



HAL
open science

Identification des solutions améliorant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans une zone rurale de Moldavie

Rosa Girard

► **To cite this version:**

Rosa Girard. Identification des solutions améliorant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans une zone rurale de Moldavie. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2019. dumas-03552185

HAL Id: dumas-03552185

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03552185>

Submitted on 2 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Octobre 2019

Identification des solutions améliorant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans une zone rurale de Moldavie

Villages du bassin versant de la Nirnova, dans les raions de Nisporeni et Hincesti, en République de Moldavie



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES

Stage réalisé de mars à août 2019

Rosa GIRARD
Promotion Grand Lyon

Remerciements

Mes remerciements vont dans un premier temps à Rémy Douguet, mon maître de stage, qui a su m'accueillir en Moldavie, m'intégrer à la communauté des jeunes expatriés en Moldavie et me présenter aux personnes clés de la solidarité internationale en Moldavie. Je ne me suis jamais sentie seule en Moldavie, et c'est grâce à sa gentillesse, sa générosité et son tempérament ouvert que je le dois.

Je remercie Mathilde Moulis, l'autre stagiaire de SEE, avec qui j'ai travaillé et habité. Merci d'avoir été suffisamment patiente pour me supporter dans le travail, merci d'avoir fait la vaisselle presque tous les jours, et merci d'avoir tant participé à faire de ces 6 mois une expérience géniale.

Je remercie également Adrian Furculita, notre collègue moldave indispensable. Merci non seulement pour son aide pour notre projet au cours de sorties de terrain, mais surtout pour sa gentillesse, son accueil en Moldavie, et ses nombreuses propositions de sorties dans le quartier de Riscani.

Merci à Anne-Catherine Mercuri, chargée de mission à SEE, et à Antonella Cagnolati, président de SEE, qui m'ont accueillie au siège de SEE à Strasbourg, avec toute la gentillesse du monde.

Je tiens à envoyer mes remerciements à M. Hakim Haikel, intervenant en tant qu'expert assainissement pour SEE, qui a plusieurs fois répondu à nos questions, qui nous a donné une vision des choses différente et qui nous a permis d'emprunter des chemins auxquels nous n'aurions pas pensé.

Merci à mon tuteur de stage de l'ENGEES, M. Gilles Isenmann, d'avoir accepté de me suivre pendant ce stage, et d'être venu me voir dans les locaux de SEE, lors de son passage en Moldavie.

Merci également à M. Julien Laurent, professeur de traitement des eaux à l'ENGEES, qui a rapidement répondu à mes questions quand j'en avais besoin, de façon complète et compréhensible, comme toujours. Son aide a été précieuse.

Je remercie enfin toute ma famille, qui est restée près de moi malgré la distance qui nous séparait. Merci à eux de croire en moi et d'être fiers de moi.

Merci à mon père et mon frère qui ont pu faire le déplacement et qui sont venus me voir en Moldavie, ça m'a fait beaucoup de bien. Merci aussi à ma sœur Zélie pour ces trois super journées à Kiev. Merci à mon amie Camille Couteau d'être venue me voir en Moldavie aussi, quelle bonne surprise !

Merci à ma mère, d'avoir accepté de relire mon mémoire, et de qui les conseils m'inspirent entièrement confiance.

Merci à Thomas, non seulement d'être venu me voir deux fois jusqu'en Moldavie, mais aussi de m'avoir soutenue tout le long du stage. Merci d'avoir été patient, de m'avoir attendue et d'avoir rendu les choses tellement plus faciles. Enfin, merci de m'avoir aidée à rédiger mon rapport et d'avoir eu le recul nécessaire à enlever toutes ces pages de blabla !

Pour finir, je remercie la famille Vigouroux, qui m'a accueillie et soutenue pendant toute la rédaction du mémoire. J'ai eu plus de confort que je n'aurais pu l'espérer, comme d'habitude, alors merci.

Résumé

IDENTIFICATION DES SOLUTIONS AMELIORANT L'ACCES A L'EAU POTABLE ET A L'ASSAINISSEMENT DANS UNE ZONE RURALE DE MOLDAVIE

La Moldavie est un pays qui connaît une instabilité politico-économique. L'accès à l'eau potable et à l'assainissement des populations est donc compromis, surtout en zone rurale. Ainsi, seul 77 % de la population a accès à un système d'alimentation en eau, et 46 % à un système d'assainissement. L'Association SEE a pour projet de décentraliser la gestion de la ressource et de l'AEPA dans le bassin versant de la Nirnova. Cette étude a pour objectif de donner une analyse de la zone amont du bassin versant, en termes de situation environnementale, socio-économique et technique sur l'AEPA. Des solutions concrètes sont ensuite dégagées à court, moyen et long terme, et deux d'entre elles sont dimensionnées : l'optimisation du réservoir d'eau potable de Bălănești et un système d'assainissement desservant les 7 villages de la zone amont. Elles permettent respectivement l'accès à l'eau potable de 100 % de la population de Bălănești et l'accès à un assainissement collectif à 76 % de la population de la zone amont. Des précisions techniques restent à étudier afin de mettre en place les solutions. Les coûts estimés des constructions sont répartis en un phasage de court (2019-2023), moyen (2024-2028) et long terme (2029-2034). Ces coûts doivent être complétés et analysés de façon à déterminer l'impact du projet sur le prix de l'eau. La sensibilisation des populations est également nécessaire de façon à faire augmenter la volonté à payer des habitants.

Abstract

IDENTIFY SOLUTIONS IN ORDER TO IMPROVE WATER SUPPLY AND SANITATION ACCESS IN A RURAL AREA IN MOLDOVA.

Moldova is a country that knows political and economic instability. The population's water supply and sanitation access are therefore compromised especially in rural areas. Thus, only 77 % of the population has access to a water supply system and 46 % to a sanitation system. The SWE Association focuses on decentralizing water resources and WSS management in the Nirnova drainage basin. This study aims to present an analysis of the upstream zone of the basin, in terms of environmental, socioeconomic and WSS technical situations. Concrete solutions have been identified at a short, middle and long term, and two of them have been assessed : the optimization of the Bălănești water reservoir and a sanitation system for the 7 villages of the upstream zone. They respectively allow 100 % of the Bălănești population access to water supply and 76 % of the population of the upstream zone access to a collective sanitation system. Some technical precisions still have to be considered in order to implement the solutions. The estimated costs of the construction are spread into a phasing of short (2019-2023), middle (2024-2028) and long term (2029-2034). These costs must be calculated and analyzed in order to determine the impact of the project on the water price. Raising the awareness of the population of the population is also needed in order to increase the willingness of the inhabitants to pay.

Table des matières

Table des tableaux	7
Table des figures	7
Table des annexes	9
Glossaire	10
Sigles et abréviations	10
1 Introduction	11
2 Contexte et objectifs de l'étude	13
2.1 Solidarité Eau Europe en Moldavie	13
2.2 Présentation du bassin versant de la Nirnova	13
2.2.1 Situation socio-économique du bassin versant de la Nirnova.....	14
2.2.2 État actuel de la ressource en eau, de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement pour le bassin versant de la Nirnova.....	15
2.3 Cadre légal et institutionnel	16
2.3.1 Législation Européenne et Stratégies moldaves.....	16
2.3.2 Contexte politique en Moldavie.....	16
2.3.3 Constitution de l'Association des maires du bassin de la Nirnova.....	17
2.4 Objectifs de l'étude et problématiques abordées	17
2.4.1 Dans une perspective de Schéma directeur.....	17
2.4.2 Données disponibles.....	18
3 Étude de l'environnement de la zone amont	19
3.1 Localisation précise de l'étude	19
3.2 Étude de la situation environnementale	20
3.2.1 Ressource en eau.....	20
3.2.2 Caractéristiques du terrain.....	21
3.2.3 Environnement.....	22
3.2.4 Conclusion.....	22
3.3 Carte de vulnérabilité naturelle du terrain et des risques de pollution	22
3.3.1 Méthodologie de conception de la carte, avec SIG.....	22
3.3.2 Carte de vulnérabilité du terrain.....	25
3.3.3 Sources potentielles de pollution.....	25
3.3.4 Conclusion.....	26
4 Diagnostic socio-économique et technique de la zone	27
4.1 Méthodologie d'approche des populations locales, de leurs perceptions et de leurs besoins	27
4.1.1 Rédaction des questionnaires.....	27
4.1.2 Statistiques d'échantillonnage pour les questionnaires.....	28
4.1.3 Déroulement de l'enquête.....	30
4.1.4 Entretiens.....	31
4.2 Étude socio-économique	31
4.2.1 Démographie et organisations sociales.....	31

4.2.2	Économie de la zone	32
4.2.3	Niveau de vie.....	33
4.2.4	Projections futures.....	35
4.3	État actuel des systèmes d'alimentation en eau potable d'assainissement, étude des besoins...	36
4.3.1	Estimation de la consommation et des besoins	36
4.3.2	Gestion du système	37
4.3.3	Prix de l'eau	37
4.3.4	Infrastructures présentes.....	38
4.3.5	Perception et demande sociale de dispositifs d'alimentation en eau et d'assainissement.....	41
4.3.6	Projections futures	43
5	Propositions de solutions.....	44
5.1	État de l'art des solutions envisageables en Moldavie.....	44
5.2	Zonage.....	44
5.3	Analyse des options.....	45
5.3.1	Prise en compte des projets en cours et futurs sur la zone	45
5.3.2	Périodes de temps et répartition des options.....	46
5.3.3	Options d'alimentation en eau potable	46
5.3.4	Options d'assainissement des eaux usées	48
5.4	Étude approfondie de la solution d'accès à l'assainissement pour toute la zone amont du bassin versant.....	49
5.4.1	Infrastructures d'assainissement	49
5.4.2	Système de gestion	52
5.4.3	Programme d'action.....	53
5.5	Étude approfondie d'une solution d'alimentation en eau potable : Optimisation du réservoir d'eau potable de Bălănești.....	54
5.5.1	Système actuel	54
5.5.2	Consommation d'eau	55
5.5.3	Proposition d'un système techniquement viable.....	56
5.5.4	Programme d'action.....	61
6	Conclusion.....	63
7	Analyse critique	64
	Bibliographie	65
	Annexes	67

Table des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs financiers sur la Moldavie.....	14
Tableau 2 : Données géographiques disponibles dans le SIG, sur le bassin de la Nirnova, Moldavie	19
Tableau 3 : Classification des coefficients de pression agricole et représentation cartographique	23
Tableau 4 : Répartition des textures de sol dans les deux catégories : « Argileux » et « Non argileux »	23
Tableau 5 : Classification de la vulnérabilité par rapport à la texture du sol, et représentation cartographique.....	24
Tableau 6 : Classification de la vulnérabilité par rapport à la pente et à la proximité des cours d'eau.....	24
Tableau 7 : Classification de la vulnérabilité du terrain selon le type de sol, la pente naturelle, la proximité des cours d'eau.....	25
Tableau 8 : Classification du risque encouru sur le terrain par croisement de la vulnérabilité et de la pression agricole	26
Tableau 9 : Marge d'erreur effective obtenue pour les questionnaires distribués en 2019	29
Tableau 10 : Consommation d'eau dans les villages (L/j/habitant), Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	36
Tableau 11 : Détail des tarifs de l'eau à Bălănești et Ciutești, zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie.....	37
Tableau 12 : Taux de connexion des habitants au réseaux d'eau potable des villages de Bălănești et Ciutești, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	39
Tableau 13 : Comparaison de l'accès à la ressource des habitants des différents villages de la zone étudiée, Source : Questionnaires 2019	42
Tableau 14 : Explication de la méthode de calcul de l'évolution de la consommation d'eau.....	43
Tableau 15 : Cadre logique sur la problématique d'accès à l'assainissement de la population de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie (OP = Objectif Prioritaire, OS = Objectif spécifique)	48
Tableau 16 : Dimensionnement des fosses RAC pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	51
Tableau 17 : Nombre de ménages pouvant partager une fosse RAC, et nombre de fosses nécessaires dans chaque village de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	52
Tableau 18 : Estimation économique de l'investissement total à apporter pour la solution d'assainissement envisagée pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie.....	53
Tableau 19 : Proposition de phasage des travaux et des dépenses pour aboutir à la solution d'assainissement pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	54
Tableau 20 : Répartition horaire de la consommation d'eau des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	56
Tableau 21 : Débits disponibles au niveau des sources de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	57
Tableau 22 : Temps de séjour dans le château d'eau, dans le cas où celui-ci est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	58
Tableau 23 : Débits et plages horaires de pompage à mettre en place entre la bâche de reprise et le château d'eau, et entre R2 et R2 pour permettre l'optimisation du château d'eau, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie.....	58
Tableau 24 : Paramètres de Lechapt et Calmon pour une conduite de rugosité PVC-Polyéthylène	60
Tableau 25 : Pression en chaque point du réseau envisagé pour Balanesti, bassin de la Nirnova, Moldavie	60
Tableau 26 : Estimation économique du prix du projet d'optimisation du château d'eau de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	61
Tableau 27 : Proposition de phasage des travaux et des dépenses pour aboutir à la solution d'eau potable de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	62

Table des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant de la Nirnova en Moldavie	13
Figure 2 : Localisation et représentation de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie	20
Figure 3 : Méthodologie de conception d'une carte de vulnérabilité	22
Figure 4 : Carte de la vulnérabilité du terrain par rapport à la texture du sol.....	24
Figure 5 : Carte de la vulnérabilité du terrain par rapport à la pente et la proximité des cours d'eau.....	24

Figure 6 : Carte de la vulnérabilité du terrain par selon le type de sol, la pente naturelle et la proximité des cours d'eau	25
Figure 7 : Carte de risque du terrain, en fonction de la vulnérabilité naturelle et de la pression agricole exercée	26
Figure 8 : Concordance des réponses aux questions 2.1, 2.3 et 2.9 sur le système d'alimentation en eau	28
Figure 9 : Taux de réponse attendu et effectif aux questionnaires distribués en 2019 dans les villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie	29
Figure 10 : Pourcentage de réponses aux questions en fonction de la méthode de sondage et du sondeur, pour les questionnaires distribués en 2019 dans les villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie.....	30
Figure 11 : Évolution de la population, de 2004 à 2019 dans les communes de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie), Source : Bureau National de Statistiques et Bureau de Statistiques de Nisporeni.....	31
Figure 12 : Comparaison de l'évolution de la population rurale de Moldavie et de l'évolution de population des villages du Raion de Nisporeni, Source : Bureau National de Statistiques.....	31
Figure 13 : Satisfaction des habitants au fonctionnement du village, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	32
Figure 14 : Répertoire des différentes activités économiques, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	32
Figure 15 : Destination de la production alimentaire des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	33
Figure 16 : Répartition des dépenses des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	34
Figure 17 : Possession de biens durables de consommation, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	34
Figure 18 : Évolution de la population dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie)	35
Figure 19 : Estimation de la consommation a) annuelle et b) horaire de pointe, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	36
Figure 20 : Confrontation de la consommation d'eau à l'usage qui en est fait et à la source utilisée, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	37
Figure 21 : Part du prix de l'eau sur le revenu des habitants, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	38
Figure 22 : Carte localisant les sources de surface et souterraines exploitées dans la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	38
Figure 23 : Systèmes de toilettes dans les ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	40
Figure 24 : Satisfaction de la population par rapport au système d'eau et d'assainissement auquel ils ont accès, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie.....	41
Figure 25 : Travaux d'aménagement effectués par les habitants pour améliorer leur accès à a) l'eau potable et b) l'assainissement, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	42
Figure 26 : Raison de l'insatisfaction des habitants par rapport à leurs toilettes, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	43
Figure 27 : Évolution de la consommation d'eau dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie.....	44
Figure 28 : Zonage de l'alimentation en eau potable dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova	45
Figure 29 : Schéma du fonctionnement des VIP double fosses, Source : (Lüthi, et al., Compendium Eawag, 2016).....	50
Figure 30 : Schéma du fonctionnement des fosses RAC, Source : Source : (Lüthi, et al., Compendium Eawag, 2016).....	52
Figure 31 : Système actuel (2019) d'alimentation en eau potable à Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	55
Figure 32 : Consommation mensuelle des ménages de Bălănești, d'après des documents de l'Association des usagers de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	55
Figure 33 : Carte du réseau envisagé pour Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie.....	59

Figure 34 : Représentation graphique des lignes topographiques et piézométriques pour les conduites ayant des problèmes de pression dans le réseau envisagé pour Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie..... 60

Table des annexes

Annexe 1 : Délimitation officielle du bassin versant de la Nirnova, d'après l'agence Apele Moldovei	67
Annexe 2 : Étude de la fiabilité des données et de l'information, tableau inspiré par « Déterminer la fiabilité de l'information – Le Web », Université de Montréal - les bibliothèques, Montréal, Québec, Canada	68
Annexe 3 : Données disponibles dans les "Fiches village" du diagnostic réalisé par SEE en 2017	69
Annexe 4 : Carte des altitudes et des lignes de niveau de la zone amont	70
Annexe 5 : Carte de la texture du sol de la zone amont.....	70
Annexe 6 : Carte représentant la qualité du sol de la zone amont, Source : geoportal.md.....	71
Annexe 7 : Liste des sources de pollution potentielles liées aux ménages dans la zone étudiée, 2019.....	72
Annexe 8 : Liste des substances toxiques susceptibles de polluer les eaux en fonction des activités économiques en activité dans la zone étudiée, 2019. Source : « Circulaire relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites.....	72
Annexe 9 : Questionnaires distribué aux ménages des villages de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie.....	74
Annexe 10 : Taille de l'échantillon de population à interroger et réellement interrogé, Source Population totale : Bureau de Statistiques de Nisporeni, 2019.....	79
Annexe 11 : Liste des documents officiels demandés aux autorités des villages.....	79
Annexe 12 : Courbes de tendance de l'évolution de la population entre 2004 et 2019.....	80
Annexe 13 : Comparaison de l'évolution de la population rurale en Moldavie et de la population des villages du Raion de Nisporeni, de 2012 à 2018, Source : Bureau National de statistiques	80
Annexe 14 : Liste des ouvrages de stockage présents et de leur capacité, dans les villages de la zone étudiée (*Ouvrages construits mais pas encore en fonctionnement)	81
Annexe 15 : Comparaison du nombre de fosses vidangées par la compagnie Apa Cana Nisporeni et du nombre de ménages estimé par les questionnaires distribués en 2019, dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie).....	81
Annexe 16 : Château d'eau en acier nouvellement construit à Seliște, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie.....	81
Annexe 17 : Solution d'assainissement envisagée à court et moyen terme pour les villages de la zone amont, bassin de la Nirnova, Moldavie	82
Annexe 18 : Solution d'assainissement envisagée à long terme pour les villages de la zone amont, bassin de la Nirnova, Moldavie	83
Annexe 19 : Détermination du nombre de ménages pouvant partager une fosse RAC, et du nombre de fosses nécessaires dans chaque village de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	84
Annexe 20 : Coût de la vidange des fosses par l'entreprise Apa Canal Nisporeni, dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	84
Annexe 21 : Détail de l'estimation de l'investissement à apporter pour la solution d'assainissement envisagée pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie	84
Annexe 22 : Formule de la zone d'influence, d'après les lois de Dupuit pour les puits	85
Annexe 23 : Localisation des sources exploitées et disponibles à Bălănești	85
Annexe 24 : Représentation graphique du calcul du volume utile du château d'eau en a) hiver et en b) été, dans le cas où celui-ci est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	86
Annexe 25 : Évolution du volume des différents réservoirs a) en hiver et b) en été, dans le cas où le château d'eau est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	87
Annexe 26 : Récapitulatif des données sur chaque tronçon du réseau envisagé pour le projet d'optimisation du système d'alimentation en eau potable de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie.....	88
Annexe 27 : Estimation économique du prix du projet d'optimisation du château d'eau de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie	89

Glossaire

Bloc sanitaire Ecosan : système de satisfaction des besoins physiologiques, adapté aux zones rurales, basé sur le principe de séparation de l'urine des matières fécales, et qui, suite à un processus de collecte et d'hygiénisation des déjections humaines, les transforme en engrais naturel.

DBO5 : demande biochimique en oxygène à 5 jours, exprimée en mg/L. Elle représente la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques présentes dans les eaux usées, pendant 5 jours.

Boues : déchets de matières solides et liquides, issus du traitement des eaux usées.

Colmatage : phénomène d'obstruction d'un système filtrant, due à l'encrassement et empêchant l'écoulement du fluide.

Eaux grises : eaux qui ont été utilisées par l'homme, à des fins principalement domestiques.

Eaux noires : eaux contenant principalement des matières fécales et de l'urine.

Effluent : déchet liquide issu du traitement des eaux usées.

Équivalent-Habitant : unité de mesure basée sur la quantité de pollution moyenne émise par habitant et par jour.

Raion : territoire moldave délimité administrativement.

Sonde artésienne : forage dans une nappe profonde captive qui vise à l'exploitation des eaux souterraines. Le jaillissement de l'eau jusqu'à la surface est spontané en raison des différences de niveau piézométrique, et aucune pompe n'est donc requise.

Vulnérabilité intrinsèque : sensibilité des eaux souterraines à la pollution provenant d'activités anthropiques. La pente du terrain, la nature du sol et l'épaisseur de la zone non saturée sont des paramètres naturels qui permettent de déterminer cette vulnérabilité.

Vulnérabilité spécifique : sensibilité d'une eau souterraine à un polluant particulier. Les propriétés des polluants et les paramètres de la vulnérabilité intrinsèque permettent de déterminer cette vulnérabilité.

Vulnérabilité de la ressource : caractérisation de zones particulièrement vulnérables à l'infiltration de contaminants jusqu'à la masse d'eau souterraine.

Vulnérabilité de la source : caractérisation de zones vulnérables à cause d'un transit rapide et massif de contaminants vers un captage.

Sigles et abréviations

ADC : Association de Développement Communautaire

AEP(A) : Alimentation en Eau Potable (et Assainissement) / **WSS** : Water Supply and Sanitation

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

EH : Équivalent Habitant

EUWI+ : European Union Water Initiative plus

MDL : Leu moldave (monnaie)

RAC : Réacteur Anaérobie à Chicanes (fosse à)

SEE : Solidarité Eau Europe / **SWE** : Solidarity Water Europe

UE : Union Européenne

1 Introduction

CONTEXTE

La Moldavie est un pays d'Europe de l'Est dont les frontières sont principalement définies par le fleuve Dniestr et la rivière Prut, dont l'exutoire est la mer noire, respectivement directement et via le Danube. En Moldavie, pour une question de qualité, ce sont les eaux souterraines qui sont majoritairement exploitées pour la consommation humaine. De plus, les ressources en eau de surface dépendent fortement des conditions météorologiques et le réseau hydrographique moldave a diminué de 30 % en 10 ans.

Au vu d'un contexte géopolitique compliqué, les moyens attribués aux problématiques d'accès à l'eau potable et à l'assainissement restent insuffisants. En effet, seul 77 % de la population moldave a accès à un système d'alimentation en eau potable, et 46 % à un système d'assainissement (ADEPT, 2019). Cependant, une stratégie nationale appelée « Stratégie Environnementale Nationale » vise à augmenter ces pourcentages respectivement à 80 % et 65 % d'ici 2023 (Verbeeck, 2016).

La charge des problématiques d'eau potable et d'assainissement ayant été transférée aux communes, l'Association Solidarité Eau Europe (SEE) a souhaité orienter son action vers la mise en place d'une gouvernance locale de l'eau. Pour y parvenir, SEE a décidé de s'ancrer dans la stratégie de la Directive Cadre Européenne (DCE) qui préconise la gestion de l'eau par bassin versant, et de créer une Association de Développement Communautaire (ADC) procurant la responsabilité décisionnelle et budgétaire aux maires des communes du bassin de la Nirnova (Commission européenne, 2014).

La deuxième phase du projet « Accès à l'eau potable et à l'assainissement pour les villages du bassin versant de la Nirnova » de SEE en Moldavie consiste en la réalisation d'un schéma directeur d'eau potable et d'assainissement sur l'ensemble du bassin. Le schéma directeur envisagé s'inscrit également dans le plan d'action du Plan de Gestion du Bassin du Prut en cours de réalisation par le projet EUWI+ (International Office of water, 2018).

Un schéma directeur n'est pas un document fréquent en Moldavie, le seul à avoir été réalisé se concentre sur le Raion de Ialoveni et a été entrepris par le projet ApaSan en 2015. Cependant, il existe un document ministériel rapportant les lignes directrices pour la rédaction d'un schéma directeur en Moldavie, et sur lequel le consultant engagé par SEE pourra s'appuyer.

Afin d'engager la seconde phase du projet, SEE souhaite lancer des projets concrets et à petite échelle dans le bassin. En effet, envisager des actions concrètes renforce la confiance des habitants envers l'association, et satisfait les bailleurs (Freyss, 2004).

OBJECTIFS DU TRAVAIL

Le Travail de Fin d'Étude que j'ai effectué a eu comme objectif d'amorcer la réalisation de ce schéma directeur, non seulement en rassemblant les informations nécessaires en des bases de données accessibles au consultant, mais également en développant la recherche de solutions concrètes dans une zone ciblée, qui pourront être développées sous forme de projet et permettront aux municipalités d'accéder à des fonds pour les réaliser.

L'objectif du stage était également de mettre en place une méthodologie sur un certain nombre de villages, afin que celle-ci soit reprise par le consultant pour le reste du bassin. En effet, ce type d'étude n'est pas courant auprès des bureaux d'études locaux et SEE souhaite mettre sur pied une démarche à suivre.

Le chemin de réflexion de l'étude passe par trois adverbes interrogatifs majeurs qui sont : Où ? Quoi ? Comment ?

Le premier, « où ? », introduit la localisation des besoins. Une nouvelle approche de ce projet est de regrouper les villages en « clusters », ce qui permet d'envisager des solutions plus élaborées, viables, et permettant des économies d'échelle (Garcia, 2003). Sur l'ensemble du bassin versant, une zone spécifique est ensuite choisie, selon des critères précis et afin que la charge de travail soit adéquate avec le temps disponible pour l'étude.

Le second, « quoi ? », permet de prendre en compte le type de besoin et la priorité, entre l'accès à l'eau potable et l'assainissement. Afin de cibler les besoins réels, des données sont collectées directement sur le terrain, auprès de la population et des autorités locales, via un questionnaire (Vilatte, 2007). Une étude socio-économique approfondie est donc réalisée sur la zone, et l'inventaire des infrastructures existantes d'AEPA est effectué.

Le dernier, « comment ? », implique la dimension technique du projet, par l'analyse du contexte environnemental et le dimensionnement de la solution choisie. L'élaboration d'une stratégie de collecte des données permettra de savoir où, auprès de quelle institution et comment récupérer les informations utiles. Ces informations ont été regroupées sur un SIG, afin d'avoir une meilleure appréhension géographique du territoire. Les solutions envisageables sont ensuite déterminées à l'aide d'un état de l'art des solutions techniques déjà proposées sur la Nirnova et en Moldavie.

ANNONCE DU PLAN

Dans une première partie, le contexte moldave et associatif dans lequel est implanté le projet sont présentés, et les objectifs de l'étude sont dégagés. Ensuite, l'étude de l'environnement du territoire choisi est résumée et aboutit à la création d'une carte de la vulnérabilité et des risques du terrain. La dimension socio-économique est abordée puis détaillée, et les systèmes d'AEPA présents sur la zone sont décrits. Enfin, des solutions sont proposées pour l'alimentation en eau potable et l'assainissement, et certaines d'entre-elles sont dimensionnées.

2 Contexte et objectifs de l'étude

2.1 Solidarité Eau Europe en Moldavie

Solidarité Eau Europe est présente en Moldavie depuis 2006, où elle s'impliquait surtout dans des actions de sensibilisation de la jeunesse aux enjeux de l'eau. En 2011, suite à un accord de partenariat avec le SIAAP, Solidarité Eau Europe se lance dans la réalisation d'un Schéma Directeur d'Assainissement sur la partie du Raion de Nisporeni appartenant au bassin de la Nirnova. Après la réalisation et la révision du document final, des blocs sanitaires écologiques sont installés dans les écoles de communes considérées comme prioritaires. C'est en 2017 que la partie du Raion de Hincesti appartenant au bassin de la Nirnova est rattachée au projet, permettant la réalisation d'un diagnostic technique et institutionnel du bassin entier, et afin d'opérer à l'échelle d'un bassin versant, comme le préconise la DCE (Commission européenne, 2014).

2.2 Présentation du bassin versant de la Nirnova

Le bassin versant de la Nirnova est un des sous-bassins du bassin versant du Prut, dont la rivière constitue la frontière ouest du pays. Le bassin de la Nirnova se situe à environ 50 km de la capitale Chisinau à vol d'oiseau, comme le montre la carte en Figure 1.

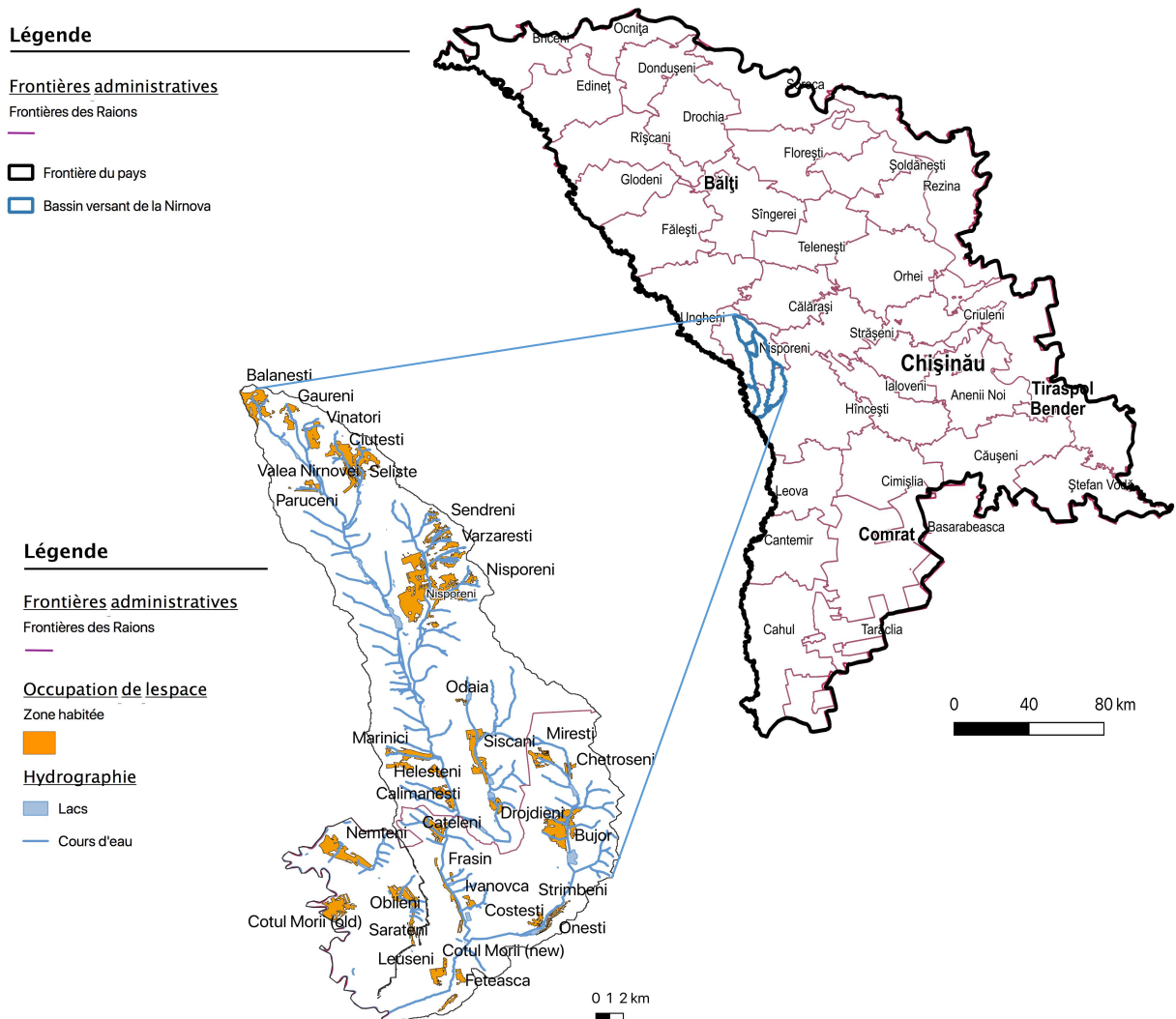


Figure 1 : Localisation du bassin versant de la Nirnova en Moldavie

La forme du bassin que montre la Figure 1 a été déterminée lors d'études précédentes au sein de SEE. Cependant, d'après les informations de l'agence Apele Moldovei, institution nationale responsable de la mise en œuvre de politiques de gestion de la ressource en eau de surface, les limites du bassin versant sont légèrement différentes, comme le montre la carte en Annexe 1. Cependant, dans un souci de continuité des études au sein de l'association, la forme du bassin de la Nirnova est gardée telle que dans la Figure 1.

Le bassin de la Nirnova prend sa source dans la région où le relief est le plus élevé en Moldavie. La Moldavie est un pays relativement plat, composé de plaines et de plateaux orientés selon l'écoulement de la rivière Prut et du fleuve Dniestr qui limitent le pays. Le sommet le plus haut de Moldavie s'élève à presque 429m d'altitude, sommet situé à proximité immédiate du bassin de la Nirnova, au nord.

Le climat généré au niveau du bassin est continental tempéré doux. Les températures peuvent varier entre -30°C en hiver et 30 à 40°C en été. Les étés longs et chauds provoquent la sécheresse d'une partie des ressources en eau de surface. La pluviométrie moyenne varie entre 430 mm/an en 2016 et 743 mm/an en 2010, et des inondations sont fréquentes lors d'évènements pluvieux intenses (Bourel & Dell'Aquila, 2017).

2.2.1 Situation socio-économique du bassin versant de la Nirnova

Comme pour la Moldavie en général, la population du bassin diminue à cause des mouvements importants de migration. La population totale du bassin était de 43 858 habitants en 2014, dont 23 % en zone urbaine, soit la ville de Nisporeni, et 77 % en zone rural (Vallet & Vrabie, 2018).

La situation économique en Moldavie peut être représentée par les chiffres dans le Tableau 1 (Mata, 2002).

Tableau 1 : Indicateurs financiers sur la Moldavie

Indicateur	Valeur
PIB (Groupe Banque Mondiale, 2019)	8,128 milliards \$USD Croissance de 4,50 %/an
Revenu national (Groupe Banque Mondiale, 2019)	2 200 \$USD/habitant
Revenu disponible : moyenne des sommes effectivement reçues par les ménages (Questionnaires 2019)	2018 : 3643 MDL/mois 2019 : 4070 MDL/mois

L'indicateur de développement humain de la Moldavie est de 0,7 sur 1 en 2017, ce qui lui donne la 149^e place au rang mondial. Le niveau de vie dans le pays est faible, surtout en zone rurale, ce qui se reflète dans le bassin versant étudié.

Les activités économiques du bassin versant sont très peu variées et tournent principalement autour de l'agriculture. Beaucoup de petits producteurs individuels sont présents dans les villages, mais c'est principalement la ville de Nisporeni qui comprend des grosses entreprises dans les domaines suivants : vinification, séchage de fruits, transformation de la viande et textile. Le village de Obileni, Raion de Hincesti, possède également une entreprise, spécialisée dans la production de chaussures (Vallet & Vrabie, 2018).

