

Récolte et analyse des données relatives aux prélèvements d'eau souterraine des irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Conseils et préconisations pour une gestion durable de la ressource (projet ADRESSAGE)

Rapport final

.89 3740,46 -625.5

BRGM/RP-68709-FR Mars 2019











Récolte et analyse des données relatives aux prélèvements d'eau souterraine des irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Conseils et préconisations pour une gestion durable de la ressource (projet ADRESSAGE

Rapport « final »

BRGM/RP-68709-FR

Mars 2019

Étude réalisée dans le cadre du projet de Service public du BRGM (AP16BRE055)

Boisson A., Lucassou F. et Mougin B.

Avec la collaboration de
Le Gal X. (SAGE Argoat-Tregor-Goëlo).

Vérificateur :

Nom : L. Arnaud

Fonction: Hydrogéologue

Date: 22/02/2019

Signature :

Approbateur:

Nom : Mélanie Bardeau

Fonction: Directrice du BRGM

Bretagne:

Date: 04/03/19

Signature

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.









| Mots-clés : Eau Souterraine, irrigation, biseau salé, prélèvements, Bretagne, Côtes d'Armor. |
|---|
| En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : |
| Boisson A., Lucassou, F., Mougin, B., le Gal, X. (2019) – Récolte et analyse des données relatives aux prélèvements d'eau souterraine des irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Conseils et préconisations pour une gestion durable de la ressource (projet ADRESSAGE). Rapport final. BRGM/RP-68709-FR, 73 p., 45 ill., 5 ann. |
| © BRGM, 2019 , ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM. |

Synthèse

Dans le cadre de la disposition n°61 du Plan d'Aménagement et de Gestion Durable du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo : « Améliorer la connaissance des prélèvements en zone littorale », 11 secteurs prioritaires pour l'acquisition de connaissances sur les prélèvements en eau ont été définis sur 35 communes littorales du département des Côtes d'Armor (région Bretagne) entre l'Anse de Perros-Guirec et la commune de Plouha (superficie 500 km²).

Face aux enjeux existants (prélèvements, quantité, qualité, biseau salé, changement climatique) les objectifs du présent projet intitulé ADRESSAGE¹ ont été fixés : récolter et analyser les données relatives aux prélèvements d'eau souterraine (quantité et qualité) des serristes/irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE, pour ensuite donner des conseils et des préconisations d'usage pour arriver à une gestion durable de la ressource en eau souterraine. Lors du bureau de la CLE du SAGE le 04/07/2016, la profession agricole, représentée par l'Union des Coopératives de Paimpol et de Tréguier (UCPT) et la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor, a donné son accord pour participer à ce projet sur la frange littorale du territoire.

Les questions scientifiques et techniques qui se posent sont les suivantes :

- Quelles sont les données disponibles relatives aux prélèvements d'eau souterraine (dispositifs de comptage des volumes prélevés, analyses de qualité d'eau...) des serristes/irrigants?
- Comment mieux estimer les prélèvements d'eaux souterraines sur le territoire ?
- Quel est l'impact des prélèvements sur la ressource en eau en zone côtière ?
- Existe-t-il un risque de remontée du biseau salé dans les eaux souterraines ?

Le projet a débuté par l'établissement d'un formulaire d'enquête papier élaboré par Guingamp Paimpol Armor Argoat Agglomération (GP3A), le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), la CLE du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Argoat-Trégor-Goëlo, les professionnels agricoles (SYNTEC/Chambre d'Agriculture), les structures de bassins versants (SMEGA/SMJGB) avec l'appui des acteurs locaux (EPCl² concernés : Lannion Trégor Communauté, Leff Armor Communauté, UCPT, DDTM 22). Il a été envoyé aux exploitants exerçant sur les 35 communes des 11 secteurs prioritaires. Le formulaire visait notamment à récolter des informations sur le comptage annuel et historique des volumes d'eau souterraine réellement prélevés par forages et sur les résultats d'analyses de la qualité de l'eau souterraine.

Une évaluation des données déjà disponibles et études existantes a été réalisée. Par la suite, une évaluation des besoins en eau souterraine a été effectuée par l'intermédiaire des questionnaires reçus, d'une visite de serres et d'une quantification des serres par photographies satellitaires. Une évaluation des prélèvements en eau souterraine a été faite, dont la précision et les incertitudes ont été discutées. Les travaux se sont ensuite portés sur les aspects qualitatifs, notamment sur les possibilités de salinisation des eaux, avant d'aboutir à des recommandations de gestion sur les aspects quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau souterraine.

¹ ADRESSAGE : récolte et Analyse des Données Relatives aux prélèvements d'Eau Souterraine (quantité et qualité) des Serristes/irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat Trégor Goëlo. Conseils et préconisations pour une Gestion durable de la ressource en Eau souterraine.

² Etablissement Public de Coopération Intercommunale.

L'étude menée a permis d'améliorer significativement la quantification des prélèvements sur la zone d'étude. Elle a notamment permis de définir à l'échelle de la commune les prélèvements en fonction de différentes catégories d'usage (alimentation en eau potable (AEP), agriculture, élevage, industriel). Cette quantification montre que les usages irrigation et eau potable sont prépondérants sur la zone d'étude. Le volume prélevé annuellement est estimé à 3.1 Mm³/an (dont 1 à 1.3 Mm³/an destinés à l'irrigation et 1 Mm³/an destinés à l'AEP). Elle met cependant en avant une forte disparité à l'échelle de la zone, avec notamment au niveau de certaines communes des parts très importantes d'irrigation, et ce principalement au niveau des communes côtières de Ploubazlanec et Paimpol où la part de l'irrigation sur les volumes prélevés monte respectivement à 95% et 67.5%.

La réalisation de ces bilans de prélèvements met aussi en avant la méconnaissance des prélèvements réellement effectués et le manque de données et outils permettant de les recenser. Les estimations proposées sont parfois basées (à l'exception de l'AEP) sur des volumes liés à des débits instantanés en fin de foration ; débits qui ne sont pas régulièrement mesurés et ne correspondent pas aux débits réels d'exploitation. Ceci ne permet pas de connaitre l'évolution des prélèvements dans le temps et donc de possibles évolutions, qu'elles soient à la hausse ou à la baisse. Les prélèvements estimés ici sont donc soumis à des incertitudes, mais à l'heure actuelle aucune source d'information plus précise n'est disponible.

La qualité des eaux souterraines a été étudiée vis-à-vis du risque d'intrusion saline. Il s'avère qu'une salinisation des eaux souterraines est en cours sur le secteur d'étude. Les données disponibles ne permettent pas de quantifier finement l'amplitude et la vitesse d'évolution. Cependant, le phénomène semble généralisé et bien ancré. Cette salinisation des eaux peut avoir un impact particulièrement important sur les exploitations des serristes et irrigants et se répercuter sur l'activité économique de toute la zone concernée.

A la vue des informations disponibles pour la réalisation de cette étude, l'eau souterraine semble localement fortement exploitée vis-à-vis des quantités prélevées sur une partie du territoire. Les conséquences de cette exploitation sont particulièrement importantes en raison du caractère côtier de la zone d'étude qui entraine la salinisation en cours des eaux souterraines.

Il s'avère nécessaire de prendre des mesures collectives pour maintenir une ressource pérenne et durable.

Des recommandations de gestion ont été formulées à la fois sur les aspects quantitatifs et qualitatifs. 14 recommandations ont été formulées notamment sur l'acquisition de connaissances et la mise en place d'un réseau de surveillance afin de limiter la pression sur la ressource du point de vue des volumes prélevés, de limiter l'impact des prélèvements sur la qualité des eaux, notamment sur le risque d'intrusion saline et pour obtenir les informations nécessaires à une gestion intégrative de la ressource en eau souterraine.

Sommaire

| 1. | Introduction | 11 |
|----|--|----|
| 2. | Présentation de la zone d'étude | 13 |
| | 2.1. UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU ET PRESSIONS ASSOCIEES | 13 |
| | 2.2. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE | 15 |
| | 2.3. HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE 2.3.1. Propriétés hydrodynamiques des aquifères de socle 2.3.2. Dynamique locale des aquifères | 17 |
| 3. | Données et études disponibles pour évaluer les prélèvements en eau souterraine | 21 |
| | 3.1. BASES DE DONNEES EXISTANTES | 21 |
| | prélevements en eau) | |
| | 3.1.2.Base de données DDTM | |
| | 3.2. ETUDES EXISTANTES | |
| | 3.2.1. Méthodologie | |
| | 3.2.2.Bilans disponibles sur la zone d'étude | |
| 4. | Besoins et utilisation des eaux des serristes et irrigants | 27 |
| | 4.1. EVALUATION DES PRELEVEMENTS ET BESOINS EN EAU SOUTERRAINE GRACE AUX INFORMATIONS DES | |
| | QUESTIONNAIRES | |
| | 4.1.1. Evaluation des prélèvements | 21 |
| | traitement | |
| | 4.1.3. Visite de serres | 28 |
| | 4.1.4. Evaluation des volumes maximum et minimum prélevés par hectares exploités | 29 |
| | 4.2. EVALUATION DES BESOINS PAR PHOTOS SATELLITES | 31 |
| 5. | Evaluation des prélèvements sur la zone d'étude | 37 |
| | 5.1. METHODOLOGIE DE REALISATION DES BILANS DE PRELEVEMENTS | 37 |
| | 5.2. EVALUATION DES PRELEVEMENTS | 38 |

| | 5.2.1. Synthèse des bilans par commune | 38 |
|----|--|----|
| | 5.2.2.Bilans à l'échelle de la zone d'étude | 40 |
| 6. | Comparaison des méthodes utilisées et de leurs limites respectives | 45 |
| | 6.1. LIMITES DE LA METHODE DES BILANS UTILISES DANS CETTE ETUDE | 45 |
| | 6.2. VALIDATION DES RESULTATS | 46 |
| | 6.2.1.Comparaison des bilans de prélèvements et des déclarations des exploitants | 46 |
| | 6.2.2.Comparaison des prélèvements et des besoins | 47 |
| | 6.3. CONCLUSIONS SUR LES PRELEVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE SUR LA ZONE D'ETUDE ET REAJUSTEMENT DES BILANS PRECEDENTS | 48 |
| 7. | Evaluation des risques de salinisation sur la qualité des eaux souterraines | 51 |
| | 7.1. LOCALISATION DES CAPTAGES AEP SUR ET A PROXIMITE DE LA ZONE D'ETUDE | |
| | 7.2. DONNEES DISPONIBLES | 51 |
| | 7.3. RISQUES DE SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES | 52 |
| | 7.3.1. Mécanismes de salinisation | |
| | 7.3.2.Evaluation de la situation à l'échelle de la zone d'étude | 55 |
| 8. | Recommandations de gestion | 61 |
| | 8.1. ASPECTS QUANTITATIFS | |
| | prélèvements | |
| | 8.1.2.Limitation des prélèvements – récupération des eaux de pluie | |
| | 8.1.4. Limitation des prélèvements pour les autres usages | |
| | 8.1.5. Diversification des cultures | |
| | 8.1.6.Réalisation d'un suivi sur une exploitation pilote | 62 |
| | 8.1.7. Maintien des forages en conditions optimum d'utilisation | 63 |
| | 8.2. ASPECT QUALITATIFS | 63 |
| | forages exploités | |
| | salines | |
| | 8.2.3. Contrôle des niveaux dynamiques de la nappe | o4 |

| 8.2.4. Communication, formation/sensibilisation auprès des exploitants et des décideurs locaux sur les risques et impacts de la salinisation des eaux souterraines |
|--|
| 8.2.5. Détermination de la situation actuelle de la salinisation des eaux souterraines et ampleur du phénomène65 |
| 8.2.6.Prévisions d'évolution du phénomène68 |
| 8.3. DEFINITION DE BONNES PRATIQUES POUR DIMINUER LES SOLLICITATIONS DU MILIEU SOUTERRAIN68 |
| 8.3.1. Réduction des besoins en eau souterraine des exploitations68 |
| 8.3.2. Modes d'exploitation de la ressource en eau souterraine69 |
| 8.3.3. Estimation économique des impacts sur les activités70 |
| 8.3.4. Sécurisation ou limitation des usages de l'eau souterraine |
| 8.3.5. Mise en place d'un observatoire participatif70 |
| |
| Liste des illustrations |
| Illustration 1: Localisation de la zone d'étude13 |
| Illustration 2: Volumes prélevés et répartition par usage sur les communes du SAGE Argoat- Trégor-Goëlo (Source : SAGE Argoat-Trégor-Goëlo 2017) |
| Illustration 3: Répartition des cultures des exploitations situées sur les communes du SAGE (Source : Etat des lieux du SAGE-2010) |
| Illustration 4: Géologie de la zone d'étude (BRGM, carte géologique 1/1 000 000) 16 |
| Illustration 5: Localisation des entités BDLISA concernées par l'étude |
| Illustration 6 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (Source : Wyns et al., 2004) 18 |
| Illustration 7: Localisation des piézomètres du réseau national 02034X0082/PZ et 02047X0072/PZ, en jaune |
| Illustration 8: Evolutions piézométriques depuis 2003 à proximité de la zone d'étude (02034X0082/PZ et 02047X0072/PZ) |
| Illustration 9: Structures géologiques majeures de l'unité de Saint-Brieuc (Ballèvre et al., 2001) |
| Illustration 10: Informations sur les prélèvements par commune issus de la BNPE (données année 2015)22 |
| Illustration 11: Entités BDLISA concernées par l'étude |
| Illustration 12: Résultats des estimations des prélèvements en eau souterraine pour l'entité 189AA02 (Source : fiche de synthèse hydrogéologique SIGES Bretagne). * Les incertitudes liées à ces calculs sont fournies en annexe 1 |
| Illustration 13: Répartion des prélèvements sur les entités BDLISA concernées par l'étude 25 |
| Illustration 14: Volumes d'eau souterraine prélevés déclarés dans les questionnaires 28 |
| Illustration 15: Différenciation des types de serres: a) catégorie 1, serres chapelles (à gauche); b) catégorie 2 tunnels (à droite) |
| Illustration 16: Localisation des serres sur la commune de Ploubazlanec |
| Illustration 17: Surface et nombre de serres chapelles de catégorie 1 par commune |

| Illustration 18: | Surface couverte par les serres par commune (le détail par catégorie est aussi précisé) | 33 |
|------------------|---|----|
| Illustration 19: | Besoins en eau pour les serres de catégorie 1 par commune avec l'hypothèse de besoins de 10 000 m³/an/ha d'exploitation | 34 |
| Illustration 20: | Lame d'eau équivalente (mm) à l'échelle de la commune des besoins en irrigation des serres de catégorie 1 avec l'hypothèse de besoins de 10 000 m³/an/ha d'exploitation | 35 |
| Illustration 21: | Tableau de bilan des usages en eau souterraine pour la commune de Louannec (NA= non disponible) | 39 |
| Illustration 22: | Commune de Louannec, forages déclarés par usage (*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné) | 39 |
| Illustration 23: | Commune de Louannec, volumes prélevés par usage (m³/an) | 39 |
| Illustration 24 | : Synthèse des prélèvements en eau souterraine par commune | 40 |
| Illustration 25: | Bilan des prélèvements en eau souterraine sur la zone d'étude | 41 |
| Illustration 26: | Répartition des forages par usage en eau souterraine sur la zone d'étude (*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné) | 41 |
| Illustration 27: | Répartition des volumes prélevés en eau souterraine par usage sur la zone d'étude | 42 |
| Illustration 28: | Volumes prélevés / infiltration annuelle (%) | 43 |
| Illustration 29: | Comparaison des volumes déclarés dans les questionnaires et dans les bilans réalisés | 46 |
| Illustration 30: | Comparaison des volumes prélevés et surfaces de serres estimées | 47 |
| Illustration 31: | Bilans réévalués pour la zone d'étude | 49 |
| Illustration 32: | Histogramme des bilans réévalués en fonction du nombre de forages | 49 |
| Illustration 33: | Impact de la réévaluation sur les volumes prélevés pour la commune de Camlez a) avant réévaluation, b) après réévaluation par ajout des forages non renseignés. | |
| Illustration 34: | Coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (Frissant et al., 2005) | 52 |
| Illustration 35: | Coupe perpendiculaire dans un aquifère insulaire (Frissant et al., 2005) | 53 |
| Illustration 36: | Influence d'un pompage sur le biseau salé à partir du schéma théorique de Ghyben-Hertzberg (Frissant et al., 2005) | 53 |
| Illustration 37: | Profil de conductivité à l'interface eau douce / eau salée (Garing et al., 2013) | 54 |
| Illustration 38: | Carte de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères de la région Bretagne (Petit et al., 1996) | 54 |
| Illustration 39: | Concentrations moyennes en chlorures sur les points ADES dans et à proximité de la zone d'étude | 55 |
| Illustration 40: | Concentrations en chlorures dans les eaux souterraines en fonction de la distance au trait de côte ; données ADES et déclarations des questionnaires. | 56 |
| Illustration 41: | Evolution de la conductivité electrique de l'eau aux forages d'exploitation | 56 |
| Illustration 42: | Comparaison des conductivités minimales et maximales pour les exploitations en fonction de la distance à la mer ; lorsqu'elles sont connues, les positions de la pompe par rapport au niveau de la mer sont indiquées ; dans les cas où la profondeur de pompe est supérieure au niveau de la mer, l'altitude de la | |

| | pompe est de 10 et 15 m NGF pour les points les plus proches et 28 m NGF pour le point le plus éloigné de la cote | 57 |
|--------------|---|----|
| Illustration | 43 : Chroniques des concentrations en chlorures (bleu), sodium (orange) dont les concentrations (mg/l) sont lisibles sur l'axe de gauche et ratio Cl-/Na+ (en gris ; échelle sur l'axe de droite) | 58 |
| Illustration | 44: a) Positions des pompes en fonction de l'altitude et b) profondeur des pompes en fonction de la distance à la côte | |
| Illustration | 45 : Évolution de la conductivité en fonction de la profondeur et au cours du temps au droit d'un piézomètre à la Réunion (source : Charlier, Ladouche, Aunay, publication en cours) | |
| Illustration | 46: Effet d'une exploitation trop importante sur un forage (source : Plaquette Le forage en Bretagne – Forages en milleu litorral) | 69 |
| Illustration | 47 : Actions et recommandations | 73 |
| | | |
| Liste de | es annexes | |
| Annexe 1 | Incertitudes associées aux données de l'étude BRGM 2009 | 79 |
| Annexe 2 | Formulaire utilisé pour la collecte d'informations sur les eaux souterraines | 81 |
| Annexe 3 | Surface de serres par commune | 87 |
| Annexe 4 | Bilans des prélèvements en eau souterraine par commune (Volumes comptabilisés dans les bases de données sans réévalaution) | 91 |
| Annexe 5 | Evolution des concentrations en chlorures et sodium sur les exploitations étudiées | 29 |

1. Introduction

Dans le cadre de la disposition n°61 du Plan d'Aménagement et de Gestion Durable [PAGD] du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo : « Améliorer la connaissance des prélèvements en zone littorale », 11 secteurs prioritaires pour l'acquisition de connaissances sur les prélèvements en eau ont été définis sur 35 communes littorales du département des Côtes d'Armor (région Bretagne) entre l'Anse de Perros-Guirec et la commune de Plouha (superficie 500 km²).

Le BRGM, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB) et le Conseil Régional de Bretagne, veille depuis début 2011 à enrichir le SIGES Bretagne (http://sigesbre.brgm.fr/). Le BRGM a notamment travaillé sur un inventaire régional des prélèvements d'eau souterraine déclarés sur l'année 2009 (Lucassou et al., 2015 ; Mougin et al., 2016). Les premiers résultats obtenus montreraient que sur la Bretagne, 7 % des volumes prélevés dans les eaux souterraines viennent de l'usage irrigation et que ce pourcentage atteindrait 28 % sur la partie littorale du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Ces enjeux ont été rappelés au cours de la journée « eaux souterraines » du CRESEB (Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne) du 12/05/2016 à Lorient en mentionnant notamment que les eaux souterraines étaient très utilisées sur le territoire du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo et que des enquêtes prélèvements étaient en cours auprès des serristes/irrigants.

Face aux enjeux existants (prélèvements, quantité, qualité, biseau salé, changement climatique) les objectifs du présent projet intitulé ADRESSAGE³ ont été fixés : récolter et analyser les données relatives aux prélèvements d'eau souterraine (quantité et qualité) des serristes/irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE, pour ensuite donner des conseils et des préconisations d'usage pour arriver à une gestion durable de la ressource en eau souterraine. Lors du bureau de la CLE du SAGE le 04/07/2016, la profession agricole représentée par l'Union des Coopératives de Paimpol et de Tréguier (UCPT) et la Chambre d'agriculture des Côtes d'Armor a donné son accord pour participer à ce projet sur la frange littorale du territoire.

Le travail présenté dans ce rapport porte sur les 35 communes du littoral du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo entre l'Anse de Perros-Guirec et la commune de Plouha (11 secteurs prioritaires de la disposition n°61 du PAGD).

Les questions scientifiques et techniques qui se posent sont les suivantes :

- Quelles sont les données disponibles relatives aux prélèvements d'eau souterraine (dispositifs de comptage des volumes prélevés, analyses de qualité d'eau...) des serristes/irrigants?
- Comment mieux estimer les prélèvements d'eaux souterraines sur le territoire ?
- Quel est l'impact des prélèvements sur la ressource en eau en zone côtière ?
- Existe-t-il un risque de remontée du biseau salé dans les eaux souterraines ?

Les enjeux méthodologiques associés sont les suivants : estimer au mieux les prélèvements d'eau souterraine des serristes/irrigants, estimer la part de cet usage sur la totalité des volumes prélevés tous usages confondus, avoir des éléments sur l'état qualitatif de la ressource en eau

³ ADRESSAGE : récolte et Analyse des Données Relatives aux prélèvements d'Eau Souterraine (quantité et qualité) des Serristes/irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat Trégor Goëlo. Conseils et préconisations pour une Gestion durable de la ressource en Eau souterraine.

souterraine, identifier des remontées du biseau salé, préconiser une utilisation pour arriver à une gestion durable de la ressource en eau souterraine.

Le projet a débuté par l'établissement d'un formulaire d'enquête papier élaboré par Guingamp Paimpol Armor Argoat Agglomération (GP3A), le BRGM, les animateurs du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Argoat-Trégor-Goëlo, les professionnels agricoles (SYNTEC/Chambre d'Agriculture), les structures de bassins versants (Syndicat Mixte Environnement Goëlo Argoat (SMEGA), Syndicat Mixte des Bassins-versants du Jaudy-Guindy-Bizien (SMJGB)) avec l'appui des acteurs locaux (EPCI concernés: Lannion Trégor Communauté, Leff Armor Communauté, Union des Coopératives de Paimpol et Tréguier (UCPT), DDTM 22). Il a été envoyé aux exploitants exerçant sur les 35 communes des 11 secteurs prioritaires. Le formulaire vise notamment à récolter des informations sur le comptage annuel et historique des volumes d'eau souterraine réellement prélevés par forages et sur les résultats d'analyses de la qualité de l'eau souterraine.

Une évaluation des données déjà disponibles et études existantes a été réalisée; ces informations sont présentées au chapitre 3 de ce rapport. Par la suite, une évaluation des besoins en eau souterraine a été effectuée par l'intermédiaire des questionnaires, d'une visite de serre et d'une quantification des serres par photographies satellitaires (chapitre 4). Une évaluation des prélèvements en eau souterraine a été réalisée (chapitre 5) dont la précision et les incertitudes ont été discutées (chapitre 6).

Les investigations ont ensuite été effectuées sur les aspects qualitatifs, notamment sur les possibilités de salinisation des eaux (chapitre 7) avant d'aboutir à des recommandations de gestion sur les aspects quantitatifs et qualitatifs (chapitre 8).

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. UTILISATION DES RESSOURCES EN EAU ET PRESSIONS ASSOCIEES

La zone d'intérêt, composée des 35 communes des 11 secteurs prioritaires, est située en majeure partie sur le territoire du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo (dans son secteur Nord). L'extrême ouest de la zone est située sur le SAGE de la Baie de Lannion (Illustration 1).

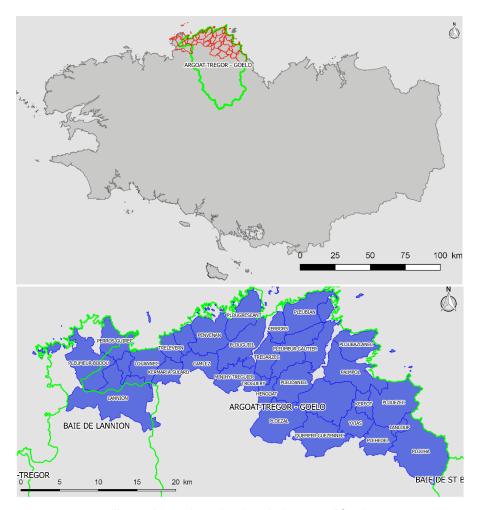


Illustration 1: Localisation de la zone d'étude

Dans son Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) approuvé le 21 avril 2017, le SAGE Argoat-Trégor-Goëlo dresse la situation concernant l'utilisation et la qualité des eaux sur son territoire.

Les principaux usages sur le territoire du SAGE sont liés à l'alimentation en eau potable (AEP), l'industrie et l'agriculture (irrigation et abreuvement du bétail). D'après les données issues de l'état des lieux et du diagnostic, les prélèvements en eaux (souterraines et superficielles) sur le territoire sont destinés à 65% pour l'AEP (alimentation en eau potable). La répartition est illustrée sur la figure suivante (Illustration 2). Les eaux souterraines représentent la majorité des volumes prélevés avec 64% des prélèvements (Source : SAGE Argoat-Trégor-Goëlo, 2017).

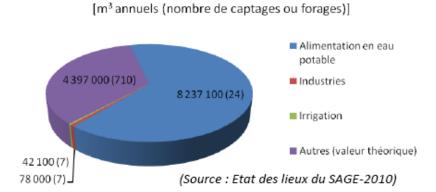


Illustration 2: Volumes prélevés et répartition par usage sur les communes du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo (Source : SAGE Argoat-Trégor-Goëlo 2017)

Malgré une situation de la ressource en eau considérée comme bonne d'un point de vue quantitatif, il est précisé que certaines années sèches sont responsables de niveaux piézométriques et de débits de cours d'eau inquiétants pour le maintien des fonctionnalités du milieu et la satisfaction des usages.

Cependant ces prélèvements sont vraisemblablement inégalement répartis sur le territoire. On peut en effet distinguer trois grands bassins de production agricole aux dynamismes différents (Illustration 3). A ces prélèvements agricoles, viennent s'ajouter les prélèvements pour usage d'alimentation en eau potable et industriels.

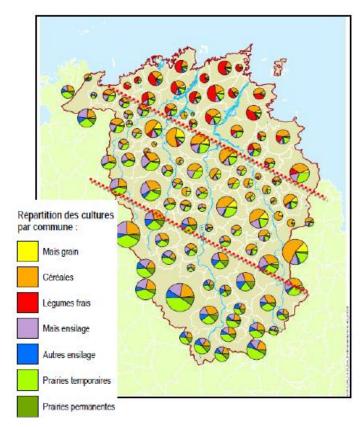


Illustration 3: Répartition des cultures des exploitations situées sur les communes du SAGE (Source : Etat des lieux du SAGE-2010)

La frange littorale est dominée par la culture maraichère (notamment la production de tomates). Ces cultures maraichères sont en hausse et le nombre d'exploitations a augmenté de 13% en 10 ans. Plus au sud, la zone intermédiaire voit des bassins versants dominés par l'élevage de granivores hors sols, associés à des cultures céréalières. Cette zone connait une baisse de 18% des exploitations. L'amont du SAGE est caractérisé par des systèmes d'élevage bovins et un assolement basé sur les prairies et cultures fourragères. Ces activités connaissent une forte restructuration avec une diminution de 28% des exploitations.

Cette forte disparité induit la nécessité d'effectuer des bilans des prélèvements en eau effectués par zone d'activité afin d'obtenir une quantification précise des volumes en jeu. Ceci est d'ailleurs noté dans la disposition 61 du SAGE « améliorer la connaissance sur les prélèvements en zone littorale ». La présente étude ADRESSAGE s'intéresse uniquement aux usages des serristes et irrigants et s'intègre parfaitement aux objectifs de cette disposition visant à une amélioration des connaissances.

L'eau souterraine de cette frange littorale est particulièrement vulnérable en raison de fortes pressions urbaines, touristiques et agricoles impliquant notamment l'irrigation en période estivale. Actuellement les connaissances se limitent aux volumes autorisés dans le cadre des procédures d'autorisation et de déclaration des articles L214-1 à L214-3 du code de l'environnement.

Une étude BRGM (Mougin et al., 2016) évaluant la pression de prélèvements par entité hydrogéologique a montré que les eaux souterraines de la frange littorale du SAGE étaient particulièrement exploitées en comparaison des masses d'eau adjacentes.

D'un point de vue qualitatif, il est considéré que l'ensemble des masses d'eau souterraine du territoire présentent un mauvais état chimique (AELB). L'objectif d'atteinte du « bon état qualitatif » a notamment été repoussé à 2021 pour les masses d'eau souterraine de la baie de Saint-Brieuc et du Trieux-Leff et à 2027 pour la masse d'eau souterraine du Guindy-Jaudy-Bizien. Les raisons de ce mauvais état qualitatif proviennent principalement des concentrations importantes en nitrates (déclassant pour 3 masses d'eau) ainsi qu'en pesticides pour la masse d'eau du Trieux-Leff. Pour les eaux superficielles, la dégradation de la qualité chimique est aussi notée. Le phosphore total et les nitrates sont le plus souvent les paramètres responsables. Certains cours d'eau sont également concernés par des concentrations en ammonium élevées et un taux de saturation en oxygène dissous trop faible.

2.2. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

La géologie de la zone d'étude est contrastée. Elle est détaillée dans les cartes géologiques au 1/50 000 de Perros-Guirec (n°170), Lannion (n°203), Tréguier (n°171) et Pontrieux (n°204). Une carte de la géologie simplifiée au 1/1 000 000 est fournie en Illustration 4.

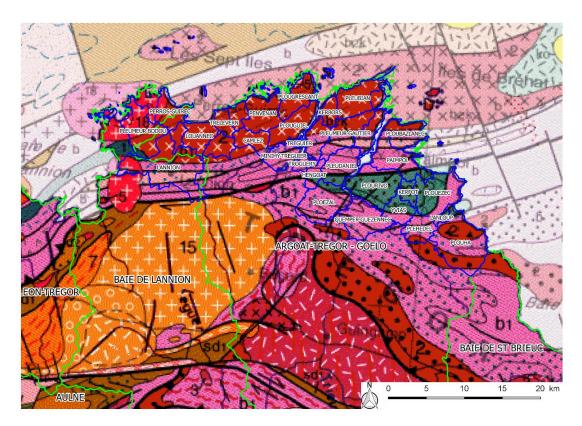


Illustration 4: Géologie de la zone d'étude (BRGM, carte géologique 1/1 000 000)

Au Nord de la zone d'étude, les communes de Pleubian, Kerbors, Plougrescant, Penvenan, Plouguiel, Camlez, Trelevern, Louannec, Perros-Guirec et Pleumeur-Bodou reposent sur des granites et granodiorites. Plus au Sud, on rencontre les formations volcaniques, les "volcanites du Trégor", constituées de spilites, tufs et rhyolites d'âge Briovérien sur une large étendue des communes de Ploubazlanec, Lézardrieux, Paimpol, Pleudaniel, Troguéry, Tréguier, Minihy-Tréguier, Lannion. Au sein de cette formation, la formation de Paimpol possède une porosité particulièrement élevée en raison de la présence de vacuoles qui en fait une des roches les plus productives de Bretagne (Carn, 1983). Ces formations sont séparées par un accident géologique important qui est la faille de Tréguier-Lézardrieux orientée Ouest-Est. Les communes de Plourivo, Kerfot, Plouézec (en partie) et Hengoat (en partie) sont situées sur un bassin sédimentaire ordovicien de grès rouges fins et volcanites interstratifiées. Au Sud, on retrouve une zone principalement volcanique à l'exception de la granodiorite de Plouha. Certaines communes telles que Penvenan, possèdent des bassins tertiaires utilisés pour l'AEP.

Par ailleurs, une description géologique détaillée de chacune des 6 entités BDLISA⁴ (Illustration 5) est disponible sur le site Internet SIGES Bretagne (http://sigesbre.brgm.fr/Fiches-de-synthese-hydrogeologique.html). Ce référentiel individualise l'ensemble des niveaux aquifères à une échelle nationale (Niv1), une échelle régionale (Niv2) et enfin une échelle locale (Niv3).

