

République du Bénin
Ministère de l'Energie et de l'Eau
Direction Générale de l'Eau

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

ANNEXES au Guide méthodologique à l'usage des communes

Version finale

Mai 2010



SOMMAIRE DES ANNEXES

1	ANNEXE 1 : ABREVIATIONS, GLOSSAIRE, NOTIONS TECHNIQUES.....	8
1.1	LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	8
1.2	GLOSSAIRE.....	9
1.3	ELEMENTS D'HYDROLOGIE	11
1.3.1	Répartition globale de l'eau	11
1.3.2	Le cycle de l'eau	11
1.3.3	Le Bassin versant	13
1.3.3.1	Notion de bassin versant	13
1.3.3.2	Bassin versant topographique et bassin versant réel	13
1.4	NOTIONS D'HYDROGEOLOGIE	14
1.4.1	Généralités	14
1.4.2	Contexte hydrogéologique et Vulnérabilité	14
1.5	POLLUTION DES EAUX	16
1.5.1	Mécanismes de pollution.....	16
1.5.2	Types de pollutions.....	17
2	ANNEXE 2 : TEXTES JURIDIQUES ET PROCEDURES	21
2.1	LEGISLATION ET REGLEMENTATION EN VIGUEUR AU BENIN	21
2.1.1	Textes relatifs à l'eau.....	21
2.1.2	Textes relatifs à l'hygiène publique	25
2.1.3	Textes relatifs à l'environnement.....	26
2.1.4	Textes relatifs à la gestion foncière	28
2.1.5	Textes relatifs à la décentralisation.....	29
2.2	PROCEDURE D'EXPROPRIATION POUR CAUSE D'UTILITE PUBLIQUE	29
2.2.1	Phase administrative.....	30
2.2.1.1	L'enquête d'utilité publique.....	30
2.2.1.2	La Déclaration d'Utilité Publique	30
2.2.1.3	L'acte de cessibilité.....	31
2.2.1.3.1	La prise de l'acte	31
2.2.1.3.2	Notification de l'acte de cessibilité	31
2.2.2	Phase judiciaire	31
2.2.2.1	La cession des biens	31
2.2.2.2	La saisine du juge de l'expropriation.....	32
2.2.2.3	Remarques.....	32
2.2.2.3.1	Procédure d'urgence.....	32
2.2.2.3.2	La place des élus locaux dans la procédure d'expropriation.....	33
2.3	PROPOSITION DE DECRET FIXANT LES MODALITES DE LA MISE EN PLACE DES PERIMETRES DE PROTECTION DES CAPTAGES D'EAU POTABLE	34
2.4	MODELE D'ARRETE COMMUNAL	40
3	ANNEXE 3 : MILIEU PHYSIQUE ET GEOLOGIE DU BENIN.....	47
3.1	MILIEU PHYSIQUE	47
3.1.1	Aspect climatique	47
3.1.2	Relief, sols et végétation.....	47
3.1.3	Réseau hydrographique	48

3.1.3.1	Les fleuves tributaires du Niger et de la Volta.....	48
3.1.3.2	Les fleuves du bassin côtier	49
3.1.3.3	Les lacs et lagunes du sud	49
3.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE	50
3.2.1	<i>Socle cristallin</i>	50
3.2.2	<i>Bassin de Kandi</i>	50
3.2.3	<i>Bassin des Volta</i>	50
4	ANNEXE 4 : METHODOLOGIE DETAILLEE DE DETERMINATION DES PERIMETRES DE PROTECTION ET DES SERVITUDES	52
4.1	AQUIFERES DISCONTINUS A POROSITE DE FISSURES (SOCLE).....	52
4.1.1	<i>Emprise des périmètres de protection</i>	52
4.1.2	<i>Prescriptions</i>	53
4.2	AQUIFERES CONTINUS A POROSITE D'INTERSTICE (BASSINS SEDIMENTAIRES).....	54
4.2.1	<i>Nappe captive</i>	54
4.2.1.1	Emprise des périmètres de protection	54
4.2.1.2	Prescriptions :.....	55
4.2.2	<i>Nappe libre non alluviale</i>	56
4.2.2.1	Détermination de la vulnérabilité.....	56
4.2.2.2	Emprise des périmètres de protection	61
4.2.2.3	Prescriptions :.....	66
4.2.3	<i>Nappe libre alluviale</i>	68
4.2.3.1	Emprise des périmètres de protection	68
4.2.3.2	Prescriptions :.....	69
4.3	PRISE D'EAU SUPERFICIELLE	70
4.3.1	<i>Emprise des périmètres de protection</i>	70
4.3.2	<i>Prescriptions</i>	71
5	ANNEXE 5 : ETUDES COMPLEMENTAIRES ET CAS PRATIQUES	74
5.1	SITE PILOTE D'ATAN-OUIGNAN (COMMUNE D'ADJA-OUERE).....	75
5.1.1	<i>Caractéristiques du captage étudié</i>	75
5.1.2	<i>Détermination des périmètres de protection</i>	77
5.1.3	<i>Prescriptions</i>	81
5.1.4	<i>Mesures immédiates à prendre</i>	81
5.1.5	<i>Calendrier</i>	82
5.2	SITE PILOTE D'AFFANDJI-TANME (COMMUNE D'AVRANKOU).....	83
5.2.1	<i>Caractéristiques du captage étudié</i>	83
5.2.2	<i>Détermination des périmètres de protection</i>	85
5.2.3	<i>Prescriptions</i>	91
5.2.4	<i>Mesures immédiates à prendre</i>	92
5.2.5	<i>Calendrier</i>	92
5.3	SITE PILOTE DE PORTO-NOVO	93
5.3.1	<i>Caractéristiques du captage étudié</i>	93
5.3.2	<i>Etudes hydrogéologiques complémentaires</i>	96
5.3.2.1	Campagne piézométrique.....	96
5.3.2.2	Création d'un piézomètre.....	98
5.3.2.3	Essais de pompage	98
5.3.3	<i>Détermination des périmètres de protection</i>	98
5.3.4	<i>Prescriptions</i>	102

5.3.5	Mesures immédiates à prendre	103
5.3.6	Calendrier.....	103
5.4	SITE PILOTE D'IGBOMAKRO (COMMUNE DE BASSILA)	104
5.4.1	Caractéristiques du captage étudié.....	104
5.4.2	Détermination des périmètres de protection.....	106
5.4.3	Prescriptions.....	108
5.4.4	Mesures immédiates à prendre	109
5.4.5	Calendrier.....	110
5.5	SITE PILOTE DE DJOUGOU	110
5.5.1	Caractéristiques du captage étudié.....	110
5.5.2	Etudes complémentaires	111
5.5.3	Détermination des périmètres de protection.....	113
5.5.4	Prescriptions.....	117
5.5.5	Mesures immédiates à prendre	118
5.5.6	Calendrier.....	118
6	ANNEXE 6 : CAHIERS DES CHARGES TYPES POUR LA REALISATION	
	D'ETUDES COMPLEMENTAIRES.....	120
6.1	ELABORATION D'UNE CARTE PIEZOMETRIQUE	120
6.2	REALISATION D'UN ESSAI DE POMPAGE DE LONGUE DUREE	123
6.3	ETUDE APPROFONDIE DU BASSIN VERSANT D'UNE ETENDUE D'EAU SUPERFICIELLE POUR EN DEDUIRE LES MENACES DE SEDIMENTATION ET D'EUTROPHISATION QUI PESENT SUR ELLE	125

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 - Portion de nappe et bassin d'alimentation, tiré de la réf. [2].....	9
Figure 1.2 - Répartition de l'eau sur la Terre.....	11
Figure 1.3 - Cycle naturel de l'eau.....	12
Figure 1.4 - Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique (d'après réf. [11]).....	13
Figure 1.5 - Epaisseur de la zone non saturée (recouvrement) protégeant la nappe dans les cas de nappe libre et de nappe captive.	15
Figure 1.6 - Illustration de quelques termes employés en hydrogéologie (réf. [9]).....	16
Figure 1.7 - Ordures à proximité immédiate du captage d'eau potable à Alédjo (Donga).....	18
Figure 1.8 - Vente de carburants au bord d'une voie.....	19
Figure 4.1 - Logigramme d'évaluation de la vulnérabilité.....	57
Figure 4.3 - Périmètres de protection en nappe alluviale. Le PPE est réduit par rapport à son emprise théorique : il est limité par la rivière et par l'extension de la formation alluviale.	69
Figure 5.1 - Localisation des cinq sites pilotes.....	75
Figure 5.2 - Captage AEV d'Atan-Ouignan.....	76
Figure 5.3 - Coupe géologique et technique du forage AEV d'Atan-Ouignan.....	77
Figure 5.4 - Logigramme pour Atan-Ouignan.....	78
Figure 5.5 - Croquis de situation, non à l'échelle.....	80
Figure 5.6 - Captage AEV d'Affandji-Tanmé.....	84
Figure 5.7 - Coupe géologique et technique du forage AEV d'Affandji-Tanmé.....	85
Figure 5.8 - Logigramme pour Affandji-Tanmé.....	86
Figure 5.9 - Détermination de la vulnérabilité du captage AEV d'Affandji-Tanmé.....	88
Figure 5.10 - Croquis de situation, non à l'échelle.....	90
Figure 5.11 - Captage SONEB F11 de Porto-Novo.....	94
Figure 5.12 - Coupe géologique et technique du forage F11 de Porto-Novo.....	95
Figure 5.13 - Carte piézométrique de la nappe du Continental Terminal dans la région de Porto-Novo (février 2010).	97
Figure 5.14 - Logigramme pour Porto-Novo.....	99
Figure 5.15 - Détermination de la zone d'appel et des isochrones par la méthode de Wyssling (réf. [1]).....	100
Figure 5.16 - Schéma sommaire des PPR et PPE du forage F11 de Porto Novo.....	101
Figure 5.17 - Captage AEV d'Igbomakro.....	105
Figure 5.18 - Coupe géologique et technique du forage AEV d'Igbomakro.....	106
Figure 5.19 - Logigramme pour Igbomakro.....	107
Figure 5.20 - Prise d'eau superficielle de Djougou.....	111
Figure 5.21 - Logigramme pour le lac Tero à Djougou.....	114
Figure 5.22 - Délimitation des PPR et PPE.....	115
Figure 5.23 - Détail du PPR.....	116

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 - Taille des périmètres de protection standard dans le socle	52
Tableau 4.2 - Taille des périmètres de protection standard en nappe captive.....	55
Tableau 4.3 - Critères de vulnérabilité avec leurs notes pondérées.....	60
Tableau 4.5 - Périmètres de protection en nappe libre, avec données hydrogéologiques complètes.....	61
Tableau 4.6 - Perméabilités et porosités effaces standards, adapté d'après réfs. [1] et [4].....	64
Tableau 4.7 - Périmètres de protection en nappe libre, avec données hydrogéologiques incomplètes	65
Tableau 4.8 - Taille des périmètres de protection standard en nappe libre, en l'absence de données hydrogéologiques.....	66
Tableau 4.9 - Périmètres de protection pour une retenue d'eau superficielle	70
Tableau 5.1 - Sites pilotes retenus.....	74
Tableau 5.2 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Atan-Ouignan.....	82
Tableau 5.4 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Affandji-Tanmé.....	92
Tableau 5.6 - Mesures immédiates à prendre sur le site de Porto-Novo	103
Tableau 5.7 - Calendrier de mise en place des périmètres pour le site de Porto-Novo.....	104
Tableau 5.8 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Igbomakro.....	109
Tableau 5.9 - Calendrier de mise en place des périmètres pour le site d'Igbomakro	110
Tableau 5.10 - Mesures immédiates à prendre sur le site de Djougou	118
Tableau 6.1 - Eléments de coûts pour l'élaboration d'une carte piézométrique	122
Tableau 6.2 - Eléments de coûts pour la réalisation d'un essai de pompage.....	124
Tableau 6.3 - Eléments de coûts pour la réalisation d'études portant sur la sédimentation et l'eutrophisation à l'intérieur d'un bassin versant.....	126

ANNEXE 1

Abréviations, glossaire, notions techniques

1 **ANNEXE 1 : ABREVIATIONS, GLOSSAIRE, NOTIONS TECHNIQUES**

1.1 **Liste des sigles et abréviations**

ACEP :	Association des Consommateurs d'Eau Potable
AEP :	Alimentation en Eau Potable
AEV :	Adduction d'Eau Villageoise.
ANCB :	Association Nationale des Communes du Bénin
AOF :	Afrique Occidentale Française
BDI :	Banque de Données Intégrées de la DG-Eau
BE :	Bureau d'Etude
BF :	Borne Fontaine
BV :	Bassin Versant
BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)
CeCPA :	Centres communaux pour la promotion agricole
CeRPA :	Centres régionaux pour la promotion agricole
CT :	Continental Terminal
DDEPN :	Direction Départementale de l'Environnement et de la Protection de la Nature
DG-Eau :	Direction Générale de l'Eau
DHAB :	Direction de l'Hygiène et de l'Assainissement de Base, du Ministère de la Santé Publique
DUP :	Déclaration d'Utilité Publique
e :	Epaisseur mouillée de l'aquifère
GTZ :	Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit
i :	Gradient hydraulique (pente de la nappe)
K :	Perméabilité de l'aquifère
MAEP :	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
MEF :	Ministère de l'Economie et des Finances
MEHU :	Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme
MEE :	Ministère, de l'Energie et de l'Eau
NPK :	Engrais Azote / Phosphore / Potassium
NS :	Niveau Statique
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
PDC :	Plan de Développement Communal
PHAC :	Plan d'Hygiène et d'Assainissement Communal
PNE :	Partenariat National de l'Eau
PPE :	Périmètre de Protection Eloigné
PPI :	Périmètre de Protection Immédiat
PPR :	Périmètre de Protection Rapproché
Q :	Débit d'exploitation du captage
S :	Coefficient d'emmagasinement de l'aquifère
SCEPN :	Service Communal pour l'Environnement et la Protection de la Nature
SDAU :	Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
S-Eau :	Service de l'Eau : Organisme décentralisé de la DG-Eau, présent dans chaque département.
SONEB :	Société Nationale des Eaux du Bénin.
T :	Transmissivité de l'aquifère
ZNS :	Zone Non Saturée.
ω :	Porosité efficace de l'aquifère

1.2 Glossaire

Adduction d'Eau Villageoise (AEV) : Système d'alimentation en eau en zone « rurale » (hors zone desservie par la SONEB) : l'eau est puisée par l'intermédiaire d'un ou plusieurs forages (parfois une source ou une réserve d'eau superficielle) puis est acheminée vers des Bornes Fontaines (BF) où un fontainier distribue l'eau à la demande des habitants moyennant un paiement à la bassine.

Aquifère : formation géologique siège d'une nappe.

Artésien (jaillissant) : où l'eau jaillit spontanément.

Bassin d'alimentation, aire d'alimentation, zone d'alimentation **d'un captage** : extension en surface de la portion de la nappe qui alimente le captage.

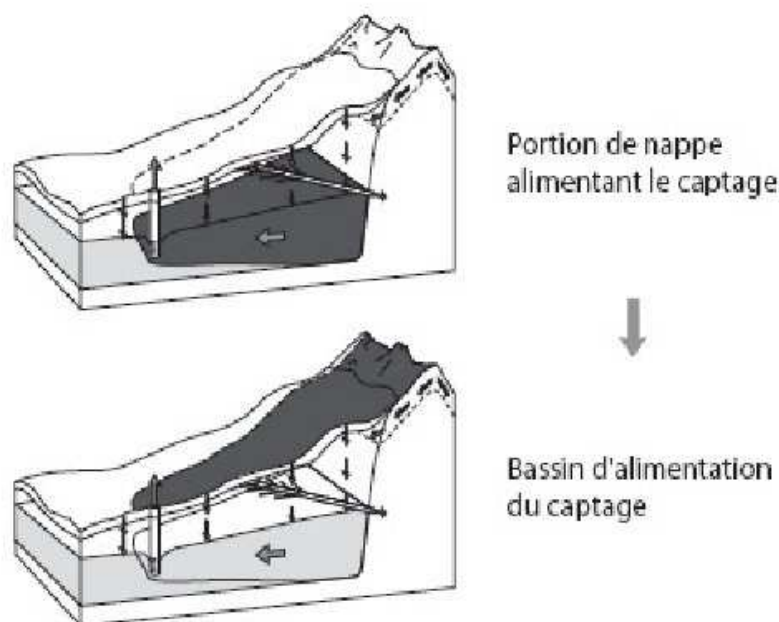


Figure 1.1 - Portion de nappe et bassin d'alimentation, tiré de la réf. [2]

Bassin versant souterrain, bassin hydrogéologique : partie d'un aquifère dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire.

Captage ou Ouvrage de captage : Ouvrage souterrain (puits, forage) captant une nappe d'eau souterraine.

Forage simple : forage ne faisant pas partie d'un réseau de distribution (SONEB, AEV) mais distribuant de l'eau destinée à la consommation humaine (forages équipés le plus souvent de pompes à motricité humaine). Le cas de la protection des forages simples est discuté au § 3.5.3 du document principal.

Isochrone : courbe d'égal temps de transfert. L'isochrone 50 jours est le lieu des gouttes d'eau qui mettront 50 jours avant d'atteindre le captage.

Nappe : étendue d'eau souterraine, contenue dans les vides d'une formation géologique appelée « Aquifère ». Ces vides peuvent être des pores (milieu continu) ou des fissures ou fractures (milieu discontinu).

Niveau statique : profondeur de la nappe au repos (c'est-à-dire en l'absence de pompage) dans un ouvrage (puits ou forage) par rapport à un repère fixe. Ce repère est généralement le sol ou le sommet du tubage. Le terme « statique » est employé par opposition au « niveau dynamique » qui est la profondeur de l'eau en cours de pompage.

Périmètre de protection : zone particulière autour d'un captage d'eau potable où des prescriptions sont établies pour limiter les risques de pollution de l'eau captée. On définit actuellement trois périmètres de protection gigognes : immédiat, rapproché et éloigné. Les périmètres de protection sont décrits en détails au § 3 du document principal.

Recouvrement : partie des horizons géologiques comprise entre le sol et l'aquifère.

Sensibilité d'un captage : risque que la ressource en eau captée soit polluée par les activités humaines. La sensibilité peut varier dans le temps en fonction de l'évolution des activités humaines et de l'occupation des sols dans le bassin d'alimentation du captage.

Type de nappe (libre / captif) : la nappe est dite « captive » (on dit aussi qu'elle est « en charge ») quand le niveau statique de la nappe est plus haut que la côte d'une formation imperméable sus-jacente. Dans le cas contraire, la nappe est dite « à surface libre » ou plus simplement « libre ».

Vulnérabilité d'un captage : inaptitude des formations géologiques et du contexte hydrogéologique local à protéger la ressource en eau captée par l'ouvrage. La vulnérabilité ne dépend que de facteurs naturels, elle est en principe invariante dans le temps.

Zone d'appel d'un captage : zone d'où provient l'eau captée.

Zone Non Saturée (ZNS) : formations situées entre le sol et le niveau statique de la nappe. Dans cette zone les circulations d'eau sont verticales ou sub-verticales.

NB. Les termes du cycle de l'eau (précipitation, évapo-transpiration, interception, infiltration, percolation, recharge, ruissellement, écoulement superficiel, écoulement subsurfacique) sont définis et illustrés au § 1.3.2 – Le cycle de l'eau.

Des notions géologiques et hydrogéologiques comme toit, mur, substratum, nappe, niveau piézométrique, aquifère, sol, couches de couverture, recouvrement, zone non saturée, type de nappe (libre, captif) et vulnérabilité sont présentés et illustrés au § 1.4.2 – Contexte hydrogéologique et Vulnérabilité.

1.3 Eléments d'hydrologie

1.3.1 Répartition globale de l'eau

Le volume d'eau sur toute la Terre est estimé à environ 1.386.000.000 km³, dont environ 97 % est saline. En ce qui concerne l'eau douce (3% environ), plus de 68 % se trouve dans la glace et les glaciers et 30 % se trouve dans le sol. Les sources d'eau douce de surface, comme les rivières et les lacs, totalisent 93 100 km³, ce qui représente 1/700 d'un pourcent de la quantité totale de l'eau. Cependant, les rivières et les lacs sont les sources de la plupart de l'eau qui est utilisée par les hommes tous les jours.

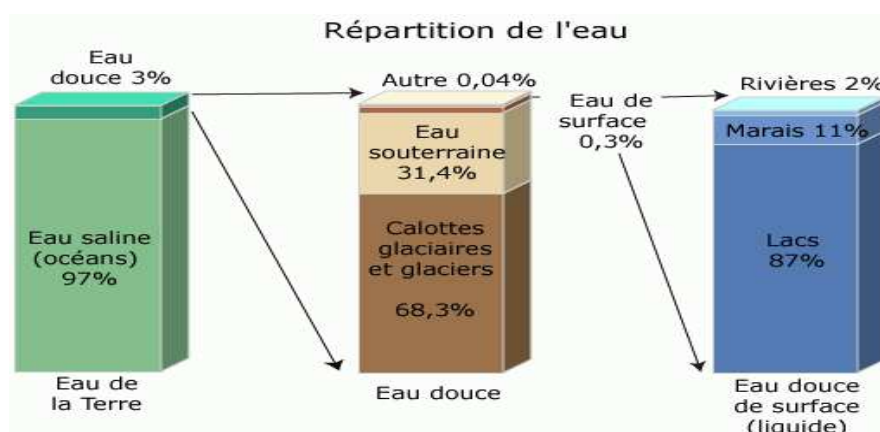


Figure 1.2 - Répartition de l'eau sur la Terre

1.3.2 Le cycle de l'eau

Le cycle hydrologique définit les différentes voies de circulation que l'eau emprunte dans la nature. En principe ces voies pénètrent dans les trois parties du système terrestre : l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. L'atmosphère est une enveloppe gazeuse située au dessus de l'hydrosphère. Cette dernière est constituée des masses d'eau qui couvrent la surface de la terre et la lithosphère comprend les couches non consolidées et les roches compactes sous l'hydrosphère.

Physiquement le cycle de l'eau se présente comme un ensemble de circulations sous forme liquide solide ou gazeuse. Il y a dans les deux sens des échanges avec l'atmosphère.

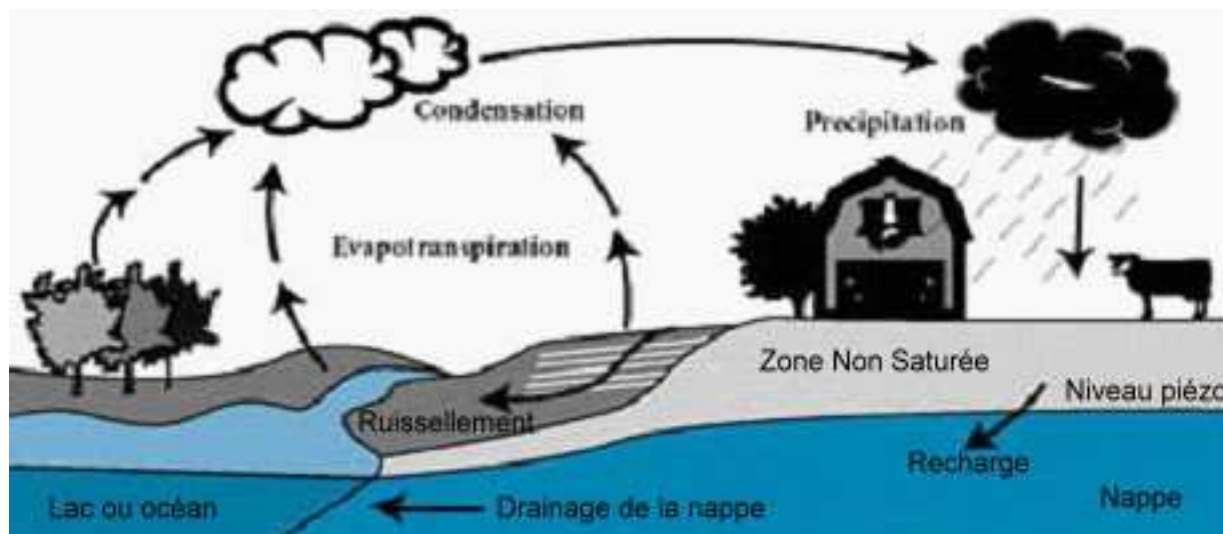


Figure 1.3 - Cycle naturel de l'eau

Le cycle hydrologique n'a ni commencement ni fin ; l'eau s'évapore à partir des océans et de la terre pour rejoindre l'atmosphère. L'humidité évaporée est soulevée et transportée dans l'atmosphère jusqu'à ce qu'elle précipite finalement soit sur la terre soit dans les océans. L'eau précipitée peut être interceptée par les plantes, peut s'écouler à la surface de la terre et dans les rivières ou peut s'infiltrer dans le sol. Les plantes par leurs racines prélèvent de l'eau dans le sol dont une bonne partie est transpirée et évaporée.

La **précipitation** est une des caractéristiques principales du cycle hydrologique. C'est le produit de la condensation de la vapeur d'eau et de l'atmosphère qui est restituée à la terre sous forme liquide ou solide. Une partie des précipitations sera restituée à l'atmosphère par évaporation ou par la transpiration des plantes, cette restitution est appelée **évapo-transpiration**.

Là où la surface de la terre est recouverte de végétation, la précipitation sera retenue en partie par la végétation : c'est ce que l'on appelle **interception**.

L'eau qui tombe sur la surface de la terre de manière directe ou après interception s'infiltre dans la terre. L'**infiltration** peut être définie comme le mouvement de l'eau dans le sol.

Le mouvement vertical de l'eau à travers les couches successives du sol est appelé **percolation**. En hydrogéologie, on appellera **recharge** la part de l'infiltration qui arrivera effectivement à la nappe.

L'excès d'eau que le sol n'est plus capable d'absorber produit le **ruissellement**, c'est la partie de l'eau qui voyage sur la surface de la terre et au travers des chenaux pour atteindre l'exutoire du bassin.

La partie de l'écoulement de surface qui s'écoule à la surface de la terre vers les chenaux des rivières est appelée **écoulement superficiel**. L'écoulement peu profond qui s'infiltre et qui s'écoule latéralement au travers des horizons superficiels du sol vers les rivières est appelé **écoulement subsurfacique** ou hypodermique. L'écoulement souterrain est la partie de l'écoulement qui, infiltrée dans le sol, percole au travers des horizons superficiels du sol et recharge les réserves d'eau souterraines avant de s'écouler finalement sous terre vers les rivières.

1.3.3 Le Bassin versant

1.3.3.1 Notion de bassin versant

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée appelée exutoire pour poursuivre son trajet vers l'aval.

1.3.3.2 Bassin versant topographique et bassin versant réel

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente.

Dans le cas d'une région au sous-sol, perméable il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin versant topographique s'infiltre puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin) dans ce cas nous serons amenés à ajouter aux considérations topographiques des considérations d'ordre géologique. En effet, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est plus suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines (Fig.5.1). Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel.

Cette distinction en bassin versant topographique et hydrologique se justifie surtout pour les petits bassins. En effet lorsque la taille du bassin versant augmente les apports et les pertes souterraines d'eau ont plus de chance de se compenser.

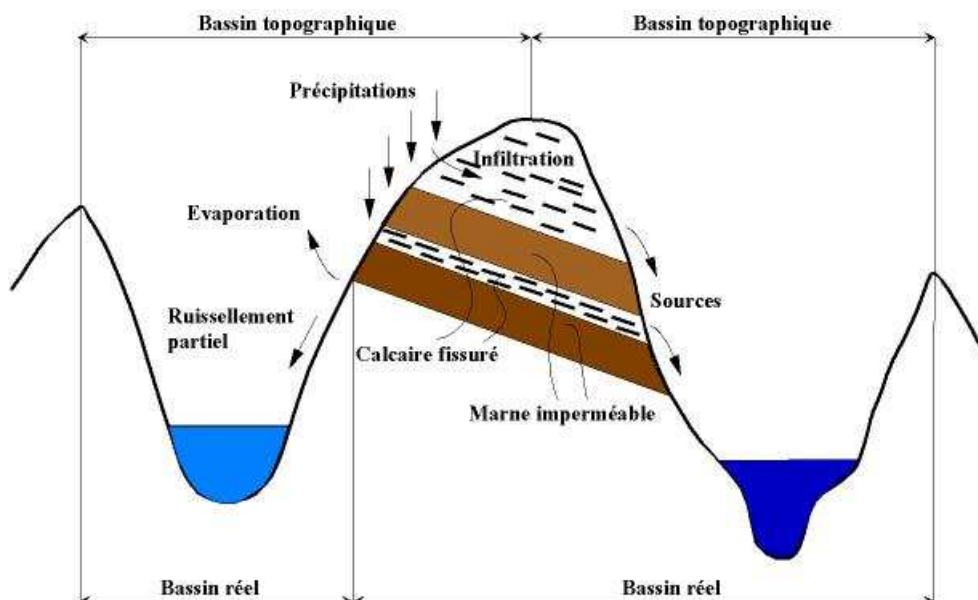


Figure 1.4 - Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique (d'après réf. [11]).

Lorsque l'on s'intéresse au ruissellement, la délimitation du bassin versant doit aussi tenir compte des barrières artificielles (routes, chemins de fer, etc.). En effet, l'hydrologie du bassin versant, et notamment la surface drainée, peuvent être modifiées par la présence d'apports latéraux artificiels (réseaux d'eaux usées ou potables, drainages, routes, pompages ou dérivations artificielles modifiant le bilan hydrologique).

1.4 Notions d'hydrogéologie

1.4.1 Généralités

La République du Bénin a une superficie de 114 763 km² dont 75 % concerne des formations géologiques cristallines et 25 % des formations sédimentaires. On distingue dans ces deux unités, deux principaux types d'aquifères :

- Les aquifères hétérogènes à perméabilité de fissures sont constitués de roches granitiques, métamorphiques, volcaniques, gréseuses. Dans les fissures, la vitesse de l'eau est généralement importante, en tout cas plus rapide que dans les formations sédimentaires non consolidés.
- Les aquifères homogènes à perméabilité d'interstice que l'on rencontre dans la partie Sud du pays sont constitués de sables, graviers, grès, alluvions, etc... La vitesse de circulation de l'eau y est lente.

Un aquifère est donc une formation géologique dans laquelle peut se développer une nappe.

Les principales données spécifiques aux aquifères nécessaires à l'étude des périmètres de protection sont :

- L'infiltration efficace soit la portion de pluie qui alimente la ressource qui doit être en adéquation avec les prélèvements.
- L'extension du bassin d'alimentation
- Caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité coefficient d'emmagasinement).
- Variations des niveaux piézométriques
- Direction et vitesse d'écoulement
- La lithologie de l'aquifère et l'épaisseur
- Dans le cas d'un champ captant, l'influence des pompages sur les captages.

1.4.2 Contexte hydrogéologique et Vulnérabilité

La **vulnérabilité** d'un ouvrage de captage correspond à l'inaptitude des formations géologiques et du contexte hydrogéologique local à protéger la ressource en eau qu'il capte. En principe invariante dans le temps, la vulnérabilité dépend exclusivement de facteurs naturels comme :

- Le pouvoir filtrant du sol : capacité du sol à transférer un polluant de la surface vers les horizons géologiques. Le pouvoir filtrant dépend de la nature (texture : teneur en argile, limons et sables ; pierrosité : proportion de cailloux), de l'épaisseur du sol et de la pente des terrains.
- La nature et l'épaisseur de la zone non saturée : Les formations situées au-dessus de la nappe (zone non saturée) peuvent contribuer à la rétention ou à la dégradation des substances polluantes. De plus, l'épaisseur de cette zone non saturée joue un rôle dans l'augmentation du temps de transfert d'un polluant du sol vers la nappe.

- La vitesse d'écoulement des eaux souterraines : Elle est lente en aquifère homogène et très rapide en milieu fissuré. Dans ce dernier cas, la pollution se déplaçant rapidement peut se propager sur de grandes distances en peu de temps. Les vitesses d'écoulement varient en fonction de la nature des nappes de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres par an.
- La protection naturelle du réservoir : l'existence d'un terrain imperméable au-dessus du réservoir constitue un écran protecteur contre toute pollution venant de la surface du sol.
- Le type de nappe : quand le niveau statique de la nappe est plus haut que la côte d'une formation imperméable sus-jacente, la nappe est dite « captive » (on dit aussi qu'elle est en charge). Dans le cas contraire, la nappe est dite « à surface libre » ou plus simplement « libre ».

nappe libre : nappe à surface libre. La limite supérieure de l'aquifère est constituée par la surface piézométrique. Ce type de nappe n'est protégé que par les terrains compris entre le sol et le niveau piézométrique.

nappe captive : la limite supérieure de l'aquifère est constituée par une formation imperméable ou peu perméable, de perméabilité suffisamment faible et d'épaisseur suffisamment importante pour maintenir la nappe sous-jacente en charge. Quand on réalise un forage en nappe captive, le niveau dans le forage s'équilibre à une altitude qui représente le niveau piézométrique. Ce type de nappe est protégé par l'ensemble des terrains descendant jusqu'à l'aquifère.

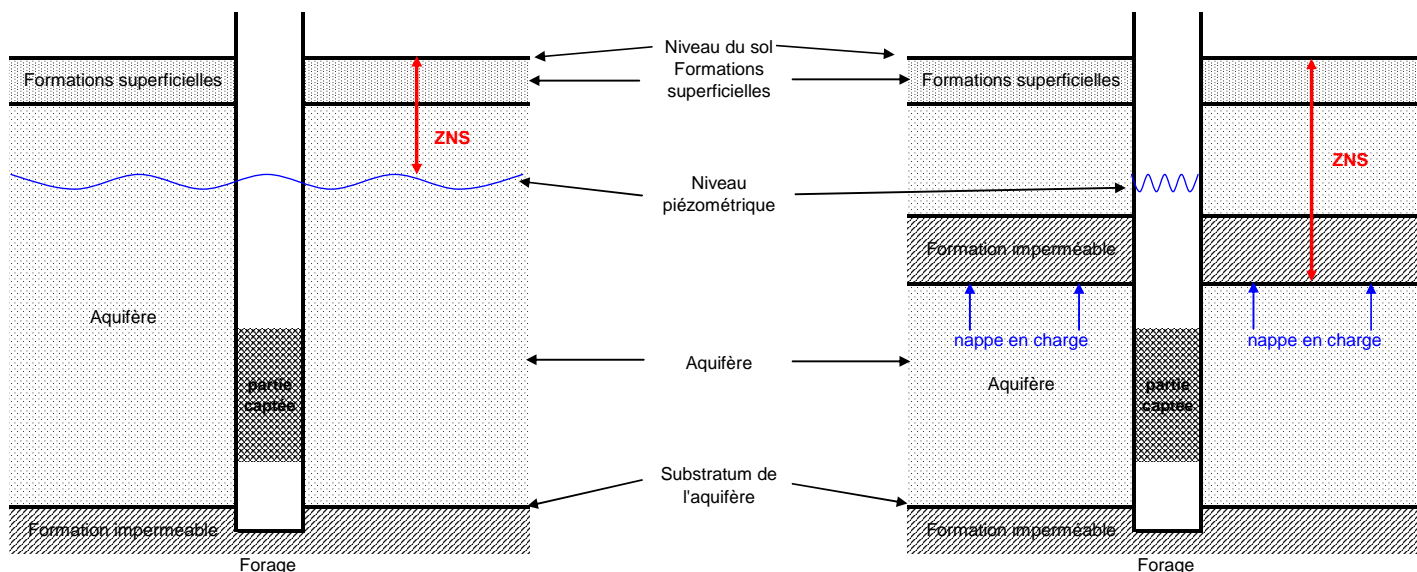


Figure 1.5 - Epaisseur de la zone non saturée (recouvrement) protégeant la nappe dans les cas de nappe libre et de nappe captive.

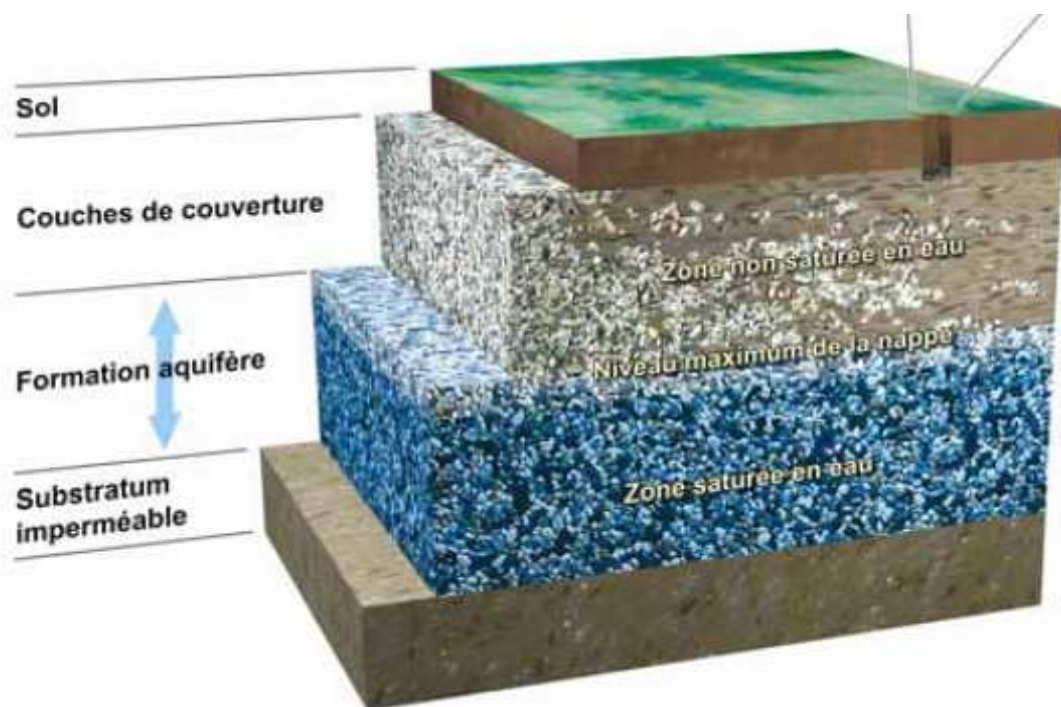


Figure 1.6 - Illustration de quelques termes employés en hydrogéologie (réf. [9]).

