

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers,
Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

**Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des
captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité**

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Océans, Fleuves et Ressources

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 1

Date : 08/08/2017

Chef de projet : Jean-Philippe RIZZA

Projet : S17DRE007

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : S17DRE007

Intitulé du projet : Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

Intitulé du document : Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
1	Anthony MUNOZ	Jean-Philippe RIZZA	08/08/2017	Version présentée au comité de pilotage

Sommaire

1.....	Préambule.....	5
1.1	Relevé des décisions suite au comité de pilotage de la phase 2 du mois de juillet 2017.....	5
1.2	Méthodologie.....	6
2.....	Cartographie de la vulnérabilité : ouvrage captant les calcaires de Brie (source de la Roche)	13
2.1	Paramètres	13
2.2	Vulnérabilité intrinsèque.....	20
3.....	Cartographie de la vulnérabilité : ouvrages captant les calcaires de Saint-Ouen (Beaugrand, Margat 2, Jouy-sur-Morin et St-Rémy-la-Vanne).....	21
3.1	Paramètres	21
3.2	Vulnérabilité intrinsèque.....	26
4.....	Cartographie de la vulnérabilité : ouvrages captant les calcaires du Lutétien (Margat4 et Pouilly 82)	29
4.1	Paramètres	29
4.2	Vulnérabilité intrinsèque.....	36

Tables des illustrations

Figure 1 : Synthèse des aires d'alimentation des captages	5
Figure 2 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017).....	13
Figure 3 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)	14
Figure 4 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	16
Figure 5 : Piézométrie extrapolée de la nappe de Brie utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS	17
Figure 6 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	18
Figure 7 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017).....	19
Figure 8 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017).....	20
Figure 9 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017).....	22
Figure 10 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	23
Figure 11 : Piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieure utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS	24
Figure 12 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	25
Figure 13 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)	26
Figure 14 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017).....	27
Figure 15 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017).....	30
Figure 16 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)	31
Figure 17 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)	32
Figure 18 : Piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieure utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS	33
Figure 19 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)	34
Figure 20 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017).....	35
Figure 21 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017).....	36
Figure 22 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque déclassée d'un degré de vulnérabilité selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017).....	37

Table des tableaux

Tableau 1 : Démarche méthodologique de l'étude BAC (BRGM, 2007).....	6
Tableau 2 : Paramètres de la méthode utilisée	7
Tableau 3 : Répartition des notes P	7
Tableau 4 : Détermination de la nature d'un sol en fonction de sa texture et de sa proportion de cailloux (Source : Vernoux et al. (2014), Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses).....	8
Tableau 5 : Indexation du critère S par croisement de la nature du sol et de son épaisseur (Source : Vernoux et al. (2014), Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses)	8
Tableau 6 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation	8
Tableau 7 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard	10
Tableau 8 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'IDPR par aire d'alimentation	10
Tableau 9 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation.....	11
Tableau 10 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	11
Tableau 11 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation	13
Tableau 12 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation	14
Tableau 13 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard	15
Tableau 14 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation	15
Tableau 15 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation.....	17
Tableau 16 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	19
Tableau 17 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation.....	20

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Études des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)



Tableau 18 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation	21
Tableau 19 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation	23
Tableau 20 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation.....	24
Tableau 21 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	25
Tableau 22 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation	26
Tableau 23 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation	29
Tableau 24 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation	31
Tableau 25 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation	32
Tableau 26 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation.....	33
Tableau 27 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation	35
Tableau 28 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation	36
Tableau 29 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque déclassé de 1 sur l'aire d'alimentation	37

1 PREAMBULE

1.1 Relevé des décisions suite au comité de pilotage de la phase 2 du mois de juillet 2017

Pour rappel des éléments de la phase 2, le comité de pilotage a pris les décisions suivantes :

- la délimitation de l'aire d'alimentation de captage de la source de la Roche est relativement robuste. La limite Nord pourrait être affinée au vu de nouvelles connaissances.
- la délimitation de l'aire d'alimentation de captages au Saint-Ouen présente des incertitudes pour la délimitation des portions de nappe qu'il n'est pas possible d'ôter ces incertitudes à ce stade de la connaissance. Les aires d'alimentation de captages sécurisent pour autant la délimitation en intégrant le bassin versant hydrographique amont du Grand-Morin. Cependant, il est probable que le secteur contribuant à l'alimentation des captages par le biais du Grand Morin soit très peu contributif.
- la délimitation de l'aire d'alimentation des captages Lutétien présente de fortes incertitudes pour la limite sud et Ouest de la portion de nappe. Il n'est pas possible d'ôter ces incertitudes à ce stade de la connaissance.

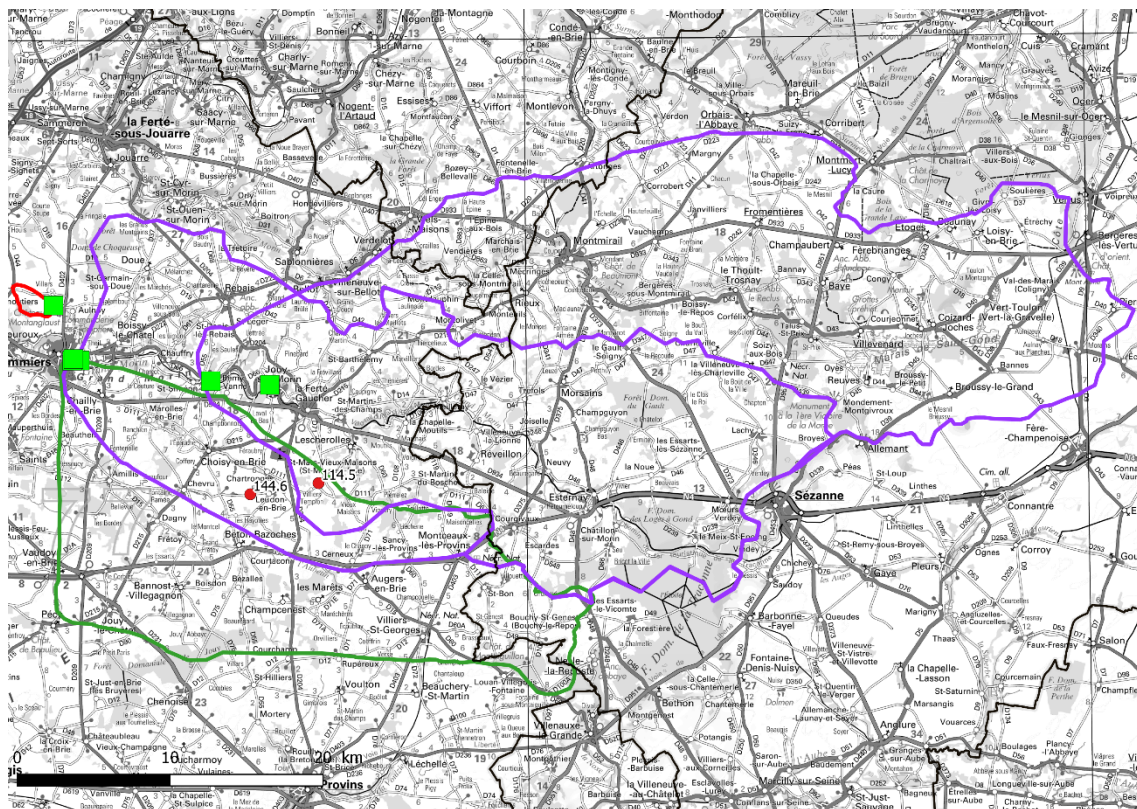


Figure 1 : Synthèse des aires d'alimentation des captages

Les aires d'alimentation de captage dressées suite à la phase 2 et présentées ci-dessus ont été validées par le comité de pilotage sous réserve de nouvelles informations complémentaires sur le rôle du Grand Morin dans la participation aux échanges avec la portion de nappe captée par les ouvrages aux calcaires de Saint-Ouen.

La vulnérabilité se construira donc à partir des aires présentées.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

1.2 Méthodologie

1.2.1 Présentation

La méthodologie proposée par Suez Consulting est conforme à la version révisée du guide¹ méthodologique de délimitation des aires d'alimentation de captage d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses (Rapport BRGM-ONEMA 2014). Le tableau ci-après présente les différentes méthodes classiquement utilisées dans le calcul de la vulnérabilité et appliquées aux différents types de réservoirs.

Tableau 1 : Démarche méthodologique de l'étude BAC (BRGM, 2007)

Phase 3 - Cartographie de la vulnérabilité						
5 classes par paramètre, de 0 à 4 (- vulnérable à + vulnérable)						
	Continu		Karstique		Discontinu	
Pondération linéaire (somme des poids=1)	Vulnérabilité = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 IDPR + 0,2 H + 0,15 K		Vulnérabilité = 0,3 R + 0,5 I + 0,1 P(S,E) + 0,1 K		Vulnérabilité = 0,5 D + 0,3 IDPR + 0,2 S	
<i>méthode existante</i>	<i>adapté de DRASTIC</i>		<i>adapté de RISK modifié</i>		<i>adapté de DISCO</i>	
Paramètres	Critère à évaluer	Éléments à prendre en compte	Critère à évaluer	Éléments à prendre en compte	Critère à évaluer	Éléments à prendre en compte
nature du sol et formations superficielles (couverture protectrice)	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité	S (Sol)	épaisseur, texture, pierrosité
Pluie efficace	P (pluie efficace)	Pluie, ETP, RU [*] en mm/an spatialisée si possible				
Capacité d'infiltration du milieu (par rapport à sa capacité de ruissellement)	T (topographie) ZNS (zone non saturée) IDPR**	zones d'infiltration en fonction de la pente, échange nappe/rivière; pertes locales nature lithologique	I (infiltration)	zones d'infiltration en fonction de la pente, infiltration ponctuelle en fonction des pertes et bassin versant, drainage, et dolines, vallées sèches	R (ruissellement) P (couverture protectrice) IDPR**	bassins versants locaux alimentant par ruissellement les zones vulnérables nature lithologique, épaisseur
épaisseur de la zone non saturée	H (hauteur piézométrique)	isopièzes, MNT				
perméabilité de l'aquifère (conditionne la vitesse de migration d'un polluant)	K (perméabilité)	mesures de perméabilité (essais de débit) ou à défaut nature de la roche aquifère	R (roche)	nature : du plus marneux vers le plus karstifié	D (discontinuités)	rapidité de la liaison entre les discontinuités et le captage (perméabilité de fissures)
Degré de karstification			K (karstification)	d'unaire non fonctionnel à binaire fonctionnel		
Epikarst			E (épikarst)	épikarst pour son rôle de retard à l'infiltration, pris en compte uniquement si identifiable et sélection par défaut (le + vulnérable) en comparant avec S		

* ETP : Evapotranspiration Potentielle ; RU Réserve Utile

** IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) permet de calculer le rapport infiltration / ruissellement par une méthode indirecte prenant en compte la pente et la nature des terrains situés au dessus de la première nappe

Les méthodes utilisées sont des méthodes à cotation numérique empirique qui repose sur trois hypothèses :

- les sources de contamination potentielles se trouvent à la surface du sol ;
- de la surface du sol, les contaminants potentiels atteignent l'aquifère par infiltration (infiltration efficace) ;
- la nature des contaminants potentiels n'est pas prise en compte dans le calcul de l'indice.

Nous avons démontré que le système aquifère capté est de type continu. L'état de l'aquifère est libre, y compris sous recouvrement par les limons des plateaux profonds.

Ainsi, nous proposons une méthode avec 5 paramètres retenus pour des pondérations variant de 10 à 30% selon leur importance. On attribue à chaque paramètre une note selon les propriétés physiques du milieu.

¹ Vernoux J.F., Wulleumier A., Perrin J. (2014a). Délimitation des aires d'alimentation de captage d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique. Rapport BRGM-ONEMA, 150 pp.

1.2.2 Paramètres

Les paramètres hydrogéologiques utilisés pour cette méthodologie sont les suivants :

Tableau 2 : Paramètres de la méthode utilisée

Sigle	Paramètre	Propriétés	Poids
P	Pluie efficace	Plus la réserve utile est importante, plus la pluie efficace est faible et donc plus la vulnérabilité est faible	10%
S	Sol : sensibilité au lessivage	Plus le sol est riche en argile et matière organique, plus l'absorption des métaux et des cations est importante, et plus la vulnérabilité est faible.	25%
R	Ruissellement et infiltration	Plus la pente des terrains est grande, plus le ruissellement des eaux est important et l'infiltration faible, augmentant ainsi la vulnérabilité. Ce paramètre dépend également du type de sol et de l'occupation du sol	30%
H ZNS	Profondeur de la nappe, ou épaisseur de zone non saturée	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met de temps pour atteindre la surface piézométrique, et plus il peut être adsorbé ou dégradé. L'épaisseur de zone non saturée retarde le polluant et diminue la vulnérabilité	20%
K	Perméabilité de l'aquifère	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés ou leur degré de fissuration. Elle intervient dans le piégeage du polluant qui peut s'échapper au pouvoir d'absorption du sol. Plus ce paramètre est grand, plus le transfert du polluant est rapide et la vulnérabilité élevée.	15%

1.2.2.1 Pluie efficace (P)

La pluie efficace hivernale est calculée sur la base des données de stations météorologiques. Cette pluie efficace est variable en fonction de la réserve utile et dépend donc des différents types de sols présents sur l'aire d'alimentation du captage.

