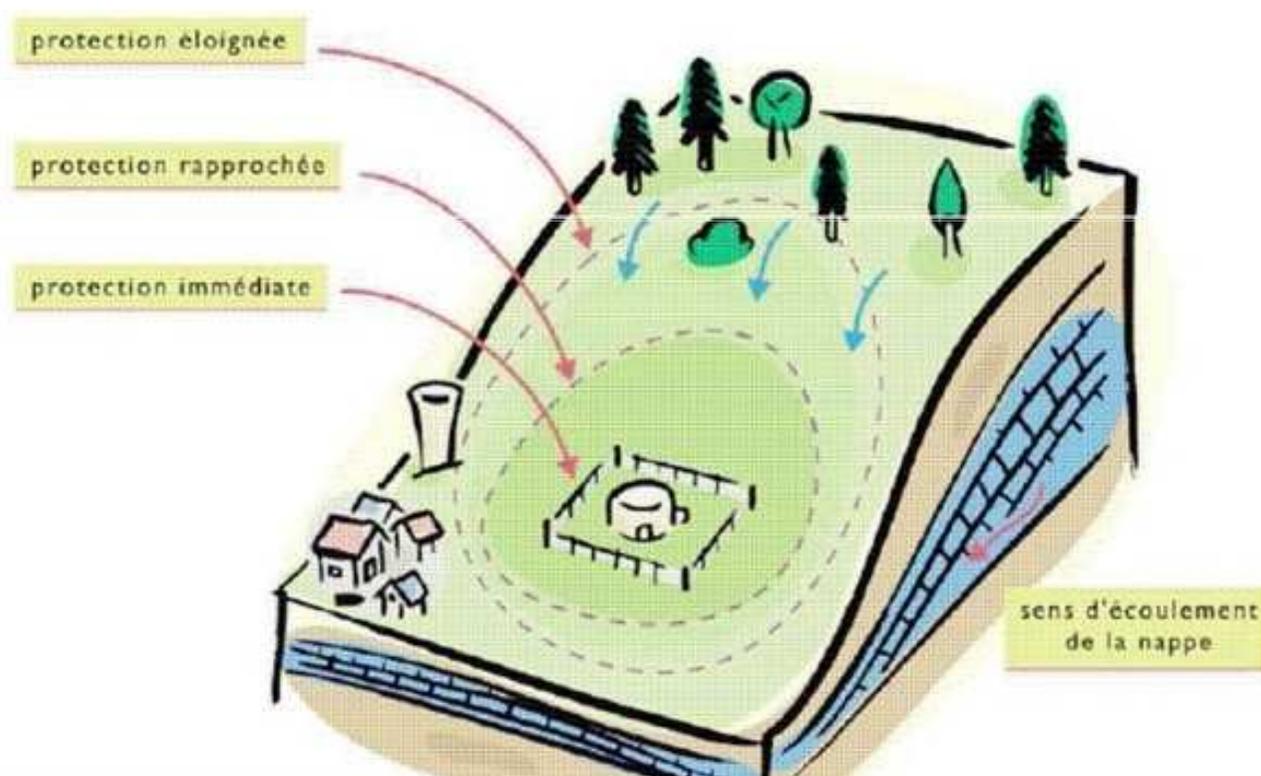
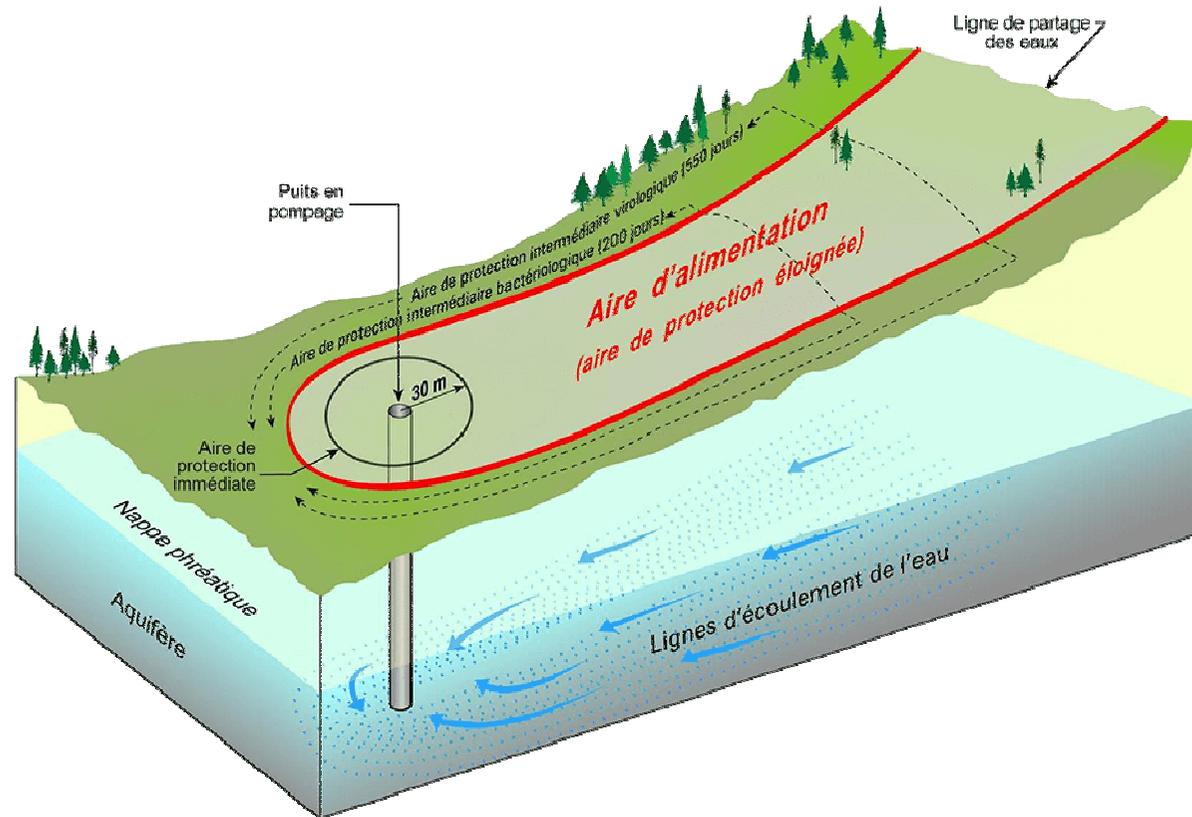