Les formations géologiques s'étendent en profondeur depuis leur **toit** (sommet de la couche) jusqu'à leur **mur** ou **substratum**. Pour qu'une nappe puisse s'établir, il faut d'une part la présence d'une formation géologique présentant des vides (pores ou interstices, fissures, fractures), et d'autre part la présence d'un substratum imperméable empêchant la circulation de l'eau en profondeur. L'eau s'insinue alors dans les vides de la formation géologique et forme une **nappe**. Le niveau atteint par l'eau s'appelle **niveau piézométrique** ; la formation géologique siège de la nappe est dite formation **aquifère**. Avant de parvenir à la nappe (zone saturée en eau), l'eau présente en surface doit tout d'abord traverser les différents horizons du **sol**, puis les formations géologiques présentes entre le sol et l'aquifère. Ces formations sont appelées **couches de couverture** ou de **recouvrement**. La **zone non saturée** correspond aux formations situées entre le sol et le niveau piézométrique ; elle correspond aux couches de couverture en nappe captive, en nappe libre elle correspond aux couches de couverture ainsi qu'à la partie de l'aquifère situé au dessus du niveau piézométrique.

1.5 Pollution des eaux

1.5.1 Mécanismes de pollution

Dans le cas d'une nappe libre, le polluant part de la surface du sol et traverse la zone non saturée sous l'influence d'une composante verticale. La rapidité de ce transfert dépend de la nature des terrains et de leur perméabilité. Lorsque le polluant parvient à atteindre l'aquifère, les transferts se font suivant une composante horizontale dans le sens de l'écoulement de la nappe.

Dans le cas des captages en nappe alluviale, la pollution peut provenir des eaux de surface si celles-ci sont en relation hydraulique avec les captages en pompage.

En nappe captive où il existe un écran protecteur, la pollution par la zone non saturée est plus difficile car le captage est moins vulnérable. Dans ce cas, la pollution ne peut être effective que lorsqu'un polluant aura été introduit dans le captage ou par des forages voisins en relation

hydraulique avec ce dernier. Les pollutions en cas de nappe captive peuvent provenir des zones où l'aquifère est affleurant.

Dans le cas d'une étendue d'eau superficielle, la pollution peut avoir lieu :

- par introduction directe de substances dans la retenue lors du lavage de véhicules, le passage des animaux, le rejet de déchets solides et liquides, etc,
- par ruissellement le long des pentes du bassin versant. Les eaux de ruissellement vont entraîner tous les déchets présents sur leur passage et les acheminer à la retenue d'eau superficielle. En outre, ces ruissellements sont responsables de l'entraînement de fines particules des sols (érosion) vers la retenue d'eau, ce qui participe à son comblement.

1.5.2 Types de pollutions

Les eaux souterraines renferment des substances dissoutes de façon naturelle liées au contexte géologique de l'aquifère et sa genèse. Ces substances originelles constituent le "bruit de fond" de l'eau qui peuvent être modifiées par l'activité humaine au moyen d'un polluant d'origine chimique ou biologique. Cette imition de substances étrangères au bruit de fond ou parfois la concentration de substance originelles qui dépassent les normes fixées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) ou le Gouvernement du Bénin constitue une pollution.

Les eaux superficielles sont quant a elles moins sujettes a priori à un bruit de fond géochimique, mais elles sont moins protégées que les eaux souterraines et donc beaucoup plus vulnérables aux pollutions d'origine anthropique.

La pollution qui atteint les eaux peut être attribuée à des sources diffuses c'est-à-dire non ponctuelles ou des sources ponctuelles. Si les sources ponctuelles de pollutions sont facilement localisables en fonction des lieux de rejets, les sources diffuses sont, par contre, difficilement maîtrisables à identifier, et à maîtriser.

Les normes de l'eau potable au Bénin sont fixées par les articles 11 et 17 du décret n°2001-094 du 20 février 2001 et figurent en annexe 2.

Les pollutions des captages en République du Bénin peuvent être ponctuelles ou diffuses. Seul un suivi périodique des analyses d'eau et le dosage de certains paramètres qui pourront permettre de localiser les pollutions et de se prononcer sur leur origine.

Les pollutions ont des origines diverses :

a) Pollution domestique

Dans la plupart des régions non urbanisées et villages du Bénin, les populations enfouissent dans le sol des déchets domestiques qui sont généralement (des sacs en plastique, des boîtes de conserves vides, des piles usagées, des restes alimentaires, des feuilles d'arbres, etc).

Ces déchets sont également déposés en vrac à même le sol ou dans des dépotoirs où on peut recenser en dehors des éléments sus-cités, des batteries de motos et de véhicules, des huiles à moteurs etc ..

Dans les maisons se trouvent des latrines traditionnelles pour la plupart sans étanchéité et dans certains villages, certains projets ont réalisé des latrines modernes publiques. A défaut de latrines, les populations transforment les zones non habitées du village en lieux d'aisance ou les excréments humains sont déposés à même le sol.

Les activités liées au fétichisme sont également source de pollution par rejet de cadavres d'animaux dans les points d'eau superficielle.

Enfin, la divagation des troupeaux entraîne également l'infiltration des bactéries fécales contenues dans les excréments animaux.



Figure 1.7 - Ordures à proximité immédiate du captage d'eau potable à Alédjo (Donga)

b) Pollution agricole

Dans les aires cultivées, les populations utilisent des pesticides tels que PACHA introduit par les CeRPA en 2008 sur les cultures de maïs, arachides et manioc.

Les substances actives de PACHA sont : Acétamipride 10g/l, Lamlida Cy ha Cothrine 15 g/l. Avant l'introduction de PACHA, par ailleurs les populations utilisaient des produits comme D6CE, Malathion et Kimi-Kimi.

Comme engrais, les services techniques de MAEP recommandent les doses suivantes : 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'urée pour le maïs et le coton.

Pour le coton, les paysans utilisaient Endosulfan qui serait prescrit par l'Union européenne.

Aujourd'hui, le MAEP recommande THIAN 175 contenant Flubeldiamine (100g) + Spirotétramate (75g). Le dosage de Thian 175 est de 0,2 l/ha.

L'Alazine (à base d'Atrazine) est également utilisée bien que déconseillée par le MAEP.

Il convient de souligner que plusieurs autres produits sont introduits au Bénin et utilisés sur les cultures de façon informelle.

c) Pollution artisanale ou industrielle

Les activités artisanales comme les garages, ateliers de mécanique, ... utilisent et stockent des hydrocarbures qui peuvent fuir et s'infiltrer jusqu'à la nappe. De nombreuses activités artisanales et industrielles utilisent des produits dangereux (hydrocarbures, solvants chlorés) dont il convient de maîtriser les rejets. Les effluents industriels (rejet d'eau de process) doivent également être surveillés. Enfin, de nombreux particuliers pratiquent la vente de

carburants au bord des routes et des voies, carburants qui se déversent fréquemment lors du remplissage des réservoirs des véhicules.



Figure 1.8 - Vente de carburants au bord d'une voie

d) Pollution accidentelle

Ce type de pollution concerne le déversement accidentel des produits dangereux transportés par les camions le long des routes du Bénin. Ce type de pollution concerne aussi les grands ou moyens cours d'eau qui peuvent être pollués en un point de leur trajet. Enfin, il concerne les ouvrages de captage actuels qui sont des points préférentiels d'accès à la nappe et dans lequel des substances dangereuses peuvent être introduites de façon accidentelle ou intentionnelle. Ce mode de pollution est à prendre très au sérieux car, dans ce cas, la pollution atteint directement la nappe sans être filtrée par les formations superficielles et sans être retenue par une éventuelle couche imperméable protectrice.

ANNEXE 2

Textes juridiques et procédures

2 **ANNEXE 2 : TEXTES JURIDIQUES ET PROCEDURES**

2.1 **Législation et réglementation en vigueur au Bénin**

Cinq types de textes réglementaires sont concernés par la protection des captages d'eau potable au Bénin : des textes relatifs à l'eau, à l'hygiène publique, à l'environnement, à la gestion foncière et à la décentralisation :

2.1.1 **Textes relatifs à l'eau**

Loi n°87-016 du 21 septembre 1987 portant Code de l'Eau

Parmi les 75 articles du Code de l'Eau, les 4 articles ci-dessous définissent les eaux du domaine public de l'Etat et indiquent sommairement ce qui est soumis à autorisation :

- **Article 3** : Les eaux du domaine public naturel comprennent :
 - 1. les eaux des cours d'eau permanents ou non, flottables ou non, navigables ou non, des lacs, étangs et sources;
 - 2. toutes les eaux stagnantes ou courantes à l'exception des eaux pluviales
 - même si celles-ci sont accumulées artificiellement;
 - 3. les nappes d'eau souterraines;
 - 4. tous autres éléments assimilés à savoir: les bandes de terre sur vingt- cinq mètres au-delà de la limite des plus hautes eaux des cours d'eau avant débordement, les îles, les îlots, les bancs de sable et les atterrissements.
- **Article 4** : Les eaux du domaine public artificiel comprennent :
 - 1. les eaux des ouvrages exécutés pour faciliter la retenue d'eau, la circulation ou l'écoulement sur les cours ou pièces d'eau (digues, barrages, écluses, pieux, balises, épis et tous autres ouvrages) lorsque ces ouvrages ont été exécutés par l'administration ou des collectivités mandatées à cet effet;
 - 2. les eaux des puits aménagées à l'usage du public et les eaux des sources ayant fait l'objet de travaux d'aménagement lorsque ces sources donnent naissance à un cours d'eau.
 - 3. les eaux des sources thermales et minérales ;
 - 4. les eaux des aqueducs, des canaux de navigation, d'irrigation, de drainage, d'assainissement, d'évacuation des eaux usées aménagées par l'Et ou par les collectivités mandatés;
 - 5. les eaux recueillies ou canalisées pour l'usage public ou collectif, les eaux de conduite de toute nature, des fontaines ou bornes-fontaines, des lavoirs, abreuvoirs et égouts.
- **Article 38** : Aucun déversement, écoulement, rejet dépôt direct ou indirect dans une nappe souterraine ou un cours d'eau susceptible d'en modifier les caractéristiques physiques, y compris thermiques et radio atomiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, ne peut être fait sans autorisation accordée après enquête par les Ministres chargés de l'Hydraulique et de l'Assainissement.
- **Article 39** : Les mesures destinées à prévenir la pollution des eaux sont déterminées par le code de l'Hygiène.

Ce code de l'Eau est ancien et maintenant dépassé, il n'est pas adapté aux nouvelles méthodes de gouvernance préconisées par la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) ; c'est pourquoi un nouveau projet de loi portant gestion de l'eau a vu le jour en juillet 2007 (voir ci-après). Malheureusement ce projet de loi n'a toujours pas été adopté par l'Assemblée Nationale.

Décret n°2001-094 du 20 février 2001 relatif à la qualité de l'eau

Outre le fait de fixer les normes de l'eau potable au Bénin, ce décret institue les périmètres de protection des captages en 2001, après que l'idée de création de ces périmètres ait été émise dès 1987 dans l'article 130 du Code de l'Hygiène Publique. Les articles concernant les périmètres de protection ne sont cependant pas appliqués, pas plus que les fréquences minimales d'échantillonnage pour analyses ne sont respectées. Ci-dessous figurent quelques articles de ce décret relatifs aux périmètres de protection et aux fréquences d'échantillonnage minimales pour l'analyse de la qualité de l'eau destinés à l'alimentation humaine :

- **Article 5** : Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine à titre gratuit ou onéreux, et sous quelque forme que ce soit, y compris la glace alimentaire, est tenu de s'assurer et de prouver que cette eau est conforme aux normes de potabilité réglementaire.
- **Article 13** : L'exploitant d'un système de distribution d'eau potable prélève aux fins de contrôles microbiologiques, des échantillons provenant de son système de distribution aux fréquences [minimales] indiquées. Ces échantillons prélevés en des points représentatifs du système du réseau de distribution et des stations d'eau sont analysés par un laboratoire agréé dans les 12 heures.
 - 51 – 200 habitants : 2/an
 - 201 – 1000 habitants : 1/mois
 - 1001 – 5000 : 4/mois
 - 5001 – 100.000 : 5 à 100 /mois
 - > 100.000 : 110 / mois
- **Article 18** : L'exploitant d'un système de distribution d'eau potable prélève aux fins de contrôle physicochimique, des échantillons d'eau provenant de son système de distribution. [...]. La fréquence [minimale] des prélèvements est présentée comme suit :
 - 51 –1000 habitants : 1/ an
 - 1001 – 5000 : 1/ an (Respecter l'intervalle de 10 à 14 mois entre deux prélèvements)
 - > 5000 : 2 / an (Maintenir l'intervalle de 4 à 8mois entre deux prélèvements).
- **Article 27** : La protection des eaux destinées à la consommation humaine, qu'elles proviennent des nappes souterraines, cours d'eau et plan d'eau, est assurée au moyen de **périmètre de protection** défini en fonction de la capacité d'auto-épuration des sols et de la marge de temps nécessaire à l'intervention en cas de pollution accidentelle.
- **Article 29** : Le périmètre de protection immédiat des eaux souterraines dénommé Zone I vise à garantir la sécurité des installations contre toutes formes de détérioration et à empêcher des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point d'eau. Le rayon de cette zone dépend des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe. Celui-ci est compris entre 10 et 50 mètres. Selon la nature des roches, la seule activité autorisée dans cette zone est celle liée à l'exploitation du captage.
- **Article 30** : Le périmètre de protection rapproché des eaux souterraines dénommé Zone II protège le point d'eau contre la migration souterraine de substances polluantes. Il est déterminé en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de la vitesse de transfert entre le point d'émission d'une pollution éventuelle et le point de prélèvement. Le rayon de la Zone II est fonction de la capacité d'épuration de la couverture. Il est compris entre 300 et 400 mètres. Dans la Zone II, ne sont tolérées que des activités agricoles non utilisatrices de synthèse. Il y est interdit toutes les activités polluantes.
- **Article 31** : Le périmètre de protection éloigné des eaux souterraines dénommé Zone III constitue une séance complémentaire pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses dans la zone d'alimentation du captage. Ce périmètre est subdivisé en deux sous-zones :
 - - la Zone III A d'un rayon d'environ 2 km ;
 - - la Zone III B d'un rayon de l'ordre de 4 à 5 km.

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Toutes les activités susceptibles de porter atteinte de manière directe ou indirecte à la qualité de l'eau sont interdites dans ce périmètre.

- Article 32 : Le périmètre de protection immédiat des eaux de surface Zone I a pour fonction d'empêcher toute intervention humaine étrangère, à l'exploitation et de permettre de mener des actions efficaces en cas de pollution accidentelle. Son rayon est fixé à 100m par rapport au lit majeur.
- Article 33 : Le périmètre de protection rapproché des eaux de surface dénommé Zone II dépend du site et de la nature de l'utilisation ou du terrain avoisinant. Ce périmètre englobe les alentours de la retenue et des affluents. Le rayon de cette zone est de l'ordre de 1 km pour la retenue et de 250 m pour le lit majeur des affluents.

Les dispositions relatives aux périmètres de protection énoncées ci-avant **sont rendues caduques par le nouveau décret proposé**, qui instaurera les périmètres de protection tels qu'ils sont décrits dans le présent guide. On observe que la nouvelle méthodologie proposée conduit à des distances de protection moins élevées que celles du décret de 2001. En outre, les étapes pour amener à la mise en place des périmètres sont maintenant clairement mentionnées.

Proposition de décret fixant les modalités de la mise en place des périmètres de protection des captages d'eau potable

Les études et réflexions qui ont mené à l'élaboration du présent guide méthodologique ont également abouti à la rédaction d'un décret chargé de préciser les modalités de mise en place des périmètres de protection. Pour continuer dans l'esprit de pragmatisme qui ont guidé nos travaux et **afin d'être applicable immédiatement, ce décret a été élaboré sur la base du Code de l'Eau actuel**, la loi portant gestion de l'eau n'ayant toujours pas été promulguée, et aucun signe permettant de penser qu'elle sera promulguée dans un futur proche.

Ce décret est présenté au § 2.3 de la présente annexe.

Future loi sur l'eau : loi portant gestion de l'eau en république du Bénin

Ci-dessous sont mentionnés les articles relatifs à la protection des points de captage :

- Article 1er : [...]. La gestion durable de l'eau est un impératif national, car **l'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie et au développement**.
- Article 6 : L'utilisation de l'eau, sous quelque forme que ce soit, exige de chacun qu'il contribue à l'effort de la Nation pour en assurer la gestion.
- Article 13 : La pollution des ressources en eau est interdite [...].
- Article 62 : En vue d'assurer la protection de la qualité des eaux, l'autorisation des travaux, des installations, des ouvrages réalisés pour le prélèvement d'eau superficielle ou souterraine, ou l'autorisation de ces prélèvements eux-mêmes, prévoit les mesures de protection appropriées. Ces mesures sont également déterminées dans le cas des prélèvements soumis à déclaration, dès lors que l'eau prélevée est totalement ou partiellement destinée à la consommation.
- Article 63 : Dans le cas des prélèvements d'eau souterraine, les mesures de protection visées à l'article 62 ci-dessus incluent la délimitation autour du point de prélèvement, d'un périmètre de protection immédiate, d'un périmètre de protection rapprochée et, en tant que de besoin, d'un périmètre de protection éloignée.
- Article 64 : Les terrains inclus dans le **périmètre de protection immédiate** sont acquis en pleine propriété par l'Etat. Celui-ci ou le concessionnaire du service public d'approvisionnement en eau potable, a la charge de les clôturer et de veiller à ce qu'ils soient exclusivement affectés au prélèvement de l'eau et régulièrement entretenus à cette fin. A l'intérieur des **périmètres de protection rapprochée**, les dépôts, installations et activités de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité de l'eau ou à la rendre impropre à la consommation, sont interdits. L'interdiction porte, en particulier, sur les dépôts d'ordures, d'immondices et de détritus,

l'épandage du fumier, les dépôts d'hydrocarbures et de toutes substances présentant des risques de toxicité, notamment de produits chimiques, de pesticides et d'engrais, le forage de puits, l'extraction de substances minérales. En cas de nécessité, l'autorité compétente délimite, en complément des périmètres de protection immédiate et rapprochée, un **périmètre de protection éloignée** à l'intérieur duquel les dépôts, installations et activités mentionnés à l'alinéa précédent sont réglementés afin de prévenir les dangers de pollution qu'ils présentent pour les eaux prélevées.

- Article 65 : L'autorité compétente délimite des aires de protection autour des retenues de barrage, des lacs, des mares et, d'une manière générale, des étendues d'eau destinées, au moins partiellement, à la consommation. Ces aires peuvent également être instituées pour protéger des zones d'alimentation des nappes souterraines ou des zones ayant un intérêt écologique particulier. Outre les interdictions et règles édictées à l'article 64 ci-dessus, l'acte de délimitation peut également réglementer des activités telles que l'abreuvement, le parage et la circulation des animaux, l'édification de constructions ou de bâtiments à usage d'habitation ou non.
- Article 66 : Des décrets pris en conseil des ministres déterminent les modalités d'application des dispositions des articles 62 à 66 de la présente loi et en particulier les procédures de délimitation des aires et des périmètres de protection rapprochée et éloignée y compris lorsqu'ils concernent des puits de prélèvement existant à la promulgation de la présente loi, ainsi que les conditions dans lesquelles les propriétaires ou occupants de terrains concernés peuvent être indemnisés dans le cas où ils subissent, de ce fait, un préjudice direct, matériel et certain.
- Article 73 : Les documents d'aménagement du territoire et les règles d'urbanisme prennent en considération les exigences d'une gestion durable de l'eau [...].
- Article 87 : Quiconque jette, déverse ou laisse s'écouler dans les eaux superficielles ou souterraines, directement ou indirectement, une ou des substances dont l'action ou les réactions entraînent ou sont susceptibles d'entraîner, même provisoirement, des effets nuisibles à la santé ou des atteintes à la diversité biologique ou à l'équilibre des écosystèmes aquatiques, est puni d'une peine d'emprisonnement de deux (2) mois à douze (12) mois et d'une amende de cent mille (100 000) à deux millions (2 000 000) de francs, ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, la peine d'emprisonnement est portée à dix-huit (18) mois et l'amende à cinq millions (5 000 000) de francs.
- Article 88 : Est puni d'une amende de vingt-cinq mille (25 000) à deux cent cinquante (250 000) francs ou à des travaux d'intérêt général :
 - quiconque introduit des substances ou matières susceptibles de nuire à la salubrité des eaux ou abandonne des matières ou substances polluantes ou putréfiables susceptibles de polluer les eaux ;
 - quiconque rejette des eaux résiduaires directement dans la nature sans traitement préalable ;
 - quiconque laisse en mauvais état un puits ou l'a mal entretenu ; il peut, en cas de nécessité, être contraint, à ses frais, de procéder au comblement du puits.

Si les substances introduites ou abandonnées sont toxiques ou radioactives, la peine d'emprisonnement encourue est de deux (2) ans à cinq (5) ans et l'amende de dix (10) millions à cinquante (50) millions de francs. Le tribunal peut ordonner, le cas échéant, sous astreinte, toute mesure appropriée de réhabilitation ou de remise en l'état.
- Article 99 : Quiconque, dans un périmètre de protection rapprochée d'un point de prélèvement des eaux, réalise des dépôts, construit ou exploite une installation ou exerce une activité en violation d'une interdiction édictée en application des dispositions de l'article 64 de la présente loi, est puni d'une peine d'emprisonnement de trois (3) mois à six (6) mois et d'une amende de cent mille (100 000) à cinq cent mille (500 000) francs, ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive, la peine d'emprisonnement est portée à douze (12) mois et l'amende à un million (1 000 000) de francs.

Contrat-Plan Etat-SONEB 2008-2010 (contrat n°26/MEF/MME/SONEB du 7 janvier 2008)

Le contrat-plan signé entre l'Etat et la SONEB pour la période 2008-2010 reconnaît que le développement du secteur de l'AEP en milieu urbain et périurbain est caractérisé par [...] f) une **insuffisance dans la protection des points de captage d'eau**. Pour y remédier, deux

articles détaillent les engagements de la SONEB d'une part, de l'Etat d'autre part, avec définition d'un indicateur de suivi. A noter que ces articles se basent sur la future loi portant gestion de l'eau décrite ci-dessus, loi non encore promulguée :

- Article 4 : Protection des ressources en eau – La SONEB s'engage à protéger les périmètres immédiats des points de captage des ressources en eau conformément à la loi portant gestion de l'eau, en collaboration avec les collectivités locales. Indicateur pour la protection des ressources en eau : Taux de protection des points de captage des ressources en eaux souterraines = nombre de forages protégés / nombre de forages en service.
- Article 14 : Protection et exploitation des ressources en eau – L'Etat s'engage, en collaboration avec la SONEB et les communes, à protéger les ressources en eau. Dans ce cadre, des mécanismes juridiques et réglementaires seront appliqués en vue d'éviter la pollution de la nappe phréatique et des points de captage. L'Etat veille au respect par les communes des fonctions d'adduction en eau potable et d'assainissement des eaux usées attribuées à la SONEB. **L'Etat s'engage à faciliter à la SONEB l'acquisition des parcelles devant abriter les infrastructures d'AEP.** Il assure le contrôle technique de l'exploitation des ressources en eau. L'Etat s'engage, dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), à mettre à la disposition de la SONEB les données nécessaires à l'exploitation des ressources en eau.

2.1.2 Textes relatifs à l'hygiène publique

Loi n°87-015 du 21 septembre 1987 portant Code de l'Hygiène Publique

Le Code de l'Hygiène Publique est divisé en 168 articles dont sont reproduits ci-dessous ceux qui ont le plus de pertinence par rapport à la problématique de la protection de la ressource en eau et aux diverses sources de pollutions mentionnées dans le présent guide :

- Article 2 : Tout dépôt d'immondices, ou de débris sur les trottoirs, chaussées, rues et places publiques est interdit.
- Article 3 : Il est interdit de jeter les eaux usées, les graisses, les huiles de vidange ou les excréments sur la voie publique.
- Article 4 : Les dépôts de ferrailles, vieux véhicules, vieux fûts, les dépôts d'ordures, d'immondices de débris et gravats sont interdits sur les voies publiques, les terrains clos ou non.
- Article 5 : Il est interdit de se laver et de laver à grande eau les engins, voitures, linges, ustensiles et autres sur les voies publiques et aux abords immédiats des bornes-fontaines.
- Article 6 : Il est interdit de jeter ou d'enfouir les cadavres d'animaux, ordures ménagères, pierres, graviers, bois etc. sur les voies publiques, dans les mares, les rivières, les fleuves, lacs, étangs, lagunes, mer et canaux du domaine public ou à proximité d'un puits, d'une borne-fontaine ou d'un abreuvoir public ou sur leurs rives.
- Article 20 : Tout propriétaire doit pourvoir son habitation de dispositifs d'évacuation des excréta et des eaux usées ménagères à savoir, latrines, fosses septiques et puisards.
- Article 21 : On appelle fosse septique un ouvrage destiné à la collecte et à la liquéfaction des matières excrémentielles. Cet ouvrage est obligatoirement suivi d'un dispositif épurateur. Les eaux épurées sont évacuées directement vers un milieu naturel (cours d'eau, nappes souterraines) ou indirectement par l'intermédiaire d'un mécanisme d'évacuation.
- Article 29 : L'évacuation dans les puisards en relation directe avec la nappe souterraine est formellement interdite.
- Article 82 : Il pourrait être recommandé d'aménager pour l'alimentation du bétail un abreuvoir situé à une distance de 10 à 15 mètres autour de tout point d'eau servant à l'alimentation humaine.
- Article 89 : Il est interdit 1) de dégrader des ouvrages publics, ou commerciaux destinés à recevoir ou à conduire des eaux potables ; 2) d'introduire ou laisser introduire des matières excrémentielles ou toute autre matière susceptible de nuire à la salubrité de l'eau des sources, fontaines, puits, citernes, conduites ou réservoirs servant à l'alimentation humaine ; 3)

d'abandonner des cadavres d'animaux, débris de boucherie, fumier, matières fécales et en général tous résidus d'animaux dans les fosses ou excavations susceptibles de contaminer les eaux livrées à la consommation humaine.

- Article 90 : Il est interdit d'introduire des matières susceptibles de nuire à la salubrité des eaux potables ou d'abandonner des matières polluantes ou putréfiables dans les fosses ou excavations susceptibles de polluer les eaux de consommation humaine.
- Article 118 : Sont interdits le déversement, l'immersion dans les eaux de mer, cours d'eau, lacs, étangs, des déchets industriels susceptibles de porter atteinte à la santé publique ainsi qu'à la faune et à la flore aquatiques.
- Article 124 : Sont soumis à autorisation préalable, tous déversements, écoulements, jets, dépôts d'eau ou de matière et plus généralement tout fait susceptible d'altérer la qualité de l'eau superficielle ou souterraine. L'autorisation détermine les conditions auxquelles les déversements, écoulements, jets, dépôts etc., tout fait susceptible d'altérer la qualité de l'eau sont subordonnés.
- Article 130 : Il sera institué en vue d'assurer l'alimentation, la préservation et l'utilisation de ressources en eau, **des périmètres de protection autour des points d'eau superficielle ou souterraine servant à l'alimentation humaine.**
- Article 132 : Les terrains inclus dans le périmètre de protection doivent être acquis par le concessionnaire en pleine propriété et chaque fois qu'il sera possible, clôturés. (NB. il est question ici de notre équivalent du périmètre de protection immédiat).
- Article 133 : y sont interdites, toutes activités autres que celles autorisées dans l'acte de déclaration d'utilité publique. Ainsi, peuvent être interdits ou réglementés le forage de puits, l'exploitation de carrières à ciel ouvert ; l'ouverture et le remblaiement d'excavations à ciel ouvert ; le dépôt d'ordures ménagères, d'immondices, de détritus et de tous produits et matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux ; l'installation de canalisations, réservoirs ou dépôts d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de produits chimiques et d'eaux usées de toute nature ; l'établissement de toute construction superficielle ou souterraine ; l'épandage de fumiers, engrais organiques ou chimiques et de tous produits ou substances destinés à la fertilisation des sols ou à la lutte contre les ennemis des cultures ; le parage et l'abreuvement des animaux ; tout fait susceptible de porter atteinte directement ou indirectement à la qualité de l'eau.
- Article 154 : Sera passible d'une amende de 2.000 à 20.000 francs tout contre-venant aux dispositions des articles 2 à 13. Cette peine sera portée au double en cas de récidive.
- Article 155 : Ceux qui auront contrevenu aux dispositions contenues dans les articles 18 à 35 seront condamnés à une amende de 3.000 à 30.000 francs. Cette peine sera portée au double en cas de récidive.

Décret n°97-616 du 18 décembre 1997 portant application de la Loi n°87-015 du 21 septembre 1987 portant Code de l'Hygiène Publique

- Article 3 : Il est formellement interdit d'uriner, de déféquer ou de jeter des déchets aux abords des voies publiques [...].
- Article 6 : Tout propriétaire doit pourvoir son habitation de dispositifs d'évacuation des excréta et des eaux usées ménagères à savoir latrines, fosses septiques et puisards ou de tout autre ouvrage d'assainissement conformément aux normes en vigueur.

2.1.3 Textes relatifs à l'environnement

Loi n°98-030 du 12 février 1999 portant loi cadre sur l'environnement au Bénin

Cette loi se compose de 123 articles dont seuls les articles ayant le plus de pertinence par rapport à la protection de la ressource en eau sont mentionnés ci-dessous :

- Article 3, alinea f) : tout acte préjudiciable à la protection de l'environnement engage la responsabilité directe ou indirecte de son auteur qui doit en assurer la réparation.

- Article 15 : Nul ne doit émettre, déposer, dégager, rejeter ou permettre l'émission, le dépôt, le dégagement, l'enfouissement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par les lois et règlements. Quiconque se rend coupable d'une pollution de l'environnement est tenu d'en réparer les conséquences conformément aux dispositions de la présente loi et des règlements y afférents et sans préjudice de l'application à son encontre des dispositions du code pénal.
- Article 19 : Le sol, le sous-sol et les richesses qu'ils contiennent sont protégés, en tant que ressources limitées, contre toute forme de dégradation et gérés de manière rationnelle.
- Article 24 : Les eaux constituent un bien public dont l'utilisation, la gestion et la protection sont soumises aux dispositions législatives et réglementaires.
- Article 27 : Les travaux, installations et équipements de prélèvement et d'approvisionnement en eau destinée à la consommation font l'objet d'une déclaration d'intérêt public. Aux fins de préserver la qualité desdites eaux, la déclaration d'intérêt public susmentionnée peut concerner, autour du ou des points de prélèvement, des périmètres de protection à l'intérieur desquels sont interdites ou réglementées toutes activités pouvant nuire à la qualité de ces eaux.
- Article 28 : Les déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de toute nature pouvant provoquer ou accroître la pollution des eaux sont interdits [...].
- Article 29 : Nul ne peut construire, établir une prise d'eau destinée à l'alimentation, installer des appareils pour la purification de l'eau, ni procéder à l'exécution des travaux d'égouts ou à l'installation de dispositifs pour le traitement des eaux usées sans en avoir été autorisé au préalable.
- Article 32 : L'exploitant [d'un système public ou privé d'alimentation en eau] doit faire effectuer des prélèvements de l'eau avant sa mise à la disposition du public ou de ses employés par tout laboratoire agréé par le gouvernement béninois aux fins de contrôle de qualité. Les résultats de l'expert du laboratoire doivent être versés au dossier de l'exploitant pour toutes fins utiles.
- Article 33 : Nul ne peut sans autorisation faire des sondages ou des forages dans le but de chercher ou de capter en profondeur des eaux souterraines. Les présentes dispositions ne s'appliquent pas à un propriétaire qui fore ou fait forer un puits sur son propre terrain dans le but de se procurer de l'eau pour son usage domestique.
- Article 68 : Nul ne peut déposer des déchets dans un endroit autre qu'un lieu d'élimination ou d'entreposage ou une usine de traitement des déchets dont les caractéristiques ont été approuvées par les autorités compétentes.
- Article 72 : Lorsque les déchets sont abandonnés, déposés ou traités contrairement aux dispositions des textes en vigueur, le Ministre procède d'office à l'élimination desdits déchets sans préjudice des poursuites pénales prévues par ailleurs. Les frais y afférents incombent aux auteurs sans préjudices des poursuites judiciaires.
- Article 111 : Les peines prévues par la présente loi ne font pas obstacle au retrait ou à la révocation, par les autorités compétentes, des certificats, permis ou autorisations qu'elles ont eu à délivrer. Les autorités compétentes peuvent ordonner que les biens et les sites qui ont été dégradés, pollués ou contaminés soient remis dans leur état antérieur dans un délai qu'elles détermineront. Des décisions de justice peuvent aussi ordonner les mêmes sanctions.
- Article 112 : Quiconque contrevient à la prohibition générale contenue dans l'article 15 de la présente loi est puni d'une amende de cinq millions (5.000.000) à cinquante millions (50.000.000) de francs. En cas de récidive la peine d'amende est portée au double.
- Article 115 : Quiconque contrevient aux dispositions relatives aux eaux continentales est puni d'une amende de deux cent mille (200.000) à deux millions (2.000.000) de francs et d'une peine d'emprisonnement de un (1) à cinq (5) mois, ou de l'une de ces deux peines seulement. En cas de récidive la peine est portée au double. Le tribunal peut condamner le prévenu à curer les lieux pollués. Le Ministre peut en cas de résistance de l'intéressé y procéder ou faire procéder aux frais et dépens du contrevenant.

2.1.4 Textes relatifs à la gestion foncière

Décret du 25 novembre 1930 réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en AOF

Ce décret très ancien, datant de l'AOF, est toujours en vigueur au Bénin. Il expose les cas où l'expropriation peut être prononcée Déclaration d'Utilité Publique pour opérations d'intérêt général, ainsi que les indemnités auxquelles peuvent prétendre les propriétaires légitimes des terrains expropriés. La procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique est décrite plus longuement au chapitre suivant.

- **Article 3** : le droit d'expropriation résulte de l'acte qui autorise les opérations projetées telles que [...] aménagement de forces hydrauliques et distribution d'énergie, [...] travaux d'assainissement, d'irrigation et de dessèchement [...].

Loi n°65-25 du 14 août 1965 portant organisation du régime de la propriété foncière

Le régime de la propriété foncière, pris du temps du Dahomey, définit l'organisation du régime foncier, l'immatriculation des immeubles et des terrains ainsi que l'expropriation forcée pour créances impayées mais n'introduit pas la notion d'intérêt général.

Loi n°2007-03 du 30 janvier 2007 portant régime foncier rural

On a retenu 5 articles relatifs à notre problématique parmi les 135 du régime foncier rural :

- **Article 10** : Le sol, le sous-sol et les richesses qui y sont contenues relèvent, en tant que ressources non renouvelables, du domaine protégé. Ils sont gérés de manière rationnelle et durable, conformément aux dispositions légales spécifiques en vigueur.
- **Article 26** : L'utilisation des eaux domaniales, telles que définies dans la législation relative au domaine public de l'Etat et des collectivités territoriales, ainsi que l'accès à celles-ci sont soumis à un régime juridique dit de domanialité publique. En vertu de ce régime, il est notamment **interdit** : de prélever des eaux domaniales à des fins non domestiques sauf déclaration ou autorisation; de dégrader les ouvrages publics ou privés destinés à recevoir ou à conduire des eaux potables ; d'introduire ou de laisser introduire des excréments ou toute autre matière susceptible de nuire à la salubrité de l'eau des sources, fontaines, puits, citernes, conduites ou réservoirs servant à l'alimentation humaine ; de déverser ou de rejeter des déchets dans les nappes phréatiques ou dans un cours d'eau, lac, sans autorisation et sans respect des normes techniques imposées ; de construire des fosses septiques, latrines, dépôts d'ordures, zones d'enfouissement sanitaire, lavoirs publics et abreuvoirs pour animaux sans autorisation et sans respect des normes techniques imposées.
- **Article 43** : Il est créé dans chaque commune une **commission de gestion foncière** ; elle a un rôle consultatif et assiste le maire dans la gestion des questions foncières touchant au territoire de la commune. La commission de gestion foncière a des sous-commissions d'arrondissement et des sections villageoises. Elle est l'émanation de ces organes à la base.
- **Article 46** : Lorsque la réalisation d'aménagements ou d'équipements **d'intérêt national ou communal** nécessite l'occupation de terres rurales appartenant à des personnes privées ou à des collectivités familiales, lesdites terres font l'objet d'une **procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique** conformément aux textes en vigueur.
- **Article 106** : Le **plan foncier rural** est constitué : 1) d'un document graphique, le **plan parcellaire** qui est l'ensemble des plans de parcelles d'un territoire villageois ; 2) d'un document littéral, le **registre des ayants droit** qui précise pour chaque unité foncière cartographiée les modes, les caractéristiques des droits détenus et les titulaires de ces droits. L'échelle du plan parcellaire est fixée conformément aux dispositions de la loi portant régime de la propriété foncière. *NB. la loi impose bien ici l'élaboration d'un plan parcellaire, plan qui actuellement fait défaut dans la plupart des cas, ce qui est très handicapant pour le tracé des périmètres de protection.*

Arrêté n°0023 MEHU/DC/DU du 22 octobre 1996 définissant les prescriptions minimales à observer en matière de lotissement en République du Bénin

On met ici en exergue 2 articles qui imposent également l'élaboration de levés topographiques et de plans parcellaires en cas de lotissement ; documents indispensables au report de l'emprise des périmètres de protection sur un plan officiel :

- Article 6 : Tout dossier de demande d'établissement de plans de lotissement doit comporter [...] un plan de situation de la zone [et] un levé topographique du terrain.
- Article 14 : Tout projet de lotissement soumis à l'approbation doit comporter les documents [graphiques] suivants : [...] un plan de situation, un plan d'état des lieux, un plan de voirie et d'équipement, un **plan parcellaire**, un plan de voirie et de réseaux divers [...].

