

*Etude méthodologique pour
la mise en place de périmètres
de protection dans le bassin
ferrifère*

Etude réalisée pour la compte de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse
Auteur : L. Dufond - BURGEAP
13 rue du Parc - Oberhausbergen - 67088 Strasbourg
Editeur : Agence de l'eau Rhin-Meuse
Octobre 2003
50 exemplaires
© 2003 - Agence de l'eau Rhin-Meuse
Tous droits réservés

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Intitulé du rapport :

**Etude méthodologique pour la mise en place de
périmètres de protection dans le bassin ferrifère**

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature
Note intermédiaire de phase 1	13/01/99		F. Merheb		A.Durbec	
Rapport final proviso ire	15/06/99	a	F. Merheb		A.Durbec	
Rapport final proviso ire	20/07/99	b	F. Merheb		A.Durbec	
Pré-rapport final	25/08/99	c	F. Merheb		A.Durbec	
Rapport final	01/10/99	d	F. Merheb		A.Durbec	
Rapport final complété à la demande du CSHPF	03/11/02	e	L.Dufond		F. Merheb	
Rapport final définitif	10/12/02	f	L.Dufond		F. Merheb	

Numéro de rapport :	RSt.202
Numéro d'affaire :	A 9437
N° de contrat :	C.802191
Domaine technique :	T 42

BURGÉAP
13 rue du Parc - OBERHAUSBERGEN
F-67088 STRASBOURG CEDEX 02
Téléphone : 03.88.56.85.30 Télécopie : 03.88.56.85.31
e-mail : agence.de.strasbourg@burgeap.fr

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
PHASE 1	7
1 Présentation synthétique du bassin ferrifère	7
1.1 Le contexte minier	7
1.2 Géologie et hydrologie	7
1.3 Conséquences de l'arrêt des exploitations	8
1.4 Etudes ou travaux pouvant être utilisés pour la méthodologie	9
2 Recensement des méthodes mises en oeuvre pour la définition des périmètres de protection des captages en domaine karstique ou minier	10
2.1 Méthode EPIK (Epikarst, Protective cover, Infiltration conditions, Karstic network)	10
2.2 Autres méthodes particulières utilisées pour la définition des périmètres de protection	11
2.2.1 Méthodes basées sur le critère du temps de transfert	11
2.2.2 Méthode basée sur le critère du pouvoir auto-épurateur du milieu	12
2.2.3 Méthode basée sur le critère dispersif ou physico-chimique	12
2.2.4 Méthode basée sur le critère de l'extension des limites d'écoulement	12
2.2.5 Méthode basée sur une distance arbitraire	13
2.2.6 Outils d'analyses multicritères	13
2.2.7 Les moyens généralement retenus pour la protection d'un captage	13
2.3 Récapitulatif des démarches utilisées dans le bassin ferrifère	14
2.4 Critique des méthodes recensées - application au bassin ferrifère	17
3 Typologie des captages AEP sollicitant le bassin minier	19
PHASE 2	21
4 Description de la méthodologie proposée	21
4.1 Terminologie	22
4.2 Déroulement de la méthodologie proposée	23
4.3 Chapitre descriptif	25
4.3.1 Evaluation de la ressource et connaissance des besoins en eau de la collectivité	25
4.3.2 Contexte géologique et hydrogéologique	26
4.3.3 Le captage	27
4.3.4 Alimentation de l'ouvrage	28
4.3.5 Atteintes potentielles	29
4.3.6 Synthèse	30
4.4 Chapitre interprétatif	30
4.4.1 Définition de la vulnérabilité du captage	30
4.4.2 Proposition des périmètres de protection du captage	40
4.5 Origine des documents utiles à la mise en oeuvre de la méthodologie	42
4.5.1 Évaluation de la ressource et connaissance des besoins en eau de la collectivité	42
4.5.2 Contexte géologique et hydrogéologique	43
4.5.3 Le captage	44
4.5.4 Alimentation de l'ouvrage	44

4.5.5	Atteintes potentielles	45
4.5.6	Définition de la vulnérabilité du captage	46
4.6	Retour d'expérience sur les 3 cas tests étudiés	46
4.7	Résumé opérationnel	47
FIGURES		50
ANNEXES		59

FIGURES		Version
Figure n°1	Coupe géologique du bassin ferrifère de Lorraine	
Figure n°2	Log stratigraphique schématique	
Figure n°3	Circulation des eaux souterraines après exploitation minière	
Figure n°4	Contexte minier du forage de Valleroy	
Figure n°5	Exemple d'application de la méthode à un captage gravitaire	
Figure n°6	Exemple 1 : captage de Roncourt	
Figure n°7	Exemple 2 : captage de la galerie Charles-Ferdinand	

ANNEXES	
- Annexe 1 - Typologie des captages sollicitant le réservoir minier pour l'AEP	60
- Annexe 2 - Piézomètres et puits de suivi des nappes d'eau souterraines dans le bassin ferrifère	63
- Annexe 3 - Fiche signalétique d'un ouvrage	65
- Annexe 4 - Plan-type d'un dossier préalable soumis à l'avis de l'hydrogéologue agréé	67
- Annexe 5 - Bibliographie	70

AVANT-PROPOS

Le bassin ferrifère lorrain pose des problèmes spécifiques liés au passé minier de la région. En effet, l'exploitation des mines de fer a profondément bouleversé les équilibres naturels, et en particulier les écoulements souterrains. Les différentes exploitations, bien que concurrentes à l'origine, ont été pratiquées de manière souvent jointives, puis connectées à l'occasion de fusions successives. Elles ont ainsi formé de vastes ensembles de vides souterrains plus ou moins interconnectés. L'ennoyage des mines entrepris ne rétablira pas la situation antérieure, mais créera un nouvel équilibre difficile à appréhender.

Les Collectivités et les exploitants ont l'obligation de mettre en place les Déclarations d'Utilité Publique pour chaque captage, mais également celle de prévoir des programmes d'actions en cas de dégradation avérée de la qualité de la ressource.

Le contexte hydrogéologique modifié doit être scrupuleusement décrit en valorisant au mieux l'ensemble des informations disponibles sur la structure du milieu et sur l'évolution de différents paramètres dont la mesure régulière est assurée aux soins de différents maîtres d'ouvrages.

L'**objectif de la phase 1** est de présenter le recueil des documents disponibles et de dresser une typologie des principaux sous-bassins ferrifères d'une part, et d'autre part des principaux équipements d'exhaure aujourd'hui utilisés pour l'alimentation en eau potable des populations.

Le choix des sites support de test pour la méthodologie a été effectué en concertation entre l'Agence de l'Eau, les deux DDAF et les deux DDASS (département de la Meurthe et Moselle et département de la Moselle).

L'**objectif de la phase 2** est de disposer d'une méthode pour la mise en place des périmètres de protection. Sachant par expérience les difficultés rencontrées tant par les hydrogéologues agréés que par les Services de l'Etat pour le respect des recommandations édictées en la matière, notre démarche s'est attachée à définir des critères intégrateurs et relativement aisément accessibles sans nécessiter des études préliminaires trop lourdes, mais en valorisant l'ensemble des informations disponibles auxquelles nous avons eu accès pour formuler des recommandations réalistes et économiquement supportables.

La difficulté de définir un débit d'exploitation s'est avérée le long de l'étude comme un critère principal dont les incidences sur la protection des captages sont capitales. Les documents cartographiques présentés dans ce rapport ont pour ambition de servir d'aide à la compréhension de l'ensemble des informations recueillies, par la superposition d'informations complémentaires et de natures diverses.

PHASE 1

1 Présentation synthétique du bassin ferrifère

1.1 Le contexte minier

L'exploitation minière a profondément modifié l'hydrologie et l'hydrogéologie naturelles du bassin ferrifère, elle était fortement développée dans les années 1950. Cinquante millions de tonnes par an de minerai de fer étaient alors extraites.

Cette **exploitation** était conduite par "**traçage**" (*réalisation de galeries parallèles à l'intérieur de la couche exploitée*) puis "**dépilage**" (*exploitation des piliers laissés entre les galeries jusqu'à ce qu'elles soient près de s'effondrer*). En phase finale, les piliers étaient "foudroyés" à l'arrière du front d'exploitation, ce qui provoquait l'effondrement du toit de la couche exploitée et créait une forte fracturation et fissuration des couches géologiques supérieures. Le contexte des exploitations a conduit à la formation de **3 grands ensembles** de vides interconnectés, appelés "bassin Nord", "bassin Centre" et "bassin sud". Les derniers concessionnaires sont les sociétés LORMINES et ARBED.

D'importantes venues d'eau de la nappe principale du Dogger s'écoulaient dans les galeries ; elles étaient éliminées par exhaure (*entre 120 et 250 millions de m³ par an - L.Cadilhac, P.Gamez, 1996*) et partiellement utilisées pour l'alimentation en eau potable et pour l'usage industriel. Le réseau hydrographique superficiel recevait l'excédant.

Un rabattement des niveaux d'eau important et durable s'est installé, mobilisant un impluvium minier débordant largement des zones ferrifères exploitées. L'envoyage des mines s'accompagne d'une réduction importante de cet impluvium.

1.2 Géologie et hydrologie

Le bassin ferrifère lorrain s'étend sur 100 kilomètres, de la frontière belgo-luxembourgeoise jusqu'à Nancy et sur 10 à 30 kilomètres d'Est en Ouest. Deux entités se distinguent avec *au Nord*, le bassin ferrifère de Briey-Longwy et *au Sud*, le bassin ferrifère de Nancy. La structure géologique (du Lias au Jurassique supérieur) est recoupée par des failles principales orientées NE-SW qui délimitent les différents bassins miniers existants. La couche du minerai de fer affleure aux pieds des escarpements le long de la vallée de la Moselle et plonge jusqu'à une profondeur voisine de 260 m à la limite ouest du bassin ferrifère.

Cet étage repose en concordance sur les formations argilo-gréseuses du Toarcien et il est recouvert par les marnes micacées de la base du Bajocien inférieur. Puis se superpose une succession de calcaires et de marnes datant du Dogger. La formation ferrugineuse aalénienne est épaisse d'environ 30 à 60 m au Nord et de 30 à 40 m au Sud.

La structure et la succession lithologique sont relativement constantes sur toute l'étendue du bassin ferrifère lorrain.

Les eaux superficielles

De nombreux cours d'eau drainent le bassin ferrifère. **La qualité des eaux superficielles** dans le bassin ferrifère **est majoritairement passable à médiocre**. (Agence de l'eau, mesures 1992-1994). Les *objectifs* de qualité sont globalement de *bonne à passable*.

Les eaux souterraines

L'aquifère calcaire du Dogger est considérablement karstifié et donc **très vulnérable**. Les nombreuses pertes permettent une entrée directe des éventuelles pollutions. La qualité des eaux souterraines en est affectée. Dans certaines zones l'eau ne peut plus être utilisée que pour l'irrigation. De fortes concentrations en *sulfates, nitrates, et parfois en fer* posent des **problèmes de potabilité**. Dans les bassins Nord et Sud, une *bactériologie* supérieure aux normes de potabilité est remarquée.

L'exploitation des eaux de la nappe a lieu par captage de sources et résurgences naturelles, ou par exhaure.

1.3 Conséquences de l'arrêt des exploitations

L'arrêt des exploitations implique à terme l'abandon progressif des pompages d'exhaure. Cet arrêt est effectif pour tous les bassins sauf le bassin Nord pour lequel l'arrêt est décrété à partir de 2002.

L'arrêt des exhaures se traduit par un ennoyage progressif des galeries minières et de l'aquifère sus-jacent et modifie le régime et la qualité des eaux. Cet ennoyage aboutira à l'établissement d'un nouvel équilibre hydrologique et hydrochimique (des centaines de millions de m³ de vides et des communications artificielles par développement de la fracturation).

Fin 1999 l'ennoyage est pratiquement terminé dans les *bassins Centre et Sud* où cinq anciens ouvrages miniers ont été retenus comme **points de débordement principaux**.

Ces points devraient permettre de stabiliser l'ennoyage dans des conditions climatiques normales en rejetant dans le réseau hydrographique un débit suffisant.

Pour le *bassin Nord*, l'arrêté préfectoral n°98-AG/3-370 du 29/10/98 indique trois phases successives d'arrêt des exhaures associées à la mise en place d'ouvrages de surveillance des eaux souterraines jusqu'en 2005 :

- *phase 1* - passage de la cote 95 NGF à 163,
- *phase 2* - ennoyage à la cote 193 NGF,
- *phase 3* - ennoyage à la cote 207 NGF.

L'apparition de nouveaux points de débordement est possible ; un **déplacement des limites des bassins versants souterrains** qui alimentent les exutoires pourra s'effectuer du fait de la mise en communication de réservoirs situés à différents niveaux. Des **transferts d'eau entre les bassins** nord, centre et sud ne sont pas exclus.

Conséquences pour l'alimentation en eau potable et industrielle

L'alimentation en eau potable des collectivités du bassin ferrifère concerne près de 380 000 habitants desservis par une douzaine de structures assurant la production et/ou la distribution de l'eau potable (Weigertner, 1997).

L'arrêt des exhaures induit à court terme un risque de **rupture de l'approvisionnement** et oblige les collectivités locales à se rendre autonomes pour leur alimentation. Cet arrêt conduit également à la **détérioration de la qualité de l'eau stockée** du fait de réactions chimiques entre la Roche et l'eau conduisant à la formation de sulfates et de sodium. Ce processus naturel assez long (de quelques années à plusieurs décennies) peut être accéléré artificiellement par surpompage. Cette technique a été mise en œuvre avec succès dans plusieurs mines (Serrouville, Errouville, Saizerais,...).

Conséquences pour le réseau hydrographique superficiel

Depuis l'ennoyage, certains cours d'eau ont subi une diminution importante de débit, voire un assèchement tandis que d'autres ont connu une augmentation significative du fait de phénomènes de débordement de la nappe et de l'apparition de nouvelles sources. Une classification des cours d'eau en fonction de leur évolution prévue en terme de débit a été tentée. Une dégradation de la qualité des eaux de nombreux cours d'eau peut être attendue par diminution de leur capacité de dilution.

1.4 Etudes ou travaux pouvant être utilisés pour la méthodologie

Schéma de restructuration des mines de fer

Dès 1980, un schéma de restructuration des mines de fer a été établi par l'Agence de l'Eau. Ce schéma, actualisé en 1982 puis 1987, a fait le point sur les problèmes liés à la fermeture progressive des mines, à l'arrêt des exhaures relatifs à l'alimentation en eau potable et aux modifications tant qualitatives que quantitatives des cours d'eau.

Dans la perspective de l'arrêt des activités des mines de l'ARBED, une étude a été menée en 1997 afin de proposer différents scénarios pour garantir la sécurité de l'alimentation en eau potable de l'ensemble du bassin ferrifère (Agence de l'Eau, DDAF-54 et 57). L'arrêté préfectoral n°98-AG/3-370 du 20/10/98 définit les modalités de fermeture et d'arrêt des exhaures ainsi que les mesures d'accompagnement à mettre en œuvre.

Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Depuis 1994, une Commission Locale de l'Eau (C.L.E) a été mise en place pour le S.A.G.E. du bassin ferrifère. Plusieurs actions ont déjà été engagées par la C.L.E :

- élaboration d'un schéma de renforcement de la sécurité de l'alimentation en eau potable,
- élaboration d'un schéma d'assainissement,
- réflexion sur l'utilisation et la mise en valeur des rivières, notamment par fixation d'objectifs de débits,
- mise en place d'un observatoire de suivi des ressources en eaux souterraines.

Prescriptions en matière d'alimentation en eau et de gestion des rivières

Un rapport du BRGM sur la surveillance des nappes d'eau souterraine dans le bassin ferrifère apporte des informations sur l'utilisation des pompages d'exhaure pour le bassin centre et sud de janvier 1993 à janvier 1998.

L'arrêté préfectoral du 29/10/98 pour l'arrêt définitif d'utilisation minière dans les concessions de l'ARBED prescrit des dispositions supplémentaires.

La qualité et les objectifs de qualité des cours d'eau sont résumés dans un document (AERM, DIREN, CSP, 1997) pour la période entre 1992 et 94. L'AERM publie également un catalogue des débits mensuels d'étiage des cours d'eau et met à disposition du public la banque de l'eau sur le site Internet <www.eau-rhin-meuse.fr>.

Surveillance des nappes d'eau souterraines

La gestion d'un réseau de surveillance (piézométrie et suivi qualitatif) de la nappe des calcaires du Dogger dans le bassin ferrifère a été confiée par l'AERM au BRGM. Ce réseau comporte 29 points d'observation pour la surveillance de l'aquifère du Dogger ; il s'appuie sur des mesures piézométriques, des jaugeages de sources ou débordements et un suivi qualitatif de certains ouvrages miniers, dans le respect des arrêtés préfectoraux.

Le **tableau en annexe 2** fournit la liste de l'ensemble des points d'observation ainsi que le type de suivi qui s'y rattache. L'AERM diffuse aux communes un bulletin mensuel des résultats de suivi de l'ennoyage (niveaux, débits et qualité).

Autres travaux

D'autres travaux, essentiellement cartographiques, peuvent être utilisés dans le cadre de la méthodologie, comme par exemple, la carte des phénomènes karstiques recensés (AERM, CEGUM) et les cartes des zones potentielles d'affaissement (DRIRE, BRGM, INERIS).

Le détail des différents travaux nécessaires à l'application de la méthodologie proposée est présenté dans le chapitre 4.

2 Recensement des méthodes mises en oeuvre pour la définition des périmètres de protection des captages en domaine karstique ou minier

Aucune méthode spécifique au contexte minier n'a été recensée. C'est pourquoi les méthodes présentées sont celles applicables aux milieux karstiques dont les caractéristiques peuvent être voisines du réservoir minier.

2.1 Méthode EPIK (Epikarst, Protective cover, Infiltration conditions, Karstic network)

Il s'agit d'une méthode multicritère à index, permettant d'évaluer, d'une manière globale et relativement objective, la sensibilité des eaux souterraines dans les régions karstiques. Elle est appliquée en milieu karstique ou fissuré et utilise quatre critères d'interprétation :

- ①- le développement de l'épikarst,
- ②- l'importance de la couverture protectrice,
- ③- les conditions d'infiltration,
- ④- le développement du réseau karstique.

La conception de la méthode a été faite en partenariat entre les administrations fédérales suisses et les hydrogéologues agréés. Elle est basée sur l'interprétation des caractéristiques géomorphologiques et des valeurs des vitesses de transit mises en évidence par traçage.

Les captages (sources ou forages) utilisés pour l'alimentation en eau potable doivent être protégés par trois zones garantissant les objectifs suivants :

- dans la zone S1, aucune substance polluante ne doit parvenir au captage à partir de cette zone. Ceci correspond donc à la zone de captage proprement dite et aux zones d'infiltration préférentielles ;
- dans la zone S2, les substances difficilement dégradables ne doivent pas parvenir dans les eaux souterraines, et en cas d'accident dans cette zone, un laps de temps suffisant doit être mis à profit pour procéder à un assainissement. Ceci correspond à toutes les secteurs du bassin versant où l'eau de surface s'infiltrerait rapidement et gagne le captage après un court laps de temps. Les zones des infiltrations directes sont incluses dans S2 ;
- dans la zone S3, les restrictions les plus importantes sont la limitation ou l'interdiction de constructions industrielles et de l'extraction de matériaux. Ceci correspond à la totalité du bassin d'alimentation.

Les zones de protection ne sont pas nécessairement contiguës.

Pour diverses raisons pratiques, cette méthode présente des imperfections au niveau de la délimitation des zones :

- les zones S1 et S2 ne sont généralement pas suffisamment étendues,
- la zone S3 correspond à une surface trop importante.

Les critères d'interprétation sont subdivisés en classes ; celles-ci sont déterminées à partir de méthodes directes ou indirectes, locales ou globales, telles que essais de traçage, étude géomorphologique, reconnaissance à la tarière, photos aériennes,...

Une carte de la distribution spatiale des classes est réalisée pour chaque critère. Les quatre cartes ainsi obtenues sont combinées, puis pondérées afin d'obtenir une carte synthétique correspondant à une représentation affinée de la vulnérabilité des bassins des captages étudiés.

A chaque classe correspondra ainsi une valeur de pondération allant de 1 à 4, la valeur 1 représentant la situation la plus vulnérable. Les critères seront également affectés d'une valeur numérique représentant son "poids relatif". En combinant les différents facteurs attribués aux critères et aux classes, *un facteur de protection F* est obtenu, dont la valeur varie de 9 à 34. Trois classes de vulnérabilité sont ainsi déterminées à partir des valeurs du facteur de protection :

- $F \leq 19$, la zone appartient à la classe de vulnérabilité V1,
- $20 \leq F \leq 25$, la zone appartient à la classe V2,
- $F > 25$, la zone appartient à la classe V3.

La classe de vulnérabilité V1 correspond à une zone très vulnérable.

La méthode EPIK est fortement conseillée par l'administration suisse ; elle est actuellement testée sur 7 sites (Jura tabulaire, Jura plissé, préalpes calcaires). A la date de ce jour, aucun périmètre proposé n'a abouti à une décision administrative. Par manque de recul et de variété de cas testés, il est difficile d'en apprécier la pertinence.