# VULNERABILITE ET PERIMETRES DE PROTECTION DES OUVRAGES DE CAPTAGE D'EAU



Cours préparé par Azzedine Hani, Professeur UBMA



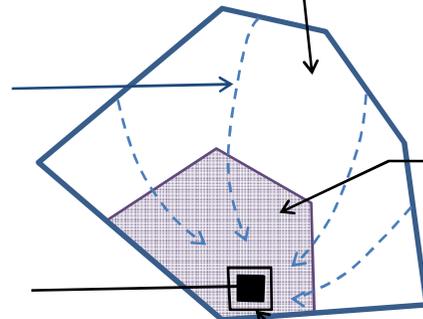
# EAUX SOUTERRAINES

## **PERIMETRE ELOIGNE** (Facultatif)

Zone des réglementations supplémentaires à la réglementation générale

Ecoulement souterrain

Captage



## **PERIMETRE RAPPROCHE**

Zone des interdictions des activités risquant de polluer l'eau

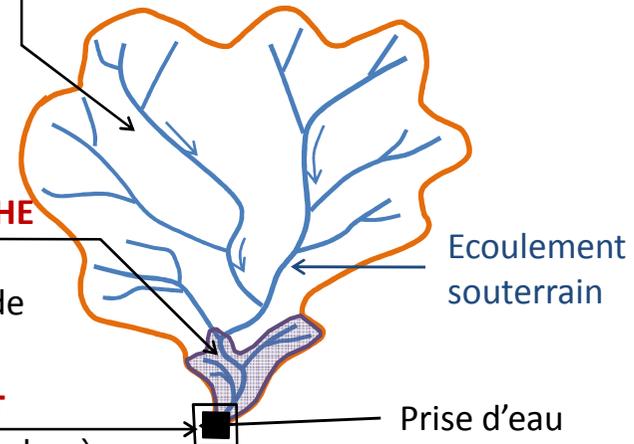
## **PERIMETRE IMMEDIAT**

Zone de protection absolue à accès interdit

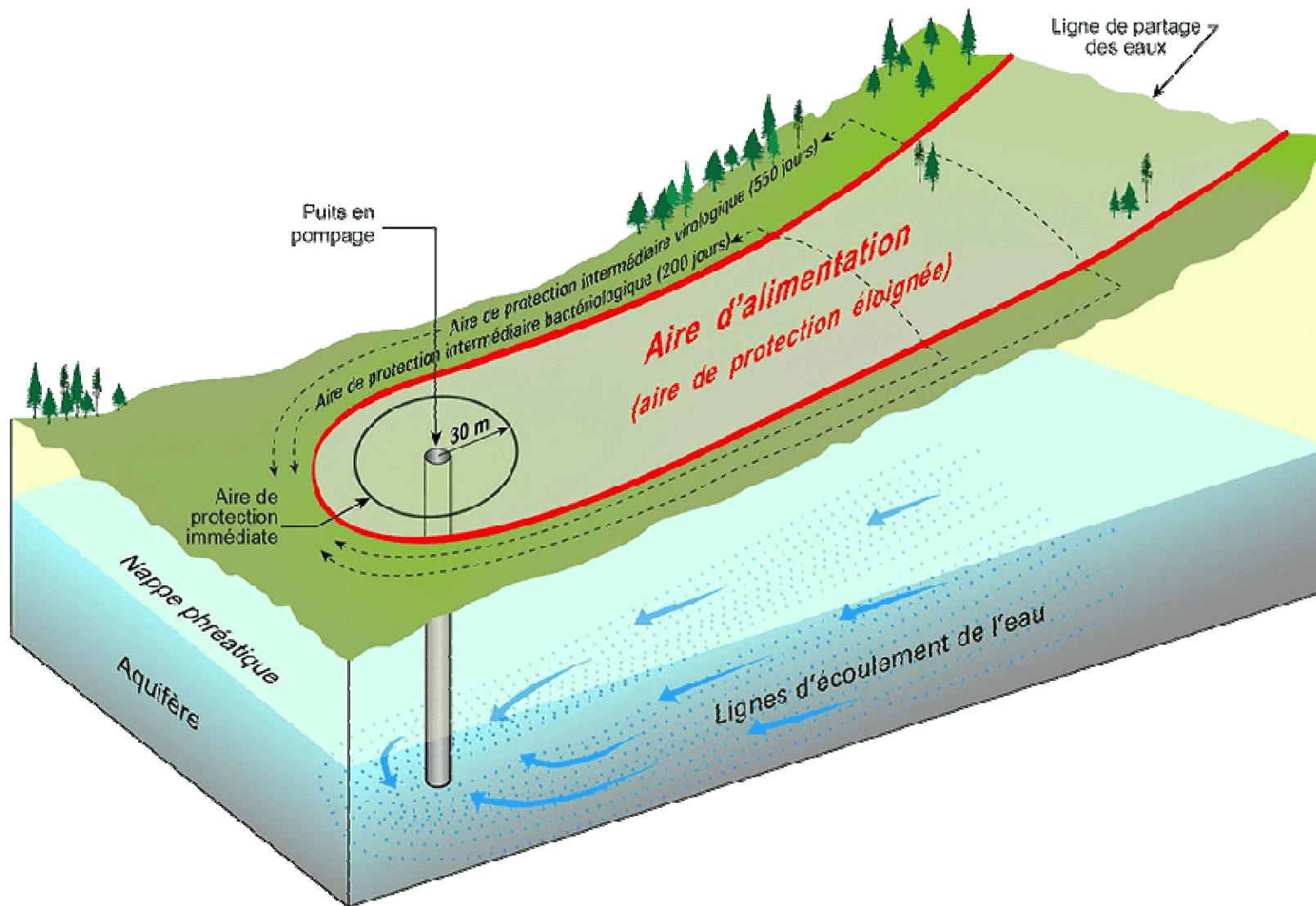
# EAUX DE SURFACE

## **BASSIN VERSANT HYDROGRAPHIQUE**

Application de la réglementation générale possibilité de mesures complémentaires d'ordre général (objectif de qualité – zones sensibles ...)



**Illustration : exemples de périmètres de protection, eau souterraine et eau de surface**



## QUELQUES DEFINITIONS

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

**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.

**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 ou 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.

**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 cote d'une formation imperméable sus-jacente. Dans le cas contraire, la nappe est dite « à surface libre » ou plus simplement « libre ».

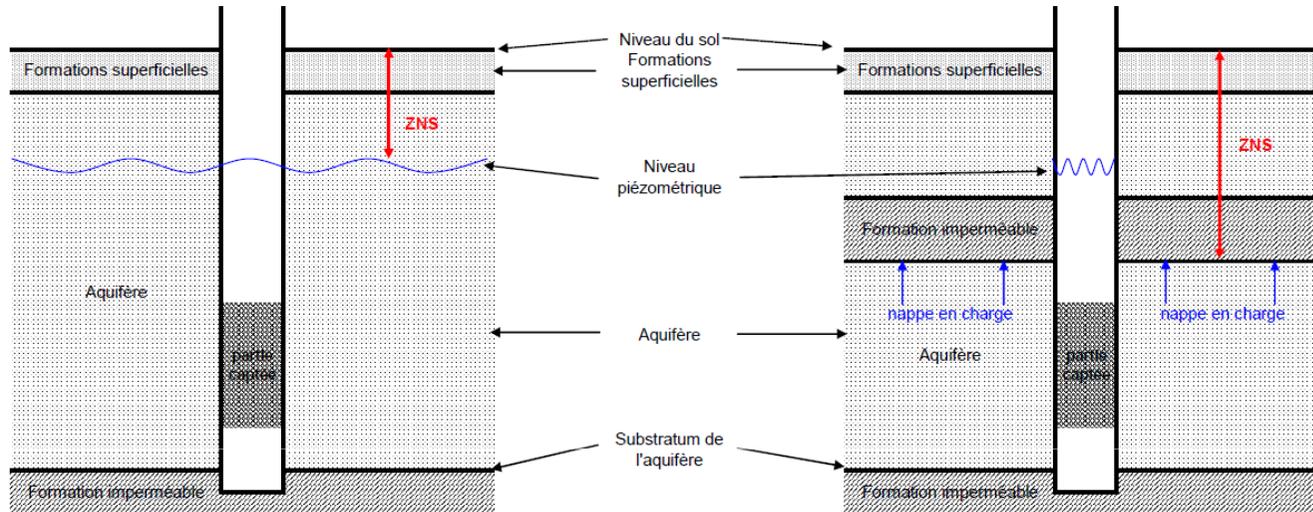
**Vulnérabilité d'un captage** : inaptitude des formations géologiques et du contexte hydrogéologique local à protéger la ressource en eau captée par l'ouvrage. La vulnérabilité ne dépend que de facteurs naturels tels que :

- **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.