2.1.5 Textes relatifs à la décentralisation

Loi n° 97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin

Parmi les 190 articles de cette loi, on a reproduit ci-dessous les articles relatifs à la protection de la ressource en eau :

- Article 82 : [La commune] concourt avec l'État et les autres collectivités à l'administration et à l'aménagement du territoire, au développement économique, social, sanitaire, culturel et scientifique ainsi qu'à la **protection de l'environnement** et à l'amélioration du cadre de vie.
- Article 84 : La commune élabore et adopte son plan de développement. Elle veille à son exécution en harmonie avec les orientations nationales en vue d'assurer les meilleures conditions de vie à l'ensemble de la population. Dans ce cadre, **elle élabore les documents de planification nécessaires** : le schéma directeur d'aménagement de la commune ; le plan de développement économique et social ; les plans d'urbanisme dans les zones agglomérées ; les règles relatives à l'usage et à l'affectation des sols ; les plans de détails d'aménagement urbain et de lotissements.
- Article 94 : [La commune] **veille à la protection des ressources naturelles**, notamment des forêts, des sols de la faune, **des ressources hydrauliques, des nappes phréatiques** et contribue à leur meilleure utilisation.
- Article 93 : La commune a la charge de la fourniture et de la distribution d'eau potable; de la collecte et du traitement des déchets solides autres que les déchets industriels ; de la collecte et du traitement des déchets liquides ; du réseau public d'évacuation des eaux usées ; du réseau d'évacuation des eaux pluviales ; des ouvrages d'aménagement des bas - fonds et de protection contre les inondations ; de la délimitation des zones interdites à l'urbanisation dans les périmètres réputés dangereux pour des raisons naturelles ou industrielles.
- Article 95 : La commune veille à la préservation des conditions d'hygiène et de la salubrité publique, notamment en matière : de prospection et de distribution d'eau potable ; **de périmètres de sécurité sanitaire autour des captages, forages et puits**, d'assainissement privé des eaux usées ; La commune élabore la réglementation concernant l'assainissement individuel (latrines, fosses septiques, puisards) et initie toutes mesures de nature à en favoriser la promotion.

2.2 Procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique

L'expropriation ou cession forcée porte principalement sur la portion des immeubles effectivement englobés dans un ouvrage ou une opération déclarée d'utilité publique. Mais elle peut être étendue à tout ou partie de la portion restante de ces immeubles voire à des

immeubles avoisinants pour des raisons d'hygiène ou d'esthétique, pour mieux atteindre le but poursuivi.

En conséquence, la légalité de toute opération d'expropriation est subordonnée à la constatation préalable par les autorités de l'Etat de l'utilité publique qui s'attache à la réalisation du projet.

La procédure d'expropriation a pour but d'assurer les meilleures garanties aux particuliers, mais aussi de permettre à l'administration de faire face au demande de la collectivité publique. Au Bénin elle est organisée par le **décret du 25 Novembre 1930 réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en AOF** et les textes modificatifs qui sont le **décret du 24 août 1933** et le **décret n° 49/186 du 9 février 1949**.

La procédure se déroule en deux phases : la phase administrative et la phase judiciaire.

2.2.1 Phase administrative

La phase administrative comporte trois étapes à savoir : l'enquête préalable, la déclaration d'utilité publique et l'arrêté de cessibilité.

2.2.1.1 L'enquête d'utilité publique

Conformément aux dispositions du décret du 25 novembre 1930 réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en AOF, encore en vigueur au Bénin, seules les autorités de l'Etat sont compétentes pour prendre la décision d'ouverture d'enquête préalable à savoir : Le Président de la République par un décret, le ministre par un arrêté ministériel ou le Préfet par un arrêté préfectoral.

L'enquête préalable à la DUP est administrative, non contentieuse dont l'objet est d'informer les intéressés et de les consulter sur le projet susceptible de donner lieu à expropriation.

Le public étant invité à partir d'un dossier mis à sa disposition, à prendre connaissance de ce projet et à formuler des observations à cette occasion.

L'enquête est dirigée par une commission désignée par la décision d'ouverture et dirigée par le commissaire enquêteur qui est généralement le Préfet. Elle a eu lieu à la Mairie si les immeubles à expropriés se trouvent dans une seule commune, ou à la Préfecture ou à toutes les mairies concernées par l'opération. La commission dressera à la fin de l'enquête un procès verbal et donnera son avis sur l'intérêt général que présente l'opération projetée.

2.2.1.2 La Déclaration d'Utilité Publique

Elle a pour objet de permettre à l'administration de procéder à l'acquisition, et en vue de la réalisation d'une opération déterminée, des immeubles ou des droits réels immobilisés nécessaires à la réalisation de cette opération.

La DUP est avant tout une "déclaration d'intention" « une autorisation de faire ». Elle prend acte de l'intention de l'administration de procéder à la réalisation du projet déterminé, officialise le caractère général qui s'attache à cette opération, habilite une personne déterminée à recourir à la procédure d'expropriation à fin de lui permettre de mener à bien ce projet.

Au Bénin, c'est le préfet qui est habilité par l'acte déclaratif qui est généralement un arrêté ministériel du Ministre concerné par le domaine d'activité du projet ou du Ministre de l'administration territoriale.

L'acte déclaratif peut désigner en même temps les propriétaires à exproprier. Dans ce cas, il constitue en même temps l'acte de cessibilité lorsqu'au cours de l'enquête préalable, le dossier rédigé en français était accompagné d'un plan parcellaire.

Autrement, il est procédé à une autre enquête en vue de prendre l'arrêté de cessibilité. L'acte déclaratif doit être publié sans délai et peut faire l'objet d'un recours pour excès de pouvoir.

2.2.1.3 L'acte de cessibilité

2.2.1.3.1 La prise de l'acte

L'acte de cessibilité est un arrêté pris par le préfet et qui est précédé d'une enquête de commodo et incommodo. L'enquête dure un mois. Il intervient dans un délai d'un an à compter de la publication de l'acte déclaratif. Passé le délai d'un an l'acte déclaratif devient caduc. Le préfet par arrêté autorise une enquête parcellaire, avec un plan parcellaire des immeubles à expropriés. Elle est clôturée par un procès verbal. Suite à ce procès verbal, le Préfet prend l'arrêté de cessibilité qui désigne les propriétés à exproprier.

Dès que l'acte intervient tous les travaux à entreprendre dans la zone sont soumis à l'autorisation.

2.2.1.3.2 Notification de l'acte de cessibilité

L'arrêté de cessibilité est publié dans un journal officiel et dans les journaux d'annonces légales de la situation des lieux s'il en existe. Il est notifié sans délai, par l'autorité administrative aux propriétaires intéressés, occupants et usagers notoires.

Toutes les personnes intéressées, qu'elles soient propriétaires ou locataires, sont tenues dans un délai de 2 mois à compter de la publication ou de la notification de l'arrêté de cessibilité, de faire connaître les droits qu'elles détiennent sur les immeubles à exproprier.

Il faut rappeler que l'acte de cessibilité comme l'acte déclaratif peut faire l'objet d'un recours contentieux devant le juge administratif conformément aux procédures administratives en vigueur, mais le recours n'a pas un effet suspensif sur la procédure d'expropriation sauf en cas d'une décision spécialement motivée du juge administratif.

2.2.2 Phase judiciaire

2.2.2.1 La cession des biens

La cession des biens peut se faire soit à la suite d'un accord entre les parties, soit par ordonnance du juge en cas de désaccord. Il y a cession amiable au sens du décret de 1930, au cas où le transfert de la propriété consenti par accord entre les parties porte sur les biens dont l'acquisition a été déclarée d'utilité publique. La tentative de cession amiable a eu lieu devant une commission administrative composée de trois agents de l'administration désignés par arrêté ministériel pour s'entendre à l'amiable sur le montant de l'indemnité fixée en tenant compte de l'état et de la valeur actuelle des immeubles à la date de l'accord ou du jugement d'expropriation. Si les parties arrivent à se mettre d'accord, un procès verbal d'accord est dressé par un membre de commission et signé par chacun. Et tout le dossier est transmis au juge de l'expropriation pour prendre l'ordonnance de transfert de propriété.

2.2.2.2 La saisine du juge de l'expropriation

Le juge de l'expropriation saisi est le Président de la juridiction du lieu de la situation des immeubles à exproprier. Le préfet fait déposer au greffe de la juridiction compétente le dossier comprenant : l'acte de la déclaration d'utilité publique, le plan parcellaire, l'arrêté préfectoral d'ouverture de l'enquête parcellaire, le procès verbal établi à l'issue de l'enquête parcellaire, l'arrêté de cessibilité et des pièces relatives aux avertissements et notifications. Le dépôt doit se faire dans un délai de 6 mois à compter de la date de la publication de l'arrêté de cessibilité.

Le juge, après vérification de la régularité de la composition du dossier, prend l'ordonnance d'expropriation dans un délai de 8 jours de la réception du dossier au greffe. Ce délai peut être prorogé lorsque le juge demande au préfet de compléter le dossier incomplet. Dans ce cas le délai ne court que de la réception des pièces réclamées.

Le juge rend une ordonnance prononçant le transfert de propriété des immeubles ou droits réels qui ont été déclarés cessibles par l'arrêté de cessibilité. Cette ordonnance contient la désignation du bien exproprié, identité des expropriés et le bénéficiaire de l'expropriation. Elle n'est pas un jugement, mais peut faire l'objet d'un recours devant la cour d'Appel du droit commun.

Elle fixe l'indemnité en cas de désaccord entre les parties et ceci après une évaluation des biens de chaque propriétaire exproprié. La dite indemnité est versée préalablement avant la possession du bien par l'expropriant entre les mains des propriétaires ou, en cas d'opposition, au trésor.

Il faut rappeler qu'afin de leur faire produire les mêmes effets de droits, le juge de l'expropriation peut par ordonnance « donner acte » des cessions amiables intervenues antérieurement à la DUP. L'annulation de déclaration d'utilité publique ou de l'arrêté de cessibilité suite à des recours entraîne l'annulation de l'ordonnance.

2.2.2.3 Remarques

2.2.2.3.1 Procédure d'urgence

La procédure d'urgence obéit à des règles différentes :

- L'urgence est établie dans l'acte déclaratif d'utilité publique.
- La durée de l'enquête peut être réduite à 8 jours par arrêté préfectoral.
- Assignation en référé : les propriétaires sont assignés devant le juge des référés du tribunal du lieu de la situation des immeubles à exproprier. Le juge fixe une somme à consigner par l'expropriant. Il peut être pris possession de l'immeuble en entendant la fixation définitive de l'indemnité.

Au cours de l'audience les parties peuvent présenter leurs moyens de défense. Le juge rend une ordonnance contradictoire qui peut faire l'objet d'appel conformément aux dispositions procédurales du droit commun en matière de référé.

L'ordonnance rendue par le juge des référés est exécutoire par provision de droit. Par conséquent l'appel interjeté n'empêche pas l'expropriant de prendre possession de l'immeuble.

2.2.2.3.2 La place des élus locaux dans la procédure d'expropriation

Au regard des dispositions organisant les collectivités locales et celles organisant la procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique, le maire n'a aucune compétence dans la conduite de la procédure de la déclaration d'utilité publique. La commune peut être bénéficiaire de l'expropriation et à ce titre le maire a seulement à faire les diligences pour que le dossier parvienne le plus rapidement possible au ministre compétent aux fins du déclenchement de ladite procédure.

2.3 Proposition de décret fixant les modalités de la mise en place des périmètres de protection des captages d'eau potable

REPUBLIQUE DU BENIN

PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE

PROJET DE DECRET N° FIXANT LES MODALITES DE LA MISE EN PLACE DES PERIMETRES DE PROTECTION DES CAPTAGES D'EAU POTABLE

**LE PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE,
CHEF DE L'ETAT,
CHEF DU GOUVERNEMENT,**

Vu la **loi n° 90-032 du 11 décembre 1990**, portant constitution de la République du Bénin ;

Vu la **Proclamation le 29 Mars 2006** par la cour constitutionnelle des résultats définitifs du deuxième tour de l'élection présidentielle du **19 Mars 2006** ;

[partie à compléter lors de la prise effective du décret pour actualiser les compositions et attributions à la date de prise du décret]

Vu le décret n°du portant composition du Gouvernement ;

Vu le décret n° 201.....du fixant la structure type des Ministères ;

Vu le décret n° 201.... du ... portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau ;

Vu le décret n° 201..... du ... portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche ;

Vu le décret n° 201.. ... du ... portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature ;

Vu le décret n°201....du portant attributions, organisation et fonctionnement de la Direction Générale de l'Eau ;

Vu la **loi 98-030 du 12 Février 1999** portant loi cadre sur l'environnement en République du Bénin ;

Vu la **loi 87-015 du 21 septembre 1987** portant code de l'hygiène publique ;

Vu la **loi 87-016 du 21 septembre 1987** portant code de l'eau ;

Vu la **loi 97-029 du 15 Janvier 1999** portant organisation des communes en République du Bénin

Vu le **décret de 25 Novembre 1930** réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en AOF et les textes modificatifs qui sont le **décret du 24 août 1933** et le **décret n° 49/186 du 9 février 1949**.

Sur proposition conjointe du Ministre de l'Energie et de l'Eau, du Ministre de l'Environnement et de la Protection de la Nature, et du Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche ;

Le Conseil des Ministres entendu en sa séance du ...

DECRETE

TITRE I : Des dispositions générales.

Article 1 : Le présent décret fixe les modalités de mise en place des périmètres de protection des captages d'eau potable en application du Code de l'Eau actuellement en vigueur au Bénin (loi 87-016 du 21 septembre 1987).

Article 2 : Toute source d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, qu'elle provienne des nappes souterraines, cours d'eau et plan d'eau, est protégée de l'activité humaine par la mise en place de **périmètres de protection**.

Article 3 : Les captages d'eau publics reliés à un système de distribution collective (forages de la SONEB et forages faisant partie des systèmes d'Adduction en Eau Villageoises) font obligatoirement l'objet d'une procédure complète de mise en place des périmètres de protection, telle que décrite dans le **guide méthodologique** de mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable.

Pour les autres captages publics, la procédure peut être simplifiée par la définition du périmètre de protection immédiat seulement.

Les captages privés ne sont pas concernés par ces mesures.

Article 4 : La Commune, en tant que responsable de la protection des ressources naturelles sur son territoire, est responsable de la procédure de mise en place des périmètres de protection pour les captages visés par l'article 3 existants sur son territoire. Elle est assistée tout au long de la procédure par des partenaires techniques : S-Eau, CeCPA, SCEPN, DHAB, SONEB, ...

Article 5 : la Commune et ses partenaires mettent en place un Comité communal de suivi, chargé de piloter et contrôler la procédure de mise en place des périmètres de protection des captages de la commune. Ce Comité communal de suivi est constitué selon les indications du guide méthodologique mentionné à l'article 3.

TITRE II Des périmètres de protection des captages.

Article 6 : En vue d'assurer la protection de la qualité des eaux, il est prévu la délimitation de trois types de périmètres de protection autour du point de prélèvement.

Article 7 : Le **périmètre de protection immédiat** PPI encore appelé zone de prélèvement des eaux. Ce périmètre vise à garantir la sécurité des installations de prélèvement contre toutes formes de détérioration et à empêcher des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point d'eau. Le rayon de cette zone est compris entre 10 et 15 m. La seule activité autorisée dans cette zone est celle liée à l'exploitation et à l'entretien du captage.

Article 8 : Le **périmètre de protection rapproché** (PPR) ou zone de protection. Ce périmètre protège le point d'eau contre les pollutions dissoutes dans l'eau souterraine ou les pollutions ruisselant vers la retenue d'eau superficielle. Le rayon de cette zone est compris entre 100 m et 1 km en fonction de la ressource captée (souterraine ou superficielle), de la vulnérabilité de la ressource et du point de captage, ainsi que du contexte hydrogéologique pour un point de captage d'eau souterraine. Les terrains situés dans ce périmètre ne sont pas acquis par la Collectivité, ils restent la propriété de leur propriétaire actuel mais sont soumis à des servitudes mentionnées aux articles 16 et 17 du présent décret. En cas de violations répétées des servitudes sur ces périmètres, les terrains où se déroulent les pratiques incriminées seront acquis par la Collectivité.

Article 9 : Le **périmètre de protection éloigné** (PPE) ou zone de vigilance. Ce périmètre n'a pas vocation à entraîner la création de servitudes, mais à alerter les maîtres d'ouvrages, entrepreneurs, bureaux d'études, et d'une façon plus large la population sur la nécessité de préserver la qualité de l'eau dans ces zones (obligation de vigilance). Le périmètre de protection éloigné s'étend sur une zone de 300 à 800 m autour de l'ouvrage pour un captage d'eau souterraine, et correspond à l'ensemble du bassin versant contrôlé par le plan d'eau dans le cas d'un captage d'eau de surface. Les terrains situés dans ce périmètre ne sont pas acquis par la Collectivité, ils restent la propriété de leur propriétaire actuel.

Article 10 : Tous les terrains inclus dans le périmètre de protection immédiat sont acquis en pleine propriété par l'Etat. L'Etat, la collectivité territoriale ou le concessionnaire, a la charge de clôturer ce périmètre et de veiller à ce qu'il soit exclusivement affecté à l'exploitation du captage.

La zone de protection (périmètre de protection rapproché) et la zone de vigilance (périmètre de protection éloigné) ne sont pas nécessairement propriété de l'Etat ou de la collectivité locale, mais lorsque leur exploitation par des personnes privées constitue une menace pour le captage, l'Etat ou la collectivité locale peut procéder à son acquisition.

Article 11 : La détermination des propriétaires des terrains inclus dans les périmètres rapproché et éloigné est à la charge des autorités locales.

Article 12 : La Commune prend un arrêté communal décrivant l'étendue des différents périmètres de protection ainsi que les servitudes et interdictions qui y sont associées. Elle matérialise sur le terrain les limites des périmètres rapproché et éloigné par tout moyen approprié (bornes, panneaux d'information).

Article 13 : Le Comité communal de suivi mentionné à l'article 5 organise des séances d'information et de sensibilisation des populations (propriétaires terriens, usagers, consommateurs d'eau) concernées par les périmètres de protection.

TITRE III Des servitudes et interdictions

Article 14 : A l'intérieur de la zone de protection immédiate toutes les activités autres que celles liées à l'exploitation du captage sont interdites, y compris la mise en place d'antenne téléphonique. L'introduction de substances polluantes est également interdite. Les hydrocarbures servant au fonctionnement d'éventuels groupes électrogènes seront stockés à l'extérieur de ce périmètre.

Dans le cas d'un captage de la ressource en eau superficielle, l'accès au périmètre de protection immédiat doit également être interdit aux hommes et aux animaux afin de se prémunir contre toute activité pouvant s'y dérouler comme le passage et l'abreuvement des troupeaux, la pêche, le lavage des véhicules, le rejet de déchets solides et liquides, les activités liées au fétichisme. Des séances particulières de pêches pourront avoir lieu, organisées et encadrées par la Commune et l'exploitant pour être non dommageables à la qualité de l'eau du plan d'eau.

Article 15 : A l'intérieur du périmètre de protection rapproché s'exercent des servitudes qui sont fonction du type de ressource captée, de sa vulnérabilité ainsi que du contexte local. Les servitudes types en fonction de ces différents paramètres sont listées dans le guide méthodologique dont il est question à l'article 3.

Article 16 : Dans le cas général, les servitudes suivantes seront observées dans le périmètre de protection rapproché d'un **captage d'eau souterraine** :

- Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile : interdiction
- Exploitation de mines et carrières : interdiction
- Défrichement : interdiction
- Forages privés existants : déclaration obligatoire

- Création de nouveaux forages privés : déclaration obligatoire, obligation de respecter les règles de bonne foration
- Ouvrages de captage d'eau actuels et futurs : cimentation de l'espace annulaire en surface et fermeture par capot fermant à clé de la tête de forage, pour éviter l'infiltration d'eaux superficielles.
- Captages abandonnés : rebouchage.
- Puisards existants : rebouchage.
- Infiltration d'eaux pluviales ou usées par le biais de puisards : interdiction.
- Latrines existantes: étanchéification ou déplacement à l'extérieur du périmètre de protection rapproché.
- Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : interdiction.
- Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : interdiction.
- Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes (hydrocarbures notamment) : interdiction.
- Vente de carburants : interdiction.
- Transport de matière dangereuse en cas d'axe de communication traversant le périmètre de protection rapproché : interdiction.
- Epannage de fertilisant et pesticide : seuls les produits recommandés par le CeCPA sont autorisés, avec respect des doses maximales prescrites.

La Commune et ses partenaires peuvent ensuite ajouter de nouvelles servitudes en fonction des contraintes et particularités locales.

Article 17 : Dans le cas d'un **captage d'eau superficielle**, les prescriptions générales dans le périmètre de protection rapproché sont les suivantes :

- Mise en place de meilleures pratiques culturales pour lutter contre le comblement du plan d'eau.
- Epannage de fertilisant et pesticide : Interdit.
- Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.
- Latrines existantes : les rendre étanches ou les déplacer à l'extérieur du périmètre de protection rapprochée.
- Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.
- Créer des latrines améliorées pour les maisons incluses dans le périmètre de protection rapprochée.
- Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes : Interdit.
- Vente de carburants : Interdit.

La Commune et ses partenaires peuvent ensuite ajouter de nouvelles servitudes en fonction des contraintes et particularités locales.

Article 18 : A l'intérieur de périmètre de protection éloignée, les dépôts, installations et activités mentionnés dans les articles 16 et 17 sont réglementés afin de prévenir les dangers de pollution qu'ils présentent pour les eaux prélevées. Cette réglementation prend en compte les règles des Codes de l'Hygiène et de l'Environnement en vigueur en République du Bénin y compris celle relative à la construction des fosses de toutes eaux et fosses septiques.

Toutes les activités agricoles seront soumises à l'autorisation des services compétents des communes en collaboration avec le CeCPA.

Article 19 : Dans le cas particulier d'un captage d'eau superficielle, la Commune mettra en œuvre les actions supplémentaires suivantes dans le périmètre de protection éloignée :

- Améliorer les pratiques culturales pour lutter contre l'érosion, avec appui du CeCPA,
- Doter les villages d'un dispositif d'assainissement,
- Organiser la collecte des déchets solides,
- Informer et sensibiliser les populations des conséquences des mauvaises pratiques sur la qualité de l'eau,

Article 20 : La Commune veille à faire respecter les différentes servitudes et interdictions mentionnées aux articles 14 à 18. Elle inscrit les périmètres de protection dans les documents de planification à sa disposition : ces zones sont définies comme prioritaires pour la réalisation d'un réseau d'évacuation des eaux usées et la collecte des déchets liquides et solides dans le Plan d'Hygiène et d'Assainissement Communal (PHAC). Le périmètre de protection immédiat et le périmètre de protection rapproché font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement dans le Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme (SDAU) et le Plan de Développement Communal (PDC).

Article 21 : Les infractions aux dispositions du présent décret sont poursuivies conformément au droit positif béninois et sont punies des peines prévues à cet effet par la loi n°98-030 du 12 février 1999 portant loi cadre sur l'environnement en République du Bénin et par la loi n°87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique.

Article 22 : Des décrets pris en conseil des ministres déterminent les conditions dans lesquelles les propriétaires ou occupants de terrains concernés par les périmètres de protection sont indemnisés dans le cas où ils subissent, de ce fait, un préjudice direct, matériel et certain.

TITRE IV Des dispositions diverses, transitoires et finales

Article 23 : Les Ministres en charge de l'Eau, de l'Environnement, de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche et de l'Economie et des Finances sont chargés chacun en ce qui le concerne, de l'application du présent décret.

Fait à Cotonou, le

Le Président de la République,
Chef de l'Etat, Chef du Gouvernement

Dr Boni YAYI

Le Ministre d'Etat, Chargé de la Prospective,
du Développement et de l'Evaluation de l'Action Publique

Pascal Irénée KOUKPAKI

2.4 Modèle d'arrêté communal

La Commune prendra un arrêté communal pour chaque captage à protéger. Dans sa partie générale, l'arrêté rappelle d'abord les références des textes juridiques de base puis la nécessité de protéger la ressource en eau, ressource d'intérêt général. Puis l'arrêté définit les différents périmètres de protection. Ensuite vient la partie spécifique au point d'eau concerné : identification des parcelles ou des propriétaires concernés et description des servitudes et interdictions s'exerçant dans les périmètres, conformément aux recommandations du présent guide.

Un modèle d'un tel arrêté communal est donné en page suivante.

L'arrêté communal pourra être complété par une convention locale au niveau de chaque point d'eau protégé, à mettre en place de façon concertée entre tous les acteurs de l'eau par le biais du comité communal de suivi.

ARRETE COMMUNAL

République du Bénin

Ministère de la Décentralisation,
de la Gouvernance Locale,
de l'administration et de
l'aménagement du territoire

Département

Commune de.....

N° _____/C-AC/SG/SGA/SAC

Fixant les prescriptions applicables
aux systèmes d'acquisition et de
protection des périmètres des
captages d'eau

Le Maire de la Commune de.....

Vu la loi n° 90-032 du 11 décembre 1990, portant constitution de la République du Bénin ;

Vu la Proclamation le 29 Mars 2006 par la cour constitutionnelle des résultats définitifs du deuxième tour de l'élection présidentielle du 19 Mars 2006 ;

Vu la Proclamation le mardi 20 Mai 2008 par la commission électorale nationale autonome (CENA) des résultats des élections des membres des conseils communaux ou municipaux et des membres des conseils de village ou de quartier de ville des **Dimanche 20 Avril et Jeudi 1^{er} Mai 2008** ;

Vu le décret n° 2001 – 412 du 15 octobre 2001, portant statut du secrétaire général de Maire ;

Vu la loi 98-030 du 12 Février 1999 portant loi cadre sur l'environnement en République du Bénin ;

Vu la loi 87-015 du 21 septembre 1987 portant code de l'hygiène publique ;

Vu la loi 87-016 du 21 septembre 1987 portant code de l'eau ;

Vu la loi 97-029 du 15 Janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin

Vu le décret de 25 Novembre 1930 règlementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en AOF et les textes modificatifs qui sont le **décret du 24 août 1933** et le **décret n° 49/186 du 9 février 1949**

ARRETE

Article 1 : L'objet de cet arrêté est de fixer les prescriptions applicables à l'acquisition et à la protection des périmètres de captages d'eau destinée à la consommation humaine. Le captage concerné par cet arrêté est le forage _ _ _ _ _ *

Article 2 : L'eau constitue une partie du patrimoine national. Sa protection est d'intérêt général.

Article 3 : Toute source d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, quelle soit de surface ou souterraine, est protégée de l'activité humaine par la mise en place de **périmètres de protection**.

Section 1 : Définitions et mise en place des périmètres de protection.

Article 4 : Il est défini trois types de périmètres de protection autour du captage selon l'intensité des contraintes :

Article 5 : Le **périmètre de protection immédiat** (PPI) encore appelé zone de prélèvement des eaux. Ce périmètre vise à garantir la sécurité des installations de prélèvement contre toutes formes de détérioration et à empêcher des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point d'eau. La seule activité autorisée dans cette zone est celle liée à l'exploitation et à l'entretien du captage.

Le périmètre de protection immédiat s'étend sur une zone de 15 m** autour de l'ouvrage de captage. Les terrains situés dans cette zone sont acquis par l'Etat ou la collectivité locale et doivent être clôturés en matériaux définitifs.

Article 6 : Le **périmètre de protection rapproché** (PPR) ou zone de protection. Ce périmètre a pour but de protéger efficacement le captage des pollutions dissoutes dans l'eau souterraine ou des pollutions ruisselant vers la retenue d'eau superficielle. Le périmètre de protection rapproché s'étend sur une zone de 150 m** autour de l'ouvrage de captage. Les terrains situés dans ce périmètre ne sont pas acquis par la Collectivité, ils restent la propriété de leur propriétaire actuel mais sont soumis à des servitudes décrites par l'article 13 du présent arrêté. En cas de violations répétées des servitudes sur ces périmètres, les terrains où se déroulent les pratiques incriminées seront acquis par la Collectivité.

Article 7 : Le **périmètre de protection éloigné** (PPE) ou zone de vigilance. Ce périmètre n'a pas vocation à entraîner la création de servitudes, mais à alerter les maîtres d'ouvrages, entrepreneurs, bureaux d'études, et d'une façon plus large la population sur la nécessité de préserver la qualité de l'eau dans ces zones (obligation de vigilance). Le périmètre de protection éloigné s'étend sur une zone de 500 m** autour de l'ouvrage de captage. Les terrains situés dans ce périmètre ne sont pas acquis par la Collectivité, ils restent la propriété de leur propriétaire actuel.

Section 2 : De l'acquisition des domaines constituant les zones de protection.

Article 8 : La zone de prélèvement (périmètre de protection **immédiat**) dont l'intensité des contraintes est plus forte, doit être obligatoirement issue soit du domaine public ou privé de l'Etat, soit du domaine privé de la collectivité locale.

La zone de protection (périmètre de protection **rapproché**) et la zone de vigilance (périmètre de protection **éloigné**) ne sont pas nécessairement propriété de l'Etat ou de la collectivité locale, mais lorsque leur exploitation par des personnes privées constitue une menace pour le captage, l'Etat ou la collectivité locale peut procéder à son acquisition.

Article 9 : Les propriétaires présumés de parcelles de droit coutumier se trouvant dans l'emprise du **périmètre de protection immédiat** sont considérés comme sinistrés et doivent bénéficier en remplacement ou en dédommagement d'une ou des parcelles ayant les mêmes caractéristiques (bas-fond pour bas-fond, terre ferme pour terre ferme).

Article 10 : Les immeubles bâtis ou non du droit moderne se trouvant dans l'emprise du **périmètre de protection immédiat** feront l'objet d'expropriation pour cause d'utilité publique au même titre que le point d'eau.

Article 11 : Lorsque ces zones se trouvent sur des domaines non lotis, l'autorité communale déclenche les opérations de lotissement – restructuration en vue de les intégrer au tissu urbain conformément aux règles d'urbanisation en république du Bénin.

Section 3 : Des servitudes et interdictions

Article 12 : A l'intérieur du **périmètre de protection immédiat** toutes les activités autres que celles liées à l'exploitation du captage sont interdites. L'introduction des substances polluantes et la mise en place d'antenne téléphonique y sont également interdites. Les hydrocarbures servant au fonctionnement des éventuels groupes électrogènes seront stockés à l'extérieur de ce périmètre. Le périmètre de protection immédiat doit être fermé par un mur, une clôture, une digue,... pour en contrôler l'accès.

Article 13 : A l'intérieur du **périmètre de protection rapproché** sont réglementées les activités suivantes*** :

- Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile : interdiction
- Exploitation de mines et carrières : interdiction
- Défrichement : interdiction
- Forages privés existants : déclaration obligatoire
- Création de nouveaux forages privés : déclaration obligatoire, obligation de respecter les règles de bonne foration
- Ouvrages de captage d'eau actuels et futurs : cimentation de l'espace annulaire en surface et fermeture par capot fermant à clé de la tête de forage, pour éviter l'infiltration d'eaux superficielles.
- Captages abandonnés : rebouchage.
- Puisards existants : rebouchage.
- Infiltration d'eaux pluviales ou usées par le biais de puisards : interdiction.
- Latrines existantes: étanchéification ou déplacement à l'extérieur du périmètre de protection rapproché.
- Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : interdiction.
- Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : interdiction.
- Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes (hydrocarbures notamment) : interdiction.
- Vente de carburants : interdiction.
- Transport de matière dangereuse en cas d'axe de communication traversant le périmètre de protection rapprochée : interdiction.
- Epandage de fertilisant et pesticide : seuls les produits recommandés par le CeCPA sont autorisés, avec respect des doses maximales prescrites par le CeCPA.

Article 14 : A l'intérieur du **périmètre de protection éloigné**, les dépôts, installations et activités mentionnés à l'article précédent sont réglementés afin de prévenir les dangers de pollution qu'ils présentent pour les eaux prélevées. Cette réglementation prend en compte les règles d'hygiène en vigueur en République du Bénin y compris celle relative à la construction des fosses de toutes eaux et fosses septiques.

Toutes les activités agricoles seront soumises à l'autorisation.

Article 15: Les poursuites et les sanctions en cas de violation des prescriptions des articles précédents, feront l'objet de l'application des dispositions pénales de la loi portant gestion de l'eau au Bénin ou de la loi de l'environnement.

Article 16 : Cet arrêté annule toutes dispositions antérieures en la matière.

Notes :

** il convient de prendre un arrêté par captage d'eau. L'arrêté devra donc mentionner le nom du captage concerné.*

*** les articles 5, 6 et 7 précisent les dimensions des trois types de périmètres. Les distances mentionnées dans cet exemple d'arrêté ne doivent pas être recopiées telles quelles mais être adaptées en fonction du contexte local et de la méthode décrite dans le présent guide (chapitre 3 du document principal et annexe 4). Quand un plan parcellaire est disponible, annexer le tracé des périmètres sur plan parcellaire à l'arrêté.*

**** les listes d'interdiction et de servitudes sont à moduler en fonction du type de ressource captée (de surface ou souterraine), du contexte local et des servitudes associées préconisées par le présent guide (voir le chapitre 3 du document principal et l'annexe 4).*

ANNEXE 3

Milieu physique et géologie du Bénin

3 **ANNEXE 3 : MILIEU PHYSIQUE ET GEOLOGIE DU BENIN**

3.1 **Milieu physique**

3.1.1 **Aspect climatique**

Le Bénin jouit d'un climat chaud et humide de la zone intertropicale. Il subit deux influences: Celle de l'Alizé maritime, vent humide et celle de l'Alizé continental, vent sec venant du Sahara (Harmattan) qui est à l'origine de la sécheresse.

Les moyennes thermiques sont constamment élevées au Bénin (25°C) avec une amplitude thermique journalière faible au sud (< 5°) et plus élevé au nord (< 10°).

On distingue deux nuances climatiques séparées par la latitude de Savè :

- Au Sud, le climat subéquatorial est subdivisé en 4 saisons : deux saisons sèches et deux saisons de pluies. Les mois les plus favorables à la réalisation d'ouvrages dans le sud du Bénin sont : Décembre, Janvier, Mars, Avril, Juillet et Août.
- Au Nord, le climat soudanien est caractérisé par deux saisons:

La répartition des saisons se présente comme suit :

- Zone sud : climat subéquatorial (béninien)
 - ❖ * Saison sèche : Novembre à mi-Avril/mi-Juillet mi-Septembre
 - ❖ * Saison des pluies : mi-Avril à mi-Juillet, mi-Septembre à Octobre.
- Zone Nord : climat subtropical (Soudanien)
 - ❖ * Saison sèche : Novembre à Mai
 - ❖ * Saison des pluies : Juin à Septembre

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 900 mm à l'extrême Nord et au Sud Ouest à 1400 mm à l'extrême Sud-Est et aux confins Nord Ouest.

La température comme l'évapotranspiration potentielle moyenne augmente presque régulièrement du Sud au Nord du pays, passant respectivement d'environ 26°C et 3 mm/j sur le littoral à 35°C et 7 mm/j sur les frontières septentrionales.

Les précipitations moyennes nettes décroissent alors de 600 mm dans les secteurs à pluviométrie élevée à moins de 200 mm dans les secteurs à faible pluviométrie. La recharge des nappes superficielles est évaluée à des valeurs extrêmes allant de 0 à 350 mm selon les apports pluviométriques.

3.1.2 **Relief, sols et végétation**

Le Bénin présente un relief peu accidenté. Du sud au Nord, on distingue **cinq paysages morphologiques** :

- La plaine côtière : c'est un complexe de plusieurs cordons littoraux séparés par des bas-fonds marécageux et des lagunes comme la lagune de Porto-Novo et celle de Ouidah, et qui emprisonne les lacs Nokoué et Ahémé au contact des plateaux.
- Les plateaux de terre de barre dont l'altitude culmine à 200 mètres font suite à la plaine côtière par un talus irrégulier où se retrouve la dépression médiane dite de la "Lama".

- La pénéplaine cristalline occupe la plus grande partie du territoire béninois. Il s'y dresse de nombreux reliefs résiduels dont les collines de Dassa-Zoumè, de Savalou, les mamelles de Savè, les collines de Bemberekè, de Sinendé.
- La chaîne de l'Atacora, localisée au Nord-Ouest du pays, comporte deux bourrelets parallèles séparés par une dépression dans laquelle coule la section amont de la pendjari. Le point le plus élevé du Bénin se trouve dans l'Atacora sur le mont Sagbarao (Sud Ouest d'Alédjo) où il culmine à 658 mètres.
- Le plateau de grès de Kandi situé au Nord Est du pays, d'altitude moyenne de 250 mètres, légèrement incliné vers la plaine alluviale du Niger. Il couvre l'ensemble des bassins hydrographiques des rivières affluents du Niger comme le Mékrou, l'Alibori et la Sota.