2.2.2 État actuel de la ressource en eau, de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement pour le bassin versant de la Nirnova

Ressource en eau

La ressource en eau de surface provient majoritairement de la rivière Prut, dont les eaux sont très polluées et ne sont utilisables qu'associées à un système de traitement. Les autres points d'eau du bassin versant et la Nirnova elle-même sont mal entretenus, très pollués, et sont touchés par la sécheresse en été. Ces ressources ne sont donc pas exploitables.

Les eaux souterraines sont principalement captées par des ouvrages de captage, dans des champs captant. L'eau, de faible profondeur, est drainée depuis les ouvrages soit jusqu'à des réservoirs qui alimentent ensuite la population, soit directement aux ménages. La qualité de cette eau correspond majoritairement aux normes moldaves d'eau potable, mais la quantité n'est pas toujours suffisante.

Il existe également des puits privés à l'échelle des ménages ou des voisinages, qui captent les eaux de faible profondeur. La qualité de cette eau n'est pas vérifiée, et le débit subit les variations saisonnières.

Les eaux de la nappe profonde sont actuellement captées par 6 sondes dites artésiennes, et réparties dans le bassin.

Infrastructures d'alimentation en eau potable

Sur l'ensemble du territoire du bassin de la Nirnova, 30 % de la population est connectée à un réseau et 70 % utilise les puits privés et/ou publics. Ce rapport s'écarte avec 15 % et 85 % en zone rurale (Vallet & Vrabie, 2018).

La partie du bassin appartenant au Raion de Hincesti est engagée dans un projet de construction d'un aqueduc à partir de la rivière Prut. Ce projet pourrait alimenter 100 % de la population de cette zone en eau potable, mais il ne fonctionne aujourd'hui qu'à 50 % de sa capacité à cause de la non-connexion des ménages au réseau, pour des raisons financières (Vallet & Vrabie, 2018).

Infrastructures d'assainissement

Seules quatre localités du bassin versant de la Nirnova possèdent un système d'assainissement collectif qui se caractérise par un réseau de récupération des eaux usées, mais qui n'est pas toujours relié à une station d'épuration. Les villages ne bénéficiant pas de système d'assainissement collectif rejettent leurs eaux usées dans des fosses non étanches. Quelques ménages possèdent des fosses bétonnées qui sont vidées régulièrement par une compagnie spécialisée et basée à Nisporeni, mais il est difficile de connaître le nombre de fosses sur le bassin.

Gestion des services

Plusieurs systèmes de gestion existent dans les villages du bassin versant :

- Des associations publiques des usagers,
- Des entreprises publiques,
- Une entreprise privée (société par actions) : Apa Canal Nisporeni.

Ces systèmes gèrent l'aspect technique et financier du fonctionnement du service. Cependant, particulièrement dans le cas des associations, le prix de l'eau ne couvre que le salaire des employés à cause du taux élevé de non-paiement, et la mairie prend en charge les coûts de maintenance. Un taux élevé de non-paiement élevé est généralement dû à la mauvaise qualité de l'eau distribuée (Vallet & Vrabie, 2018).

2.3 Cadre légal et institutionnel

2.3.1 Législation Européenne et Stratégies moldaves

Selon l'Article 87 de l'*accord d'Association avec l'UE* passé entre la Moldavie et l'Union Européenne le 27 juin 2014 et entré en vigueur le 1^{er} juillet 2016, la législation moldave doit s'adapter aux exigences européennes, notamment en matière de protection, préservation, amélioration et réhabilitation de l'environnement, mais également pour un usage durable et viable des ressources naturelles (Union européenne, 2014).

De nombreuses directives européennes sur l'eau doivent donc être appliquées au territoire de la Moldavie, dont :

- La Directive 2000/60/CE, pour un cadre politique pour la gestion de l'eau et le maintien de la qualité,
- La Directive 91/271/CEE, sur la démarche de traitement des eaux usées urbaines,
- La Directive 98/83/CE, sur les attentes en termes de qualité de l'eau pour la consommation humaine,
- La Directive 91/676/CEE, sur la protection des masses d'eau contre la pollution agricole (nitrates).

Afin de respecter et de mettre en œuvre ces directives, la Moldavie se doit d'adopter la législation nationale les concernant, et de désigner des autorités compétentes à leur gestion.

Suite à la signature de cet accord, la Moldavie a défini, entre autres, trois Stratégies Nationales que sont la Stratégie de Développement National (2020), la Stratégie Alimentation en Eau et Assainissement (2014-2028) et la Stratégie Environnementale Nationale (2014-2023).

Cette dernière a comme objectif spécifique d'assurer l'accès à l'eau potable pour 80% de la population, et l'accès à l'assainissement pour 65% de la population, d'ici 2023. Cet objectif concerne particulièrement la population rurale, qui correspond à 55% de la population du pays (Verbeeck, 2016).

La Stratégie Alimentation en Eau et Assainissement permet quant à elle la répartition du budget entre les extensions de réseaux et la construction ou réhabilitation des stations d'eau potable et usée. Elle promeut également la régionalisation des services afin de réduire les coûts de fonctionnement et de gestion.

2.3.2 Contexte politique en Moldavie

Détail du contexte politique actuel

En 2016, les élections présidentielles installent M. Igor Dodon à la présidence du pays, menant au pouvoir le Parti Socialiste délibérément pro-russe ; M. Dodon ayant basé son mandat notamment sur la dénonciation de l'accord d'Association avec l'UE de 2014. De 2016 à 2019 le parlement était alors majoritairement composé de socialistes et de démocrates.

La situation politique s'est révélée instable pendant la période du 24 février 2019 au 14 juin 2019. En effet, les élections législatives du 24 février 2019 n'ont abouti à aucune majorité entre les partis Socialiste, Démocrate et ACUM.

Après de longues négociations et contre toutes attentes, une coalition entre le Parti Socialiste (pro-russe) et le Parti ACUM (pro-européen) a été décidée par le président et votée le 9 juin 2019. Cette coalition a été soutenue et approuvée par la sphère internationale représentée par l'Union Européenne, la Russie et les États-Unis. Cependant, elle a été contestée par les démocrates, soutenus par la Cour Constitutionnelle.

Devant le refus de M. Dodon à signer le décret de dissolution du parlement, la Cour Constitutionnelle a destitué temporairement le président M. Dodon de ses pouvoirs et a proclamé comme président

intermédiaire l'ancien premier ministre M. Pavel Filip, membre du Parti Démocrate. Celui-ci a alors annoncé des élections législatives et présidentielles anticipées.

La situation a alors engendré une dualité du pouvoir et des accusations de coup d'État envers le président du Parti Démocrate M. Vlad Plahotniuc. Cependant, le 14 juin, M. Filip s'est retiré du pouvoir tout en souhaitant maintenir les élections anticipées. Le nouveau gouvernement, issu de la coalition entre le Parti Socialiste et le Parti ACUM a donc pu prendre ses fonctions à la tête de la Moldavie.

Impact du contexte politique sur le projet

De manière générale, les projets dépendent de la situation politique du pays. Le projet engagé par Solidarité Eau Europe en dépend plus particulièrement de par son ambition d'appuyer la gouvernance locale et la gestion décentralisée des ressources en eau, au niveau législatif.

2.3.3 Constitution de l'Association des maires du bassin de la Nirnova

Au cours de l'année 2018-2019, un cadre de concertation a été progressivement installé à travers la constitution de l'Association des maires. Cette ADC, Association de Développement Communautaire, a pour but de favoriser la gouvernance de l'eau en décentralisant le pouvoir décisionnel. Cette association s'inscrirait dans un système de gestion articulée et serait en mesure de se poser en maître d'ouvrage d'alimentation en eau potable d'assainissement, elle permettrait de considérer le bassin comme un ensemble, où les communes travaillent pour un objectif commun.

La réunion constitutive de l'Association a eu lieu le 24 avril 2019, au Conseil Raional de Nisporeni. Cette réunion a permis de réunir les présidents de Raions ainsi que les maires de chaque commune afin de délibérer de la constitution du bureau de l'Association. Des acteurs de l'eau français et moldaves étaient également présents pour discuter du plan d'action de l'Association.

Le contexte législatif actuel ne permettant pas l'enregistrement de ce type d'Association, des démarches en ce sens devront être entreprises par le bureau de l'Association et les représentants du projet de Solidarité Eau Europe, notamment via l'appui à la création d'une loi.

2.4 Objectifs de l'étude et problématiques abordées

2.4.1 Dans une perspective de Schéma directeur

Solidarité Eau Europe est soutenue par le projet de Plan de gestion du Bassin du Prut par EUWI+ pour la réalisation d'un Schéma Directeur d'Eau Potable et d'Assainissement, afin d'aboutir à des solutions concrètes qui respectent leurs objectifs environnementaux sur la préservation des masses d'eau.

Le projet EUWI+ consiste en une coopération de 4 partenaires européens, l'OIEau, l'Agence Autrichienne de l'environnement, l'OCDE et la Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies. Ces acteurs apportent une assistance technique et un jumelage institutionnel à 6 pays de l'Europe de l'Est afin que ceux-ci améliorent leur gestion des ressources en eau, intégrant la notion de bassin, renforcent leurs compétences dans le domaine et acquièrent des outils de communication adaptés.

Afin de participer à la réalisation du Schéma Directeur d'Eau Potable et d'Assainissement sur le bassin versant de la Nirnova, les objectifs principaux sont les suivants :

- Faire l'analyse critique des données disponibles et renforcer les données par la réalisation d'enquêtes de terrain,

- Regrouper les villages en « clusters » et choisir une zone à étudier.

Sur la zone choisie :

- Faire une analyse complète de la situation et mettre à jour les données,
- Proposer des solutions d'eau potable et d'assainissement sur la zone, à court, moyen et long terme, et dégager une situation prioritaire à dimensionner,
- Proposer un programme d'action détaillant le phasage et la répartition des coûts du projet,
- Impliquer les autorités locales dans le projet, tenir compte de leur connaissance du terrain et des besoins,
- Impliquer la population dans l'étude : questionnaires, collecte de données...

2.4.2 Données disponibles

Recensement des données et étude de la fiabilité

De nombreuses études ont déjà été menées dans le bassin versant de la Nirnova. Il est donc important de prendre en compte les données qui y sont disponibles, tout en gardant un regard critique sur celles-ci.

Un document de stratégie de collecte des données est rédigé afin de servir de référence pour le bassin de la Nirnova. Il contient :

- L'analyse globale et détaillée de la fiabilité des données des précédentes études, d'après les critères détaillés en Annexe 2 ;
- La liste des données manquantes et utiles, avec une précision sur leur propension à varier ;
- La liste des institutions à consulter pour obtenir des données sur le territoire de la Moldavie, ainsi que les données dont ils disposent ;
- Les données qu'il est possible de récolter sur le terrain, par des mesures ou des questionnaires.

Certaines données disponibles sont incorrectes et/ou ont une importante propension à varier, elles nécessitent donc une remise à jour régulière.

Les données disponibles sur le contexte socio-économique sont très peu détaillées et aucune étude de la situation environnementale sur le bassin n'a été menée jusqu'à présent.

Catalogue des métadonnées

Un catalogue des métadonnées est disponible sous la forme de « Fiches village », et les informations concernent :

- Les données démographiques et socio-économiques,
- Les sources d'eau disponibles,
- Le système de distribution de l'eau,
- Le système d'assainissement,
- Les autres usagers (établissements scolaires, mairie, centre de santé),
- Une vision globale sur chaque commune.

L'Annexe 3 montre le détail des informations renseignées par ces fiches et listées ci-dessus.

Système d'information géographique

De plus, un document SIG a été commencé en 2017 par les stagiaires alors en poste. Les informations utiles et disponibles sont listées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Données géographiques disponibles dans le SIG, sur le bassin de la Nimova, Moldavie

Frontières administratives	Institutions publiques	Ressource en eau	Infrastructures d'assainissement	Infrastructures d'eau potable
Frontières communales	Mairies	Captages d'eau de surface	Réseau d'eau usée	Réseau d'eau potable
Villes et villages étudiés	Établissements scolaires	Captages d'eau souterraine	Stations d'épuration des eaux usées	Réservoirs d'eau
	Centres de santé		Stations de pompage	Stations de traitement d'eau potable
			Fosses septiques	Stations de pompage

3 Étude de l'environnement de la zone amont

3.1 Localisation précise de l'étude

Le regroupement des villages en « clusters » permettra à l'Association des maires de recevoir des subventions nationales et internationales pour des projets de grande ampleur, avec un plus grand nombre de bénéficiaires. Cette partie permet de déterminer les limites du « cluster » sur lequel vont se concentrer les différentes études, afin d'aller à minima jusqu'au dimensionnement d'une des solutions proposées dans le cadre de mon Travail de Fin d'Études.

Dans un premier temps, le Raion de Hincesti a été mis de côté car les villages vont y bénéficier du projet de construction d'un Aqueduc à partir de la rivière du Prut.

C'est la zone amont, représentée en Figure 2, qui a été retenue non seulement parce qu'elle a l'avantage d'être isolée du reste du bassin, ce qui facilite la séparation du travail avec le consultant et donc l'intégration de notre étude au schéma directeur, mais également d'après les critères de sélection suivants :

- ❖ Localisation de la zone
 - Choix de se concentrer sur la zone amont, afin d'agir directement à la source.
- ❖ Problèmes principaux rencontrés
 - La zone choisie permet de travailler en lien avec les deux thématiques : eau et assainissement.
- ❖ Projets en cours et futures
 - Choix de travailler dans une zone où des projets concrets ne sont pas encore mis en place, ou ne sont pas sérieusement envisagés (exemple contraire : Aqueduc du Prut, projets engagés par SEE à Cateleni et Nemteni...).
- ❖ Organisation du territoire
 - La zone choisie permet des regroupements évidents de villages, par leur disposition et/ou par la présence routes permettant de faire un lien direct ;
 - La pente disponible permet d'envisager des solutions intéressantes.

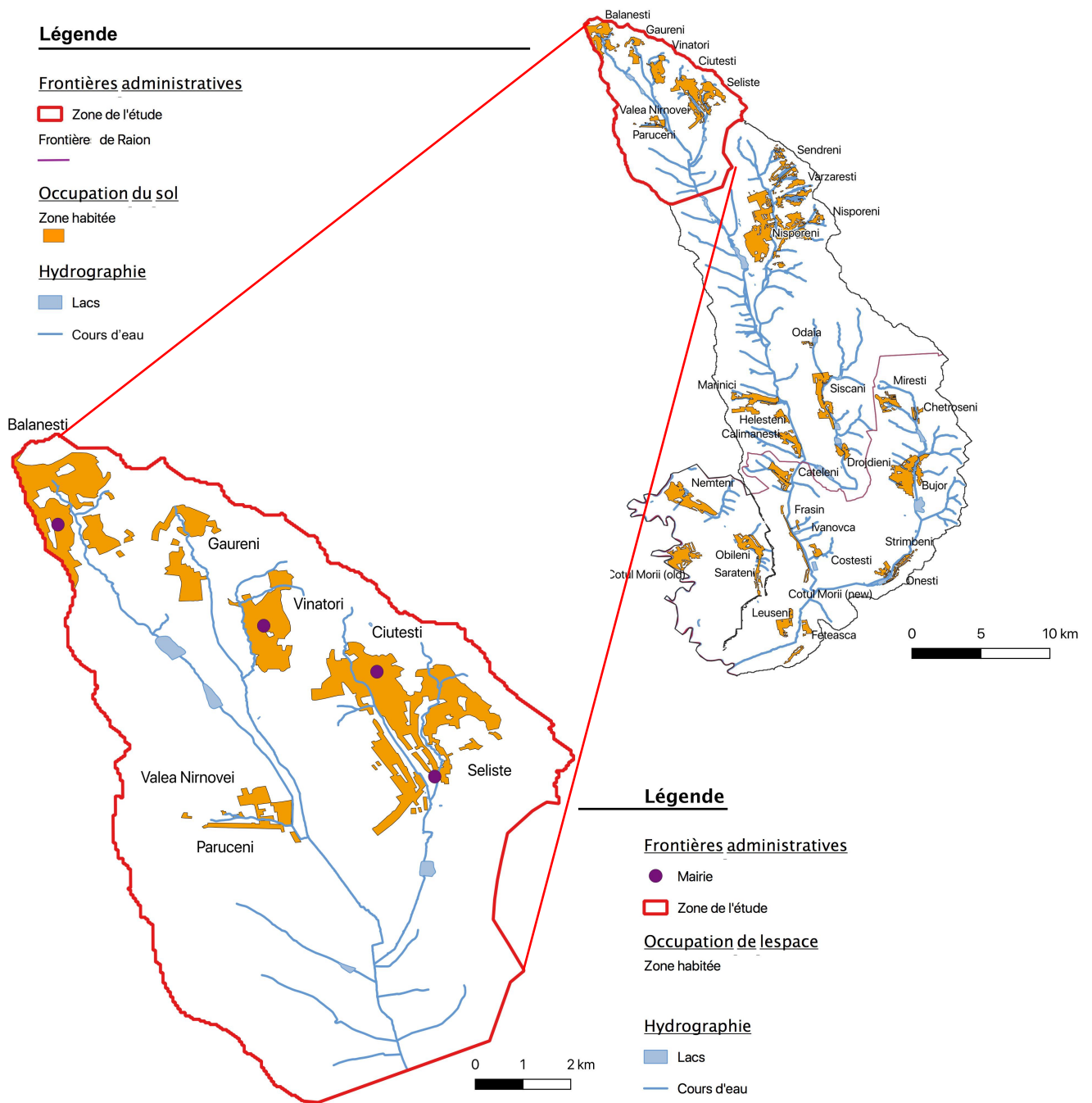


Figure 2 : Localisation et représentation de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie

3.2 Étude de la situation environnementale

Cette partie a pour objectif de dégager les principaux aspects environnementaux à prendre en compte afin d'évaluer les possibilités d'implantation d'infrastructures d'eau et d'assainissement. L'étude de la situation environnementale résume le travail de recherche effectué par l'autre stagiaire de l'équipe.

3.2.1 Ressource en eau

La ressource en eau de surface dans la zone d'étude provient principalement de la rivière Nirnova. Celle-ci est surtout alimentée par la fonte des neiges et les pluies au printemps, mais le débit diminue

drastiquement au cours de l'été, par évaporation et par utilisation pour l'irrigation. Le débit moyen le plus élevé de la Nirnova est enregistré au mois de juin, et est d'environ 124-127 m³/s (Anuarul Inspekția Ecologică Nisporeni, 2016). Il n'existe aucun lac artificiel sur la zone, et très peu de lacs naturels. Ces derniers sont petits, ils ne sont ni exploités ni entretenus, et la plupart d'entre eux sont envasés.

La ressource en eau souterraine dans la zone provient du bassin Danube-Mer Noire. L'eau présente une salinité naturelle élevée dû à la présence de sédiments d'origine marine. Un prétraitement est généralement nécessaire pour l'utilisation de cette eau à des fins de consommation. Sur l'ensemble de la Moldavie, 33 puits d'observation sont présents, mais aucun d'entre eux n'est situé sur notre zone d'étude. Aucun suivi piézométrique n'a donc été possible.

3.2.2 Caractéristiques du terrain

Cette étude est appréhendée par des cartes provenant de bases de données nationales (National geospatial fund, 2019). Compte tenu du contexte et des moyens de l'étude, aucun essai de terrain n'a pu être expérimenté.

CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE

La zone étudiée se situe sur des reliefs de faible altitude et à faible pente, comme le montre la carte en Annexe 4. Le point culminant du pays se situe au Nord-Est du village de Bălănești, à presque 429 m d'altitude.

La surface de la zone choisie est de 81 km². Les 4 communes dont 7 villages sont à 16 km en moyenne de Nisporeni, la capitale du Raion, et à 81,5 km en moyenne de Chisinau, la capitale du pays.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le sol de la zone d'étude est composé d'une large épaisseur de tchernoziom, sol très fertile par sa forte concentration en humus, en phosphore et en azote, et permettant une grande réserve utile d'eau par sa composition plutôt argileuse et sa texture poreuse. La zone possède également des parcelles de sol endommagé, comme le montre la carte en Annexe 6, et la détérioration est majoritairement dû à une production agricole ancienne, aujourd'hui à l'état de friches. Enfin, un sol alluvial est aussi présent, composé de sédiments minéraux, également argileux et poreux ce qui rend propice la formation de nappes phréatiques de faible profondeur. La circulation de l'eau y est souvent rapide, et par conséquent celle des polluants l'est aussi.

Sur l'ensemble de la zone, et comme le montre la carte en Annexe 5, le sol est principalement limoneux-argileux et limoneux, ce qui traduit une perméabilité moyenne.

Faute de documents sur la géologie du terrain, il n'a pas été possible de tirer des conclusions sur les failles et le pendage présent de la zone. Cependant ces informations sont essentielles pour connaître les risques d'infiltration des polluants.

CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Deux types d'aquifère sont présents dans la zone d'étude (Bacal, et al., 2019) :

- Aquifère Badénien-Sarmatien : sédiments calcaires intercalés de couches de sable fin, parfois d'argiles et de marnes, aquifère le plus important pour l'alimentation en eau centralisée ;
- Aquifère Holocène-Alluvial : sédiments de sable, de gravier et de terre sableuse, comporte 30 % des réserves en eau de la région.

3.2.3 Environnement

POLLUTION DOMESTIQUE

Les pollutions provoquées par les ménages sont principalement dues au rejet des eaux usées et des déchets solides directement en milieu naturel. Le détail des polluants générés par les ménages est listé dans le tableau en Annexe 7.

POLLUTION INDUSTRIELLE

L'agriculture et l'élevage sont très répandus en zone rurale et ces activités représentent des risques importants de pollution des sols, puis des nappes phréatiques. D'autres activités économiques comme les stations essence et les industries de transformation alimentaires sont présentes et génèrent des risques de pollution. Le détail des polluants générés par les activités industrielles est listé dans le tableau en Annexe 8.

3.2.4 Conclusion

La Moldavie en général possède une réserve importante d'eau, et la texture et le type de sol de la zone d'étude favorisent la rétention de cette eau. Cependant, le sol étant relativement perméable et la pente plutôt faible, la « vulnérabilité intrinsèque » de la zone peut être considérée élevée et les eaux souterraines sont donc soumises à l'impact des activités anthropiques. Afin de confirmer cette hypothèse, il serait nécessaire de connaître l'épaisseur de la zone non saturée (Dörfliger & Plagnes, 2009).

Les activités anthropiques de la zone se résument à la présence des ménages et à quelques activités industrielles dont l'agriculture et l'élevage majoritairement. Les contaminants générés par ces activités constituent une pression sur l'aquifère, ce qui augmente la « vulnérabilité spécifique » de celui-ci (Dörfliger & Plagnes, 2009).

3.3 Carte de vulnérabilité naturelle du terrain et des risques de pollution

Dans cette partie, la « vulnérabilité de la ressource » est étudiée, de façon à localiser les zones d'infiltration préférentielle vers la surface de l'eau souterraine.

La « vulnérabilité de la source » est également étudiée, afin de caractériser le risque encouru par les captages existants (Dörfliger & Plagnes, 2009).

3.3.1 Méthodologie de conception de la carte, avec SIG

La méthode globale de conception de la carte de vulnérabilité a été adaptée au contexte de l'étude comme schématisé en Figure 3.

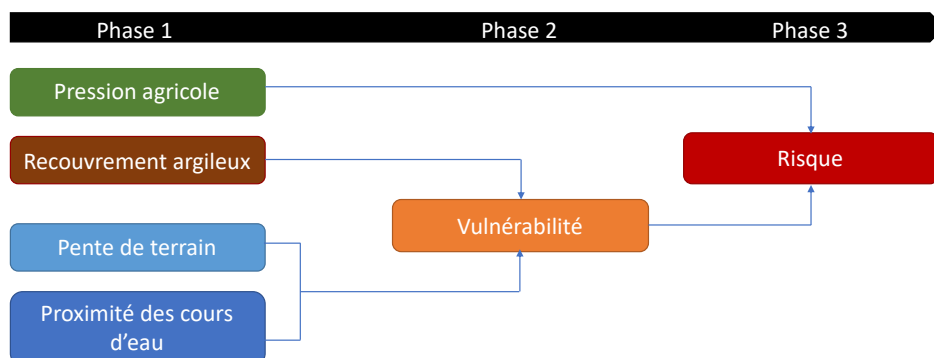


Figure 3 : Méthodologie de conception d'une carte de vulnérabilité

Phase 0

La préparation du projet sur Qgis consiste à choisir une zone de réalisation de la carte de vulnérabilité et à y créer une grille. Dans le cas présent, la zone délimite la zone amont du bassin versant et la grille est prise de dimension 250x250 m. En effet, la zone étant petite et les villages de petite taille, la dimension des cases doit être minimale pour augmenter la précision.

Phase 1

PRESSION AGRICOLE

Un coefficient de pression agricole est attribué à chaque case de la grille. Il est calculé à partir de l'Équation 1 et les valeurs obtenues sont classées dans le Tableau 3.

$$\text{Coefficient de pression agricole} = \%_{ZA} + \%_{VV} + \frac{1}{2}\%_{ZM} \quad (1)$$

Avec :

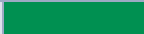



$\%_{ZA}$, la proportion de zone agricole sur la surface totale de la case ;

$\%_{VV}$, la proportion de vignes et vergers sur la surface totale de la case ;

$\%_{ZM}$, la proportion de zone mixte sur la surface totale de la case.

Les Zones Agricoles sont des territoires agricoles sur lesquels existent des constructions, comme des fermes par exemple. Les Vignes et Vergers sont des zones sur lesquelles ne sont cultivés que vignes et vergers exclusivement. Les Zones Mixtes représentent les zones agricoles hétérogènes, sur lesquelles l'activité agricole existe mais est répartie en des systèmes culturaux et parcellaires complexes, soient les zones possédant des surfaces agricoles mais également des espaces naturels (Commissariat général au développement durable, 2009).

Tableau 3 : Classification des coefficients de pression agricole et représentation cartographique

Valeur du coefficient de pression agricole	Classification	Couleur attribuée
75 – 100 %	Pression élevée	
50 – 75 %	Pression moyennement élevée	
25 – 50 %	Pression moyennement faible	
0 – 25 %	Pression faible	

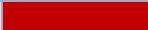


RECOUVREMENT ARGILEUX

Les différentes textures de sol sont regroupées en deux catégories, comme le montre le Tableau 4, et les proportions surfaciques de texture argileuse sont classées dans le Tableau 5. La carte obtenue est représentée en Figure 4.

Tableau 4 : Répartition des textures de sol dans les deux catégories : « Argileux » et « Non argileux »

Catégories	Texture du sol
Argileux	Argilo-limoneux ; Argileux moyen et fin ; Limoneux-argileux
Non argileux	Limoneux-sableux ; Limoneux ; Sableux-limoneux et sableux







Tableau 5 : Classification de la vulnérabilité par rapport à la texture du sol, et représentation cartographique

Proportion surfacique de texture de catégorie « Argileux »	Classification	Couleur attribuée
0 %	Vulnérabilité élevée	
< 50 %	Vulnérabilité moyenne	
> 50 %	Vulnérabilité faible	

Légende

Occupation du sol Vulnérabilité et Risque

Hydrographie Texture du sol

-  Lacs
-  Cours d'eau
-  Vulnérabilité faible
-  Vulnérabilité moyenne
-  Vulnérabilité élevée
-  Autre

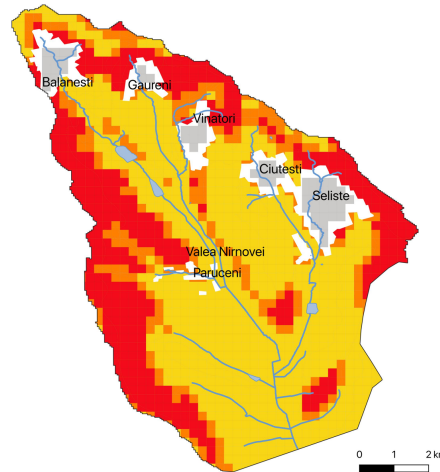







Figure 4 : Carte de la vulnérabilité du terrain par rapport à la texture du sol

PENTE DE TERRAIN ET PROXIMITE DES COURS D'EAU

La pente de terrain est déterminée à l'aide l'outil GRASS, à partir de la couche représentant l'élévation. La pente moyenne de terrain dans chaque case a été classifiée grâce à la méthode PaPRIKA (Dörfliger & Plagnes, 2009), comme le montre le Tableau 6 et la carte en Figure 5.

Tableau 6 : Classification de la vulnérabilité par rapport à la pente et à la proximité des cours d'eau

Classe	Valeur de la pente de terrain	Classification	Couleur attribuée
I_0	> 50 %	Vulnérabilité très faible	
I_1	15 – 50 %	Vulnérabilité faible	
I_2	5 – 15 %	Vulnérabilité moyenne	
I_3	0 – 5 %	Vulnérabilité élevée	
I_4	Proximité d'un cours d'eau	Vulnérabilité élevée	

Légende

Occupation du sol Vulnérabilité et Risque

Hydrographie

-  Lacs
-  Cours d'eau
-  Vulnérabilité faible
-  Vulnérabilité moyenne
-  Vulnérabilité élevée

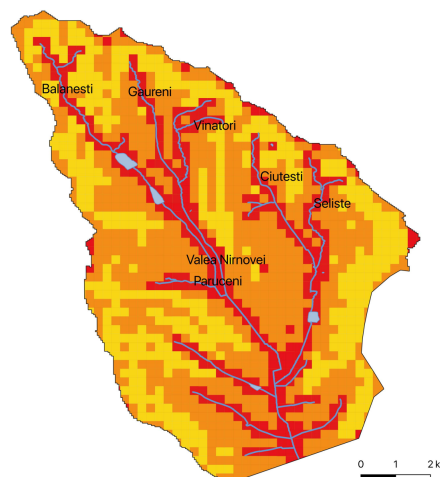


Figure 5 : Carte de la vulnérabilité du terrain par rapport à la pente et la proximité des cours d'eau

3.3.2 Carte de vulnérabilité du terrain

Phase 2

Afin de déterminer la vulnérabilité naturelle du terrain, les informations concernant la texture du sol, la pente de terrain et la proximité des cours d'eau sont croisées et regroupées en une même couche comme l'indique le Tableau 7.



Tableau 7 : Classification de la vulnérabilité du terrain selon le type de sol, la pente naturelle, la proximité des cours d'eau

Vulnérabilité	I_4	I_3	I_2	I_1	I_0
Argileux	-	Moyenne	Faible	Faible	Faible
Couleur attribuée					
Non Argileux (Proportion < 50 %)	Élevée	Élevée	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Couleur attribuée					
Non Argileux (Proportion 0 %)	Élevée	Élevée	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Couleur attribuée					

Légende





Occupation du sol

Hydrographie

-  Lacs
-  Cours d'eau

Vulnérabilité et Risque

Vulnérabilité

-  Vulnérabilité faible
-  Vulnérabilité moyenne
-  Vulnérabilité élevée
-  Autre

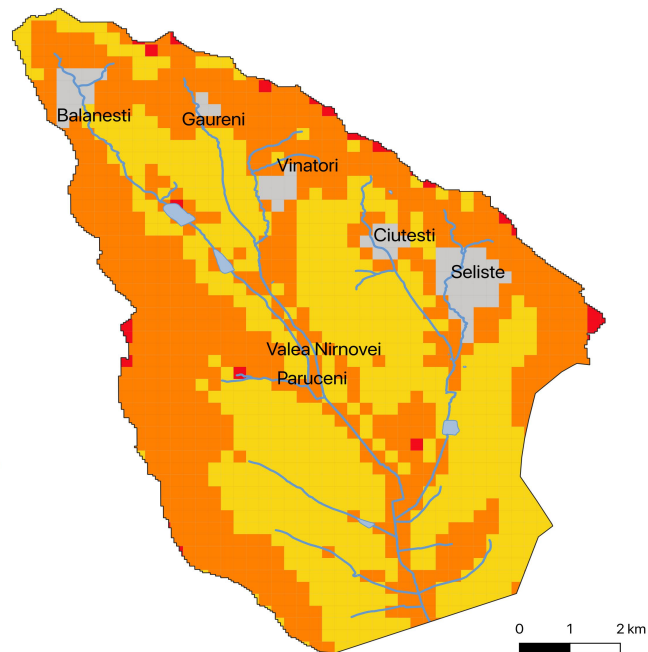


Figure 6 : Carte de la vulnérabilité du terrain par selon le type de sol, la pente naturelle et la proximité des cours d'eau

On constate que les cartes en Figure 4 et 5 sont inversées en leurs extrêmes. Les zones à vulnérabilité élevée en Figure 4 seront à vulnérabilité faible en Figure 5, et inversement. On peut citer l'exemple des cours d'eau, dont le sol argileux balance la vulnérabilité. C'est pourquoi la carte finale de vulnérabilité, en Figure 6, montre une vulnérabilité globale relativement modérée.

3.3.3 Sources potentielles de pollution

Phase 3

Afin de déterminer le risque présent sur le terrain, les informations concernant la carte de vulnérabilité précédente et les informations sur la pression agricole sont croisées, regroupées et colorées comme l'indique le Tableau 8.

Tableau 8 : Classification du risque encouru sur le terrain par croisement de la vulnérabilité et de la pression agricole

Risque	Pression agricole			
	Faible	Moyennement faible	Moyennement élevée	Élevée
Vulnérabilité faible	Faible	Faible	Faible	Moyenne
Couleur attribuée				
Vulnérabilité moyenne	Faible	Moyenne	Moyenne	Élevée
Couleur attribuée				
Vulnérabilité élevée	Faible	Moyenne	Élevée	Élevée
Couleur attribuée				

La couche n'ayant pas montré les résultats escomptés, pour une raison inconnue, la pression agricole a été couplée à la vulnérabilité comme le montre la Figure 7, où les captages d'eau et les sources potentielles de pollution ont également été ajoutées.

Légende

Infrastructures AEPA

Eau de surface

- Sources captées
- Résurgence

Eau souterraine

Occupation du sol

- P Pollution

Hydrographie

- Lacs
- Cours d'eau

Vulnérabilité et Risque

Pression agricole

- ▨ Pression agricole élevée
- ▨ Pression agricole moyennement élevée
- ▨ Pression agricole moyennement faible
- ▨ Pression agricole faible

Vulnérabilité

- Vulnérabilité faible
- Vulnérabilité moyenne
- Vulnérabilité élevée
- Autre

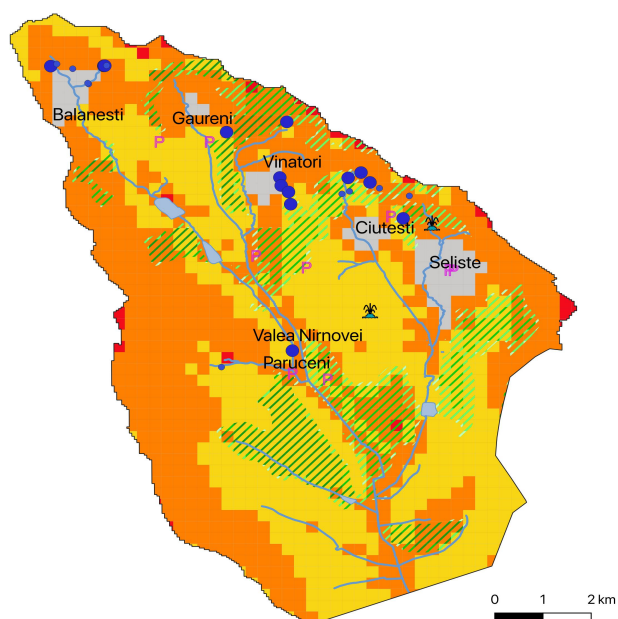


Figure 7 : Carte de risque du terrain, en fonction de la vulnérabilité naturelle et de la pression agricole exercée

On constate le recoupement des zones de pression agricole élevée avec les zones de vulnérabilité moyenne, notamment entre les villages de Găureni et Vinatori, et à l'aval des villages de Păruceni et Valea Nirnovei. De plus, la plupart des captages d'eau se situent dans des zones de vulnérabilité moyenne.