-

⁴ La BDLISA (Base de Données des LImites des Systèmes Aquifères) est le référentiel hydrogéologique français. Référentiel cartographique qui classe le sous-sol en entités hydrogéologiques décrites selon différentes propriétés : aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, karstigue... https://bdlisa.eaufrance.fr/

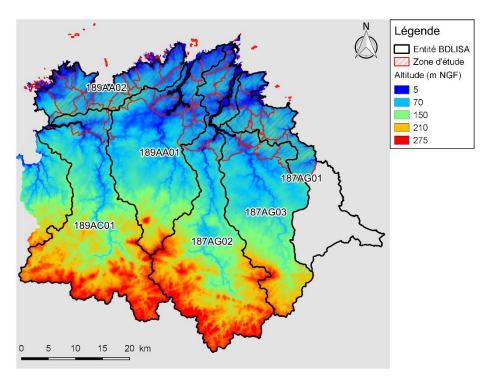


Illustration 5: Localisation des entités BDLISA concernées par l'étude

Les fiches concernées sont disponibles aux URL suivantes :

http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 187AG01.pdf http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 187AG02.pdf http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 187AG03.pdf http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 189AA01.pdf http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 189AA02.pdf http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne 189AC01.pdf

2.3. HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

2.3.1. Propriétés hydrodynamiques des aquifères de socle

En domaine de socle, la structure d'aquifère stratiforme découlant de l'altération peut être décrite de la surface vers la profondeur par trois zones en fonction de l'altération et de la fracturation rencontrée.

- Les altérites constituent un horizon meuble riche en argiles provenant de la décomposition *in situ* de la roche mère. En raison de sa composition argilo-sableuse, les altérites ont une porosité effective importante souvent comprise entre 3 et 10%. Elles sont donc souvent considérées comme ayant un rôle capacitif. En revanche leur conductivité hydraulique est généralement faible en l'absence de chemins d'écoulements préférentiels et est généralement comprise entre 10-6 et 10-8 m/s.
- En dessous, l'horizon fissuré se caractérise par une fissuration très dense dans les premiers mètres qui décroit par la suite avec la profondeur à partir d'un maximum obtenu à l'interface entre la base des altérites et l'horizon fissuré. Dans les roches isotropes (granitoïdes) ou à foliation verticale, cette fissuration est dominée par les fractures subhorizontales. Cet horizon fissuré peut avoir localement une forte conductivité hydraulique et assure le rôle transmissif de l'aquifère.

• En dessous de l'horizon fissuré, la roche saine n'est perméable que très localement à la faveur de fractures d'origine tectonique.

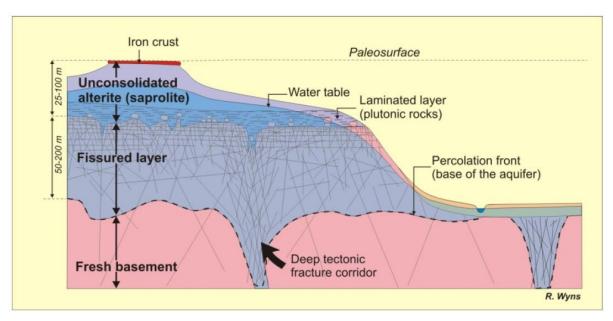


Illustration 6 : Schéma conceptuel des aquifères de socle (Source : Wyns et al., 2004)

Les écoulements au sein des horizons sont fortement anisotropes et un rapport de perméabilité horizontale/verticale de 10 est généralement observé dans le cas des roches à joints horizontaux (granitoïdes). On note dans certains cas des écoulements beaucoup plus lents verticalement, voire une déconnexion entre plusieurs niveaux de l'horizon fracturé ce qui peut amener à la création de nappes perchées temporaires.

Il est généralement considéré que les forages situés dans les altérites fournissent des forages peu productifs (<5 m³/h), alors que l'exploitation de l'horizon fissuré permet d'atteindre des débits d'exploitation de 5 à 10 m³/h. En complément de la ressource exploitable dans l'horizon d'altération, les hétérogénéités géologiques (dykes, failles, couloirs de fracturation, zones de contact) peuvent localement permettre un développement plus prononcé de l'altération et créer une structure aquifère au potentiel plus important. L'impact de la présence de failles sur le potentiel d'exploitation et sur la continuité des aquifères de socle est difficile à identifier, les failles pouvant avoir un rôle de barrière hydraulique ou de drain.

2.3.2. Dynamique locale des aquifères

Contrairement aux régions possédants de larges aquifères sédimentaires très développés (exemples : Bassin Parisien, Aquitaine), le suivi des niveaux de nappes et leur généralisation spatiale est très complexe en région de socle (telle que la Bretagne) en raison d'une hétérogénéité des propriétés hydrodynamiques très importantes (vitesses d'écoulements et capacités de stockage des nappes). Les niveaux d'eau souterraine et leurs évolutions sont suivis en continu dans le cadre du réseau piézométrique national. En région Bretagne, 52 piézomètres sont suivis dans le cadre de ce réseau et des bulletins de situation sont édités 8 fois par an; ils sont disponibles sur le site SIGES Bretagne (http://sigesbre.brgm.fr/Archives-des-bulletins-regionaux-de-situation-des-nappes.html).

A proximité de la zone d'étude, deux piézomètres sont disponibles (02034X0082/PZ sur la commune de Pommerit-Jaudy et 02047X0072/PZ sur la commune de Goudelin) : ils sont

localisés en Illustration 7. Ils captent respectivement des schistes d'âge Briovérien et des micaschistes.

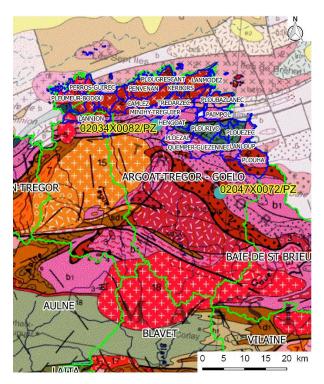


Illustration 7: Localisation des piézomètres du réseau national 02034X0082/PZ et 02047X0072/PZ, en jaune

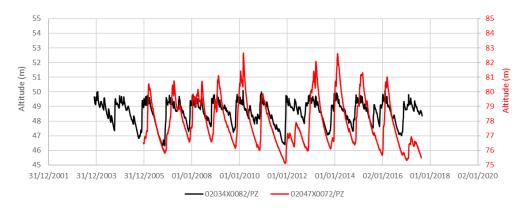


Illustration 8: Evolutions piézométriques depuis 2003 à proximité de la zone d'étude (02034X0082/PZ et 02047X0072/PZ)

Les deux piézomètres suivent des cycles annuels de recharge/vidange et pluriannuels dépendant de la succession d'années climatiques plutôt sèches ou humides. Les cycles pluriannuels sont plus marqués sur le piézomètre de Goudelin (en rouge sur l'Illustration 8). Le piézomètre de Pommerit (en noir sur l'Illustration 8) est plus réactif aux pluies efficaces.

Ces chroniques piézométriques (Illustration 8) ne montrent pas de tendances à la hausse ou à la baisse sur le long terme mais des écarts d'amplitude se créent entre ces chroniques en basses eaux à la faveur des cycles pluriannuels.

Les années 2006, 2011 et 2017 semblent être les années les plus sèches depuis le début des mesures. Bien que ces piézomètres ne soient pas directement sur la zone d'étude, le comportement fournit des informations importantes sur les tendances générales de la zone.

La zone comprend aussi une spécificité importante avec la présence de roches volcaniques (Tufs de Tréguier et spilites de Paimpol; Illustration 9). Ces roches intensément déformées lors de l'orogénie cadomienne puis fracturées par la suite par l'extension Eo-oligocène, sont de bonnes candidates pour la production d'eau. Les plus forts débits bretons ont été enregistrés dans ce type de roches (Carn, 1983). La Formation de Paimpol a une très bonne productivité qui s'explique par la porosité particulière des roches avec la présence de vacuoles liées à la mise en place de ces roches volcaniques. On y trouve notamment les captages de Kerio à Pleguien et de Kernevec à Minihy-Treguier.

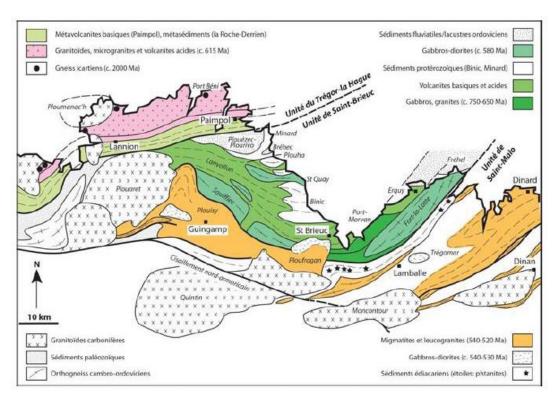


Illustration 9: Structures géologiques majeures de l'unité de Saint-Brieuc (Ballèvre et al., 2001)

3. Données et études disponibles pour évaluer les prélèvements en eau souterraine

Avant cette étude, peu d'informations étaient directement disponibles pour une évaluation des prélèvements en eau souterraine. En effet, les prélèvements sont consignés de manière non homogène dans différentes bases de données (BNPE-AELB; DDTM; BSS). Seule une étude impliquant la zone concernée semble disponible (Mougin et al., 2016).

3.1. BASES DE DONNEES EXISTANTES

3.1.1. BNPE (banque nationale des prélèvements en eau)

eau La banque nationale des prélèvements quantitatifs en (BNPE; http://www.bnpe.eaufrance.fr/) est l'outil national dédié à la diffusion des prélèvements sur la ressource en eau (superficielle et souterraine), pour la France métropolitaine et les départements d'outre-mer. Les informations portent sur les volumes annuels directement prélevés sur la ressource en eau et sont déclinées par localisation et catégorie d'usage de l'eau. Issues aujourd'hui de la gestion annuelle des redevances par les agences et offices de l'eau, elles sont appelées à être complétées dans quelques années par d'autres producteurs de données. Les données sont mises à jour une fois par an.

La base de données associée au site Internet étant récente et encore en développement, les données disponibles sont souvent incomplètes selon les différents usages de l'eau. Toutefois, cette base a été consultée pour chacune des 35 communes de la zone d'étude. Les informations récoltées sont présentées dans le tableau suivant (Illustration 10) pour les données les plus récentes (2015).

| | Répartition | | | | | Ressource | | | | | |
|-------------------|--------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|-----|---------------|-----|-------------|-----|
| Commune | | AEP | | Irrigation | | Industrie | | Superficielle | | Souterraine | |
| | BNPE (total en m3) | Volume (m3) | % | Volume (m3) | % | Volume (m3) | % | Volume (m3) | % | Volume (m3) | % |
| CAMLEZ | 5000 | х | х | 5000 | 100 | х | х | х | х | 5000 | 100 |
| HENGOAT | 896556 | 896556 | 100 | х | х | x | х | 617202 | 69 | 279354 | 31 |
| KERBORS | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| KERFOT | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| KERMARIA-SULARD | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| LANLOUP | Х | х | Х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| LANMODEZ | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| LANNION | 1253034 | 1058862 | 84.5 | 171910 | 13.7 | 22262 | 1.8 | 1058862 | 85 | 194172 | 15 |
| LEZARDRIEUX | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| LOUANNEC | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| MINIHY-TREGUIER | 158305 | 158305 | 100 | х | х | x | х | х | х | 158305 | 100 |
| PAIMPOL | 17962 | х | х | 17962 | 100 | x | х | х | х | 17962 | 100 |
| PENVENAN | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PERROS-GUIREC | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLEHEDEL | 34314 | х | х | 34314 | 100 | x | х | х | х | 34314 | 100 |
| PLEUBIAN | 7258 | х | х | 7258 | 100 | x | х | х | х | 7258 | 100 |
| PLEUDANIEL | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLEUMEUR-BODOU | х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLEUMEUR-GAUTIER | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLOEZAL | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLOUBAZLANEC | 10801 | х | Х | 10801 | 100 | x | х | х | х | 10801 | 100 |
| PLOUEZEC | Х | х | Х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| PLOUGRESCANT | 386268 | 362890 | 94 | 23378 | 6 | x | х | х | х | 386268 | 100 |
| PLOUGUIEL | 723960 | 723960 | 100 | х | х | x | х | 527860 | 73 | 196100 | 27 |
| PLOUHA | 258631 | 227703 | 88 | 30928 | 12 | x | х | х | х | 258631 | 100 |
| PLOURIVO | Х | х | Х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| POULDOURAN | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| QUEMPER-GUEZENNEC | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| SAINT-QUAY-PERROS | 1114690 | 1114690 | 100 | х | х | x | х | 1114690 | 100 | x | х |
| TREDARZEC | Х | х | х | х | х | x | х | х | х | x | х |
| TREGUIER | х | х | х | х | х | x | Х | х | х | х | х |
| TRELEVERN | х | х | х | х | х | х | Х | х | х | х | х |
| TREVOU-TREGUIGNEC | х | х | х | х | х | x | х | х | х | х | х |
| TROGUERY | х | х | х | × | х | x | х | х | х | x | х |
| YVIAS | 866090 | 866090 | 100 | × | х | x | х | 866090 | 100 | x | х |
| TOTAL | 5732869 | 5409056 | 94.4 | 301551 | 5.3 | 22262 | 0.4 | 4184704 | 73 | 1548165 | 27 |

Illustration 10: Informations sur les prélèvements par commune issus de la BNPE (données année 2015)

Les données sur la zone d'étude sont très hétérogènes selon les usages. 94.4% des prélèvements comptabilisés concernent l'usage AEP, ce qui semble éloigné de la réalité. Pour de nombreuses communes, aucune information n'est disponible et dans une majorité des cas, les informations sont sans doute incomplètes (exemple : 5000 m³/an sur la commune de Camlez pour les prélèvements d'irrigation). Les données disponibles ne permettent pas à l'heure actuelle de faire un bilan des prélèvements suffisamment précis dans le cadre de cette étude.

3.1.2. Base de données DDTM

Les services en charge de la Police de l'Eau (Direction Départementale des Territoires et de la Mer – DDTM des Côtes d'Armor) ont constitué une base de données répertoriant les volumes d'eau souterraine. Cette base contient les informations contenues dans les dossiers d'incidence ouvrage déposés dans le cadre de la Loi sur l'eau : coordonnées du pétitionnaire, localisation du forage (commune, lieu-dit, parcelle cadastrale, coordonnées XY), usage de l'eau, volume maximal annuel autorisé. Cette base spécifique à la DDTM22, particulièrement bien documentée, et qui n'est pas disponible au niveau national, a été fournie pour les besoins de cette étude. Elle sera utilisée chapitre 5 pour la réalisation des bilans.

3.1.3. Banque de données du sous-sol (BSS)

Toutes les données sur les ouvrages (forages, sondages, puits et sources) souterrains du territoire sont collectées pour être conservées dans une base de données, la banque de données

du sous-sol (BSS), organisée et gérée par le BRGM. La BSS recense les ouvrages de plus de 10 m de profondeur, et répond aux obligations de déclaration stipulées dans le code Minier.

La BSS met à la disposition du public plus de 700 000 descriptions d'ouvrages souterrains accompagnées d'un ensemble de plus de 2 000 000 de documents numérisés sur la France. Près de la moitié des ouvrages possèdent une coupe géologique succincte, et environ 20% possèdent une coupe géologique élaborée et vérifiée par un géologue.

Cette base de données est déclarative et n'a pas pour but un suivi et/ou une estimation des prélèvements en eau souterraine. Cependant, elle contient des informations concernant l'usage des ouvrages (point d'eau, sondage de reconnaissances, géothermie...) ainsi que les débits maximums rencontrés au soufflage (pour certains points).

Cette base n'a pas vocation à être mise à jour avec des informations sur les prélèvements en eau et elle ne peut donc pas à elle seule constituer une base complète des prélèvements. Cependant, elle peut venir en complément d'autres bases de données dans la réalisation de bilans.

3.2. ETUDES EXISTANTES

Une évaluation des prélèvements sur les différentes entités BDLISA bretonnes a été réalisée par le BRGM dans le cadre du projet SIGES Bretagne (Mougin et al., 2013 ; Mougin et al., 2016). Les entités hydrogéologiques de niveau 3 sont définies dans le référentiel hydrogéologique français BDLISA.

3.2.1. Méthodologie

L'inventaire des prélèvements déclarés d'eau souterraine a été réalisé par usage sur l'année 2009, en prenant en compte différentes sources de données numériques provenant de :

- L'Agence de l'Eau Loire Bretagne (AELB) qui répertorie les usages : alimentation en eau potable (AEP), industriel et irrigation (paiement d'une redevance pour une consommation annuelle supérieure à 7000 m³);
- La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) qui recense les prélèvements industriels des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :
- Les services en charge de la Police de l'Eau (Direction Départementale des Territoires et de la Mer – DDTM) qui répertorient les volumes prélevés supérieurs à 1000 m³/an, hors ICPE;
- La **Banque de données du Sous-Sol** (BSS) du BRGM qui recense les ouvrages souterrains déclarés au titre du Code Minier, dont les points d'eau.

Les forages domestiques déclarés en Mairie n'ont pas été utilisés car la base « forages domestiques » est peu renseignée en Bretagne et parce que ces forages sont déjà renseignés en BSS (information sur le volume estimatif prélevé).

Les tests effectués dans le cadre du projet SIGES Bretagne ont montré la nécessité de prendre en compte des prélèvements complémentaires à ceux déclarés (AELB, DREAL et Police de l'eau), notamment à partir de la BSS. En effet, aucune donnée sur les volumes prélevés à usage élevage n'était disponible en format numérique ; la seule estimation possible de ces volumes a pu être réalisée sur la base des informations recensées en BSS (estimation des volumes prélevés pour l'usage agricole : 5 m³/jour, sur la base d'études menées précédemment entre 2004 et

2009⁵). Ensuite, l'analyse a été faite pour chaque entité de niveau 3 BDLISA de Bretagne et les résultats sont présentés sous forme de tableau chiffrant l'ensemble des prélèvements en eau souterraine par usage pour l'année 2009.

3.2.2. Bilans disponibles sur la zone d'étude

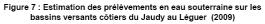
La zone d'étude est située sur plusieurs entités BDLISA de niveau 3. Chacune de ces entités possède une fiche de synthèse accessibles sur le SIGES Bretagne à l'adresse suivante : (http://sigesbre.brgm.fr/files/fiches/BDLISA/LISA Bretagne XXXXXXX.pdf ; avec « XXXXXXXX »=le numéro de l'entité) fournis dans le tableau suivant et localisé sur l'Illustration 5.

| Code BD LISA | Nom de l'entité |
|--------------|--|
| 187AG01 | Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers du Gouët (non inclus) au Trieux (non inclus) |
| 187AG02 | Socle métamorphique dans les bassins versants du Trieux et du Bouillenou de leurs sources à la mer |
| 187AG03 | Socle métamorphique dans le bassin versant du Leff et ses affluents |
| 189AA01 | Socle métamorphique dans les bassins versants du Jaudy de sa source à la mer et côtiers |
| 189AA02 | Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers du Jaudy (non inclus) au Léguer (non inclus) |
| 189AC01 | Socle métamorphique dans les bassins versants du Léguer de sa source à la mer et côtiers |

Illustration 11: Entités BDLISA concernées par l'étude

La partie côtière d'intérêt dans le cadre du projet ADRESSAGE ne représente qu'une petite partie côtière des différentes entités BDLISA. Seule l'entité 189AA02 est pleinement représentative du contexte littoral du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Les résultats des estimations de cette étude pour l'entité 189AA02 sont fournis en Illustration 12.

| Utilisation des ouvrages | Prélèvements eau souterraine (m³/an)* | Part des usages en % |
|--|---|-------------------------|
| ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) | 611 500 | 38.5% |
| INDUSTRIEL | 235 639 | 14.8% |
| IRRIGATION | 410 665 | 25.9% |
| ÉLEVAGE | 173 085 | 10.9% |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 26 103 | 1.6% |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage,) | 131 135 | 8.3% |
| TOTAL | 1 588 127 | 100% |



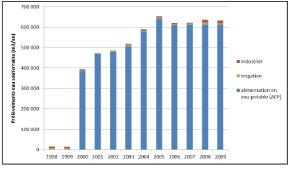


Figure 8 : Evolution des prélèvements en eau souterraine sur l'entité entre 1998 et 2009 (données AELB)

Illustration 12: Résultats des estimations des prélèvements en eau souterraine pour l'entité 189AA02 (Source : fiche de synthèse hydrogéologique SIGES Bretagne). * Les incertitudes liées à ces calculs sont fournies en annexe 1.

Les résultats présentés dans le tableau de l'entité 189AA02 montrent une sous-estimation des prélèvements dans les informations disponibles auprès de l'AELB (histogramme ci-dessus) par rapport à l'ensemble des prélèvements recensés (à l'exception des prélèvements AEP).

Les résultats de ces estimations sur toutes les entités de la zone sont présentés en Illustration 13.

⁵ Cf. <u>http://sigesbre.brgm.fr/Inventaire-des-prelevements-d-eau-souterraine-declares-en.html</u>

| Utilisation des ouvrages | Prélèvements eau souterraine (m³/an) * | Part des usages en % |
|--|--|-------------------------|
| ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) | 172 500 | 18% |
| INDUSTRIEL | 54 007 | 6% |
| IRRIGATION | 263 455 | 28% |
| ÉLEVAGE | 233 960 | 25% |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 85 203 | 9% |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage,) | 134 190 | 14% |
| TOTAL | 943 315 | 100% |

| Utilisation des ouvrages | Prélèvements eau souterraine (m³/an) * | Part des usages en % |
|--|--|-------------------------|
| ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) | 92 600 | 6% |
| INDUSTRIEL | 695 170 | 47% |
| IRRIGATION | 175 520 | 12% |
| ÉLEVAGE | 437 269 | 29% |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 59 605 | 4% |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage,) | 27 085 | 2% |
| TOTAL | 1 487 249 | 100% |

Entité: 187AG01

Entité: 187AG02

| Utilisation des ouvrages | Prélèvements eau souterraine (m³/an) | Part des usages en % |
|--|--|-------------------------|
| ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) | 884 400 | 41% |
| INDUSTRIEL | 189 427 | 9% |
| IRRIGATION | 67 525 | 3% |
| ÉLEVAGE | 923 571 | 43% |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 71 038 | 3% |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage,) | 10 500 | 0% |
| TOTAL | 2 146 461 | 100% |

| Utilisation des ouvrages | prélèvements eau xouterraine (m3/an) | part des usages en % |
|---|--------------------------------------|-------------------------|
| Alimentation en Eau Potable (AEP) | 1 377 800 | 63 |
| INDUSTRIEL | 145 717 | 7 |
| IRRIGATION | 102 090 | 5 |
| ÉLEVAGE | 387 439 | 18 |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 45 623 | 2 |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage) | 130 740 | 6 |
| TOTAL | 2 189 409 | 100 |

Entité: 187AG03

Entité: 189AA01

| Utilisation des ouvrages | Prélèvements eau souterraine (m³/an)* | Part des usages en % |
|--|---|-------------------------|
| ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP) | 611 500 | 38.5% |
| INDUSTRIEL | 235 639 | 14.8% |
| IRRIGATION | 410 665 | 25.9% |
| ÉLEVAGE | 173 085 | 10.9% |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 26 103 | 1.6% |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage,) | 131 135 | 8.3% |
| TOTAL | 1 588 127 | 100% |

| Utilisation des ouvrages | prélèvements eau souterraine (m3/an)* | partdes usagesen % |
|---|--|--------------------------|
| Alimentation en Eau Potable (AEP) | 915 800 | 57 |
| INDUSTRIEL | 9 243 | 1 |
| IRRIGATION | 770 | 0 |
| ÉLEVAGE | 674 365 | 42 |
| DOMESTIQUE (usage familial) | 1 8 070 | 1 |
| AUTRES (autre sans usage alimentaire, géothermie, lavage) | 2 210 | 0 |
| TOTAL | 1 620 458 | 100 |

Entité: 189AA02

Entité: 189AC01

Illustration 13: Répartion des prélèvements sur les entités BDLISA concernées par l'étude

On note une forte disparité entre les différentes entités. La majorité des entités couvre assez peu de la zone littorale. La part de l'irrigation peut varier de 28% à moins de 1% des prélèvements. Les deux entités (189AA02 et 187AG01) dont la part d'irrigation est la plus importante couvrent la plus grande superficie des zones côtières étudiées dans ce projet. Le volume prélevé pour l'irrigation atteint 410 665 m³/an sur l'entité 189AA02.

Les bilans réalisés et mentionnés ci-dessus montrent l'importance, à la fois en volume et en pourcentage, des prélèvements non comptabilisés auprès de l'AELB (prélèvements <7000 m³/an principalement pour l'irrigation et prélèvements à usage élevage non recensés) en comparaison aux seules données enregistrées par l'agence de l'eau (principalement usages industriel et AEP). Les études réalisées (Mougin et al., 2013 et Mougin et al., 2016) fournissent des estimations complètes mais contraintes par certaines incertitudes détaillées dans les rapports de ces études et rappelées en annexe 1. Toutefois, cette étude semblait être la plus précise existante au moment du projet ADRESSAGE.

Cette forte hétérogénéité entre les résultats obtenus pour les différentes entités ainsi que la variabilité des activités au sein du SAGE (Illustration 3), illustrée par une forte irrigation maraichère au nord, montrent les besoins de réévaluation spécifique des prélèvements sur la frange littorale particulièrement vulnérable.

4. Besoins et utilisation des eaux des serristes et irrigants

4.1. EVALUATION DES PRELEVEMENTS ET BESOINS EN EAU SOUTERRAINE GRACE AUX INFORMATIONS DES QUESTIONNAIRES

Afin d'affiner les connaissances sur les prélèvements en eau souterraine à l'échelle de la zone d'étude, il était prévu lors de la réalisation du cahier des charges du projet ADRESSAGE, d'affiner les connaissances au travers d'une consultation écrite auprès des exploitants. Pour ce faire, un questionnaire produit conjointement par SYNTEC, BRGM, SAGE ATG, GP3A, SMEGA, SMJGB présenté en Annexe 2, a été envoyé auprès des 500 exploitants exerçant une activité sur une des 35 communes de la zone d'étude. Un article a été publié dans la presse locale et deux réunions d'information ont été conduites les 1er et 8 juin 2017 à Camlez et Paimpol.

La démarche participative de collecte d'informations par questionnaires a donné lieu à des réponses de 27 exploitations concernant 37 forages. Le taux de remplissage des questionnaires est assez hétérogène et rend donc une partie des réponses difficiles à exploiter. Toutefois, le nombre de réponses montre un intérêt d'une partie de la profession à obtenir une meilleure compréhension et gestion de la ressource en eau souterraine disponible. On note aussi pour une majorité des exploitants des réponses positives pour mettre à disposition les données disponibles, notamment chimiques, dans le cadre du projet « Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines ; AELB-Région Bretagne) », conduit par le BRGM en parallèle de la présente étude. La culture principale des exploitations ayant répondu est la tomate sous serres. Dans certains cas, cette culture est complétée par de la fraise. L'origine de l'eau d'irrigation est très majoritairement souterraine et parfois complétée par des eaux de pluie collectées via les toits des serres. Le nombre de réponses trop faible (27) ne permet pas actuellement une généralisation des informations ponctuelles à toute la zone d'étude.

Une évaluation des prélèvements via cette consultation ne peut constituer à elle seule une source fiable et exhaustive de quantification. En effet, pour qu'une telle évaluation soit possible, il serait nécessaire d'obtenir des réponses précisément quantifiées de l'ensemble des exploitants d'eau pour chacun des usages (AEP, irrigation, industrie, élevage). L'obtention de réponses exhaustives nécessite des moyens de collecte très importants qui ne peuvent généralement pas être mis en œuvre. Pour cette raison, l'affinage des informations n'a été réalisé que sur les aspects d'irrigation dans les serres qui est une des activités principales de la zone d'étude. Une réévaluation des prélèvements industriels, d'élevage et d'AEP sont en dehors du périmètre du projet ADRESSAGE. Ces prélèvements seront toutefois pris en compte dans les bilans réalisés aux chapitres suivants.

4.1.1. Evaluation des prélèvements

De nombreuses installations possèdent des compteurs des volumes d'eau prélevés et ils sont installés à proximité des forages. Sur les réponses obtenues, 32 forages possèdent des compteurs, 2 n'en possèdent pas et 3 n'ont pas fourni l'information. Le nombre de réponses concernant le volume prélevé est plus faible avec 21 quantifications des volumes prélevés. En raison d'une volonté d'anonymisation des informations du projet, les volumes sont fournis par numéro d'exploitation.

Les volumes d'eau souterraine prélevés annuels déclarés dans les questionnaires varient énormément : de 100 m³/an à 45 000 m³/an avec une médiane à 6 450 m³/an et une moyenne à 8 500 m³/an (remarque : une valeur déclarée de 150 000 m³/an semblant erronée a été éliminée du jeu de données). Ces volumes prélevés sont présentés en Illustration 14. Ceci montre une forte disparité entre les exploitations en raison de : leur taille, la possible collecte d'eaux pluviales, le traitement des eaux et les besoins des cultures. De ce fait, une généralisation des prélèvements est difficilement réalisable directement sur ce critère.

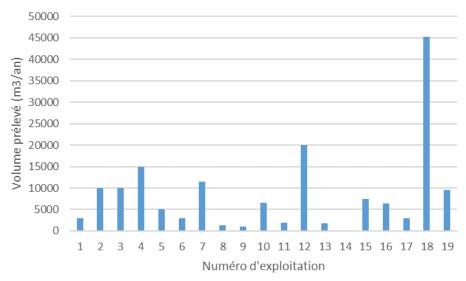


Illustration 14: Volumes d'eau souterraine prélevés déclarés dans les questionnaires

L'utilisation d'un ratio entre surface des serres et volume utilisé pour chaque type de culture permettrait d'aller vers une généralisation des prélèvements à la zone d'étude ; cependant, les indications de surface et de volume fournies dans les questionnaires ne permettent généralement pas de détailler et de généraliser les prélèvements. Seules sept réponses permettent cette évaluation qui donne une moyenne de 10 800 m³/an/ha. On peut donc globalement considérer l'estimation habituelle au sein de la profession de 10 000 m³/ha/an acceptable dans le cas de la culture de tomates.

4.1.2. Présence de dispositifs de collecte d'eaux pluviales et ou de traitement

La présence ou non de dispositifs de traitement des eaux ne faisait pas partie des rubriques du questionnaire. Cependant, la présence d'une cuve permettant la collecte des eaux en faisait partie. A l'exception de 5 exploitations, les dispositifs actuellement existants pour le stockage d'eau font moins de 1 000 m³ montrant une capacité limitée à stocker de l'eau de pluie. Néanmoins, plusieurs exploitants annoncent vouloir mettre en place des dispositifs de stockage. Le volume annoncé est de 10 000 m³ pour trois d'entre eux et 40 000 m³ pour le dernier prévoyant ces travaux.

4.1.3. Visite de serres

L'examen des réponses des questionnaires retournés a été complété par une visite de serres. Une visite d'exploitation a été réalisée le 13/09/2017 dans le cadre d'une visite de la commission locale de l'eau du SAGE permettant d'obtenir des précisions sur le fonctionnement de l'exploitation. Le but était notamment de préciser les modes d'irrigation (par forage, collecte d'eau

de pluie ou recyclage) et leur dynamique ainsi que de définir les éléments de qualité des eaux pouvant avoir un impact négatif sur les cultures.

L'évaluation des volumes prélevés à l'échelle de l'exploitation est complexe car l'irrigation (tomates dans le cas présent) est effectuée avec un mélange d'eaux pouvant provenir de trois sources : eau de forage, eau de pluie et eau traitée (réutilisation des surplus d'irrigation ou eau de drainage). Afin de maintenir une qualité d'eau constante, ce mélange est utilisé tout au long de l'année dans des proportions variables.

Par ailleurs, il a été difficile d'évaluer les prélèvements par forage en raison de l'absence de compteur individuel. L'eau souterraine pompée est stockée dans une cuve et le déclenchement de la pompe est contrôlé par le niveau bas de la cuve de stockage. Les prélèvements sont donc irréguliers et dépendent des besoins quotidiens en irrigation. Il en est de même pour les eaux de pluie. La serre visitée, d'une surface d'environ 3 ha, possédait un bassin de stockage des eaux de pluie d'un volume de 10 000 m³. Le bassin pouvant être rempli plusieurs fois durant la saison humide, le volume exact de l'eau stockée ne peut être connu précisément sans suivi régulier (pas de compteur en sortie de bassin). L'exploitation était aussi équipée d'un système de recyclage des eaux (purification par ultra-violets). Le recyclage des eaux permettrait d'économiser environ 3 000 m³/an d'après l'exploitant. Dans l'établissement visité, et selon la déclaration de l'exploitant, l'eau de forage couvre environ 50% des besoins en eau d'irrigation mais une quantification exacte n'était pas disponible.

Il apparait suite aux discussions menées lors de cette visite de serre, que l'élément chimique critique pour les tomates est le **sodium**, responsable du phénomène du « cul noir ». Lors du recyclage et de l'utilisation des eaux, on assiste à une augmentation des concentrations en sodium. Lorsque les concentrations sont trop importantes, des purges vers le milieu naturel sont réalisées. Les chlorures mentionnés dans le questionnaire et utilisés pour évaluer le risque d'intrusion saline ne semblent pas perçus comme une contrainte majeure pour l'agriculture, même si leurs impacts pouvant être importants ne sont pas à exclure. Cependant, il est important de rappeler que le premier cation présent dans l'eau de mer est le sodium ; une remontée du biseau salé induira donc une augmentation des concentrations en sodium et peut donc rapidement avoir un impact négatif sur la production de tomates. La composition moyenne de l'eau de mer est de 10,78 g/kg de Na et 19,35 g/kg de Cl. Une remontée du biseau salé peut donc avoir un impact important sur les exploitations et semble être un risque majeur, compte-tenu de la localisation de nombreuses serres sur la zone d'étude.

