

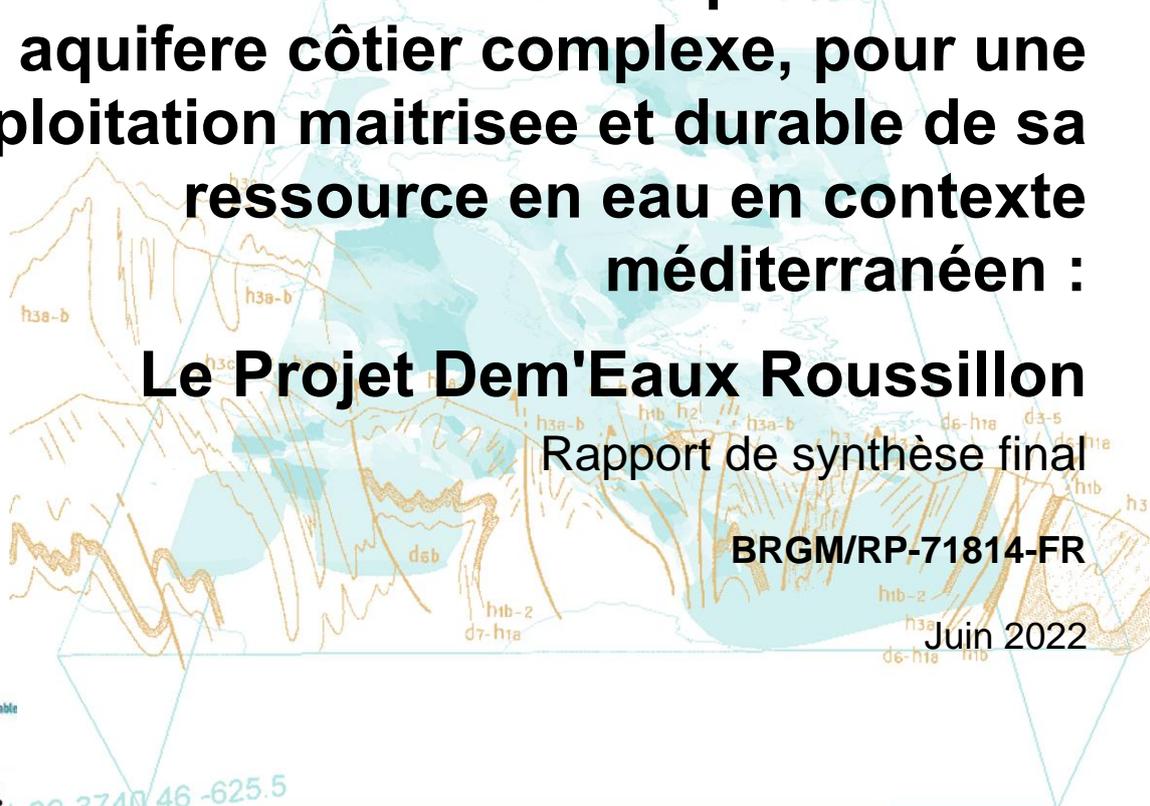


Caractérisation transdisciplinaire d'un aquifère côtier complexe, pour une exploitation maîtrisée et durable de sa ressource en eau en contexte méditerranéen :

Le Projet Dem'Eaux Roussillon Rapport de synthèse final

BRGM/RP-71814-FR

Juin 2022



Document public

Caractérisation transdisciplinaire d'un aquifère côtier complexe, pour une exploitation maîtrisée et durable de sa ressource en eau en contexte méditerranéen : Le Projet Dem'Eaux Roussillon

Rapport de synthèse final

BRGM/RP-71814-FR

Juin 2022

Réalisé avec le concours financier de l'Etat et de la Région Occitanie (dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région 2015-2020), du FEDER, de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, de Perpignan Méditerranée Métropole et de Conseil Départemental des Pyrénées Orientales

Y. Caballero

avec la collaboration de : Y. Balouin, L. Baudouy, S. Berne, F. Bouchette, B. Bourguin, F. Bourrin, L. Brun, C. Champollion, C. Duvail, V. Dall'Alba, B. Dewandel, A. Fioravanti, P. Garin, G. Henry, B. Issautier, T. Jacob, B. Ladouche, S. Lanini, E. Lasseur, J. Loffi, C. Loiselet, M.-A. Mauffrey, F. Meslard, M. Montginoul, N. Neverre, P. Pezard, J.-B. Raynaud, P. Renard, J.-D. Rinaudo, L. Schorpp, L. Seguin, A. Soullnac



Vérificateur :

Nom : J.C. Maréchal

Fonction : Directeur Unité DEPA/NRE

Date : 29/06/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : A. Blum

Fonction : Directrice Régionale Occitanie

Date : 30/06/2022

Signature :

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

Contact : qualite@brgm.fr



Mots-clés : Ressource en eau souterraine ; Hydrogéologie ; Démonstrateur ; Plio-Quaternaire du Roussillon ; Pyrénées Orientales.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Caballero, Y., Balouin, Y., Baudouy, L., Berne, S., Bouchette, F., Bourguin, B., Bourrin, F., Brun, L., Champollion, C., Duvail, C., Dall'Alba, V., Dewandel, B., Fioravanti, A., Garin, P., Henry, G., Issautier, B., Jacob, T., Ladouche, B., Lanini, S., Lasseur, E., Loffi, J., Loiselet, C., Mauffrey, M.-A., Meslard, F., Montginoul, M., Neverre, N., Pezard, P., Raynaud, J.-B., Renard, P., Rinaudo, J.-D., Schorpp, L., Seguin, L., Soullignac, A., (2022), Caractérisation transdisciplinaire d'un aquifère côtier complexe, pour une exploitation maîtrisée et durable de sa ressource en eau en contexte méditerranéen : Le Projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport final. BRGM/RP-71814-FR, 81 p., 62 ill., 1 ann.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport constitue le rapport de synthèse final des travaux prévus dans le cadre des conventions liant le BRGM au Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, à la Région Occitanie (pour l'accès au FEDER), à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, à Perpignan Méditerranée Métropole et au Département des Pyrénées Orientales, pour la réalisation du projet Dem'Eaux Roussillon.

Il synthétise le travail réalisé dans le cadre des différentes tâches du projet entre janvier 2017 et décembre 2021 et en présente les principaux résultats. Cette synthèse s'appuie sur les rapports détaillant les actions réalisées, qui sont proposés comme productions du projet et qui sont accessibles sur le [site web du projet](#).

