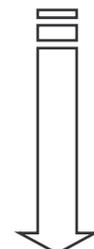
Les ions majoritaires

Chlorure
(Cl⁻)



Comportement conservateur en eau douce

- + Aucune affinité avec les particules du sol
- + Agit sur l'équilibre osmotique entre la cellule vivante et son environnement (végétal comme animal)



Suivra le cycle de l'eau, se stockera là où l'eau stagne



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

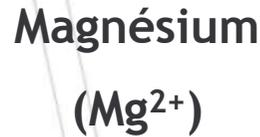
Les ions minoritaires ...



Réseau
Scientifique
de l'Équipement
-peut s'associer aux
éléments métalliques

-forme des sulfures sous
forme réduites

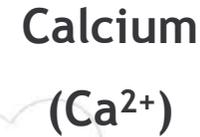
-présent en faible
concentration dans
l'environnement, élément
essentiel à la vie des
organismes (protéines)



-micronutriment
essentiel aux
végétaux comme
aux animaux dont
l'homme

-rôle indispensable
dans la
photosynthèse

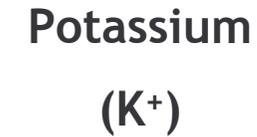
-plus soluble que le
calcium, il précipitera
rarement



-micronutriment
essentiel pour les
végétaux

-précipite avec le
bicarbonate

-facilement
mobilisable dans
le sol



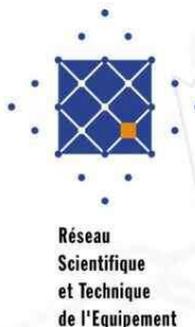
-concentration constante
dans les cellules
animales

-nutriments
indispensables aux
végétaux supérieurs

Stockage préférenciel à l'interface SOL-ORGANISME-EAU



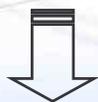
Les ions à toxicité potentielle forte



Le Brome (Br^-)



Non conservateur



- ion métallique à forte toxicité en cas d'inhalation (seuil d'effet irréversible: 7 mg/m^3 après 120 minutes d'exposition)
- ion bioaccumulable
- sous forme liquide il génère des effets irréversibles et graves (glande thyroïde, système nerveux...)
- effet corrosif et destructeur de la matière organique

Ferrocyanure de sodium ($\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$)

