



Barrières Perméables Réactives. Expériences, critères décisionnels & perspectives

H. Gaboriau, S. Touzé & R. Chartier



Introduction

- > **Intérêts croissants pour les BPR**
- > **Nombreuses réalisations industrielles**
- > **Littérature abondante (synthèse, guide)**

Cependant

- > **Toujours considérées comme une technologie émergente**
- > **Difficulté pour évaluer le champ réel d'application**



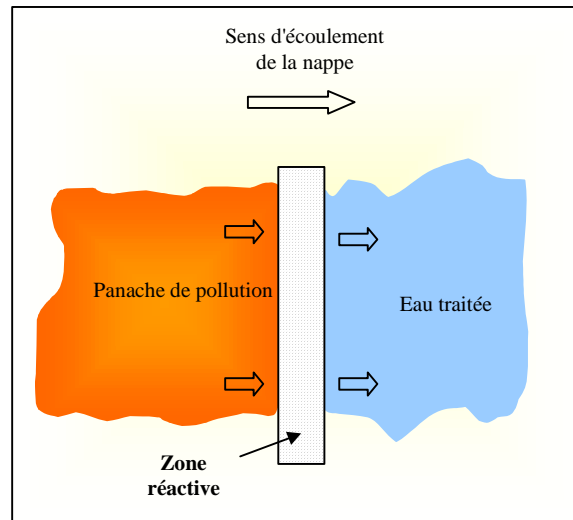
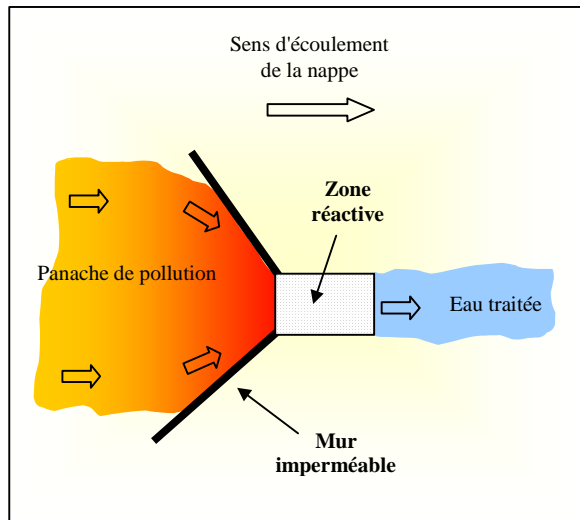
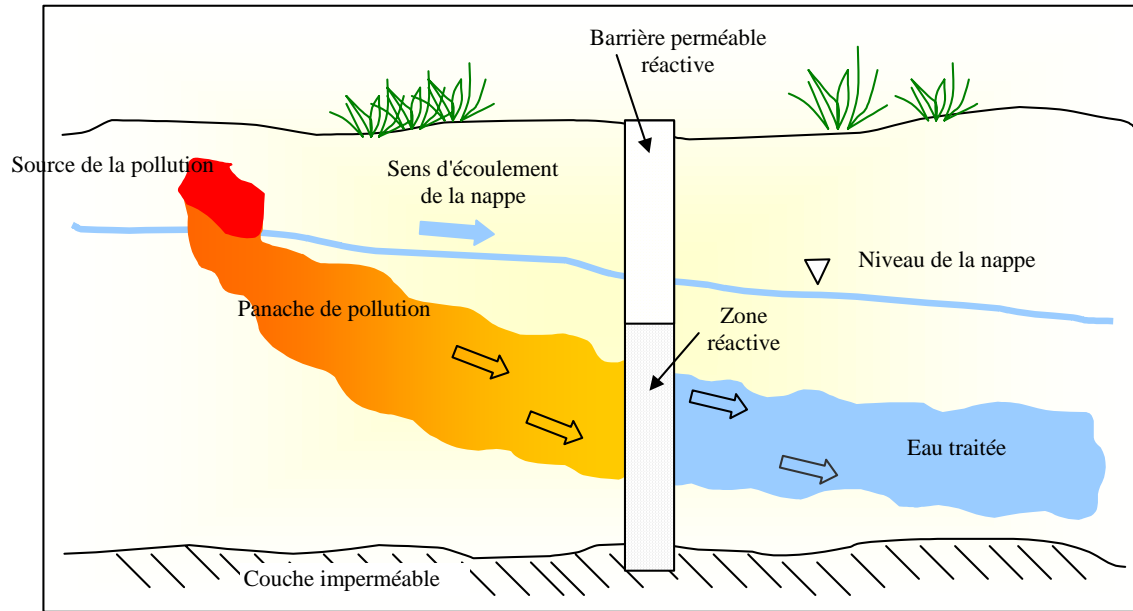
Synthèse de l'information existante