On rencontre **plusieurs types de sols au Bénin** :

- Les sols minéraux peu évolués observés dans toutes les régions où affleure la roche en place (relief rocheux, dunes littorales). Ce sont des sols peu fertiles.
- Les sols ferrugineux qui occupent la grande partie de notre pays. Il s'agit des sols fortement concrétionnés du Nord ou des sols faiblement concrétionnés du Centre.
- Les sols ferrallitiques rouges très épais, développés sur le Continental Terminal des plateaux du Bas Bénin.
- Les vertisols et les sols hydromorphes qui occupent respectivement la dépression médiane et la grandes vallées (Niger, Ouémé, Couffo, Mono...).

Le **tapis végétal** est par contre moins varié. On rencontre :

- La végétation dégradée dans le Sud Bénin matérialisée par des jachères buissonnantes et arbustives coupées de forêt galerie, de mangrove avec quelques reliques forestières.
- La végétation des régions soudanaises marquées par des savanes arborées et arbustives coupées par des forêts galeries.

3.1.3 Réseau hydrographique

Le Bénin bénéficie d'un réseau assez important de cours d'eau permanents. Ces cours d'eau sont modestes par leur débit et leur longueur, et ont un régime irrégulier. Ils coulent vers deux grandes directions :

- une direction septentrionale, vers le fleuve Niger,
- une direction méridionale, vers l'Océan Atlantique.

Les cours d'eau qui coulent du nord au sud en direction de la mer alimentent les lacs et lagunes de la plaine côtière.

3.1.3.1 Les fleuves tributaires du Niger et de la Volta

A l'ouest, la Pendjari prend sa source dans la chaîne de l'Atacora au pied des falaises de Toukountouna. Elle coule vers le Nord-Nord-Ouest entre les deux bourrelets de la chaîne atacorienne jusqu'à la latitude 11°30'. De là, elle se dirige vers le sud-ouest pour devenir l'Oti au Togo avant de se jeter dans le fleuve Volta au Ghana. D'une longueur de 380 km, elle a un débit relativement faible et irrégulier.

Vers l'Est, le Mékrou (410 km), l'Alibori (338 km) et la Sota (250 km) constituent au Bénin les principaux affluents du Niger.

Le Niger, l'un des plus grands fleuves de notre continent, sert de frontière entre le Bénin et la République du Niger sur 120 km environ. Il est navigable.

Tous ces fleuves, en dehors du Niger, ont un régime tropical avec une crue pendant la saison pluvieuse (Juillet-Octobre) et l'étiage à la fin du mois d'Avril.

3.1.3.2 Les fleuves du bassin côtier

L'Ouémé est le plus grand fleuve du Bénin où se trouve tout son bassin. D'une longueur de 510 km, il reçoit deux affluents importants : l'Okpara (200 km) sur la rive gauche et le Zou (150 km) sur la rive droite. Il subit les affluences des climats soudanien et subéquatorial, mais son régime est plutôt tropical ; l'influence subéquatorial est faible et n'existe que sur un petit parcours à l'approche de l'embouchure. A Sagon, en période d'étiage (Février-Avril) son débit est de 10 m³/s, alors qu'il atteint 900 m³/s en période de crue (Août-Novembre). A Hêtin-Sota, ce débit est respectivement de 53 m³/s et de 463 m³/s pour les mêmes périodes. Il se disperse en défluent dans un vaste delta intérieur avant de se jeter dans le lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo qui lui sert de relais vers la mer. Ce fleuve est navigable des Aguégoué à Sagon.

A l'ouest de l'Ouémé, c'est le Couffo, un petit fleuve de 190 km qui prend sa source au Togo (Mont Djami). C'est un véritable torrent qui apporte ses eaux et alluvions au lac Ahémé.

Enfin, plus à l'Ouest, à la frontière bénino-togolaise, le Mono, long de 500 km, constitue la frontière sur 100 km entre le Togo et notre pays. Le Mono, comme tous les autres fleuves, a un régime tropical avec une seule crue dans l'année (Août-Octobre). Il prend sa source dans les Monts d'Alédjo au Bénin et se jette dans la lagune de Grand-Popo au Bénin qui lui sert de relais vers la mer par la passe d'Avlo.

3.1.3.3 Les lacs et lagunes du sud

Sur la côte se succède un chapelet de lacs et de lagunes, depuis Aného (Togo) jusqu'au-delà de Porto-Novo en direction du Nigéria. Ces lacs et lagunes sont séparés de la mer par un mince cordon littoral. Ce sont :

- Le lac Nokoué (150 km²), le lac Ahémé (78 km²) et le lac Towo (15 km²) ;
- La lagune de Porto-Novo (35 km²), la lagune de Ouidah (40 km²) et la lagune de Grand-Popo (15 km²).

En période de hautes eaux, les lagunes communiquent avec l'Océan Atlantique par des passes (permanentes ou périodiques) : ce sont celles d'Avlo et de Cotonou. L'eau des lagunes est plus salée que celle des fleuves, mais beaucoup moins que celle de la mer.

Les lacs et les lagunes se comblent progressivement par les apports alluviaux des cours d'eau qui s'y jettent. Tous ces plans d'eau sont réunis par des chenaux au tracé complexe. Les habitants de ces régions circulent en pirogue.

3.2 Contexte géologique

Le territoire béninois est constitué d'un socle cristallin et de ses couvertures sédimentaires. Le socle cristallin, d'âge précambrien occupe environ 2/3 de la superficie du territoire. Les couvertures sédimentaires forment trois grands bassins. Au Sud, on a le bassin COTIER, au Nord Est le bassin de KANDI et au Nord Ouest le bassin des VOLTA.

Ils sont respectivement d'âge méso cénozoïque, paléozoïque et protérozoïque supérieur cambrien.

3.2.1 Socle cristallin

Le socle cristallin est composé d'un ensemble de para gneissique mésozonal, des complexes migmatitiques, du complexe granulitique basique, d'orthogneiss granodioritique et granitique des micaschistes, des quartzites, des schistes, des intrusions magmatiques et des séries volcano sédimentaires.

Le bassin sédimentaire côtier s'étend de la mer jusqu'à la hauteur d'Aplahoué, d'Abomey, de Kétou. Sur le plan morphologique, il est constitué par quatre plateaux septentrionaux d'âge crétacé supérieur (Conacien-Turonien) et trois plateaux méridionaux d'âge tertiaire à quaternaire qui sont séparés des premiers par une vaste dépression dite de la Lama de direction NE-SW et de nature surtout argileuse. Les plateaux méridionaux dominant au sud, un dom aine margino-littoral, qui est une basse plaine marécageuse ainsi que les cordons sableux. Les plateaux sont en outre séparés par les vallées de l'Ouémé, du Zou, du Couffo et du Mono. Les plateaux septentrionaux se composent d'Est en Ouest, des plateaux de Kétou, Zagnanado, Abomey et Aplahoué. Ceux du sud se composent d'Est en Ouest des plateaux de Sakété, d'Allada et de Comè.

3.2.2 Bassin de Kandi

Le bassin sédimentaire de Kandi est situé au Nord-Est du Bénin et correspond à une baie de 200 km de long, 60 km de large. Il est lié paléo géographiquement au vaste bassin intracratonique des Iullemmeden qui s'étend au Niger et au Nigéria. Il comprend le groupe de Kandi constitué des formations de Wèrè, Goungoun et de Kandi et la formation de Sendé. Ces deux groupes sont recouverts dans la partie septentrionale du bassin par le Continental Terminal et les dépôts alluvionnaires quaternaires du Niger.

3.2.3 Bassin des Volta

Le bassin des volta a une forme d'une demie poire et dont la partie béninoise se situe au niveau du goulot de cette poire. Il est d'âge précambrien supérieur (protérozoïque supérieur) à paléozoïque inférieur. Il est affecté par des phases de plissements de l'orogénèse panafricaine. Dans la partie béninoise, le bassin des volta comporte trois domaines structuraux avec d'Ouest en Est :

- le domaine des formations de la Pendjari formant l'Avant pays de la chaîne panafricaine des Dahomeyides,
- et les deux domaines structuraux du Buem et de l'Atacorien qui constituent la zone externe de cette chaîne.

ANNEXE 4

Méthodologie détaillée de détermination des périmètres de protection et des servitudes

4 ANNEXE 4 : METHODOLOGIE DETAILLEE DE DETERMINATION DES PERIMETRES DE PROTECTION ET DES SERVITUDES

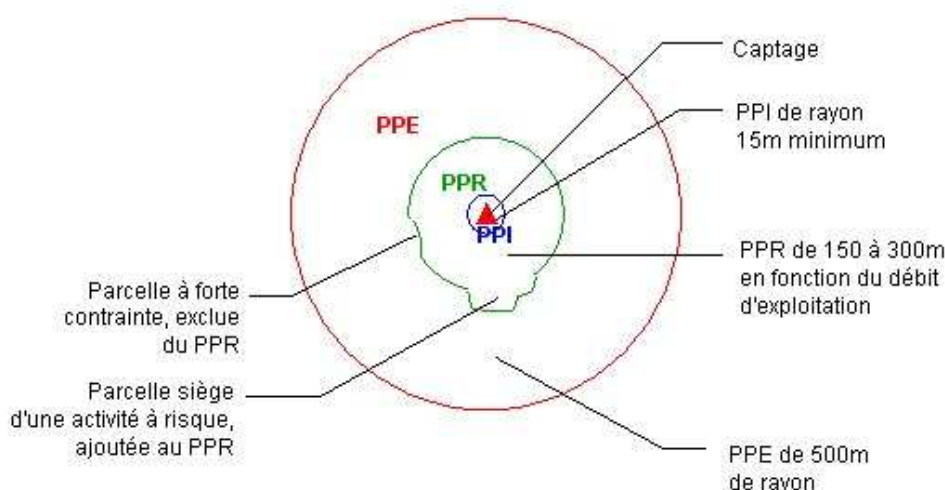
4.1 Aquifères discontinus à porosité de fissures (Socle)

4.1.1 Emprise des périmètres de protection

La vulnérabilité des captages est généralement moyenne dans le socle. On y connaît mal les sens et conditions d'écoulement. Des études complémentaires seraient longues et coûteuses. Ainsi, on préconise de délimiter les 3 périmètres de protection à partir de cercles de rayons prédéfinis. Ces cercles doivent ensuite être adaptés aux conditions locales : exclusion de certaines parcelles comme les lieux de cultes, inclusion d'autres parcelles où existent des activités susceptibles de polluer les eaux souterraines.

Tableau 4.1 - Taille des périmètres de protection standard dans le socle

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloigné (PPE) Zone de Vigilance
Cercle de 15m de rayon minimum. En cas de puits complexe ou source captée avec drains, adapter la forme du PPI à l'emprise des drains.	Cercle de rayon R égal à : <ul style="list-style-type: none"> ➤ 150m pour $Q < 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ➤ 200m pour Q compris entre 5 et $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ➤ 250m pour Q compris entre 10 et $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ➤ 300m pour $Q > 15 \text{ m}^3/\text{h}$ 	Cercle de 500m de rayon



En zone de socle il convient d'être vigilant, comme dans les autres contextes, aux pollutions d'origine humaine. Mais il faut également faire attention à certains composés minéraux naturels (tel le Fluor dans les Collines) qui peuvent rendre l'eau impropre à la consommation, même en l'absence de toute contamination anthropique.

4.1.2 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. En cas de groupe électrogène, stocker les hydrocarbures à l'extérieur du PPI.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

En zone de socle, la circulation de l'eau peut être extrêmement rapide au sein de l'aquifère, il faut donc éviter tout transfert de polluant dans l'aquifère donc se concentrer sur les objectifs n°1, 3 et 4.

Objectif n°1 - conserver l'intégrité de l'aquifère et de sa protection naturelle

Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile :

- Niveau Statique :
- peu profond (< 15m) : Interdit
- profond (> 15m) :
 - ❖ Zone Non Saturée :
 - ❖ à forte perméabilité (sables) : Interdit
 - ❖ à perméabilité faible à moyenne : Autorisé

Mines et carrières : interdit

Défrichement : interdit

Objectif n°2 - conserver les potentialités de l'aquifère

Forages privés existants : déclaration obligatoire

Création de nouveaux forages privés : déclaration obligatoire, obligation de respecter les règles de bonne foration

Grandes zones imperméabilisées : à réglementer (en limiter la taille)

Objectif n°3 - éviter la communication des eaux souterraines captées avec d'autres eaux

Aménagement des ouvrages actuels et futurs pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles (en cas de crue ou déversement volontaire, vandalisme) par l'espace annulaire : cimentation de l'espace annulaire en surface et fermeture par capot fermant à clé de la tête de forage.

Captages abandonnés : les reboucher.

Puisards existants : les reboucher.

Création de nouveaux puisards ou de tout moyen d'infiltration des effluents : Interdit.

Objectif n°4 - éviter le déversement de pollutions ponctuelles

Il faudra ici être très vigilant vis-à-vis des sources de pollution potentielles, qui en cas de percolation jusqu'à la nappe, pourraient contaminer très rapidement l'ouvrage de captage.

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.

Latrines : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR.

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : Interdit.

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes (hydrocarbures notamment) : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Transport de matière dangereuse en cas d'axe de communication traversant le PPR : Interdit

Objectif n°5 - limiter les pollutions diffuses

Epandage de fertilisant et pesticide : Interdit

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Respecter scrupuleusement la réglementation existante. Sensibiliser et informer les populations sur les risques domestiques. Se concerter avec les agriculteurs par le biais des CeCPA/CeRPA.

4.2 Aquifères continus à porosité d'interstice (bassins sédimentaires)

4.2.1 Nappe captive

Les ouvrages captant des nappes captives sont nettement mieux protégés que ceux captant des nappes libres, du fait de l'existence d'une couche protectrice. Cependant, des liaisons avec la surface peuvent se produire dans les zones d'affleurement de l'aquifère ou par perforation de la couche protectrice (travaux ou plus probablement autres captages mettant en communication différents aquifères). Si la nappe est peu captive (niveau piézométrique seulement légèrement supérieur au toit de l'aquifère), des phénomènes de drainance peuvent également avoir lieu : écoulement des eaux d'un aquifère à l'autre, à travers la couche protectrice. Les facteurs importants qui vont limiter l'importance de la drainance sont la nature, l'épaisseur et la perméabilité de la couverture.

A part les phénomènes de drainance, le risque principal de pollution provient des ouvrages mettant en communication l'aquifère captif et d'éventuels autres aquifères superficiels, il faudra donc systématiquement recenser et contrôler les captages existants autour du captage à protéger.

L'autre risque de pollution est la migration de polluants qui se seraient infiltrés dans une zone plus lointaine où la nappe est libre.

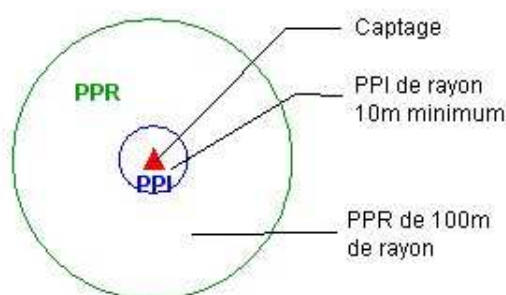
4.2.1.1 Emprise des périmètres de protection

Pour le PPR, on considère que les activités polluantes en surface ne peuvent contaminer la nappe, sauf par l'intermédiaire de forages mal réalisés. On choisit donc un PPR limité (rayon de 100m) tout en interdisant la création de forages à l'intérieur, et en réglementant sévèrement les forages actuels.

Pour le PPE : ne pas définir de PPE, ou alors les zones d'affleurement de l'aquifère si elles sont proches. Mais seront-elles connues ?

Tableau 4.2 - Taille des périmètres de protection standard en nappe captive

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloigné (PPE) Zone de Vigilance
Cercle de 10m de rayon	Cercle de 100m de rayon	Aucun Ou Zones d'affleurement de l'aquifère si elles sont proches (et connues...)



4.2.1.2 Prescriptions :

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Appliquer les prescriptions ordinaires (tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. En cas de groupe électrogène, stocker les hydrocarbures à l'extérieur du PPI) et effectuer une inspection de l'ouvrage pour vérifier notamment s'il est bien cimenté au droit des nappes superficielles. S'il ne l'est pas, c'est un assemblage d'aquifères qui est capté, qui devra être considéré comme libre donc avec plus de contraintes sur la protection.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

En nappe captive, les objectifs n°1 et 3 sont prépondérants : conserver l'intégrité de l'aquifère et de sa protection naturelle et éviter la communication des eaux souterraines captées avec d'autres eaux.

Il faut donc concentrer les prescriptions sur les forages et les travaux pouvant porter atteinte à la couverture protectrice. Interdire l'exploitation de mines et de carrières, ainsi que la création de nouveaux puits et forages.

Puits et forages existants : aménager les têtes de forages pour éviter l'invasion par les crues, maîtriser un éventuel artésianisme pour éviter le gaspillage de la ressource captive, reboucher les forages qui feraient communiquer une nappe superficielle avec la nappe captive.

Puits et forages abandonnés : reboucher.

Infiltration d'eau pluviale, eau usée, latrines, puisards : Interdits.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE) éventuel

Si ce périmètre est défini, son rôle sera de lutter contre les pollutions diffuses. Réglementer l'activité agricole (fertilisants, pesticides) en concertation avec les CeCPA/CeRPA et l'activité industrielle (appliquer la réglementation en vigueur sur la protection de l'environnement).

4.2.2 Nappe libre non alluviale

Cette partie décrit la méthodologie à appliquer dans le cas d'une nappe libre s'écoulant dans un aquifère non alluvial à perméabilité d'interstices, par exemple :

- les sables du Crétacé supérieur continental d'âge Turonien-Coniacien (biseau sec),
- les sables du Maestrichtien (crétacé marin),
- les calcaires du Paléocène,
- les sables du Continental Terminal.

Les aquifères alluviaux sont traités dans la partie suivante.

Une nappe libre est plus vulnérable qu'une nappe captive, cependant elle peut tout de même être protégée par un horizon imperméable qui peut limiter les contaminations en provenance de la surface. C'est pourquoi il faut s'intéresser à la **vulnérabilité** de la nappe au droit du captage, à l'aide du tableau de vulnérabilité détaillé ci-dessous, et moduler les emprises des différents périmètres type en fonction de cette vulnérabilité.

4.2.2.1 Détermination de la vulnérabilité

Il est nécessaire d'avoir au minimum une **coupe géologique** de l'ouvrage de captage afin d'évaluer sa vulnérabilité. Quelques connaissances sur le contexte hydrogéologique régional sont également requises. Dans le présent guide, nous proposons une méthode pour une évaluation détaillée de la vulnérabilité dans le cas où les données géologiques et hydrogéologiques sont connues, ainsi qu'une méthode d'évaluation sommaire dans le cas contraire.

Les méthodes d'évaluation sommaire et détaillée sont basées sur les constatations effectuées lors de l'état des lieux des ouvrages des captages réalisé pendant la première phase du projet « Appui à la mise en place d'un dispositif de protection des zones de captages d'AEP par les communes » financé par GTZ (*voir réf. [7]*).

La marche à suivre est schématisée dans le logigramme de la page suivante.

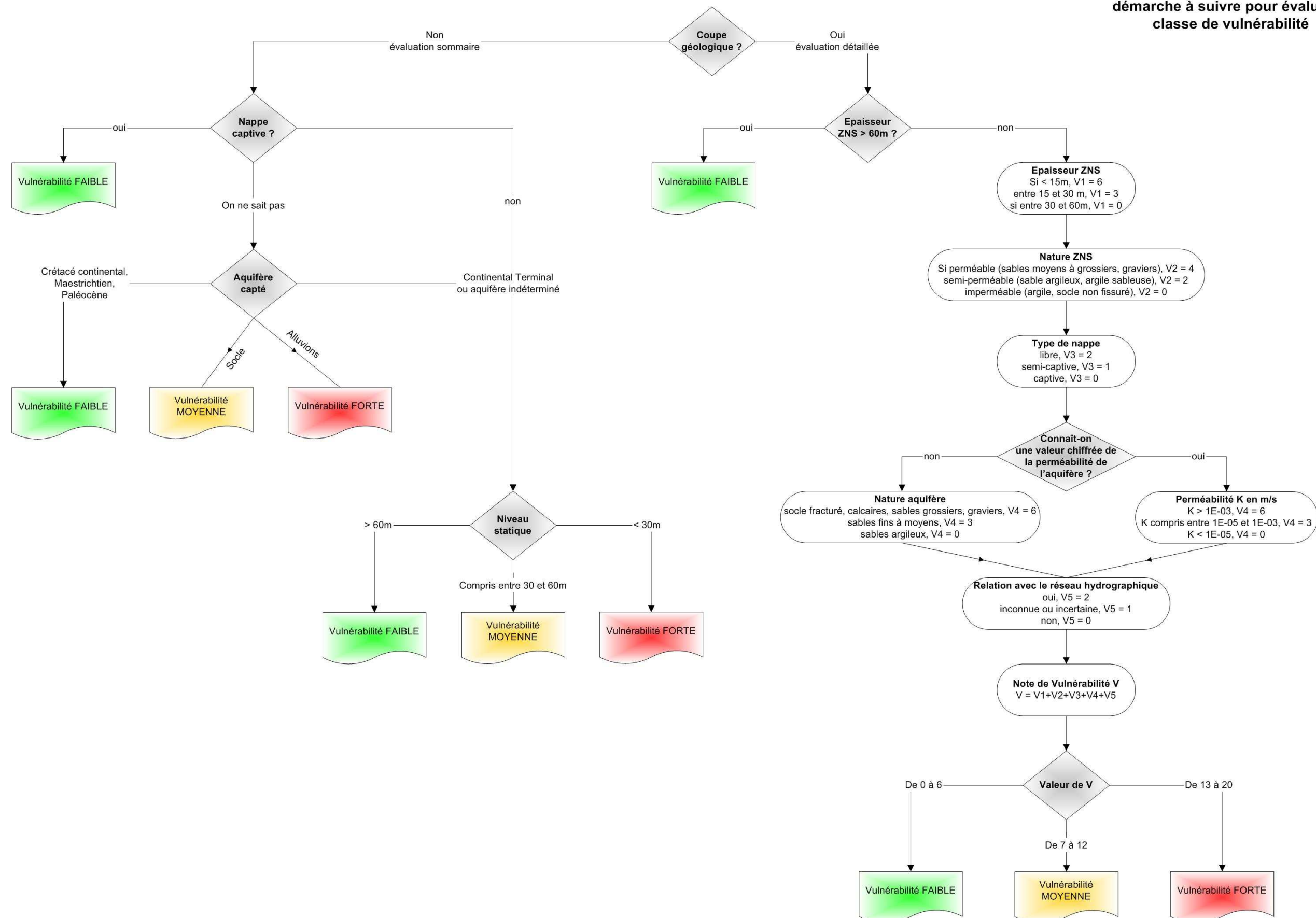


Figure 4.1 - Logigramme d'évaluation de la vulnérabilité

NB. Le lecteur pressé pourra simplement suivre le logigramme récapitulant la démarche à suivre pour évaluer la classe de vulnérabilité, et ne pas lire le présent paragraphe, qui apporte des précisions sur la méthode utilisée.

a) Absence de coupe géologique

Dans ce cas, on procède à une évaluation sommaire de la vulnérabilité, qui pourra tout de même être fiable si certaines données hydrogéologiques sont connues en dépit de l'absence de coupe géologique (type de nappe ou profondeur de l'eau dans l'ouvrage par exemple). L'information « Niveau statique » (profondeur du niveau d'eau par rapport au sol) devrait toujours pouvoir être disponible car il suffit de descendre une sonde piézométrique dans l'ouvrage pour mesurer ce niveau (au besoin il faudra ouvrir la tête de forage).

L'évaluation sommaire de la vulnérabilité est schématisée en page précédente et décrite ci-dessous. Elle se base sur trois critères : le type de nappe, l'aquifère capté et le niveau statique de l'eau dans l'ouvrage.

1. Type de nappe :

- Si la nappe est captive, l'évaluation sommaire s'arrête là, la vulnérabilité est considérée comme **Faible**.
- Si la nappe est libre, voir le critère Niveau statique.
- Si on ne sait pas si la nappe est libre ou captive, voir le critère Aquifère capté.

2. Aquifère capté

D'après les constatations faites durant l'état des lieux des captages (réf. [7]) :

- Si l'aquifère capté est le Crétacé continental (biseau sec), le Maestrichtien ou le Paléocène, la vulnérabilité est considérée comme **Faible**.
- Si on capte les formations du socle, la vulnérabilité est considérée comme **Moyenne**.
- Si on capte une formation alluviale, la vulnérabilité est considérée comme **Forte**.
- Si on capte le Continental Terminal, ou si on ne connaît pas l'aquifère capté, voir le critère Niveau statique.

3. Niveau statique

Si le niveau statique est :

- supérieur à 60m, la vulnérabilité est considérée comme **Faible**.
- compris entre 30 et 60m, la vulnérabilité est considérée comme **Moyenne**.
- inférieur à 30m, la vulnérabilité est considérée comme **Forte**.

b) Présence d'une coupe géologique

Quand une coupe géologique est disponible, l'évaluation détaillée de la vulnérabilité se base sur cinq critères :

- l'épaisseur de la Zone Non Saturée : c'est un paramètre prédominant pour la bonne protection géologique de la nappe. Plus la zone non-saturée est épaisse et moins la nappe est vulnérable car plus la distance sera longue à effectuer pour un polluant pour atteindre la nappe. En cas de fort temps de transit, le polluant pourra ainsi s'adsorber dans les formations non saturées ou se biodégrader avant d'atteindre la nappe.
- la nature de la Zone non Saturée : après l'épaisseur, la nature de la zone non saturée joue également un grand rôle dans la protection de la nappe : des formations imperméables (argiles, socle non fissuré) vont fortement ralentir voire interdire le transit des infiltrations superficielles vers la nappe (vulnérabilité faible pour ce critère dans ce cas). A l'inverse, des formations perméables (terrains meubles à éléments grossiers non consolidés comme les sables moyens à grossiers, graviers) laisseront s'infiltrer les eaux et pollutions superficielles (vulnérabilité forte). Les formations à perméabilité intermédiaire (argile sableuse, sable argileux) conféreront à la nappe une vulnérabilité moyenne pour ce critère. En cas de zone non saturée hétérogène (présence de sables et d'argiles par exemple) il faut considérer le cas le plus favorable si la formation imperméable est suffisamment épaisse (supérieure à une quinzaine de mètres, ce qui est suffisant pour jouer un bon rôle d'écran imperméable). A noter qu'un aquifère bien protégé par une zone non saturée épaisse et imperméable au niveau du captage peut toutefois être vulnérable au niveau d'éventuelles zones d'affleurement de l'aquifère ou de secteurs où la zone non saturée serait absente ou plus perméable.
- le type de nappe : une nappe captive est protégée des infiltrations superficielles pour des raisons de pression (vulnérabilité faible pour ce critère), contrairement à une nappe libre (vulnérabilité forte). Il peut exister des nappes semi-captives en cas de limite supérieure semi-perméable (vulnérabilité moyenne).
- la perméabilité de l'aquifère : c'est l'autre critère prédominant de la vulnérabilité. Plus la formation aquifère est perméable, plus la vitesse de circulation de l'eau (et donc des polluants solubles) est forte et plus la nappe est vulnérable, car moins l'on a de temps pour réagir à une pollution et prendre les mesures de secours qui s'imposent. Ce critère ne s'applique toutefois que lorsque la pollution a atteint la nappe (captage insuffisamment protégé par la zone non saturée ou pollution introduite directement en nappe par le biais d'un forage ou dans une zone où l'aquifère n'est plus protégé car affleurant).
- la relation avec le réseau hydrographique : les cours d'eau et plans d'eau peuvent facilement transporter des pollutions et éventuellement les transférer aux nappes avec lesquelles ils sont en relation hydraulique.

Le critère « Capacité de filtration des sols » aurait été intéressant à prendre en compte, mais ces données sont très peu connues au Bénin.

Si l'épaisseur de la zone non saturée est supérieure à 60m, la vulnérabilité est **Faible**, on ne considère pas les autres critères.

Dans le cas contraire, on calcule une note sur 20 qui permet de ranger la vulnérabilité en trois classes (Faible, Moyenne ou Forte). Pour chacun des 5 critères listés ci-dessus, on distingue 3 classes auxquelles on affecte la note 0, 1 ou 2 (0 pour la vulnérabilité la plus faible, 2 pour la plus forte, 1 pour la vulnérabilité intermédiaire). On applique ensuite une pondération sur les critères pour tenir compte de leur importance relative : les critères prépondérants (épaisseur ZNS et perméabilité de l'aquifère) ont été affectés d'un poids de 3, les critères importants d'un poids de 2 (nature ZNS) et les autres critères d'un poids de 1 (type de nappe, relation avec réseau hydrographique). Le type de nappe, bien que très important, n'a été affecté que d'un poids de 1 car d'autres critères rentrent déjà en compte pour une nappe captive (la nature de la zone non saturée est une formation imperméable, il n'y a pas de relation avec le réseau hydrographique et bien souvent l'épaisseur de la ZNS sera forte).

Le tableau suivant précise les classes pour chacun des critères et présente les notes déjà pondérées (ainsi pour les critères avec un poids de 3 on aura les notes 0, 3 et 6 ; pour un poids de 2 : 0, 2 et 4 ; pour un poids de 1 : 0, 1 et 2).

Tableau 4.3 - Critères de vulnérabilité avec leurs notes pondérées

Estimation détaillée de la vulnérabilité			
Epaisseur de la zone non-saturée	< 15 m V1 = 6	de 15 à 30 m V1 = 3	de 30 à 60m V1 = 0
Nature de la zone non-saturée	Formations perméables (sables moyens à grossiers, graviers) V2 = 4	Formations à perméabilité intermédiaire (sables argileux, argiles sableuses) V2 = 2	Formations imperméables ou très peu perméables (argiles, socle non fissuré) V2 = 0
Type de nappe	Libre V3 = 2	Semi-captive V3 = 1	Captive V3 = 0
Perméabilité K de la formation aquifère	Forte : $K > 10^{-3}$ m/s ou aquifère composé de calcaires, sables grossiers, graviers V4 = 6	Moyenne : K compris entre 10^{-5} et 10^{-3} m/s ou aquifère composé de sables fins à moyens V4 = 3	Faible : K inférieur à 10^{-5} m/s ou aquifère composé de sables argileux ou de formations peu perméables V4 = 0
Relation avec le réseau hydrographique	Oui V5 = 2	Inconnue ou incertaine V5 = 1	Non V5 = 0

Pour le critère « Perméabilité de la formation aquifère », se baser préférentiellement sur une valeur chiffrée de la perméabilité si elle est connue, et à défaut sur la nature de la formation aquifère.

En additionnant les notes pondérées de chacun des critères, on aboutit à une note **V = V1+V2+V3+V4+V5** comprise entre 0 (vulnérabilité la plus faible possible) et 20 (vulnérabilité la plus forte possible). Le tableau suivant indique à quelle classe de vulnérabilité correspond chaque intervalle de notes :

Tableau 4.4 - Correspondance entre la note pondérée et la classe de vulnérabilité

V = V1+V2+V3+V4+V5 (note pondérée / 20)	de 0 à 6	de 7 à 12	de 13 à 20
Classe de vulnérabilité	Faible	Moyenne	Forte

4.2.2.2 Emprise des périmètres de protection

Pour déterminer l'emprise des périmètres de protection en nappe libre non alluviale, on distingue 3 cas, suivant la disponibilité des données :

- données hydrogéologiques complètes, suffisantes pour calculer les temps de transfert en nappe : dans ce cas les périmètres sont calculés sur la base d'un temps de transfert : le PPR est basé sur l'**isochrone** 50 jours (on a alors 50 jours au maximum pour réagir à une pollution dans le PPR) et le PPE est basé sur l'isochrone 200 jours. Le PPR et le PPE sont des ellipses dont le grand axe est orienté selon le sens d'écoulement.
- Si seule la nature de l'aquifère est connue, on calcule un temps de transfert sur la base du débit du captage et d'une estimation de la porosité de l'aquifère (éventuellement à l'aide d'un tableau de correspondance entre la nature de la formation aquifère et la porosité à retenir si celle-ci n'est pas connue), en considérant une nappe au repos puisque dans ce cas l'on ne connaît pas le sens d'écoulement. Les PPR et PPE sont alors des cercles.
- Si aucune donnée n'est disponible, les PPR et PPE sont des cercles concentriques de rayon prédéfini.

On module ensuite les rayons des périmètres obtenus dans les deux derniers cas en fonction de la vulnérabilité.

Les ellipses ou cercles obtenus peuvent ensuite être adaptés aux conditions locales : exclusion de certaines parcelles comme les lieux de cultes, inclusion d'autres parcelles où existent des activités susceptibles de polluer les eaux souterraines.

a) Données hydrogéologiques complètes

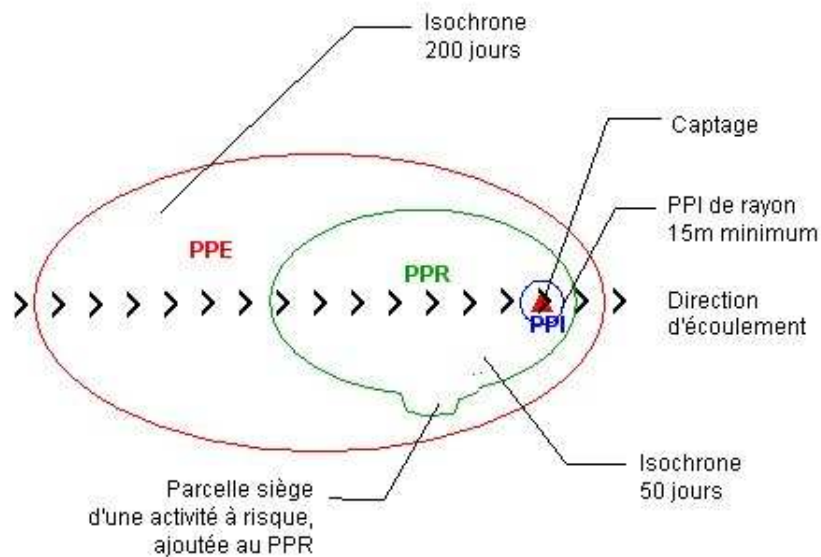
Dans le cas où des études hydrogéologiques ont été faites, ou peuvent être faites, on détermine l'emprise des périmètres de protection rapproché et éloigné à l'aide du critère temps de transfert, ce qui mène aux calculs d'isochrones par la méthode de Wyssling. Il faut alors connaître :

- le sens et le gradient d'écoulement (avoir une carte piézométrique)
- la géométrie de l'aquifère (son épaisseur au droit du captage)
- la perméabilité de l'aquifère (tirée d'un essai de pompage de longue durée qui donnera la Transmissivité T , produit de la perméabilité par l'épaisseur mouillée)
- la porosité efficace de l'aquifère (peut être directement tirée d'un essai de traçage, ou d'un essai de pompage qui donnera le coefficient d'emménagement S . En nappe libre, on peut considérer que S est du même ordre de grandeur que la porosité efficace).
- le débit moyen du captage.

Un exemple pratique d'un tel calcul est donné en annexe 5 (cas pratique sur le site pilote de Porto-Novo).

Tableau 4.5 - Périmètres de protection en nappe libre, avec données hydrogéologiques complètes

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloigné (PPE) Zone de Vigilance
Cercle de 15m de rayon minimum	Isochrone 50 jours	Isochrone 200 jours



Calcul des isochrones

Le calcul des isochrones est basé sur la méthode de Wyssling, qui suppose que le milieu est homogène.

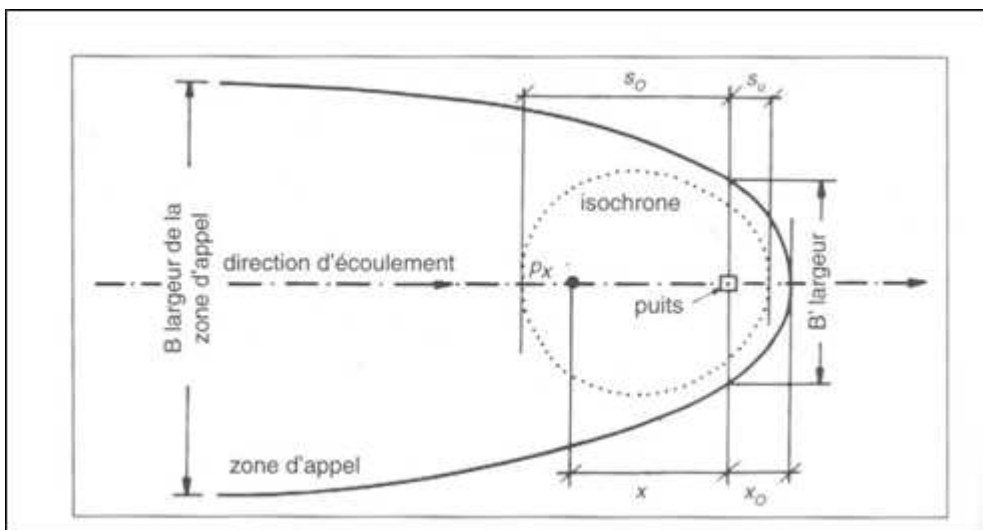


Figure 4.2 - Détermination de la zone d'appel et des isochrones par la méthode de Wyssling (réf. [1])

Soit B la largeur du front d'appel, le débit du captage $Q = T B i$

avec :

- Q = débit du captage (m^3/s)
- T = Transmissivité (m^2/s) = $K e$
- K = Perméabilité (m/s)
- e = épaisseur mouillée de l'aquifère (m)
- i = gradient hydraulique (sans dimension) = pente de la nappe

$$d'où B = \frac{Q}{T i}$$

Le rayon d'appel x_0 correspond à la distance en aval concernée par le pompage. Toutes les molécules d'eau comprises dans la zone d'appel atteindront un jour ou l'autre le captage ; toutes les molécules en dehors de la zone d'appel s'écouleront sans atteindre le captage.

$$x_0 = \frac{Q}{2 \pi T i}$$

La largeur du front d'appel à hauteur du captage B' est égale à la moitié de la largeur totale de la zone d'appel :

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2 T i}$$

Or, on sait que la vitesse effective de transfert $U = K i / \omega$

Avec ω = porosité efficace.