3.3.4 Conclusion

La carte de vulnérabilité permet de déterminer la propension à être pollués des points de prélèvement d'eau existants, et d'y établir les mesures préventives nécessaires.

La carte des risques permet de déterminer quelles sources potentielles de pollution doivent être davantage surveillées. En effet, si elles se trouvent au niveau d'un sol vulnérable, elles présentent un risque important d'infiltration.

Les cartes de vulnérabilité et de risque permettent de lier les connaissances du contexte environnemental à la réflexion de solutions pour l'amélioration de l'accès à l'eau potable.

4 Diagnostic socio-économique et technique de la zone

4.1 Méthodologie d'approche des populations locales, de leurs perceptions et de leurs besoins

Plusieurs visites de terrain ont été menées au cours du stage, afin d'aller à la rencontre de la population locale, de se rendre compte de la situation réelle et de prendre le temps d'évaluer les besoins des habitants.

4.1.1 Rédaction des questionnaires

Les questionnaires ayant été adressés à la mairie et aux écoles ont été rédigés de façon à mettre à jour les données déjà existantes, afin de leur montrer que l'enquête complète les précédentes études. Il a été considéré que les sondés ont l'habitude de ce type d'enquête, et moins de précautions quant à la stratégie de rédaction ont été prises.

Le questionnaire adressé aux ménages, et situé en Annexe 9, contient 47 questions au total. Il a été divisé en 5 parties, de façon à respecter au mieux la méthode de l'entonnoir. Le questionnaire commence donc par des questions générales sur le mode de vie, continue par des questions précises sur le système d'accès à l'eau potable et à l'assainissement, et chaque partie se termine par des questions personnelles sur la satisfaction, face au système par exemple (BPI France, 2019).

Afin de s'assurer de la compréhension des sondés et d'optimiser le nombre de réponses, les questions sont courtes et réparties telles que :

- ❖ 12 questions fermées à choix unique,
- ❖ 13 questions fermées à choix multiple,
- ❖ 22 questions ouvertes.

Les questions fermées ont l'avantage d'être rapides et simples pour l'interview et ensuite pour le traitement, mais les questions ouvertes permettent aux sondés de s'exprimer librement et d'expliquer plus précisément le fonctionnement de leurs systèmes d'alimentation, et leur satisfaction.

Les questions fermées à choix multiples, comme la question « 2.16. Si vous n'êtes pas connectés au réseau existant, pourquoi ? » qui proposait 7 choix de réponses, ont été bien comprises et les sondés ne se sont pas concentrés sur les premiers ou derniers choix de réponse faute de mémorisation.

Des questions dites de « contrôle » ont été glissées dans le questionnaire, afin de vérifier le sérieux des sondés.

Concernant la consommation en eau, les questions suivantes ont été posées :

- « 2.1. Vous êtes alimentés en eau par : »
- « 2.3. Quelle quantité d'eau estimez-vous consommer ? »
- « 2.9. Quelle source d'eau utilisez-vous pour quel usage ? »

Les réponses à ces trois questions devaient donc être cohérentes sur le type de système d'alimentation en eau potable utilisé.

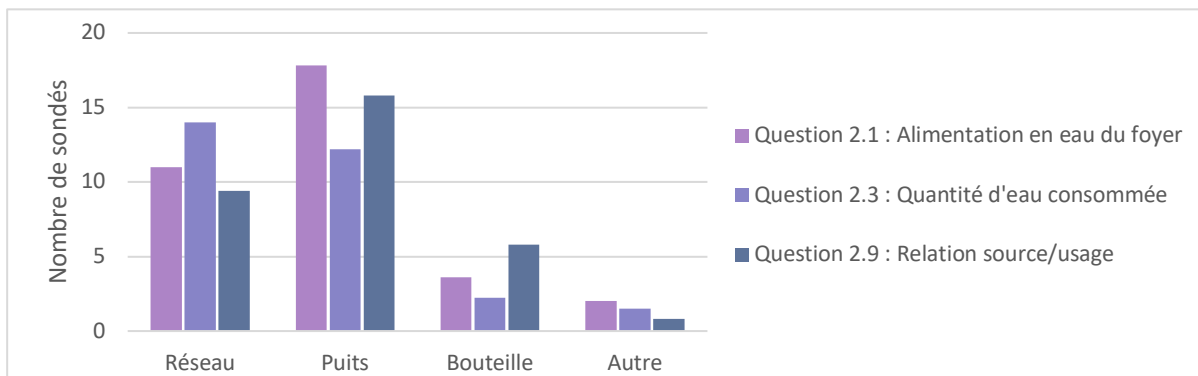


Figure 8 : Concordance des réponses aux questions 2.1, 2.3 et 2.9 sur le système d'alimentation en eau

La concordance des réponses concernant la consommation en eau a été relativement satisfaisante pour l'ensemble de la zone, où les 3 réponses, pour chaque type de système, atteignent à peu près le même nombre de sondés.

Certaines discordances peuvent être dues au fait que le sondé n'a tout simplement pas répondu à la question, sans pour autant que ses réponses aux autres questions soient fausses.

4.1.2 Statistiques d'échantillonnage pour les questionnaires

Les personnes à interroger ont été les maires, les responsables d'établissements scolaires et les ménages. Les statistiques d'échantillonnage ne concernent donc que les ménages.

La taille des villages étant petite et aucune liste exhaustive concernant le sexe, l'âge et la profession de la population n'étant disponible, aucune méthode d'échantillonnage n'a été préférée et les questionnaires ont été distribués au hasard dans le village. Un échantillonnage en grappe aurait pu être envisagé et les questionnaires auraient pu être distribués à des personnes au hasard dans des quartiers distincts par rapport à leur système d'alimentation en eau potable. Cependant, les questionnaires ont également été distribués par la mairie et par les établissements scolaires, et un échantillonnage en grappe aurait impliqué une organisation trop importante.

Au vu des moyens disponibles pour l'enquête, et du temps alloué, la marge d'erreur est choisie à 10% et le niveau de confiance à 90% (SurveyMonkey, 2019).

La taille de l'échantillon à interroger est donc déterminée par l'Équation 2 :

$$TE = \frac{Zscore^2 * p * (1 - p)}{(marge\ d'erreur)^2} \quad (2)$$

La population étant finie, il est nécessaire d'ajuster la taille de l'échantillon avec l'Équation 3 :

$$TE_{ajustée} = \frac{TE}{1 + \frac{TE - 1}{population}} \quad (3)$$

Avec :

TE , la Taille de l'Échantillon,

$Zscore$, le niveau de confiance, qui vaut 1,65 pour un niveau de confiance à 90%,

p , la prévalence, qui est estimée à 0,5 pour avoir une meilleure fiabilité.

La taille des échantillons pour chaque village et le nombre de questionnaires à distribuer ont été décidés en tenant compte du nombre d'habitants par ménage, comme le montre l'Annexe 10.

Compte tenu des moyens financiers disponibles, le taux de réponse a été estimé à la hausse, et les réponses aux questionnaires ont été très suivies, afin de distribuer le moins possible de questionnaires et d'en récupérer le plus possible.

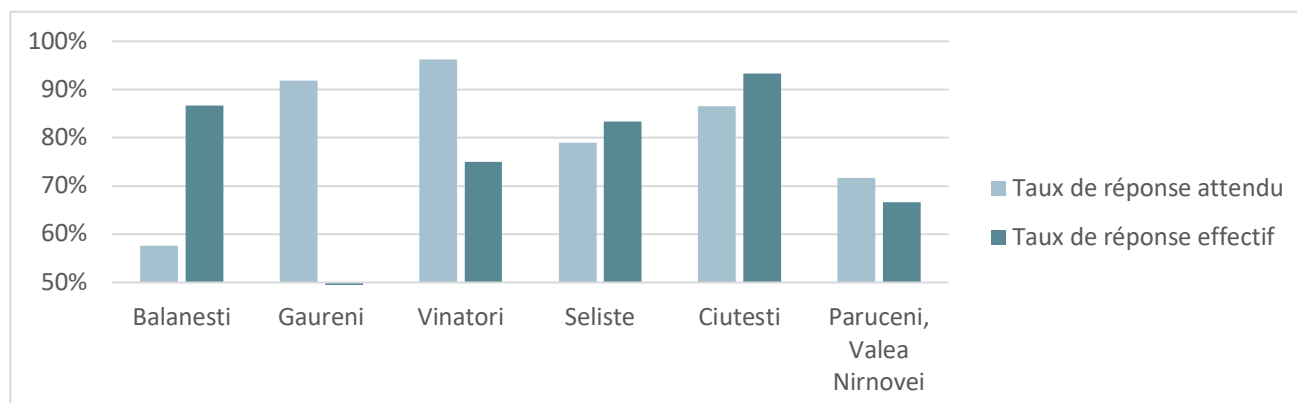


Figure 9 : Taux de réponse attendu et effectif aux questionnaires distribués en 2019 dans les villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie

D'après la Figure 9, le taux de réponse obtenu est plus élevé que celui attendu, car les équipes de terrain ont fortement insisté pour récupérer les questionnaires remplis, et ont participé aux interviews. Cependant, moins de 50 % de réponses ont été obtenues à Găureni, les résultats ne sont donc pas exploitables et aucune conclusion ne pourra être tirée sur ce village.

Compte tenu du nombre d'habitants par ménage réellement observé sur le terrain, et de la population réellement interrogée, la marge d'erreur effective est telle que dans le Tableau 9. Elle dépend du nombre de réponses obtenues aux questions, et se décline en 3 valeurs. La marge d'erreur minimale est applicable aux questions ayant obtenu le nombre maximal de réponse dans le questionnaire, et ainsi de suite.

Tableau 9 : Marge d'erreur effective obtenue pour les questionnaires distribués en 2019

	Bălănești	Vinatori	Seliște	Ciutesti	Păruceni, Valea Nirnovei
Minimale	8%	11%	9%	8%	9%
Moyenne	9%	12%	10%	9%	10%
Maximale	13%	25%	26%	18%	21%

Une marge d'erreur au-delà de 10 % est considérée comme importante, ce qui réduit la fiabilité des résultats, ceux-ci ne reflétant pas fidèlement la réalité. De plus, le niveau de confiance étant ici pris à 90 %, on ne peut être sûr qu'à 90% que le résultat se situe dans la marge d'erreur de la valeur issue du sondage, ce qui est considéré comme faible. Ce niveau de confiance est rarement utilisé dans les études (Van Dessel, 2019).

Pour le diagnostic socio-économique et l'état actuel de l'alimentation en eau potable et en assainissement, les résultats des questionnaires sont tout de même utilisés et les barres d'erreur minimales, moyennes ou maximales sont affichées sur les graphiques en fonction du nombre de réponses aux questions. En effet, bien que ces résultats ne soient pas d'une fiabilité tout à fait satisfaisante, ils sont les seuls disponibles à l'échelle de notre zone d'étude. Les autres données disponibles reflètent des situations générales en Moldavie et/ou locales dans d'autres régions. Or en Moldavie, la situation peut changer considérablement d'une région à l'autre.

Nous avons donc jugé préférable de nous appuyer sur les données des questionnaires, tout en leur attribuant la confiance qu'ils méritent, afin de dégager un aperçu global de la situation.

4.1.3 Déroulement de l'enquête

Une partie des questionnaires ont été remplis par le biais d'élèves des écoles de chaque village, ce qui a permis de les impliquer dans les problématiques d'accès à l'eau potable et à l'assainissement près de chez eux. Des professeurs et le directeur ou la directrice ont également participé à la distribution des questionnaires, permettant l'implication d'une personne de confiance pour les habitants.

La mairie a également distribué un certain nombre de questionnaires, faisant figure d'autorité, et témoignant du sérieux de l'étude.

L'équipe de SEE a elle aussi questionné et distribué des questionnaires, ce qui a permis d'expliquer les questions les plus compliquées aux habitants, et de s'assurer qu'aucune question n'a été oubliée. Cependant, le niveau de confiance accordé aux étrangers est plus faible, et il est préférable de se faire accompagner par une personnalité connue du village.

Deux stratégies ont également été vérifiées, le fait de laisser les habitants répondre eux-mêmes aux questionnaires, ou les interroger et noter leurs réponses. La première permet de laisser une certaine intimité aux répondants, et la seconde permet de s'assurer de la compréhension des questions et d'obtenir le degré de précision souhaité, ce qui peut se vérifier en Figure 10.

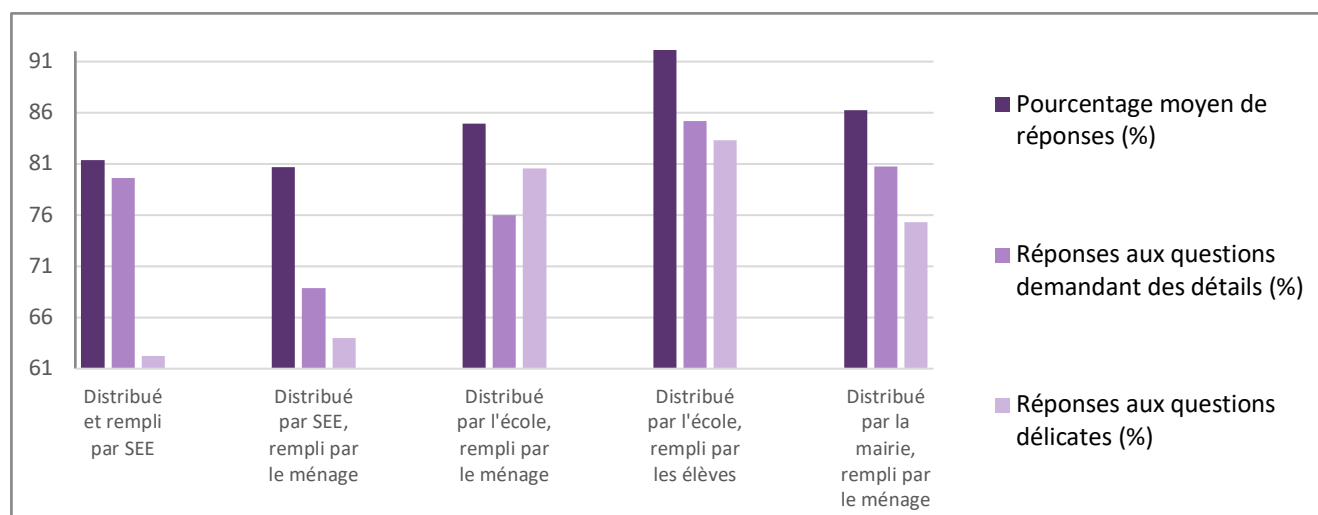


Figure 10 : Pourcentage de réponses aux questions en fonction de la méthode de sondage et du sondeur, pour les questionnaires distribués en 2019 dans les villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie

On constate en Figure 10 que les questionnaires ayant obtenu le plus de réponses sont ceux distribués par les élèves directement.

De plus, lorsque les ménages ont rempli les questionnaires avec l'aide de quelqu'un, soit de l'équipe de SEE soit des élèves, le pourcentage de réponse est plus élevé que lorsque les ménages les remplissent seuls.

Enfin, les questions délicates comme celles concernant le salaire et le prix prêt à payer pour l'alimentation en eau, ont obtenu significativement moins de réponses lorsque les questionnaires sont distribués par SEE. Ce qui vérifie la certaine méfiance des habitants envers des personnes extérieures au village, comme évoqué précédemment.

4.1.4 Entretiens

Des entretiens ont été réalisés avec les maires, les responsables des services AEPA et les techniciens. Afin d'obtenir des données fiables, les documents officiels concernant la situation d'alimentation en eau potable et en assainissement leur ont été demandés. L'Annexe 11 donne un aperçu de la liste des documents.

4.2 Étude socio-économique

Cette partie vise à obtenir une analyse approfondie du contexte socio-économique afin de rendre compte des besoins de la population, de la capacité économique à y répondre et de la perception sociale des habitants face à leur situation (Nang & Moutsinga, 2009).

4.2.1 Démographie et organisations sociales

4.2.1.1 Population : historique, démographie

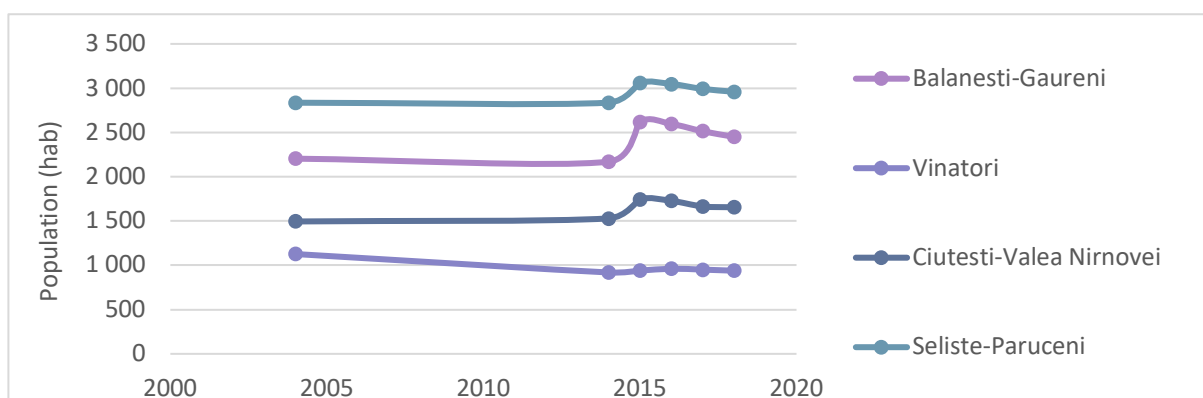


Figure 11 : Évolution de la population, de 2004 à 2019 dans les communes de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie), Source : Bureau National de Statistiques et Bureau de Statistiques de Nisporeni

D'après la Figure 11, l'évolution de la population dans la zone amont du bassin versant de la Nirnova suit une tendance décroissante depuis les 15 dernières années. Seule une augmentation de la population est remarquable en 2014. Cette tendance est vérifiée à l'échelle du pays, en milieu rural, en Figure 12.

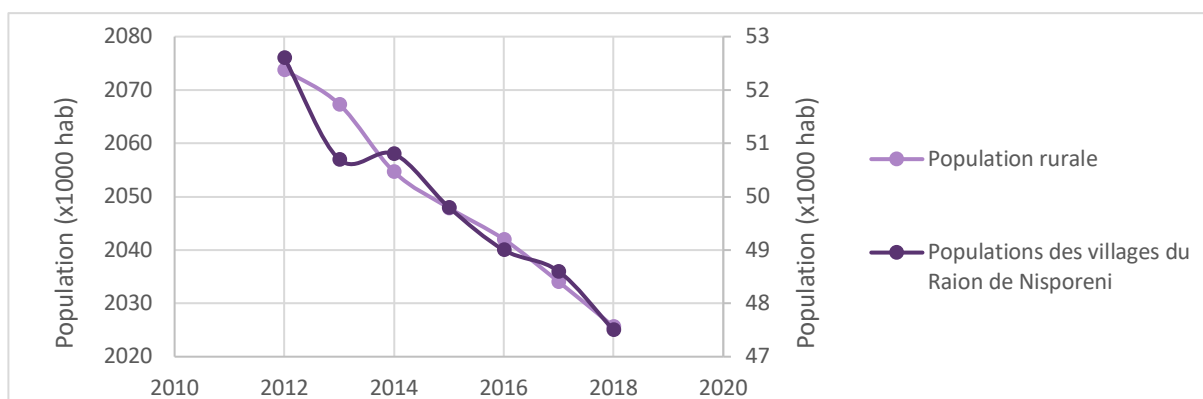


Figure 12 : Comparaison de l'évolution de la population rurale de Moldavie et de l'évolution de population des villages du Raion de Nisporeni, Source : Bureau National de Statistiques

Le nombre d'habitants par foyer dans la zone d'étude est en moyenne 3,5 en 2019, pour rappel, cette moyenne s'élève à environ 2,2 en France.

4.2.1.2 Organisation du village

La perception des habitants sur le fonctionnement du village a été questionnée et les résultats sont visibles dans la Figure 13, qui donne un aperçu sur le pourcentage d'habitants satisfaits.

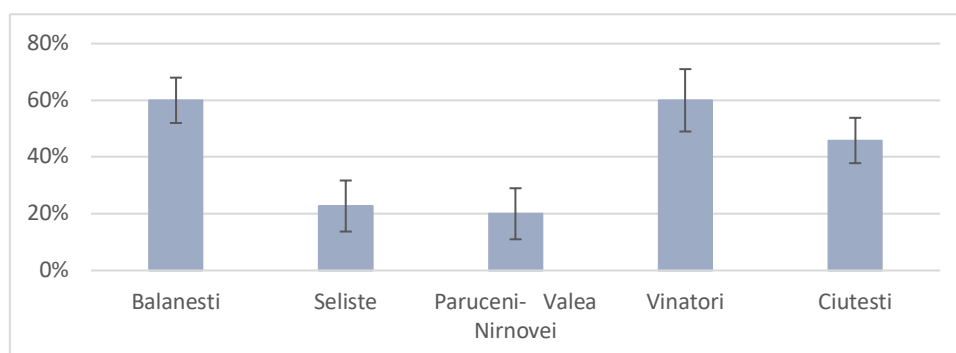


Figure 13 : Satisfaction des habitants au fonctionnement du village, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

La satisfaction des habitants au fonctionnement du village est particulièrement faible dans les villages de Seliște et Păruceni-Valea Nirnovei, Seliște et Păruceni appartenant à la même commune.

Dans tous les villages, les revendications principales sont l'accès à l'eau potable et à des égouts, la gestion des déchets, l'alimentation en gaz, l'état des routes et l'éclairage de celles-ci la nuit. Les coûts des services sont également évoqués à Seliște, de par une volonté de les faire diminuer. D'autres revendications concernent l'accès à des infrastructures sociales, telles qu'un centre de santé, une maison de la culture, des aires de repos et parcs d'amusement pour enfants. Enfin, l'administration et la prise d'initiative de la mairie sont critiquées à Bălănești, et à Vinatori, la mauvaise gestion de la ville et le manque de soutien à la population est reproché à la mairie.

4.2.2 Économie de la zone

4.2.2.1 Activités économiques

Dans les villages de la zone étudiée, les activités économiques sont surtout de l'ordre manuel, comme le montre la Figure 14. Les possibilités de développement économique sont très restreintes, et se concentrent principalement à Nisporeni, capitale du Raion.

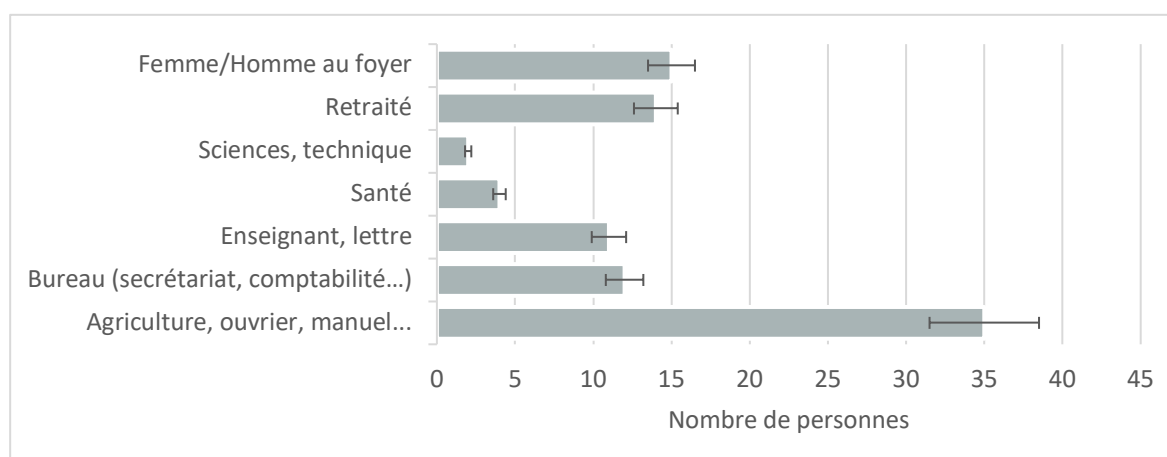


Figure 14 : Répertoire des différentes activités économiques, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

4.2.2.2 Agriculture, élevage et pêche

D'après les entretiens avec les maires, les activités agricoles sont principalement de petite envergure. En effet, 91% des habitants ont une récolte agricole personnelle sur leur terrain privé, et 79% d'entre eux ont des animaux d'élevage. Ces ressources sont principalement utilisées à titre personnel, comme le montre la Figure 15.

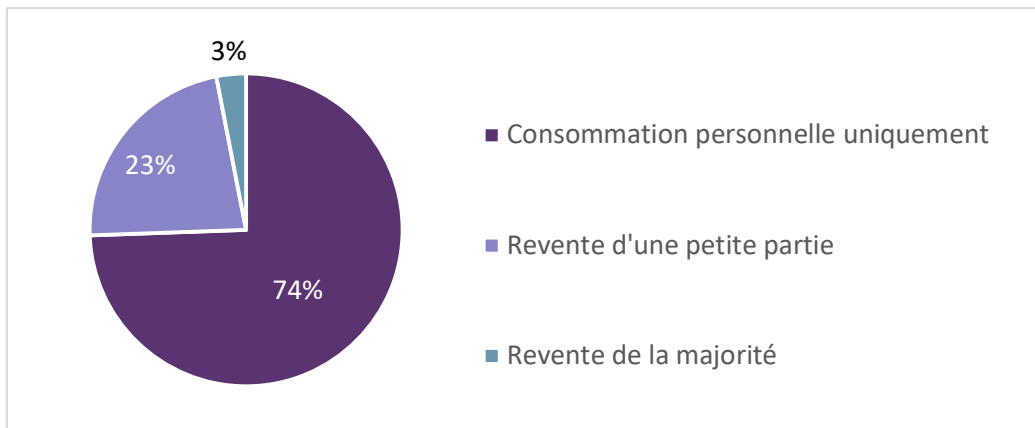


Figure 15 : Destination de la production alimentaire des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

4.2.3 Niveau de vie

4.2.3.1 Niveau biologique

D'après des entretiens avec le centre de santé principal à Nisporeni, des cas de maladies hydriques telles que l'hépatite A, la salmonelle et la diarrhée aiguë sont fréquemment recensées dans le bassin (Vallet & Vrabie, 2018). Cependant, les maires de Bălănești, Seliște, Ciutesti et Vinatori affirment, dans les questionnaires qui leur ont été distribués, que leurs villages n'ont pas été touchés par des maladies hydriques dans les 5 dernières années. Cette situation peut s'expliquer par la localisation amont des villages, ce qui favorise une pollution limitée de l'eau.

Le nombre de médecins permanents par habitant est de 1,75 pour 1000 habitants, répartis dans 3 centres de santé. La moyenne des pays de l'OCDE étant à 3,4 médecins pour 1000 habitants en 2017, on peut considérer que cette région de la Moldavie n'a pas un accès satisfaisant aux soins (OCDE, 2017).

4.2.3.2 Niveau économique

Dans les 7 villages concernés, le salaire moyen en 2019 varie entre 2800 MDL/mois à Seliște et 6000 MDL/mois à Bălănești, soit une moyenne de 4000 MDL/mois sur l'ensemble de la zone, ce qui représente 200€/mois.

Les revenus sont supposés provenir en partie de l'activité économique exercée, mais également des pensions versées par la famille. En effet, ces transferts d'argent représentaient 20,6% du PIB en 2017, en Moldavie.

Les dépenses des foyers de la zone amont sont réparties comme représenté en Figure 16, avec comme dépenses majeures la santé et l'enseignement.

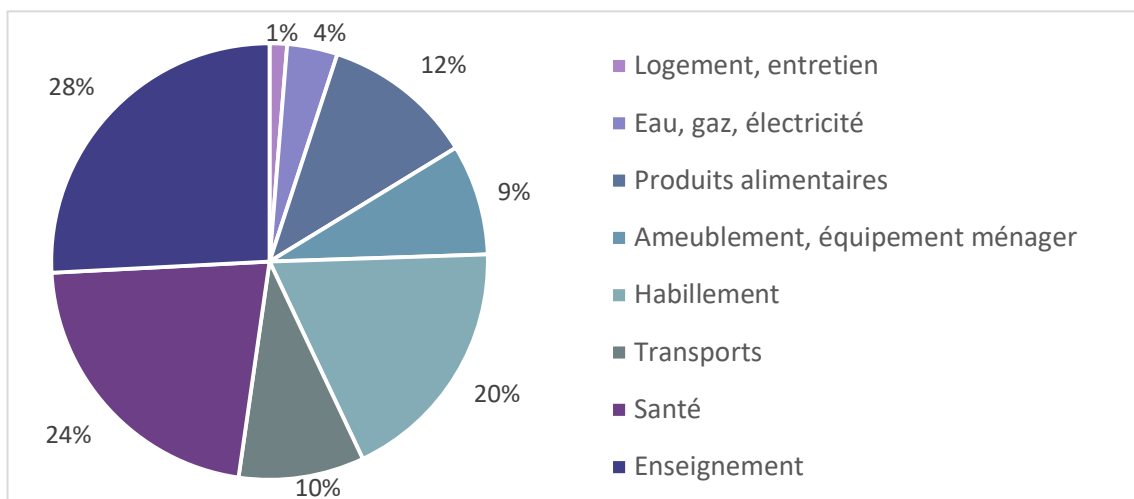


Figure 16 : Répartition des dépenses des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Seul 16 % du revenu est utilisé pour le logement, les services (eau, gaz, électricité) et l'alimentation. En effet, les habitants des villages bénéficient d'une grande autonomie du fait qu'ils sont tous propriétaires et ils possèdent leurs propres récoltes alimentaires pour la plupart. A titre de comparaison, un ménage français utilisait environ 40 % de son salaire pour ce type de dépenses en 2015 (INSEE, 2018).

En contrepartie, les dépenses pour la santé représentent 22 % du revenu. Ce taux relativement important peut s'expliquer par une population vieillissante en zone rurale, mais également par le fait que les soins sont très peu remboursés en Moldavie. En France, en 2015, un ménage utilisait 4,2 % de son revenu pour la santé (INSEE, 2018).

De plus, l'éducation représente ici 26 % du revenu, contre 0,9 % en France en 2015 (INSEE, 2018). Ce taux très élevé peut s'expliquer par le fait que les enfants sont soit envoyés en ville pour étudier, soit à l'étranger, ce qui représente un coût considérable pour un ménage moldave.

4.2.3.3 Niveau social

Les biens de consommation durables et fongibles permettent de catégoriser le niveau de vie des populations. La possession de tels biens dans la zone étudiée est représentée dans la Figure 17.

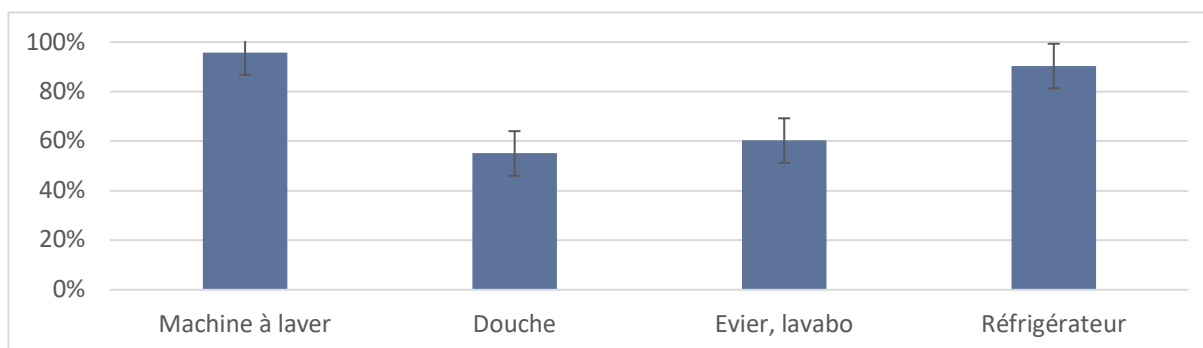


Figure 17 : Possession de biens durables de consommation, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Si la grande majorité des ménages possèdent une machine à laver et un réfrigérateur, encore peu d'entre eux possèdent une douche. De nombreux témoignages oraux ont également permis de réaliser que la mauvaise qualité de l'eau peut être un frein à l'utilisation de l'électroménager.

Le niveau de vie se calcule également à partir de l'Équation 4 (INSEE, 2016) :

$$\text{Niveau de Vie} = \frac{\text{Revenu annuel disponible par ménage}}{\text{Nombre d'unité de consommation}} \quad (4)$$

Avec :

1 uc pour le premier adulte compté dans le foyer

0,5 uc par personne de plus de 14 ans

0,3 uc par personne de moins de 14 ans

Le niveau de vie moyen sur la zone est de 34 322 MDL/an, ce qui correspond à 1 760€/an.

4.2.4 Projections futures

Afin d'appréhender l'évolution de la population dans la zone étudiée, les courbes de tendances sont tracées sur la Figure 11 qui montre l'évolution de la population dans la zone amont.

Au vu du peu de données disponibles entre 2004 et 2014, et de par l'augmentation importante de population en 2014, le coefficient de corrélation est très faible. Les courbes de tendances, visibles sur l'Annexe 12 sont en majorité croissantes, ce qui est contraire à l'évolution de la population dans le pays, reconnue comme décroissante.

Afin d'étudier des projections futures plus proches de la réalité, les courbes de tendances sont tracées sur la Figure 12 qui représente l'évolution de la population rurale et dans les villages du Raion de Nisporeni. L'Annexe 13 montre le tracé des courbes de tendance.

L'évolution de la population rurale en Moldavie est en effet décroissante, et particulièrement dans les villages du Raion de Nisporeni où le pourcentage d'évolution atteint -1,68%.

L'évolution de la population de la zone amont a donc été calculée à partir de ce pourcentage, et est représentée sur la Figure 19.