- Pour identifier les avantages potentiels et les limitations
- Pour définir les critères techniques et économiques d'application

Rapport disponible site Web <http://www.record-net.org/>



Le concept



La composante réactive des BPR

> Les mécanismes

- Dégradation chimique (solvants halogénés)
- Modification de la forme chimique (Cr^{VI} > Cr^{III})
- Adsorption (HAP ou BTEX sur charbons actifs)
- Biologiques

> Les polluants

- Déhalogénéation réductrice des solvants chlorés
- Large éventail : métaux et métalloïdes, inorganiques non métalliques, organiques

> Les réactifs

- Fe0, charbon actif, oxy-hydroxydes, tampons basiques, zéolites

> Traitement séquentiel

- Difficile à dimensionner et à maîtriser

Traitement passif *in situ* des panaches : un concept validé

> Environ 100 réalisations industrielles depuis 10 ans



> Les objectifs de dépollution ont généralement été atteints

> Les difficultés rencontrées ne remettent pas en cause le concept et son potentiel

- Le panache n'est pas capturé en totalité,
- Réduction insuffisante de la concentration en polluants...

> Il existe des solutions techniques opérationnelles et validées

- Déhalogénéation réductrice par Fe₀ des solvants chlorés

Un concept validé, néanmoins...

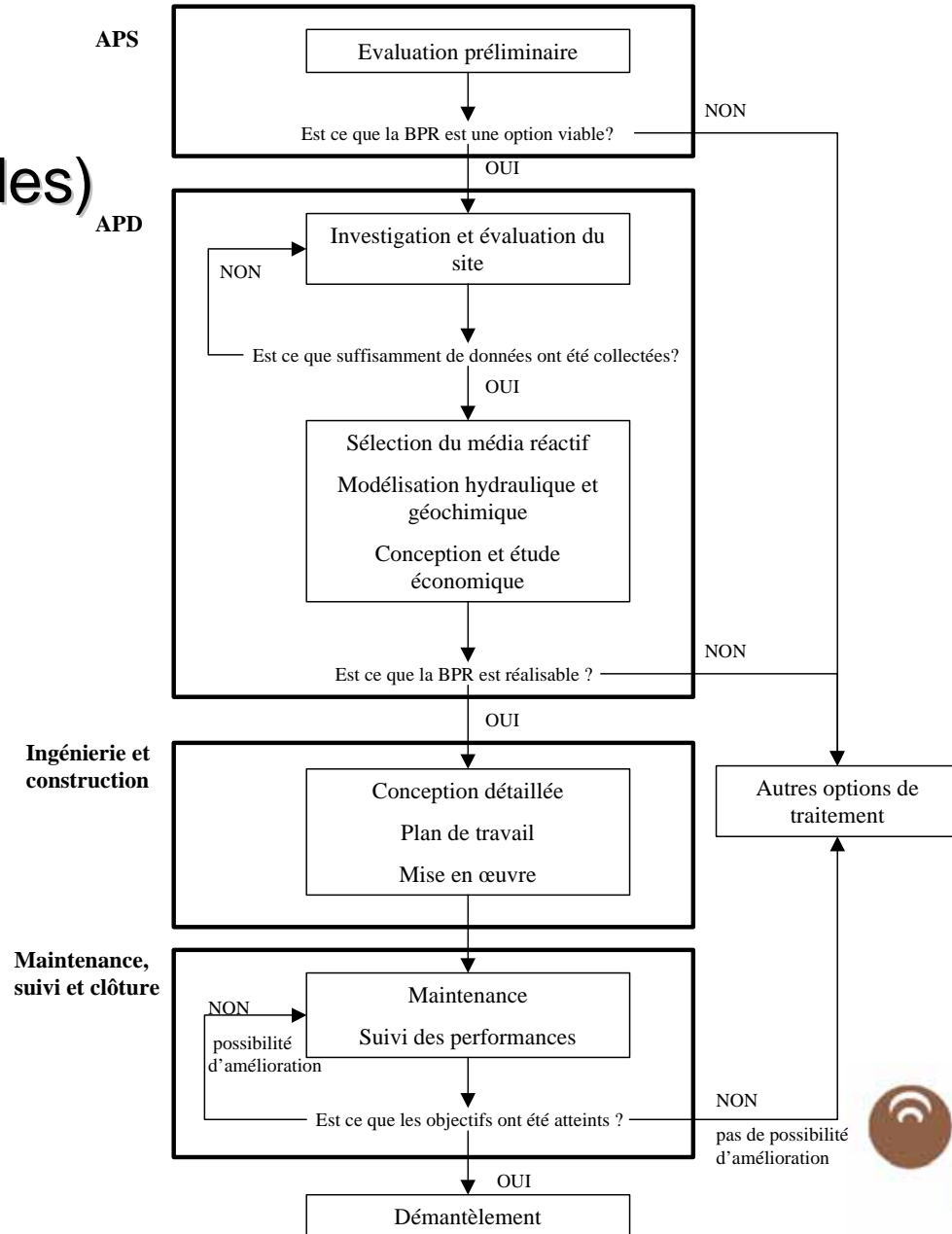
> Difficultés pour évaluer les performances à long terme