Le travail réalisé au cours de ce projet a permis :

- D'acquérir des données lithologiques et de les interpréter au regard de la connaissance géologique disponible pour fournir une description de la géométrie des formations sédimentaires Quaternaires et Pliocènes, qui constituent l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon. Cette description a ensuite été transposée dans un outil de modélisation qui permet la visualisation et l'interrogation de l'ensemble du système à terre et sur son extension en mer ;
- D'illustrer et de documenter le bon degré d'appropriation et d'intégration des connaissances techniques et scientifiques sur l'hydrosystème dans les documents de planification et de gestion de la ressource produits sur le territoire depuis 50 ans et de mettre en lumière des enjeux de connaissance liés aux interactions entre eaux de surface, canaux et eaux souterraines, à la vulnérabilité de l'aquifère Pliocène et à la question des intrusions salines ;
- De décrire les principaux usages de l'eau sur le territoire, que constituent l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation pour l'agriculture. Des outils dédiés au suivi des usages AEP (approche probabiliste pour l'estimation de la demande et suivi de la consommation à partir des informations de facturation) ont ainsi été développés. Un prototype d'outil d'optimisation de la ressource disponible pour assurer la satisfaction des usages pour l'AEP a également été construit et a permis d'explorer et de localiser, à l'échelle communale, les difficultés d'approvisionnement qui pourraient survenir dans des scénarios d'évolution de la demande future. Les cultures irriguées ont été cartographiées pour l'année 2016 et leur alimentation par les eaux souterraines qualifiée. Leurs surfaces ont été quantifiées et replacées dans un contexte de diminution depuis les années 1980. Les flux entre les canaux, utilisés pour l'irrigation gravitaire, les nappes et les cours d'eau ont été estimés dans le cadre d'une campagne de mesures réalisée sur le bassin versant de la Têt, entre le barrage de Vinça et Perpignan. Cette campagne a permis de montrer le rôle prépondérant des canaux dans la répartition de la ressource en eau, que l'on a tenté de caractériser d'un point de vue économique en quantifiant le surcoût de frais de gestion que représenterait leur absence sur le territoire ;
- D'explorer le degré d'interaction entre les eaux souterraines superficielles, les dynamiques d'apports sédimentaires de la Têt et la dynamique maritime à son embouchure. Le rôle de la flèche sédimentaire qui se forme à l'embouchure de la Têt a été décrit en fonction des phénomènes de crue/tempête et les différents types de forçages météo-marins (densité de l'eau salée, action des vagues) qui s'appliquent sur les eaux souterraines côtières et leur évolution future ont été expertisés ;

- De caractériser le comportement hydrodynamique et géochimique des eaux souterraines s'écoulant au sein des formations du Quaternaire et du Pliocène. Cette caractérisation a été réalisée au travers d'un travail de bancarisation de données hydrodynamiques et géochimiques depuis les années 1960 et de la mise en place de deux observatoires, à terre (Dem'Terre) et en bordure de la mer (Dem'Mer) qui permettent un suivi hydrogéophysique à haute résolution verticale et temporelle des processus de recharge et d'intrusions salines. L'interprétation de cet important jeu de données a permis de décrire l'évolution de la situation (stabilité dans le Quaternaire et baisse dans le Pliocène) et les propriétés hydrodynamiques du système et de quantifier l'influence des eaux de recharge (précipitations, canaux, cours d'eau), des apports souterrains des Corbières, des interactions eaux-roche, du processus de drainance verticale provoqué par les pompages (facteur probablement majeur car il accélère les écoulements) et de la présence d'eau de mer, sur la distribution spatiale des caractéristiques géochimiques des eaux souterraines de la plaine ;
- De tenter d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises dans un outil de modélisation numérique (MartRouss), décrivant le système à l'aide de sept couches (dont deux semi-perméables de séparation) sur l'ensemble du système à terre et en mer. Calibré en régime permanent, ce qui a permis de fournir un bilan des flux à l'échelle du système à terre et de ses interactions avec la mer, ainsi que mettre en évidence les besoins d'amélioration des connaissances, son exploitation en régime transitoire devra faire l'objet de travaux ultérieurs ;
- De produire, pour finir, une plateforme de valorisation des données et des travaux du projet, ayant vocation à devenir une portail d'accès aux données d'intérêt pour la gestion de la ressource en eau du territoire. Cette plateforme, dont la maintenance est assurée d'ici mi 2023, avec le soutien du CD66, de PMM et du SMNPR et qui a été renommée VisiEau'66, est une vitrine du travail réalisé et permettra un partage de l'ensemble des données disponibles qui pourrait faciliter les réflexions dans des instances comme le Comité Sécheresse par exemple.

L'ensemble de ce travail a été valorisé via différents canaux et à destination de différents publics : publications scientifiques, congrès, communications grand public, presse. Un bilan des communications réalisées est établi en fin de rapport.

En conclusion de ce rapport, les principaux enseignements des différents travaux sont synthétisés et des recommandations se basant sur ces derniers sont proposées.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Présentation des activités réalisées par tâches.....	17
2.1. COORDINATION ET ADMINISTRATION DU PROJET	17
2.2. CARACTERISATION GEOLOGIQUE	18
2.2.1. Acquisition de données et interprétation	18
2.2.2. Modélisation géologique	22
2.3. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES USAGES DE L'EAU.....	24
2.3.1. Intégration des connaissances dans la planification de la gestion de l'eau	24
2.3.2. Usages de la ressource en eau pour l'irrigation	26
2.3.3. Quantification des flux entre cours d'eau, canaux et nappes sur la Têt en amont de Perpignan	28
2.3.4. Evaluation économique des services associés à l'irrigation gravitaire	33
2.3.5. Connaître, prévoir et gérer la demande en eau potable	35
2.3.6. Caractériser les consommations en eau potable à partir des fichiers de facturation 37	
2.3.7. Optimisation des prélèvements par rapport aux ressources disponibles	38
2.4. INTERACTIONS AVEC LA DYNAMIQUE LITTORALE	42
2.4.1. Contraintes morphodynamiques dans la zone d'embouchure de la Têt	42
2.4.2. Développement d'un prototype d'acquisition bathymétrique aéroporté.....	44
2.4.3. Modélisation actuelle et future de la submersion marine	45
2.4.4. Propagation de signal météo-marin dans un aquifère côtier.....	46
2.5. CARACTERISATION HYDROGEOLOGIQUE	49
2.5.1. Observatoires hydro-géophysiques en forage.....	49
2.5.2. Valorisation hydrodynamique et géochimique des essais de pompage.....	53
2.5.3. Modèle conceptuel des écoulements au sein des formations du Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon	56
2.5.4. Modélisation hydrodynamique de l'aquifère Plio-Quaternaire.....	63
2.6. PLATEFORME DE VALORISATION « FOLLOW ROUSSILLON »	66
2.6.1. Concentration et bancarisation des données de mesure.....	66
2.6.2. Valorisation des données à travers la plateforme Follow Roussillon	68
2.7. COMMUNICATIONS ET VALORISATIONS.....	69
2.7.1. Approche géologique	69
2.7.2. Approche Socio-économique :	69
2.7.3. Approche Littoral :	69
2.7.4. Approche Hydrogéologie :	70
2.7.5. Approche Valorisation :	70
2.7.6. Communications média ou grand public	70