En fonction de la valeur de la pluie efficace, une note est attribuée au paramètre P selon la méthodologie BRGM (Tableau 11).

Tableau 3 : Répartition des notes P

Note	Classe	Pluies efficaces (mm)
0	Très faiblement vulnérable	<50
1	Faiblement vulnérable	50-100
2	Moyennement vulnérable	100-200
3	Fortement vulnérable	200-300
4	Très fortement vulnérable	>300

1.2.2.2 Sensibilité au lessivage (S)

La pondération de ce paramètre dans le calcul de la vulnérabilité totale est de 25%.

Les sols ont une importance particulière pour la vulnérabilité. On retient surtout leur capacité d'adsorption et de rétention de l'eau. Cette capacité induit une forte dégradation des polluants organiques par l'activité bactérienne qui est maximale dans le sol. La réutilisation de l'azote est elle aussi conditionnée par cette capacité de rétention.

Le paramètre S sensibilité au lessivage a été apprécié sur la base des méthodes préconisées par le BRGM dans le « guide méthodologique de délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses » (février 2014), c'est-à-dire la texture, le taux de cailloux et l'épaisseur du sol. Une note est attribuée à la

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

nature du sol en fonction de sa texture principale et de son taux de cailloux (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Tableau 4 : Détermination de la nature d'un sol en fonction de sa texture et de sa proportion de cailloux (Source : Vernoux et al. (2014), *Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses*)

		TEXTURE		
		Argile A > 12 %	Limons A < 12 % et S < 60 %	Sable S >= 60 %*
CAILLOUX	0-15 %	1	1	2
	30-60 %	1	2	3
	> 60 %**	2	3	4

Le facteur S est ensuite affecté d'une note de vulnérabilité variant de 0 (très faiblement vulnérable) à 4 (très fortement vulnérable) en fonction de la nature du sol et de son épaisseur (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et Tableau 12).

Tableau 5 : Indexation du critère S par croisement de la nature du sol et de son épaisseur (Source : Vernoux et al. (2014), *Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses*)

S		NATURE DU SOL				
		Inconnue (Se)	1	2	3	4
Zones imperméabilisées		S0				
EPAISSEUR	> 5m	S1	S1	S1	S2	S3
	1-5m	S1	S1	S2	S3	S3
	60-100cm	S2	S2	S3	S4	S4
	30-60cm	S3	S3	S4	S4	S4
	0-30cm	S4	S4	S4	S4	S4

Tableau 6 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Indexation du critère S
0	Très faiblement vulnérable	S0
1	Faiblement vulnérable	S1
2	Moyennement vulnérable	S2
3	Fortement vulnérable	S3
4	Très fortement vulnérable	S4

1.2.2.3 Sensibilité au ruissellement (R)

Le **paramètre ruissellement** a été apprécié sur la base des méthodes préconisées par le BRGM, c'est à dire la topographie (pente), l'occupation des sols et la pédologie.

D'après le « guide méthodologique de délimitation des bassins d'alimentation et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses » (BRGM/RP55874-FR septembre 2007 » la méthode de Bussard (Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eau souterraine contre les polluants chimiques persistants, thèse de l'école polytechnique fédérale de LAUSANNE - 2005) est préconisée pour le calcul de l'infiltration.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

Le guide propose d'utiliser pour chaque maille de travail, l'équation du bilan hydrique suivant.

$$I_{e_i} = P_{b_i} - R_i - ETR \text{ (m/s)}$$

- I_{e_i} = Infiltration efficace moyenne sur la cellule i (m/s);
- P_{b_i} = Précipitations brutes annuelles ;
- R_i = Ruissellement annuel moyen sur la cellule i (m/s) ;
- ETR_i = Évapotranspiration annuelle moyenne réelle sur la cellule i (m/s)

A partir de cette équation, deux cas de figure existent :

1. L'aire d'alimentation est relativement petite (de l'ordre de quelques km² à quelques dizaines de km²)

Les données météorologiques ne permettent pas de différencier de zones pour l'appréciation des précipitations et de l'évapotranspiration. Le paramètre faisant varier l'infiltration est donc uniquement le ruissellement à l'échelle de l'AAC.

D'après la méthode de Bussard, le ruissellement est abordé par le calcul d'un **coefficient de ruissellement** sur la base de 3 paramètres :

- La pédologie ;
- La pente ;
- L'occupation des sols

L'occupation des sols a été obtenue d'après des photos aériennes et la base de données Corine Land Cover - 2012.

Pour les pentes, nous avons utilisé le modèle numérique de terrain de l'institut géographique national au pas de 75 m.

Des notes de vulnérabilité ont été réparties proportionnellement aux coefficients de ruissellement définis par Bussard (Tableau 13). Afin de caractériser la sensibilité des sols au ruissellement, à l'érosion et à l'entraînement de particules, la vulnérabilité a été appréciée de la manière suivante :

Fort coefficient de ruissellement = Faible infiltration = Forte vulnérabilité au paramètre sensibilité au ruissellement

Tableau 7 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard

Occupation sol	Sensibilité battance	% pente	Coeff. Ruissellement retenu	Risque ruissellement
culture	A : limoneux très battant	< 2%	12%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	20%	2 – Moyennement vulnérable
		> 5%	30%	3 – Fortement vulnérable
	B : limoneux à limono-argileux moyennement battant	< 2%	6%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	10%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	15%	2 – Moyennement vulnérable
	C : argilo-limoneux et autres peu battant et non battant	< 2%	2%	0 – Très faiblement vulnérable
		2-5%	5%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	8%	1 – Faiblement vulnérable
bois / prairie			0%	0 – Très faiblement vulnérable
voirie			90%	4 – Très fortement vulnérable
zone bâtie peu dense			20%	2 – Moyennement vulnérable
zone bâtie dense			40%	3 – Fortement vulnérable
zone imperméable			100%	4 – Très fortement vulnérable
moyenne urbain			45%	3 – Fortement vulnérable

2. L'aire d'alimentation de captage est relativement grande (supérieure à plusieurs dizaines km²)

Dans ce cas, l'utilisation de l'Indice de Persistance des Réseaux (IDPR) est recommandée pour rendre compte de façon indirecte de la capacité intrinsèque des formations présentes en surface ou sub-surface à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie. L'intérêt de l'IDPR est qu'il existe sur l'ensemble de la France à une échelle au 1/50 000 ou au 1/100 000 et qu'il permet de mettre en évidence des variations spatiales.

Tableau 8 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'IDPR par aire d'alimentation

Note	Classe	IDPR
0	Très faiblement vulnérable	1600 - 2000
1	Faiblement vulnérable	1200 – 1600
2	Moyennement vulnérable	800 – 1200
3	Fortement vulnérable	400 – 800
4	Très fortement vulnérable	0 – 400

1.2.2.4 Profondeur de la nappe (HZNS)

La profondeur de nappe est un paramètre de vulnérabilité estimé par la différence entre la piézométrie et le modèle numérique de terrain de l'institut géographique national. Plus la nappe est profonde, plus le transit du polluant vers la nappe sera long, et plus il aura de chances d'être dégradé (activité bactérienne ou simplement durée), ou fixé par adsorption, par des particules argileuses par exemple. Les notes appliquées pour la vulnérabilité sont les suivantes :

Tableau 9 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Épaisseur de la ZNS (m)
0	Très faiblement vulnérable	>50
1	Faiblement vulnérable	20-50
2	Moyennement vulnérable	5-20
3	Fortement vulnérable	2-5
4	Très fortement vulnérable	<2

1.2.2.5 Perméabilité de l'aquifère saturé (KZS)

La perméabilité comporte des notes de vulnérabilité définies par la méthodologie BRGM pour les aquifères continus. Ces notes ont été retenues pour la réalisation de la carte de vulnérabilité du paramètre KZS perméabilité de l'aquifère.

Tableau 10 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité K (m/s)
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-7} > K$
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$

1.2.2.6 Vulnérabilité intrinsèque

Ainsi, l'indice de vulnérabilité correspond à la formule suivante :

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,1P + 0,25 S + 0,3 R + 0,2 \text{ Hzns} + 0,15 K$$

La vulnérabilité augmente avec l'indice qui représente une **mesure relative** de la vulnérabilité des eaux souterraines.

Ainsi, un site avec un **indice de vulnérabilité faible** n'est pas à l'abri d'une contamination, mais il est moins vulnérable à la contamination par rapport à un site ayant un indice élevé (Osborn et al., 1998).

Par conséquent, la notion de **vulnérabilité** est à différencier de celle de **risque** : une zone vulnérable soumise à aucune pression n'est pas à risque. En revanche, une zone peu vulnérable soumise à de grandes pressions est à risque.

Retenons que :

$$\text{Vulnérabilité} + \text{Pression} = \text{Risque}$$

La cartographie de la **vulnérabilité** est réalisée sous SIG, après discrétisation de l'aire d'alimentation des captages avec un maillage 50×50 m.

2 CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE : OUVRAGE CAPTANT LES CALCAIRES DE BRIE (SOURCE DE LA ROCHE)

2.1 Paramètres

2.1.1 Pluie efficace (P)

La pluie efficace hivernale a été calculée sur la base des données météo de la station de Changis-sur-Marne. En prenant le sol n°4, provenant du référentiel pédologique de l'Île-de-France au 1/250 000, avec une réserve utile étant de 100 mm, la pluie efficace est de 102 mm soit une vulnérabilité moyenne.

Tableau 11 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Pluies efficaces (mm)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	<50	0	0%
1	Faiblement vulnérable	50-100	0	0%
2	Moyennement vulnérable	100-200	1 349	100%
3	Fortement vulnérable	200-300	0	0%
4	Très fortement vulnérable	>300	0	0%

L'ensemble de l'aire d'alimentation de captage est donc moyennement vulnérable à ce paramètre.

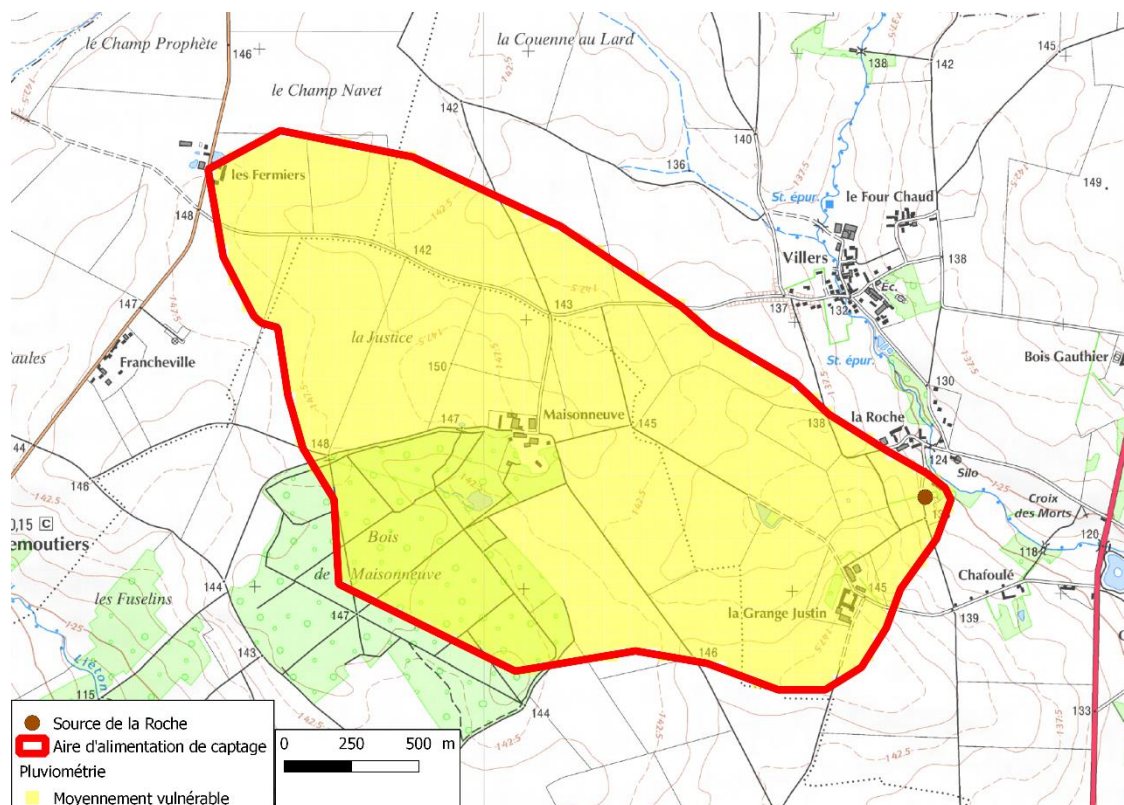


Figure 2 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017)

2.1.2 Sensibilité au lessivage (S)

La pondération de ce paramètre dans le calcul de la vulnérabilité totale est de 25%.