- Manque de retours sur expériences (10 ans restent courts en regard des durées de vie envisagées)
- Difficultés pour capitaliser l'expérience à partir des projets existants
 - Manque de communication sur les échecs
 - Problèmes pour maintenir opérationnelles les procédures de monitoring après plusieurs années d'opération

> Le colmatage reste un problème :


- Affecte la conception, la stratégie de maintenance et la longévité de la BPR
- Des études additionnelles (projets de démonstration) sont nécessaires pour évaluer les performances à long terme
- Besoin de technologies pour restaurer les performances des sections colmatées

Processus d'évaluation (nombreux guides)



Processus décisionnel

> **Relatif consensus sur les principes**

 Nécessité d'une caractérisation approfondie du site



> **La réalité sur le terrain est sensiblement différente :**

- Peu de cas où les alternatives techniques à la BPR ont réellement été investiguées
- La décision de sélectionner une BPR ne résulte pas systématiquement d'une analyse technique et économique rigoureuse
- Outre les critères techniques et économiques, d'autres critères décisionnels interviennent :
 - Volonté stratégique de soutenir le technologie
 - La stratégie de communication
 - La perception publique des problèmes environnementaux...

Aspects économiques

> Difficultés pour avoir des données fiables sur les coûts

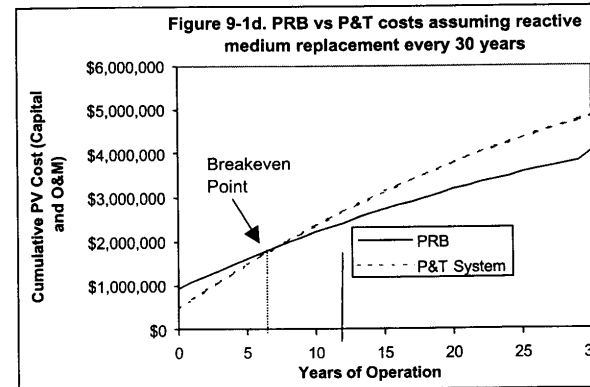
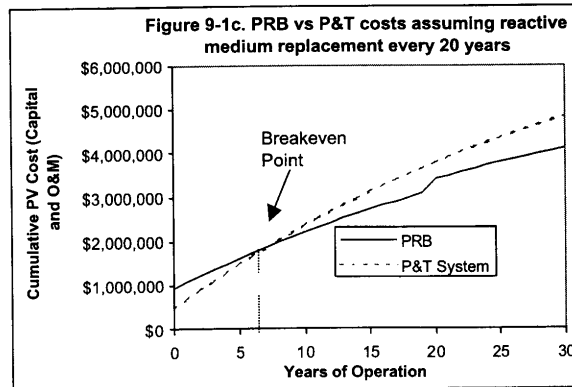
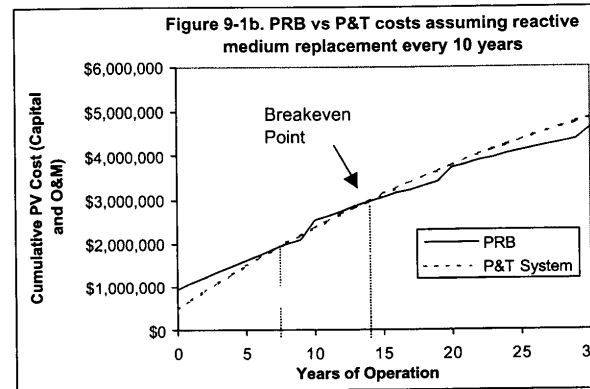
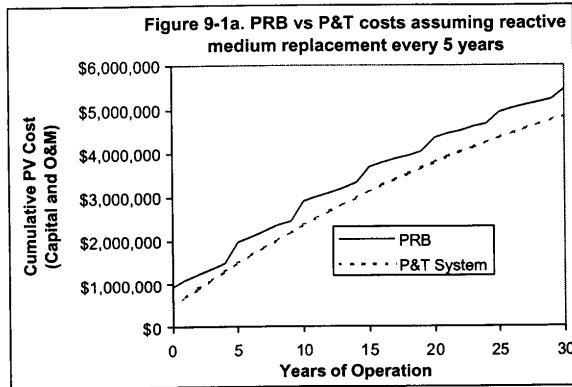
- “This is in large part due to the paucity of available information on installed sites and the lack of knowledge of system longevity...”

(US EPA (2002) - Economic Analysis of the Implementation of Permeable Reactive Barriers for Remediation of Contaminated Ground Water)

> Le coût total n'est pas le seul facteur : stratégie financière

- Coûts d'investissements élevés avec des coûts opératoires limités (BPR)
- Réciproque (P&T)