2.2 Autres méthodes particulières utilisées pour la définition des périmètres de protection

Dans les différentes méthodes recensées, la délimitation de la zone de protection équivalente au périmètre rapproché est basée sur la connaissance des critères suivants :

- la durée et la vitesse de transfert de l'eau entre les points d'émission de pollutions possibles et le point de prélèvement dans la nappe,
- le pouvoir auto-épurateur du milieu,
- le pouvoir de dispersion des eaux souterraines,
- les limites d'écoulement,
- distances arbitraires,
- techniques multicritères.

2.2.1 Méthodes basées sur le critère du temps de transfert

Dans *les cas hydrogéologiques simples*, il existe plusieurs techniques analytiques et numériques pour l'estimation des temps de transfert de l'eau entre un point et le captage (Roux et al, Hofmann et Lillich, Wyssling,...). Aux Etats Unis l'Environment Protection Agency (EPA) utilise une méthode améliorée proche de celle de Wyssling.

Dans certains cas plus complexe, les techniques de traçage sont mises en œuvre.

Sauty présente des abaques de calcul qui permettent de déduire des isochrones de transfert pour un puits situé en nappe avec écoulement régional.

A proximité de cours d'eau en relation hydraulique avec la nappe captée, Sauty dispose d'une série d'abaques qui permettent de calculer le débit de réalimentation de la rivière et le temps de transit vers la captage.

Dans *les cas complexes*, le recours à des modèles numériques devient l'outil indispensable qui intègre les composantes multiples du contexte hydrogéologique. Pour les aquifères fissurés, où les vitesses de transfert sont mal connues ou variables en fonction de l'état de la nappe, tout affleurement devient un point potentiel d'émission de pollution. Afin de ne pas préconiser un périmètre de protection rapproché dont la superficie serait excessive, les techniques n'écartent pas la proposition de périmètres de protection rapprochés satellites.

En complément de ces périmètres de protection, des dispositifs d'alerte en cas de pollutions accidentelles sont généralement prévus.

2.2.2 Méthode basée sur le critère du pouvoir auto-épurateur du milieu

Le pouvoir auto-épurateur d'un aquifère est approché par une étude pédologique systématique qui permet d'apprécier la vulnérabilité du captage vis à vis des menaces en provenance de la surface. Cette méthode s'applique spécifiquement à des pollutions d'origine bactériologique.

L'estimation de ce pouvoir épurateur a été proposée par Resche pour les milieux poreux par une méthode empirique qui a été reprise et étendue par Bölsenkötter aux milieux fissurés. Cependant, compte tenu des discontinuités (vitesses et porosités) importantes pouvant exister dans ces milieux, il est jugé peu objectif d'utiliser cette méthode pour déterminer une distance à laquelle l'épuration complète est supposée, pouvant servir de base à la délimitation d'une zone de protection.

Cette méthode consiste à classer les terrains meubles en différentes catégories, et pour chacune d'elle, Resche a calculé, pour qu'il y ait épuration totale :

- l'épaisseur des terrains, en zone non saturée,
- la longueur des terrains traversés, en zone saturée.

2.2.3 Méthode basée sur le critère dispersif ou physico-chimique

Généralement mal connus mais mieux appréhendés dans les milieux poreux, les phénomènes de dispersion cinématique, couplés à la diffusion moléculaire, confèrent aux aquifères un certain pouvoir de dilution en dispersant longitudinalement et transversalement une quantité de polluant dans un volume d'aquifère de plus en plus grand autour de l'axe d'écoulement principal.

Dans les aquifères karstiques, la dilution d'une pollution présente dans les eaux, peut être très importante durant les périodes de fortes précipitations (crues ou vidanges des systèmes annexes).

Par ailleurs, certains polluants rejetés dans le milieu naturel réagissent avec celui-ci et sont, en général, retardés par rapport au transit de l'eau : adsorption-désorption, réactions de complexation, échanges d'ions entre eau libre et eau liée, précipitation-dissolution,...). Il n'est pas rare de rencontrer ces différents phénomènes dans le contexte minier lorrain.

L'appréciation des ces phénomènes devra permettre de préciser l'étendue des zones de protection autour du captage et de prescrire des mesures techniques compensatoires quant aux phénomènes de pollution étudiés.

2.2.4 Méthode basée sur le critère de l'extension des limites d'écoulement

Lorsque les écoulements sont très rapides et que les bassins d'alimentation sont peu étendus, la détermination de périmètres permettant une protection efficace peut concerner tout l'ensemble du bassin.

C'est le cas notamment dans les zones de montage où les aquifères ont souvent des petites dimensions et possèdent de forts gradients hydrauliques.

Pour les aquifères karstiques importants, étant donnée la grande rapidité des écoulements souterrains, la définition de périmètres de protection basée sur le critère des limites d'écoulement amène généralement à proposer des zones de très grande étendue.

2.2.5 Méthode basée sur une distance arbitraire

Cette méthode est simple, puisqu'elle implique de définir des zones de protection en s'appuyant sur une distance entre le captage et une limite arbitrairement choisie. Ce critère est retenu généralement pour délimiter les périmètres de protection immédiate.

En Allemagne, pour les aquifères en milieux poreux, la zone III (équivalente au périmètre de protection éloignée) est définie par une distance de 2 km en amont du captage.

L'exemple est également valable pour la Grèce où la zone II (correspondant au périmètre de protection rapprochée) est délimitée en retenant une distance allant de 100 à 300 m en amont du captage.

2.2.6 Outils d'analyses multicritères

Ce type d'outils est de plus en plus utilisé dans le cas des captages situés dans un contexte complexe ; il prend en compte trois critères principaux qui sont :

- les *potentialités* du milieu (sol, zone non saturée et aquifère saturé),
- les *niveaux d'atteintes aux potentialités* (sources de pollution),
- les *conditions hydrodynamiques* de l'aquifère.

En combinant les potentialités du milieu et les sources de pollution, *une sensibilité du milieu est définie*. Cette sensibilité croisée avec le poids affecté aux conditions hydrodynamiques détermine des *classes de protection*.

Généralement, quatre classes de protection sont définies, où la zone à protéger très fortement correspond à l'indice de vulnérabilité le plus fort.

Une liste de critères d'analyses de la vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions, et pouvant servir de complément à cette technique, est décrite dans un rapport BRGM R38846.

Enfin, certains auteurs évoquent la nécessité d'utiliser certaines données scientifiques et techniques caractérisant les milieux fissurés, par exemple, l'étendu du bassin d'alimentation, les variations saisonnières de débit, la transmissivité, la turbidité et la conductivité de l'eau, sa teneur en certains éléments chimiques, le bilan hydraulique de la ressource,...

2.2.7 Les moyens généralement retenus pour la protection d'un captage

Les outils employés pour la mise en place d'une protection efficace des captages sont :

- le *périmètre de protection immédiat* : en France comme dans la majeure partie des pays étrangers, la méthode utilisée s'appuie sur le choix d'une distance arbitraire. Les limites correspondent le plus souvent aux limites parcellaires. A l'instar des législations suisse et allemande, la réglementation française prévoit la possibilité de définir des périmètres de protection immédiats disjoints. Cette alternative est utile en zone karstique où les zones d'infiltration préférentielle sont alors protégées.
- le *périmètre de protection rapproché* : la méthode basée sur le temps de transfert est la plus utilisée. Dans de nombreux pays, comme l'Allemagne, l'isochrone à 50 jours permet de limiter ce périmètre de protection. Le temps 50 jours correspond au temps d'élimination naturelle d'une pollution bactériologique, ainsi qu'au

temps d'information et de réaction face à une pollution accidentelle. En France, bien qu'aucune valeur à caractère normatif ne soit retenue, en dehors des régions de montages, la limite du périmètre de protection rapprochée correspond souvent à l'isochrone de transfert 50 jours.

Pour les aquifères karstiques mettant en jeu des réseaux de circulation développés sur des grandes distances, et où les circulations sont très rapides, la création d'un périmètre rapproché prenant en compte les limites d'écoulement s'avère difficilement réalisable si l'on souhaite intégrer aux considérations techniques, les préoccupations d'ordre économique ainsi que les enjeux sociaux.

Le modèle allemand préconise de créer un périmètre rapproché subdivisé en deux sous-unités séparés par l'isochrone de transfert 10 jours. Cette approche est jugée intéressante sur le plan économique dans la mesure où l'Hydrogéologue agréé peut prescrire des servitudes graduées pour chaque sous-ensemble.

- *le périmètre de protection éloigné* : sa mise en place n'est que facultative, mais jugée nécessaire. Son efficacité dépend surtout de la définition des servitudes qui y sont rattachées. Compte tenu de la vulnérabilité naturelle importante des aquifères karstiques, la méthode utilisée pour sa définition consiste à s'appuyer sur les limites du bassin d'infiltration du captage.

En outre, pour des zones particulièrement sensibles situées à l'intérieur de ce périmètre (zones préférentielles d'infiltration), il faut concevoir, comme le prévoit la réglementation, de créer des ensembles disjoints réglementés selon les prescriptions du périmètre de protection rapprochée.

2.3 Récapitulatif des démarches utilisées dans le bassin ferrifère

Sur les captages potentiellement concernés par la présente étude, nous avons analysé les études hydrogéologiques préalables à la définition des périmètres de protection.

Le tableau 1 suivant résume les caractéristiques spécifiques des études existantes.

Captage étudié	Traçage effectué	Essai de débit	Paramètres d'influence	Protection proposée	Avis du CSHPF
Mine Tiercelet	non	non	affleurement des calcaires bajocien, zones urbanisées au droit des secteurs dépilés, activités industrielles, rejets d'ass., décharges	PPI : 10x11 m PPR : zones dépilées avec une marge PPE : zone d'alimentation	?
Puits St Michel	non	non	?	PPI : prescriptions particulières en fond de mine PPR : zone d'alimentation PPE : rien	?
exhaure Bure	?	?	?	étude classique et proposition 1975	?
exhaure Moyeuivre Petite	?	?	?	PPI : ? PPR : 2 puits PPE : ?	?
exhaure La Paix				étude classique et proposition 1975	?
Mine Paradis	Oui	Non	précipitation, perte des ruisseaux, beaucoup de zones	PPI : 2 points d'accès et puits d'aéragé PPR = PPI	avis défavorable du 18/2/97 : - manque l'inventaire

			dépilées en relation au fond	PPE : 2 zones A infiltrations possibles B ruissellement possible vers zones d'infiltration	précis et complet des zones de pollutions - manque les délais de mise en place des actions - notion de 1ère urgence sur un rayon de 10 km ² . - demande d'analyses complètes et suivi d'un an du traitement avis défavorable du 15/12/99 : - même remarques que le précédent
Mine Droitaumont (Jarny)	?	?	pertes cours d'eau, secteurs dépilés	PPI : les puits d'accès + aérage (sauf si obturé à terme) PPR ≥ PPI + zones les plus vulnérables PPE : 2 zones A infiltrations possibles B ruissellement possible vers zones d'infiltration	avis du 19/9/95 autorisation provisoire (1 an) de distribution et avis favorable à la définition des PP sous réserves : - inclure les prescriptions de l'HA dans le SAGE avec un programme de travaux coordonné sur l'ensemble du bassin minier - maintenir les suivis sur la station - suivi du Bore - rapport de suivi. Avis du 5/5/98 Avis favorable définitif pour la distribution
Mine Roncourt	?	?	?	?	?
Mine St Paul	?	?	?	étude classique et proposition 1975	?
Mine Angevillers	?	?	?	étude classique et proposition 1974	
Mine La Moulaine	?	?	infiltration de cours d'eau recevant des rejets de S.E.	PPI : bêche et station pompage PPR : zone d'alimentation PPE : rien	?
Moulin aux Bois (mine de Serrouville)	1973 et 1994	prévu	point de débordement, inventaire des sources de pollutions	PPI : autour du puits PPR : <i>identique Errouville</i> PPE : limites des concessions Errouville/Serrouville. DUP 21/12/94 : - Q réservé de la Crusnes - protocole de suivi et de mesures	avis favorable 22/11/94 sous réserves : - traitements des eaux - surveillance phénols - élimination des risques liés à 3 décharges, rejets communaux - contrôle de l'assainissement individuel et de l'entretien du bassin de la RN52 - surveillance du

					rabattement nappe au toit des marnes micacées
Puits 3 Errouville	1997	?	sources de pollutions inventoriées, fort déphasage par rapport à la pluie	PPI : la parcelle Puits 3 PPR : zone vulnérable= 0,5x6 km (faille Crusnes + satellites) PPE : limites concessions Errouville/Serrouville DUP 21/12/94 - Q réservé de la Crusnes - protocole de suivi et de mesures	Avis favorable du 22/11/94 commun aux 2 sites de captage, Moulin aux Bois et forage P3 (mine de Serrouville).
Galerie Charles Ferdinand	?	?	?	étude classique et proposition 1974	?
Lavoir de Rehon	?	?	affleurement calcaires bajocien, zone industrielle, crassier, agriculture, assainissement, cimetière.	PPI : station pompage + lavoir PPR : zones dépilées PPE : bassin d'alimentation	-
Mine Saizerais	Oui (1978)	Non	agriculture, quelques zones industrielles, relation avec les calcaires du Bajocien	PPI : autour des puits d'accès + aérage + descenderies PPR autour des PPI (400x400m) PPE : toute la zone d'alimentation	D'après la DDASS, le dossier préparé ne sera à priori pas soumis à l'avis du CSHPF (moins de 50.000 hab ; pas de dépassement de norme eaux brutes)
SAENOMM	non	non	affleurement des calcaires bajocien, zones urbanisées au droit des secteurs dépilés, activités industrielles, rejets d'ass., décharges	PPI : puits + stat de pompage + bêche de reprise PPR : zones dépilées avec marge PPE : zone d'alimentation	
St Pierremont	?	?	?	pas d'étude	
La Mourière	?	?	?	pas d'étude	
Mine Auboué	?	?	?	étude classique et proposition 1975	?
forage Valleroy	non	oui	activités industrielles, A4-N103 et N43, cimetière, stockage d'hydrocarbures.	Cartographie des terrains de couverture et des zones à risque. D'après données du 5/3/99 : PPI =parcelle du forage PPR =zones dépilées + perte de ruisseaux PPE =emprise de la concession de Valleroy	
Vanne Valleroy	?	?	?	Étude non disponible	
forage Moineville	Non	Oui	réseau galeries, agriculture, grille de classement de la	pas de proposition (forage non exploité)	

			vulnérabilité		
Route Blanche	?	?	Agriculture, assainissement, A30	Étude réalisée mais non disponible. PPI =parcelle du puits, piézo et local tech PPR = zone dépilée PPE =extension S-OO et E du PPR	

Tableau 1 : caractéristiques des études existantes

Quelle que soit la méthode étudiée, le Conseil Supérieur d'Hygiène est très sensible aux aspects traditionnels de l'appréciation de la vulnérabilité et des mesures accompagnatrices pour réduire voire éliminer les risques potentiels ou constatés sur la ressource captée.

Dans les cas où des anomalies sont constatées sur la qualité de l'eau, l'exigence d'un suivi transitoire et d'un traitement spécifique est systématique.

L'utilisation d'un outil du type SAGE a été évoquée dans le cas de Droitaumont ; l'objectif est de faciliter la mise en place d'une action de coordination programmable des travaux de sécurisation à l'échelle d'un bassin minier.

Enfin, dans le cas des captages d'Errouville/Serrouville, l'interférence avec les ressources voisines a été analysée dans le détail : cours d'eau de la Crusnes et rabattement non autorisé dans les marnes micacées.

Les dossiers de mise en place de Périmètres de Protection qui sont bien avancés (Paradis, Droitaumont, Errouville/Serrouville, Saizerais) sont ceux sur lesquels une récente démarche originale a été appliquée. Toutefois, celle-ci ne devra pas négliger les éléments d'analyses de vulnérabilité habituellement recensés pour les risques en provenance de la surface et sur lesquels il faudra greffer les particularités du réservoir exploité qui sont spécifiques à l'exploitation du bassin minier concerné.

Les problèmes de qualité d'eau évoqués sur les captages dont les dossiers ont été soumis à l'avis du CSH, ont été traités d'une part, de manière curative (par un traitement imposé à l'eau avant distribution) et d'autre part, d'une manière préventive en mettant en place un dispositif de contrôle et de surveillance de l'évolution de la qualité pour juger de l'efficacité des mesures appliquées. Il est indispensable que cette surveillance 'contractuelle' soit étendue à l'eau brute et à l'eau distribuée.

La réflexion à mener pourra être enrichie par une approche relativiste. Celle-ci consisterait à comparer les risques présents et les mesures sécuritaires à mettre en place en les confrontant aux caractéristiques hydrauliques exceptionnelles des réservoirs sollicités. En effet, ces derniers sont très poreux, voire du type réservoir classique ; une fois que l'ennoyage est pseudo-stabilisé dans les bassins, les gradients hydrauliques seront amenés à s'équilibrer et probablement à diminuer dans le temps ; ainsi les vitesses de transit de l'eau couplées aux phénomènes de dilution deviendraient, dans certains cas, un facteur sécurisant et non à risque.

2.4 Critique des méthodes recensées - application au bassin ferrifère

La méthode EPIK se heurte actuellement à des difficultés techniques liées à la création de nombreux périmètres disjoints à fortes contraintes de protection ; ces délimitations doivent être ajustées en fonction des plans parcellaires. Par ailleurs, la définition des coefficients de pondération utilisés dans la méthode a nécessité la réalisation de nombreux tests et des études de sensibilité sur les cas retenus.

Son application nécessite une part d'investigations de terrain très importante, la réalisation de traçage et l'équipement des exutoires en débitmètre pour la détermination du paramètre K (développement du réseau Karstique et caractérisation des infiltrations) ; la mobilisation de ces moyens entraîne un surcoût non négligeable par rapport aux approches classiques.

Cette méthode peut être relativement aisément adaptée et appliquée au bassin ferrifère lorrain. Si la méthode suit une logique **multicritère**, il n'en demeure pas moins que le résultat cartographique obtenu *automatiquement* pour l'affectation des trois zones S1 à S3, peut être réévalué en fonction de concertations visant à tenir compte des contraintes socio-économiques et des enjeux locaux. L'outil cartographique permet de tester l'effet des valeurs retenues pour la délimitation des classes. L'analyse critique des zones de protection proposées doit ensuite être effectuée par l'hydrogéologue, afin notamment d'éviter certaines incohérences.

L'adaptation de la méthode devrait permettre d'intégrer, entre autres, la connexion avec un plus ou moins grand nombre d'anciennes concessions, les variations saisonnières en quantité et en qualité.

Les critères communément retenus appellent les remarques suivantes.

- *le temps de transfert* : tout affleurement est un point potentiel d'entrée de pollution. Il est donc logique d'envisager la notion de périmètres de protection satellites.
- *le pouvoir auto-épurateur* : cette notion est trop peu objective en milieu fissuré ou en contexte minier.
- *les phénomènes dispersifs ou physico-chimiques* : la dilution d'une pollution présente peut être importante durant un épisode de précipitation (crues ou vidanges des systèmes annexes).
- *extension des limites d'écoulement* : ce critère devrait amener à proposer des zones de protection de très grande étendue.
- *la distance arbitraire* : elle est généralement retenue pour la protection immédiate.

Les outils généralement retenus et éventuellement à adapter, conduisent à la démarche suivante.

- *pour la protection immédiate* : retenir la possibilité de périmètre disjoints sur la base d'un critère arbitraire de distance ;
- *pour la protection rapprochée* : étant très difficile de respecter les limites d'écoulement, une méthode multicritère devrait permettre d'intégrer les préoccupations et les enjeux socio-économiques ;
- *pour la protection éloignée* : s'appuyer sur les limites du bassin d'infiltration du captage.

A l'instar de ce qui est préconisé dans certains départements du Sud de la France (et de ce qui a été testé sur certains captages dans le bassin ferrifère), il serait préférable de faire l'économie de grands périmètres de protection rapprochée, en affectant le maximum de surface possible en périmètre de protection éloignée. En effet, ceci est d'autant plus justifié lorsque l'instauration de prescriptions particulières est de nature à réduire les risques de pollution de façon significative. C'est ce que permet déjà la réglementation actuelle [La loi sur l'Eau et ses décrets d'application (normes de rejet renforcées, prise en compte systématique de la sensibilité du milieu récepteur, etc.) ; la réglementation des POS (assainissement, constructions, carrières, ...).]

Il sera préférable de réserver, dès que c'est possible, les périmètres de protection rapprochée aux secteurs les plus sensibles aux risques de pollution (zones de pertes ou de rejets...). Ceci conforte le bien-fondé des périmètres satellites ciblant les zones à risques majeurs.

Enfin, comme cela est régulièrement souligné par différents auteurs, il faut compléter ces périmètres par des dispositifs d'alerte en cas de pollutions accidentelles. Ces dispositifs doivent concerner la circulation et le traitement des informations sur les événements accidentels, leur bonne caractérisation, et les moyens d'intervention d'urgence. L'aire de compétence de ces dispositifs, faciles à mettre en œuvre, peut intéresser des surfaces bien plus vastes que les stricts périmètres de protection au sens réglementaire. Les collectivités, les services de l'État et les usagers y trouveront un meilleur cadre de concertation et de compréhension, propice à mieux accepter les contraintes de protection de la ressource.