La carte des sols provient du référentiel pédologique régional de l'Île-de-France au 1/250 000 montre deux types de sols profonds : limoneux à limono-argileux.

Les deux sols sont des limons profonds avec une pierrosité d'environ 10%. Le seul paramètre qui les différencie est l'épaisseur : l'un est épais de 100 cm et l'autre d'environ 150 cm d'où un déclassement du premier.

Tableau 12 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Indexation du critère S	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	S0	0	0%
1	Faiblement vulnérable	S1	403	30%
2	Moyennement vulnérable	S2	946	70%
3	Fortement vulnérable	S3	0	0%
4	Très fortement vulnérable	S4	0	0%

L'aire d'alimentation est globalement moyennement vulnérable au lessivage (70%), en raison de la texture limoneuse prédominante et de l'épaisseur importante. 30% de la surface est couverte par un limon moins épais.

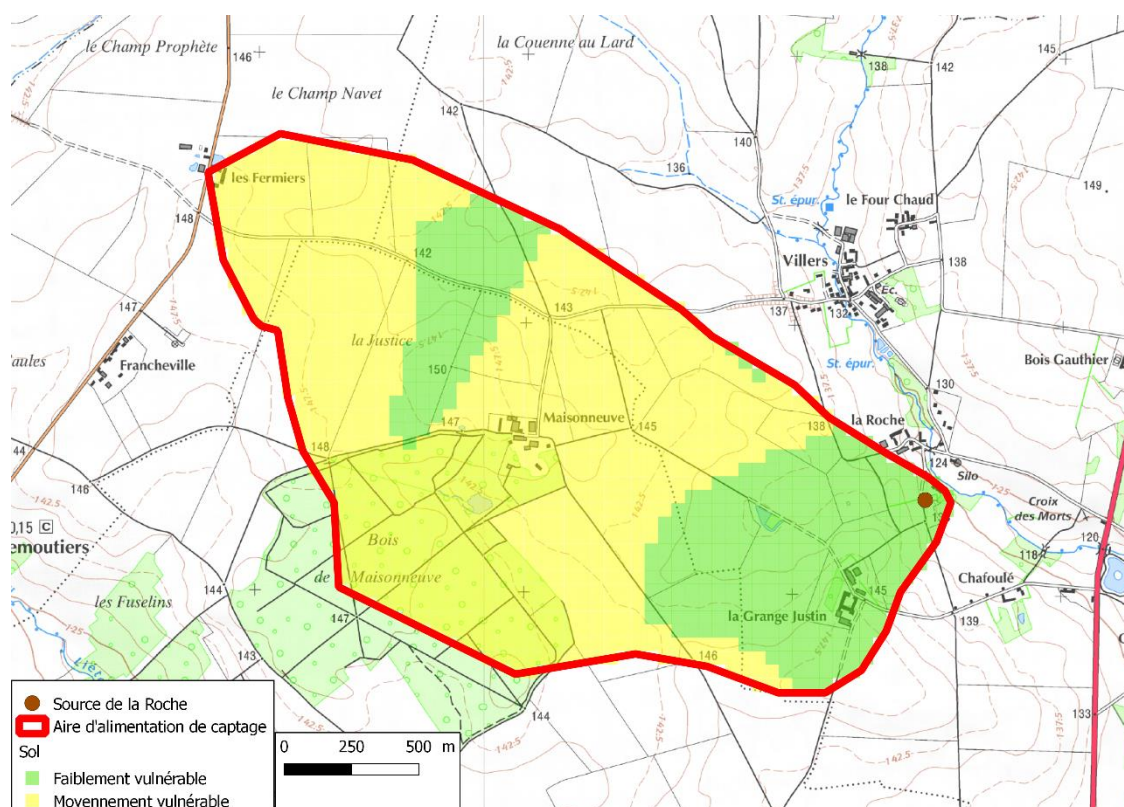


Figure 3 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)

2.1.3 Sensibilité au ruissellement (R)

Etant donnée la faible extension de cette aire, la méthode de l'IDPR ne sera envisagée ici. Sur l'aire d'alimentation deux types d'occupation du sol sont présents : culture, et, bois dans une moindre mesure.

La battance sur les zones de culture étant importante à moyennement importante par la présence de limons, et la pente étant relativement faible, l'indice de vulnérabilité pour cette zone est sensiblement très faible à faible.

Tableau 13 : Coefficient de ruissellement adapté à partir de la méthode de Bussard

Occupation sol	Sensibilité battance	% pente	Coeff. Ruissellement retenu	Risque ruissellement
culture	A : limoneux très battant	< 2%	12%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	20%	2 – Moyennement vulnérable
		> 5%	30%	3 – Fortement vulnérable
	B : limoneux à limono-argileux moyennement battant	< 2%	6%	1 – Faiblement vulnérable
		2-5%	10%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	15%	2 – Moyennement vulnérable
	C : argilo-limoneux et autres peu battant et non battant	< 2%	2%	0 – Très faiblement vulnérable
		2-5%	5%	1 – Faiblement vulnérable
		> 5%	8%	1 – Faiblement vulnérable
bois / prairie			0%	0 – Très faiblement vulnérable
voirie			90%	4 – Très fortement vulnérable
zone bâtie peu dense			20%	2 – Moyennement vulnérable
zone bâtie dense			40%	3 – Fortement vulnérable
zone imperméable			100%	4 – Très fortement vulnérable
moyenne urbain			45%	3 – Fortement vulnérable

Tableau 14 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	264	19.6%
1	Faiblement vulnérable	1 085	80.4%
2	Moyennement vulnérable	0	0%
3	Fortement vulnérable	0	0%
4	Très fortement vulnérable	0	0%

L'aire d'alimentation de captage est majoritairement faiblement vulnérable (80.4%) et très faiblement vulnérable sur les zones de bois (19.6%).

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

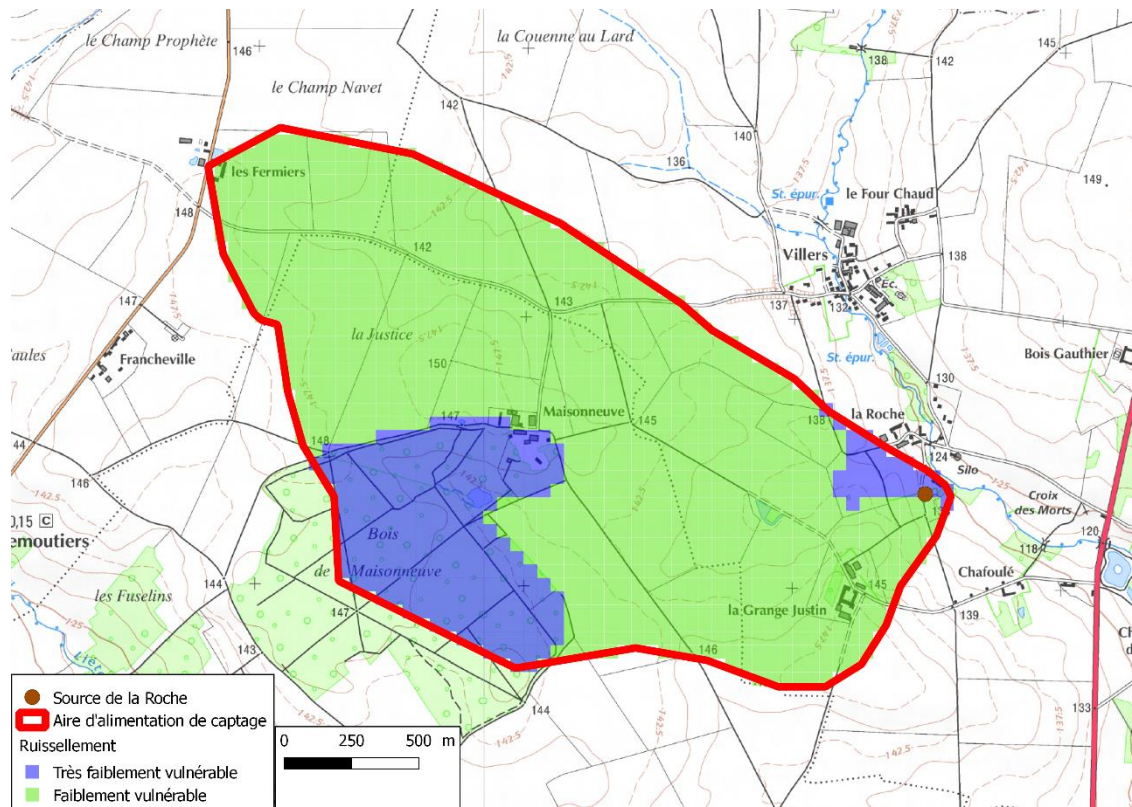


Figure 4 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

2.1.4 Profondeur de la nappe (HZNS)

La carte piézométrique utilisée pour le calcul est issue des mesures piézométriques des quatre piézomètres nouvellement créés près de la source de la Roche, et qui a été par la suite interpolée et extrapolée en faisant l'hypothèse que le gradient hydrogéologique est relativement identique au gradient topographique.

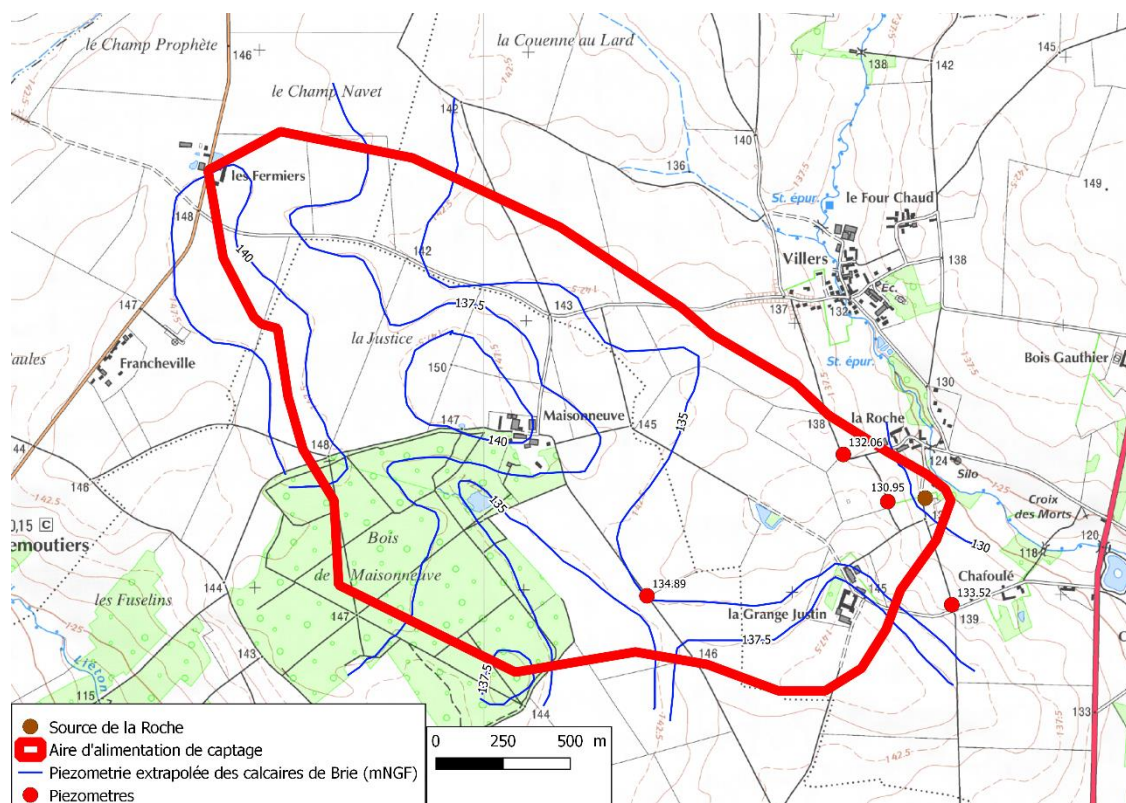


Figure 5 : Piézométrie extrapolée de la nappe de Brie utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS

Les notes appliquées pour la vulnérabilité sont les suivantes :

Tableau 15 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Épaisseur de la ZNS (m)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	>50	0	0%
1	Faiblement vulnérable	20-50	0	0%
2	Moyennement vulnérable	5-20	1092	81%
3	Fortement vulnérable	2-5	204	15%
4	Très fortement vulnérable	<2	53	4%

L'aire d'alimentation du captage est globalement moyennement vulnérable (81%). Retenons que les zones très fortement vulnérables sont situées à proximité du captage.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

