



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Fiche de données MIKRO
Produits chimiques industriels
Retardateurs de flamme

Retardateurs de flamme

1. Données générales sur les substances

Tableau 1 : Données générales sur les substances

Nom de la substance	N° CAS	Désignation commerciale (exemples)	Utilisation	Référence bibliographique
Tris(2-chloroéthyl) phosphate (TCEP)	115-96-8		Retardateur de flamme, plastifiant ; en particulier dans les mousses en PU, les colles, les laques, les peintures, les enduits (n'est plus utilisé en raison de son effet cancérigène)	(1), (6)
Tris(2-chloropropyl) phosphate (TCPP)	13674-84-5	Fyrol PCF (AKZO NOBEL, 1995) Antiblaze TMCP (ALBRIGHT & WILSON, 1998) Levargard (BAYER, 1999) TCPP (CLARIANT, 1999)	Voir TCEP – présent dans les matelas et les meubles rembourrés par ex. en raison de son utilisation dans les mousses en PU (<i>également suspecté d'avoir un effet cancérigène</i>)	(2), (6), (8)
Tris(dichloropropyl) phosphate (TDCP)	13674-87-8		Utilisé principalement comme plastifiant en raison de ses propriétés de retardateur de flamme dans le polyuréthane (industrie du textile, du bâtiment, de l'ameublement, industrie automobile) ; n'est utilisé que dans des applications spéciales (<i>considéré cancérigène</i>)	(6)
Tri-n-butylphosphate (TnBP)	126-73-8		Utilisé comme composant de laque et comme plastifiant ; selon (1) dans les liquides hydrauliques ; anti-moussant	(3), (6)

Nom de la substance	N° CAS	Désignation commerciale (exemples)	Utilisation	Référence bibliographique
			dans la fabrication du béton ; industrie du textile et du papier ; (<i>considéré neurotoxique</i>)	
Tri-isobutylphosphate (TiBP)	126-71-6		Substance de remplacement utilisée dans la fabrication du papier et du textile ; lubrifiant, plastifiant ; utilisé pour régulariser la porosité	(5), (6)
Triphénylphosphate (TPP)	115-86-6		utilisé comme plastifiant dans les masses plastiques et entre dans la composition des peintures ; utilisation dans les appareils électroniques (boîtier)	(3)
Tris(butoxyéthyl)phosphate (TBEP)	78-51-3		Utilisé comme plastifiant dans les produits d'entretien des sols, les plastiques et le caoutchouc ; comme adjuvant dans les mousses	(4)
Oxyde de triphénylphosphine (TPPO)	791-28-6		Sous-produit réactif des applications de triphénylphosphane ou de dérivés. (par ex. réaction de Wittig / enchaînement de liens C-C)	
Ethylhexyldiphénylphosphate (EHDPP)	1241-94-7			
Tris(éthylhexyl)phosphate (TEHP)	78-42-2	99% (SIGMA-ALDRICH, 1999, ALBRIGHT & WILSON, 1989, BAYER AG, 1999)		(8)
Tricrésylphosphate (TCP)	1330-78-5 (mélange d'isomères) ; 78-30-8 (o-o-o—TCP); 563-04-2 m-m-	Tritolylphosphates (SIGMA-ALDRICH, 1999) Lindol (AKZO NOBEL, 1996) Disflamoll TKP (BAYER AG, 1999)		(8)

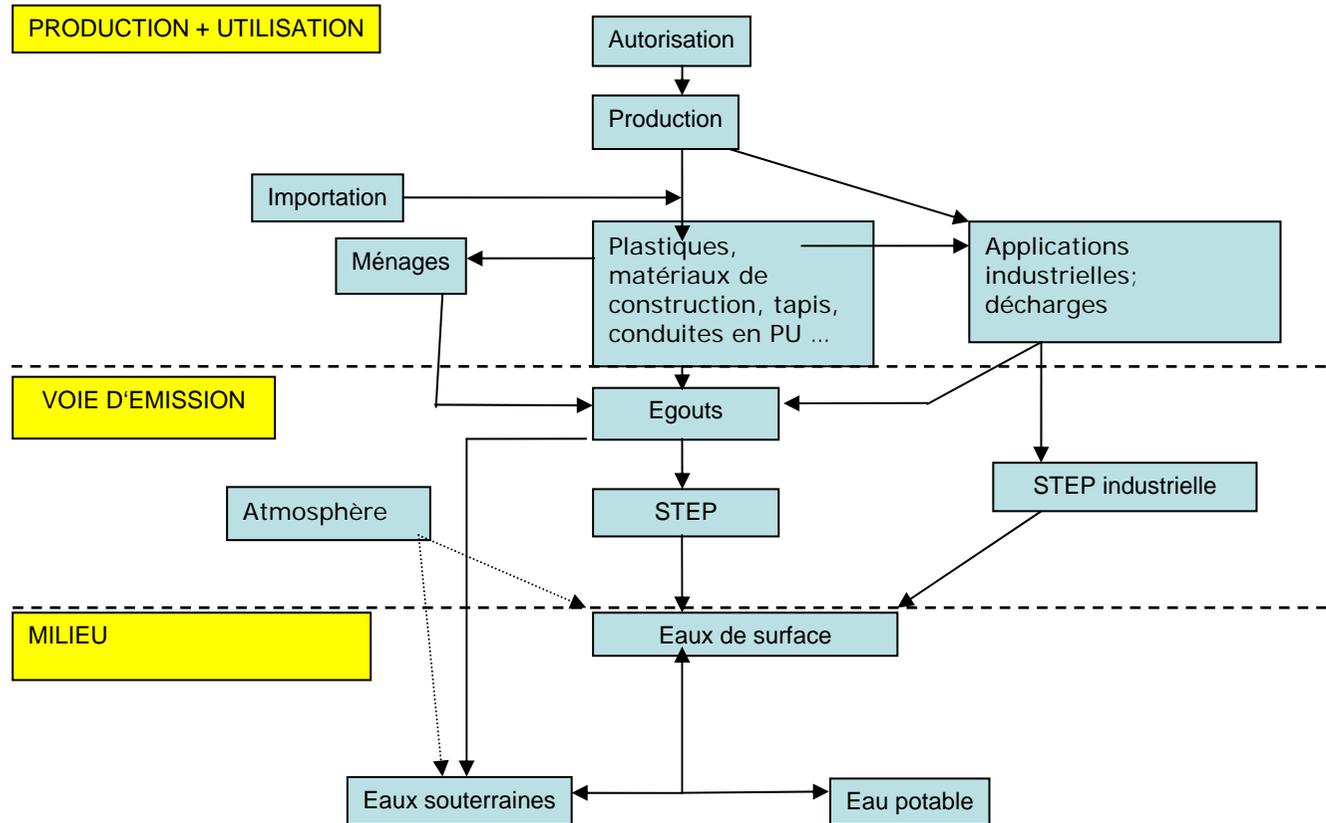
Nom de la substance	N° CAS	Désignation commerciale (exemples)	Utilisation	Référence bibliographique
	m-TCP); 78-32-0 (p- p-p-TCP)			