3. Conclusions et recommandations	71
4. Références bibliographiques	77
5. Annexes	81

Liste des illustrations

Illustration 1 : Situation des aquifères sédimentaires côtiers et interactions avec leur environnement (Duvail et Aunay, 2005).	11
Illustration 2: présentation schématique des tâches du projet et des principales actions qui les composent. Les flèches noires en trait plein indiquent les relations entre les différentes tâches et les différentes disciplines. Les flèches noires en trait pointillés indiquent les observations et les résultats des calculs qui seront visualisables au sein de la plateforme de valorisation web.	12
Illustration 3: Réunion du 6 ^{ème} et dernier Comité de Suivi du projet Dem'Eaux Roussillon à Perpignan.....	17
Illustration 4 : Itinéraire de découverte des affleurements des formations du Pliocène intéressants présentés dans le livret-guide (Duvail, 2017).	18
Illustration 5 : Image conceptuelle de l'organisation des dépôts sédimentaires du Pliocène, à l'échelle de la plaine du Roussillon (Issautier et al., 2021).....	19
Illustration 6: coupe terre-mer modifiée à partir de Duvail (2008), à partir des logs lithologiques construits à partir des carottes (Duvail et al., 2021).	20
Illustration 7 : vue panoramique de la carothèque installée au BRGM dans le centre technique d'Orléans (crédit photo: O. Serrano).....	20
Illustration 8 : Coupe terre-mer d'Ouest en Est des faciès identifiés dans le bassin du Roussillon et sur le plateau (Duvail et al., 2022).	21
Illustration 9 : Bloc synthétique de la disposition des différents faciès du Pliocène et du Quaternaire (Duvail et al., 2022).....	22
Illustration 10 : Epaisseur de la formation du Pliocène continental selon un continuum terre-mer (Fioravanti et al., 2022).	22
Illustration 11 : Visualisation du modèle géologique 3D sous GDM Viewer (dilatation verticale x10) (Fioravanti et al., 2022).	23
Illustration 12 : extrait de la frise chronologique produite dans le cadre du projet, présentant la chronologie de la gestion institutionnelle et opérationnelle et la production de connaissance sur la plaine du Roussillon depuis 1960 (Seguin et al., 2022). ..	25
Illustration 13 : Séminaire de restitution et discussion des résultats de l'analyse rétrospective. 26	
Illustration 14 : Répartition des parcelles irriguées estimées par analyse d'images dans la Plaine du Roussillon (modifiée d'après Chauveau et al., 2021).	27
Illustration 15 : Estimation des besoins en eau théoriques d'irrigation en fonction des milieux de prélèvement sur la plaine du Roussillon (modifié à partir de Chauveau et al., 2021).	28
Illustration 16 : Illustration schématique de la dynamique des retours d'eau en provenance des canaux le long de la Têt ().	29

Illustration 17 : Evaluation en ordre de grandeur et en moyenne du bilan des flux d'irrigation sur le bassin de la Têt en période estivale (juillet-septembre, moyenne 2000-2009), (Laurent et al., 2021).	30
Illustration 18 : Teneurs en silice et signatures isotopiques en oxygène 18 des eaux échantillonnées en 2017 replacées dans le contexte géochimique du secteur d'étude (Ladouche et Caballero, 2022).	31
Illustration 19 : Bilan hydrologique (vu depuis la Têt) par tronçons (Ladouche et Caballero, 2022).	32
Illustration 20 : Bilan hydrogéologique ponctuel (été 2017) réalisé sur le bassin de la Tet, en amont de Perpignan (Ladouche et Caballero, 2022).	33
Illustration 21 : Estimation du nombre d'années au bout duquel les forages seraient amenés à arrêter leur exploitation, dans le cadre d'un scénario de baisse des nappes sur la Plaine du Roussillon (modifié à partir de Bosio & Lavenue, 2021).	34
Illustration 22 : estimation des surcoûts engendrés par la mise en oeuvre des solutions de substitution pour le scénario 1 (modifié à partir de Bosio & Lavenue, 2021). ...	35
Illustration 23 : Algorithme de calcul de la demande en eau domestique et touristique. Les valeurs des paramètres sont tirées aléatoirement dans une distribution choisie par l'utilisateur (cadres couleur orange) ou tirées de la littérature (croix rouges) (Soulignac et al., 2022).	36
Illustration 24 : estimation probabiliste de la demande en eau potable à l'horizon 2050 pour la plaine du Roussillon.	37
Illustration 25 : type de résultats pouvant être obtenus pour caractériser les consommations en eau potable sur un territoire donné (ici, le syndicat SMGC, Montginoul, (2020)).	38
Illustration 26 : Schéma conceptuel du modèle de l'approvisionnement en eau potable (URD = Unité homogène Ressources-Demande) (Neverre & Mathey, 2022).	39
Illustration 27 : Taux de défaillance de l'approvisionnement en été (juillet-aout) dans le cas du scénario le plus défavorable (à gauche) et le plus favorable (à droite) (Neverre & Mathey, 2022).	40
Illustration 28 : Vue d'ensemble des résultats de tous les scénarios. Le scénario le plus défavorable est situé tout en haut à gauche, le scénario le plus favorable tout en bas à droite (Neverre & Mathey, 2022).	41
Illustration 29 : Carte de position des différentes stations de mesures sur la Têt aval et en zone côtière	42
Illustration 30 : Evolution du flux de matières à l'embouchure en fonction du débit (Meslard et al., 2022)	43
Illustration 31 : Rôle de la morphodynamique aux embouchures lors des tempêtes.	44
Illustration 32 : Prototype d'acquisition bathymétrique aéroportée développé par YellowScan.	44
Illustration 33 : Comparaison entre les données de houle de l'Ifremer et les simulations du modèle (Proust et al., 2021).	45
Illustration 34: profils en long de la houle et du niveau de la mer au droit de Dem'Mer (qui serait situé à gauche sur le graphe).	46
Illustration 35 : Schématisation des forçages météo-marins qui peuvent impacter le comportement des eaux souterraines dans les aquifères côtiers (modifié à partir de Badillo, 2021).	47
Illustration 36 : Caractérisation des charges correspondantes aux trois composantes du forçage météo-marins au droit de Dem'Mer.	47

Illustration 37 : Système aquifère côtier théorique sur lequel sont appliqués les forçages météorologiques et dont les caractéristiques varient dans le cadre de l'analyse de sensibilité (Badillo, 2021).....	48
Illustration 38 : caractéristiques et équipement des ouvrages des observatoires Dem'Terre et Dem'Mer.	49
Illustration 39 : suivi de la résistivité sur le forage carotté de Dem'Mer.	50
Illustration 40 : suivi de la résistivité sur le forage carotté de Dem'Terre.....	50
Illustration 41 : suivi de la température sur le forage carotté de Dem'Mer (2020, cet équipement a souffert de plusieurs pannes qui n'ont pas permis un suivi continu sur toute la période).....	50
Illustration 42 : suivi de la température sur le forage carotté de Dem'Terre.	51
Illustration 43 : Chroniques de niveaux d'eau souterraine mesurés aux piézomètres de Dem'Mer.	51
Illustration 44 : Chroniques de niveaux d'eau souterraine mesurés aux piézomètres de Dem'Terre.	51
Illustration 45 : Chroniques de conductivité et température de l'eau souterraine mesurées aux piézomètres de Dem'Mer.....	52
Illustration 46 : Installations de forage et bungalow-container hébergeant les équipements de mesure de l'observatoire Dem'Terre.	52
Illustration 47 : synthèse des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du Plio-Quaternaire déduites des essais sur Dem'Mer1, 3 et 4.	53
Illustration 48 : synthèse des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du Plio-Quaternaire déduites des essais sur Dem'Terre1, 2 et 3.....	54
Illustration 49 : ajustement des âges apparents Hélium aux âges carbone 14 et estimation de la porosité efficace de la formation aquifère lors des pompages dans Dem'Mer3 et Dem'Mer4.	55
Illustration 50 : Ajustement des âges apparents Hélium aux âges apparents calculés à l'aide des gaz dissous anthropiques (CFC/SF6) et estimation de la porosité efficace des formations aquifères.	56
Illustration 51 : Présentation schématique des cartes piézométriques construites pour les formations du Quaternaire (gauche) et du Pliocène (droite) avec les données collectées depuis les années 1960 (Caballero).....	57
Illustration 52 : Cartes des perméabilités des formations du Pliocène construites en 2D (gauche) et en 3D (droite) pouvant alimenter un modèle hydrodynamique.	58
Illustration 53 : Exemples de cartes présentant les concentrations en chlorures sur la plaine du Roussillon et des graphes mettant en évidence le mélange entre les deux pôles en présence sur le territoire : l'eau de mer et l'eau de recharge.	59
Illustration 54 : Synthèse de principaux processus géochimiques dans les eaux du Pliocène révélés par les éléments majeurs.....	60
Illustration 55 : modélisation de l'effet d'un pompage sur le processus de drainance entre les formations du Quaternaire et du Pliocène, en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de ces formations sur la plaine du Roussillon.....	61
Illustration 56 : Schématisation des circulations d'eau souterraine au sein des formations du Plio-Quaternaire du Roussillon sous l'effet des pompages.	62
Illustration 57 : Visualisation des couches considérées dans le modèle pour les formations du Quaternaire et du Pliocène.	63