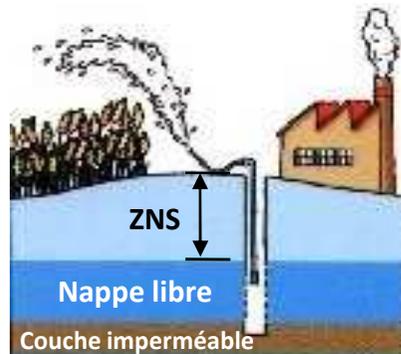
- **La nature et l'épaisseur de la zone non saturée** : Les formations situées au-dessus de la nappe (ZNS) peuvent contribuer à la rétention ou à la dégradation des substances polluantes. De plus, l'épaisseur de cette zone non saturée joue un rôle dans l'augmentation du temps de transfert d'un polluant du sol vers la nappe.

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

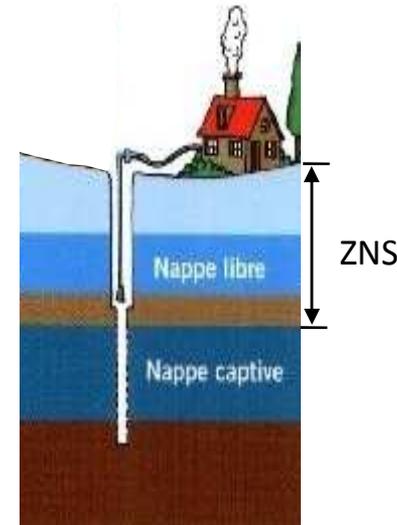
**Zone Non Saturée (ZNS) :** formations situées entre le sol et le niveau statique de la nappe. Dans cette zone les circulations d'eau sont verticales ou sub-verticales.



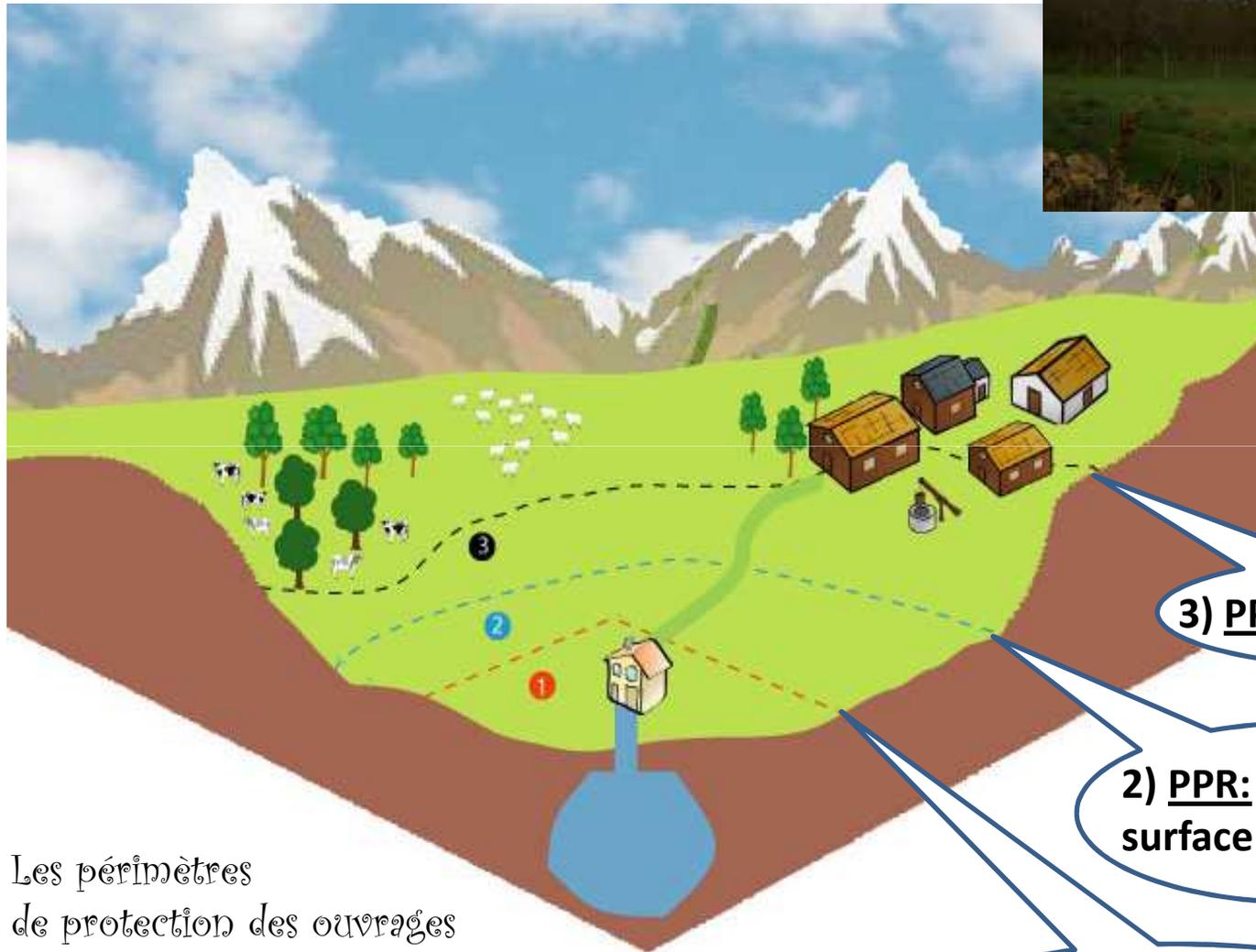
Nappe Libre



Nappe Captive



En Algérie, les périmètres de protection sont établis conformément à la loi n°05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau.



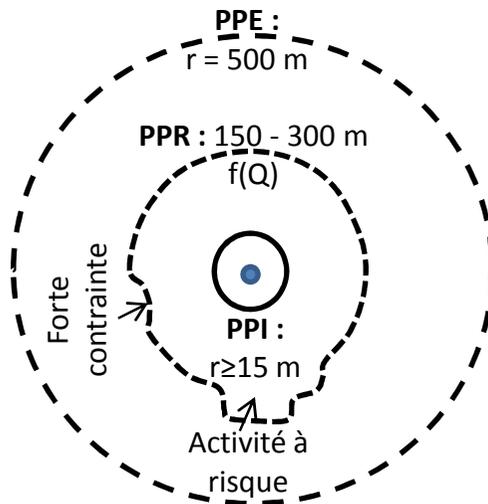
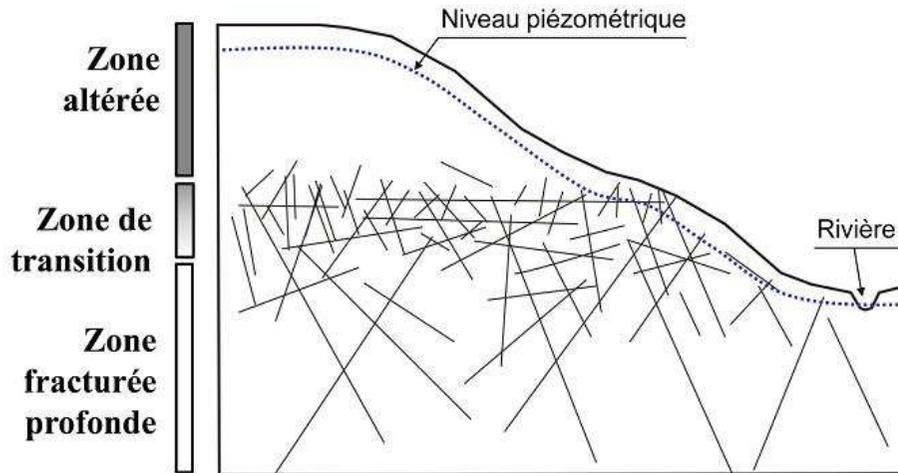
3) PPE: Pas obligatoire

