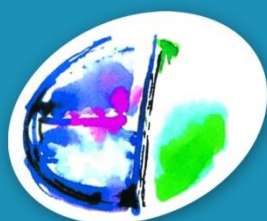


Bureau d'études  
d'ingénierie,  
conseils, services

# ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE POUR L'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU

Commune de Montigny-Montfort – Sources de la Ronce et  
des Ormes



Sciences Environnement

Ce dossier a été réalisé par :

# Sciences Environnement

Agence de Besançon

Pour le compte de : Commune de Montigny-Montfort

Personnel ayant participé à l'étude : Victor MORAND

Version n°1 - rapport intermédiaire, avril 2024

Version n°2 – rapport final, mai 2024

Version n°3 – rapport final corrigé, juin 2024

Version n°4 – rapport final corrigé, juillet 2024

# SOMMAIRE

---

1. Glossaire.....	7
2. Contexte et problématique.....	8
2.1. Contexte .....	8
2.2. Solutions existantes .....	9
2.3. Objet de l'étude .....	9
2.4. Présentation de la collectivité.....	9
2.4.1. Evolution de la population et analyse des besoins actuels et futurs.....	10
3. Reconnaissance de l'existant et schéma de principe du réseau de distribution .....	13
3.1. Infrastructures et ouvrages.....	13
3.1.1. Captage de la Ronce.....	14
3.1.2. Captage des Ormes .....	16
3.1.3. Réservoirs.....	23
3.1.4. Adduction en eau potable.....	26
3.2. Qualité de l'eau distribuée.....	29
3.2.1. Minéralisation globale .....	29
3.2.2. Captage des Ormes .....	30
3.2.3. Captage de la Ronce.....	32
3.3. Prix de l'eau et estimation budgétaire.....	36
4. Contexte géologique .....	37
4.1. Couches stratigraphiques.....	40
4.1.1. Formations superficielles .....	40
4.1.2. Formations jurassiques .....	40
4.2. Contexte structural .....	43
5. contexte hydrogéologique .....	45
5.1. Aquifères de la zone d'étude .....	45
6. Synthèse bibliographique des solutions existantes .....	49
6.1. Solutions adaptées pour abattre la concentration en nitrates.....	49
6.1.1. L'échange d'ions.....	49
6.1.2. Techniques séparatives à membranes pour l'élimination des nitrates .....	51
6.1.3. Electrodialyse .....	53
6.1.4. Traitement biologique .....	54
6.1.5. Distillation de l'eau .....	57

6.1.6. Mesures palliatives .....	57
6.2. Solutions curatives adaptées pour le traitement des pesticides .....	59
6.2.1. Adsorption par charbon actif .....	59
6.2.2. Techniques séparatives à membrane pour l'élimination des pesticides .....	60
6.2.3. Ozonation .....	61
6.3. Solutions curatives adaptées pour le traitement de la turbidité .....	61
6.3.1. Techniques séparatives à membrane .....	61
6.3.2. Filtre à sable .....	62
6.4. Solutions curatives adaptées pour le traitement bactériologique .....	65
7. Analyse comparée synthétique .....	66
7.1. Solutions existantes et solutions retenues .....	66
7.2. Différents scénarios de traitement proposés .....	67
7.2.1. Mise en place d'un traitement curatif pour les captages de la Ronce et des Ormes .....	67
7.3. Mesures palliatives (interconnexion) .....	73
7.4. Démarches à suivre pour l'abandon des ouvrages existants .....	78
7.4.1. Démarche administrative .....	78
7.4.2. Démarche technique .....	79
7.5. Récapitulatif des chiffrages présentés .....	80
8. Actions préventives et limites .....	81
9. Conclusion .....	83

## INDEX DES ILLUSTRATIONS

---

Figure 1: évolution de la population de Montigny-Montfort sur la période 1969-2021 (source : INSEE). ....	10
Figure 2 : évolution hypothétique de la population entre 2021 et 2040 (source : Sciences Environnement).....	11
Figure 3 : synoptique des réseaux de Montfort/Villiers et de Montigny/Fatin (source : Sciences Environnement). ....	13
Figure 4 : intérieur des ouvrages composant le captage de la Ronce (source : Sciences Environnement).....	14
Figure 5 : vue extérieure du captage de la Ronce (source : Sciences Environnement). ....	15
Figure 6 : plan de l'ouvrage captant de la source de la ronce, vue en tranche (haut) et en plan (bas) (source : Sciences Environnement). ....	15
Figure 7 : planche photographique de l'intérieur du captage Est des Ormes (source : Sciences Environnement).....	16
Figure 8 : localisation de la source des Ormes sur fond cadastral (source : Sciences Environnement). ....	17
Figure 9 : plan du captage EST de la source des Ormes en plan (haut) et tranche (bas) (source : Sciences Environnement). ....	18
Figure 10 : planche photo de l'intérieur du captage Sud des Ormes (source : Sciences Environnement). ....	19
Figure 11 : plan du captage SUD de la source des Ormes (source : Sciences Environnement).....	20



Figure 12 : vue de l'intérieur de la bêche de reprise du captage des Ormes, pleine (gauche) et vide (droite) (source : Sciences Environnement).....	21
Figure 13 : plan de la bêche de reprise du captage des Ormes source : Sciences Environnement).....	21
Figure 14 : vue extérieure du captage des Ormes (source : Sciences Environnement) .....	22
Figure 15 : planche photo du réservoir de Montigny (source : Sciences Environnement).....	23
Figure 16 : planche photo du réservoir de Montfort (source : Sciences Environnement) .....	24
Figure 17 : planche photo du réservoir de Villiers (source : Sciences Environnement) .....	25
Figure 18 : position des ouvrages principaux et des canalisations du réseau de Montigny/Fatin (diamètre des canalisations en jaune) (source : Sciences Environnement).....	26
Figure 19 : position des ouvrages principaux et des canalisations du réseau de Montfort/Villiers (diamètre des canalisations en jaune) (source : Sciences Environnement).....	27
Figure 20 : planche photo de la station de relevage de Montigny (source : Sciences Environnement) .....	28
Figure 21 : station de reprise de Montfort (source : google.maps).....	28
Figure 22 : diagramme de Piper représentatif de la ressource sollicitée par le captage. ....	29
Figure 23 : évolution des concentrations en nitrates en mg/l sur la source des Ormes au cours de l'année 2023 et du début d'année 2024 (source : ARS).....	31
Figure 24: évolution de la turbidité sur le captage au cours de l'année 2023 (source : ARS) .....	33
Figure 25: évolution de la turbidité sur le captage de la source de la Ronce (2004/2021) (source : ARS).....	33
Figure 26: évolution des concentrations en nitrates en mg/l sur la source de la Ronce (1998/2021) (source : ARS) ...	34
Figure 27 : carte géologique de la zone d'étude (source : Sciences Environnement). ....	38
Figure 28 : coupe géologique suivant les traits de coupe de la figure 3 (source : Sciences Environnement). ....	39
Figure 29: affleurement de calcaire à entroques situé à proximité du captage de la Ronce (source : Sciences Environnement). ....	41
Figure 30: colonne stratigraphique de référence, issue de la carte géologique de Montbard (sondage de Fain-lès-Montbard) (source : BRGM).....	43
Figure 31: faille attenante à la source de la Ronce (source : Sciences Environnement). ....	44
Figure 32: coupes hydrogéologiques du secteur d'étude (source : Sciences Environnement) .....	48
Figure 33 : ordre de sélectivité de fixation sur une résine échangeuse d'ions entre différentes espèces anioniques, du plus au moins spécifique.....	50
Figure 34 : exemple d'une installation de traitement par échange d'ions et schéma de principe (source: SUEZ). ....	50
Figure 35 : ordre de grandeur du tamisage des processus de séparation par membrane et taille de plusieurs types de particules (source : Sciences Environnement). ....	51
Figure 36 : schéma de procédé d'osmose inverse (source : "élimination des nitrates des eaux potables" - Ratel) .....	52
Figure 37 : exemple d'osmoseur industriel monté sur skid pour le traitement de volume allant de 0,9 à 14,4 m <sup>3</sup> /h (source: josmose.fr) .....	53
Figure 38 : schéma de principe du fonctionnement d'un système d'électrodialyse (source : wikipedia.org). ....	54
Figure 39 : exemple d'implantation d'un système d'injection de CAP pour le traitement de l'eau (source: sodimate.fr). ....	60
Figure 40 : exemple du processus de filtration (à gauche) et de lavage (à droite) d'un filtre à sable classique (source : royalbrinkman.com).....	63
Figure 41 : exemple d'implantation d'un filtre à sable et d'un filtre à charbon (source : Sciences Environnement) ....	64
Figure 42 : position de la station de traitement de l'eau captée par la source des Ormes.....	69
Figure 43 : position de la station de traitement de l'eau captée par la source de la Ronce. ....	69
Figure 44 : position des réseaux d'interconnexion et des solutions de traitement de l'eau - solution n°2 (flèche verte : direction de l'écoulement dans les réseaux) .....	72
Figure 45 : solutions d'interconnexion envisagées pour le raccordement de Montigny-Montfort. ....	77



# 1. GLOSSAIRE

---

<b>AEP</b>	Adduction d'Eau Potable
<b>ARS</b>	Agence Régionale de Santé
<b>BAC</b>	Bassin d'Alimentation de Captage
<b>BRGM</b>	Bureau de Recherche Géologiques et Minières
<b>BSS</b>	Banque du Sous-Sol
<b>CAG</b>	Charbon Actif en Grain
<b>CAP</b>	Charbon Actif en Poudre
<b>COT</b>	Carbone Organique Total
<b>DUP</b>	Déclaration d'Utilité Publique
<b>EDCH</b>	Eau destinée à la Consommation Humaine
<b>HAP</b>	Hydrocarbures Aromatiques Polycyclique
<b>INSEE</b>	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
<b>MEA</b>	Membrane Echangeuse d'Anions
<b>MEC</b>	Membrane Echangeuse de Cations
<b>MES</b>	Matières En Suspension
<b>NFU</b>	Unité de Néphélométrie à la Formazine (mesure de turbidité)
<b>pH</b>	potentiel Hydrogène
<b>PVC</b>	Polychlorure de Vinyle
<b>SDAGE</b>	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
<b>UV</b>	Ultraviolets
<b>ZNS</b>	Zone Non saturée

## 2. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

---

### 2.1. Contexte

La commune de Montigny-Montfort qui gère la distribution en eau sur son territoire est alimentée par les deux captages des Ormes et de la Ronce. Le suivi régulier de la qualité d'eau réalisé par l'ARS dans le cadre du contrôle sanitaire met en évidence la dégradation de ces ressources par plusieurs paramètres.

- Le captage des Ormes est principalement concerné par des **concentrations élevées de nitrates** ainsi que par une légère **problématique bactériologique** soulevée par quelques non-conformités.
- Le captage de la Ronce est lui aussi **dégradé par des concentrations importantes de nitrates** auxquelles s'ajoutent plusieurs **non-conformités bactériologiques ainsi que des pics de turbidité**.

Dans une moindre mesure, les analyses du contrôle sanitaire mettent aussi en évidence la présence de molécules pesticides dans l'eau de ces deux captages. Dans le cas de la source des Ormes, le nombre de molécules détectées et les concentrations mesurées sont plutôt faibles avec de très rares dépassements des limites réglementaires. La source de la Ronce était concernée par une détection d'un grand nombre de molécules dont les concentrations dépassaient ponctuellement les normes de potabilité jusqu'en 2020, mettant en avant une sensibilité particulière de cet ouvrage aux pressions anthropiques agricoles.

Plusieurs études et démarches ont déjà été engagées afin d'étudier et d'encadrer la ressource d'un point de vue qualitatif et quantitatif :

- Deux rapports d'hydrogéologue agréé (J. Thierry) proposant la délimitation de périmètres de protection autour des captages de la Ronce (4 septembre 1987) et des Ormes (20 février 1992).
- Une DUP (Déclaration d'Utilité Publique) datant du 26 novembre 1993 établissant les périmètres de protection de chaque captage comme définis dans les rapports d'hydrogéologue agréé.
- La phase 1 de l'étude des BAC (Bassins d'Alimentation des Captages) des deux ouvrages, lancée en 2020 et visant à définir l'emprise des BACs ainsi que la vulnérabilité intrinsèque des surfaces concernées.
- Arrêtés préfectoraux de mise en demeure des 2 ouvrages : source de la Ronce, AP du 24/11/2021 - source des Ormes, AP du 04/03/2022. Ces mises en demeure concernent la distribution d'eau sur les deux réseaux vis-à-vis du paramètre nitrates.

On notera l'absence d'arrêté préfectoral d'autorisation de prélèvement visant à fixer le débit de prélèvement réglementaire pour les 2 sources.

## 2.2. Solutions existantes

En termes de traitement, plusieurs solutions techniques sont actuellement mises en place pour gérer les problématiques bactériologiques sur les deux ressources ainsi que la turbidité de la source de la Ronce.

**Le traitement bactériologique** se fait par injection de chlore liquide au niveau d'une station de pompage pour traiter l'eau collectée par le captage des Ormes (réseau d'adduction de Montigny/Fatin) et au niveau du réservoir collectant l'eau du captage de la Ronce (réseau d'adduction de Montfort/Villiers). **La turbidité de l'eau** captée par ce dernier est quant à elle suivie en continu par un turbidimètre qui active automatiquement la filtration de l'eau en cas de dépassement d'une valeur seuil (dispositif intégré au sein de l'ouvrage).

Il n'existe actuellement aucune solution curative permettant d'abattre **les concentrations de nitrates** sur les deux captages ou **les apparitions ponctuelles de pesticides** sur le captage de la Ronce. De plus, la solution de filtration permettant de traiter la turbidité au niveau de la Ronce ne fonctionne que dans des conditions d'alimentation optimales. Lorsque le débit d'eau fourni par la source est trop faible le traitement est interrompu (les pompes se désamorcent par manque d'eau). L'eau distribuée est alors **susceptible de dépasser les normes** de turbidité. Lorsque la turbidité est trop élevée, le traitement est également interrompu à cause du risque de colmatage très rapide du filtre (chaussettes filtrantes).

## 2.3. Objet de l'étude

L'objet de cette étude est de **présenter plusieurs solutions techniques adaptées** permettant de rétablir la qualité de l'eau distribuée en traitant les problématiques listées ci-dessus, à savoir : les concentrations élevées de nitrates dans les deux captages et la turbidité variable au niveau de la source de la Ronce. Ces solutions devront prendre en compte l'évolution démographique de la population desservie ainsi que les prévisions futures de consommation à l'horizon 2040.

En complément de la synthèse bibliographique, ce rapport présente le chiffrage estimatif des solutions techniques identifiées dans la partie 6 et considérées comme techniquement et économiquement viables. Ce chiffrage se base sur des données tarifaires et techniques recueillies auprès d'entreprises spécialisées, de syndicats intercommunaux et des différentes collectivités concernées. Il représente l'état des connaissances actuelles et peut varier en fonction des solutions et technologies envisagées.

Un tableau récapitulatif des différentes solutions existantes (adaptées ou non adaptées) est présenté en annexe de ce document.

## 2.4. Présentation de la collectivité

Comme indiqué dans la partie précédente la commune de Montigny-Montfort gère la distribution de son eau sur le territoire communal sous la forme d'une régie municipale. A noter que la commune est intégrée à la communauté de commune du Montbardois qui récupèrera la compétence eau potable en 2026.



### 2.4.1. Evolution de la population et analyse des besoins actuels et futurs

Le réseau dessert la totalité de la commune de Montigny-Montfort, soit 306 habitants d'après les dernières données de l'INSEE. La population varie légèrement depuis la fin des années 90, ce qui laisse supposer l'absence de variation importante dans les prochaines années (Figure 1).

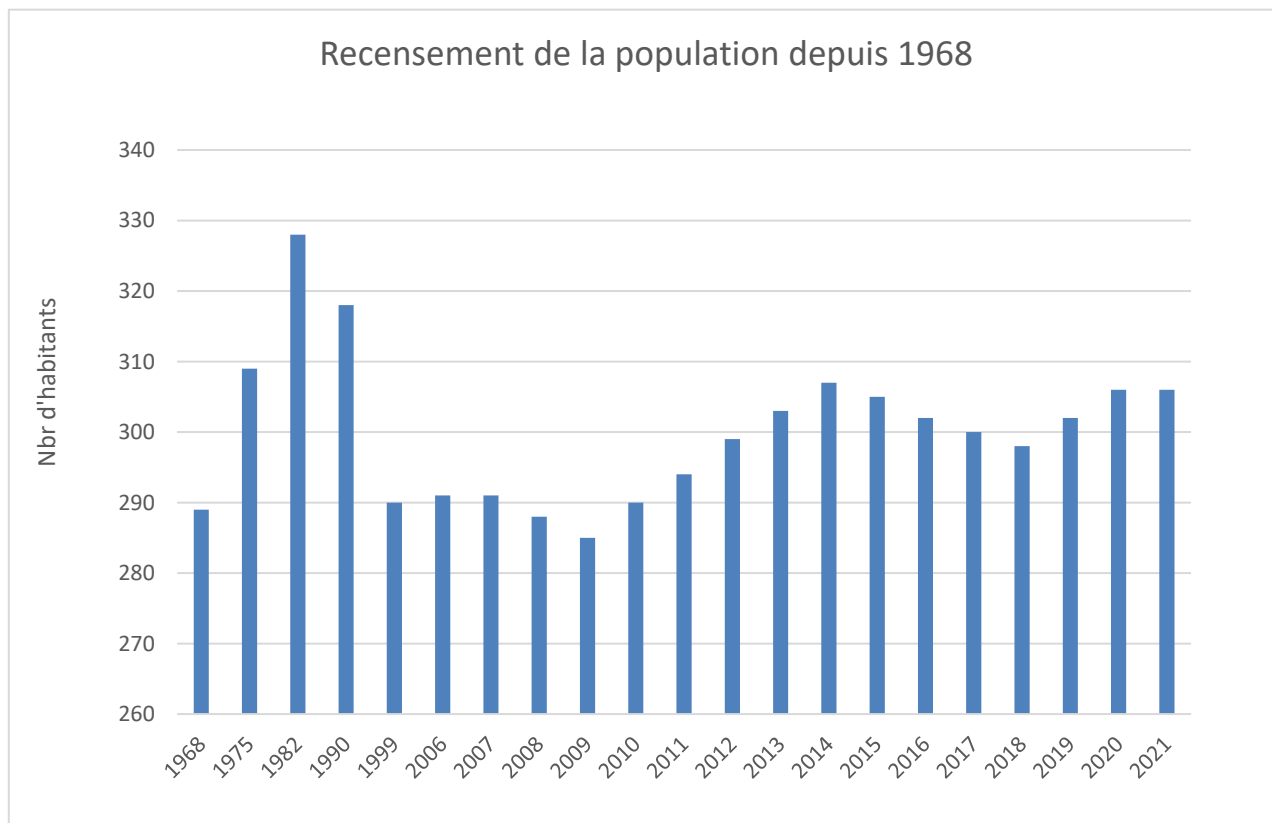


Figure 1: évolution de la population de Montigny-Montfort sur la période 1969-2021 (source : INSEE).

Le réseau alimente environ 170 abonnés en 2019, chiffre qui est considéré comme stable jusqu'en 2021 considérant la stabilité du nombre d'habitants.

Cependant, afin de prendre en compte une évolution la plus défavorable possible dans le cadre d'un dimensionnement à venir des solutions techniques présentées dans cette étude, une augmentation moyenne de de **0,61%/an** est appliquée à la population actuelle jusqu'en 2040 afin de suivre l'évolution observée entre 2009 et 2021 (Figure 2).

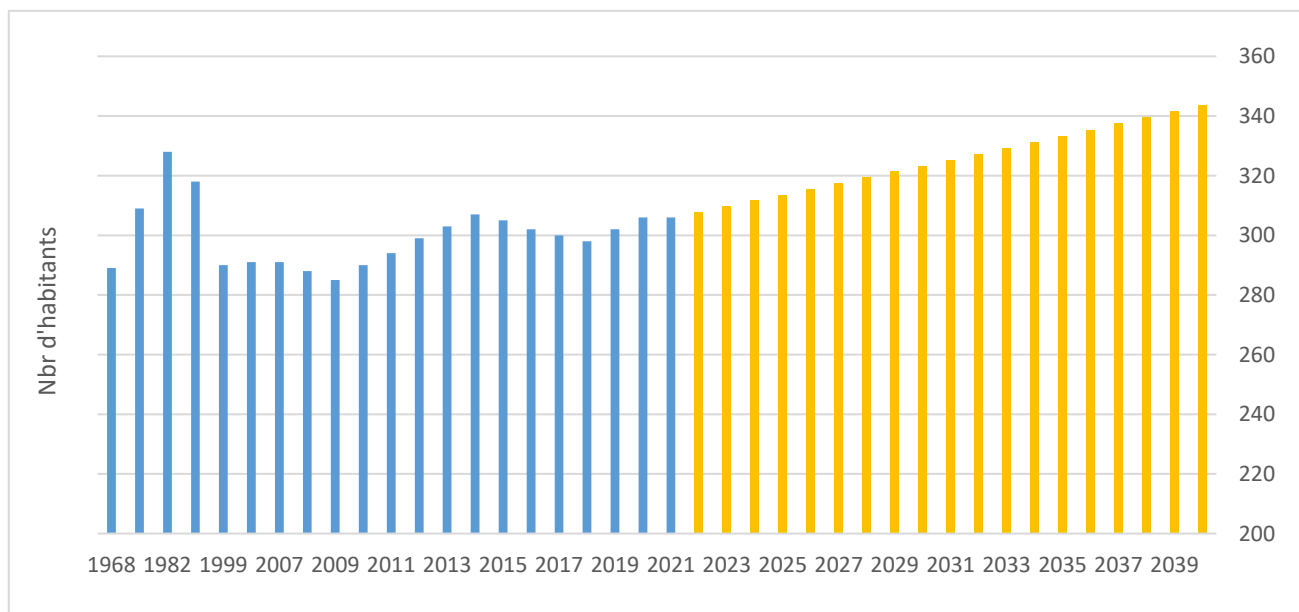


Figure 2 : évolution hypothétique de la population entre 2021 et 2040 (source : Sciences Environnement).

En suivant cette évolution hypothétique, la population totale de la commune pourrait atteindre environ 343 habitants à l'horizon 2040.

Le tableau ci-dessous indique les productions et consommations de la commune au cours de la période 2015-2022. Notons que ces données sont globales et ne permettent pas de discriminer les deux captages et réseaux associés.

Année	Volume prélevé (m³/an)	Volume consommé (m³/an)
2022	22 119	15 040*
2021	23 129	18 395
2020	21 203	17 855
2019	25 701	16 201
2018	24 676	17 431
2017	24 623	15 064
2016	23 268	16 897
2015	23 466	17 447

\*volume déterminé en fonction du rendement indiqué par la commune dans le document transmis à l'agence de l'eau dans le cadre de déclaration de prélèvements de l'année 2022.

Tableau 1 : évolution de la production et consommation sur la commune de Montigny-Montfort (2015-2022) (source : commune de Montigny-Montfort)

Pour une population de 306 habitants en 2021 et un volume consommé total de 18 395 m<sup>3</sup>, la consommation annuelle par habitant s'élève à environ **60 m<sup>3</sup>/an/hab**. En l'absence de projets de développement important la consommation en eau par habitant devrait rester stable, voire décroître légèrement compte tenu de la tendance actuelle plutôt baissière liée aux modifications des comportements vis-à-vis des économies d'eau et à l'installation d'électro-ménager plus économe.

En considérant une consommation stable d'ici à 2040, le volume totale consommé par les 343 habitants (scénario le plus défavorable) devrait s'élever à **20 580 m<sup>3</sup>/an (soit une moyenne d'environ 2,5 m<sup>3</sup>/h)**. Il n'est actuellement pas possible de discriminer la part de l'alimentation en eau provenant de la source de la Ronce ou des Ormes, le suivi de débit mis en place lors de l'étude BAC est réalisé en amont des systèmes d'adduction et de trop pleins (qui sont alimentés en continu en période de hautes eaux).

**L'eau alimentant les captages de la commune de Montigny-Montfort montre une dégradation non négligeable par la présence systématique de concentrations importantes de nitrates, par un problème de turbidité au niveau du captage de la Ronce et par quelques non-conformités bactériologiques historiques. On peut aussi évoquer la détection ponctuelle de plusieurs molécules pesticides à des concentrations généralement faibles. Les traitements actuels se limitent à une filtration pour limiter la turbidité et à la désinfection de l'eau.**

### 3. RECONNAISSANCE DE L'EXISTANT ET SCHEMA DE PRINCIPE DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Les données présentées ici proviennent en partie de l'étude des BAC de la Ronce et des Ormes (réalisée par Sciences Environnement entre 2021 et 2023). Des données complémentaires caractérisant le réseau AEP ont été mises à disposition par la communauté de commune du Montbardois dans le cadre d'une synthèse de l'état des réseaux, réalisée par la société Hydracos.

#### 3.1. Infrastructures et ouvrages

Le système d'alimentation en eau potable de la commune de Montigny-Montfort est séparé en **2 réseaux distincts** :

- Le réseau situé au nord de la commune qui alimente les hameaux de Villiers et de Montfort.
- Le réseau situé au sud de la commune qui alimente Montigny-Montfort et Fatin.

**Le réseau nord** est alimenté par la source de la **Ronce**, le **réseau sud** est alimenté par les ouvrages constituant le **captage des Ormes**. Chaque réseau est constitué d'un ou plusieurs réservoirs ainsi que d'une station de reprise permettant d'acheminer l'eau vers les hameaux et les réservoirs.

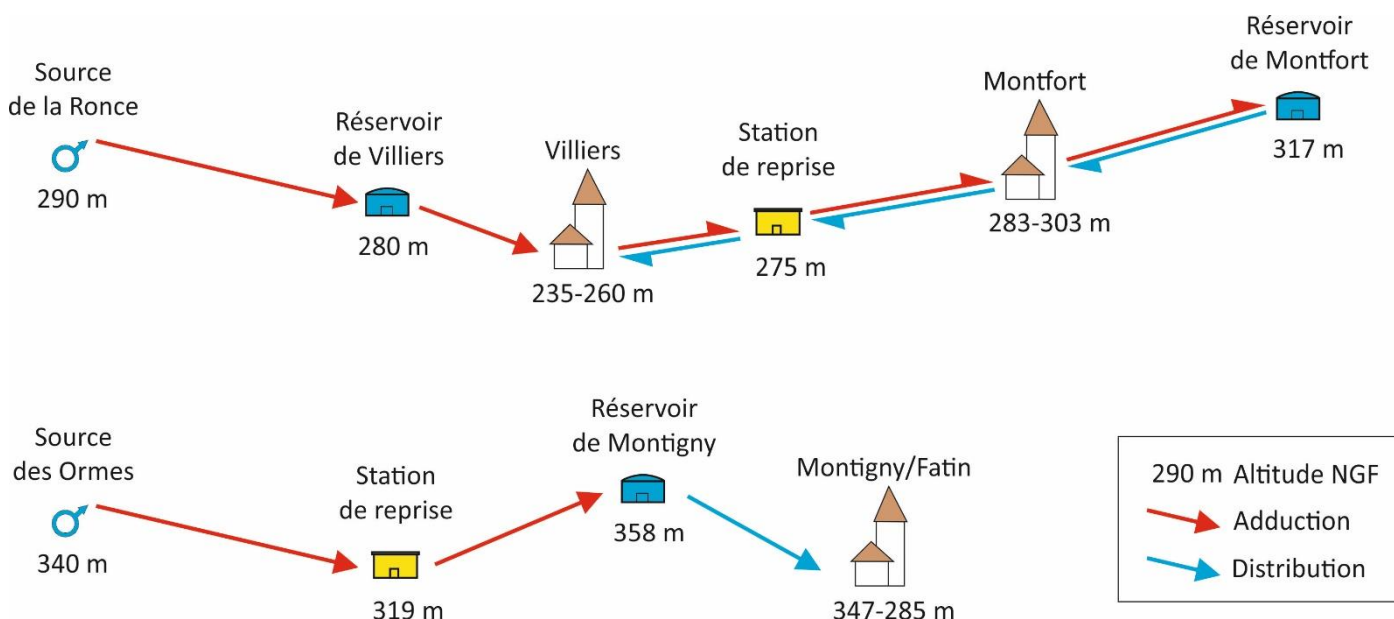


Figure 3 : synoptique des réseaux de Montfort/Villiers et de Montigny/Fatin (source : Sciences Environnement).

### 3.1.1. Captage de la Ronce

Le captage de la Ronce se compose d'un ouvrage souterrain en deux parties, accessibles par deux regards distincts en surface. La première partie est dédiée à la collecte de la zone d'émergence. Elle est implantée directement contre la paroi calcaire comportant des zones de failles productives. L'eau qui se déverse de ces failles s'accumule au fond de la partie maçonnée et converge gravitairement vers une canalisation de transit en béton. La canalisation amène l'eau la seconde partie de l'ouvrage dans laquelle se situe un petit bassin permettant la collecte ainsi qu'un trop plein qui alimente le ruisseau de la Ronce.



Figure 4 : intérieur des ouvrages composant le captage de la Ronce (source : Sciences Environnement).

L'ouvrage est référencé à la Banque du Sous-Sol sous les identifiants suivants :

Ancien code : **04375X0006/AEP**

Nouveau code : **BSS001EBYX**

Dans les différents documents existants l'ouvrage est désigné sous le nom de "**Source de la Ronce**".

Ses coordonnées cadastrales et Lambert 93 sont les suivantes :

- Parcelle n°36 – section ZC
- Coordonnées Lambert 93 :
  - X (m)= 801 551
  - Y (m)= 6 722 809
  - Z (m – précision EPD) = 280

L'accès au captage se fait uniquement par un chemin cadastré **non carrossable**, depuis la route communale reliant Villiers à Montigny. L'ouvrage est situé à environ 700 m de la route.

La source de la Ronce est classée comme sensible au SDAGE et la collectivité fait l'objet d'un arrêté préfectoral de mise en demeure dans le cadre du contentieux européen ciblant les nitrates.