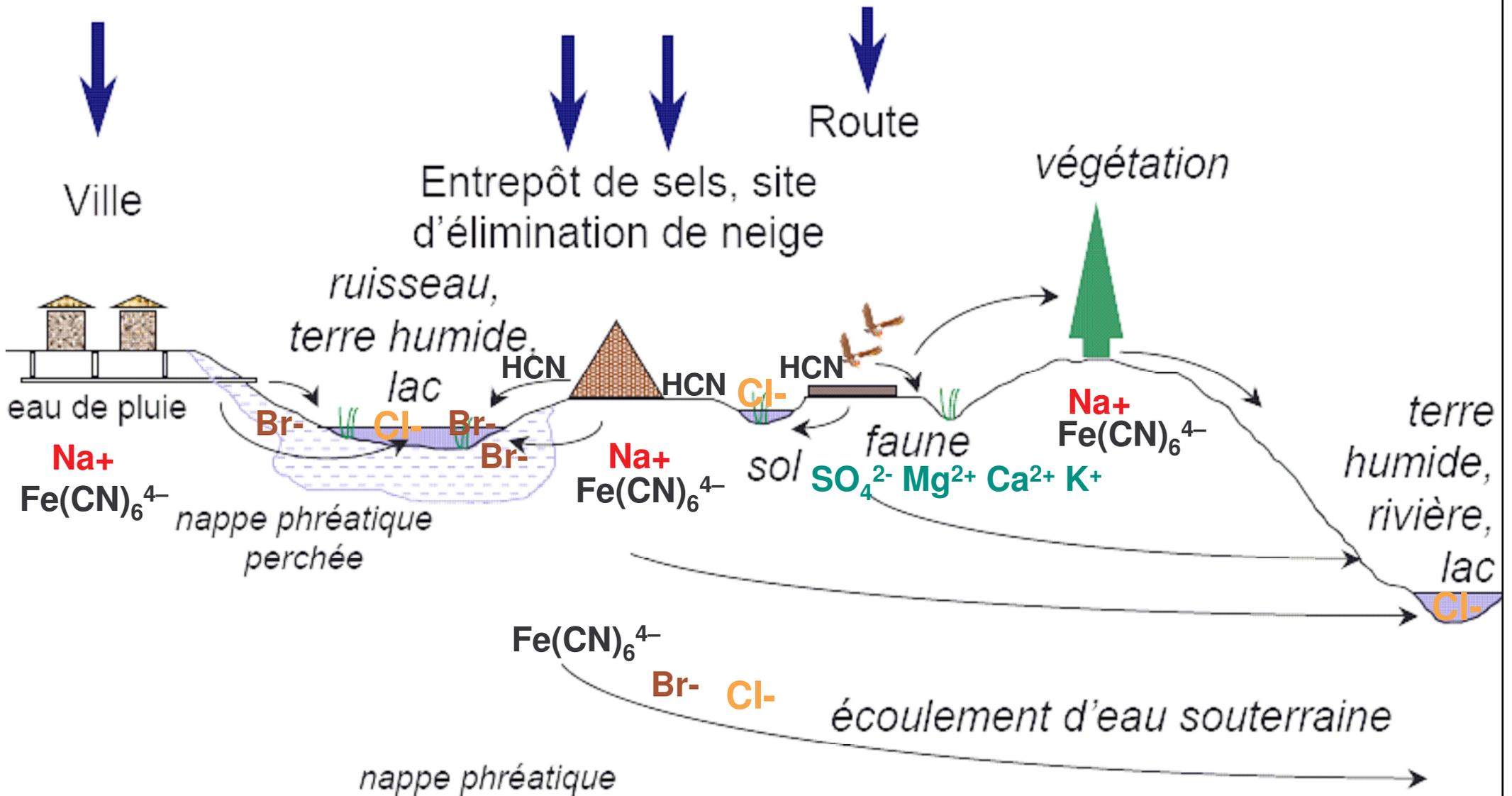


Non conservateur



- absent à l'état naturel dans l'environnement. On le retrouve pourtant naturellement dans plus de 2000 plantes
- se dissout dans l'eau et libère l'anion ferrocyanure (stable et peu toxique)
- libération d'ion cyanure dans l'eau sous l'action de la photolyse et dans des conditions acides
- s'accumule dans les eaux souterraines mais se trouve rapidement chélaté ou adsorbé (argile/matière organique)

Zones préférentielles d'accumulation





Introduction

I- Composition des fondants routiers

II- Comportement dans l'environnement

III- Ecotoxicologie

IV- Quelques exemples Français

V- Conclusion



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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



Quelques idées de seuils de toxicité

de l'Est

de l'Équipement



<24 h d'exposition

Nom commun/ taxon	NaCl (mg/L)	Cl (mg/L)
crapet arlequin	20 000	12 132
truite arc-en-ciel	20 000	12 132

CE50 concentration efficace
moyenne

CL50 concentration létale
moyenne

Espèce	Nom commun/ taxon	NaCl (mg/L)	Cl (mg/L)	Réaction
<i>Daphnia magna</i>	cladocère	6 031	3 660	CL ₅₀
<i>Daphnia magna</i>	cladocère	5 777	3 506	CE ₅₀ (nombre moyen de portées)
<i>Pimephales promelas</i>	larve de tête- de-boule	5 490	3 330	CL ₅₀
<i>Pimephales promelas</i>	larve de tête- de-boule	4 990	3 029	CE ₅₀ (croissance)
<i>Xenopus laevis</i>	embryon de grenouille	2 940	1 784	CL ₅₀
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	embryon/alevin de truite arc-en-ciel	2 630	1 595	CL ₅₀ (survie)
<i>Xenopus laevis</i>	embryon de grenouille	2 510	1 524	CE ₅₀ (survie)
<i>Nitzschia linearis</i>	diatomée	2 430	1 474	CE ₅₀ (nombre de cellules)
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	cladocère	1 761	1 088	CE ₅₀ (nombre total de descendants)
<i>Pimephales promelas</i>	embryon de tête-de-boule	1 440	874	CL ₅₀ (survie)

Après 7 jours d'exposition

(cas des masses d'eau peu profondes à faible renouvellement d'eau...)