3 Typologie des captages AEP sollicitant le bassin minier

Les captages concernés par cette démarche sont des ouvrages utilisés en 1999 pour l'alimentation en eau des Collectivités. Leur liste a été établie par BURGÉAP, en concertation avec AERM, les deux DDASS et les deux DDAF.

Certains captages en projet ou opérationnels mais arrêtés en 1999, pour des raisons diverses mais essentiellement liées à la qualité de l'eau, ont été également intégrés dans la démarche. Le tableau 2 présente les principales caractéristiques des captages AEP concernés par l'étude.

En retenant l'hypothèse d'une typologie indépendante du caractère actuel du dénoyage, leur classification a été effectuée à la suite d'une concertation du groupe de suivi, selon les critères suivants :

- aucune classe spécifique ne sera créée pour les captages situés dans les parties du Bassin Nord qui seront envoyées dans l'avenir ;
- distinction des petits bassins déconnectés des grands bassins ;
- dans le cas des petits bassins déconnectés, distinction des captages gravitaires et des pompages ;
- dans le cas de grands bassins miniers, distinction de la situation du captage, au sein ou en bordure du bassin. La notion de bordure peut être liée soit à la limite géographique d'un bassin, soit à la limite d'envoyage partiel.

Cette typologie conduit à l'établissement de 4 classes :

- ①- les captages gravitaires situés dans les petits bassins déconnectés,
- ②- les captages par puits ou forages situés dans les petits bassins déconnectés,
- ③- tous les captages situés au sein des grands bassins,
- ④- tous les captages situés en bordure des grands bassins.

Ouvrages exploités

Classe ①	Classe ②	Classe ③	Classe ④
Lavoir de Réhon (54)	Mine de Tiercelet (54)	Exhaure de la Paix (57)	Mine de Roncourt (57)
Mine de la Moulaine (54)	Moulins Aux Bois (54)	Exhaure de Bure (57)	Mine St Paul (57)
Galerie Charles Ferdinand (57)	Mine de Saizerais (54)	Mine Paradis V (54)	Puits de Moyeuve Petite (57)
Puits St Michel (57)		Mine d'Angevillers (57)	
		Mine de Droitaumont (54)	

Ouvrages non exploités

Puits François	Forage SAENOMM (54)	Mine d'Auboué (57)	Forage Moineville (57)
		La Mourière (54)	Puits 3 d'Errouville (54)
		St Pierremont (54)	Vanne de Valleroy (54)
			Forage de Valleroy (54)
			Route Blanche - Ste Neige (57)

Tableau 2 : Classification des captages selon la typologie retenue.

Les captages de la classe 4 fonctionnent en régime variable ; en étiage, ils sollicitent les réserves d'un grand bassin.

Selon les recommandations du groupe de travail (réunion du 23/2/99), le choix des trois sites a été réalisé de la manière suivante : Les DDAF et les DDASS des départements de la Meurthe et Moselle (54) et de la Moselle (57), se sont concertées pour proposer, à l'Agence de l'Eau, 2 ou 3 sites pour chaque département. Ces sites ont servi pour le choix final des 3 sites tests après avis de l'AERM et des DDAF et DDASS. En 1999, ce choix a tenu compte de l'urgence liée à la procédure d'établissement des Périmètres de Protection pour l'alimentation en eau potable des communes concernées.

Les trois sites suivants ont été retenus :

- Forage de Paradis V (classe 3, captage eu sein d'un grand bassin),
- Forage de Roncourt (classe 4, captage en bordure d'un grand bassin),
- Galerie Charles-Ferdinand (classe 1, captage gravitaire dans un petit bassin déconnecté).

PHASE 2

4 Description de la méthodologie proposée

Quelle que soit la classe typologique des ouvrages d'exhaure minière, une démarche méthodologique commune sera appliquée. Les particularités spécifiques de certaines classes seront traitées, soit en simplifiant une étape inutile, soit en approfondissant une autre qui joue un rôle plus important.

La première partie de l'étude correspond dans ses grandes lignes au cahier des charges classiques d'un dossier préalable ; toutefois, sa nouvelle finalité devra permettre d'aboutir à la définition d'un débit optimisé pour l'exploitation du captage et sa zone d'alimentation correspondante. Dans le cas des captages gravitaires, cette zone est simplement définie par la géométrie des concessions drainées. Pour les ouvrages de pompage, la définition du débit d'exploitation et de la zone d'alimentation sera plus complexe ; elle devra tenir compte de la notion de gestion équilibrée évoquée dans la loi sur l'eau 92-3 du 3 janvier 1992 et ses circulaires d'application du 8 janvier 1993 concernant l'article 13.1 page 173 ; elle comportera donc, en plus des critères hydrogéologiques, la nécessité d'une concertation entre les administrations et la collectivité, pour la détermination du débit d'exploitation ; ce dernier point devra tenir compte des trois critères suivants :

- satisfaire les besoins en eau de la collectivité (partiels ou totaux),
- éviter les hypothèses pouvant générer un conflit d'usage entre collectivités,
- respecter un équilibre entre le débit retenu et l'extension de la zone d'alimentation à protéger.

A l'exclusion des captages situés dans les zones dénoyées, ces critères tiennent compte du fonctionnement des exhaures minières qui a été profondément modifié entre les situations d'avant et après ennoyage :

- *avant ennoyage* : les eaux s'écoulaient gravitairement au fond de la mine, dans le sens de la pente topographique ; elles étaient éventuellement contrôlées par des ouvrages hydrauliques (barrages, vannes, seuils,...). Le bassin versant des aquifères rabattus s'étendait largement au-delà des limites du réservoir exploité ;
- *après ennoyage* : les eaux pompées proviennent prioritairement du réservoir minier ; le sens d'écoulement des eaux est contrôlé par l'exutoire qui correspond généralement aux points de débordement. Dans certaines situations, le sens d'écoulement pourra être modifié par rapport à la situation d'avant ennoyage. À l'échelle d'un bassin, si le débit cumulé de débordement et des exploitations des exhaures est supérieur à la capacité de renouvellement de la ressource, le système subira une baisse progressive du niveau global de la nappe générant à terme un épuisement de la ressource.

Les différentes expériences menées jusqu'à ce jour ont montré que les contraintes de protection d'un captage sont d'autant plus délicates à mettre en œuvre que l'extension des périmètres proposés est importante. L'équilibre raisonnable à viser pourra être calé sur la définition d'une zone d'alimentation qui permettra de renouveler l'eau exploitée sur un cycle d'un an, et d'en déduire le débit d'exploitation de chaque ouvrage. Pour des raisons de sécurité, c'est un cycle pluviométrique d'une année sèche qui sera pris en compte.

Compte tenu des caractéristiques hydrogéologiques (cas des pompages), ou topographiques (cas des exhaures gravitaires) du réservoir aquifère, l'eau exploitée pendant un cycle annuel proviendra en priorité des infiltrations stockées ou transitant dans les zones tracées ou dépilées. Dans l'hypothèse de renouvellement régulier par ces infiltrations, un système de compensation devrait se mettre en place, qui devra acquérir progressivement une certaine stabilité le rendant peu influencé par les conditions avoisinantes.

L'établissement d'un dossier d'étude préalable à la définition des périmètres de protection de captages AEP dans le bassin ferrifère lorrain sera instruit selon les étapes suivantes dont le contenu est décrit plus loin :

Chapitre descriptif : (Cf. organigramme ci-joint)

- évaluation de la ressource et connaissance des besoins en eau de la collectivité,
- description du contexte géologique et hydrogéologique,
- analyse des contraintes à prendre en compte pour la protection du captage,
- définition du principe d'alimentation en eau du captage (aire d'alimentation et de circulation de l'eau),
- examen des atteintes potentielles sur le parcours de l'eau,

Chapitre interprétatif : (Cf organigramme ci-joint)

- détermination de la vulnérabilité intrinsèque du milieu,
- synthèse sur la vulnérabilité globale de l'aire d'alimentation,
- propositions d'études complémentaires,
- proposition des périmètres de protection.

4.1 Terminologie

Au cours de la description de la méthodologie, une terminologie propre à ce type d'étude et au contexte spécifique du secteur sera employée. Elle est précisée ci-après.

Zone d'alimentation globale.

La zone d'alimentation globale englobe le bassin versant hydrogéologique du captage ainsi que les bassins versants des cours d'eau perdants susceptibles de l'alimenter. Toute goutte d'eau qui tombe dans cette zone est capable d'atteindre le captage concerné. Dans le cas de captages par pompage, cette zone est définie en fonction du débit maximal théorique de pompage.

Zone d'investigations

La zone d'alimentation globale peut être très vaste. C'est pourquoi il est défini une « zone d'investigations », plus réduite, à l'intérieur de laquelle le bureau d'études devra appliquer la méthodologie présentée. Cette zone correspond aux secteurs qui alimentent le captage en priorité.

La zone d'investigation fait partie intégrante de la zone d'alimentation globale. Elle comprend les domaines suivants :

- Les parties du réservoir minier drainées par le captage, qu'elles soient ennoyées ou non (le réservoir minier étant défini comme l'ensemble des vides laissés par l'exploitation minière),
- Des éléments complémentaires qui peuvent s'ajouter selon le cas :
 - o les parties de linéaires de cours d'eau perdant vers un aquifère alimentant directement le réservoir minier,
 - o les zones de circulation privilégiée des eaux souterraines (failles et fissurations) rejoignant un aquifère alimentant directement le réservoir minier,
 - o éventuellement les aquifères périphériques au réservoir minier, lorsqu'ils alimentent massivement ce réservoir (notamment dans le cas des petits réservoirs miniers).

Zone de recharge annuelle

Une zone de recharge annuelle, partie intégrante de la zone d'investigations, doit être définie. Elle permet de vérifier l'adéquation entre les ressources disponibles, les usages identifiés et le débit de prélèvement envisagé. Ses limites sont proportionnelles au débit envisagé et ne doivent pas interférer avec d'autres captages existants. Son extension peut être calculée à partir de la superficie correspondant à une pluie efficace en période d'étiage égale au débit d'exploitation.

Pour les captages gravitaires, la zone de recharge annuelle correspond à minima aux limites du réservoir minier drainé.

4.2 Déroutement de la méthodologie proposée

La méthodologie décrite dans les chapitres suivants est synthétisée sous forme d'un organigramme. Elle peut être résumée comme suit.

Après avoir défini les besoins en eau de la collectivité et la capacité de production de la ressource en eau sollicitée (renouvellement de la ressource par apports extérieurs), il faut déterminer en concertation avec la Collectivité, quel sera le débit d'exploitation de l'ouvrage. Ce débit doit être fixé de manière à ce que tout ou partie des besoins de la Collectivité soit satisfait et qu'il y ait un équilibre entre le pompage et le renouvellement de la ressource en eau en tenant compte des sollicitations déjà existante.

Après validation du débit d'exploitation, l'aire d'alimentation globale de l'ouvrage est délimitée. En son sein, la zone d'investigations et l'aire de recharge annuelle directement liée au débit d'exploitation retenu sont distinguées.

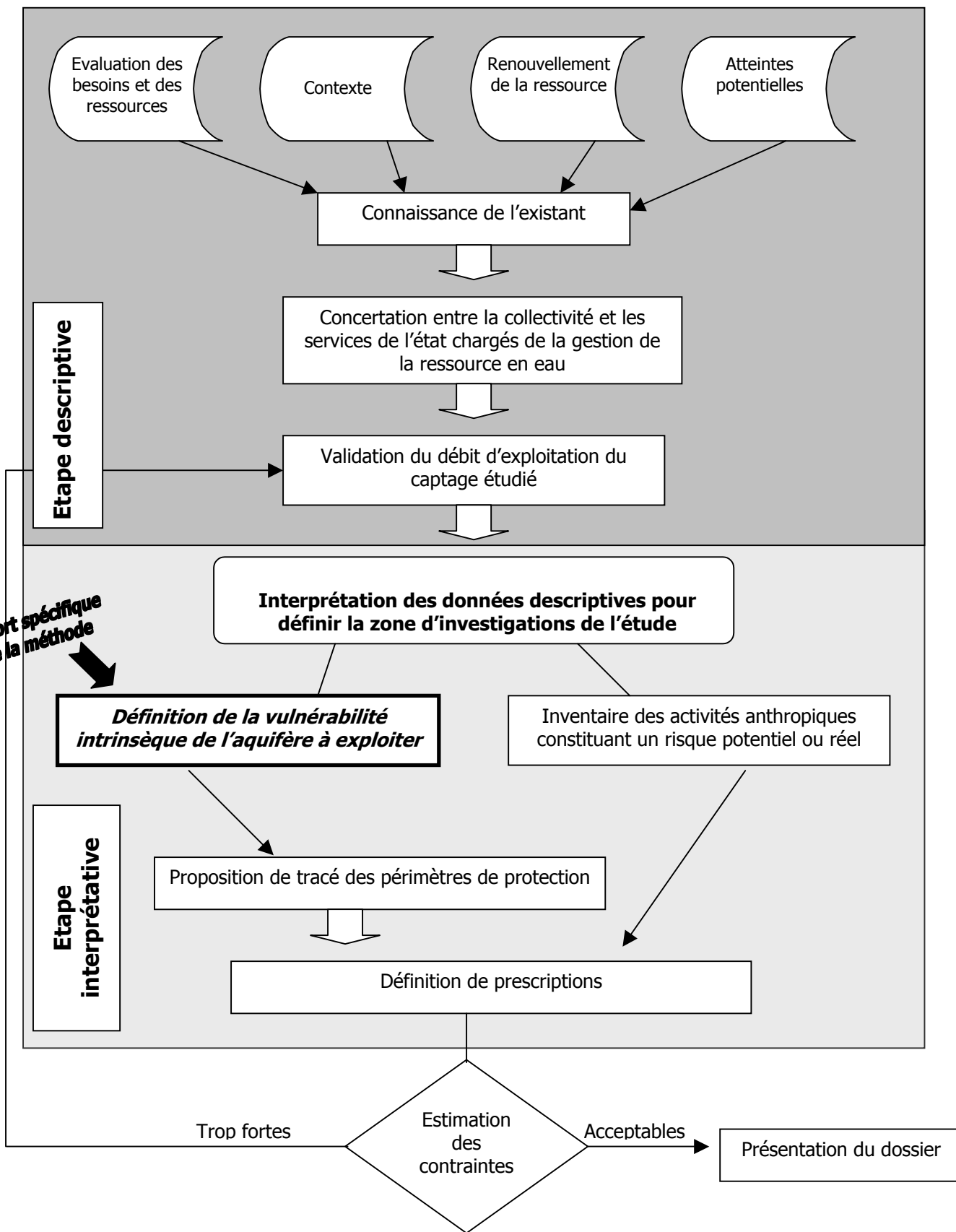
La vulnérabilité intrinsèque du milieu ainsi que la reconnaissance des risques potentiels sont définies au niveau de la zone d'investigations de l'ouvrage.

Les périmètres de protection sont délimités en fonction de la vulnérabilité intrinsèque du milieu. L'identification des risques potentiels permettra un éventuel ajustement des périmètres de protection par l'hydrogéologue, ainsi que la détermination des prescriptions à y appliquer.

Lors de l'établissement des périmètres de protection et des prescriptions associées, il se peut que des contraintes trop fortes doivent être appliquées pour préserver une bonne qualité de la ressource en eau. Les contraintes les plus fortes peuvent être dues à la forte vulnérabilité intrinsèque du milieu au sein de la zone de recharge annuelle, à la grande étendue des périmètres de protection rapprochés, aux activités existantes ...

L'extension des périmètres étant dépendante du débit d'exploitation, il peut être envisagé de réduire ce débit afin de proposer des dispositions et prescriptions applicables. Cette démarche sera menée et argumentée en concertation entre les différentes parties intervenant dans la procédure réglementaire de mise en place des périmètres.

Organigramme schématique du déroulement de la procédure de définition des périmètres de protection



4.3 Chapitre descriptif

4.3.1 Evaluation de la ressource et connaissance des besoins en eau de la collectivité

4.3.1.1 Description du système de production et d'alimentation

- localisation des différents points de production du syndicat,
- localisation des autres points d'exploitation d'eau (du réservoir minier ou autres ressources) situés dans le secteur d'étude en distinguant les ressources du syndicat des autres collectivités. Les informations respectives seront récoltées et décrites avec **indication des volumes de prélèvements**, avec si possible les débits ponctuels, et les moyennes mensuelles et annuelles.
- description des systèmes de traitement existants ou projetés : localisation, type de traitement et capacité de traitement journalier, points de rejets éventuels des concentrats provenant des traitements par les filtres (nécessité d'une demande d'autorisation de rejets. Si le rejet est situé dans un des périmètres de protection, le dossier Loi sur l'eau devra être intégré dans le dossier de demande d'autorisation de prélèvements pour la DUP),
- communes desservies : liste des communes, type de structure (communale, intercommunale),
- indication sur la distribution des eaux après traitement et / ou mélange d'eaux,
- description schématique des réseaux et des réservoirs de stockage,
- description des éventuels achats ou ventes entre collectivités, ainsi que des interconnexions de secours existantes ou prévues.

4.3.1.2 Détermination des besoins actuels et futurs

Population desservie actuelle et future (avec l'horizon visé)

- population desservie par communes, en terme d'habitants et d'abonnés,
- autres consommateurs : industries, conventions de vente à d'autres structures,
- estimation des populations à desservir en situation future.

Consommation actuelle et future

- consommation annuelle actuelle sur la base des rapports d'activités,
- répartition par type de consommation (domestique, industrielle, communales, ventes),
- besoins en eau journalier moyen et de pointe,
- besoins journaliers futurs (moyen, de pointe) prévisibles.

Besoins annexes

- débits éventuellement nécessaires pour soutenir l'étiage des ruisseaux, périodes et durées estimées de ce soutien. Dans le cas d'autorisation pouvant faire l'objet de prescriptions incluant un soutien d'étiage de cours d'eau, informations auprès de la police de l'eau pour connaître les orientations dans ce domaine (alimentation en eau potable prioritaire), consultation du schéma d'alimentation en eau potable si existant.
- consommation des stations de traitement, avec perte de débit consécutives

4.3.1.3 Détermination des ressources actuelles et futures

- rappel des références de l'ensemble des ouvrages exploités par la collectivité, déjà signalés au chapitre 4.2.1.1. : nom, indice national, localisation (coordonnées Lambert), type d'aquifère exploité,...
- information sur l'existence de DUP pour ces points de production : date de l'arrêté, débit maximal autorisé, prescriptions particulières,
- situation actuelle de la production avec volumes annuels prélevés pour chaque type de ressource,
- définition de la part de la ressource sur laquelle porte la DUP dans l'alimentation de la collectivité.

Puits d'exhaures : volume prélevé en situation actuelle, situation moyenne (m³/jour), ressource nette de production possible à utiliser compte tenu des contraintes de traitement (volume prélevé destiné au nettoyage des filtres, pertes diverses), débit maximal possible estimé.

Galeries gravitaires d'exhaure : volume prélevé en situation actuelle, situation moyenne (m³/jour sur une année), en situation de fortes venues d'eau (moyenne en m³/jour à partir de la production mensuelle la plus importante), en situation d'étiage (moyenne en m³/jour à partir de la production mensuelle la plus faible).

4.3.1.4 Bilan besoins/ressources

- détermination du taux de couverture ressources actuelles / besoins actuels,
- estimation des bilans besoins futurs / ressources,
- informations concernant les orientations pour compléter les ressources si nécessaires (interconnexions prévues, forages complémentaires).

Contraintes à prendre en compte

- prise en compte des problèmes de pollution des eaux liés à l'envoyage du réservoir minier ou autres, qui peuvent réduire les débits disponibles,
- pertes de débits liées au traitement des eaux (spécifié au chapitre 4.2.1 .1 de description du réseau),
- soutien d'étiage (spécifié au chapitre 4.2.1.2. de détermination des besoins).

4.3.2 Contexte géologique et hydrogéologique

4.3.2.1 Géologie : Formations rencontrées

- nature des couches hydrogéologiques exploitées (coupes géologiques),
- description lithologique des terrains sus-jacents au réservoir minier : caractéristiques des couches de recouvrement de l'aquifère,
- nature et épaisseur des formations superficielles,
- nature et épaisseur des formations géologiques de recouvrement (type de perméabilité),
- localisation des failles et connaissances de leur rejet,
- localisation des phénomènes karstiques, recherche d'informations sur la réalisation de traçage,
- géométrie des aquifères,
- échanges rivières-nappe (localisation des cours d'eau perdants).

4.3.2.2 Contexte hydrogéologique et réservoir minier

Le réservoir

- connaissance du réservoir minier : réservoir envoyé ou non, limite du réservoir envoyé,
- si réservoir en cours d'envoyage ou non envoyé, évolution prévisible (durée d'envoyage, limites des zones envoyées).

La piézométrie

- réseau de surveillance des eaux souterraines (à reporter sur carte),
- analyse des chroniques disponibles sur la piézométrie,
- cartes piézométriques,
- recherche de l'existence de modèles hydrodynamiques,
- sens d'écoulement, vitesses d'écoulement.