Les valeurs approchées de S_0 et S_u , respectivement les distances en amont et en aval sur l'axe d'écoulement, sont :

$$S_0 = \frac{L + \sqrt{L(L + 8x_0)}}{2}$$

$$S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8x_0)}}{2}$$

avec $L = U t$

Un exemple détaillé et concret de calculs est donné en annexe 5 (cas du site pilote de Porto-Novo).

Si le sens d'écoulement et la nature de l'aquifère sont connus, mais que manquent les données de perméabilité K et de porosité efficace ω , il est possible de les remplacer par les valeurs standard données par le tableau ci-après :

Tableau 4.6 - Perméabilités et porosités effaces standards, adapté d'après réfs. [1] et [4]

Type de réservoir aquifère	Perméabilité K (m/s)	Intervalle de Porosité efficace ω (%)	Porosité efficace ω standard (%) à utiliser pour les calculs	Rayon indicatif du PPR pour $Q=10\text{m}^3/\text{h}$ et $e=20\text{m}$	Rayon indicatif du PPE pour $Q=10\text{m}^3/\text{h}$ et $e=20\text{m}$
Gravier gros		30	30	25 m	50 m
Gravier moyen	3.10^{-1}	25	25	28 m	55 m
Gravier fin		20	20	30 m	62 m
Sable et Graviers	1.10^{-2}	15 à 25	20	30 m	62 m
Alluvions		8 à 10	10	45 m	87 m
Sable gros	2.10^{-3}	20	20	30 m	62 m
Sable moyen	6.10^{-4}	15	15	36 m	71 m
Sable fin	7.10^{-4}	10	10	45 m	87 m
Sable très fin	2.10^{-5}	5	5	62 m	124 m
Sable silteux	1.10^{-9}	5	5	62 m	124 m
Silt	3.10^{-8}	2	2	98 m	195 m
Vases		0,1	0,1	437 m	875 m
Calcaire fissuré		2 à 10	5	62 m	124 m
Craie		2 à 5	3	80 m	160 m
Grès fissuré		2 à 15	7	52 m	105 m
Granite fissuré		0,1 à 2	0,5	195 m	390 m
Basalte fissuré		8 à 10	10	44 m	87 m
Schistes		0,1 à 2	0,5	195 m	390 m

On donne également dans ce tableau la valeur du rayon du cercle pour le PPR dans chaque cas, avec comme hypothèse une nappe au repos (voir formule de calcul au paragraphe suivant), un temps de transfert de 50 jours, un débit de $10\text{ m}^3/\text{h}$ et une épaisseur d'aquifère de 20m.

Attention dans les calculs à bien utiliser les bonnes unités. En particulier, les valeurs en % doivent être divisées par 100 (exemple 30% correspond à 0,3).

Il n'y a pas lieu de moduler la taille des isochrones 50 jours et 200 jours en fonction de la vulnérabilité pour définir respectivement les périmètres de protection rapproché et éloigné. Par contre la vulnérabilité joue un rôle sur le contenu des prescriptions : celles-ci devront être plus sévère en cas de forte vulnérabilité.

b) Données hydrogéologiques incomplètes

Si le sens d'écoulement est totalement inconnu, mais que l'on dispose tout de même de données sur la nature de l'aquifère et/ou sur sa porosité, les PPR et PPE sont également basés sur des temps de transfert 50 et 200 jours, calculés selon l'hypothèse que la nappe est au repos.

Les PPR et PPE sont cette fois des cercles de rayon r calculés selon la formule suivante :

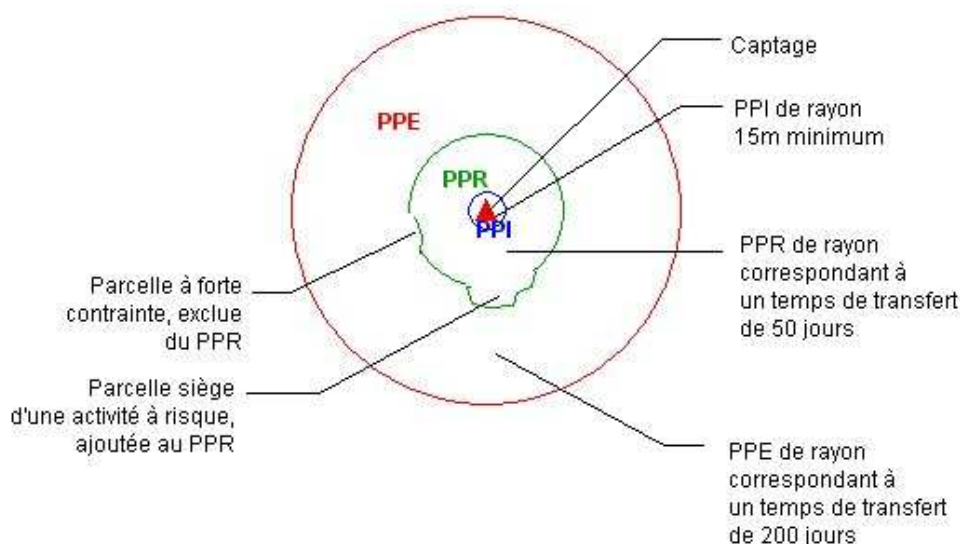
$$r^2 = \frac{Q t}{\pi e \omega}$$

le rayon r est égal à la racine carrée du nombre obtenu.

Toutefois, le rayon du cercle du PPR ne pourra pas être inférieur à 100m (pour ne pas être moins contraignant qu'en nappe captive, où la nappe est mieux protégée), et le rayon du cercle du PPE ne pourra pas être inférieur à 300m.

Tableau 4.7 - Périmètres de protection en nappe libre, avec données hydrogéologiques incomplètes

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloigné (PPE) Zone de Vigilance
Cercle de 15m de rayon minimum	Cercle correspondant à un temps de transfert de 50 jours, à moduler selon vulnérabilité. Le rayon de ce cercle ne pourra pas être inférieur à 100m.	Cercle correspondant à un temps de transfert de 200 jours, à moduler selon vulnérabilité. Le rayon de ce cercle ne pourra pas être inférieur à 300m.



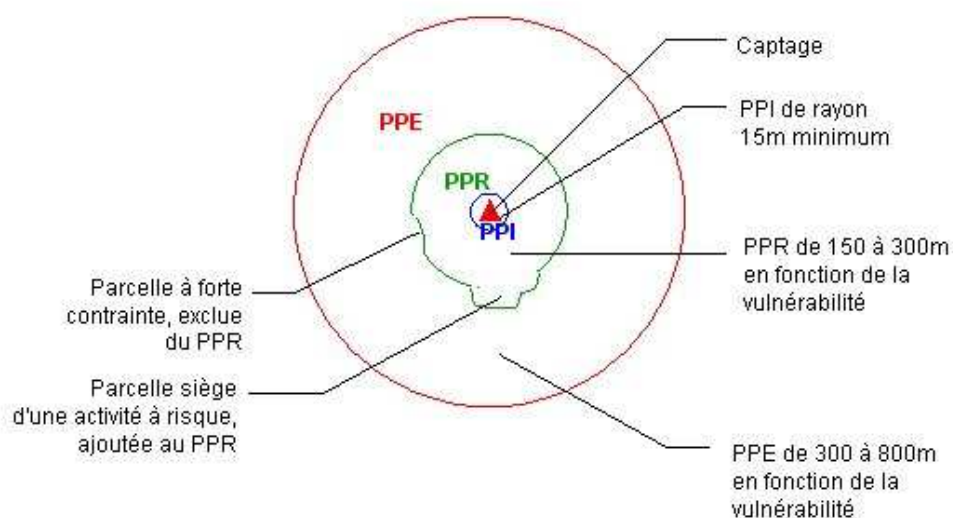
Les rayons des cercles de temps de transfert 50 et 200 jours sont ensuite à moduler en fonction de la classe de vulnérabilité du captage. Le rayon doit augmenter en cas de vulnérabilité forte (sans dépasser le double du rayon initial) et diminuer en cas de vulnérabilité faible (sans tomber au-delà de la moitié du rayon initial et sans devenir plus petit que le PPI). Les rayons doivent également être supérieurs à un seuil minimal : 100m pour le PPR, 300m pour le PPE.

c) Absence de donnée hydrogéologique

En l'absence de toute donnée hydrogéologique, les périmètres de protection sont des cercles dont les rayons sont les suivants :

Tableau 4.8 - Taille des périmètres de protection standard en nappe libre, en l'absence de données hydrogéologiques

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloigné (PPE) Zone de Vigilance
Cercle de 15m de rayon minimum	Cercle de rayon r dépendant de la vulnérabilité : ➤ Faible : r = 150 m ➤ Moyenne : r = 200 m ➤ Forte : r = 300 m	Cercle de rayon r dépendant de la vulnérabilité : ➤ Faible : r = 300 m ➤ Moyenne : r = 500 m ➤ Forte : r = 800 m



4.2.2.3 Prescriptions :

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. En cas de groupe électrogène, stocker les hydrocarbures à l'extérieur du PPI.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Objectif n°1 - conserver l'intégrité de l'aquifère et de sa protection naturelle

Les mêmes préconisations que dans le socle s'appliquent ici.

Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile :

- Niveau Statique :
- peu profond (< 15m) : Interdit
- profond (> 15m) :
 - ❖ Zone Non Saturée :
 - ❖ à forte perméabilité (sables) : Interdit
 - ❖ à perméabilité faible à moyenne : Autorisé

Mines et carrières : interdit

Défrichement : interdit

Objectif n°2 - conserver les potentialités de l'aquifère

Forages privés existants : déclaration obligatoire

Création de nouveaux forages privés : demande d'autorisation obligatoire (les forages ne seront autorisés que s'il y a une réelle nécessité), obligation de respecter les règles de bonne foration

Grandes zones imperméabilisées : à réglementer (en limiter la taille)

Objectif n°3 - éviter la communication des eaux souterraines captées avec d'autres eaux

Aménagement des ouvrages actuels et futurs pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles (en cas de crue ou déversement volontaire, vandalisme) par l'espace annulaire : cimentation de l'espace annulaire en surface et fermeture par capot fermant à clé de la tête de forage.

Captages abandonnés : les reboucher.

Puisards existants : les reboucher.

Création de nouveaux puisards ou de tout moyen d'infiltration des effluents : Interdit.

Objectif n°4 - éviter le déversement de pollutions ponctuelles

Comme dans le socle, les sources de pollution potentielles sont à surveiller car pourraient contaminer assez rapidement l'ouvrage de captage.

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.

Latrines : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR.

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : Interdit.

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes (hydrocarbures notamment) : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Transport de matière dangereuse en cas d'axe de communication traversant le PPR : Interdit

Objectif n°5 - limiter les pollutions diffuses

Epandage de fertilisant et pesticide : n'autoriser que certains produits en concertation avec les CeCPA/CeRPA au cas par cas, avec réglementation des doses.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Respecter scrupuleusement la réglementation générale sur l'environnement.

Informers les habitants et usagers que l'on se trouve en zone protégée, sensibiliser et appeler à la modération des rejets et à la limitation des pollutions diffuses. Se concerter avec les CeCPA/CeRPA sur les produits recommandés et les dosages à effectuer.

4.2.3 Nappe libre alluviale

Les nappes libres alluviales sont encore plus vulnérables que les autres nappes libres. Leur couverture est le plus souvent peu épaisse voire absente ; elles ne possèdent donc que très peu de protection géologique qu'il faudra veiller à conserver.

De plus peuvent avoir lieu des échanges avec la rivière ou le plan d'eau, ainsi que des échanges possibles avec d'autres aquifères sous-jacents.

Par rapport aux risques menaçant les nappes libres s'ajoute ici le risque de submersion, la plupart des ouvrages captant les nappes alluviales étant situés en zone inondable.

Pour les captages à fort enjeu, il peut être envisageable de mettre en place un dispositif d'alerte.

4.2.3.1 Emprise des périmètres de protection

Les périmètres de protection seront calculés de la même manière que pour les autres nappes libres puis seront adaptés à l'extension de la formation alluviale (si elle est connue). De même, s'il est établi que la captage ne fait pas appel à l'aquifère situé sur l'autre rive de la rivière, les périmètres de protection seront limités à la berge de la rivière.

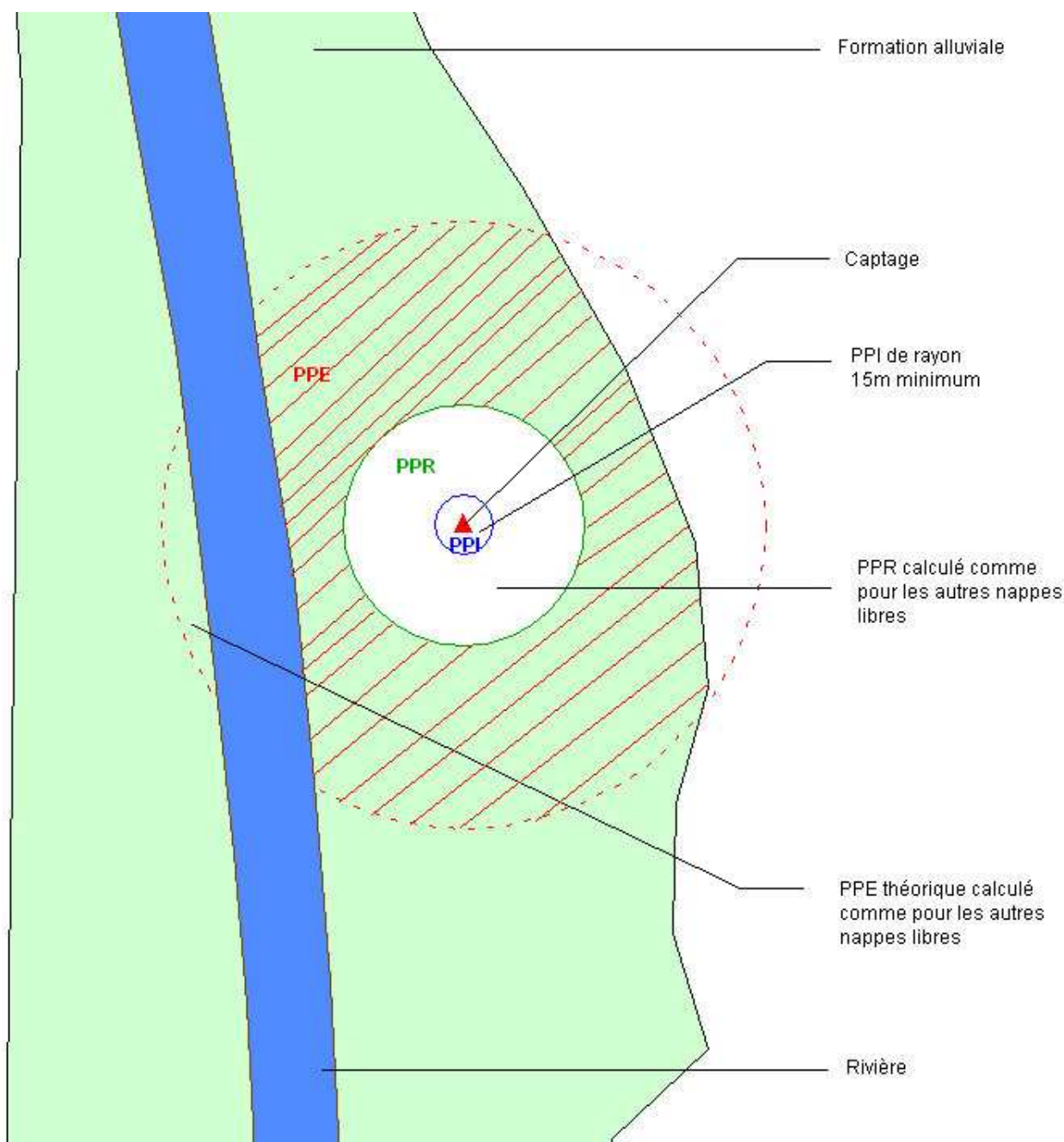


Figure 4.3 - Périmètres de protection en nappe alluviale. Le PPE est réduit par rapport à son emprise théorique : il est limité par la rivière et par l'extension de la formation alluviale.

4.2.3.2 Prescriptions :

Les prescriptions seront identiques à celles des autres nappes libres sauf pour le périmètre de protection immédiat où il faudra prévenir le risque de submersion du forage d'une part en respectant les prescriptions sur les têtes d'ouvrage et d'autre part en mettant en place des dispositifs anti-crue (merlons, digues, ...).

4.3 Prise d'eau superficielle

Au Bénin les prises d'eau superficielle (barrages, retenues) sont souvent fortement menacées et il se pose de façon aiguë le problème de leur sauvegarde. Les actions à mener dans ce cadre dépassent souvent la simple définition de périmètres de protection et nécessitent dans tous les cas la réalisation d'une **étude spécifique**. Cette étude devra évaluer le degré de vulnérabilité de la retenue vis-à-vis de 3 menaces principales :

- pollution directe des eaux par intrusion humaine ou animale, en cas d'accès à la retenue non contrôlé,
- risque de comblement de la retenue par les particules charriées par les cours d'eau et les ruissellements alimentant la retenue d'eau,
- risque d'eutrophisation et de pollution de la retenue par les pollutions organiques et chimiques dissoutes dans les cours d'eau et les eaux de ruissellement alimentant la retenue.

4.3.1 Emprise des périmètres de protection

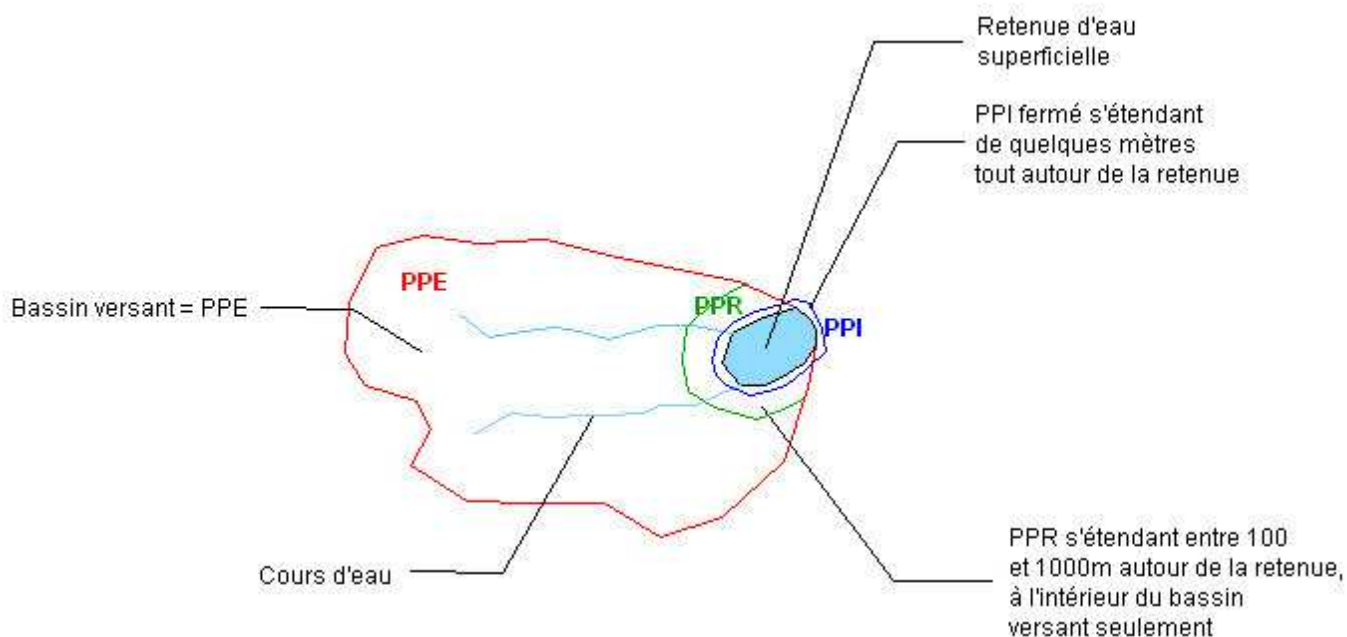
L'accès à l'étendue d'eau superficielle doit être contrôlé, pour cela il faut réserver une zone de quelques mètres tout autour de la retenue que l'on délimitera (mur, clôture, digue,...) afin d'en contrôler l'accès. Cette zone fera office de Périmètre de Protection Immédiat.

Pour le Périmètre de Protection Rapproché (PPR), il s'agit d'une zone incluse dans le bassin versant de la retenue. Son étendue dépendra de la vulnérabilité de la retenue aux différentes menaces évoquées plus haut. Il est proposé que cette zone, à l'intérieur du bassin versant, s'étende en amont de la retenue de 100m (très peu de risques) à 1km (risques forts).

Quant au Périmètre de Protection Eloignée (PPE), il correspond au bassin versant.

Tableau 4.9 - Périmètres de protection pour une retenue d'eau superficielle

Périmètre de Protection Immédiat (PPI) Zone de Prélèvement	Périmètre de Protection Rapproché (PPR) Zone de Protection	Périmètre de Protection Eloignée (PPE) Zone de Vigilance
Zone de quelques mètres autour de l'ensemble de la retenue	Zone s'étendant de 100m à 1km suivant la vulnérabilité de la retenue (déterminée par l'étude spécifique), à l'intérieur du bassin versant	Ensemble du bassin versant



4.3.2 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Le PPI sera acquis en totalité par la Collectivité et son accès interdit aux hommes et aux animaux tout le long du périmètre par le biais de tout moyen approprié (mur, clôture, digue, ...), afin d'en interdire toute activité pouvant s'y dérouler comme le passage et l'abreuvement des troupeaux, la pêche, le lavage des véhicules, le rejet de déchets solides et liquides, les activités liées au fétichisme.

Des séances particulières de pêches pourront avoir lieu, organisées et encadrées par la Mairie et la SONEB.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Objectif A – limiter l'érosion des sols (lutter contre le comblement de la retenue)

Mise en place de meilleures pratiques culturales.

Objectif B – limiter les pollutions diffuses (lutter contre l'eutrophisation)

Epandage de fertilisant et pesticide : Interdit.

Objectif C – éviter le déversement de pollutions ponctuelles

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puits : Interdit.

Latrines existantes : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR.

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Créer des latrines publiques améliorées dans les villages inclus dans le PPR.

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes (hydrocarbures notamment) : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Transport de matière dangereuse en cas d'axe de communication traversant le PPR : Interdit

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Création de latrines publiques améliorées (type « ecosan ») dans tous les villages inclus dans le PPE.

Mise en place de meilleures pratiques culturales pour lutter contre l'érosion.

Contrôle scrupuleux du respect de la réglementation existante.

Sensibilisation et information des populations sur les risques domestiques et agricoles.
Concertation avec les agriculteurs par le biais des CeCPA/CeRPA.

ANNEXE 5

Etudes complémentaires

Cas pratiques

5 ANNEXE 5 : ETUDES COMPLEMENTAIRES ET CAS PRATIQUES

Cinq sites pilotes représentatifs des différentes configurations de captage d'eau potable ont été choisis pour illustrer la démarche de mise en place des périmètres de protection. Les critères de sélection étaient les suivants :

- Types d'exploitants différents : AEV, SONEB,
- Origine de l'eau : 1 site en eau superficielle, 4 en eau souterraine,
- Types de nappes différents : nappe libre, en nappe captive,
- Répartition géographique dans les 3 départements de la zone GTZ : Donga, Ouémé, Plateau,
- Vulnérabilités faible, moyenne, forte,
- Sensibilités faible, moyenne, forte.

Tableau 5.1 - Sites pilotes retenus

Critère	Captage	Département	Commune	Aquifère	Vulnérabilité	Sensibilité	Exploitant
Eau de surface	retenue de Djougou	Donga	Djougou	Eau de surface	forte	moyenne	SONEB
Socle	Igbo-Makro	Donga	Bassila	Socle	moyenne	faible	AEV
Sensibilité forte	Porto-Novo F11	Ouémé	Porto-Novo	Continental Terminal	faible	forte	SONEB
cas simple, risque faible	Atan-Ouignan	Plateau	Adja-Ouéré	Maestrichtien	faible	faible	AEV
risque intermédiaire	Affandji-Tanmé	Ouémé	Avrankou	Continental Terminal	moyenne	moyenne	AEV

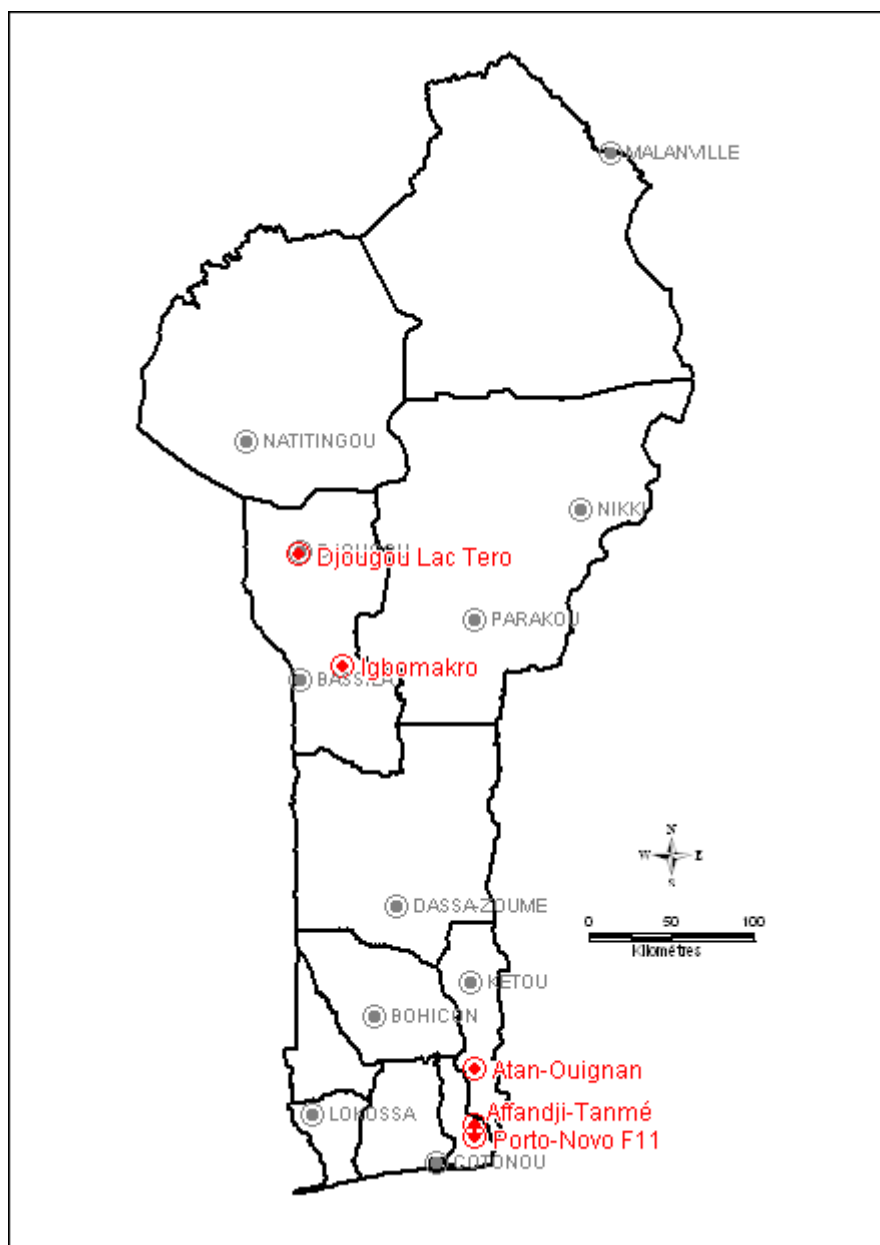


Figure 5.1 - Localisation des cinq sites pilotes

5.1 Site pilote d'Atan-Ouignan (commune d'Adja-Ouéré)

5.1.1 Caractéristiques du captage étudié

(d'après l'état des lieux réalisé au 2^e semestre 2009)

IDENTIFICATION

Num. IRH : **POR – B – 3002- 11**

Num. Seau :

Num Margelle : **0 – 1808**

Projet :

Nom Ouvrage : **AEV**

LOCALISATION

Département : **PLATEAU**
Commune : **ADJA - OUERE**
Arrondissement : **IKPINLE**
Village adm : **ATAN-OUIGNAN**
Localité : **IDJIKPE ATOCHE**

Longitude : **02°36'23,6"**
Latitude : **06°53'34,5"**
Altitude : **120m**

DESCRIPTION

Type Ouvrage : **Forage**
Diamètre :
Profondeur totale : **143m**
Date foration :
Etat : **Bon**

Entrepreneur :

Protection physique / face aux ruissellements :
PPI n'est pas clôturé

HYDROGEOLOGIE

Aquifère capté : **MAESTRICHTIEN**
Niveau statique : **35,90 m**
Profondeur captée : **de 100 à 112 m**

Date niveau : **septembre 2008**

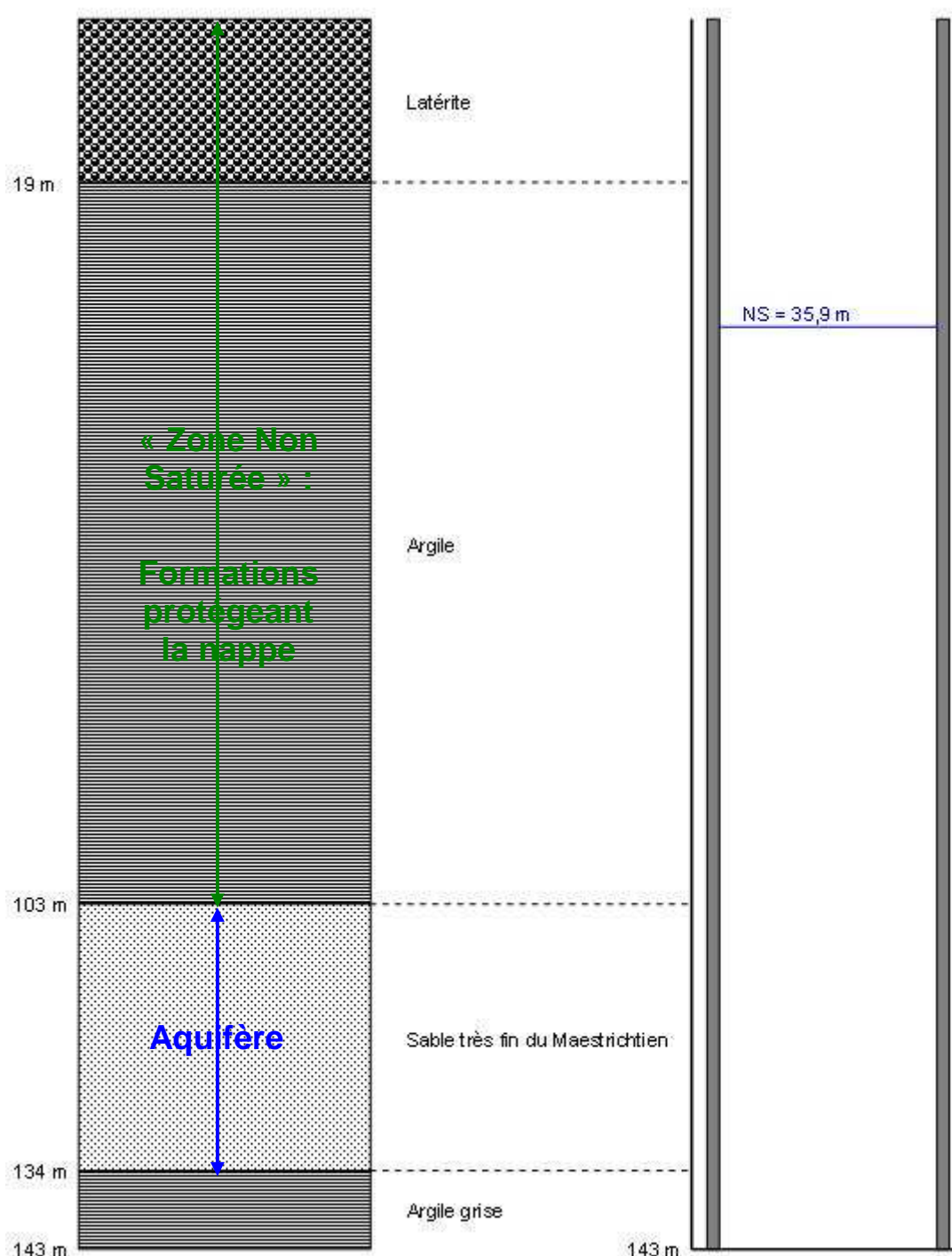
Recouvrement (nature, épaisseur) : **100 m d'argile**

Lithologie et caractéristique aquifère : 0 à 19 latérite – 19 à 103 argile – 103 à 134 sable très fin du Maestrichtien – 134 à 143 argile grise

Relations avec réseau hydrographique : **Non**



Figure 5.2 - Captage AEV d'Atan-Ouignan



5.1.2 Détermination des périmètres de protection

En application du logigramme du § 3.5 du guide :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

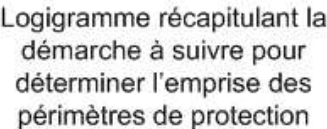


Figure 5.4 - Logigramme pour Atan-Ouignan

Ressource captée = eau souterraine

Type d'aquifère = bassin sédimentaire

Type de nappe = nappe captive

=> les périmètres et servitudes sont définis au § 4.2.1. De façon théorique :

- Périmètre de protection immédiat (PPI) = cercle de 10m de rayon autour du captage
- Périmètre de protection rapproché (PPR) = cercle de 100m de rayon autour du captage
- Périmètre de protection éloigné (PPE) : pas de périmètre défini.

Dans la pratique, les limites des périmètres s'adaptent aux spécificités locales :

- Les terrains composant le PPI ont déjà été acquis par la collectivité. Leur surface est supérieure à ce qui est recommandé (10m x 10m). Le PPI sera donc plus étendu que ce que préconise la théorie. Ce PPI doit être clôturé (il y a eu un défaut dans le cahier des charges de l'entreprise de forage, qui n'a pas mentionné cette clôture).
- Une distance de 100m vers le sud à partir du captage a été marquée sur le terrain pour visualiser le PPR. Cette distance de 100m correspond au 1^{er} poteau électrique rencontré sur la piste qui part vers le sud (voir croquis). Le PPR sera un cercle de rayon 100m autour du captage. Dans ce rayon, tous les terrains sont la propriété d'une seule coopérative. Une partie de l'aire de stockage des déchets de l'usine de transformation d'huile est comprise dans le PPR.
- Une usine de transformation d'huile de palme est implantée aux abords du PPR. Afin de pouvoir mieux contrôler les rejets et le stockage de déchets de cette usine, la Commune ainsi que l'ensemble des partenaires présents lors de l'atelier du 4 mai 2010 souhaitent instaurer un périmètre de protection éloigné. Ce périmètre éloigné sera un cercle de 300m de rayon (cas d'un captage en nappe libre sédimentaire, de faible vulnérabilité) dans lequel sera compris l'usine ainsi que ses dépendances.

La méthode décrite dans le guide donne donc les orientations théoriques minimales, que la Collectivité peut ensuite adapter au contexte local.

En l'absence de plan, les périmètres ont été reportés sur un croquis sommaire :

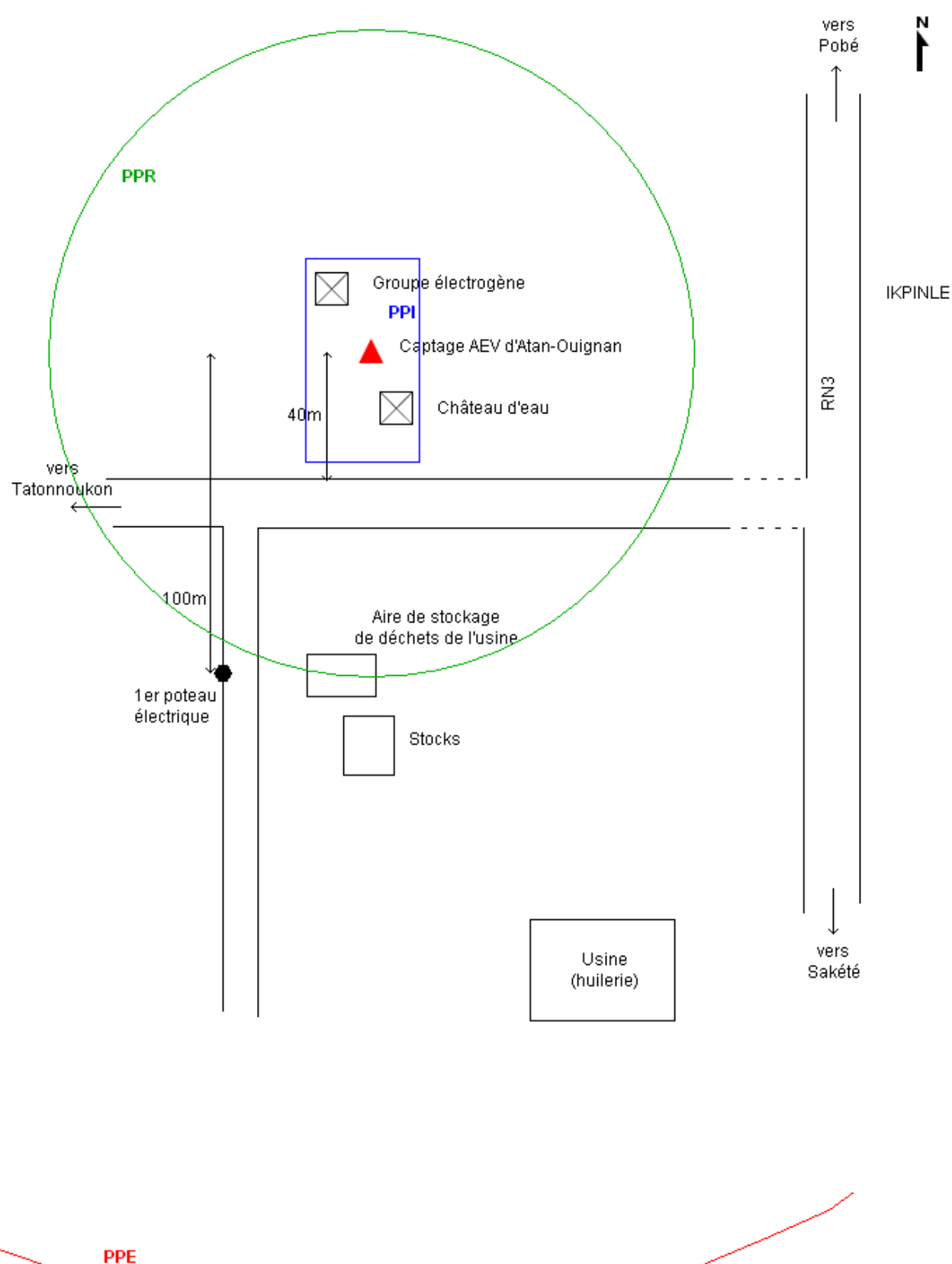


Figure 5.5 - Croquis de situation, non à l'échelle

Un atelier de sensibilisation des élus et des acteurs partenaires a eu lieu à Adja-Ouéré le 14 décembre 2009, suivi par un atelier de validation du guide méthodologique et une visite des périmètres le 4 mai 2010 à Ikpinlè. Ensuite, des séances de sensibilisation des populations résidant ou exerçant une activité à l'intérieur des périmètres sera menée par le Partenariat National de l'Eau (PNE). Après ces séances de sensibilisation, le PNE appuiera la Mairie pour mettre en place le Comité de suivi qui veillera aux bonnes observations des servitudes dans les périmètres de protection.