4.1.4. Evaluation des volumes maximum et minimum prélevés par hectares exploités

Les différents éléments présentés précédemment montrent les limites des connaissances des prélèvements et de leur généralisation à la zone d'étude. Une des principales limites est le manque d'informations fiables sur l'utilisation respective des eaux souterraines, eaux de pluie et eaux de recyclage au sein des exploitations ainsi que la variabilité entre les exploitations. Bien qu'une évaluation déterministe ne soit pas directement possible, il est possible de fixer, moyennant quelques hypothèses, les limites basses et hautes des besoins de ces exploitations. Cette évaluation permet de définir le cas le plus défavorable et le cas le plus favorable vis-à-vis des prélèvements en eaux souterraines qui pourront par la suite être affinés pour une estimation plus rigoureuse.

Dans le cas d'une exploitation où la culture dominante est la tomate les besoins en eau sont de 10 000 m³/an/ha. Si l'irrigation est uniquement réalisée par les eaux souterraines le volume prélevé est donc approximativement de 10 000 m³/an/ha. Cette situation représente le cas où les prélèvements en eaux souterraines sont les plus importants.

Le premier poste pouvant permettre une réduction importante des prélèvements en eau souterraine est la récupération des eaux de pluies pour l'irrigation. Les précipitations moyennes annuelles relevées à la station météorologique de Pommerit-Jaudy (station Météo-France n°22247002) sont de 891 mm/an (période 1994-2016) et avec une évapotranspiration potentielle (ETP) de 711 mm/an. Donc en théorie, 8 910 m³ de pluie tombent sur un hectare de toiture et par an. Lors de de la collecte des eaux de pluie sur les toitures en verre des serres, l'évapotranspiration peut être considérée comme négligeable lors des averses importantes. Le taux de collecte peut donc être nettement supérieur aux précipitations efficaces rechargeant la nappe. Les dispositifs de stockage ayant une profondeur importante pour une surface réduite, cette évaporation est limitée en comparaison à des conditions naturelles environnantes (la transpiration est quant à elle nulle). Pour un bassin en eau libre de 10 000 m³ d'une surface de 2 000 m² l'évaporation peut être assimilée à l'ETP et les pertes en volume représentent donc ~1 400 m³/an soit moins de 15% du volume stocké. Ce cas est optimum et un taux de collecte de 70 % semble plus réaliste. Il est donc théoriquement possible de récolter environ 6 230 m³/ha (8 910 x 0.7) ce qui répond en grande partie aux besoins en irrigation. Ce calcul ne prend pas en compte un remplissage multiple du bassin et sous-estime donc la capacité de stockage, notamment dans le cas de serres de plusieurs hectares.

Dans le cas d'une exploitation traitant le surplus des eaux d'irrigation il peut être considéré d'après les exploitants qu'environ 30% des eaux d'irrigation annuelles peuvent être traitées (Source : estimations UCPT) ce qui représente un volume de 3 000 m³/an/ha.

De ce fait, en fonction des installations les besoins en eau souterraine peuvent donc être compris entre 10 000 m³/an/ha et ~1 000 m³/an/ha (10000-6230-3000 m³/an/ha). La limite de 1 000 m³/an/ha semble toutefois difficilement atteignable. Les taux de récupération utilisés dans ces calculs sont optimums et il est peu probable que la récolte et le stockage sans fuite permettent un taux de récolte des eaux de pluie de 70%. L'objectif de ce calcul étant d'évaluer l'ordre de grandeur des cas extrêmes (volumes maximum et minimum prélevés par hectares exploités), ils semblent ici acceptables.

De plus l'évaporation directe sur les toits lors de pluies faibles ou en période de fortes chaleurs n'est pas prise en compte. De même, s'il est possible de stocker 10 000 m³ pour les grandes exploitations, même si le volume de pluies qu'il est possible de collecter augmente en cas d'extension des serres, le stockage restera limité pour des raisons techniques et foncières. En effet, le stockage d'un trop grand volume d'eau (supérieur à 20 000 m³) nécessitera des infrastructures trop couteuses et trop difficilement utilisables pour être réalistes. En raison des limitations de stockage, il est peu probable qu'un apport d'eau de pluie supérieur à 20 000 m³ (~6 piscines olympiques) soit possible, et ce quelle que soit la taille de l'exploitation. Les résultats de l'enquête indiquent cependant qu'un bassin de 40 000 m³ était été envisagé dans une des exploitations.

Ces calculs, bien que grossiers, montrent que quelle que soit l'optimisation du système, l'irrigation de ces cultures sans apport d'eau de forage n'est pas réalisable et un minimum de 1 000 m³/ha/an dans un système extrêmement optimisé semble être la limite basse. En raison des capacités de stockage de l'eau de pluie, une grande exploitation tendra à faire augmenter ces besoins en eau souterraine. Il est donc probable que pour une majorité des exploitations les besoins en eau souterraine soient nettement supérieurs à 1000 m³/ha/an.

Cette large gamme de valeurs montre la difficulté à généraliser les besoins de prélèvements en eau souterraine d'une exploitation à une autre. Cette large variabilité est en accord avec les déclarations fournies dans les questionnaires sur les volumes d'eau souterraine prélevés.

Le relevé par photographies satellitaires indique que près d'un tiers des installations de la zone d'étude est équipé de bassins de collecte des eaux de pluie. Dans l'exploitation visitée en septembre 2017, le taux d'utilisation eau de pluie / eau de forage était proche de 50% selon l'exploitant (5 000 m³/an/ha).

Globalement, même si actuellement les structures existantes semblent limitées, dans les questionnaires le souhait d'aller vers la création de bassins pour la collecte d'eau de pluie et pour le recyclage est important.

Ce type de bilan nécessiterait d'être affiné en prenant en compte la variabilité saisonnière, voire journalière, l'efficacité du taux de récupération des eaux de pluie et les dynamiques de remplissage des bassins pouvant permettre leur remplissage multiple. Ce type d'analyse nécessite des données précises qui ne sont pas disponibles à l'heure actuelle.

4.2. EVALUATION DES BESOINS PAR PHOTOS SATELLITES

Une évaluation des cultures couvertes a été réalisée par numérisation de photos satellites. Les objectifs de cette quantification sont 1) de quantifier les surfaces irriguées, 2) de classifier le type de cultures couvertes, 3) d'obtenir une spatialisation des activités et 4) d'identifier, sur les plus grosses installations, la présence ou non de dispositifs de récupération des eaux de pluie.

Une classification des serres en deux catégories a été réalisée en se basant sur les identifications des structures par photographie satellitaire. La catégorie 1 « serres chapelles » représente les grandes exploitations de cultures hors sol dont les toits en verre peuvent permettre la récupération des eaux de pluie. La principale culture dans ce type de serres est la tomate. La seconde catégorie représente l'ensemble des cultures couvertes (hors sol ou non) dont les structures paraissent, dans certains cas, plus temporaires et dont les besoins en eau peuvent être plus variables.

Les catégories sont présentées sur l'Illustration 15.



Illustration 15: Différenciation des types de serres: a) catégorie 1, serres chapelles (à gauche); b) catégorie 2 tunnels (à droite)

Le relevé effectué par le BRGM sur l'intégralité de la zone d'étude fournit une surface de cultures couvertes d'environ 181 ha dont 117 en catégorie 1 (chapelles) et 64 ha en catégorie 2 (tunnels).

Les photos utilisées proviennent des sites Géoportail et GoogleMaps. On note entre ces deux sources, en raison de relevés à des dates différentes, la présence ou non de serres en certaines zones géographiques. En fonction de la source des données utilisées, des différences peuvent

donc exister. De plus, dans certains cas, la différenciation entre les types de serres, basée sur la structure du bâtiment (toit plat ou tunnels) n'est pas aisée. De ce fait, une incertitude existe sur les surfaces mesurées. Toutefois, les valeurs obtenues sont en accord avec les estimations réalisées par les animateurs du Sage Argoat-Tregor-Goëlo (~120 ha) et le recensement de l'UCPT (130 ha) pour les serres chapelles de première catégorie (117 ha) avec moins de 10% d'écart, et donc ces résultats sont utilisables dans le cadre de cette étude.

Un exemple de géoréférencement obtenu est présenté pour la commune de Ploubazlanec (Illustration 16). La répartition des serres chapelles de catégorie 1 par commune est fournie en Illustration 17 et en Illustration 18. La répartition complète entre catégorie 1 et 2 est fournie en Annexe 3.

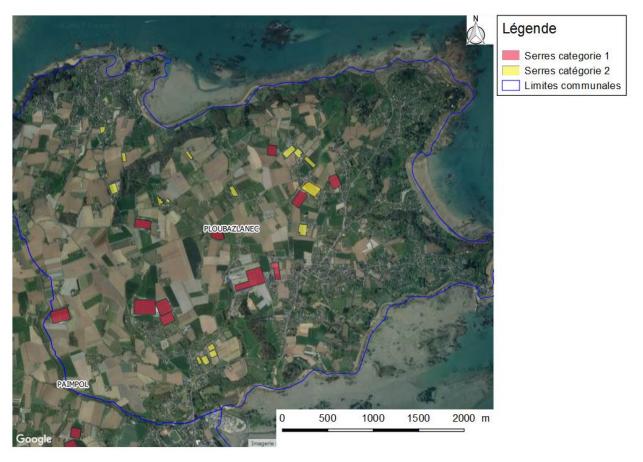


Illustration 16: Localisation des serres sur la commune de Ploubazlanec

| Communes | Surface de Serres (ha) | Nombre d'installations |
|------------------|------------------------|------------------------|
| Camlez | 4.68 | 1 |
| Kerfot | 1.18 | 1 |
| Kermaria-Sulard | 6.50 | 1 |
| Lannion | 4.19 | 3 |
| Lezardrieux | 3.29 | 2 |
| Louannec | 1.51 | 2 |
| Paimpol | 15.33 | 10 |
| Penvenan | 6.96 | 4 |
| Perros-Guirec | 2.82 | 2 |
| Plehedel | 1.53 | 1 |
| Pleubian | 7.47 | 5 |
| Pleumeur-Gautier | 15.88 | 7 |
| Ploezal | 0.50 | 1 |
| Ploubazlanec | 22.71 | 11 |
| Plougiel | 1.47 | 1 |
| Plougrescant | 4.24 | 4 |
| Plouha | 3.91 | 2 |
| Plourivo | 10.47 | 7 |
| Quemper-Quezened | 0.19 | 2 |
| Trelevern | 2.02 | 2 |
| Total général | 116.82 | 69 |

Illustration 17: Surface et nombre de serres chapelles de catégorie 1 par commune

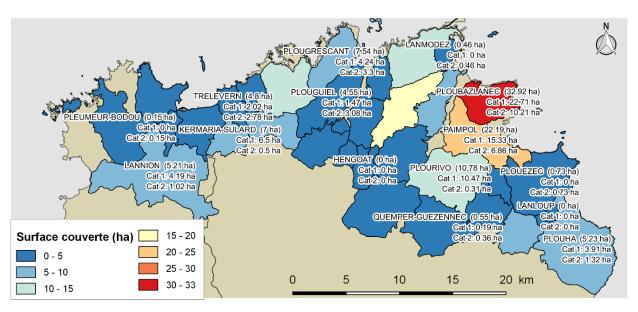


Illustration 18: Surface couverte par les serres par commune (le détail par catégorie est aussi précisé)

Sur les communes de Hengoat, Pouldouran, Lanloup, Saint-Quay-Perros, Minihy-Treguier, Treguirer et Troguery aucune serre n'a été repérée par photographie satellitaire.

Ce relevé montre, qu'en dehors des serres principales, de nombreuses cultures couvertes situées aux alentours nécessitent aussi une irrigation menée sur un mode différent et dont les besoins en eaux ne sont pas clairement estimés. Les questionnaires ont montré une volonté de certains exploitants à augmenter l'irrigation y compris en plein champs (ex : pomme de terre).

Les besoins en eau couramment estimés par la profession agricole sont de 10 000 m³/an/ha dans les cas des cultures hors sol de tomates (culture majoritaire pour les serres de catégorie 1) ce qui représente un volume de 1,17 Million de m³/an pour les serres de catégorie 1 (chapelles).

Pour les autres cultures couvertes les besoins sont plus variables et donc difficilement estimables. Une répartition par commune de ces besoins est présentée en volume sur l'Illustration 19 et en lame d'eau rapportée à la surface de la commune dans l'Illustration 20. L'alimentation en eau provient, en fonction des exploitations, d'eau de pluie collectée sur les toitures, d'eau souterraine par forages et d'eau traitée provenant des surplus d'irrigation de l'exploitation. Les proportions entre ces sources sont variables en fonction de l'exploitation et de ses installations. Dans certains cas extrêmes (sècheresses) des raccordements au réseau d'eau public sont aussi utilisés pour alimenter les serres. De ce fait, cette quantification par photos satellite, permet une quantification des besoins d'irrigation mais ne permet pas directement une quantification de l'exploitation de la ressource souterraine.

Ce géoréférencement a aussi permis d'apprécier la présence de citernes et de bassins pouvant permettre la collecte d'eau de pluie. 21 bassins ont été repérés sur 69 bâtiments. Environ un tiers des exploitations semble donc avoir de larges réservoirs pour la collecte et la réutilisation des eaux de pluie. Les possibles bassins enterrés n'ont pas pu être repérés par photos satellite. Cette évaluation sous-estime vraisemblablement le taux d'installations collectant et utilisant effectivement de l'eau de pluie.

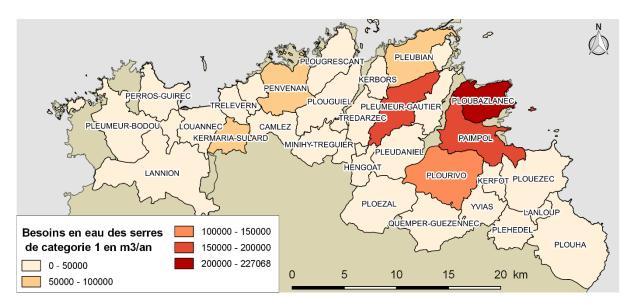


Illustration 19: Besoins en eau pour les serres de catégorie 1 par commune avec l'hypothèse de besoins de 10 000 m³/an/ha d'exploitation

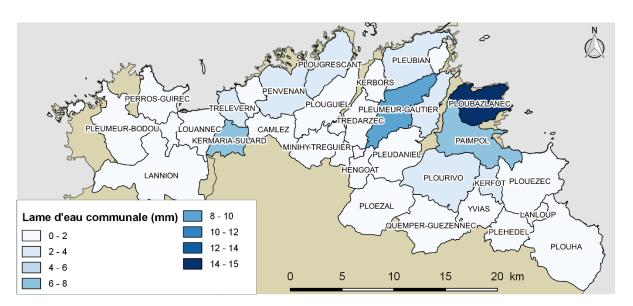


Illustration 20: Lame d'eau équivalente (mm) à l'échelle de la commune des besoins en irrigation des serres de catégorie 1 avec l'hypothèse de besoins de 10 000 m³/an/ha d'exploitation

5. Evaluation des prélèvements sur la zone d'étude

5.1. METHODOLOGIE DE REALISATION DES BILANS DE PRELEVEMENTS

Afin de couvrir précisément la zone d'étude, répondre finement aux questionnements du projet et obtenir un référentiel spatial homogène pour une comparaison des méthodes, les prélèvements d'eau souterraine ont été réévalués par commune avec les données disponibles les plus récentes. Les bilans sont réalisés annuellement car très peu de données sont disponibles à des fréquences plus élevées (mois, jour...). Il n'est donc pas possible actuellement de prendre en compte la variabilité saisonnière des prélèvements liée aux activités agricoles ou à l'impact du tourisme sur les prélèvements AEP.

Les données quantitatives disponibles concernant les eaux souterraines proviennent de trois bases de données (BNPE ; DDTM ; BSS).

La première base de données utilisée est celle de l'AELB, disponible sur le site de la BNPE, et elle comprend les volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable ainsi que les prélèvements industriels et d'irrigation supérieurs à 7 000 m³/an. Les données de prélèvement AELB ont été remises à jour pour l'année 2015. Il s'agit des volumes annuels réellement prélevés, tels que déclarés par les divers utilisateurs payant des redevances à l'AELB.

La seconde base de données est la base de la DDTM22 (voir chapitre 2.2) qui comprend les volumes maximums autorisés dans le cadre des dossiers Loi sur l'eau (volumes supérieurs à 1 000 m³/an hors ICPE).

La troisième base utilisée est la Banque de données du Sous-Sol (BSS) recensant les forages déclarés au titre du Code Minier de plus de 10 m de profondeur. Cette base ne comprend pas explicitement les débits réels prélevés mais comprend, pour quelques forages, l'utilisation et le débit instantané en fin de foration. Cette base sert donc de complément aux bases précédentes. En comparaison au travail réalisé par le BRGM en 2016 dans le cadre du SIGES Bretagne, la BSS a été complétée sur la zone d'étude par plus de 220 forages suite aux nouvelles déclarations récentes et un recensement des forages existants réalisé par la DDTM des Côtes d'Armor.

Ces trois bases de données étant constituées sur déclaration des usagers, elles peuvent être incomplètes. Par ailleurs, ces trois bases étant constituées par des divers organismes ayant des objectifs différents, elles ne sont pas homogènes entre elles et peuvent comprendre des doublons. Seule la base BNPE est remise à jour annuellement, les autres ne possèdent que des déclarations au recensement de l'ouvrage.

Suite à la collecte des informations à partir des différentes bases de données, la première étape a été de repérer les doublons entre ces trois bases. Les indexations des ouvrages présents dans les bases de données étant différentes, avec actuellement des correspondances connues limitées, cette recherche de doublons a été une étape fastidieuse. La recherche de doublons a été réalisée par croisement des critères suivants :

- Numéro BSS si connu
- Nom, prénom et adresse de l'exploitant

- Débit maximum autorisé
- Usage déclaré
- Profondeur de l'ouvrage

Pour l'usage AEP, seuls les prélèvements de l'AELB ont été pris en compte (la base de l'AELB est considérée comme exhaustive pour cet usage).

Les usages déclarés entre les différentes bases étant différents, ces usages ont été simplifiés puis classifiés en 7 catégories :

- AEP
- Agricole (usage agricole sans précision sur l'usage exact tel que cheptel ou irrigation)
- Irrigation (Irrigation de cultures)
- Cheptel (abreuvement du bétail et autre utilisation liée à l'élevage)
- Domestique
- Industriel
- Usage inconnu

Suite à ce traitement et à la recherche de doublons, 1128 points de prélèvements d'eau souterraine ont été identifiés sur la zone d'étude.

Les débits annuels prélevés ont ensuite été affectés à ces points d'eau de la manière suivante par ordre de priorité décroissant :

- Données issues de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (volume annuel réellement prélevé)
- Données issues de la base DDTM22 (volume annuel maximal autorisé)
- Débits maximum issus de la BSS.

Les volumes comptabilisés proviennent uniquement des données disponibles. Aucune extrapolation n'a été réalisée lors de cette phase de comptabilisation. Un bilan extrapolé sera présenté en fin de chapitre 6.

5.2. EVALUATION DES PRELEVEMENTS

5.2.1. Synthèse des bilans par commune

Les résultats ont été compilés pour chacune des communes de la zone d'étude et les données ont ensuite été synthétisées dans : (i) un tableau de bilan, ainsi que (ii) sous forme d'histogrammes représentant le nombre de points d'eau déclarés par usage et (iii) les volumes prélevés par usage. Le nombre de forages (Nb forages) correspond au nombre de forages en BSS, Nb forages renseignes correspond au nombre de forages avec un débit renseigné et % forages renseignes correspond à Nb forages renseignes /Nb forages*100.

Un exemple de résultats est fourni ci-après pour la commune de Louannec (Illustrations 21, 22 et 23). Cette commune ne possède pas d'AEP. Les résultats détaillés pour chacune des communes sont fournis en annexe 4.

| LOUANNEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 6950 | 3475 | 3475 | 3 | 2 | 67 | 22.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 13380 | 4460 | 4380 | 3 | 3 | 100 | 42.9 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1890 | 378 | 400 | 5 | 5 | 100 | 6.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 8960 | 1792 | 1650 | 5 | 5 | 100 | 28.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 31180 | - | - | 18 | 15 | 83 | 100.0 |

Illustration 21: Tableau de bilan des usages en eau souterraine pour la commune de Louannec (NA= non disponible)

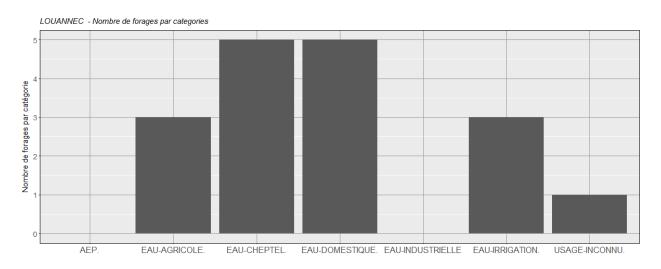


Illustration 22: Commune de Louannec, forages déclarés par usage (*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné)

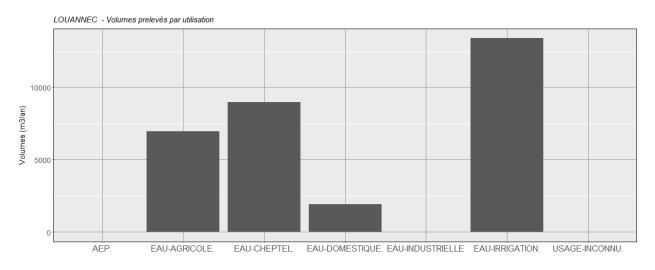


Illustration 23: Commune de Louannec, volumes prélevés par usage (m³/an)

Les bilans par commune réalisés montrent des disparités des usages entre les communes. Sur les communes de Hengoat, Minihy-Treguier, Plougrescant et Plouguiel, les prélèvements d'eau souterraine les plus importants sont destinés à l'usage AEP. Sur les 14 communes de Kermaria-

Sulard, Lézardrieux, Louannec, Paimpol, Penvénan, Perros-Guirrec, Pléhédel, Pleubian, Pleumeur-Gautier, Ploubazlanec, Plouha, Plourivo, Trédarzec et Trélévern, l'usage pour l'irrigation domine. L'usage « eau cheptel » est le plus important sur les communes de Camlez, Kerfot, Pleumeur-Bodou, Ploezal, Quemper-Quézennec, Tréguier, Trévou-Tréguignec, Troguéry, Yvias. Sur les communes de Kerbors, Pleudaniel, Plouézec, les prélèvements sont destinés à un usage agricole non précisé.

Sur les communes de Lannion et Lanmodez, les prélèvements industriels sont les plus importants. Sur les communes de Lanloup et Saint-Quay-Perros, l'usage domestique est le plus important mais avec de faibles volumes prélevés.

Le détail par commune est fourni dans le tableau suivant (Illustration 24):

| Commune | AEP | Agricole | Irrigation | Domestique | Cheptel | Industriel | Autre | Total |
|-------------------|--------|----------|------------|------------|---------|------------|-------|---------|
| CAMLEZ | 0 | 0 | 10400 | 815 | 36360 | 0 | 0 | 47575 |
| HENGOAT | 279354 | 2500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 281854 |
| KERBORS | 0 | 3500 | 990 | 580 | 400 | 0 | 0 | 5470 |
| KERFOT | 0 | 0 | 0 | 720 | 13260 | 0 | 0 | 13980 |
| KERMARIA-SULARD | 0 | 11050 | 26000 | 0 | 13700 | 0 | 0 | 50750 |
| LANLOUP | 0 | 0 | 0 | 2200 | 1095 | 0 | 0 | 3295 |
| LANMODEZ | 0 | 0 | 0 | 2465 | 2870 | 5000 | 0 | 10335 |
| LANNION | 0 | 16155 | 23762 | 5220 | 28770 | 283710 | 0 | 357617 |
| LEZARDRIEUX | 0 | 900 | 62640 | 4020 | 8800 | 3150 | 0 | 79510 |
| LOUANNEC | 0 | 6950 | 13380 | 1890 | 8960 | 0 | 0 | 31180 |
| MINIHY-TREGUIER | 158305 | 7920 | 13800 | 2100 | 19950 | 2000 | 0 | 204075 |
| PAIMPOL | 0 | 36125 | 124427 | 13705 | 3650 | 6300 | 0 | 184207 |
| PENVENAN | 0 | 21900 | 66120 | 6050 | 27095 | 0 | 0 | 121165 |
| PERROS-GUIREC | 0 | 4900 | 24000 | 4198 | 1600 | 0 | 0 | 34698 |
| PLEHEDEL | 0 | 3500 | 47314 | 1865 | 2987 | 3600 | 0 | 59266 |
| PLEUBIAN | 0 | 3380 | 32738 | 6380 | 9700 | 2450 | 0 | 54648 |
| PLEUDANIEL | 0 | 17370 | 7300 | 1080 | 12365 | 1980 | 0 | 40095 |
| PLEUMEUR-BODOU | 0 | 0 | 0 | 3270 | 9010 | 1100 | 0 | 13380 |
| PLEUMEUR-GAUTIER | 0 | 800 | 144000 | 730 | 25330 | 2500 | 0 | 173360 |
| PLOEZAL | 0 | 0 | 5400 | 1000 | 38252 | 0 | 0 | 44652 |
| PLOUBAZLANEC | 0 | 1150 | 174737 | 4920 | 1000 | 0 | 2000 | 183807 |
| PLOUEZEC | 0 | 18800 | 9000 | 14265 | 16150 | 0 | 0 | 58215 |
| PLOUGRESCANT | 362890 | 5600 | 59978 | 3700 | 1500 | 2900 | 0 | 436568 |
| PLOUGUIEL | 196100 | 2600 | 35000 | 0 | 4000 | 6000 | 0 | 243700 |
| PLOUHA | 0 | 34528 | 41820 | 13775 | 32088 | 0 | 0 | 122211 |
| PLOURIVO | 0 | 8700 | 26300 | 4725 | 7781 | 0 | 0 | 47506 |
| POULDOURAN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| QUEMPER-GUEZENNEC | 0 | 15900 | 0 | 500 | 43450 | 900 | 0 | 60750 |
| SAINT-QUAY-PERROS | 0 | 0 | 0 | 1045 | 0 | 0 | 0 | 1045 |
| TREDARZEC | 0 | 0 | 10800 | 3000 | 2850 | 0 | 0 | 16650 |
| TREGUIER | 0 | 7920 | 13800 | 2900 | 19950 | 2000 | 0 | 46570 |
| TRELEVERN | 0 | 600 | 29600 | 365 | 2460 | 0 | 0 | 33025 |
| TREVOU-TREGUIGNEC | 0 | 0 | 0 | 700 | 4982 | 0 | 20000 | 25682 |
| TROGUERY | 0 | 0 | 0 | 0 | 15800 | 0 | 0 | 15800 |
| YVIAS | 0 | 3925 | 0 | 2740 | 10430 | 0 | 0 | 17095 |
| TOTAL | 996649 | 236673 | 1003306 | 110923 | 426595 | 323590 | 22000 | 3119736 |

Illustration 24 : Synthèse des prélèvements en eau souterraine par commune

5.2.2. Bilans à l'échelle de la zone d'étude

La compilation des résultats sur l'ensemble des 35 communes fournit les résultats suivants présentés en Illustrations 25, 26 et 27.

| BILAN ZONE | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages Renseignes | % forages renseigne | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|---------------------|----------|
| AEP. | 996649 | 199330 | 190380 | - | - | - | 31.9 |
| EAU-AGRICOLE. | 236673 | 3242 | 2000 | 87 | 73 | 83.9 | 7.6 |
| EAU-IRRIGATION. | 1003306 | 8091 | 5000 | 161 | 124 | 77 | 32.2 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 110923 | 555 | 400 | 272 | 200 | 73.5 | 3.6 |
| EAU-CHEPTEL. | 426595 | 2331 | 1500 | 227 | 183 | 80.6 | 13.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 323590 | 10786 | 3150 | 41 | 30 | 73.2 | 10.4 |
| USAGE-INCONNU. | 22000 | 11000 | 11000 | 187 | 2 | 1.1 | 0.7 |
| TOTAL | 3119736 | - | - | 1057 | 617 | 58.4 | 100.0 |

Illustration 25: Bilan des prélèvements en eau souterraine sur la zone d'étude

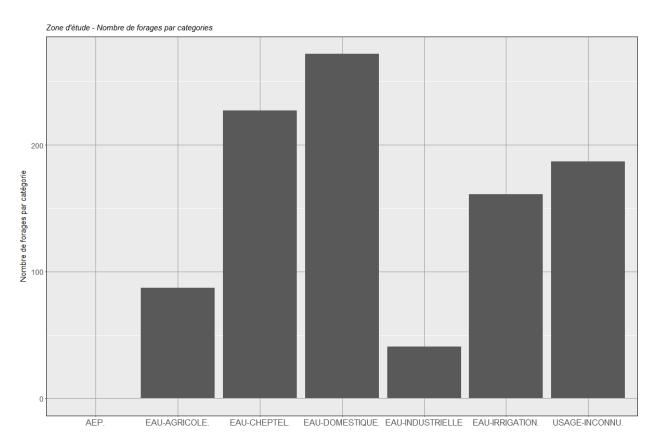


Illustration 26: Répartition des forages par usage en eau souterraine sur la zone d'étude (*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné)

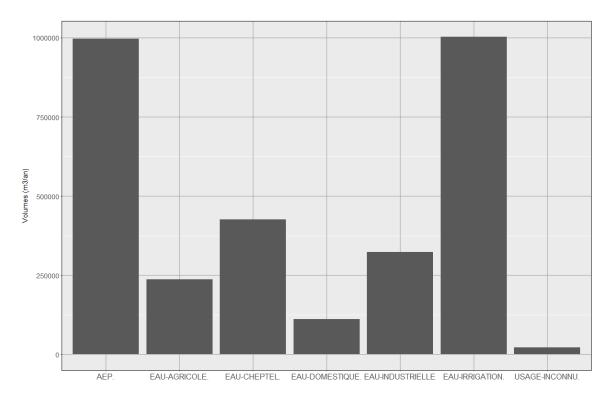


Illustration 27: Répartition des volumes prélevés en eau souterraine par usage sur la zone d'étude

Un volume d'eau souterraine prélevé total de 3.12 Millions de m³ a été estimé sur la zone d'étude. Les résultats indiquent que les postes principaux de prélèvements sont l'irrigation et l'AEP (~32% du total comptabilisé pour chacun de ces usages). Cependant, seuls 77% des forages destinés à l'usage irrigation sont renseignés avec un volume prélevé dans les bases de données, ce qui sous-entend une sous-estimation probable des volumes prélevés. De ce fait, l'irrigation représente vraisemblablement l'usage le plus important. L'usage « cheptel » atteint 14% et représente le troisième poste de prélèvements. L'usage « agricole », représentant 7.6% des volumes comptabilisés, peut aussi être utilisé pour l'irrigation ou pour le cheptel. Malgré le nombre le plus important de forages, l'usage domestique ne représente que 3.6 % des prélèvements. L'usage industriel représente 10% du volume total, principalement concentré sur la commune de Lannion.

Ces bilans donnent donc un ordre de grandeur des différents usages de prélèvement mais révèlent des incertitudes relativement importantes dans certains cas.

Les volumes obtenus ont été comparés aux précipitations efficaces s'infiltrant sur le bassin. Le volume d'eau s'infiltrant a été calculé à partir des moyennes 1946-2001 de pluies efficaces sur chaque commune soustraite de la part ruisselante déterminée par modélisation sur l'entité BDLISA concernée (Mougin et al., 2016). Sur les communes de la zone, la part s'infiltrant

représente entre 70.2% et 58% des précipitations efficaces. Les valeurs obtenues sont cartographiés Illustration 28.

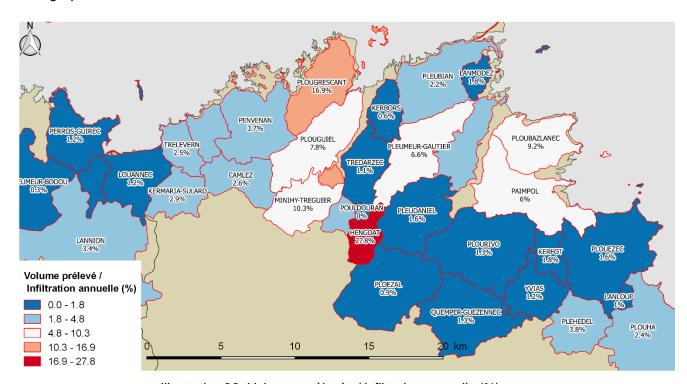


Illustration 28: Volumes prélevés / infiltration annuelle (%)

Pour une majorité de communes, la part prélevée reste faible en comparaison aux pluies infiltrantes. Sur 7 communes les prélèvements représentent plus de 5% des pluies infiltrantes. Sur les communes de Minihy-Treguier et Hengoat, le fort pourcentage est dû à des prélèvements AEP sur des communes de faible extension. Sur les communes de Ploubazlanec et Plougrescant l'exploitation est principalement due à l'irrigation. Cette forte exploitation pour l'irrigation peut être particulièrement néfaste sur ces communes en raison de la proximité de la côte.