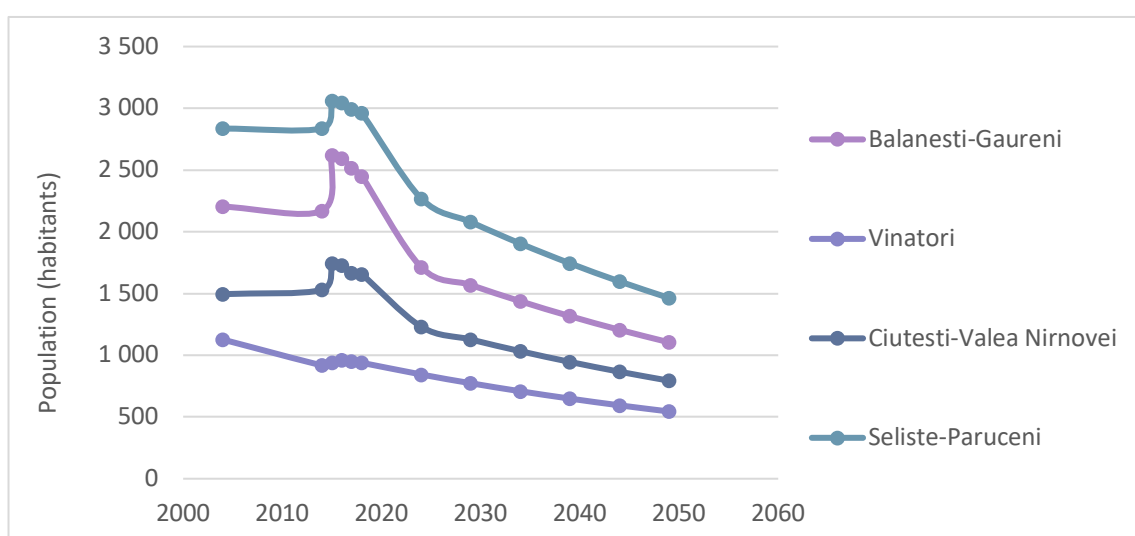


Figure 18 : Évolution de la population dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie)

La population suit en effet une évolution décroissante dans une perspective de 30 ans. On ne dispose pas d'assez d'information pour pouvoir imaginer et représenter des scénarios optimistes et pessimistes de l'évolution de la population.

4.3 État actuel des systèmes d'alimentation en eau potable d'assainissement, étude des besoins

4.3.1 Estimation de la consommation et des besoins

La consommation en eau dans les villages de la zone d'étude a été estimée par la population elle-même dans les questionnaires distribués en 2019. Le résultat de ces estimations est visible dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Consommation d'eau dans les villages (L/j/habitant), Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	Bălănești	Seliște	Păruceni – Valea Nirnovei	Vinatori	Ciutesti
Consommation en eau (L/jour/habitant)	49,9	51,5	55,8	73,8	52,8

La consommation en eau moyenne sur l'ensemble des villages est de 56,8 L/jour/habitant. Cette valeur ne vérifie pas les 36,7 L/jour/habitant déterminés par le projet ApaSan, mais il est important de prendre en compte que la consommation en eau dépend de :

- La présence ou non d'infrastructures d'eau centralisées (Amos, 2019),
- La présence ou non d'un système de facturation (Hoffman & Du Plessis, 2013).

Le rapport publié par la GIZ indique quant à lui une consommation de 50 L/jour/habitant en milieu rural, ce qui se rapproche mieux de la donnée obtenue dans les questionnaires, sur laquelle les études suivantes vont se baser (Burciu, et al., 2014).

D'après le rapport du projet ApaSan, la consommation en eau est plus importante de mai à septembre, et est fortement corrélée à la pluviométrie (Amos, 2019). Afin d'obtenir des résultats plus précis sur la zone amont, il serait nécessaire de réaliser un suivi annuel de la consommation en eau des ménages. Cependant, ce processus n'est pas envisageable dans le contexte de notre étude, en termes de temps et de moyens financiers. Malgré la faible fiabilité, les estimations des périodes annuelles et journalières de pointe des questionnaires sont utilisées, comme le montre la Figure 19.

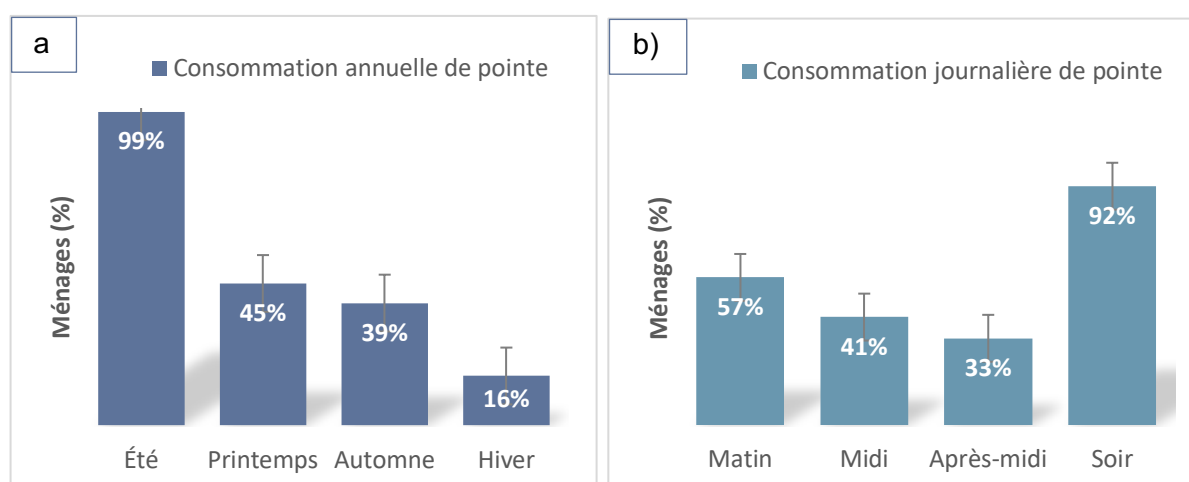


Figure 19 : Estimation de la consommation a) annuelle et b) horaire de pointe, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

La consommation d'eau dépend fortement du système utilisé, comme le montre la Figure 20.

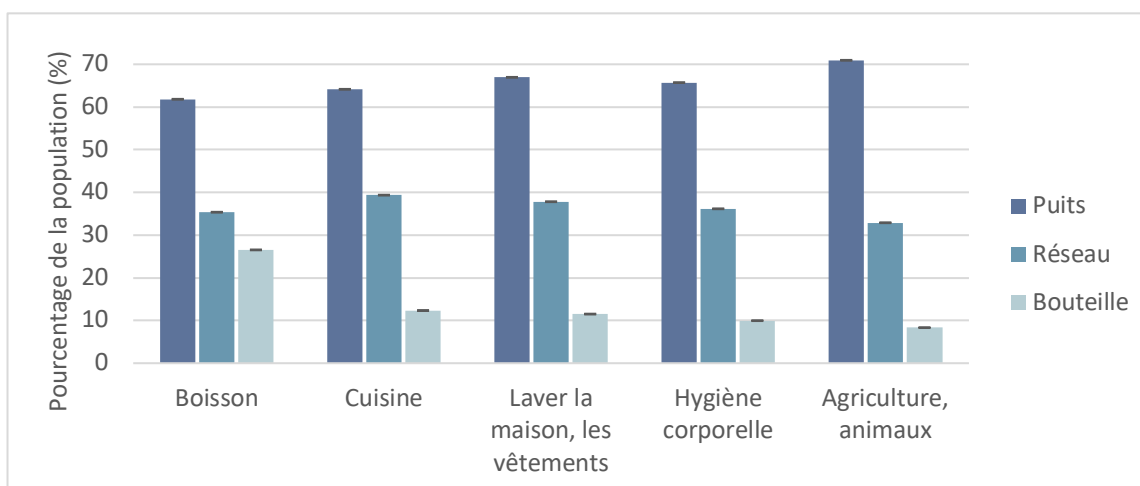


Figure 20 : Confrontation de la consommation d'eau à l'usage qui en est fait et à la source utilisée, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

La source principale de consommation d'eau est le puits, pour tous les types d'usage.

4.3.2 Gestion du système

Deux associations publiques des usagers de l'eau existent sur le territoire, l'une à Bălănești, l'autre à Ciutești. Ces associations gèrent les aspects financiers et techniques de l'alimentation en eau potable de leurs villages respectifs. Les associations sont non gouvernementales et sont composées d'un président, d'une comptabilité et d'un ou deux techniciens. Leurs locaux sont prêtés par la mairie, et leurs revenus sont uniquement basés sur les factures des usagers. Cependant, les deux associations ont témoigné, lors d'entretiens, de leur difficulté à réunir la somme due par les usagers chaque année. Ils n'obtiennent que le nécessaire pour faire fonctionner l'association, mais n'ont aucun fond pour investir.

Ces organisations ne couvrent que les usagers reliés aux infrastructures par le réseau. Les habitants n'ayant recours qu'à des puits ne bénéficient d'aucune gestion financière et technique.

4.3.3 Prix de l'eau

Seuls les villages de Bălănești et Ciutești sont concernés par un système de tarification de l'eau. L'eau en bouteille n'a pas été prise en compte par les ménages interrogés dans le prix de l'eau. Les tarifs de l'eau fixés par les associations des usagers de Bălănești et Ciutești sont détaillés dans le Tableau 11 (Vallet & Vrabie, 2018).

Tableau 11 : Détail des tarifs de l'eau à Bălănești et Ciutești, zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie

	Bălănești	Ciutești
Tarif de l'eau	Abonnement : 6 MDL/mois/ménage De 1 à 7 m ³ : 15 MDL/m ³ De 7 à 10 m ³ : 40 MDL/m ³ Plus de 10 m ³ : 80 MDL/m ³	6 MDL/m ³

D'après le questionnaire distribué en 2019 et rempli par le maire de Ciutești, celui-ci trouve que le prix de l'eau dans sa commune est trop bas par rapport à la situation et au service disponible, et par rapport aux revenus des habitants.

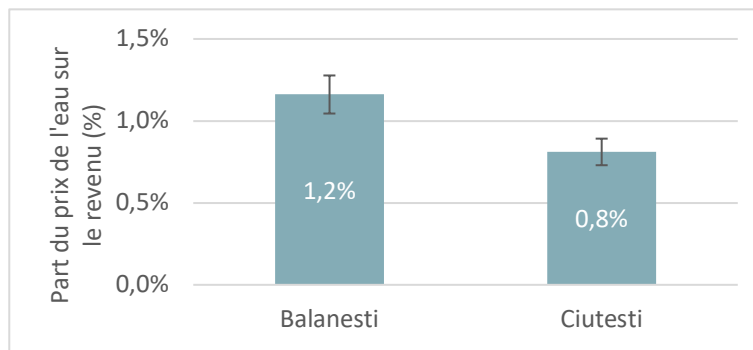


Figure 21 : Part du prix de l'eau sur le revenu des habitants, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nimrova, Moldavie

D'après la Figure 21, la part du prix de l'eau sur le revenu est raisonnable, si l'on considère le modèle français où la part du prix de l'eau équivaut à 1 % du revenu en 2014 (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2009).

4.3.4 Infrastructures présentes

4.3.4.1 Infrastructures d'eau potable

Ressource en eau

Dans chaque village, des ressources souterraines à faible profondeur sont exploitées à travers des champs captant ayant un nombre d'ouvrages de captage variable, à l'intérieur et en marge des villages. Certains villages possèdent des sondes artésiennes, qui puisent l'eau dans la nappe, en profondeur. L'eau des sondes artésiennes n'est pas toujours potable, et des systèmes de traitement doivent parfois y être associés. La Figure 22 donne un aperçu des différentes sources des villages de la zone d'étude.

Légende

Infrastructures AEPA

Eau de surface

● Sources captées

● Résurgences

☼ Eau souterraine

Infrastructures d'alimentation en eau

◆ Réservoir

◆ Station de pompage

◆ Station de traitement d'eau potable

● Fontaine d'approvisionnement

Réseau d'eau potable

—

- - -

Usagers du service

● Écoles

Occupation de l'espace

Zone habitée

■

Hydrographie

■ Lacs

— Cours d'eau

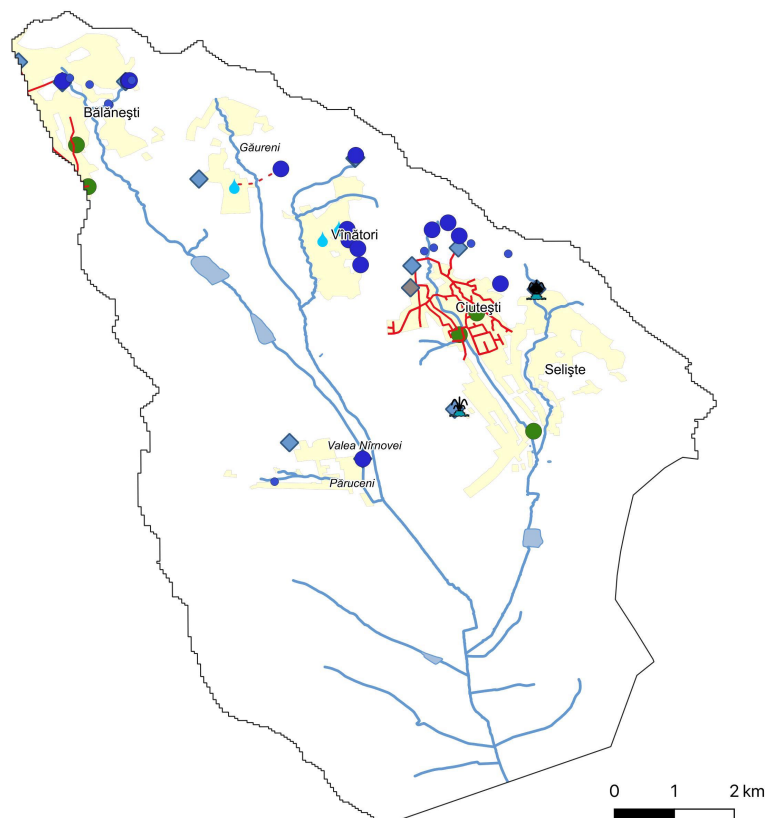


Figure 22 : Carte localisant les sources de surface et souterraines exploitées dans la zone amont du bassin de la Nimrova, Moldavie

De plus, la plupart des habitants possèdent des puits privés sur leur terrain.

Stockage

Certains villages possèdent des ouvrages de stockage d'eau actuellement en fonctionnement et utilisés comme point de distribution. Ces ouvrages de stockage sont listés en Annexe 14. Ces ouvrages de stockage ne permettent, en général, que de prendre en charge la consommation d'une partie de la population.

Distribution

Seuls les villages de Ciutești et Bălănești ont des réseaux centralisés, dont le taux de connexion est détaillé dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Taux de connexion des habitants au réseaux d'eau potable des villages de Bălănești et Ciutești, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Commune	Village	Nombre de ménages connectés	Pourcentage de ménages connectés
Bălănești	Bălănești	177	35 %
Ciutești	Ciutești	393	80 %

Seul le village de Vinatori ne possède aucun réseau centralisé, cependant 70 % des ménages ont réalisé eux-mêmes leur connexion à des puits.

Dans les autres villages également, certains ménages ont recours à des travaux personnels afin de pomper l'eau des puits jusqu'à leur maison.

Traitement

Seul le village de Seliște va bénéficier d'une station de traitement d'eau potable, une fois que le projet sera terminé, car l'eau puisée par la sonde artésienne ne correspond pas aux normes de potabilité. En effet, des analyses réalisées en 2018 révèlent la présence de bactéries, d'une concentration élevée en DCO et en ammonium, d'une turbidité élevée et d'une dureté totale de l'eau importante.

L'eau de la nouvelle sonde artésienne de Bălănești a également été qualifiée de « mauvaise » par les habitants, et la mairie envisage un projet de station de traitement.

4.3.4.2 Infrastructures d'assainissement

La zone amont ne bénéficie pas d'assainissement collectif, il n'existe aucun réseau centralisé, ni de station de traitement des eaux usées. D'après les questionnaires distribués en 2019, dans chaque village, plus de 80 % des usagers déclarent rejeter leurs eaux usées dans leur jardin, et certains déclarent posséder une fosse septique. Cependant, il a été constaté sur le terrain que le terme « fosse septique » utilisé par les habitants ne garantit pas l'existence d'une infrastructure étanche.

D'après les informations transmises par Apa Canal Nisporeni, entreprise chargée de la vidange des fosses, et comme le montre l'Annexe 15, le nombre de fosses est plus important ou égal au nombre de ménages estimé par village. Si l'on considère ces données, alors quasiment 100 % de la population ferait vider sa fosse par Apa Canal, ce qui n'est pas le cas d'après les questionnaires distribués en 2019, les témoignages oraux de la mairie et de la population, et les observations de terrain.

Une estimation sur le bassin versant de la Nirnova suggère que 15 % des ménages ont des fosses septiques (Vallet & Vrabie, 2018). Toutefois, il n'est pas possible de connaître l'efficacité de leur étanchéité car celles-ci sont construites par le propriétaire lui-même.

En conclusion, il est très difficile de connaître le nombre de fosses septiques présentes dans chaque village.

En moyenne sur la zone amont du bassin, 39 % des ménages possèdent des toilettes à chasse et 85 % des toilettes sèches. Les différences entre chaque village sont exposées dans la Figure 23.

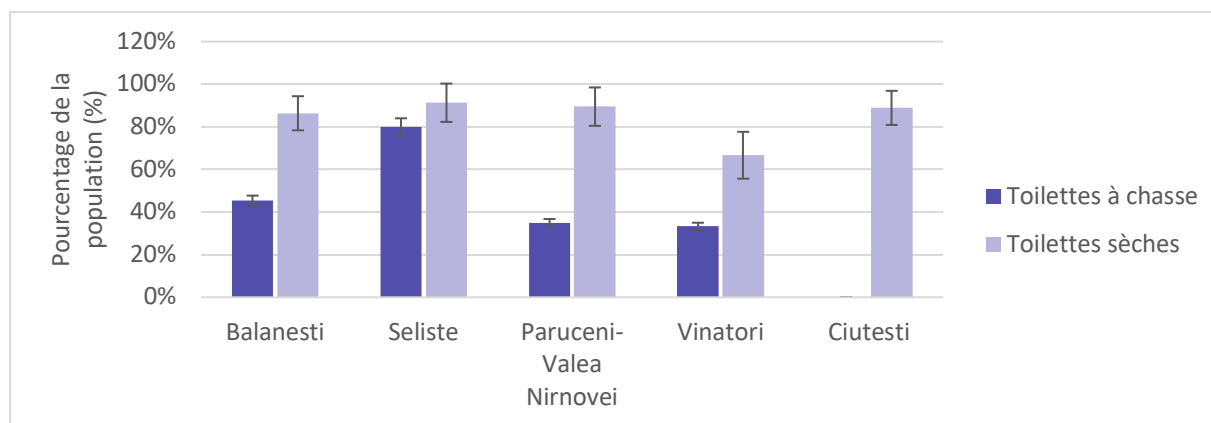


Figure 23 : Systèmes de toilettes dans les ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Les toilettes sèches sont le système le plus utilisé, et il est fort probable que le taux de possession réel avoisine les 100 %. Ces toilettes sont situées en extérieur, sur la propriété des ménages, à une distance moyenne de 19 m d'après les réponses aux questionnaires distribués en 2019.

4.3.4.3 Situation des établissements scolaires

Les établissements scolaires représentent un lieu stratégique d'alimentation en eau potable et en assainissement, dans un objectif de protection et de sensibilisation des enfants.

Alimentation en eau potable

Dans les écoles, les points clés de l'alimentation en eau potable sont les sanitaires et la cantine. Les villages possédant déjà des réseaux alimentent ainsi la maternelle et l'école. À l'école de Bălănești, l'eau du réseau n'est utilisée que pour les points sanitaires. Faute d'une connexion défectueuse au réseau, la cantine utilise l'eau d'un puits, via une pompe, et l'eau en bouteille.

Dans les autres villages, les sanitaires et la cantine sont alimentés soit :

- Par des puits, soit via un système autonome équipé d'une pompe, soit manuellement ;
- Par une source reliée à un réseau propre à l'école ;
- Par des bouteilles d'eau, surtout pour l'eau de consommation à la cantine, quand l'eau des puits est considérée comme non potable.

Assainissement

La plupart des établissements scolaires possèdent une ou plusieurs fosses, dont les prérequis d'étanchéité et la fréquence des vidanges ne sont pas non plus garantis. Certaines écoles possèdent un système d'assainissement qui leur est propre. Cependant, ceux-ci sont souvent vétustes et présentent un risque d'infiltration des eaux dans le sol. Seule l'école de Seliște épure ses eaux usées avant de les rejeter dans la rivière.

Plusieurs systèmes de toilettes peuvent être observés dans les villages de la zone d'étude. La plupart des maternelles et des écoles possèdent des toilettes à chasse d'eau, en plus de latrines extérieures.

Les écoles de Seliște et Vinatori possèdent des toilettes Ecosan à séparation d'urine, installées par le projet ApaSan. Les fosses ont un volume moindre par l'absence d'eau de chasse, et n'ont besoin d'être vidées qu'une fois tous les deux ans pour l'urine et une fois tous les cinq ans pour les fèces. Les toilettes Ecosan sont donc à moindre coût et facile à entretenir. Ces points sanitaires sont également équipés de lavabos et de savon, pour le lavage des mains. Des toilettes pour handicapés sont aussi accessibles (ApaSan, 2019).

4.3.4.4 Centres de santé et alimentation en eau

Pour l'alimentation en eau, les centres de santé possèdent tous des réseaux internes. Pour l'assainissement, seul le centre de santé de Bălănești possède un réseau interne d'évacuation des eaux usées, mais ils possèdent tous une fosse extérieure pour stocker leurs eaux usées (Vallet & Vrabie, 2018).

4.3.5 Perception et demande sociale de dispositifs d'alimentation en eau et d'assainissement

La perception des habitants face au système dont ils bénéficient est représentée dans la Figure 24.

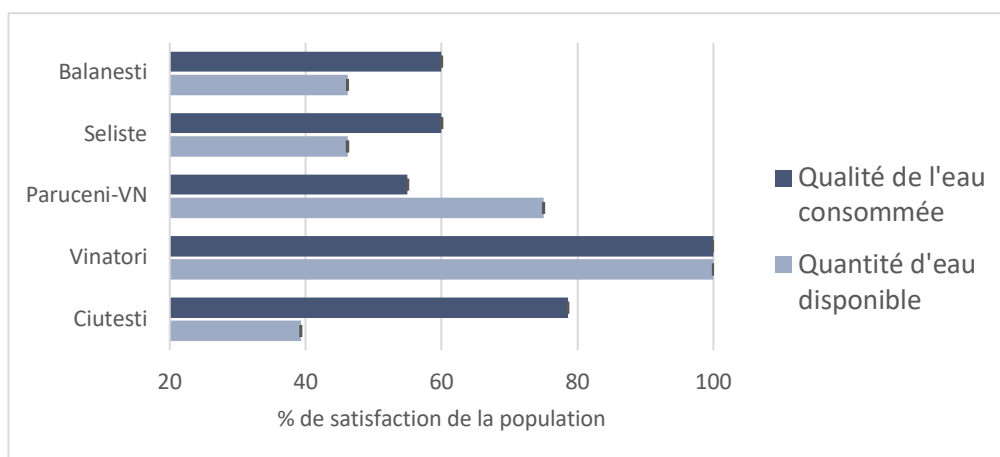


Figure 24 : Satisfaction de la population par rapport au système d'eau et d'assainissement auquel ils ont accès, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

La satisfaction des habitants de Bălănești et Seliște dépasse difficilement les 50% en termes de qualité et de quantité. Ciutesti et Păruceni sont également peu satisfaits, respectivement de la quantité et de la qualité de l'eau. Cette insatisfaction a été exprimée comme étant due à :

- ❖ Un faible débit pendant les périodes de sécheresse, surtout l'été ;
- ❖ Un prix de l'eau trop élevé pour satisfaire la consommation ;
- ❖ La difficulté d'obtenir des infrastructures en un temps raisonnable à Seliște ;
- ❖ Les conflits entre usagers sur la quantité d'eau consommée, qui se caractérise par le manque de compteurs ;
- ❖ Les coupures volontaires du technicien à Ciutesti, afin de répartir les consommations sur la journée ;
- ❖ La casse d'appareils électroménagers à cause de la mauvaise qualité de l'eau.

Seul le village de Vinatori reste entièrement satisfait de son accès à l'eau potable et les témoignages oraux des habitants et de la mairie ont confirmé la volonté de ne pas avoir recours à l'installation d'un système d'alimentation en eau potable, qui s'avèrerait coûteux pour les bénéficiaires.

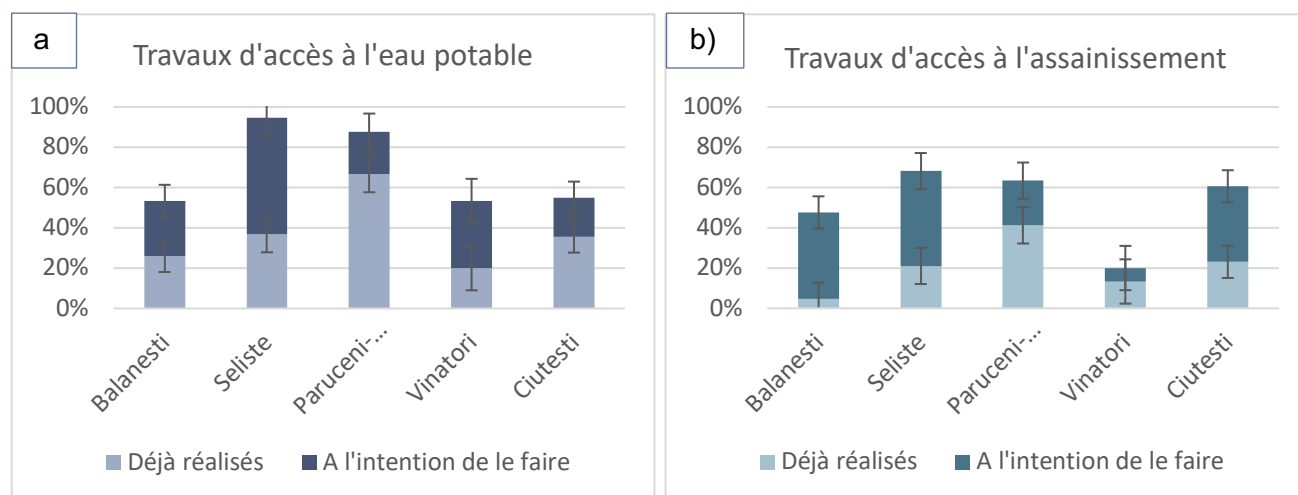
Le confort face à l'accès à la ressource peut être représenté par une estimation des distances de la source principale au foyer est représentée dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Comparaison de l'accès à la ressource des habitants des différents villages de la zone étudiée, Source : Questionnaires 2019

	Bălănești-Găureni	Ciutesti	Seliște	Păruceni-Valea Nirnovei	Vinatori
Distance de la source au foyer	139 m	32 m	344 m	89 m	12 m
Temps passé à la collecte	9 min	15 min	17 min	9 min	7 min

On peut en effet comprendre la satisfaction de Vinatori face à sa situation d'alimentation en eau potable, car son accès à la ressource est le plus confortable. L'insatisfaction relative des habitants de Bălănești peut se traduire par une grande distance à parcourir pour la collecte d'eau, et un temps d'en moyenne 17 minutes à Seliște.

Afin de pallier cette insatisfaction, certains habitants des villages ont témoigné avoir réalisé personnellement des aménagements en eau et assainissement sur leurs propriétés privées.



D'après la Figure 25, dans tous les villages, plus de 50% de la population a déjà fait et/ou a l'intention de faire des travaux sur sa propriété pour améliorer son accès à l'eau potable. Les travaux peuvent être d'ordre différent et quelques exemples en sont :

- ❖ Nettoyer le puits existant ;
- ❖ Construire un nouveau puits ;
- ❖ Se connecter au réseau ;
- ❖ Connecter une pompe du puits jusqu'au foyer ;
- ❖ Construire un réservoir personnel.

L'implication dans l'assainissement est moins importante que pour l'eau potable, cependant on ressent le besoin d'avoir une évacuation générale des eaux usées dans les témoignages. En effet certains des ménages ont entrepris eux-mêmes la construction de fosses septiques dans leur jardin, d'autres creusent des fosses non étanches pour leurs toilettes et le rejet de leurs eaux usées

domestiques. Construire une fosse étanche et bétonnée représente un gros investissement pour un ménage, et c'est le principal facteur limitant pour les habitants.

Étant donné que les seuls dispositifs d'assainissement disponibles sur l'ensemble de la zone sont les toilettes privées, la satisfaction des habitants s'est mesurée par rapport à leurs propres toilettes. En moyenne 29 % des personnes ayant répondu aux questionnaires sur la zone d'étude déclarent ne pas être satisfaits de leurs toilettes. Les raisons présentées dans la Figure 26 ont été données.

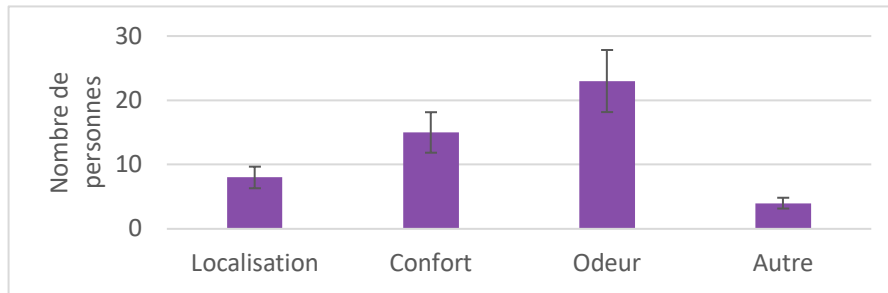


Figure 26 : Raison de l'insatisfaction des habitants par rapport à leurs toilettes, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

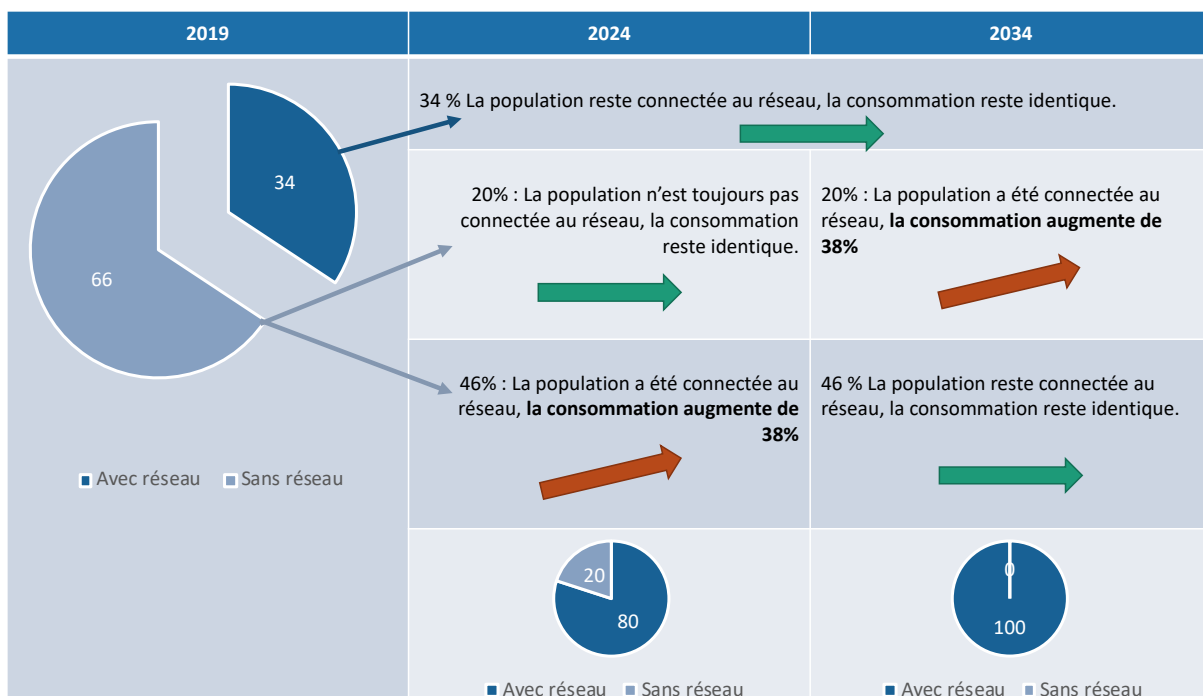
Les odeurs sont la principale cause de non-satisfaction des habitants à leurs toilettes. Des dispositifs permettant de les limiter devront être pris en compte dans les propositions de solutions.

4.3.6 Projections futures

On utilise l'évolution de la population pour déterminer l'évolution de la consommation en eau des villages. On utilise également le fait que la consommation des villages de Ciutești et Vinatori augmente de 38 % en moyenne par l'usage d'un robinet à l'intérieur de la maison et relié à un réseau. Il est aussi établi que l'objectif 2023 de la Moldavie est de garantir l'accès à l'eau potable de 80 % de la population, et l'on considère que cet accès se fait par un réseau. On estimera que l'objectif 2034 est l'accès à l'eau potable pour 100 % de la population.

La méthode de calcul est expliquée dans le Tableau 14, et les résultats sont visibles en Figure 27.

Tableau 14 : Explication de la méthode de calcul de l'évolution de la consommation d'eau



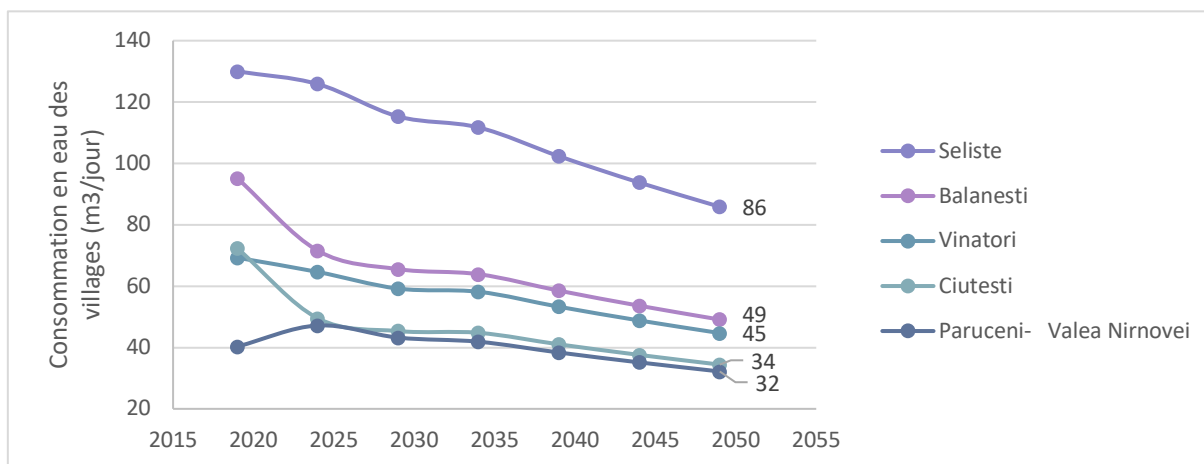


Figure 27 : Évolution de la consommation d'eau dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

On observe que la diminution de la population prend le pas sur l'augmentation de la consommation, et que la tendance globale de la consommation en eau dans chaque village est décroissante.

L'adéquation besoin-ressource pour le futur ne peut pas être déterminé, de fait du manque de données sur la quantité d'eau disponible dans les nappes, et de son évolution.

5 Propositions de solutions

5.1 État de l'art des solutions envisageables en Moldavie

Les infrastructures centralisées d'alimentation en eau potable les plus fréquemment rencontrées sont les châteaux d'eau en acier (cf. [Annexe 16](#)) reliés à un réseau. Les améliorations apportées concernent plus souvent le captage de la ressource et la gestion du service en place. En effet, la construction d'ouvrages de captage ou la protection d'un champ captant sont des mesures qui permettent d'augmenter la quantité d'eau disponible et d'améliorer sa qualité à un faible coût. Des projets de pose de compteurs sont également envisagés en cas de conflit face à la ressource et de débit insuffisant en été.