5.1.3 Prescriptions

Les servitudes types proposées par le guide sont les suivantes :

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Effectuer une inspection de l'ouvrage pour vérifier notamment s'il est bien cimenté au droit des nappes superficielles et qu'il capte bien la nappe captive en profondeur.

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. En cas de groupe électrogène, stocker les hydrocarbures à l'extérieur du PPI.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Interdire l'exploitation de mines et de carrières, ainsi que la création de nouveaux puits et forages.

Puits et forages existants : aménager les têtes de forages pour éviter l'invasion par les crues, maîtriser un éventuel artésianisme pour éviter le gaspillage de la ressource captive, reboucher les forages qui feraient communiquer une nappe superficielle avec la nappe captive.

Puits et forages abandonnés : reboucher.

Infiltration d'eau pluviale, eau usée, latrines, puisards : Interdits.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Son rôle sera de lutter contre les pollutions diffuses. Réglementer l'activité agricole (engrais, pesticides) en concertation avec les CeCPA/CeRPA et l'activité industrielle (usine de transformation d'huile de palme) par l'application de la réglementation en vigueur sur la protection de l'environnement.

5.1.4 Mesures immédiates à prendre

Outre le contrôle du bon respect des prescriptions décrites précédemment, il existe un certain nombre de mesures urgentes à prendre sur le site d'Atan-Ouignan, mesures décrites dans le tableau ci-après :

Tableau 5.2 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Atan-Ouignan

Périmètre	Actions	Responsables	Coût estimatif
PPI	Clôturer le PPI	Commune	3 000 000 FCFA
PPR et PPE	Identifier les propriétaires et usagers concernés (y compris les dirigeants et travailleurs de l'usine d'huile de palme), les informer et les sensibiliser. Mettre en place le Comité communal de suivi.	PNE, Commune	0 (coût compris dans les actions de sensibilisation menées par le PNE en mai-juin 2010).
PPR	Négocier avec les responsables de l'usine d'huile de palme pour déplacer l'aire de stockage des déchets hors du PPR	Commune	Néant. Ce déplacement n'ouvre pas droit à des compensations.
PPE	Informar la direction de l'usine que leurs installations sont situées dans le PPE du captage d'Atan-Ouignan et qu'en conséquence il est primordial qu'ils respectent les prescriptions du Code de l'Environnement	Commune	Néant. Le Code de l'Environnement devrait déjà être respecté.

5.1.5 Calendrier

Le tableau ci-après donne un calendrier sommaire des principales étapes à prévoir pour finaliser la mise en place des périmètres de protection :

Tableau 5.3 – Calendrier de mise en place des périmètres pour le site d'Atan-Ouignan

Activités	Période	Responsables
Rédaction de l'arrêté communal suivant le modèle fourni dans le guide, en y mentionnant dans l'article 13 les prescriptions du § 5.1.3.	Immédiatement (juin 2010)	Commune
Mise en place du Comité communal de suivi	Immédiatement (juin 2010)	Commune, PNE
Définition du fonctionnement du comité de suivi : budget, programme, fréquence des réunions	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Mise en oeuvre des mesures urgentes définies au § 5.1.4. (clôture, sensibilisation, information et négociation usine)	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Inscription dans les documents de planification communaux des zones comprises dans les périmètres de protection : SDAU et PDC : le PPI et le PPR font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement.	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune
Contrôle des éléments réglementés ou interdits dans le PPR. Réglementés : zones imperméabilisées. Interdits : mines, carrières, forages, puits.	A partir du fonctionnement du Comité de suivi (contrôle continu à partir d'août 2010)	Commune, Comité de suivi, SCEPN, CeCPA

5.2 Site pilote d'Affandji-Tanmé (commune d'Avrankou)

5.2.1 Caractéristiques du captage étudié

(d'après l'état des lieux réalisé au 2^e semestre 2009)

IDENTIFICATION

Num. IRH : **POR-B-3547-10**

Projet : **GTZ/KFW Phase 3**

Num. Seau :

Nom Ouvrage : **O 1620**

Num. Margelle : **O-KFW/1620 FORATEC le 02-04-01**

LOCALISATION

Département : **OUEME**

Longitude : **2° 36' 42,1''**

Commune : **AVRANKOU**

Latitude : **6° 35' 9,1''**

Arrondissement : **DJOMON**

Altitude : **56 m**

Village adm : **AFFANDJI-TANME**

Localité : **Aguégué Houé (Sogo)**

DESCRIPTION

Type Ouvrage : **Forage**

Diamètre intérieur : **126 mm**

Profondeur totale : **61,88 m**

Date foration : **16 au 18/01/2001**

Etat : **bon**

Protection physique / face aux ruissellements : **clôture. Les eaux de ruissellement stagnent dans l'enceinte du PPI en saison pluvieuse.**

HYDROGEOLOGIE

Aquifère capté : **CONTINENTAL TERMINAL**

Niveau statique : **22,69 m**

Date niveau : **janvier 2001**

Profondeur captée : de **41,4** à **54,5 m**

Recouvrement (nature, épaisseur) : **21 m d'argile**

Lithologie et caractéristiques aquifère : **sables grossiers, nappe libre**

Relations avec réseau hydrographique : **non**

EXPLOITATION

Débit max exploitable : **4 m³/h**



Figure 5.6 - Captage AEV d’Affandji-Tanmé

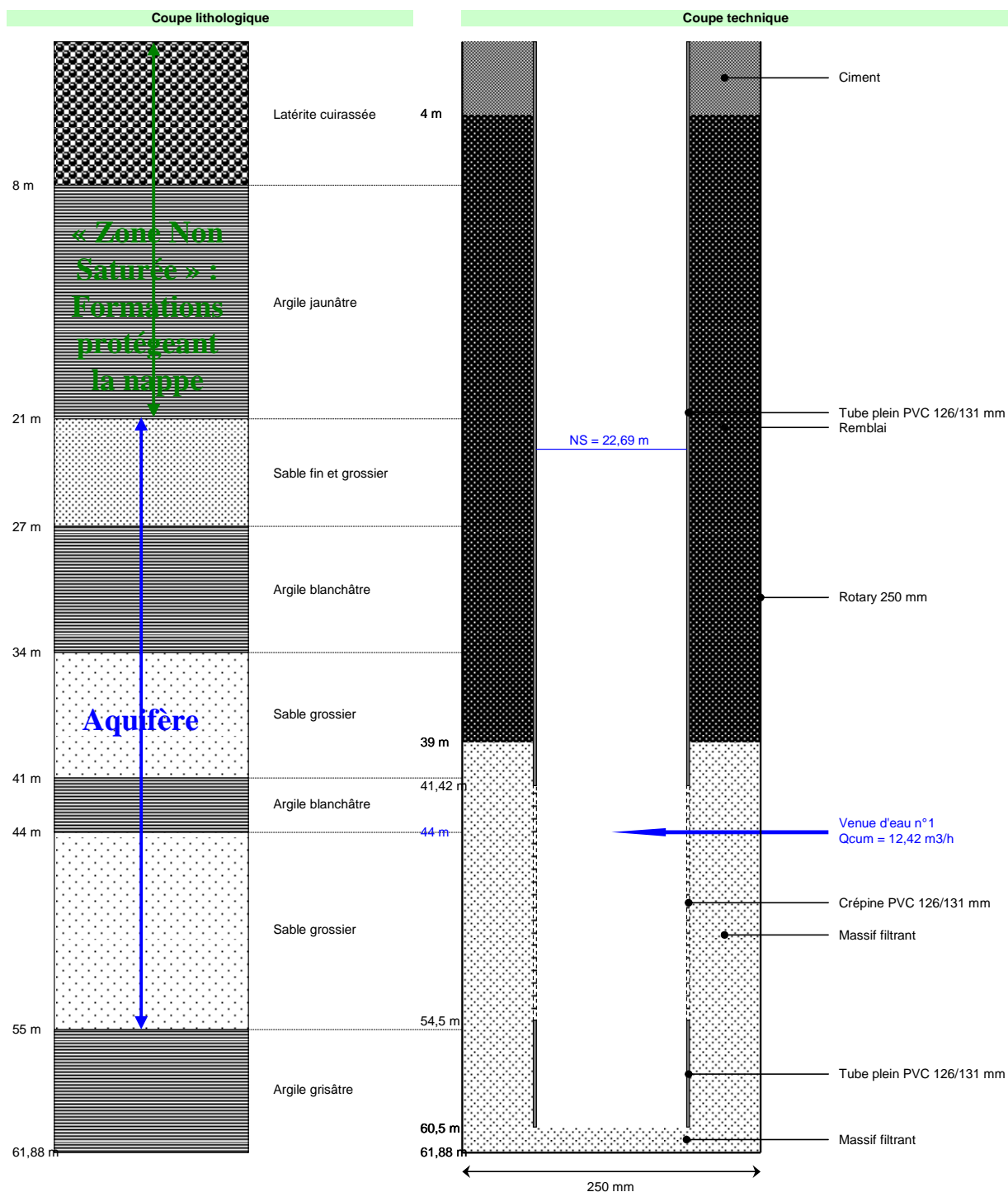


Figure 5.7 - Coupe géologique et technique du forage AEV d'Affandji-Tanmé

La ressource captée est la nappe du Continental Terminal.

C'est une nappe libre.

Il y a 21m de protection par des formations géologiques superficielles peu perméables.

5.2.2 Détermination des périmètres de protection

En application du logigramme du § 3.5 du guide :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

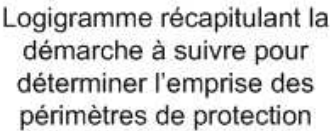


Figure 5.8 - Logigramme pour Affandji-Tanmé

Ressource captée = eau souterraine

Type d'aquifère = bassin sédimentaire

Type de nappe = nappe libre

Aquifère alluvial ? = non

Données hydrodynamiques = la coupe géologique est connue, mais ni le sens ni le gradient d'écoulement ne sont connus.

=> les périmètres et servitudes sont calculés selon la formule de l'isochrone au repos du § 4.2.2.2. b) qui dit que les PPR et PPE sont des cercles de rayon r égal à :

$$r = \text{racine}\left(\frac{Q t}{\pi e \omega}\right)$$

Avec :

- Q = débit d'exploitation maximum, en m³/jour = 4 m³/h x 24 = 96 m³/jour,
- e = épaisseur de l'aquifère = 34m (de 21 à 55m de profondeur),
- ω = porosité efficace de l'aquifère = 0,15 (en se reportant au tableau du § 4.2.2.2 pour un sable moyen, l'aquifère étant composé d'alternances de sables grossiers, fins, et de passées argileuses),
- t = 50 jours pour le PPR, 200 jours pour le PPE.

En appliquant cette formule :

- PPR : $r = \text{racine}(96 \times 50 / 3,1416 / 34 / 0,15) = \text{racine}(299,59) = 17\text{m}$
- PPE : $r = \text{racine}(96 \times 200 / 3,1416 / 34 / 0,15) = \text{racine}(1198,34) = 35\text{m}$

La méthodologie indique qu'ensuite ces rayons doivent être modulés en fonction de la vulnérabilité : nous allons donc estimer la vulnérabilité de ce captage.

Estimation de la vulnérabilité

La vulnérabilité est déterminée selon le logigramme du § 4.2.2.1 des annexes du présent guide (voir logigramme page suivante) :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Logigramme récapitulant la démarche à suivre pour évaluer la classe de vulnérabilité

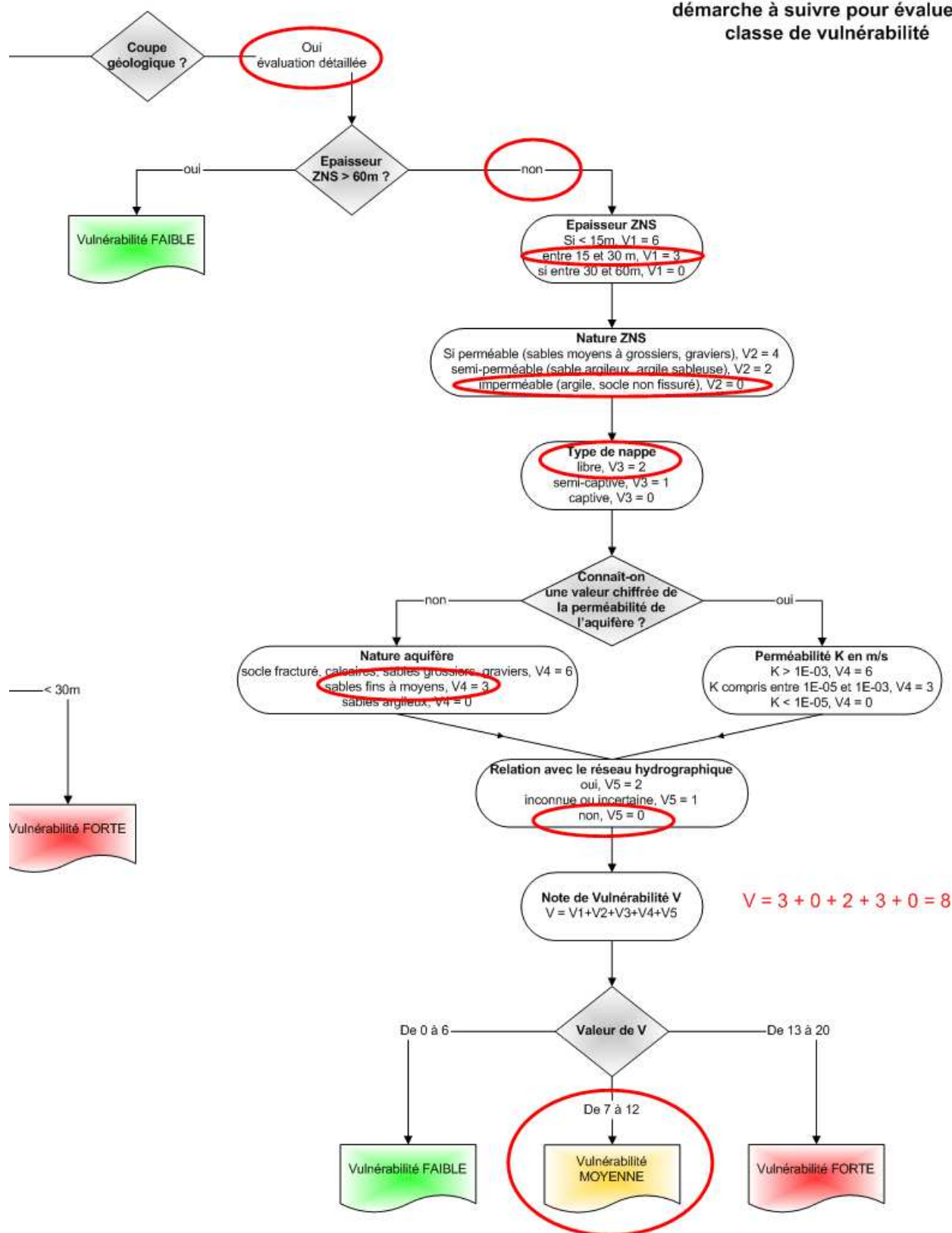


Figure 5.9 - Détermination de la vulnérabilité du captage AEV d'Affandji-Tanmé

On explique ci-après quelles étapes on a suivies :

- Coupe géologique ? = oui
- Epaisseur Zone Non Saturée (ZNS) > 60m ? = non. La ZNS a ici une épaisseur de 21m (voir coupe géologique, il s'agit de la latérite cuirassée et de l'argile jaunâtre surmontant l'aquifère).
- Epaisseur ZNS = entre 15 et 30m : $V1 = 3$
- Nature ZNS = imperméable (latérite et argile) : $V2 = 0$
- Type de nappe = libre : $V3 = 2$
- Connaît-on une valeur chiffrée de la perméabilité de l'aquifère ? = non
- Nature de l'aquifère = sables fins à moyens : $V4 = 3$
- Relation avec le réseau hydrographique = non : $V5 = 0$
- Note de vulnérabilité $V = 3 + 0 + 2 + 3 + 0 = 8$
- V est compris entre 7 et 12, d'où la **vulnérabilité est moyenne**.

D'après la méthodologie, en cas de vulnérabilité moyenne, les rayons théoriques ne sont pas modifiés : ils restent donc égaux à 17m pour le PPR et 35m pour le PPE.

Les rayons obtenus sont inférieurs aux seuils minimaux mentionnés ; ce sont donc ces seuils minimaux qui sont retenus, ce qui mène aux emprises suivantes :

- Périmètre de protection immédiat (PPI) = cercle de **15m** de rayon autour du captage
- Périmètre de protection rapproché (PPR) = cercle de **100m** de rayon autour du captage
- Périmètre de protection éloigné (PPE) : cercle de **300m** de rayon autour du captage.

Un atelier de sensibilisation des élus et des acteurs partenaires a eu lieu à Avrankou le 15 décembre 2009, suivi par un atelier de validation du guide méthodologique et une visite des périmètres le 5 mai 2010. Ensuite, des séances de sensibilisation des populations résidant ou exerçant une activité à l'intérieur des périmètres sera menée par le Partenariat National de l'Eau (PNE). Après ces séances de sensibilisation, le PNE appuiera la Mairie pour mettre en place le Comité de suivi qui veillera aux bonnes observations des servitudes dans les périmètres de protection.

Lors de la visite des périmètres, il est apparu que :

- l'actuel PPI est trop petit, le forage n'étant éloigné de la clôture actuelle que de 2 à 6m suivant les cotés,
- dans le rayon de 15m autour du captage sont présents une borne fontaine (à environ 5m) et des cases vodoun (à environ 13m),
- dans le périmètre rapproché se trouve la propriété de M. Aguégué avec ferme, maisons, latrines traditionnelles (à 80m du captage). Dans cette ferme on fabrique de l'huile de palme par transformation des graines de karité. Le domaine est bien entretenu, on n'observe pas d'immondices ou détritiques au sol. La famille Aguégué affirme ne pas utiliser de produit chimique (ni engrais, ni pesticide). La clôture de la propriété Aguégué se trouve à environ 90m du captage. De l'autre côté du captage, dans un rayon de 100m se trouvent un champ de maïs, un espace récemment défriché, des plantations de palmiers à huile et des parcelles de brousse,
- le périmètre éloigné contient les mêmes types de terrains que dans le périmètre rapproché.

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

En l'absence de plan, les périmètres ont été reportés sur un croquis sommaire :

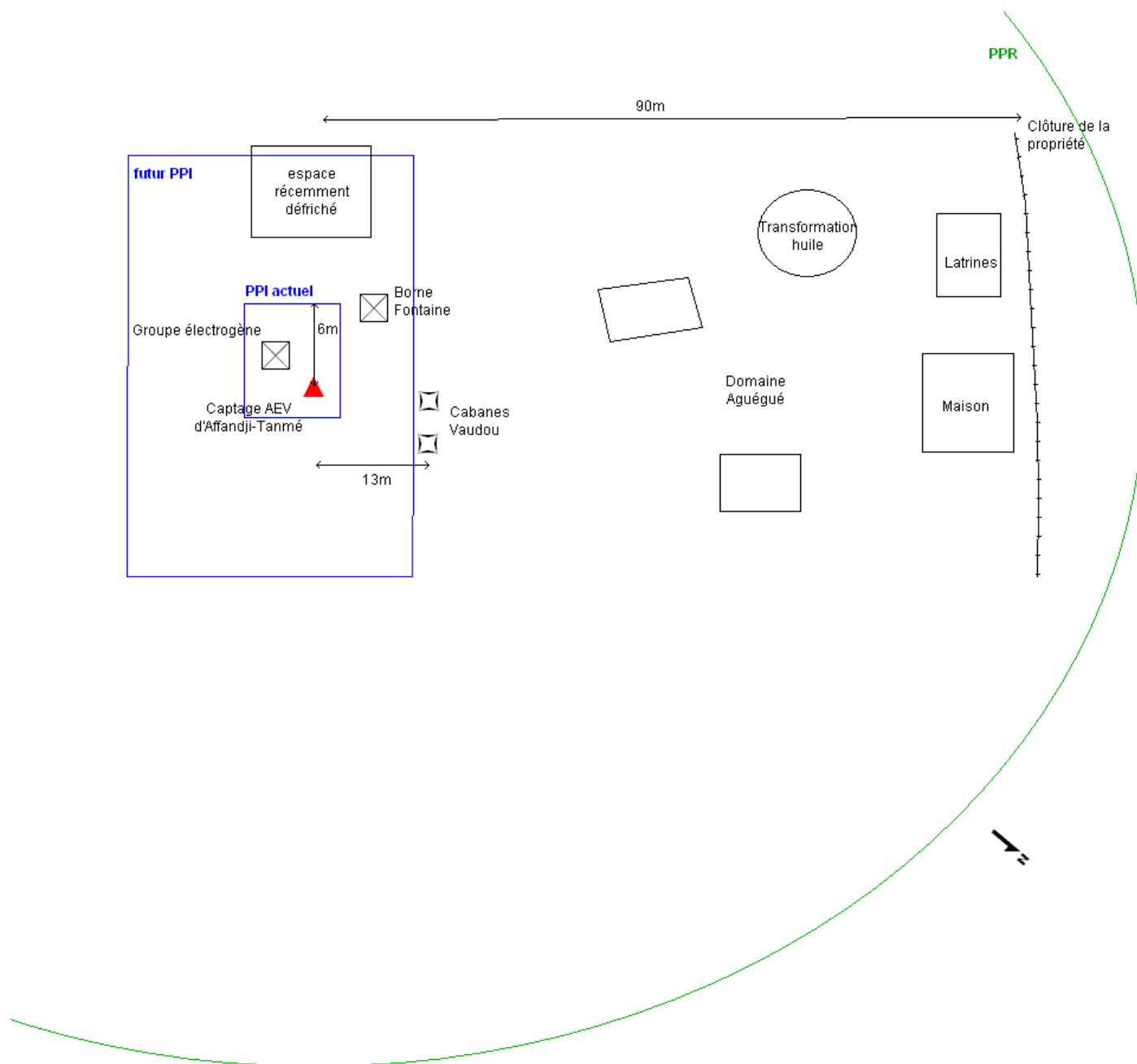


Figure 5.10 - Croquis de situation, non à l'échelle

Les actions à mener sont :

- il apparaît difficile de supprimer ou déplacer les cases vodoun. Comme elles sont proches de la bordure théorique du PPI (13m au lieu de 15), on propose de faire passer la clôture du futur PPI juste à côté des cases vodoun, puis ensuite de respecter la distance de 15 m tout autour du captage, ce qui implique que la borne fontaine soit déplacée d'au moins une dizaine de mètres,
- dans le PPR et PPE, il faudra faire appliquer les prescriptions associées, qui sont mentionnées ci-après.

5.2.3 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. Les hydrocarbures qui alimentent le groupe électrogène devront être stockés à l'extérieur du PPI, sur une aire étanche.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile : Autorisé, étant donné que la profondeur de l'eau est à plus de 15m, et que la perméabilité de la zone non saturée est faible.

Exploitation de mines et carrières : interdit

Défrichement : interdit

Forages privés existants : déclaration obligatoire

Création de nouveaux forages privés : demande d'autorisation obligatoire (les forages ne seront autorisés que s'il y a une réelle nécessité), avec obligation de respecter les règles de bonne foration

Zones imperméabilisées : en limiter la taille, pour ne pas empêcher l'infiltration de l'eau

Ouvrages de captage actuels et futurs : les aménager pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles (en cas de crue ou déversement volontaire, vandalisme) par l'espace annulaire : cimenter l'espace annulaire en surface et fermer par un capot fermant à clé la tête de forage.

Captages abandonnés : les reboucher.

Puisards existants : les reboucher.

Création de nouveaux puisards ou de tout moyen d'infiltration des effluents : interdit.

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.

Latrines : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR. Ici, les latrines sont à 90m du captage donc on pourra les tolérer en l'état.

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : Interdit.

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Epandage de fertilisant et pesticide : n'autoriser que certains produits en concertation avec les CeCPA/CeRPA au cas par cas, avec réglementation des doses.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Respecter scrupuleusement la réglementation générale sur l'environnement.

Informers les habitants et usagers que l'on se trouve en zone protégée, sensibiliser et appeler à la modération des rejets et à la limitation des pollutions diffuses. Se concerter avec les CeCPA/CeRPA sur les produits recommandés et les dosages à effectuer.

5.2.4 Mesures immédiates à prendre

Parmi les mesures décrites précédemment, les opérations à réaliser immédiatement sont :

Tableau 5.4 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Affandji-Tanmé

Périmètre	Actions	Responsables	Coût estimatif
PPI	Déplacer la borne fontaine hors du PPI Etendre la clôture pour respecter la distance de 15m autour du captage (13m au niveau des cases vodoun)	S-Eau Ouémé Commune	500 000 FCFA 3 000 000 FCFA
PPR et PPE	Identifier les propriétaires et usagers concernés, les informer et les sensibiliser. Mettre en place le Comité communal de suivi.	PNE, Commune	0 (coût compris dans les actions de sensibilisation menées par le PNE en mai-juin 2010).

5.2.5 Calendrier

Le tableau ci-après donne un calendrier sommaire des principales étapes à prévoir pour finaliser la mise en place des périmètres de protection :

Tableau 5.5 – Calendrier de mise en place des périmètres pour le site d'Affandji-Tanmé

Activités	Période	Responsables
Rédaction de l'arrêté communal suivant le modèle fourni dans le guide, en y mentionnant dans l'article 13 les prescriptions du § 5.2.3.	Immédiatement (juin 2010)	Commune
Mise en place du Comité communal de suivi	Immédiatement (juin 2010)	Commune, PNE
Définition du fonctionnement du comité de suivi : budget, programme, fréquence des réunions	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Mise en oeuvre des mesures urgentes définies au § 5.2.4. (déplacement BF, clôture, sensibilisation)	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Inscription dans les documents de planification communaux des zones comprises dans les périmètres de protection : PHAC : ces zones sont définies comme prioritaires pour la réalisation d'un réseau d'évacuation des eaux usées et la collecte des déchets liquides et solides. SDAU et PDC : le PPI et le PPR font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement.	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune
Contrôle des éléments réglementés ou interdits dans le PPR. Réglementés : forages, zones imperméabilisées, épandage fertilisants et pesticides. Interdits : excavations, cimetières, inhumations, mines, carrières, défrichement, puisards, défécation, passage des troupeaux, rejet de substances polluantes, vente carburants.	A partir du fonctionnement du Comité de suivi (contrôle continu à partir d'août 2010)	Commune, Comité de suivi, SCEPN, CeCPA

5.3 Site pilote de Porto-Novo

5.3.1 Caractéristiques du captage étudié

(d'après l'état des lieux réalisé au 2^e semestre 2009)

IDENTIFICATION

Num. IRH :

Num. Seau :

Num Margelle :

Projet :

Nom Ouvrage : **F11**

LOCALISATION

Département : **OUEME**

Commune : **PORTO NOVO**

Arrondissement : **PORTO NOVO**

Village adm : **AKAONABOE**

Localité : **RESIDENCE DES PALMIERS**

Longitude : **02°36'50,7''**

Latitude : **06°31'18,2''**

Altitude : **55m**

DESCRIPTION

Type Ouvrage : **FORAGE**

Diamètre : **280 mm**

Profondeur totale : **127,03 m**

Date foration : **du 15/12/88 au 05/01/89**

Etat :

Entrepreneur : **SOGEA**

Protection physique / face aux ruissellements :

Forage non protégé, non équipé menacé par les eaux de ruissellement.

HYDROGEOLOGIE

Aquifère capté : **Continental Terminal**

Niveau statique : **22,27 m**

Date niveau :

Profondeur captée : de **85,03 m à 104,063 m** et **118,63 m à 124,23 m**

Recouvrement (nature, épaisseur) : **82 m** d'argile

Lithologie et caractéristique aquifère : **0 – 10 m** terre de barre ; **10 – 60 m** Argile avec passées sableuses ; **60 – 82 m** Argile grise ; **82 – 105 m** Sable moyen ; **105 – 117 m** Argile grise ; **117 – 134 m** Sable et argile

Relations avec réseau hydrographique : **Non : le forage capte la partie inférieure de l'aquifère du Continental Terminal, protégé par une couche d'argile.**

EXPLOITATION

Débit max exploitable : **60 à 70 m3/h**

ENVIRONNEMENT

Forage situé dans le quartier « Résidence Les Palmiers » à Akaonaboé, au bord de la voie du commissariat (sur la droite en venant de Ouando). Au milieu d'un petit village, entouré de champs de haricots. Risques de constructions rapides. Aucune protection.



Figure 5.11 - Captage SONEB F11 de Porto-Novo

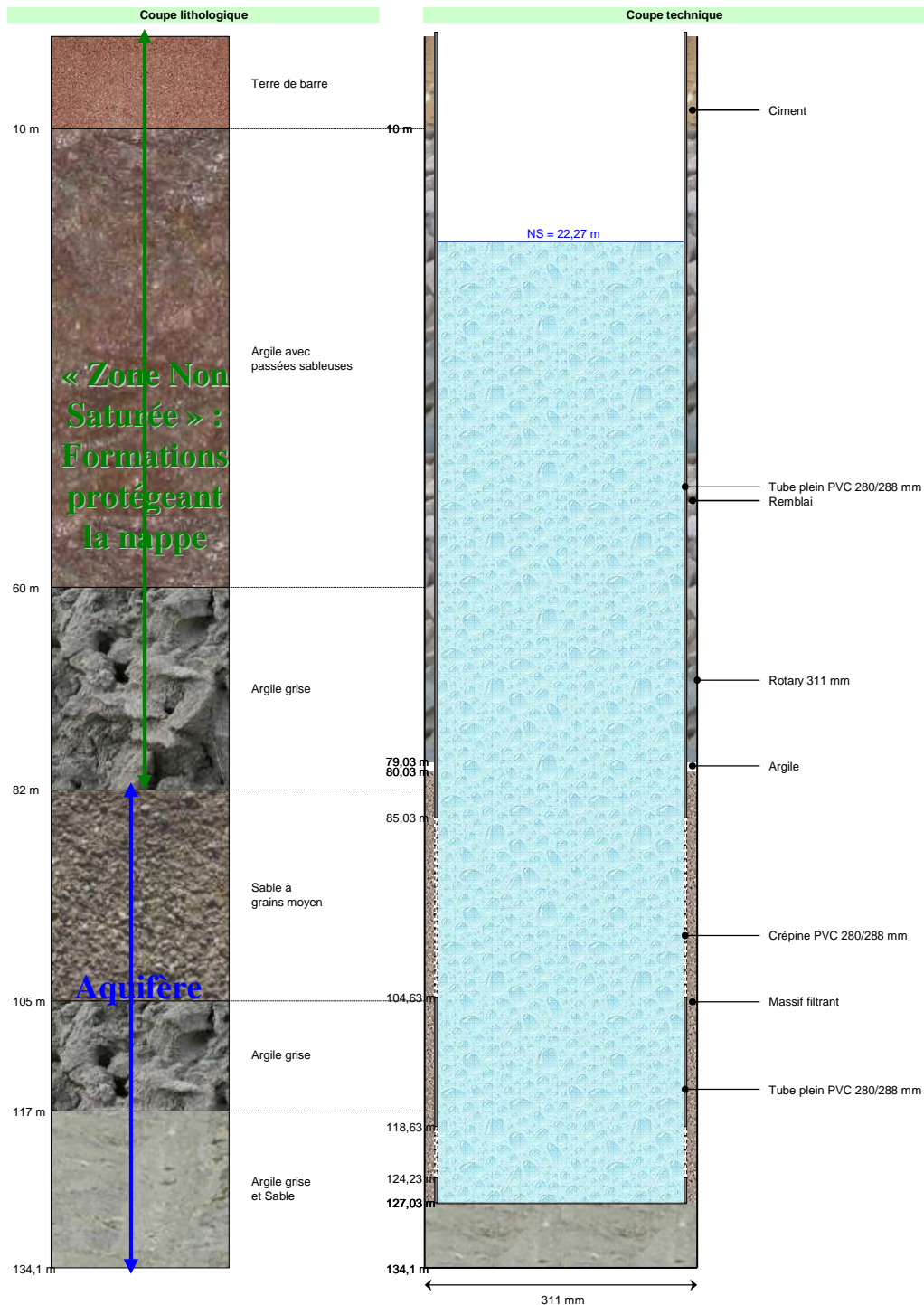


Figure 5.12 - Coupe géologique et technique du forage F11 de Porto-Novo

La ressource captée est la nappe du Continental Terminal.

La nappe est localement captive, mais globalement l'aquifère du Continental Terminal renferme une nappe libre (il existe des passées argileuses discontinues qui rendent la nappe captive localement).

Il y a 82m de protection par des formations géologiques superficielles peu perméables.

5.3.2 Etudes hydrogéologiques complémentaires

Une campagne piézométrique sur une trentaine de forages autour de Porto-Novo, ainsi qu'un essai de pompage de longue durée sur le forage F11 ont été menées dans le cadre des études hydrogéologiques complémentaires liées au projet GTZ d'appui aux communes pour la mise en place des périmètres de protection des captages d'eau potable. L'essai de pompage a bénéficié des travaux entrepris par la SONEB dans le cadre des festivités marquant le cinquantenaire de l'Indépendance du Bénin : la SONEB a équipé le forage F11 (ainsi que F12) dans le but de sécuriser l'alimentation en eau potable de la ville. Un piézomètre a également été réalisé à une dizaine de mètres du forage F11 afin de pouvoir y suivre l'évolution des niveaux piézométriques pendant l'essai de pompage, et d'ainsi en déduire le coefficient d'emménagement S de l'aquifère (*voir la réf. [8] pour le rapport d'études complet*). Ces études ont pour but la détermination des paramètres hydrodynamiques utiles au calcul des isochrones 50 et 200 jours, qui correspondent respectivement aux périmètres de protection rapproché et éloigné.

5.3.2.1 Campagne piézométrique

Un inventaire des forages localisés autour de Porto-Novo et des communes environnantes et exploitant la nappe du Continental Terminal a permis de sélectionner 35 ouvrages situés dans un domaine limité au Nord par le village Sogbokomè ; au Sud par Aglogbè, à l'Ouest par Adjarra.

Les pompes de ces ouvrages ont été démontées, ce qui a permis de mesurer le **niveau piézométrique** dans ces ouvrages (profondeur de l'eau par rapport au sol). Ensuite, ces ouvrages ont fait l'objet d'un nivellement : des géomètres de l'IGN ont raccordé l'altitude du sol au niveau de chaque piézomètre au système national de référence. Après cette opération, on dispose de ce qu'on appelle la **côte sol** de chaque piézomètre.

Afin de pouvoir tracer la carte piézométrique de la zone étudiée, il faut reporter sur une carte la localisation de chaque piézomètre de mesure ainsi que sa **côte piézométrique**, égale à :

$$\text{côte piézométrique} = \text{côte sol} - \text{niveau piézométrique}$$

La côte piézométrique correspond à l'altitude absolue de la surface de la nappe, dans le système national de référence. Elle s'exprime en mètres.