Aspects économiques : BPR versus P&T

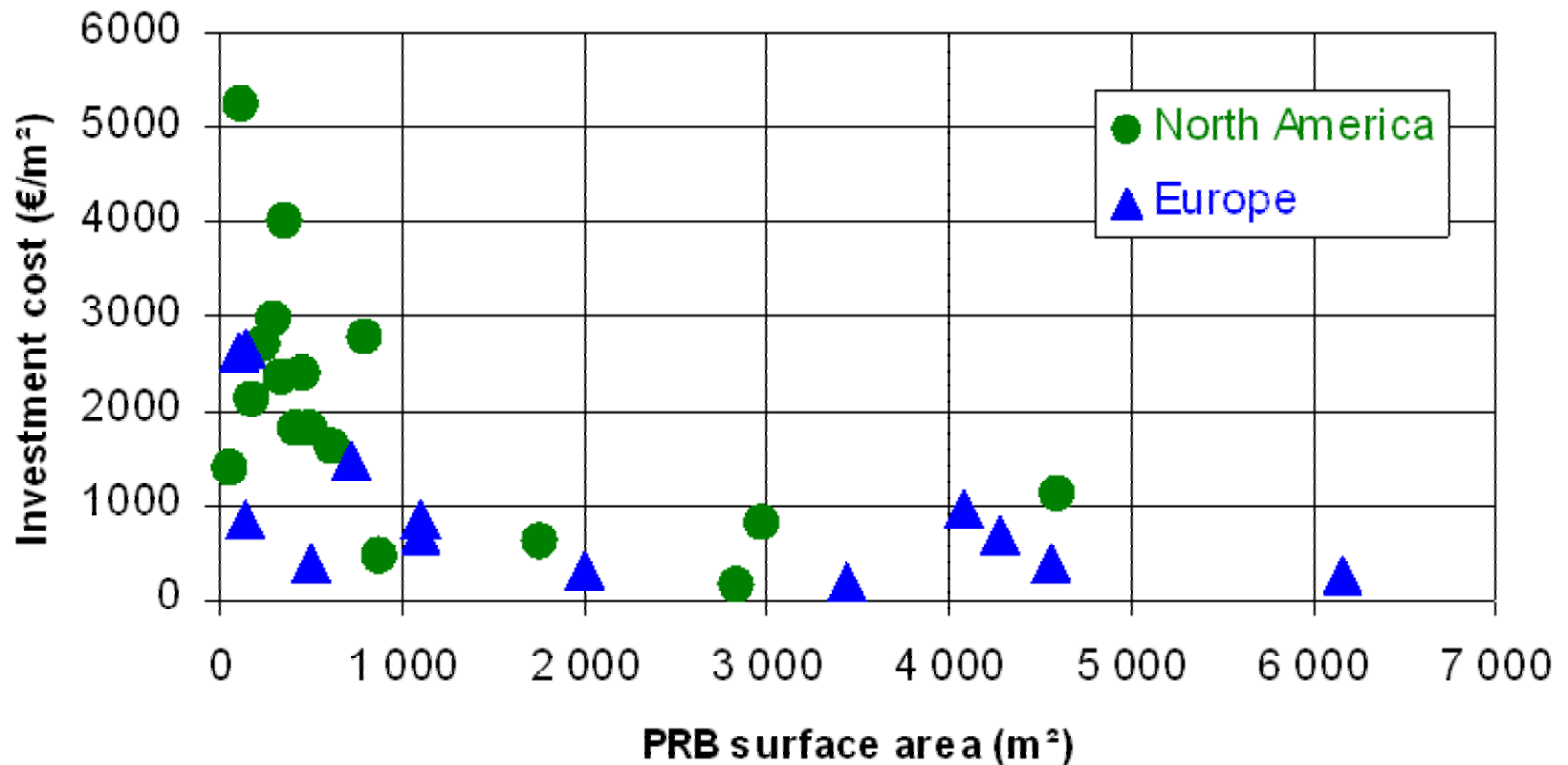


- La position du seuil de rentabilité est directement lié aux coûts O&M
- Les variables critiques sont la longévité de la barrière, la fréquence et l'ampleur des opérations de maintenance sur le réactif : incertitude



Aucune conclusion définitive

Aspect économique : facteur d'échelle



> > 1000 m² , coût d'investissement ~800 €/m²

> Coût minimum voisin de 200 €/m²

Mur continu versus Funnel & Gate