Des projets de construction de blocs sanitaires Ecosan dans les établissements scolaires ont déjà été entrepris par SEE, en collaboration avec le projet ApaSan. Cette solution est efficace et satisfaisante mais elle ne concerne qu'une partie de la population. D'autres projets ont vu le jour ces dernières années et à l'échelle de villages, avec la construction de stations d'épuration à filtres plantés de roseaux (Amos, 2018). Ces stations représentent une solution adaptée aux zones rurales de Moldavie car elles fonctionnent avec un faible débit d'eaux usées, s'intègrent dans le paysage, aboutissent à un traitement efficace de la charge polluante et constituent un faible coût d'exploitation.

5.2 Zonage

Le zonage est réalisé en fonction de plusieurs critères, présentés dans l'ordre décroissant d'importance pour le contexte envisagé :

- Le système actuel d'alimentation en eau potable,
- La densité de population,
- La saturation de l'espace,

- L'accessibilité de la zone,
- Les risques naturels encourus.

L'alimentation en eau potable sur la zone d'étude est soit individuelle, par l'utilisation de puits, soit collective, par la présence d'un réseau.

D'après la Figure 28, le village de Vinatori représente un cas particulier car des réseaux existent mais le système n'est pas globalement collectif. Les réseaux ont été construits individuellement par les habitants, et sont partagés à l'échelle d'un voisinage. Les villages de Seliște et Valea Nirnovei ont un réseau en cours de construction, et sont en passe de bénéficier d'un système collectif.

La densité globale de la zone d'étude est de 99 habitant/km², ce qui en fait une zone peu dense, caractéristique des zones rurales. De plus, les alentours des villages ne sont pas du tout habités, et dans les villages les habitations sont très espacées. L'espace est donc peu saturé.

Les routes représentées sur la Figure 28 ne correspondent qu'à une partie des routes de la zone, mais permettent de montrer que le territoire est accessible. Cependant, les routes sont en mauvais état et nécessiteraient des rénovations.

Aucun risque naturel majeur ne menace particulièrement ce territoire. Le risque sismique est présent mais faible, tout comme les risques d'inondation pour cette zone.

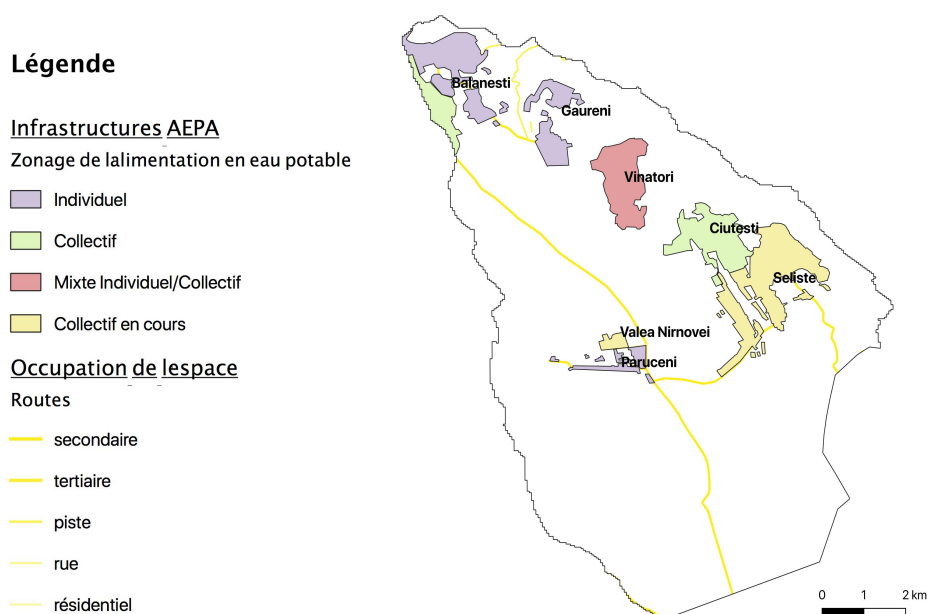


Figure 28 : Zonage de l'alimentation en eau potable dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova

5.3 Analyse des options

5.3.1 Prise en compte des projets en cours et futurs sur la zone

Les villages de Bălănești, Seliște et Valea Nirnovei ont tous trois reçus des financements de la part du Fond National Écologique, et ont ainsi pu commencer la construction de systèmes d'alimentation en eau potable. Cependant, des raisons politiques ont forcé l'arrêt temporaire des

financements, ce qui a empêché les travaux de se terminer, laissant les habitants dans l'attente d'un meilleur accès à l'eau potable depuis 2017.

Ces projets sont pris en compte dans la réflexion des solutions, dans l'espoir que les financements reprennent rapidement.

De plus, certaines études ont été menées sur la zone, aboutissant à des solutions concrètes. Des études de préfaisabilité pour l'alimentation en eau potable et l'assainissement ont été rédigées pour tous les villages du Raion de Nisporeni en 2008. Cependant, aucun de ces projets n'ont été réalisés à ce jour.

Ces projets ne seront pas pris en compte dans la réflexion des solutions. De plus, ces projets préconisent des solutions globales qui ne correspondent pas forcément à la dynamique socio-économique de la zone d'étude.

D'autres projets, issus de l'idée des maires, sont à l'état de réflexion et ne possèdent aucune étude à ce jour. Par exemple, au vu de la mauvaise qualité de l'eau de la sonde artésienne à Bălănești, le maire envisage la construction d'une station de traitement pour la potabilisation de l'eau. Ces idées seront prises en compte dans la réflexion des solutions car elles proviennent directement des autorités locales et des habitants, qui ont une bonne connaissance du contexte.

5.3.2 Périodes de temps et répartition des options

Afin de suivre les politiques nationales détaillées dans la partie « 2.3.1. Législation Européenne et Stratégies moldaves », les projets sont répartis sur les périodes de court terme (2019-2023), moyen terme (2024-2028) et long terme (2029-2034).

Les solutions dites de « court terme » sont des solutions prioritaires, réfléchies localement, par commune ou par village, et de façon à prendre en compte les projets déjà réalisés et ceux en cours de construction. Les solutions de « moyen » et « long terme » sont plus élaborées et plus coûteuses, elles nécessitent plus de temps pour être mises en place mais aboutissent à un système complet et durable.

5.3.3 Options d'alimentation en eau potable

5.3.3.1 Options à court terme

Commune de Vinatori

À Vinatori, les habitants sont plutôt réfractaires aux aménagements pour l'alimentation en eau potable et en assainissement. Cependant, certaines mesures restent envisageables afin de maintenir la qualité de leur ressource en eau :

- ❖ Protection des captages d'eau par l'installation de clôtures fermées, notamment aux animaux, et sensibilisation de la population.

Commune de Ciutesti-Valea Nirnovei

- ❖ Protection de la ressource captée à Valea Nirnovei

L'accès au champ captant de Valea Nirnovei devrait être restreint, en particulier face aux animaux. La sensibilisation de la population à ce type de danger est également à prendre en compte. De plus, le champ captant est une zone plate située à l'aval immédiat de plantations agricoles. Il serait judicieux d'implanter des haies de végétation entre les parcelles agricoles et le champ captant, afin d'absorber les polluants potentiels.

- ❖ Gestion du service d'eau de Ciutesti étendu à l'ensemble de la commune

L'association publique des usagers de Ciutesti n'a pas encore prit les mesures nécessaires pour s'occuper également de la gestion du nouveau système installé à Valea Nirnovei. Une formation technique pourrait être nécessaire afin d'assurer un bon entretien des nouvelles infrastructures, dont le fonctionnement est différent.

Commune de Seliște-Păruceni

- ❖ Gestion financière du nouveau système d'alimentation en eau potable à Seliște

La construction d'un système d'AEP à Seliște est en cours, et la mairie n'a pas encore déterminé le prix que coûtera l'eau aux habitants du village. Étant donné les besoins en traitement et les faibles revenus de la population, il est urgent de déterminer le prix de l'eau et de sensibiliser la population à l'importance de payer pour avoir de l'eau de qualité.

5.3.3.2 Options à moyen terme

Commune de Bălănești-Găureni

- ❖ Optimisation du château d'eau de Bălănești

Dans le village de Bălănești, le réservoir de 40 m³ qui approvisionne actuellement 177 ménages n'est pas optimisé. Par manque d'eau en été, il n'est utilisé que comme point de distribution et il perd sa fonction de stockage. Il pourrait être intéressant de le lier à de nouvelles sources afin d'utiliser pleinement sa capacité, et potentiellement d'alimenter davantage de ménages.

- ❖ Raccordement de Bălănești au réservoir de Milești

Il existe un réservoir dans le village de Milești, village à proximité immédiate de Bălănești, installé par le projet ApaSan. Selon la capacité du réservoir, le débit de la source exploitée et la localisation du réservoir, il peut être envisageable d'alimenter une partie de Bălănești avec ce système.

- ❖ Captage et stockage de la source de Găureni, optimisation du réservoir existant

À Găureni, une source sur le versant opposé alimente gravitairement la fontaine du « nouveau village ». Cette source est dite de bonne qualité, et de quantité suffisante même en été. Cette source peut alimenter le réservoir existant, qui recueille actuellement une quantité insuffisante d'eau.

Commune de Ciutesti-Valea Nirnovei

- ❖ Connexion des habitants au nouveau réseau d'eau de Valea Nirnovei

À Valea Nirnovei, un projet récent a permis l'installation d'une sonde artésienne et d'un château d'eau afin de couvrir toute la population du village pour l'alimentation en eau potable. Cependant, la connexion au réseau reste à la charge des habitants. L'organisation et l'aide au financement de ces connexions peut être un projet envisageable.

- ❖ Extension du réseau existant à Ciutesti

À Ciutesti, 80 % des ménages sont actuellement connectés au réseau. Il peut être intéressant d'étudier la capacité des réservoirs et de vérifier si l'ensemble de la population pourrait être desservi. Si la capacité des réservoirs est insuffisante, alors ceux-ci pourraient être agrandis, ou un réservoir pourrait être ajouté au système.

Commune de Seliște-Păruceni

- ❖ Connexion de Păruceni au réseau de Valea Nirnovei

Au vu de la construction récente d'un système d'alimentation en eau potable à Valea Nirnovei et de la proximité des deux villages, il peut être envisagé de vérifier la capacité du système desservant Valea Nirnovei afin de l'étendre au village de Păruceni.

5.3.3.3 Options à long terme

À long terme et afin de desservir l'ensemble de la zone en eau potable, il peut être envisagé de créer un système collectif à tous les villages. Des études hydrogéologiques approfondies devront alors être menées afin de construire un forage puisant l'eau directement dans la nappe profonde. Il est en particulier nécessaire de connaître les débits minimum et maximum de pompage, le volume de la nappe et la qualité de l'eau.

Les sources au niveau de Vinatori sont reconnues comme étant de bonne qualité et en quantité suffisante. L'utilisation de ce champ captant peut être envisagée pour le forage de la solution à long terme.

5.3.4 Options d'assainissement des eaux usées

5.3.4.1 Cadre logique

En ce qui concerne l'accès à l'assainissement des populations de la zone amont, l'objectif principal est détaillé dans le Tableau 15, et celui-ci est décliné en des objectifs spécifiques.

Tableau 15 : Cadre logique sur la problématique d'accès à l'assainissement de la population de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie (OP = Objectif Prioritaire, OS = Objectif spécifique)

	Objectifs	Activités	Résultats
OP	Améliorer l'accès à l'assainissement pour les populations de la zone amont du bassin de la Nirnova	Construire des infrastructures pour la récupération et le traitement des eaux usées. Mettre en place un système de gestion du service d'assainissement. Sensibiliser la population à l'importance de telles mesures.	Protection de la qualité de la ressource en eau face à la pollution par les eaux usées. Meilleure qualité de l'eau à l'aval du bassin versant et réduction des maladies hydriques. Acceptation de la population et utilisation des infrastructures.
OS 1	Équiper la totalité de la zone en termes d'infrastructures d'assainissement	Construire des fosses septiques étanches au niveau des ménages dont le système d'alimentation en eau est individuel. Construire un réseau de récupération des eaux usées dans les zones bénéficiant d'un système d'alimentation collectif.	Réduction drastique des rejets dans la nature des eaux usées sans traitement préalable. Limitation de la pollution des sols et meilleure qualité de la ressource naturelle en eau. Les infrastructures sont entretenues régulièrement et demeurent dans un bon état.
OS 2	Mettre en place un système local de gestion des boues de vidange	Former des habitants à la récupération des boues de vidange et à leur gestion jusqu'à la valorisation. Fournir les équipements nécessaires à la vidange des fosses et à leur traitement. Sensibiliser la population à l'importance de payer un tel service. Option 1 : Créer un service public pour la gestion technique et financière. Option 2 : Rallier le service envisagé à une entreprise privée, comme Apa Canal Nisporeni qui gère celui de Nisporeni.	Création d'emplois. Acceptation et compréhension de la population. Les boues de vidange sont traitées et valorisées par la suite dans des structures agricoles de la région. Option 1 : Autonomie technique et financière du service. Option 2 : Accord contractuel avec une entreprise privée.
OS 3	Garantir des conditions sanitaires adéquates dans tous les établissements scolaires.	Construire des blocs sanitaires Ecosan dans tous les établissements scolaires.	Sensibilisation de la population en bas âge à l'importance de l'hygiène et des conditions sanitaires. Ouverture des esprits en bas âge, afin de favoriser des constructions locales, valorisables et à faible consommation en eau. Meilleures conditions sanitaires pour la population en bas âge, plus vulnérable aux maladies.

5.3.4.2 Proposition de solution

Des systèmes différents doivent être pensés pour les ménages bénéficiant d'un système d'alimentation en eau potable collectif et pour ceux ayant un système individuel, car la quantité d'eau consommée en est modifiée.

De plus, malgré les résultats obtenus en Figure 23 sur les types de toilettes possédées par les ménages, il est difficile de réellement connaître le nombre de ménages ayant des toilettes à chasse. Or des systèmes d'assainissement différents doivent être pensés pour les deux types d'équipement de toilettes : sèches ou à chasse.

Pour la solution envisagée et schématisée en Annexe 17, toutes les phases d'intervention sont concernées, soit :

- **Interface utilisateur** : type d'équipement que possèdent les ménages : toilettes sèches ou à chasse ;
- **Collecte/Stockage** : dans une VIP double fosse pour les toilettes sèches ;
- **Transport** : par un égout simplifié pour les eaux domestiques et les eaux de toilettes à chasse, et par vidange manuelle pour les toilettes sèches ;
- **Traitement** : par des stations à filtres plantés de roseaux verticaux pour les eaux acheminées par les égouts simplifiés ;
- **Utilisation/mise en dépôt** : déversement dans la nature des eaux traitées à la station de filtres plantés et application des humus et composts obtenus dans les toilettes sèches.

5.4 Étude approfondie de la solution d'accès à l'assainissement pour toute la zone amont du bassin versant

Cette partie a pour objectif de détailler les objectifs spécifiques 1 et 2 présentés dans le cadre logique. Aucun des villages n'ayant de système d'assainissement, l'étude porte sur l'ensemble de la zone amont. De plus, la localisation amont de la zone représente une approche stratégique, car elle permet de traiter le problème à la source du bassin versant. Apporter une solution d'assainissement à l'amont d'un bassin entraîne un impact positif sur l'aval de celui-ci.

5.4.1 Infrastructures d'assainissement

5.4.1.1 Actions à court terme

Les habitudes de consommation d'eau des villageois en zone rurale de Moldavie ne se prêtent généralement pas à des systèmes centralisés d'assainissement. Les habitants ne consomment que de petites quantités d'eau et leurs toilettes ne sont majoritairement pas reliées à des tuyaux. Ainsi, seule une partie de chaque village pourrait faire l'objet d'un système centralisé, ce qui n'est pas une solution viable (ApaSan, 2016).

Les solutions de court terme seront donc d'améliorer les conditions sanitaires en garantissant l'accès à des toilettes de qualité, tout en protégeant l'environnement de l'infiltration des pollutions fécales dans le sol grâce à des fosses de récupération étanches.

Il est donc proposé qu'à chaque toilette sèche, dans les ménages, des structures « Double fosse ventilée améliorée (VIP) » soient construites, telles que le montre la Figure 29.

Il est considéré que chaque individu produit 90L de matières fécales par an, en prenant en compte le papier hygiénique. Ainsi, chaque fosse d'un système aura un volume de 2 m³, afin de permettre une

accumulation des excréments d'un ménage pendant 5 ans, un repos pendant 1 à 2 ans, puis la vidange. Lorsque qu'une des fosses est en phase de repos, la deuxième est utilisée.

L'entretien de ces fosses est réalisé par les ménages et ne demande aucun coût. Seule la vidange doit être réalisée par un équipement adapté, soit une pompe manuelle de type MAPET (Manual Pit Emptying Technology), une combinaison, des gants, un masque et des bottes pour protéger la personne réalisant la vidange des risques sanitaires.

L'humus ainsi extrait des fosses pourra ainsi être directement utilisé pour l'agriculture.

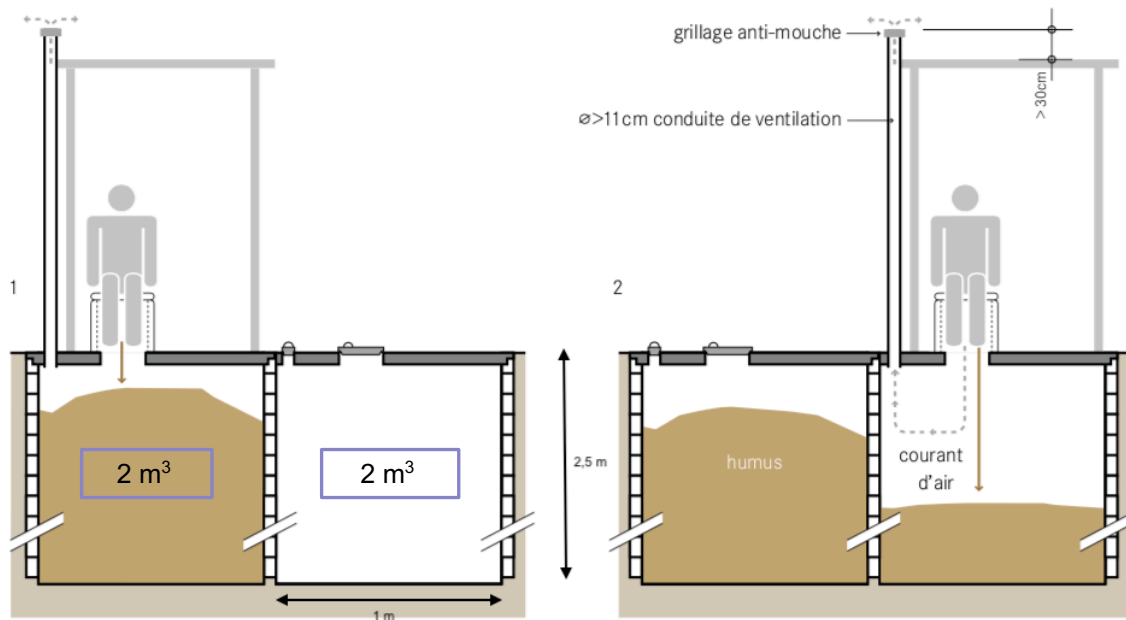


Figure 29 : Schéma du fonctionnement des VIP double fosses, Source : (Lüthi, et al., Compendium Eawag, 2016)

Ces fosses ne seront construites que dans les zones ayant des systèmes d'alimentation en eau potable individuels, ce qui concerne alors les villages de Bălănești, Găureni, Vinatori et Păruceni (cf. Figure 28).

5.4.1.2 Actions à moyen terme

À moyen terme, les eaux grises et noires produites par les ménages devront être prises en charge par un réseau qui les acheminera directement à une station de traitement.

La connexion au réseau et à la station ne concerne que les ménages actuellement reliés à un réseau collectif d'eau potable (Bălănești et Ciutesti) et ceux qui vont l'être dans un futur proche, grâce à un projet en dernière phase de construction (Seliște, Valea Nirnovei), soit 6084 habitants.

Cependant, le système envisagé est pensé de façon à pouvoir s'étendre aux habitants dont le système d'alimentation en eau potable va évoluer et passer d'individuel à collectif dans le futur.

Le réseau considéré est un « égout simplifié », qui a pour avantage non seulement de représenter un coût moindre, mais aussi d'être facile d'installation et d'entretien. En effet, des regards de visite doivent y être installés pour le nettoyage, mais ceux-ci ne doivent pas nécessairement être complexes et coûteux (Lüthi, et al., 2016). Le réseau doit être en PVC et de 100 mm de diamètre.

Deux systèmes de traitement semblent adaptés aux communautés rurales et ont des coûts d'investissement et d'exploitation relativement faibles (Lüthi, et al., 2016) :

- Les bassins de lagunage,
- Les filtres plantés de roseaux verticaux.

Le filtre planté de roseaux est un système déjà rencontré en Moldavie. La technologie commence à être connue et maîtrisée dans certaines communes (Amos, 2018). C'est donc le système qui sera préféré pour cette étude.

Cependant, ce système est plutôt adapté aux communautés de 50 à 1000 EH¹, voire 2000 EH. Pour la population de cette étude, bien que la quantité d'eau consommée soit faible, avec moins de 50 L/jour/habitant, la charge polluante est supposée significative et proche des données rencontrées en France. En absence de données en entrée de station, on peut considérer une pollution domestique de 47 gDBO₅/jour/habitant en zone rurale (Sandre).

La zone comprend donc environ 4800 EH, et au moins deux stations devront être implantées. L'emprise foncière à considérer pour des filtres plantés de roseaux verticaux sera d'environ 12 000 m² au total, et chaque station devra comprendre au moins 2 étages de 2 à 3 filtres chacun.

Le volume d'eaux usées produit par les ménages de la zone amont correspond à 80 % environ du volume d'eau consommée (GRET, 2018). Les 1395 ménages de la zone étant reliés à un système collectif d'alimentation en eau potable produisent alors 200 m³ d'eau usée par jour, ce qui correspond au débit d'entrée de la station.

Le transfert direct des eaux grises et noires vers la station à filtres plantés de roseaux risque d'entraîner une accumulation importante de la matière solide sur le média filtrant et, à terme, un colmatage. C'est pourquoi des éléments additionnels peuvent être à apporter à long terme au système. Ces éléments sont détaillés dans la partie suivante.

5.4.1.3 Actions à long terme

Afin de soulager le média filtrant de la station à filtres plantés de roseaux de la charge des matières solides des étapes ont été ajoutées à la solution présentée précédemment, pour donner la solution schématisée en Annexe 18.

La fosse RAC (Réacteur Anaérobie à Chicanes) est ajoutée, elle récupère les eaux grises et noires et les transforme en effluents et en boues. Les fosses RAC peuvent être utilisées à l'échelle du voisinage et servir à plusieurs ménages.

Les fosses RAC étant reliées à la station de traitement par les égouts simplifiés, elles ne concernent que les ménages bénéficiant d'un système collectif d'alimentation en eau potable et d'assainissement.

Le débit d'entrée dans une RAC peut varier entre 2 et 200 m³/h et le temps de séjour des eaux dans la fosse doit être compris entre 48 et 72 h (Lüthi, et al., 2016). Étant donné la faible population de chaque village et la faible consommation en eau, les paramètres seront pris plutôt vers la limite inférieure, et sont présentés dans le Tableau 16.

Tableau 16 : Dimensionnement des fosses RAC pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Débit journalier d'entrée	4 m ³ /j
Temps de séjour des eaux	48 h
Volume	8 m ³

¹ Un EH (Équivalent Habitant) correspond à la production de 60 gDBO₅/jour

La Figure 30 montre la conception d'un tel ouvrage et la répartition des volumes dans les différents compartiments.

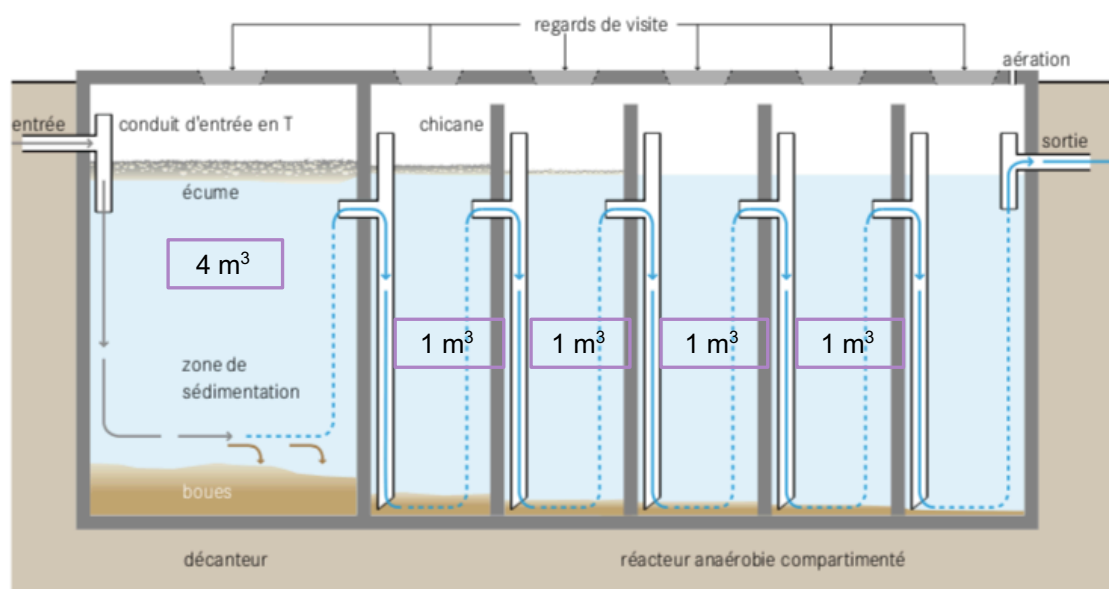


Figure 30 : Schéma du fonctionnement des fosses RAC, Source : Source : (Lüthi, et al., Compendium Eawag, 2016)

Le nombre de fosses par village et le nombre de ménages qu'elles peuvent prendre en charge sont présentés dans le Tableau 17. L'Annexe 19 liste les données ayant permis d'en arriver à ce résultat.

Tableau 17 : Nombre de ménages pouvant partager une fosse RAC, et nombre de fosses nécessaires dans chaque village de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	Bălănești	Ciutesti	Valea Nirnovei	Seliște
Nombre de ménages pouvant partager une fosse	27	27	24	29
Nombre de fosses nécessaires dans le village	7	15	3	26

La vidange de ces fosses doit être effectuée par camion de vidange tous les 2 ans. Le camion de vidange aura une capacité de 8 m³, afin de pouvoir vidanger une fosse à la fois. À raison de 2 ou 3 vidanges par jour, la vidange de toutes les fosses de la zone pourra être effectuée en 1 à 2 mois.

Les effluents prétraités dans les fosses RAC sont transportés à la station de filtres plantés de roseaux, où le traitement sera facilité. Les matières solides sont apportées au bâtiment de co-compostage, qui est également une structure à ajouter. Ce bâtiment va aussi recueillir l'humus des toilettes sèches, comme le montre l'Annexe 18. Ce bâtiment est à dimensionner en fonction du volume de matières solide à stocker et du temps nécessaire à la transformation en compost.

5.4.2 Système de gestion

La gestion actuelle des déchets d'assainissement de la zone amont du bassin se fait à travers l'entreprise Apa Canal Nisporeni, basée à Nisporeni, par vidange motorisée des fosses. Le principal coût de ce service provient du nombre de kilomètres jusqu'au village, comme le montre l'Annexe 20.

Il est donc préférable de créer un système de gestion des boues de vidange qui soit plus local et moins coûteux. La gestion pourra être entreprise soit par une association publique des usagers, sur un modèle similaire à celles existantes pour l'eau potable dans les villages de Bălănești et Ciutesti, soit par une compagnie privée comme c'est le cas à Nisporeni avec Apa Canal Nisporeni.

Cette décision devra être prise par l'Association des Maires des villages du bassin versant de la Nirnova.

Un personnel d'entretien doit être constitué au niveau des différentes étapes du système d'assainissement :

- Entretien de l'égout simplifié,
- Vidange et transport manuel de l'humus provenant des toilettes sèches, jusqu'à la valorisation de ces déchets,
- Maintenance et gestion de la station de traitement des eaux usées à filtres plantés de roseaux.

La sensibilisation au métier de vidangeur est primordiale, car celui-ci peut être très mal perçu par la population à cause des odeurs et de la saleté.

Dans le cas de l'amplification du système, détaillée dans la partie « 5.4.1.3 Actions à long terme », une équipe de personnel devra être désignée à la vidange motorisée des fosses RAC, et une autre pour l'entretien du compost, dans le bâtiment de co-compostage.

5.4.3 Programme d'action

5.4.3.1 Étude économique

En connaissance d'une estimation des prix des matériaux sur le marché moldave, le coût d'investissement d'un tel projet d'accès à l'assainissement est présenté dans le Tableau 18. L'Annexe 21 montre le détail du budget.

Tableau 18 : Estimation économique de l'investissement total à apporter pour la solution d'assainissement envisagée pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	Prix total (MDL)	Prix total (EUR)
Investissement	64 183 000 MDL	3 280 000 €

Ce coût ne prend pas en compte la main d'œuvre, ni le matériel nécessaire et ses amortissements. Afin d'ajouter ces dernières estimations au coût total, il est nécessaire de connaître :

- Une estimation du phasage des travaux, afin de calculer le coût de la main d'œuvre,
- Le matériel nécessaire et disponible pour la réalisation des travaux.

Ce budget préliminaire permet néanmoins d'avoir un premier aperçu du montant minimum. Certains coûts, comme le terrassement des VIP double fosses, représentent une part importante du budget, et il pourra être envisagé de l'alléger ce coût en impliquant au maximum la population dans les travaux de construction.

En parallèle de l'estimation des coûts d'investissement, d'entretien et de gestion, il est nécessaire d'estimer également la volonté à payer des habitants de la zone. Des actions de sensibilisation sur l'importance de payer pour recevoir un service de qualité devront être menées.

5.4.3.2 Phasage

Étant donné le coût important qu'il implique, ce projet d'accès à l'assainissement pour toute la zone amont peut être réalisé en plusieurs phases. Notamment le réseau d'égout simplifié, qui représente la plus grande partie du budget, peut s'étaler sur plusieurs années. Le Tableau 19 montre un exemple de phasage possible.

Tableau 19 : Proposition de phasage des travaux et des dépenses pour aboutir à la solution d'assainissement pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	2019-2023	2024-2028	2029-2034
Fosse de collecte et stockage des eaux usées	VIP double fosse aux habitations	-	-
Transport des effluents et boues	Vidange et transport manuel des fosses VIP	Égout simplifié (50%)	Égout simplifié (50%)
Traitement (semi-) centralisé	-	Stations à filtres plantés de roseaux verticaux	-
Amélioration du traitement	-	-	Fosse RAC et vidange
	-	-	Bâtiment de co-compostage
Coût	529 500 €	1 421 000 €	1 331 000 €

5.5 Étude approfondie d'une solution d'alimentation en eau potable : Optimisation du réservoir d'eau potable de Bălănești

D'après l'étude socio-économique (cf. 4.2.), les habitants de Bălănești sont plutôt insatisfaits de leur accès à l'eau potable. En effet, seuls 46 % des habitants sont satisfaits de leur quantité d'eau (cf. Figure 24). Actuellement, 35 % de la population est connectée au château d'eau via un réseau, et ce système ne fournit pas suffisamment d'eau en été, avec l'assèchement de la ressource. De plus, les habitants qui doivent s'approvisionner par les puits ont une distance relativement importante à parcourir (cf. Tableau 13).

L'étude suivante a donc pour objectif d'expliquer la situation actuelle d'alimentation en eau potable de Bălănești tout en mettant en avant les modifications possibles et nécessaires afin de l'optimiser.

5.5.1 Système actuel

Dans cette étude ne sera pris en compte que le système actuellement en état de fonctionnement. En effet, un nouveau château d'eau et une sonde artésienne ont été récemment installés mais le système n'est pas encore en service.

Le réservoir de tête R de Bălănești, appelé ici « Château d'eau », est alimenté par une bache de reprise, comme le montre la Figure 31. Ce système a pour avantage de permettre l'insertion simple de nouveaux champs captant. De plus, il permet de choisir les plages horaires pendant lesquelles relever l'eau par pompage (Daux & Prensier, 2006).

Le réservoir R1 est présent depuis le régime soviétique et des subventions du FISM ont, plus tard, été obtenues afin de construire R2. Ce dernier permettait le traitement de l'eau par injection de Chlore, car la pompe d'injection n'était pas adaptée à la pression du réservoir de 18 m³. Aujourd'hui, le système d'injection ne fonctionne plus, et personne ne sait comment le réparer.

En hiver, le château d'eau se remplit en fonction de la consommation de la population, et la hauteur d'eau dans le château d'eau est suivie par un manomètre présent dans la station de pompage, au niveau du réservoir R2. En été, il est rempli en fonction de la quantité d'eau disponible à la ressource. Il se vide donc progressivement au cours de l'été, jusqu'à perdre sa fonction de stockage.

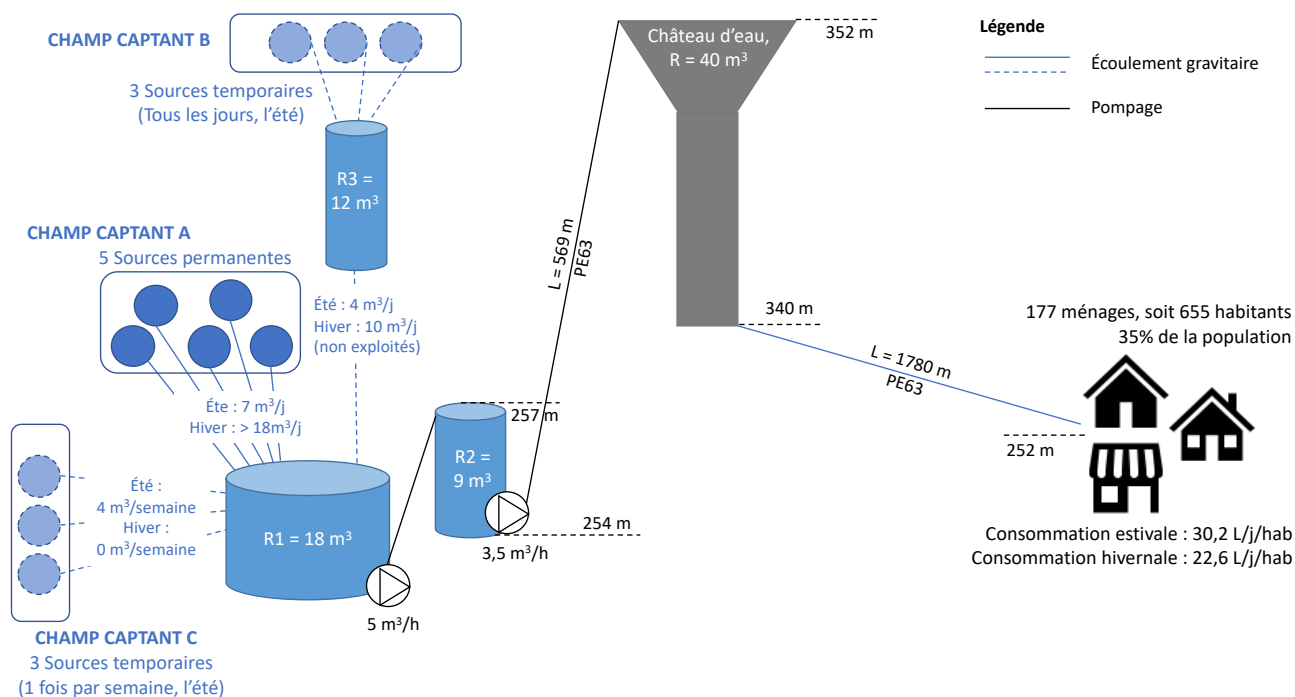


Figure 31 : Système actuel (2019) d'alimentation en eau potable à Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Le système de distribution actuel est un réseau ramifié, ce qui est adapté aux zones rurales et peu denses telles que celle étudiée. La circulation de l'eau est à sens unique, ce qui réduit la sécurité en cas de rupture d'une conduite.