Précisions que, bien que ces pourcentages puissent paraître relativement faibles, le prélèvement de la ressource n'est pas homogène à l'échelle de la commune et que l'exploitation ponctuelle par pompages dans des aquifères hétérogènes peu connectés peut induire localement des déficits très importants. Cet impact à une échelle plus locale ne peut être quantifié actuellement.

6. Comparaison des méthodes utilisées et de leurs limites respectives

Les différentes méthodes d'estimation des prélèvements et/ou des besoins en eau souterraine présentés aux chapitres 3, 4 et 5 de ce rapport présentent toutes des limites méthodologiques voire des informations partielles. Il est donc essentiel de comparer ces méthodes pour une validation des estimations des prélèvements en eau souterraine et de fixer les limites et incertitudes associées.

6.1. LIMITES DE LA METHODE DES BILANS UTILISES DANS CETTE ETUDE

La méthode utilisée pour la réalisation des bilans présente certaines limites et incertitudes pouvant induire une surestimation ou une sous-estimation.

Cette méthode ne se base que sur des forages déclarés ce qui peut induire un recensement incomplet. Dans le rapport BRGM/RP-65483-FR, il est estimé qu'à l'échelle de la région Bretagne, seuls 2/3 des forages ont bien été déclarés. De plus, selon la comptabilisation de cette étude, 23% ouvrages destinés à l'irrigation ne sont pas renseignés (Illustration 25). Les estimations sur les prélèvements des usages agriculture et irrigation sont donc vraisemblablement sous-estimés. Il semblerait donc logique de relever de ~25% le volume prélevé pour ces deux usages.

Par ailleurs, la mise à jour des bases de données n'est pas homogène ce qui ne permet pas de prendre en compte des évolutions temporelles saisonnières et annuelles. En effet, la base AELB comporte des déclarations annuelles alors que dans les bases DDTM22 et BSS les volumes mentionnés ne sont pas réévalués après déclaration. Dans la base DDTM22 et en BSS, les débits renseignés sont les débits maximums autorisés ou au soufflage en fin de foration (en BSS), ce qui devrait induire une surestimation des volumes (ou une sous-estimation en cas d'évolution possible des besoins depuis la déclaration de l'ouvrage qui n'aurait pas été signalée à la DDTM). De plus, la BSS, dont l'objectif n'est pas le suivi des prélèvements, montre la présence de nombreux forages agricoles non renseignés d'un point de vue des volumes prélevés, ce qui induit une sous-estimation des volumes sans que cela ne soit quantifiable ni attribuable à un usage particulier. Le croisement entre les bases étant complexe en raison de référencements différents, malgré les efforts fournis, la présence de doublons n'est pas exclue.

Les usages AEP et industriels étant suivis et déclarés annuellement auprès de l'AELB, ils fournissent des résultats assez précis.

Reste un nombre important d'ouvrages où l'usage et le prélèvement éventuel est inconnu en raison d'informations incomplètes dans les bases.

6.2. VALIDATION DES RESULTATS

6.2.1. Comparaison des bilans de prélèvements et des déclarations des exploitants

Les bases de données utilisées, AELB, DDTM22 et BSS, sont toutes des bases déclaratives. Elles peuvent donc être incomplètes. De plus, les bases DDTM22 et BSS recensent les débits maximums autorisés ou débit au soufflage en fin de foration, les prélèvements réels sont donc théoriquement inférieurs.

Sur les questionnaires obtenus au cours de cette étude, 17 permettaient grâce au nom du propriétaire et au volume déclaré une comparaison avec les bases utilisées pour les bilans du chapitre 5 (rattachement d'un point BSS au propriétaire de l'ouvrage). Conformément aux règles du questionnaire, les données doivent rester anonymes et sont fournies en tant que numéro d'exploitation. Les 17 exploitants ayant fourni leur nom et leur débit prélevé ont été retrouvés dans les bases utilisées pour les bilans. Cependant, seules 2 exploitations étaient déclarées dans la base AELB. Les bases DDTM22 et BSS était donc nécessaires pour compléter cet ensemble des 17 réponses. 15 des 17 points étaient en BSS, mais ne possédaient pas systématiquement de valeur de prélèvement.

Après comparaison sur ces 17 points, les volumes estimés par la méthode de bilan de cette étude représentent 80 % des volumes déclarés dans les questionnaires. Seule l'exploitation N°14 (cf. Illustration 29) diffère sur un volume important. Dans une moindre mesure, l'exploitation n°3 présente une divergence relative importante mais sur des volumes plus faibles. Sans prise en compte de l'exploitation N°14, 90% des volumes déclarés dans les questionnaires sont estimés par la méthode des bilans utilisée. Cette erreur est acceptable et donne une bonne confiance dans les résultats des bilans, malgré une sous-estimation avérée (cf. chapitre 5.1.). Ceci indique que l'utilisation du volume maximum autorisé n'engendre pas de surestimation importante. Cette estimation semble acceptable en moyenne mais peut présenter localement des divergences importantes.

Il est aussi important de mentionner que les besoins agricoles varient d'une année sur l'autre alors que les volumes déclarés ne le sont qu'au moment de la mise en service ce qui peut expliquer les différences observées, cette année 2017 ayant été particulièrement sèche. Cependant les volumes utilisés pour les bilans étant les débits maximums autorisés, il apparait que ceux-ci sont parfois dépassés.

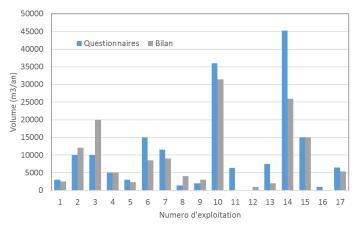


Illustration 29: Comparaison des volumes déclarés dans les questionnaires et dans les bilans réalisés

6.2.2. Comparaison des prélèvements et des besoins

Les bilans réalisés des prélèvements peuvent être comparés aux surfaces de serres recensées par photographies satellite (cf. chapitre 4.2). Le ratio volume d'irrigation / surface de serre donne le volume prélevé estimé par hectare qui peut être comparé aux besoins généralement considérés de 10 000 m³/ha/an.

Le calcul des prélèvements en m³/ha/an est effectué en comparant les volumes estimés sur les surfaces de serres de catégorie 1. L'activité principale de ces serres étant la tomate, ce ratio doit être théoriquement proche de 10 000 m³/an par hectare de serre. Les résultats sont fournis dans le tableau Illustration 30.

Cette comparaison montre une forte variabilité du volume prélevé /hectare de serre de catégorie 1 allant de 30 900 m³/an/ha sur la commune de Pléhédel à 0 m³/an/ha sur la commune de Kerfot. La valeur extrême sur la commune de Pléhédel provient de la présence de pépinières qui ont été classifiées en catégorie 2 et qui déclarent un volume supérieur à 30 000 m³/an. Les valeurs très basses peuvent provenir de la présence de forages non déclarés ou de forages d'irrigation déclarés dans d'autres catégories (ex : agricole, cheptel). En dehors de ces extrêmes, les valeurs sont globalement cohérentes et la médiane atteignant près de 9000 m³/an/ha semble cohérente. Pour les serres de catégorie 2 cette comparaison ne peut être car leurs prélèvements ne sont pas généralisables, cependant les prélèvements sont considérés dans les bilans.

| | Bi | lans prélèveme | ents | | Surfaces | Volumes prélevés / (ha) | |
|-------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Commune | Volume (m3/an) Usage | Volume (m3/an) | Volume total (m3/an) (agricole | Surface | Surface de serres | Surface de serres | Volume (m3/ha) - [Usage |
| | Agriculture | Usage Irrigation | + irrigation) | couverte (ha) | catégorie 1 (ha) | catégorie 2 (ha) | Irrigation/surface S.catégorie 1] |
| CAMLEZ | 0 | 10400 | 10400 | 11.0 | 4.7 | 4.4 | 2222 |
| HENGOAT | 2500 | 0 | 2500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| KERBORS | 3500 | 990 | 4490 | 1.2 | 0.0 | 1.2 | |
| KERFOT | 0 | 0 | 0 | 2.1 | 1.2 | 0.9 | 0 |
| KERMARIA-SULARD | 11050 | 26000 | 37050 | 7.0 | 6.5 | 0.5 | 4000 |
| LANLOUP | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| LANMODEZ | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | |
| LANNION | 16155 | 23762 | 39917 | 5.2 | 4.2 | 1.0 | 5671 |
| LEZARDRIEUX | 900 | 62640 | 63540 | 8.1 | 3.3 | 4.8 | 19040 |
| LOUANNEC | 6950 | 13380 | 20330 | 3.2 | 1.5 | 1.6 | 8803 |
| MINIHY-TREGUIER | 7920 | 13800 | 21720 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| PAIMPOL | 36125 | 124427 | 160552 | 22.2 | 15.3 | 6.9 | 8117 |
| PENVENAN | 21900 | 66120 | 88020 | 11.6 | 7.0 | 4.7 | 9500 |
| PERROS-GUIREC | 4900 | 24000 | 28900 | 2.8 | 2.8 | 0.0 | 8511 |
| PLEHEDEL | 3500 | 47314 | 50814 | 6.7 | 1.5 | 5.1 | 30924 |
| PLEUBIAN | 3380 | 32738 | 36118 | 10.5 | 7.5 | 3.0 | 4383 |
| PLEUDANIEL | 17370 | 7300 | 24670 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | |
| PLEUMEUR-BODOU | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | |
| PLEUMEUR-GAUTIER | 800 | 144000 | 144800 | 19.0 | 15.9 | 3.1 | 9068 |
| PLOEZAL | 0 | 5400 | 5400 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 10800 |
| PLOUBAZLANEC | 1150 | 174737 | 175887 | 32.9 | 22.7 | 10.2 | 7694 |
| PLOUEZEC | 18800 | 9000 | 27800 | 0.7 | 0.0 | 0.7 | |
| PLOUGRESCANT | 5600 | 59978 | 65578 | 7.5 | 4.2 | 3.3 | 14146 |
| PLOUGUIEL | 2600 | 35000 | 37600 | 4.6 | 1.5 | 3.1 | 23810 |
| PLOUHA | 34528 | 41820 | 76348 | 5.2 | 3.9 | 1.3 | 10696 |
| PLOURIVO | 8700 | 26300 | 35000 | 10.8 | 10.5 | 0.3 | 2512 |
| POULDOURAN | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| QUEMPER-GUEZENNEC | 15900 | 0 | 15900 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | |
| SAINT-QUAY-PERROS | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| TREDARZEC | 0 | 10800 | 10800 | 1.8 | 0.0 | 1.8 | |
| TREGUIER | 7920 | 13800 | 21720 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| TRELEVERN | 600 | 29600 | 30200 | 4.8 | 2.0 | 2.8 | 14653 |
| TREVOU-TREGUIGNEC | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0.0 | 2.5 | |
| TROGUERY | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| YVIAS | 3925 | 0 | 3925 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | |
| SOMME | 236673 | 1003306.00 | 1239979 | 180.0 | 116.9 | 65.8 | |
| MOYENNE | | | | | | | 10685 |
| MEDIANE | | | | | | | 8803 |

Illustration 30: Comparaison des volumes prélevés et surfaces de serres estimées

Les causes de la forte variabilité entre les prélèvements par hectare entre les communes peuvent être attribués à différentes causes :

- Construction de nouvelles installations non recensées
- Des bases de données incomplètes
- Existence de prélèvements non déclarés
- Activités variables demandant des besoins en eau différents (tomates, fraises...)
- Identification des surfaces de serres incomplètes
- Mauvaise catégorisation des prélèvements (usage irrigation, agriculture etc...)
- Utilisation complémentaire d'eau de pluie ou de recyclage des eaux

Malgré cette variabilité, cette comparaison montre que les volumes estimés sont très proches des besoins en eau pour les serres de catégorie 1. Les moyennes étant affectées par les valeurs extrêmes, elles sont difficilement utilisables. Cependant, les médianes montrent une bonne cohérence avec des prélèvements ~9000 m³/ha contre des besoins de 10000 m³/ha pour la culture des tomates. Cette différence peut être liée aux incertitudes de calculs précédemment citées et/ou à l'utilisation complémentaire d'eau de pluie ou de recyclage des eaux faisant diminuer les besoins tels qu'expliqué dans le chapitre 4.

Cette comparaison montre aussi que les serres de catégorie 2 prélèvent aussi un volume non négligeable malgré des tailles inférieures et des besoins a priori moins importants.

La comparaison du positionnement des forages déclarés en BSS avec le positionnement des serres montre aussi qu'une majorité des serres a des forages déclarés en BSS.

6.3. CONCLUSIONS SUR LES PRELEVEMENTS EN EAU SOUTERRAINE SUR LA ZONE D'ETUDE ET REAJUSTEMENT DES BILANS PRECEDENTS

Le recensement des informations réalisé montre qu'en général aucune source de données existante ne permet à elle seule une estimation fiable des prélèvements en eau souterraine. Cependant, l'utilisation conjointe de 3 bases de données, d'informations provenant directement des exploitants (questionnaires retournés, visite de serre) et de photographies satellitaires permettent cette évaluation. La mise à jour de la base DDTM22 entre 2014 et 2017 avec un recensement de plus de 200 forages complémentaires sur la zone a permis d'obtenir une base relativement complète, qui n'était pas disponible lors de l'étude précédente du BRGM (Mougin et al., 2016). A l'échelle du département, cette base a permis d'ajouter environ 1500 dossiers en BSS entre 2014 et 2017 (ce qui représente un volume de plus de 5 millions de m³/an sur l'ensemble du département des Côtes d'Armor).

L'utilisation de différentes méthodes et sources d'informations permet de plus, une validation croisée des informations et leur vérification. La comparaison des prélèvements (bilans) avec les besoins (photos satellite) a montré une bonne cohérence de même que les réponses aux questionnaires et les bilans. La cohérence a aussi été vérifiée avec les études précédentes (Mougin et al., 2016).

L'ensemble de ces travaux réalisés montre donc que malgré quelques difficultés de recensement, il est possible d'arriver à des bilans acceptables associés à des incertitudes. Les estimations sur les usages AEP et industriels peuvent être considérés comme fiables. Les usages domestiques sont peu documentés mais les volumes étant faibles, l'erreur induite reste faible. Les principales sources d'incertitudes proviennent donc des usages irrigation et agricole ou la forte variabilité induit une généralisation difficile. Les bilans réalisés montrent que seulement ¾ des forages destinés à ces usages sont recensés (illustration 24) ce qui est en accord avec la comparaison entre photos satellite et bilans (chapitre 6.2.2). L'usage cheptel semble aussi incomplet (80.6% de forages renseignés). Cependant le nombre important de forages est une réalité (227) et il

n'existe pas d'autres informations complètes sur ces nombreux points associés à de petits volumes prélevés. Reste aussi la part importante de forages où l'usage ainsi que les débits sont inconnus. Ces forages ne peuvent donc pas être pris en compte dans le bilan mais peuvent représenter des volumes conséquents.

Les bilans ont été réévalués avec une extrapolation des volumes par usage pour l'ensemble des ouvrages (hors AEP et industriel) en affectant la valeur moyenne précédemment estimée (Illustration 25) aux forages non renseignés. Bien que cette démarche puisse paraitre simpliste, elle est la seule disponible actuellement et doit être la plus représentative de la réalité. Les bilans réévalués sont présentés dans les illustrations suivantes :

| | Volumes comptabilisés | | | | | | Volumes réévalués | | | |
|-------------------|-----------------------|---------|---------|------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| BILAN ZONE | Somme | Moyenne | Mediane | Nb_Forages | Nb_Forages_Renseignes | Pourcentage | Pourcentage_Volume | Volume réévalué (m3/an) | % d'augmentation | % du volume total |
| AEP. | 996649 | 199330 | 190380 | - | - | | 31.9 | 996649 | 0.00 | 27.6 |
| EAU-AGRICOLE. | 236673 | 3242 | 2000 | 87 | 73 | 83.9 | 7.6 | 282061 | 19.18 | 7.8 |
| EAU-IRRIGATION. | 1003306 | 8091 | 5000 | 161 | 124 | 77 | 32.2 | 1302673 | 29.84 | 36.1 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 110923 | 555 | 400 | 272 | 200 | 73.5 | 3.6 | 150883 | 36.02 | 4.2 |
| EAU-CHEPTEL. | 426595 | 2331 | 1500 | 227 | 183 | 80.6 | 13.7 | 529159 | 24.04 | 14.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 323590 | 10786 | 3150 | 41 | 30 | 73.2 | 10.4 | 323590 | 0.00 | 9.0 |
| USAGE-INCONNU. | 22000 | 11000 | 11000 | 187 | 2 | 1.1 | 0.7 | 22000 | 0.00 | 0.6 |
| TOTAL | 3119736 | - | - | 1057 | 617 | 58.4 | 100 | 3607015 | 15.62 | 100.0 |

Illustration 31: Bilans réévalués pour la zone d'étude

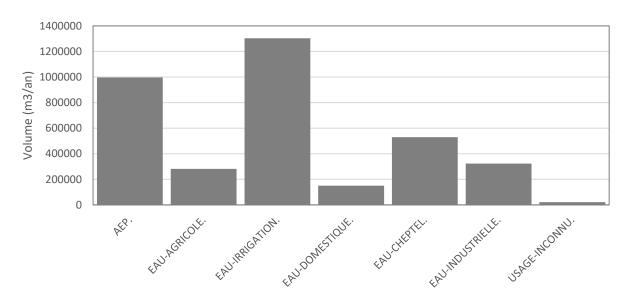


Illustration 32: Histogramme des bilans réévalués en fonction du nombre de forages

Suite à cette réévaluation, il apparait que les prélèvements pour l'irrigation sont les plus importants sur la zone avec 36.1% des volumes prélevés. La part d'AEP diminue à 27.6% et la part d'usage cheptel atteint 14.2%. Cette réévaluation induit une augmentation du volume prélevé de 0.48 Millions de m³ soit près de 15.6% du volume initialement estimé.

Cette réévaluation peut dans certains cas modifier l'usage dominant. A titre d'exemple, pour la commune de Camlez, l'irrigation passe de 22% des volumes prélevés à 52% (Illustration 33).

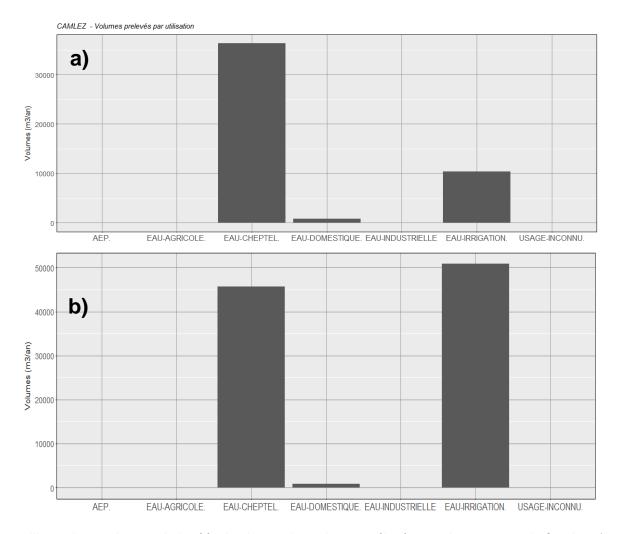


Illustration 33: Impact de la réévaluation sur les volumes prélevés pour la commune de Camlez a) avant réévaluation, b) après réévaluation par ajout des forages non renseignés.

7. Evaluation des risques de salinisation sur la qualité des eaux souterraines

Parmi les risques de dégradation de la qualité des eaux souterraines liés à des prélèvements importants sur la zone d'étude, on note principalement le risque de salinisation via des phénomènes d'intrusion du biseau salé et une contamination des eaux par des rejets industriels et/ou agricoles.

Les risques sont de 3 types :

- Risque de dégradation de la qualité de l'eau souterraine pour l'usage AEP.
- Risque de dégradation de la qualité de l'eau souterraine pour l'usage agricole et l'irrigation.
- Risque de dégradation générale sur le long terme pour toute activité.

Dans cette étude, conformément au cahier des charges, l'aspect de la qualité des eaux a été focalisé sur les possibles intrusions salines liées à une forte exploitation des eaux souterraines.

Les aspects de qualité des eaux souterraines liés à l'usage d'intrants azotés ou produits phytosanitaires ne sont pas abordés dans ce rapport. En effet, contrairement aux intrusions salines, où une surexploitation peut induire une augmentation des concentrations en sodium et chlorures, les processus régissant les concentrations en azote et produits phytosanitaires sont d'une autre nature (rejets ponctuels ; épandage ; dénitrification ; écoulements locaux ; stockage-déstockage...) et sortent du contexte de cette étude (relation prélèvements-qualité). L'analyse de ces concentrations et de leurs évolutions doit faire l'objet d'analyses spécifiques au travers de méthodes différentes de celles utilisées lors de cette étude.

7.1. LOCALISATION DES CAPTAGES AEP SUR ET A PROXIMITE DE LA ZONE D'ETUDE

Sur les communes du projet, 5 ont des pompages dans les eaux souterraines pour l'AEP : Plouha, Hengoat, Minihy-Tréguier, Plougrescant, Plouguiel. Les positions des captages ne sont pas cartographiées précisément dans ce rapport, en raison du plan Vigipirate en vigueur.

Une dégradation de la qualité des eaux souterraines peut donc avoir une importance particulière dans ces communes. L'ensemble des pompages AEP représente un volume pompé dans les eaux souterraines de ~1 Million de m³/an selon les estimations réalisées.

7.2. DONNEES DISPONIBLES

Les données de qualité des eaux souterraines utilisées pour cette étude proviennent de 3 sources différentes :

- <u>ADES</u> est la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines qui rassemble sur un site Internet public des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines.
- <u>Données des analyses réalisées par les exploitants</u>, et fournies par l'UCPT. Ces données concernant les paramètres chlorures (Cl⁻), sodium (Na⁺), conductivité électrique de l'eau

- (EC). Les données fournies devant contractuellement rester anonymes, les exploitations sont mentionnées par une lettre (exemple : exploitation G). En raison de l'anonymisation des données, le positionnement exact des points de prélèvement n'est pas connu pour la réalisation de cette étude. L'UCPT se réserve le droit de fournir ou non les informations des exploitations. Des informations provenant de 10 exploitations ont été communiquées. Le laboratoire réalisant les analyses pour le compte des exploitants n'a accepté de fournir les données que sous demande directe des exploitants. De ce fait, l'ensemble des données n'a pas pu être collecté au cours de cette étude.
- <u>Informations fournies par les exploitants via leurs réponses aux questionnaires.</u> Ces informations concernent les concentrations moyennes et maximum en chlorures mesurées aux forages d'exploitation.

7.3. RISQUES DE SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES

7.3.1. Mécanismes de salinisation

Le risque de salinisation des eaux souterraines via des intrusions salines peut être important en zone côtière et peut être amplifié par l'exploitation des eaux douces souterraines à proximité. En conditions stationnaires (sans pompage), il se forme sous les terres émergées un « biseau salé » (schématisé sur l'illustration suivante), qui a une forme de langue plongeant sous une bulle d'eau douce dont la formation et la position est liée au contraste de densité entre l'eau douce (densité ~ 1) et l'eau salée (densité ~1.025).

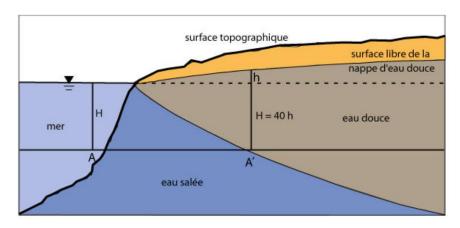


Illustration 34: Coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (Frissant et al., 2005)

Dans le cas où le trait de côte est présent sur plusieurs côtés d'un territoire telles que les îles, ou dans le cas de la présente étude sur différents bords de la commune de Ploubazlanec, la position théorique s'apparente à celle d'une île telle que présentée sur l'illustration suivante où une lentille d'eau douce « flotte » sur une base d'eau salée.

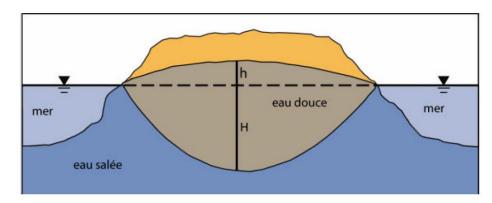


Illustration 35: Coupe perpendiculaire dans un aquifère insulaire (Frissant et al., 2005)

L'équilibre entre eau douce et eau salée, c'est à dire la profondeur de l'interface, est contrôlée par la hauteur d'eau douce au-dessus du niveau de la mer. En raison du contraste de densité, la profondeur du biseau salé (H) correspond à 40 fois la hauteur (h) de l'eau douce au-dessus du niveau de la mer (eq.1 – Ghyben-Herzberg 1901).

$$H = \frac{h}{0,025} = 40h$$
 eq.1

De ce fait lors d'un pompage, la baisse de 1 m du niveau d'eau douce induit une remontée de 40 m du biseau salé (Illustration 36).

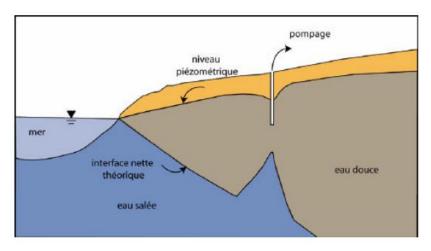


Illustration 36: Influence d'un pompage sur le biseau salé à partir du schéma théorique de Ghyben-Hertzberg (Frissant et al., 2005)

Une fois ce nouvel équilibre en place, il devient extrêmement difficile de le modifier. La réduction du débit de pompage n'est pas accompagnée d'une décroissance immédiate et totale de la salinité. Le phénomène d'invasion marine au sein des aquifères côtiers est plus rapide dans le sens de la contamination (par l'eau salée) que dans celui de la décontamination du milieu. De ce fait, les phénomènes d'intrusion saline sont considérés comme irréversibles.

De plus, l'interface eau douce/eau de mer n'est pas abrupte et peut avoir plusieurs mètres d'épaisseur avec des variations d'altitude au cours du temps. Cependant, l'augmentation de salinisation n'est pas linéaire et est marquée par un palier important (Illustration 37).

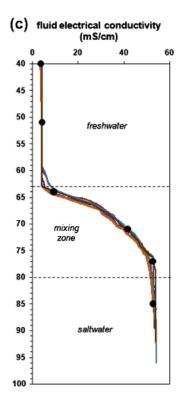


Illustration 37: Profil de conductivité à l'interface eau douce / eau salée (Garing et al., 2013)

Dans le cas d'aquifères fracturés, les déplacements du biseau salé peuvent être horizontalement plus rapides que les cas théoriques, induisant un risque localement accru et plus difficilement estimable.

La zone d'étude a été identifiée à l'échelle de la Bretagne comme particulièrement à risque (Petit et al., 1996), le phénomène pouvant également être amplifié par le changement climatique (Dörfliger et al., 2011).

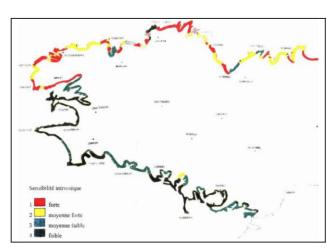


Illustration 38: Carte de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères de la région Bretagne (Petit et al., 1996)

De plus, l'augmentation de la salinité de certains secteurs côtiers bretons a été identifiée comme probablement en lien avec les exploitations agricoles et l'utilisation des eaux souterraines (BRGM, 2006).

La présence d'eaux salines fossiles, provenant de transgressions marines anciennes, peut aussi exister sur la zone d'étude (Armandine Les Landes et al., 2015).

Dans la suite de ce rapport, nous évaluerons la situation à la lumière des informations disponibles, particulièrement au niveau des serristes et irrigants.

7.3.2. Evaluation de la situation à l'échelle de la zone d'étude

L'état de la zone d'étude a dans un premier temps été évalué à l'aide des données publiques de la base ADES afin d'évaluer le « bruit de fond géochimique » (Illustration 39). Afin d'évaluer un possible phénomène de salinisation des eaux souterraines, la valeur seule d'une concentration en chlorures n'est pas suffisante. Il est nécessaire de disposer d'une chronique et/ou de pouvoir repositionner le point de prélèvement dans un contexte géochimique. A proximité de la côte, on note de manière générale une augmentation de la concentration en chlorures.

Les points ADES disposant d'informations sur les concentrations en chlorures sont représentés sur l'illustration suivante.

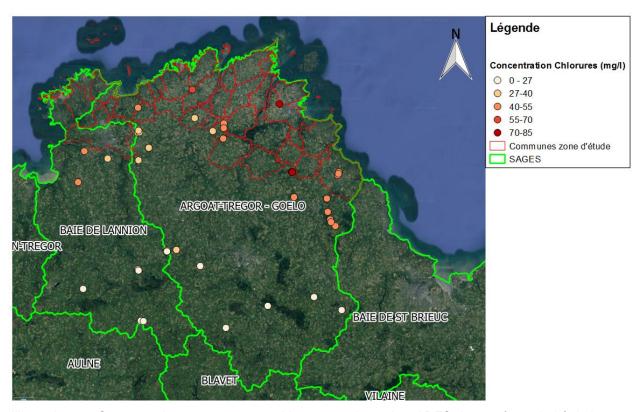


Illustration 39: Concentrations moyennes en chlorures sur les points ADES dans et à proximité de la zone d'étude

Les concentrations mesurées, en fonction de la distance au trait de côte, sont présentées sur l'illustration suivante. Les valeurs mentionnées dans les formulaires d'enquête sont comparées aux concentrations moyennes disponibles dans ADES.

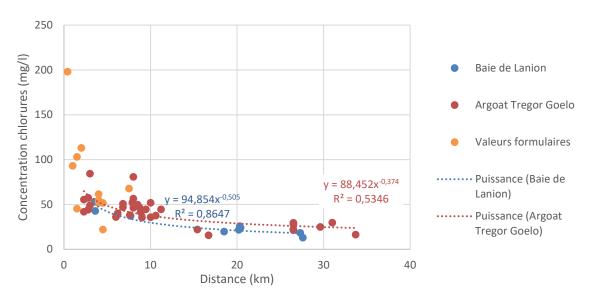


Illustration 40: Concentrations en chlorures dans les eaux souterraines en fonction de la distance au trait de côte ; données ADES et déclarations des guestionnaires

Cette comparaison montre une augmentation de la concentration en se rapprochant de la côte. Bien que les informations soient insuffisantes à proximité immédiate du trait de côte, il semble que les concentrations en chlorures mentionnées par les exploitants soient légèrement supérieures aux données collectées via ADES. Les données utilisées sont des moyennes pour les points issus d'ADES et des valeurs ponctuelles pour les exploitants ce qui peut entrainer un bais. Le jeu de données est indicatif mais insuffisant pour mettre en évidence une salinisation sur ce seul paramètre.

Les données fournies par l'UCPT, permettent d'observer l'évolution de la qualité des eaux souterraines pour certaines exploitations agricoles. L'évolution de la conductivité électrique de l'eau au cours du temps pour les 10 exploitations disponibles sont fournies en illustration suivante.

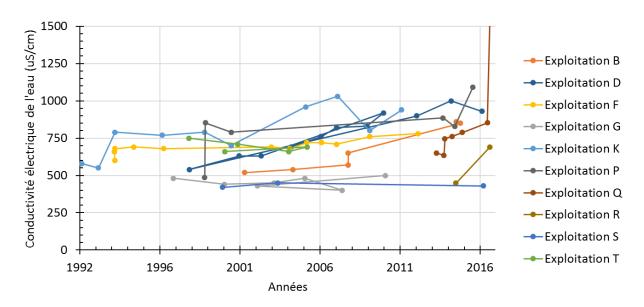


Illustration 41: Evolution de la conductivité electrique de l'eau aux forages d'exploitation

On observe sur ces courbes une tendance générale à la hausse. Seules les exploitations G et S, dont les concentrations initiales sont les plus faibles ne semblent pas présenter d'augmentation. Toutes les autres chroniques montrent des augmentations plus ou moins rapides. Ce comportement est un indicateur fort d'une salinisation progressive des aquifères, la conductivité électrique étant généralement contrôlée par la présence de chlorures dans le contexte hydrogéologique breton. L'exploitation Q montre pour la dernière mesure une conductivité très importante >3000 uS/cm qui demanderait à être validée.