2) PPR: 50 jours, une surface de 1 et 10 ha

1) PPI: 30 m x 30 m

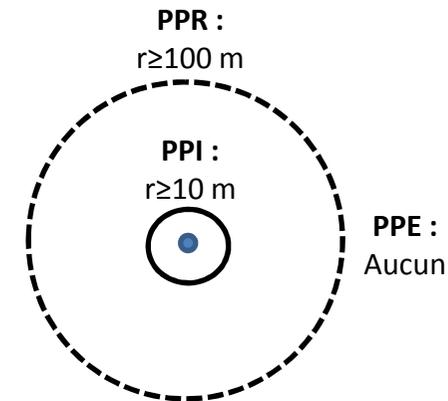
Les périmètres de protection des ouvrages de captage d'eau en Algérie

# 1. Aquifères discontinus à porosité de fissures (Socle) 4



# 2. Aquifères continus à porosité d'interstice (bassins sédimentaires)

## 2.1. Nappe captive 1



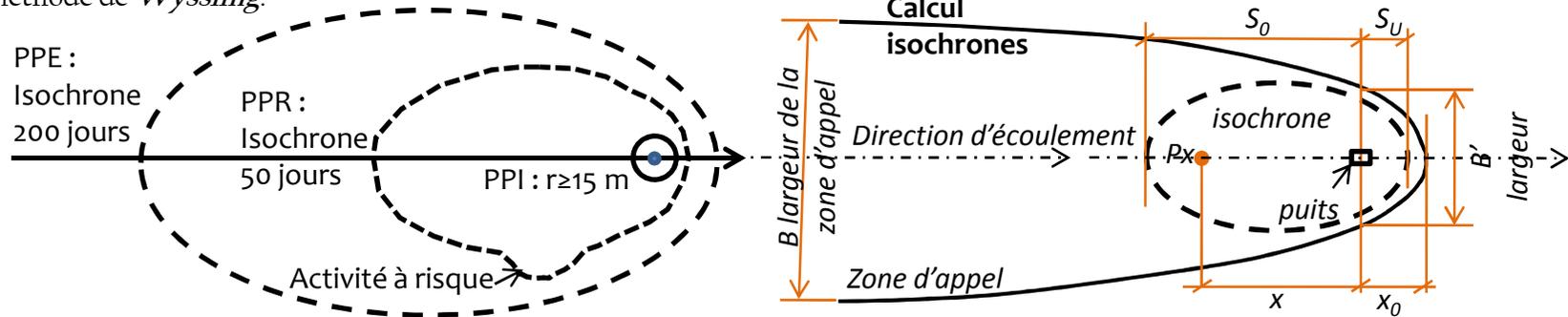


# Cas 1 : Données hydrogéol. complètes (méthode de Wyssling) 3

## 2.2.2 Emprise des périmètres de protection : 3 cas possibles en fonction des données

**Si l'on connaît :** le sens et le gradient d'écoulement; la géométrie de l'aquifère (épaisseur au droit du captage); la perméabilité qui donnera la Transmissivité T; la porosité efficace; le débit moyen du captage.

On détermine l'emprise des PPR et PPE à l'aide du critère temps de transfert, ce qui mène aux calculs d'isochrones par la méthode de Wyssling.



Soit  $B$  la largeur du front d'appel, le débit du captage

$$Q = T.B.i \rightarrow B = \frac{Q}{T.i}$$

$Q$  = 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

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 est  $U = K.i / \omega$  avec  $\omega$  = 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 :

$$S_0 = \frac{L + \sqrt{L(L + 8x_0)}}{2} \text{ et } S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8x_0)}}{2} \text{ avec } L = U.t$$

## Exemple d'application de la méthode de Wyssling

1) On fait la **synthèse des données**

- Direction écoulement	SSE-NNW
- Gradient hydraulique	0,5%
- Vitesse d'écoulement :	$U = K.i / \omega = 0,000023m$ avec $\omega = 10\%$
- Perméabilité :	$K = 4,55.10^{-4} m/s$ avec $e = 40 m$
- Débit de pompage	$Q = 314 m^3/h = 8,72.10^{-2} m^3/s$

2) On calcule la **largeur du front d'appel B** :

$$Q = T.B.i \rightarrow B = Q / T.i = 958m$$

3) On calcule le **rayon d'appel  $x_0$**  :

$$x_0 = \frac{Q}{2.\pi.T.i} = 153m$$

(Dans le cas où le  $x_0$  calculé est inférieur au  $S_u$  calculé, il sera alors égal à  $S_u$ .)

4) On calcule la **largeur du front d'appel à hauteur du captage B'**

$$B' = \frac{B}{2} = 479m$$

5) On calcule **la grandeur intermédiaire pour  $t = 50, 100$  et  $200$  jours**

$$L = \frac{K.i.t}{\omega}$$

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

$$S_0 = \frac{L + \sqrt{L(L + 8.x_0)}}{2} \quad \text{et} \quad S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8.x_0)}}{2} \quad \text{avec} \quad L = U.t$$

Il est préférable d'entrer les données et formules de calculs dans un petit classeur **Excel** pour calculer toutes ces valeurs.