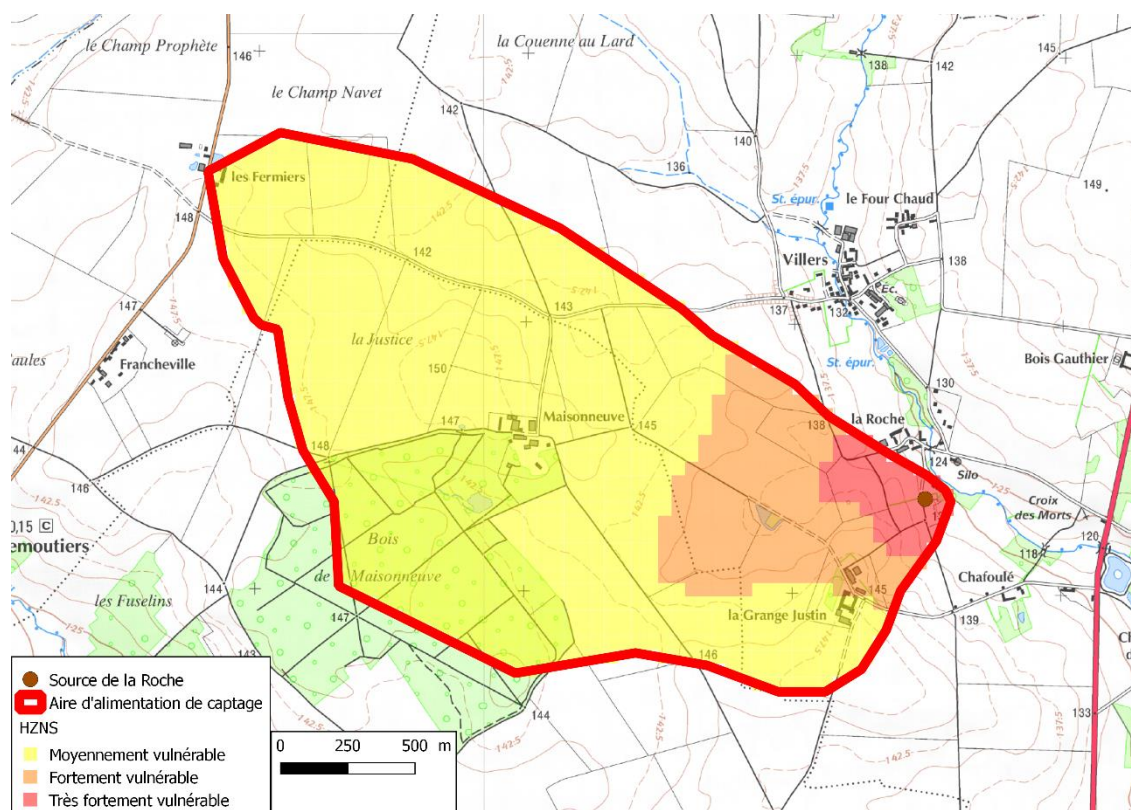


Figure 6 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

2.1.5 Perméabilité de l'aquifère saturé (KZS)

D'après la bibliographie, les calcaires de Brie ont une transmissivité de l'ordre de 10-2 à 10-3m²/s. Cette tranche de transmissivité classe la zone de l'aire d'alimentation de captage comme **très vulnérable selon le paramètre KZS**.

Tableau 16 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité K (m/s)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-7} > K$	0	0%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$	0	0%
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$	0	0%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$	1 349	100%

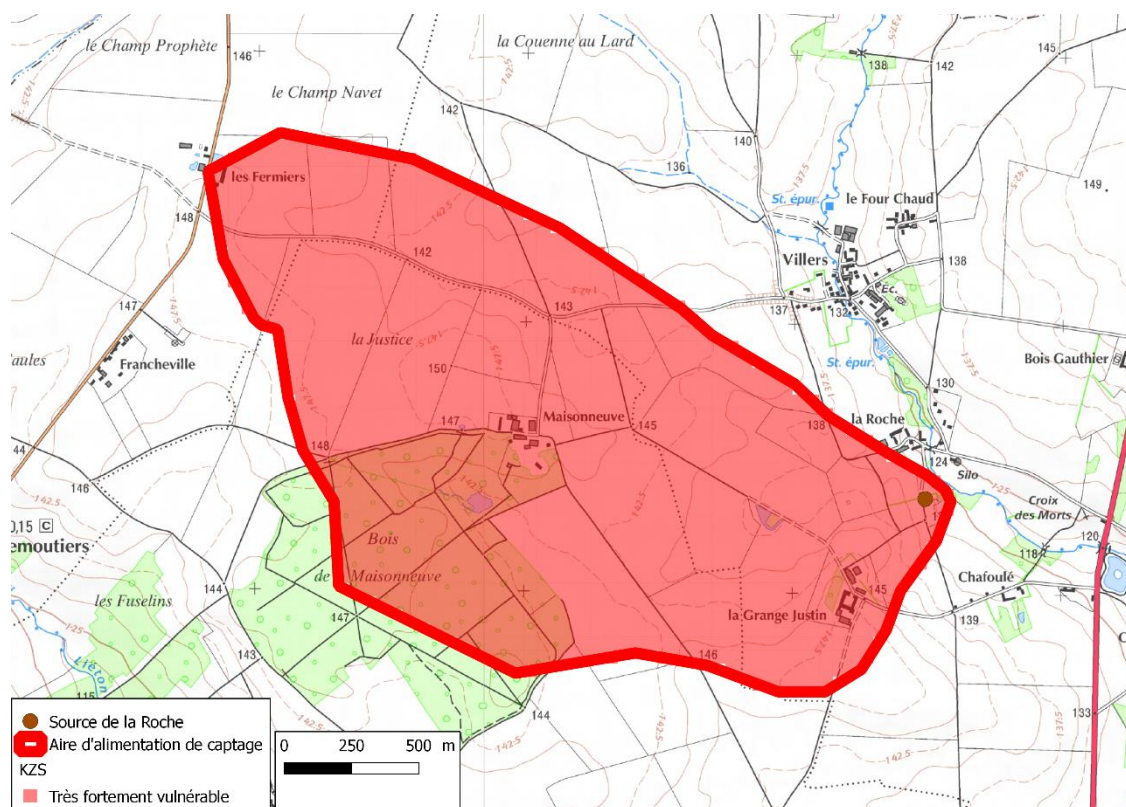


Figure 7 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)

2.2 Vulnérabilité intrinsèque

La combinaison des cinq paramètres selon la pondération retenue permet de cartographier la vulnérabilité sur l'aire d'alimentation de la source de la Roche.

Ainsi, l'indice de vulnérabilité correspond à la formule suivante :

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,1P + 0,25 S + 0,3 R + 0,2 \text{ Hzns} + 0,15 K$$

Tableau 17 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.79	0	0%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.59	0	0%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.39	1 349	100%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.19	0	0%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	0	0%

Il faut retenir que 100 % de l'aire d'alimentation est moyennement vulnérable.

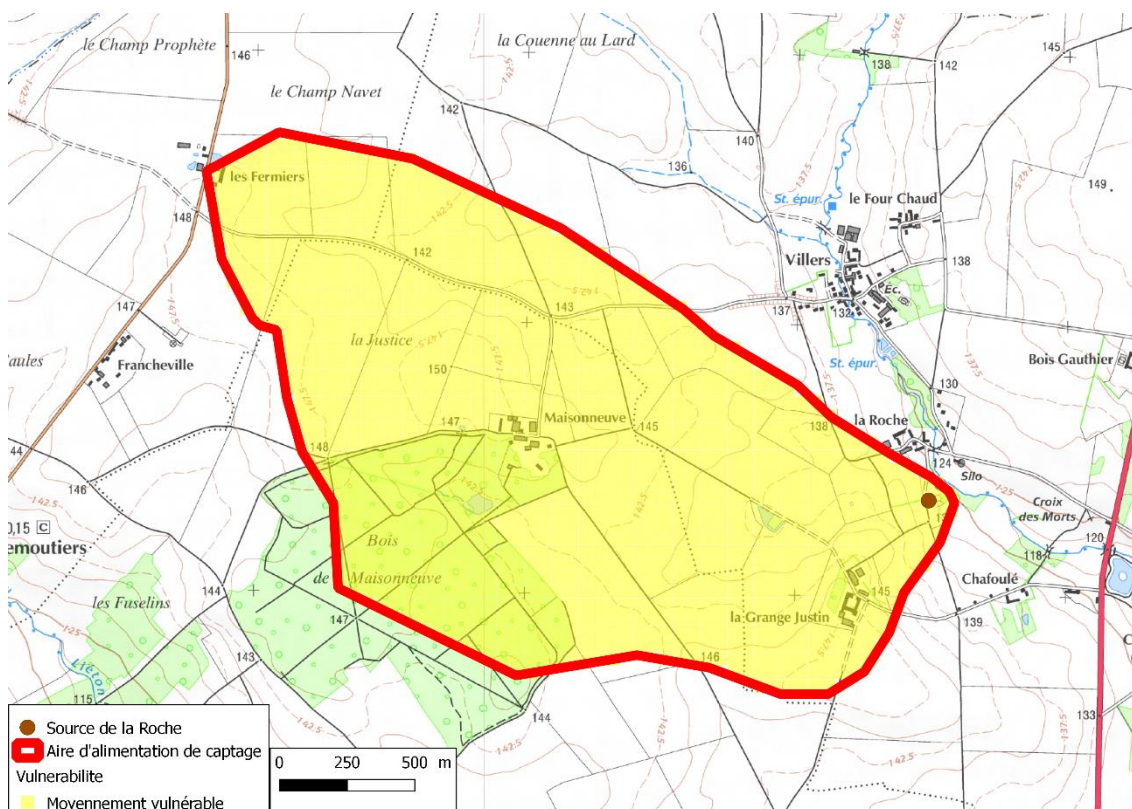


Figure 8 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017)

3 CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE : OUVRAGES CAPTANT LES CALCAIRES DE SAINT-OUEN (BEAUGRAND, MARGAT 2, JOUY-SUR-MORIN ET ST-REMY-LA-VANNE)

3.1 Paramètres

3.1.1 Pluie efficace (P)

Sur la zone d'étude, les calcaires de Saint-Ouen affleurent uniquement dans les vallées.

Selon S. Bellier (2013), le rapport de la pluie efficace reçue par l'aquifère de Brie et la drainance verticale vers l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur est de 0.22.

Or d'après le rapport du BRGM concernant les précipitations efficaces moyennes annuelles sur la France, en supposant une réserve utile moyenne de 150 mm, les précipitations efficaces moyennes s'élèvent pour Paris (à 50 km de Coulommiers) à hauteur de 180 mm.

Ainsi, pour cette précipitation efficace, la drainance verticale vers l'aquifère des calcaires du Lutétien est d'environ 40 mm/an soit une vulnérabilité très faible sur les zones de plateaux d'après ce paramètre. En revanche, là où les calcaires de Saint-Ouen affleurent, la vulnérabilité est déclassée.

Tableau 18 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Pluies efficaces (mm)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	<50	419 761	78.9%
1	Faiblement vulnérable	50-100	0	0%
2	Moyennement vulnérable	100-200	112 514	21.1%
3	Fortement vulnérable	200-300	0	0%
4	Très fortement vulnérable	>300	0	0%

La vulnérabilité de l'aire d'alimentation est donc majoritairement très faiblement vulnérable (78.9%).

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

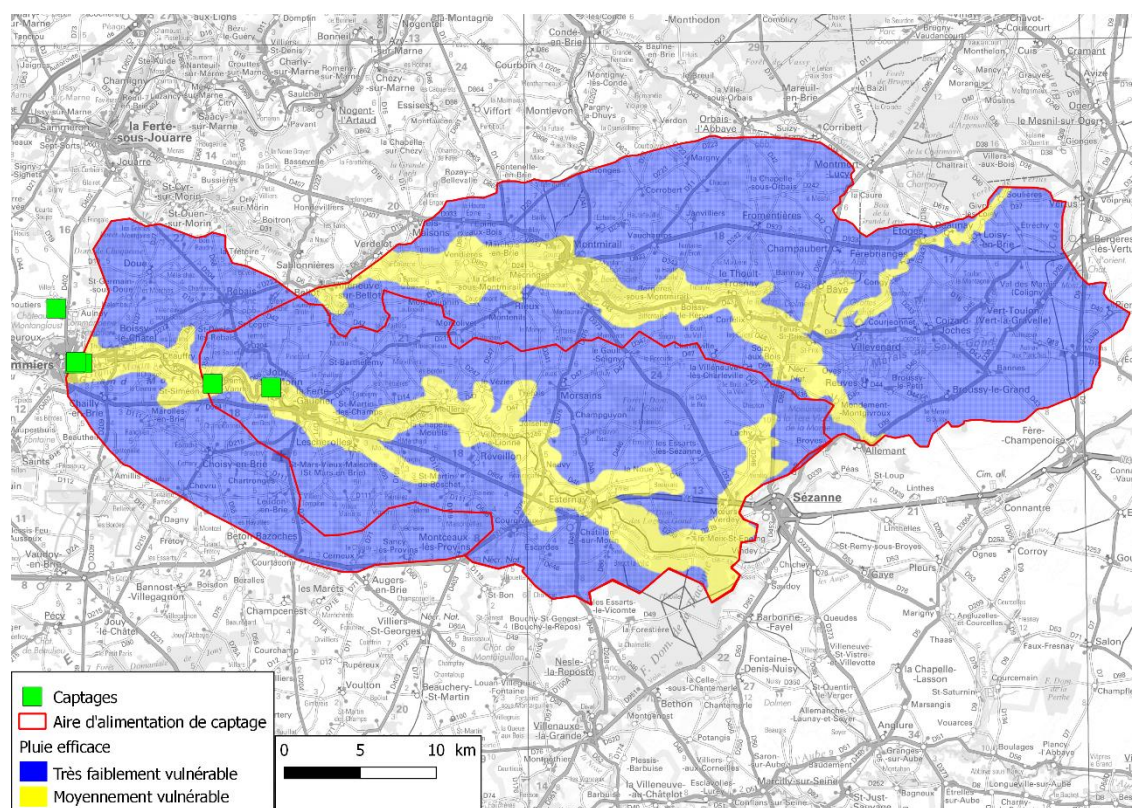


Figure 9 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017)

3.1.2 Sensibilité au lessivage (S)

Nous ne disposons pas d'une carte des sols couvrant l'ensemble de l'aire d'alimentation de captages.