En gras : Substances sélectionnées comme substances indicatives

- (1) BUA (1988): Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe: Tris(2-chlorethyl)-phosphat, BUA-Stoffbericht 20, VCH Weinheim
- (2) UBA (2001): Texte des Umweltbundesamtes 25-27/2001
- (3) MUNLV (2004): Einträge und Quellen von phosphororganischen Flammschutzmitteln in Oberflächen- und Abwässern, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Düsseldorf.
- (4) WHO (2000): IPCS Environmental Health Criteria 218: Flame Retardants
- (5) BG Chemie: Toxikologische Bewertung Nr. 112 – Triisobutylphosphat – Ausgabe 11/00 (2000) (http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/907/907-triisobutylphosphat.pdf?_blob=publicationFile)
- (6) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation.
- (7) Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- (8) Forschungsbericht 204 08 542 (alt) / 297 44 542 (neu): Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Auftragnehmer: Öko-Recherche Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/M. Band I: Ergebnisse und zusammenfassende Übersicht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Forschungsbericht, Dezember 2000.

2. Schéma de base sur l'analyse des flux de substances

Diagramme 2.1 : Analyse des flux de substances (le schéma de base peut varier en fonction du groupe de substances ou de la substance.)



3. Emissions (production et application)

Diagramme 3.1 : Diagramme des voies d'apports (*les principales voies d'apport sont en rouge*)