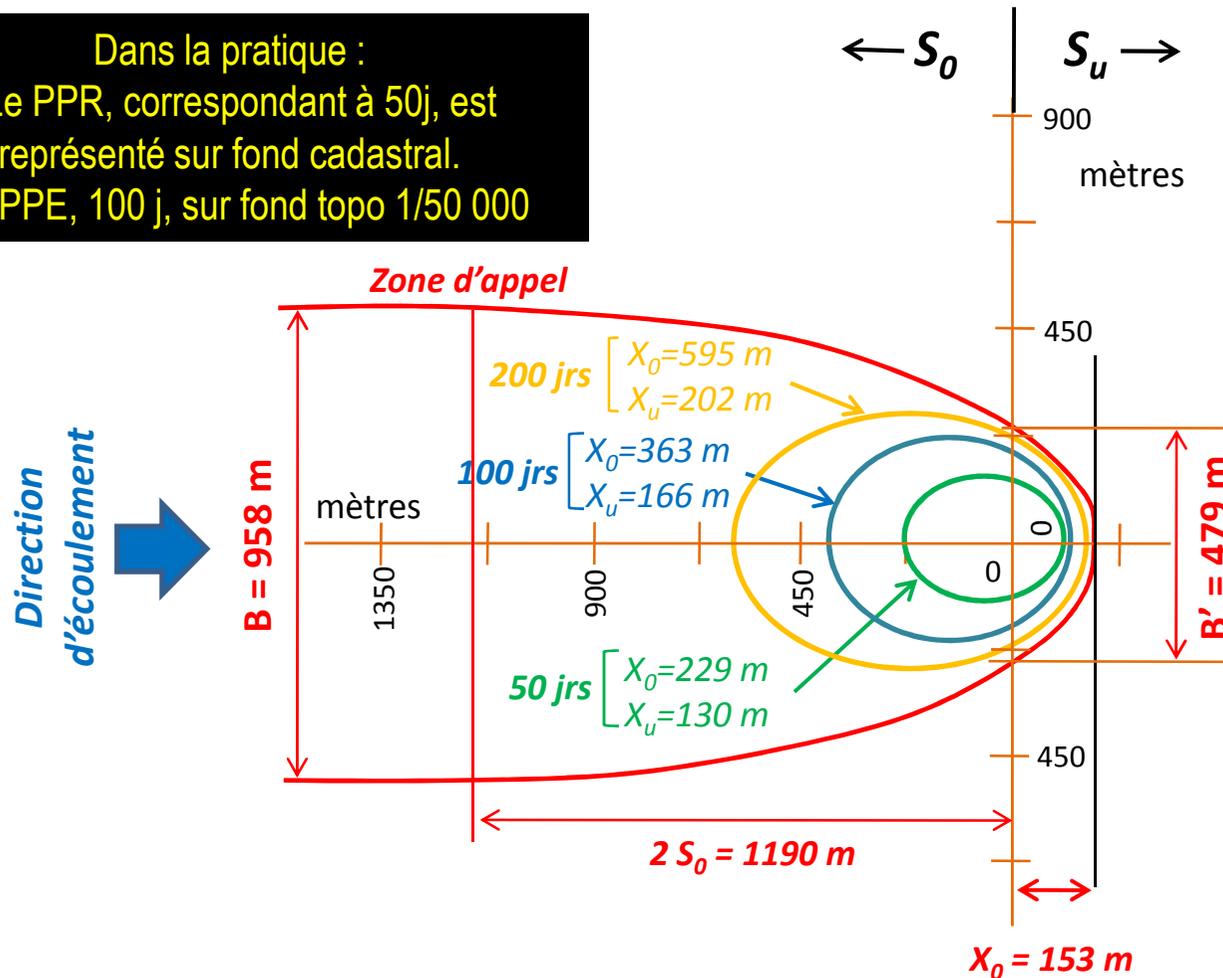
7) On obtient ainsi le **tableau** et le **schéma** ci-après :

Isochrones	50 jours	100 jours	200 jours
L (m)	98	197	393
$S_0$ (m)	229	363	595
$S_u$ (m)	130	166	202