La qualité

- réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines (à reporter sur carte)
- analyse des chroniques disponibles sur la qualité,
- cartes d'isoconcentrations.

4.3.3 Le captage

Pour une meilleure compréhension, chaque ouvrage fera l'objet d'une fiche signalétique consignée en fin de rapport et récapitulant les différents renseignements disponibles, exploités dans différents chapitres du rapport (localisation, coupe technique, coupe lithologique, utilisation, débits, qualité...)(Cf exemple de fiche signalétique en Annexe 3).

4.3.3.1 Implantation

- désignation de l'ouvrage : nom usuel, numérotation nationale,
- localisation de l'ouvrage : coordonnées Lambert, cote altimétrique, identification cadastrale (section, parcelle), propriétaire des terrains.

Ces éléments seront reportés sur un extrait de carte au 1/25 000^{ème} et sur la fiche signalétique de l'ouvrage.

4.3.3.2 Environnement immédiat

- description succincte de l'environnement immédiat,
- photographies des installations existantes et de l'environnement immédiat.

4.3.3.3 Description de l'ouvrage

Cas d'une galerie gravitaire :

- propriété de l'ouvrage de captage, avec en particulier, connaissance du ou des propriétaires de l'entrée de l'ouvrage ainsi que de l'ouvrage lui-même dans sa totalité, fréquence des visites et des entretiens organisés dans la galerie (organisme responsable),
- maîtrise foncière du site de captage, de stockage et de traitement,
- date de construction de la galerie,
- usage initial,
- dimension de l'ouvrage (longueur de la galerie, hauteur, largeur),
- définition du mode de circulation des eaux d'exhaure dans cette galerie (caniveau, canalisation,) et débit capable de l'ouvrage,
- profil type de la galerie,
- profil de la galerie en long (couches géologiques traversées, localisation des accès (à préciser s'ils sont encore utilisés à la galerie),
- génie civil de l'ouvrage : recensement des problèmes liés à l'intégrité de la galerie,
- rappel de l'existence ou non d'une DUP et de ses caractéristiques (déjà abordée au chapitre 4.2.1.3 de détermination des ressources).

Cas d'un puits d'exhaure :

- propriété de l'ouvrage de captage,
- maîtrise foncière du site de captage, de stockage et de traitement,
- données sur les conditions de réalisation de l'ouvrage (date, maître d'œuvre),
- usage initial,
- coupe géologique et technique de l'ouvrage,
- travaux réalisés (entretien de l'ouvrage),
- description de l'équipement d'exhaure,
- rappel de l'existence ou non d'une DUP et de ses caractéristiques (déjà abordée au chapitre 4.2.1.3 de détermination des ressources),
- essais de pompage réalisés et résultats obtenus,
- débit maximum déduit des essais.

4.3.3.4 Qualité de l'eau pompée

- résultats d'analyses,
- évolution qualitative,
- programme de contrôle,
- réalisation d'une analyse complète s'il n'en existe aucune de récente,
- mise en évidence des éventuels dépassement de concentrations maximales admissibles constatées ou prévisionnelles.

4.3.4 Alimentation de l'ouvrage

L'approche de l'alimentation de l'ouvrage devra être mise en œuvre d'une manière progressive en partant d'une échelle globale qui sera resserrée en fonction de l'état d'avancement de la connaissance de l'aire d'alimentation de l'ouvrage de captage.

4.3.4.1 Flux verticaux

Recensement des modes d'infiltration verticale :

- Pluie efficace (somme de la part qui ruisselle et de celle qui s'infiltré dans le sous-sol) : statistiques des pluies efficaces pour la station météorologique la plus proche,
- infiltration préférentielle (failles, phénomènes karstiques, pertes de cours d'eau).

Dans le cas d'une galerie gravitaire, estimation des flux pouvant atteindre la galerie par suintements à travers ses parois.

4.3.4.2 Flux horizontaux

Dans le cas d'un réservoir ennoyé, reprendre les informations concernant la piézométrie et les sens d'écoulement dans le réservoir aquifère.

Dans le cas d'un réservoir non ennoyé, inventaire des concessions alimentant la galerie, recherche des sens d'écoulements des eaux en fond de mine.

4.3.4.3 Détermination de l'aire d'alimentation

3 notions de zones d'étude seront distinguées (Cf. chapitre 4.1) :

- la **zone d'alimentation globale**,
- la **zone d'investigations**,
- la **zone de recharge annuelle** naturelle équivalente au volume d'exploitation annuel de l'ouvrage.

La définition de ces zones est abordée dans le chapitre 4.1 de « terminologie ».

La zone d'alimentation globale correspond au bassin d'alimentation hydrogéologique de l'ouvrage. Elle est définie soit à partir d'une carte piézométrique représentative, quand elle existe, soit à partir de la synthèse des données topographiques (zone d'impluvium), géologiques et hydrogéologiques. Elle devra également englober les bassins versants des cours d'eau perdants susceptibles d'alimenter l'ouvrage.

En ce qui concerne la **zone d'investigations**, elle sera d'une taille adaptée au potentiel d'exploitation du captage visé. Elle est délimitée en deux temps qui seront détaillés au chapitre 4.3.1.1.

La **zone de recharge annuelle** sera calculée sur la base du rapport entre le volume à prélever, en m³/an (dans le cas d'un captage gravitaire, la totalité du débit de sortie sera prise en compte), et la pluviométrie efficace en étiage, en mm/an. La surface calculée sera tracée, soit autour du pompage, si possible en tenant compte du gradient d'écoulement, quand ce dernier est connu, soit sur la base du périmètre du réservoir minier drainé dans le cas d'un ouvrage gravitaire.

A ce stade, aucun critère d'atteintes potentielles (Cf. paragraphe 4.2.5) ne sera utilisé pour écarter ou non un bassin versant ; en effet, ces paramètres sont variables dans le temps et ils ne sont pas maîtrisables une fois que la DUP est mise en place.

La vulnérabilité globale des bassins versants retenus sera analysée plus loin.

4.3.4.4 Contraintes particulières et / ou investigations complémentaires

Cette approche comportant la réalisation d'investigations complémentaires sur le terrain sera menée dans certains cas particuliers et ne constitue pas une étape systématique dans la méthodologie développée.

- mise en œuvre de traçage : cette technique peut servir à la mise en évidence des communications entre des phénomènes karstiques ou des failles et l'exutoire. Son utilisation est donc recommandée lorsque des incertitudes persistent sur l'importance de ce type de relations dans l'évaluation de la protection de l'ouvrage. Toutefois, sa mise en application devra tenir compte des phénomènes importants de dilution qui se produisent au sein du réservoir ennoyé ; son utilisation doit donc être appréciée, au cas par cas, par le chargé d'études qui relativisera la nécessité en fonction de l'efficacité attendue ;
- essais de débit dans le cas des pompages : il ne s'agit pas ici d'en déduire les caractéristiques hydrodynamiques du réservoir mais d'utiliser cette méthode, pour tester, en pseudo grandeur nature, la faisabilité d'exploitation d'un ouvrage sur le plan du maintien de la qualité des eaux pompées et dans le cas d'existence de multiples ouvrages de pompage dans le même sous-bassin, de vérifier l'éventuelle interférence ou baisse induite de leur potentiel ; compte tenu des paramètres hydrodynamiques pressentis du réservoir, ce type d'essai est à prévoir sur une durée longue (de l'ordre d'un mois minimum) ;
- modélisation mathématique : dans le cas des ouvrages de pompage, l'utilisation de modèles hydrogéologiques ne constitue pas une étape obligatoire dans la réalisation de l'étude préalable à la mise en place de périmètres de protection. Toutefois, son intérêt principal est d'assister le chargé d'études pour déterminer l'impact du débit de pompage proposé par rapport aux ressources en eau et ainsi de pouvoir justifier le débit proposé, non seulement par rapport aux besoins, mais également par rapport à la capacité du réservoir. Cette approche pourra notamment valider l'extension de la zone d'investigation déjà estimée. Le chargé d'études devra apprécier la nécessité et la faisabilité de cette approche compte tenu des données disponibles pour la conceptualisation du modèle et pour son calage ;
- jaugeage différentiel des cours d'eau perdant : l'absence de ce type de mesures peut s'avérer un handicap dans l'évaluation du rôle d'un cours d'eau ou dans la modulation des prescriptions à formuler par l'Hydrogéologue agréé. Leur nécessité sera jugée au cas par cas et argumentée dès le démarrage de l'étude afin de cibler les périodes de ruissellement adéquates. Le jaugeage devra être réalisé en période d'étiage afin d'estimer les débits de pertes maximales ;
- vérification de l'intégrité des ouvrages de captage et des conditions de leur maintenance dans le cas des galeries maçonnées sur plusieurs kilomètres de longueur ;
- examen de la nécessité de mise en place d'un réseau de piézomètres associé à une procédure de surveillance et d'alerte en cas d'existence de facteurs pouvant générer un risque d'aggravation de l'atteinte à la qualité des eaux captées ;
- enquête spécifique à la problématique du captage qui peut être liée à une pollution diffuse (contamination en produits phytosanitaires et/ou nitrates des eaux souterraines), à une forte vulnérabilité d'un cours d'eau perdant (enquête sur les points à risque dans son bassin versant).

4.3.5 Atteintes potentielles

4.3.5.1 Occupation des sols

- analyse des documents d'urbanisme établis dans les communes situées dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage, projets de modification ou de révision, implication sur les risques de pollution,
- report de la répartition des surfaces communales en fonction du type d'activités,
- type d'activités agricoles, pratiques agricoles.

4.3.5.2 Identification des risques de pollution

- recensement et localisation des activités industrielles ou artisanales (liste auprès des mairies et validation sur le terrain),
- recensement et localisation des installations classées soumises à autorisation ou **à déclaration**,
- recensement des risques liés à des dépôts de surface (dépôts existants, dépôts de déchets industriels, stockage d'hydrocarbures, cimetières, crassiers, anciennes décharges ou crassiers "historiques" susceptibles de relarguage de produits polluants),
- risques liés aux tracés linéaires : voies de communication routières et ferroviaires (mode de collecte, de stockage et de traitement des eaux pluviales, analyse des risques de pollution chronique ou accidentelle), tracés pipe-lines, gazoducs, oxyducs, lignes EDF,... (traitement de désherbages ou autres),
- état de l'assainissement : type de réseau de collecte, existence de schémas d'assainissement, points de rejets dans le milieu naturel après ou sans traitement, projets en cours, rejets d'effluents industriels ou agricoles,
- risques liés aux activités minières de fond (restes de matériels ou de produits polluants),
- localisation des points d'accès au réservoir minier et projets de comblement s'ils existent.

4.3.6 Synthèse

Les informations descriptives seront synthétisées d'une part, sur une fiche signalétique et d'autre part, sur des cartes dont :

- plan de situation général et schéma d'alimentation de la collectivité,
- carte du réservoir minier concerné par le captage,
- carte piézométrique et bassin d'alimentation du captage,
- plan parcellaire de situation du captage,
- environnement immédiat et dispositif de captage,
- occupation des sols et pollutions potentielles,
- couverture géologique et protection naturelle.

4.4 Chapitre interprétatif

4.4.1 Définition de la vulnérabilité du captage

A partir des éléments acquis dans le chapitre descriptif, la vulnérabilité de l'aquifère capté concerné peut être estimée. Les trois étapes conduisant à la proposition de tracé de périmètres sont les suivantes :

- détermination de la zone d'investigations raisonnable correspondant au débit d'exploitation retenu,
- cartographie multicritère de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère,
- tracé des périmètres sur la base des résultats de la cartographie multicritère

Au-delà de ces trois étapes, le bureau d'études devra en outre localiser les risques de pollution potentiels au droit de la zone d'investigations, et proposer des prescriptions au sein des tracés des périmètres.

4.4.1.1 Définition de la zone d'investigations du captage

La zone d'investigation du captage est définie en 2 temps.

Premier temps

Sont tout d'abord intégrées à la zone d'investigations, les parties du réservoir minier drainées par le captage, qu'elles soient ennoyées ou non (le réservoir minier étant défini comme l'ensemble des vides laissés par l'exploitation minière).

Deuxième temps

Aux parties du réservoir minier drainées par le captage, sont ajoutées, en temps que de besoin :

- les parties de linéaires de cours d'eau perdant vers un aquifère alimentant directement le réservoir minier,
- les zones de circulation privilégiée des eaux souterraines (failles et fissurations) rejoignant un aquifère alimentant directement le réservoir minier,
- éventuellement les aquifères périphériques au réservoir minier, lorsqu'ils alimentent massivement ce réservoir (notamment dans le cas des petits réservoirs miniers) ; à cet effet, il conviendra d'analyser les conditions de communication hydraulique, permanentes ou saisonnières, entre ces aquifères périphériques et le réservoir minier.

4.4.1.2 Vulnérabilité intrinsèque

L'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque est facilitée grâce à l'application d'une méthode multicritère qui a été adaptée au contexte particulier du bassin ferrifère lorrain en affectant des pondérations à 7 critères retenus, permettant de ralentir ou de favoriser l'acheminement d'un polluant potentiel vers et dans l'aquifère :

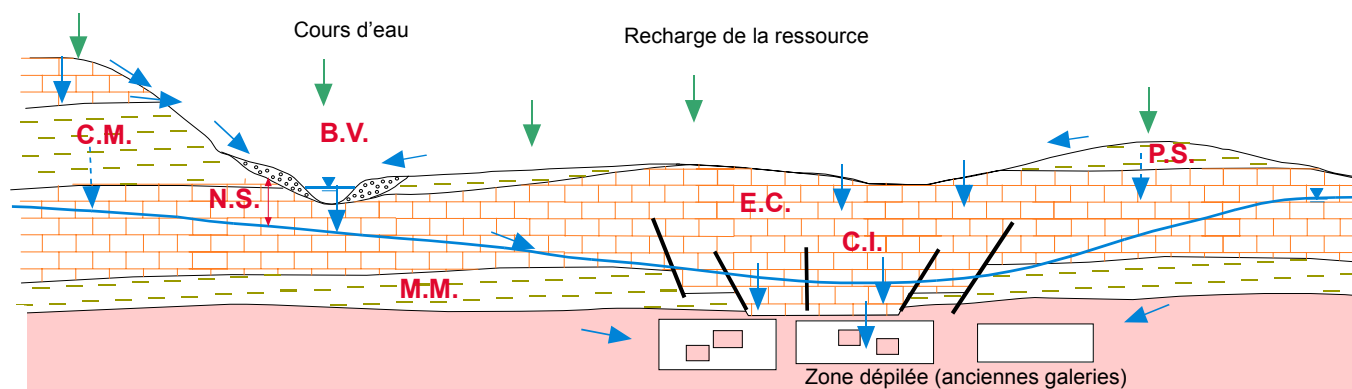
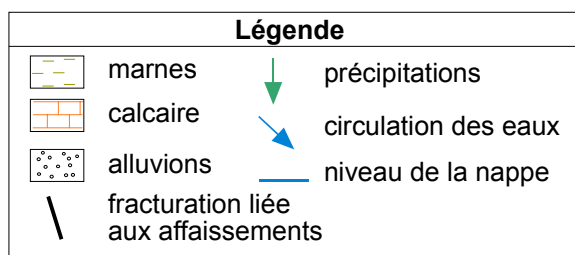
- bassins versants de cours d'eau perdants (BV),
- protection de surface (PS),
- prise en compte de la zone non saturée (ZNS),
- écrans marneux protecteurs (autre que les marnes micacées) (CM),
- épaisseur des calcaires (EC),
- caractérisation des marnes micacées(MM),
- conditions d'infiltration (CI).

La zone d'investigations est discrétisée en mailles sur lesquelles sont attribuées un indice par critère. Les cartes établies pour chacun des critères définis sont ensuite croisées à partir d'une formulation mathématique. Une carte de synthèse de la vulnérabilité intrinsèque de la zone d'investigations est alors obtenue. Cette démarche peut être appliquée avec l'aide d'un simple tableur du type EXCEL (de Microsoft) (Fig. 5).

La définition de ces critères suit le schéma suivant, illustré sur le graphique ci après. L'eau de pluie s'infiltré directement dans le sol ou ruisselle avant soit de s'évaporer soit de s'infiltrer. La partie qui s'infiltré et qui atteint l'aquifère est fonction :

- du degré de perméabilité des sols en surface (PS),
- du degré de perméabilité des sols traversés (CM, EC, MM),
- du degré de fracturation des terrains (CI),
- de l'épaisseur des terrains non saturés (NS).

Par ailleurs, une partie des éléments polluants dans l'eau peut être piégée avant d'atteindre la nappe par des terrains peu perméables (CM, MM, PS) ou par une épaisseur importante de terrains à traverser (EC, NS).



① - Bassins versants de cours d'eau perdants (critère BV)

L'approche devra tenir compte à la fois des risques liés aux pollutions avérées (ponctuelles ou diffuses) ainsi qu'à celles qui sont d'origines accidentelles.

Pour appliquer ce critère, 2 paramètres sont considérés : d'une part la localisation des pertes par rapport au réservoir minier, et d'autre part le type de captage, gravitaire ou en pompage.

Paramètre 1 - localisation des pertes par rapport au réservoir minier

Les linéaires de cours d'eau perdant pris en compte dans la cartographie de la vulnérabilité sont uniquement ceux situés au droit d'aquifères alimentant directement le réservoir minier exploité par le captage.

Paramètre 2 - type d'ouvrage de captage

Dans le cas d'un ouvrage gravitaire, il convient d'évaluer l'importance des pertes d'un cours d'eau par rapport au débit gravitaire de sortie. C'est la valeur moyenne du débit exhauré annuel à partir des données de l'exploitant qui sera prise en compte.

Dans le cas d'un ouvrage par pompage, il convient de relativiser le débit des pertes de cours d'eau par rapport au volume aquifère compris entre la zone de pertes et le point de captage. Dans le cas où les pertes sont situées à l'aplomb du réservoir minier, le volume aquifère est calculé à partir d'un volume unitaire des vides miniers par bassin et par km². Dans le cas où celles-ci ne se trouvent pas au droit du réservoir minier, seul le volume dans le réservoir minier est pris en considération, en estimant le transit dans les aquifères latéraux négligeable devant le volume des vides miniers.

Classification

A partir des 2 paramètres abordés précédemment, quatre indices sont retenus pour la classification liée aux bassins versants des cours d'eau perdants, d'une part pour les ouvrages gravitaires et d'autres part pour les ouvrages en pompage.

Ouvrages gravitaires	Ouvrages par pompage	Classe
% des pertes par rapport au débit moyen gravitaire de sortie	% des pertes par rapport au volume aquifère compris entre la zone de pertes et le captage	
> 20%		BV ₁
5 à 20 %		BV ₂
< 5 %		BV ₃
Secteurs hors bassins versants de cours d'eau perdants		BV ₄

Justification des limites

Le cours d'eau est considéré selon l'amplitude de sa contribution potentielle au volume de prélèvement sur le captage. Les limites de 5% et 20% résultent :

- de la volonté d'attirer l'attention du gestionnaire et des services de l'État sur les points de captages influencés par plus de 20% par les eaux de surface pour lesquels le risque de pollution du captage est réel,
- de la relativisation nécessaire dès lors que la contribution est inférieure à 5%,
- de l'utilité de définir une classe intermédiaire qui ne soit pas trop pénalisante pour tenir compte d'un principe de précaution dans le cas où les relations entre les eaux superficielles et les eaux souterraines ne sont pas bien évaluées.

La limite de 20% est établie à partir de la sensibilité du réservoir à une pollution accidentelle en hydrocarbures de type essence. Le cas considéré correspond à une pollution accidentelle par déversement d'un camion citerne transportant des hydrocarbures de type essence dans un cours d'eau perdant. Pour une CMA (concentration maximale admissible) de 10 µg/l, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- saturation en hydrocarbures dans le cours d'eau (1750 mg/l pour l'essence ou le gasoil),
- 10% du volume déversé est susceptible de s'infiltrer,
- le flux d'infiltration est épuré à 99% par les sédiments des berges,
- la quantité d'eau polluée qui s'infiltrer rejoint directement le réservoir minier et se dilue dans le volume constitué, soit par le volume aquifère minier pour un pompage, soit par le volume drainé pour un ouvrage gravitaire.

Ces hypothèses sont volontairement sécuritaires du fait de l'incertitude liée aux échanges entre les eaux superficielles et les eaux souterraines. Les résultats montrent que les risques de pollution du captage par des hydrocarbures apparaissent à partir d'un volume de pertes annuel correspondant à 20% du volume de dilution considéré.

Ces calculs ont également été appliqués à des polluants de type organochlorés et aux phénols. La sensibilité du réservoir à ce type de produits est très forte ; des risques de pollution apparaissent dès que le volume annuel de pertes d'un cours d'eau est supérieur respectivement à 0,5 et 0,2% du volume aquifère mobilisé. Ces indications impliquent la nécessité d'une mise en place de prescriptions particulières vis-à-vis des risques liés à des produits organochlorés et des phénols au droit des cours d'eau perdants.