Quelques idées de seuils de toxicité

de l'Est

de l'Équipement

VTC : Valeur critique de la toxicité



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

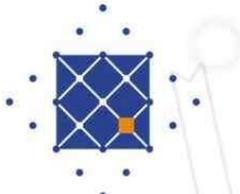
**Des impacts
susceptibles de toucher
l'ensemble d'une chaîne
trophique**

Organisme	Durée d'exposition/ paramètre	VCT Cl (mgL)	Référence
1. Champignons Champignon aquatique inconnu	48-heures/accroissement de la sporulation	659 (400)	Sridhar et Barlocher, 1997
2. Protozoaires <i>Euglena gracilis</i>	17 jours/réduction de 16 % de cellules cultivées à la lumière	577 (350)	Gonzalez- Moreno <i>et al.</i> , 1997
3. Phytoplanctons <i>Nitzschia linearis</i>	120 heures/réduction de 50 % du nombre de cellules	2 430 (1 475)	Patrick <i>et al.</i> , 1968
4. Macrophytes <i>Sphagnum fimbriatum</i>	45 jours/réduction de 43 % de la croissance	2 471 (1 500)	Wilcox, 1984
5. Zooplanctons <i>Ceriodaphnia dubia</i>	7 jours/50% de mortalité	2 019 (1 260)	Birge <i>et al.</i> , 1985 Cowgill et Milazzo, 1990
6. Invertébrés benthiques <i>Nais variabilis</i>	CL ₂₅ après 48 heures	2 000 (1 214)	Hamilton <i>et al.</i> , 1975
7. Invertébrés benthiques <i>Nais variabilis</i>	CE ₅₀ après 7 jours	2 510 (1 524)	Beak, 1999
8. Poisson <i>Oncorhynchus mykiss</i>	CE ₂₅ après 7 jours, oeuf/embryon	1 630 (989)	Beak, 1999

Un impact potentiel sur la biodiversité

de l'Est

Pour une toxicité chronique (>48h)



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

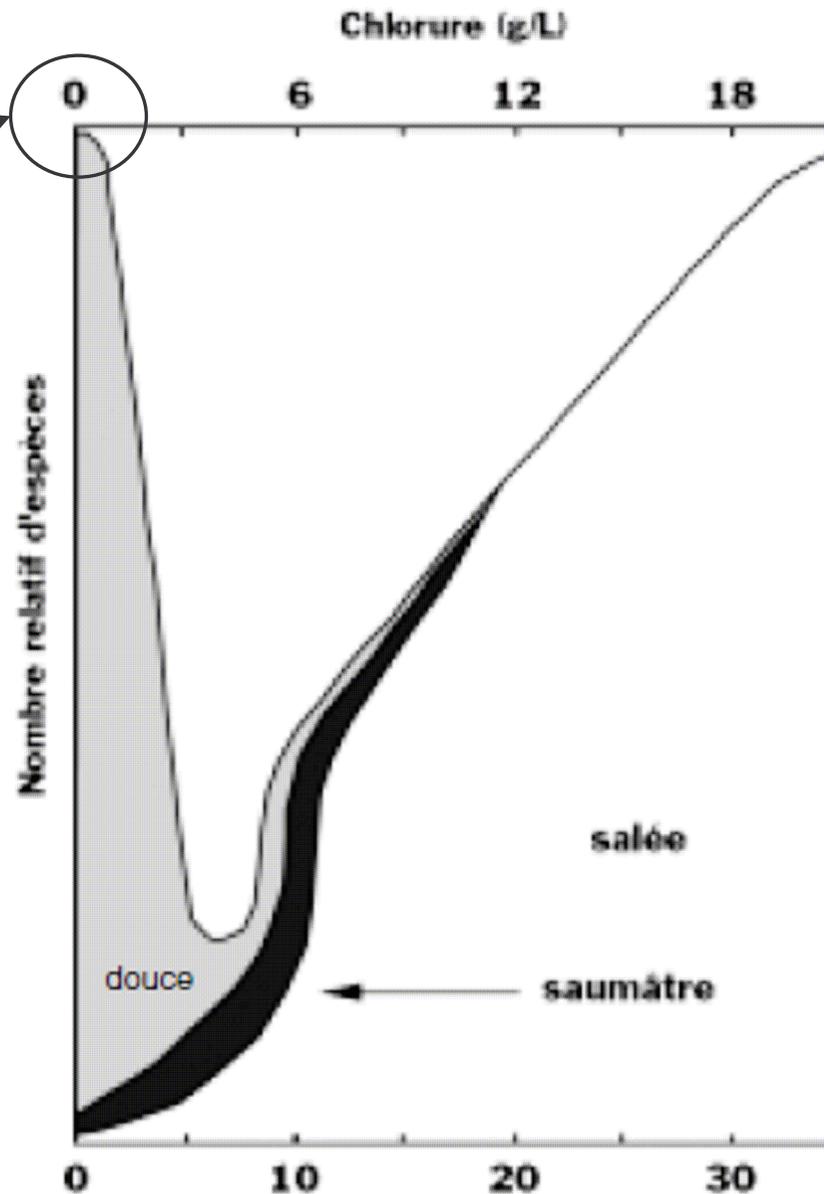
Entre 1000 mg.l-1 et 3000mg.l-1 de chlorure, la diversité d'espèce d'eau douce chute brutalement