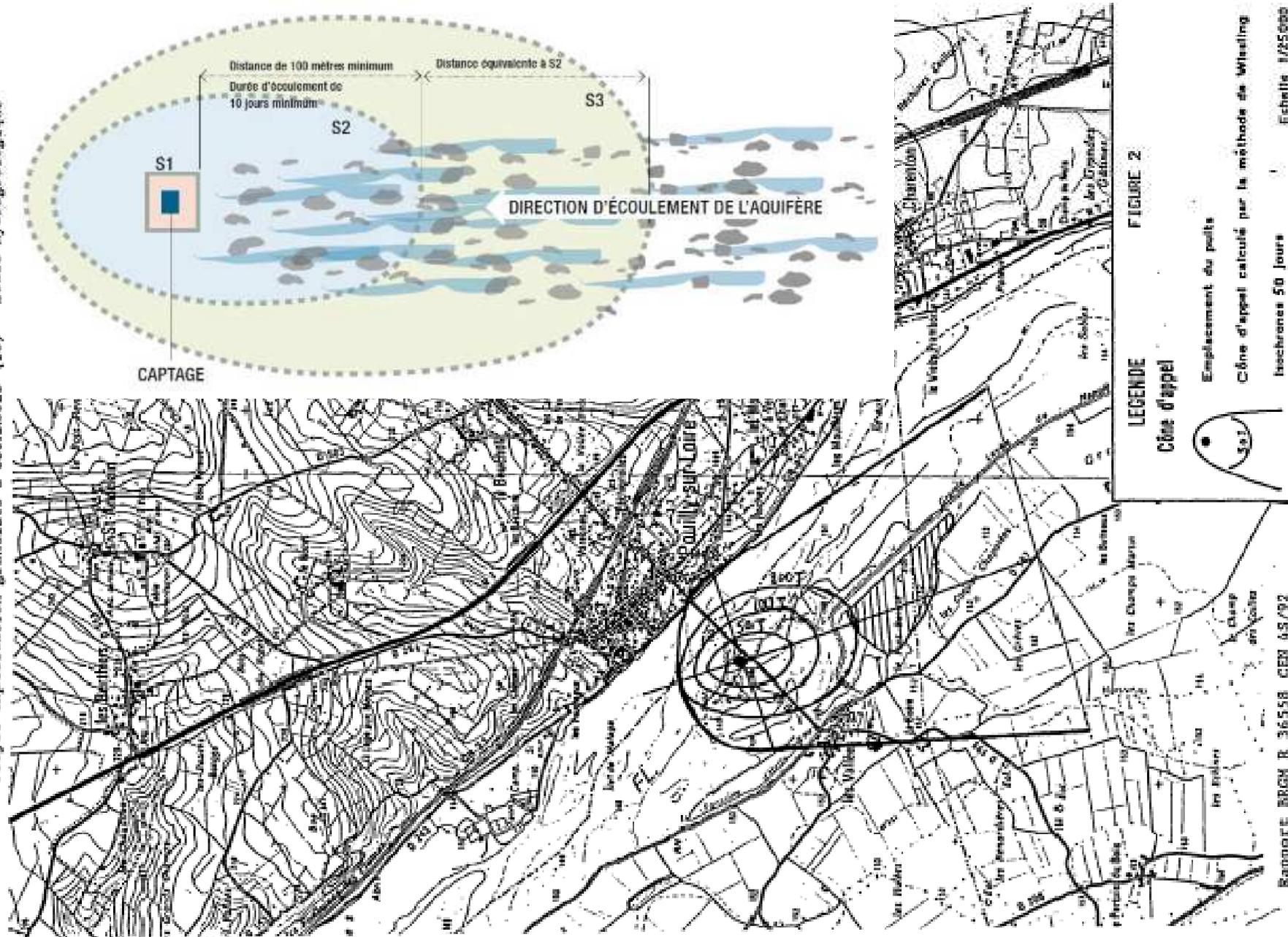


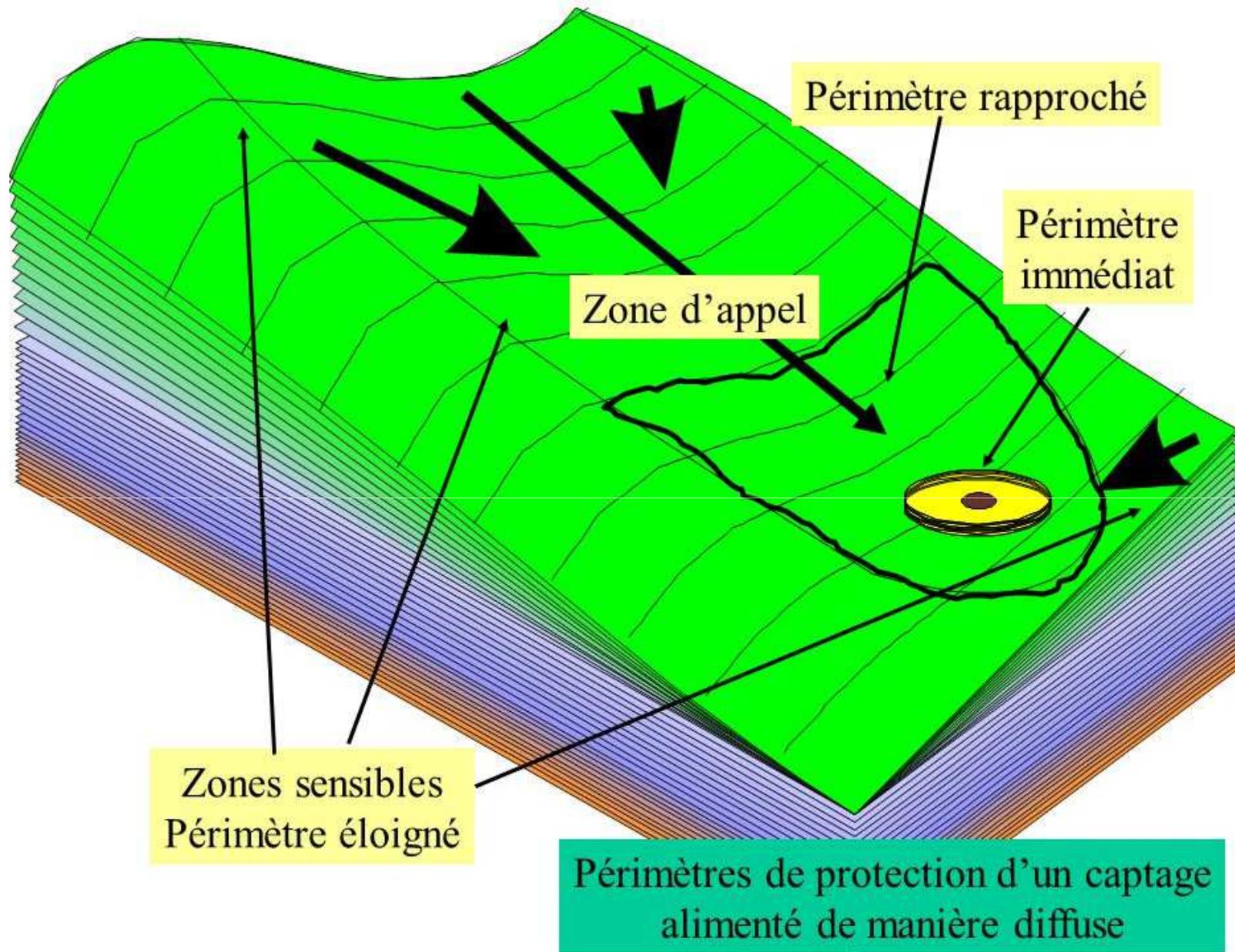
Dans la pratique :

- Le PPR, correspondant à 50j, est représenté sur fond cadastral.
- Le PPE, 100 j, sur fond topo 1/50 000

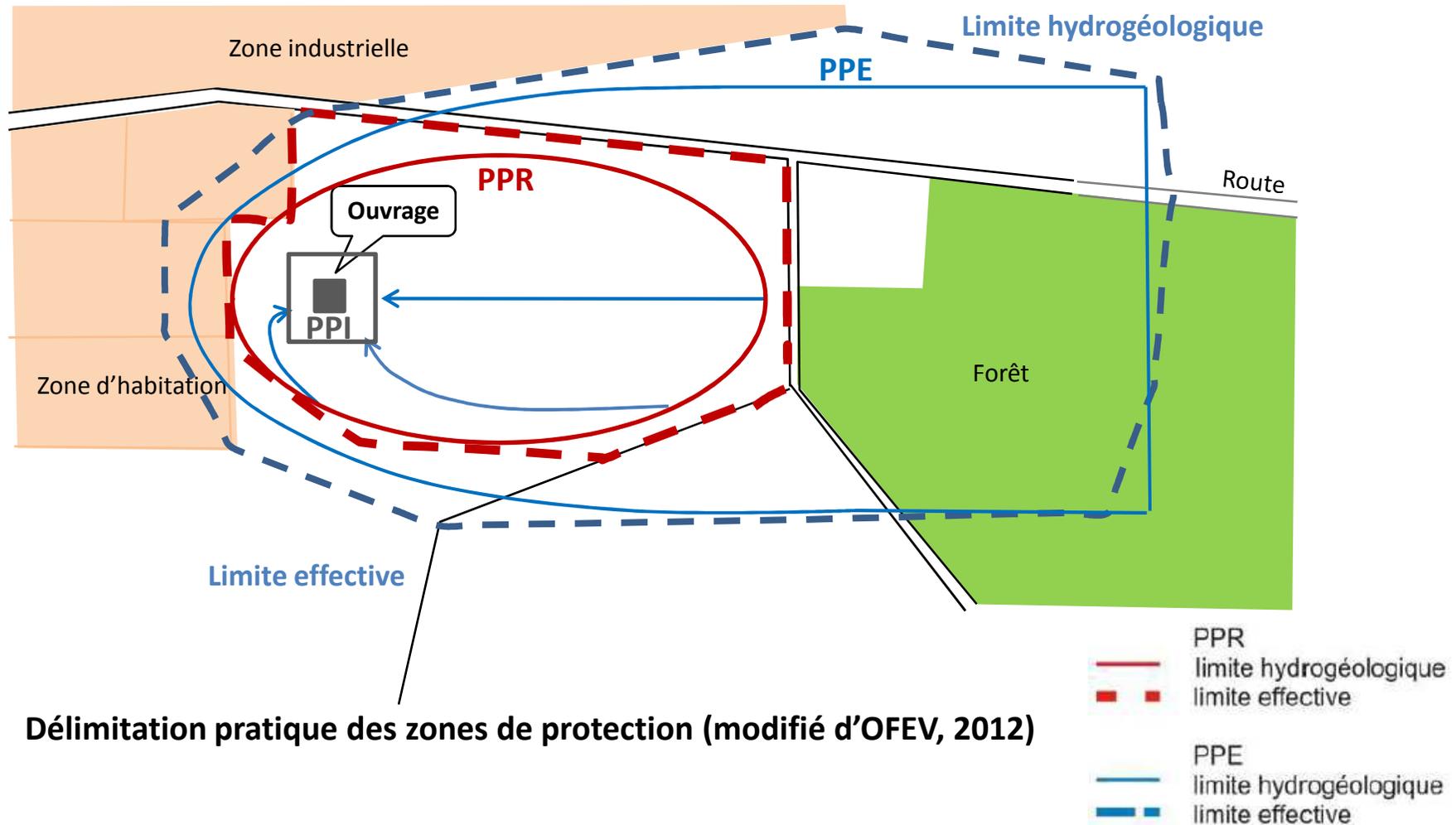


Il suffit maintenant de placer ce schéma sur une carte du secteur étudié en respectant et l'échelle et la direction principale de l'écoulement





# Délimitation pratique des zones de protection



Délimitation pratique des zones de protection (modifié d'OFEV, 2012)

## **Délimitation pratique des zones de protection**

Dès que les distances et zones théoriques des périmètres de protection sont connus, il est vivement recommandé de suivre certaines règles pratiques de délimitation, telles que décrites dans les paragraphes suivants.