> Reflète deux approches (Europe – US)

> Funnel & Gate

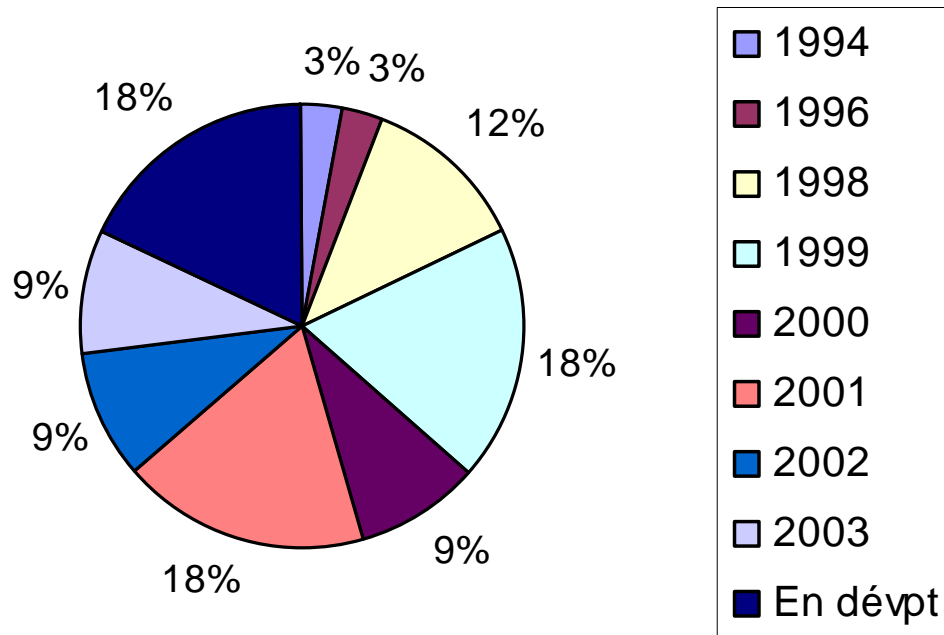
- Importantes modifications des écoulements
- Besoin d'une caractérisation initiale approfondie
- Peut être adapté pour s'adapter aux spécificités du site
- Offre la possibilité (pas toujours valorisée) d'optimiser le monitoring des performances et la maintenance du réactif
 - maintenance annuelle du réactif
 - Possibilités de garanties (10, voire 30 ans).