Illustration 58 : Champs de charges hydrauliques simulés et cartes piézométriques issues des observations dans l'aquifère plio-quaternaire du Roussillon (août 2012).....	64
Illustration 59: Visualisation du bilan des flux (hautes eaux, avril 2013) obtenu grâce au calage en régime permanent du modèle MARTHE appliqué à l'ensemble du système du Plio-Quaternaire du Roussillon.	65
Illustration 60 : Catégorie d'équipements et organisation de l'architecture réseau de la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022a).	66
Illustration 61 : Infrastructure applicative de la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022a).	67
Illustration 62 : Description schématique des différentes sources de données concentrées dans la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022b).	68
Illustration 63 : visualisation de l'interface de la plateforme de valorisation Follow Roussillon et de quelques unes de ces fonctionnalités.	68

Liste des annexes

Annexe 1 CR des comités de suivi du projet.....	82
-------------------------------------------------	----

1. Introduction

Les aquifères littoraux du bassin méditerranéen sont des réservoirs complexes, dont les géométries sont généralement mal connues. Souvent situés dans des formations sédimentaires multicouches, ils sont adossés à des reliefs calcaires (aquifères) ou cristallins, dont ils reçoivent les écoulements de surface ou souterrains (Illustration 1). Dans ce contexte, la proximité de la mer les soumet au risque d'intrusions d'eaux salées, qui peuvent avoir lieu en cas de déséquilibre hydraulique entre les masses d'eau douce des aquifères et l'eau de mer. De plus, dans la mesure où la bordure littorale ne représente pas une limite physique, ces aquifères peuvent s'étendre parfois assez loin sous la mer et, de ce fait, représenter un volume d'eau douce considérable, bien que pour partie enfouie sous la mer (Post et al, 2013). Si ces processus sont connus de manière qualitative, il apparaît extrêmement compliqué de les décrire de manière précise et encore plus d'en quantifier les flux. Or, l'exploitation maîtrisée de la ressource en eau contenue dans ces aquifères nécessite une connaissance fine de l'ensemble des flux de recharge et d'interaction avec la mer.

La situation des aquifères contenus dans les formations du Plio-Quaternaire du Roussillon, dans les Pyrénées Orientales, est représentative des aquifères côtiers que l'on trouve ailleurs sur le pourtour méditerranéen, du fait de leur histoire géologique commune. Les outils et les méthodes construits dans le cadre d'un partenariat innovant et multidisciplinaire pour la compréhension et l'exploitation maîtrisée de ce type d'aquifère pourraient donc intéresser un grand nombre d'exploitants et gestionnaires de par le monde.

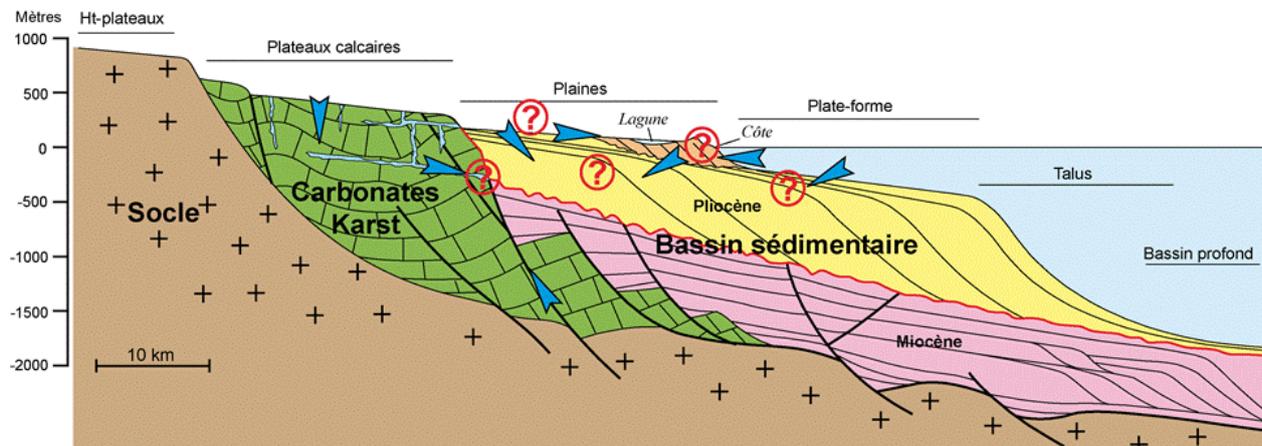


Illustration 1 : Situation des aquifères sédimentaires côtiers et interactions avec leur environnement (Duvail et Aunay, 2005).

Le projet Dem'Eaux Roussillon a proposé en 2016 une démarche pluridisciplinaire associant toutes les compétences scientifiques nécessaires à l'étude du fonctionnement des réservoirs aquifères du Plio-Quaternaire du Roussillon, de façon à optimiser son exploitation et sa protection. Les travaux se sont organisés selon les 5 tâches (Illustration 2).

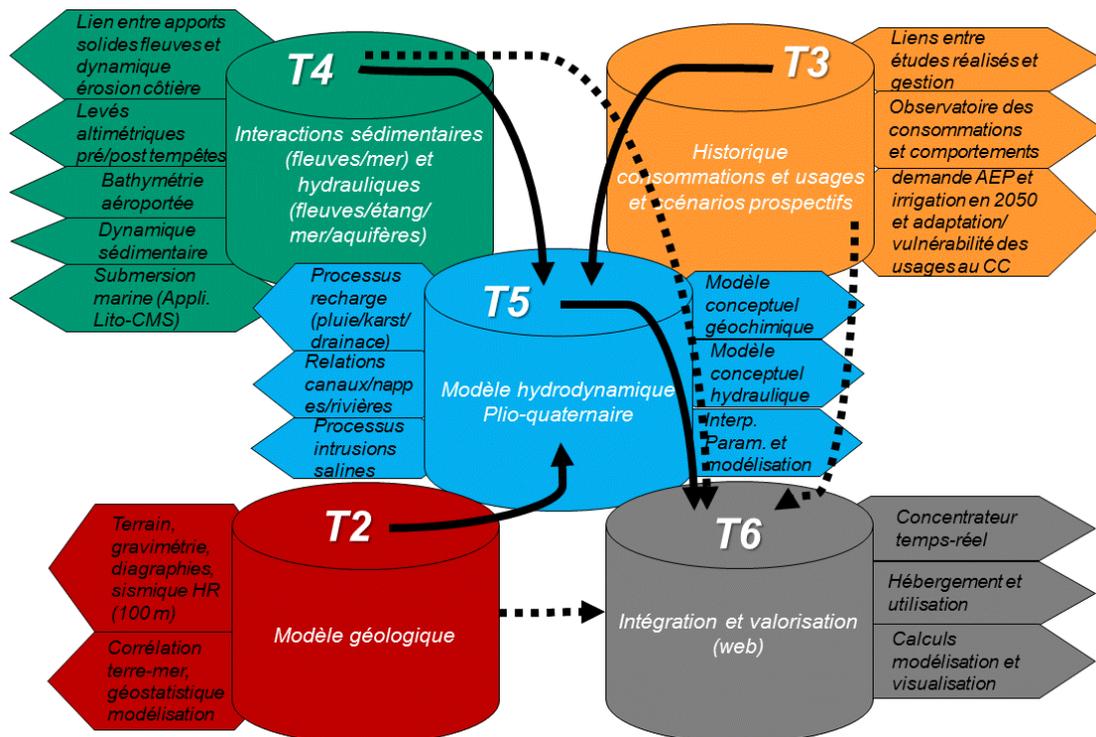


Illustration 2: présentation schématique des tâches du projet et des principales actions qui les composent. Les flèches noires en trait plein indiquent les relations entre les différentes tâches et les différentes disciplines. Les flèches noires en trait pointillés indiquent les observations et les résultats des calculs qui seront visualisables au sein de la plateforme de valorisation web.