### **PPI**

Les terrains situés dans ce périmètre doivent être mis à la disposition de la collectivité. ***Dans le cas des sources, le PPI sera délimité par bornage, haie vive, ou plantation d'arbustes à enracinement de surface. Si le point de puisage est situé à moins de 5 m en aval de la source captée, il faut prévoir la construction d'une dalle afin de protéger la source. Pour les forages, le PPI doit être clos par un grillage muni d'une porte d'accès à maintenir fermée pour éviter l'entrée des animaux.***

Le terrain doit être aménagé de façon à ***éviter la stagnation de l'eau. La végétation doit être maintenue rase en utilisant gazon ou herbes naturelles. L'entretien se fera manuellement ou mécaniquement, mais en aucun cas avec des produits phytosanitaires*** (Gilli et al, 2008).

## PPR

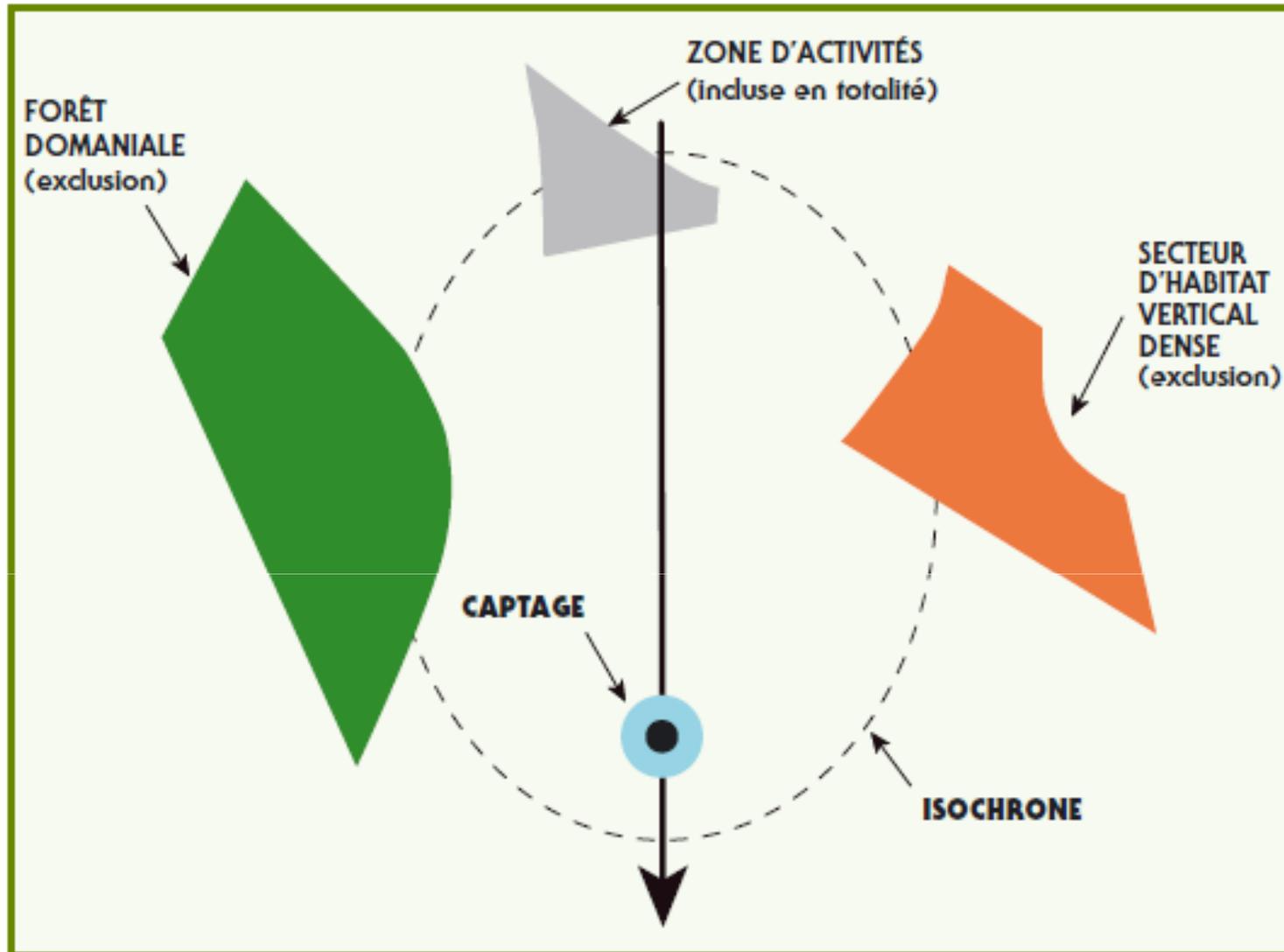
*Les limites de ce périmètre sont étendues aux contours des parcelles affectées qui, si possible, ne doivent pas être divisées (Figure 11). Le terrain doit être entretenu régulièrement pour éviter la stagnation de l'eau.*

*Seul l'agriculture sans intrants* (donc sans fumier, fertilisants chimiques, pesticides) *est autorisée*. Des prescriptions particulières existent dans ce périmètre.

*Une délimitation physique du périmètre est recommandée par exemple par haie vive ou arbustes à enracinement peu profond.*

## PPE

*Les limites de ce périmètre sont étendues aux limites déjà définies, qu'elles soient naturelles, comme un cours d'eau, une lisière, ou autre, soient établies par l'homme, telles que des voies de communication* (sentiers, chemins, routes, voies ferrées, etc.. *L'agriculture est permise, mais sans intrants chimiques* (fertilisants chimiques, pesticides). Des prescriptions particulières existent dans ce périmètre et sont mentionnées dans le **Tableau 1**. Les activités obligatoires à accomplir pendant la délimitation du périmètre sont présentées dans le **Tableau 2**.



## Adaptation des limites du périmètre de protection rapprochée au contexte environnemental

## Cas 2 : Données hydrogéologiques incomplètes

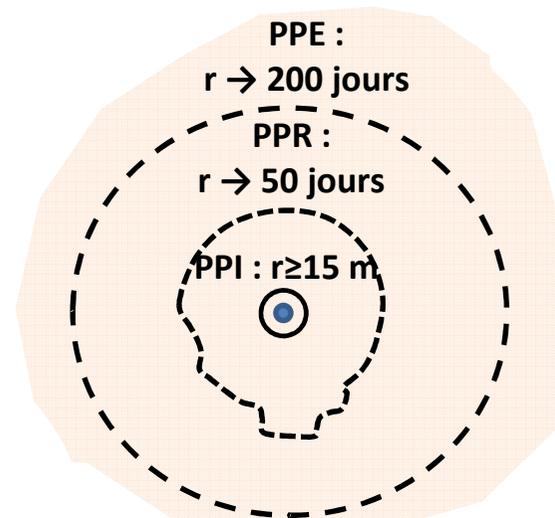
2

Si sens écoulement inconnu, mais que l'on dispose 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.