Salinités comprises entre 150 mg.l-1 et 1500 mg.l-1

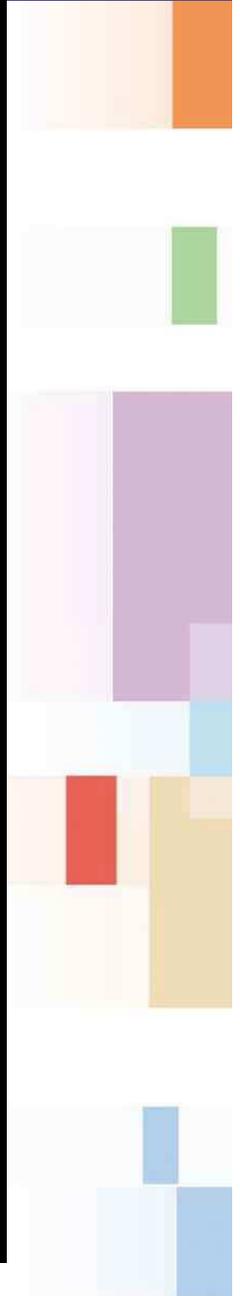
Pour les eaux de ruissellement issues:

- d'autoroutes,
- de neige usées
- ou encore de lixiviat de stockage de fondants routiers



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

Wetzel, 1983



Quelques idées de seuils de toxicité

de l'Est

de l'Équipement

Au delà des études d'écotoxicologie, la connaissance des espèces dans leur milieu montrent des exigences pour leur développement, leur reproduction....



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Espèce	pH	Phosphore total (µg/L)	Chlorure (mg/L)
<i>Achnanthes altaica</i>	6,8	7	0,7
<i>Achnanthes clevei</i>	8,1	7	8,7
<i>Amphora ovalis</i>	8,0	22	4,2
<i>Amphora perpusilla</i>	8,3	25	21,0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	8,3	66	39,5
<i>Cymbella cesatii</i>	7,8	10	0,7
<i>Fragilaria crotonensis</i>	8,0	14	6,9
<i>Navicula bremensis</i>	6,2	7	0,5
<i>Nitzschia linearis</i>	7,4	8	0,8
<i>Stephanodiscus niagrae</i>	8,1	16	10,5
<i>Synedra ulna</i>	7,9	15	4,5
<i>Tabellaria fenestrata</i>	7,5	13	1,8
<i>Tabellaria quadrisepata</i>	5,5	11	1,1

Exemple des Diatomées, à la base des chaînes alimentaires en milieu d'eau douce

Dixit & al., 1999

Des seuils bien en deçà des observations dans le milieu naturel....

Quelles sont les conséquences à long terme sur le fonctionnement du milieu naturel?