D'après la Chambre d'Agriculture de la Marne, les données pédologiques sont disponibles sous la forme de cartes des sondages pédologiques réalisés au format A3 papier.

Pour la zone d'étude, cela représente 16 feuilles papier au format A3 (900 €HT).

De plus, ces cartes couvrent uniquement les parcelles agricoles disposant de sondages pédologiques, les autres parcelles agricoles n'étant pas renseignés par extrapolation.

Pour caractériser une carte de sols couvrant l'ensemble de l'aire d'alimentation de captage, il est nécessaire d'envisager les solutions suivantes :

- Solution 1 : Utiliser les cartes des sondages pédologiques réalisés de la Chambre d'Agriculture de la Marne et de l'île de France au 1/250 000.
- Solution 2 : Interpréter la carte des sols à partir de la carte géologique.
- Solution 3 : Interpréter la carte des sols à partir de la carte géologique à partir de sondages pédologiques

Nous recommandons au comité de pilotage de mobiliser la solution 2 peu précise mais facilement accessible dans l'attente d'un travail spécifique à engager en collaboration avec les chambre d'agriculture et les Collectivités.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

3.1.3 Sensibilité au ruissellement (R)

L'aire d'alimentation de captage actuelle est bien supérieure à quelques dizaines de km², c'est pourquoi la méthode l'IDPR sera appliquée dans ce cas. La cartographie utilisée est celle du BRGM au 1/50 000.

Tableau 19 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	IDPR	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	1600 - 2000	54 922	10.3%
1	Faiblement vulnérable	1200 – 1600	35 447	6.7%
2	Moyennement vulnérable	800 – 1200	192 322	36.1%
3	Fortement vulnérable	400 – 800	140 725	26.4%
4	Très fortement vulnérable	0 – 400	108 829	20.5%

L'aire d'alimentation est principalement moyennement vulnérable à très fortement vulnérable (83% au total) selon ce paramètre.

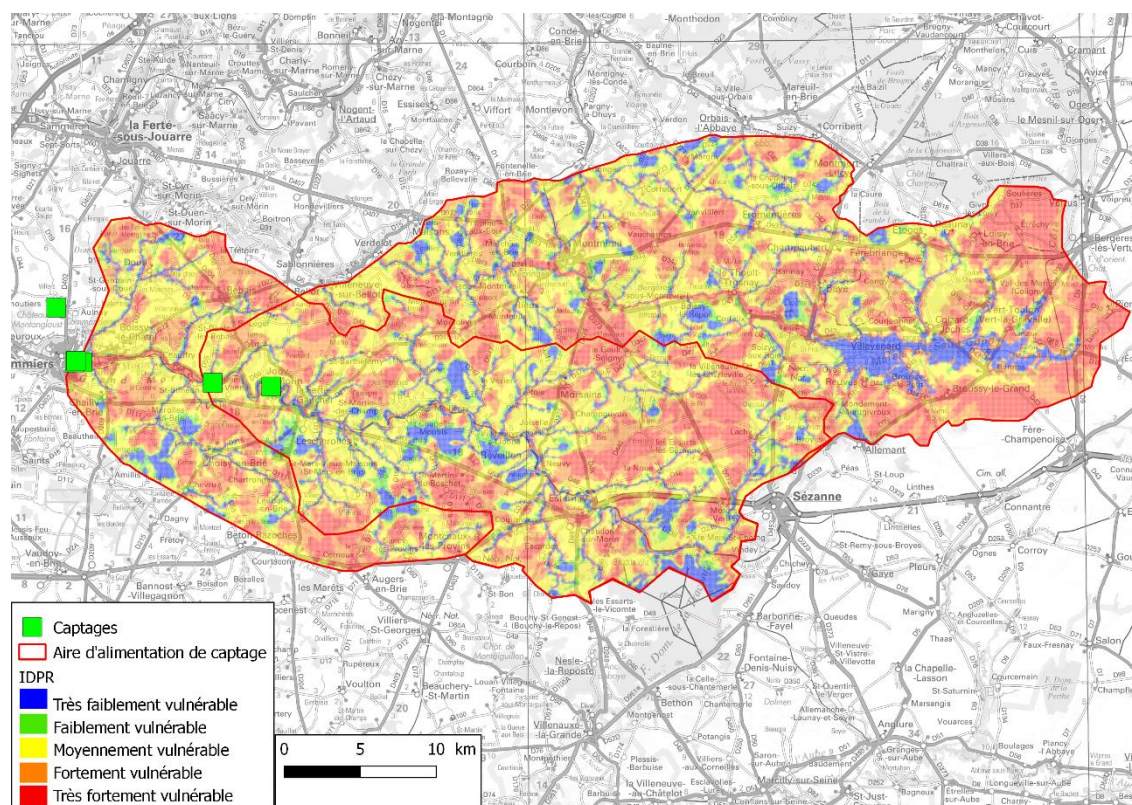


Figure 10 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

3.1.4 Profondeur de la nappe (HZNS)

L'aire d'alimentation n'étant pas couverte complètement par une piézométrie, nous avons extrapolé la piézométrie de l'Atlas hydrogéologique comme présentée ci-dessous. La partie Est de l'aire d'alimentation n'a pas à être couverte car elle se situe au-delà de l'extension de la formation des calcaires de Saint-Ouen.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

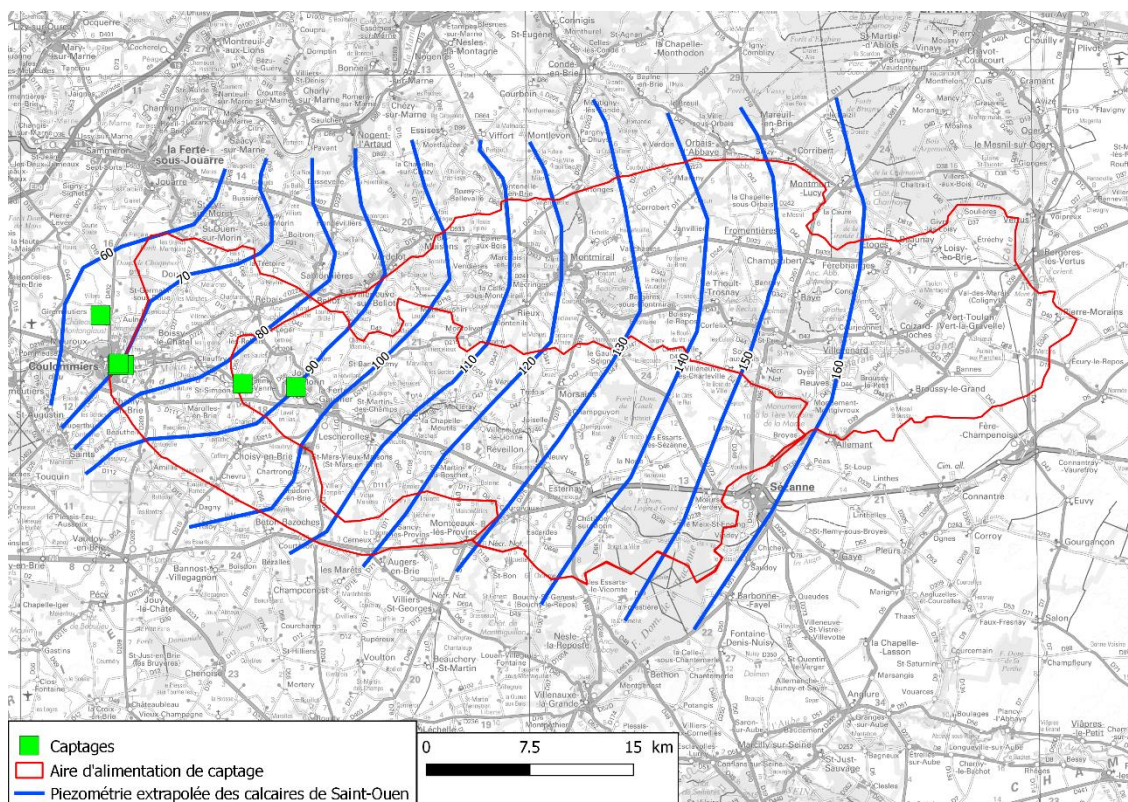


Figure 11 : Piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieure utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS

Tableau 20 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Épaisseur de la ZNS (m)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	>50	398 910	75.0%
1	Faiblement vulnérable	20-50	102 180	19.2%
2	Moyennement vulnérable	5-20	22 570	4.2%
3	Fortement vulnérable	2-5	2 985	0.6%
4	Très fortement vulnérable	<2	5 630	1.0%

Sur la zone d'étude, la vulnérabilité pour ce paramètre est majoritairement très faiblement vulnérable (75%).

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

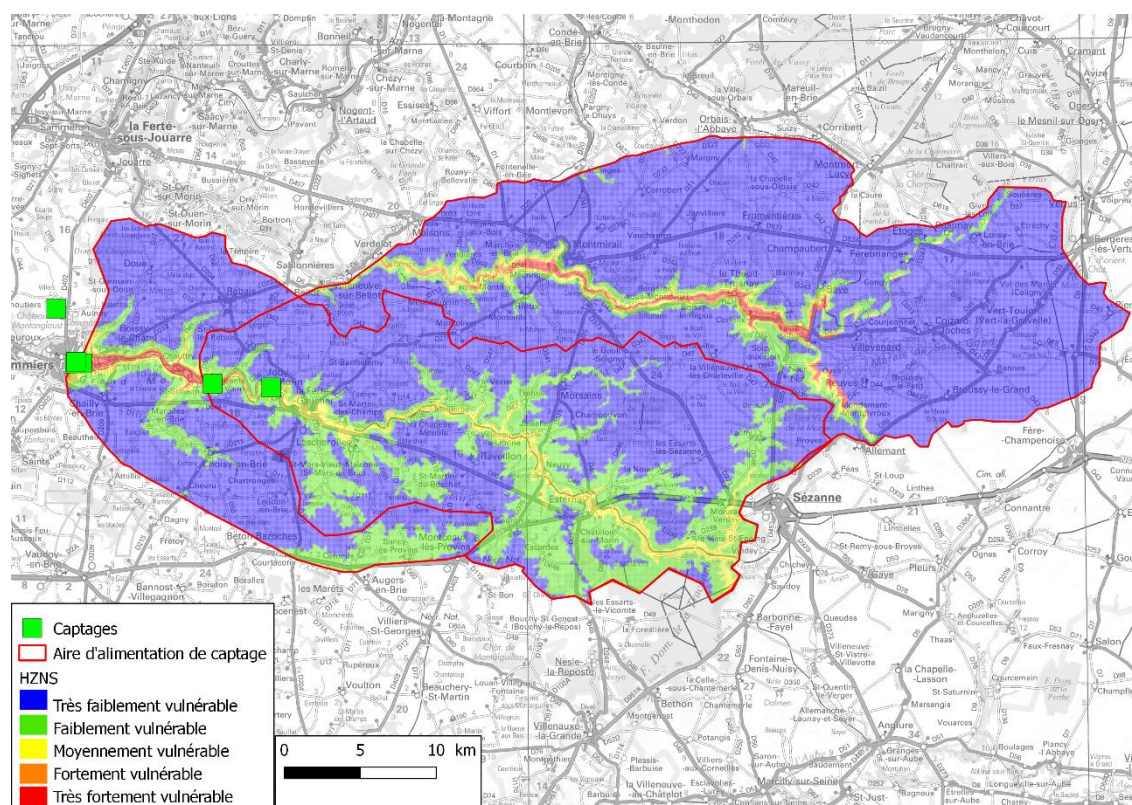


Figure 12 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

3.1.5 Perméabilité de l'aquifère saturé (KZS)

D'après les pompages d'essai réalisés sur les ouvrages captant l'aquifère des calcaires de Saint-Ouen, les valeurs de transmissivité se situent autour de $7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ soit un indice de vulnérabilité de 3 selon ce paramètre. Cette formation affleurant dans les vallées, on peut supposer une altération de cette dernière améliorant ainsi sa transmissivité : par précaution, l'indice sera déclassé en vallée, soit un indice de 4. Sur la partie Est, l'absence des calcaires de Saint-Ouen rend la vulnérabilité inexistante.