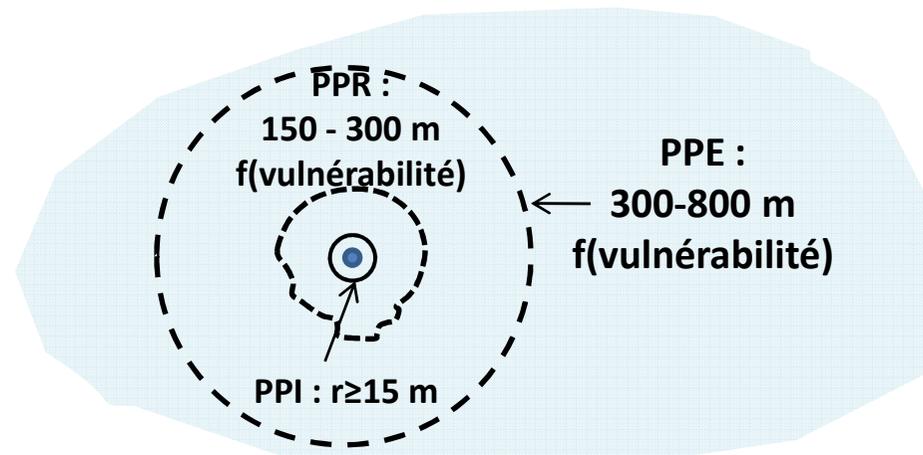
Toutefois, le rayon du cercle du **PPR ne pourra pas être inférieur à 100 m** (pour ne pas être moins contraignant qu'en nappe captive, où la nappe est mieux protégée), et le rayon du cercle du **PPE ne pourra pas être inférieur à 300 m**.



## Cas 3 : Absence de données hydrogéologiques

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

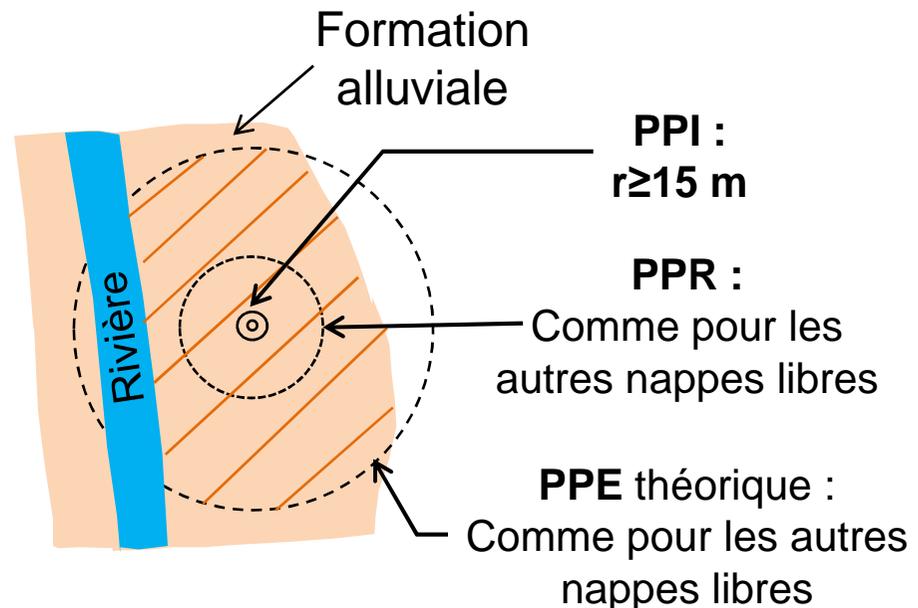
PPI	PPR	PPE
$r \geq 15 \text{ m}$	Cercle de r fonction de la vulnérabilité : - <b>Faible</b> : $r = 150 \text{ m}$ - <b>moyenne</b> : $r = 200 \text{ m}$ - <b>forte</b> : $r = 300 \text{ m}$	Cercle de r fonction de la vulnérabilité : - <b>Faible</b> : $r = 300 \text{ m}$ - <b>moyenne</b> : $r = 500 \text{ m}$ - <b>forte</b> : $r = 800 \text{ m}$



## 2.3 Nappe libre alluviale

Les NL alluviales sont encore plus vulnérables que les autres NL. De plus, des échanges avec des plans d'eau ou avec d'autres aquifères sous-jacents peuvent avoir lieu. Par rapport aux risques menaçant les NL 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.

**2.3.1 Emprise des périmètres de protection :** Les PP seront calculés de la même manière que pour les autres NL 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 PP seront limités à la berge de la rivière.



**Figure** - 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.

## ***Prescriptions :***

Elles seront identiques à celles des autres NL sauf pour le PPI 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, ...).



### 3. Prise d'eau superficielle (retenue d'eau superficielle)

PPI (zone de prélèvement)	PPR (zone de protection)	PPE (zone de vigilance)
Quelques mètres autour de la retenue	Zone de 100m à 1 km selon vulnérabilité de la retenue	Ensemble du bassin versant

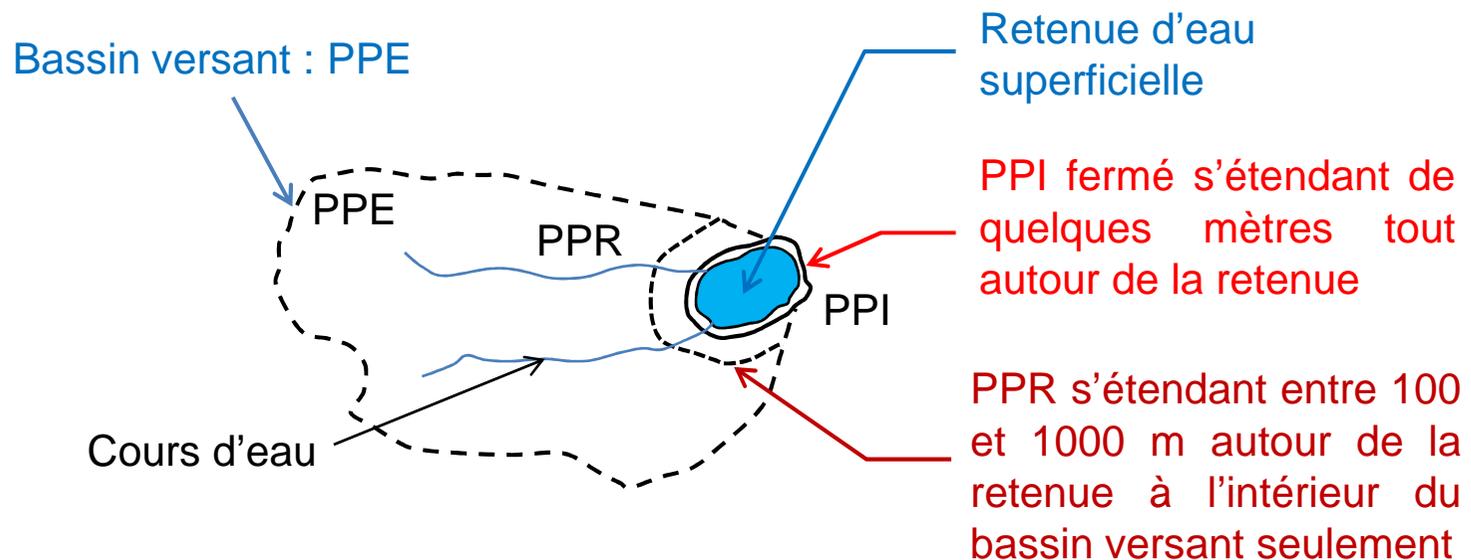


Tableau 4.6 - Perméabilités et porosités effaces standards, adapté d'après réfs. [1] et [4]

Type de réservoir aquifère	Perméabilité K (m/s)	Intervalle de Porosité efficace $\omega$ (%)	Porosité efficace $\omega$ standard (%) à utiliser pour les calculs	Rayon indicatif du PPR pour Q=10m <sup>3</sup> /h et e=20m	Rayon indicatif du PPE pour Q=10m <sup>3</sup> /h et e=20m
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