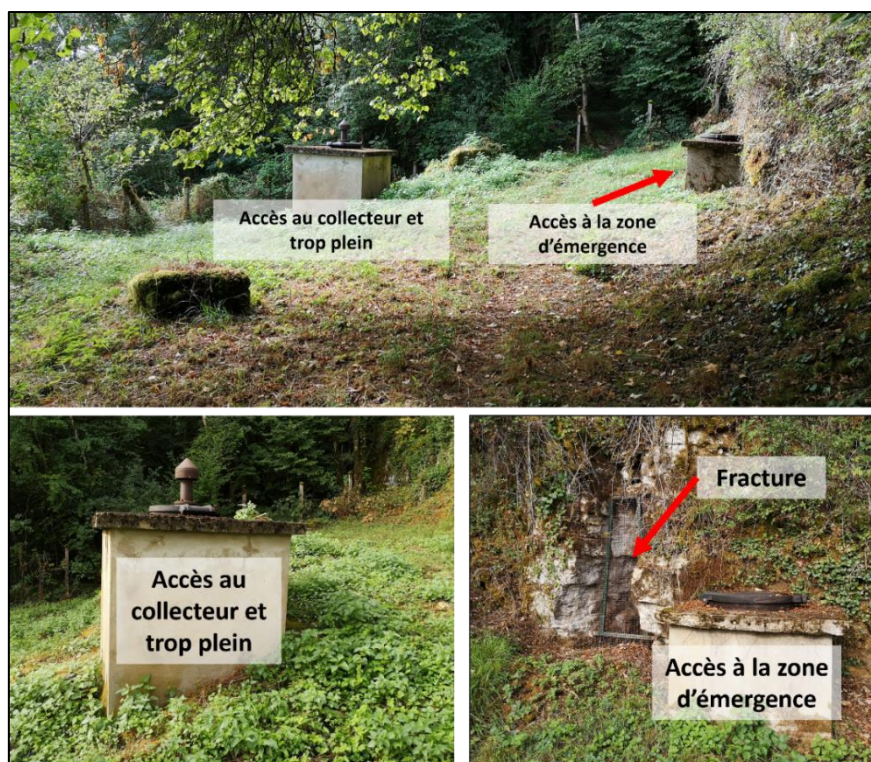


Figure 5 : vue extérieure du captage de la Ronce (source : Sciences Environnement).

Il est important de noter que la fracture située en surface au droit de la zone d'émergence (identifiée en bas à droite de la Figure 5) ne contribue pas à l'alimentation du captage mais se déverse directement dans le ruisseau de la Ronce en période de hautes eaux.

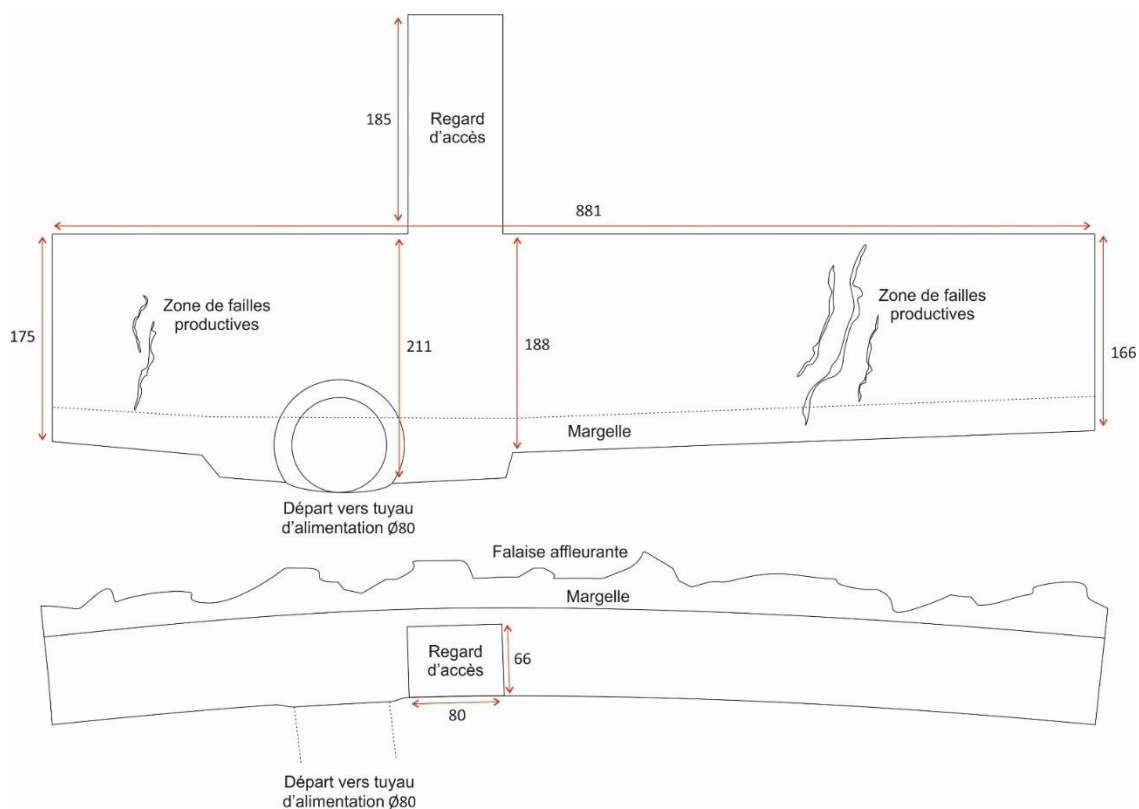


Figure 6 : plan de l'ouvrage captant de la source de la ronce, vue en tranche (haut) et en plan (bas) (source : Sciences Environnement).

### 3.1.2. Captage des Ormes

L'ouvrage est référencé à la Banque du Sous-Sol sous les identifiants :

Ancien code : **04375X0005/AEP**

Nouveau code : **BSS001EBYW**

Dans les différents documents existants l'ouvrage est désigné sous le nom de "**Source des Ormes**".

Le captage est constitué par 2 ouvrages distincts qui alimentent tous deux une bâche de reprise. Ces deux ouvrages ont été nommés captage « EST » et « SUD » par rapport à leur position vis-à-vis de la bâche de reprise commune (Figure 8). Les coordonnées cadastrales et Lambert 93 des différents éléments sont détaillées ci-dessous :

#### Captage « EST »

- Parcelle n°26 – section ZH
- Coordonnées Lambert 93 :
  - X (m)= 802 041
  - Y (m)= 6 719 992
  - Z (m – précision EPD) = 341



Débouché des deux drains



Extrémité du drain Nord



Crépine de captage



Départ du trop-plein vers le local de vannage



Canalisation d'adduction, vanne et trop-plein dans le local de vannage



Départ du trop-plein vers l'extérieur

Figure 7 : planche photographique de l'intérieur du captage Est des Ormes (source : Sciences Environnement).





Figure 8 : localisation de la source des Ormes sur fond cadastral (source : Sciences Environnement).

Le captage « EST » est constitué de deux drains de direction générale nord et sud. Tous deux débouchent dans une bêche en béton au fond de laquelle se trouve l'extrémité du tuyau d'adduction. Un regard permet l'accès à cette bêche, tandis qu'un second regard permet l'accès au système de vannage. Si le tuyau d'adduction ne permet pas de drainer la totalité du débit fourni par les drains, un trop-plein permet un déversement dans la chambre de vannage, puis par l'intermédiaire d'une canalisation de quelques mètres, vers un fossé extérieur situé au nord de la parcelle.

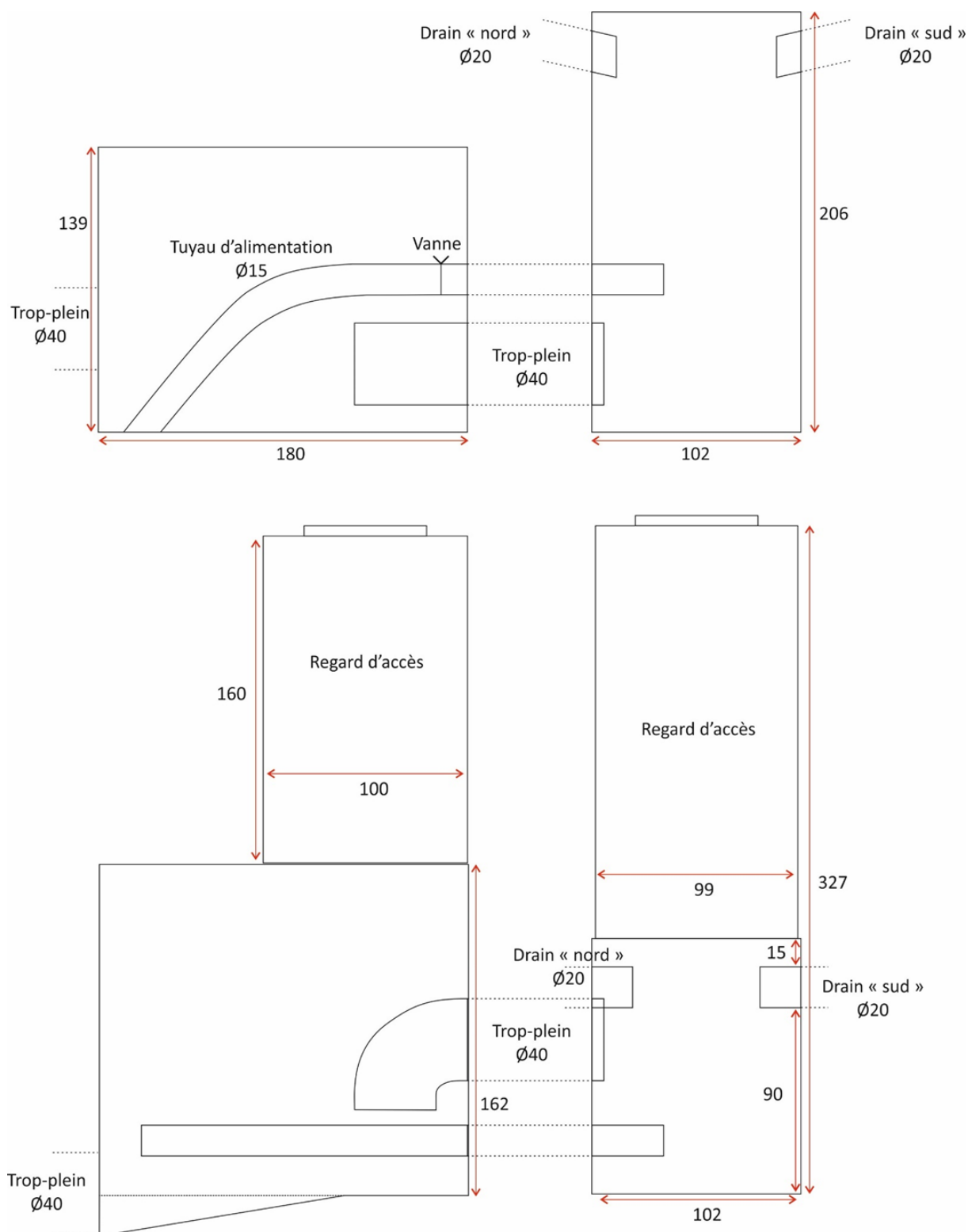


Figure 9 : plan du captage EST de la source des Ormes en plan (haut) et tranche (bas) (source : Sciences Environnement).

### Captage « SUD »

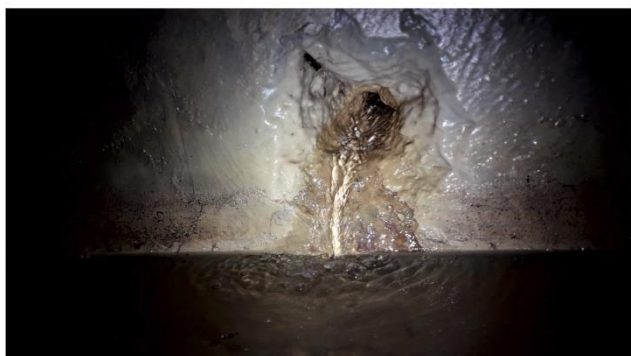
- Parcelle n°9 – section ZI
- Coordonnées Lambert 93 :
  - X (m)= 802 041
  - Y (m)= 6 719 881
  - Z (m – précision EPD) = 343



Débouché des deux drains



Arrivée d'eau et crépine de captage



Troisième arrivée d'eau



Troisième compartiment avec canalisation de départ

**Figure 10 : planche photo de l'intérieur du captage Sud des Ormes (source : Sciences Environnement).**

Le captage « SUD » est constitué de deux drains bétonnés de direction approximative nord et sud, ainsi que d'une troisième arrivée d'eau à priori non drainée, située côté nord de l'ouvrage. Les drains débouchent dans une bache en béton au fond de laquelle se trouve l'extrémité du tuyau d'adduction. Un regard permet l'accès à cette bache de reprise.

Un second regard permet d'accéder à l'autre extrémité du drain sud, tandis qu'une dalle en béton au ras du sol recouvre un troisième regard permettant d'accéder à l'autre extrémité du drain nord.



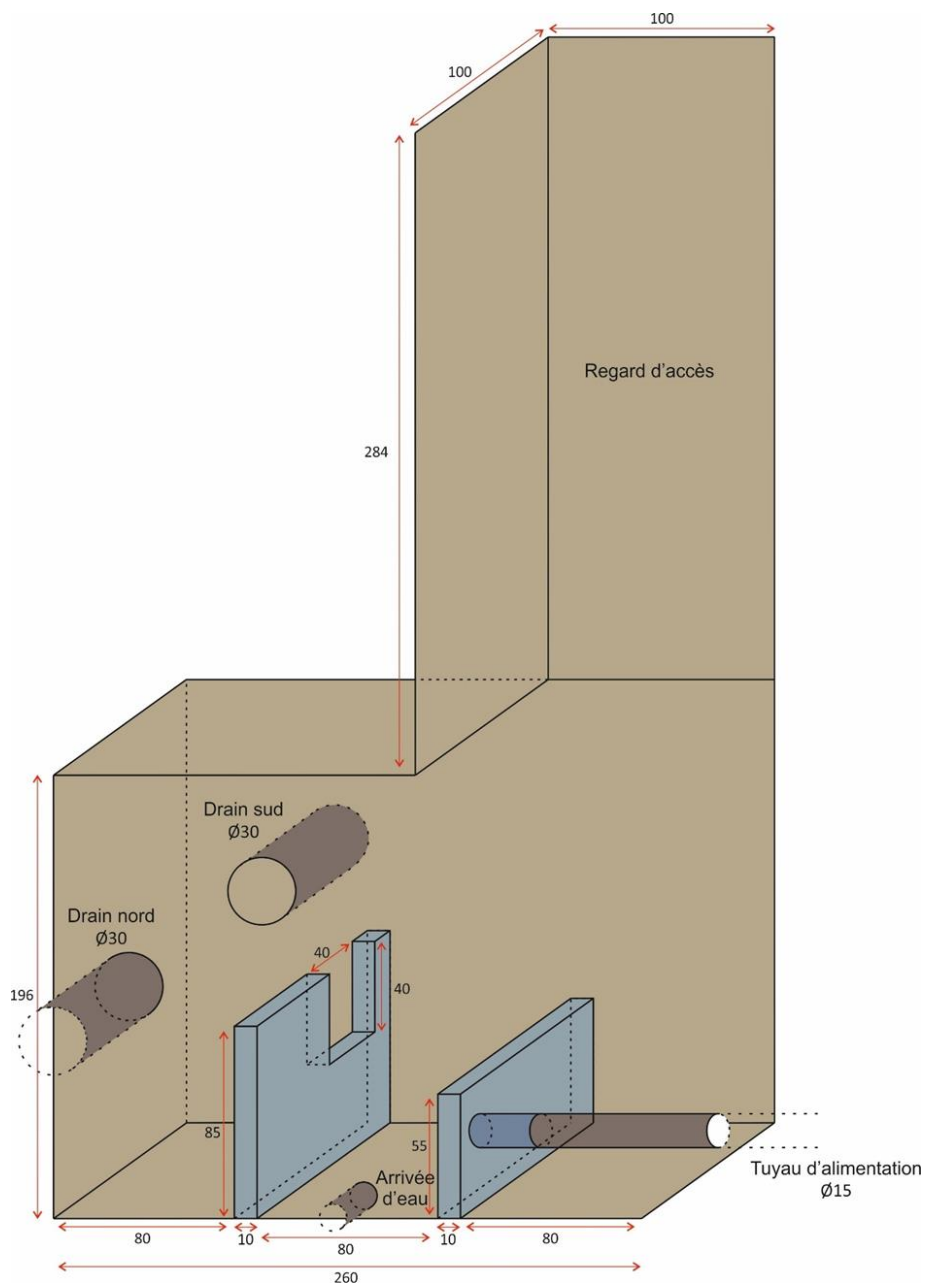


Figure 11 : plan du captage SUD de la source des Ormes (source : Sciences Environnement).

#### Bâche de reprise

- Parcelle n°26 – section ZH
- Coordonnées Lambert 93 :
  - X (m)= 801 994
  - Y (m)= 6 719 987
  - Z (m – précision EPD) = 339



Figure 12 : vue de l'intérieur de la bache de reprise du captage des Ormes, pleine (gauche) et vide (droite) (source : Sciences Environnement).

Les canalisations d'adduction issues des deux captages, aboutissent à la bache de reprise principale située sur la même parcelle que le captage Est. Cette bache mesure 7x4 m, pour une hauteur minimale de 3,3 m. Le volume de cette bache jusqu'au trop-plein représente approximativement 60 m<sup>3</sup>.

Les canalisations d'adduction débouchent à 2,1 m de haut de cette bache, au fond de laquelle se trouve le départ de la canalisation qui alimente le réservoir. Un trop-plein situé à 2,1 m au-dessus du fond de la bache permet le déversement de l'éventuel trop-plein d'eau dans un fossé en extérieur, lorsque le débit fourni par les captages est supérieur à la consommation. De fait, le niveau d'eau est en général proche de 2 m, il ne descend de façon importante qu'en période de basses eaux, après pompage.

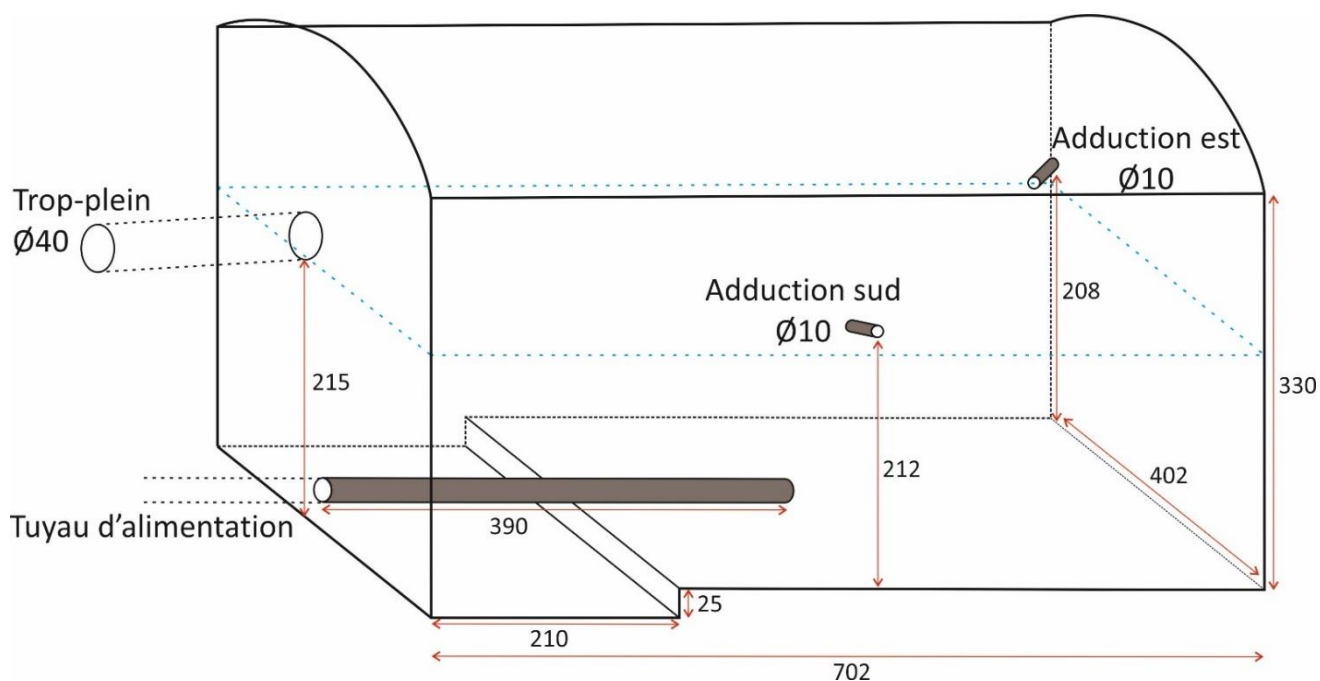


Figure 13 : plan de la bache de reprise du captage des Ormes source : Sciences Environnement).

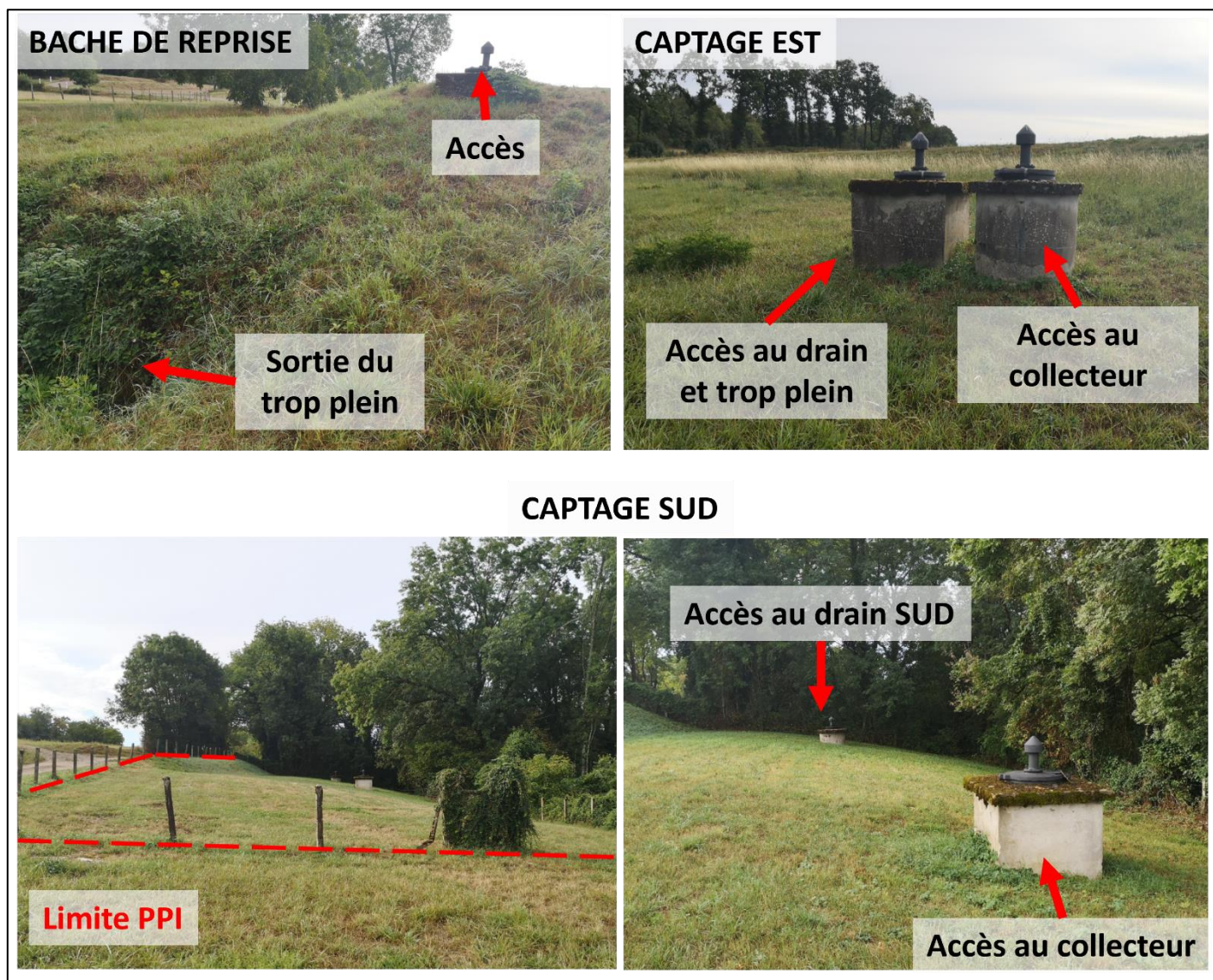


Figure 14 : vue extérieure du captage des Ormes (source : Sciences Environnement)

L'accès au captage se fait depuis la route départementale attenante (D119B).



### 3.1.3. Réservoirs

Trois réservoirs assurent le stockage de l'eau alimentant les deux réseaux de Montfort/Villiers et de Montigny/Fatin (Figure 3). Deux de ces réservoirs se situent sur le réseau Montfort/Villiers dont l'alimentation dépend de la source de la Ronce. Le troisième réservoir alimentant le réseau de Montigny/Fatin est quant à lui alimenté par le captage des Ormes. Il faut aussi compter une réserve de 120 m<sup>3</sup> dédiée à la protection incendie qui se situe au niveau du hameau de Fatin. Les caractéristiques des deux réseaux cités ici seront présentées à la suite de cette partie.

Les réservoirs de Montfort et Montigny permettent un stockage de 300 m<sup>3</sup> chacun. Le réservoir de Villiers permet un stockage de 250 m<sup>3</sup>. D'après les informations disponibles le réseau Montfort/Villiers dispose donc d'un volume total de stockage de 550 m<sup>3</sup> contre 420 m<sup>3</sup> pour le réseau de Montigny/Fatin.

Des capteurs anti-intrusion sont présents sur l'ensemble des réservoirs et stations de pompage (excepté sur la réserve incendie), ainsi que sur la bache située en aval de la station de pompage de Montigny.

#### 3.1.3.1. Réservoir de Montigny

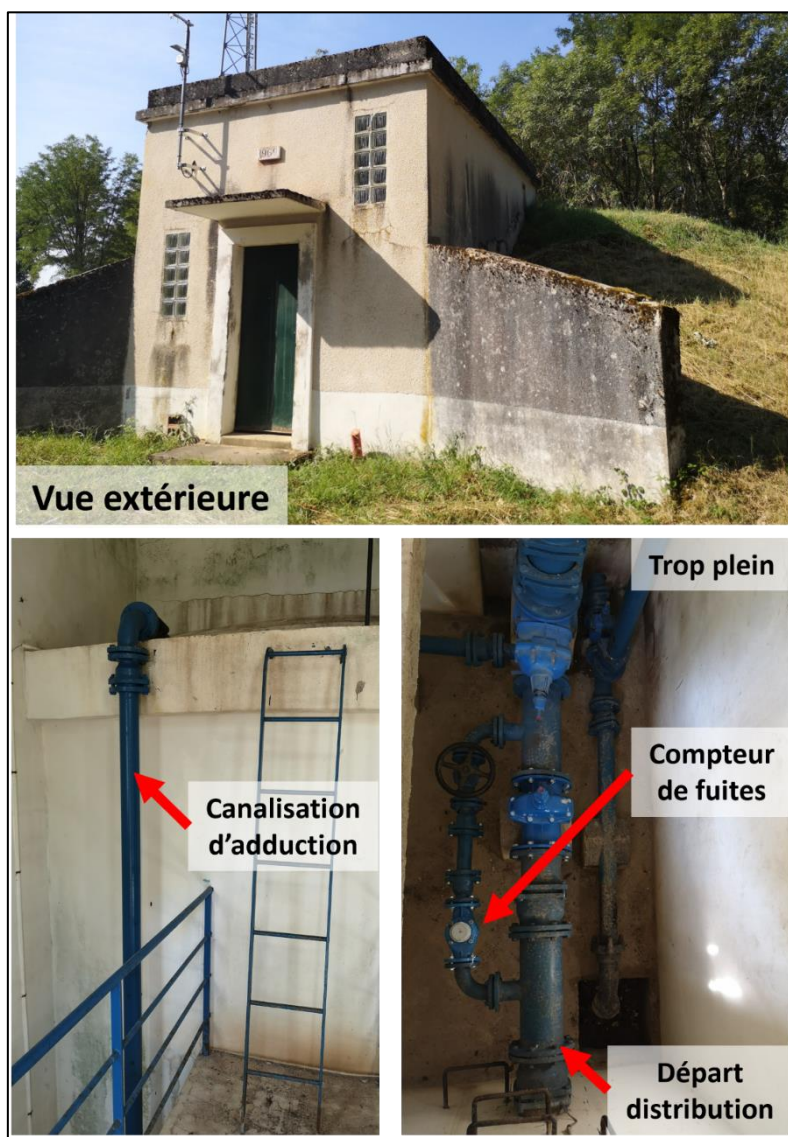


Figure 15 : planche photo du réservoir de Montigny (source : Sciences Environnement)

Avec la bâche de stockage située sous la station de reprise il s'agit des seules infrastructures assurant le stockage de l'eau destinée à la consommation humaine sur le réseau d'adduction Montigny/Fatin. Au niveau de la station, deux pompes d'un débit de 12,2 m<sup>3</sup>/h permettent de relever l'eau jusqu'au réservoir de Montigny. Le déclenchement des pompes se fait automatiquement grâce à une sonde de niveau présente au niveau du réservoir, elles fonctionnent toutes deux en alternance. Il dessert gravitairement le secteur de Montigny/Fatin. Un compteur est situé en sortie d'ouvrage.

### 3.1.3.2. Réservoir de Montfort



Figure 16 : planche photo du réservoir de Montfort (source : Sciences Environnement)

Le réservoir de Montfort constitue le point haut du réseau d'adduction de Montfort/Villiers. Cet ouvrage est alimenté par une station de pompage située en aval du hameau. Il est relié au réseau par une unique canalisation permettant l'adduction lors du remplissage et l'approvisionnement du réseau en dehors des périodes de pompage.

Le remplissage du réservoir est géré par une sonde de niveau haut qui contrôle l'arrêt du pompage.