Estimation des débits des cours d'eau

Les débits des pertes des cours d'eau sont estimés soit à partir de jaugeages différentiels effectués le long du cours d'eau perdants (quand ils existent), soit à partir de la différence entre le débit des ruissellements estimé sur l'ensemble du bassin versant et le débit du cours d'eau perdant avant sa confluence avec un autre cours d'eau (quand il existe). En cas d'absence totale de mesures, il est recommandé d'en effectuer à titre de travaux complémentaires.

Le débit des ruissellements sur le bassin versant est calculé à partir de la pluie efficace moyenne et d'un coefficient de ruissellement dépendant de la nature et de l'occupation du sol (Guide technique de l'assainissement, Satin et Selmi). Ce débit est considéré comme potentiellement capté par le réseau hydrographique. En déduisant le débit du cours d'eau avant sa confluence, la valeur des pertes sur l'ensemble du tracé du cours d'eau est obtenue.

② - Protection de surface (critère PS)

La protection de surface est analysée par rapport aux caractéristiques des formations affleurantes qui recouvrent la zone d'investigation retenue. A partir de la carte géologique, et éventuellement des observations sur le terrain, les secteurs possédant une protection de surface caractérisée par un affleurement marneux, un placage limoneux ou argileux, sont identifiés. La protection de surface a pour rôle majeur de favoriser le ruissellement et donc de limiter l'infiltration directe dans l'aquifère. Son épaisseur doit être de 2 à 3 m au minimum.

Pour l'indexation du critère PS, deux cas sont pris en compte selon la présence ou l'absence de formations géologiques de faible perméabilité.

Protection de surface	Classe
Absence de protection de surface	PS ₁
Présence de formations géologiques ou pédologiques peu perméables telles que limons ou marnes	PS ₂

③ - Zone non saturée (critère NS)

Les phénomènes d'épuration pouvant avoir lieu dans la zone non saturée sont pris en compte avec ce critère. La détermination de l'épaisseur de la zone non saturée s'effectue sur la base des données piézométriques (mesurées ou le cas échéant simulées par modélisation) et de la topographie du bassin d'alimentation. Dans la mesure du possible, ce sont les situations d'envoyage correspondant à des états pénalisants qui seront retenues, toujours par principe de précaution. Trois indices sont définis pour caractériser ce critère.

Epaisseur de zone non saturée	Classe
< 15 m	NS ₁
15 à 30 m	NS ₂
> 30 m	NS ₃

Compte tenu des surfaces des aires d'alimentation globales des ouvrages d'exhaures situés dans le bassin ferrifère, il est difficile à cette échelle de caractériser la lithologie des terrains non saturés. Par mesure de sécurité, la zone non saturée est considérée comme essentiellement constituée de calcaires fissurés, présents sur l'ensemble du bassin ferrifère.

S'agissant de calcaires fissurés, l'hétérogénéité des horizons traversés ne permet pas de relier l'épaisseur de la zone non saturée à une "efficacité épuratoire" de ces formations. C'est donc plutôt la variabilité spatiale de cette épaisseur, considérée pour l'ensemble du bassin ferrifère, qui nous conduit à distinguer les trois classes proposées.

④ - Écrans marneux protecteurs (critère CM pour Couche Marneuse)

Le critère CM correspondant aux écrans marneux permet de prendre en compte les strates marneuses qui existent dans les formations du Bathonien et du Bajocien supérieur et qui constituent des écrans protecteurs au-dessus du réservoir minier. La présence de la formation des marnes micacées n'est pas prise en compte dans la mesure où elle constitue un autre critère en elle-même. Un écran marneux est intégré lorsque la puissance de la couche est d'une dizaine de mètres. Ceci correspond à l'épaisseur minimale des strates marneuses observées dans le bassin ferrifère lorrain.

Ces données sont obtenues à partir de la documentation existante (carte géologique, coupes géologiques des ouvrages réalisés, log stratigraphique ou interprétation régionale, études géologiques dans des secteurs voisins). Trois indices sont distingués en fonction de l'importance des écrans marneux.

Ecran marneux	Classe
Inexistant	CM ₁
Constitué d'une seule couche marneuse	CM ₂
Constitué de nombreux écrans (supérieur ou égal à 2)	CM ₃

⑤ - Épaisseur des calcaires (critère EC)

Le critère prend en compte l'épaisseur des calcaires situés au-dessus du réservoir minier.

Ces données sont obtenues à partir des informations géologiques, hydrogéologiques (toit de l'aquifère de la formation ferrifère) et topographiques. Deux indices sont appliqués.

Epaisseur des calcaires	Classe
< 100 m et pas d'écran marneux CM	EC ₁
> 100 m et pas d'écran marneux CM	EC ₂
Lorsqu'il existe un écran marneux protecteur CM	EC ₃

Partant du même principe que pour l'épaisseur de la zone non saturée, l'hétérogénéité des calcaires ne permet pas de définir une épaisseur correspondant à une "efficacité épuratoire". La variabilité spatiale de ceux-ci dans l'ensemble du bassin ferrifère, conduit à choisir la valeur de 100 m comme limite de classe.

⑥ - Caractérisation des marnes micacées (critère MM)

Les marnes micacées constituent la dernière protection avant d'atteindre le réservoir minier. Or, du fait du mode d'exploitation minière, certaines zones ont été défilées, ce qui a pu entraîner la fracturation des strates des marnes micacées. Le réservoir minier a ainsi vu sa vulnérabilité augmenter au droit des zones défilées

D'autre part, au droit des zones tracées, des affaissements miniers peuvent intervenir, et entraîner également la fracturation des marnes micacées. Actuellement il existe une carte des amplitudes des affaissements potentiels différés dans le bassin ferrifère, ainsi que des cartes de "zones hiérarchisées" qui identifient les risques d'affaissement potentiel au droit du bâti et des infrastructures ; ces cartes, réalisées par la DRIRE, permettent de caractériser les marnes micacées.

Trois possibilités de critères ont été retenues pour la définition des classes liées au critère MM.

Marnes micacées	Classe
Inexistantes	MM ₁
Marnes situées au droit des zones défilées, et marnes fracturées ou supposées fracturées au droit des zones tracées ¹	MM ₂
Marnes saines au droit des zones tracées ou non	MM ₃

NB : Les marnes micacées sont inexistantes dans le cas où l'Aalénien affleure.

⑦ - Conditions d'infiltration (critère CI)

Le critère des conditions d'infiltration permet de distinguer les zones dans lesquelles l'infiltration peut être préférentielle par rapport aux zones d'infiltration diffuse. Pour établir cette distinction, les données nécessaires intègrent la localisation des failles et de leur rejet ainsi que les phénomènes karstiques pouvant constituer un point d'intrusion direct dans l'aquifère. Trois situations sont définies.

Conditions d'infiltration	Classe
Présence de phénomènes karstiques ou de failles dont le rejet est supérieur à 10 mètres ou dont le rejet est inconnu	CI ₁
Absence de phénomènes karstiques ou de faille de rejet supérieur à 10 mètres	CI ₂

Dans le cas où le rejet d'une faille n'est pas connu, c'est la situation la plus pénalisante qui est considérée, par mesure de sécurité, en estimant un rejet suffisant pour interrompre la continuité des couches marneuses protectrices (ceci explique la valeur de 10 m retenue pour le rejet de la faille).

⑧ - Synthèse

Le tableau 3 suivant résume les caractéristiques d'indexation des critères utilisés.

Un indice est affecté à chaque classe afin de pouvoir l'appliquer dans la formule de calcul de la vulnérabilité établie au chapitre 4.3.1.3. Les indices varient de 0,5 à 3. La valeur la plus grande correspond à la situation la plus vulnérable.

Un indice 0,5 est affecté aux classes considérées comme apportant une protection efficace (marnes micacées saines, ...), un indice 1 aux classes constituant une protection moindre. Les indices 2 et 3 sont attribués aux classes présentant un risque plus ou moins important (karst fonctionnel, ...).

¹ par prévention, on considère que :

- tout affaissement suffit à fracturer les marnes micacées et limiter ainsi leur rôle protecteur ,
- les marnes sont systématiquement fracturées au droit des « zones hiérarchisées » mettant en évidence un risque d'affaissement, ainsi que dans les secteurs situés en dehors des « zones hiérarchisées », et présentant une amplitude attendue des affaissements potentiels faible à élevée.

Critère	Classe	Nom	indice
① - Bassin versant des cours d'eau perdants : <i>Cas d'un captage gravitaire</i> Pourcentage du débit des pertes par rapport au débit moyen gravitaire de sortie	supérieur à 20%	BV ₁	3
	compris entre 5 et 20%	BV ₂	2
	inférieur à 5%	BV ₃	1
	hors bassin versant de cours d'eau perdants	BV ₄	1
<i>Cas d'un captage par pompage</i> Pourcentage du débit annuel des pertes par rapport au volume aquifère entre la zone de perte et le captage	supérieur à 20%	BV ₁	3
	compris entre 5 et 20%	BV ₂	2
	inférieur à 5%	BV ₃	1
	hors bassin versant de cours d'eau perdants	BV ₄	1
② - Protection de surface	inexistante	PS ₁	2
	affleurement peu perméable protecteur ≥ 2 m	PS ₂	0,5
③ - Zone non saturée	inférieure à 15 m	NS ₁	3
	comprise entre 15 et 30 m	NS ₂	2
	supérieure à 30 m	NS ₃	1
④ - Écrans marneux protecteurs	inexistants	CM ₁	2
	une couche marneuse ≥ 10 m	CM ₂	1
	supérieurs ou égaux à deux couches marneuses ≥ 10 m	CM ₃	0,5
⑤ - Épaisseur des calcaires	inférieure à 100 m	EC ₁	2
	supérieure à 100 m	EC ₂	1
	Ecran marneux existant	EC ₃	0
⑥ - Marnes micacées	inexistantes	MM ₁	2
	fracturées ou supposées fracturées	MM ₂	1
	saines	MM ₃	0,5
⑦ - Conditions d'infiltration	karst ou faille dont le rejet est supérieur à 10 m ou inconnu	CI ₁	2
	Absence de faille de rejet ≥ 10 m et absence de phénomènes karstiques	CI ₂	1

Tableau 3 : Indexation des critères de la méthode de vulnérabilité

4.4.1.3 Calcul de la vulnérabilité (CV)

La zone d'investigation sera discrétisée en grille de mailles carrées de dimension adéquate avec la précision des informations et l'échelle de la carte retenue ; il est conseillé de travailler à une échelle 1/25.000 ou 1/50.000^{ème}. Chaque critère sera reporté sur une feuille de calcul du tableur choisi en attribuant son indice à chacune des mailles de la grille.

Le nombre de mailles et leur taille sont à adapter par le bureau d'étude chargé du dossier selon le contexte particulier rencontré. Cependant, à partir des exemples traités, il paraît préférable de disposer d'une grille ayant au minimum 20 lignes et 20 colonnes.

La combinaison des 7 critères utilisés permet de définir une valeur de vulnérabilité (CV) en tout point du bassin d'alimentation du captage (Fig.5).

L'équation formant CV est constituée de deux produits, le premier représente les phénomènes de transit à travers les milieux non saturés et saturés, le second est l'expression des facteurs pouvant accroître la vulnérabilité du milieu.

$$CV = [(CM+EC+MM)*2 + NS]*[(BV*CI)+PS]$$

Cette formule traduit l'impact de chaque critère sur le transfert du polluant vers le point de captage. Elle est composée de deux expressions (entre crochets). La première exprime la protection de l'aquifère, et la seconde la fragilité de l'aquifère.

Protection de l'aquifère [(CM + EC+ MM)*2 + NS]

(CM + EC + MM) : Ces trois critères correspondent aux couches protectrices situées entre le sol et l'aquifère.

L'expression (CM + EC + MM) a été multipliée par 2 car ces critères présentent une barrière plus efficace pour limiter le transfert de polluant que l'épaisseur de la zone non saturée (NS) seule.

Les 4 critères CM, EC, MM et NS constituent les quatre barrières protectrices de l'aquifère et suivent donc une logique additive.

Fragilité de l'aquifère [(BV * CI) + PS]

Les critères comme le bassin versant d'un cours d'eau perdant (BV), les conditions d'infiltration (CI) et la protection de surface (PS) sont considérés comme des facteurs discriminants pouvant faciliter le transfert de la pollution vers le point de captage. Ils suivent donc une logique multiplicative. Cependant une distinction doit être faite entre ces trois facteurs. Les critères "bassin versant de cours d'eau perdant" et "conditions d'infiltration" sont plus pénalisants que le critère "protection de surface". Ce dernier est essentiellement discriminant lorsque le contexte se situe hors bassin versant de cours d'eau perdant et/ou lorsqu'il n'y a pas de condition d'infiltration particulière. L'expression (BV * CI) suit donc une logique multiplicative entre les deux critères les plus pénalisants. Le critère protection de surface (PS) suit par contre une logique additive.

Cette formule sera introduite dans chacune des mailles d'une nouvelle feuille de calcul. Elle a été appliquée sur trois cas tests contrastés : forages de Paradis V et de Roncourt ainsi que la Galerie Charles-Ferdinand, en respectant une démarche logique qui a montré sa robustesse et un intérêt acceptable pour la hiérarchisation recherchée. Toutefois, tous les tests de sensibilité imaginables n'ont pu être effectués dans le cadre de cette étude. A l'image d'un modèle numérique simulant les écoulements souterrains, un ajustement de 'calage' pourrait lui apporter un complément de solidité pour l'obtention de résultats réalistes et applicables.

Les solutions possibles de l'équation fournissent des valeurs de vulnérabilité comprises entre 4,5 et 120. Ces valeurs ont été classées en 5 classes de vulnérabilité :

- vulnérabilité nulle : note inférieure à 5
- vulnérabilité faible : note de 5 à 15
- vulnérabilité moyenne : note de 15 à 30
- vulnérabilité forte : note de 30 à 50
- vulnérabilité exceptionnelle : note supérieure à 50

A titre indicatif, 3 exemples types peuvent être proposés pour illustrer ces chiffres.

Cas 1 : captage par pompage dans un réservoir sans faille reconnue, sans pertes de cours d'eau, surmonté d'affleurements de loess, d'une zone non saturée constituée de marnes de plus de 30 m d'épaisseur, et d'une strate de marnes micacées saines.

Cas 2 : captage par pompage dans un réservoir présentant de fortes zones d'affaissement, alimenté en partie par les pertes d'un cours d'eau (15% de pertes), surmonté de dépôts de loess, d'une zone non saturée calcaire de 150 m et d'une strate de marnes micacées légèrement fracturées.

Cas 3 : captage gravitaire dans un réservoir karstique alimenté en partie par les pertes d'un cours d'eau (>20%), le réservoir drainé étant surmonté par des terrains perméables en surface et une zone non saturée calcaire de 10 m d'épaisseur.

Les valeurs des différents critères et la note CV obtenue à partir de ces 3 exemples sont récapitulés dans le tableau 4 suivant.

	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Critère BV Bassins versants	1	2	3
Critère PS Protection de surface	0,5	0,5	2
Critère NS Niveau statique	1	2	3
Critère CM Couche marneuse	0,5	2	2
Critère EC Ecran calcaire	0	1	2
Critère MM Marnes micacées	0,5	1	2
Critère CI Conditions d'infiltration	1	1	2
Note CV	4,5	25	120

Tableau 4 : exemples de variations de la note CV

De multiples essais sur les trois sites tests ont permis de constater l'existence de situations différentes qui ont été hiérarchisées pour distinguer les différents périmètres de protection à partir des différentes classes de vulnérabilité. Chaque périmètre peut regrouper plusieurs classes de vulnérabilité ce qui permet de moduler les prescriptions à l'intérieur de chaque type de périmètre. Le résultat est proposé dans le tableau 5 suivant.

Notation / Classes de vulnérabilité	Zones géographiques		
	Parcelles occupées par les ouvrages de captage et de traitement	Zone de recharge annuelle	Zone d'investigations **
<5 / Nulle	P.P.I.	P.P.R délimitant les parcelles en bordure du P.P.I. et P.P.E. zone I (prescriptions classiques)	
5 à 15 / Faible			
15 à 30 / Moyenne * 30 à 50 / Forte		P.P.R.	P.P.E. zone II (prescriptions renforcées)
>50 / Exceptionnelle*		P.P.R. Avec des prescriptions modulées en fonction de leur éloignement / captage	

Tableau 5 : Périmètres de protection et notation

*** Si l'analyse conduit à l'absence de classes de vulnérabilité moyenne, forte ou exceptionnelle, et afin de respecter la réglementation, il sera défini un P.P.R. sur les parcelles restreintes en bordure du P.P.I.**

**** Au droit des portions de cours d'eau perdant qui peuvent influencer la qualité des eaux captées, il est nécessaire d'appliquer des prescriptions spécifiques renforcées, qu'ils soient localisés en périmètres de protection rapprochée ou éloignée :**

- **suivi de la qualité des eaux,**
- **vérification des autorisations de rejet,**
- **précautions à prendre pour les voies de communication traversant le cours d'eau,**
- **mise en place d'une station d'alerte.**

Enfin, il est indispensable de faire un retour d'expérience des trois sites tests utilisés pour l'application de la méthodologie, en matière d'identification des contraintes d'applicabilité administrative, juridique et économique. Cette synthèse devra en toute logique démontrer la bonne adéquation entre la méthodologie présentée, et la pertinence des périmètres de protection qui sont proposés.

Par exemple, les valeurs calculées comprises entre 80 et 120 correspondent à des situations qui se rencontrent rarement ; la probabilité de se situer dans un contexte rassemblant les caractéristiques suivantes est rare :

- karst fonctionnel,
- protection de surface et écran marneux absents,
- faible épaisseur de calcaires,
- marnes micacées fracturées,
- zone non saturée inférieure à 15 m,
- situé dans un bassin versant de cours d'eau perdant, dont les pertes annuelles sont supérieures à 20 %,
- volume du réservoir aquifère compris entre la zone de perte et le captage.

Ces cas sont à traiter en particulier lors de la mise en place des servitudes.

La hiérarchisation des classes de vulnérabilité a été définie en vérifiant leur homogénéité à partir de la grille des résultats (cf. exemple en figure 5). Dans la pratique, la démarche et les documents qui ont permis de noter chaque critère devront être consignés afin de pouvoir s'y référer en cas de besoin de clarification au cours de l'étude. Par ailleurs, dans la mesure du possible, les cartes de synthèse devront utiliser une échelle adéquate, le 1/25 000 étant préférable aux échelles plus générales.

4.4.1.4 Croisement avec les risques potentiels

La carte de vulnérabilité sera superposée à la carte de l'occupation de sols et de localisation des sites constituant un risque potentiel sur les eaux souterraines.

L'objectif est de fournir à l'Hydrogéologue agréé les moyens d'apprécier la nécessité d'un ajustement des périmètres de protection (voir paragraphe suivant) selon l'importance du rapprochement entre les sources potentielles de pollution et les zones de protection déjà identifiées.

Ces données seront également utiles pour l'appréciation des prescriptions spécifiques (servitudes, interdictions, travaux de mise en conformité,...) ou leur éventuelle modulation en fonction du contexte.

4.4.2 Proposition des périmètres de protection du captage

La pré-délimitation des périmètres de protection de captage sera faite sur la base des résultats de la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque. Dans un premier temps, l'enveloppe théorique de la zone correspondant à la recharge annuelle équivalente au débit d'exploitation proposé sera reportée sur cette carte (Cf. paragraphe 4.2.3.).

Par la suite, les surfaces situées à l'intérieur de cette dernière enveloppe seront distinguées de celles qui sont situées à l'extérieur.

Dans les cas de débordement des limites de protection au-delà des frontières nationales, il est conseillé de les ajuster sur le tracé de ces frontières.

4.4.2.1 Périmètres de protection immédiate

Indépendamment de la notion de vulnérabilité intrinsèque, le périmètre de protection immédiate devra couvrir la totalité des parcelles de terrains concernés depuis la sortie de l'eau de l'ouvrage de captage (l'entrée des galeries pour les ouvrages gravitaires), jusqu'à l'envoi vers le réseau, en passant par le stockage et le traitement. Une attention particulière sera accordée aux équipements non recouverts (conduits, bassins à l'air libre,...).

Ces ouvrages devront être protégés avec un contrôle d'accès et des clôtures, sauf par dérogation prévue dans l'acte déclaratif d'utilité publique. Les parcelles concernées sont à acquérir en pleine propriété (articles L17 et L20 du Code de la Santé publique, modifiés par les articles 1321-2 et 1321-3 de la loi sur l'eau 92-3).

Les terrains concernés peuvent être disjointes (décret n°2001-1220 du 20/12/2001).

4.4.2.2 Périmètre de protection rapprochée

'Le périmètre de protection rapprochée doit protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes' ; 'à l'intérieur de ce périmètre seront interdits les activités, installations et dépôts susceptibles d'entraîner une pollution de nature à rendre l'eau impropre à la consommation humaine. Ce périmètre peut comporter plusieurs zones, disjointes ou non, délimitées selon la vulnérabilité de l'aquifère.' ; 'certains faits, ne relevant pas d'une réglementation générale relative à la protection des eaux ou de règlements techniques particuliers, devront être examinés au cas par cas ; il appartient ainsi à l'hydrogéologue agréé de préciser quelle forme prendra la prescription', circulaire du 24/7/90, annexe II.2, p.165.