Tableau 21 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité K (m/s)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-7} > K$	78 520	14.8%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$	0	0%
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$	341 241	64.1%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$	112 514	21.1%

Selon ce paramètre, la vulnérabilité est globalement fortement à très fortement vulnérable (85.2% au total).

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

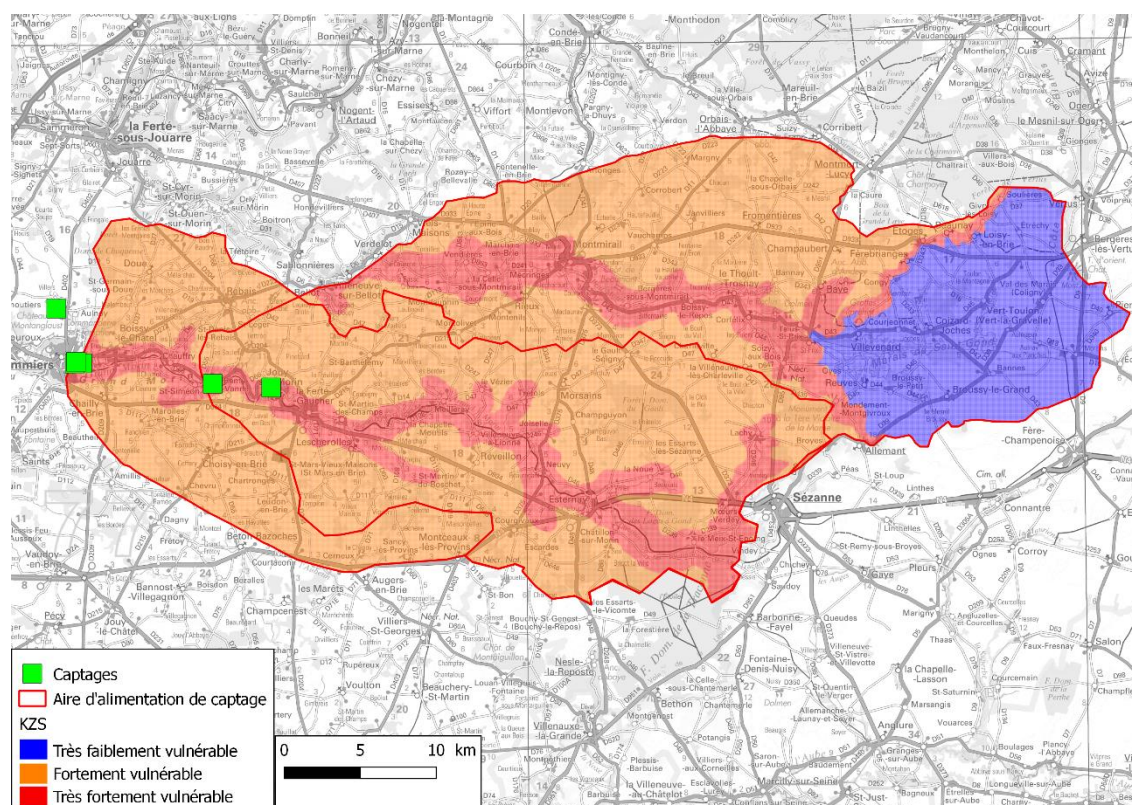


Figure 13 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)

3.2 Vulnérabilité intrinsèque

Dans l'attente d'une décision du comité de pilotage concernant le critère « Sensibilité au lessivage », la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage a été provisoirement dressée en revalorisant les coefficients des autres paramètres.

La formule de calcul de la vulnérabilité employée est la suivante

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,13P + 0S + 0,4 R + 0,27 H_{zns} + 0,2 Kzs$$

Tableau 22 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.79	37 018	7%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.59	185 677	35%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.39	261 244	49%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.19	39 240	7%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	9 096	2%

Pour le moment, on peut retenir de cette vulnérabilité provisoire que :

- 91 % de l'aire d'alimentation est faiblement à moyennement vulnérable.
- 2 % de l'aire d'alimentation est fortement vulnérable.

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

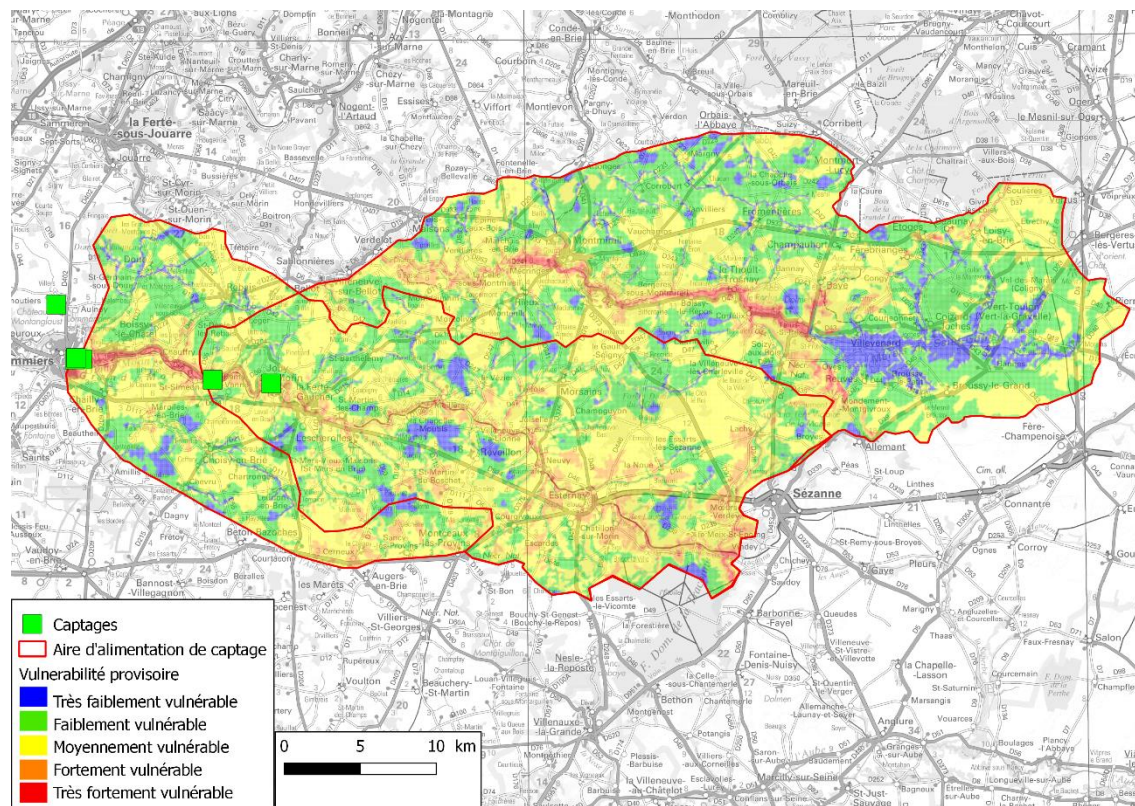


Figure 14 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRATIC (Suez Consulting, 2017)

4 CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE : OUVRAGES CAPTANT LES CALCAIRES DU LUTETIEN (MARGAT4 ET POUILLY 82)

4.1 Paramètres

4.1.1 Pluie efficace (P)

Sur la zone d'étude, les calcaires du Lutétien n'affleurent pas et sont recouverts par les formations de l'Eocène jusqu'au calcaires de Brie.

Selon S. Bellier (2013), le rapport de la pluie efficace reçue par l'aquifère de Brie et la drainance verticale vers l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur est de 0.22.

Or d'après le rapport du BRGM concernant les précipitations efficaces moyennes annuelles sur la France, en supposant une réserve utile moyenne de 150 mm, les précipitations efficaces moyennes s'élèvent pour Paris (à 50 km de Coulommiers) à hauteur de 180 mm.

Ainsi, pour cette précipitation efficace, la drainance verticale vers l'aquifère des calcaires du Lutétien est d'environ 40 mm/an soit **une vulnérabilité très faible sur l'ensemble de l'aire d'alimentation d'après ce paramètre.**

Tableau 23 : Répartition des notes P sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Pluies efficaces (mm)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	<50	42 732	100%
1	Faiblement vulnérable	50-100	0	0%
2	Moyennement vulnérable	100-200	0	0%
3	Fortement vulnérable	200-300	0	0%
4	Très fortement vulnérable	>300	0	0%

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

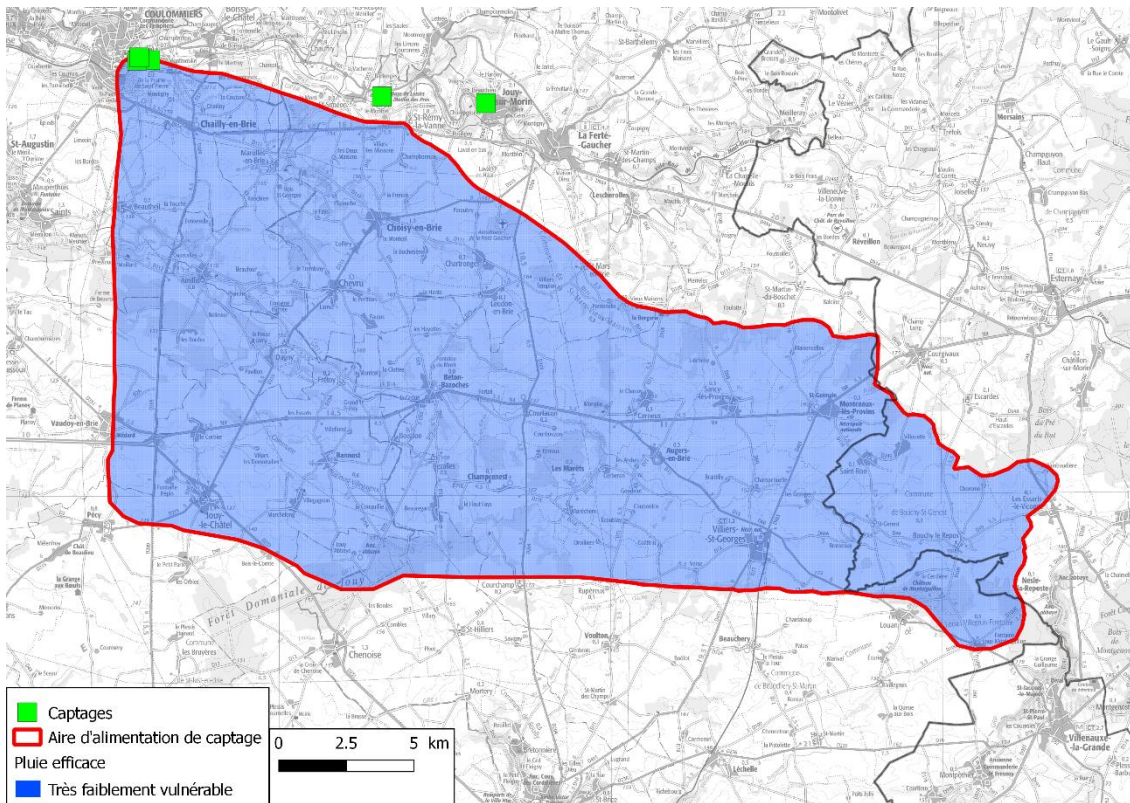


Figure 15 : Carte du paramètre P, pluie efficace (Suez Consulting, 2017)

4.1.2 Sensibilité au lessivage (S)

Les données pédologiques utilisées sont celles du référentiel pédologique de l'Île-de-France au 1 :250000. Ces dernières ont été extrapolées pour la surface appartenant au département de la Marne étant donné la nature géologique similaire des terrains.

Au total, 15 sols différents ont été répertoriés : 11 d'entre eux sont de texture principalement limoneuse, 3 de texture argileuse et 1 de texture sableuse. La pierrosité est globalement faible avec toutefois deux sols avec une pierrosité atteignant les 65%. Les sols sont pour une majorité des sols moyennement profonds à profonds.

Tableau 24 : Répartition des notes S sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Indexation du critère S	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	S0	0	0%
1	Faiblement vulnérable	S1	3 427	8.1%
2	Moyennement vulnérable	S2	37 394	87.5%
3	Fortement vulnérable	S3	453	1.1%
4	Très fortement vulnérable	S4	1 458	3.3%

La vulnérabilité est donc majoritairement moyenne (87.5%) avec une partie très fortement vulnérable à proximité des vallées (3.3%) selon ce paramètre.