Dans le détail, le travail s'est organisé en plusieurs approches :

- Approche **géologique** pour établir un modèle géologique 3D, en valorisant les données existantes (cartes, profils sismiques, bases de données de forages, ...) et en les complétant par des données complémentaires (réalisation de deux forages carottés, cartographie de terrain, acquisitions géophysiques en forage et sur le terrain, corrélation terre-mer, modélisation...);
- Approche **socio-économique** pour mener un travail de caractérisation spatiale et temporelle à haute-résolution des usages de l'eau sur la plaine du Roussillon, tant pour les usages en eau potable que pour les usages agricoles. Un travail d'analyse rétrospective sur les liens entre connaissances et documents de planification de la gestion de l'eau a également été réalisé. Enfin un prototype d'optimisation de usages en eau potable en fonction de la ressource en eau souterraine disponible et du réseau de distribution a également été conçu ;
- Approche axée sur le **littoral** visant à décrire les interactions de la ressource en eau avec la mer, en termes de dynamique sédimentaire à l'embouchure de la Têt et dans le contexte de l'élévation future du niveau de la mer ;
- Approche **géochimique et hydrogéologique** visant à décrire le comportement des eaux souterraines d'un point de vue dynamique et chimique, avec l'analyse de l'historique disponible depuis les années 1960, l'acquisition de données nouvelles sur deux sites « observatoires », la révision du modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines et la construction d'un modèle hydrodynamique pour l'ensemble des formations du Quaternaire et du Pliocène, à terre et en mer ;

- Approche de **valorisation** pour proposer une plateforme permettant d'interroger les sources de données existantes et produites dans le cadre du projet sur le territoire, de manière à être utile aux gestionnaires de la ressource en eau souterraine.

Le coût total du projet est de 5,8 M€. Les investissements nécessaires pour acquérir de nouvelles données (réalisation de forages carottés et de piézomètres, matériel de monitoring hydro-géophysique à haute-résolution verticale et temporelle, matériel de suivi des transferts sédimentaires sur la Têt et à son embouchure, infrastructure informatique pour la plateforme de valorisation) ont été réalisés avec le concours financier de l'Etat et de la Région Occitanie (20% du montant total du projet, dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région 2015-2020) et de Perpignan Méditerranée Métropole (5% du montant total du projet). Les dépenses de fonctionnement nécessaires à la réalisation du programme de travail ont été financées par le FEDER (15% du montant total du projet), de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (15% du montant total du projet) et du Conseil Départemental des Pyrénées Orientales (3% du montant total du projet). Le reste du financement du projet (soit 42%) a été apporté grâce à la participation financière de la plupart des partenaires.

Pour le mener à bien, ont été mobilisés des organismes de recherche (BRGM – coordinateur, INRAE – UMR GEAU, les Universités de Montpellier - UMR Géosciences et de Perpignan Via Domitia – UMR CEFREM), des entreprises de la région Occitanie spécialisées en géosciences (BRL Ingénierie, Géoter FUGRO Group et Yellowscan) et en informatique (Synapse Informatique), ainsi que les gestionnaires de la ressource en eau du territoire étudié (Syndicat Mixte des Nappes de la Plaine du Roussillon et Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Têt).

Le présent rapport constitue le rapport final des travaux du projet Dem'Eaux Roussillon. Il présente de manière synthétique les principaux résultats du projet sur les différentes approches, qui font l'objet de rapports détaillés constituant les productions effectives du projet. Le Tableau 1 présente la liste des livrables proposée au début du projet, auxquels correspondent ces différentes productions, qui sont consultables sur le site web du projet (<https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/dem-eaux-roussillon#resultats>). Des numéros de rapport BRGM ont été attribués à chaque production de manière à les bancariser de façon pérenne et pouvoir les retrouver et les télécharger sur le site InfoTerre¹ du BRGM

Livrables	Titre simplifié	Responsable
P.1	Rapport de synthèse projet (présent rapport)	BRGM
P.2	Document livret-guide de terrain (Duvail, 2017)	GEOTER
P.3	Rapport de mission observation affleurement (Issautier et al., 2021)	GEOTER
P.4	Rapport de suivi de forage et interprétation (Duvail et al., 2021)	GEOTER
P.5	Rapport de corrélation Terre-Mer (Duvail et al., 2022)	GEOTER
P.6	Modélisation géologique 3D des formations quaternaires et pliocènes de la plaine du Roussillon (Fioravanti et al., 2022)	BRGM

¹ <http://infoterre.brgm.fr/rechercher/switch.htm?scope=9>.

Livrables	Titre simplifié	Responsable
P.7	Valorisation scientifique (Géologie)	GM
P.8	Intégration des connaissances scientifiques et techniques dans les processus de planification territoriale de gestion de l'eau (Seguin et al., 2022)	BRLi
P.9	Analyse détaillée de l'usage irrigation sur la plaine du Roussillon (Chauveau et al., 2021)	BRLi
P.10	Evaluation des externalités et services associés à l'irrigation gravitaire (Bosio & Lavenus, 2021)	BRLi
P.11a	Rapport de campagnes de mesure sur la Têt et conclusions sur les flux entre eaux de surface et eaux souterraine (Laurent et al., 2021)	BRLi
P.11b	Echanges et flux d'eau entre canaux d'irrigation, cours d'eau et nappes d'eau souterraine du bassin versant de la Têt (Ladouche & Caballero, 2022)	BRLi
P.12	Développement d'un outil informatique permettant de caractériser les consommations d'eau à partir de fichiers de facturation (Montginoul, 2022)	G-EAU
P.13	Prototype d'outil de prévision de la demande en eau potable intégrant les incertitudes (Soulinac et al., 2022)	BRGM
P.14	Outil simulation conséquences tarification (abandonné faute de données)	BRGM
P.15	Modèle d'optimisation de l'approvisionnement en eau potable de la Plaine du Roussillon par rapport aux ressources disponibles (Neverre & Mathey, 2022)	G-EAU
P.16	Rapport intégration dans planification territoriale (intégré dans P8)	BRLi
P.17	Valorisation scientifique (Usages)	G-EAU
P.18	Interactions des forçages fluvio-marins à l'interface Terre-Mer (BRGM/RP-71537-FR)	CEFREM
P.19	Rapport surcote en crue et événements extrêmes (intégré au P18)	BRGM
P.20	Modélisation actuelle/future submersion marine (Proust, 2021)	GM
P.21	Valorisation scientifique (Littoral)	GM
P.22a	Forages de Saint-Cyprien et Pollestres (66) - Dossier des Ouvrages Exécutés (Caballero et al., 2022a)	BRGM
P.22b	Synthèse et valorisation des données d'essai par pompage réalisés sur les sites Dem'Mer et Dem'Ter dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon (Dewandel et al., 2022)	BRGM

Livrables	Titre simplifié	Responsable
P.23	Modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon, de 1960 à nos jours (Caballero et al., 2022b)	BRGM
P.24	Modélisation des écoulements souterrains dans la plaine du Roussillon: modèle MartROUSS. (Lanini et al., 2022)	BRGM
P.25	Valorisation scientifique (Hydrogéologie)	BRGM
P.26	Rapport architecture plateforme numérique (Raynaud, 2022a)	SYNAPSE
P.27	Rapport outils observation et gestion DEM'EAUX Roussillon (Valorisation) (Raynaud, 2022b)	SYNAPSE
P.28	Valorisation scientifique (Démonstrateur)	SYNAPSE

Tableau 1 : Liste initiale des livrables du projet Dem'Eaux Roussillon, actualisée par rapport aux productions effectivement réalisées.