Les effets à long terme sur le fonctionnement des écosystèmes

Perturbation des écosystèmes aquatiques



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

-gradient de salinité dans les lacs et étang pouvant empêcher le renouvellement et l'oxygénation des couches profondes

-modifications profondes des communautés (champignons, algues, macroinvertébrés, végétaux etc...) et leurs répercussions sur les chaînes trophiques

tels
-perturbation du processus de décomposition au travers d'effets indirects que la mobilisation des particules du sol, de la modification des groupes trophiques etc...

Perturbation des écosystèmes terrestres

(brûlures, route...)
-dégradation de l'équilibre osmotique de végétaux supérieurs
dessèchement des tissus, effets létaux observé en bord de

-modification de la structure et de la composition du sol,

-pertes de cations basiques

du
-perturbation des communautés bactériennes, de la faune du sol et processus fonctionnels de dégradation de la matière organique

-mobilisation des métaux lourds présents dans les fossés, bassin de décantation d'eau pluviale, et sols contaminés etc...

Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ministère de l'Écologie

du Développement

et des Aménagements

durables



Introduction

I- Composition des fondants routiers

II- Comportement dans l'environnement

III- Ecotoxicologie

IV- Exemples Français

V- Conclusion



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

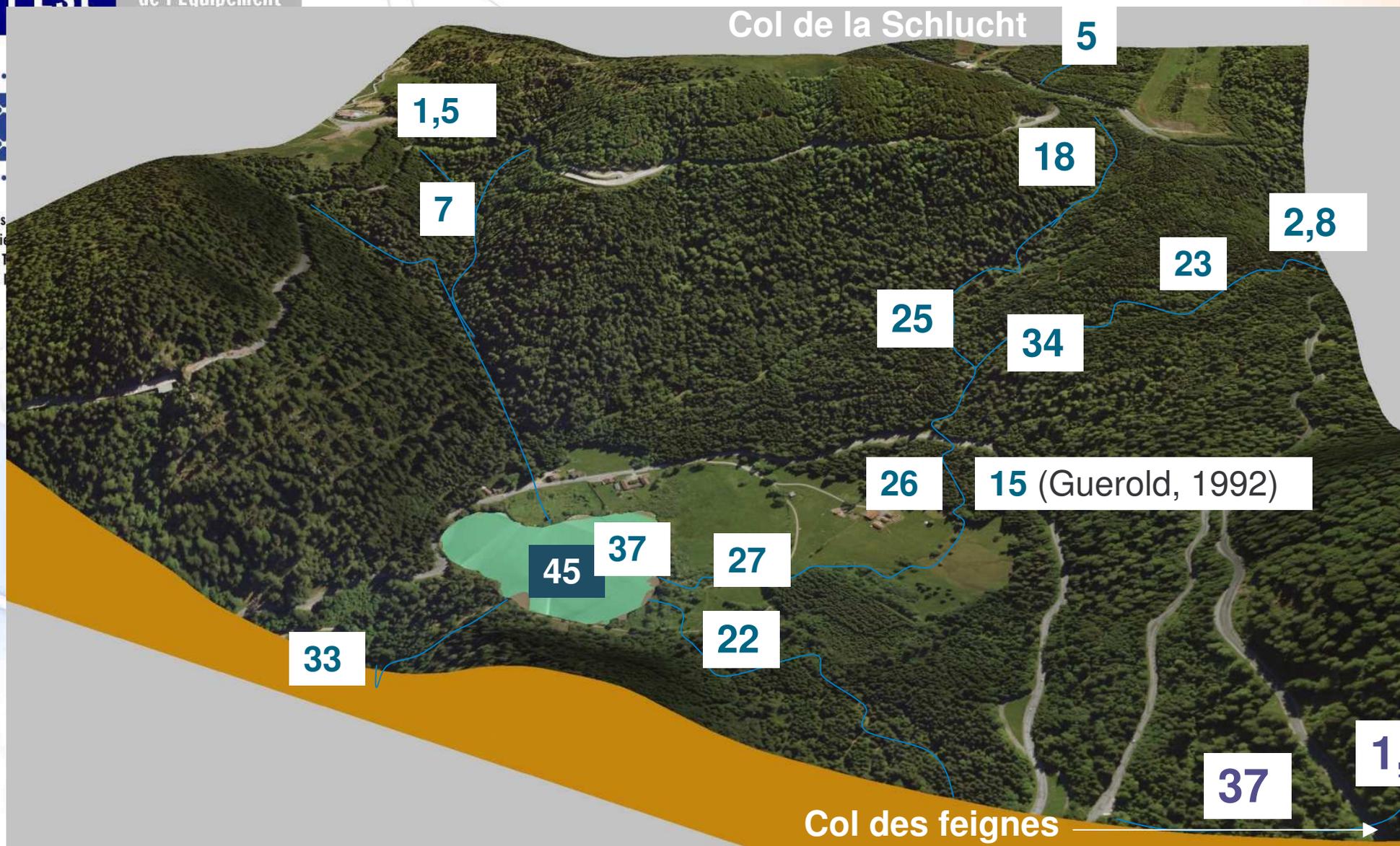
ministère de l'Écologie
du Développement
et de l'Aménagement
durables