5.5.2 Consommation d'eau

5.5.2.1 Population et évaluation des besoins en eau

La population totale de Bălănești est de 1905 habitants, et le réseau actuel alimente 177 ménages, soit environ 655 habitants. Le système alimente également le centre de santé et l'école. D'après l'entretien avec le technicien en charge du système et les documents rendus disponibles par l'association des usagers, la consommation journalière du village, à partir de ce système, est d'environ 15 m³/jour en hiver et 11 m³/jour en été.

Ces données rejoignent les résultats des questionnaires pour Bălănești, qui indiquaient une consommation d'eau par le réseau de 17,8 L/jour/habitant, soit 11,7 m³/jour pour le village.

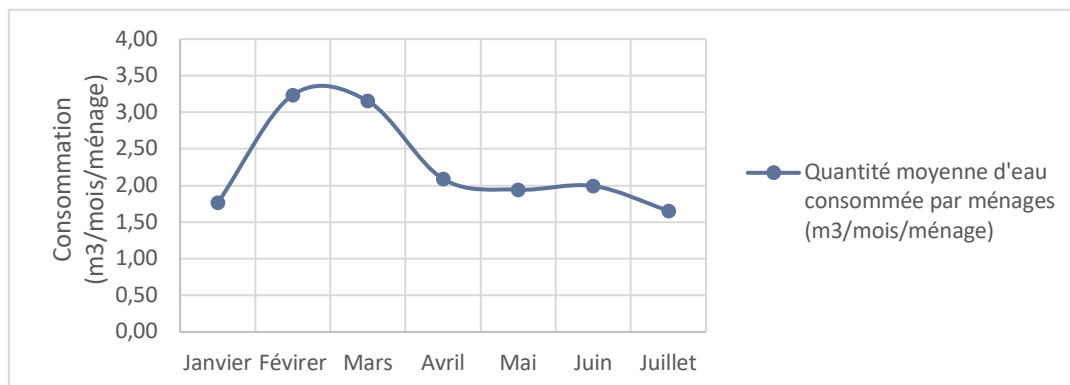


Figure 32 : Consommation mensuelle des ménages de Bălănești, d'après des documents de l'Association des usagers de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Dans la Figure 32, on constate que la consommation est plus élevée en hiver, ce qui est contraire aux besoins exprimés par les habitants dans les questionnaires distribués en 2019. Ce phénomène s'explique par la quantité limitée d'eau en été.

Afin de correspondre réellement aux besoins des habitants, la consommation estivale de la population actuellement connectée est estimée à 20 m³/jour, soit 30,2 L/jour/habitant.

La consommation actuelle ne permet pas d'optimiser l'utilisation du réservoir. En effet, avec un réservoir de 40 m³ en zone rurale, on peut considérer une consommation journalière de pointe de 40 m³ (Colbach, 2013). Les consommations alors considérées pour la suite sont telles que :

- 40 m³/jour pour la saison estivale, qui est la période de plus forte consommation ;
- 30 m³/jour pour la saison hivernale, de façon à ce que la consommation augmente de 33 % entre l'hiver et l'été, comme le montre la situation actuelle.

Considérer cette consommation permettrait de connecter 181 ménages supplémentaires, soit 358 ménages au total, ce qui représente 69,5 % des ménages de Bălănești.

La consommation saisonnière est répartie sur la journée d'après les réponses obtenues dans les questionnaires distribués en 2019, et représentée dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Répartition horaire de la consommation d'eau des ménages, Source : Questionnaires 2019, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	Plage horaire	Part journalière	Hiver (m ³ /j)	Été (m ³ /j)
Matin	6h-10h	30 %	8,9	11,9
Midi	10h-13h	19 %	5,7	7,7
Après-midi	13h-16h	6 %	1,9	2,6
Soir	16h-20h	45 %	13,4	17,9
Nuit	20h-6h	0 %	0	0
Total	-	100 %	30	40

Les plages horaires correspondant aux périodes « Matin », « Midi », « Après-midi » et « Soir » ont été choisies de façon à respecter le déroulement d'une journée type.

La répartition de la consommation par la méthode dite « de tableau » permet d'obtenir les consommations horaires, puis de déterminer les périodes de pompage et d'estimer le volume utile du réservoir (Ahmat, 2015).

5.5.2.2 Pertes d'eau dans le réseau

Étant donné que le réseau date de 2009, il est probable que des fuites soient présentes. Cependant, aucun outil de mesure ne nous a permis d'en estimer l'importance et la localisation.

5.5.3 Proposition d'un système techniquement viable

5.5.3.1 Analyse d'eau et traitement

Les analyses d'eau les plus récentes datent de 2017 et témoignent d'une bonne qualité, qui respecte la réglementation moldave NS 834/2 de 2007. Elle est adaptée à la boisson et aucun traitement n'est donc nécessaire.

5.5.3.2 Captages de sources

Les sources actuelles permettent les débits représentés dans le Tableau 21.

Tableau 21 : Débits disponibles au niveau des sources de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

	Débit hivernal	Débit estival
Champ captant A	> 18 m ³ /j	7 m ³ /j
Champ captant B	10 m ³ /j (Pas utilisé)	4 m ³ /j
Champ captant C	Pas utilisé	4 m ³ /semaine
Manquant	12 m ³ /j	25 m ³ /j
Total	30 m ³ /j	40 m ³ /j

Afin de trouver les débits manquants en hiver et en été, il est nécessaire de déterminer si les champs captant sont optimisés en calculant la zone d'influence des ouvrages de captage déjà existants. L'Annexe 22 donne la formule qui permet de calculer la zone d'influence à partir des lois de Dupuit, mais dont les informations sont inconnues et nécessiteraient une étude hydrogéologique.

Cependant, d'après les responsables de l'association des usagers et nos observations de terrain, le champ captant B peut fournir des débits importants. La zone regorge d'eau, et des ouvrages adéquats pourraient largement combler les 25 m³ manquants en été. Deux réservoirs de 12,5m³ peuvent y être construits, sur un modèle similaire à R3 (cf. Figure 31). Ils seront également alimentés par 3 puits de captage chacun, et qui seront construits sur le modèle de ceux déjà présents sur la zone. La carte en Annexe 23 permet d'observer la localisation des champs captant et de leurs sources.

Pour la suite de l'étude, il sera considéré que les débits manquants en été sont comblés par le champ captant B.

5.5.3.3 Système de stockage

Le système de stockage est un château d'eau de 40 m³. Il se situe dans le village, à une altitude de 340 m et mesure 12 m de hauteur.

Volume du château d'eau

Le château d'eau étant existant, des calculs de vérification sont réalisés afin de déterminer comment optimiser son fonctionnement.

Le volume utile du château d'eau est donc calculé d'après son alimentation cumulée et la consommation cumulée de la population, grâce à la méthode de tableau (Ahmat, 2015) et par l'Équation 5 (Réservoirs d'eau) :

$$V_0 = \text{Max}(V_a - V_c) - \text{Min}(V_a - V_c) \quad (5)$$

Avec :

V_0 , le volume utile du château d'eau.

V_a , le volume cumulé d'alimentation du château d'eau.

V_c , le volume cumulé de la consommation.

Le volume utile est défini égal à 6,7 m³ en hiver et 8,9 m³ en été dans le cas de l'optimisation du château d'eau. L'Annexe 24 représente graphiquement le calcul du volume utile. Un faible volume utile représente un avantage dans le cas où un problème d'alimentation du réservoir se produit. En

effet, le volume total stocké dans le réservoir restera suffisant pour satisfaire les besoins des habitants.

Les temps de séjour dans le château d'eau sont vérifiés dans le Tableau 22, en prenant en compte la consommation optimisée.

Tableau 22 : Temps de séjour dans le château d'eau, dans le cas où celui-ci est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

	Dans le château d'eau de 40 m ³	Requis
Temps de séjour minimal	2 heures	> 2 heures
Temps de séjour maximal	10,5 heures	< 48 heures

Les temps de séjour dans le château d'eau sont satisfaisants et le paramètre qualitatif du réservoir est respecté, la qualité de l'eau est maintenue.

Pompage

La caractéristique de la pompe actuellement utilisée étant inconnue, il n'est pas possible d'en trouver le point de fonctionnement et d'en vérifier l'utilisation. Ainsi, le débit de pompage actuel, de la bêche vers le château d'eau, est conservé à 3,5 m³/h, et celui de R1 vers R2 est conservé à 5 m³/h. Il peut être judicieux d'ajouter une pompe supplémentaire à chaque poste, en cas de défaillance.

Les périodes de pompage sont représentées dans le Tableau 23, et sont déterminées grâce à la méthode de tableau (Ahmat, 2015).

Tableau 23 : Débits et plages horaires de pompage à mettre en place entre la bêche de reprise et le château d'eau, et entre R2 et R2 pour permettre l'optimisation du château d'eau, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Saison	Pompage de R1 vers R2		Pompage de la bêche (R2) vers le château d'eau (R)	
	Nombre d'heures de pompage	Volume total pompé	Nombre d'heures de pompage	Volume total pompé
Hiver	6 heures	30 m ³	9 heures	30 m ³
Été	8 heures	40 m ³	11 heures	40 m ³

Les périodes de pompage sont déterminées de façon à ne jamais vider la réserve utile du réservoir. Les périodes sont plus nombreuses et durent plus longtemps que le pompage actuellement réalisé. L'évolution des volumes des réservoirs, en prenant compte le pompage, est représentée dans les graphiques en Annexe 25.

En Moldavie, il n'y a pas d'avantage économique à répartir le pompage pendant les périodes de basse consommation d'électricité. Cependant, cela pourrait constituer un avantage écologique en évitant d'exercer une pression supplémentaire sur le réseau électrique.

Dispositif « anti-bélier »

Les pompes étant régulièrement arrêtées puis redémarrées, la répercussion des ondes dues à la fermeture du clapet anti-retour de la pompe peut générer l'implosion ou l'explosion de la conduite menant de la pompe au réservoir qu'elle alimente. Il est alors nécessaire de mettre en place un dispositif « anti-bélier ».

5.5.3.4 Mode de distribution

Afin de permettre l'optimisation du réservoir et l'alimentation d'une plus grande partie de la population, le réseau doit être étendu. La distribution sera gravitaire, comme c'est le cas du réseau actuel.

Structure du réseau

Le nouveau réseau est composé de conduites en Polyéthylène, qui est un matériau déjà utilisé dans la région, et maîtrisé. Les canalisations sont divisées en conduites primaires PE63 et en conduites secondaires PE40, et les connexions privées sont établies sur les deux types de conduites.

Le réseau envisagé, afin d'alimenter toute la population du village, est tel que le montre la Figure 33.

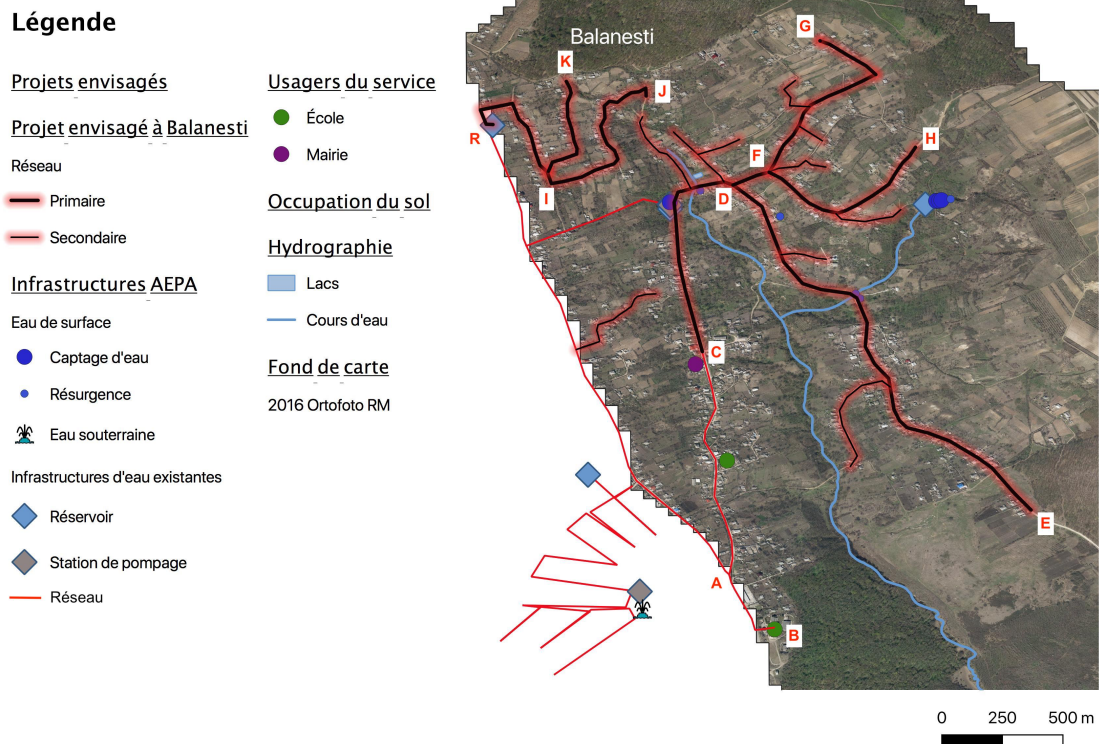


Figure 33 : Carte du réseau envisagé pour Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Caractéristiques des tronçons

On émet l'hypothèse que les abonnés sont répartis uniformément sur le réseau. Sur les 7745 mètres de conduite, les 1325 abonnés considérés dans ce projet ne sont répartis que sur 7595 m, car les 150 m restant relient le réseau à l'école. Ainsi, il est considéré qu'il y a 0,1745 abonnés par mètre linéaire de conduite.

Le débit de pointe dans le réseau est estimé en été et le soir (cf. Tableau 20), et vaut 4,47 m³/h. Il est donc réparti sur le réseau en fonction du nombre d'abonnés, comme le montre le tableau en [Annexe 26](#).

Les pertes de charges sur le réseau sont calculées avec l'Équation 6 de Lechapt et Calmon, adaptée à l'hydraulique en charge.

$$J = L \cdot Q^M \cdot D^{-N} \quad (6)$$

Avec :

- J , la perte de charge en mm/m ou m/km ;
- Q , le débit en L/s ;
- D , le diamètre de la conduite en m ;
- L, M et N , les paramètres de Lechapt et Calmon, dépendant de la rugosité.

Les paramètres de Lechapt et Calmon correspondant au réseau étudié sont définis tels que dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Paramètres de Lechapt et Calmon pour une conduite de rugosité PVC-Polyéthylène

Rugosité PVC-Polyéthylène (mm)	L	M	N
0,025	1,01	1,84	4,88

Les pertes de charge obtenues pour chaque tronçon du réseau sont détaillées en Annexe 26.

Les pressions en chaque point du réseau sont ainsi déterminées, et sont représentées dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Pression en chaque point du réseau envisagé pour Balanesti, bassin de la Nirnova, Moldavie

Tronçon	Pression avale (mCE)	Tronçon	Pression avale (mCE)
R-A	100,60	F-G	7,10
A-B	102,60	F-H	9,24
A-C	107,21	R-I	37,46
C-D	102,06	I-J	64,36
D-E	96,31	I-K	25,45
D-F	88,27		

D'après les pressions obtenues dans Tableau 25 et comme le montrent les lignes piézométriques de la Figure 34, les pressions aux points G et H sont trop faibles pour alimenter correctement la population. En effet, une pression minimale est considérée autour de 1 bar en France, soit 10 mCE, et une pression de confort se situe plutôt entre de 2 et 3 bars.

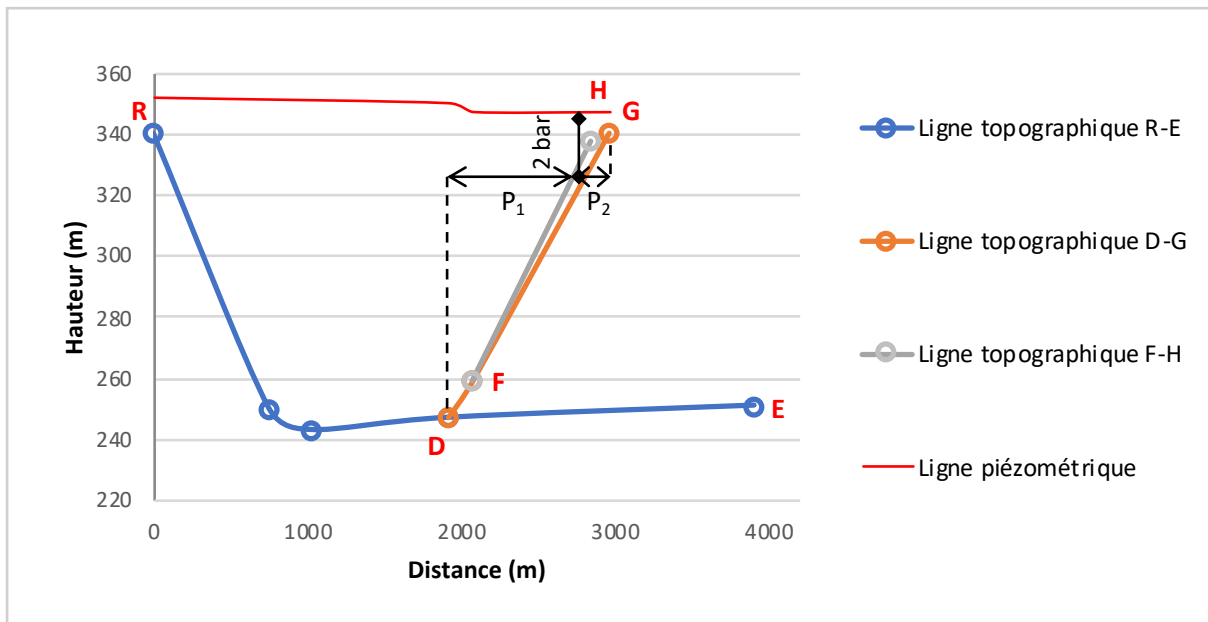


Figure 34 : Représentation graphique des lignes topographiques et piézométriques pour les conduites ayant des problèmes de pression dans le réseau envisagé pour Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Les ménages habitant sur les portions de conduite D-H et D-G et recevant une pression P_1 auront une pression suffisante pour satisfaire leur confort. Cependant, les ménages situés sur les portions recevant une pression P_2 auront une pression insuffisante.

Afin de pallier ces problèmes de pression, deux options sont envisageables :

- Augmenter le diamètre de la canalisation depuis le début du réseau,
- Placer un surpresseur à l'amont des points problématiques.

La première option implique le changement des canalisations déjà en place, ce qui augmente considérablement le montant des travaux. La seconde option est donc la plus appropriée.

L'installation d'un seul surpresseur sur la conduite D-F permet d'augmenter la pression en chacun des points posant problème. En effet, un surpresseur de 20 mCE permet une pression de 27 mCE en G et 29 mCE en H. Ces pressions sont satisfaisantes pour assurer l'alimentation en eau des usagers.

En cas de pression trop importante au niveau des habitations, des dispositifs réducteurs de pression pourront être installés, comme un ballon anti-bélier par exemple.

5.5.3.5 Conclusion

Afin de permettre l'optimisation du réservoir et la connexion d'un plus grand nombre d'habitants, des modifications doivent être réalisées à tous les niveaux du système :

- La ressource en eau alimentant le château d'eau doit être revue à la hausse à travers la construction de nouveaux ouvrages de captage dans le champ captant B,
- Les plages horaires du pompage depuis la bêche de reprise au château d'eau doivent être plus fréquentes et plus longues, afin de ne jamais vider la réserve utile du château d'eau ;
- Le réseau doit être agrandi de 9,1 km de conduites supplémentaires et un surpresseur doit être installé au niveau d'une des conduites, pour garantir une pression satisfaisante à toutes les habitations.

Afin d'assurer la pérennité du système envisagé, certaines précautions supplémentaires sont également nécessaires :

- L'ajout de dispositifs « anti-bélier » au niveau de la conduite reliant la pompe de la bêche au château d'eau, afin d'éviter les ondes provoquées par les arrêts fréquents des pompes,
- L'ajout de ballons anti-bélier au niveau d'habitations où la pression est trop importante,
- L'ajout de pompes supplémentaires afin de pallier les risques de défaillance.

Récemment, une sonde artésienne a été construite pour couvrir 570 habitants, soit 30 % de la population. La combinaison de ce projet prochainement terminé et de celui envisagé dans cette étude permet alors l'alimentation de 100 % de la population de Bălănești via un réseau.

Ce projet part du principe d'une évolution constante de la consommation via le réseau, c'est-à-dire que les habitants doivent continuer à utiliser l'eau des puits pour compléter leurs besoins.

Afin de limiter la consommation via le réseau, l'installation de compteurs d'eau à chaque habitation est à prendre en compte impérativement.

Cependant, il est à noter que d'après les projections futures sur la consommation, la demande en eau sera décroissante à partir de 2025. L'usage du robinet pourra donc croître légèrement.

5.5.4 Programme d'action

5.5.4.1 Étude économique

En connaissance d'une estimation des prix des matériaux sur le marché moldave, le coût d'investissement d'un tel projet d'accès à l'assainissement est présenté dans le Tableau 26. L'Annexe 27 montre le détail du budget.

Tableau 26 : Estimation économique du prix du projet d'optimisation du château d'eau de Bălănești, bassin de la Nimova, Moldavie

	Prix total (MDL)	Prix total (EUR)
Investissement	7 553 100 MDL	385 810 €

Le coût final présenté dans le Tableau 26 ne prend pas en compte la main d'œuvre, ni le matériel nécessaire et ses amortissements. Afin d'ajouter ces dernières estimations au coût total, il est nécessaire de connaître :

- Une estimation du phasage des travaux, afin de calculer le coût de la main d'œuvre,
- Le matériel nécessaire et disponible pour la réalisation des travaux.

Ce budget préliminaire permet néanmoins d'avoir un premier aperçu du montant minimum. On remarque également que ce sont les travaux de distribution, pour l'installation des canalisations, qui sont les plus coûteux (cf. Annexe 27).

5.5.4.2 Phasage

Étant donné le coût important qu'il implique, ce projet d'optimisation du château d'eau peut être réalisé en plusieurs phases. Notamment le réseau, qui représente la plus grande partie du budget, peut s'étaler sur plusieurs années et connecter les usagers petit à petit, selon une logique de court, moyen et long terme. Le Tableau 27 montre un exemple de phasage possible.

Tableau 27 : Proposition de phasage des travaux et des dépenses pour aboutir à la solution d'eau potable de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

	2019-2023	2024-2028	2029-2034
Captage de la source	6 collecteurs en béton	-	-
	Zone de protection des ouvrages de captage	-	-
Stockage	2 réservoirs en béton	-	-
	Zone de protection des réservoirs	-	-
Distribution	Canalisations primaires PE63 : conduite CD et RI	Canalisations primaires PE63 : conduites DE, DF, FH, FG, IJ et IK	Canalisations secondaires PE 40
	-	Surpresseur	-
Coût	83 800 €	201 800 €	100 200 €

De plus, afin de mettre réellement en place ce projet, des mesures et actions restent à établir à :

- Étude hydrogéologique des sources du champ captant B, afin de connaître la zone d'influence des puits déjà présents et d'ajouter des ouvrages de captage ;
- Précision des données de consommation et de répartition horaire de celle-ci ;
- Connaissance de la caractéristique de la pompe actuellement utilisée, afin de savoir si son fonctionnement peut être optimisé et si les plages de pompage peuvent être réduites et moins fréquentes ;
- Quantification de la surpression et la dépression dans la conduite de refoulement de la pompe, afin d'installer un dispositif « anti-bélier » ;
- Précision de l'estimation économique en apportant les données manquantes sur les prix ;
- Réalisation d'une étude des coûts de fonctionnement, et étude de la capacité et de la volonté à payer de la population pour un service de qualité.

6 Conclusion

La Moldavie est un pays où l'accès à l'eau potable est limité par la qualité de la ressource et par les moyens financiers disponibles. La situation politique implique des pouvoirs très centralisés, des problèmes de corruption et des financements limités. Beaucoup d'aides internationales sont alors perçues par les villages afin d'atteindre l'objectif national de 80 % de la population ayant un accès à l'eau potable et 65 % à l'assainissement, d'ici 2023.

L'objectif de cette étude a été de proposer des solutions concrètes au niveau de 7 villages de la zone amont et d'établir une méthodologie qui sera préconisée auprès du consultant, pour la réalisation du schéma directeur.

Le territoire de la zone amont possède une terre riche en nutriments, en partie exploitée pour l'agriculture, mais dont la perméabilité renforce la vulnérabilité face à la diffusion de polluants.

Des infrastructures d'alimentation en eau potable sont présentes dans 3 des villages de la zone mais sont souvent anciennes, connaissent un entretien limité, et n'alimentent qu'une partie de la population. Des infrastructures sont actuellement en cours de construction dans 2 villages, mais 2 autres des villages ne possèdent aucune infrastructure de stockage et d'adduction en eau. De plus, aucune infrastructure d'assainissement collectif n'est présente sur toute la zone.

La situation socio-économique de la zone étudiée est complexe, du fait d'une population décroissante, de revenus faibles et d'activités économiques très peu variées. De ce fait, la volonté à payer pour bénéficier d'un service de qualité est également faible.

L'assainissement faisant particulièrement défaut, une solution a été envisagée pour l'ensemble de la zone amont. Cette solution est appliquée selon le zonage d'alimentation en eau potable, collectif ou individuel. Elle permet la récupération des eaux grises, des eaux noires directement auprès de 76 % des ménages, de les transporter par un égout simplifié vers deux stations à filtres plantés de roseaux afin de traiter la charge polluante de presque 4800 EH. Les 24 % de la population restant ont actuellement un système individuel d'alimentation en eau potable, et seuls des fosses de récupération des excréments améliorées et étanches sont envisagées.

Afin de pallier l'insatisfaction des habitants face à leur accès à l'eau potable, une solution a été envisagée au niveau du village de Bălănești. D'après les questionnaires distribués en 2019 auprès des ménages, la consommation des habitants via le réseau est telle que 69,5 % de la population pourrait être alimentée par le château d'eau si celui-ci était optimisé et recouvrait sa fonction de stockage. Les améliorations à réaliser concernent le captage de nouvelles sources pour alimenter le réservoir, la modification des plages horaires de pompage et l'extension du réseau actuel. À considérer que la population continuerait à consommer l'eau des puits pour des usages techniques, et étant donné le projet de construction actuellement en cours et qui concerne une partie du village, 100 % de la population aurait alors accès à un système d'alimentation en eau pour répondre à ses besoins.

Afin d'aboutir concrètement aux des deux solutions proposées précédemment, des études de faisabilité approfondies doivent être réalisées et les études économiques doivent être complétées. De plus, les options proposées à court termes peuvent être envisagées plus précisément et une grille d'analyse multicritères peut être réalisée afin de prioriser les solutions à mettre en place. Les solutions proposées et la grille d'analyse devront alors être présentées aux membres de l'Association des maires, afin que ceux-ci soient impliqués dans le processus décisionnel. Enfin, l'impact du coût de ces projets sur le prix de l'eau doit être appréhendé.

7 Analyse critique

Le contexte moldave a nécessité une certaine adaptation de notre part. En effet, il est difficile de trouver des données fiables et précises en Moldavie et de nombreuses actions de vérification des données ont dû être menées. De plus, les documents des mairies sont rarement informatisés, et certains documents papiers n'étaient plus disponibles ou perdus. Cependant, la bonne volonté et la disponibilité des personnes ressources (maires, responsables du service AEP et directeurs et directrices d'écoles) ont facilité beaucoup de démarches.

La communication a également été compliquée par moments, non seulement à cause de la barrière de la langue, mais également pour une raison culturelle. Il a parfois été difficile de faire comprendre aux personnes ressources que ce n'était pas seulement la donnée qui nous intéressait, mais également son origine, afin de juger de sa fiabilité. De plus, il a parfois été difficile de convaincre les responsables des services AEPA que nos questions ne servaient pas à contrôler leur gestion et leur comptabilité, mais à tirer des conclusions techniques. C'est un collègue moldave qui servait d'interprète, et sa connaissance en AEPA étant limitée, il nous fallait dans un premier temps nous faire comprendre auprès de lui. De plus, nos déplacements dans les villages étaient limités à sa disponibilité.

Le contexte associatif possède également son lot de difficultés. En effet, peu de moyens étaient disponibles et certaines mesures de terrain n'étaient pas envisageables, comme l'analyse de la qualité de l'eau, le niveau piézométrique et la perméabilité du sol. De plus, l'absence d'un véhicule propre à l'association a limité nos déplacements dans les villages. Or c'était sur le terrain et auprès des locaux qu'il nous était possible de récupérer le plus d'informations et d'avoir un meilleur aperçu de la situation.

De plus, l'équipe présente en Moldavie étant petite (4 personnes, dont 2 stagiaires) et pas forcément expérimentée dans le domaine de l'eau, il était parfois nécessaire de faire appel à un support technique auprès des bailleurs, ceux-ci n'étant pas toujours disponibles.

Concernant le projet réalisé pendant le stage, soit la réflexion de solutions techniques, la zone choisie s'est révélée trop grande pour pouvoir détailler des solutions dans tous les villages. D'autant plus que beaucoup de temps a été consacré, au début du stage, à comprendre l'historique de SEE et de ses actions, à regrouper et recouper les données disponibles et à organiser la base de données. Ainsi, de nombreux aspects n'ont pas pu être approfondis, comme les risques de coup de bélier, l'installation d'un surpresseur, la localisation précise des infrastructures d'assainissement, l'impact sur le prix de l'eau des projets envisagés...

De plus, certaines analyses ont été basées sur des données très peu fiables. En effet, des données telles que la consommation d'eau et le débit de la ressource sont variables et nécessitent un suivi régulier dans le temps.