Certaines productions prévues dans la liste initiale ont été abandonnées pour cause de manque de données (P14 - impossibilité d'établir une convention permettant l'accès aux données de facturation), d'autres ont été regroupées (P16 intégré dans P8 et P19 intégré dans P18) et d'autres encore ont été scindées (P11 et P22 ont été scindés en deux rapports distincts, notés a et b).

Dans la suite de ce rapport, ces productions seront référencées par les noms de leurs auteurs.

Plusieurs productions scientifiques ont pu être réalisées à ce stade. Une liste détaillée est proposée au §2.7.

2. Présentation des activités réalisées par tâches

2.1. COORDINATION ET ADMINISTRATION DU PROJET

Les travaux de l'ensemble des partenaires ont été coordonnés par l'intermédiaire de réunions d'échanges techniques organisées à l'occasion des six Comités de Suivi organisés au cours du projet (Illustration 3). A chaque fois, ces Comités ont combiné des présentations synthétiques des résultats obtenus à destination des financeurs et des échanges et présentations techniques entre partenaires du projet. Les comptes rendus de chaque comité de pilotage ont été diffusés de manière systématique à toute personne intéressée par les travaux du projet et joints en Annexe 1. Le dernier comité de suivi du projet s'est tenu le 14 décembre 2021, en présentiel (participation faible du fait des conditions sanitaires) et en visioconférence.



Illustration 3: Réunion du 6^{ème} et dernier Comité de Suivi du projet Dem'Eaux Roussillon à Perpignan.

2.2. CARACTERISATION GEOLOGIQUE

2.2.1. Acquisition de données et interprétation

Pour commencer, les connaissances au démarrage du projet sur le contexte géologique ont été transcrites sous la forme d'un livret-guide décrivant les principaux sites d'affleurement ou les formations géologiques en présence sur la zone d'étude peuvent être observées (Duvail, 2017). Un itinéraire de visite des affleurements les plus intéressants et des descriptions de ce que l'on y trouve est proposé dans ce livret-guide (Illustration 4).

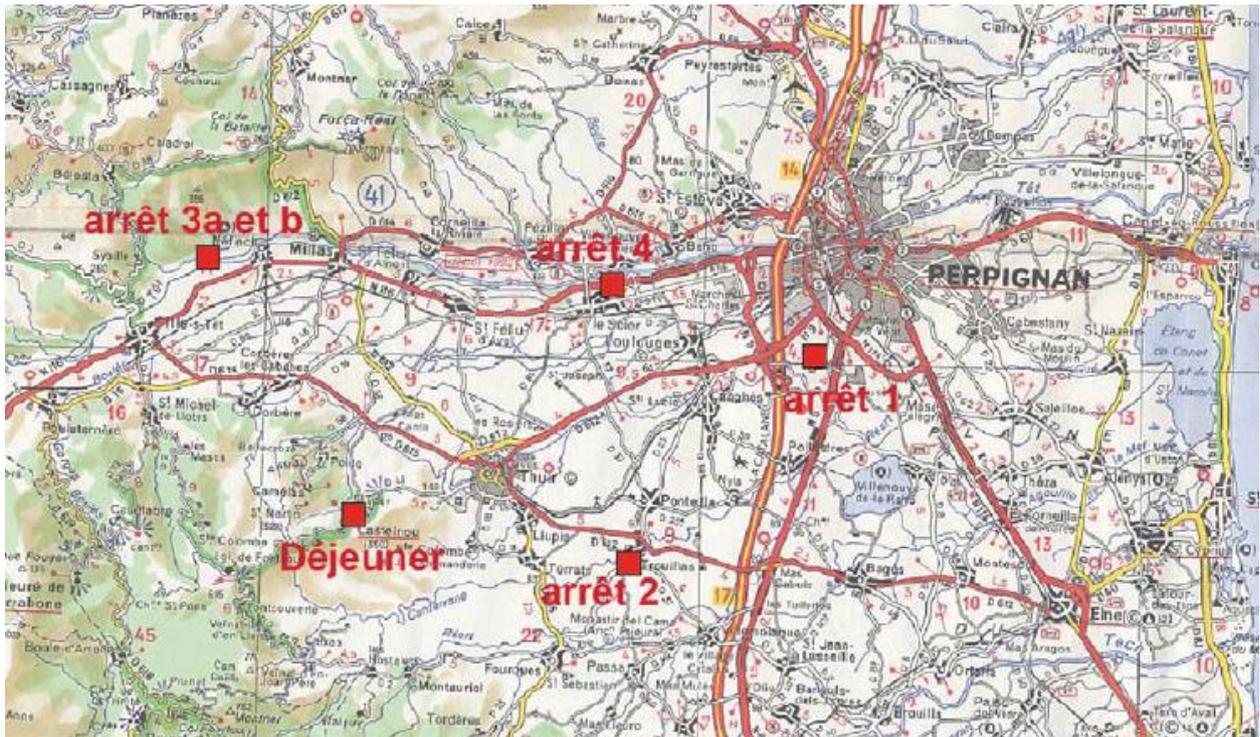


Illustration 4 : Itinéraire de découverte des affleurements des formations du Pliocène intéressants présentés dans le livret-guide (Duvail, 2017).

Ensuite, un important travail d'acquisition de nouvelles observations de terrain a été réalisé. Ce travail a permis de décrire de manière détaillée les caractéristiques et les géométries des principaux dépôts sédimentaires que l'on trouve au sein des formations du Pliocène continental et marin (Issautier et al., 2021). Cette caractérisation a permis de proposer une image conceptuelle permettant de décrire les extensions des différents dépôts décrits dans le Pliocène et leur association spatiale en cohérence avec l'histoire géologique de ce territoire (Illustration 5).