En comparant les valeurs de conductivités maximales et minimales en fonction de la distance estimée à la mer (Illustration 42), on observe que les valeurs minimales sont relativement constantes alors que les valeurs maximales augmentent fortement en se rapprochant du trait de côte. Les valeurs minimales étant globalement les mesures les plus anciennes alors que les maximales sont les plus récentes ; ceci montre une salinisation des eaux souterraines dont l'amplitude est d'autant plus importante que la mer est proche. Ce comportement est cohérent avec le développement d'une intrusion saline. Les valeurs disponibles indiquent que cette salinisation pourrait atteindre une distance de 3000 - 4000 m par rapport au trait de côte dans les terres. Un plus large jeu de données permettrait d'évaluer plus précisément l'amplitude de ce phénomène et d'en obtenir sa répartition spatiale. Les positions exactes de forages n'ayant pas été communiquées pour cette étude, il est possible qu'il y ait des erreurs de distances. Une communication complète des données permettrait une meilleure précision.

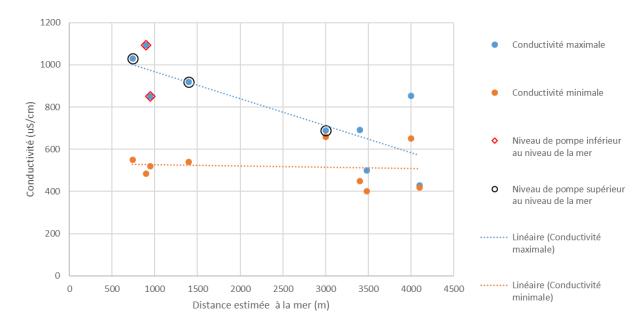


Illustration 42: Comparaison des conductivités minimales et maximales pour les exploitations en fonction de la distance à la mer ; lorsqu'elles sont connues, les positions de la pompe par rapport au niveau de la mer sont indiquées ; dans les cas où la profondeur de pompe est supérieure au niveau de la mer, l'altitude de la pompe est de 10 et 15 m NGF pour les points les plus proches et 28 m NGF pour le point le plus éloigné de la cote.

Afin de préciser ces comportements, les évolutions des concentrations en chlorures et sodium ont été analysées ainsi que le rapport Cl⁻/Na⁺ pour chacune des exploitations. Les graphiques suivants présentent les évolutions des concentrations en chlorures (Cl⁻) et sodium (Na⁺) ainsi que l'évolution du rapport Cl⁻/Na⁺. Une augmentation concomitante des concentrations en Cl et Na dont le rapport Cl⁻/Na⁺ tend vers 1.79 (rapport massique théorique de l'eau de mer) indique une salinisation des eaux probablement due à une augmentation de l'intrusion saline.

Dans un souci de concision, seules 4 chroniques représentatives sont présentées ici. L'ensemble des chroniques est fourni en annexe 5.

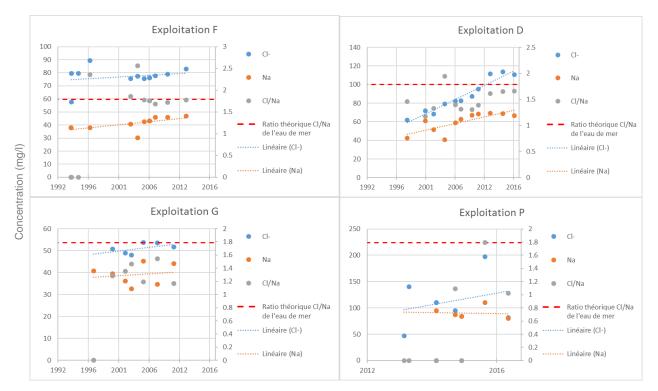


Illustration 43: Chroniques des concentrations en chlorures (bleu), sodium (orange) dont les concentrations (mg/l) sont lisibles sur l'axe de gauche et ratio Cl⁻/Na⁺ (en gris ; échelle sur l'axe de droite)

Sur ces exemples, la chronique de l'exploitation F montre clairement une salinisation lente des eaux souterraines par de l'eau de mer, avec une augmentation dans les mêmes proportions de chlorures et sodium suivant un ratio de 1.8. Pour l'exploitation D, les augmentations identiques de chlorures et sodium à des concentrations relativement importantes montre une salinisation. Le fait que le ratio ne soit pas exactement de 1.8 ne permet pas d'affirmer qu'il s'agit de l'eau de mer bien que cela soit probable. Pour l'exploitation G, les faibles concentrations, leurs tendances peu marquées et un ratio très inférieur à 1.8 n'indique pas de salinisation. La dernière exploitation P possède des concentrations élevées mais les ratios ainsi que les dynamiques n'indiquent pas une augmentation de la salinisation. Cette chronique est toutefois particulièrement courte.

Sur les 10 chroniques analysées, 5 présentent des évidences de salinisation des eaux souterraines. Pour les autres, les chroniques de concentrations ne sont souvent pas assez complètes pour mettre en évidence ce phénomène.

La comparaison des profondeurs de pompes en fonction de l'altitude de l'ouvrage (Illustration 44a) montre que plus de la moitié des pompes est située sous ou juste au-dessus du niveau de la mer. Cette position induit de fait un risque de générer une remontée du biseau salé. De plus, comme le montre l'Illustration 44b, les pompes situées sous le niveau de la mer sont principalement situées à proximité du trait de côte amplifiant ce risque d'intrusion.

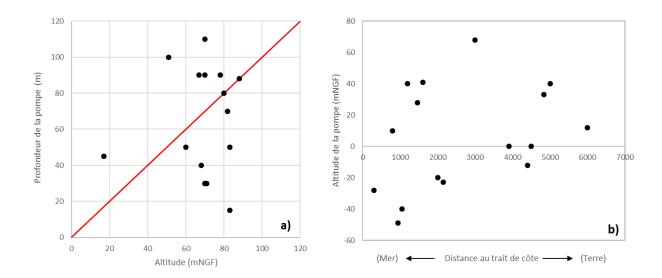


Illustration 44: a) Positions des pompes en fonction de l'altitude et b) profondeur des pompes en fonction de la distance à la côte

Les données disponibles pour cette étude montrent une salinisation des eaux dont l'ampleur est plus importante à proximité du trait de côte. Bien que la présence d'eaux salines fossiles en profondeur ne puisse être exclue (Armandine Les Landes et al., 2015), tout comme des anomalies ponctuelles de mesures, la salinisation en cours est plus vraisemblablement due à une remontée du biseau salé actuel. Ce phénomène est en augmentation et les pompages liés aux serres semblent être un facteur de cette évolution. Les effets de cette intrusion saline semblent être visibles jusqu'à plusieurs kilomètres dans les terres indiquant un phénomène de grande ampleur. Les données actuelles sont insuffisantes pour pouvoir quantifier et prévoir l'évolution du phénomène.

Les exploitations agricoles sont donc extrêmement vulnérables et il est urgent de prendre des dispositions pour stopper ou limiter cette progression dont l'impact ne sera pas limité aux seules exploitations mais à l'ensemble des acteurs de la frange littorale et ce quelle que soit l'utilisation des eaux souterraines. Les intrusions salines étant des phénomènes irréversibles, il est important de prendre rapidement des dispositions. De plus, le changement climatique pouvant induire une remontée du niveau marin et une baisse de la recharge pourrait amplifier ce phénomène.

8. Recommandations de gestion

Suite aux résultats de cette étude, il est possible de formuler des recommandations aux usagers et gestionnaires des eaux souterraines de la zone d'étude pour permettre une meilleure gestion de la ressource en eau souterraine. Une bonne gestion implique une prise en compte à la fois de sa quantité et de sa qualité. Ces recommandations sont formulées dans les paragraphes suivants.

8.1. ASPECTS QUANTITATIFS

8.1.1. Amélioration des connaissances et quantification des prélèvements

La présente étude a montré les limites actuelles concernant les capacités de quantification des prélèvements sur le milieu souterrain. Compte-tenu de la variabilité du type d'exploitation sur la zone d'étude (surface, cultures au sol ou hors sol), du type de culture et des sources d'approvisionnement en eau (souterraine, précipitations, recyclage), le seul moyen d'obtenir une quantification fiable des prélèvements sur la ressource souterraine est une quantification par compteur volumétrique sur chaque forage. Ces compteurs ne sont pas présents dans toutes les exploitations et/ou leurs informations ne sont pas collectées et disponibles. Les estimations actuellement réalisées sont donc soumises à des incertitudes. Une quantification fiable des prélèvements et une connaissance de ceux-ci est un prérequis pour assurer une meilleure gestion de la ressource en eau souterraine. Les bilans réalisés l'ont été sur une base annuelle, cependant, la saisonnalité des prélèvements peut avoir une forte influence dans le contexte côtier. Il est donc nécessaire pour une évaluation complète de quantifier et prendre en compte la saisonnalité des prélèvements. Les données disponibles (manque de relevés mensuels par exemple) ne permettent pas cette prise en compte actuellement. La réalisation d'un référentiel commun (pouvant être basé sur la BSS) entre les différentes bases de données permettrait une meilleure quantification de la ressource en eau et son suivi.

8.1.2. Limitation des prélèvements – récupération des eaux de pluie

Afin de limiter l'utilisation de l'eau souterraine, de nombreux serristes ont développé des dispositifs de collecte des eaux de pluie. Cette eau collectée sur les toits des bâtiments est ensuite stockée dans des bassins de tailles variables. Cette collecte d'eau de pluie permet de diminuer grandement les besoins en eau souterraine.

Cette démarche doit être encouragée car l'utilisation d'une source d'eau alternative est nécessaire. Cependant, la capacité d'utilisation des eaux de pluie est limitée à la capacité de stockage. Une grosse exploitation ne peut pas être optimisée comme une petite sur ce point compte-tenu de la taille des bassins nécessaires pour stocker l'ensemble de l'eau collectée. De plus, la récupération des eaux de pluie implique une limitation de l'infiltration naturelle et donc réduit la recharge de la nappe. Bien que les surfaces de collecte soient petites à l'échelle du bassin versant dans une majorité des cas, sur des aquifères pouvant être localisés, il n'est pas exclu que cette collecte limite la recharge de la nappe et donc la capacité du forage utilisé par l'exploitation. Il semble donc intéressant d'encourager la récupération d'une partie des eaux de pluie sur les exploitations ne possédant pas encore de dispositif de collecte, afin de limiter la consommation des eaux souterraines tout en maintenant une partie de la recharge au droit de l'exploitation. Cette diminution de recharge peut entrainer une augmentation du risque d'intrusion saline. Les retenues collinaires qui sont des solutions envisagées par les exploitants agricoles peuvent augmenter la capacité de collecte mais sa généralisation peut aussi entrainer une

diminution de la recharge de la nappe. Cette solution n'est à envisager qu'en qualités limités et suite à une évaluation réelle des capacités de recharge et d'écoulement du milieu.

8.1.3. Limitation des prélèvements – recyclage des eaux d'irrigation

Une seconde démarche, engagée dans plusieurs exploitations afin de réduire les besoins en eaux souterraines est le recyclage des eaux d'irrigation des cultures. L'UCPT souhaite équiper toutes les exploitations de recyclage en 2019. Ce recyclage peut permettre des gains substantiels mais qui restent limités à 30% des besoins de l'exploitation. Le recyclage est aussi limité dans certaines exploitations par la qualité des eaux. En effet, on observe lors de l'usage des eaux de recyclage une augmentation des concentrations en sodium. Afin de réduire cette concentration, des purges vers le milieu naturel (mer, rivières) sont réalisées lorsque la dilution par les eaux de pluie n'est plus suffisante pour assurer des concentrations suffisamment faibles. Ces purges, d'eaux concentrées en éléments nutritifs et/ou produits phytosanitaires, ont des impacts non négligeables sur le milieu récepteur qui sont hors du contexte de cette étude. Toutefois, une salinisation de l'eau souterraine induisant des eaux plus concentrées en sodium, risque sur certaines zones d'amplifier le problème. Avec une eau souterraine plus chargée en sodium, les purges pour maintenir la qualité des eaux de serres risquent de devenir plus régulières, diminuant les taux de recyclage possibles.

8.1.4. Limitation des prélèvements pour les autres usages

La marge de réduction des prélèvements pour l'irrigation semblant relativement limitée, en complément des préconisations listées dans ce rapport, il pourrait être intéressant de limiter les volumes d'eau souterraine prélevés pour les autres usages, notamment l'AEP, qui représente des volumes conséquents. Les actions suivantes pourraient être envisagées : réduction des fuites sur le réseau, sensibilisation sur les économies d'eau auprès des particuliers, distribution de kits hydro-économes aux particuliers et installation de ces kits dans les bâtiments publics, incitation à l'installation de récupérateurs d'eau de pluie chez les particuliers.

8.1.5. Diversification des cultures

Les moyens de limiter techniquement l'utilisation de la ressource souterraine via la récupération des eaux de pluie et le recyclage étant limités (cf. chapitre 4.1.2), la question d'une diversification des cultures au profit de cultures moins demandeuses en eau est à considérer.

8.1.6. Réalisation d'un suivi sur une exploitation pilote

Compte-tenu des incertitudes des réponses aux questionnaires et des informations relevées lors de la visite de serre, il apparait important de comprendre et détailler finement les différents usages et sources d'eau d'une exploitation. Cette connaissance est nécessaire pour assurer une gestion durable de la ressource mais aussi pour évaluer l'impact économique de nouveaux investissements.

Un bilan détaillé pourrait être réalisé sur une exploitation avec un suivi quotidien des quantités d'eau fournies aux cultures, une évaluation de l'efficacité de la collecte d'eau pluviale, le suivi de la dynamique de remplissage des bassins de stockage, la quantification des volumes rejetés et l'identification des périodes des rejets... Ce bilan détaillé permettrait d'affiner les bilans de prélèvements et de calculer leur évolution dans le cadre d'une modification des usages, permettant de quantifier l'impact de ces mesures sur les prélèvements en eau souterraine. Le bilan réalisé sur cette exploitation pilote pourrait par la suite être utilisé pour évaluer le retour sur

investissements de certaines infrastructures (exemples : bassin de stockage d'eau ; unité de traitement des eaux). La variabilité des prélèvements et leur généralisation entre les différentes exploitations est aussi à préciser.

8.1.7. Maintien des forages en conditions optimum d'utilisation

Pour maintenir une utilisation pérenne de l'ouvrage il est nécessaire d'exploiter l'ouvrage en dessous de son débit critique. Ce débit critique est déterminé par des essais par paliers de débit qu'il est recommandé de faire pour chaque ouvrage exploité. En fonction du débit critique, il peut être recommandé de pomper plus longtemps à un faible débit plutôt que fortement sur une courte période de temps. Ceci permet en plus de ne pas dénoyer la pompe, ce qui permet une plus grande durée de vie de celle-ci.

Dans le cas d'eaux souterraines riches en fer, ce qui est fréquemment le cas en région Bretagne, certaines précautions sont nécessaires pour maintenir la durée de vie des forages. Afin d'éviter une altération et un colmatage des forages, il faut éviter que le niveau de la nappe en fin de pompage soit à un niveau inférieur au sommet des crépines. En effet, en dénoyant cette zone, cela crée un apport d'oxygène qui induit une précipitation du fer et un colmatage des crépines. Pour garantir cette condition, un suivi régulier des niveaux de nappe est nécessaire. Il est aussi recommandé de réaliser régulièrement des essais par paliers au cours du cycle de vie de l'ouvrage pour évaluer son évolution (baisse possible de productivité).

8.2. ASPECT QUALITATIFS

La présente étude met en évidence une salinisation des eaux souterraines, mais en raison de données recueillies limitées, elle ne permet pas d'avoir un état des lieux complet sur l'ampleur du phénomène. Elle fait écho au rapport BRGM de 2006 qui avait déjà identifié une salinisation des eaux et aux rapports Petit et al., 1996 et Dörfliger et al., 2011 qui considéraient cette zone géographique comme particulièrement vulnérable aux intrusions salines. Les prévisions de la région Bretagne sur les aspects du changement climatique (diminution potentielle des précipitations sur la zone d'étude, élévation du niveau marin), l'augmentation de la population et des besoins en eau devraient amplifier les risques de salinisation des nappes. Afin de ralentir le phénomène et diminuer les risques, différentes actions peuvent être mises en place sur ce volet qualitatif.

8.2.1. Vérifier l'absence de non-conformités réglementaires au droit des forages exploités

Un forage ou un puits recoupe les nappes d'eau souterraine présentes dans le sous-sol. Si l'on ne protège pas le haut des ouvrages, les polluants d'origines diverses (engrais, pesticides bactéries, hydrocarbures...) peuvent rejoindre les nappes par transfert direct. Non seulement le puits ou le forage lui-même est pollué mais également les eaux souterraines voisines et les rivières quelles alimentent. Les prescriptions générales applicables aux sondages, forages créations de puits ou d'ouvrages souterrains ainsi qu'aux prélèvements d'eau ont été fixés par les arrêtés nationaux du 11 septembre 2003. Les démarches relatives à la création d'un forage sont fournies sur le site du SIGES Bretagne (http://sigesbre.brgm.fr/Un-forage-quelles-demarches.html) et la plaquette "Le forage en Bretagne" (http://sigesbre.brgm.fr/IMG/pdf/le-forage-en-bretagne-fevrier2012.pdf). Les services de l'état peuvent effectuer des contrôles de conformité. Il est donc important de vérifier la conformité des ouvrages possédés. Pour cela un formulaire d'auto contrôle est disponible à l'adresse suivante

(<u>http://sigesbre.brgm.fr/IMG/pdf/auto-controle-forage.pdf</u>). Les principales non-conformités relevées sur les forages d'irrigation sont :

- L'absence de registre du compteur (relevé une fois par mois).
- Les ouvrages non fermés à clé présentant des risques de pollution et de vandalisme.
- L'absence de margelle et de dalle ne permettant pas une protection suffisante face aux pollutions rapide par le haut (contamination accidentelle).

8.2.2. Modification des modes de pompage pour limiter les remontées salines

Les modes de pompages des eaux souterraines peuvent aussi être optimisés dans le cas d'une ressource très sensible (proximité de la mer et d'un biseau salé en profondeur). On rappelle qu'un rabattement⁶ de la nappe de 1 m induit une hausse du front salé de 40 m. Il est donc nécessaire de limiter les rabattements. Pour cela deux solutions existent en préservant les débits pompés : pomper à un débit moins fort mais pendant plus longtemps (au lieu de pomper à un débit élevé peu de temps) ou bien répartir les prélèvements sur plusieurs forages.

Ces solutions induiront des rabattements plus faibles et donc des remontées de biseau salé plus faibles. Toutefois pomper longtemps induit des zone d'appel des pompages plus larges ce qui peut générer d'autres problèmes à proximité immédiate de la côte.

Il est également important de maintenir la pompe à une altitude située au-dessus du niveau de la mer pour limiter les rabattements, même si cela ne garantit pas une absence de remontée du biseau salé.

8.2.3. Contrôle des niveaux dynamiques de la nappe

Les connaissances actuelles obtenues dans le cadre de cette étude ne peuvent qu'en partie permettre une optimisation des pompages (estimation des rabattements de nappe et pression sur la ressource). Des connaissances plus précises sur 1) la piézométrie de la nappe ; 2) les débits et cycles de pompage et 3) les rabattements induits sont nécessaires pour une telle optimisation. Ceci nécessiterait : la mise en place de piézomètres de suivi du niveau de la nappe chacun équipés d'une sonde de suivi automatique et de sondes de mesure du niveau de la nappe dans les forages exploités. Ce réseau piézométrique spécifique serait dédié au suivi de la zone littorale et viendrait compléter les mesures du réseau national dont le piézomètre le plus proche est celui de Pommerit-Jaudy. Les données peuvent être intégrés au réseau national et pourraient être accessibles via un site internet et ou des bulletins saisonniers.

8.2.4. Communication, formation/sensibilisation auprès des exploitants et des décideurs locaux sur les risques et impacts de la salinisation des eaux souterraines

Informer et former les exploitants sur les risques et impacts que peut induire une salinisation des eaux souterraines semble essentiel. Les risques liés aux intrusions salines sont extrêmement importants sur la zone d'étude et les exploitations agricoles seront les premières impactées. Il est important de diffuser les bonnes pratiques auprès des foreurs et des exploitants : suivi de la conductivité pendant la foration, limitation des rabattements, maintien de la pompe au-dessus du niveau de la mer, réalisation d'essais de pompage, ... (cf. plaquette « Forages en milieu littoral » ;

_

⁶ Rabattement de nappe : abaissement en un point du niveau piézométrique sous l'effet d'un prélèvement d'eau dans la nappe (Glossaire sur l'eau - 12-04-2016).

http://sigesbre.brgm.fr/Prescriptions-techniques.html), mais également les bonnes pratiques générales (protection de la tête du forage, installation d'un compteur d'eau, réalisation d'essais de pompage pour optimiser l'exploitation des forages, ... - cf. plaquette « <u>Le forage en Bretagne »</u>).

De plus, il est nécessaire de mettre en place des actions collectives. En effet, seule une action conjointe des différents exploitants à l'échelle du secteur d'étude permettrait d'avoir une action significative sur la salinisation en cours. Des actions isolées n'auraient que des impacts très limités et ne pourraient, en cas de pompages en amont d'un bassin versant, induire qu'un ralentissement local du phénomène et non l'arrêter ou le mitiger.

Une formation/sensibilisation professionnelle au suivi de la qualité des eaux souterraines peut être un bon vecteur de communication et de collecte de données pour la suite. Il faudrait notamment s'intéresser à l'impact et au cycle du sel à l'échelle d'une serre. Une évaluation de la teneur maximum en sodium, acceptable en entrée de cycle de l'eau dans la serre, est aussi nécessaire pour pouvoir fixer des seuils d'alerte. Il serait donc intéressant de mettre en place une courte formation/sensibilisation à destination des exploitants (notions d'hydrogéologie, suivi de la qualité des eaux souterraines, cycle du sel dans les serres, risques liés au biseau salé, ...).

Il est important d'élargir cette communication en dehors de la communauté des serristes et irrigants en impliquant les décideurs locaux, notamment lors de réunions d'information à la CLE (Commission Locale de l'Eau). Les impacts d'une intrusion saline n'étant pas limités aux exploitations, mais aussi potentiellement aux captages AEP ou tout autre activité utilisant les eaux souterraines, les actions doivent être collectives. Il existe en effet des risques économiques à l'échelle de l'exploitation (perte possible de rendement en raison d'une ressource en eau souterraine inexistante ou de qualité insuffisante, ou diminution de l'activité). Ces risques s'élargiraient vraisemblablement à la Région Bretagne via l'emploi, en raison de cette baisse d'activité.

8.2.5. Détermination de la situation actuelle de la salinisation des eaux souterraines et ampleur du phénomène

Cartographie de la situation

Il est essentiel d'évaluer finement la situation actuelle. Le projet « Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines ; AELB-Région Bretagne) » mené par le BRGM vise à réaliser un état des lieux des connaissances régionales sur la salinisation des aquifères. Compte tenu de la spécificité locale, une cartographie locale précise est néanmoins nécessaire. Pour cela, différentes actions peuvent être mises en place.

La première consisterait en une compilation exhaustive et analyse des données d'analyses disponibles au laboratoires réalisant les suivis de qualité des exploitations. Ceci n'a pu être réalisé durant cette étude faute de droit d'accès aux données.

Une alternative simple et relativement peu couteuse, consisterait à réaliser une cartographie précise de la conductivité des eaux souterraines et eaux de surface sur l'ensemble du territoire. La réalisation de cette cartographie nécessite une implication forte des serristes irrigants et une bonne acceptabilité du projet. La façon la plus efficace de réalisation serait la mise en place d'un observatoire participatif. Une alternative consisterait à réaliser régulièrement des suivis sur l'intégralité des exploitations ou un bon maillage de la zone d'étude. Ceci permettrait la collecte et synthèse des données au sein d'un organisme pour l'obtention d'une vision d'ensemble (SAGE, UCPT...).

Pour effectuer cette cartographie, il faudrait réaliser des mesures de conductivité en fin de pompage sur l'ensemble des exploitations. Cette mesure s'effectuant avec un conductimètre peu couteux (quelques centaines d'euros et pouvant être mutualisables en groupement d'exploitations) et d'utilisation simple (lecture directe sur l'appareil après contact avec l'eau), ceci peut être réalisé relativement facilement. Cette mesure peut être réalisée par les exploitants ou par un technicien extérieur. Cette cartographie gagnerait à être étendue à d'autres points d'eau ou forages exploités (élevage, AEP, usage domestique...). La réalisation de cette cartographie en conditions de basses et de hautes eaux permettrait une meilleure compréhension de la dynamique des eaux souterraines. Il est recommandé par la suite de réaliser cette cartographie de manière régulière pour suivre son évolution (2 par an). Il est aussi important de mentionner que des mesures dans des zones a priori non impactées (altitude et distances à la côte plus importantes) sont aussi essentielles afin de quantifier finement l'ampleur de l'intrusion saline existante et de sa distance à la cote marine.

Cette action pourrait être complétée par la mise à disposition pour expertise de l'ensemble des données concernant la qualité des eaux souterraines en relation avec le biseau salé (concentration en sodium, chlorures, sulfates). Ceci permettrait de définir plus précisément la nature, la localisation et l'évolution de l'intrusion saline. Pour que ces expertises soient réalisables et précises il est essentiel de bancariser les données de qualité et les rendre accessibles. Ce point est actuellement un des principaux freins aux évaluations. Le BRGM peut participer à ces actions par la récupération, le tri, la bancarisation, la cartographie, et l'interprétation des informations.

Actuellement il semble que la conductivité électrique de l'eau (mesure de la concentration d'un ensemble d'anions et cations (dont le sodium et les chlorures)) soit le principal indicateur de la qualité des eaux souterraines pour l'aspect salinisation. Néanmoins, des analyses de chlorures et de sodium sont également réalisées par les exploitants. Il leur est recommandé de tracer les courbes des concentrations en sodium et en chlorures sur le long terme et de regarder la tendance générale d'évolution. Le ratio [CI]/[Na] permet en effet d'identifier l'origine de l'eau (cf. chapitre 7.3.2.). Un rapport stable entre ces éléments indique une source unique. Si ce rapport est proche de (ou tend vers) 1.8, l'eau de mer semble être la source et donc une remontée du biseau salé semble avoir lieu. Ces indicateurs simples peuvent être facilement mis en place et permettre d'alerter sur les problèmes à venir.

Structure verticale de l'intrusion saline

Actuellement aucune information ne permet de définir la structure verticale exacte du biseau salé, c'est-à-dire la profondeur de l'interface entre l'eau douce et l'eau salée. Pour combler ce manque, la réalisation de diagraphies de conductivité en forage semble être la solution la plus adaptée. Le matériel pour la réalisation de ces diagraphies est relativement abordable mais son utilisation nécessite un technicien formé. La principale difficulté pour la réalisation de ces diagraphies est l'accès au forage car dans une majorité des cas la pompe utilisée doit être enlevée. L'utilisation de forages abandonnés est aussi possible, à condition qu'ils soient toujours accessibles. Le nombre de diagraphies conditionne la précision de la structure verticale pouvant être définie. Ces mesures peuvent également être réalisées dans les forages lors des retraits des pompes pour maintenance.

La réalisation de mesures géophysiques (électromagnétiques et/ou électriques) permettraient d'obtenir une vision plus précise de la structure spatialement. En effet, dans un contexte d'aquifères de socle (lithologies, fractures, altération, perméabilités hétérogènes...), la géométrie du biseau salé peut être particulièrement complexe et difficile à appréhender sur la base de mesures ponctuelles seules.

Ces actions géophysiques doivent être complétées par la réalisation de plusieurs piézomètres auxquels l'accès pour des diagraphies et du suivi piézométrique est possible. Ces piézomètres permettraient aussi de calibrer des profils géophysiques, ce qui a été identifié comme une limitation importante du projet « Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines ; AELB-Région Bretagne) » mené en parallèle de la présente étude.

Evaluation de la dynamique et de l'évolution du phénomène d'intrusion saline

Evolution à l'échelle du secteur d'étude

Les propositions précédentes ont pour buts de définir la structure du biseau salé et d'évaluer son l'ampleur. En complément, afin d'évaluer sa dynamique et son évolution dans le temps, d'autres mesures seraient à mettre en place.

Il faudrait évaluer sur certaines exploitations l'évolution de la conductivité au cours du pompage, en branchant en continu des conductimètres automatiques en sortie de pompe ou en réalisant régulièrement des mesures manuelles ainsi que de débit. Ceci permettrait d'évaluer la dynamique débit / conductivité et permettrait de définir des recommandations d'exploitation.

Le réseau piézométrique spécifique précédemment cité (chapitre 8.2.3), placé à des positions stratégiques pourrait être utilisé pour ce suivi conductivité. Ces piézomètres devront faire l'objet de diagraphies de manière régulière (suivi vertical de la conductivité) et/ou être équipés de dispositifs de suivi en continu sur l'ensemble du forage ou à des profondeurs spécifiques (Petit et Leforgeais, 2013).

Un exemple de suivi est fourni illustration suivante. Sur cet exemple, la zone de transition entre eau douce et eau salée est visible vers 65-70 m de profondeur ; une contamination de l'aquifère est clairement constaté à partir de 1999. Des corrélations sont à rechercher entre les valeurs de la conductivité, des prélèvements, de la pluviométrie et des niveaux piézométriques. Pour ce faire, il est important que les conditions hydrauliques au moment des mesures soient maîtrisées, en particulier l'état de la marée. La réalisation un piézomètre de suivi sur la zone d'étude est en préparation dans le cadre du projet : « Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines ; AELB-Région Bretagne) ».

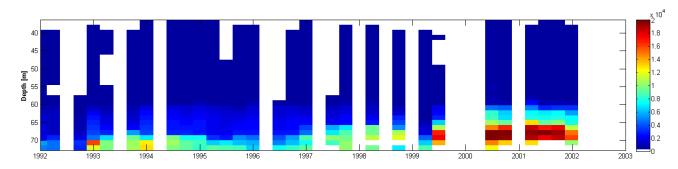


Illustration 45 : Évolution de la conductivité en fonction de la profondeur et au cours du temps au droit d'un piézomètre à la Réunion (source : Charlier, Ladouche, Aunay, publication en cours)

La position du biseau salé étant contrôlée par le niveau piézométrique de la nappe, une campagne de mesure piézométrique serait aussi nécessaire pour l'estimation de la position et l'évolution du biseau salé. La réalisation d'une campagne piézométrique est donc nécessaire. De nombreux forages en activité se trouvent sur le secteur d'étude ; il sera donc difficile d'obtenir

une cartographie des niveaux de nappe « au repos » (niveau naturel). Cependant, le rabattement induit par les pompages augmentant le risque de remontée du biseau salé, la piézométrie « dynamique » est d'autant plus intéressante car elle représente le contexte le plus défavorable.

La piézométrie étant localement vraisemblablement fortement impactée par les pompages, il est important d'obtenir de plus amples informations à son sujet. Un suivi des pompages (débit ; temps) est donc nécessaire. L'interprétation d'essais de pompage existants, si disponibles, est à réaliser afin de déterminer le comportement de la nappe et l'effet des pompages. Dans le cas contraire, des essais de pompage longue durée seraient à réaliser avec suivi du niveau piézométrique et de la conductivité. Compte tenu de la nature hétérogène du sous-sol, un nombre important de pompages seraient à mettre en place. Comme il semble difficile de réaliser des essais sur les forages à l'arrêt, il peut donc être envisagé de mesurer les niveaux dans les forages au cours de leur exploitation suite à l'installation de capteurs de pression (essais de pompage « en cours d'exploitation »). L'obtention de ces éléments permettrait d'évaluer les paramètres hydrodynamiques de la nappe (capacité d'écoulement et de stockage). Ces paramètres permettent par la suite de prévoir l'impact des pompages ou d'ensembles de pompages.

Des connaissances concernant les remontées salées dans les rias permettraient aussi de mieux prendre en compte ce phénomène et de préciser son étendue et les chemins d'accès des intrusions salines (relations nappes-rivières notamment). Il faudrait ainsi mettre en place des capteurs automatiques de suivi de la conductivité dans les eaux de surface (Cotinet et al., 2018), en amont de la limite d'effet de la marée.

Evolution à l'échelle de l'exploitation

L'impact et l'évolution d'une salinisation est difficilement généralisable à l'ensemble des exploitations de la zone d'étude. De ce fait, des mesures de l'évolution de la salinisation pour, a minima, les exploitations les plus exposées, par l'intermédiaire de conductimètres, mesures de niveau d'eau et de débit permettraient d'évaluer la situation pour chaque cas et de définir les conditions d'exploitation optimales à l'échelle de ces exploitations.

8.2.6. Prévisions d'évolution du phénomène

Des études théoriques et ou de modélisations numériques sur le comportement de biseau salé en milieu hétérogène (aquifères de socle) seraient pertinentes pour déterminer l'évolution dans le temps de la salinisation des eaux. Dans le cas où les données collectées seraient suffisantes, la réalisation d'un ou des modèles prédictifs et de gestion seraient envisageables. Ces modèles permettraient de tester et définir des mesures préventives à mettre en place et de tester leur efficacité dans le temps.

8.3. DEFINITION DE BONNES PRATIQUES POUR DIMINUER LES SOLLICITATIONS DU MILIEU SOUTERRAIN

Bien que les données actuelles et la compréhension du phénomène d'intrusion saline soient actuellement limitées, certaines mesures peuvent d'ores et déjà être prises.