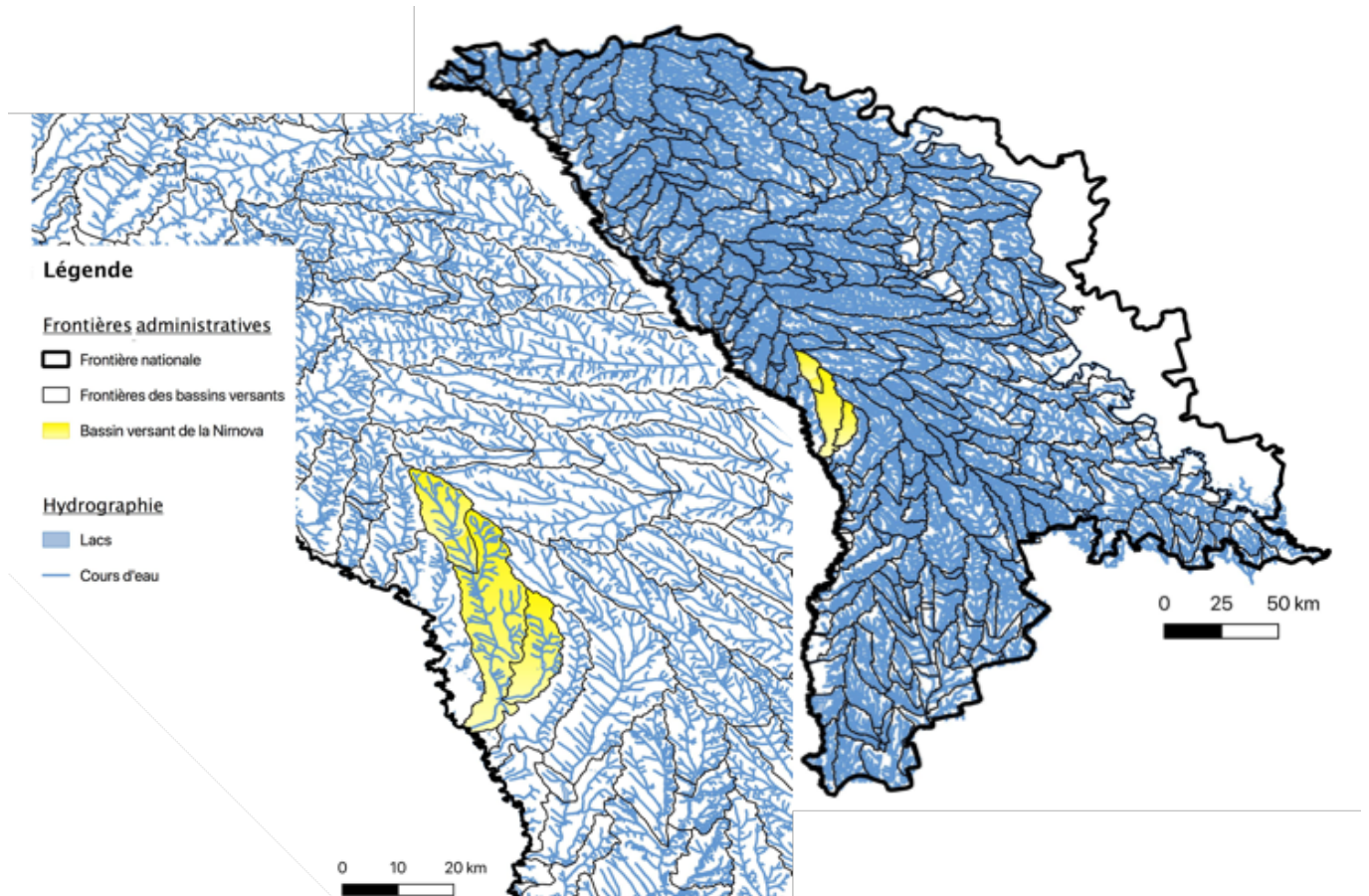
Bibliographie

- ADEPT. (2019). *Servicii Publice de Gospodarie Comunala in municipii si orase*. Récupéré sur Asociația pentru Democrație Participativă ADEPT: <https://www.serviciicomunale.md/ro/compararea-indicatorilor>
- Ahmat, A. (2015). *Optimisation d'un système d'alimentation en eau potable : cas de la ville de Laramanaye (Tchad)*. Ouagadougou: Institut International d'Ingénierie, 21E.
- Amos, M. (2018). *Introduction of the constructed wetland technology for treatment of wastewater in rural areas in Moldova*. Chisinau: Proiect ApaSan, Skat Consulting LTD.
- Amos, M. (2019). *Water Consumption Study : Water consumption in 2015 and 2016 in seven Moldovan villages with a village-wide water supply system*. Apasan.
- (2016). *Anuarul Inspekția Ecologică Nisporeni*. Nisporeni.
- ApaSan. (2016). *Situation of Water Supply and Sanitation in 26 villages in Moldova - Results of a Household Survey*. Chisinau: Skat Consulting Ltd.
- ApaSan. (2019). *Sanitation in schools*. Consulté le Juin 2019, sur Apasan.Skat: <http://apasan.skat.ch/sanitation-in-schools/>
- Bacal, P., Bejan, I., Boboc, N., Căpățînă, L., Dilan, V., Iurciuc, B., & Zgîrcu, N. (2019). *Thematic summary, the danube, prut and black sea river basin characterization in republic of moldova for the future planning cycle (2021-2027)*. Chisinau: OIKUMENA Public Association.
- Bourel, M., & Dell'Aquila, L. (2017). *Diagnostic technique et institutionnel du sous bassin versant de la Nirnova : 15 communes du Raion de Hincesti et 16 communes du Raion de Nisporeni en Moldavie*. Strasbourg: Solidarité Eau Europe.
- BPI France. (2019, Juin). *Réaliser un questionnaire dans le cadre de votre étude de marché*. Récupéré sur BPI France-Création: <https://bpifrance-creation.fr/encyclopedie/letude-marche/comment-faire-son-etude-marche/realiser-questionnaire-cadre-votre-etude>
- Burciu, A., Cojocaru, M., De Jong, A., Jalalite, J., Meleca, L., Murariu, C., & Pienaru, A. (2014). *Modernization of local public services in the Republic of Moldova - Intervention area 2 : Regional planning and programming*. Chisinau: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Colbach, P. (2013). *Dimensionnement des réservoirs de distribution d'eau potable en milieu rural*. Administration de la gestion de l'eau. Consulté le Août 2019, sur http://gr-ea.weebly.com/uploads/2/2/4/0/22402368/reservoirs_d%E2%80%99eau.pptx.
- Commission européenne. (2014). *La Directive-cadre européenne sur l'eau*. France: Office des publications.
- Commissariat général au développement durable. (2009, Juillet 17). *Corine Land Cover France, Clés d'interprétation de la nomenclature*. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Consulté le Août 2019, sur Wikipedia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Corine_Land_Cover#%C3%89chelle_d'utilisation
- Dörfliger, N., & Plagnes, V. (2009). *Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères karstiques, Guide méthodologique de la méthode PaPRIKA*. BRGM, ONEMA. Récupéré sur <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-57527-FR.pdf>
- Daux, C., & Prensier, J.-L. (2006). *Étude de cas : Alimentation en eau d'une ville*. Cachan: ENS Cachan.
- Freyss, J. (2004). La solidarité internationale, une profession ? Ambivalence et ambiguïtés de la professionnalisation. *Revue Tiers Monde* n°180, p. 735-772.
- Garcia, S. (2003). *Mesure des économies d'échelle et taille efficace d'intercommunalité*. Montpellier: AgroParisTech.
- GRET. (2018). *Mémento de l'assainissement - Mettre en oeuvre un service d'assainissement complet, durable et adapté*. Éditions du GRET, Éditions Quae.
- Groupe Banque Mondiale. (2019). *Moldova*. Récupéré sur Données Banque Mondiale: <https://donnees.banquemondiale.org/pays/moldova>
- Hoffman, J.-J., & Du Plessis, J.-A. (2013). A model to assess water tariffs as part of water demand management. *Vol. 39*.
- INSEE. (2016, Octobre 13). *Définitions, méthode et qualité : Niveau de vie*. Consulté le Juin 2019, sur INSEE, institut National de Statistiques et des Etudes Economiques: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1890>

- INSEE. (2018, février 27). *Statistiques : Tableaux de l'économie française*. Consulté le Juin 2019, sur INSEE, Institut National de Statistiques et des Études Economiques: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3303442?sommaire=3353488>
- Institut de statistiques de l'UNESCO. (2019). *Glossaire - Ratio élèves-enseignant qualifié*. Récupéré sur UNESCO: <http://uis.unesco.org/fr/glossary-term/ratio-eleves-enseignant-qualifie>
- International Office of water. (2018). *Project ambition in Republic of Moldova*. Récupéré sur Euwipluseast: <https://www.euwipluseast.eu/en/countries/moldova-country>
- Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., Tilley, E., Ulrich, L., & Zurgrügg, C. (2016). *Compendium des systèmes et technologies d'assainissement*. IWA, Eawag.
- Mata, J. (2002). Conditions et niveaux de vie : panorama des mesures. *Canadian Journal of Regional Science*, 491-500.
- Ministère de la transition écologique et solidaire. (2009, avril 15). *Prix de l'eau*. Consulté le Juillet 2019, sur eaufrance, le service public de l'information sur l'eau: <https://www.eaufrance.fr/le-prix-de-leau>
- N.Dörfliger, V. P. (2009). *Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères karstiques, Guide méthodologique de la méthode PaPRIKA*. BRGM, ONEMA. Récupéré sur <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-57527-FR.pdf>
- Nang, C., & Moutsinga, N. (2009). *Guide pratique pour une étude socio-économique*. Agence d'Exécution des Activités de la Filière Forêt-Bois, Secrétariat général, Ministère de la Forêt, de l'Environnement et de la Protection des Ressources Naturelles.
- National geospatial fund. (2019). Récupéré sur Geoportal: http://www.geoportal.md/en/default/map#lat=199188.816845&lon=184038.622145&zoom=5&layers=_base6,_base4,_base16
- OCDE. (2017). *Panorama de la santé 2017 : Les indicateurs de l'OCDE*. Paris: Editions OCDE.
- OCDE. (2018). *Regards sur l'éducation 2018 : Les indicateurs de l'OCDE*. Paris: Éditions OCDE.
- Réservoirs d'eau. (s.d.). Consulté le Août 2019, sur http://gr-ea.weebly.com/uploads/2/2/4/0/22402368/reservoirs_d%E2%80%99eau.pptx.
- Sandre. (s.d.). *Dictionnaire des données - Charge brute de pollution organique produite par l'agglomération*. Consulté le Septembre 2019, sur eaufrance: <http://www.sandre.eaufrance.fr/definition/SCL/1.1/ChargeBruteAgglo>
- SIGES Poitou-Charentes-Limousin. (s.d.). *La carte de la vulnérabilité et du risque de pollution*. (BRGM) Consulté le Mai 2019, sur Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Poitou-Charentes-Limousin: <http://sigespoc.brgm.fr/spip.php?article51>
- SurveyMonkey. (2019). *Taille de l'échantillon de sondage*. Récupéré sur Survey Monkey: <https://fr.surveymonkey.com/mp/sample-size/>
- Union européenne. (2014). International agreements - Association agreement. *Official Journal of the European Union*, Volume 57.
- Vallet, C., & Vrabie, T. (2018). *Diagnostic technique et institutionnel du bassin versant de la Nimova : présentation des avancées*. Strasbourg: Solidarité Eau Europe.
- Van Dessel, G. (2019, Septembre). *La taille de l'échantillon optimale*. Récupéré sur Check Market: <https://fr.checkmarket.com/kb/comment-calculer-la-taille-d-echantillon/>
- Verbeeck, G. (2016). *Strengthening the economic regulatory system for WSS in Moldova*. Consortium of Alpha Plus COnsulting, TreeVelop, Business Research Company.
- Vilatte, J.-C. (2007). *Méthodologie de l'enquête par questionnaire*. Grisolles: Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon.

Annexes

Annexe 1 : Délimitation officielle du bassin versant de la Nirnova, d'après l'agence Apele Moldovei



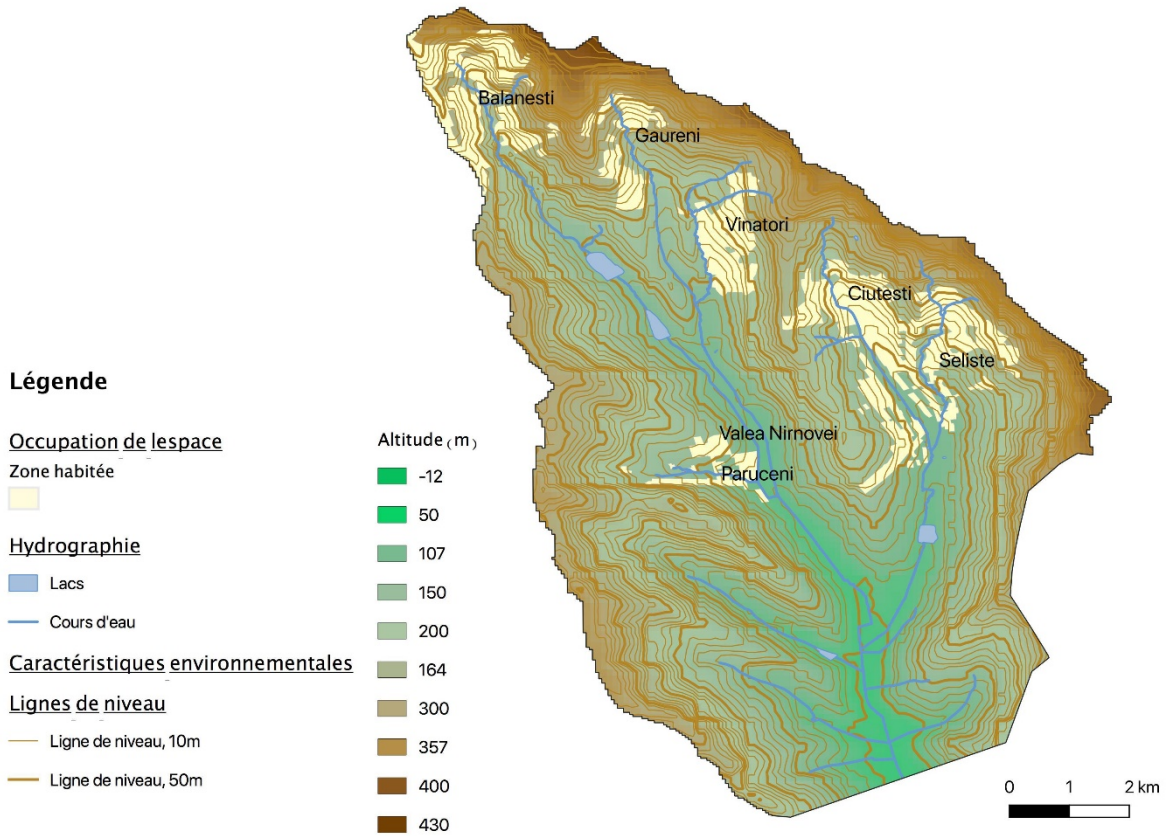
Annexe 2 : Étude de la fiabilité des données et de l'information, tableau inspiré par « Déterminer la fiabilité de l'information – Le Web », Université de Montréal - les bibliothèques, Montréal, Québec, Canada

Qualité et validité des données, de l'information	
Tous les aspects du sujet sont-ils étudiés, et avec quel niveau de détail ?	
Les données et les informations sont-elles vérifiables ? Les sources sont-elles citées ?	
Les données et informations sont-elles vérifiables par d'autres sources ?	
La population cible est-elle explicite ?	
Y-a-t'il un biais ? Un point de vue spécifique ?	
Pourquoi l'étude a-t-elle été créée ?	
Si la donnée/l'information, est controversée, le degré d'opinion est-il mentionné ?	
Autorité de la source	
L'auteur est-il clairement identifié ?	
Ses qualifications ou affiliations sont-elles clairement mentionnées ?	
L'auteur ou l'organisme est-il reconnu dans ce domaine ?	
Est-il facile de communiquer avec l'auteur ?	
Est-il indiqué si l'étude a été révisée par un collègue ?	
Mise à jour des données, des informations	
La date de création est-elle présente sur le document ?	
Les dates des dernières mises à jour et de leur fréquence sont-elles indiquées ?	
Facilité d'utilisation des données, des informations	
Le document est-il structuré de façon logique ?	
Y-a-t'il une table des matières ?	

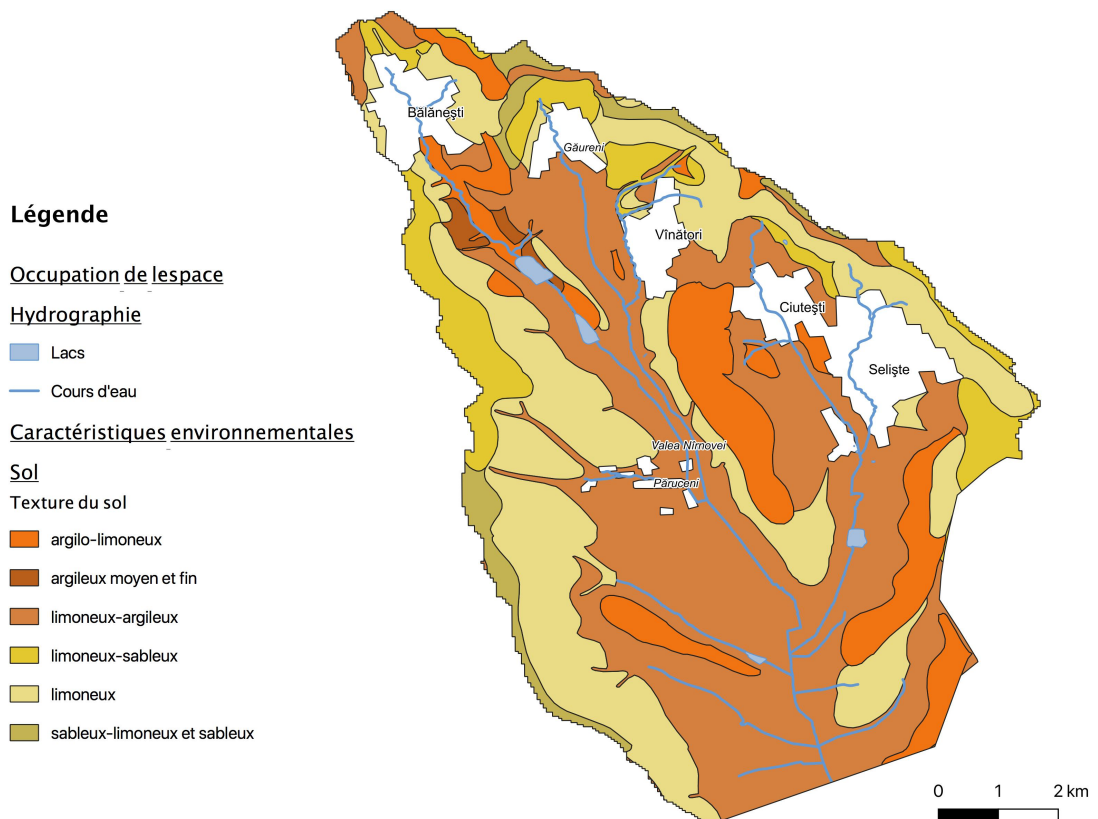
Annexe 3 : Données disponibles dans les "Fiches village" du diagnostic réalisé par SEE en 2017

Données démographiques et socio-économiques	Sources d'eau	Système de distribution de l'eau	Système d'assainissement	Autres usagers (établissements scolaires, mairie, centre de santé)	Autres informations
Population en 2004, 2014, 2017	Nombre de puits	Année de construction et bailleurs des systèmes	Type d'assainissement : collectif ou fosses privées	État de l'établissement et effectif	Futurs projets
Nombre de ménages	Qualité de l'eau, polluants	Longueur et matériaux du réseau	Nombre de fosses privées	Source d'eau et système d'alimentation	Avantages de la commune
	Sources de pollution, zone de protection	Dimensions et matériaux du réservoir		Système d'assainissement	Contraintes
	Année de construction et propriétaire des captages d'eau de surface/souterraine	Nombre de connexions, de débitmètres		Présence d'une station d'épuration	Suggestions d'amélioration
	Débit du captage	Taux de couverture			
		Tarif par m ³ et quantité annuelle d'eau facturée			

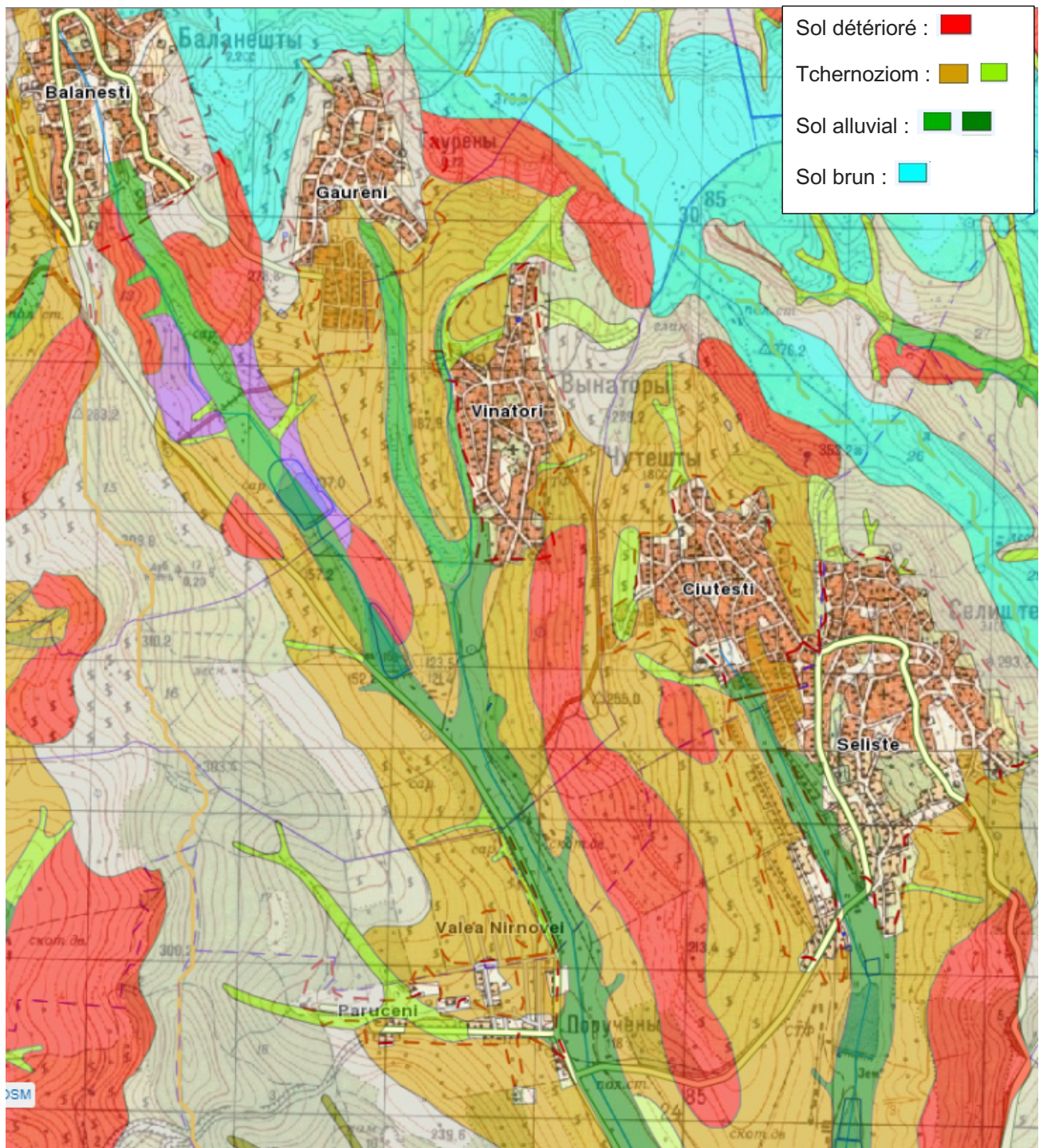
Annexe 4 : Carte des altitudes et des lignes de niveau de la zone amont



Annexe 5 : Carte de la texture du sol de la zone amont



Annexe 6 : Carte représentant la qualité du sol de la zone amont, Source : geoportal.md



Annexe 7 : Liste des sources de pollution potentielles liées aux ménages dans la zone étudiée, 2019

Caractéristique	Polluants métalliques	Polluants minéraux	Polluants organiques
Eaux usées domestiques (eaux ménagères, eaux vannes)	métaux lourds (plomb, cadmium, arsenic, mercure), brome, iode	Tensio-actif, fluor, chlore	Huiles, graisses, acides gras, chlorure, azote, phosphore
Décharges non autorisées (déchets ménagers en grande partie)	métaux lourds (plomb, cadmium, nickel, mercure),	Tensio-actif, chlore	Azote, Pesticides, Sulfure, Hydrocarbures arom. volatiles: benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène
Cimetière	-	-	Azote, phosphore, bactéries, virus, méthanal. Antibiotiques et hormones.

Annexe 8 : Liste des substances toxiques susceptibles de polluer les eaux en fonction des activités économiques en activité dans la zone étudiée, 2019. Source : « Circulaire relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites

Nom	Activité	Localisation	Polluants organiques	Polluants minéraux	Polluants métalliques
"Orstacom" S.R.L	Boulangerie	Ciutești	Huiles et graisses alimentaires	-	-
SRL "Petvlad"	Station-service	Păruceni	Hydrocarbures arom. volatiles: benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène.	-	-
SRL Basa Petrol		Seliște	Alcanes: C5 à C20, méthyléthylcétone, néthyl-tert-butyléther, Pb	-	-
P/f Cataraga Chiril	Séchages industriels de fruits	Seliște	Hydrocarbures arom. Polycycliques	-	-
P/f Motpan Valentina				-	-
SRL Orstacom	Transformation et conservation des fruits et légumes. Fabrication de farine, pains, pâtisseries, d'huiles et de graisses raffinées 7.1.1.1	Ciutești	Transformation fruits : Hydrocarbures arom. Polycycliques Industrie corps gras: hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures alogéniques aliph., alcools, nitriles	Industrie corps gras: chlore	Industrie corps gras: chrome, nickel
-	Vignobles, 5 ha	Vinatori	Acides carboxylique, sels	Souffre	-

-	Agriculture conventionnelle : 200 ha (prunes, cerises). 3 applications de produits chimiques par an. Séchage des fruits	Ciutești	Hydrocarbures halogénés, phénols, Amines, sulfures, pesticides	Calcium, Potassium, Azote, Fluor, Phosphore, Souffre, cyanures	Arsenice, Cadmium, cuivre, manganèse, mercure, molybdène, plomb
-	Agriculture conventionnelle : 3 exploitations mixtes	Vinatori			
-	Elevage : 300 moutons	Bălănești	Pesticides, Antibiotique	Azote, Phosphore, ammoniac	-
-	Elevage : 200 moutons	Seliște			
-	Elevage : 300 moutons	Vinatori			
G.Ț. Nastasiu Oleg	Entrepôt frigorifique	Vînători	hydrocarbures alogéniques aliph., alcools	azote, soufre	-
Mocanu- Sfîntu	Entreprise de captage, traitement et distribution d'eau. Association de consommateur d'eau.	Ciutești	-	fer, chlore, fluor	-
AO Bălănești		Bălănești			

ENQUÊTE AUPRÈS DES MÉNAGES

Raison de l'enquête : Dans le cadre du projet « Amélioration de l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans le sous bassin de la Nirnova », nous collectons les données nécessaires à la réalisation d'une étude de préféabilité. Nous enquêtons sur un grand nombre de foyers afin de mieux connaître leur situation et leurs besoins. Vos réponses serviront comme base de données pour notre étude uniquement et ne seront pas diffusées.

1. Informations générales

Commune, village	
Date / /

1.1. Nombre de personnes dans votre foyer	2018 : personnes 2019 : personnes																
1.2. Composition de votre foyer :	Nombre :adultesjeunes (+14 ans)enfants (-14 ans)																
1.3. Quelle est votre activité/métier ?																	
1.4. Revenu mensuel du foyer	2018 : MDL/mois 2019 : MDL/mois																
1.5. Répartition des dépenses : estimez le montant mensuel de chaque dépense	<table border="1"> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Logement, entretien</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Eau, gaz, électricité</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Produits alimentaires</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Ameublement, équipement ménager</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Habillement</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Transports</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Santé</td> </tr> <tr> <td>..... MDL</td> <td>Enseignement</td> </tr> </table> MDL	Logement, entretien MDL	Eau, gaz, électricité MDL	Produits alimentaires MDL	Ameublement, équipement ménager MDL	Habillement MDL	Transports MDL	Santé MDL	Enseignement
..... MDL	Logement, entretien																
..... MDL	Eau, gaz, électricité																
..... MDL	Produits alimentaires																
..... MDL	Ameublement, équipement ménager																
..... MDL	Habillement																
..... MDL	Transports																
..... MDL	Santé																
..... MDL	Enseignement																

1.6. Possédez-vous votre propre récolte agricole ? Votre propre bétail ?	Récolte agricole : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Bétail : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
1.7. Quelles est la destination de vos produits de collecte (agriculture, élevage, chasse, pêche) ?	<input type="checkbox"/> Consommation personnelle uniquement <input type="checkbox"/> Revente d'une petite partie <input type="checkbox"/> Revente de la majorité <input type="checkbox"/> Revente de la totalité	
1.8. Êtes-vous satisfait du fonctionnement du village ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : <u>Pourquoi :</u>	
1.9. Quelles améliorations apporteriez-vous à votre niveau de vie dans le village ?	<u>Réponse :</u>	
1.10. Avez-vous déjà été témoin, ou avez-vous déjà vécu une situation de conflit par rapport à l'accès à la ressource en eau ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Explications :</u>	

**2. Accès à l'eau
Consommation d'eau :**

2.1. Vous êtes alimentés en eau par : (plusieurs réponses sont possibles)	<input type="checkbox"/> Réseau <input type="checkbox"/> Puits : Nombre de puits : puits <input type="checkbox"/> Bouteilles d'eau <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :
---	--

<p>2.2.</p> <p>Êtes-vous satisfait de la qualité de l'eau que vous utilisez ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : <u>Pourquoi :</u> <input type="checkbox"/> Goût <input type="checkbox"/> Odeur <input type="checkbox"/> Couleur <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :</p>
<p>2.3.</p> <p>Quelle quantité d'eau estimez-vous consommer ? (plusieurs réponses sont possibles)</p>	<p>2018 : Par le réseau : L/jour Par les puits : L/jour Par les bouteilles d'eau : L/jour Autre (préciser) : L/jour</p>
<p>2.4.</p> <p>À quel moment de la journée utilisez-vous le plus fréquemment de l'eau ? (plusieurs réponses sont possibles)</p>	<p><input type="checkbox"/> Matin <input type="checkbox"/> Midi <input type="checkbox"/> Après-midi <input type="checkbox"/> Soir <input type="checkbox"/> Été <input type="checkbox"/> Printemps <input type="checkbox"/> Automne <input type="checkbox"/> Hiver</p>
<p>2.5.</p> <p>À quelle période de l'année consommez-vous le plus d'eau ? (plusieurs réponses sont possibles)</p>	<p><input type="checkbox"/> Multipliée par 2 <input type="checkbox"/> Multipliée par 3 <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :</p>
<p>2.6.</p> <p>À combien estimez-vous l'augmentation de votre consommation en eau ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : <u>Pourquoi :</u> <input type="checkbox"/> Période de sécheresse (préciser la période) : <input type="checkbox"/> L'eau est trop chère pour en utiliser en quantité suffisante <input type="checkbox"/> Le système d'alimentation (pompe, puits, tuyau) est défectueux (manque de pression, fuites) <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :</p>
<p>2.7.</p> <p>Êtes-vous satisfait de la quantité d'eau ?</p>	

<p>2.8.</p> <p>Changez-vous de moyen d'alimentation en eau lors d'une période de sécheresse ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Non, en période de sécheresse j'utilise le même moyen d'approvisionnement que d'habitude. <input type="checkbox"/> Oui, en période de sécheresse j'utilise plutôt : <input type="checkbox"/> Réseau <input type="checkbox"/> Puits <input type="checkbox"/> Bouteille <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :</p>
---	--

Usages domestiques :

<p>2.9.</p> <p>Quelle source d'eau utilisez-vous pour quel usage ? (plusieurs réponses sont possibles)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Boire</th> <th>Cuisiner</th> <th>Laver la maison, les vêtements</th> <th>Hygiène corporelle</th> <th>Agriculture, animaux</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Réseau</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Puits</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Bouteille</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Autre (préciser) :</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Boire	Cuisiner	Laver la maison, les vêtements	Hygiène corporelle	Agriculture, animaux	Réseau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Puits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bouteille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Autre (préciser) :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Boire	Cuisiner	Laver la maison, les vêtements	Hygiène corporelle	Agriculture, animaux																										
Réseau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																										
Puits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																										
Bouteille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																										
Autre (préciser) :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																										

<p>2.10</p> <p>Quel type d'aménagement avez-vous chez vous ?</p>	<p><input type="checkbox"/> Machine à laver <input type="checkbox"/> Système d'irrigation <input type="checkbox"/> Douche <input type="checkbox"/> Évier, lavabo <input type="checkbox"/> Réfrigérateur</p>
<p>2.11</p> <p>À quelle fréquence les utilisez-vous ?</p>	<p>Machine à laver <u>Fréquence</u> : fois/semaine Système d'irrigation <u>Fréquence</u> : fois/semaine Douche <u>Fréquence</u> : fois/semaine Évier, lavabo <u>Fréquence</u> : fois/semaine</p>

Collecte d'eau au puits :

<p>2.12</p> <p>Qui est la personne qui va collecter de l'eau au puits le plus souvent ? (plusieurs réponses sont possibles)</p>	<p><input type="checkbox"/> Femme adulte <input type="checkbox"/> Homme adulte <input type="checkbox"/> Filles enfant <input type="checkbox"/> Garçon enfant</p>
--	---

2.13	À quelle distance se trouve le puits le plus proche de votre maison ? m
2.14	Combien de temps passez-vous à collecter de l'eau ? minutes/collecte
2.15	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Pourquoi ?</u> <u>Dans quoi ?</u> <input type="checkbox"/> Seau en métal <input type="checkbox"/> Seau en bois <input type="checkbox"/> Bouteille en plastique <input type="checkbox"/> Bouteille en verre <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : <u>Combien de temps ?</u> <input type="checkbox"/> Moins d'1 jour <input type="checkbox"/> 1 jour <input type="checkbox"/> 2 jours <input type="checkbox"/> Plus de 2 jours
	Stockez-vous l'eau que vous collectez ?

Réseau d'eau existant :

2.16	<input type="checkbox"/> La connexion est trop chère <input type="checkbox"/> Le tarif de l'eau est trop élevé <input type="checkbox"/> L'eau n'est pas de qualité <input type="checkbox"/> Le réseau n'est pas fiable (mauvais état, casse fréquente, quantité d'eau insuffisante) <input type="checkbox"/> Je voudrais, mais le réseau ne vient pas jusqu'à ma partie du village <input type="checkbox"/> La connexion de ma maison est prévue <input type="checkbox"/> Je suis déjà satisfait de mon approvisionnement en eau actuel
	Si vous n'êtes pas connectés au réseau existant, pourquoi ?

3. Facturation d'eau

3.1.1.	Recevez-vous une facture d'eau ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : Fréquence : factures/an
--------	--

3.2.	Combien payez-vous pour avoir de l'eau potable ? 2018 : MDL/ m ³ 2019 : MDL/ m ³
3.3.	Combien seriez-vous prêt à payer pour avoir de l'eau de qualité en quantité suffisante, toute l'année ? MDL/ m ³

4. Accès à l'assainissement

Toilettes :

4.1.	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Nombre</u> : toilettes à chasse <u>Localisation</u> : <input type="checkbox"/> À l'intérieur de l'établissement <input type="checkbox"/> À l'extérieur de l'établissement <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : Distance : m <u>Dans une structure</u> : <input type="checkbox"/> Fermée en bon état <input type="checkbox"/> Fermée en mauvais état <input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : <input type="checkbox"/> Dans un réseau, vers le cours d'eau <input type="checkbox"/> Dans un réseau, vers une parcelle naturelle <input type="checkbox"/> Dans une fosse septique <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :
	Possédez-vous une toilette à chasse ? Où est-elle située par rapport à votre maison ?
4.2.	Où vont les eaux de chasse ? <input type="checkbox"/> Dans un réseau, vers le cours d'eau <input type="checkbox"/> Dans un réseau, vers une parcelle naturelle <input type="checkbox"/> Dans une fosse septique <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :

4.3.	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Nombre</u> : toilettes sèches <u>Localisation</u> : <input type="checkbox"/> À l'intérieur de l'établissement <input type="checkbox"/> À l'extérieur de l'établissement <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : Distance : m <u>Dans une structure</u> : <input type="checkbox"/> Fermée en bon état <input type="checkbox"/> Fermée en mauvais état <input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :	Possédez-vous une toilette sèche ? Où est-elle située par rapport à votre maison ?
4.4.	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : <u>Pourquoi</u> : <input type="checkbox"/> Localisation <input type="checkbox"/> Confort <input type="checkbox"/> Odeur <input type="checkbox"/> Autre (préciser) :	Êtes-vous satisfait de vos toilettes ?

Fosses septiques :

4.5.	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : (Répondez aux questions suivantes)	Possédez-vous une fosse septique ?
4.6.	<u>Volume</u> : m ³	Quel est le volume de votre fosse septique ?