Ensuite, par interpolation, on trace les différents **isopièzes** (courbes d'égales côtes piézométriques). La carte ainsi obtenue à Porto-Novo est présentée ci-après :

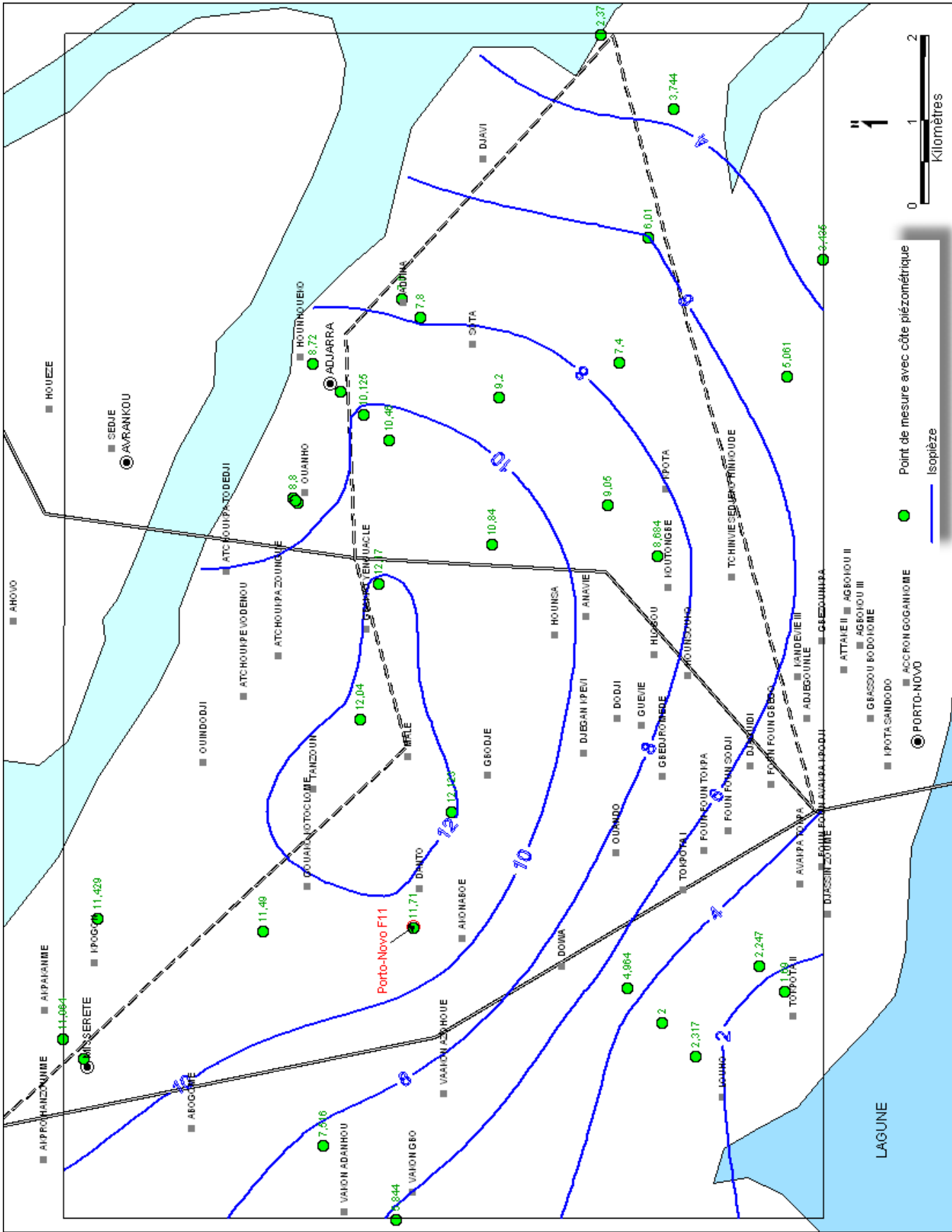


Figure 5.13 - Carte piézométrique de la nappe du Continental Terminal dans la région de Porto-Novo (février 2010).

Cette carte piézométrique nous donne les informations suivantes :

- au niveau de F11, la nappe s'écoule du nord-ouest vers le sud-est en direction de la lagune (les écoulements se dirigent de la plus haute côte piézométrique vers la plus basse). Plus à l'est, les écoulements vont du nord-est vers le sud-ouest,
- la pente de la nappe (ou gradient) aux environs du forage F11 est égale à 0,15%. Ce gradient est égal au quotient de la différence de côte piézométrique entre 2 points sur la distance entre ces 2 points.

5.3.2.2 Création d'un piézomètre

Un piézomètre de 250mm de diamètre et de 107,40m de profondeur a été creusé à 10m du forage F11. Il a été crépiné de 92,82 à 101,13 m de profondeur afin de capter le même compartiment aquifère que F11. Les travaux ont été réalisés du 30 mars au 2 avril 2010.

5.3.2.3 Essais de pompage

Les essais de pompage ont consisté en :

- un essai préliminaire à 3 paliers enchaînés de 2 heures chacun,
- un essai de longue durée de 48 heures suivi de 24 heures de remontée.

Pendant les pompages, les niveaux piézométriques dans le forage F11 et dans le piézomètre voisin sont mesurés à intervalles de temps réguliers. Ces niveaux sont transformés en **rabattements** :

rabattement = niveau piézométrique pendant le pompage – niveau piézométrique initial.

Le report sur un graphe des rabattements en fonction du logarithme du temps permet l'interprétation de l'essai à l'aide de la méthode de Jacob (connaissant le débit de pompage : 104 m³/h), et d'en déduire :

- la Transmissivité : $T = 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- le coefficient d'emmagasinement : $S = 10^{-3}$.

En conclusion, les résultats utiles à la détermination des périmètres sont les suivants :

- Transmissivité $T = 3.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Sens d'écoulement : du nord-ouest vers le sud-est
- Gradient d'écoulement $i = 1,5.10^{-3}$

5.3.3 Détermination des périmètres de protection

En application du logigramme du § 3.5 du guide :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

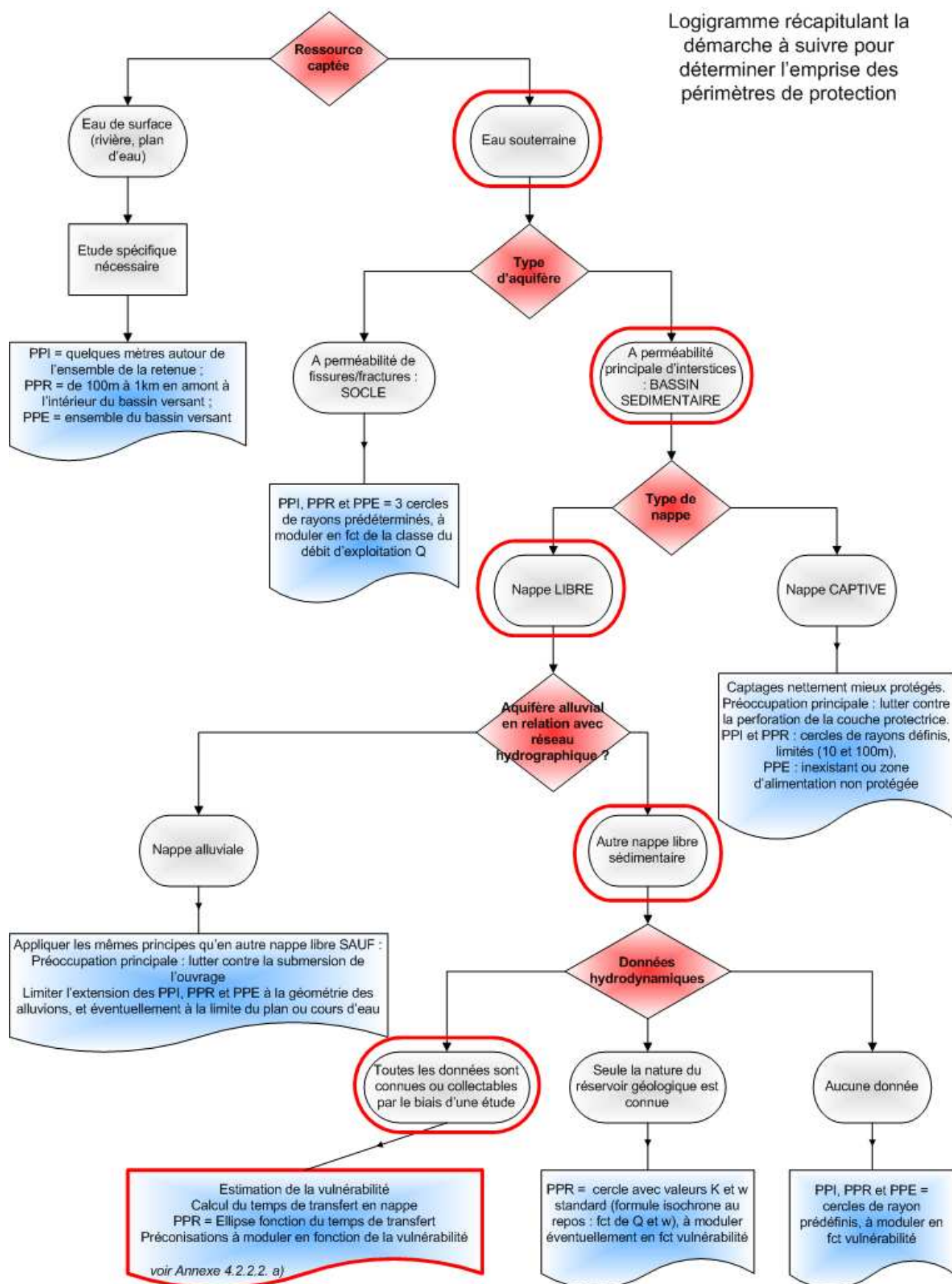


Figure 5.14 - Logigramme pour Porto-Novo

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Ressource captée = eau souterraine

Type d'aquifère = bassin sédimentaire

Type de nappe = nappe libre (pouvant être localement captive, mais globalement libre)

Aquifère alluvial ? = non

Données hydrodynamiques = données complètes acquises lors d'études complémentaires.

=> les périmètres et servitudes sont déterminés selon le calcul des isochrones décrits au § 4.2.2.2. a) :

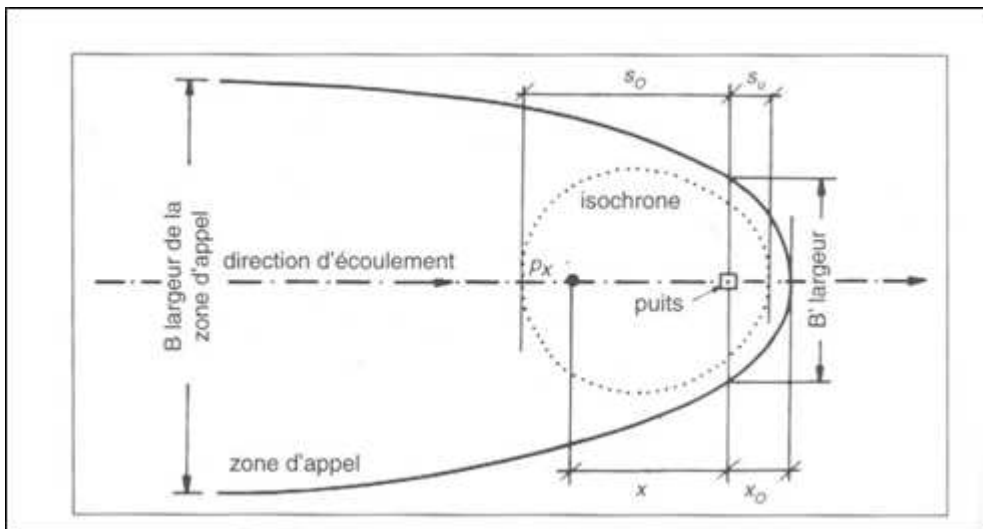


Figure 5.15 - Détermination de la zone d'appel et des isochrones par la méthode de Wyssling (réf. [1])

Les données sont :

- Q = débit d'exploitation = $70 \text{ m}^3/\text{h} = 1,94 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$
- T = Transmissivité = $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- e = épaisseur mouillée de l'aquifère = 23m (de 82 à 105m de profondeur)
- K = Perméabilité = $T/e = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
- ω = porosité efficace = 0,15 pour des sables moyens (tableau du § 4.2.2.2. a)
- Gradient d'écoulement $i = 1,5 \cdot 10^{-3}$
- Sens d'écoulement : du nord-ouest vers le sud-est

On calcule le rayon d'appel x_0 qui correspond à la distance en aval concernée par le pompage :

$$x_0 = \frac{Q}{2 \pi T i} = 1,94 \cdot 10^{-2} / 2 / 3,1416 / 3 \cdot 10^{-3} / 1,5 \cdot 10^{-3} = 688 \text{ m}$$

Calcul de la grandeur intermédiaire $L = K \cdot i \cdot t / \omega$ (avec t = temps)

- Pour $t = 50$ jours, $L = 1,3 \cdot 10^{-4} \times 1,5 \cdot 10^{-3} \times 50 / 24 / 3600 / 0,15 = 5,635 \text{ m}$
- Pour $t = 200$ jours, $L = 1,3 \cdot 10^{-4} \times 1,5 \cdot 10^{-3} \times 200 / 24 / 3600 / 0,15 = 22,539 \text{ m}$

Les valeurs approchées de S_0 et S_u , respectivement les distances en amont et en aval sur l'axe découlement, sont :

$$S_0 = \frac{L + \text{racine}(L(L + 8x_0))}{2}$$

$$S_u = \frac{-L + \text{racine}(L(L + 8x_0))}{2}$$

Il est préférable d'entrer les données et formules de calculs dans un petit classeur Excel pour calculer toutes ces valeurs. Un tel classeur est fourni sur le CD-ROM accompagnant la version électronique du présent guide méthodologique.

Les calculs donnent :

- $S_u = 85\text{m}$ et $S_0 = 91\text{m}$ pour le PPR,
- $S_u = 165\text{m}$ et $S_0 = 188\text{m}$ pour le PPE.

Devant de si faibles différences entre S_u et S_0 , on peut simplifier la délimitation du périmètre en réduisant les ellipses à des cercles, de rayons respectifs de 90m pour le PPR, et 190m pour le PPE.

Il doit exister des plans parcellaires de la zone car elle a été lotie. La SONEB a un plan partiel s'étendant sur une cinquantaine de mètres autour du captage, donc pas assez étendu. En attendant la fourniture du plan parcellaire, les périmètres ont été reportés sur le schéma sommaire ci-dessous.

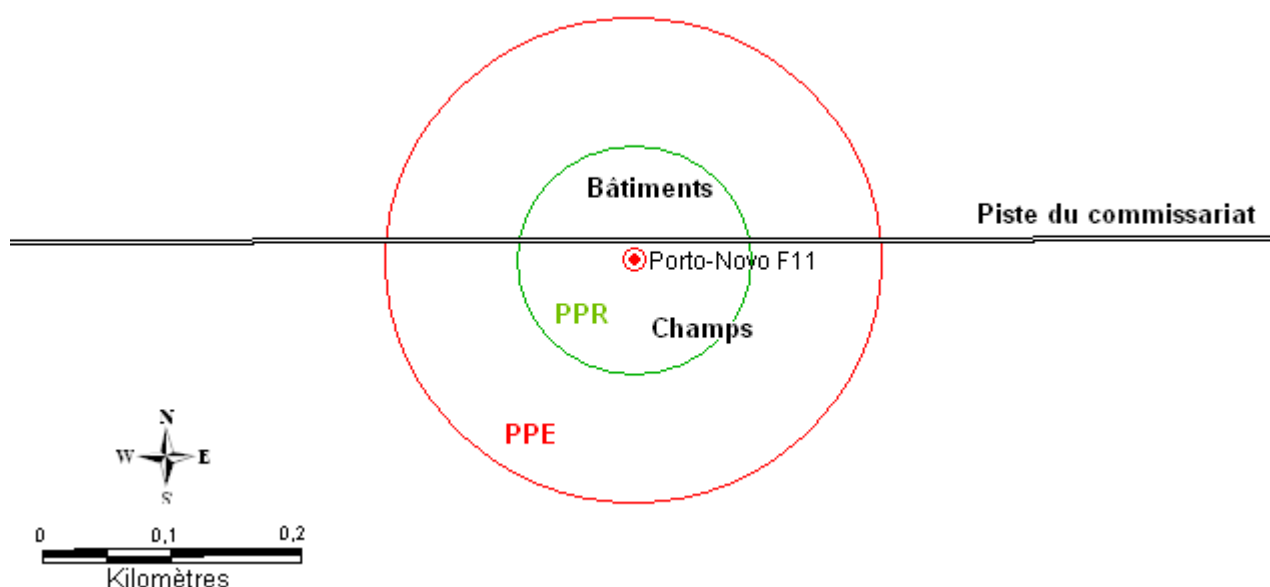


Figure 5.16 - Schéma sommaire des PPR et PPE du forage F11 de Porto Novo

Les périmètres de protection sont donc délimités comme suit :

- Périmètre de protection immédiat (PPI) = cercle de **15m** de rayon autour du captage
- Périmètre de protection rapproché (PPR) = cercle de **90m** de rayon autour du captage
- Périmètre de protection éloigné (PPE) : cercle de **190m** de rayon autour du captage.

La piste du commissariat passe à moins de 5m du captage, donc largement dans le PPI. Dans le PPR se trouvent des champs dans lesquels devront s'appliquer les prescriptions décrites ci-après ; le PPR contient également de nombreuses maisons comme on a pu le constater lors de la visite du 23 avril 2010. La protection du captage F11 s'annonce donc difficile avec la déviation nécessaire de la piste du commissariat pour respecter une distance de 15m pour le PPI, ainsi que des aménagements à réaliser au niveau des maisons se trouvant à l'intérieur du PPR (évacuation des eaux usées hors du PPR notamment). Ces zones de périmètres doivent être inscrites comme prioritaires dans le Plan d'Hygiène et d'Assainissement Communal (PHAC).

Il faudra **comparer le coût de la protection avec le coût de la création d'un nouveau forage** en zone plus facilement protégeable (à condition cette fois de prendre directement les mesures de protection de l'éventuel nouveau forage !).

5.3.4 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile : Autorisé, étant donné que la profondeur de l'eau est à plus de 15m, et que la perméabilité de la zone non saturée est faible.

Exploitation de mines et carrières : interdit

Défrichement : interdit

Forages privés existants : déclaration obligatoire

Création de nouveaux forages privés : demande d'autorisation obligatoire (les forages ne seront autorisés que s'il y a une réelle nécessité), avec obligation de respecter les règles de bonne foration

Zones imperméabilisées : en limiter la taille, pour ne pas empêcher l'infiltration de l'eau

Ouvrages de captage actuels et futurs : les aménager pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles (en cas de crue ou déversement volontaire, vandalisme) par l'espace annulaire : cimenter l'espace annulaire en surface et fermer par un capot fermant à clé la tête de forage.

Captages abandonnés : les reboucher.

Puisards existants : les reboucher.

Création de nouveaux puisards ou de tout moyen d'infiltration des effluents : interdit.

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.

Création d'un réseau d'évacuation des eaux usées pour les habitations existantes.

Latrines : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR.

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : Interdit.

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Epandage de fertilisant et pesticide : n'autoriser que certains produits en concertation avec les CeCPA/CeRPA au cas par cas, avec réglementation des doses.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Respecter scrupuleusement la réglementation générale sur l'environnement.

Informers les habitants et usagers que l'on se trouve en zone protégée, sensibiliser et appeler à la modération des rejets et à la limitation des pollutions diffuses. Se concerter avec les CeCPA/CeRPA sur les produits recommandés et les dosages à effectuer.

5.3.5 Mesures immédiates à prendre

Parmi les mesures décrites ci-avant, les mesures suivantes sont à prendre immédiatement :

Tableau 5.6 - Mesures immédiates à prendre sur le site de Porto-Novo

Périmètre	Actions	Responsables	Coût estimatif
PPI	Clôturer le PPI en respectant la distance de 15m autour du captage là où c'est possible	Commune, SONEB	2 500 000 FCFA
PPR et PPE	Identifier les propriétaires et usagers concernés, les informer et les sensibiliser (opération TRES importante ici vu le défaut de protection du captage F11). Mettre en place le Comité communal de suivi.	PNE, Commune	0 (coût compris dans les actions de sensibilisation menées par le PNE en mai-juin 2010).
PPR	Limiter la vitesse sur la voie toute proche ; restreindre la circulation des matières dangereuses	Commune	Néant.

5.3.6 Calendrier

Le tableau ci-après donne un calendrier sommaire des principales étapes à prévoir pour finaliser la mise en place des périmètres de protection :

Tableau 5.7 – Calendrier de mise en place des périmètres pour le site de Porto-Novo

Activités	Période	Responsables
Rédaction de l'arrêté communal suivant le modèle fourni dans le guide, en y mentionnant dans l'article 13 les prescriptions du § 5.3.4.	Immédiatement (juin 2010)	Commune
Mise en place du Comité communal de suivi	Immédiatement (juin 2010)	Commune, PNE
Définition du fonctionnement du comité de suivi : budget, programme, fréquence des réunions	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Mise en oeuvre des mesures urgentes définies au § 5.3.5. (clôture, sensibilisation, limitation vitesse, restrictions de circulation)	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, SONEB, Comité de suivi
Inscription dans les documents de planification communaux des zones comprises dans les périmètres de protection : PHAC : ces zones sont définies comme prioritaires pour la réalisation d'un réseau d'évacuation des eaux usées et la collecte des déchets liquides et solides. SDAU et PDC : le PPI et le PPR font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement.	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune
Contrôle des éléments réglementés ou interdits dans le PPR. Réglementés : forages, zones imperméabilisées, épandage fertilisants et pesticides. Interdits : excavations, cimetières, inhumations, mines, carrières, défrichement, puisards , défécation, passage des troupeaux, rejet de substances polluantes, vente carburants.	A partir du fonctionnement du Comité de suivi (contrôle <u>continu</u> à partir d'août 2010)	Commune, Comité de suivi, SCEPN, CeCPA
Mise en place de moyens temporaires (en attendant la réalisation du PHAC) ou définitifs de substitution aux installations qui auront été interdites (puisards notamment)	Année 2011	Commune, DHAB

5.4 Site pilote d'Igbomakro (commune de Bassila)

5.4.1 Caractéristiques du captage étudié

(d'après l'état des lieux réalisé au 2^e semestre 2009)

IDENTIFICATION

Num. IRH : **DJO – C – 0165 - 07**

Num. Seau :

Num Margelle : **D 3494**

Projet : **GTZ**

Nom Ouvrage : **AEV**

LOCALISATION

Département : **DONGA**

Commune : **BASSILA**

Arrondissement : **BASSILA**

Village adm : **IGBOMAKRO**

Localité : **IGBOMAKRO**

Longitude : **01°53'44,5"**

Latitude : **09°04'50,7"**

Altitude : **293 m**

DESCRIPTION

Type Ouvrage : **FORAGE**

Diamètre : 126/140 m

Profondeur totale : **73,52 m**

Date foration : **24/07/07**

Etat : **Bon**

Protection physique / face aux ruissellements :

PPI avec clôture fermée à clé. L'intérieur est cimenté.

HYDROGEOLOGIQUE

Aquifère capté : **SOCLE - GRANITE**

Niveau statique : **2,7 m**

Date niveau : **25/07/07**

Profondeur captée : de **43,6 m** à **55,55 m** et **61,46 m** à **67,40 m**

Recouvrement (nature, épaisseur) : 43 m (dont 18 m Altérite et socle 25m)

Lithologie et caractéristique aquifère : **0 – 2 m** sol pédologique ; **2 m – 5 m** altérite ;
5 m – 18 m sable argileux ; 18 m – 73,52 m granite fracturé

Relations avec réseau hydrographique : **Non**

EXPLOITATION

Débit d'exploitation : **10 m³/h**

Système de traitement : **Pot diffuseur de Chlore**

Système de pompage : **Thermique**

ENVIRONNEMENT

Le forage est à 12 m de la voie Bassila – Igbomakro.

Le PPI est entouré de brousse.



Figure 5.17 - Captage AEV d'Igbomakro

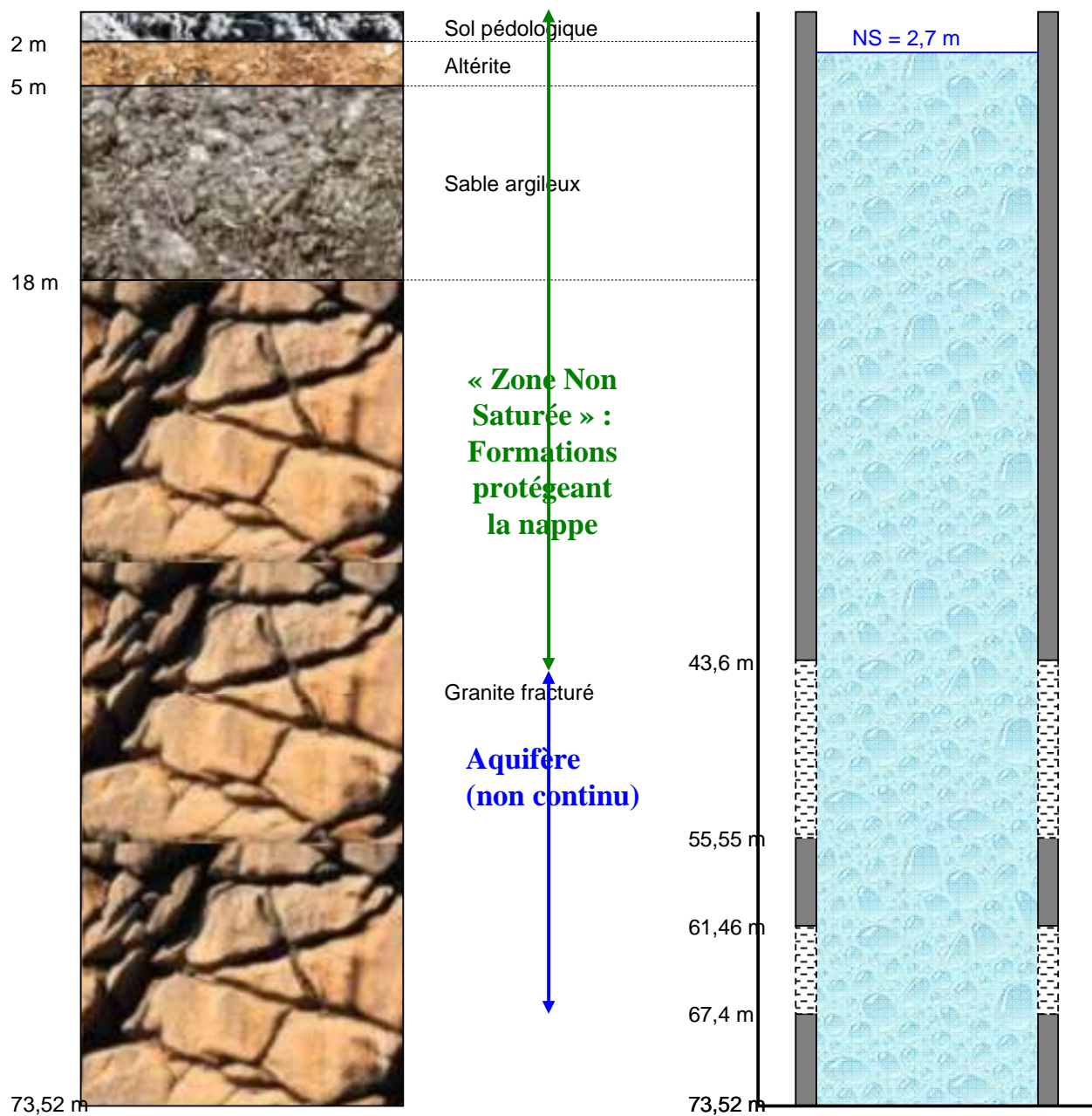


Figure 5.18 - Coupe géologique et technique du forage AEV d'Igbomakro

Le forage capte les formations du socle, où l'eau circule dans les fractures du granite, captées à partir de 43m.

La nappe est captive.

Il y a plus de 40m de zone non saturée.

5.4.2 Détermination des périmètres de protection

En application du logigramme du § 3.5 du guide :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

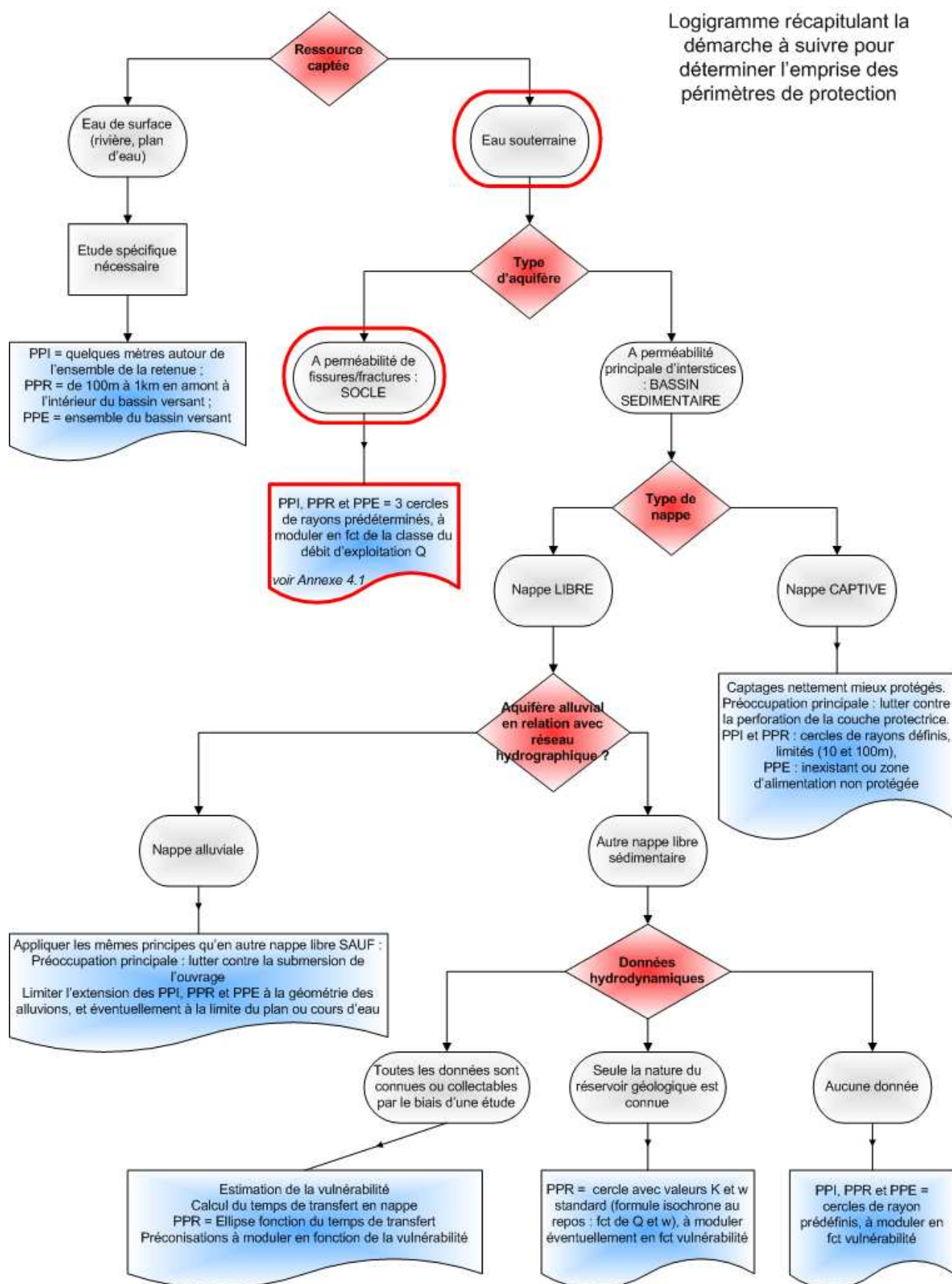


Figure 5.19 - Logigramme pour Igbomakro

Ressource captée = eau souterraine

Type d'aquifère = socle

=> Les périmètres de protection sont des cercles concentriques autour du point de captage, cercles dont le rayon est modulé selon le débit d'exploitation comme l'indique la méthode du § 4.1 :

- Périmètre de protection immédiat (PPI) = cercle de **15m** de rayon autour du captage. La clôture actuelle ne respecte pas cette distance de 15m et devra être déplacée.
- Périmètre de protection rapproché (PPR) = cercle de **250m** de rayon autour du captage (cas d'un débit d'exploitation compris entre 10 et 15 m³/h).
- Périmètre de protection éloigné (PPE) : cercle de **500m** de rayon autour du captage.

Un atelier de sensibilisation des élus et des acteurs partenaires a eu lieu à Bassila le 9 décembre 2009, suivi par un atelier de validation du guide méthodologique et une visite des périmètres le 29 avril 2010. Ensuite, des séances de sensibilisation des populations résidant ou exerçant une activité à l'intérieur des périmètres sera menée par le Partenariat National de l'Eau (PNE). Après ces séances de sensibilisation, le PNE appuiera la Mairie pour mettre en place le Comité de suivi qui veillera aux bonnes observations des servitudes dans les périmètres de protection.

Dans la zone incluse dans le périmètre de protection rapproché (PPR), il n'y a pas d'habitation mais plutôt quelques champs de maïs et de manioc exploités par cinq cultivateurs. On a observé dans ce périmètre, le passage des troupeaux de bœufs qu'il faudra interdire. Tous les terrains situés dans les périmètres rapproché et éloignés appartiennent à une seule collectivité familiale, ne sont pas morcelés ni attribués à des propriétaires différents.

5.4.3 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Tout interdire à part les activités liées à l'exploitation du captage. Stocker les hydrocarbures du groupe électrogène à l'extérieur du PPI.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Excavations, cimetières publics ou privés, inhumations à domicile : interdits car la profondeur de l'eau est très faible

Mines et carrières : interdit

Défrichement : interdit

Création de nouveaux forages privés : déclaration obligatoire, obligation de respecter les règles de bonne foration

Zones imperméabilisées : en limiter la taille, pour ne pas empêcher l'infiltration de l'eau

Futurs ouvrages de captage : les aménager pour empêcher l'infiltration d'eaux superficielles (en cas de crue ou déversement volontaire, vandalisme) par l'espace annulaire : cimenter l'espace annulaire en surface et fermer par un capot fermant à clé la tête de forage.

Création de nouveaux puisards ou de tout moyen d'infiltration des effluents : interdit.

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Passage, abreuvement et divagation des troupeaux : Interdit.

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

Une piste traverse le PPR : limiter la vitesse pour réduire le risque d'accident.

Epandage de fertilisant et pesticide : Interdit

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Respecter scrupuleusement la réglementation existante. Sensibiliser et informer les populations sur les risques domestiques. Se concerter avec les agriculteurs par le biais des CeCPA/CeRPA.

5.4.4 Mesures immédiates à prendre

Outre le contrôle du bon respect des prescriptions décrites précédemment, les mesures urgentes à prendre sur le site d'Igbomakro sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5.8 - Mesures immédiates à prendre sur le site d'Igbomakro

Périmètre	Actions	Responsables	Coût estimatif
PPI	Etendre la clôture actuelle pour respecter la distance de 15m autour du captage (12m au niveau de la route)	Commune	2 800 000 FCFA
PPR et PPE	Identifier les propriétaires et usagers concernés, les informer et les sensibiliser. Mettre en place le Comité communal de suivi.	PNE, Commune	0 (coût compris dans les actions de sensibilisation menées par le PNE en mai-juin 2010).
PPR	Se concerter avec les éleveurs pour qu'ils décalent légèrement leurs itinéraires de passage des troupeaux afin que ceux-ci passent hors du PPR.	Commune	Néant.
	Limiter la vitesse sur la route proche	Commune	Cette légère contrainte n'ouvre pas droit à des compensations. Néant.

5.4.5 Calendrier

Le tableau ci-après donne un calendrier sommaire des principales étapes à prévoir pour finaliser la mise en place des périmètres de protection :

Tableau 5.9 – Calendrier de mise en place des périmètres pour le site d'Igbomakro

Activités	Période	Responsables
Rédaction de l'arrêté communal suivant le modèle fourni dans le guide, en y mentionnant dans l'article 13 les prescriptions du § 5.4.3.	Immédiatement (juin 2010)	Commune
Mise en place du Comité communal de suivi	Immédiatement (juin 2010)	Commune, PNE
Définition du fonctionnement du comité de suivi : budget, programme, fréquence des réunions	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Mise en oeuvre des mesures urgentes définies au § 5.4.4. (clôture, sensibilisation, concertation éleveurs, limitation vitesse)	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Inscription dans les documents de planification communaux des zones comprises dans les périmètres de protection : SDAU et PDC : le PPI et le PPR font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement.	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune
Contrôle des éléments réglementés ou interdits dans le PPR. Réglementés : forages, zones imperméabilisées. Interdits : excavations, cimetières, inhumations, mines, carrières, défrichement, puisards, défécation, passage des troupeaux, rejet de substances polluantes, vente carburants, épandage fertilisants et pesticides.	A partir du fonctionnement du Comité de suivi (contrôle continu à partir d'août 2010)	Commune, Comité de suivi, SCEPN, CeCPA

5.5 Site pilote de Djougou

5.5.1 Caractéristiques du captage étudié

(d'après l'état des lieux réalisé au 2^e semestre 2009)

IDENTIFICATION

LAC TERO

LOCALISATION

Département : **DONGA**
Commune : **DJOUGOU**
Arrondissement : **DJOUGOU I**
Village adm : **LAC TERO**
Localité :

Longitude : **1° 39' 19,5"**
Latitude : **9° 41' 04"**
Altitude : **436 m**
(coordonnées de la prise d'eau)

DESCRIPTION

Type Ouvrage : **Barrage**

Protection physique / face aux ruissellements : **une digue a été construite entre la route Savalou-Djougou et le lac, ainsi qu'une clôture de barbelés et un portail fermé. A noter que les barbelés n'interdisent pas l'accès d'une personne qui voudrait se faufiler, mais empêche le lavage des voitures et des camions dans le lac, tel qu'il se produisait auparavant. La digue pourrait protéger le lac en cas d'accident sur la route et de déversement.**

EXPLOITATION

Débit d'exploitation : **30 m³/h**

Pompage 24h/24 sauf en grande saison pluvieuse : 8h/24.