### 3.1.3.3. Réservoir de Villiers

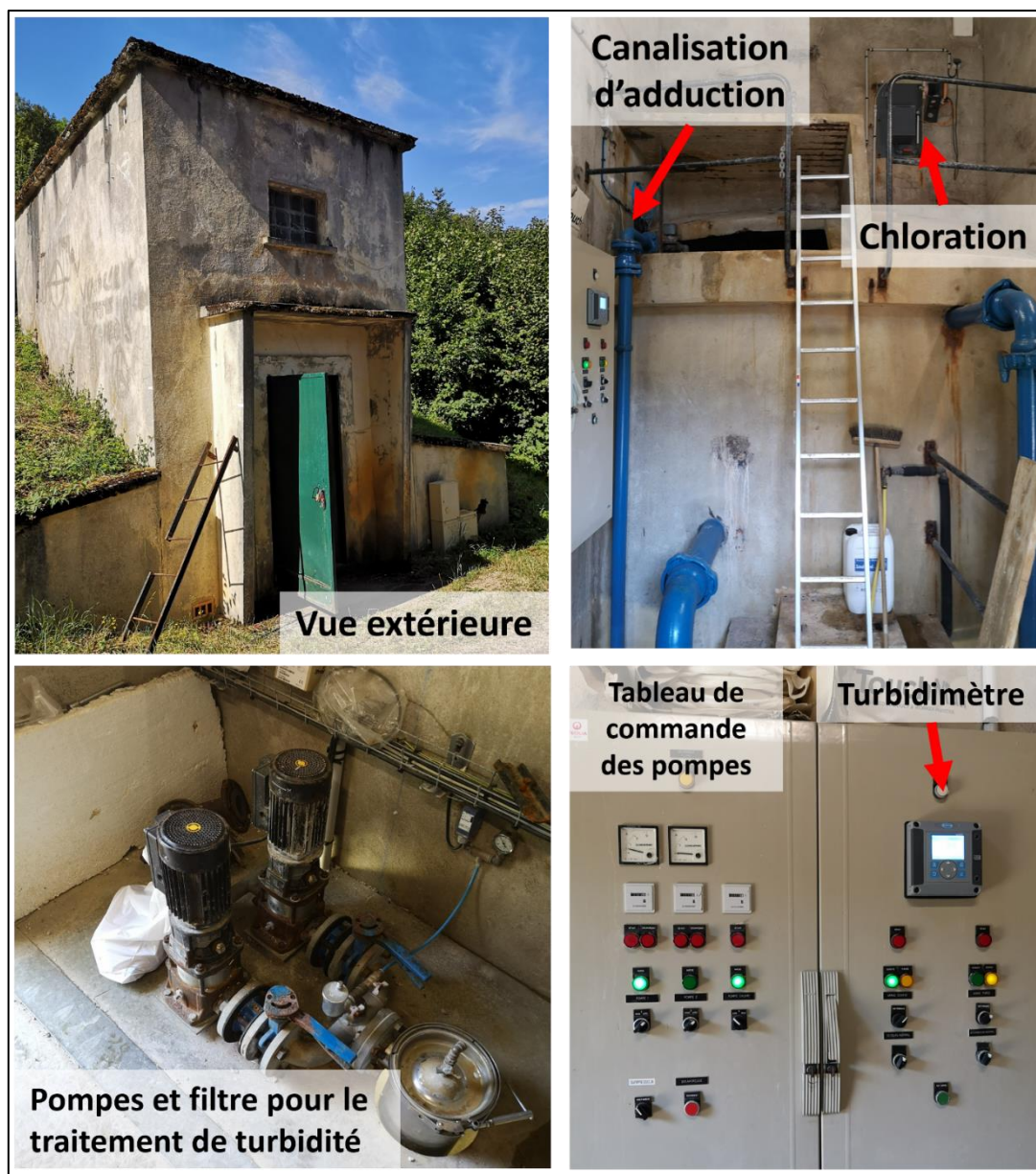


Figure 17 : planche photo du réservoir de Villiers (source : Sciences Environnement)

Le réservoir semi-enterré de Villiers est alimenté gravitairement depuis le captage de la Ronce, une sonde de niveau haut interrompt l'approvisionnement lorsqu'il est plein.

On retrouve au sein de l'ouvrage le dispositif de traitement dédié à l'eau distribuée dans le réseau de Montfort/Villiers. Il se compose d'une unité de chloration ainsi que d'un turbidimètre contrôlant la mise en route du dispositif de filtration (chaussette filtrante).

### 3.1.4. Adduction en eau potable

#### 3.1.4.1. Réseaux

D'après les informations mises à disposition par la communauté de commune du Montbardois et par la commune de Montigny-Montfort les réseaux d'adduction de Montfort/Villiers et de Montigny/Fatin représentent environ de 9,53 km de canalisation. On y retrouve 6,71 km de fonte ductile, 2,24 km de PVC et environ 550 mètres de canalisation dont le matériau n'est pas identifié.

Le diamètre des canalisations du réseau va de 200 mm à 60 mm. Afin d'optimiser les écoulements le diamètre des réseaux diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne des unités de stockage. Les plus gros diamètres sont généralement observés en sortie des réservoirs (200 mm à 150 mm) et les plus petits diamètres sont positionnés en fin de réseau, en amont des purges.

La reconnaissance des réseaux effectuée lors du recensement réalisé par la société Hydracos ne met en avant aucune anomalie majeure au niveau des réseaux d'adduction. Il n'existe aucune liaison entre les réseaux de Montigny/Fatin, Montfort/Villiers et aucune interconnexion avec un réseau communal externe. En 2021 (étude BAC), le rendement primaire du réseau est estimé à environ 80%.

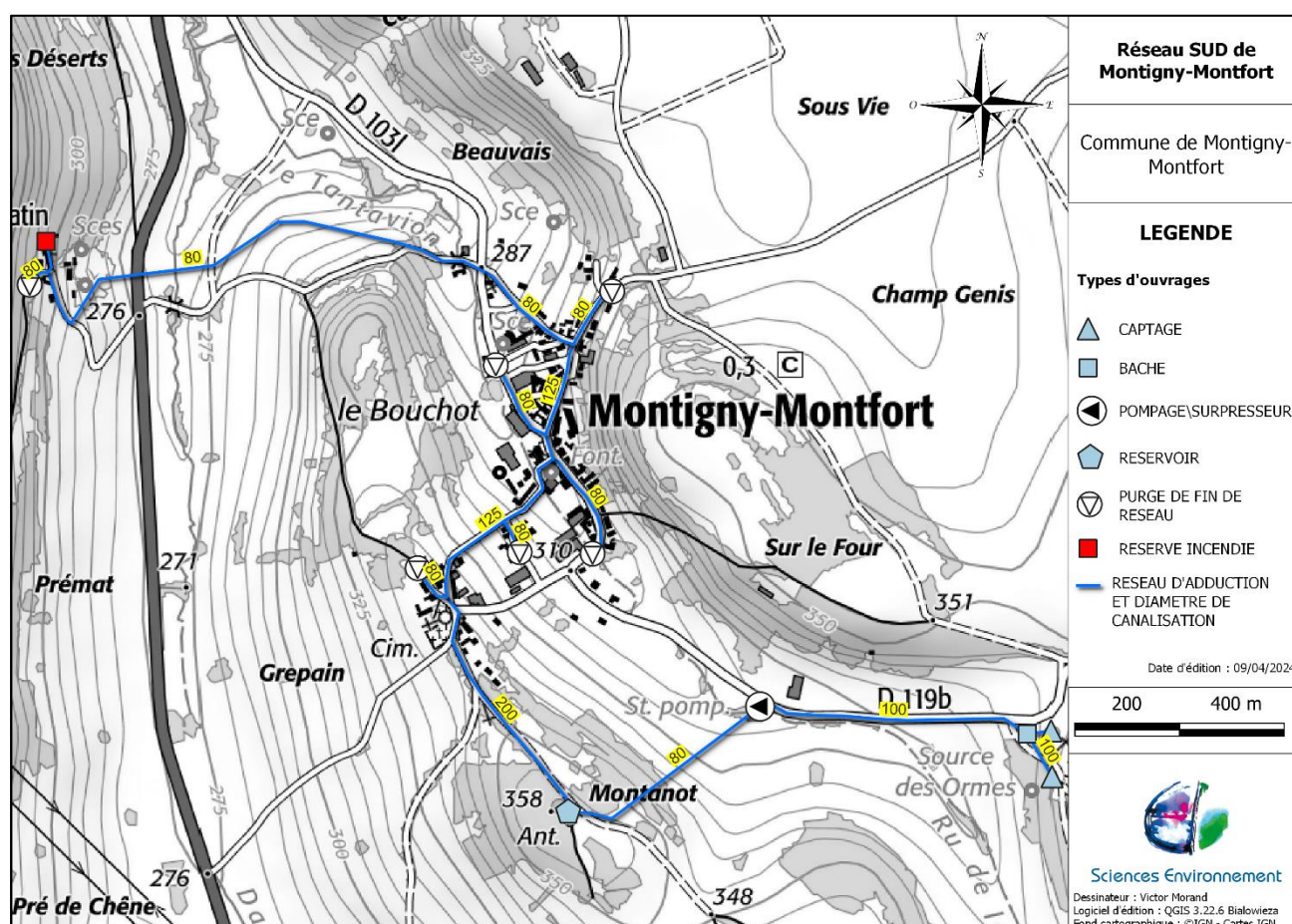


Figure 18 : position des ouvrages principaux et des canalisations du réseau de Montigny/Fatin (diamètre des canalisations en jaune) (source : Sciences Environnement)



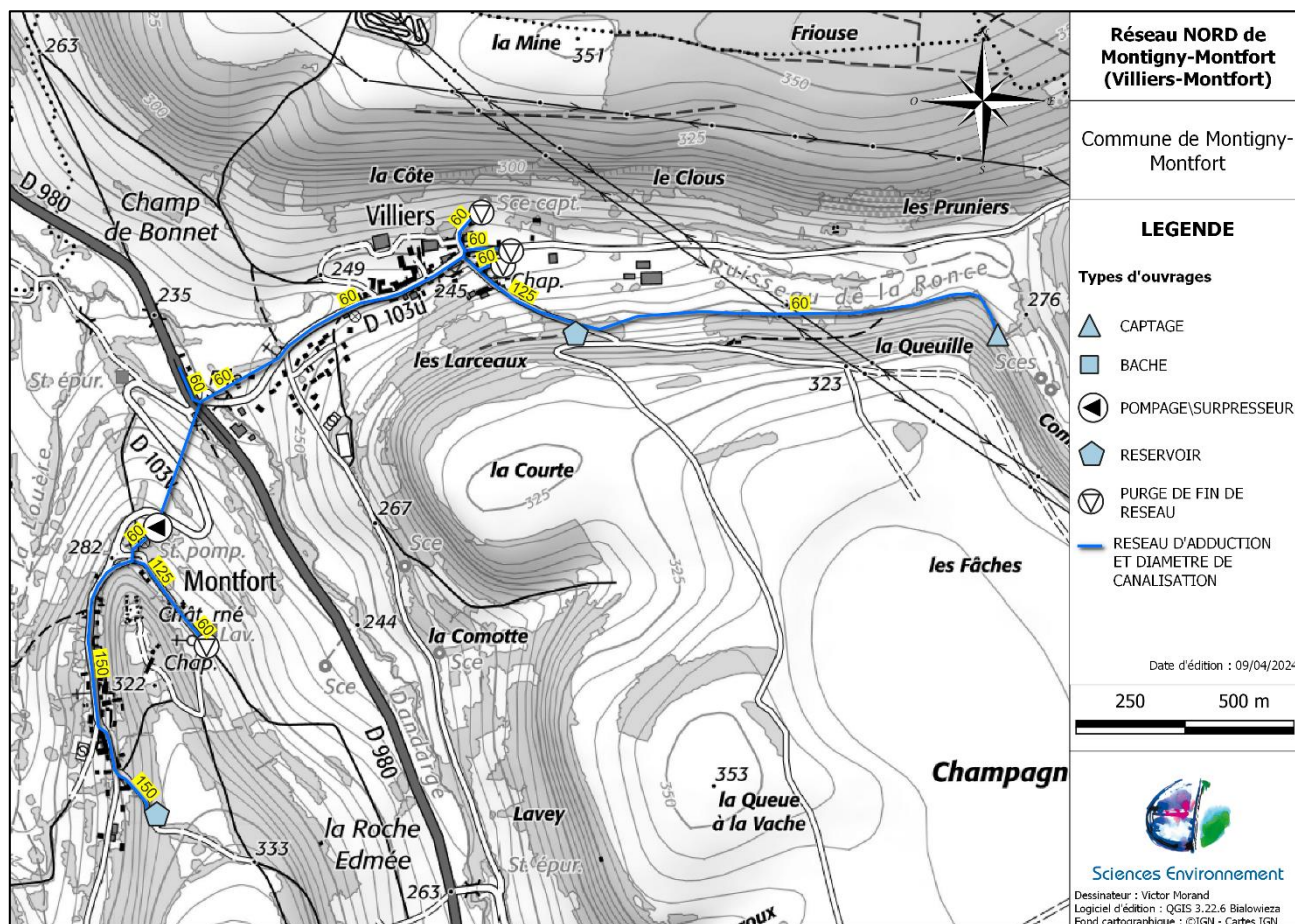


Figure 19 : position des ouvrages principaux et des canalisations du réseau de Montfort/Villiers (diamètre des canalisations en jaune)  
(source : Sciences Environnement)

### 3.1.4.2. Stations de pompage

Comme l'indique la Figure 18, la station de pompage située en aval du captage des Ormes (qui est alimentée gravitairement depuis la bache de reprise de ce dernier) alimente directement le réservoir de Montigny. L'eau est stockée dans une seconde bache de reprise d'environ 15 m<sup>3</sup> située sous la station de pompage. Un flotteur enclenche l'arrêt du remplissage lorsque cette dernière est pleine.

C'est au niveau de cet ouvrage que la **désinfection de l'eau distribuée** sur le réseau de Montigny/Fatin est réalisée.

Il n'existe **aucune autre infrastructure** sur les réseaux de Montigny/Fatin et de Montfort/Villiers permettant d'accueillir les appareils nécessaires aux processus de traitements (présentés à la suite de ce rapport). En fonction des solutions retenues pour le traitement curatif, la **construction de bâtiments complémentaires sera nécessaire**.





Figure 20 : planche photo de la station de relevage de Montigny (source : Sciences Environnement)



Figure 21 : station de reprise de Montfort (source : google.maps)

## 3.2. Qualité de l'eau distribuée

Pour ce chapitre, seules les données les plus récentes sont prises en compte (2022/2023). Les résultats présentés sont ceux issus du contrôle sanitaire de l'Agence Régionale de Santé. Un rappel des données de qualité historique (1991/2021) est toutefois réalisé. Ces données sont disponibles en intégralité dans le rapport de phase 1 de l'étude des BACs de la Ronce et des Ormes.

### 3.2.1. Minéralisation globale

D'un point de vue général, la ressource des deux captages est de type bicarbonaté calcique et magnésienne. La conductivité est comprise entre 613 et 661  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur les deux ouvrages. Les pH respectifs de 7,2 et 7,8 indiquent une eau plutôt neutre.

Les teneurs en chlorures (7,4 et 3,3 mg/l) et sulfates (8,6 et 21,0 mg/l) sont relativement faibles.

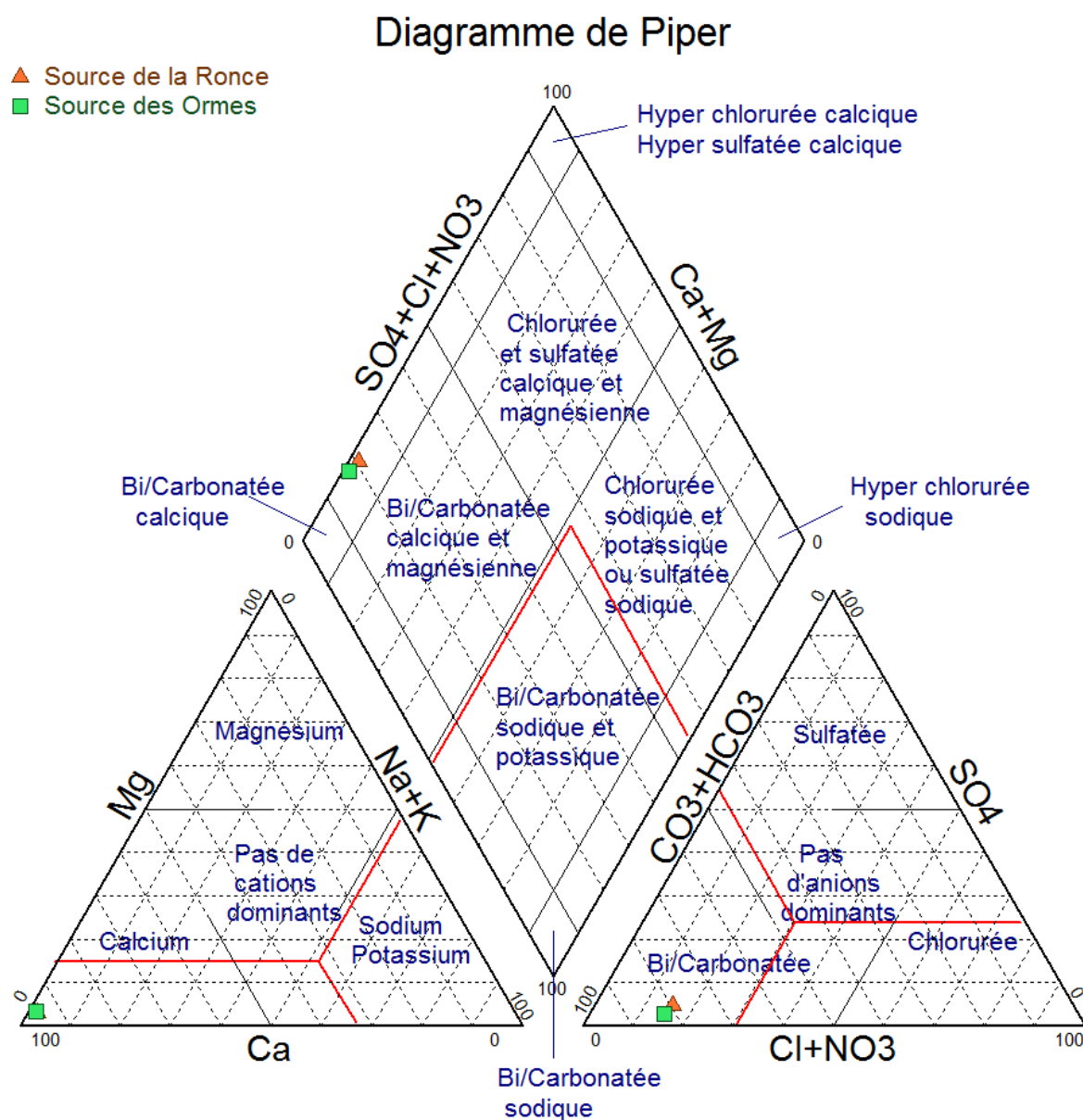


Figure 22 : diagramme de Piper représentatif de la ressource sollicitée par le captage.



### 3.2.2. Captage des Ormes

#### 3.2.2.1. Bactériologie

Les analyses de 2022 à 2023 sur eau brute montrent :

- 0 % de non-conformités pour les bactéries coliformes (0 sur 14)
- 0 % de non-conformités pour les entérocoques (0 sur 16)
- 0 % de non-conformités pour les E.Coli (0 sur 16)

Aucune non-conformité n'est relevée pour Escherichia coli et les entérocoques sur cette période de suivi.

Notons également 61 % de détections pour le paramètre bactérie aérobies revivifiables à 22° et/ou à 36° (8 détections sur 13 analyses).

La qualité bactériologique est donc **bonne** sur la source des Ormes.

La qualité bactériologique est plus généralement un indicateur des vitesses de circulation au sein de l'aquifère entre la zone d'infiltration et l'exutoire capté. Plus ce trajet est lent et plus l'aquifère a un rôle épurateur, réduisant la quantité de bactéries à l'exutoire. Les données montrent donc des circulations modérées pour la source des Ormes.

#### 3.2.2.2. Turbidité

Pour mémoire l'article R 1321 du Code de la Santé Publique prévoit que la limite de la qualité pour la turbidité en sortie de station de traitement doit être inférieure à 1 NFU; la référence de qualité en sortie de station étant de 0,5 NFU.

Il faut toutefois tenir compte du fait que la turbidité est un paramètre pouvant varier à l'échelle de quelques heures ou jours, notamment en période de fortes pluies. Ces analyses très ponctuelles ne peuvent être considérées que comme un indicateur général de la fréquence des pics de turbidité.

Sur un total de 16 analyses, les contrôles de l'ARS ne montrent aucun dépassement sur les mesures réalisées en 2023 sur la source des Ormes.

Le paramètre turbidité y est donc très bon.

#### 3.2.2.3. Nitrates

Sur l'année 2023 les concentrations en nitrates présentent assez peu de variation avec des valeurs allant de 42,4 à 55,7 mg/l, mesurées en plusieurs points du réseau de distribution. La moyenne des concentrations est de 47,4 mg/l, soit très proche de la limite réglementaire fixée à 50 mg/l. Cette dernière est dépassée à 9 reprises entre janvier 2023 et avril 2024 (Figure 23).

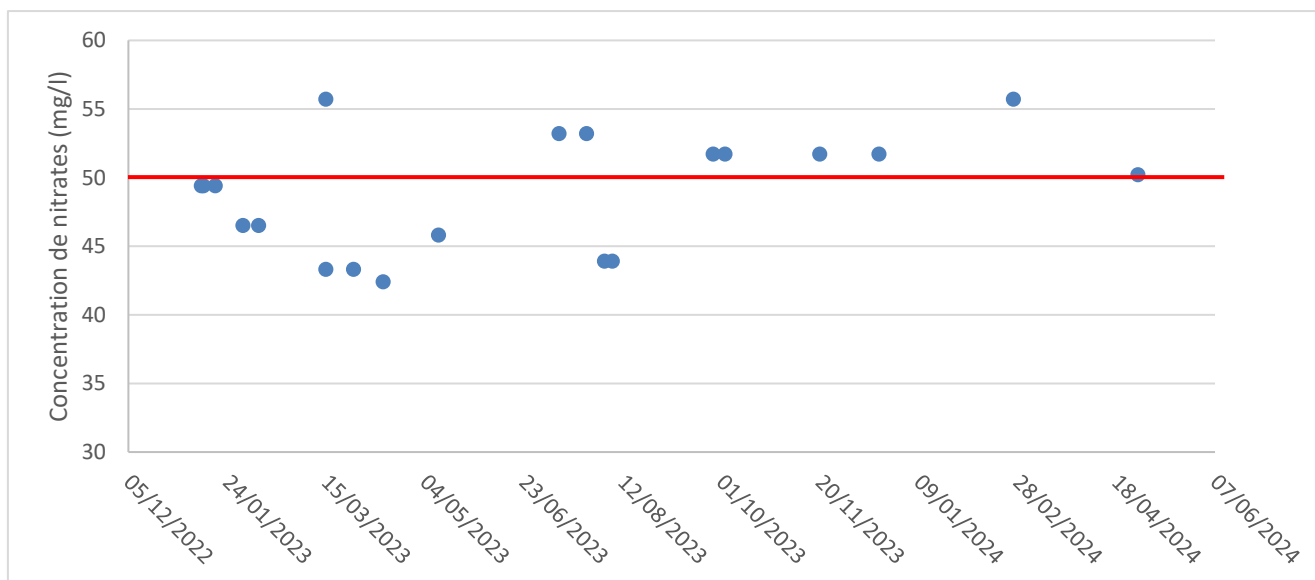


Figure 23 : évolution des concentrations en nitrates en mg/l sur la source des Ormes au cours de l'année 2023 et du début d'année 2024 (source : ARS).

Pour rappel une évolution saisonnière claire avait été observée entre 1991 et 2021, avec des concentrations maximales sur les analyses d'octobre à janvier, correspondant aux premiers lessivages d'automne et au début des hautes eaux. Au contraire les valeurs minimales sont souvent relevées de mai à août en période de basses eaux (en dehors des périodes de sécheresses). Cette saisonnalité des valeurs témoigne du renouvellement rapide de l'eau dans l'aquifère. On observe aussi sur ce suivi de long terme une tendance haussière des concentrations d'année en année.

Le paramètre nitrate est donc très dégradé sur la source des Ormes, au-delà de la norme fixée à 50 mg/l.

### 3.2.2.4. Pesticides

Pour mémoire, le Code de la Santé Publique fixe comme limite de qualité pour les pesticides les valeurs de :

- 0,1 µg/l par substance
- 0,5 µg/l pour la somme de toutes les substances.

Début 2021, le ministère des Solidarités et de la Santé a publié une note au sujet de l'évolution de la réglementation concernant les pesticides et leurs métabolites, basée sur l'avis rendu par l'ANSES en 2019. Cette note porte sur le classement « pertinent » ou « non pertinent » des différents métabolites issus de la dégradation des molécules phytosanitaires, ainsi que sur le seuil de vigilance à appliquer à ces molécules. Le seuil retenu est donc de :

- 0,9 µg/l pour les métabolites non pertinents (alachlore ESA, acétochlore ESA, acétochlore OXA, métazachlore ESA, métazachlore OXA, métolachlore OXA, dimétachlore CGA 369873)

Un métabolite non pertinent est toujours considéré comme pesticide mais n'est plus soumis aux mêmes seuils réglementaires qu'une molécule mère ou un métabolite pertinent. En effet, la limite de qualité n'est plus de 0,1 µg/l mais de 0,9 µg/l pour les métabolites non pertinents.

Des analyses réalisées en 2023 mettent en avant la présence d'un métabolite intégré depuis peu au contrôle sanitaire de l'ARS. Il s'agit du chlorothalonil R471811 qu'on retrouve à une concentration de 0,180 µg/l le 15 mars 2023. Dans son avis du 29/04/2024, l'ANSES a statué sur le caractère non pertinent pour la surveillance des eaux destinée à la consommation humaine de cette molécule. Ainsi, le seuil de 0,9 µg/l est retenu.

En dehors de ce métabolite, aucune molécule pesticide pertinente n'est détectée sur les échantillons prélevés au niveau de la source ou du réseau de distribution en 2023. La prochaine campagne d'analyse fixée à octobre 2024 permettra de préciser l'aspect systématique de cette contamination.

La **source des Ormes** présente donc une seule non-conformité en attente de confirmation au cours de l'année 2023. Le paramètre pesticide y est donc considéré comme faiblement dégradé.

### 3.2.2.5. Radioactivité

Aucune analyse de radioactivité ne figure dans le suivi de l'année 2023. Cependant les mesures historiques montrent que l'eau de cet ouvrage a toujours respecté les limites de qualité fixées par le Code de la Santé Publique.

## 3.2.3. Captage de la Ronce

### 3.2.3.1. Bactériologie

Les analyses sur l'eau brute et le réseau de distribution montrent :

- 10 % de non-conformités pour les entérocoques (2 sur 20)
- 10 % de non-conformités pour Escherichia coli (2 sur 20)
- 0 % de non-conformités pour les bactéries coliformes (0 sur 17)

Notons également 70 % de détections pour le paramètre bactérie aérobies revivifiables à 22° et/ou à 36° (12 détections sur 17 analyses).

La qualité bactériologique est donc **relativement dégradée** sur la source de la Ronce.

Une qualité bactériologique dégradée peut être le signe d'infiltration d'eaux de surface au droit du captage, ce qui semble peu probable pour les 2 ouvrages compte tenu du bon état des installations.

La qualité bactériologique est plus généralement un indicateur des vitesses de circulation au sein de l'aquifère entre la zone d'infiltration et l'exutoire capté. Plus ce trajet est lent et plus l'aquifère joue un rôle épurateur, réduisant la quantité de bactéries à l'exutoire. En revanche, un trajet très rapide ne permet pas à l'aquifère de jouer ce rôle et se traduit par de fortes contaminations bactériennes à l'exutoire. Les données semblent indiquer des circulations très rapides alimentant la source de la Ronce, ce qui est soutenue par les résultats de traçage.



### 3.2.3.2. Turbidité

Sur la source de la Ronce, les contrôles de l'ARS sur eau brute ou sur le réseau montrent des dépassements très fréquents de la norme de 1 NFU, avec des valeurs historiques dépassant régulièrement 2 NFU et pouvant atteindre 10 NFU. Sur l'année 2023 ces valeurs sont comprises entre 0,76 et 10 NFU.

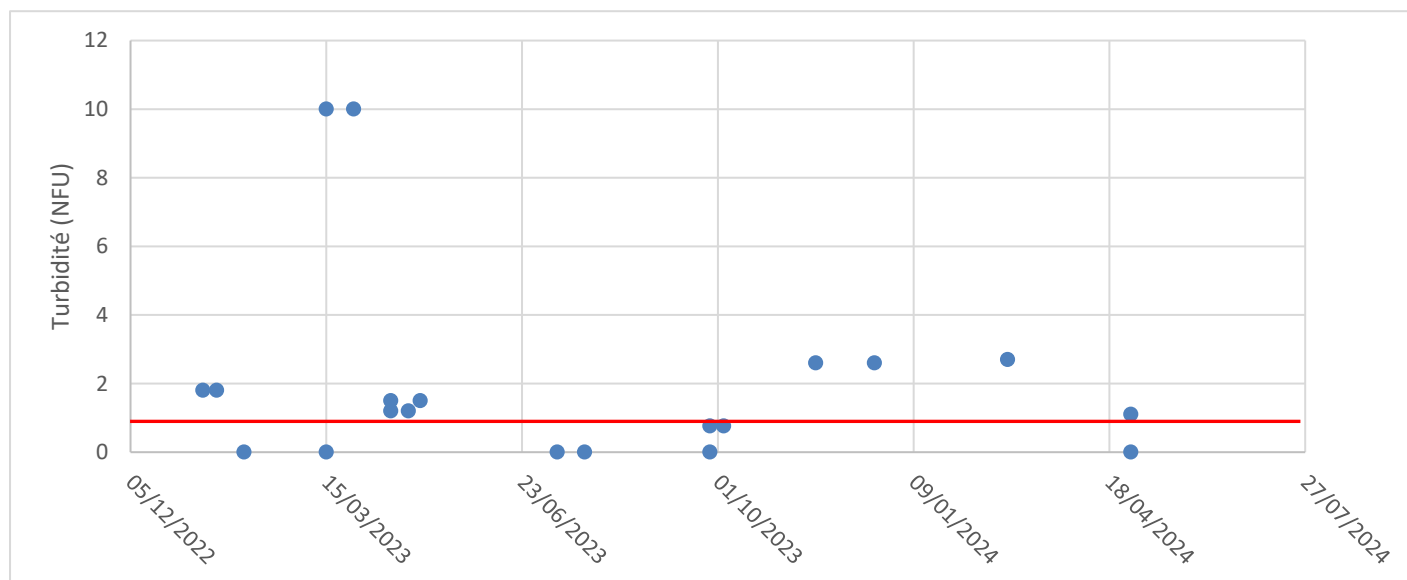


Figure 24: évolution de la turbidité sur le captage au cours de l'année 2023 (source : ARS)

La mairie de Montigny-Montfort a signalé ce problème permanent de turbidité qui n'est que partiellement résolu avec le traitement en place. Notons que sur les données de 2004 à 2021 trop peu d'analyses (3 seulement) sont disponibles sur eau brute pour pouvoir quantifier l'efficacité du traitement par une comparaison avant/après le filtre.