Les eaux du bassin versant et lac de Retournemer (88)

de l'Est

Techniques
de l'Équipement



Unité C(Cl⁻): mg/L

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ministère de l'Écologie
du Développement
et de l'Aménagement
durables

Acquisition à l'été, Juil.2006

Evolution des teneurs en NaCl pour les lacs de Gérardmer et Longemer

de l'Est

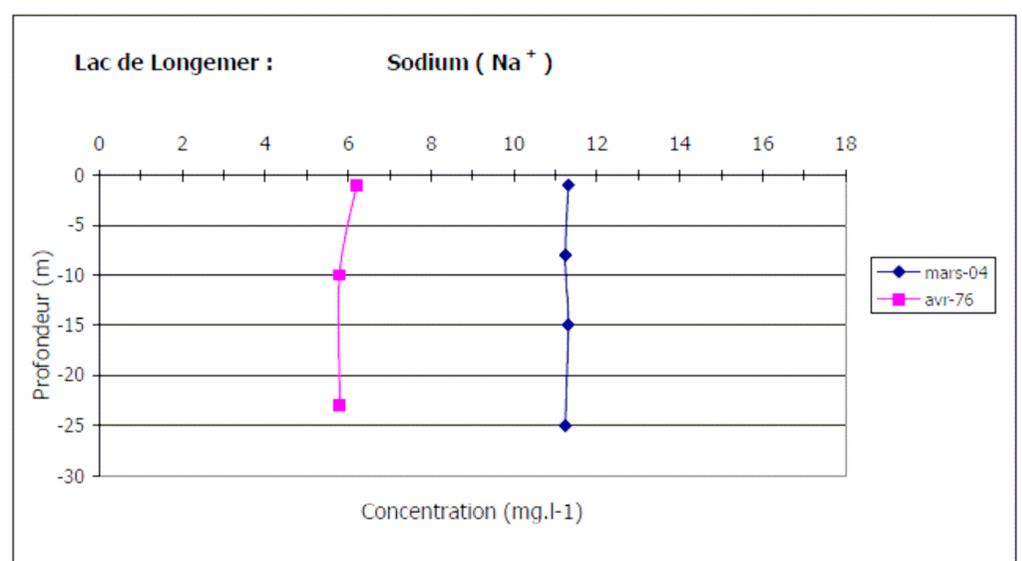
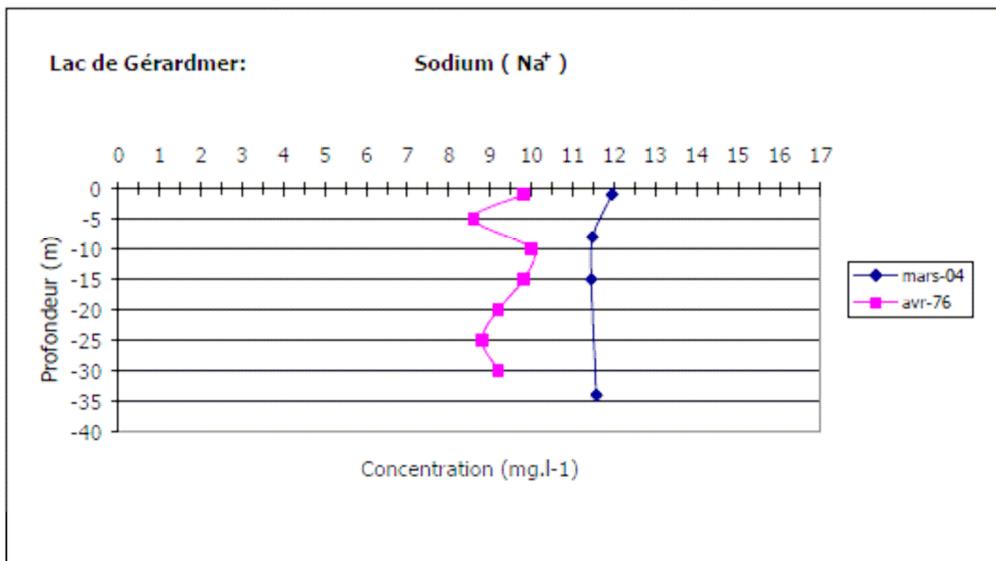
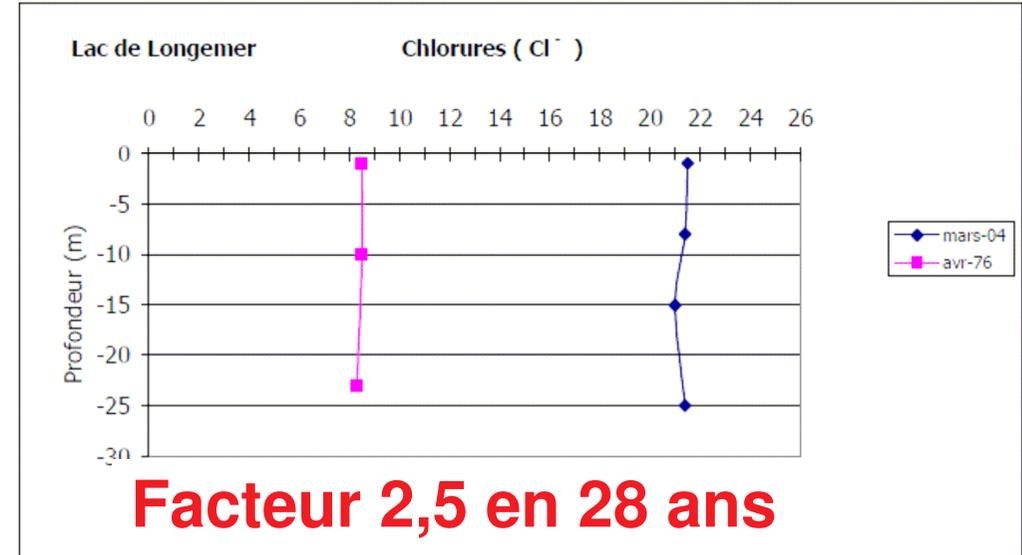
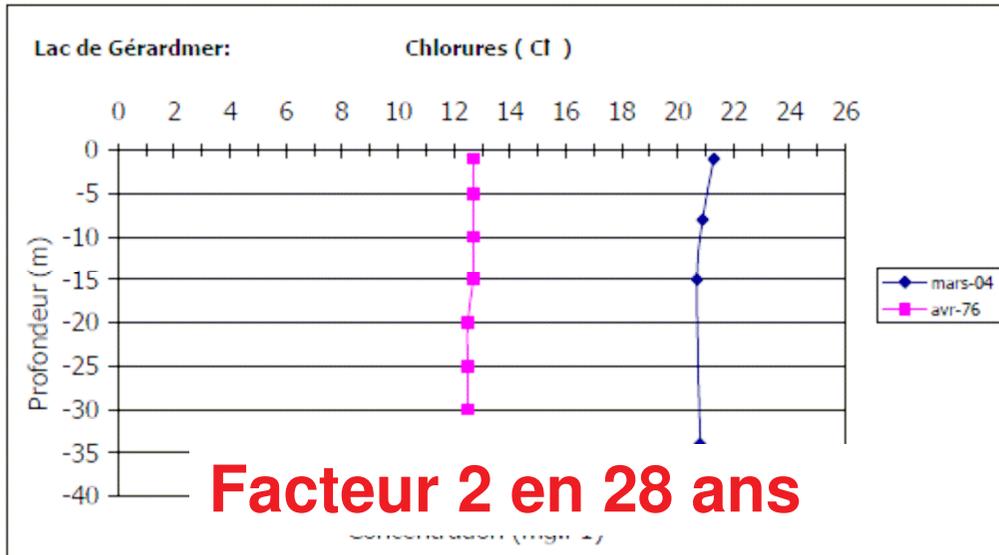
de l'Équipement