8.3.1. Réduction des besoins en eau souterraine des exploitations

La réduction de l'exploitation des eaux souterraines est nécessaire pour garantir une utilisation pérenne de la ressource (cf. chapitres 8.1.2 à 8.1.5). La démarche est déjà engagée dans certaines exploitations avec l'installation de structures de recyclage, et/ou de bassins de collecte des eaux de pluie. Un effort doit être continué dans ce sens, principalement pour les exploitations

à proximité de la mer. Une optimisation de l'utilisation de l'eau au sein des serres est aussi peutêtre envisageable. Malgré ces optimisations, il ne semble pas possible de se passer totalement des eaux souterraines.

La production de cultures moins gourmandes en eau peut être à considérer si les réductions de prélèvements en eau souterraine ne peuvent être suffisantes pour garantir l'utilisation pérenne de la ressource.

Il est aussi important de rappeler que la collecte des eaux de pluie (sur les toits ou via des retenues collinaires) peut induire localement aussi une recharge moindre des nappes. Ceci peut avoir un impact en diminuant la productivité des forages.

8.3.2. Modes d'exploitation de la ressource en eau souterraine

Le mode d'exploitation actuel de la ressource en eau souterraine n'est pas adapté aux contraintes du milieu souterrain, notamment sur les zones côtières (cf. chapitre 8.2.1). Les estimations basées sur les données disponibles indiquent des possibles intrusions salines sur plusieurs kilomètres dans les terres.

Le positionnement actuel des pompes des forages, à proximité de la côte et à des altitudes inférieures au niveau de la mer induisent une salinisation des eaux. Comme le montrent les données recueillies dans le cadre de cette étude, respecter une profondeur de pompe à une altitude supérieure au niveau de la mer ne semble toutefois pas une condition suffisante pour éviter tout risque.

La maitrise des débits de pompage peut aussi permettre de limiter l'impact de ceux-ci. Des pompages mieux répartis avec des débits plus faibles mais en fonctionnement plus longtemps peuvent permettre d'extraire le même volume d'eau souterraine avec un impact moindre sur la remontée du biseau salé (Illustration 46).

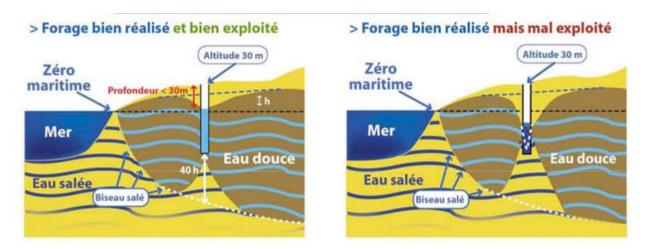


Illustration 46: Effet d'une exploitation trop importante sur un forage (source : Plaquette Le forage en Bretagne – Forages en milleu litorral)

Toutefois, un pompage plus long induit une zone sollicitée plus large ce qui peut poser des problèmes près des côtes. La connaissance du milieu souterrain est un prérequis pour une bonne mise en œuvre des actions de gestion de la ressource. Une connaissance des zones d'influence des pompages, des interactions entre ceux-ci est donc nécessaire pour une gestion optimale de la ressource en eau souterraine de la zone d'étude.

D'une manière générale, une diminution des volumes prélevés semble inévitable pour garantir des conditions d'exploitation viables sur le moyen et le long terme.

8.3.3. Estimation économique des impacts sur les activités

Une évaluation de l'impact économique de la mise en œuvre de certaines recommandations sur l'activité des exploitations et l'impact économique régional serait un bon levier pour dynamiser une prise de décision (cf. 8.2.3).

Cette évaluation doit être réalisée à l'échelle des exploitations et des groupements mais aussi sur les autres activités ayant recours aux eaux souterraines, notamment sur les autres activités agricoles (hors serres), industrielles et d'alimentation en eau potable (AEP).

Il est important de rappeler qu'une intrusion saline est un phénomène irréversible, et que l'intégralité des zones contaminées le resteront durablement, limitant toute utilisation future des eaux souterraines.

Une limitation de l'extension de la surface des serres ou l'implantation de nouvelles serres est aussi à envisager.

8.3.4. Sécurisation ou limitation des usages de l'eau souterraine

A minima, il semble nécessaire d'évaluer les conditions permettant de préserver des captages souterrains pour l'AEP, qui est la seconde utilisation des eaux souterraines sur le secteur d'étude (~30% du volume prélevé) pour sécuriser son approvisionnement. Les prélèvements doivent être en accord avec la disposition avec la disposition 7B2 du SDAGE Loire-Bretagne 2015-2021,

8.3.5. Mise en place d'un observatoire participatif

Compte tenu des enjeux qualitatifs et quantitatifs des eaux souterraines, mais aussi du manque de données disponibles pour appréhender l'évolution de la ressource en eau souterraine, il semble important de mettre en place un observatoire participatif sur le secteur d'étude. Les objectifs seraient les suivants :

- impliquer l'ensemble des utilisateurs des eaux souterraines et entretenir une dynamique locale,
- récolter, bancariser et valoriser les données acquises (qualité et quantité) suite aux recommandations formulées ci-dessus,
- avoir une vision globale, synthétique et actualisée de l'état des ressources en eau souterraine.
- coordonner les actions (exemple : dates prévisionnelles de retrait des pompes pour la réalisation de diagraphies) , la gestion des ressources en eau souterraine et sécuriser les usages.

Cet observatoire pourrait être animé par une structure locale (SAGE Argoat-Trégor-Goëlo, UCPT, chambre d'agriculture, ...). Le BRGM peut être l'opérateur technique du maitre d'ouvrage.

Cet observatoire pourrait également être associé à un réseau d'une dizaine de forages à suivre dans des secteurs à enjeux (risque de biseau salé, risque de pénurie de la ressource en eau souterraine en étiage...). Un équipement en matériels automatiques télétransmis (sondes niveau piézométrique/température/conductivité télétransmises dans les forages, dispositifs de télérelève associés aux compteurs des prélèvements d'eau) permettrait à ce réseau d'effectuer un

suivi en continu des ressources et d'anticiper les risques identifiés. Ce type d'action a notamment été mis en place en Normandie avec le réseau de suivi de la conductivité dans les eaux souterraines (profil de conductivité, fréquence mensuelle) (SILEBAN - AESN) [SILEBAN : Société d'Investissement LEgumière et maraîchère de BAsse Normandie] (Laurent et al., 2017).

Les recommandations sont listées dans le tableau suivant :

| Récolte et analyse des données relatives aux prélèvements d'eau souterraine des irrigants travaillant sur la zone littorale du SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

| | § | Actions | Objectif | Protagonistes | Bénéfices | Facilité de mise en œuvre | Coût | Délai de mise en œuvre | Moyens nécessaires | Priorisation de l'action |
|--------------|---------------|--|--|--|---|---------------------------|------|---------------------------|--|--------------------------|
| | 3 1 1 1 | Installation de compteurs volumétriques sur chaque forage, relevé régulier et bancarisation des volumes | Amélioration des connaissances et quantification des prélèvements | Agriculteurs | Connaissance | ++ | € | rapide | Engagement des agriculteurs | 1 |
| Q U | 3.1.2. | Limitation des prélèvements – récupération des eaux de pluie | Récupération des eaux de pluie des toitures | Irrigants ne disposant pas encore de récupération d'eau | Protection de la ressource en eau souterraine | + | €€ | moyen | Engagement des agriculteurs | 1 |
| A N 8.1.3 | | Limitation des prélèvements – recyclage des eaux d'arrosage | Recyclage les eaux d'arrosage des serres | Irrigants ne disposant pas de dispositifs de recyclage | Protection de la ressource en eau souterraine | + | €€ | moyen | Engagement des agriculteurs | 1 |
| Т | 3.1.4. | Limitation des prélèvements – autres usages | Effort commun sur la diminution des prélèvements | Grand public | Protection de la ressource en eau souterraine | + | €€ | moyen | Financement public | 2 |
| T | 3.1.5. | Diversification des cultures | Limitation de la consommation d'eau | Producteurs de tomates | Protection de la ressource en eau souterraine | - | €€ | long | Accompagnement des agriculteurs (technique et économique) | 2 |
| E | 3.1.6. | Réalisation d'un suivi sur une exploitation pilote | Réalisation d'un bilan détaillé sur une exploitation pour affiner les bilans réalisés dans le cadre de cette étude | Irrigants et SAGE | Connaissance | + | €€ | moyen | Engagement d'un exploitant | 1 |
| | 3.1.7. | Maintien des forages en conditions optimum d'utilisation | Absence de dégradation des forages | Agriculteurs | Protection de la ressource en eau souterraine | + | € | rapide | Accompagnement technique des agriculteurs | 1 |
| | | Vérification de l'abscence de non-conformités réglementaires au droit des forages exploités | Eviter les risques de pollution de la ressource en eau | Agriculteurs | Protection de la ressource en eau souterraine | ++ | € | rapide | Engagement des agriculteurs | 1 |
| | く ノノ I | Modification des modes de pompage (pomper à un débit plus faible pendant plus longtemps ou répartir les prélèvements sur plusieurs forages) | Limitation les rabattements dans les forages | Agriculteurs | Limitation du risque d'intrusion saline | ++ | € | moyen | Accompagnement technique des agriculteurs | 1 |
| | 3.2.3. | Contrôle des niveaux dynamiques de la nappe | Connaissance de l'évolution de la piézométrie en pompage afin d'optimiser les pompages | Agriculteurs | Connaissance | + | € | rapide | Accompagnement technique des agriculteurs | 1 |
| | | Communication auprès des exploitants et des décideurs locaux sur les risques et impacts de la salinisation des eaux | a optimiser its pompages | | | | | | | |
| | 3.2.4. | (In)formation des acteurs et décideurs locaux | Sensibilisation : notions d'hydrogéologie, suivi de la qualité des eaux souterraines, cycle du sel dans les serres, risques liés au biseau salé, | Tous les acteurs locaux | Sensibilisation | + | € | moyen | Participation des acteurs locaux | 1 |
| Q | | Evaluation de l'impact économique sur les exploitations et à l'échelle régionale | Quantification de l'impact des intrusions salines sur l'économie locale et régionale | SAGE ? | Connaissance | - | €€ | moyen | Analyse économique | 2 |
| U | | Détermination de la situation actuelle et ampleur du phénomène | | | | | | | | |
| L | ŀ | Cartographie de la situation actuelle | Visualization de l'ampleur des rementées salées sur le secteur | Agricultours at absorption | Connaissance | | € | ranida | Engagement des agriculteurs | 1 |
| T | | Cartographie de la conductivité des eaux souterraines sur le secteur Bancarisation des données qualité (résultats des analyses) sur les forages exploités | Visualisation de l'ampleur des remontées salées sur le secteur Visualisation de l'ampleur des remontées salées sur le secteur | Agriculteurs et observatoire Agriculteurs et observatoire | Connaissance Connaissance | ++ | € | rapide moyen | Engagement des agriculteurs Transmission des données | 1 |
| E | - | Réalisation des graphiques [CI]/[Na] | Identification de la présence de remontée saline | Agriculteurs et observatoire | Suivi du phénomène d'intrusion saline | ++ | € | rapide | Accompagnement technique des agriculteurs | 1 |
| | - | Structure verticale de l'intrusion saline | racitalization de la presence de remontee same | / Igricultura et observatorie | Savi da prenomene a ma asion same | | | Taplac | Accompagnement teeningae des agriculteurs | - |
| | | Réalisation de diagraphies de conductivité en forage | Identification de l'interface eau douce-eau salée en profondeur | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | - | €€€ | long | Financement et forage accessible | 3 |
| | | Réalisation de mesures géophysiques | Identification de la géométrie du biseau salé | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | | €€€ | long | Financement | 3 |
| | | Réalisation de piézomètres | Calibration des mesures géophysiques, réalisation des diagraphies et suivi des niveaux d'eau | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | - | €€€ | long | Financement et terrain accessible | 3 |
| | 3.2.5. | Evaluation de la dynamique et de l'évolution du phénomène | Suivi de l'évolution de la conductivité au cours du temps et | | | | | | | |
| | } | Mise en place d'un suivi de la conductivité en continu | recommandations d'exploitation | Agriculteurs | Suivi du phénomène d'intrusion saline | + | €€ | rapide | Engagement des agriculteurs | 1 |
| | | Mise en place d'un suivi piézométrique | Suivi de la dynamique des remontées salines | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | - | € | long | Création d'un réseau piézométrique au préalable | 3 |
| | | Réalisation d'une campagne piézométrique (piézomètres + forages exploités) | Suivi de la dynamique des remontées salines | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | + | €€ | long | Création d'un réseau piézométrique au préalable | 3 |
| | - | Interprétation des essais de pompages existants | Détermination du comportement de la nappe | Scientifiques et techniciens | Connaissance | + | €€ | moyen | Récupération des données disponibles | 2 |
| | - | Réalisation d'essais de pompage "en cours d'exploitation" Suivi des remontées salées dans les rias | Détermination du comportement de la nappe Identification de l'étendue des intrusions salines | Scientifiques et techniciens Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline Suivi du phénomène d'intrusion saline | + | €€ | moyen moyen | Engagement des agriculteurs Financement | 2 |
| | | Suivi des remontees salees uans les has Suivi des niveaux d'eau, de la conductivité et des débits sur les forages les plus vulnérables | Suivi de l'évolution du biseau salé à l'échelle des exploitations | Scientifiques et techniciens | Suivi du phénomène d'intrusion saline | + | €€ | moyen | Accompagnement technique des agriculteurs | 1 |
| | 3.2.6. | Prévisions d'évolution du phénomène | Mise en place d'un modèle prédictif et de gestion | Scientifiques et techniciens | Prospective | - | €€€ | long | Acquisition de données de terrain au préalable (débits, niveaux, conductivité,) | 3 |
| G | 3.3.1. | Réduction des besoins en eau des exploitations | Diminution de la pression sur la ressource | Agriculteurs | Diminution des prélèvements | + | €€ | en cours | Equipement et implication des exploitants | 1 |
| E S | 3.3.2. | Modes d'exploitation de la ressource en eau souterraine | Diminution de la pression sur la ressource | Agriculteurs, scientifiques et techniciens | Réduction des risques de salinisation | + | € | moyen | Connaissances et implication des exploitants | 1 |
| T | 3.3.3. | Estimation économique des impacts sur les activités | Evaluation économique | Scientifiques et techniciens | Evaluation du risque | + | €€ | moyen | Etude économique | 2 |
| I O | 8.3.4 | Sécurisation ou limitation des usages de l'eau souterraine | Evaluation des risques de dégradation des AEP | Scientifiques et techniciens | Evaluation du risque | - | € | moyen | Connaissances et études | 1 |
| N | 3.3.5. | Mise en place d'un observatoire participatif | Impliquer l'ensemble des acteurs, récolter et valoriser les données pour avoir une vision globale de la ressource en eau | Tous les acteurs locaux | Coordination des actions locales et mise en place d'une dynamique collective | + | €€ | moyen | Engagement des acteurs locaux et animation par une structure locale | 1 |

Illustration 47 : Actions et recommandations

9. Conclusions

L'étude menée a permis d'améliorer significativement la quantification des prélèvements sur la zone d'étude, 35 communes situées au nord sur SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. Elle a notamment permis de définir à l'échelle de la commune les prélèvements en fonction de différentes catégories d'usage (AEP, agriculture, élevage, industriel). Cette quantification montre que les usages irrigations et AEP sont prépondérants sur la zone d'étude. Le volume prélevé annuellement sur la zone d'étude est estimé à 3.1 Mm³/an (dont 1 à 1.3 Mm³/an destinés à l'irrigation et 1 Mm³/an destinés à l'AEP). Elle met cependant en avant une forte disparité à l'échelle de la zone, avec notamment au niveau de certaines communes des parts très importantes d'irrigation, et ce principalement au niveau des communes côtières de Ploubazlanec et Paimpol où la part de l'irrigation sur les volumes prélevés monte à 95% et 67.5% respectivement.

La réalisation de ces bilans de prélèvements met aussi en avant la méconnaissance des prélèvements réellement effectués et le manque de données et outils permettant de les recenser. Les estimations proposées sont parfois basées (à l'exception de l'AEP) sur des volumes liés à des débits instantanés en fin de foration ; débits qui ne sont pas régulièrement mesurés et ne correspondent pas aux débits réels d'exploitation. Ceci ne permet pas de connaitre l'évolution des prélèvements dans le temps et donc de possibles évolutions qu'elles soient à la hausse ou à la baisse. Les prélèvements estimés ici sont donc soumis à des incertitudes mais à l'heure actuelle aucune source d'information plus précise ne semble disponible. Cette quantification devrait être améliorée dans le futur notamment via une augmentation des recensements effectuées dans la BNPE via la base OASIS (Base des services de l'état en charge de la police de l'eau).

La qualité des eaux souterraines a été étudiée vis-à-vis du risque d'intrusion saline. Il s'avère qu'une salinisation des eaux souterraines est en cours sur le secteur d'étude. Les données disponibles ne permettent pas de quantifier finement l'amplitude et la vitesse d'évolution. Cependant le phénomène semble généralisé et bien ancré. Cette salinisation des eaux peut avoir un impact particulièrement important sur les exploitations des serristes et irrigants, et se répercuter sur l'activité économique de toute la zone concernée.

A la vue des informations disponibles pour la réalisation de cette étude, l'eau souterraine semble localement fortement exploitée vis-à-vis des quantités prélevées sur une partie du territoire. Les conséquences de cette exploitation sont particulièrement importantes en raison du caractère côtier de la zone d'étude qui entraine la salinisation en cours des eaux souterraines. L'impact de l'exploitation des eaux souterraines sur les cours d'eau n'a pas été appréhendé dans cette étude.

Il s'avère nécessaire de prendre des mesures collectives pour maintenir une ressource pérenne et durable.

Des recommandations de gestion ont été formulées à la fois sur les aspect quantitatifs et qualitatifs. 14 recommandations ont été formulées notamment sur l'acquisition de connaissances et la mise en place d'un réseau de surveillance afin de limiter la pression sur la ressource du point de vue des volumes prélevés, de limiter l'impact des prélèvements sur la qualité des eaux, notamment sur le risque de biseau salé et pour obtenir les informations nécessaires à une gestion intégrative de la ressource en eau souterraine.

10. Bibliographie

Armandine Les Landes, A., Aquilina, L., Davy, P., Vergnaud-Ayraud, V., Le Carlier, C., 2015. Timescales of regional circulation of saline fluids in continental crystalline rock aquifers (Armorican Massif, western France). Hydrology and Earth System Sciences 19, 1413–1426. https://doi.org/10.5194/hess-19-1413-2015

Ballèvre M., Le Goff E. et Hébert R., 2001. The tectonothermal evolution of the Cadomian belt of northern Brittany: a Neoproterozoic volcanic arc. Tectonophysics 331, 19-43

Boisson, A., Guihéneuf, N., Perrin, J., Bour, O., Dewandel, B., Dausse, A., Viossanges, M., Ahmed, S., Maréchal, J.C., 2015. Determining the vertical evolution of hydrodynamic parameters in weathered and fractured south Indian crystalline-rock aquifers: insights from a study on an instrumented site. Hydrogeol J 23, 757–773. doi:10.1007/s10040-014-1226-x

BRGM, 2006. Police de l'eau 2006; Analyse de la conductivité de l'eau de forages des régions littorales de Quiberon (56) et Paimpol (22); Influence du biseau salé (No. BRGM BRE n°07.03). BRGM.

Carn A. - Etude du gisement aquifère. Chapitre 3. In Contribution à l'étude hydrogéologique des volcanites du Trégor. Thèse : Sciences Naturelles. Soutenue le 24 Mai 1983 à Montpellier 172 p

Cotinet R. avec la collaboration de N. Brisset, B. Joseph, M. Lhotelin (2018) – Surveillance de la remontée d'eaux salines dans les fleuves Comté et Kourou – Année 2017. Rapport final. BRGM/RP-67890-FR

Dörfliger, N., Schonburgk, S., Bouzit, M., Petit, V., Caballero, Y., Durst, P., Douez, O., 2011. Montée du niveau marin induite par le changement climatique: conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtitiers en Métropole. (No. BRGM/RP-59456-FR). BRGM.

Frissant, N., René-Corail, C., Bonnier, J., de La Torre, Y., 2005. Le phénomène d'intrusion saline à La Réunion: état des connaissances et synthèse des données disponibles (No. BRGM/RP-54330-FR). BRGM.

Garing, C., Luquot, L., Pezard, P.A., Gouze, P., 2013. Geochemical investigations of saltwater intrusion into the coastal carbonate aquifer of Mallorca, Spain. Applied Geochemistry 39, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.09.011

Herzberg, A., 1901. Die Wasserversorgung einiger Nordsee bader. J. Gasbeleunchtung and Wasserversorgung 44, 815–819.

LAURENT, A., LE COZANNET,G., COUEFFE, R., SCHROETTER, J-M., CROISET, N., LIONS, J. (2017) – Vulnérabilité des aquifères côtiers aux intrusions salines en Normandie occidentale. Rapport final BRGM/RP-66052-FR

Lucassou F. et B. Mougin avec la collaboration d'A. Cuillerier, G.-V. Tagne Kamgue, E. Naud, M. Crenner, C. Reuzé et M. Priou (2015). Quel est l'impact des volumes prélevés dans les eaux souterraines sur les ressources en eau disponibles en Bretagne ? Revue Géologues n°187 de décembre 2015, pages 100 à 105. HAL ld : hal-01279125.

Mougin, B., Lucassou, F., Husson, F., Schroëtter, J.-M., Morel, O., Guillemain, L., 2016. SIGES Bretagne phase 2 (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines) - Amélioration du contenu existant et élaboration de contenus complémentaires. Rapport Final (No. BRGM/RP-65483-FR). BRGM.

Mougin, B., Lucassou, F., Morel, O., Schoëtter, J.-M., Marmu, B., Guillemain, L., Pesqueux, H., Cuillerier, A., Tagne Kamgue, G.., 2013. SIGES Bretagne: constitution d'un Système d'Information pour la Gestion des Eaux souterraines en région Bretagne. Rapport final. (No. BRGM/RP61885-FR). BRGM.

Petit, V., 1996. Les aquifères littoraux de France métropolitaine (No. BRGM/RR-39298-FR). BRGM.

Petit V., C. Leforgeais (2013) - Évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines côtières de La Réunion : interprétation des données. Rapport final BRGM/RP-62956-FR SAGE Argoat-Trégor-Goëlo. 2017. Plan d'Aménagement et de Gestion Durable. Validé par la commission locale de l'eau du 14 mars 2017. 150p.

Wyns, R., Baltassat, J., Lachassagne, P., Legchenko, A., Vairon, J., Mathieu, F., 2004. Application of proton magnetic resonance sounding to groundwater reserve mapping in weathered basement rocks (Brittany, France). Bullletin de la société geologique de France 175, 21–34.

Annexe 1

Incertitudes associées aux données de l'étude BRGM 2009

Les calculs des prélèvements d'eau souterraine déclarés par entité hydrogéologique BDLISA de niveau 3 sur l'année 2009 sont associés à un certain nombre d'incertitudes. On peut notamment citer les incertitudes suivantes :

Existence d'ouvrages et donc de prélèvements non déclarés (ces ouvrages non déclarés représenteraient environ 1/3 des ouvrages recensés. Il s'agit principalement d'ouvrages à usage élevage et domestique, à prélèvements modestes, qui ne représenteraient donc pas 1/3 des volumes prélevés).

Utilisation de volumes déclarés lors de la création du forage qui ne sont pas identiques aux volumes effectivement prélevés annuellement (sauf pour les données issues de l'AELB).

Estimation simplifiée des volumes prélevés à usages élevage (5 m³/j sur la base d'études menées précédemment par le BRGM entre 2004 et 2009) et domestique (hypothèse de 3 personnes par foyer soit 150 m³/an).

Opérateurs différents travaillant sur cet inventaire (un écart de l'ordre de 8 à 10% du volume total peut être constaté entre 2 opérateurs travaillant sur la même entité, lié à l'identification de plus ou moins de doublons entre les bases de données).

| Usages de l'eau souterraine prélevée | Sources d'incertitudes dans l'estimation des prélèvements d'eau souterraine déclarés | Description des incertitudes | Niveau de confiance dans l'estimation de l'incertitude fort : incertitude approchée moyen : idée de l'ordre de grandeur faible : incertitude inconnue | Impact de l'incertitude sur le volume estimé | Impact sur les prélèvements (sur-estimation/sous-estimation) |
|--|---|---|---|---|---|
| Domestique | Existence d'ouvrages non déclarés | Absence de remplissage de la base "Forages domestiques" => prise en compte des ouvrages à usage domestique déclarés en BSS | moyen | moyenne (nombreux ouvrages concernés (1/3) mais faible volume) | sous-estimation |
| . 1425-2730-2134-394-3 | Pas de connaissance du volume réellement prélevé par les ouvrages déclarés | Hypothèse de 3 personnes par foyer soit 150 m³/an pour les forages à usage domestique recensés en BSS | faible | faible | sous-estimation |
| Elevage | Existence d'ouvrages non déclarés | Données papier pour les ICPE élevages non prises en compte dans cet inventaire »> prise en compte des ouvrages à usage agricole déclarés en BSS | moyen | moyenne (nombreux ouvrages concernés (1/3) mais faible volume) | sous-estimation |
| cievage | Pas de connaissance du volume réellement prélevé par les ouvrages déclarés | Estimation simplifiée des prélèvements à 5m ³ /j pour les forages à usage agricole recensés en BSS (sur la base d'études menées entre 2004 et 2009 par le BRGM) | moyen | moyenne | sous-estimation |
| Hors AEP, irrigation et industriel | Pas de connaissance du volume réellement prélevé (sauf pour les données issues de l'AELB) | Différence entre le volume déclaré lors de la création de l'ouvrage (pris en compte dans cet inventaire) et le volume réellement prélevé | mayen | mayenne | sur-estimation |
| Quel que soit l'usage | Erreur humaine due à l'opérateur travaillant sur l'inventaire | Identification de plus ou moins de doublons de points d'eau selon l'opérateur | fort | moyenne (± 4 à 10%) | sur-estimation |

Sources d'incertitudes dans l'estimation des prélèvements d'eau souterraine déclarés et impact associé

Suite à l'analyse des premiers résultats, il semble que certaines estimations sont plus ou moins minorées. En effet, on peut considérer comme réalistes les chiffres des prélèvements pour l'eau destinée à la consommation humaine, à l'irrigation ou à un usage industriel car ils sont soumis à redevance de l'AELB. A l'opposé, les données élevage, ainsi que celles des usages domestiques, sont sans doute sous-estimées compte-tenu : des ouvrages non déclarés par l'usager au titre du Code Minier, et du faible taux de renseignement par les municipalités de la base de données nationale « forages domestiques ».

Annexe 2

Formulaire utilisé pour la collecte d'informations sur les eaux souterraines

QUESTIONNAIRES

| Nombre de forages sur votre | | |
|--|--|------------------|
| exploitation | | |
| QUESTIONNAIRE 1 – Forage(s) | | |
| (répondre de manière distincte pour chaque | ie forage, reproduire le questionnaire 1 | si nécessaire) : |
| Caractéristiques générales / piézon | nétrie | |
| Ouvrage exploité | oui | non |
| Cause de l'abandon du forage | | |
| (exemple : salinité) | | |
| Usage de l'eau souterraine | | |
| Pompe enlevée ? | oui | non |
| Seriez-vous d'accord pour que des | oui | non |
| prélèvements soient réalisés dans cet | | |
| ouvrage ? | | |
| Forage déclaré au titre du Code Minier | oui: | non |
| Papaget papier relatif en forage | oui oui | non |
| Rapport papier relatif au forage Seriez-vous d'accord pour transmettre ce | oui | non |
| rapport ? | oui | non |
| Code BSS [†] (si déclaré) | | |
| Année de réalisation | | |
| Entreprise de forage | | |
| Commune | | |
| Coordonnées de localisation du forage | | |
| (possibilité de joindre un plan IGN et/ou | | |
| cadastral) | | |
| X: | | |
| Υ: | | |
| Lieu-dit | | |
| Altitude de l'ouvrage (carte IGN) | | |
| Diamètre de l'ouvrage | | |
| Profondeur de l'ouvrage (/terrain | | |
| naturel) | | |
| Equipement de l'ouvrage (tubage, | | |
| profondeur des crépines) | | |
| Profondeur de la pompe dans le forage (/terrain naturel) | | |
| Profondeurs des sondes d'alerte / d'arrêt | | |
| de pompe (/terrain naturel) | | |
| Présence d'une sonde de niveau ? | oui | non |
| Année de la donnée la plus ancienne | | |
| de mesure de niveau | | |
| Année de la donnée la plus récente de | | |
| mesure de niveau | | |
| Fréquence de mesures de niveau | | |
| Format des données | Fichiers informatiques | Données papiers |
| Seriez-vous d'accord pour transmettre | oui | non |
| ces données dans le cadre de ces études | | |
| ? | | |
| Des pompages d'essais ont-ils été | oui | non |
| réalisés sur le forage ? | | |
| Connaissance des plaquettes « Le forage | oui | non |
| en Bretagne » et « Forages en milieu littoral » (éditées en 2006 puis 2012) | | |
| | | |
| Données quantitatives | | |
| Profondeur moyenne de la nappe lors de | | |
| l'arrêt de la pompe | | |
| Profondeur moyenne de la nappe lors du | | |
| pompage en fonctionnement | | |
| Présence d'un compteur volumétrique (compteur totalisant les prélèvements | oui | non |
| d'eau dans le forage) | | |
| Appée de la doppée la plus ancienne | | |

5

| du compteur Année de la donnée la plus récente du compteur Fréquence de mesures des volumes Volume moyen prélevé annuellement Volume mini/maxi prélevé annuellement Format des données Fichiers informatiques Données papiers Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Obnées papiers Fichiers informatiques Données papiers Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
|--|-----------|
| compteur Fréquence de mesures des volumes Volume moyen prélevé annuellement Volume mini/maxi prélevé annuellement Format des données Présence d'un débitmètre Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Fréquence de mesures des volumes Volume moyen prélevé annuellement Volume mini/maxi prélevé annuellement Format des données Fichiers informatiques Données papiers Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Volume moyen prélevé annuellement Volume mini/maxi prélevé annuellement Format des données Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Volume mini/maxi prélevé annuellement Format des données Fichiers informatiques Données papiers Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Format des données Fichiers informatiques Données papiers Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Présence d'un débitmètre oui non Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Année de la donnée la plus ancienne Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Année de la donnée la plus récente Fréquence de mesures Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Fréquence de mesures Format des données de débits Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Format des données de débits Fichiers informatiques Données papiers Seriez-vous d'accord pour transmettre ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| Seriez-vous d'accord pour transmettre oui non ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| ces données (volumes/débits) dans le cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | |
| cadre de ces études ? Débit d'exploitation moyen du forage | I |
| Débit d'exploitation moyen du forage | I |
| | |
| | |
| Mode d'exploitation (durée et fréquence | |
| des cycles marche/arrêt de la pompe) | |
| Capacité des réservoirs remplis avec | |
| l'eau souterraine prélevée, et temps de | |
| remplissage | |
| Données qualitatives | |
| Année de l'analyse d'eau la plus | |
| ancienne | |
| Année de l'analyse d'eau la plus récente | |
| Fréquence d'analyses | |
| Paramètres mesurés régulièrement pH Chonus Conductivité Fer total Manganèse total Minates / Sulfabre Sodium Potacium Autres : | kmmonium |
| (cocher dans la liste ci-contre) Suranes Sodium Potassam Autres : | |
| Format des données Fichiers informatiques Données papiers | |
| Laboratoire réalisant les analyses | |
| Etes-vous d'accord pour que le oui non | |
| laboratoire transmette ces données dans | |
| le cadre de ces études ? | |
| Seriez-vous d'accord pour transmettre oui non | |
| les données qualitatives dont vous | |
| disposez dans le cadre de ces études ? | |
| Chlorures maxi observés (mg/l), date | |
| Conductivité maxi observée (μ5/cm), | |
| date | |
| Avez-vous observé une tendance sur l'un | |
| ou l'autre paramètre chimique, laquelle ? | |
| Environnement de l'ouvrage | |
| Distance au forage exploité le plus | |
| proche | |
| Distance à la mer (ou estuaire) | |
| Distance and linear floations of the state of | |
| Distance aux lignes électriques (haute et | |
| moyenne tension) les plus proches | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u | |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches **Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://infoterre.brem.fr/viewer/MainTileForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans « Dossiers du sous- | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://intoterre.brem.fr/viewer/MoinTileForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans » Dossiers du sous-la case » BSS - Tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches **Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://intoterre.brsm.fr/viewer/MainTileForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans « Dossiers du sous-la case « BSS - Tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM oui non | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des ransformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://intoterre.brem.fr/viewer/MainTileForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans « Dossiers du sous-la case « BSS - Tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM oui non | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches **Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://intoterre.brem.fr/viewer/MainTiteForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans » Dossiers du sous-la case » BSS - rous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM oui non réalise des mesures de géophysiques (semaine du 16 au 20 octobre 2017) sur | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches **Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://infoterre.brem.fr/viewer/MainTileForwars.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans » Dossiers du sous-la case » BSS - Tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM réalise des mesures de géophysiques (semaine du 16 su 20 octobre 2017) sur des parcelles que vous exploitez à | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Distance des transformateurs les plus proches **Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (http://intoterre.brem.fr/viewer/MainTiteForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans » Dossiers du sous-la case » BSS - rous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM oui non réalise des mesures de géophysiques (semaine du 16 au 20 octobre 2017) sur | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches | InfoTerre |
| moyenne tension) les plus proches Distance des clôtures électriques ou filets lapins les plus proches Distance des transformateurs les plus proches Code de la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS) qui est l'identifiant unique du forage. Ce code peut être trouvé dans u papier relatif au forage, sur sa coupe technique, ou via les documents disponibles sur le site Internet (Intto://intoterre.brem.fr/viewer/MainTileForward.do ; (il faut ensuite zoomer sur la commune et cocher dans » Dossiers du sous-la case « BSS - Tous les ouvrages de la Banque du Sous-Sol (BRGM) »). Seriez-vous d'accord pour que le BRGM réalise des mesures de géophysiques (semaine du 16 au 20 octobre 2017) sur des parcelles que vous exploitez à proximité du forage ? (les parcelles peuvent être en cultures au moment des | InfoTerre |