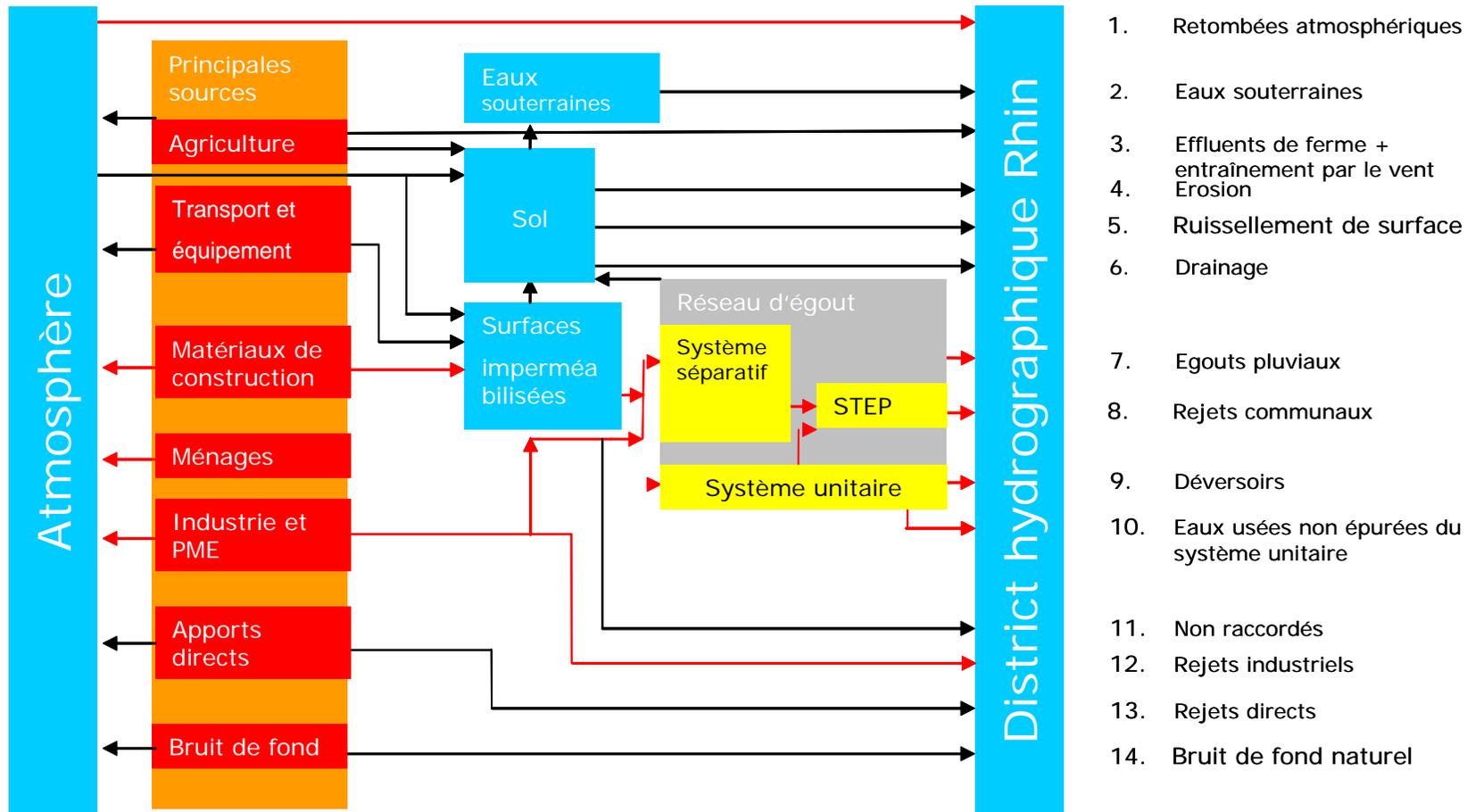


Tableau 3.1 : Quantités produites dans le bassin du Rhin

Nom de la substance	A	CH	D	F	L	NL	Total	UE	UE et compris dans le bassin du Rhin	Référence bibliographique
Quantités produites (en t/an)										
T CPP								36.038 t en l'an 2000	?	[2]
T DCP								< 10.000 t en l'an 2000	0	[3]
Nombre d'entreprises de production ou d'entreprises ayant importé cette substance										
T CEP			3			1		5	4	[1]
T CPP			2			1		6	3	[1]
T DCP								2	0	[1]
T nBP			2			1		6	3	[1]
T iBP								2	2	[1]
T PP			2					4	2	[1]
T BEP			2			1		7	3	[1]
T PPO			2					2	2	[1]
E HDPP			1					2	1	[1]
T EHP			2					2	2	[1]
T CP								pas d'infos		[1]

[1] ESIS: European chemical Substances Information System. <http://esis.jrc.ec.europa.eu> (Stand: Februar 2000)

[2] European Union Risk Assessment Report (2009). TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (T CPP) CAS No: 13674-84-5 EINECS No: 237-158-7 RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. (mise à jour : 2007)
http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tcppreport425.pdf
 (pour des données éventuellement plus récentes, voir : <http://www.echa.europa.eu>)

[3] European Union Risk Assessment Report. TRIS[2-CHLORO-1-(CHLOROMETHYL)ETHYL] PHOSPHATE (T DCP), CAS No: 13674-87-8 EINECS No: 237-159-2 SUMMARY RISK ASSESSMENT REPORT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom.
http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assessment/SUMMARY/tdcpsum426.pdf

Tableau 3.2 : Quantités utilisées dans le bassin du Rhin

Nom de la substance	A	CH	D	F	L	NL	Total	Référence bibliographique
Quantités totales utilisées au niveau national (en t/an)								
Retardateurs de flamme, total			87.000-101.000 (1997)				360.000 * (1998)	(1), (2), (3)
Composés bromés			10.500 -13.500 (1997)				50.400 * (1998)	(2), (3)
Composés chlorés			4.000 -5.000 (1997)				25.200 * (1998)	(2), (3)
Retardateurs de flamme organiques à base de phosphore			13.500 – 16.000 (1997)				72.000 * (1998)	(1), (2), (3)
Composés phosphorés organo-halogénés			5.500 – 7.000 (1997)					(3)
TCPP			5.000 -6.000 (1997)					(3)
TCEP			500 – 1.000 (1997)					(3)
TDCP							10.000 (UE)	(4)
Composés organophosphorés non halogénés (entre autres DMMP, DEEP, TEP, TPP, TCP, DPK, RDP)			8.000 – 9.000 (1997)					(3)
Composés phosphorés inorganiques et autres retardateurs de flamme			59.500-66.500 (1997)					(3)
Quantités utilisées par habitant dans le bassin du Rhin (en kg/an)								

* Total pour l'Europe occidentale

(1) Davenport R.E., Fink, U., Ishikawa, Y. (1999): Flame Retardants, SRI International

- (2) Metzger, J.W., Möhle, E. (2001): Flammenschutzmittel in Oberflächengewässern, Grundwässern und Abwässern – Eintragspfade und Gehalte, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart – Lehrstuhl für Hydrochemie und Hydrobiologie, Förderkennzeichen: BWB 99012, Stuttgart
- (3) Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): „Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammenschutzmittel“. Forschungsbericht 204 08 542 (alt) 297 44 542 (neu). Auftragnehmer: Öko-Recherche, Büro für Umweltforschung und –beratung GmbH, Frankfurt/M.
- (4) RIVM (2005): Environmental Risk Limits for several phosphate esters, with possible application as flame retardant. RIVM report 601501024/2005.

Tableau 3.3 : Quantités appliquées par substance et par domaine d'utilisation (en t/an ou en % des quantités indiquées en 3.2)

Retardateurs de flamme organophosphorés							
Etat riverain du Rhin	Industrie du plastique	Meubles et textile	Equipement intérieur dans les véhicules	Matériaux de construction (isolants, tuyaux d'eau, façades, feuilles, résines)	Appareils électriques (boîtiers)	Total	Référence bibliographique
A							
CH							
D	30%						(3)
F							
L							
NL							

(3) Brüggemann Chemical (2004): Technische Informationen Flammenschutzmittel Brüggolen®

Tableau 3.4.1 : Données mesurées de TCPP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TCPP						
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	0	0,032	0,403		3,562	(2)
Eaux souterraines (2)	10	7	< LD	< LD		0,006	(3)
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	0	0,016	0,880		5,791	(2)
Rejets communaux (8)	97	0	0,55		3,09	110	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	9	6	< LD		0,31	2,9	LANUV (2007 – 2010)
Eaux d'infiltration des décharges	4 ; 11	pas d'infos ; 1		pas d'infos ; 0,191		> 1000 ; 0,343	(1) ; (3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Légende : LD = limite de dosage