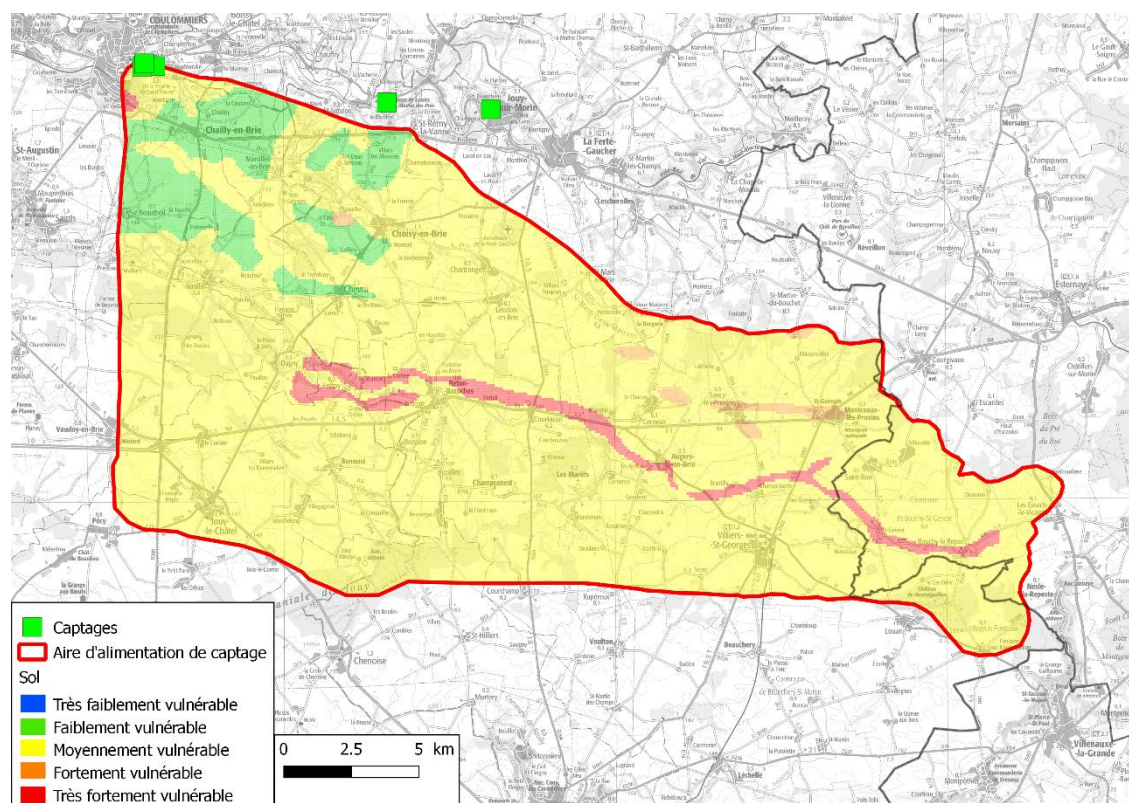


Figure 16 : Carte du paramètre S, sensibilité au lessivage (Suez Consulting, 2017)

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

4.1.3 Sensibilité au ruissellement (R)

L'aire d'alimentation de captage actuelle est bien supérieure à quelques dizaines de km², c'est pourquoi la méthode l'IDPR sera appliquée dans ce cas. La cartographie utilisée est celle du BRGM au 1/50 000.

Tableau 25 : Répartition de la sensibilité au ruissellement R sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	IDPR	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	1600 - 2000	4 614	10.8%
1	Faiblement vulnérable	1200 – 1600	3 326	7.8%
2	Moyennement vulnérable	800 – 1200	15 322	35.8%
3	Fortement vulnérable	400 – 800	11 360	26.6%
4	Très fortement vulnérable	0 – 400	8 110	19%

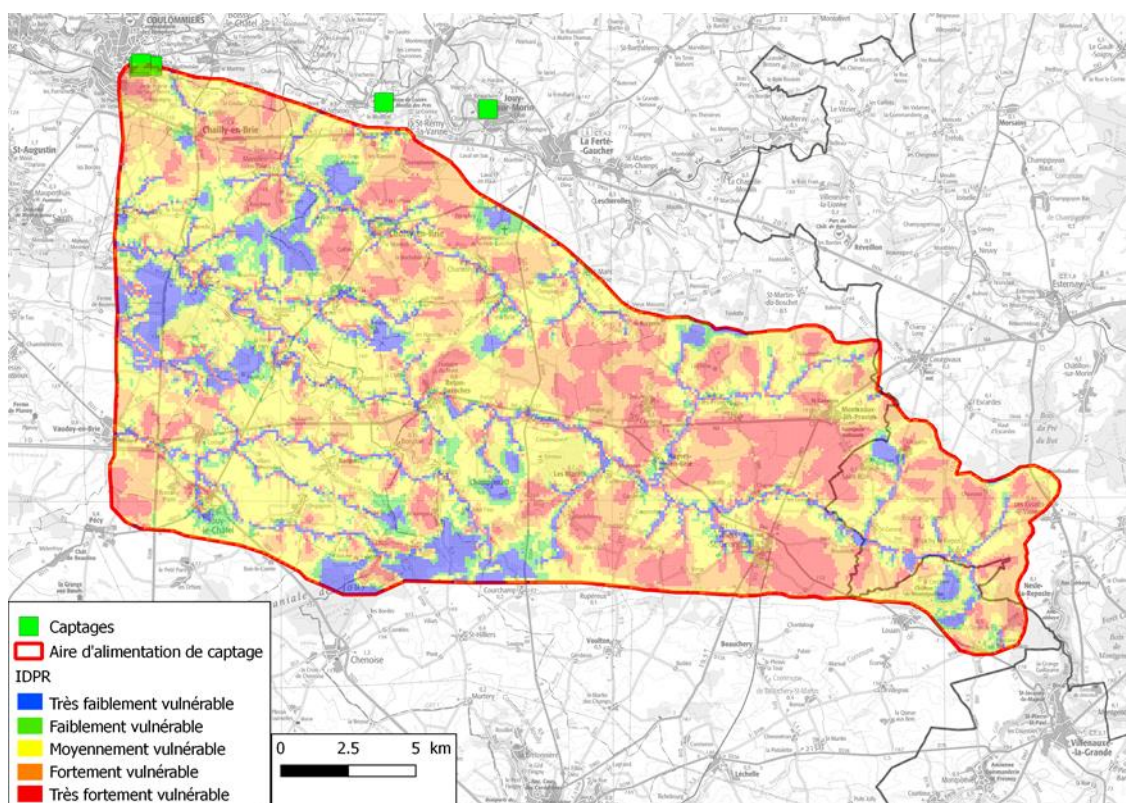


Figure 17 : Carte du paramètre R, sensibilité au ruissellement (Suez Consulting, 2017)

L'aire d'alimentation est majoritairement moyennement vulnérable à très vulnérable (81% au total) selon ce paramètre.

4.1.4 Profondeur de la nappe (HZNS)

La piézométrie utilisée pour réaliser cette carte est celle de l'Eocène inférieur de 1974 par sa cohérence avec la carte structurale. La piézométrie de 2014 n'a pas été retenue en raison du faible nombre de points utilisés et du dôme piézométrique centrale provoqué par un unique point.

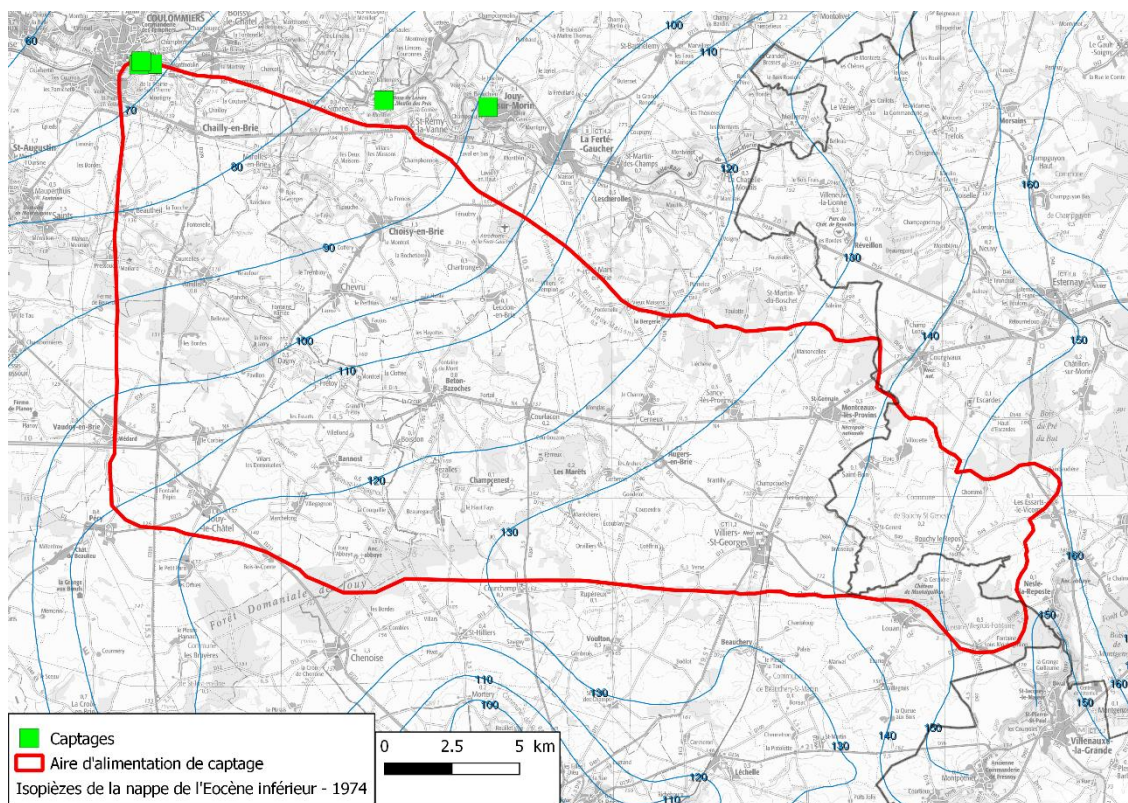


Figure 18 : Piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieure utilisée pour la caractérisation du paramètre HZNS

Tableau 26 : Répartition de la note de vulnérabilité pour l'épaisseur de zone non saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Épaisseur de la ZNS (m)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	>50	13 566	31.7%
1	Faiblement vulnérable	20-50	19 638	46.0%
2	Moyennement vulnérable	5-20	9 070	21.2%
3	Fortement vulnérable	2-5	265	0.6%
4	Très fortement vulnérable	<2	193	0.5%

Sur la zone d'étude, la vulnérabilité pour ce paramètre est majoritairement très faiblement à moyennement vulnérable (98.9%).

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

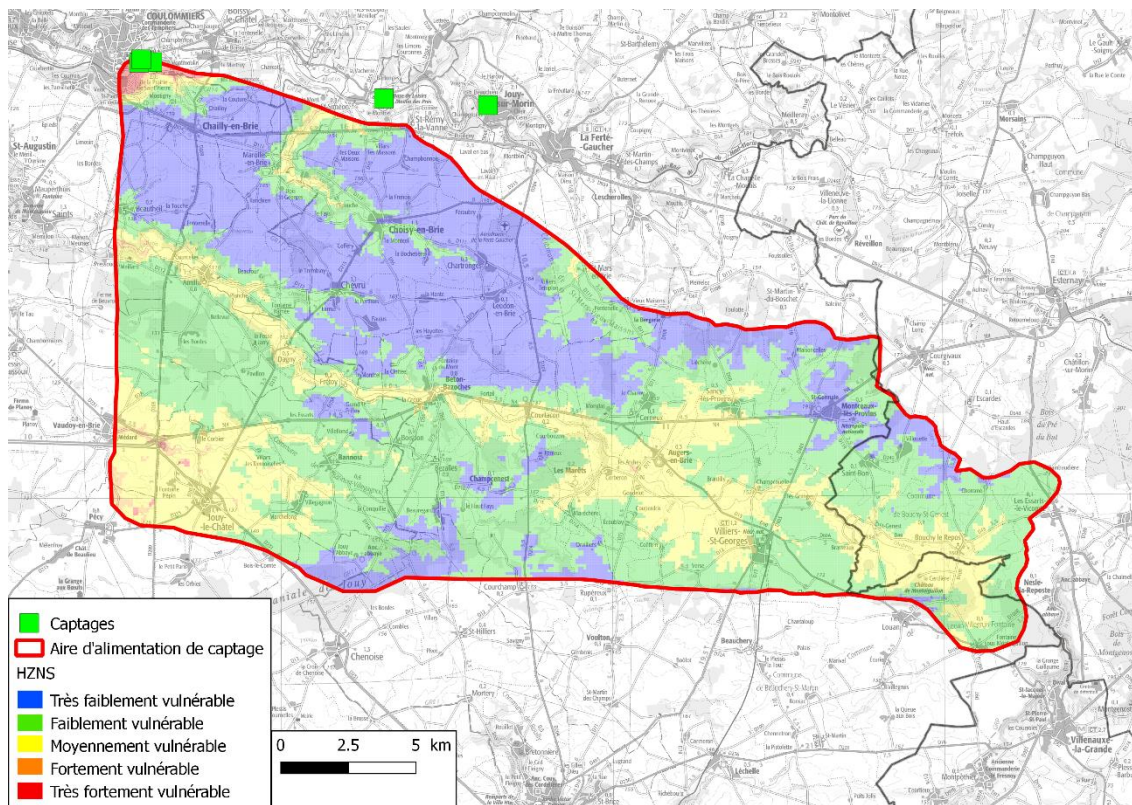


Figure 19 : Carte du paramètre HZNS, épaisseur de la zone non saturée (Suez Consulting, 2017)

4.1.5 Perméabilité de l'aquifère saturé (KZS)

D'après le pompage d'essai réalisé sur Pouilly 82, captant l'aquifère du Lutétien, la valeur de transmissivité est de $1.38 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. En admettant que la transmissivité peut être différente sur une telle superficie, nous retiendrons cette valeur pour sa très forte vulnérabilité suivant ce paramètre.