4.7.	Votre fosse septique a-t-elle déjà été vidangée ? Si oui, comment et à quelle fréquence ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Vidange</u> : <input type="checkbox"/> Manuelle <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : <input type="checkbox"/> Ne sais pas <u>Fréquence</u> : vidanges/an
4.8.	Qui effectue la vidange de fosse ?	<input type="checkbox"/> Un employé municipal <input type="checkbox"/> Une compagnie spécialisée <input type="checkbox"/> Autre (préciser) : <input type="checkbox"/> Ne sais pas
4.9.	Combien payez-vous pour la vidange de la fosse ?	2018 : MDL/ m ³ 2018 : MDL/ vidange

Déchets solides et liquides :

4.10	Où déposez-vous vos déchets solides ?	
4.11	Où rejetez-vous votre eau usée ?	

5. Améliorations

5.1.	Avez-vous déjà entrepris vous-même des travaux d'amélioration de votre accès à l'eau potable ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Lesquels</u> :
------	--	---

5.2.	Avez-vous déjà entrepris vous-même des travaux d'amélioration de votre accès à l'assainissement ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Lesquels :</u>
5.3.	Comptez-vous entreprendre vous-même des travaux d'amélioration de votre accès à l'eau potable ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Lesquels :</u>
5.4.	Comptez-vous entreprendre vous-même des travaux d'amélioration de votre accès à l'assainissement ?	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui : <u>Lesquels :</u>
5.5.	Selon-vous, quelles sont les améliorations nécessaires pour l'alimentation en eau potable ?	
5.6.	Selon-vous, quelles sont les améliorations nécessaires pour l'assainissement des eaux usées ?	
5.7.	Seriez-vous intéressé par une formation sur l'alimentation en eau et l'assainissement ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

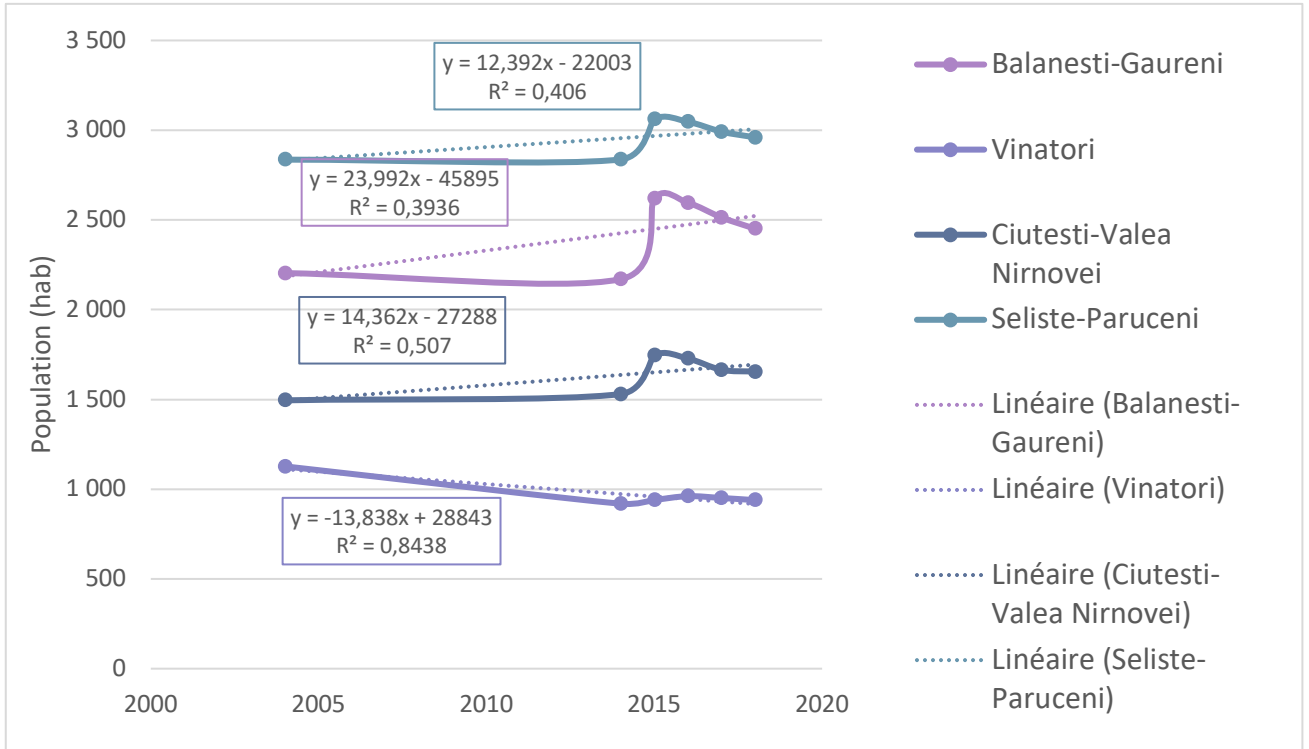
*Annexe 10 : Taille de l'échantillon de population à interroger et réellement interrogé, Source
Population totale : Bureau de Statistiques de Nisporeni, 2019*

	Bălănești	Găureni	Vinatori	Seliște	Ciutesti	Păruceni, Valea Nirnovei
Population totale	1905	546	939	2524	1369	732
Taille de l'échantillon en nombre de personnes à interroger	66	61	64	66	65	62
Nombre de questionnaires à distribuer aux ménages	17	18	19	24	26	22
Nombre de questionnaires distribués aux ménages	30	20	20	30	30	30

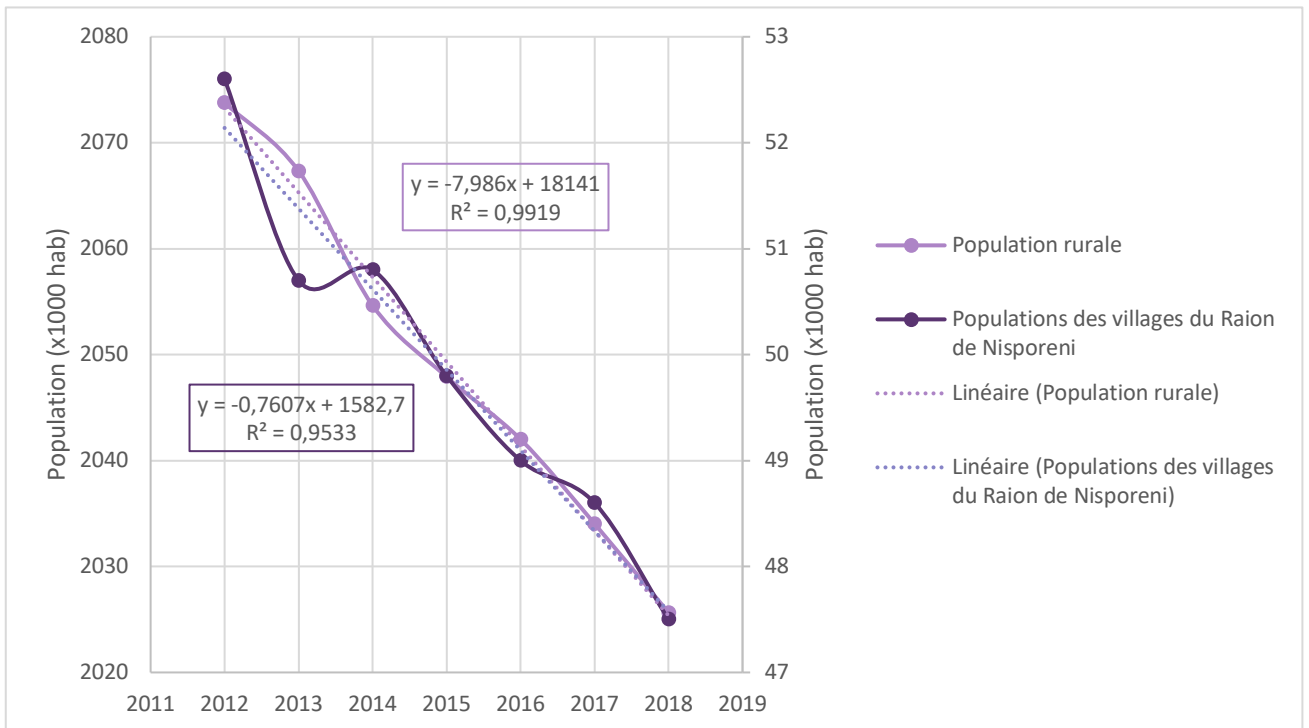
Annexe 11 : Liste des documents officiels demandés aux autorités des villages

Nom du village
Document officiel de recensement de la population
Analyses qualité de l'eau réalisées pour les 5 dernières années
Étude de faisabilité du réseau d'eau et d'assainissement
Plan des réseaux d'eau et d'assainissement existants
Fiche technique caractérisant la source (débit, qualité, zone de protection)
Fiches techniques de la station de pompage, du système de stockage, de la station de traitement
Relevé des débitmètres et des compteurs, Modèle de facture d'eau
Facture vidange des fosses septiques
Plan de localisation des fosses septiques des particuliers et des infrastructures publiques

Annexe 12 : Courbes de tendance de l'évolution de la population entre 2004 et 2019



Annexe 13 : Comparaison de l'évolution de la population rurale en Moldavie et de la population des villages du Raion de Nisporeni, de 2012 à 2018, Source : Bureau National de statistiques



Annexe 14 : Liste des ouvrages de stockage présents et de leur capacité, dans les villages de la zone étudiée (*Ouvrages construits mais pas encore en fonctionnement)

Commune	Village	Ouvrage de stockage 1	Ouvrage de stockage 2
Bălănești	Bălănești	Château d'eau en acier, 40 m ³	Château d'eau en acier 30 m ³ *
	Găureni	Réservoir en béton, 50m ³	-
Vinatori	Vinatori	-	-
Ciutești	Ciutești	Réservoir en béton, 25 m ³	Réservoir en béton, 50 m ³
	Valea Nirnovei	Château d'eau en acier 25 m ³ *	-
Seliște	Seliște	Château d'eau en acier, 50 m ³ *	-
	Păruceni	-	-

Annexe 15 : Comparaison du nombre de fosses vidangées par la compagnie Apa Cana Nisporeni et du nombre de ménages estimé par les questionnaires distribués en 2019, dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova (Moldavie)

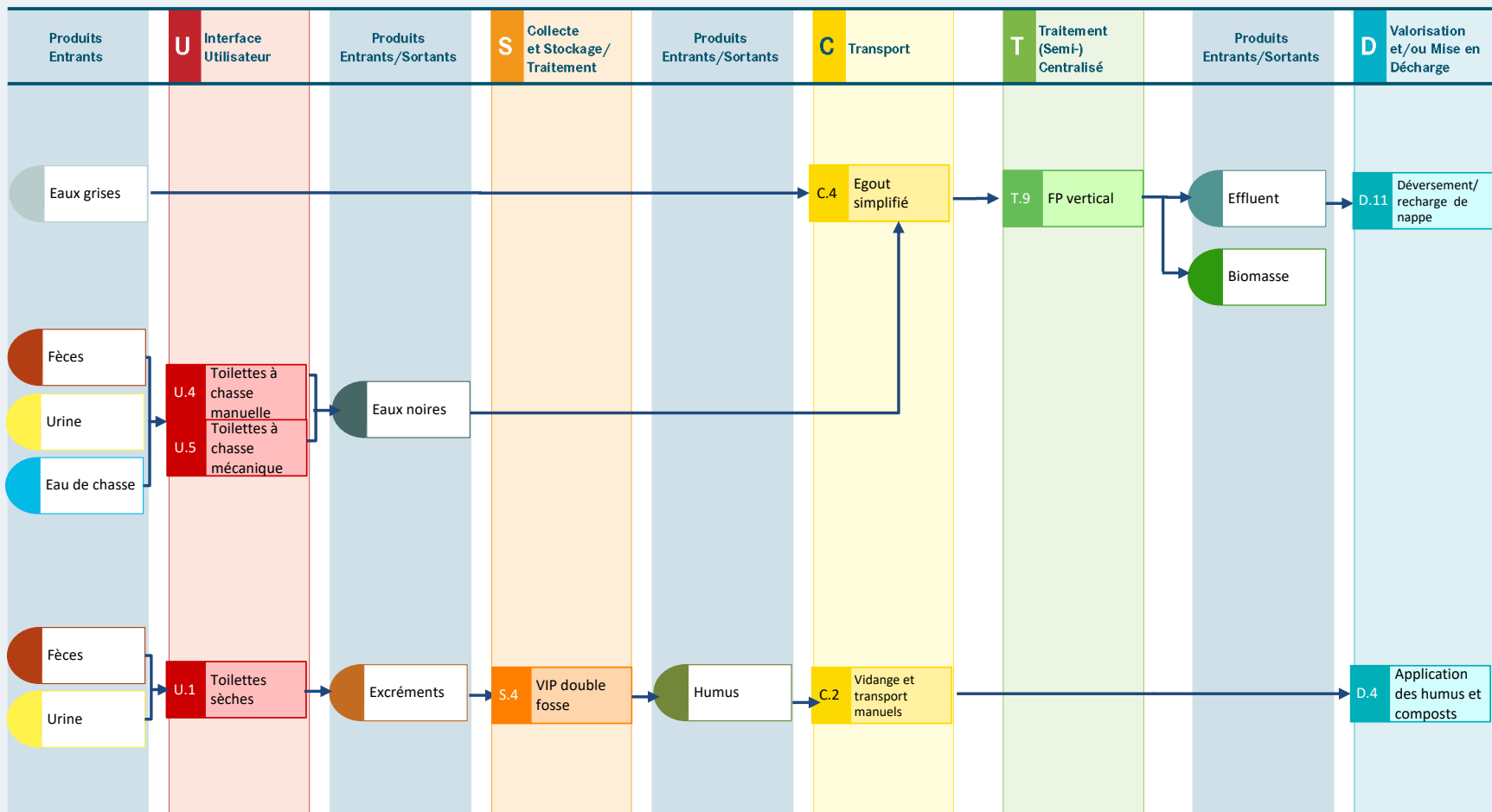
Village	Nombre de fosses	Nombre de ménages
Bălănești	641	516
Găureni	273	158
Ciutești	600	395
Valea Nirnovei	110	77
Seliște	908	751
Păruceni	301	117
Vinatori	392	271

Annexe 16 : Château d'eau en acier nouvellement construit à Seliște, zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie



Annexe 17 : Solution d'assainissement envisagée à court et moyen terme pour les villages de la zone amont, bassin de la Nirnova, Moldavie

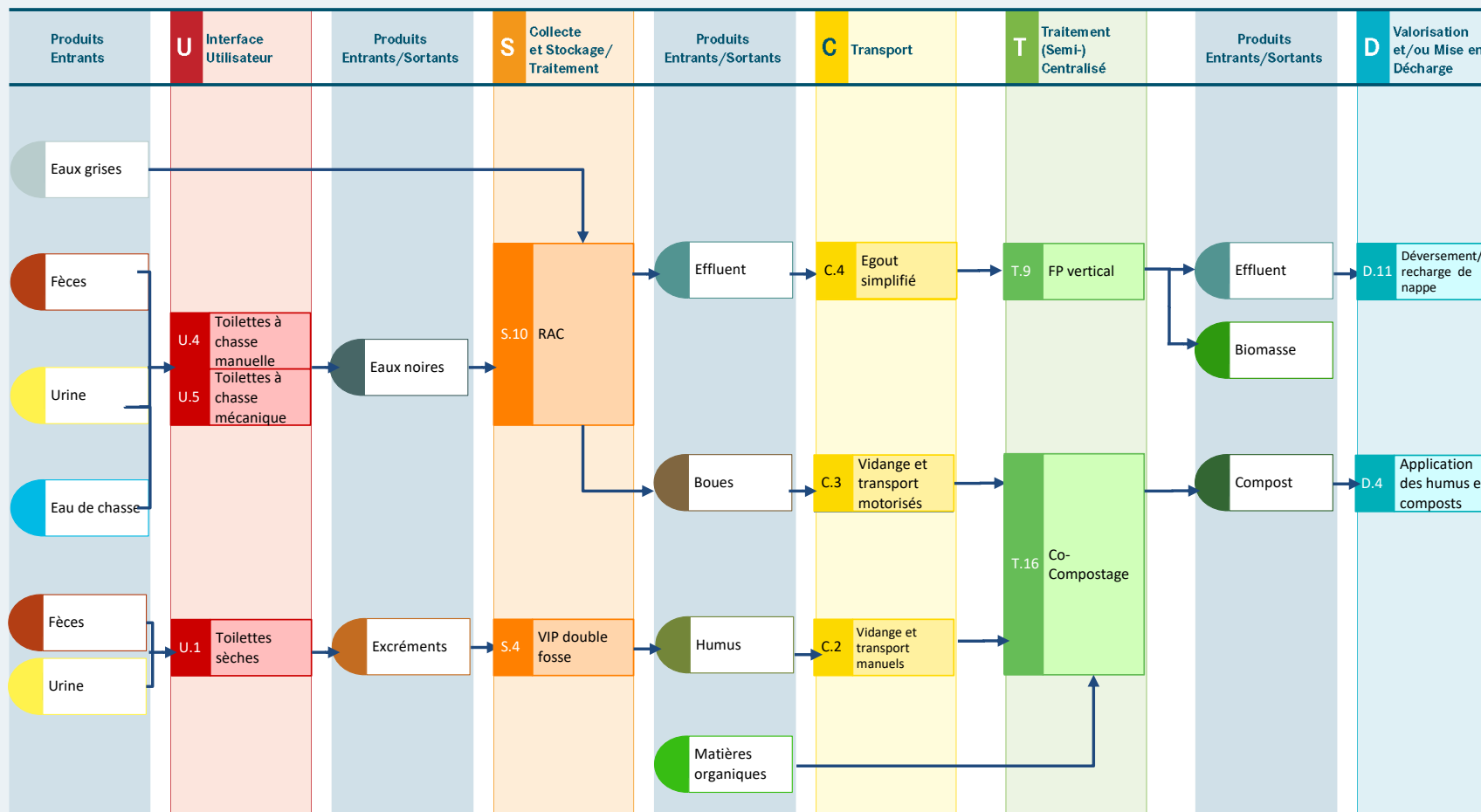
Système d'Assainissement : Amélioration de l'accès à l'assainissement des villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie



N.B.: Ce système a été créé à l'aide de l'outil de conceptualisation de systèmes d'assainissement développés par l'Eawag (version 1). L'utilisateur de cet outil est seul responsable pour la qualité et la justesse de ce système.

Annexe 18 : Solution d'assainissement envisagée à long terme pour les villages de la zone amont, bassin de la Nirnova, Moldavie

Système d'Assainissement : Amélioration de l'accès à l'assainissement des villages de la zone amont du bassin versant de la Nirnova, Moldavie



N.B.: Ce système a été créé à l'aide de l'outil de conceptualisation de systèmes d'assainissement développés par l'Eawag (version 1). L'utilisateur de cet outil est seul responsable pour la qualité et la justesse de ce système.

Annexe 19 : Détermination du nombre de ménages pouvant partager une fosse RAC, et du nombre de fosses nécessaires dans chaque village de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

	Bălănești	Ciutesti	Valea Nirrovei	Seliște
Nombre de ménages total (2018)	515	491	77	742
Nombre de ménages ayant un système d'alimentation en eau collectif	177	398	77	742
Consommation d'eau (L/j/habitant)	49,9	52,8	55,8	51,5
Rejet journalier d'eaux usées par ménage (m ³ /j/ménage)	0,148	0,148	0,165	0,140
Nombre de ménages pouvant partager une fosse	27	27	24	29
Nombre de fosses RAC nécessaires dans le village	7	15	3	26

Annexe 20 : Coût de la vidange des fosses par l'entreprise Apa Canal Nisporeni, dans les villages de la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Localité du Raion de Nisporeni	Distance de Nisporeni (km)	Coût de base (MDL)	Coût lié à la consommation de carburant (MDL)	Coût hors TVA (MDL)	Coût TVA incluse (MDL)
Bălănești	24	246,69	305,68	552,37	662,84
Seliște	19	246,69	252,40	499,09	598,91
Ciutesti	21	246,69	273,71	520,40	624,48
Vinatori	24	246,69	305,68	552,37	662,84

Annexe 21 : Détail de l'estimation de l'investissement à apporter pour la solution d'assainissement envisagée pour la zone amont du bassin de la Nirnova, Moldavie

Opération	Prix total (MDL)	Prix total (EUR)
Fosse de collecte et stockage des eaux usées		
VIP double fosses aux habitations	2 300 000 MDL	117 500 €
Terrassement	8 000 000 MDL	410 000 €
Transport des effluents et boues		
Égout simplifié (PVC, 100mm)	43 880 000 MDL	2 242 000 €
Vidange et transport manuel des boues des fosses VIP	37 800 MDL	2 000 €
Traitement (semi-) centralisé		
2 Stations à filtres plantés de roseau verticaux	5 870 000 MDL	300 000 €
Ajout d'aménagements à long terme		
Fosses RAC et vidange	4 095 000 MDL	210 000 €
Co-compostage	-	-
TOTAL	64 183 000 MDL	3 280 000 €

Annexe 22 : Formule de la zone d'influence, d'après les lois de Dupuit pour les puits

$$\ln(R) = \frac{\pi * K_S}{Q} (h^2 - z_0^2) + \ln(r)$$

Avec :

- R, le rayon d'action,
- Ks, la porosité du sol,
- h, la hauteur de la nappe avant pompage,
- z₀ la hauteur d'eau dans le puits, en régime permanent,
- Q, le débit de prélèvement de l'eau
- r, le rayon du puits.

Annexe 23 : Localisation des sources exploitées et disponibles à Bălănești

Légende

Infrastructures deau potable

Eau de surface

- Captage
- Résurgence

Infrastructures d'alimentation en eau

- ◆ Réservoir
- ◆ Station de pompage

Occupation du sol

Routes

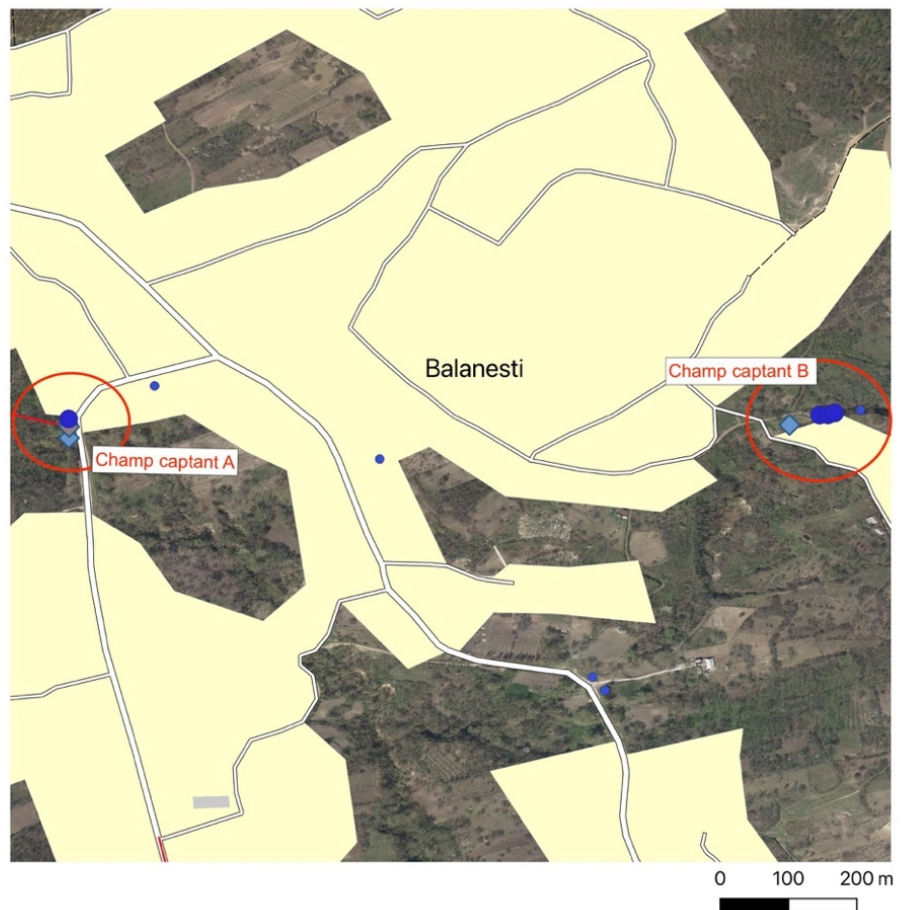
Caractéristiques environnementales

Zone habitée

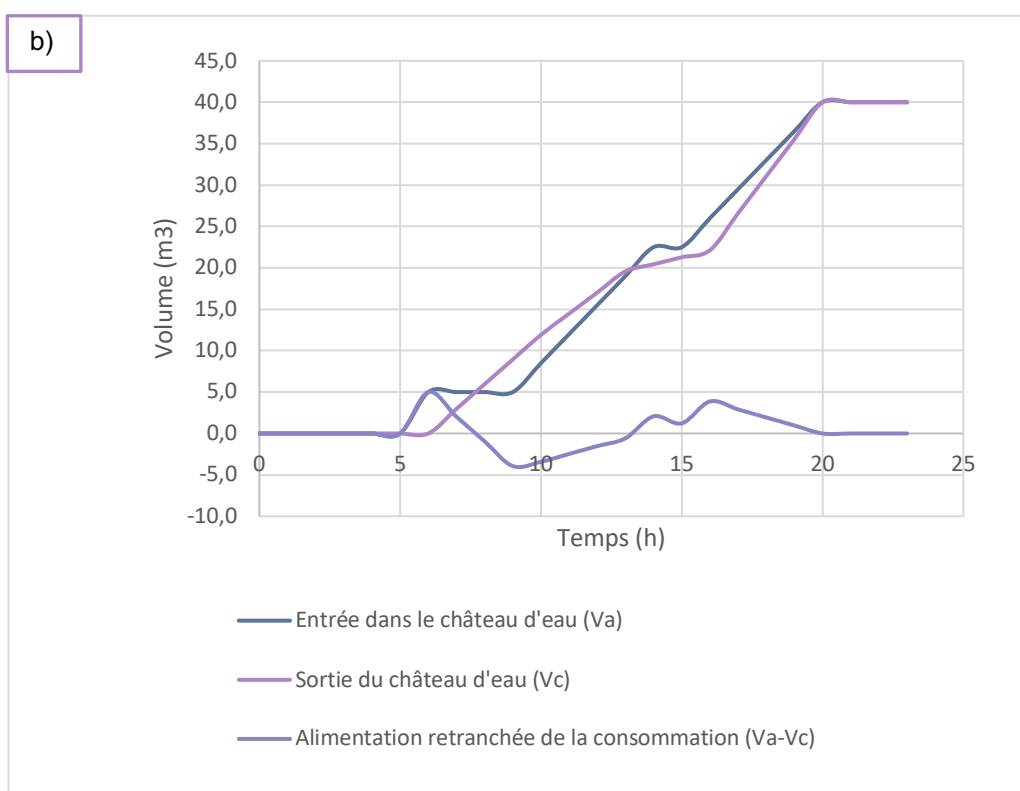
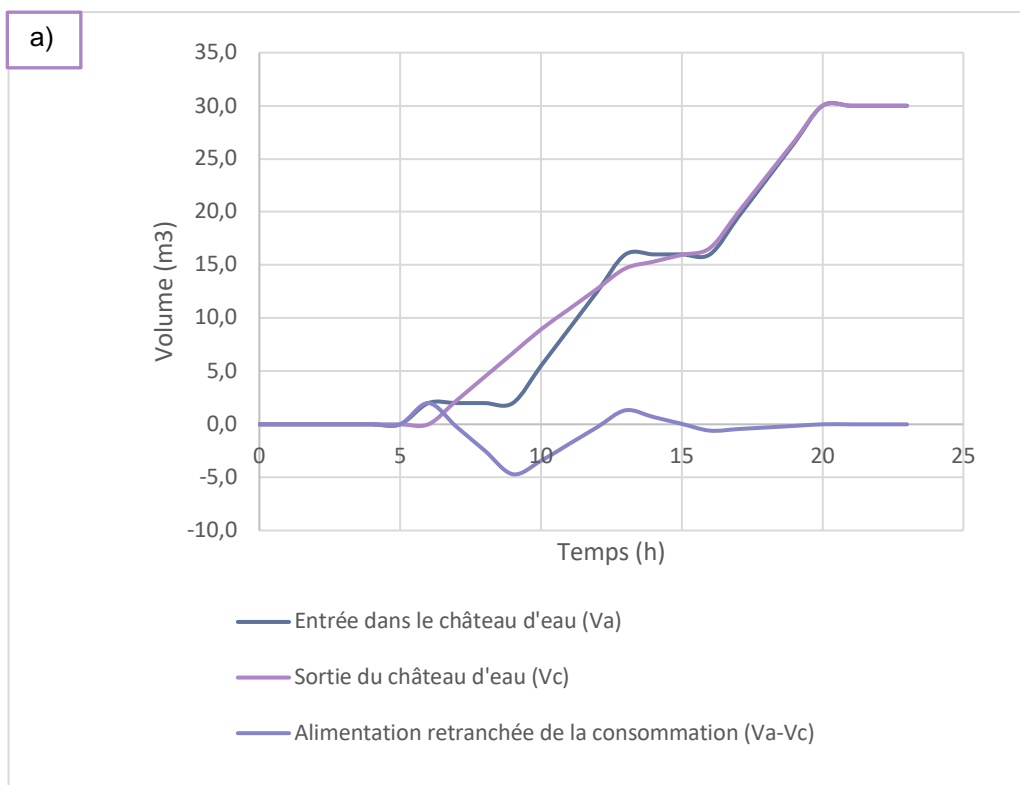


Fond de carte

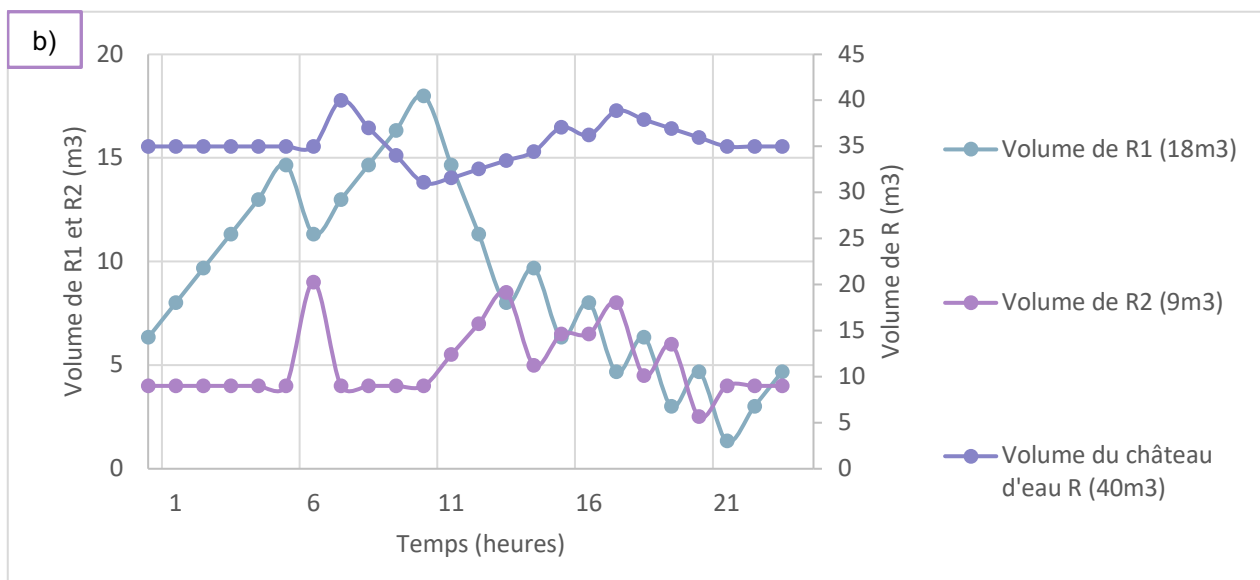
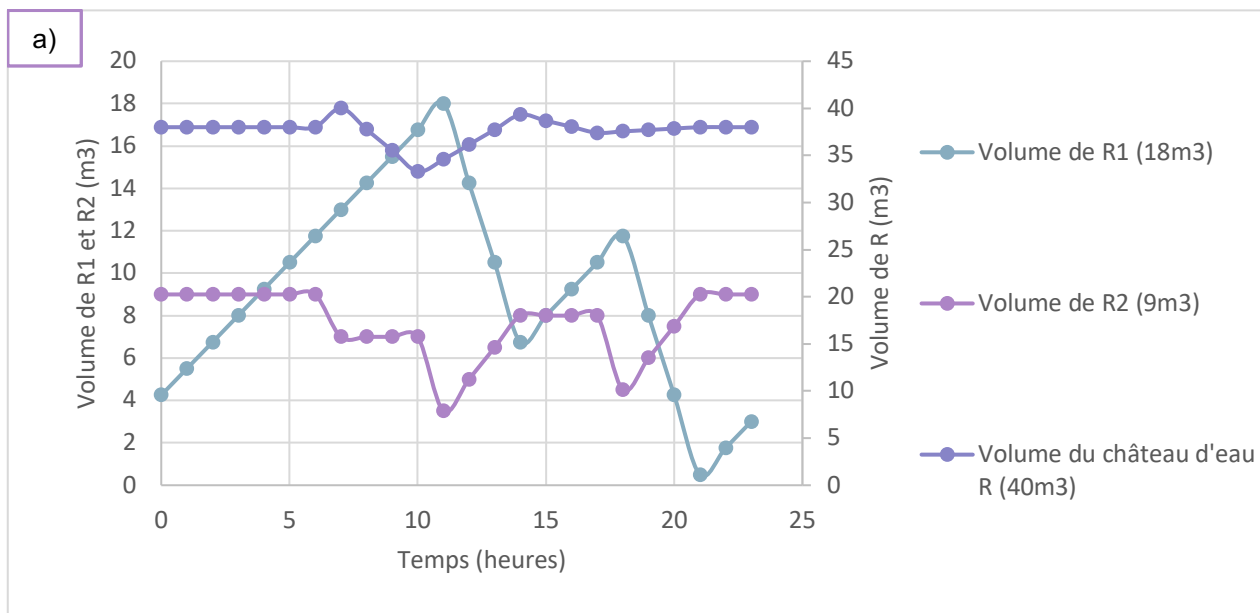
Ortophoto 2016



Annexe 24 : Représentation graphique du calcul du volume utile du château d'eau en a) hiver et en b) été, dans le cas où celui-ci est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie



Annexe 25 : Évolution du volume des différents réservoirs a) en hiver et b) en été, dans le cas où le château d'eau est optimisé, Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie



Annexe 26 : Récapitulatif des données sur chaque tronçon du réseau envisagé pour le projet d'optimisation du système d'alimentation en eau potable de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Tronçon	Longueur (m)	Nombre d'abonnés	Débit (m3/h)	Débit (L/s)	Diamètre (mm)	Pertes de charge		Côte piézométrique (m)		Côte de terrain naturel aval (m)	Pression aval (mCE)
						Unitaire (m/km)	Totale (m)	Amont	Aval		
R-A	750	131	3,284	0,91	63	1,86	1,40	352,00	350,60	250	100,60
A-B	150	École	0,107	0,03	63	0,00	0,00	350,60	350,60	248	102,60
A-C	275	48	2,853	0,79	63	1,44	0,40	350,60	350,21	243	107,21
C-D	885	154	2,694	0,75	63	1,29	1,15	350,21	349,06	247	102,06
D-E	1990	347	2,187	0,61	63	0,88	1,75	349,06	347,31	251	96,31
D-F	160	28	1,044	0,29	63	0,23	0,04	347,31	347,27	259	88,27
F-G	890	155	0,952	0,26	63	0,19	0,17	347,27	347,10	340	7,10
F-H	770	134	0,441	0,12	63	0,05	0,04	347,27	347,24	338	9,24
R-I	590	103	1,077	0,30	63	0,24	0,14	350,60	350,46	313	37,46
I-J	820	143	0,738	0,20	63	0,12	0,10	350,46	350,36	286	64,36
I-K	465	81	0,267	0,07	63	0,02	0,01	350,46	350,45	325	25,45

Annexe 27 : Estimation économique du prix du projet d'optimisation du château d'eau de Bălănești, bassin de la Nirnova, Moldavie

Opération	Prix total (MDL)	Prix total (EUR)
Captage de la source		
6 collecteurs en béton	322 500 MDL	16 500 €
Zone de protection des ouvrages de captage	31 500 MDL	1 600 €
Stockage		
2 réservoirs en béton	139 000 MDL	7 100 €
Zone de protection des réservoirs	2 900 MDL	150 €
Distribution		
Terrassement	6 579 000 MDL	336 000 €
Canalisation PE63	348 200 MDL	17 800 €
Canalisation PE40	119 000 MDL	6 100 €
Surpresseur	11 000 MDL	560 €
TOTAL	7 553 100 MDL	385 810 €

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) Ingénieur

Spécialité Traitement des eaux

Auteur Rosa GIRARD

Année

2019

Titre

Identification des solutions améliorant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans une zone rurale de Moldavie

Villages du bassin versant de la Nirnova, dans les raions de Nisporeni et Hincești, en République de Moldavie

Nombre de pages texte **65** annexes **23**

Nombre de références bibliographiques **42**

Structure d'accueil Solidarité Eau Europe, Strasbourg, France

Maître de stage Rémy DOUGUET

Résumé

La Moldavie est un pays où l'accès à l'eau potable et à l'assainissement des populations est compromis, surtout en zone rurale. Cette étude présente une analyse détaillée de la zone amont du bassin versant de la Nirnova. Plusieurs solutions concrètes sont dégagées et deux d'entre elles sont dimensionnées : l'optimisation d'un réservoir d'eau potable et un système d'assainissement desservant 7 villages. Les coûts estimés sont répartis en un phasage de court (2019-2023), moyen (2024-2028) et long terme (2029-2034).

Mots-clés Moldavie, Eau potable, Assainissement, Solidarité internationale, Zone rurale, Socio-économique, Vulnérabilité, Château d'eau