- (1) LUBW (1999) : Flammenschutzmittel in Oberflächenwässern, Grundwässern und Abwässern - Eintragspfade und Gehalte. Forschungsberichtsblatt Forschungsvorhaben Nr. BWB 99012 (BWBÖ 99007). Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

- (2) Regnery et al., Chemosphere (2010), 78, 958-964. (Auswahl: Untersuchungen Niederschlagsstation u. Regenwasserauffangbecken in Frankfurt am Main). in: Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation.
- (3) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation. Grundwasser-/Sickerwasseruntersuchungen im hessischen Ried. Deponiesickerwasser am Monte Scherbelino (HE)

Tableau 3.4.2 : Données mesurées de TiBP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Triisobutylphosphate (TiBP)							
Voie d'apport	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	pas d'infos	< LD	0,106		1,410	(2)
Eaux souterraines (2)	10	8	< LD	< LD		0,007	(3)
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	0	0,002	0,117		1,478	(2)
Rejets communaux (8)	31	13	< LD		1,17	7,5	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	6	5	< LD		0,15	0,74	LANUV (2007 – 2010)
Eaux d'infiltration des décharges	11	0	pas d'infos	0,092		0,697	(3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.4.3 : Données mesurées de TnBP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TnBP						Référence bibliographique
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	pas d'infos	< LD	0,108		1,679	(2)
Eaux souterraines (2)							
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	0	0,004	0,057		0,417	(2)
Rejets communaux (8)	28	26	< LD		0,01	0,24	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	476	461	< LD		0,09	6,54	LANUV (2007 – 2010)
Eaux d'infiltration des décharges	11	0	pas d'infos	0,09		0,213	(3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.4.4 : Données mesurées de TPP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TPP						Référence bibliographique
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales							
Eaux souterraines (2)							
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)							
Rejets communaux (8)	17	17	< LD		< LD	< LD	LANUV (2007 – 2009)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	5	5	< LD		< LD	< LD	LANUV (2009)
Eaux d'infiltration des décharges							
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.4.5 : Données mesurées de TCEP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TCEP						Référence bibliographique
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	0	0,01	0,071		0,485	(2)
Eaux souterraines (2)	10	6	< LD	< LD		0,024	(3)
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	0	0,033	0,077		0,275	(2)
Rejets communaux (8)	51	5	< LD		0,33	2,5	LANUV (2007 – 2009)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	474	474	< LD		< LD	< LD	LANUV (2007 – 2010)
Eaux d'infiltration des décharges	11	1	< LD	0,141		0,318	(3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.4.6 : Données mesurées de TBEP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TBEP						
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	pas d'infos	< LD	0,021		0,505	(2)
Eaux souterraines (2)	10	8	< LD	< LD		< LD	(3)
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	pas d'infos	< LD	0,077		1,616	(2)
Rejets communaux (8)	28	16	< LD		0,5	1,8	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12)	5	5	< LD		< LD	< LD	LANUV (2009)
Eaux d'infiltration des décharges	11	10	< LD	< LD		0,199	(3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.4.7 : Données mesurées de TDCP [$\mu\text{g/l}$] pour les voies d'apport (ou pourcentages des différentes voies d'apport, voir tableau 3.5)

Voie d'apport	TDCP						
	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	90	pas d'infos	< LD	0,021		0,505	(2)
Eaux souterraines (2)							
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)							
Erosion (4)							
Ruissellement de surface (5)							
Drainage (6)							
Egouts pluviaux (7)	42	pas d'infos	< LD	0,077		1,616	(2)
Rejets communaux (8)	88	7	< LD		0,16	0,61	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)							
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)							
Non raccordés (11)							
Rejets directs industriels (12) et eaux d'infiltration	8	8	< LD		< LD	< LD	LANUV (2009 – 2010)
Eaux d'infiltration des décharges	11	5	< LD	< LD		0,045	(3)
Rejets directs (13)							
Bruit de fond naturel (14)							

Tableau 3.5 : Pourcentages respectifs des différentes voies d'apport

Voie d'apport	TCPP	TiBP	TnBP	TPP	TCEP	TBEP	TDCP	Référence bibliographique
Retombées atmosphériques (1) / eaux pluviales	??	??	??	??	??	??	??	
Eaux souterraines (2)								
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)								
Erosion (4)								
Ruissellement de surface (5)								
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)	??	??	??	??	??	??	??	
Rejets communaux (8)	97%	55%	27%	< LD	100%	100%	100%	LANUV (2007 – 2010)
Déversoirs (9)								
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)								
Non raccordés (11)								
Rejets directs industriels (12) et issus de STEP de sites de décharge	3%	45%	73%	< LD	< LD	< LD	< LD	LANUV (2007 – 2010)
Rejets directs (13)	?	?	?	?	?	?	?	
Bruit de fond naturel (14)								

4. Concentrations dans le milieu naturel (concentrations et flux mesurés, flux calculés)

4.1 Concentrations mesurées

Tableau 4.1.1 : concentrations de TiBP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents (µg/l)

TiBP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	16	4	<0,03	0,042	0,11	LANUV (2008 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	0	0,02	0,094	0,21	LANUV (2008 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	26	1	<0,03	0,077	0,18	LANUV (2008 – 2009)
Affluent								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	5	<0,03	0,039	0,09	LANUV (2008 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	12	5	<0,03	0,046	0,18	LANUV (2008 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	10	9	<0,03	0,015	0,08	LANUV (2008 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	11	2	<0,03	0,382	0,78	LANUV (2008 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	1	<0,03	0,060	0,12	LANUV (2008 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	1	<0,03	0,106	0,26	LANUV (2008 – 2009)