Dans le cas du bassin ferrifère, ce périmètre sera proposé en deux niveaux :

- sur la base de la délimitation des zones de vulnérabilité moyenne et forte situées à l'intérieur de l'enveloppe de recharge annuelle. Il n'est pas à exclure le découpage de ce périmètre en zones distinctes ou satellitaires, néanmoins, leur contour sera harmonisé par lissage ou interpolation sans toutefois nuire à la qualité de l'analyse, ni compliquer la situation parcellaire du périmètre ;
- les zones classées à vulnérabilité exceptionnelle, y seront annexées ; néanmoins, les prescriptions réglementaires associées seront modulées et tiendront compte de l'éloignement des parcelles du captage (temps de transit). Dans la mesure du possible, ces parcelles seront mises sous la tutelle de la collectivité (maître d'ouvrage du captage), et protégées radicalement contre tous les risques de dégradation de la qualité de l'eau. Les activités, installations et dépôts pourront y être interdits ou soumis à des prescriptions complémentaires selon l'avis de l'Hydrogéologue agréé.

Si l'analyse de la vulnérabilité conduit à une classification sans classes moyenne, forte ou exceptionnelle, il sera procédé, afin de respecter la réglementation, à définir un P.P.R. sur les parcelles restreintes en bordure du P.P.I.

4.4.2.3 Périmètre éloigné

Ce périmètre est évoqué, dans l'article L19 du Code de la Santé publique, comme à mettre en place 'le cas échéant', ou 'prolonge éventuellement le périmètre rapproché pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Il sera créé si l'on considère que l'application de la réglementation générale, même renforcée, n'est pas suffisante'. Dans cette éventualité, 'peuvent être réglementés les activités, installations et dépôts qui, compte tenu de la nature des terrains, présentent un danger de pollution pour les eaux prélevées ou transportées, du fait de la nature et de la quantité de produits polluants liées à ces activités, installations et dépôts ou de l'étendue des surfaces que ceux-ci occupent', décret n°2001-1220 du 20/12/2001.

Dans le cas du bassin ferrifère, ce périmètre englobera la totalité des parcelles incluses dans la zone d'investigations du captage. Toutes les parcelles qui sont déjà retenues pour les Périmètres de Protection Rapprochée et Immédiate seront exclues de ce périmètre.

Compte tenu de l'étendue des bassins versants de cours d'eau perdants ou d'une possible hétérogénéité de la vulnérabilité intrinsèque calculée dans ce périmètre, deux notions de périmètre de protection éloignée seront distinguées :

- Zone I, secteurs sans prescriptions réglementaires particulières (vulnérabilité nulle et faible) ;
- Zone II, secteurs de prévention sécuritaire de la ressource captée, en modulant les mesures réglementaires associées pour tenir compte, d'une part des zones de vulnérabilité forte ou exceptionnelle (préservation forte), et d'autre part des zones de vulnérabilité moyenne (préservation modérée). Des mesures particulières seront également envisagées sur les linéaires de cours d'eau perdants afin d'intégrer la notion de vulnérabilité de ruissellement ou de pollutions accidentelles déjà évoquées.

4.5 Origine des documents utiles à la mise en œuvre de la méthodologie

Ce chapitre présente la liste des principales administrations ou organismes susceptibles de disposer de données utiles à l'établissement du dossier préalable à la mise en place des périmètres de protection et fournit la liste des principaux documents pouvant être consultés. Il suit la démarche méthodologique fournie dans le chapitre descriptif.

4.5.1 Évaluation de la ressource et connaissance des besoins en eau de la collectivité

4.5.1.1 Description du système de production et d'alimentation

Données à recueillir	Organismes compétents
Données sur le système de production et d'alimentation	Syndicat des eaux ou collectivité auquel appartient l'ouvrage d'exhaure
Localisation de tous les points d'exploitation d'eau AEP dans le secteur d'étude	DDASS service Environnement et Santé DDAF
Volumes de prélèvement des puits AEP recensés	DDASS service Environnement et Santé DDAF

Dans certains cas, la gestion de la ressource en eau a pu être déléguée. Dans ce cas, le gestionnaire de l'ouvrage peut disposer de données essentiellement techniques en complément des données disponibles auprès du syndicat ou de la collectivité auxquels appartient l'ouvrage d'exhaure.

4.5.1.2 Détermination des besoins actuels et futurs

Données à recueillir	Organismes compétents
Populations desservies actuelles et futures (habitants, industrielles, convention de vente)	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, administrations chargées de la gestion des ressources en eau (DDAF, DDASS, conseil général,...)
Consommation actuelle et future	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure
points de production d'eau du syndicat ou de la collectivité (références des ouvrages, existence d'une DUP)	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, DDASS service Environnement et Santé DDAF
Quantité d'eau produite actuelle	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure
Orientations pour compléter les ressources si nécessaires	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure
Contraintes : traitement des eaux (capacité de traitement, pertes de production)	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure
rejet de concentrats dans le milieu naturel	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, administration chargée de la police des eaux
soutien d'étiage	administration chargée de la police des eaux
Propriété de l'ouvrage dans le cas d'une galerie gravitaire	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, DRIRE, mairie(s) si la galerie est située dans une concession renoncée

Les syndicats des eaux ou les collectivités locales éditent un rapport annuel d'activité qui apporte un nombre important de données sur les ressources (quantités produites, quantités vendues) et sur les populations desservies.

4.5.2 Contexte géologique et hydrogéologique

Données à recueillir	Organismes compétents
Formations rencontrées	BRGM
localisation des phénomènes karstiques	Agence de l'eau Rhin-Meuse
localisation des cours d'eau perdants	Agence de l'eau Rhin-Meuse, DIREN
Connaissance du réservoir minier	Agence de l'eau Rhin-Meuse, DRIRE, dossier des exploitations minières auprès des communes
niveaux piézométriques, sens d'écoulement, vitesses d'écoulement dans les réservoirs ennoyés	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM
Inventaire des points de suivi de la nappe	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM
Analyse des chroniques disponibles (piézométrie, qualité)	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM
Existence de modèles hydrogéologiques	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM,

La plupart des informations géologiques et hydrogéologiques nécessaires peuvent être obtenues par la lecture et l'interprétation des cartes géologiques et hydrogéologiques couvrant le secteur d'étude.

Lorsque le secteur d'étude se situe à proximité de la frontière luxembourgeoise, des données sur le réservoir minier au Luxembourg peuvent être obtenues auprès de la Division du travail et des mines du Grand Duché du Luxembourg.

L'Agence de l'Eau dispose de nombreux documents :

- AERM, CEGUM, Carte des phénomènes karstiques, 1999,
- AERM, Débits caractéristiques des cours d'eau du bassin ferrifère lorrain après ennoyage et débordement, 1999 (en cours de validation).
- dossiers d'abandon - renonciation des concessions des mines du bassin ferrifère,

Elle dispose également des dossiers de campagnes de mesures effectuées par le BRGM pour la surveillance des nappes d'eau souterraine dans le bassin ferrifère lorrain (approche qualitative et quantitative).

4.5.3 Le captage

Données à recueillir	Organismes compétents
Implantation (désignation de l'ouvrage, localisation)	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, DDASS, DDAF
Description de l'ouvrage	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure
Description de l'ouvrage pour une galerie gravitaire	compléments d'informations auprès de Agence de l'eau Rhin-Meuse (dossiers d'abandon des concessions concernées), dossier des exploitations minières auprès des communes.

4.5.4 Alimentation de l'ouvrage

Données à recueillir	Organismes compétents
Flux verticaux : pluie efficace	Météorologie nationale
Flux verticaux : infiltration préférentielle (karst, faille)	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM, DRIRE
Flux horizontaux (réservoir ennoyé) : piézométrie et sens d'écoulement	Agence de l'eau Rhin-Meuse, BRGM
Flux horizontaux (réservoir non ennoyé) : sens d'écoulement en fond de mine	Agence de l'eau Rhin-Meuse, dossier des exploitations minières auprès des communes.

4.5.5 Atteintes potentielles

Données à recueillir	Organismes compétents
Occupation des sols	communes situés dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage
recensement et localisation des activités industrielles ou artisanales	communes situés dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage
recensement et localisation des installations classées	communes situés dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage, DRIRE, Préfecture (service des installations classées)
recensement des risques liés à des dépôts de surface	communes situés dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage, DRIRE, Préfecture (service environnement)
risques liés aux tracés linéaires	DDE, SNCF, société d'autoroutes, EDF
localisation de pipe-lines d'hydrocarbures	TRAPIL
Assainissement	communes situés dans l'aire d'alimentation de l'ouvrage ou autres collectivités chargées de la gestion de l'assainissement (district,...)
risques liées aux activités minières de fond	DRIRE
points d'accès au réservoir minier, projet de comblement	Agence de l'eau Rhin-Meuse, exploitant minier
qualité des eaux	Collectivité à laquelle appartient l'ouvrage d'exhaure, DDASS

4.5.6 Définition de la vulnérabilité du captage

La vulnérabilité du captage est définie à partir d'une méthode multicritère basée sur le croisement de 7 critères. Le tableau 6 suivant fourni l'origine et le type de données nécessaires à leur caractérisation.

Critère	Origine des données	Classe
① - Protection de surface	- Carte géologique du secteur	inexistante
		affleurement peu perméable protecteur
② - Écrans marneux protecteurs	- Carte géologique du secteur	inexistants
		une couche marneuse
		supérieurs ou égaux à deux couches marneuses
③ - Épaisseur des calcaires	- Carte géologique et hydrogéologique du secteur	inférieure à 100 m
		supérieure à 100 m
④ - Marnes micacées	- Carte du réservoir minier (données issues des dossiers d'abandon renonciation des concessions) - carte des zones d'affaissement potentiels (1/50 000)	inexistantes
		fracturées ou supposées fracturées
		saines
⑤ - Conditions d'infiltration	- Carte géologique du secteur - Carte des phénomènes karstiques (AERM, CEGUM, 1999)	karst ou faille dont le rejet est supérieur à 10 m ou inconnu
		faille de rejet inférieur à 10 m
		inexistant
⑥ - Zone non saturée	- Carte géologique du secteur - Carte IGN du secteur - Carte piézométrique après ennoyage	inférieure à 15 m
		comprise entre 15 et 30 m
		supérieure à 30 m
⑦ - Bassin versant des cours d'eau perdants pourcentage du débit des pertes par rapport au débit visé par la DUP	- Carte des phénomènes karstiques (AERM, CEGUM, 1999), - Données sur les débits caractéristiques (m ³ /s) après arrêt des exhaures et débordement - Carte IGN du secteur	supérieur à 20%
		compris entre 5 et 20%
		inférieur à 5%
		hors bassin versant de cours d'eau perdants

Tableau 6 : origine des données par critère

En ce qui concerne les zones potentielles d'affaissement en surface, il existe une carte établie par la DRIRE, le BRGM et l'INERIS au 1/50 000 sur l'ensemble du bassin ferrifère lorrain (hors bassin de Nancy). Cette carte permet de différencier 3 zones selon l'amplitude d'affaissement (faible, moyen et élevée). Une nouvelle carte est en cours d'achèvement ; elle permettra de hiérarchiser les zones à risque au droit des zones industrielles ou urbanisées.

4.6 Retour d'expérience sur les 3 cas tests étudiés

État des lieux : Le recensement des documents existants des archives et d'études a permis de rassembler un nombre important de sources d'informations notamment auprès des communes. Dans certains cas, un état récent sur la qualité de l'eau n'a pas pu être déterminé selon les souhaits exprimés par le CSHPF auprès des exploitants.

Certaines données sur la maîtrise foncière des parcelles où sont situés les ouvrages concernés par le périmètre de protection immédiate ne sont pas toujours abouties. C'est également le cas en ce qui concerne les galeries de captage gravitaire (état de l'ouvrage, responsabilité vis-à-vis des terrains situés sur la tracé linéaire).

Définition du débit visé par la DUP : Les débits proposés sont fixés par les collectivités, propriétaires des ouvrages de captage, selon l'estimation de leurs besoins globaux. Le réservoir minier est souvent considéré comme une ressource gigantesque et presque inépuisable. Dans certains secteurs, il est quasiment impossible de disposer d'une estimation de l'impact probable du pompage visé sur les autres captages voisins existants (cette approche imposera dans certains cas la mise en place de procédure de calcul type modèle mathématique qu'il ne faudra pas négliger). Par ailleurs, aucun essai de pompage en grandeur nature sur une durée suffisamment longue n'est disponible pour estimer l'influence d'une exploitation projetée sur la tenue de l'ouvrage ou sur la tendance de la qualité de l'eau mesurée.

Investigations spécifiques à la méthodologie : La détermination de certains critères (zones de recharge annuelle et zones d'investigations) est basée sur la représentativité des données disponibles actuellement. Une actualisation des cartes piézométriques des nappes superposées au réservoir minier ne peut qu'améliorer l'approche adoptée. L'estimation de la recharge annuelle pourra être également affinée par une approche cartographique basée sur une synthèse des données et études existantes.

Il s'est avéré, dans le cas de grands bassins, que la détermination des zones d'investigations peut être mal cernée au stade du cahier des charges, d'où une difficulté financière supplémentaire lors de la réalisation des prestations d'études, qu'il s'agit de prévoir.

La cartographie des classes de vulnérabilité repose sur des données intrinsèques au milieu. Pour faciliter la tâche des Hydrogéologues agréés, l'établissement d'une telle carte à l'échelle du Bassin ferrifère permettra d'obtenir une homogénéité et une cohérence d'ensemble qui seront validées indépendamment des captages ou de leur débit de pompage. Ce type de carte pourra aussi servir d'outil d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire.

Délimitation des périmètres de protection : La préoccupation principale est de concilier une délimitation des périmètres permettant d'assurer une protection à la fois efficace et raisonnable à mettre en place. C'est dans cet objectif que le périmètre de protection éloignée a été subdivisé en deux zones modulant les prescriptions selon leur vulnérabilité.

Par ailleurs, les pertes des cours d'eau dans les secteurs étudiés sont plus ou moins estimées ou connues, ce qui a permis de pousser jusqu'au bout le raisonnement les concernant. C'est une donnée indispensable qu'il faut veiller à obtenir sinon à mesurer (études complémentaires) pour les futurs cas concernés.

4.7 Résumé opérationnel

Plan du sommaire - type d'un dossier préalable à mener selon la méthodologie proposée :

1. BESOINS ET RESSOURCES DU SYNDICAT OU DE LA COLLECTIVITE

1.1 DESCRIPTIONS DU SYSTEME DE PRODUCTION ET D'ALIMENTATION

1.2. DETERMINATION DES BESOINS ACTUELS ET FUTURS

- 1.2.1. Population desservie actuelle et future
- 1.2.2. Consommation actuelle et future
- 1.2.3. Besoins annexes

1.3. DETERMINATION DES RESSOURCES ACTUELLES ET FUTURES

1.4. BILAN BESOINS-RESSOURCES

- 1.4.1. bilan
- 1.4.2. contraintes spécifiques

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.1. GEOLOGIE : FORMATIONS RENCONTREES

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET RESERVOIR MINIER

- 2.2.1. Le réservoir
- 2.2.2. La piézométrie
- 2.2.3. La qualité

3. LE CAPTAGE

3.1. IMPLANTATION

3.2. ENVIRONNEMENT IMMEDIAT

3.3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

3.4. QUALITE DE L'EAU POMPEE

4. ALIMENTATION DE L'OUVRAGE

4.1. FLUX VERTICAUX

4.2. FLUX HORIZONTAUX

4.3. DETERMINATION DE L'AIRE D'ALIMENTATION

4.4. CONTRAINTES PARTICULIERES ET/OU INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

5. ATTEINTES POTENTIELLES

5.1. OCCUPATION DES SOLS

5.2. IDENTIFICATION DES RISQUES DE POLLUTION

6. SYNTHÈSE SUR LA PROTECTION DES OUVRAGES ET PROPOSITION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

6.1. DÉFINITION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'OUVRAGE

6.1.1. Vulnérabilité intrinsèque

6.1.2. Calcul de la vulnérabilité

6.1.3. Croisement de la vulnérabilité et des risques potentiels recensés

6.2. PROPOSITION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

6.2.1. Périmètre de protection immédiate

6.2.2. Périmètre de protection rapprochée

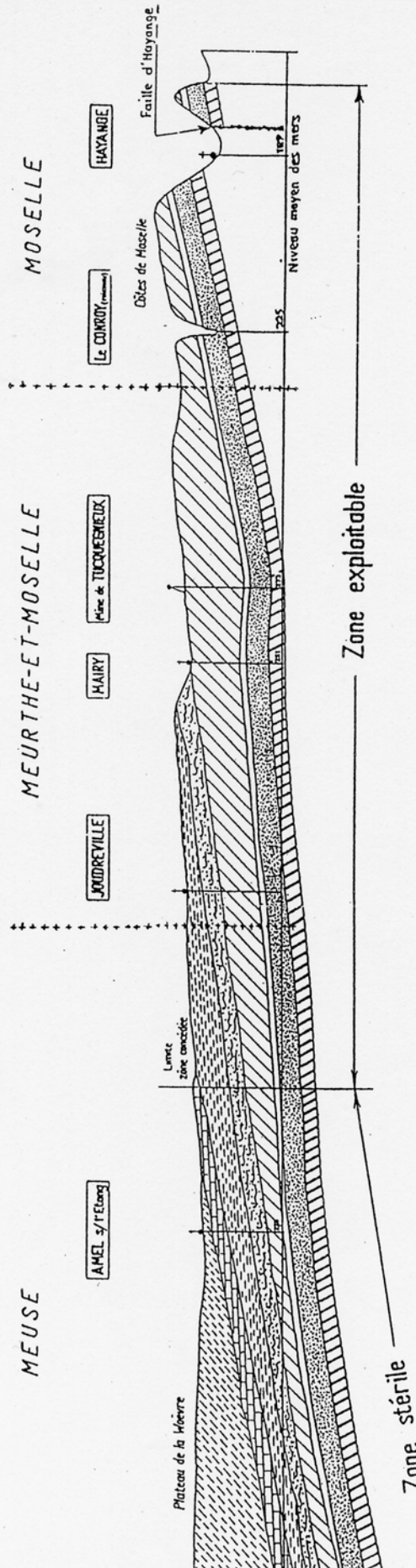
6.2.3. Périmètre de protection éloignée

FIGURES

FIGURES		Version
Figure n°1	Coupe géologique du bassin ferrifère de Lorraine	
Figure n°2	Log stratigraphique schématique	
Figure n°3	Circulation des eaux souterraines après exploitation minière	
Figure n°4	Contexte minier du forage de Valleroy	
Figure n°5	Exemple d'application de la méthode à un captage gravitaire	
Figure n°6	Exemple 1 : captage de Roncourt	
Figure n°7	Exemple 2 : captage de la galerie Charles-Ferdinand	