> Mur continu

- Minimisation des perturbations hydrauliques
- Surdimensionnement des volumes de réactif pour limiter la maintenance
- Moins sensible aux erreurs de caractérisation initiale
- Moins de garanties en terme de monitoring des performances et de maintenance du réactif

Les BPR en Europe : la situation actuelle

- > Premier projet en 1994 (A22, France) et 1995 (Belfast, UK)
- > “décollage” en 1998 (1^{ères} BPR allemandes)

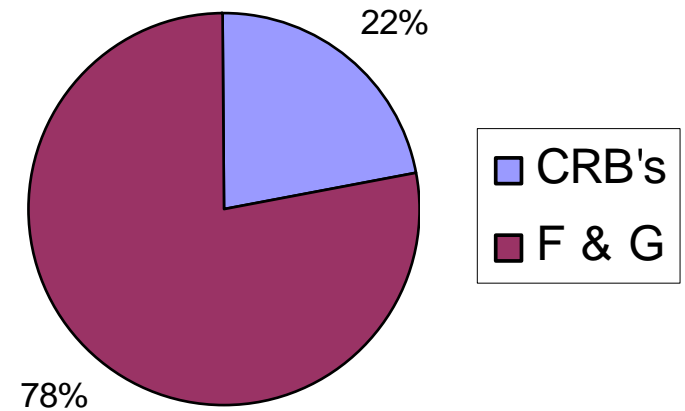
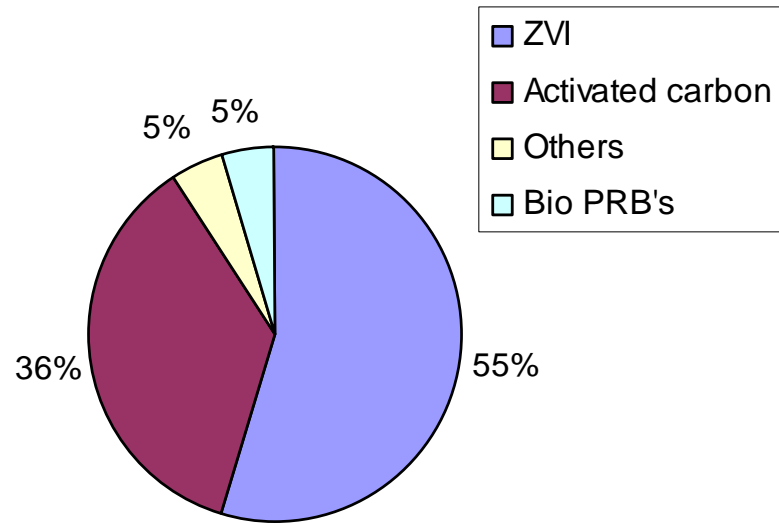
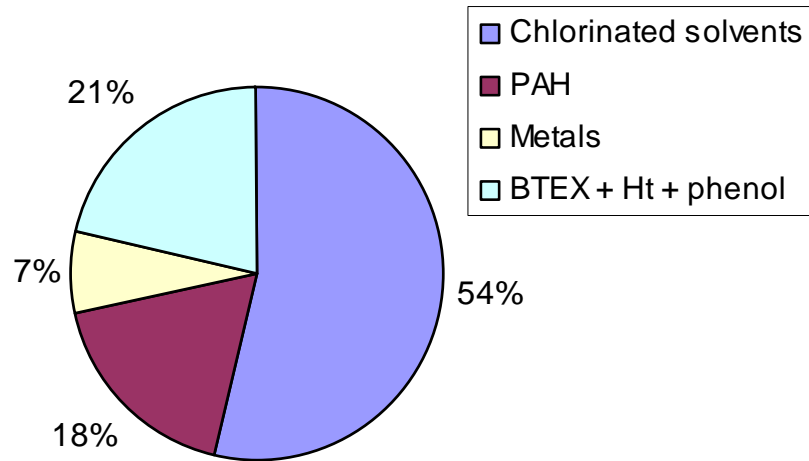