Tableau 4.1.2 : concentrations de TnBP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents ($\mu\text{g/l}$)

TnBP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
Karlsruhe	359	D	26	26	<0,1	<0,1	<0,1	LUBW (2008-2009)
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	33	20	<0,02	0,039	0,19	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	29	14	<0,02	0,044	0,19	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	69	32	<0,02	0,050	0,20	LANUV (2007 – 2009)
Lobith	862	NL	89	87	< 0,100	0,0515	0,1200	RIWA (2001-2009)
Affluent								
Mannheim (Neckar)	3	D	26	25	<0,1	<0,1		LUBW (2008-2009)
Menden (Sieg)	8,7	D	28	20	<0,02	0,037	0,38	LANUV (2007 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	29	18	<0,02	0,037	0,2	LANUV (2007 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	27	20	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	29	2	<0,02	1,51	9,5	LANUV (2007 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	29	15	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	28	18	<0,02	0,037	0,19	LANUV (2007 – 2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	78	72	< 0,050	0,0395	0,200	RIWA (2001-2009)
Nieuwershuis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	57	56	< 0,050	0,0372	0,070	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	51	51	< 0,100	< 0,100	< 0,100	RIWA (2001-2009)

Légende : LD = limite de dosage

Tableau 4.1.3 : concentrations de TPP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents ($\mu\text{g/l}$)

TPP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	19	19	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D	34	33	<0,05	<0,05	0,05	LANUV (2007 – 2009)
Lobith	862	NL	90	90	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)
Affluent								
Menden (Sieg)	8,7	D	15	15	<0,05	<0,05	<,05	LANUV (2007 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,4	D	16	15	<0,05	<0,05	0,05	LANUV (2007 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	15	11	<0,05	0,067	0,14	LANUV (2007 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	15	15	<0,05	<0,05	<0,05	LANUV (2007 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	14	13	<0,05	<0,05	0,07	LANUV (2007 – 2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	74	74	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	RIWA (2001-2009)
Nieuwershuis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	39	39	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	51	51	< 0,050	< 0,050	< 0,050	RIWA (2001-2009)

Tableau 4.1.4 : concentrations de TPPO mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents (µg/l)

TPPO								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
Karlsruhe	359	D	26	23	<0,05	<0,05		LUBW (2008-2009)
Lobith	862	NL	16	1	< 0,05	0,2478	0,39	RIWA (2001-2009)
Affluent								
Mannheim (Neckar)	3	D	26	26	<0,05	<0,05		LUBW (2008-2009)
Nieuwegein (Lekkanaal)		NL	831	300	< 0,10	0,1459	0,510	RIWA (2001-2009)
Nieuwershuis (Amsterdam-Rijnkanaal)		NL	64	29	< 0,10	0,0785	0,200	RIWA (2001-2009)
Andijk (IJsselmeer)		NL	31	12	< 0,10	0,1079	0,200	RIWA (2001-2009)

Tableau 4.1.5 : concentrations de TCPP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents ($\mu\text{g/l}$)

TCPP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
Station d'analyse de Mayence, conduite 1	~498	D	39	5	<0,05	0,082	0,17	RLP (2007-2009)
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	33	13	<0,10	0,094	0,24	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	29	3	<0,10	0,142	0,29	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord/ Kleve-Bimmen	865	D	65	4	<0,10	0,144	0,49	LANUV (2007 – 2009)
Lobith	862	NL	10	10	< 5,00	< 5,00	< 5,00	RIWA (2001-2009)
Affluent								
Grolsheim (Nahe)		D	39	4	<0,05	0,272	0,870	RLP (2007-2009)
Lahnstein (Lahn)		D	39	1	<0,05	0,190	0,560	RLP (2007-2009)
Palzem (Moselle)		D	39	17	<0,05	0,083	0,310	RLP (2007-2009)
Débouché de la Sûre (Sûre)		D	39	11	<0,05	0,134	0,530	RLP (2007-2009)
Kanzem (Sarre)		D	39	6	<0,05	0,177	0,480	RLP (2007-2009)
Fankel (Moselle)		D	39	15	<0,05	0,105	0,290	RLP (2007-2009)
Menden (Sieg)	8,7	D	29	2	<0,10	0,192	0,50	LANUV (2007 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	30	1	<0,10	0,359	2,4	LANUV (2007 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	28	0	0,10	0,188	0,37	LANUV (2007 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	29	0	0,75	1,814	4,6	LANUV (2007 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	29	1	<0,10	0,427	1,5	LANUV (2007 – 2009)

TCPP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	29	1	<0,10	0,203	0,56	LANUV (2007 – 2009)

Tableau 4.1.6 : concentrations de TCEP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents ($\mu\text{g/l}$)

TCEP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	19	17	<0,10	0,067	0,1	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	15	14	<0,10	0,05	0,1	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord/Kleve-Bimmen	865	D	34	31	<0,10	0,067	0,11	LANUV (2007 – 2009)
Affluent								
Menden (Sieg)	8,7	D	15	8	<0,10	0,083	0,15	LANUV (2007 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	16	8	<0,10	0,113	0,2	LANUV (2007 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	15	10	<0,10	0,067	0,16	LANUV (2007 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	16	0	0,21	0,406	0,95	LANUV (2007 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	15	11	<0,10	0,086	0,5	LANUV (2007 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	14	10	<0,10	0,05	0,29	LANUV (2007 – 2009)

Tableau 4.1.7 : concentrations de TBEP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents ($\mu\text{g/l}$)