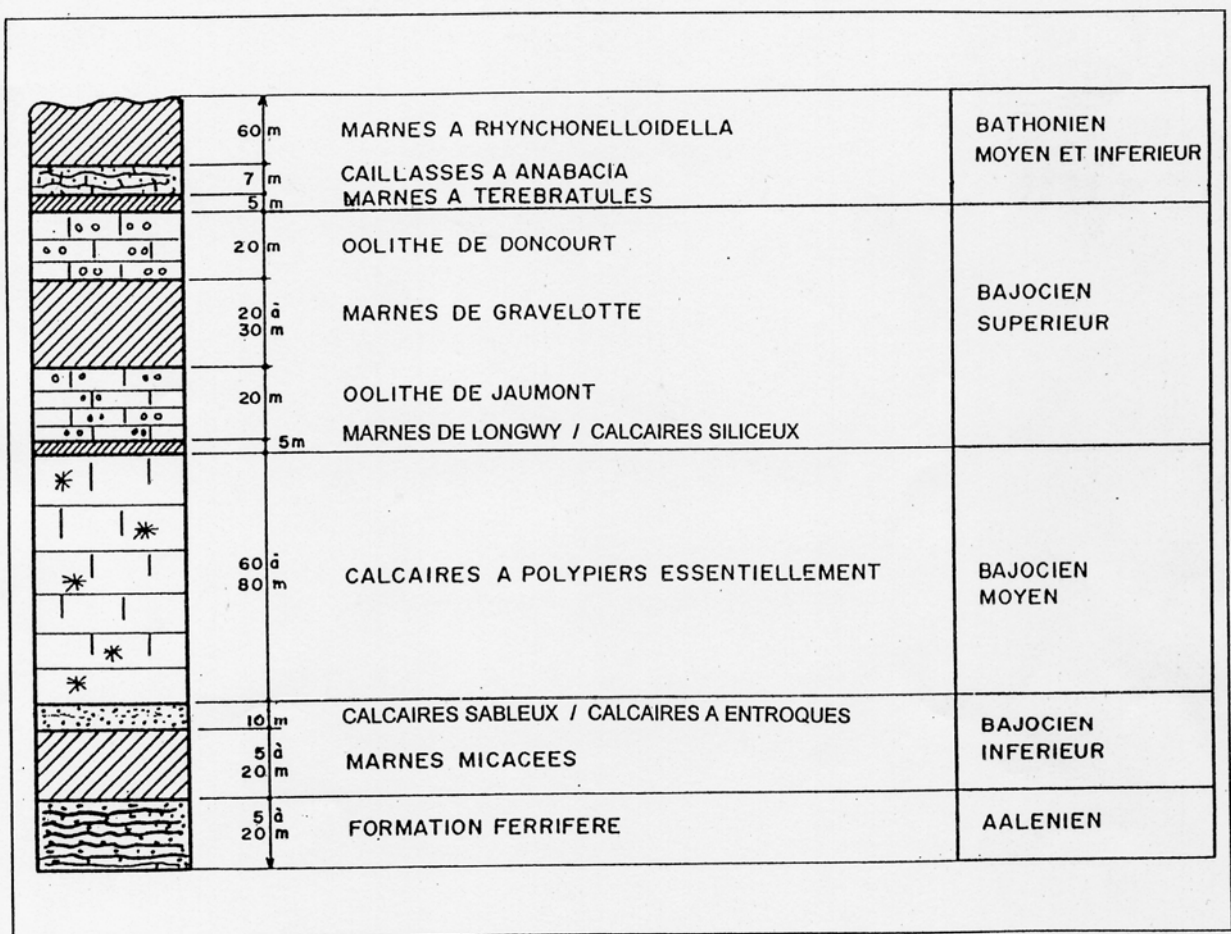
BASSIN FERRIFERE DE LORRAINE

Coupe géologique d'Ouest en Est



LEGENDE

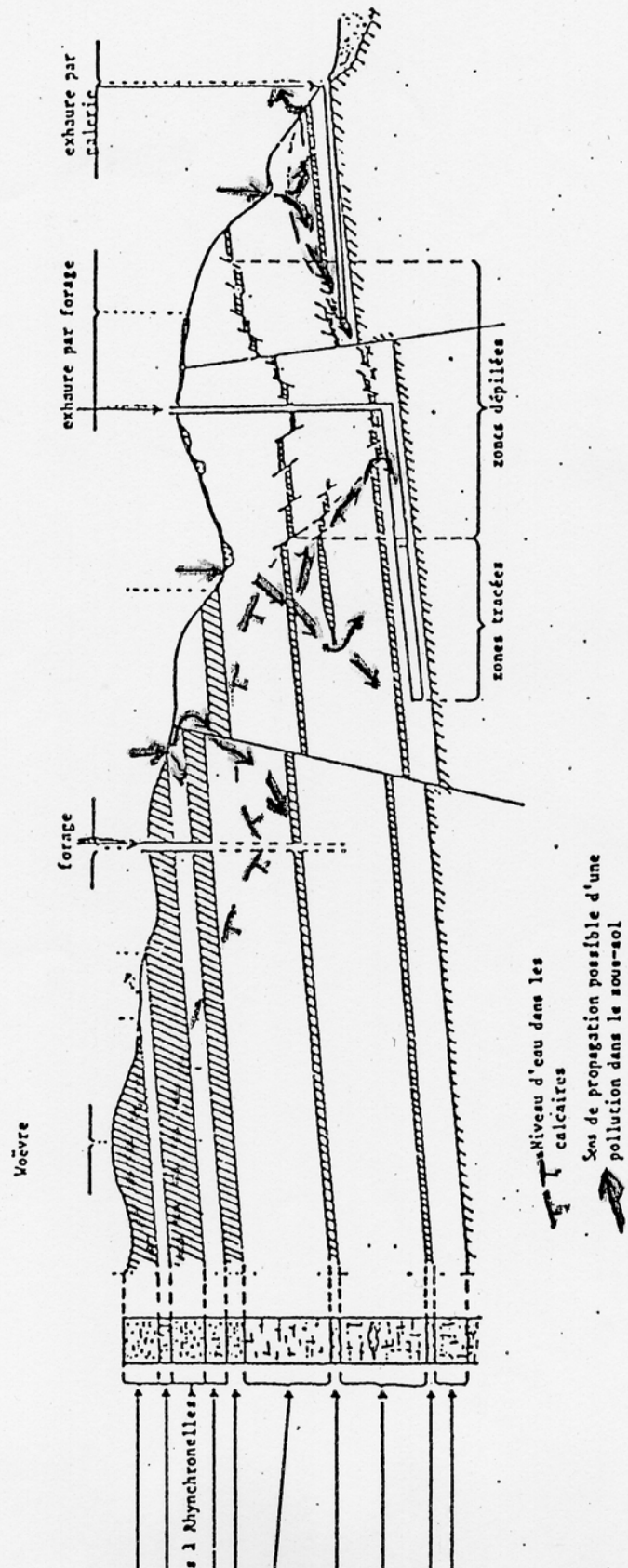
- | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---------------------------|
| | Rauracien et Argovien | | Bajocien inférieur |
| | Oxfordien - Callovien | | Marnes micacées |
| | Bathonien supérieur (Dalle d'Etain) | | Minerai de fer oolithique |
| | Bathonien moyen | | Toarcien |
| | Bajocien supérieur | | |



- Coupe géologique schématique (d'après BURGEAP, 1978).

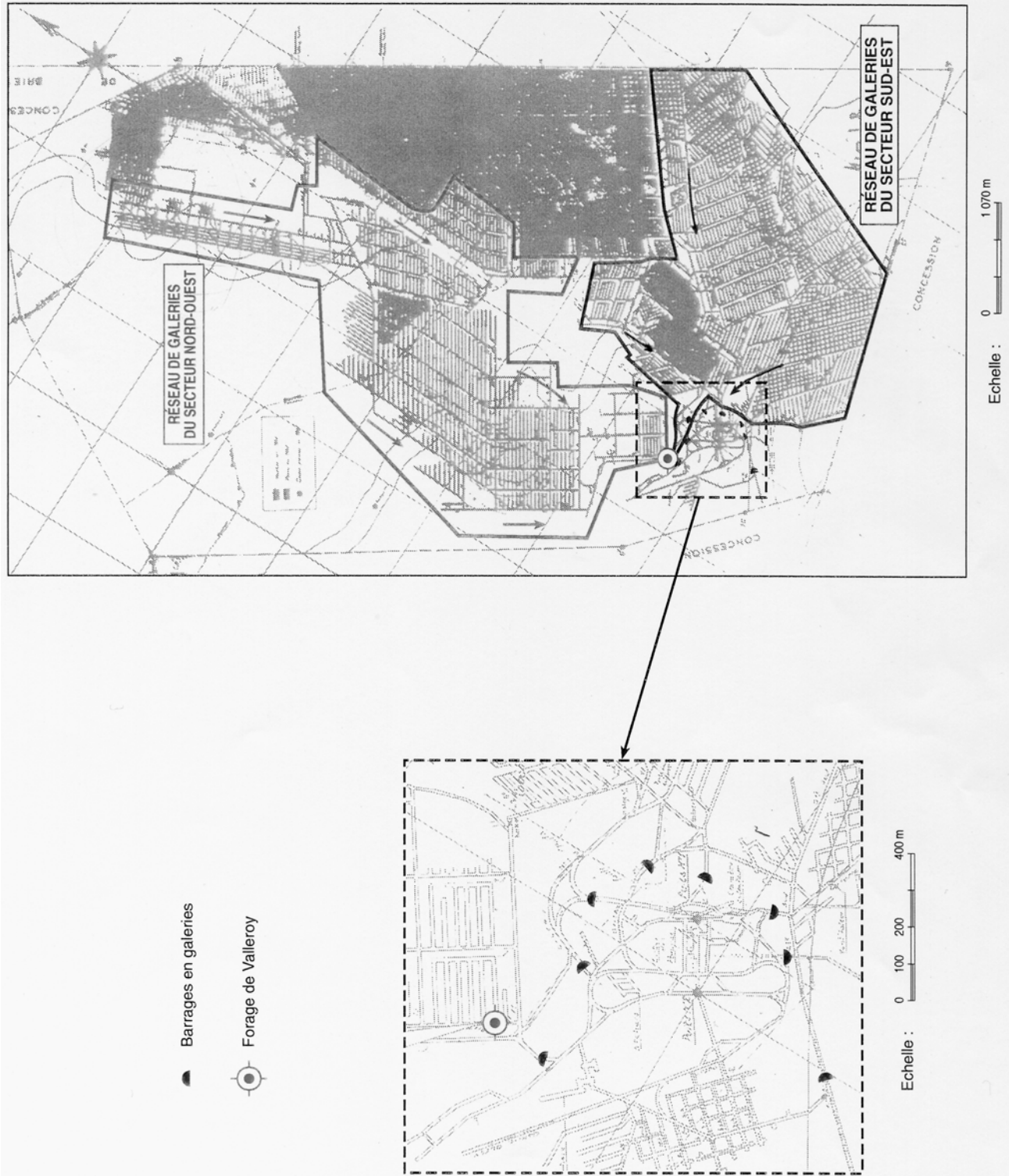
Rapport BRGM R 39823

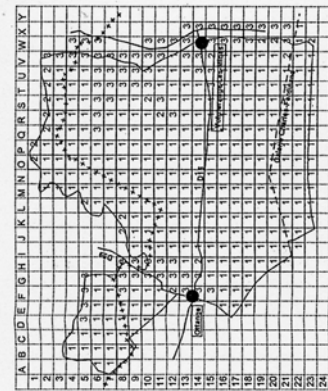
Encaissement des eaux souterraines après exploitation minière



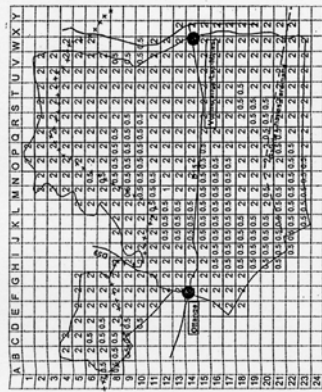
Vulnérabilité des eaux d'exhaure du bassin ferrifère

Figure 4

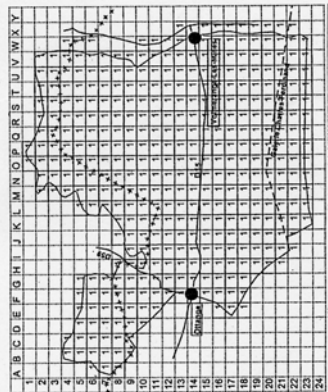




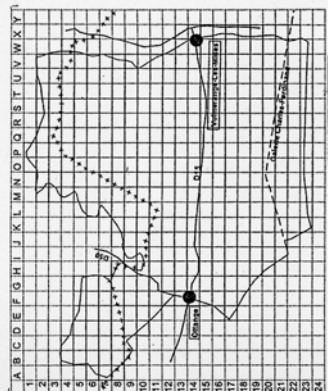
4 / Etablissement de la carte correspondant au Critère «zone non saturée»



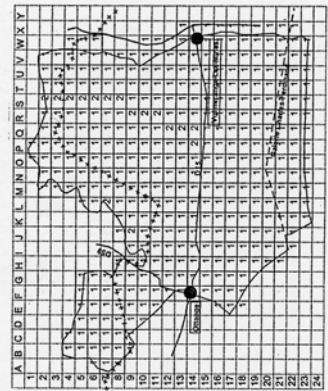
3/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «Protection de surfaces»



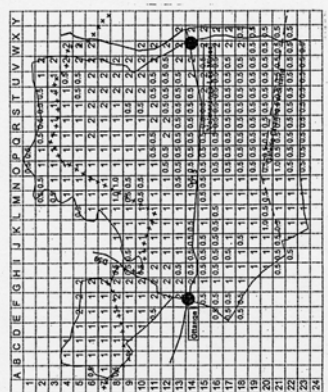
2/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «bassin versant des cours d'eau perdants»



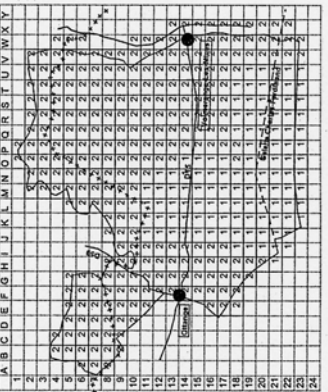
1/ Discretisation du domaine d'étude mailles de 250 m et report de la zone d'alimentation



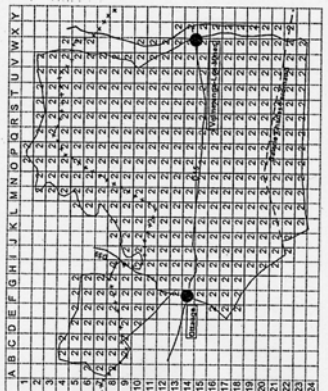
8/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «conditions d'infiltration»



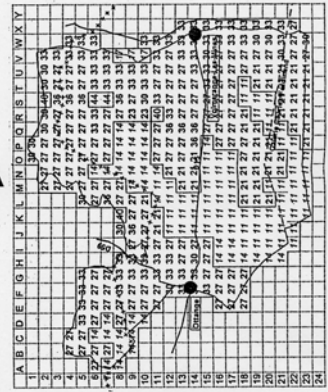
7/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «Marnes micacées»



6/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «Epaisseur des calcaires»



5/ Etablissement de la carte correspondant au Critère «Ecrans marnieux protecteurs»



9 / Etablissement de la carte de synthèse de l'analyse multicritères

Etude méthodologique de la mise en place des périmètres de protection dans le bassin ferrifère
Exemple d'application de la méthode à un captage gravitaire (cas de la galerie Charles-Ferdinand)

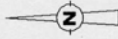
BRDFEAP

BRF1351

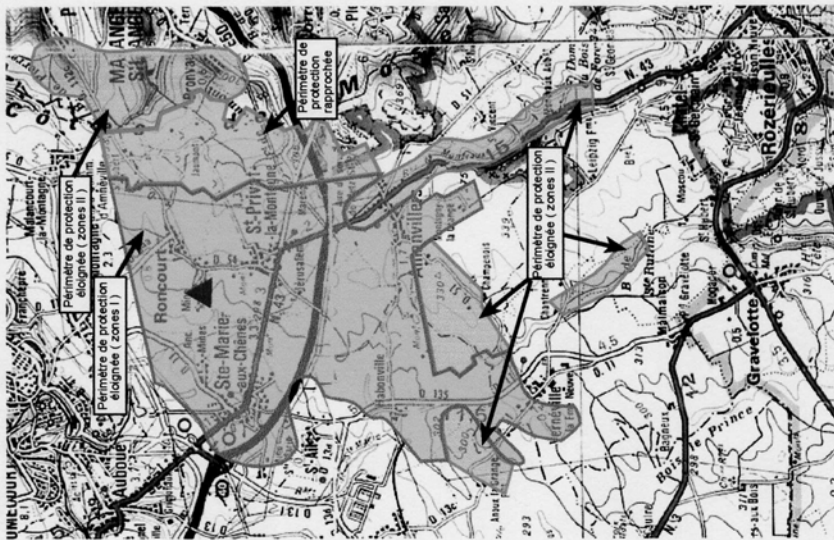
Exemple 1 : Captage de Roncourt
 Tracés des zones d'étude
 et des périmètres de protection

Fig. 6
 RSt. 202f
 C802191

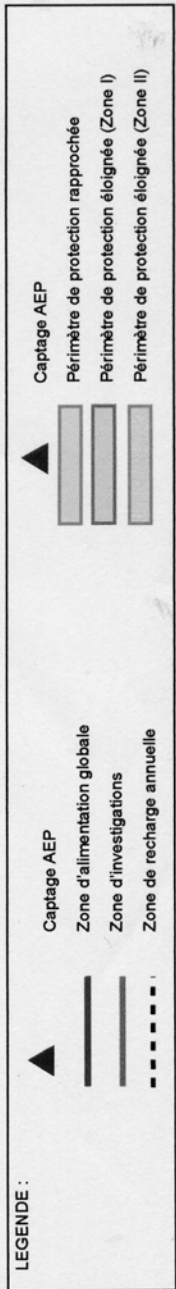
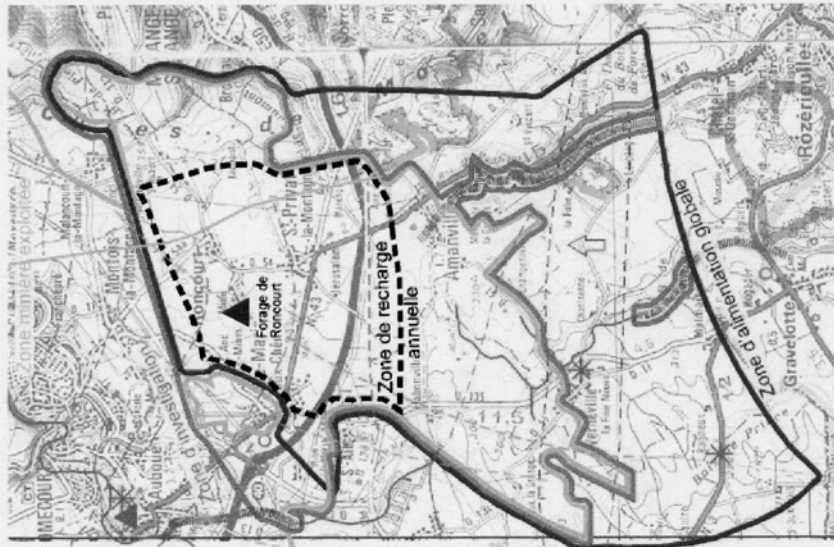
ELFRÉBAP



Tracés des périmètres de protection

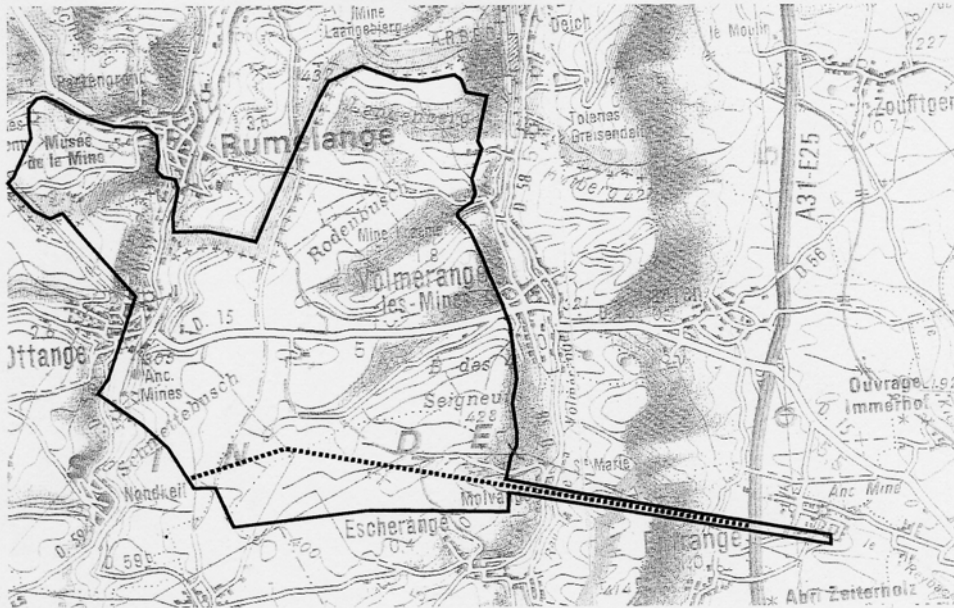


Tracés des trois zones d'étude



COPYRIGHT IGN11 Nancy/Metz Luxembourg

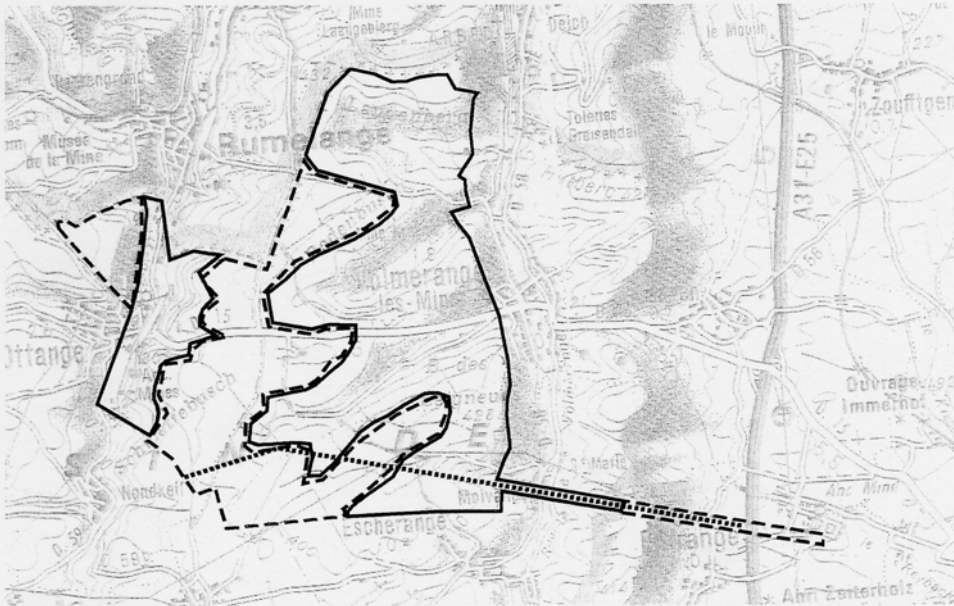
Tracés des trois zones d'étude



LEGENDE :