- > 35 BPR en Europe
- > 20 réalisations industrielles

Les BPR en Europe : la situation actuelle

N°	Ville	Type ^a		Date	Polluants		Réactif	Géométrie			Débit	Coût invest.	
					Nature	Cmax µg/L		Nature	Masse t	Long. m		Prof. m	Surf. m ²
3	Denkendorf	All	D&G	aou-01	Chlorés	30000	CA						
5	Edenkoben	All	F&G	fev-01	Chlorés	20000	Fe°	825	440	14	6160		1 750 000 284
7	Karlsruhe	All	F&G	jan-01	BTEX +HAP	20 600	CA	150	240	17	4080	850	4 000 000 980
9	Oberursel	All	F&G	jan-02	Chlorés		Fe°	310	175	4 à 19	2400		
10	Offenbach	All	F&G	03	BTEX +HAP +Phénol	110E6 13E6	µbio + CA		120				
11	Reichenbach	All	CRB	jan-00	Chlorés	500	CA		20	7	140		120 000 857
13	Tübingen	All	F&G	oct-98	Chlorés	260	Fe°	275	215	10	2150	30	
15	Brunn am G.	Aut	Réact	oct-99	HAP +BTEX +Phénols	8600 80 340	CA	23	220	5	1100	40 à 170	750 000 682
16	Copenhague	Dan	CRB	98	Chlorés	4000	Fe°		15	6	90		235 000 2611
17	Kolding	Dan	CRB	99	Chlorés +CrVI	1400 100000	Fe°	200	45	3	135		358 000 2652
18	Sonderso	Dan	F&G	99	Chlorés +BTEX	5000	Fe°	80 m3	123	9	1107		940 000 849
24	Monkstown	Irl	F&G	fév-96	Chlorés	380000	Fe°	25	60	12	720	1 à 6	1 055 000 1465
28		Bel	F&G	juin-02	Chlorés	60000	Fe° + cata	60	350	13	4550	2	1 800 000 396
29	Neuville	Fra	CRB	94	CrVI	0,1E6 à 1,8E6	Ecosol		150	5	750		
30	Auby	Fra	F&G	jan-98	HAP		CA	0,9	430	8	3440	36	600 000 174
31	Brest	Fra	Conft + stabilisation	jan-02	HC		CA	0,8	610	7	4270	< 15	3 000 000 comprend stabilisation 703
32	LLiça de vall.	Esp	Conft	01	HC +PCB +HAP+Phtal.	54E6	CA	0,4	400	5	2000	< 5	600 000 300
34	Bätterkinder	Sui	F&G	juin-99	Chlorés	350	Fe° + cata	5	100	5	500	14	200 000 400

Les BPR en Europe: la situation actuelle



Les faiblesses européennes

> La principale faiblesse est très certainement un faible niveau de communication :

- Difficultés pour construire à partir des expériences
- Un manque d'information et d'expertise:
 - Mise en œuvre de solutions inappropriées et inopérantes sur des sites où les BPR auraient représentées une alternative sérieuse
 - A l'opposé, sélection d'une BPR sur des sites inappropriés
- Un manque de co-ordination à l'échelle nationale et européenne qui ne permet pas de rationaliser les efforts de R&D et le développement de solutions techniques innovantes



Accélérer la confiance du marché dans les technologies de remédiation innovantes par des projets de démonstration



Un concept en évolution

- > Nouvelles technologies (Géosiphon, DART, biobarrières,...)
- > Utilisation en combinaison avec d'autres techniques (ISCO, stabilisation,...)
- > Réduction des durées : combinaison avec le traitement du terme source
- > Encore de la recherche, en particulier pour l'étude des propriétés à long terme