TBEP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	15	12	<0,08	<0,08	0,18	LANUV (2008 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	10	<0,08	<0,08	0,21	LANUV (2008 – 2009)
WKST Rhein-Nord/ Kleve-Bimmen	865	D	27	19	<0,08	<0,08	0,2	LANUV (2008 – 2009)
Affluent								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	8	<0,08	<0,08	0,14	LANUV (2008 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	12	9	<0,08	<0,08	0,16	LANUV (2008 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	11	9	<0,08	0,070	0,38	LANUV (2008 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	11	0	0,23	0,781	1,6	LANUV (2008 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	8	<0,08	<0,08	0,19	LANUV (2008 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	5	<0,08	<0,08	0,15	LANUV (2008 – 2009)

Tableau 4.1.8 : concentrations de TDCP mesurées dans le Rhin et ses principaux affluents (µg/l)

TDCP								
Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Rhin								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D	16	0	0,01	0,020	0,04	LANUV (2008 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D	11	0	0,02	0,023	0,03	LANUV (2008 – 2009)
WKST Rhein-Nord/ Kleve-Bimmen	865	D	27	0	0,01	0,024	0,04	LANUV (2008 – 2009)
Affluent								
Menden (Sieg)	8,7	D	11	0	0,02	0,035	0,05	LANUV (2008 – 2009)
Opladen (Wupper)	5,39	D	12	0	0,05	0,064	0,09	LANUV (2008 – 2009)
Eppinghoven (Erft)	5,4	D	11	0	0,02	0,035	0,05	LANUV (2008 – 2009)
Débouché de l'Emscher (Emscher)	0,05	D	11	0	0,11	0,178	0,24	LANUV (2008 – 2009)
Wesel (Lippe)	3,7	D	11	0	0,03	0,052	0,07	LANUV (2008 – 2009)
Mülheim-Kahlenberg (Ruhr)	14,3	D	11	0	0,03	0,060	0,3	LANUV (2008 – 2009)

Tableau 4.1.9 : relevé des concentrations mesurées dans d'autres eaux de surface dans le bassin du Rhin ($\mu\text{g/l}$)

<i>Nom de la substance</i>							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures (n)	n < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique

Légende : LD = limite de dosage

Tableau 4.1.10 : concentrations de TCEP dans les eaux souterraines et l'eau potable (µg/l)

TCEP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
D	10	6	< LD	< LD		0,024	(3)
Filtrat de rive							
D	15	5	< LD	0,007		0,148	(3)
Eau potable (usine d'eau)							
D	98	82	<0,001	< LD	< LD	0,023	(4)

- (3) Püttmann W. (2011): Trinkwasserrelevanz von chlorierten Organophosphaten (Flammschutzmittel). UBA-Fachgespräch Dessau, 19.01.2011. Folienpräsentation. Grundwasser-/Sickerwasser- Uferfiltratuntersuchungen im hessischen Ried.
- (4) AWWR (2006): Trinkwasseruntersuchungen der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke an der Ruhr, 2003-2006.

Tableau 4.1.11 : concentrations de TCCP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TCCP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
D	10	7	< LD	< LD		0,006	(3)
Filtrat de rive							
D	15	4	< LD	0,038		1,795	(3)
Eau potable (usine d'eau)							
D	98	21	<0,001	< LD	< LD	0,100	(4)

Tableau 4.1.12 : concentrations de TDCP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TDCP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
D							(3)
Filtrat de rive							
D	15	12	< LD	< LD		< LD	(3)
Eau potable (robinet)							

Tableau 4.1.13 : concentrations de TBEP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TBEP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
D	10	8	< LD	< LD		< LD	(3)
Filtrat de rive							
D	15	9	< LD	< LD		1,813	(3)
Eau potable (robinet)							

Tableau 4.1.14 : concentrations de TiBP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TiBP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
D	10	8	< LD	< LD		0,007	(3)
Filtrat de rive							
D	15	5	< LD	0,005		0,105	(3)
Eau potable (robinet)							

Tableau 4.1.15 : concentrations de TnBP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TnBP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
Filtrat de rive							
D	15	5	< LD	0,005		0,051	(3)
Eau potable (robinet)							

Tableau 4.1.16 : concentrations de TCBP dans les eaux souterraines et l'eau potable ($\mu\text{g/l}$)

TCBP							
Etat riverain du Rhin	Nombre de mesures	Nombre < LD	Minimum	Médiane	Moyenne	Maximum	Référence bibliographique
Eaux souterraines							
Filtrat de rive							
Eau potable (usine d'eau)							
D	98	91	<0,003	< LD	< LD	0,038	(4)

Légende : LD = limite de dosage

4.2 Flux

Tableau 4.2.1 Flux mesurés dans le Rhin et calculés à l'aide de modèles

Nom de la Station d'analyse	PK	Etat riverain du Rhin	Moyenne du tableau 4.1.1	Flux mesurés			Année de référence	Référence bibliographique
				Débit moyen MQ (m ³ /s)	Flux calculés Flux (t/a)	Flux mesurés Flux (t/a)		
TCP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1832	4,69		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1847	7,8		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2163	10,0		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
Triisobutylphosphate								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1622	1,95		2008-2009	LANUV (2008 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1559	4,33		2008-2009	LANUV (2008 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		1972,5	4,44		2008-2009	LANUV (2008 – 2009)
TBP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1969	2,74		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1940	3,48		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2241	4,06		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)