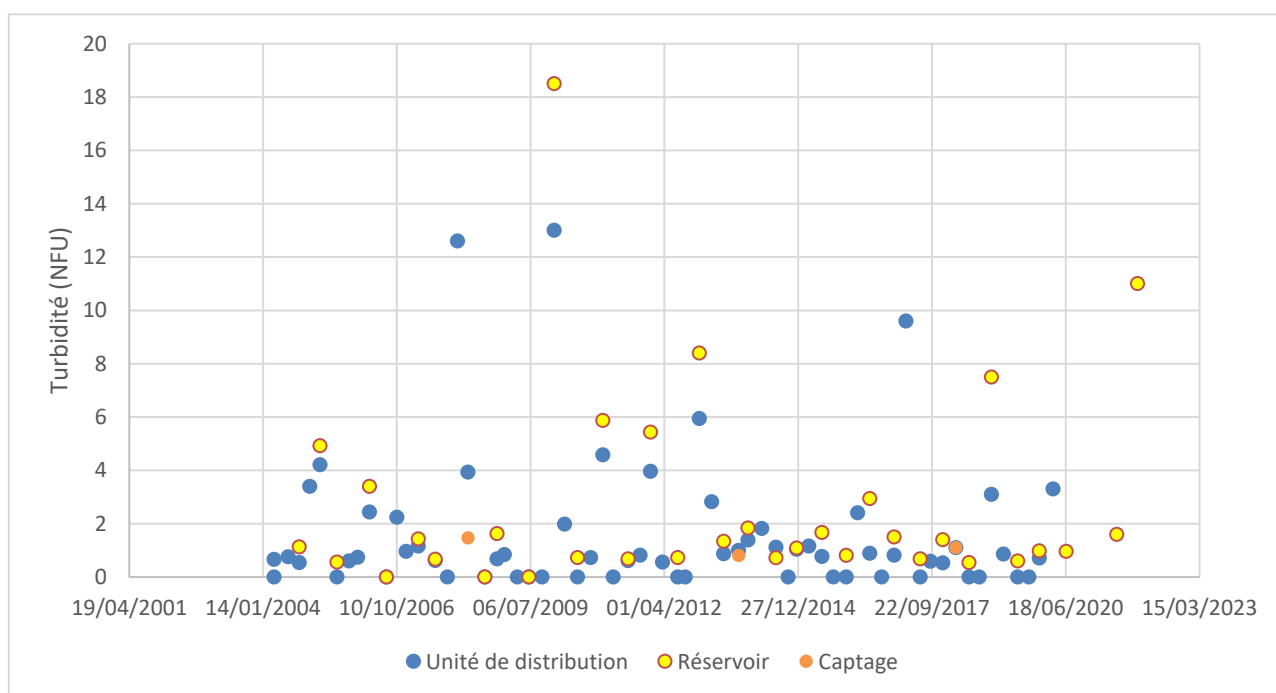


Figure 25: évolution de la turbidité sur le captage de la source de la Ronce (2004/2021) (source : ARS)

Les valeurs élevées sont quasi systématiquement observées sur les analyses réalisées en décembre ou mars (les analyses de l'ARS sont réalisées chaque trimestre). La turbidité est en effet souvent plus élevée en période de hautes eaux, lorsque les particules déposées dans les fractures et conduits karstiques de l'aquifère sont remobilisées et entraînées vers les exutoires.

Le paramètre turbidité est donc considéré comme mauvais sur la source de la Ronce.

### 3.2.3.3. Nitrates

La stabilité des concentrations de nitrates au cours de l'année 2023 est globalement proche de celle observée sur la source des Ormes avec des valeurs légèrement supérieures. On observe ici une moyenne de concentration de 55,3 mg/l avec des valeurs supérieures à la limite réglementaire fixée à 50 mg/l sur 94% des analyses (entre 43,3 et 63,6 mg/l).

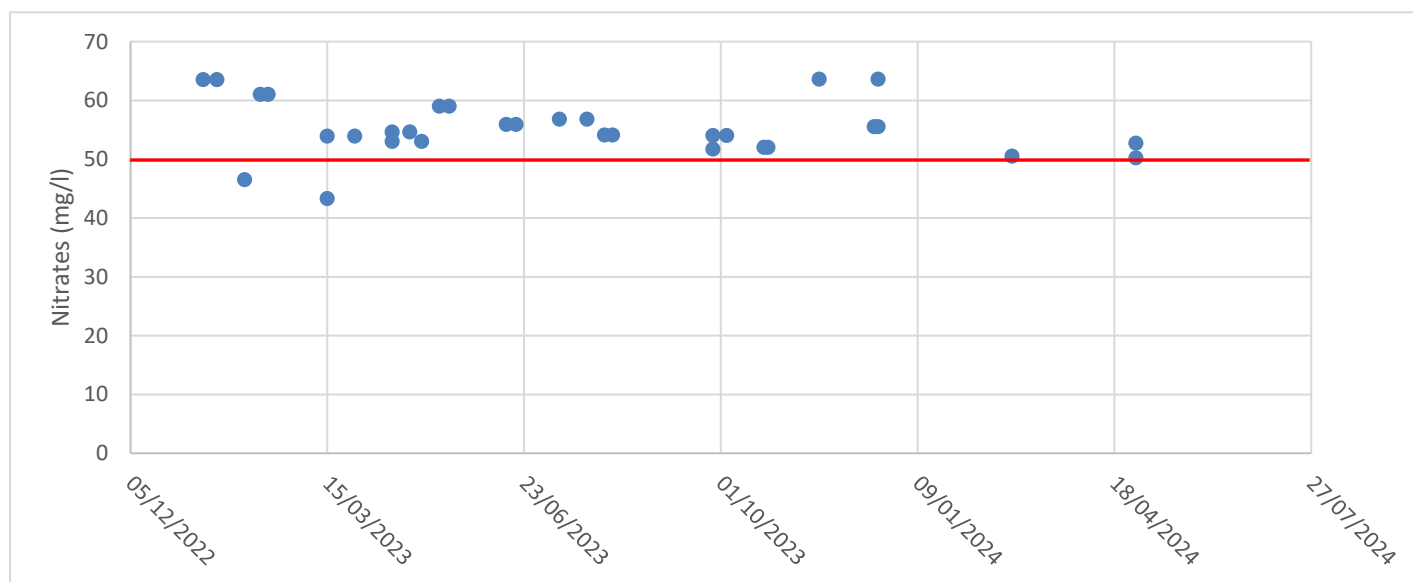


Figure 26: évolution des concentrations en nitrates en mg/l sur la source de la Ronce (1998/2021) (source : ARS)

Pour rappel, les analyses historiques (entre 1998 et 2021) mettent en avant de façon assez marquée l'influence des sécheresses et de l'influence des variations saisonnières.

Le paramètre nitrate est donc très dégradé depuis plusieurs années sur la source de la Ronce, bien que les concentrations mesurées depuis le début 2020 sont en baisse.

#### 3.2.3.4. Pesticides

Sur des analyses réalisées au cours de l'année 2023 en marge du contrôle sanitaire de l'ARS, une seule molécule pesticide pertinente est détectée au niveau de la source de la Ronce à une **concentration relativement élevée de 0,479 µg/l**. Il s'agit d'un métabolite du chlorothalonil (R471811), ajouté au contrôle sanitaire dans le courant de l'année 2023. Dans son avis du 29/04/2024, l'ANSES propose de classer ce métabolite comme non pertinent pour le suivi des eaux destinées à la consommation humaine. Il relève donc désormais de la valeur indicative de 0,9 µg/l fixée par l'ANSES.

Pour rappel de nombreuses molécules ont été détectées entre 1991 et 2021 avec une baisse significative des concentrations et du nombre de détections au cours du temps (principalement en ce qui concerne l'atrazine et ses métabolites). Dans les dernières années, les seules molécules détectées l'étaient sous forme de traces, à des concentrations bien inférieures au seuil réglementaire (03/2020, bentazone à 0,023 µg/l).

Malgré la diminution en termes de détection et de concentration en pesticides dans l'ouvrage, les données historiques mettent en avant la sensibilité du captage à ce type de polluants. On retrouve d'ailleurs de manière quasi systématique un métabolite du diméthachlore (CGA) dans le cadre du suivi multi-résidus (prélèvements mensuels) réalisé en 2020 au cours de l'étude du BAC de la Ronce. La mise en place d'un traitement permettant de diminuer la concentration en pesticides n'apparaît donc pas obligatoire. Néanmoins, des actions préventives pourront être menées afin de s'assurer de la continuité de cette tendance.

La prochaine analyse de pesticides est prévue en octobre 2024.

#### 3.2.3.5. Radioactivité

Malgré l'absence d'analyse récente, il est important de préciser que l'eau de la source de la Ronce a **toujours respectée les limites de qualité** fixée par le Code de la Santé Publique en termes de radioactivité.

### 3.3. Prix de l'eau et estimation budgétaire

Comme précisé en amont de ce rapport, la commune de Montigny-Montfort compte environ 170 abonnés en 2019. Ce chiffre est considéré comme stable entre 2019 et 2023 du fait de la faible évolution du nombre d'habitants (environ 306 habitants d'après les données de l'INSEE).

Ne disposant pas d'informations complémentaires en termes de répartition de la consommation, nous considérerons une consommation égale entre tous les abonnés branchés sur le réseau.

Entre 2015 et 2022, la consommation totale varie de 15 000 à 18 400 m<sup>3</sup> par an. Selon ces données la consommation moyenne de la commune s'élève à près de **60 m<sup>3</sup>/an/hab**. Ce volume de consommation représente plus de 160 litres par jour et par habitant, ce qui reste supérieur à la moyenne nationale et traduisant la présence de gros consommateurs d'eau sur le réseau (probablement liée à la consommation des élevages en période de basses eaux). La moyenne de la consommation annuelle entre 2015 et 2022 s'élève quant à elle à environ **16 800 m<sup>3</sup>**.

Pour l'année 2019 (donnée la plus récente), la tarification de l'eau vendue par la commune de Montigny-Montfort comprenait une part fixe sous la forme d'un abonnement de 68 €. Le prix de vente au m<sup>3</sup> a quant à lui été fixé à 1,10 € lors d'une délibération du conseil municipal tenue le 4 octobre 2019.

A ce prix fixe il faut ajouter les redevances de prélèvement et de pollution domestique, qui sont respectivement fixées à 0,05 € et 0,38 €.

	Total
Part fixe (abonnement)	<b>68,00 €</b>
Prix de l'eau au m <sup>3</sup>	1,10 €
Redevance de prélèvement (au m <sup>3</sup> vendu)	0,05 €
Redevance de pollution domestique (au m <sup>3</sup> vendu)	0,38 €
Total au m <sup>3</sup> (facture type de 60 m <sup>3</sup> )	<b>2,67 €</b>

Tableau 2 : données concernant le prix de l'eau.

Ainsi, au regard de ces données et pour des volumes consommés moyens de l'ordre de **16 800 m<sup>3</sup>/an** pour les 170 abonnés, la gestion de l'eau génère une rentrée d'argent de l'ordre de **37 000 €**. A cette somme pourront potentiellement s'additionner d'autres ressources financières (subventions et emprunts/avances de l'agence de l'eau). Il faudra aussi prendre en compte les coûts de fonctionnement et d'entretien du réseau.

**Comme indiqué précédemment, il n'existe actuellement aucune infrastructure pour l'installation d'une ou plusieurs unités de traitement additionnelles permettant de compléter/remplacer les solutions de traitement existantes. D'après les données de tarification, la gestion de l'eau génère annuellement environ 37 000 €/an.**

## 4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

---

Le secteur d'étude s'inscrit sur la carte géologique de Montbard, n°437 du BRGM (1/50 000). Cette carte correspond à la partie sud-est du Bassin parisien. Le relief dans cette région est marqué principalement par la vallée de la Brenne, qui sépare l'extrémité du haut Auxois au sud-ouest des plateaux du Châtillonnais au nord et à l'est.

L'Auxois est dominé par deux formations géologiques principales. Les marnes du Lias dans lesquelles sont incisées les vallées, et les calcaires du Bajocien qui forment une corniche nettement dessinée en surplomb des vallées.

Dans le Châtillonnais, ce sont les calcaires qui dominant très largement. L'absence de cours d'eau important n'a pas entraîné d'incision notable, ce qui permet la conservation de ce relief tabulaire assez caractéristique de cette région.

Les captages sont situés dans la vallée de la Dandarge, située à l'extrémité nord-est de l'Auxois, dans une zone d'incision plus marquée à l'interface entre la série calcaire du Dogger et les marnes du Lias.

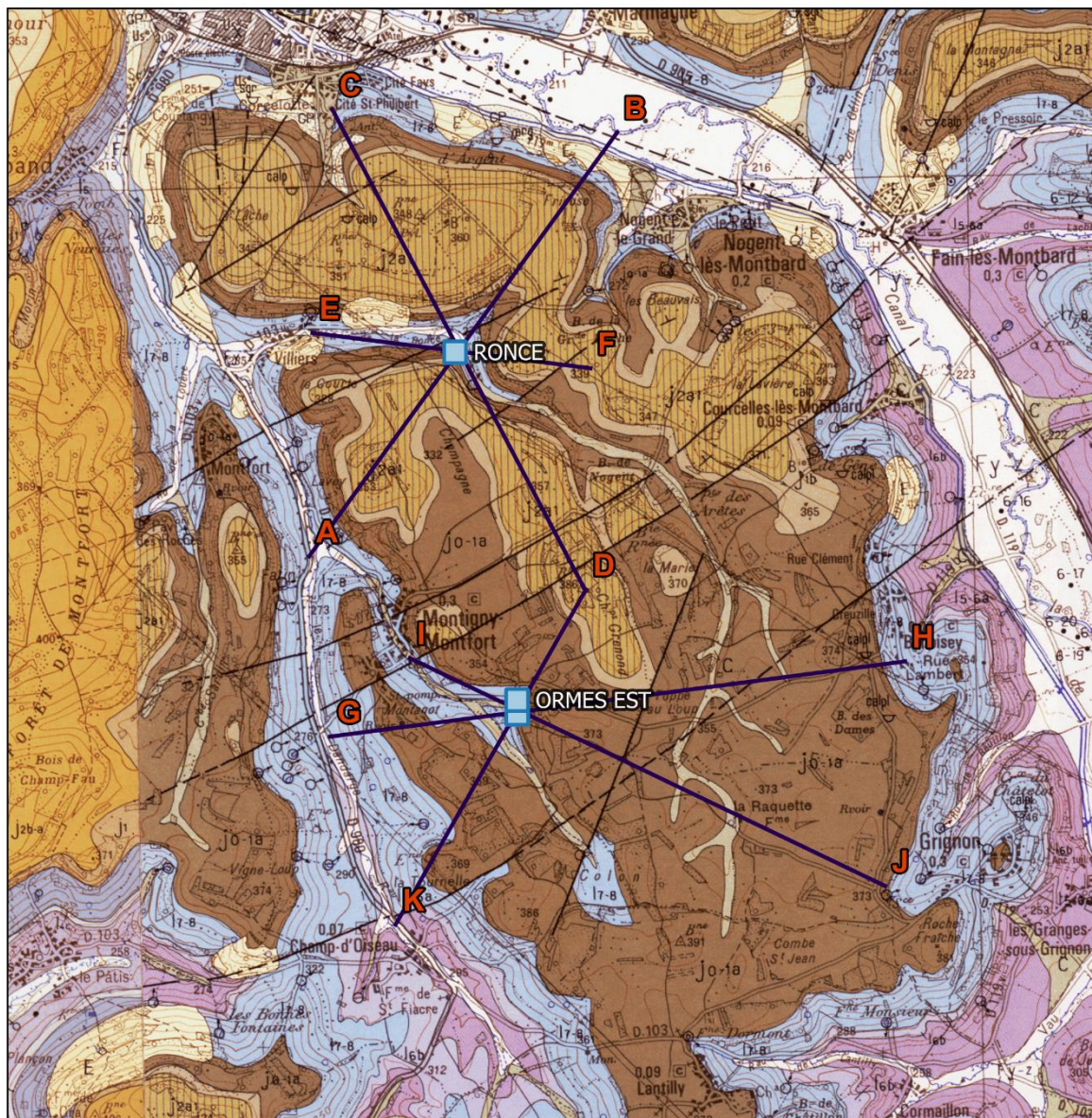
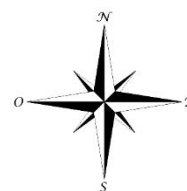




Sciences Environnement

## CONTEXTE GEOLOGIQUE

0 1 2 3 4 km



### LEGENDE :

Calcaire du Bathonien inf	Marne du Toarcien inf	Eboulis divers
Calcaire du Bajocien sup	Calcaire du Pliensbachien	Colluvions diverses
Calcaire du Bajocien/Aalénien	Marne du Pliensbachien	Alluvions modernes

Extrait de la carte géologique n°403, Chablis, ed. BRGM  
Dessinateur: Victor MORAND  
Date d'édition : 03/05/2022

Figure 27 : carte géologique de la zone d'étude (source : Sciences Environnement).



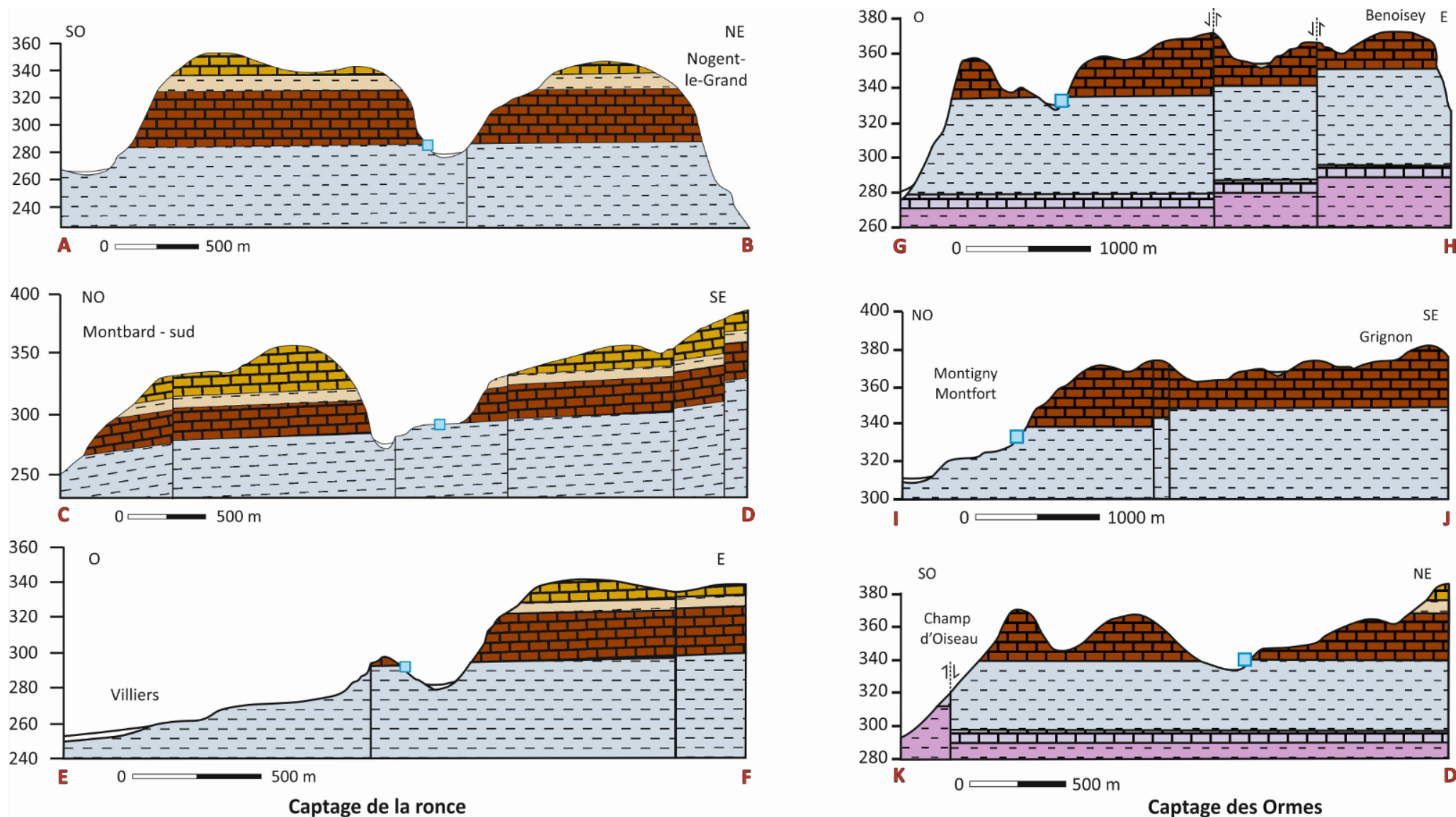


Figure 28 : coupe géologique suivant les traits de coupe de la figure 3 (source : Sciences Environnement).

## 4.1. Couches stratigraphiques

Les descriptions suivantes sont reprises de la notice de la carte géologique de Montbard (n°437).

Les principales formations géologiques rencontrées sur le territoire d'étude sont, des plus récentes aux plus anciennes, les suivantes :

### 4.1.1. Formations superficielles

#### **Eboulis variés, dont système de base de corniche (E) :**

Sur les pentes situées en contrebas des plateaux et falaises de calcaire Bajocien, les dépôts liasiques sont souvent masqués par des complexes d'éboulis importants. Ces éboulis peuvent être d'origine cryoclastique, ou constitués de matériaux grossiers plus variés (blocs, rochers), emballés dans de graviers anguleux et une matrice plus fine, argileuse.

#### **Colluvions diverses (C) :**

Des dépôts variés de fond de vallée ont été cartographiés sous cette même appellation. Ces formations sont difficiles à distinguer des alluvions et éboulis, elles sont de nature argileuse au pied des versants liasiques, et argilo-calcaires à sableuse au pied des plateaux bajociens et bathoniens. Leur épaisseur varie de 1 à 3 m.

#### **Alluvions modernes (Fy-z) :**

Cette formation se retrouve essentiellement dans le fond de la vallée de la Brenne qu'elle recouvre sur 6 à 8 m. Dans la vallée de la Dandarge, son extension est très modeste. La succession lithographique est toujours la même avec des graviers et sables au contact du substratum, qui évoluent vers des sables très argileux en surface.

### 4.1.2. Formations jurassiques

#### **Bathonien inférieur – Calcaires divers (j2a1) :**

Plusieurs faciès de nature essentiellement calco-argileuse ont été regroupés dans cette formation. Son épaisseur varie donc considérablement, de 25 à 40 m. On trouve de haut en bas des calcaires finement bioclastiques, quelques bancs de calcaire à oncoïdes, des calcaires argileux en bancs massifs et enfin en plaquettes. La phase détritique augmente au détriment des carbonates en descendant dans la formation.

#### **Bajocien supérieur – Marnes, calcaires argileux et calcaires à *Ostrea acuminata* (j1b) :**

Cette formation assez peu épaisse constitue un niveau repère et bien différencié dans la région. Son épaisseur variant de 3 à 15 m est d'environ 5 m sur les plateaux de l'Auxois. Cette formation est constituée d'un niveau continu d'argile très fossilifère, surmonté de faciès plus calcaires. Cette formation plutôt imperméable donne souvent naissance à des sources de débordement.

### **Aalénien supérieur – Bajocien moyen – Calcaire à entroques (j0-1a) :**

La formation désignée sous le nom de « Calcaire à entroques » désigne en ensemble complexe de calcaires formant une corniche abrupte dans le paysage, en surplomb des vallées. Son épaisseur est en général comprise entre 25 et 30 m. On distingue de haut en bas :

- Quelques mètres de calcaires finement bioclastiques, souvent à oncolites, avec localement des chailles, désigné sous le nom de « Dalle à Gervillies ». Le toit est couronné d'une surface irrégulière sur laquelle repose les marnes à huitres du Bajocien supérieur.
- 15 m de calcaires à entroques proprement dits, en bancs compacts décimétriques, à stratification souvent oblique.
- 7 à 8 m de calcaires à polypiers, lamellibranches et oncolites, souvent intercalés de minces lits marneux.
- 2 à 3 m de calcaires bioclastiques et oolithiques, reposant sur les marnes liasiques par l'intermédiaire d'un niveau bréchique et bioturbé.

La source de la Ronce est située au pied de cette formation, qui forme des falaises très marquées dans la Combe de Nogent, au sud du captage.

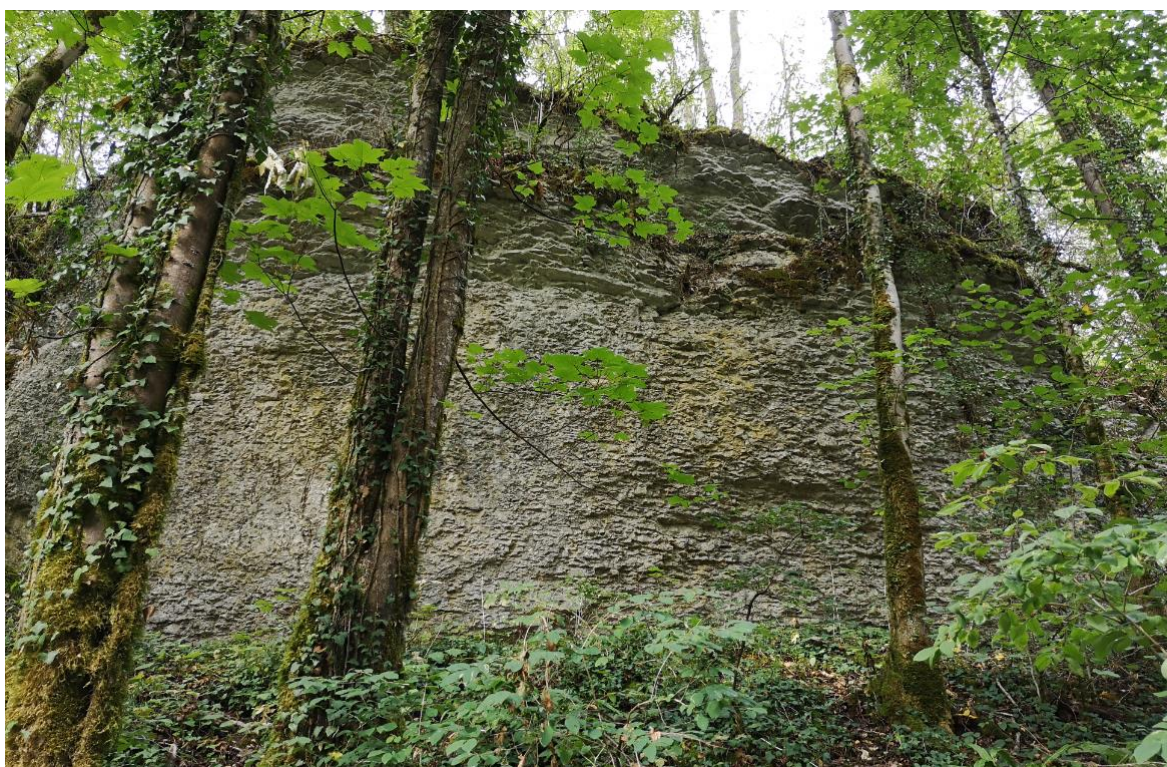


Figure 29: affleurement de calcaire à entroques situé à proximité du captage de la Ronce (source : Sciences Environnement).

### **Toarcien inférieur et moyen – Marnes sableuses, argiles noires et schistes cartons (i7-8) :**

Cette formation épaisse de 40 à 50 m est rarement visible à l'affleurement. Elle constitue le sommet des pentes des vallées et certains fonds de vallée. Leur partie supérieure est souvent masquée par des éboulis issus des calcaires à entroques, elle donne également naissance à de nombreuses sources dont celles captées par les captages étudiés. Plusieurs niveaux peuvent être identifiés au sein de cette formation :

- 10 à 15 m de marnes renfermant de mince lits et lentilles gréseux, d'épaisseur centimétriques. Elles se défont en plaquettes sous l'altération.

- 20 m d'argiles noires et de bancs de calcaire argileux, assez fossilifères.
- 4 à 5 mètres de siltites bitumineuses désignés sous le nom de « Schistes cartons » qui se délitent en minces feuillets grisâtres sous l'altération, d'où leur nom.
- A la base, un niveau de calcaire bioclastique gris-ocre épais de 0,5 à 1 m. Une surface ferruginisée et perforée termine le dernier banc.

#### **Pliensbachien supérieur – Calcaires et calcaires marneux à gryphées géantes (j6b) :**

Cette formation épaisse de 8 à 10 m dans la vallée du Dandarge est plus résistante que les séries marneuses qui l'encadrent, ce qui forme en général un replat à mi-pente dans les versants des vallées. Elle est constituée de calcaires argileux et de calcaires bioclastiques, pouvant abriter des passés marno-gréseux plus tendres ou des bancs crinoïdiques plus résistants.

#### **Pliensbachien inférieur et moyen – Marnes et calcaires marneux, marnes micacées (j5-6a) :**

Cette formation épaisse de 60 à 70 m constitue la base de la stratigraphie à l'affleurement dans le secteur étudié. Elle est néanmoins peu observable car elle constitue essentiellement le fond des vallées. Son sommet au contact des calcaires à gryphées donne naissance à de nombreuses petites sources intermittentes. Cette formation est essentiellement constituée de marnes micacées très sombres à passées plus ou moins sableuses, et pouvant contenir quelques bancs plus carbonatés. Sa base (6 à 12 m) est constituée de calcaires et de marnes riches en bélemnites, désignée comme « calcaires à ciment ».