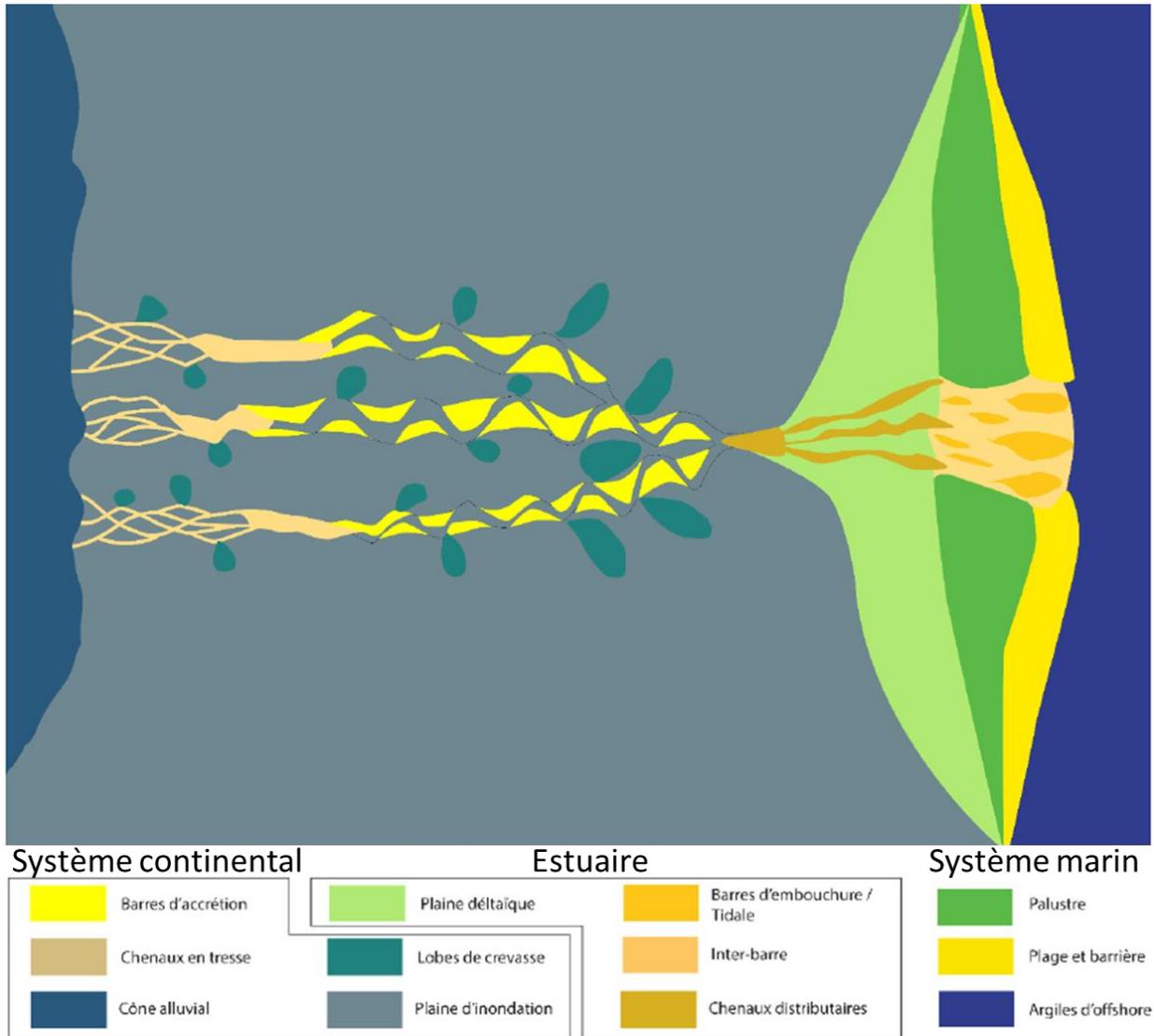


Illustration 5 : Image conceptuelle de l'organisation des dépôts sédimentaires du Pliocène, à l'échelle de la plaine du Roussillon (Issautier et al., 2021).

Pour compléter cette description et améliorer la connaissance dans des secteurs de la plaine moins documentés, deux forages carottés ont été réalisés sur les sites des observatoires Dem'Ter (commune de Pollestres) et Dem'Mer (commune de Canet-en-Roussillon) (cf. § 2.5.1). Les informations sur les travaux de foration et les données obtenues sont synthétisées dans Caballero et al., (2022a). Une description détaillée des carottes obtenues grâce à ces forages a été faite (Duvail et al., 2021), qui a permis de produire des logs lithologiques visant à compléter la connaissance sur le type de formation en présence à des profondeurs nouvelles. Cette connaissance a été ensuite intégrée dans une des coupes traversant la plaine du Roussillon qui avaient été produites par Duvail (2008) sur le territoire (Illustration 6).

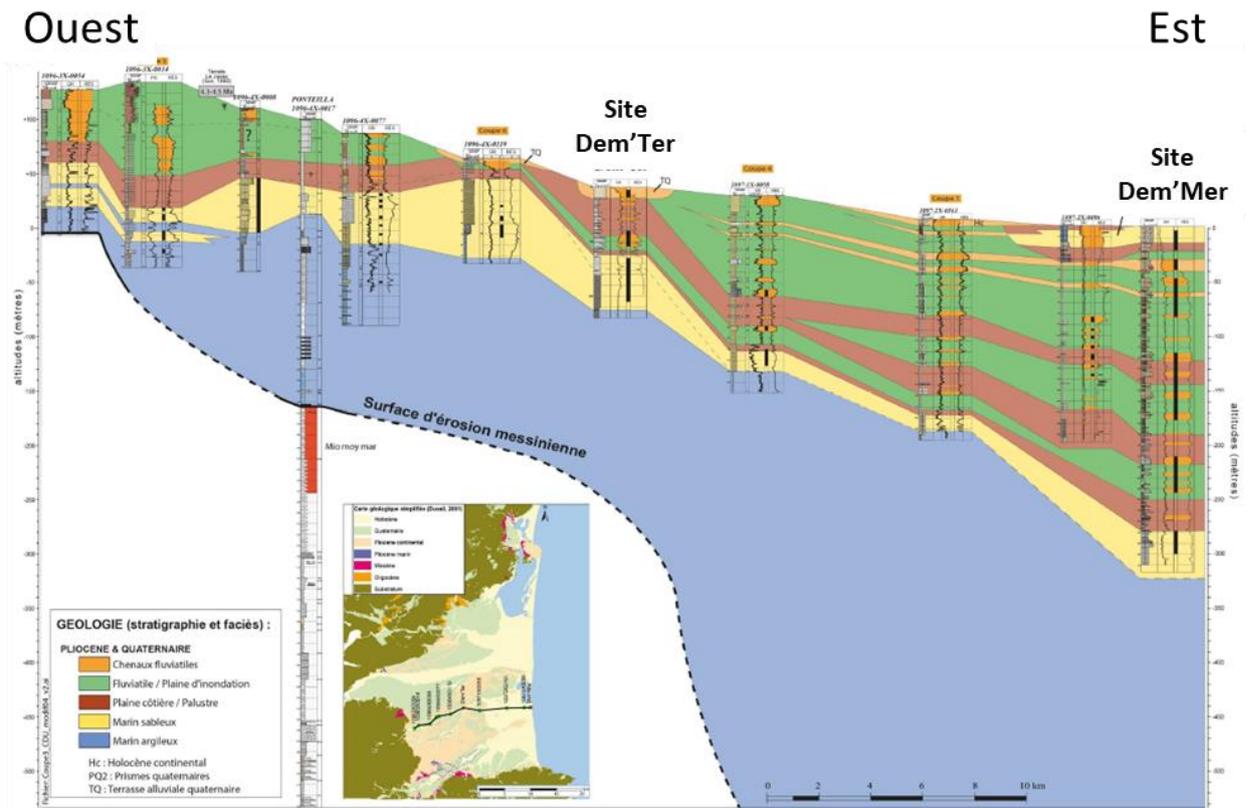


Illustration 6: coupe terre-mer modifiée à partir de Duvail (2008), à partir des logs lithologiques construits à partir des carottes (Duvail et al., 2021).

Suite à ces descriptions, les carottes ont été stockées à la carothèque du BRGM à Orléans et sont donc référencées et librement accessibles (Illustration 7).



Illustration 7: vue panoramique de la carothèque installée au BRGM dans le centre technique d'Orléans (crédit photo: O. Serrano).