TPP								
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		1887	0,41		2008	LANUV (2008)
TCEP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1887	0,72		2007-2009	LANUV (2007 – 2009)
TBEP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1658	1,39		2009	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1615	1,68		2009	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		2050	2,94		2009	LANUV (2007 – 2009)
TDCP								
WKST Süd/Bad Honnef	640	D		1622	0,95		2008-2009	LANUV (2007 – 2009)
Düsseldorf-Flehe	732	D		1559	1,13		2008-2009	LANUV (2007 – 2009)
WKST Rhein-Nord Kleve-Bimmen	865	D		1968,5	1,47		2008-2009	LANUV (2007 – 2009)

Légende : LD = limite de dosage

5. Critères d'évaluation (critères de qualité)

Tableau 5.1 : Critères de qualité existant au niveau national et international (µg/l)

Nom de la substance	Critères de qualité [µg/l]										Référence bibliographique		
	NQE (NQE-P)	NQE Rhin	Objectif de référence de la CIPR	Valeurs nationales						Autres valeurs IAWR		Divers (valeurs préventives pour l'eau potable)	
				A	CH	D*	F	L	NL				
TCEP						4,0					1,0	GOW : 1,0 ; LW _{TW} : 22,0; VW : <0,1 – maximal <1,0	(1), (2)
TCPP											1,0	GOW : 1,0 ; LW _{TW} : 22,0; VW : <0,1 – maximal <1,0	(1)
TPPO											1,0		
TiBP						11							(2)
TBEP													
TPP													
TCP													

Légende : NQE = **N**ormes de **q**ualité **e**nvironnementale
IAWR = **I**nternationale **A**rbeitsgemeinschaft der **W**asserwerke im **R**heineinzugsgebiet (Comité international de travail des usines d'eau du bassin du Rhin)
NQE-P = **N**orme de **q**ualité **e**nvironnementale-**P**roposition
GOW = **G**esundheitlicher **O**rientierungswert (valeur d'orientation sanitaire)
* = Proposition d'objectif de qualité de l'Umweltbundesamt Berlin

(2) A propos de la GOW : Courrier de l'Office fédéral de l'Environnement au MUNLV NRW (13.03.2008). Non publié.
La GOW (valeur d'orientation sanitaire) sert à évaluer la présence de substances qui ne peuvent pas ou guère être évaluées dans l'eau potable sous l'aspect sanitaire. Il s'agit d'une valeur préventive (UBA, 2003). A propos des substances TCEP et TCPP, il est indiqué par ailleurs dans le courrier du 14.03.2008 : « *Dans l'éventualité de la formation de produits de transformation toxicologiquement significatifs sous l'effet des techniques de traitement oxydatif de l'eau à potabiliser et en fonction de l'application concrète, au cas par cas, de l'article 6(3) de l'ordonnance sur l'eau potable de 2001, une valeur sanitaire cible pour l'eau potable [ici : VW] inférieure à la GOW susmentionnée devrait être appliquée (VW < 01,1 – maximal 1,0 µg/l). Pour évaluer les sommes de substances ayant un impact simultané similaire (similar joint action), on dispose de la procédure d'addition de TRGS 403. Pour autant qu'elles soient disponibles, les valeurs de référence seraient les LWTW (valeurs indicatives pour l'eau potable déterminées à partir des données toxicologiques conformément à l'OMS) spécifiques de composants mixtes ayant un impact similaire. »*

(2) Umweltbundesamt: Stoffdatenblätter (TiBP, TCEP). ETOX-Datenbank:
<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do?jsessionid=215C64DDF7F2EC51880FA6DB750269B9?stoff=6330>
<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do?stoff=6327>

Tableau 5.2 : relevé des données de toxicité

Substance	CSEO chronique (µg/l)	CSEO µg/l	Espèces	Critère de vérification	FS	FS chronique	CPSE chronique (µg/l)	CPSE µg/l	Référence bibliographique
TiBP			Microcrustacés (<i>daphnia magna</i>)	CE50 : 11.000 µg/l	1000			11 µg/l	(1) fiche de données UBA TiBP et banque de données ETOX
TCEP			Algues (<i>Scenedesmus subspicatus</i>)	CE10 : 200 µg/l ; (biomasse selon DIN 38412)	50			4 µg/l	(1) fiche de données UBA TCEP et banque de données ETOX
TnBP			<i>Scenedesmus subspicatus</i>	CE10 sur 72 h (biomasse) : 370 µg/l	10			37 µg/l	(2)
T CPP		13.000	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	CSEO (croissance)	50			260 µg/l	(3)
TD CP	500 µg/l		Algues (<i>daphnia magna</i>)	Reproduction (chronique)		50	10 µg/l		(4)
T CP		0,32	Poisson (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	CSEO (croissance)	10			MPC _{dissolvé} : 0,032 µg/l	(5)
T PP			<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Biomasse (croissance) CE10 : 16 µg/l, CE50 : 570 µg/l	100 (eau douce), 1000 (eau salée)			MPC _{dissolvé} : 0,16 µg/l	(5)

Substance	CSEO chronique (µg/l)	CSEO µg/l	Espèces	Critère de vérification	FS	FS chronique	CPSE chronique (µg/l)	CPSE µg/l	Référence bibliographique
TCP									(5)
TDCP									
TnBP									
TiBP									
TBEP									
TPP, TCP									
<p>Autres données de toxicité sur le TiBP, le TCEP et d'autres retardateurs de flamme : voir RIVM report (2005) [(5) ; annexe A2].</p> <p>En se fondant sur les données d'analyse et les ERL (écological risk limits) mentionnées en référence [5], des dépassements des MPC (maximum permissible concentration) sont supposés pour les substances TPP (MPC 0,16 µg/l) et TCP (MCP 0,032 µg/l) ; les concentrations dites négligeables (NC) de ces deux substances sont respectivement de 0,0016 µg/l (TPP) et de 0,00032 µg/l (TCP). Dans le cas des autres substances, les MPC indiquées dans la référence [5] sont comprises entre 11 et 1600 µg/l et les NC entre 0,11 et 16,0 µg/l. En regard des indications fournies par la référence [5], on suppose en outre des dépassements des NC pour le TiBP (NC = 0,11 µg/l) et pour le TBEP (NC=0,13 µg/l).</p>									