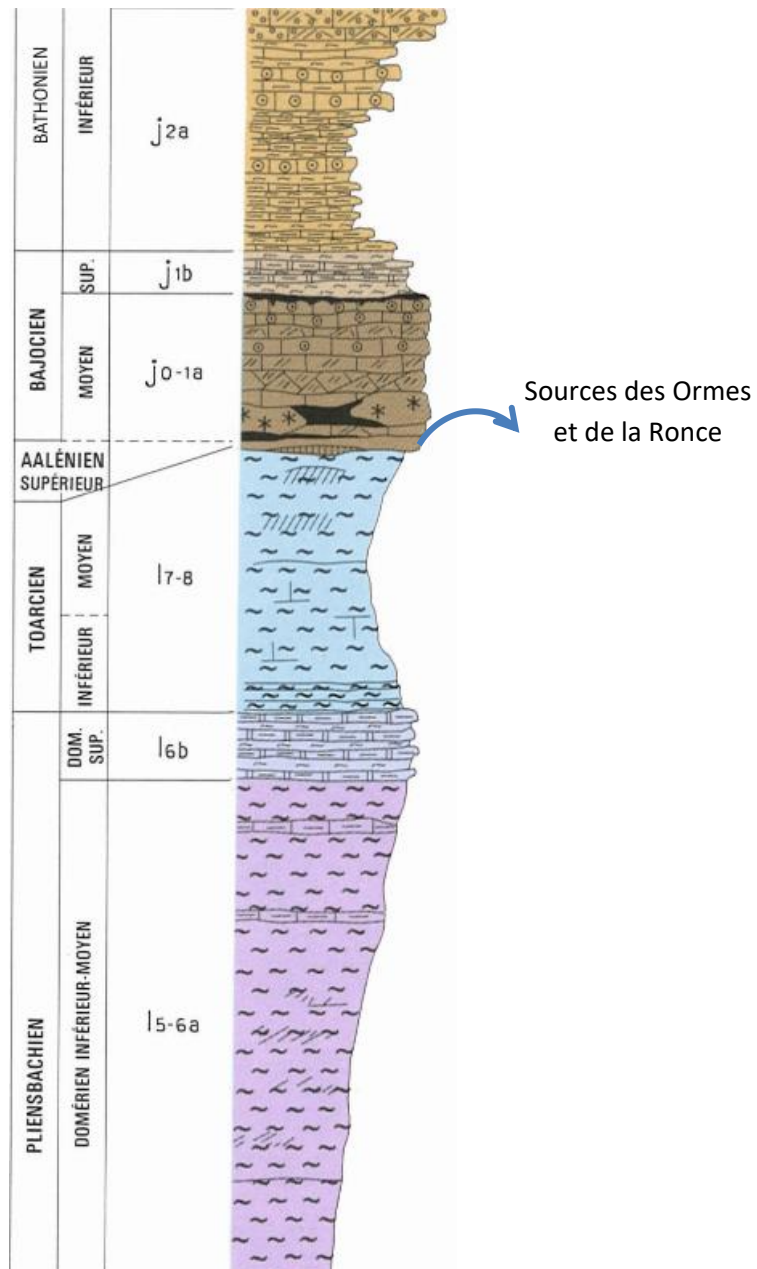


Figure 30: colonne stratigraphique de référence, issue de la carte géologique de Montbard (sondage de Fain-lès-Montbard) (source : BRGM).

## 4.2. Contexte structural

D'un point de vue structural, le secteur de Montbard est situé sur le flanc nord-ouest de la vaste voûte anticlinale désignée sous le nom de « Seuil de Bourgogne ». Cette structure présente quatre régions qui sont, du sud-est au nord-ouest :

- Le fossé tectonique de la Bresse, non présent sur la zone d'étude, qui apparaît du côté de Dijon.
- La zone haute du Seuil de Bourgogne apparaissant du côté de Flavigny-sur-Ozerain. Les couches présentent un pendage très faible (1 à 2°) vers le nord-ouest ou quasiment horizontal, voire quelques pendages inversés vers le sud-est marquant les prémices de la retombée vers la Bresse.

- Les panneaux tectonisés de la zone intermédiaire, délimités au nord-ouest par une longue faille allant de Champ-d'Oiseau au sud de Montigny-Montfort à St-Marc-sur-Seine. Les plateaux du Châtillonnais apparaissent comme particulièrement complexes et tectonisés, tandis que l'Auxois au sud de la vallée de la Brenne voit un amortissement de la tectonique, peut-être dû aux marnes liasiques. Cette région est affectée par une grande famille de failles varisques d'orientation N60-70 qui comprend les principales failles par leur extension comme par leur rejet (10-20 m et plus). Ces failles découpent les plateaux en de nombreux compartiments, parfois effondrés, pouvant présenter des affaissements synclinaux ou des pendages inverses vers le sud-est. Toutefois le pendage général reste très faiblement orienté vers le nord-ouest. Une seconde famille de faille d'orientation N10-20 se superpose à la précédente mais avec une extension et des rejets moindres. Une troisième famille d'orientation N280-300 est présente, presque perpendiculaire à la direction varisque, mais elle ne s'exprime que par de courtes failles individualisant certains compartiments.
- L'aire monoclinale du Bassin parisien où les couches sont affectées d'un pendage faible (1 à 2°) mais régulier en direction du nord-ouest. Les deux principales familles de failles N60-70 et N10-20 se rencontrent avec des rejets faibles, généralement de l'ordre de 10 m.

Le secteur de Montigny-Montfort est affecté par les panneaux tectonisés de la zone intermédiaire. Plusieurs failles d'orientation N60-70 recoupent le plateau calcaire. Des failles et diaclases de moindre ampleur sont également visibles sur le terrain, à l'instar de celle grillagée sur le captage de la source de la Ronce.

Notons que la source elle-même provient d'autres failles de même direction, visibles dans l'ouvrage captant.



Figure 31: faille attenante à la source de la Ronce (source : Sciences Environnement).

Notons que cette faille, qui est attenante au captage de la Ronce, ne communique pas directement avec ce dernier. Les volumes d'eau important qui s'y écoulent pendant la période de hautes eaux sont déversés directement dans le ruisseau de la Ronce.



## 5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

---

La définition du contexte hydrogéologique permet d'identifier les formations aquifères sous-jacentes (formations géologiques pouvant contenir de l'eau). L'identification de ces formations est essentielle en cas d'abandon d'un captage et de la recherche d'une nouvelle ressource souterraines. De manière générale, plus l'aquifère identifié pour la création d'un nouvel ouvrage d'alimentation est profond et plus son eau est protégée vis-à-vis des pollutions ponctuelles ou pérennes appliquées en surface (principalement liées aux pressions anthropiques).

En fonction du type et de la profondeur de l'aquifère le temps de résidence de l'eau peut être très variable. Les aquifères profonds (plusieurs dizaines à centaines de mètres) sont généralement caractérisés par des vitesses de transfert plutôt lentes et des taux de renouvellement faibles. En contrepartie il n'est pas rare d'y trouver des charges minérales et des températures relativement élevées. Dans certains cas de figure un traitement est nécessaire afin de potabiliser l'eau avant distribution.

### 5.1. Aquifères de la zone d'étude

Dans cette partie, les aquifères présents au droit de la zone d'étude sont présentés en fonction de leur profondeur (du plus au moins profond). Les informations proviennent majoritairement de la notice liée à la carte géologique de Montbard (BRGM – n°437).

#### *Aquifère des calcaires du Sinémurien et Lotharingien (calcaires à gryphées arquées)*

Cette formation est caractérisée par la présence de couches argileuses épaisses entre les bancs calcaires. Cet agencement limitant fortement les échanges d'eau au sein de l'aquifère il est peu karstifié et potentiellement peu productif. En outre, les eaux qu'il contient sont généralement chargées en sulfate. Cette formation est affleurante au niveau de Chevigny, à environ 6 kilomètres au sud de Montigny-Montfort.

Etant la dernière formation aquifère surplombant le socle granitique altéré, cette couche géologique se situe à environ 100 à 130 mètres de profondeur au droit de la zone d'étude. **Elle est considérée comme peu pertinente pour l'approvisionnement en eau.**

#### *Aquifères des calcaires argileux du Pliensbachien (calcaires à gryphées géantes)*

Cette formation peu épaisse et peu fracturée contient un aquifère d'ampleur très modeste. Les marnes du Toarcien qui la surplombe empêche une réelle alimentation par infiltration depuis les formations supérieures, et seule la base sableuse de ces marnes est drainée vers cet aquifère. Les exutoires se présentent sous la forme de quelques sources de faible débit dans la vallée de la Brenne, voire sous la forme de simples zones de suintements.

Elle se situe à prêt de 40 – 50 mètres de profondeur sous la commune. **Il s'agit de la seule formation souterraine potentiellement exploitable** dans le cas d'un abandon des captages existants (sous réserve d'investigations complémentaires).

Cette formation qui renferme le principal aquifère du secteur **alimente notamment les sources des Ormes et de la Ronce.**

### **Alimentation de la nappe**

La nappe est alimentée par l'infiltration d'une partie des pluies qui tombent sur la partie libre des calcaires du Bajocien moyen (non recouverte par d'autres formations). Dans une moindre mesure, les précipitations tombant sur les formations de Bathonien inférieur et du Bajocien supérieur, lorsqu'elles sont présentes, alimentent la formation sous-jacente par drainage.

Les précipitations sont assez bien réparties tout au long de l'année avec une distribution toutefois plus aléatoire en période estivale (pluies d'orages), peu propice aux phénomènes d'infiltration. La période de recharge s'étend, selon les années, **d'octobre à mai.**

Les précipitations doivent traverser une zone non saturée (ZNS) de nature calcaire avant d'atteindre la nappe. L'épaisseur de celle-ci varie de quelques mètres dans les vallées à probablement plusieurs dizaines de mètres sur le plateau. L'absence d'ouvrages permettant la mesure du niveau d'eau sur les plateaux ne permet toutefois pas davantage de précision.

Cette formation est bien fracturée et une karstification semble présente comme en témoignent les grottes existantes. De fait les circulations sont aisées dans l'aquifère (Rq : aquifère= zone non saturée + zone saturée).

### **Décharge de la nappe**

L'eau peut être soustraite par évaporation physique ou prélevée par la végétation dans la frange supérieure des calcaires, cela constitue les phénomènes d'évapotranspiration.

Les circulations rapides au sein de l'aquifère entraînent une forte réaction des sources aux événements météorologiques, ce qui se traduit notamment par les étiages marqués et observés sur les sources de Montigny-Montfort. Cette circulation aisée peut également provoquer des phénomènes de turbidité comme sur la source de la Ronce, ainsi que l'entraînement des nitrates et molécules phytosanitaires épandues sur l'impluvium qui se retrouvent alors en forte concentration aux exutoires.

Les exutoires sont des sources de déversement qui se forment souvent au contact entre les calcaires du Bajocien et les marnes du Toarcien. Il faut néanmoins noter que la base des falaises bajociennes est souvent masquée par des éboulis, pouvant former de véritables systèmes dans lesquels l'eau circule (par exemple dans la vallée de la Dandarge à hauteur de Crépand). Les sources apparaissent alors beaucoup plus bas sur les versants, dans les formations cartographiées comme toarciennes puisque les éboulis ne sont que rarement indiqués.

Plusieurs sources peuvent être associées à un même système d'exutoire comprenant une source pérenne et plusieurs sources temporaires qui se tarissent en fonction des conditions hydrologiques. Les sources sont souvent associées à des failles. La source de la Ronce en est un très bon exemple puisqu'on peut voir l'eau couler directement de plusieurs fractures.

Les phénomènes de charge et de décharge de la nappe sont saisonniers et dépendent essentiellement des facteurs infiltration et évapotranspiration (variables au cours de l'année). En effet, la nappe se recharge en général entre les mois d'octobre et de mai grâce à l'excédent d'eaux d'infiltration. Elle se décharge à partir du mois de mai par évapotranspiration et drainage par les fonds de vallée.

A ces variations saisonnières s'ajoutent des variations pluriannuelles liées à l'importance des recharges antérieures successives. Toutefois cette influence est moindre dans un aquifère bien connecté comme celui du Bajocien.

### *Aquifère des calcaires du Bathonien inférieur*

Cette formation, qui coiffe le sommet des plateaux, renferme un aquifère délimité à sa base par la formation mince des marnes du Bajocien supérieur. Un certain degré de percolation vers les calcaires du Bajocien moyen est possible à travers ces marnes, via des zones de fractures ou des passés plus calcaires. Notons que ces formations modérément perméables peuvent retarder l'infiltration vers l'aquifère du Bajocien moyen, jouant ainsi un rôle protecteur vis-à-vis de cet aquifère.

Quelques sources peuvent apparaître à l'interface marno-calcaire et constituent les exutoires de surface. Les eaux se réinfiltrant généralement lorsque les écoulements atteignent les calcaires du Bajocien moyen.

### *Alluvions*

Les alluvions de la Brenne, dont la vallée se situe à l'ouest du plateau séparant Montigny-Montfort et Courcelles-les-Montbards, comprennent un aquifère contenu dans ces formations de nature sablo-calcaires et graveleuses. Malgré leur faible épaisseur, **elles sont exploitées du fait d'une bonne qualité** (les limons superficiels fournissent une barrière efficace contre les contaminations) et une recharge efficace par les rivières. Cet aquifère n'est cependant pas présent directement dans le secteur de l'étude.

Dans le secteur de Montigny-Montfort on observe des formations alluvionnaires beaucoup plus modestes au fond de la vallée de la Dandarge. Ce cours d'eau est principalement alimenté en période de hautes eaux par la résurgence des eaux souterraines observée au contact du Bajocien moyen et des marnes du Toarcien. La variabilité saisonnière des débits ainsi que l'origine commune des eaux de surface et de l'eau captée par les captages de la Ronce et des Ormes en font **une ressource non pertinente pour l'alimentation** de la commune (problèmes similaires en termes de qualité et de quantité disponibles).

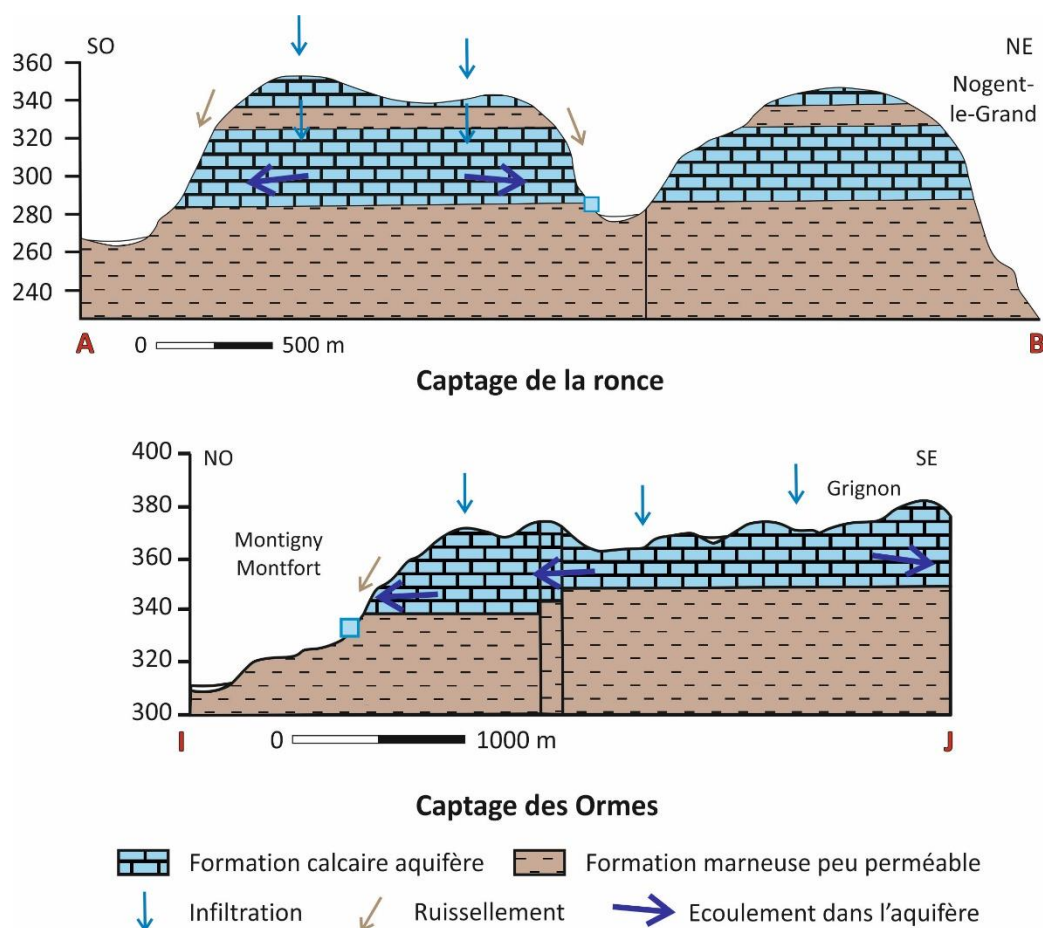


Figure 32: coupes hydrogéologiques du secteur d'étude (source : Sciences Environnement)

Les principaux éléments synthétisant les caractéristiques des écoulements hydrogéologiques sont :

- Un écoulement général des eaux depuis les plateaux vers les vallées ;
- Une forte fracturation et une karstification fréquente de l'aquifère qui permettent des circulations très rapides depuis l'impluvium vers les exutoires ;
- Des exutoires nombreux et répartis dans toutes les vallées, à l'interface Bajocien-Toarcien ou déportés plus bas sur les versants toarciens par le biais d'écoulements superficiels ;

Dans le contexte étudié ici, la seule ressource souterraine complémentaire se situe sous les marnes du Toarcien inférieur, au niveau des calcaires du Domérien supérieur. Il est important de souligner que cette formation est potentiellement mal approvisionnée (surplombée par des formations peu perméables), de faible épaisseur et peu fracturée. Il est donc peu probable qu'un ouvrage de production d'eau potable implanté dans cette formation permette un approvisionnement sécurisé et pérenne de la commune.

## 6. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DES SOLUTIONS EXISTANTES

---

Comme indiqué plus tôt dans ce rapport, les paramètres pour lesquels une dégradation de la ressource est constatée sont les suivants :

- Source des Ormes : concentrations en **nitrates** et non conformités **bactériologiques**
- Source de la Ronce : concentrations en **nitrates**, non conformités **bactériologiques**, présence régulière de **traces de pesticides** et **turbidité** de l'eau

Plusieurs solutions techniques existent pour traiter ces types de dégradation. Cette partie vise à en faire la **synthèse** et à présenter les **avantages** et **inconvénients** de chaque solution en fonction du contexte de l'étude.

### 6.1. Solutions adaptées pour abattre la concentration en nitrates.

L'élimination du nitrate peut-être particulièrement difficile à mettre en place du fait des **propriétés hydrophiles** de ce nutriment. Les ions se trouvant sous forme dissoute, de nombreux types de filtres sont globalement **inefficaces** contre ce type de polluant (filtre à sable, filtres à charbon, membranes de fibres...).

Plusieurs méthodes curatives sont cependant reconnues comme efficaces pour traiter ce type de dégradation. Pour les plus répandues il s'agit de : l'échange d'ion (dénitratation), l'osmose inverse, l'électrodialyse, la dénitrification par traitement biologique et la distillation de l'eau.

#### 6.1.1. *L'échange d'ions.*

L'une des méthodes permettant d'abattre la concentration des ions nitrates consiste à utiliser un processus dit « *d'échange anionique* ». Le principe de ce procédé réside dans la capture des ions de charge négative appelés anions (à l'image des nitrates) sur une résine qui est traversée par l'eau à traiter.

A l'état initial la résine est constituée d'un ensemble de particules chargées positivement (cations) et négativement (anions). Lors du passage de l'eau à traiter, les anions fixés sur la résine (généralement les chlorures,  $\text{Cl}^-$ ) sont remplacés par ceux contenus dans l'eau ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ...) d'où le nom du procédé à « échange anionique ». Les anions de la résine sont alors mobilisés dans l'eau à des concentrations variables. Pour des raisons évidentes ces anions sont prévus pour être inoffensifs pour la santé humaine (comme le  $\text{Cl}^-$ ). Il reste cependant pertinent de surveiller la composition de l'eau traitée à des pas de temps réguliers afin d'évaluer l'efficacité du traitement et son impact sur l'eau distribuée.

A noter qu'il existe plusieurs types de résines (plus ou moins spécifiques au type de polluant à traiter). Dans tous les cas de figure, la présence d'autres anions en solution (comme les sulfates ou les carbonates) dans l'eau brute diminuera l'efficacité du traitement et la part des nitrates captée par le système (Figure 33).



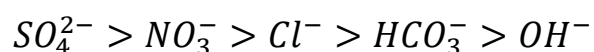


Figure 33 : ordre de sélectivité de fixation sur une résine échangeuse d'ions entre différentes espèces anioniques, du plus au moins spécifique.

Du fait de la sensibilité des résines, toutes charges en MES (Matières En Suspension) trop importante (> à 1 mg/l) risque d'écourter la durée de vie du dispositif. L'installation d'un filtre permettant un prétraitement suffisamment efficace sera alors nécessaire en amont de l'échangeur d'ions pour garantir sa durée de vie (filtre à sable ou membrane).

A l'état final et après traitement d'un volume d'eau défini lors du dimensionnement (fonction de la concentration initiale en nitrates), la résine doit être régénérée par rinçage à l'aide d'une saumure très concentrée. Cette étape permet d'évacuer les nitrates captés et de les remplacer par les anions présents initialement (ions chlorures). L'eau de lavage (solution saline de forte concentration) est alors récupérée et/ou renvoyée dans le milieu naturel après dilution. **La problématique de traitement des éluats de régénération nécessite d'être étudiée en amont du dimensionnement si cette solution est sélectionnée.**

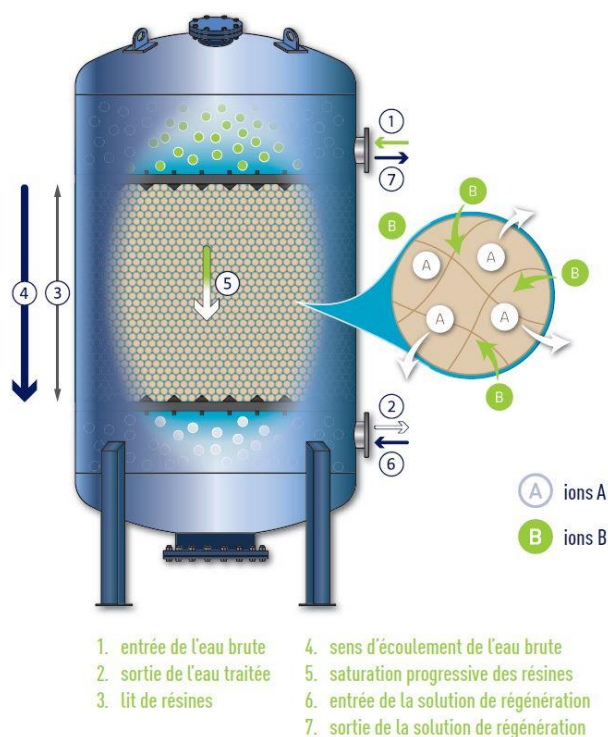


Figure 34 : exemple d'une installation de traitement par échange d'ions et schéma de principe (source: SUEZ).

**Les résines échangeuses d'ions permettent un abattement efficace des concentrations en nitrates mais nécessitent la mise en place d'un pré-traitement permettant de protéger le dispositif. En outre, une solution technique de stockage et de récupération/réinjection des solutions salines permettant la régénération du dispositif est nécessaire.**

### 6.1.2. Techniques séparatives à membranes pour l'élimination des nitrates

Ces techniques de traitement de l'eau consistent en la séparation des molécules d'eau et de tout ou d'une partie des substances particulières ou dissoutes en solution.

Les caractéristiques principales de ces techniques résident dans la mise en œuvre d'un système à plusieurs phases constitué d'un fluide à traiter en entrée (phase 1), d'une membrane intermédiaire et d'un fluide traité en sortie (phase 2). La membrane joue le rôle d'interface sélective entre ces deux phases.

Il s'agit ici de procédés physiques de séparation par tamisage plus ou moins fins, dépendant du type de membrane utilisé. Plus les pores de la membrane seront fins et plus le tamisage sera complet. En contrepartie, plus le tamisage est sélectif et plus la quantité d'énergie nécessaire pour « pousser » les molécules d'eau au travers de la membrane sera importante.

La figure ci-dessous présente un ordre de grandeur de tamisage des différentes techniques de traitement membranaire ainsi que différents types de particules en fonction de leur diamètre (en  $\mu\text{m}$ ).

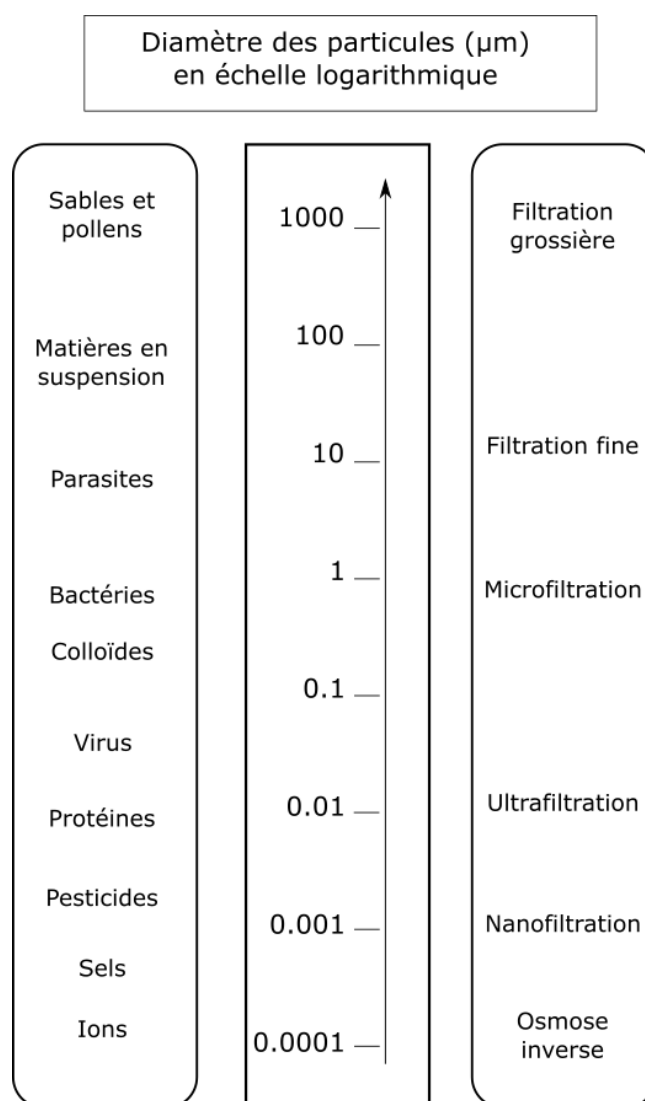


Figure 35 : ordre de grandeur du tamisage des processus de séparation par membrane et taille de plusieurs types de particules (source : Sciences Environnement).

Comme indiqué par la Figure 35, les ions présents dans l'eau sont retenus par des pores dont la taille est proche de  $0,0001\ \mu\text{m}$ . Plus la taille des pores composant les membranes augmente et moins le dispositif sera efficace pour filtrer les ions (et donc les nitrates) contenus dans l'eau. Un dispositif dont la taille des pores est supérieure à  $0,001\ \mu\text{m}$  (ultrafiltration) **n'est pas adapté au traitement des nitrates**. D'après les recherches bibliographiques effectuées, la nanofiltration permet d'abattre prêt de 40 à 50% de la charge en nitrate alors que l'osmose inverse peut atteindre plus de **95% d'abattement** de la concentration. La nanofiltration reste plus adaptée au traitement des résidus de pesticides. Pour cette raison, seule la technique de traitement par osmose inverse est présentée ci-dessous.

#### 6.1.2.1. Osmose inverse.

Les systèmes d'osmose inverse consistent en une « filtration » très fine (environ à  $0,0001\ \mu\text{m} - 1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{mm}$ ) au travers d'une membrane semi-perméable dotée de pores microscopiques. La membrane permet de bloquer une grande partie des éléments particuliers et dissous tout en laissant passer les molécules d'eau. Le système est généralement assemblé sous la forme de plusieurs modules dont le nombre dépend du volume d'eau à traiter et du débit à fournir.

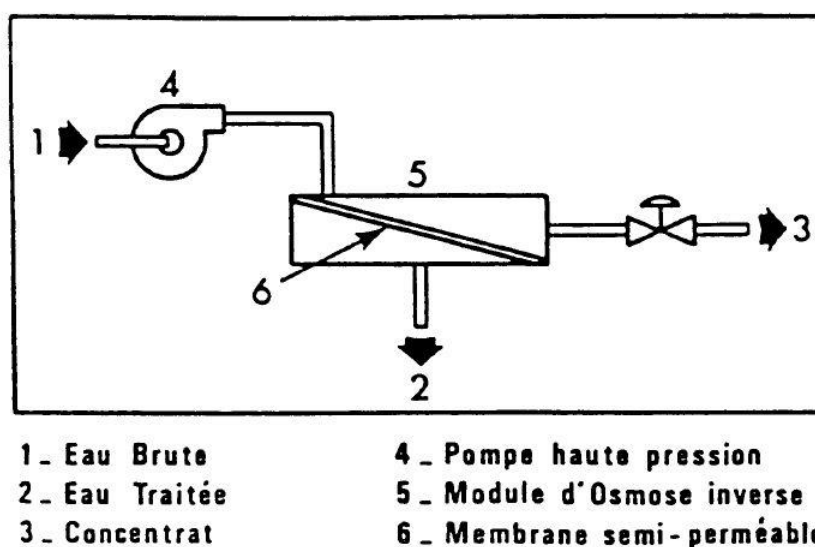


Figure 36 : schéma de procédé d'osmose inverse (source : "élimination des nitrates des eaux potables" - Ratel)

L'eau brute entre dans le module d'osmose inverse sous haute pression par le biais d'une pompe prévue à cet effet. Le module est composé de deux parties distinctes (Figure 36) : la première permet l'accumulation de l'eau brute sous pression, (elle est séparée de la seconde par la membrane semi perméable), la seconde permet l'accumulation de l'eau traitée de l'autre côté de la membrane. La première partie est composée d'une entrée (eau brute sous pression) et d'une sortie permettant d'extraire un concentrat (fluide enrichi par les substances arrêtées par la membrane). La deuxième chambre est elle aussi composée d'une sortie permettant de récupérer l'eau traitée.

Parmi les systèmes de filtration membranaire, l'osmose inverse est la technique la plus adaptée pour extraire les ions contenus dans l'eau brute. Son fonctionnement requiert un prétraitement pour abattre les matières en suspension, des quantités importantes d'énergie, une gestion du concentrat et l'eau traitée nécessite généralement une reminéralisation avant distribution. Ce type de solution est généralement appliqué au dessalement de l'eau de mer ou des eaux saumâtres et n'est pas la plus adaptée pour la dénitratisation.



Figure 37 : exemple d'osmoseur industriel monté sur skid pour le traitement de volume allant de 0,9 à 14,4 m³/h (source: josome.fr)

### 6.1.3. Electrodialyse

L'électrodialyse consiste en l'application d'un courant continu entre deux électrodes implantées dans une cellule composée d'un empilage de membranes semi-perméables spécifiques (échangeuses d'ions). On y retrouve des Membranes Echangeuses de Cations (MEC) et des Membranes Echangeuses d'Anions (MEA).