La production n'est appropriée par rapport aux besoins que 6 mois dans l'année.

Système de traitement : **Coagulation, floculation, décantation,
Filtration, désinfection à l'hypochlorure de calcium**

Système de pompage : **Electrique**



Figure 5.20 - Prise d'eau superficielle de Djougou

5.5.2 Etudes complémentaires

Une étude complémentaire a été menée sur l'ensemble du bassin versant, consistant d'une part en un examen visuel des menaces pesant sur la retenue et d'autre part en des échanges avec la population sur leurs pratiques domestiques et culturelles (*voir réf. [8]*). L'étude a abouti aux conclusions principales suivantes :

- le **comblement par transport de solides représente la première menace pour le barrage** de Djougou : le bassin qui alimente ce barrage est marqué par un **déplacement des déchets solides** et par une **érosion intense**, conséquence de la **dégradation des sols due aux activités agricoles**. Ce risque est d'autant plus élevé que depuis 1991 on a assisté à un **défrichement massif** du bassin versant qui ne dispose plus d'un important couvert végétal pouvant jouer un rôle anti-érosif et favoriser l'infiltration,
- le risque d'une **eutrophisation** de grande envergure pèse sur la retenue d'eau. Ce risque est très évident, puisque les différents types de fertilisants utilisés par les agriculteurs sont drainés vers le barrage par les eaux de ruissellement. Il faut également ajouter la **mauvaise gestion des déchets solides** et le fait que les populations défèquent dans la nature. Tous ces déchets sont acheminés vers le barrage par les eaux de ruissellement

Les recommandations suivantes ont été émises :

Considérant le fait que le comblement du barrage est fortement corrélé à l'érosion qui est très importante dans le bassin, nous suggérons les actions suivantes :

- la vulgarisation des **billons isohypses avec ados végétalisés** dans les champs de pente supérieure à 2,5 %,
- l'adoption par les producteurs de la pratique de **haies et bandes d'herbes anti-érosives** réalisées au moyen d'espèces productives à choisir dans la région en fonction des besoins particuliers de l'exploitation, ou des systèmes de cultures en bandes. Il faudrait que ces espèces productives soient actives au moment où les risques érosifs sont les plus élevés. Ainsi, ces dispositifs pourront permettre de ralentir l'eau ruisselant à la surface du sol pour l'amener à déposer sa charge.
- l'installation de **cordons pierreux** dans les zones de faibles pentes, et des **murettes de pierres en courbe de niveaux** sur les plus fortes pentes, Ces dispositifs offrent l'avantage d'être bien durs, perméables, de ralentir l'eau en la filtrant, et peu coûteux pour les entretiens. De plus, les matériaux nécessaires pour sa construction sont localement disponibles.

Concernant la lutte contre l'eutrophisation :

- la réalisation de **dépotoirs de déchets domestiques** dans les villages pour éviter l'éparpillement de ces déchets sur l'ensemble du bassin. De plus, il est nécessaire que des **WC publics ou communautaires** soient construits dans chaque village afin d'éviter la pollution des eaux du barrage par des coliformes fécaux.
- l'**information** des populations du bassin vis à vis des **risques sanitaires** encourus et la **sensibilisation contre leurs mauvaises pratiques**, car ces populations ignorent les conséquences de leurs différentes activités sur le barrage en général et son eau en particulier.

Au final, il apparaît très clairement qu'il faut entreprendre des actions de grande ampleur **au niveau de l'ensemble du bassin versant** pour :

- **améliorer les pratiques culturelles**, avec appui du CeCPA/CeRPA,
- **doter les villages d'un dispositif d'assainissement**, même sommaire (rôle DHAB et commune),
- **organiser la collecte des déchets solides** (rôle DHAB et commune),
- **informer et sensibiliser les populations** car les populations et les élus ignorent les conséquences des mauvaises pratiques sur la retenue.

Cette information et sensibilisation des populations est d'autant plus importante que, comme le montre l'enquête réalisée dans le cadre de cette étude, les populations du bassin versant n'ont pas conscience de contribuer à la dégradation de la retenue. Voici un résumé de leurs activités et de leurs propos :

La principale activité des populations du bassin est l'agriculture. La superficie des terres cultivées est comprise entre 0,75 ha et 2,5 ha. La majorité de ces terres se situe sur les versants du bassin. Les outils utilisés ne sont que des petits matériels agricoles (houes, dabas, coupe-coupe, etc....). Très peu des agriculteurs utilisent la traction animale. Lors de la préparation des champs, les agriculteurs font un défrichement sans incinération aux moyens des coupe-coupe. Au cours du défrichement, ils forment des andins (tas) qui sont brûlés par la suite après leurs assèchement. Après le nettoyage des champs, ils font deux types de labours à savoir le labour en billon et le labour en butte avec leurs dabas. Le labour en butte se fait pour la culture de l'igname et le labour en billon pour les autres cultures (maïs, coton, sorgho, mil, etc.). En ce qui concerne les billons, ils se font le plus souvent de façon parallèle à la pente du terrain. Selon leurs dires, ils procèdent de cette manière parce que ça provient de leurs parents et c'est facile à faire. Après le semis, les apports en éléments nutritifs se font par

l'utilisation des bourses de vache et les engrais chimiques. Les engrais chimiques sont utilisés essentiellement pour la culture du coton, avec un mode d'application par poquet. Quant à la bourse de vache, elle est appliquée à la volée et surtout pour le maïs, le sorgho et le mil. Pour la culture du coton, ils appliquent par hectare 2 sacs de NPK, 2 sacs d'engrais phosphatés et un 1 sac d'urée. Ces sacs ont une contenance de 50 Kg chacun. Dans la lutte contre les ravageurs (uniquement pour la culture du coton), ils utilisent pour un hectare 2 Litres d'endosulfan, 1 Litre d'acaricide et 1 Litre d'aphicide comme kit de traitement complet.

Les travaux champêtres ne sont pas sans conséquences sur le sol. C'est ainsi que tous les enquêtés ont constaté unanimement des déplacements de sables (érosion) dans leurs champs. Ces déplacements de sables s'observaient depuis qu'ils ont commencé à exploiter ces terres. Selon eux, l'érosion est plus accentuée sur les terrains en pente que sur les plateaux. Face à cette situation, ils n'ont pas pu développer des techniques antiérosives dignes de ce nom. Pour rapporter leurs propos : « **Nous ne faisons pratiquement rien pour lutter contre l'érosion. C'est seulement dans le cas où nous constatons un départ des engrais pendant la pluie que nous essayons de raccorder les billons pour empêcher leur déplacement.** »

A la fin du cycle des cultures, la récolte se fait de façon manuelle. Après la récolte, les résidus de récolte sont abandonnés dans les champs. Pour citer les dires de quelques uns, « **les résidus de récolte sont laissés dans les champs pour les animaux et pour les femmes qui font du savon avec les tiges de sorgho.** » Selon eux, ce mode de gestion des résidus de récolte est hérité de leurs parents.

En ce qui concerne le mode de gestion des déchets solides et des eaux usées, il est pratiquement le même. Les déchets solides sont jetés dans les brousses ou dans les trous non loin des concessions, selon leurs dires. Quant aux eaux usées, elles sont déversées dans la cour des concessions et dans les brousses. « **Nous ne pouvons jeter ces déchets que dans la brousse.** » (Propos d'un enquêté). Presque la totalité des concessions du bassin ne dispose pas de fosses septiques ni de WC. « **Dans ce village, aucune maison n'a de WC, tout le monde va se mettre à l'aise dans la brousse** ». (Propos de plusieurs enquêtés).

Quand nous avons essayé d'avoir leur avis sur les conséquences probables de leurs différentes activités sur la retenue, il nous a été dit ceci : « **Nos activités ne peuvent pas endommager l'eau du bassin** » d'autres ont même dit : « **le barrage est loin de nous, nos déchets ne peuvent pas rejoindre la retenue** » d'autres encore pensent ceci : « **nos activités ne peuvent pas avoir de conséquences sur l'eau du barrage. Et si la qualité de l'eau se détruit ce n'est pas à cause de nous.** »

Les ateliers de sensibilisation menés en décembre 2009 et avril 2010 ont montré qu'un certain nombre de personnes étaient prêtes à tenter de faire évoluer les pratiques une fois qu'elles étaient mises au courant de leurs conséquences néfastes.

En conséquence, pour que la définition des périmètres de protection ait un sens, il est nécessaire que l'ensemble du bassin versant soit concerné. On propose donc que le périmètre de protection le plus extérieur (le périmètre de protection éloigné) corresponde à **l'ensemble du bassin versant**. C'est d'ailleurs ce que préconise le présent guide pour l'ensemble des retenues d'eau superficielle destinées à l'alimentation humaine au Bénin.

5.5.3 Détermination des périmètres de protection

En application du logigramme du § 3.5 du guide :

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Logigramme récapitulant la démarche à suivre pour déterminer l'emprise des périmètres de protection

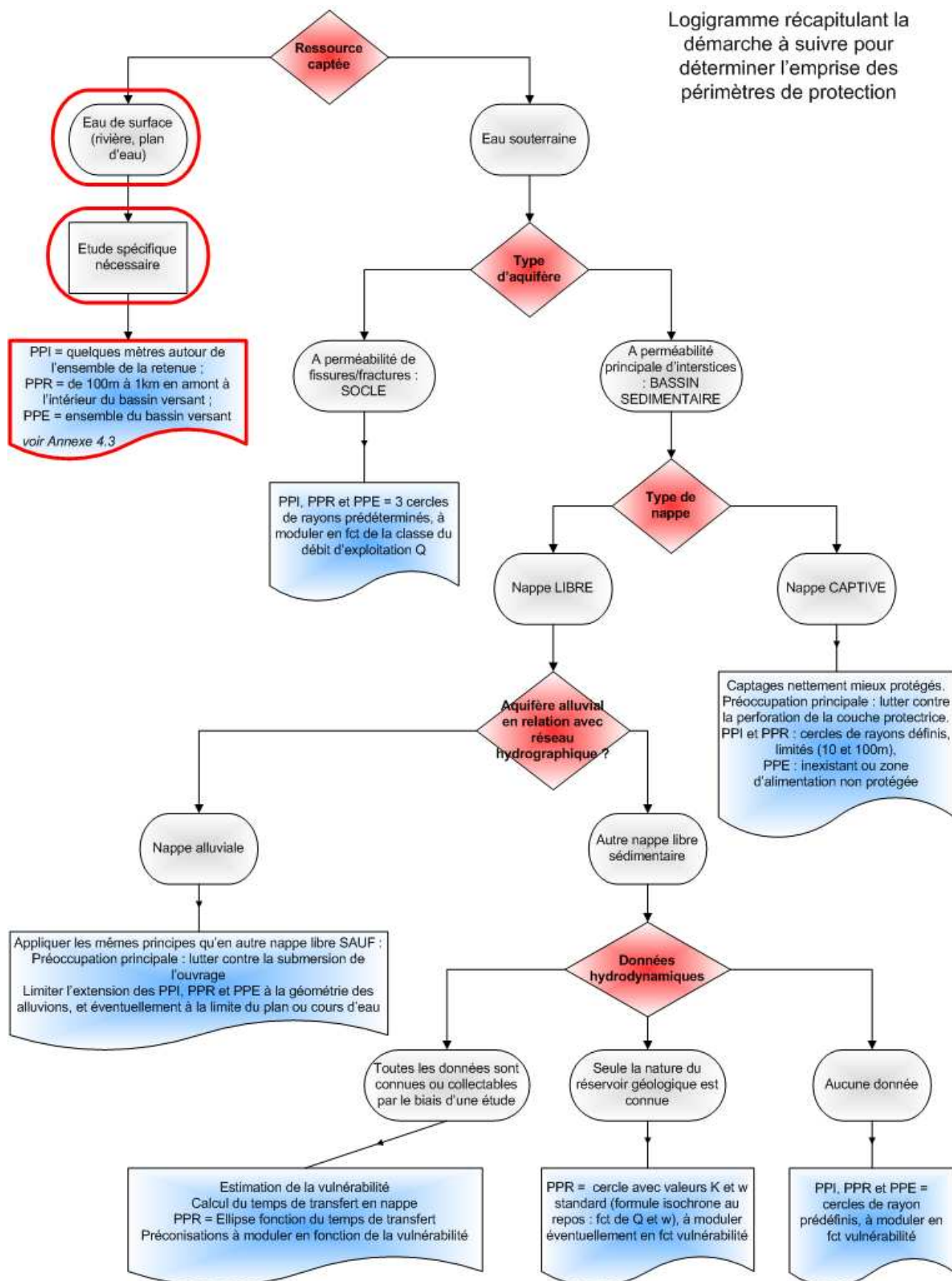


Figure 5.21 - Logigramme pour le lac Tero à Djougou

Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable

Ressource captée = eau de surface

Une étude spécifique a été réalisée (principales conclusions : le comblement de la retenue par l'érosion est la principale menace, une menace secondaire est l'eutrophisation de la retenue).

=> Les périmètres de protection doivent suivre la méthodologie décrite au § 4.3 :

- Périmètre de protection immédiat (PPI) = quelques mètres autour de l'ensemble de la retenue,
- Périmètre de protection rapproché (PPR) = zone de 100 m à 1 km autour de la retenue, à l'intérieur du bassin versant. Pour le cas du Djougou, on choisit la distance de 1 km pour pouvoir inclure le lotissement de Sapaha et les futurs terrains constructibles et cultivables qui s'y trouvent,
- Périmètre de protection éloigné (PPE) : ensemble du bassin versant.

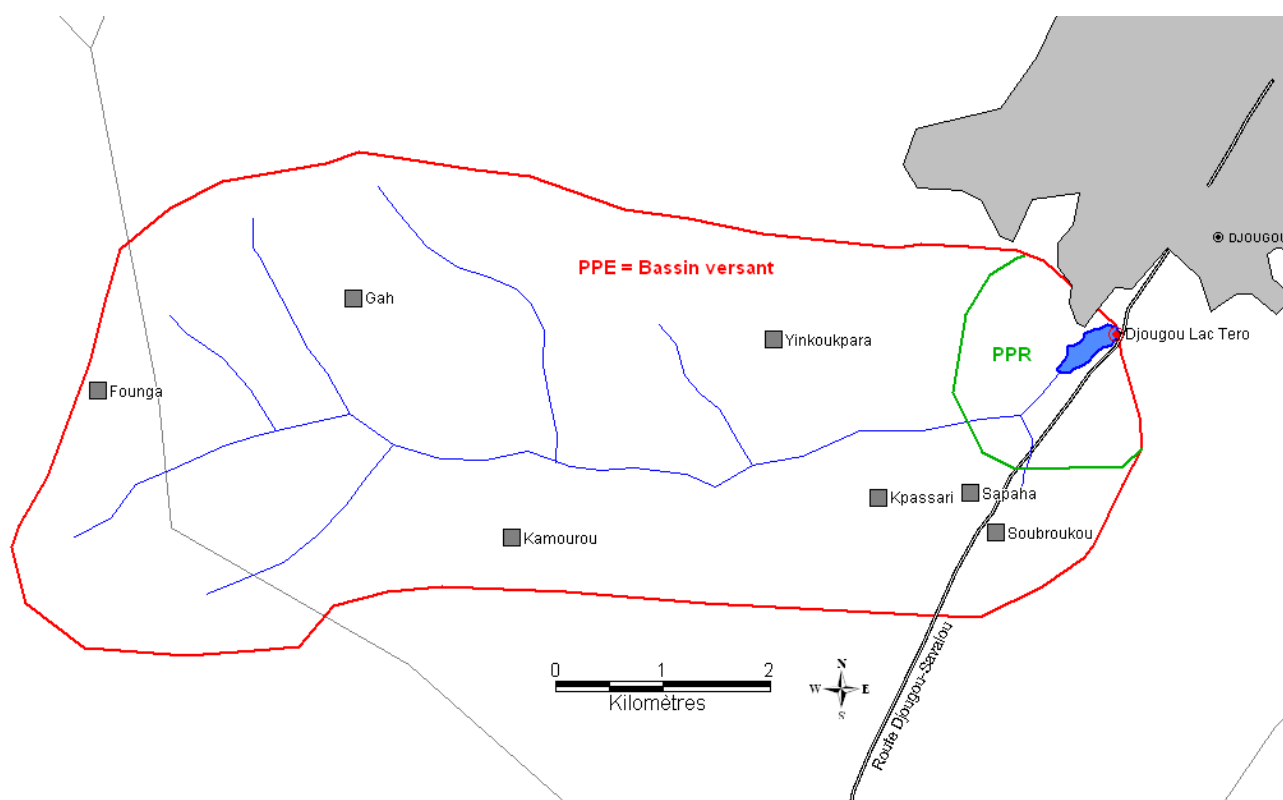


Figure 5.22 - Délimitation des PPR et PPE



Figure 5.23 - Détail du PPR

Le périmètre de protection rapproché (PPR) comprend quelques villas très proches de la retenue à son nord-ouest, le futur « Lotissement de Sapaha » au sud de la retenue, la route goudronnée à fort trafic Djougou-Savalou et quelques constructions à l'est de la route comme le motel du Lac. Il existe un plan parcellaire que nous avons pu voir en Mairie le 28 avril 2010 ; nous sommes en attente d'une copie de ce plan pour y reporter les limites du PPR. D'après nos observations préliminaires, les lots parcellaires concernés par le périmètre rapproché dans le lotissement de Sapaha sont :

- Lots 8 à 25
- Lots 54 à 77
- Lots 79 à 80
- Lots 105 à 108
- Lot 118
- Marché.

5.5.4 Prescriptions

Périmètre de Protection Immédiat (PPI)

Le PPI sera acquis en totalité par la Collectivité et son accès interdit aux hommes et aux animaux tout le long du périmètre afin d'en interdire toute activité pouvant s'y dérouler comme le passage et l'abreuvement des troupeaux, la pêche, le lavage des véhicules, le rejet de déchets solides et liquides, les activités liées au fétichisme. La clôture actuelle doit donc être complétée pour fermer l'ensemble de la retenue.

Des séances particulières de pêches pourront avoir lieu, organisées et encadrées par la Mairie et la SONEB.

Périmètre de Protection Rapproché (PPR)

Mise en place de meilleures pratiques culturelles telles que décrites au § 5.5.2 pour lutter contre le comblement de la retenue (billons isohypses avec ados végétalisés, haies et bandes d'herbes anti-érosives, cordons pierreux, murettes de pierres).

Epandage de fertilisant et pesticide : Interdit.

Infiltration d'eaux pluviales et usées par le biais de puisards : Interdit.

Latrines existantes : les rendre étanches (type « ecosan ») ou les déplacer à l'extérieur du PPR.

Usage du terrain en tant que « lieu d'aisance » : Interdit.

Créer des latrines améliorées pour les maisons incluses dans le PPR s'il n'existe pas de toilettes (présences de villas très proches au nord-ouest de la retenue).

Rejets de substances polluantes, stockage d'hydrocarbures, aires de lavage des véhicules, aires de stationnement, canalisations souterraines transportant des eaux usées ou des substances polluantes : Interdit.

Vente de carburants : Interdit.

La route à très fort trafic Djougou-Bassila traverse le PPR de part en part. Il paraît impossible de pouvoir la déplacer, aussi on mettra en place des mesures pour réduire les accidents (réduire la vitesse), sachant que le fossé actuel entre la route et la retenue doit permettre de retenir au moins une partie des polluants en cas de déversement suite à un accident.

Périmètre de Protection Eloigné (PPE)

Mettre en œuvre les recommandations émises par l'étude complémentaire telles que décrites au § 5.5.2 :

Améliorer les pratiques culturelles pour lutter contre l'érosion, avec appui du CeCPA/CeRPA,

Doter les villages d'un dispositif d'assainissement, même sommaire (rôle DHAB et commune),

Organiser la collecte des déchets solides (rôle DHAB et commune),

Informier et sensibiliser les populations car les populations et les élus ignorent les conséquences des mauvaises pratiques sur la retenue.

et aussi Contrôler que la réglementation existante (hygiène, environnement) est bien respectée.

5.5.5 Mesures immédiates à prendre

Parmi les mesures décrites ci-avant, les opérations à réaliser immédiatement sont :

Tableau 5.10 - Mesures immédiates à prendre sur le site de Djougou

Périmètre	Actions	Responsables	Coût estimatif
PPI	Compléter la clôture actuelle (il reste 1350m à clôturer sur les 2368m de périmètre total)	Commune, SONEB	35 000 000 FCFA
PPR et PPE	Identifier les propriétaires et usagers concernés, les informer et les sensibiliser. Mettre en place le Comité communal de suivi.	PNE, Commune	0 (coût compris dans les actions de sensibilisation menées par le PNE en mai-juin 2010).
PPR	Réduire la vitesse sur la route au niveau de la retenue Créer des latrines améliorées pour les 2 villas très proches si le personnel n'a pas accès à des toilettes	Commune Propriétaires	Néant. 4 000 000 FCFA

5.5.6 Calendrier

Le tableau ci-après donne un calendrier sommaire des principales étapes à prévoir pour finaliser la mise en place des périmètres de protection :

Tableau 5.11 - Calendrier de mise en place des périmètres pour le site de Djougou

Activités	Période	Responsables
Rédaction de l'arrêté communal suivant le modèle fourni dans le guide, en y mentionnant dans l'article 13 les prescriptions du § 5.5.4.	Immédiatement (juin 2010)	Commune
Mise en place du Comité communal de suivi	Immédiatement (juin 2010)	Commune, PNE
Définition du fonctionnement du comité de suivi : budget, programme, fréquence des réunions	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, Comité de suivi
Mise en oeuvre des mesures urgentes définies au § 5.5.5. (clôture, sensibilisation, limitation vitesse, latrines améliorées)	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune, SONEB, Comité de suivi
Inscription dans les documents de planification communaux des zones comprises dans les périmètres de protection : PHAC : ces zones sont définies comme prioritaires pour la réalisation d'un réseau d'évacuation des eaux usées et la collecte des déchets liquides et solides. SDAU et PDC : le PPI et le PPR font partie des zones réservées où l'on ne construira pas de nouveau lotissement.	Dans les 3 prochains mois (jusqu'à août 2010)	Commune
Contrôle des éléments réglementés ou interdits dans le PPR. Interdits : défrichement, puisards, défécation, rejet de substances polluantes, vente carburants, épandage de fertilisants et pesticides.	A partir du fonctionnement du Comité de suivi (contrôle continu à partir d'août 2010)	Commune, Comité de suivi, SCEPN, CeCPA
Mise en place de moyens de substitution aux installations qui auront été interdites dans le PPR (puisards, épandage d'engrais, construction de latrines pour lutter contre la défécation dans la brousse)	Année 2011	Commune, DHAB, CeCPA, Comité de suivi
Mise en oeuvre des recommandations dans le PPE : Latrines publiques dans les villages, amélioration des pratiques culturelles, collecte des déchets liquides et solides.	Année 2012	Commune, DHAB, CeCPA, Comité de suivi

ANNEXE 6

Cahiers des charges types pour la réalisation d'études complémentaires

6 ANNEXE 6 : CAHIERS DES CHARGES TYPES POUR LA REALISATION D'ETUDES COMPLEMENTAIRES

6.1 **Elaboration d'une carte piézométrique**

Objectifs

Le but de la carte piézométrique est de déterminer la direction, le sens et le gradient des écoulements pour une nappe contenue dans un **aquifère de type sédimentaire**. Son élaboration suit une procédure en 11 étapes :

- Définition de la zone d'étude,
- Inventaire des points d'eau de la zone d'étude accessibles et **captant la même nappe** que le point de captage considéré,
- sélection des points d'eau qui seront utilisés pour l'élaboration de la carte piézométrique,
- Nivellement des ouvrages sélectionnés,
- Organisation d'une campagne de mesures piézométriques,
- Mesure du niveau piézométrique dans les ouvrages sélectionnés,
- Calcul de la côte piézométrique dans chaque ouvrage sélectionné,
- Report des côtes piézométriques ponctuelles sur une carte,
- Tracé des différents isopièzes,
- Détermination du sens et du gradient d'écoulement dans les environs du captage étudié,
- Fourniture d'un rapport d'étude complet.

1. Définition de la zone d'étude

L'étendue de la zone d'étude doit être définie en fonction de l'étendue de l'aquifère capté. Si l'aquifère est suffisamment étendu, on pourra choisir une zone d'étude s'étendant de 10 à 15 km autour du point d'eau étudié.

2. Inventaire des points d'eau

A l'intérieur de la zone d'étude, l'ensemble des points d'eau (accessibles et captant la même nappe que l'ouvrage étudié) sera inventorié. Cet inventaire détaillera les capacités d'accès à l'ouvrage (au bord d'une route ou piste, en tenant compte de l'état en saison des pluies par exemple), les capacités de mesure (l'ouvrage est-il fermé, dispose t-il d'un passe-sonde, ...), les coordonnées précises de l'ouvrage, ainsi que la personne responsable à contacter (avec de préférence un numéro de téléphone).

3. Sélection des points d'eau

Parmi les points d'eau inventoriés, on sélectionnera les points qui seront utilisés pour la suite de l'étude. La densité des points à obtenir doit être fonction de l'intensité des variations spatiales de piézométrie attendues : s'il est reconnu que la piézométrie est très régulière dans une zone, il ne sera pas nécessaire de retenir de nombreux points dans cette zone.

Cette étape doit aboutir à la sélection de points :

- assez régulièrement répartis dans la zone d'étude,
- dont la coupe géologique est fiable (afin d'être certain de mesurer les niveaux dans la même nappe),
- faciles d'accès (à proximité de routes ou pistes en bon état),
- où la mesure est simple (présence d'un passe-tube ou capot fermé avec un cadenas dont les clés sont facilement accessibles).

Un nombre de 20 à 35 points d'eau semble être un objectif raisonnable.

4. Nivellement des points d'eau

Les forages sélectionnés devront être nivelés par un géomètre avec détermination de leur **côte au sol** après un rattachement au système national du Bénin. C'est une étape primordiale qu'il ne faut pas négliger.

5. Organisation d'une campagne de mesures piézométriques

Les mesures piézométriques sur les différents ouvrages retenus devront être le plus synchrones possibles pour s'affranchir des variations naturelles. La durée maximale de la campagne de mesures est fixée à une semaine. Il sera établi un planning de passage sur les différents ouvrages. Les dates et heures de passage seront communiqués quelques jours à l'avance aux différents gestionnaires des ouvrages afin qu'ils puissent en garantir l'accès lors de la mesure.

6. Mesure du niveau piézométrique

Préalablement à la mesure, il peut être nécessaire de faire démonter la pompe de l'ouvrage afin de pouvoir passer la sonde. Les niveaux d'eau seront mesurés à l'aide d'une sonde piézométrique en bon état de marche et disposant d'une alerte facilement identifiable quand elle rencontre l'eau (alerte sonore de préférence, ou lumineuse). Le point de repère sera le sol. Les niveaux statiques seront sondés avec la précision du centimètre.

7. Calcul de la côte piézométrique

En chaque point de mesure, il sera calculé la **côte piézométrique** de la façon suivante :

$$\text{côte piézométrique} = \text{côte sol} - \text{niveau piézométrique}$$

La côte piézométrique correspond à l'altitude absolue de la surface de la nappe, dans le système national du Bénin. Elle s'exprime en mètres.

8. Cartographie des côtes piézométriques ponctuelles

Tous les points de mesure seront reportés sur une carte, avec indication de leur côte piézométrique.

9. Tracé des isopièzes

Les isopièzes (courbes d'égales côtes piézométriques) composant la carte piézométrique seront tracés par interpolation entre les différents points mesurés. Il est préférable d'adopter une méthode de tracé manuelle afin d'isoler les éventuels points aberrants.

10. Détermination du sens et du gradient d'écoulement

La carte piézométrique ainsi tracée est ensuite utilisée pour déterminer, dans la région proche du captage étudiée :

- la direction et le sens d'écoulement (les écoulements se dirigent de la plus haute côte piézométrique vers la plus basse),
- la pente de la nappe ou gradient d'écoulement. Ce gradient est égal au quotient de la différence de côte piézométrique entre 2 points sur la distance entre ces 2 points.

11. Rapport d'étude

Un rapport d'étude détaillera toutes les étapes précédentes, avec notamment :

- Un tableau synthétique mentionnant tous les points de mesure avec la date de mesure, la côte au sol du piézomètre, la profondeur du niveau piézométrique, la côte piézométrique calculée ainsi que les coordonnées du piézomètre,
- La carte piézométrique,
- Une indication des principes et hypothèses qui ont guidé le tracé de la carte piézométrique.

Éléments de coûts

Dans l'exemple de notre site pilote de Porto-Novo (une trentaine de points de mesure), les différents coûts par postes ont été les suivants (étude réalisée en février-mars 2010) :

Tableau 6.1 - Éléments de coûts pour l'élaboration d'une carte piézométrique

Prestation	Coût
Ingénierie : définition de la zone d'étude, inventaire et sélection des points d'eau, organisation campagne piézométrique, calcul des côtes piézométriques, tracé de la carte piézométrique et détermination du sens et du gradient d'écoulement	200 000 FCFA
Nivellement des points par géomètre	2 250 000 FCFA
Dépose et repose des pompes	150 000 FCFA
Mesure des niveaux piézométriques	100 000 FCFA
TOTAL	2 700 000 FCFA

6.2 Réalisation d'un essai de pompage de longue durée

Objectifs

Afin de pouvoir déterminer conjointement la Transmissivité et le coefficient d'emmagasinement, il est nécessaire de réaliser un essai de pompage de plusieurs heures (dit « pompage d'essai ») dans le captage étudié et de suivre l'évolution des niveaux dans l'ouvrage de pompage et dans un ouvrage proche (suffisamment proche pour être influencé par le pompage). S'il n'existe pas d'ouvrage suffisamment proche, il est conseillé de réaliser un piézomètre si le budget le permet. Sinon, on peut se passer du piézomètre mais seule la Transmissivité pourra alors être déterminée.

Le pompage d'essai nécessite la collaboration d'un hydrogéologue et d'une entreprise de pompage, pour :

- Déposer l'éventuel système de pompage existant dans le captage étudié,
- Procéder aux essais de pompage,
- Superviser les pompages et noter les rabattements de la nappe dans l'ouvrage de pompage et l'éventuel piézomètre,
- Reposer l'éventuel système de pompage existant,
- Interpréter les résultats,
- Fournir un rapport d'étude complet.

1. Dépose de l'éventuel système de pompage en place

Dans le cas où l'ouvrage étudié dispose d'un système de pompage, il faudra l'enlever afin de pouvoir placer la pompe d'essai (dont on pourra faire varier le débit en fonction des conditions de l'essai).

2. Essai de pompage

L'essai débutera par un pompage par paliers enchaînés (3 paliers de débit de 30 minutes afin de pouvoir estimer les pertes de charge de l'ouvrage de pompage). Les débits seront fixés par l'hydrogéologue supervisant l'opération. Le but est de pomper à 3 débits croissants différents, le 3e palier devant être proche du débit maximal possible.

On enchaînera ensuite sur un pompage de 24 heures en milieu sédimentaire, 48 heures dans le socle, après avoir laissé la nappe remonter à son niveau initial. Le débit de pompage sera suffisamment élevé pour induire un rabattement significatif, mais devra pouvoir être tenable pendant toute la durée de l'essai sans nécessiter de baisse, si possible. En cas de variation du débit de pompage, il est très important de noter ces variations.

Les niveaux piézométriques dans l'ouvrage de pompage et dans le piézomètre seront suivis pendant les essais par palier, l'essai de longue durée et pendant la remontée de la nappe après pompage (très important). On se munira de fiches faisant apparaître au minimum les colonnes date/heure, débit de pompage, niveau dans l'ouvrage de pompage, niveau dans le piézomètre. D'autres informations pourront être ajoutées (temps depuis le début du pompage, rabattement, observations, etc).

3. Supervision

Les opérations de pompage seront supervisées par un hydrogéologue, notamment lors de la détermination des différents débits de pompage (paliers et essai longue durée).

4. Repose de l'éventuel système de pompage en place

L'éventuel système de pompage existant devra ensuite être remis en place dans l'ouvrage.

5. Interprétation des résultats

Les données de rabattement selon interprétées selon une méthode appropriée au contexte hydrogéologique et à la forme de la courbe de rabattement. L'interprétation aboutira à la détermination de la transmissivité T , et également du coefficient d'emménagement S si l'essai a été suivi sur un piézomètre proche.

6. Rapport d'essai

Il sera fourni un rapport d'essai détaillant :

- les opérations de pompage,
- les fiches de relevé des temps / débits / niveaux dans l'ouvrage de pompage et l'éventuel piézomètre,
- l'interprétation des résultats, avec fourniture des courbes rabattements en fonction de $\log(\text{temps})$.

Éléments de coûts

Dans l'exemple de notre site pilote de Porto-Novo (pompage de 48 heures), les différents coûts par postes ont été les suivants (étude réalisée en avril 2010) :

Tableau 6.2 - Eléments de coûts pour la réalisation d'un essai de pompage

Prestation	Coût
Amenée initiale, montage et démontage de l'atelier de pompage et repli fin de travaux	200 000 FCFA
Essai de pompage de longue durée (48 heures de descente et 12 heures de remontée)	1 000 000 FCFA
Supervision des opérations et interprétation des résultats	100 000 FCFA
TOTAL	1 300 000 FCFA

6.3 Etude approfondie du bassin versant d'une étendue d'eau superficielle pour en déduire les menaces de sédimentation et d'eutrophisation qui pèsent sur elle

Le but de ce type d'étude de bassin versant est d'analyser les causes de dégradation d'un plan d'eau. Ici on se focalise sur les risques de sédimentation et d'eutrophisation.

Partie Erosion / Sédimentation

Objectifs

Etant donné que :

- la variabilité pluviométrique induit une dynamique hydro-sédimentaire dans le bassin alimentant l'étendue d'eau,
- les activités anthropiques, agricoles notamment, fragilisent l'équilibre des écosystèmes dudit bassin et concourent au comblement de la retenue d'eau et à la réduction de la qualité de l'eau stockée,
- le renforcement des stratégies endogènes et la proposition de mesures de gestion permettent de limiter les risques érosifs et le comblement de la retenue pour un développement durable.

Il va s'agir de manière générale, d'étudier d'une part les variations pluviométrique et hydrologique et leur rôle dans les processus sédimentologiques de la retenue d'eau et de caractériser l'impact des activités anthropiques sur l'accélération desdits processus sédimentologiques afin de proposer des stratégies de mitigation.

Spécifiquement, cette étude devra :

- analyser la variabilité pluviométrique dans le bassin alimentant la retenue,
- identifier les composantes physiques et anthropiques qui commandent la dynamique hydro-sédimentaire dans ledit bassin au regard de la dynamique environnementale passée et récente. Les activités anthropiques seront recensées lors d'**enquêtes exhaustives de terrain**, pendant lesquelles on interrogera également les populations sur leurs pratiques et sur leurs capacités à évoluer dans le but de préserver la ressource en eau,
- analyser les impacts de la dynamique hydro-sédimentaire sur la disponibilité et la qualité de la ressource hydrique de la retenue,
- proposer des pratiques antiérosives adéquates au milieu d'étude.

Résultats attendus :

- les facteurs physiques et humains qui commandent la dynamique hydro-sédimentaire du complexe sont connus.
- les indicateurs de la vulnérabilité du plan d'eau sont évalués,
- des stratégies de mitigation pour une meilleure restauration et une protection de l'écosystème du bassin, notamment les mesures antiérosives adéquates sont identifiées et proposées.

Partie Eutrophisation

Objectifs

Il va s'agir de manière générale, d'étudier la dynamique d'eutrophisation du plan d'eau et de proposer des mesures de prévention ou de restauration de ce plan d'eau. Spécifiquement, cette étude vise à :

- déterminer les causes directes et indirectes de l'eutrophisation du plan d'eau,
- évaluer l'ampleur du phénomène au niveau dudit plan d'eau,
- proposer des stratégies et actions pour contrer le phénomène d'eutrophisation.

Matériels et méthodes

1- Pour la détermination des causes du phénomène d'eutrophisation, une prospection fine du bassin versant alimentant le plan d'eau sera effectuée, suivie d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif à base de fiches préalablement élaborées. Ces investigations seront réalisées par l'approche MARP (Méthode Accélérée de Recherche Participative) appuyées par d'entretiens semi-directifs, d'interviews directes et de focus-group.

2- Pour procéder à l'étude de l'eutrophisation du plan d'eau, les principales mesures d'analyse suivantes seront réalisées :

- un profil de l'oxygène dissous et de la température, à 0.5 mètre et ensuite à tous les mètres,
- une mesure de la transparence de l'eau avec le disque de Secchi,
- une mesure de la conductivité de l'eau,
- une mesure du pH de l'eau,
- une mesure de la concentration de chlorophylle "a",
- une mesure de la concentration de phosphore total.

L'échantillonnage se fera avec un guide connaissant bien le plan d'eau et à bord d'une embarcation.

3- Ces mesures d'analyse seront complétées par une liste des principales espèces de plantes rencontrées dans le plan d'eau.

Éléments de coûts

Dans l'exemple de notre site pilote de Djougou, les différents coûts par postes ont été les suivants (étude réalisée en février 2010) :

Tableau 6.3 - Éléments de coûts pour la réalisation d'études portant sur la sédimentation et l'eutrophisation à l'intérieur d'un bassin versant

Prestation	Coût
Enquête approfondie sur les activités anthropiques, dépouillements, interprétations et élaboration de mesures correctives	1 200 000 FCFA
Prélèvement des sédiments du fond du lit et des matières en suspension	300 000 FCFA
Location de matériel pour analyses in-situ	400 000 FCFA
Analyses bactériologiques et physico-chimiques en laboratoire	300 000 FCFA
TOTAL	2 200 000 FCFA