Légende : CSEO = **C**oncentration **s**ans **e**ffet **o**bservé
FS = **F**acteur de **s**écurité
CPSE = **C**oncentration **p**révue **s**ans **e**ffet

(1) UBA Stoffdatenblätter und UQN-Vorschläge, ETOX-Datenbank:

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do;jsessionid=215C64DDF7F2EC51880FA6DB750269B9?stoff=6330>

<http://webetox.uba.de/webETOX/public/basics/stoff/ziel.do?stoff=6327>

(2) OECD SIDS (2002): TRIBUTYL PHOSPHATE CAS N°: 126-73-8. <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/126-73-8.pdf>

(3) European Union Risk Assessment Report. TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCP) CAS No: 13674-84-5 EINECS No: 237-158-7 RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tcpreport425.pdf

(4) European Union Risk Assessment Report. TRIS[2-CHLORO-1-(CHLOROMETHYL)ETHYL]PHOSPHATE (TDCP) CAS No: 13674-87-8 EINECS No: 237-159-2. RISK ASSESSMENT. May 2008. Ireland (lead) and United Kingdom. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/tdcpreport426.pdf

(5) RIVM report 601501024/2005: Environmental Risk Limits for several phosphate esters, with possible applications as flame retardant. <http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/7383/1/601501024.pdf>

6. Approche stratégique (mesures de réduction potentielles)

Tableau 6.1 : mesures potentielles à la source

Mesure	Effet/Evaluation de la mesure	Substances indicatives concernées	Temps requis (années)			Référence bibliographique
			<5	>5 - <10	>10	
Mesures à la source (mesures internes portant sur les produits et la production) / prévention, produits de substitution	Réduction des retombées atmosphériques ; réduction des apports dans les cours d'eau / les eaux usées	toutes		x		(1)
Epuration des eaux usées dans les STEP urbaines (boues activées)	Taux d'élimination de la STEP	TCPP : 35%, TCEP : 40%, TDCP : 40%, TiBP : 70%, TnBP : 80%	x			(2)
Phase de traitement supplémentaire Oxydation (par ex. ozonisation)	Elimination supplémentaire dans la STEP (rapportée à la sortie de la STEP après boues activées)	TCPP : 38%, TCEP : 9%, TDCP : 15%, TiBP : 91%, TnBP : >91%		x		(2)
Phase de traitement supplémentaire Absorption (par ex. charbon actif en poudre ou charbon actif en granulé)	Elimination supplémentaire dans la STEP (rapportée à la sortie de la STEP après boues activées)	TCPP : 93%, TCEP : 76%, TDCP : 97%, TiBP : k.A., TnBP : 72%; TCEP : 66-80%, TCPP : 80-93%		x		(2) (3)
Hausse du taux de raccordement aux stations d'épuration urbaines				x		
Traitement des eaux pluviales et des eaux mixtes						

(1) Forschungsbericht 204 08 542 (alt) / 297 44 542 (neu): Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Auftragnehmer: Öko-Recherche Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/M. Band I: Ergebnisse und zusammenfassende Übersicht im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Forschungsbericht, Dezember 2000.

(2) Abschlussbericht der TU Dortmund an das MUNLV NRW (2008) Projekt-Nr.: IV-9-0421720030. Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen - Phase 3.

(3) Umweltministerium Baden-Württemberg

Tableau 6.2 : Moyens potentiels de réduction des apports pour les différentes voies d'apport

Voie d'apport	% du total des apports	Mesure	Effet/Evaluation de la mesure	Substances indicatives éliminées	Temps requis (années)			Référence bibliographique
					<5	> 5 à < 10	> 10	
Retombées atmosphériques (1)	2	Mesures à la source (mesures internes portant sur les produits, la production et l'exploitation)	forte	toutes			x	
Eaux souterraines (2)								
Effluents de ferme et entraînement par le vent (3)								
Erosion (4)								
Ruissellement de surface (5)								
Drainage (6)								
Egouts pluviaux (7)	2	Epuration des eaux pluviales	moyenne	toutes		x		
Rejets communaux (8)	3	Phase d'épuration supplémentaire	forte	Toutes (sauf le TnBP)		x		
Déversoirs (9)	1-2	Réduction du nombre de déversoirs d'eaux mixtes non épurées	moyenne	toutes		x		
Eaux usées non épurées du système unitaire (10)	1-2	voir plus haut	moyenne	toutes		x		
Non raccordés (11)								

Rejets directs industriels (12)	1 (plus élevé pour le TnBP et le TiBP)		En général faible (plus élevé pour le TnBP et le TiBP)	toutes		x		
Rejets directs (13)	1	Voir retombées atmosphériques	forte	toutes			x	
Bruit de fond naturel (14)								

Légende :

Pourcentage de la voie d'apport par rapport au total des apports dans le Rhin

0 = sans importance

1 = de faible importance (apport < 10%)

2 = de moyenne importance (apport > 10 %)

3 = de grande importance (apport > 50%)

Tableau 6.3 : éléments à utiliser pour la stratégie globale de la CIPR

Mesure	Temps requis (années)		
	< 5	> 5 à < 10	> 10
Mesures à la source (mesures internes portant sur les produits et la production) / prévention, produits de substitution			x
Phase de traitement supplémentaire (absorption, par ex. charbon actif en poudre ou charbon actif en granulé)		x	
Traitement des eaux pluviales et des eaux mixtes		x	

7. Bibliographie