- Hexaure de la Galerie Charles-Ferdinand
- Zone d'alimentation globale
- Zone d'investigations (identique à la Zone d'alimentation globale)
- Zone de recharge annuelle (identique à la Zone d'alimentation globale)

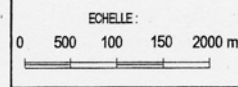
Tracés des périmètres de protection



LEGENDE :

- Hexaure de la Galerie Charles-Ferdinand
- Périmètre de protection rapprochée
- - - - Périmètre de protection éloignée

COPYRIGHT IGN 11 Nancy/Metz Luxembourg



Exemple 2 : L'Hexaure de la Galerie Charles-Ferdinand

Tracés des zones d'étude et des périmètres de protection

Fig. 7

Rst.202e
C802191

ANNEXES

- Annexe 1 -

Typologie des captages sollicitant le réservoir minier pour l'AEP

TYPOLOGIE DES CAPTAGES SOLLICITANT LE RESERVOIR MINIER POUR L'AEP

Nom du captage et son n° national	Bassin Minier		Etat de l'ennoyage			Type d'ouvrage		Etude préalable et/ou DUP	Classe	Qualité de l'eau				Surface minière drainée (5)	Exploitant et/ou maître d'ouvrage
	Grand bassin interconnecté	Sous-bassin déconnecté	①	②	③	Gravitaire	pompage			globale	période de référence (1)	SO4 mg/l	Na mg/l		
Mine de Tiercelet 113-2-172		Sous-bassin Godbrange	X				X	1995	2	potable	1998	154	8	2	CGE pour Hussigny-Godbrange
Puits St Michel 113-2-74	Bassin Nord			X		X			1	potable	1998	73	8	1	CGE Audun-le-Tiche
Exhaure Bure 113-3-52 ou 113-3-78	Bassin Nord				X		X		3	potable	1998	85	7	3	SE Fontoy Vallée de la Fensch
Exhaure Moyeuvre Petite 137-3-120	Bassin Sud		X				X		4	potable	1998	54	10	2 (H. eaux) et 3 (étiage)	CGE Moyeuvre Gde et Pte
Exhaure de la Paix 113-7-148	Bassin Nord				X		X		3	potable	1998	167	43	3	SE Fontoy Vallée de la Fensch
Mine Paradis : V 137-7-112	Bassin Sud		X				X	1993	3	potable pesticides	1988	1881	249	3	Synd Soiron
Mine Droitaumont 137-6-123	Bassin Sud		X				X	1994	3	potable	1999	1537	372	3	CGE pour Jarny
Mine de Roncourt 137-8-121	Bassin Sud		X				X		4	non potable	1998	1490	200	2 ou 3 (étiage)	SIEGVO
Mine de St Paul 137-4-176	Bassin Sud		X				X		4	potable	1997	146	13	2 ou 3 (étiage)	SIEGVO
Mine d'Angevillers 113-8-147	Bassin Nord				X		X		3	potable	1998	137	19	3	Thionville
Mine de la Moulaine 090-5-61		Sous-bassin Moulaine		X		X		1991	1	potable	1991 (4)	166	38	1	CISE
Moulin aux Bois 113-6-150		Sous-bassin Serrouville	X				X	1994	2	potable	1998	118	12	2	S.M. de production d'eau Fensch Moselle
Galerie Charles Ferdinand 114-1-24	Bassin Nord			X		X			1	potable	1998	121	13	2	Thionville
Lavoir de Rehon 89-8-51		Sous-bassin Longwy		X		X		1995	1	potable	1998	149	43	1	CISE
Mine de Saizerais 193-8-115		Sous-bassin Saizerais	X				X	1995	2	potable	1995	83	96	2	SAUR/CISE

Puits N° 3 d'Errouville 113-2-164	Sous-bassin Errouville / Bassin Nord		X				X	1994	4	potable	1998	118	12	2 ou 3 (étiage)	S.M. de production d'eau Fensch Moselle
S.A.E.N.O. M.M 113-2-171	Sous bassin Godbrange		X				X	Arrêt depuis 93	2	non potable				2	CISE
Pierremont 137-2X-198	Bassin Centre		X				X	Arrêt depuis 94	3	non potable				3	
La Mourière (2) 137-1-153	Bassin Centre		X				X	Arrêt depuis 91	3	potable	1998			3	SADE
Mine d'Auboué 137-4-117 (3)	Bassin Sud		X				X		3	non potable	1997	1222		3	SIEGVO
Forage Valleroy 137-8-21	Bassin Sud		X				X	Non exploité	4	non potable	1997	564	67	2	CGE
Vanne de Valleroy 137-2X-198	Bassin sud		X				X		4					2 ou 3 (étiage)	SIEGVO
Forage de Moineville	Bassin sud		X				X	En cours	4					2 ou 3 (étiage)	SIEGVO
Route Blanche Sainte Neige	Bassin nord		X				X		4		1996	398	75	2 ou 3 (étiage)	S.M. de production d'eau Fensch Moselle
Puits François	Bassin nord			X					1					2	S.M. de production d'eau Fensch Moselle

- ❶ Ennoyé
- ❷ drainé gravitairement
- ❸ drainé par exhaure

- (1) données récupérables
- (2) pompage arrêté depuis 1991 (BRGM, R39823-1/98)
- (3) pompage arrêté depuis 1996 (BRGM, 98-D-110-1/99)
- (4) analyse de l'eau brute arrêtée depuis 1991

- (5) : 1 correspond à 1 ou 2 concessions
- 2 correspond à 3 ou 4 concessions
- 3 correspond au minimum à 5 concessions

Puits captage abandonné ou arrêté

- Annexe 2 -
Piézomètres et puits de suivi des
nappes d'eau souterraines dans
le bassin ferrifère

Indice BSS	nom usuel	Commune	X (km-L1)	Y (km-L1)	Z(m)	Z repère	prof. (m)	cote fond (m)	niveau atteint	suivi piézométrique depuis	suivi de la qualité depuis
Bassin Sud											
0136-8x-0008	St Jean-les-Busy	St Jean-les-Busy (55)	847,315	168,079	196,27	195,55	301,5	-105,23	Toarcien	1994	-
0163-2x-0070	Ville / Yron (V105)	Ville / Yron(54)	857,528	164,509	195	195,43	105	90	Bajocien inférieur	1995	-
0163-2x-0071	Ville / Yron (V19)	Ville / Yron(54)	857,527	164,507	195,05	195,59	19	176,05	Bajocien supérieur	1995	-
0137-7x-xxx	Droitaumont II	Jarmy (54)	858,238	166,77	195,18	197,84	231,37	-36,19	Toarcien	1995	1995
0163-3x-0077	Bagneux	Vernéville (57)	866,78	164,821	284,2	284,38	122,7	161,5	Bajocien inférieur	1994	-
0137-7x-0205	Vernéville nouveau	Vernéville (57)	868,1	166,975	315	315	163	152	Aalénien	1994	-
0137-7x-0209	Paradis amont B01	Batilly (54)	864,049	171,370	220,29	221,12	106,80	113,49	Bajocien moyen	1999	-
0137-6x-0149	Haitrize H1	Haitrize (54)	860,431	172,611	185,38	185,84	25	160,38	Bajocien moyen	1999	-
0137-7x-0211	Paradis aval M01	Moineville (54)	863,444	173,237	215,59	215,94	145,80	69,79	Aalénien	1999	-
0137-7x-0212	Paradis aval M02	Moineville (54)	863,451	173,023	215,82	216,12	119,30	96,52	Bajocien inférieur	1999	-
0137-7x-0188	Auboué (FM3)	Homécourt (54)	866,1	174,2	240	240	127,2	112,8	Bajocien inférieur	-	-
0137-7x-0099	Auboué I	Auboué (54)	865,13	174,75	194,2	194,2	136,65	57,55	Aalénien	1996	1996
0137-3x-0056	Joëuf tjs	Joëuf (54)	867,29	177,24	181	-	46,8	134,2	Bajocien inférieur	-	1994
0137-2x-0198	St Pierremont II	Mancieulles (54)	859,71	182	250	-	180	70	-	-	1994
0136-4x-0042	Amernont III	Dommary-Baroncourt (55)	845,966	178,885	246,31	245,3	296,08	-49,77	Toarcien	1994	1994
0137-2x-0196	Tucquegnieux I	Tucquegnieux(54)	858,31	184,72	282,81	283,1	266,81	16	-	1994	-
0113-6x-0148	Anderny II	Tucquegnieux (54)	859,499	186,235	270,27	-	210	60,27	Bajocien moyen	1995	1995
0137-2x-0204	Mance	Mance (54)	861,081	180,621	226,9	227,37	52	174,9	Bajocien inférieur	1995	1995
0137-3x-0130	Avril aval (Pz1)	Avril (54)	864,798	184,024	226,75	227,25	25	201,75	Bajocien inférieur	1995	1995
0137-3x-0131	Avril amont (Pz2)	Avril (54)	864,761	184,256	230,75	231,34	15	215,75	Bajocien inférieur	1995	1995
	St Pierremont P1										
	St Pierremont P2										

Piézomètres et puits de suivi des nappes d'eau souterraines dans le bassin ferrifère

- Annexe 3 - Fiche signalétique d'un ouvrage

FICHE SIGNALÉTIQUE DE L'OUVRAGE

Nom de l'ouvrage		Numéro national :	
Coordonnées Lambert :			
x =	y =	z =	
Nom du syndicat ou de la collectivité :			
Nombre de collectivité desservies :			
Bassin minier :		Catégorie/méthodologie :	
Situation dans le bassin minier :			
Renseignements sur l'Unité de Production d'Eau Potable :			
- Description et équipement de l'ouvrage.			
- Unité de traitement :			
Débit visé par la DUP :			
Place du captage dans les ressources du syndicat :			
Production Graphique présentant la part de chaque ressource dans la production		Distribution Graphique présentant la part des différentes utilisations de l'eau distribuée (domestique, industrielle ...)	

- Annexe 4 -
Plan-type d'un dossier préalable
soumis à l'avis de
l'hydrogéologue agréé

Plan du sommaire - type d'un dossier préalable à mener selon la méthodologie proposée

1. BESOINS ET RESSOURCES DU SYNDICAT OU DE LA COLLECTIVITE

1.1 DESCRIPTIONS DU SYSTEME DE PRODUCTION ET D'ALIMENTATION

1.2. DETERMINATION DES BESOINS ACTUELS ET FUTURS

- 1.2.1. Population desservie actuelle et future
- 1.2.2. Consommation actuelle et future
- 1.2.3. Besoins annexes

1.3. DETERMINATION DES RESSOURCES ACTUELLES ET FUTURES

1.4. BILAN BESOINS-RESSOURCES

- 1.4.1. bilan
- 1.4.2. contraintes spécifiques

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.1. GEOLOGIE : FORMATIONS RENCONTREES

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE ET RESERVOIR MINIER

- 2.2.1. Le réservoir
- 2.2.2. La piézométrie
- 2.2.3. La qualité

3. LE CAPTAGE

3.1. IMPLANTATION

3.2. ENVIRONNEMENT IMMEDIAT

3.3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

3.4. QUALITE DE L'EAU POMPEE

4. ALIMENTATION DE L'OUVRAGE

4.1. FLUX VERTICAUX

4.2. FLUX HORIZONTAUX

4.3. DETERMINATION DE L'AIRE D'ALIMENTATION

4.4. CONTRAINTES PARTICULIERES ET/OU INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

5. ATTEINTES POTENTIELLES

5.1. OCCUPATION DES SOLS

5.2. IDENTIFICATION DES RISQUES DE POLLUTION

6. SYNTHÈSE SUR LA PROTECTION DES OUVRAGES ET PROPOSITION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

6.1. DÉFINITION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'OUVRAGE

6.1.1. Vulnérabilité intrinsèque

6.1.2. Calcul de la vulnérabilité

6.1.3. Croisement de la vulnérabilité et des risques potentiels recensés

6.2. PROPOSITION DES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

6.2.1. Périmètre de protection immédiate

6.2.2. Périmètre de protection rapprochée

6.2.3. Périmètre de protection éloignée

- Annexe 5 - Bibliographie

LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES

Documents généraux sur le bassin ferrifère lorrain

A.S.E., AERM, *Élaboration de profils hydrogéologiques lissés des cours d'eau du bassin ferrifère, versant Chiers, 1998*

AERM, *Débits mensuels d'étiage des cours d'eau du bassin ferrifère avant et après arrêt des exhaures, 1992*

AERM, DIREN, *CSP, La qualité des cours d'eau, 1997*

AERM, DIREN, *Qualité des eaux souterraines du Bassin Rhin Meuse à l'ouest des Vosges, 1992*

AERM, *Scénarios possibles pour la restructuration de l'alimentation en eau potable du bassin ferrifère lorrain, 1997*

AERM, *Schéma de restructuration des exhaures de mines de fer, actualisation de février 1987*

ANTEA - AERM, *étude sur la disponibilité de nouvelles ressources en eaux souterraines pour le bassin ferrifère lorrain, les grès d'Hettange, 1997*

ANTEA, ARBED, *Arrêt des travaux miniers, étude hydrogéologique, 1997*

BRGM, AERM, *Surveillance des nappes d'eau souterraine dans le bassin ferrifère lorrain, campagne de mesures 98-99, bassins centre et sud, 1999*

BRGM, AERM, *Surveillance des nappes d'eau souterraine dans le bassin ferrifère lorrain, campagne de mesures 94-95-96, bassins centre et sud, R38265, 1996*

BRGM, AERM-DIREN, *Surveillance des nappes d'eau souterraine dans le bassin ferrifère lorrain, campagne de mesures 96-97, bassins centre et sud, R39823, 1998*

BURGÉAP, AERM, *Notice de la carte des circulations hydrauliques dans le bassin ferrifère lorrain, situation en 1977, 1978*

Cadilhac, P.Gamez, *La fin de l'exploitation minière du bassin ferrifère de Lorraine, une hydrogéologie perturbée en milieu calcaire fissuré et karstifié*, séminaire national, 1996 Montpellier, 27/28/29 novembre 1996, pp63-74.

Comité de Bassin, *SDAGE Rhin Meuse, 1996*

Préfecture de la Moselle, *arrêté préfectoral n°98-AG/3-370 du 29/10/98 concernant l'arrêt définitif et d'utilisation d'installations minières de l'ARBED, 1998*

Préfecture de la région Lorraine, Agence de l'eau Rhin-Meuse, *Qualité des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse à l'Ouest des Vosges (état en 1990-1992)*.

Préfecture Lorraine, DIREN Lorraine, AERM, *Éléments pour le livre blanc du bassin ferrifère. Domaine de l'eau, 1996*.

Ramon S, *Les problèmes posés par l'arrêt des exhaures du bassin ferrifère lorrain, T.S.M.-l'EAU, février 1993, p63-67*.

Réseau national de bassin, bassin Rhin-Meuse, *Synthèse des résultats physico-chimiques et hydrobiologiques, année 1996*.

Satin et Selmi, *Guide technique de l'assainissement*, édition Le Moniteur

Weingertner.P, *Scénarios possibles pour la restructuration de l'alimentation en eau potable du bassin ferrifère lorrain*, 1997.

Documents présentant les diverses méthodes utilisées en milieu karstique ou minier

AERM, *Guide technique des études de vulnérabilité et de protection des captages d'eau souterraine, synthèse février 1993*

Avias, *a methodological approach oh karstic aquifers. "Vulnerability mapping" in karstic areas from the experience of "source du Lez", basic and applied hydrogeological research in french karstic areas, 1994*

Bouly.S, *Vulnérabilité des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain. Propositions pour une protection acceptable des ressources en eau*, 1988.

BRGM, Lallemand et Roux, *Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine, 2^e édition 1999*

BURGÉAP, *document interne, une nouvelle approche de la notion de périmètres de protection des captages d'eau potable, R&D/Ly004/C414, 1998*

Porel et al, *the karst environnement of the urban district of Poitiers. Its features and water ressources management and protection, basic ans applied hydrogéological research in french karstic areas, 1994*

Spéléo n°13, *Spécial protection des eaux souterraines et des cavernes.*

Tache E, *Application de la méthode EPIK : délimitation des zones de protection des sources de Fontaney et Fontaines-clairs, commune d'Aigles, Séminaire CHYN, 1998*

Université de Neuchâtel, *vulnérabilité et protection des eaux karstiques, 1998*

Yvon B, ENSP Rennes, *mémoire de fin d'étude, synthèse des différentes approches adoptées en France pour la protection des captages d'eau destinées à l'alimentation humaine, 1987*

Zwahlen, Doerliger, *cartographie de la vulnérabilité des bassins d'alimentation des sources karstiques par une méthode multicritère, 1995-1996*

Documents correspondant à un secteur localisé particulier

ANTEA, AERM, *traçage de la Crusnes à Moulin aux Bois,*

ANTEA, *Commune de Longwy, Dossier préparatoire de la mise en place des périmètres de protection des sources de la Moulaine, 1995*

ANTEA, *Dossier préparatoire à la mise en place des périmètres de protection du captage de la mine de Saizerais, 1995*

ANTEA, *Étude de faisabilité des périmètres de protection des captages d'eau potable d'Hussigny-Godrange, 1995*

Aspect, *Élaboration des profils hydrologiques lissés des cours d'eau du bassin ferrifère versant Chiers, novembre 1997.*

Aspect, *Élaboration des profils hydrologiques lissés des cours d'eau du bassin ferrifère versant Chiers, novembre 1998.*

Bouly S, SIE Soiron-commune de Jarny, DDAF 54, *étude diagnostic des équipements d'alimentation en eau potable, mission géologie, 1993*

Bouly S, *Syndicat mixte de production d'eau Fensch-Moselle, Périmètres de protection des réservoirs miniers d'Errouville et de Serrouville, 1991*

BRGM, *Eaux d'exhaure de la mine de Droitaumont, étude de vulnérabilité et d'environnement de la ressource captée, 1993*

BRGM, SAENOMM District de Longwy, *Périmètres de protection des eaux d'exhaure destinées à l'AEP, proposition de l'hydrogéologue agréé, 1991*

BRGM, SAENOMM- District urbain de Longwy, *périmètre de protection des eaux d'exhaure destinées à l'AEP, exhaure de Rehon, proposition de l'hydrogéologue agréé, 1993*

BRGM, SIE Soiron, *eaux d'exhaure de la mine Paradis à Batilly, étude de vulnérabilité et d'environnement de la ressource captée, 1993*

BRGM, ville de Longwy, *Périmètres de protection des sources de la Moulaine, proposition de l'hydrogéologue agréé, 1991*

BURGÉAP, SAEP Valleroy- Moineville, *exploitation par forage du réservoir de Valleroy, étude d'environnement, 1995*

BURGÉAP, *Syndicat des eaux d'Audun-le-Roman, Captages de Fillières, étude du fonctionnement hydraulique et relation avec la rivière de la Crusnes, 1998*

DDAF 57, *Cahier des charges pour la réalisation d'une étude préparatoire à l'avis de l'hydrogéologue agréé-puits St Michel, Audun-Le-Tiche*

Demassieux, *commune de Jarny, exhaure de la mine de Droitaumont, avis de l'hydrogéologue agréé, 1993*

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE, CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE, *avis sur la demande d'autorisation d'utilisation de l'eau du captage de la mine de Paradis à Moineville et de délimitation des périmètres de protection en vue de l'alimentation du Syndicat du Soiron. 5 mai 1997*

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE, CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE, *avis sur la demande d'autorisation d'utilisation de l'eau du captage de la mine de Paradis à Moineville et de délimitation des périmètres de protection en vue de l'alimentation du Syndicat du Soiron. 3 février 1999*

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE, CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE, *2ème avis sur la prolongation de l'autorisation provisoire de distribution d'eau traitée par nanofiltration par l'usine des eaux de Jarny jusqu'au 4 mars 1996 et les réserves liées à la définition des périmètres de protection. 7 novembre 1995*

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE, CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE, *avis sur le projet d'alimentation en eau du Syndicat mixte Fensch-Moselle à partir des eaux des mines d'Errouville/Serrouville. séance du 22 novembre 1994*

Oudin C., *Mise de Saizerais- ressource en eau de la ville de Pont à Mousson, bilan de l'opération de surpompage années 87-94, mémoire de maîtrise, 1995*

Préfecture de la Meurthe-Et-Moselle, *arrêté préfectoral portant déclaration d'utilité publique pour le captage de la mine de Réhon, 11 mai 1995*

Préfecture de la Moselle, *arrêté préfectoral portant déclaration d'utilité publique pour les captages d'Errouville et de Serrouville, 21 décembre 1994*

SETUDE, District urbain de Longwy, *alimentation en eau potable à partir de nouvelles adductions, exploitation de l'exhaure de la mine de Moulaine, 1992*

Université Louis Pasteur, Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine, *Établissement des périmètres de protection du captage AEP d'Audun-Le-Tiche (57), enquête géologique réglementaire, 1976*

Valentin, commune de Fillières-SE Fensch-Moselle, *rapport d'expertise, 1996*