Tableau 27 : Répartition de la note de vulnérabilité vis-à-vis de la perméabilité de la zone saturée par aire d'alimentation

Note	Classe	Perméabilité K (m/s)	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	$10^{-7} > K$	0	0%
1	Faiblement vulnérable	$10^{-5} > K > 10^{-7}$	0	0%
2	Moyennement vulnérable	$10^{-4} > K > 10^{-5}$	0	0%
3	Fortement vulnérable	$10^{-3} > K > 10^{-4}$	0	0%
4	Très fortement vulnérable	$K > 10^{-3}$	42 732	100%

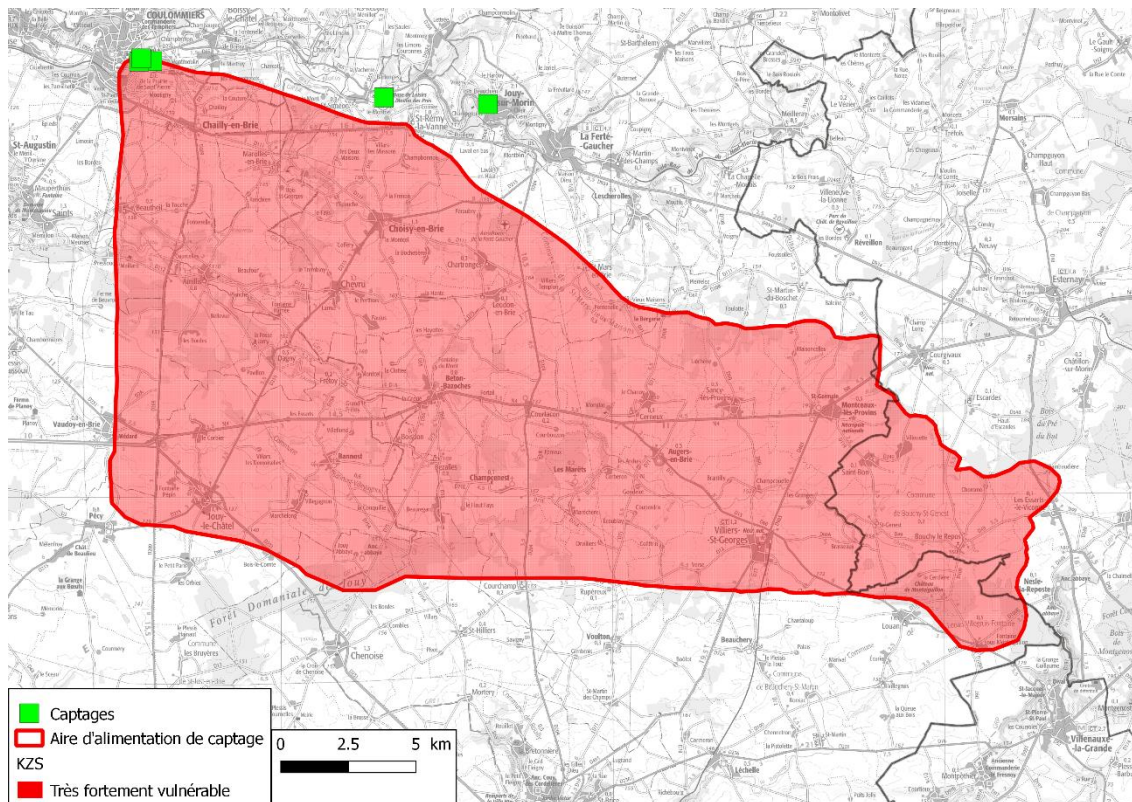


Figure 20 : Carte du paramètre KZS, perméabilité de la zone saturée (Suez Consulting, 2017)

4.2 Vulnérabilité intrinsèque

La combinaison des cinq paramètres selon la pondération retenue permet de cartographier la vulnérabilité sur l'aire d'alimentation des captages de Pouilly 82 et de Margat 4.

Ainsi, l'indice de vulnérabilité correspond à la formule suivante :

$$\text{Indice de vulnérabilité} = 0,1P + 0,25S + 0,3R + 0,2 \text{ Hzns} + 0,15K$$

Tableau 28 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.79	0	0%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.59	6 892	16.1%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.39	26 801	62.7%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.19	8 919	20.9%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	120	0.3%

Il faut retenir que :

- 62.7 % de l'aire d'alimentation est moyennement vulnérable.
- 20.9 % de l'aire d'alimentation est fortement vulnérable.
- 16.1 % de l'aire d'alimentation est faiblement vulnérable.

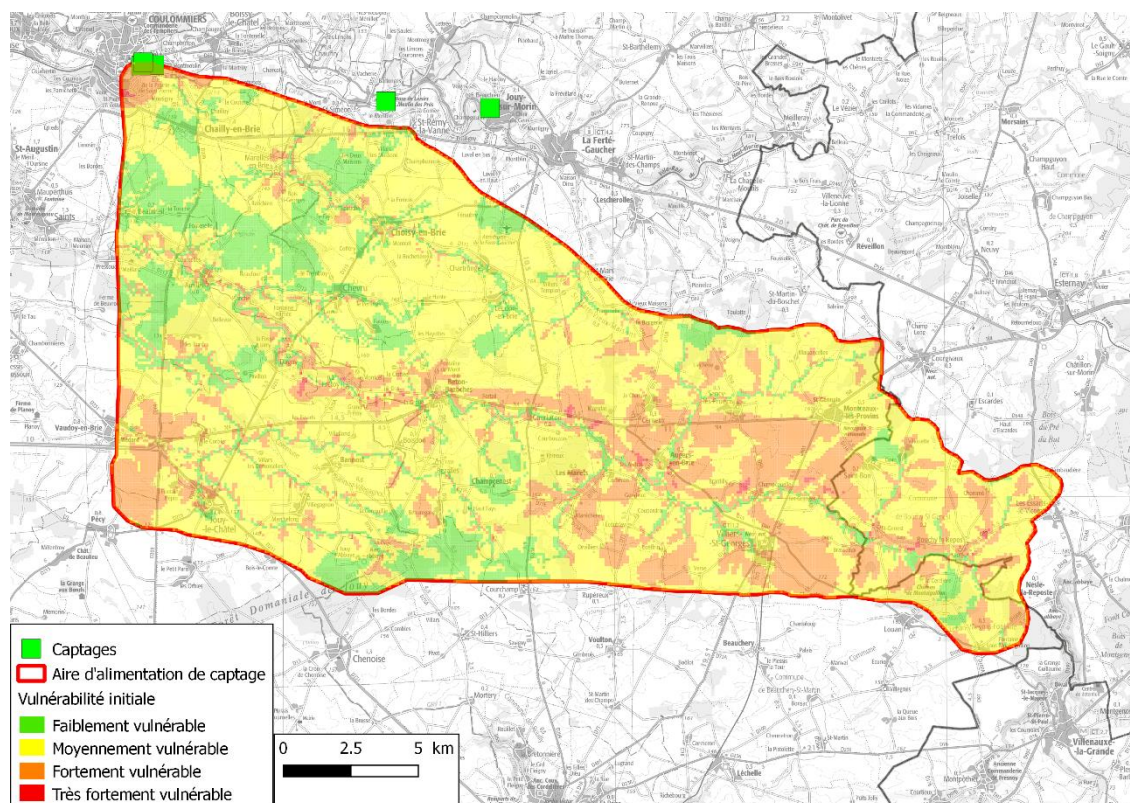


Figure 21 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque selon la méthode DRATIC (Suez Consulting, 2017)

Mission 2 : Définition des aires d'alimentation des captages (AAC) Phase 3 : Cartographie de la vulnérabilité

Etudes des aires d'alimentation de captage de Coulommiers, Jouy-sur-Morin et Saint-Rémy-de-la-Vanne (77)

Cependant, certains paramètres comme l'IDPR, ou capacité d'infiltration, s'avèrent peu fiable sur des aquifères profonds. En effet, alors que les calcaires du Lutétien sont recouverts sur l'ensemble de l'aire d'alimentation, par d'autres formations aquifères, la capacité d'infiltration présentée dans l'IDPR, applique des coefficients très forts, de moyennement vulnérable à très fortement vulnérable, et représentant plus de 80%. Ce paramètre étant attribué d'un facteur 0.3 pour le calcul de la vulnérabilité intrinsèque, cette dernière devient biaisée.

Par conséquent, nous avons choisi de déclasser la vulnérabilité d'un coefficient de 1 pour pouvoir appréhender au mieux la vulnérabilité de ce réservoir profond.

Tableau 29 : Répartition de la note de vulnérabilité intrinsèque déclassé de 1 sur l'aire d'alimentation

Note	Classe	Valeur de l'indice	Nombre de mailles	Proportion
0	Très faiblement vulnérable	0 - 0.79	6 892	16.1%
1	Faiblement vulnérable	0.8 – 1.59	26 801	62.7%
2	Moyennement vulnérable	1.6 – 2.39	8 919	20.9%
3	Fortement vulnérable	2.4 – 3.19	120	0.3%
4	Très fortement vulnérable	3.2 – 4	0	0%

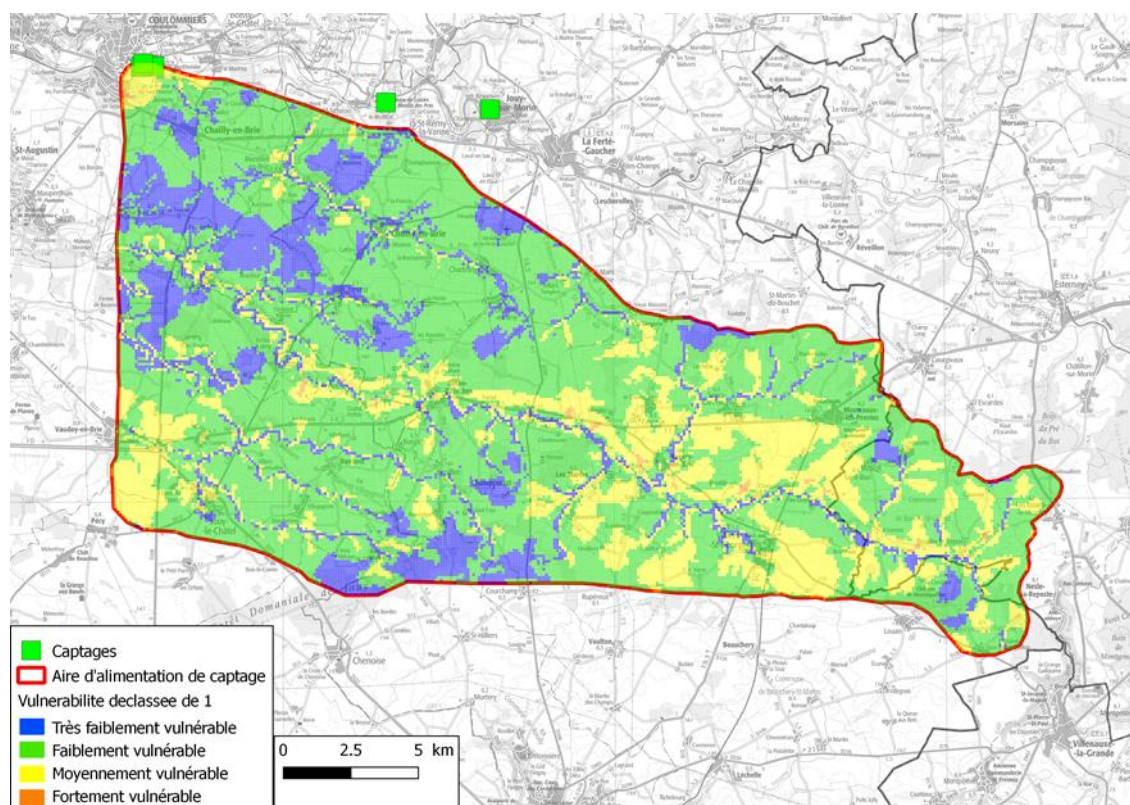


Figure 22 : Carte de la vulnérabilité intrinsèque déclassée d'un degré de vulnérabilité selon la méthode DRASTIC (Suez Consulting, 2017)

Il faut retenir que :

- 62.7 % de l'aire d'alimentation est faiblement vulnérable.
- 20.9 % de l'aire d'alimentation est moyennement vulnérable.
- 0.3 % de l'aire d'alimentation est fortement vulnérable.