Sous l'effet du courant électrique, les cations (ions chargés positivement) sont attirés par la cathode (électrode négative) et les anions sont attirés par l'anode. Les membranes semi perméables permettent la migration des sels depuis les « compartiments de dessalement » vers les « compartiments de concentration » en fonction de la disposition des membranes.

Par le biais de ce processus, l'eau en sortie des compartiments de dessalement est partiellement déminéralisée. Le rendement d'élimination des nitrates dépend alors de la concentration d'autres ions en solution (comme les sulfates).

**Dans le cadre du traitement et de la production des EDCH, l'électrodialyse est principalement utilisée (à l'instar de l'osmose inverse) dans le cadre du dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. Il s'agit ici aussi d'un procédé non sélectif (causant une déminéralisation importante de l'eau), couteux en énergie et nécessitant une gestion des concentrats. Bien que permettant l'abattement des concentrations de nitrate, ce n'est pas la solution curative la plus adaptée dans le cas des contaminations et du contexte observé ici.**

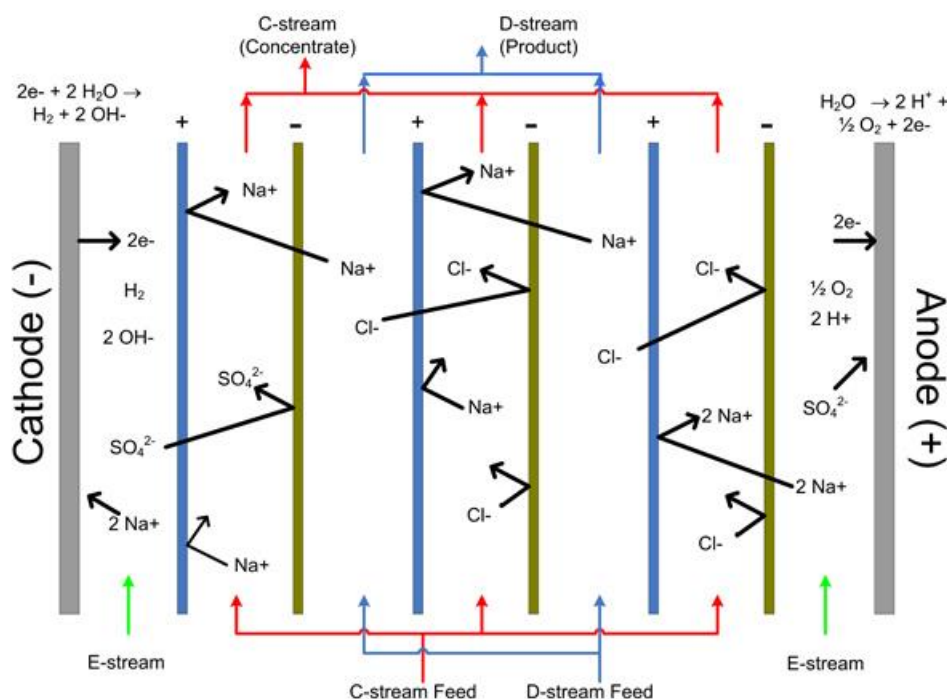


Figure 38 : schéma de principe du fonctionnement d'un système d'électrodialyse (source : wikipedia.org).

#### 6.1.4. Traitement biologique

Les traitements biologiques représentent des solutions fiables parmi les procédés à **grande échelle** permettant l'élimination des nitrates. Il existe deux processus biologiques permettant de transformer les nitrates contenus dans l'eau : le processus **hétérotrophe** et le processus **autotrophe**. Les bactéries hétérotrophes utilisent une base organique comme source de carbone et d'énergie alors que les bactéries autotrophes utilisent une base minérale.

Dans ces deux cas de figure le but est de transformer les nitrates dissous ( $\text{NO}_3^-$ ) en azote ( $\text{N}_2$ ) qui peut alors s'échapper de l'eau sous forme gazeuse, il s'agit de la **dénitrification**. De nombreuses espèces de bactéries permettent de réaliser cette dénitrification.

Les processus de traitements biologiques présentés ci-dessous sont généralement installés sous la forme d'une filière de traitement plus ou moins compacte adaptée au traitement de volume d'eau importants. Ces procédés sont **difficilement adaptables à des faibles débits** et se retrouvent généralement dans les filières de traitement des eaux usées avant rejet dans le milieu naturel (station d'épuration).

##### 6.1.4.1. Procédé hétérotrophe

Dans le cas du procédé hétérotrophe, les paramètres influençant majoritairement la vitesse de dénitrification sont :

- La concentration en oxygène (qui doit être assez faible pour permettre la réaction anaérobie de dénitrification).
- Le pH dont la valeur optimale se situe entre 7 et 8,5.
- La température du milieu qui doit se situer entre 15 et 20°C.
- Le rapport C/N (carbone/nitrates) qui contrôle partiellement le taux de dénitrification.
- La concentration de phosphate nécessaire à la croissance bactérienne (environ 0,5 mg/l).



### *Filière hors sol classique*

Dans une filière classique (hors sol) l'eau brute traverse un réacteur contenant la biomasse (bactéries) dans lequel s'effectue la dénitrification. En fonction du type de filière la croissance bactérienne dans le réacteur peut être à l'origine de boues qui sont généralement évacuées avec l'eau traitée.

C'est principalement pour cette raison qu'après dénitrification la qualité de l'eau traitée n'est pas satisfaisante au regard de la teneur en oxygène dissous, de la turbidité et de la concentration en COT (Carbone Organique Total). Afin de rétablir une qualité d'eau conforme à la réglementation, une série de procédés dits de « post-traitements » sont à appliquer à l'eau traitée avant distribution (aération, filtration, désinfection...).

L'utilisation d'un traitement biologique hétérotrophe nécessite donc la **création d'infrastructures spécifiques** permettant de contenir tous les composants nécessaires au déroulement du processus et d'assurer le bon déroulement de la dénitrification (pompes, réacteurs et support de fixation des bactéries, réservoirs de réactifs, filtres, surpresseurs...).

### *Filière in-situ*

Il existe dans la littérature des études concernant le traitement hétérotrophe dit « in-situ ». Ces méthodes de traitement peuvent avoir plusieurs modes de fonctionnement. Le premier consiste en la réinjection d'eau traitée à faible concentration de nitrates (par une filière hors sol classique) directement dans la nappe à proximité du captage, permettant ainsi de diminuer la concentration de nitrates en diluant l'eau captée et de faire diminuer la concentration de nitrate et de simplifier les processus de post-traitement.

Une autre méthode consiste en l'injection directe dans la nappe (à proximité du captage) d'un composé organique permettant de stimuler le développement d'une flore bactérienne dénitrifiante. Dans ce cas de figure la part de l'aquifère comprise entre les points d'injection joue le rôle de réacteur de dénitrification. Le problème posé à ce stade concerne le colmatage partiel des puits d'injection par accumulation de la biomasse dénitrifiante.

La littérature consultée ne présente pas ce type de filière comme étant des solutions éprouvées et applicable mais plutôt comme des **méthodes de traitement alternatives en cours d'expérimentation**. Dans tous les cas, ce type de traitement est considéré comme **non applicables au contexte karstique** approvisionnant les sources alimentant la commune.

**Dans le cadre de la potabilisation des eaux, la bibliographie semble parfois mêler (par abus de langage) les techniques de dénitrification (procédés biologiques) et de dénitratisation (échange d'ions, filtration...). De ce fait, très peu d'informations sont disponibles pour le dimensionnement. Les processus biologiques nécessitent la mise en place d'usines de potabilisation comparables à des stations d'épuration, nécessitant des infrastructures coûteuses impliquant un génie civil important et complexe à dimensionner.**

#### 6.1.4.2. Procédé autotrophe

La réaction de dénitrification autotrophe consiste en l'oxydation d'un substrat inorganique par le biais de plusieurs méthodes. Les bactéries permettant ce type de réaction ont une cinétique très lente, ce qui implique des temps de contact élevés pour obtenir un rendement de traitement intéressant.

Comme indiqué ci-dessus il existe plusieurs méthodes de dénitrification utilisant des procédés autotrophes comme énumérées ci-dessous :

- Dénitrification à l'hydrogène :

Dans ce cas de figure c'est l'oxydation de l'hydrogène qui donne aux bactéries l'énergie nécessaire à la réduction des nitrates en azote (sous forme gazeuse). D'après les données disponibles, 9 grammes d'hydrogène permettent d'éliminer environ 100 grammes de nitrates.

L'avantage et l'inconvénient de cette technique réside dans l'utilisation de l'hydrogène sous forme gazeuse. Il s'agit d'un substrat qui ne nécessite pas de processus de traitement complémentaires lors du post-traitement. Cependant son stockage requiert une **quantité considérable d'énergie et pose des problèmes en termes de sécurité** (risques d'explosion).

- Dénitrification par fer métallique
- Dénitrification sur support soufré

Les procédés de traitement autotrophes sont spécifiques et peu répandus. Ils nécessitent l'utilisation d'un réactif en entrée permettant, par son oxydation, d'alimenter les bactéries qui se chargent de la dénitrification de l'eau. En dehors de la technique de traitement par l'hydrogène, les méthodes de traitement par fer métallique ou sur support soufré sont à l'origine de produits de dégradation (nitrites, ammoniacque, fer, sulfates...) qui sont à gérer lors du post-traitement.

#### 6.1.4.3. Avantages et inconvénients des traitements biologiques

L'avantage principal de ces procédés réside dans l'efficacité du processus qui permet un abattement important de la concentration en nitrate dans les eaux à traiter. En outre, les nitrates traités sont exportés sous forme gazeuse directement dans l'atmosphère.

En contrepartie, les infrastructures nécessaires pour la mise en place des unités de traitement sont **couteuses, spacieuses et nécessitent la présence de personnel spécialisé** dans le fonctionnement de l'installation. De plus il s'agit ici de solutions adaptées au traitement de volumes importants d'effluent. Dans le cas de petites structures l'amortissement est difficile lors du traitement de volumes restreints (comme dans le cas d'une commune de moins de 400 habitants) et l'impact sur le prix de l'eau est généralement rédhibitoire. Il faut aussi prendre en compte le lavage des filtres et des réacteurs de dénitrification nécessitant la **mise à disposition sur site de volume d'eau de lavage non négligeable**.

**La complexité de mise en place et de fonctionnement des techniques de dénitrification par procédé biologiques fait que ces techniques ne seront pas retenues comme solutions envisageables dans le cas du traitement des nitrates contenus dans l'eau brute et alimentant la commune de Montigny-Montfort.**

### 6.1.5. Distillation de l'eau

Comme son nom l'indique le procédé consiste en la distillation de l'eau brute, ce qui revient à la porter à ébullition afin d'obtenir un état gazeux. La seconde étape consiste à refroidir la vapeur d'eau ainsi obtenue et la faire condenser pour récupérer une phase liquide.

Lors de son changement d'état la molécule d'eau se débarrasse de tous les sels minéraux, bactéries, virus, sédiments et autres contaminants. Concernant les contaminants pouvant se transformer en gaz, ils sont généralement éliminés par un filtre à charbon actif au sein du distillateur.

**Bien que cette méthode soit simple dans son principe de fonctionnement, elle ne permet en aucun cas de fournir des débits permettant d'alimenter la population d'une petite commune. Il s'agit d'une méthode de traitement lente, coûteuse et nécessitant une quantité d'énergie très importante. Cette méthode ne sera donc pas retenue pour le traitement de l'eau brute alimentant la commune de Montigny-Montfort.**

### 6.1.6. Mesures palliatives

#### 6.1.6.1. Interconnexion et/ou dilution

Dans le cas de la disponibilité d'une autre ressource d'un point de vue qualitatif et quantitatif, la dilution des eaux affectées par une concentration en nitrates trop importante peut permettre d'obtenir une eau conforme à la réglementation. Cette solution peut également permettre de palier de nombreux autres désagréments (casse, sécheresse, pollution de l'une des deux ressources, ...) néanmoins, la qualité de l'eau du réseau visé par l'interconnexion doit être bien analysée pour éviter tout risque de contamination de la ressource secondaire.

Plusieurs communes entourent Montigny-Montfort, cependant les plus proches sont concernées par une **disponibilité limitée** de l'eau ainsi que par des **contaminations** par les nitrates et pesticides ponctuelles et/ou pérennes non négligeables (voir importantes). De plus, comme dans le cas de la commune de Montigny-Montfort les volumes d'eau captés peuvent largement varier entre les périodes de hautes et basses eaux. Dans ce cas de figure, **l'alimentation en eau peut être insuffisante** en période estivale.

Les solutions d'interconnexion les plus intéressantes se situent au niveau des communes déjà interconnectées à un réseau plus large (Crépand) ou situées le long de la vallée de la Brenne (permettant entre autres de profiter du réseau routier existant pour les travaux) et puisant leur eau dans la nappe d'accompagnement du cours d'eau (alluvions de la Brenne) citée précédemment. Pour rappel la nature limoneuse des alluvions superficielles **protège partiellement la nappe d'accompagnement** des polluants et permet ainsi de conserver une bonne qualité de l'eau captée.

Dans ce dernier cas de figure les réseaux de deux communes pourraient être appropriés en termes qualitatifs et quantitatifs, il s'agit de Nogent-lès-Montbard et de Fain-lès Montbard. En effet, d'après un recensement commandé par la communauté de commune du Montbardois (réalisé par la société Hydracos), ces deux communes ne semblent **pas concernées par les problèmes de qualité récurrents** caractérisant l'eau captée par les ouvrages de Montigny-Montfort. Le problème principal caractérisant cette solution réside dans la phase d'implantation de l'extension de réseau. Il s'agit généralement d'**opérations coûteuses** qui dépendent principalement de la **distance** à parcourir (entre 4 et 7 km dans ce cas de figure), du **type de canalisation**, de la **topographie** de la zone et des **obstacles** présents sur

le tracé. De plus, la faisabilité d'une telle mise en place dépend principalement de la capacité de production du (ou des) captages considérés.

D'autres solutions d'interconnexion peuvent aussi être étudiées avec les communes limitrophes, dont celles faisant partie du SESAM (Syndicat des Eaux et de Service Auxois-Morvan) et/ou de la communauté de commune du Montbardois. Cependant aucune donnée chiffrée en termes de disponibilité de la ressource n'a été mise à disposition par les communes concernées dans le cadre de cette étude. Il est important de noter que plusieurs communes de la zone sont concernées par des limites quantitatives (comme Vizerny ou Quincerot) ou qualitatives (comme Villaines-les-Prévôtes).

Contacté à la rédaction de cette note, le SESAM indique qu'une interconnexion serait envisageable depuis les communes de Grignon, Champ d'Oiseau ou Genay pour permettre une dilution des eaux des ressources de la commune de Montigny Montfort. Cette solution nécessiterait néanmoins la réalisation d'une modélisation et d'un chiffrage plus poussé.

#### 6.1.6.2. Recherche d'une nouvelle ressource

La recherche d'une nouvelle ressource vise à abandonner et remplacer ou compléter l'alimentation des ouvrages existants (captage des sources de la Ronce et des Ormes) par un nouveau captage exploitant un autre aquifère dont la qualité de l'eau respecte les normes applicables en termes de potabilité.

La ressource en question peut exploiter les eaux de surface, sources et eaux souterraines environnantes. Mis à part les solutions curatives présentées plus haut et en dehors de la solution d'interconnexion, en l'absence de cours d'eau importants et/ou de sources non concernées par les problématiques de qualité, l'exploitation de l'eau souterraine représente la seule solution alternative.

Comme détaillé en amont de ce rapport (dans la partie « synthèse hydrogéologique »), la seule formation aquifère potentiellement adaptée (à défaut d'utiliser les formations calcaires du plateau de Champagne) semble être celle des **calcaires argileux du Pliensbachien**. Il est cependant important de noter que cette formation est **particulièrement fine et compacte**. **En fonction de son implantation il est possible qu'un ouvrage exploitant l'eau qui y est contenue soit peu productif.**

L'autre formation aquifère sous-jacente formée par les calcaires à gryphées arquées est bien plus profonde et sa structure caractérisée par la présence de couches argileuses séparant les bancs calcaires en fait une formation plutôt **médiocre en termes d'alimentation**.

Dans ce cas de figure, un forage d'exploration et des tests de pompage seront à réaliser avant de valider la possibilité d'abandonner les captages existants. Il faut cependant souligner que cette solution ne sera pas développée dans l'analyse comparée synthétique du fait des délais trop importants liés à l'exécution et la réalisation de telles études.

**Pour conclure, parmi les solutions curatives existantes permettant le traitement des nitrates, les plus adaptées au contexte local correspondent au traitement par résine échangeuse d'ions et à l'interconnexion.**



## 6.2. Solutions curatives adaptées pour le traitement des pesticides

Parmi les solutions présentées ci-dessus et permettant de traiter les excédents de nitrates, **certaines sont aussi adaptées pour le traitement des pesticides**, à savoir :

- L'osmose inverse
- La dilution
- L'interconnexion
- La recherche d'une nouvelle ressource.

Il est important de noter que du fait de leur forte solubilité dans l'eau, les molécules pesticides **ne peuvent pas être éliminées par le biais de traitement physico-chimique « classique »** (désinfection, clarification, filtration sur lit de sable...). L'élimination de ces polluants nécessite la mise en place de techniques spécifiques comme la filtration membranaire dont le procédé d'osmose inverse est présenté dans la partie précédente.

Les autres méthodes réputées comme adaptées au traitement des pesticides sont présentées ci-dessous.

### 6.2.1. *Adsorption par charbon actif*

La méthode **la plus répandue** pour le traitement des pesticides consiste à forcer l'eau au travers d'un « filtre » à charbon actif. La particularité du charbon actif réside dans sa forte porosité qui lui octroie une capacité d'adsorption importante (capacité à fixer des molécules à sa surface) vis-à-vis de certains types de substances (matières organiques, pesticides...). Il est toutefois important de noter que ces filtres ne présentent **pas la même efficacité pour toutes les molécules pesticides**.

#### 6.2.1.1. **Charbon Actif à Grain (CAG)**

La filtration par CAG (Charbon Actif en Grain) est couramment utilisée pour le traitement de l'eau et peut être mise en place en entrée (pré-traitement) ou en sortie (post-traitement) d'autres processus de traitement (dénitrification, dénitratisation, filtration...). Autrement dit, le traitement des pesticides par charbon actif est **généralement lié et mis en parallèle des traitements d'autres formes de pollution** telles que la turbidité ou l'excès de nitrates.

Le principe de fonctionnement d'un filtre CAG est plutôt simple. Il s'agit de forcer l'eau brute au travers d'un réservoir cylindrique rempli de grains de charbon. A force de filtration, les pores des grains de charbon se remplissent progressivement des éléments indésirables contenus dans l'eau.

Afin de limiter/éviter une saturation du filtre entraînant une perte des capacités d'adsorption, une étape essentielle du traitement consiste en un **lavage régulier** à l'eau traitée, associé à un **détassage par injection d'air**. Il est aussi recommandé de **remplacer et régénérer** (généralement par traitement thermique) le média filtrant de façon périodique.

### 6.2.1.2. Charbon Actif en Poudre (CAP)

Une autre méthode moins répandue consiste en l'injection directe dans l'eau brute d'une quantité contrôlée et variable (en fonction de la concentration de polluants à traiter) de particules de charbon actif très fines. Ce type de traitement nécessite la **présence d'une filière de traitement en aval** de l'injection afin d'extraire la poudre de l'eau traitée après adsorption des polluants.

Contrairement au traitement par CAG, le traitement CAP implique une utilisation à usage unique de chaque particule de charbon injectée dans l'eau brute, ce qui engendre des **coûts de fonctionnement importants**.

Bien que peu adaptée au traitement à long terme d'une pollution chronique, l'utilisation du CAP peut répondre à des applications diverses, à savoir :

- Le traitement ponctuel d'un événement de pollution exceptionnel (déversement accidentel, période d'orage...)
- L'adsorption préventive de quantité de polluant importantes risquant une saturation rapide d'un filtre à CAG.



Figure 39 : exemple d'implantation d'un système d'injection de CAP pour le traitement de l'eau (source: sodimate.fr).

## 6.2.2. Techniques séparatives à membrane pour l'élimination des pesticides

En plus d'être relativement efficace dans le cadre du traitement des nitrates, la nanofiltration est aussi adaptée pour retenir une part importante des molécules pesticides de l'eau à traiter (Figure 35).

### 6.2.2.1. Nanofiltration

La nanofiltration est similaire en tout point au processus de traitement par osmose inverse à l'exception de la taille des pores du média filtrant qui sont de l'ordre du nanomètre, soit  $1.10^{-9}$  m (d'où le terme de nanofiltration). Pour rappel, la taille des pores d'un système de traitement par osmose inverse est de l'ordre de 0,1 nanomètre.

Ce procédé permettra donc d'éliminer les particules dont la taille dépasse cet ordre de grandeur, à savoir les pesticides et les composés organiques non ionisés et/ou dont la masse molaire est plus grande que 250 g/mol. Il s'agit d'une technique couramment utilisée pour adoucir l'eau traitée.

### 6.2.3. Ozonation

L’ozone est une solution de traitement à vaste domaine d’application, applicable aux domaines de la production d’eau de consommation jusqu’à l’épuration des eaux résiduaires urbaines et industrielles.

Cette technique est **déconseillée** pour le traitement des pesticides compte tenu du risque important de production de sous-produits de dégradation. Elle nécessite alors la mise en place d’un filtre à CAG permettant de retenir les sous-produits.

Dans le cas de figure du traitement des eaux brutes de la commune de Montigny-Montfort, **cette solution de traitement ne sera pas retenue.**

**Dans le cas du traitement de la contamination par les pesticides de l’eau brute alimentant la commune de Montigny-Montfort, la méthode la plus adaptée et efficace consiste en l’installation d’un filtre CAG.**

## 6.3. Solutions curatives adaptées pour le traitement de la turbidité

L’augmentation de la turbidité d’une eau est généralement causée par la mise en suspension d’une quantité plus ou moins importante de matière particulaire ou colloïdale (particules de sol, composés organiques, inorganiques, plancton et autres micro-organismes) lors d’événements exceptionnels ou saisonniers. Ces matières peuvent avoir une origine naturelle ou anthropique.

Parmi les solutions présentées précédemment et permettant de traiter les concentrations de nitrates et de pesticides, certaines sont aussi capables de traiter les problématiques de turbidité, à savoir :

- L’osmose inverse
- La nanofiltration
- L’interconnexion
- La recherche d’une nouvelle ressource.

La turbidité se mesure généralement en NFU (Unité Néphélométrique à la Formazine). D’un point de vue réglementaire les normes françaises fixent une valeur maximale admissible en distribution allant de 0,5 à 2 NFU en fonction de la position du point de mesure.

### 6.3.1. Techniques séparatives à membrane

La turbidité étant liée à la présence d’éléments dissous ou en suspension dans l’eau, une filtration au travers d’une ou plusieurs membrane semi-perméable permet théoriquement d’en réduire la quantité et d’abattre les valeurs de turbidité. Il faut cependant noter que des concentrations trop importantes de matière en suspension liée à une filtration via des pores trop fins pose un **risque de colmatage non négligeable** (pré traitement nécessaire).

Le principe de ces techniques de traitement est rigoureusement le même que celui décrit en amont de ce rapport lors de la présentation des techniques par osmose inverse et nanofiltration. Deux procédés non adaptés au traitement des nitrates et des pesticides (pores trop grands) peuvent toutefois être mis en place pour le traitement de la turbidité : l’ultrafiltration et la microfiltration.

### 6.3.1.1. Ultrafiltration et microfiltration

Dans le cas de l'osmose inverse, la taille des pores des membranes semi perméables utilisées est d'environ 0,1 nm ( $1.10^{-10}$  m). Les pores d'un système de nanofiltration atteignent 1 nm ( $1.10^{-9}$  m), soit 10 fois plus grands. Dans le cas de l'ultrafiltration, les pores des membranes utilisées atteignent 0,01 micron ( $1.10^{-8}$  m) et 0,1 micron ( $1.10^{-7}$  m) dans le cas de la microfiltration, soit 1000 fois plus grands que pour l'osmose inverse.

Ces filtres sont généralement **précédés d'étapes de pré-traitement** composés d'un dégrilleur plus ou moins fin et d'un filtre à sable (qui permet d'abattre une partie de la turbidité). La filtration **peut aussi être accompagnée d'un procédé chimique (coagulation/floculation)** en amont du filtre à sable dans le cas des usines de production d'eau potable. Le type de filtre et de prétraitement dépend du niveau initial de turbidité de l'eau brute.

Plus la turbidité est élevée et plus la première étape de filtration doit être grossière afin d'éviter un encrassement rapide des membranes. Les processus de traitement membranaire ne devraient pas être utilisés pour traiter une eau dont la turbidité est supérieure à 1,0 NFU.

### 6.3.2. Filtre à sable

La filtration par lit de sable est une **pratique très courante**. Elle présente l'avantage de ne recourir à aucun produit chimique (sauf dans certains cas de prétraitement) et peut être mise en place à des échelles très variées, allant de la cartouche de filtration pour un particulier aux bassins de plusieurs dizaines/centaines de mètres cubes dans les usines de potabilisation.

Il existe plusieurs méthodes de traitement impliquant l'utilisation de filtres à sable. On détaillera ci-dessous les méthodes de **filtration classique** et de **filtration lente**, qui représente l'association d'un filtre à sable et d'un traitement biologique (détaillé précédemment).

#### 6.3.2.1. Filtration classique

Le filtre à sable classique consiste en un volume (sous la forme d'une citerne ou d'un bassin) rempli de sable et au travers duquel l'eau s'écoule de façon gravitaire ou sous pression (généralement de haut en bas). La granulométrie du média filtrant étant faible, les interstices permettant le passage de l'eau sont restreints et **retiennent ainsi les particules en suspension**.

L'élimination des particules se fait généralement par lavage à contre-courant. L'utilisation d'un filtre se fait en plusieurs étapes intermittentes : filtration, lavage, refiltration.

Comme indiqué précédemment un filtre à sable peut être installé en amont d'une micro/ultrafiltration, en guise de prétraitement. Pour rappel, ce type de procédé n'est **pas adapté au traitement des nitrates, des pesticides et/ou des non-conformités bactériologiques**.



La taille du filtre dépend principalement du volume d'eau à traiter et du débit à fournir.

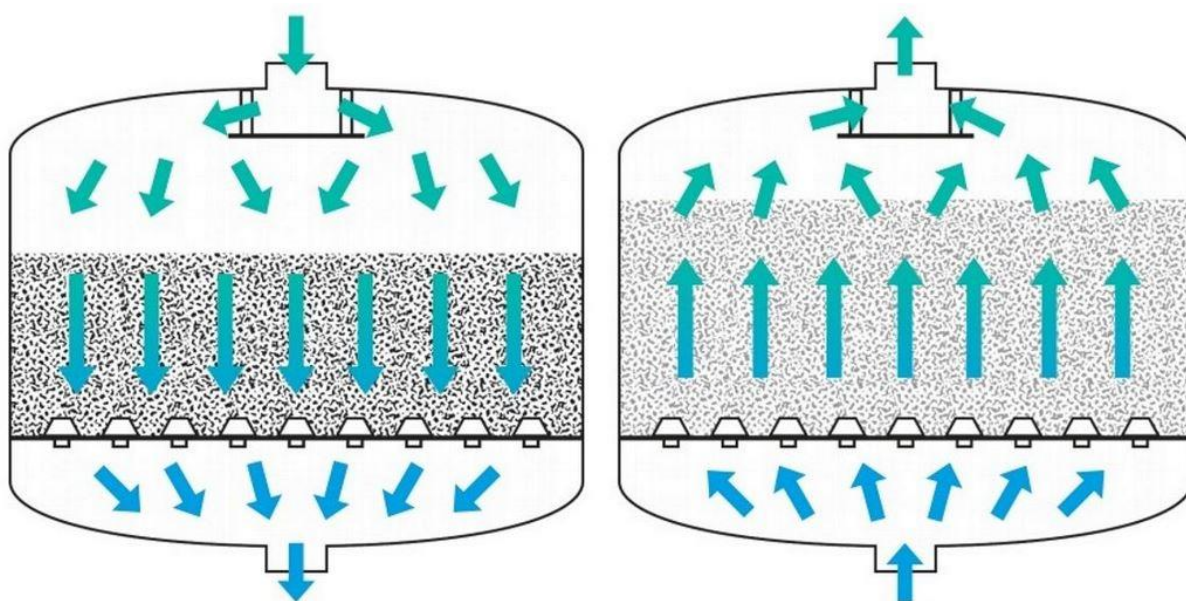


Figure 40 : exemple du processus de filtration (à gauche) et de lavage (à droite) d'un filtre à sable classique (source : royalbrinkman.com)

#### 6.3.2.2. Filtration lente

Dans le cas des procédés par filtration lente, les particules causant la turbidité de l'eau sont **retenues par la formation d'un film biologique** (constitué de micro-organismes) qui se développe à la surface des grains composant le filtre (sable ou terre de diatomée). Lorsque l'eau brute s'écoule au travers du filtre des mécanismes biologiques, chimiques et physiques retiennent ou éliminent les particules indésirables. L'un des avantages de la filtration lente réside dans sa composante biologique qui **permet potentiellement de traiter la turbidité ainsi que les nitrates et les non-conformités bactériologiques**, non prise en compte dans le cas d'un filtre classique.

Cette technique est généralement moins efficace qu'une filtration par membrane semi-perméable mais elle a le mérite de retenir une part importante de la pollution particulaire et colloïdale et d'obtenir une eau dont la turbidité ne dépasse généralement pas les 1,0 NFU (Unité Néphélométrique à la Formazine).

Les filtres à sables de tout type sont assez communément associés à des filtres à CAG permettant ainsi le traitement combiné des concentrations en pesticides et de la turbidité.



Figure 41 : exemple d'implantation d'un filtre à sable et d'un filtre à charbon (source : Sciences Environnement)

Pour traiter la turbidité de l'eau provenant de la source de la Ronce, la méthode la plus adaptée est aussi la plus commune, à savoir l'installation d'un filtre à sable classique. Aucun traitement ne semble nécessaire (en termes de turbidité) pour traiter l'eau provenant du captage des Ormes.

## 6.4. Solutions curatives adaptées pour le traitement bactériologique

La non-conformité d'une eau au regard des analyses bactériologiques induit généralement la présence de micro-organismes la rendant impropre à la consommation (coliformes fécaux, E. Coli...). On parle ici uniquement des bactéries et non des parasites et/ou virus potentiellement présents dans l'eau.