6

| | .s c | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|-------------------------|---|--|--|---------------------|---|--|--|---|
| | Dispositifs d'irrigation | 1 – Enrouleur 2 – Goutte à | goutte 3 – Rampe 4 – Autre (Préciser) 5 – Aucun | | 1 | | | | 2 | | | |
| | Localisation du point de prélèvement d'eau super- | ficielle ou souterraine Préciser : | les coordonnées X/Y (préciser la projection) ou les coordonnées GPS ou la commune et le lieu-dit | | X: 253 395 / Y: 6 865 658 (Lambert 93) ou Lat: 48,736 / Long: -3,078 ou Plourivo, Kerban | | | | X: 252 606 / Y: 6 867 231 (Lambert 93) ou Lat: 48,750 / Long: -3.091 ou Plourivo, Toul Halec | | | |
| | Origine de l'eau 1 – Souterraine | 2 – Superficielle 3 – Réutilisation des | eaux provides 4 - Eau de drainage 5 - Eau de la ville Si 3, 4 ou 5, préciser le volume annuel | | 2 | | | | 1 et 4 (2 000 m³) | | | |
| | | | Q | | | | | | 2% | | | |
| | | | Z | | | | | | | | | |
| JEES | | • | 0 | | | | | | 4% | | | |
| PRATIQI | | ion en 9 | s | | | | | | 10% | | | ٥. |
| LEMENT | | ıırığat | А | duı | | | | ۵ | 15% | | | rojetée |
| ACTUEL | _ | olume | ſ | Cultures de plein champ | 20% | | | Cultures sous serre | 15% | | | utions p |
| ULTURES | - | ille an v | ſ | res de p | 40% | | | tures s | 15% | | | les évol |
| RE 2 : C | | mensue | Σ | Cultu | 40% | | | no | 10% | | | les sont |
| QUESTIONNAIRE 2: CULTURES ACTUELLEMENT PRATIQUEES | | kepartition mensuelle du Volume d'Imgation en % | A | | , | | | | | | | ser quel |
| QUES | Š | кер | Δ | | | | | | 10% 10% | | | us préci |
| | | | F | | | | | | %9 | | | rriez-vo |
| | | | ſ | | | | | | 3% | | | nod 'inc |
| | Caractéristiques de l'irrigation | Fractionne- ment : | nombre de passages sur la culture par an | | 4 | | | | / | | | Envisagez-vous une évolution de vos dispositifs d'irrigation ? Si oui, pourriez-vous préciser quelles sont les évolutions projetées ? |
| | istiques de | annuel | Année sèche (en m³) | | 1 000 | | | | / | | | dispositifs |
| | Caractér | Volume annuel | Année moyenne (en m³) | | 250 | | | | 10 000 | | | ition de vos |
| | | Surface | | | 1 | | | | 1 | | | une évolu |
| | | | production | • | Exemple : Pomme de terre | | | | Exemple : Tomate | | | Envisagez-vous |

| QUESTIONNAL | QUESTIONNAIRE 3: EVOLUTION DU SYSTEME DE PRODUCTION A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION AGRICOLE | DE PRODUCTION A | L'ECHELLE D | E L'EXPLOITATION | AGRICOLE | | |
|--|--|---|---|--|--|-----------------|--|
| | Dispositif | Dispositifs de production actuels | ctuels | | | | |
| Disposez-vous d'une réserve d'eau pour l'irrigation ? Si oui, volume en m³. Quand et comment remplissez-vous cette réserve (prélèvements superficiels, souterrains, eaux de toiture) ? | ☐ OUI Volume en m³ : Périodes et modes de remplissage : | nplissage: | | | | NON 🗆 | |
| | Evolution à moyen terme du système de production | terme du système | a de produc | tion | | | |
| Projetez-vous la mise en place d'une réserve d'eau pour l'irrigation ? Si oui, volume en m³. Quand et comment souhaitez-vous remplir cette réserve (prélèvements superficiels, souterrains, eaux de toiture) ? | ☐ OUI Volume en m³ : Périodes et modes de remplissage : | nplissage: | | | | NON 🗆 | |
| Envisagez-vous une évolution de vos productions de plein champ irriguées ? (augmentation ou diminution de surface, nouvelles productions) | Ino□ | | | | | NON 🗆 | |
| Si oui, pourriez-vous préciser : les good-uséines de plais about concessées | Nature des productions | | ace de prod | Surface de production en ha | Par augmentation de la SAU ? | | Dispositifs d'irrigation et volume estimé annuel (en m³) |
| res productors de prem criamp concernees, les surfaces en enterfait qui leur seront dédiées (par augmentation de cordace ou contection qui leur seront dédiées (par augmentation | | | | | NON 🗆 INO 🗆 | N | |
| e dispositifs d'irrigation qui seront employés. | | | | | NON 🗆 INO 🗆 | z | |
| | | | | | NON 🗆 🗆 INON | N | |
| | | | | | NON 🗆 INO 🗆 | Z. | |
| Envisagez-vous une évolution de vos productions sous serre ? (augmentation ou diminution de surface, nouvelles productions) | Ino□ | | | | | NON 🗆 | |
| Si oui, pourriez-vous préciser : - les productions sous serre envisagées, - les surfaces de production qui leur seront dédiées (par augmentation | Nature des productions | Surface de production en ha | | Par augmentation de la surface sous serre ? | de Dispositifs d'irrigation et re ? volume estimé (en m³) | | Si recyclage des eaux de drainage pour les cultures hors sol, préciser le type de dispositif et le volume (en m³) |
| de surtace sous serre ou substitution), - les dispositifs d'irrigation qui seront employés, | | | | NON 🗆 INO 🗆 | NO | | |
| la pratique du recyclage des eaux de drainage pour les cultures hors sol. | | | | NON □ INO □ | NO | | |
| | | | | NON 🗆 INO 🗆 | NO | | |
| | | | | NON □ INO □ | NO | | |
| Nom / Prénom : Adresse : Tél : Signature : | Contacts: X LE GAL (SAGE) : 02 96 40 23 82 <u>- sageatr@paysdeguingamp.com</u> M MURTIN / V LEFEBYRE (ARTELIA) : 02 28 09 18 00 <u>jean-michel.murtin@arteliagroup.com</u> / vanessa.lefebyre@arteliagroup.com F LUCASSOU (BRGM) 02 99 84 26 73 <u>f.lucassou@brgm.fr</u> | 13 82 – <u>sageatg@</u> ARTELIA) : 02 28 (84 26 73 – <u>f.luca</u> | paysdeguin 99 18 00 – j ssou@brgm | <u>gamp.com</u> <u>ean-michel.murti</u> | n@arteliagroup.com / var | essa.lefebvre@a | rteliagroup.com |
| Mail: | | | | | | | |

Annexe 3

Surface de serres par commune

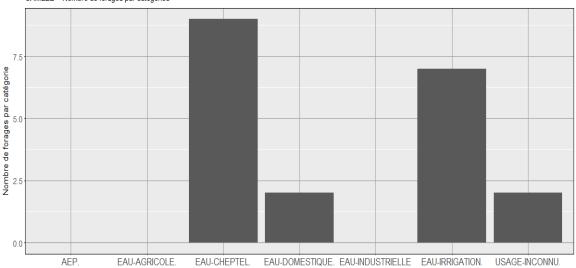
| Communes | Surface de Serres (ha) | Nb d'installations |
|----------------------|------------------------|--------------------|
| Camlez | 9.05 | 7 |
| Carrilez | | 1 |
| Ca | | 6 |
| Kerbors | 1.15 | 5 |
| Ca | | 5 |
| Kerfot Ca | 2.09 1 1.18 | 3 |
| Ca | | 2 |
| Kermaria-Sulard | 7.00 | 5 |
| Ca | | 1 |
| Ca | | 4 |
| Lanmodez Ca | 0.46 2 0.46 | 2 |
| Lannion | 5.21 | 8 |
| Ca | | 3 |
| Ca | | 5 |
| Lezardrieux | 8.08 | 9 |
| Ca Ca | | <u>2</u> 7 |
| Louannec | 3.15 | 6 |
| Ca | | 2 |
| Ca | 2 1.64 | 4 |
| Paimpol | 22.79 | 28 |
| Ca Ca | | |
| Penvenan | 11.62 | 12 |
| Ca | | 4 |
| Ca | | 8 |
| Perros-Guirec | 2.82 | 2 |
| Ca | | 2 |
| Plehedel | 1 1.53 | 32 |
| Ca Ca | | 31 |
| Pleubian | 10.45 | 15 |
| Ca | | 5 |
| Ca | | 10 |
| Pleudaniel | 0.99 | 4 |
| Ca Pleumeur-Bodou | 2 0.99 0.15 | 4 1 |
| Ca | | 1 |
| Pleumeur-Gautier | 18.97 | 17 |
| Ca | | 7 |
| Ca | | 10 |
| Ploezal Ca | 0.97 1 0.50 | 3 |
| Ca | | 2 |
| Ploubazlanec | 32.92 | 27 |
| Ca | | 11 |
| Ca | | 16 |
| Plouezec | 0.73 2 0.73 | 1 |
| Plougiel Ca | 4.55 | 11 |
| Ca | | 1 |
| Ca | 2 3.07 | 10 |
| Plougrescant | 7.54 | 13 |
| Ca Ca | | 4 9 |
| Plouha | 5.23 | 7 |
| Ca | | 2 |
| Ca | 2 1.32 | 5 |
| Plourivo | 10.78 | 9 |
| Ca Ca | | 7 2 |
| Prenvenan | 0.32 | 1 |
| Ca | | 1 |
| Quemper-Quezenec | 0.55 | 4 |
| Ca | | 2 |
| Ca | | 2 1 |
| Tredarzec Ca | 1.81 2 1.81 | 1 |
| Trelevern | 4.80 | 8 |
| Ca | | 2 |
| Ca | | 6 |
| Trevou-Treguignec | 2.51 | 7 |
| Ca | | 7 |
| Yvias Ca | 0.21 2 0.21 | 1 |
| Total général | 184.45 | 252 |
| rotal Scholal | 104.45 | 232 |

Annexe 4

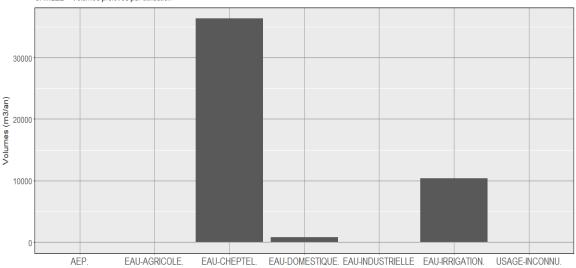
Bilans des prélèvements en eau souterraine par commune (Volumes comptabilisés dans les bases de données sans réévalaution)

| CAMLEZ | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 10400 | 5200 | 5200 | 7 | 2 | 29 | 21.9 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 815 | 408 | 408 | 2 | 2 | 100 | 1.7 |
| EAU-CHEPTEL. | 36360 | 7272 | 1600 | 9 | 5 | 56 | 76.4 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 2 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 47575 | - | - | 29 | 9 | 31 | 100.0 |

CAMLEZ - Nombre de forages par categories

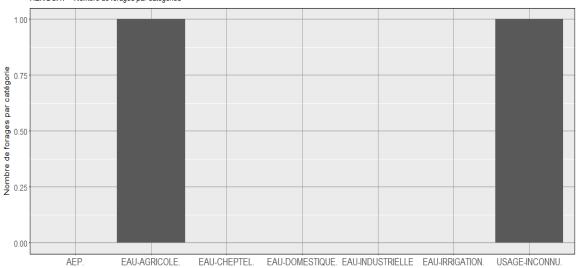


CAMLEZ - Volumes prelevés par utilisation

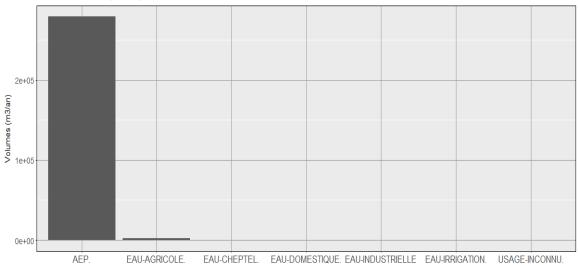


| HENGOAT | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 279354 | 279354 | 279354 | - | - | NA | 99.1 |
| EAU-AGRICOLE. | 2500 | 2500 | 2500 | 1 | 1 | 100 | 0.9 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | • | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 281854 | - | - | 19 | 2 | 11 | 100.0 |

HENGOAT - Nombre de forages par categories

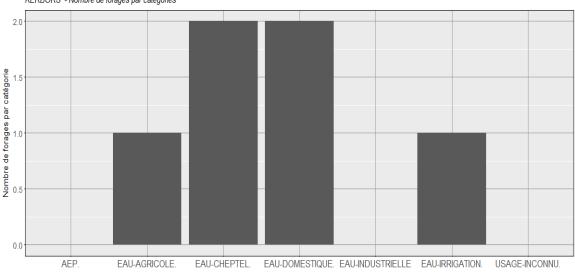


HENGOAT - Volumes prelevés par utilisation

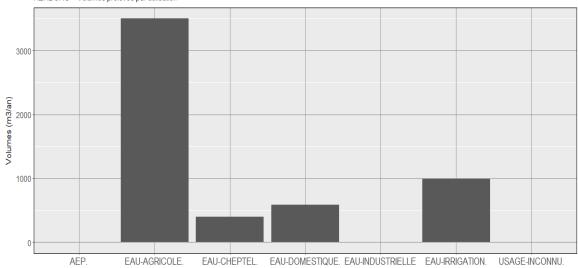


| KERBORS | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 3500 | 3500 | 3500 | 1 | 1 | 100 | 64.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 990 | 990 | 990 | 1 | 1 | 100 | 18.1 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 580 | 290 | 290 | 2 | 2 | 100 | 10.6 |
| EAU-CHEPTEL. | 400 | 200 | 200 | 2 | 2 | 100 | 7.3 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| TOTAL | 5470 | - | - | 6 | 6 | 100 | 100.0 |

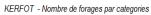
KERBORS - Nombre de forages par categories

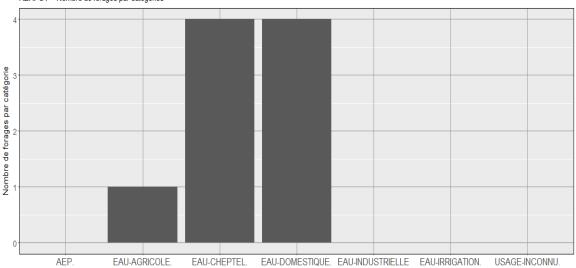


KERBORS - Volumes prelevés par utilisation

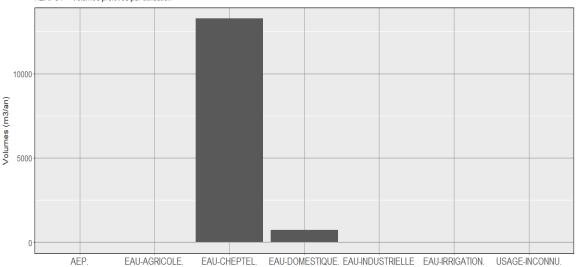


| KERFOT | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 720 | 360 | 360 | 4 | 2 | 50 | 5.2 |
| EAU-CHEPTEL. | 13260 | 3315 | 1850 | 4 | 4 | 100 | 94.8 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| TOTAL | 13980 | - | - | 9 | 6 | 67 | 100.0 |



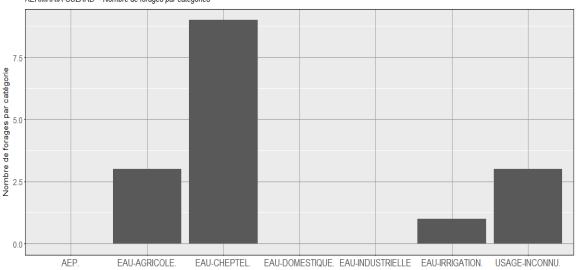


KERFOT - Volumes prelevés par utilisation

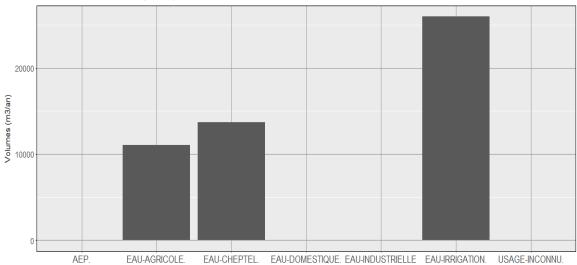


| KERMARIA-SULARD | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 11050 | 3683 | 3500 | 3 | 3 | 100 | 21.8 |
| EAU-IRRIGATION. | 26000 | 26000 | 26000 | 1 | 1 | 100 | 51.2 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 13700 | 1957 | 2000 | 9 | 7 | 78 | 27.0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | • | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 3 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 50750 | - | - | 16 | 11 | 69 | 100.0 |

KERMARIA-SULARD - Nombre de forages par categories

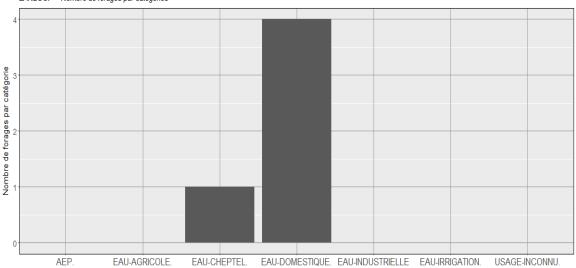


KERMARIA-SULARD - Volumes prelevés par utilisation

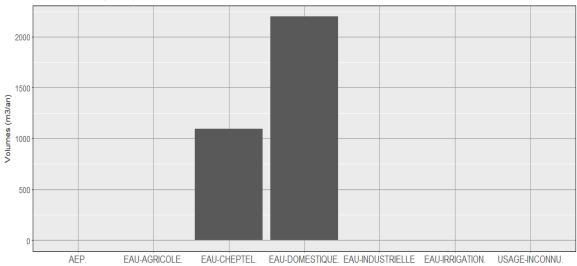


| LANLOUP | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 2200 | 550 | 600 | 4 | 4 | 100 | 66.8 |
| EAU-CHEPTEL. | 1095 | 1095 | 1095 | 1 | 1 | 100 | 33.2 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| TOTAL | 3295 | - | - | 5 | 5 | 100 | 100.0 |

LANLOUP - Nombre de forages par categories

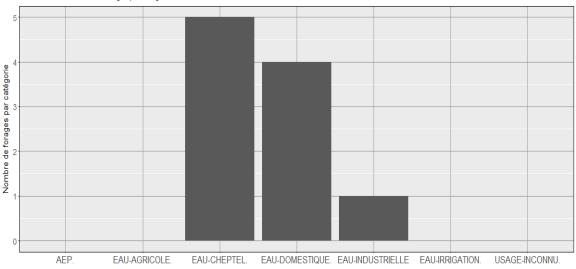


LANLOUP - Volumes prelevés par utilisation

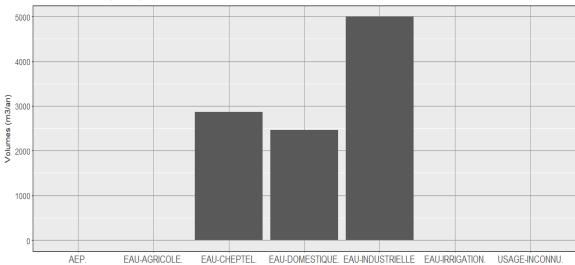


| LANMODEZ | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | = | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 2465 | 616 | 450 | 4 | 4 | 100 | 23.9 |
| EAU-CHEPTEL. | 2870 | 718 | 460 | 5 | 4 | 80 | 27.8 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 5000 | 5000 | 5000 | 1 | 1 | 100 | 48.4 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| TOTAL | 10335 | - | - | 10 | 9 | 90 | 100.0 |

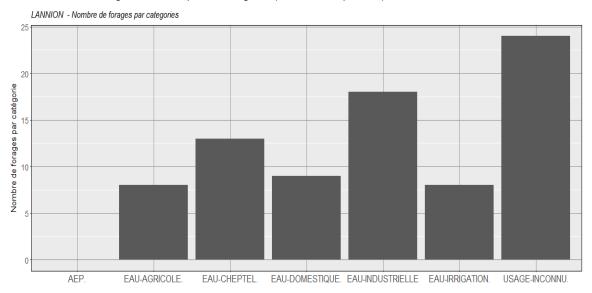
LANMODEZ - Nombre de forages par categories

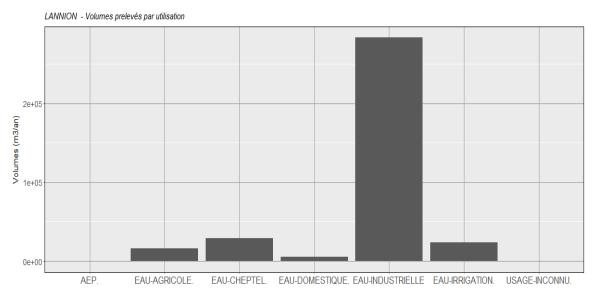






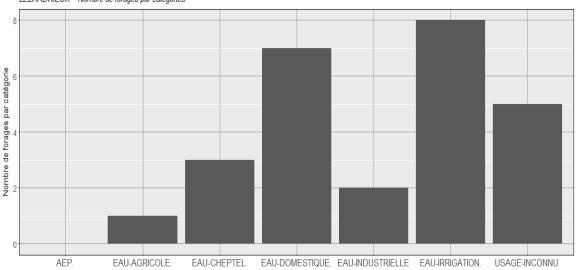
| LANNION | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | - | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 16155 | 2308 | 1825 | 8 | 7 | 88 | 4.5 |
| EAU-IRRIGATION. | 23762 | 11881 | 11881 | 8 | 2 | 25 | 6.6 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 5220 | 652 | 480 | 9 | 8 | 89 | 1.5 |
| EAU-CHEPTEL. | 28770 | 2398 | 1825 | 13 | 12 | 92 | 8.0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 283710 | 23642 | 10226 | 18 | 12 | 67 | 79.3 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 24 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 357617 | - | - | 82 | 41 | 50 | 100.0 |



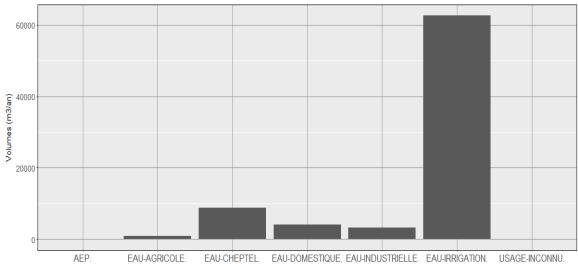


| LEZARDRIEUX | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 900 | 900 | 900 | 1 | 1 | 100 | 1.1 |
| EAU-IRRIGATION. | 62640 | 12528 | 8000 | 8 | 5 | 62 | 78.8 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 4020 | 574 | 500 | 7 | 7 | 100 | 5.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 8800 | 2933 | 2500 | 3 | 3 | 100 | 11.1 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 3150 | 1575 | 1575 | 2 | 2 | 100 | 4.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 5 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 79510 | - | - | 26 | 18 | 69 | 100.0 |

LEZARDRIEUX - Nombre de forages par categories

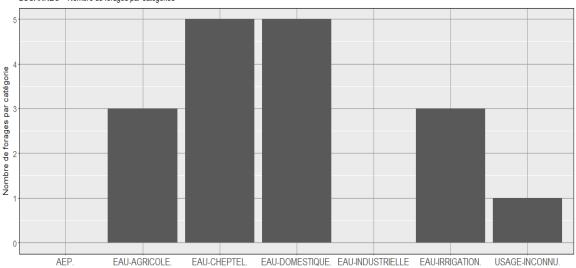




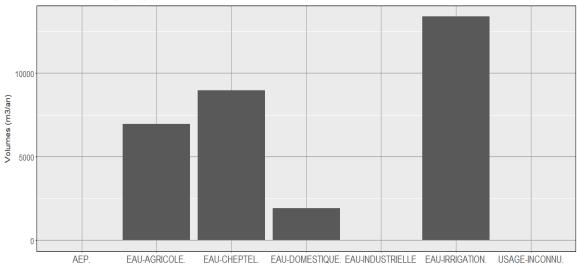


| LOUANNEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 6950 | 3475 | 3475 | 3 | 2 | 67 | 22.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 13380 | 4460 | 4380 | 3 | 3 | 100 | 42.9 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1890 | 378 | 400 | 5 | 5 | 100 | 6.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 8960 | 1792 | 1650 | 5 | 5 | 100 | 28.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 31180 | - | - | 18 | 15 | 83 | 100.0 |

LOUANNEC - Nombre de forages par categories

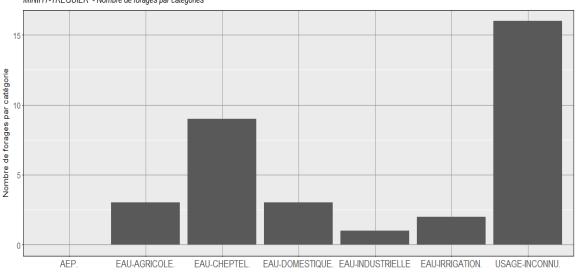




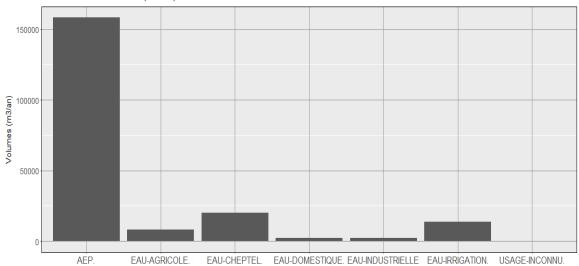


| MINIHY-TREGUIER | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 158305 | 158305 | 158305 | - | - | - | 77.6 |
| EAU-AGRICOLE. | 7920 | 2640 | 2920 | 3 | 3 | 100 | 3.9 |
| EAU-IRRIGATION. | 13800 | 6900 | 6900 | 2 | 2 | 100 | 6.8 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 2100 | 700 | 900 | 3 | 3 | 100 | 1.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 19950 | 2494 | 1250 | 9 | 8 | 89 | 9.8 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 2000 | 2000 | 2000 | 1 | 1 | 100 | 1.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 16 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 204075 | - | - | 45 | 18 | 40 | 100.0 |

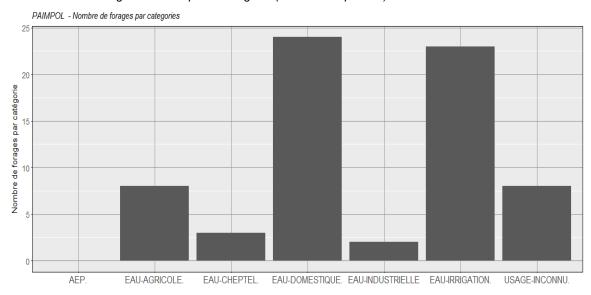
MINIHY-TREGUIER - Nombre de forages par categories

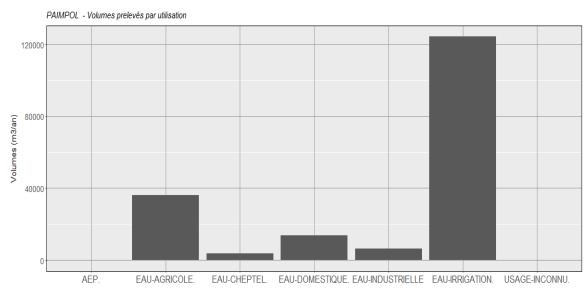






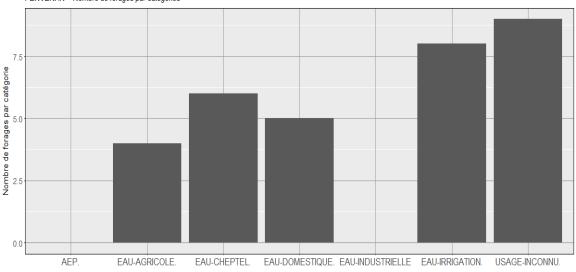
| PAIMPOL | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | - | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 36125 | 4516 | 1400 | 8 | 8 | 100 | 19.6 |
| EAU-IRRIGATION. | 124427 | 6549 | 6000 | 23 | 19 | 83 | 67.5 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 13705 | 761 | 360 | 24 | 18 | 75 | 7.4 |
| EAU-CHEPTEL. | 3650 | 3650 | 3650 | 3 | 1 | 33 | 2.0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 6300 | 3150 | 3150 | 2 | 2 | 100 | 3.4 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 8 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 184207 | - | - | 69 | 48 | 70 | 100.0 |



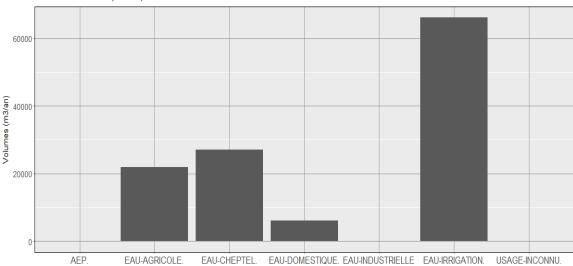


| PENVENAN | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 21900 | 7300 | 8000 | 4 | 3 | 75 | 18.1 |
| EAU-IRRIGATION. | 66120 | 8265 | 2960 | 8 | 8 | 100 | 54.6 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 6050 | 1210 | 700 | 5 | 5 | 100 | 5.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 27095 | 4516 | 3950 | 6 | 6 | 100 | 22.4 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 9 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 121165 | - | - | 33 | 22 | 67 | 100.0 |

PENVENAN - Nombre de forages par categories





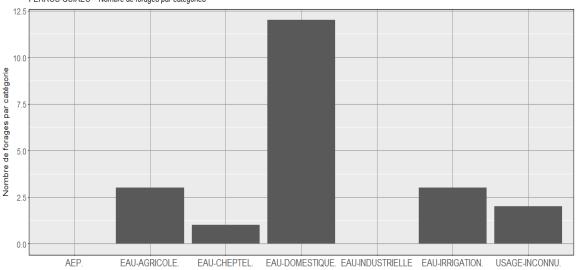


14 PERROS-GUIREC

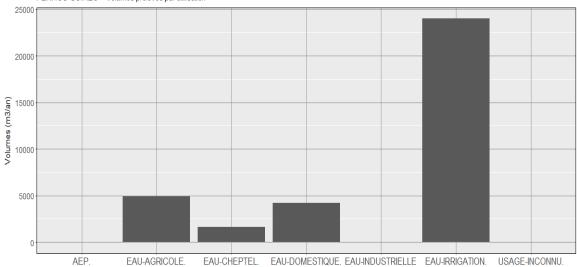
| PERROS-GUIREC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 4900 | 2450 | 2450 | 3 | 2 | 67 | 14.1 |
| EAU-IRRIGATION. | 24000 | 12000 | 12000 | 3 | 2 | 67 | 69.2 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 4198 | 525 | 574 | 12 | 8 | 67 | 12.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 1600 | 1600 | 1600 | 1 | 1 | 100 | 4.6 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 2 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 34698 | - | - | 21 | 13 | 62 | 100.0 |

*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné - (NA= non disponible)