1976

2004

1976

2004

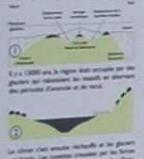


Les études approfondies du lac Luitel (Isère) - Carole DESPLANQUE



Lac Luitel Réserve Naturelle

Le Lac Luitel correspond au troisième épisode de la vie d'une tourbière



Il y a 12000 ans, la région était occupée par des glaciers qui ont laissé un lac rempli de sédiments au pied de l'amas de glace et de roches.

Le climat s'est assoupli et les glaciers ont fondu. Les sédiments ont été déposés au pied de l'amas de glace et de roches.

Le lac Luitel est un lac rempli de sédiments et de roches. Les sédiments ont été déposés au pied de l'amas de glace et de roches.

La diversité des milieux présents confère au site une faune et une flore très riches. Le milieu est très pauvre, pour résoudre les problèmes de nutrition, certaines plantes possèdent des pièges qui capturent de petits insectes ou crustacés épiques emulsés par des enzymes ; d'autres sont associées à des champignons.



L'ensemble des réseaux de sphaignes sont colonisés le lac ; les zones d'eau libre sont appelées à régénérer et à disparaître avec le temps.

Rappel : il est interdit et dangereux de s'aventurer sur le lac - tourbières.

Arrêté du 15/03/1961 remplacé par le décret ministériel du 03/04/1991
Gestionnaire : Office National des Forêts 9 quai Cyprien 38000 Grenoble Cedex
La Réserve Naturelle du Lac Luitel est gérée par l'Office National des Forêts et le Département de l'Isère.
Financé par le Ministère de l'Environnement et le Conseil Régional Rhône-Alpes et le Conseil Général de l'Isère.



Les premiers éléments de diagnostic de la perturbation

1951 : premier inventaire du phytoplancton : 243 espèces d'algues dont 201 desmidiées (espèces typiques lac-tourbière oligotrophe)

(Baier, 1952, 1957)

Chlorures :

3,7 mg/l en 1955 (Joly, 1960)

34 mg/l en 1982 (Cerrep, 1982)

49 mg/l en 1999 (Renaudin, 1999)



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Phase 1 - Diagnostic - évolution du phytoplancton

Diversité spécifique :

1952 : 243 espèces

2002 : 106 espèces

Desmidiées (espèces typiques des lacs-tourbières oligotrophes):

1952 : 83%

2002 : 12%

En 2002, une espèce constitue plus de 42% du peuplement total

Synechocystis salina, petite cyanobactérie des eaux légèrement saumâtres

Travaux de Druart - inventaire phytoplanctonique (2001, 2002)

Effets des fondants routiers considérés par la communauté scientifique:

La toxicité des fondants se révèle à court terme en considérant des expositions chroniques à de fortes concentrations,

et à long terme sur des expositions qui semblent dérisoires, mais pourtant, les modifications des écosystèmes sont profondes.

La France ne s'est pas encore munie d'une réglementation de l'usage des fondants routiers, pourtant les initiatives d'autres états ont montré son importance.

Une prise de conscience doit pouvoir se généraliser par ailleurs en France. Notamment en s'appuyant sur des collaborations étroites entre les organismes chargés de la protection de l'environnement et les gestionnaires routiers.

CETE
de l'Est

centre
d'Études
techniques
de l'Équipement



Réseau
Scientifique
et Technique
de l'Équipement

Merci de votre attention...



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