Il existe plusieurs origines à une contamination bactérienne des EDCH. Elle provient généralement des déjections animales et/ou humaines. Les bactéries sont ensuite transportées par les eaux de ruissellement à la suite d'événements pluviométriques intenses, par une fuite des réseaux d'assainissement, par le lessivage de fumiers...

Parmi les solutions présentées précédemment et permettant de traiter les nitrates, les pesticides et la turbidité, certaines sont aussi adaptées pour le traitement (direct ou indirect) de la bactériologie, à savoir :

- L'osmose inverse
- La nanofiltration
- L'ozonation
- La distillation de l'eau
- L'interconnexion
- La recherche d'une nouvelle ressource.

Pour rappel la réglementation définit les limites de qualité suivantes pour les eaux de distribution destinées à la consommation humaines :

1. E.Coli : 0/100 mL
2. Entérocoques intestinaux : 0/100 mL
3. Bactéries coliformes : 0/100 mL
4. Bactéries revivifiables à 22 et 36°C : le résultat ne doit pas varier au-delà d'un facteur 10 par rapport à la valeur habituelle.

Le traitement de la bactériologie est donc une étape obligatoire et importante dans le cadre de la distribution de l'eau à la population. La désinfection est généralement effectuée au départ du réseau de distribution, en aval de tous les autres processus de traitement.

La méthode la plus répandue consiste en l'injection d'un désinfectant sous forme gazeuse ou liquide proposant un effet bactéricide et rémanent. Le chlore est généralement privilégié bien que d'autres substances permettent la désinfection de l'eau. On retrouve entre autres des systèmes de désinfection à **l'ozone**, au **dioxyde de chlore**, par **chloramines** et **des traitements par ultraviolet (UV)**.

Dans le contexte de l'alimentation en eau de Montigny-Montfort, la commune **réalise déjà la désinfection de l'eau distribuée** à la population par chloration. L'absence de non-conformités au cours de l'année 2023 met en avant l'efficacité de cette solution. C'est la solution à privilégier dans le contexte actuel.

## 7. ANALYSE COMPAREE SYNTHETIQUE

### 7.1. Solutions existantes et solutions retenues

Dans la partie précédente, plusieurs solutions curatives ou palliatives permettant de résoudre les problèmes qualitatifs liés à la ressource alimentant les captages sont présentées. Si certaines de ces solutions permettent de rétablir et de traiter une grande partie des paramètres liés à la qualité de l'eau, d'autres sont bien plus spécifiques et se concentrent sur un seul paramètre. Pour rappel, la liste exhaustive des techniques évoquées précédemment est la suivante (de la plus globale à la plus sélective) :

- Osmose inverse
- Distillation
- Interconnexion
- Recherche d'une nouvelle ressource
- Nanofiltration
- Ultrafiltration
- Microfiltration
- Filtres à Charbon Actif en Grain (CAG)
- Injection de Charbon Actif en Poudre (CAP)
- Procédés biologiques de dénitrification
- Ozonation
- Chloration
- Désinfection UV
- Echange ionique
- Electrodialyse

Les solutions techniques listées ci-dessus présentent des **limites** et sont soumises à des **contraintes** qui les rendent plus ou moins adaptées en fonction du contexte d'implantation. Les contraintes principales pilotant le choix des solutions sont les suivantes :

- Qualité de l'eau brute à traiter
- Contraintes de qualité concernant l'eau à distribuer (normes de potabilité)
- Volume d'eau à produire
- Disponibilité énergétique
- Contraintes financières
- Contraintes foncières et géographique
- Disponibilité d'une autre ressource

En considérant ces paramètres, la **majorité des solutions existantes sont à écarter** (comme indiqué dans le tableau de synthèse présenté en annexe). Les solutions retenues et dont la faisabilité technique et économique est développée dans cette partie sont les suivantes :

- Filtre à sable en tant que pré-traitement, permettant de traiter la turbidité et/ou de protéger le système de traitement de pics ponctuels
- Résine permettant l'échange d'ions et la capture des nitrates
- Dispositif de désinfection par chloration
- Interconnexion avec un ou plusieurs réseaux voisins

La solution palliative visant à la **recherche d'une nouvelle ressource ne sera pas développée ici** considérant qu'elle ne permettra pas de respecter les délais imposés par les arrêtés préfectoraux pour rétablir la qualité de l'eau. Parmi les solutions retenues, plusieurs scénarios sont à développer afin de comparer les différentes options permettant de rétablir et de maintenir la qualité de l'eau dans les limites de potabilité.



## 7.2. Différents scénarios de traitement proposés

### 7.2.1. Mise en place d'un traitement curatif pour les captages de la Ronce et des Ormes

En l'absence d'infrastructures existantes permettant d'accueillir les solutions de traitement proposées (filtre à sable, filtre à charbon...), le chiffrage **intègre systématiquement la création d'un bâtiment et de deux bâches de stockage pour l'eau brute et l'eau traitée**. Le bâtiment sera dédié à l'installation des équipements électromécaniques nécessaires au traitement (pompes, surpresseurs, asservissement de l'équipement au niveau des réservoirs, surveillance de la qualité de l'eau...) et à l'installation des solutions curatives.

D'après les informations recueillies auprès de divers fournisseurs et entreprises spécialisées dans le traitement de l'eau, la création d'un bâtiment (terrassement, maçonnerie etc...) représente un investissement d'environ 120 000 € en fonction de la taille et du contexte d'implantation. La mise en place de l'équipement électromécanique (vannes, pompes, sondes, recirculation, surpresseurs, armoire électrique...) représente environ 140 000 €.

Il faut donc compter une **part fixe d'environ 260 000 €** (+ ou – 20 à 30% en fonction du contexte et des besoins) pour la création des infrastructures nécessaires à l'implantation des solutions de traitement qui seront ensuite à chiffrer au cas par cas en fonction des besoins.

Dans les différentes analyses économiques présentées ci-dessous la source de financement des investissements principaux provient d'un **prêt à taux zéro à rembourser sur 10 ans**. L'impact sur le prix de l'eau est donc calculé en fonction du nombre de m<sup>3</sup> consommé annuellement (16 800 m<sup>3</sup> en moyenne) et de la différence entre le montant total des dépenses annuelles (remboursement du prêt et frais de fonctionnement/achat d'eau) et les recettes provenant de la vente d'eau à la population communale (environ 37 000 €/an).

#### 7.2.1.1. Traitement individuel de l'eau de chacun des captages (solution n°1)

La première solution envisagée consiste en l'installation de deux sites de traitement indépendants entre les captages de chaque réseau et les réservoirs permettant le stockage de l'eau captée. Dans le cas d'un traitement au cas par cas (1 traitement par captage), il sera nécessaire de traiter l'eau en amont de la distribution. Les stations de traitement devront donc être construites entre les captages et les réservoirs ou à la sortie de ces derniers.

Dans ce cas de figure, on retiendra **un traitement obligatoire de la turbidité** au niveau du captage de la Ronce par la mise en place d'un **filtre à sable** et d'un **traitement de dénitratisation par résine échangeuse d'ions** sur les deux captages. D'après les informations présentées en amont de ce rapport, le traitement des pesticides ne sera pas considéré comme obligatoire sur les deux captages puisque les molécules retrouvées dans les eaux sont considérées comme non pertinentes pour la surveillance des eaux souterraines et sont donc soumises à un seuil réglementaire plus élevé. Concernant la désinfection de l'eau, du fait de l'absence quasi-systématique de non-conformité dans les analyses présentées précédemment on considère ici que **les systèmes existants permettent un traitement satisfaisant** de la ressource. Le tableau ci-dessous fait la synthèse des investissements nécessaires à l'implantation des solutions de traitement pour le cas de figure développé ici (on y retrouve aussi à titre indicatif le prix d'un filtre à charbon) :

Investissement pour le traitement curatif au cas par cas de chaque captage - solution n°1					
Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
Infrastructure pour l'implantation (sans achat de parcelles)	F	260 000,00 €	2	520 000,00 €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prend en compte l'implantation d'un bâtiment et des équipements électromécaniques
Etude et maîtrise d'œuvre	F	520 000,00 €	10%	52 000,00 €	
Imprévus	F	520 000,00 €	5%	26 000,00 €	
Filtre à sable	F	20 000,00 €	1	20 000,00 €	Captage de la Ronce. Prix d'un filtre à sable d'environ 4 m³ permettant une production de l'ordre de 10 m³/h
Filtre à charbon	F	35 000,00 €	0	- €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prix d'un filtre à charbon d'environ 4 m³ permettant une production de l'ordre de 10 m³/h
Résine échangeuse d'ions avec filtration	F	30 000,00 €	2	60 000,00 €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prix d'une unité de traitement compacte permettant la dénitratation par résine échangeuse d'ions
Coûts annuel de consommation électrique	F	6 000,00 €	2	12 000,00 €	Consommation journalière estimée à environ 65 kWh (pour 0,25 €/kWh) par site de traitement
Coûts annuel des consommables (saumure)	F	4 500,00 €	2	9 000,00 €	Prix du sel (chlorure de sodium) permettant l'approvisionnement en saumure
Montant total des investissements (sans intégrer les coûts d'exploitation)				678 000,00 €	
Impact financier sur le prix de l'eau et subventions disponibles					
Subvention agence de l'eau	%	678 000,00 €	40%	- 271 200,00 €	Hauteur maximale de subvention de l'agence de l'eau
			soit	406 800,00 €	Prix de l'investissement après subvention
Prêt à 0% - 406 800 € sur 10 ans	annuité	406 800,00 €	10	40 680,00 €	Remboursement annuel d'un prêt à 0%
				61 680,00 €	Coûts annuel totaux (prenant en compte les frais d'exploitation)
Revenue annuel du service eau		37 000,00 €			Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an		24 680,00 €			Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt et couvrir les coûts de fonctionnement
Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu		1,47 €			Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans et assurer le fonctionnement

Tableau 3 : chiffrage estimatif de la solution n°1



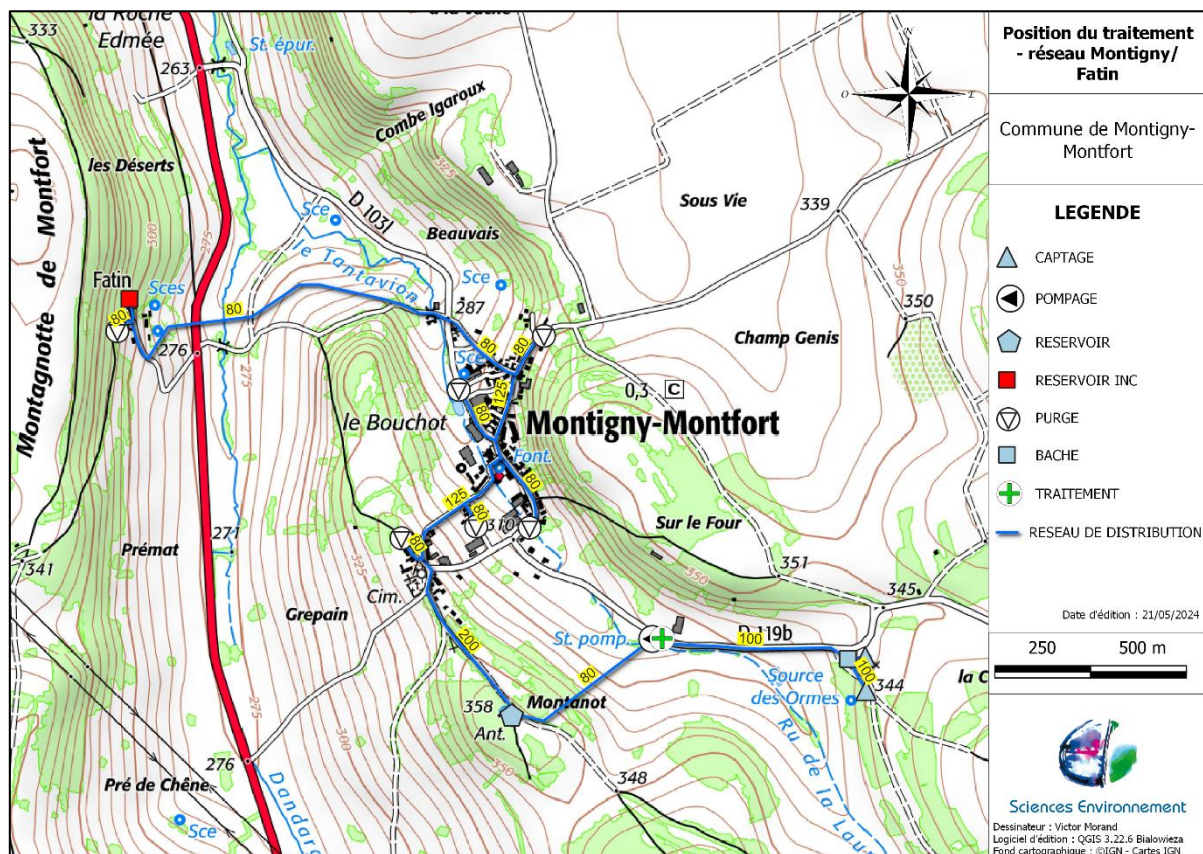


Figure 42 : position de la station de traitement de l'eau captée par la source des Ormes.

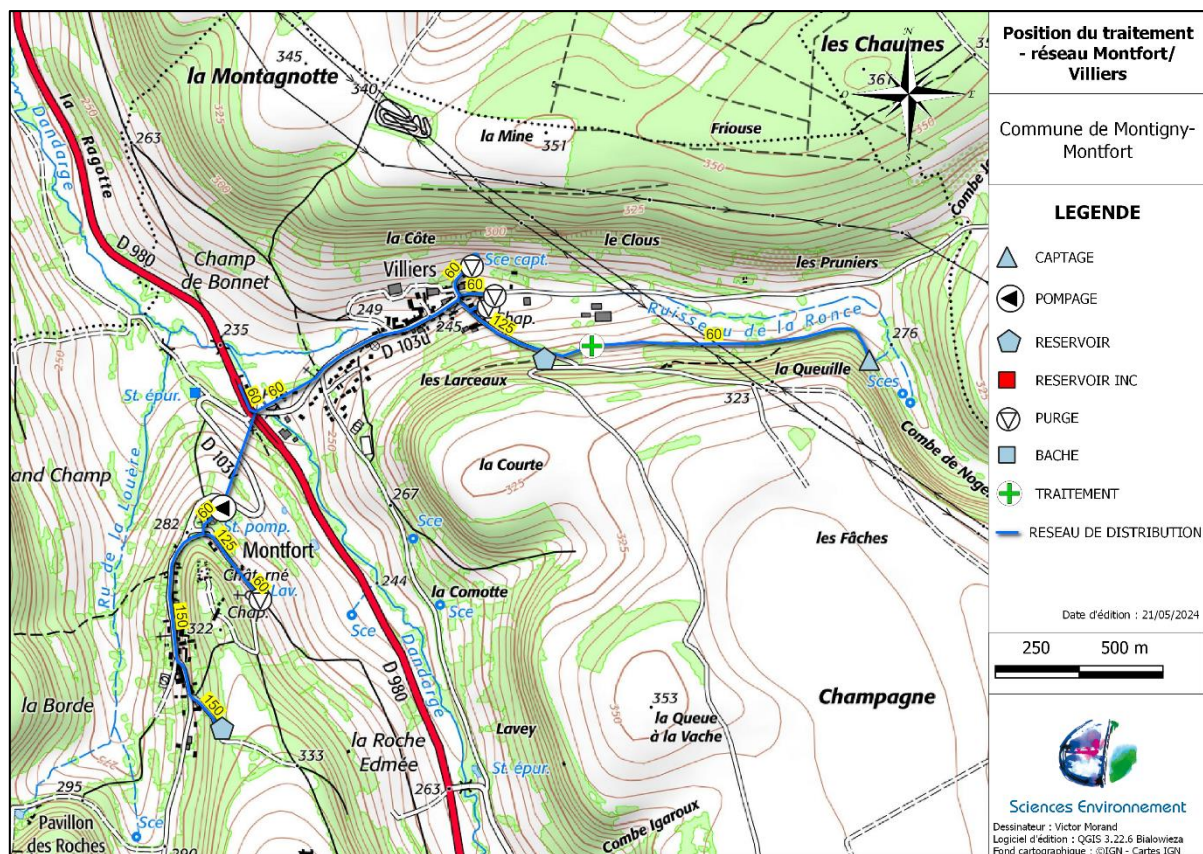


Figure 43 : position de la station de traitement de l'eau captée par la source de la Ronce.

Dans ce cas de figure, les **coûts liés à l'exploitation** correspondent à **l'énergie électrique nécessaire** pour faire fonctionner le système de traitement et à **l'achat de consommables** permettant la régénération de la résine échangeuse d'ions qui (en fonction de la technologie choisie) peut engendrer une consommation relativement importante de saumure.

Enfin, les chiffrages estimatifs présentés ici (solution n°1 et n°2) **ne prennent pas en compte la solution de gestion des fluides permettant la régénération de la résine**. Elle sera à définir en fonction du type de technologie et du constructeur choisi (recirculation, stockage, récupération par citerne...) si cette solution curative est privilégiée par la suite.

### 7.2.1.2. Traitement et interconnexion entre les réseaux (solution n°2)

En complément (ou en parallèle) du cas de figure présenté ci-dessus, il est aussi intéressant d'évoquer la réalisation d'une ou plusieurs interconnexions entre les réseaux de Montigny/Fatin et de Montfort/Villiers. Ces interconnexions permettraient **une alimentation croisée entre les unités de distribution** et une mise en commun partielle des solutions de traitement.

Bien que le traitement de la **turbidité** soit un prérequis dans le cas du **captage de la Ronce**, la **dénitratation** peut potentiellement être **réalisée sur l'eau d'un seul des deux captages**. L'eau ainsi traitée peut être réinjectée dans le réseau voisin par le biais d'une interconnexion afin de diluer l'eau captée et d'en rétablir la potabilité. Concernant la problématique causée par la turbidité au niveau de la source de la Ronce, le chiffrage ci-dessous prend en compte la **mise en place d'un filtre à sable de plus petit volume** (ne nécessitant pas la construction d'un bâtiment complémentaire) permettant de **remplacer le système de chaussette filtrante** au niveau du réservoir de Villiers.

Cette solution regroupe aussi la mise en place de deux réseaux d'interconnexion à savoir :

- Un premier réseau d'environ 2 530 mètres de long reliant les réseaux de Montigny/Fatin et de Montfort/Villiers.
- Un second réseau d'environ 1 140 mètres de long reliant les mêmes réseaux.

Le premier réseau vise à alimenter le réservoir de Villiers par l'eau traitée (par résine échangeuse d'ions) provenant du réseau de Montigny/Fatin. Considérant l'altitude du réservoir de Montigny qui alimentera l'interconnexion, le transfert de l'eau devrait être assuré sans nécessiter la mise en place d'une station de surpression.

Le second réseau vise à permettre l'alimentation du réseau de Montigny/Fatin par le réseau de Montfort/Villiers. Il partirait du réseau alimentant le réservoir de Montfort en direction du hameau de Fatin. En fonction de la pression délivrée par la station de pompage située en aval du hameau de Montfort, aucune station de reprise ne sera nécessaire pour le transfert de l'eau vers Fatin.

Cette solution est conditionnée par la disponibilité de l'eau produite par le captage des Ormes pour diluer l'eau provenant du captage de la Ronce. Il est important de souligner qu'en période de basses eaux le débit en sortie de tous les ouvrages peut **diminuer de façon très importante vis-à-vis de la période de hautes eaux et causer des pénuries d'eau**.

Il s'agit donc ici d'une solution qui semble **difficilement applicable et qui n'est potentiellement pas adaptée** au fonctionnement hydrogéologique des ressources et/ou à la disponibilité de l'eau captée.



Investissement pour le traitement au cas par cas de chaque captage (sans prix d'exploitation) - solution n°2					
Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
Infrastructure pour l'implantation (sans achat de parcelles)	F	260 000,00 €	1	260 000,00 €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prend en compte l'implantation d'un bâtiment et des équipements électromécaniques
Etude et maîtrise d'œuvre	F	260 000,00 €	10%	26 000,00 €	
Imprévus	F	260 000,00 €	5%	13 000,00 €	
Filtre à sable	F	30 000,00 €	1	30 000,00 €	Captage de la Ronce. Prix d'un filtre à sable d'environ 4 m³ permettant une production de l'ordre de 10 m³/h
Filtre à charbon	F	35 000,00 €	0	- €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prix d'un filtre à charbon d'environ 4 m³ permettant une production de l'ordre de 10 m³/h
Résine échangeuse d'ions	F	30 000,00 €	1	30 000,00 €	Captages des Ormes et de la Ronce. Prix d'une unité de traitement compacte permettant la dénitratation par résine échangeuse d'ions
Coûts annuel de consommation électrique	F	6 000,00 €	1	6 000,00 €	Consommation journalière estimée à environ 65 kWh (pour 0,25 €/kWh)
Coûts annuel des consommables (saumure)	F	4 500,00 €	1	4 500,00 €	Prix du sel (chlorure de sodium) permettant l'approvisionnement en saumure
Montant total des investissements (sans intégrer les coûts d'exploitation)				359 000,00 €	
Interconnexion entre les réseaux de Montfort/Villiers et Montigny/Fatin (prix de réfaction de voirie non inclus)					
Interconnexion du réseau de Montigny vers Villiers	ml	190	2530	480 700,00 €	Estimation pour la pose de canalisation de DN80 à DN100
Interconnexion du réservoir de Montfort vers Fatin	ml	190	1140	216 600,00 €	Estimation pour la pose de canalisation de DN80 à DN100
Montant total estimé des investissements pour l'interconnexion				697 300,00 €	
Impact financier sur le prix de l'eau et subventions disponibles					
Subventions agence de l'eau	%	1 056 300,00 €	40%	-422 520,00 €	Hauteur maximale de subvention de l'agence de l'eau
Aide de la Dotation d'Equipement des Territoires Ruraux (DETR)	%	1 056 300,00 €	20%	-211 260,00 €	Plafond de dotation limité à 200 000 €
			soit	422 520,00 €	Prix d'investissement après subvention agence
Prêt à 0% - 393 160 € sur 10 ans	annuité	42 252,00 €	10	422 520,00 €	Remboursement annuel du prêt à 0%
				52 752,00 €	Coûts annuel totaux (prenant en compte les frais d'exploitation)
Revenue annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				15 752,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt et couvrir les coûts de fonctionnement
Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu				0,94 €	Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans et assurer le fonctionnement

Tableau 4 : chiffrage estimatif de la solution n°2.

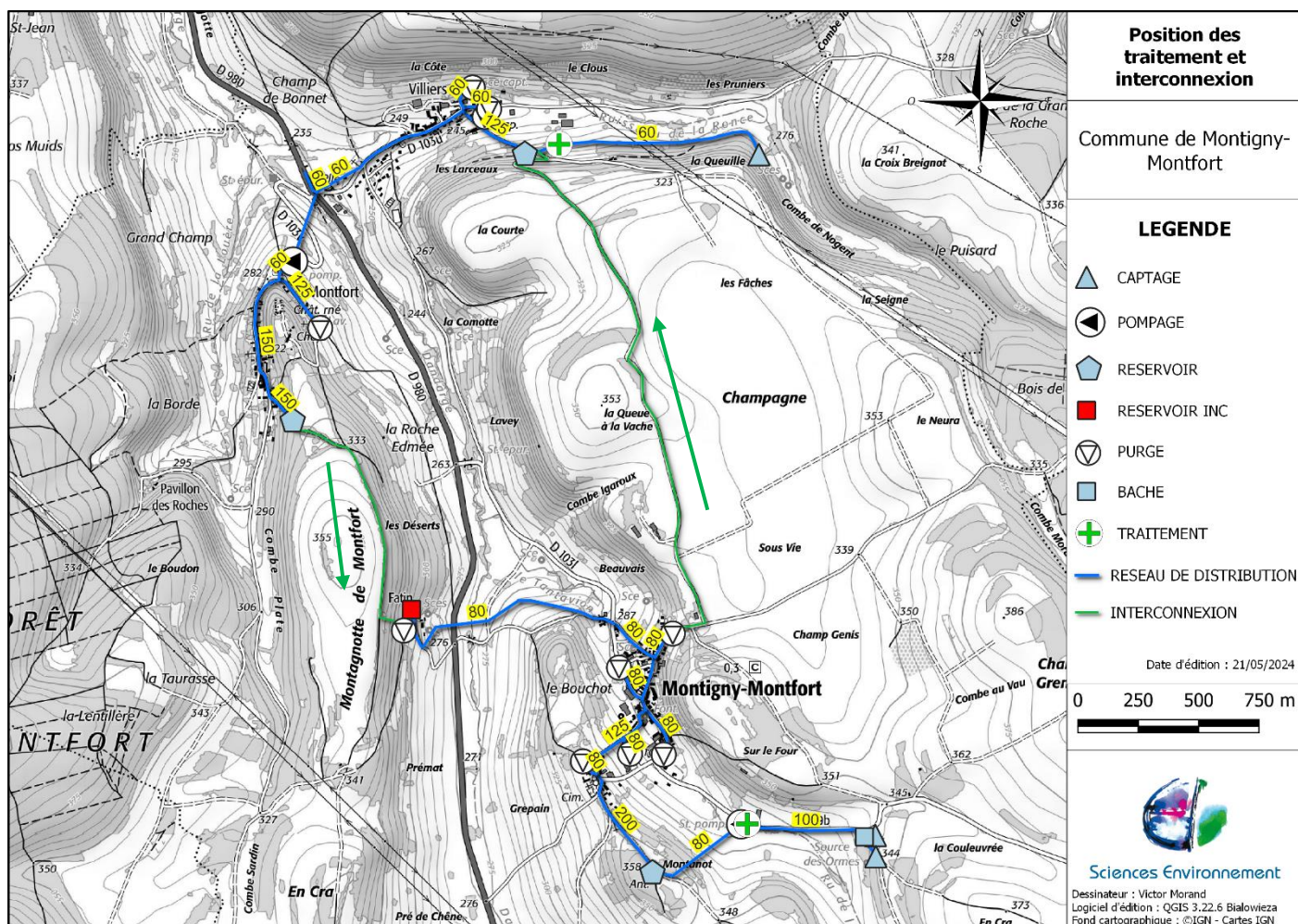


Figure 44 : position des réseaux d'interconnexion et des solutions de traitement de l'eau - solution n°2 (flèche verte : direction de l'écoulement dans les réseaux)

Dans le cadre des chiffrages estimatifs d'interconnexion proposés dans cette partie, le tarif fixé à **190 € par mètre linéaire** correspond à l'implantation d'une canalisation en fonte classique de DN80 à 100 dans une tranchée d'environ 1 mètre de profondeur. Il est important de noter que les tarifs peuvent varier de façon relativement importante en fonction du milieu d'implantation. Plus le milieu sera rocheux et plus le prix d'implantation sera élevé, à l'inverse plus le milieu est meuble et plus le prix d'implantation sera bas.

Il faut aussi souligner que dans le cas de l'implantation d'une canalisation en PEHD plutôt qu'en fonte, le prix de la pose peut être divisé par deux (80 à 90€/ml). Ici le choix de la fonte est privilégié pour sa durabilité et sa résistance aux contraintes mécaniques (contraintes de charge actuelles et futures, résistance à l'ovalisation, rigidité diamétrale...). De plus, il permet de considérer la fourchette haute (cas le moins favorable) en termes d'investissements.

### 7.3. Mesures palliatives (interconnexion)

Il existe potentiellement **plusieurs solutions** permettant de réaliser une interconnexion avec les communes environnantes. Dans le cas de Montigny-Montfort, les informations recueillies permettent de mettre en avant la possibilité d'interconnexion avec les **communes de Crépand** (interconnectée avec Montbard), **Nogent-lès-Montbard**, **Fain-lès-Montbard**. D'autres solutions intéressantes consistent en une interconnexion avec les communes faisant partie du SESAM (Syndicat des Eaux et de Service Auxois-Morvan). Il s'agit ici des communes de **Courcelles-lès-Montbard**, **Benoisey**, **Champ d'Oiseau** et **Grignon**.

A noter que la communauté de communes du Montbardois est en cours de réalisation de son Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable, des chiffrages concernant d'autres possibles interconnexions pourraient donc être réalisées dans ce cadre.

Pour l'achat d'eau en gros au SESAM, les tarifs pour 2022 étaient de 571,15 € / an d'abonnement et 2,92 € / m<sup>3</sup> livré.

A ce jour, pour les autres communes, aucune information en termes de prix de la vente d'eau ou de volume disponible n'a été mise à disposition. En l'absence de données disponibles, le prix de l'eau pour la vente de volumes en gros entre les communes se base sur le **prix moyen observé en France en 2021** (soit 2,13 €/m<sup>3</sup>). Pour chaque scénario d'interconnexion présenté ici, on considère un abandon complet des captages existants et un approvisionnement assuré à 100% par l'interconnexion (16 800 m<sup>3</sup>/an en moyenne pour Montigny-Montfort).

La faisabilité technique d'une interconnexion avec les communes environnantes dépend principalement des caractéristiques de la ressource étudiée du point de vue quantitatif et qualitatif. Les communes listées ci-dessus ont été retenues car elles indiquent disposer d'une ressource n'étant **pas caractérisée par des problèmes d'approvisionnement ou de dégradation systématique**. Si une des solutions d'interconnexion présentée ici est privilégiée, les volumes d'eau disponibles pour l'approvisionnement de Montigny-Montfort devront être définis directement avec les communes et/ou syndicats concernés par le biais d'une convention. Il est important de souligner que l'interconnexion n'est **pas nécessairement synonyme d'un abandon de la ressource** existante. Il est d'ailleurs fortement recommandé d'utiliser cette interconnexion pour réaliser une dilution de l'eau captée afin de rétablir les paramètres de l'eau distribuée dans les limites de potabilité.

Pour la réalisation d'interconnexion, les subventions de l'agence de l'eau sont généralement limitées à **30% du coût d'investissement**. La DETR (Dotation d'Équipement des Territoires Ruraux) permet d'en prendre en charge un maximum de **20%** alors que le conseil départemental peut subventionner la création de réseaux à hauteur de **15%** en fonction du type de réseau installé (fonte ductile de classe k9) et 25% pour des réseaux de fonte ductile recyclée. Les subventions prises en compte dans les chiffrages présentés ci-dessous représentent les estimations financières les plus favorables.

### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Crépand</b>					
Pose des canalisations	ml	190	1960	372 400,00 €	Eau de crépand provenant du réseau de Montbard
Subvention agence de l'eau	%	30%		- 111 720,00 €	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%		- 74 480,00 €	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%		- 55 860,00 €	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>130 340,00 €</b>	
Prêt à 0% - 116 620 € sur 10 ans	annuité	13 034,00 €	10	<b>130 340,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	2,1	16800	35 280,00 €	
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				11 314,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>0,67 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>

### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Nogent lès Montbards</b>					
Pose des canalisations	ml	190	2530	480 700,00 €	Eau de Nogent provenant en partie du réseau de Fain
Subvention agence de l'eau	%	30%		- 144 210,00 €	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%		- 96 140,00 €	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%		- 72 105,00 €	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>168 245,00 €</b>	
Prêt à 0% - 150 535 € sur 10 ans	annuité	16 824,50 €	10	<b>168 245,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	2,13	16800	35 784,00 €	
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				15 608,50 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>0,93 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>



### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Champs-d'Oiseau</b>					
Pose des canalisations	ml	190	2620	497 800,00 €	Eau provenant du réseau de Champ-d'Oiseau
Subvention agence de l'eau	%	30%		- 149 340,00 €	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%		- 99 560,00 €	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%		- 74 670,00 €	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>174 230,00 €</b>	
Prêt à 0% - 155 890 € sur 10 ans	annuité	17 423,00 €	10	<b>174 230,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	2,92	16800	49 626,00 €	Avec coût de l'abonnement annuel
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				30 049,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>1,79 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>

### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Benoitsey</b>					
Pose des canalisations	ml	190	3460	657 400,00 €	Eau provenant du réseau du SESAM
Subvention agence de l'eau	%	30%		- 197 220,00 €	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%		- 131 480,00 €	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%		- 98 610,00 €	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>230 090,00 €</b>	
Prêt à 0% - 205 870 € sur 10 ans	annuité	23 009,00 €	10	<b>230 090,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	2,92	16800	49 626,00 €	Avec coût de l'abonnement annuel
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				35 635,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>2,12 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>

### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Grignon</b>					
Pose des canalisations	ml	190	4840	919 600,00 €	Eau provenant du réseau du SESAM
Subvention agence de l'eau	%	30%	-	<b>275 880,00 €</b>	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%	-	<b>183 920,00 €</b>	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%	-	<b>137 940,00 €</b>	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>321 860,00 €</b>	
Prêt à 0% - 287 980 € sur 10 ans	annuité	32 186,00 €	10	<b>321 860,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	2,92	16800	49 626,00 €	Avec cout de l'abonnement annuel
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				44 812,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>2,67 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>

### Investissement nécessaire pour la réalisation d'interconnexion avec les communes alentours

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion avec Fain lès Montbards</b>					
Pose des canalisations	ml	190	5880	1 117 200,00 €	Eau provenant des alluvions de la Brenne
Subvention agence de l'eau	%	30%	-	<b>335 160,00 €</b>	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%	-	<b>200 000,00 €</b>	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%	-	<b>167 580,00 €</b>	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion (sans l'achat de l'eau)				<b>414 460,00 €</b>	
Prêt à 0% - 349 860 € sur 10 ans	annuité	41 446,00 €	10	<b>414 460,00 €</b>	Remboursement annuel du prêt à 0%
Prix de l'eau	m³	1,4	16800	23 520,00 €	
Revenu annuel du service eau				37 000,00 €	Soit 370 000 € sur 10 ans
Reste à payer / an				27 966,00 €	Montant supplémentaire à générer tous les ans pour rembourser le prêt
<b>Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu</b>				<b>1,66 €</b>	<b>Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans</b>



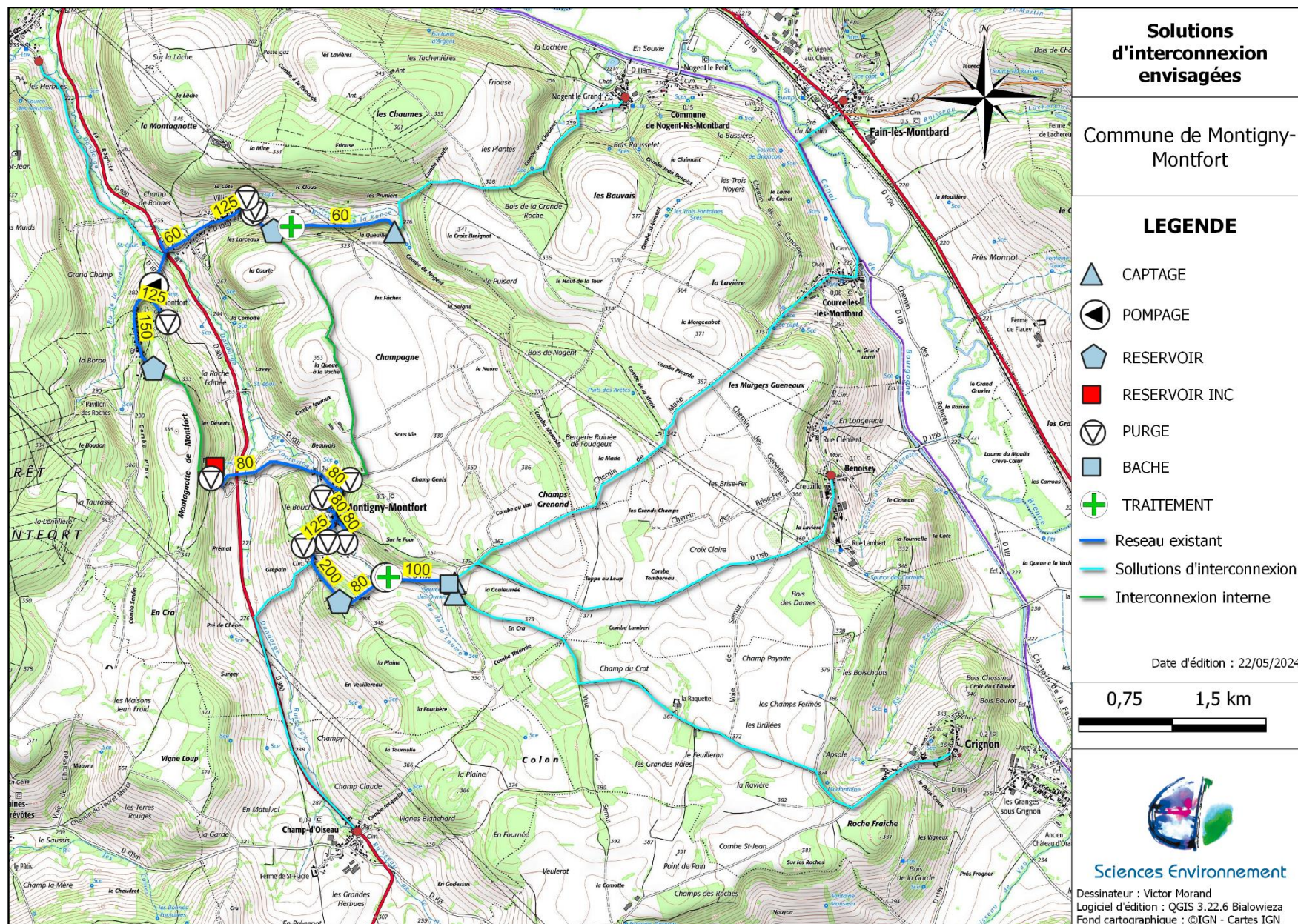


Figure 45 : solutions d'interconnexion envisagées pour le raccordement de Montigny-Montfort.



Parmi les solutions d'interconnexion présentées ci-dessus, la solution à privilégier semble correspondre à l'interconnexion avec le réseau de Crépand, lui-même interconnecté avec le réseau de Montbard. Dans chacun des cas de figure envisagés ci-dessus, une interconnexion entre les deux réseaux de distribution de la commune est fortement conseillée afin de permettre le transfert de l'eau achetée.

A noter que ces calculs correspondent à un abandon complet des deux ressources actuellement exploitées par la commune de Montigny Montfort, dans le cas d'une utilisation de l'interconnexion pour réaliser une dilution des eaux produites, l'investissement à réaliser sera identique mais le coût de fonctionnement annuel sera moins important. L'ajout d'un analyseur en continu des teneurs en nitrates pourrait également permettre d'optimiser les facteurs de dilution.

Enfin, l'un des points qui pourrait permettre une meilleure gestion des volumes et d'une éventuelle dilution correspond à l'interconnexion des deux réseaux de distribution de Montigny Montfort.

#### Investissement nécessaire pour la réalisation d'une interconnexion entre les deux réseaux

Désignation	Unités	Prix unitaire	Quantité	Prix total	Ressources concernées et commentaires
<b>Interconnexion des deux réseaux de Montigny Montfort</b>					
Pose des canalisations	ml	190	1160	220 400,00 €	
Subvention agence de l'eau	%	30%	-	66 120,00 €	Subvention pouvant atteindre 40% selon les conditions de majoration
Aide DETR	%	20%	-	44 080,00 €	Sous condition (diagnostique préalable du réseau, prix plancher de 1,30 €/m³) - plafond 200 000 €
Subvention conseil départemental	%	15%	-	33 060,00 €	Subvention pour l'utilisation de canalisation en fonte ductile de classe K9, plafond fixé à 250 000 €
Prix final du projet d'interconnexion				77 140,00 €	
Prêt à 0% - 77 140 € sur 10 ans	annuité	7 714,00 €	10	77 140,00 €	Remboursement annuel du prêt à 0%
Incidence sur le prix de l'eau par m³ vendu				0,46 €	Augmentation à prévoir pour le remboursement d'un prêt à 0% sur 10 ans

## 7.4. Démarches à suivre pour l'abandon des ouvrages existants

Les informations présentées dans cette partie proviennent principalement des services de l'état concernés. L'abandon des captages d'eau destinée à la consommation humaine dépend à la fois du code de la santé publique et du code de l'environnement.

### 7.4.1. Démarche administrative

Considérant les prescriptions générales applicables aux sondages, forages, création de puits ou d'ouvrages souterrains relevant de l'article R214-1 du code de l'environnement, la procédure administrative est la suivante :

Concernant les ouvrages dont l'exploitation est encadrée par un arrêté de DUP instaurant des périmètres de protection, la collectivité doit délibérer et demander **l'abrogation de cet arrêté** auprès de la préfecture. L'arrêté portant abrogation de l'arrêté de DUP pourra alors mentionner les prescriptions et conditions d'abandon du captage.



Les modalités de comblement devront être adressées au préfet au moins 1 mois avant le début des travaux et un rapport de fin de travaux est attendu dans les 2 mois suivant le comblement. En l'absence d'abrogation de l'arrêté de DUP des périmètres de protection, la collectivité est tenue de garantir la protection du captage existant même si ce dernier n'est pas exploité.

#### **7.4.2. Démarche technique**

L'abandon des captages nécessite le comblement des ouvrages afin de garantir l'absence de circulation d'eau en leur sein et un potentiel transfert de polluants. Concernant l'aspect technique, les bonnes pratiques pour l'abandon d'ouvrages sont précisées dans la norme NF X10-999.

Avant tout abandon d'ouvrages permettant une surveillance des eaux souterraines, il est préconisé de prendre contact avec l'agence de l'eau, l'ARS et/ou le BRGM qui sont parfois à la recherche d'anciens ouvrages pour compléter leur réseau de surveillance des eaux souterraines.

## 7.5. Récapitulatif des chiffrages présentés

Tableau récapitulatif des différentes solutions					
Désignation	Montant total des investissements	Subventions (cas le plus favorable)	Montant total des dépenses annuelles sur 10 ans (incluant les coûts de fonctionnement/achat d'eau)	Impact sur le prix de l'eau sur 10 ans (avec interconnexion des deux réseaux)	Commentaire
Solution d'interconnexion - Crépand	372 400,00 €	- 242 060,00 €	48 314,00 €	1,13 €	Solution à privilégier
Solution d'interconnexion - Nogent les Montbards	480 700,00 €	- 312 455,00 €	52 608,50 €	1,39 €	
Solution curative n°2 - Traitement et interconnexion des unités de distribution	1 056 300,00 €	- 633 780,00 €	52 752,00 €	0,94 €	Solution techniquement peu viable
Solution d'interconnexion - Champs d'Oiseau	497 800,00 €	- 323 570,00 €	67 049,00 €	2,25 €	
Solution d'interconnexion - Benoisey	657 400,00 €	- 427 310,00 €	72 635,00 €	2,58 €	
Solution curative n°1 - Traitement indépendant des deux captages	406 800,00 €	- 271 200,00 €	61 680,00 €	1,47 €	
Solution d'interconnexion - Fain-lès-Montbards	1 117 200,00 €	- 702 740,00 €	64 966,00 €	2,12 €	
Solution d'interconnexion - Grignon	919 600,00 €	- 597 740,00 €	81 814,00 €	3,13 €	

Tableau 5 : tableau récapitulatif des solutions retenues.

Parmi les solutions techniques présentées précédemment le Tableau 5 fait le récapitulatif de l'impact estimé de chacune de ces solutions sur les factures d'eau payées par les consommateurs de la commune de Montigny-Monfort. Le tableau ci-dessus classe les solutions des moins aux plus impactantes vis-à-vis du prix de l'eau. **Cet impact est calculé dans le cadre d'un amortissement des investissements sur 10 ans.**

Pour rappel, en comptant l'abonnement et les redevances le prix actuel est fixé à 2,67 €/m<sup>3</sup> pour une consommation moyenne de 60 m<sup>3</sup>/an. La solution la moins impactante (interconnexion avec Crépand) causerait une augmentation de 1,13 €/m<sup>3</sup>, soit près de 42 % d'augmentation de la facture annuelle. La solution la plus impactante (interconnexion avec Grignon) représente quant à elle une augmentation de 3,13 €/m<sup>3</sup>, soit plus de 115 % d'augmentation de la facture annuelle.

Ces estimations ne prennent pas en compte les coûts d'exploitation des solutions proposées. En effet, le coût relatif au personnel pour les visites de maintenance hebdomadaires nécessaires en cas de mise en œuvre d'un traitement des nitrates, par exemple, n'est pas compris dans ce chiffrage.

**D'après ces différents scénarios et chiffrages estimatifs présentés précédemment, la solution à privilégier pour résoudre les problèmes de qualité de l'eau distribuée consiste en une interconnexion avec la commune de Crépand, elle-même interconnectée au réseau de Montbard. Une interconnexion (solution palliative) permettait en outre de régler les problèmes de disponibilité quantitative dans le cas d'un tarissement des sources, ce qu'une solution curative ne propose pas.**

## 8. ACTIONS PREVENTIVES ET LIMITES

Les **solutions curatives** présentées dans les parties précédentes visent à corriger la valeur des critères définissant la qualité de la ressource en **modifiant physiquement ou chimiquement la composition de l'eau**. La dégradation de ces critères (turbidité, nitrates, pesticides...) peut avoir plusieurs origines naturelles et/ou anthropiques. L'état d'avancement de cette dégradation dépend généralement des **pressions polluantes** qui sont appliquées à la surface de la zone qui participe à l'alimentation du point d'eau capté (forage, source, eau de surface...).

Dans ce contexte et en fonction des moyens techniques et financiers à disposition, les solutions curatives permettent de **s'affranchir d'un grand nombre de polluants** et de problématiques qualitatives et quantitatives plus ou moins graves. Par leur **adaptabilité** elles permettent d'exploiter des ressources qui, sans traitement approprié, seraient indisponibles pour la consommation humaine (dessalement de l'eau de mer, réutilisation d'eau usée, traitement de captages contaminés...).

Il faut néanmoins garder à l'esprit que le traitement curatif d'une ressource vise à gérer les conséquences d'une dégradation **sans en traiter les causes**. En l'absence d'actions préventives permettant de gérer, limiter et réduire les processus responsables de la dégradation de l'eau, les solutions curatives choisies engendreront nécessairement des **contraintes techniques et financières cumulatives** relativement importantes au fil du temps. C'est pourquoi, malgré leur adaptabilité, **les solutions curatives sont rarement considérées comme des solutions pérennes**.

Les actions préventives visant à **limiter la dégradation** ou à **rétablir la qualité de l'eau** dans les normes de potabilités consistent généralement en une **gestion intégrée** de l'ensemble du territoire participant à l'alimentation en eau. Dans les grandes lignes de cette gestion intégrée on retrouve les procédures de **protection réglementaires** et législatives (délimitation des Bassin d'Alimentation de Captage (BAC) et des périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée), les stratégies **d'accompagnement agricole** (animation agricoles, développement des infrastructures agroécologiques et des systèmes de culture écologiquement performants), les outils de **formation** et de **sensibilisation** des professionnels et du public ainsi que les processus de **soutien financier** aux collectivités par le biais de subventions. **Ces démarches s'inscrivent dans une gestion de la ressource au long terme.**

Les actions préventives visant à **limiter et réduire les processus responsables** de la dégradation de l'eau sont essentielles et doivent, à terme, permettre de se passer des techniques de traitement curatives. Cependant, l'efficacité de ces actions préventives **nécessite un travail de prospection pouvant être relativement long**. Ce travail vise à définir les différents paramètres caractérisant la zone d'étude (inventaire des pressions polluantes, délimitation de la zone d'alimentation, contexte géologique et hydrogéologique...). Si le contexte n'est pas suffisamment bien défini en amont des actions préventives (absence de données et/ou de résultat lors des investigations de terrain), il existe un risque non négligeable que l'efficacité de ces actions soit limitée. De plus, les effets de ces mesures ne sont généralement observables **qu'après un laps de temps relativement long** qui correspond au renouvellement de la ressource.

**Dans le cas d'une contamination préexistante ou d'une dégradation croissante de l'eau distribuée et en l'absence de solutions alternatives, la mise en place de solutions curatives peut-être nécessaire afin de garantir l'alimentation en eau des populations. Cependant, afin de traiter la source des dégradations éventuelles et de minimiser les contraintes techniques et financières, des actions préventives doivent être menées en parallèle afin de rétablir puis de maintenir la qualité de l'eau dans les normes de potabilité.**



## 9. CONCLUSION

---

La commune de Montigny-Montfort est concernée par des dégradations relativement importantes de la qualité des eaux captées par les ouvrages de la Ronce et des Ormes. Afin de répondre à cette problématique la commune a décidé d'entreprendre une **démarche de protection préventive** depuis quelques années. Dans le cadre de cette démarche, **une étude BAC**, dont la phase 1 s'est achevée en début d'année 2024 et dont la phase 2 est en cours d'exécution, doit permettre de rétablir (et de maintenir) la qualité de l'eau exploitée dans les limites règlementaires.

Etant concernée par une **mise en demeure des 2 captages** vis-à-vis des teneurs en nitrates, la commune a décidé **d'étudier les solutions curatives applicables** au contexte local en parallèle de la démarche préventive citée précédemment. Parmi les solutions techniques curatives et palliatives identifiées dans ce rapport, quelques scénarios sont retenus et sont considérés comme viables d'un point de vue technique et financier. Il s'agit principalement de l'interconnexion avec des réseaux environnants ou de la construction de deux sites dédiés au traitement de l'eau captée par les ouvrages de la Ronce et des Ormes.

Dans le cadre des solutions d'interconnexion, l'impact financier le plus restreint est observé dans le cadre d'un **approvisionnement par le réseau de Crépand**, situé au nord de la commune. Dans le cas d'une interconnexion unique avec ce réseau, il faudra envisager l'interconnexion des réseaux nord et sud composant les unités de distribution de Montigny-Montfort. Il y a aussi la **possibilité de réaliser une interconnexion par unité de distribution** (Crépand au nord et Champ-d'Oiseau au sud). Dans chaque cas de figure nécessitant la mise en place de plusieurs interconnexions, **l'impact des travaux sur le prix de vente de l'eau sera cumulatif**. L'objectif de l'interconnexion est double, il s'agit de permettre la dilution de l'eau captée par les ouvrages de la Ronce et des Ormes et d'assurer l'approvisionnement de chaque unité de distribution en cas de tarissement des sources en période de basses eaux.

Les solutions envisageant un traitement curatif indépendant sur les deux ressources par des solutions techniques (dénitratation, filtration...) sont plus avantageuses que certaines solutions d'interconnexion. Néanmoins elles ne permettent pas de garantir l'approvisionnement de la population dans le contexte du tarissement des sources évoqué précédemment. Il faut aussi souligner que ces solutions nécessitent une gestion technique des installations et engendrent des frais de fonctionnement et d'entretien qui peuvent être relativement important au fil du temps.

Considérant les délais établis par les arrêtés préfectoraux de mise en demeure, cette étude ne retiendra finalement que l'interconnexion ou la mise en place d'un traitement curatif comme solutions viables et adaptées. Pour les raisons précisées précédemment, **l'interconnexions avec la commune de Crépand** représente la solution à privilégier bien que la faisabilité de cette dernière ne puisse être définitivement validée que par la réalisation **d'une étude à part entière** et l'édition d'une **convention de droit privée** entre les parties concernées.

# **ANNEXE 1 : TABLEAU COMPARATIF DES DIFFERENTES SOLUTIONS PRESENTEES**

Méthode	Avantages	Inconvénients	Application				Remarque
			Nitrates	Pesticides	Bactério	Turbidité	
Techniques séparatives à membranes							
Osmose inverse	Filtration de la totalité des polluants: sels dissous, MES, bactéries, virus... Installation de traitement relativement compacte	Consommation énergétique importante; technologie coûteuse; nécessité de mettre en place un pré-traitement (filtre) et un post-traitement (reminéralisation de l'eau); mise en place de solution de gestion des concentrats (stockage et/ou traitement/exportation)					Technique généralement mise en place pour le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres
Nanofiltration	Filtration d'une partie des sels dissous, MES et pesticides Installation de traitement relativement compacte	Mêmes inconvénients que pour l'osmose inverse et efficacité de traitement plus limitée en termes de filtration des sels dissous					
Ultrafiltration et microfiltration	Permet la filtration des particules les plus grossières (MES, bactéries, colloïdes) et de flux plus important en microfiltration	Non adaptée pour l'extraction des sels dissous, peu adaptée pour le traitement des pesticides et risque non négligeable de colmatage des pores en l'absence de prétraitement					
Filtres à Charbon Actifs							
Filtres CAG	Procédés très courant et fonctionnement relativement simple; coûts d'exploitation limités; taille du filtre relativement restreinte pour une production de moins de 10 m³/h; peut aussi permettre un abattement de la turbidité (au risque de réduire la durée de vie des charbons)	Nécessite la construction d'une bache (ou d'un réservoir) de stockage d'eau traitée et l'installation de pompes et surpresseurs pour le lavage du filtre; charbons à remplacer de façon périodique					Cette solution peut traiter une charge de turbidité légère (quelques NFU) de façon ponctuelle. Non adapté à toutes les molécules pesticides
Injection CAP	Permet l'utilisation de quantité de charbon "sur mesure" en fonction de la charge de l'eau à traiter	Nécessite l'installation d'un filtre suffisamment fin en aval de l'injection permettant de récupérer la poudre injectée dans l'eau; poudre de charbon à usage unique impliquant une consommation et des frais de fonctionnement importants pour une utilisation en flux continu (non adaptée)					
Traitements biologiques							
Procédés hétérotrophes	Transformation des nitrates en azote gazeux rejeté directement dans l'atmosphère; utilisation de la matière organique contenue dans l'eau pour le développement bactérien	Mise en place d'une station de traitement regroupant un processus complexe, spécifique et couteux à exploiter; non adapté à la production de volumes restreints					Ces solutions de traitement ne sont pas adaptées aux cas de figure considérés ici.
Procédés autotrophes	Transformation des nitrates en azote gazeux rejeté directement dans l'atmosphère	L'action des micro-organismes nécessite un temps de contact important entre le médiateur et l'eau brute; nécessite l'utilisation de réactifs (fer, hydrogène, soufre...) complémentaires afin de permettre la croissance bactérienne; non adapté à la production de volume restreints					
Autres techniques de traitement							
Filtres à sable	Méthode de traitement courante; média filtrant peu coûteux; durée de vie importante si les cycles détassage/lavage sont réalisés régulièrement; simplicité de fonctionnement et emprise faible pour la production de volumes inférieurs à 10 m³/h	Les cycles de lavage/détassage nécessitent la mise à disposition de plusieurs m³ d'eau traitée et de pompes/surpresseurs					La solution retenue ici correspond à la filtration classique (la filtration lente étant très différente et peu adaptée)
Echange ionique	Multiple régénération des filtres avant le remplacement de la résine; méthode permettant la dénitratation de l'eau relativement peu coûteuse	Pré-traitement par filtration nécessaire en amont du système afin de préserver la résine; nécessité de gérer les fluides permettant la régénération de la résine (stockage et/ou traitement/exportation)					
Chloration	Simplicité de mise en place; efficacité et faible coût du traitement; rémanence permettant de garantir l'efficacité sur tout le système de distribution avec le bon dosage	Danger présenté par le stockage du chlore si utilisé sous forme gazeuse; risque de corrosion relativement importante des infrastructures					La longévité et l'efficacité du système dépend de la composition de l'eau (échange anionique non spécifique)
Ozonation	Capacité oxydante très importante permettant la désinfection de l'eau et dans une moindre mesure le traitement des traces de molécules phytosanitaires; oxygénation de l'eau; pas d'utilisation de produits chimiques (chlore, javel...)	Produit ne présentant pas de rémanence et ne garantissant pas un effet désinfectant sur l'intégralité du réseau de distribution; complexité technique de mise en place (dosage); danger présenté par la toxicité du gaz; processus coûteux; risque important de corrosion prématurée des infrastructures					

Méthode	Avantages	Inconvénients	Application				Remarque
			Nitrates	Pesticides	Bactério	Turbidité	
Electrodialyse	Permet la dénitratation de l'eau traitée	Processus coûteux en énergie et <b>très sélectif</b> (uniquement adapté au traitement des sels dissous); gestion du concentrat nécessaire; processus complexe					Solution à dimensionner en fonction du débit de production  Ces solutions sont généralement mises en place à la suite d'un abandon de la ressource actuelle, ou en complément de cette dernière
Distillation	Processus non sélectif, techniquement simple et applicable à tout type de polluants	Processus nécessitant des <b>quantités d'énergie très importantes</b> par rapport au volume produit; <b>non adapté à la production d'eau potable</b> et à l'alimentation d'une population					
Désinfection UV	Utilisation du rayonnement ultraviolet pour la désinfection de l'eau; pas de réactif chimique; pas de problèmes de stockage (chlore) ou de production (ozone)	En fonction de la technologie choisie (lampe de moyenne pression) il existe un risque de <b>transformer les nitrates en nitrites (dangereux pour la santé)</b> ; solution relativement coûteuse par rapport à la chloration; pas d'effet de rémanence					
Dilution Interconnexion	Solutions permettant de <b>s'affranchir des contaminations locales</b> et ne nécessitant aucune infrastructure de traitement complémentaires concernant la ressource actuelle	Nécessité de <b>raccorder la commune concernée à un autre réseau</b> (interconnexion) alimenté par une ressource en eau qualitativement et quantitativement viable; création de réseau coûteuse et parfois complexe					
Recherche d'une nouvelle ressource		<b>Etudes complémentaires de faisabilité</b> nécessaires en fonction de la ressource considérée (forage d'exploration, essais de pompage...); création de nouveaux ouvrages de production d'eau potable coûteuse; mise en place de nouvelles solutions de traitement, adaptées à la qualité de l'eau captée					

Code couleur lié à la colonne « Méthode » du tableau :

- **Rouge** solutions considérées comme non adaptées
- **Noir** solutions potentiellement adaptées mais non retenues
- **Orange** solutions curatives en cas d’abandon (ou n’entraînant pas de modifications au niveau de la ressource existante)
- **Vert** solutions considérées comme adaptées et retenues dans le cadre de cette étude

Code couleur lié à la colonne « Application » du tableau :

- **Rouge** solution considérée comme non adaptée au traitement
- **Orange** solution dont l’efficacité est relative
- **Vert** solution considérée comme adaptée au traitement



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Liste des références bibliographiques principales (hors sites internet spécialisés et/ou à but commercial) utilisées pour la rédaction de ce rapport :

Comité de bassin Rhin-Meuse. (2023). les avis du conseil scientifique. « *Traitement des pesticides et leurs métabolites pour l'eau destinée à la consommation humaine* ». Avis du conseil scientifique du Comité de bassin Rhin-Meuse.

Hydracos, (2023). « *Réalisation des schémas directeurs d'assainissement et d'alimentation en eau potable de la communauté de Communes du Montbardois* ». Présentation de la réunion de phase 1, tenue le 18/10/2023.

Conseil général de Seine-et-Marne. (2011). « *Traitement des pesticides* ». Département Seine & Marne. Eau potable, Fiche technique 2.

Juery, C ; Berland, J. M. (2002). « *Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau* ». Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. OiEau. Document technique, FNDAE, n°14.

Ladjma, S. (2007). « *Elimination des ions nitrates par une résine échangeuse d'anions* ». Université Badji Mokhtar-Annaba, mémoire de Magister - option physico-chimie des matériaux et des interfaces.

Lutin, F. (2009). « *L'électrodialyse et ses nombreuses applications* ». L'actualité Chimique. Electrochimie et Environnement - N°327-328.

Morand, V. (2024). « *Caractérisation de la ressource et délimitation des bassins d'alimentation des captages, commune de Montigny-Montfort (21) – sources de la Ronce et des Ormes* ». Phase 1 de l'étude BAC de Sciences Environnement – 2020-071.

Office International de l'Eau (OiEau), équipe technique du RéFEA (2000). « *Filtration lente sur sable : présentation générale* ». <https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/TraitementPotable/1FiltrationLentePG1.pdf>

Office International de l'Eau (OiEau), équipe technique du RéFEA (2000). « *Conception des filtres à sable (filtration lente)* ». <https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/TraitementPotable/FiltLenteConcept4.pdf>

Ratel, M. O. (1992). « *Elimination des nitrates des eaux potables* ». Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales. OiEau. Document technique, FNDAE, Hors-série n°4.

SIGESSN, AESN. (2012). « *Surcouche alluvions réservoirs du bassin Seine-Normandie* ». [https://sigessn.brgm.fr/files/FichesBDLISA/Fiches\\_surcouches/Fiche\\_surcouche\\_alluvions\\_reservoirs.pdf](https://sigessn.brgm.fr/files/FichesBDLISA/Fiches_surcouches/Fiche_surcouche_alluvions_reservoirs.pdf)

Suez. (2016). « *Résines échangeuses, décarbonation, adoucissement par échange d'ions* ». [https://www.suez.com/-/media/suez-global/files/publication-docs/pdf-francais/m-eau/resines\\_decarbo\\_m-ep-003-fr.pdf?open=true](https://www.suez.com/-/media/suez-global/files/publication-docs/pdf-francais/m-eau/resines_decarbo_m-ep-003-fr.pdf?open=true)