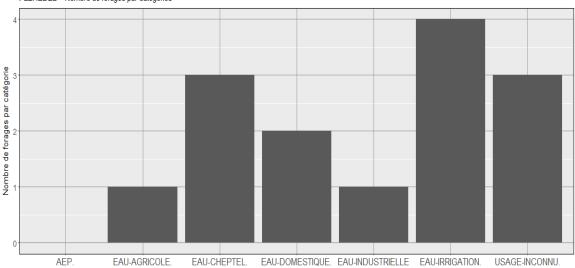


PERROS-GUIREC - Volumes prelevés par utilisation

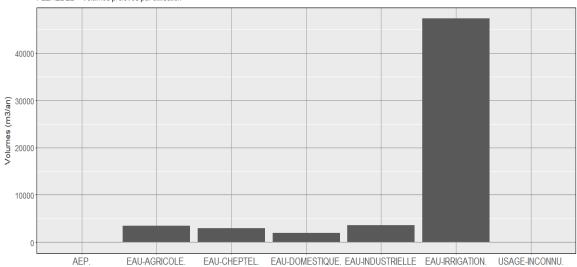


| PLEHEDEL | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 3500 | 3500 | 3500 | 1 | 1 | 100 | 5.9 |
| EAU-IRRIGATION. | 47314 | 15771 | 8000 | 4 | 3 | 75 | 79.8 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1865 | 932 | 932 | 2 | 2 | 100 | 3.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 2987 | 996 | 1300 | 3 | 3 | 100 | 5.0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 3600 | 3600 | 3600 | 1 | 1 | 100 | 6.1 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 3 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 59266 | - | - | 14 | 10 | 71 | 100.0 |

PLEHEDEL - Nombre de forages par categories

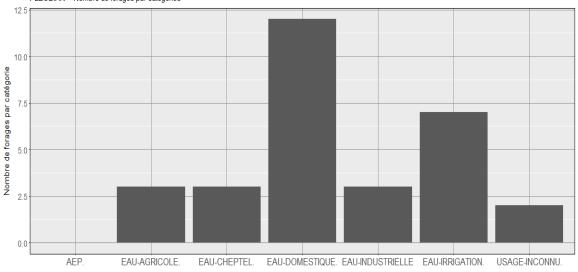


PLEHEDEL - Volumes prelevés par utilisation

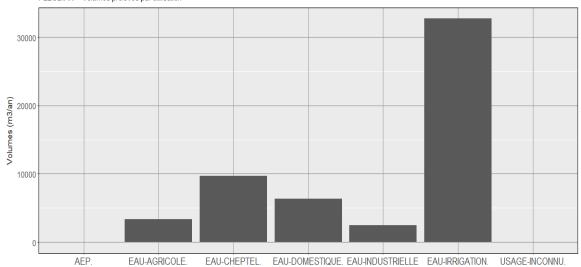


| PLEUBIAN | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 3380 | 1127 | 950 | 3 | 3 | 100 | 6.2 |
| EAU-IRRIGATION. | 32738 | 4677 | 3000 | 7 | 7 | 100 | 59.9 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 6380 | 580 | 500 | 12 | 11 | 92 | 11.7 |
| EAU-CHEPTEL. | 9700 | 3233 | 1400 | 3 | 3 | 100 | 17.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 2450 | 1225 | 1225 | 3 | 2 | 67 | 4.5 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 2 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 54648 | - | - | 30 | 26 | 87 | 100.0 |

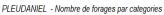


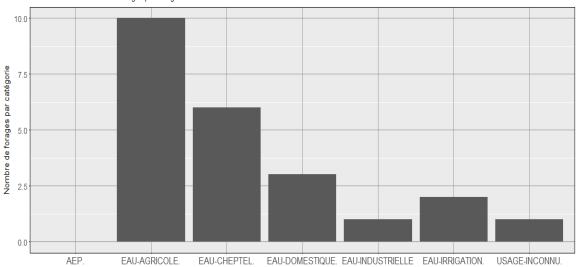


PLEUBIAN - Volumes prelevés par utilisation

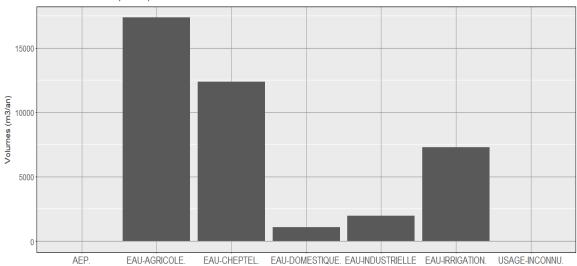


| PLEUDANIEL | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 17370 | 2895 | 1995 | 10 | 6 | 60 | 43.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 7300 | 7300 | 7300 | 2 | 1 | 50 | 18.2 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1080 | 540 | 540 | 3 | 2 | 67 | 2.7 |
| EAU-CHEPTEL. | 12365 | 2061 | 1558 | 6 | 6 | 100 | 30.8 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 1980 | 1980 | 1980 | 1 | 1 | 100 | 4.9 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 40095 | - | - | 23 | 16 | 70 | 100.0 |



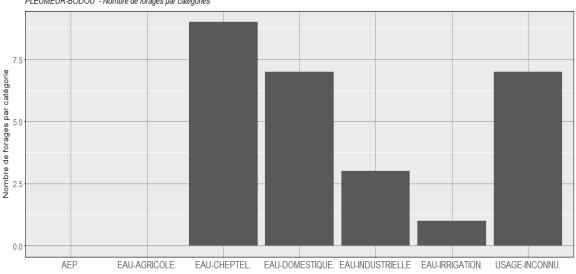


PLEUDANIEL - Volumes prelevés par utilisation

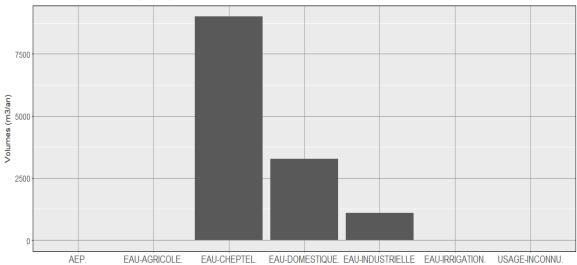


| PLEUMEUR-BODOU | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | = | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 3270 | 818 | 690 | 7 | 4 | 57 | 24.4 |
| EAU-CHEPTEL. | 9010 | 1287 | 1770 | 9 | 7 | 78 | 67.3 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 1100 | 550 | 550 | 3 | 2 | 67 | 8.2 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 7 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 13380 | - | - | 27 | 13 | 48 | 100.0 |

PLEUMEUR-BODOU - Nombre de forages par categories



PLEUMEUR-BODOU - Volumes prelevés par utilisation

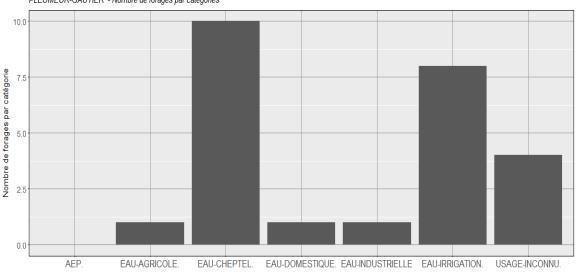


19 PLEUMEUR-GAUTIER

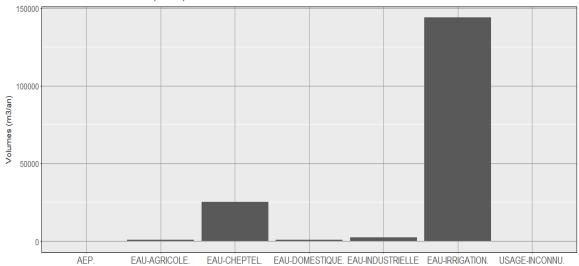
| PLEUMEUR-GAUTIER | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 800 | 800 | 800 | 1 | 1 | 100 | 0.5 |
| EAU-IRRIGATION. | 144000 | 18000 | 6500 | 8 | 8 | 100 | 83.1 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 730 | 730 | 730 | 1 | 1 | 100 | 0.4 |
| EAU-CHEPTEL. | 25330 | 2533 | 1075 | 10 | 10 | 100 | 14.6 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 2500 | 2500 | 2500 | 1 | 1 | 100 | 1.4 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 4 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 173360 | - | - | 25 | 21 | 84 | 100.0 |

*Le nombre de forage AEP n'est pas renseigné - (NA= non disponible)

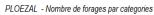
PLEUMEUR-GAUTIER - Nombre de forages par categories

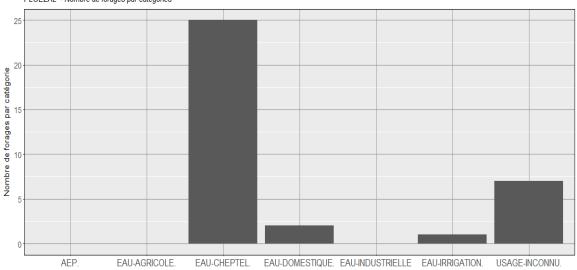




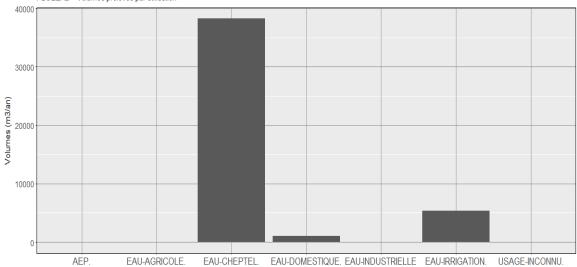


| PLOEZAL | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 5400 | 5400 | 5400 | 1 | 1 | 100 | 12.1 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1000 | 500 | 500 | 2 | 2 | 100 | 2.2 |
| EAU-CHEPTEL. | 38252 | 2250 | 2000 | 25 | 17 | 68 | 85.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 7 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 44652 | - | - | 40 | 20 | 50 | 100.0 |



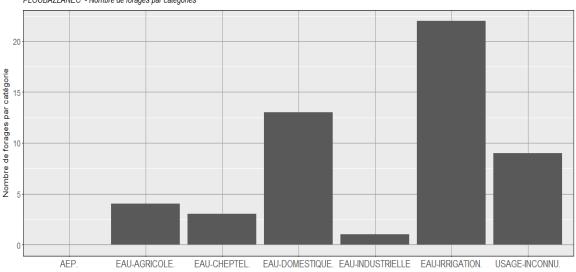




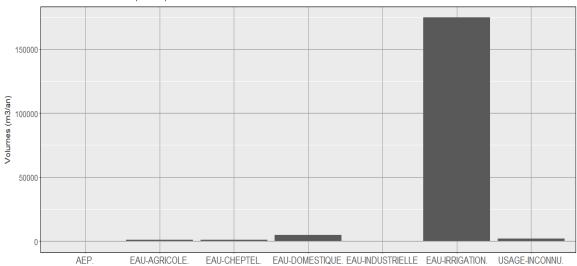


| PLOUBAZLANEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 1150 | 575 | 575 | 4 | 2 | 50 | 0.6 |
| EAU-IRRIGATION. | 174737 | 8737 | 7230 | 22 | 20 | 91 | 95.1 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 4920 | 615 | 480 | 13 | 8 | 62 | 2.7 |
| EAU-CHEPTEL. | 1000 | 1000 | 1000 | 3 | 1 | 33 | 0.5 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 2000 | 2000 | 2000 | 9 | 1 | 11 | 1.1 |
| TOTAL | 183807 | - | - | 52 | 32 | 62 | 100.0 |

PLOUBAZLANEC - Nombre de forages par categories

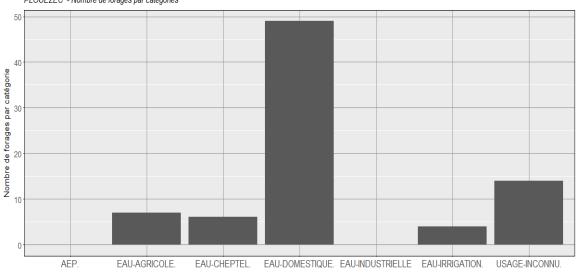


PLOUBAZLANEC - Volumes prelevés par utilisation

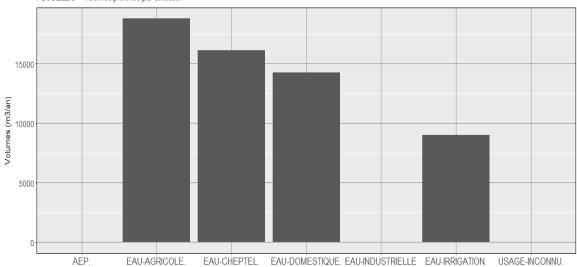


| PLOUEZEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 18800 | 2686 | 3000 | 7 | 7 | 100 | 32.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 9000 | 4500 | 4500 | 4 | 2 | 50 | 15.5 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 14265 | 446 | 325 | 49 | 32 | 65 | 24.5 |
| EAU-CHEPTEL. | 16150 | 3230 | 1500 | 6 | 5 | 83 | 27.7 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 14 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 58215 | - | - | 80 | 46 | 57 | 100.0 |

PLOUEZEC - Nombre de forages par categories

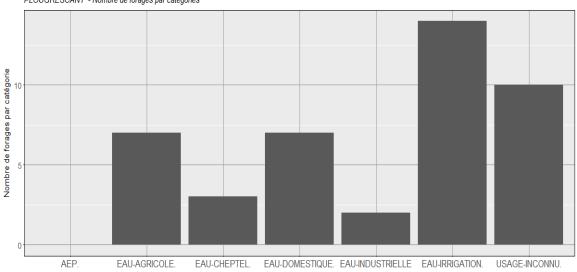




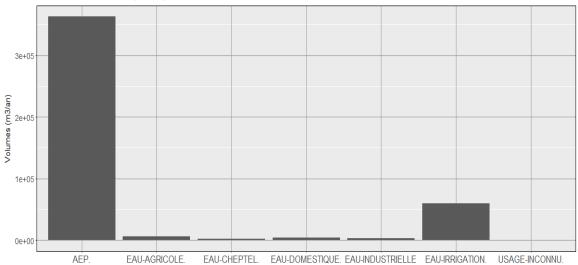


| PLOUGRESCANT | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 362890 | 181445 | 181445 | - | - | - | 83.1 |
| EAU-AGRICOLE. | 5600 | 1400 | 750 | 7 | 4 | 57 | 1.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 59978 | 5453 | 3000 | 14 | 11 | 79 | 13.7 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 3700 | 740 | 800 | 7 | 5 | 71 | 0.8 |
| EAU-CHEPTEL. | 1500 | 1500 | 1500 | 3 | 1 | 33 | 0.3 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 2900 | 1450 | 1450 | 2 | 2 | 100 | 0.7 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 10 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 436568 | - | - | 51 | 25 | 49 | 100.0 |

PLOUGRESCANT - Nombre de forages par categories

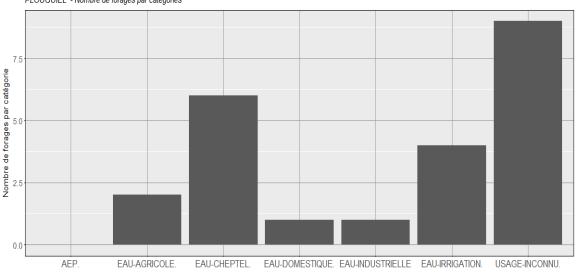


PLOUGRESCANT - Volumes prelevés par utilisation

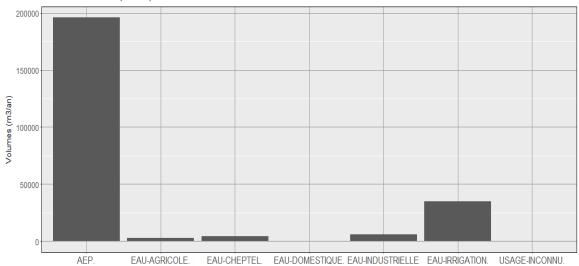


| PLOUGUIEL | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 196100 | 196100 | 196100 | - | - | - | 80.5 |
| EAU-AGRICOLE. | 2600 | 1300 | 1300 | 2 | 2 | 100 | 1.1 |
| EAU-IRRIGATION. | 35000 | 17500 | 17500 | 4 | 2 | 50 | 14.4 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 4000 | 1333 | 1100 | 6 | 3 | 50 | 1.6 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 6000 | 6000 | 6000 | 1 | 1 | 100 | 2.5 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 9 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 243700 | - | - | 34 | 9 | 26 | 100.0 |

PLOUGUIEL - Nombre de forages par categories

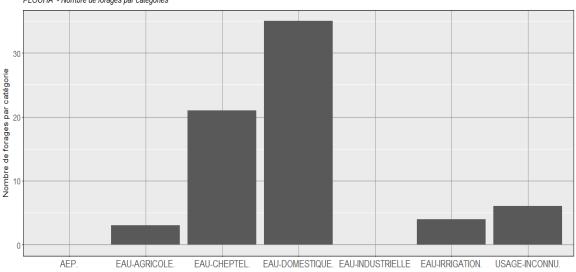




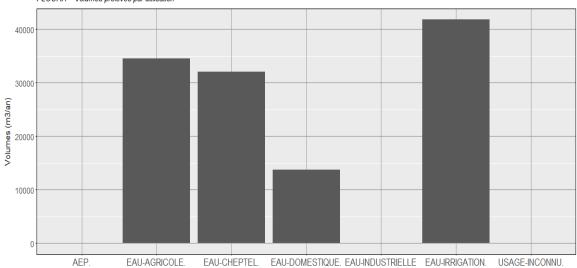


| PLOUHA | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 34528 | 11509 | 3000 | 3 | 3 | 100 | 28.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 41820 | 10455 | 10210 | 4 | 4 | 100 | 34.2 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 13775 | 394 | 360 | 35 | 35 | 100 | 11.3 |
| EAU-CHEPTEL. | 32088 | 1888 | 1300 | 21 | 17 | 81 | 26.3 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 6 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 122211 | - | - | 72 | 59 | 82 | 100.0 |

PLOUHA - Nombre de forages par categories



PLOUHA - Volumes prelevés par utilisation



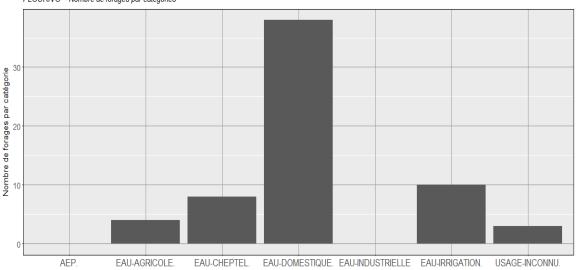
| PLOURIVO | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 8700 | 2175 | 2250 | 4 | 4 | 100 | 18.3 |
| EAU-IRRIGATION. | 26300 | 2630 | 2750 | 10 | 10 | 100 | 55.4 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 4725 | 394 | 300 | 38 | 12 | 32 | 9.9 |
| EAU-CHEPTEL. | 7781 | 1112 | 700 | 8 | 7 | 88 | 16.4 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 3 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 47506 | - | - | 63 | 33 | 52 | 100.0 |

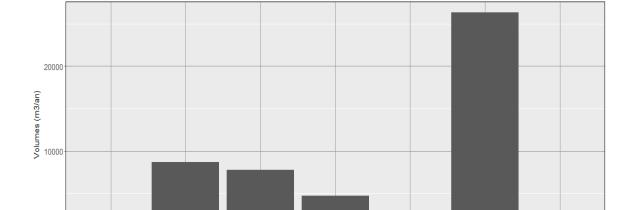
PLOURIVO - Nombre de forages par categories

PLOURIVO - Volumes prelevés par utilisation

AEP.

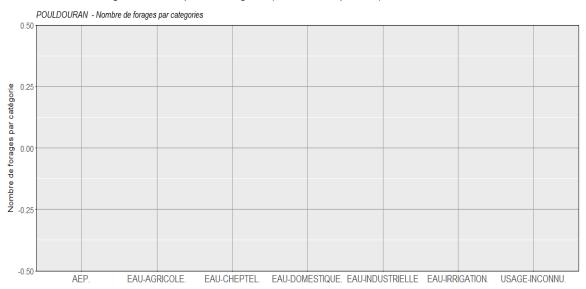
EAU-AGRICOLE.





EAU-CHEPTEL. EAU-DOMESTIQUE. EAU-INDUSTRIELLE EAU-IRRIGATION. USAGE-INCONNU.

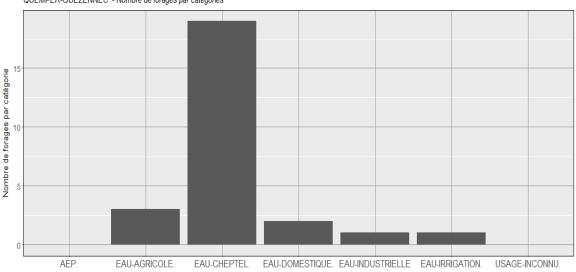
| POULDOURAN | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | NA |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |
| EAU-DOMESTIQUE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |
| EAU-CHEPTEL. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | • | NA |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |
| TOTAL | 0 | - | - | 0 | 0 | - | NA |



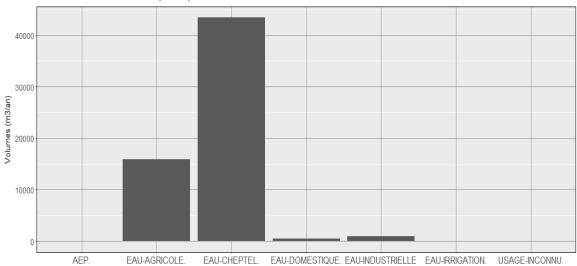
POULDOURAN - Volumes prelevés par utilisation 0.50 0.25 0.00 AEP. EAU-AGRICOLE. EAU-CHEPTEL. EAU-DOMESTIQUE. EAU-INDUSTRIELLE EAU-IRRIGATION. USAGE-INCONNU.

| QUEMPER-GUEZENNEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 15900 | 5300 | 3600 | 3 | 3 | 100 | 26.2 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 500 | 250 | 250 | 2 | 2 | 100 | 0.8 |
| EAU-CHEPTEL. | 43450 | 2287 | 1500 | 19 | 19 | 100 | 71.5 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 900 | 900 | 900 | 1 | 1 | 100 | 1.5 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| TOTAL | 60750 | - | - | 27 | 25 | 93 | 100.0 |

QUEMPER-GUEZENNEC - Nombre de forages par categories

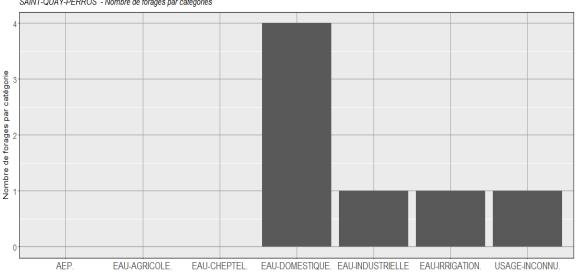


QUEMPER-GUEZENNEC - Volumes prelevés par utilisation

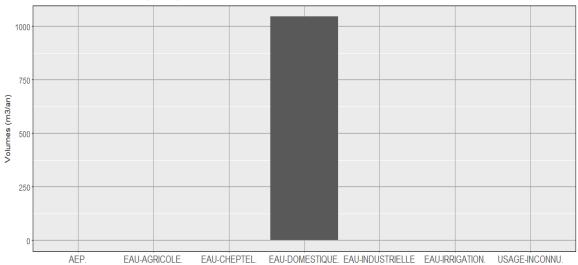


| SAINT-QUAY-PERROS | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 1045 | 348 | 365 | 4 | 3 | 75 | 100 |
| EAU-CHEPTEL. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 1045 | - | - | 8 | 3 | 38 | 100 |

SAINT-QUAY-PERROS - Nombre de forages par categories

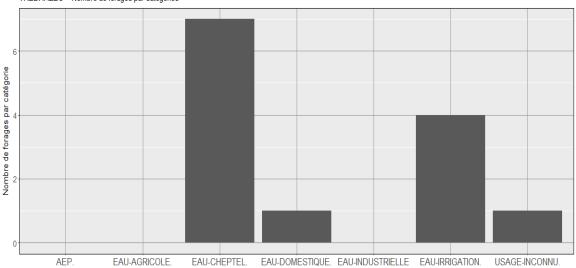


SAINT-QUAY-PERROS - Volumes prelevés par utilisation

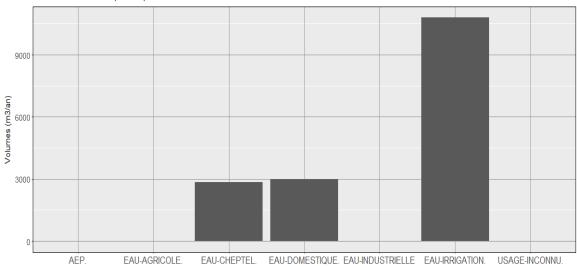


| TREDARZEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 10800 | 2700 | 3100 | 4 | 4 | 100 | 64.9 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 3000 | 3000 | 3000 | 1 | 1 | 100 | 18.0 |
| EAU-CHEPTEL. | 2850 | 1425 | 1425 | 7 | 2 | 29 | 17.1 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 16650 | - | - | 13 | 7 | 54 | 100.0 |

TREDARZEC - Nombre de forages par categories

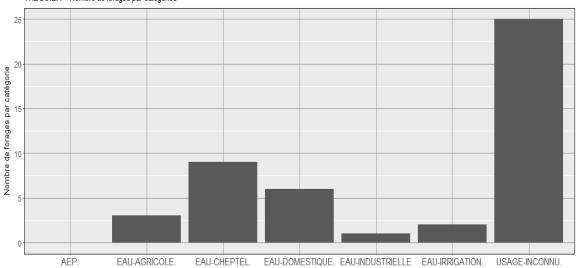


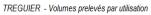
TREDARZEC - Volumes prelevés par utilisation

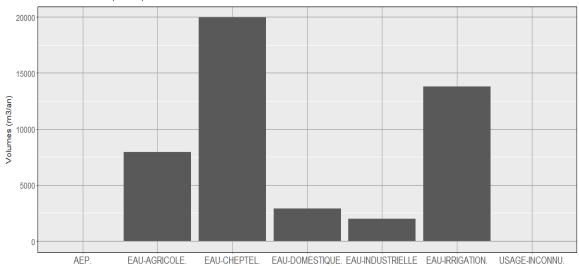


| TREGUIER | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | - | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 7920 | 2640 | 2920 | 3 | 3 | 100 | 17.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 13800 | 6900 | 6900 | 2 | 2 | 100 | 29.6 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 2900 | 483 | 400 | 6 | 6 | 100 | 6.2 |
| EAU-CHEPTEL. | 19950 | 2494 | 1250 | 9 | 8 | 89 | 42.8 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 2000 | 2000 | 2000 | 1 | 1 | 100 | 4.3 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 25 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 46570 | - | - | 56 | 20 | 36 | 100.0 |



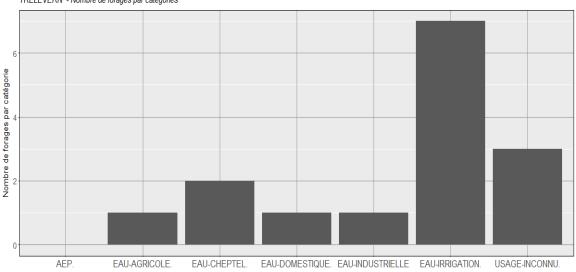




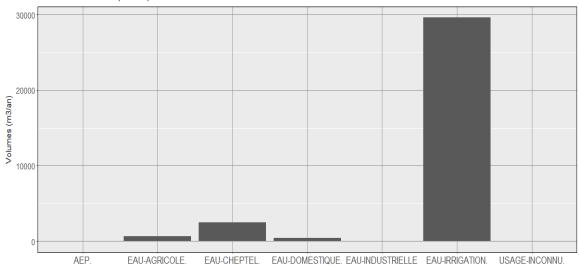


| TRELEVERN | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 600 | 600 | 600 | 1 | 1 | 100 | 1.8 |
| EAU-IRRIGATION. | 29600 | 7400 | 6800 | 7 | 4 | 57 | 89.6 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 365 | 365 | 365 | 1 | 1 | 100 | 1.1 |
| EAU-CHEPTEL. | 2460 | 1230 | 1230 | 2 | 2 | 100 | 7.4 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 3 | 0 | 0 | 0.0 |
| TOTAL | 33025 | - | - | 15 | 8 | 53 | 100.0 |

TRELEVERN - Nombre de forages par categories

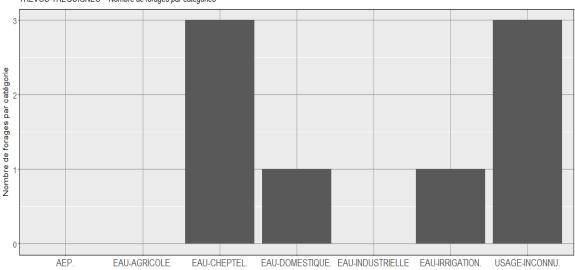




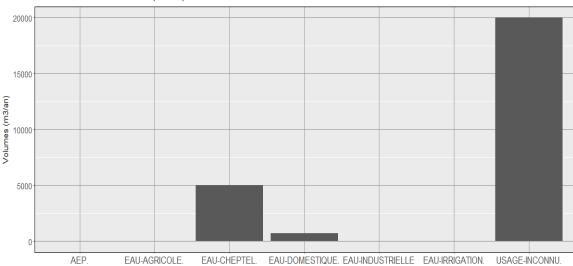


| TREVOU-TREGUIGNEC | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0.0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 1 | 0 | 0 | 0.0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 700 | 700 | 700 | 1 | 1 | 100 | 2.7 |
| EAU-CHEPTEL. | 4982 | 1661 | 1800 | 3 | 3 | 100 | 19.4 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0.0 |
| USAGE-INCONNU. | 20000 | 20000 | 20000 | 3 | 1 | 33 | 77.9 |
| TOTAL | 25682 | - | - | 8 | 5 | 62 | 100.0 |

TREVOU-TREGUIGNEC - Nombre de forages par categories

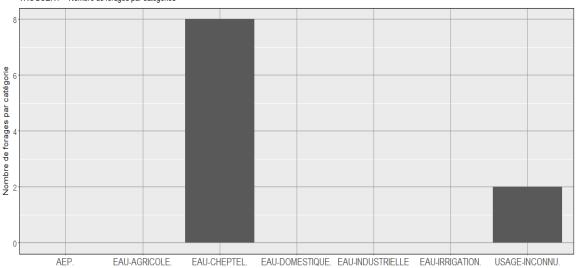




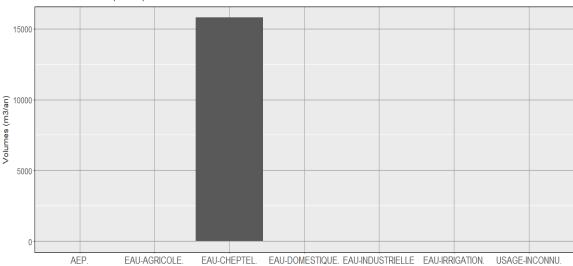


| TROGUERY | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0 |
| EAU-AGRICOLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-CHEPTEL. | 15800 | 3950 | 4250 | 8 | 4 | 50 | 100 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 2 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 15800 | - | - | 10 | 4 | 40 | 100 |

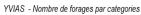
TROGUERY - Nombre de forages par categories

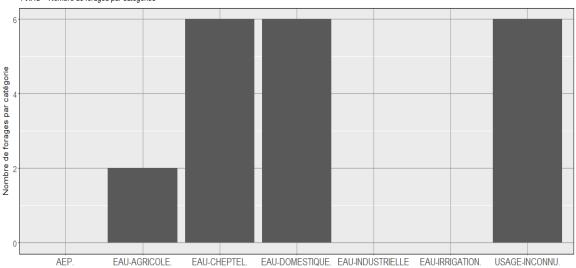


TROGUERY - Volumes prelevés par utilisation

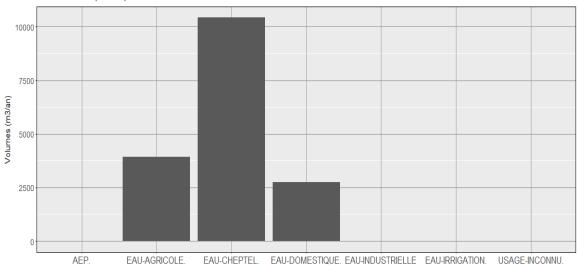


| YVIAS | Volume total | Vol. moyen | Vol. Median | Nb Forages | Nb Forages renseignes | % forages renseignes | % Volume |
|-------------------|--------------|------------|-------------|------------|-----------------------|----------------------|----------|
| AEP. | 0 | - | - | - | - | NA | 0 |
| EAU-AGRICOLE. | 3925 | 1962 | 1962 | 2 | 2 | 100 | 23 |
| EAU-IRRIGATION. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| EAU-DOMESTIQUE. | 2740 | 685 | 710 | 6 | 4 | 67 | 16 |
| EAU-CHEPTEL. | 10430 | 1738 | 865 | 6 | 6 | 100 | 61 |
| EAU-INDUSTRIELLE. | 0 | - | - | 0 | 0 | - | 0 |
| USAGE-INCONNU. | 0 | - | - | 6 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 17095 | - | - | 21 | 12 | 57 | 100 |





YVIAS - Volumes prelevés par utilisation



Annexe 5

Evolution des concentrations en chlorures et sodium sur les exploitations étudiées





Centre scientifique et technique 3, avenue Claude-Guillemin BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr **Direction régionale Bretagne** 2 rue de Jouanet

35700 – Rennes – France Tél.: 02 99 84 26 70