Les coupes complétées ont ensuite été analysées et confrontées à des informations gravimétriques et sismiques en domaine off-shore. Ceci a permis une réinterprétation de l'ensemble des coupes de Duvail (2008) et une extension de celles-ci en domaine marin, par l'intermédiaire d'un travail de corrélation terre-mer des principales surfaces des dépôts des formations du Plio-Quaternaire, conduisant à des cartes paléo-géographiques du système et de son extension en mer (Duvail et al., 2022).

L'analyse des données gravimétriques existantes, complétées par 176 nouvelles mesures effectuées sur la plaine du Roussillon n'a pas permis de différencier les géométries des formations du Pliocène, de celles du Miocène sous-jacent, par manque de contraste de densité des formations. Ce travail a par contre permis d'identifier localement la paléo-surface d'érosion messinienne (provoquée par la forte baisse du niveau marin lors de la fermeture du détroit de Gibraltar) (Duvail et al., 2022).

L'analyse des données de profils sismiques existants, complétés par des profils réalisés au cours de 3 campagnes réalisées dans le cadre du projet par les équipes du CEFREM, à bord du bateau du CNRS le Nereis II basé à Banyuls-sur-Mer, a ensuite permis de proposer une description de l'ensemble des formations surmontant la surface d'érosion messinienne selon un transect continu terre-mer, se prolongeant sur plus de 50 km en mer (Illustration 8).

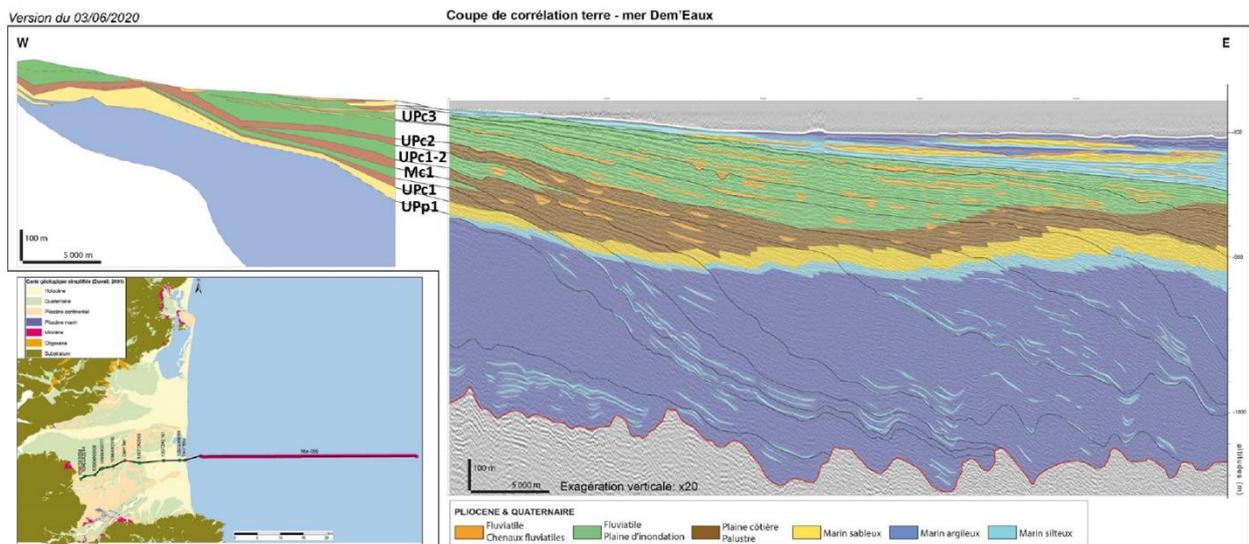


Illustration 8 : Coupe terre-mer d'Ouest en Est des faciès identifiés dans le bassin du Roussillon et sur le plateau (Duvail et al., 2022).

Ces différentes coupes ont permis de construire un modèle conceptuel illustrant l'organisation des dépôts sédimentaires décrits et leur extension en mer (Illustration 9).

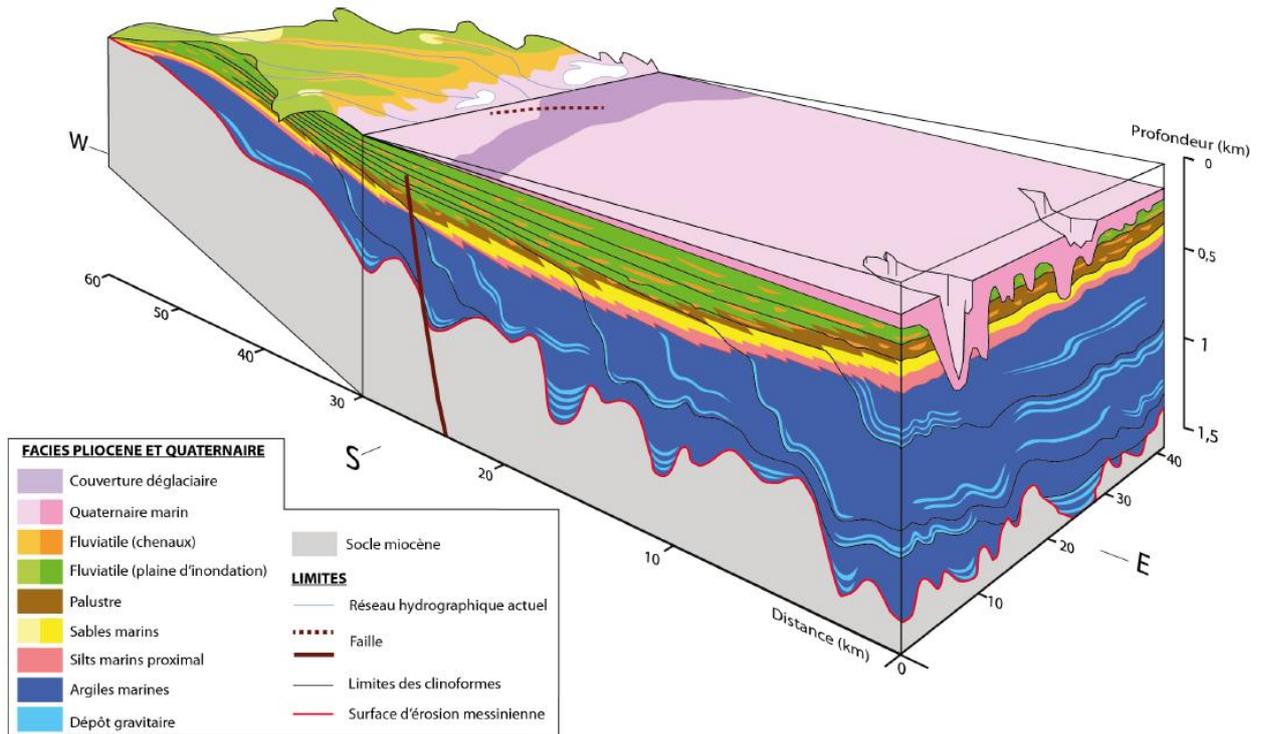


Illustration 9 : Bloc synthétique de la disposition des différents faciès du Pliocène et du Quaternaire (Duvail et al., 2022).

2.2.2. Modélisation géologique

A partir de toutes les données produites dans la phase d'analyse, d'interprétation et de corrélation décrites précédemment, l'extension et la position des principales surfaces de la base (mur) et du sommet (toit) des dépôts sédimentaires des formations Quaternaires et Pliocènes ont été modélisées (Fioravanti et al., 2022). Ces cartes permettent de visualiser les variations spatiales de la topographie des principaux dépôts sédimentaires et d'en déduire leurs épaisseurs (Illustration 10).

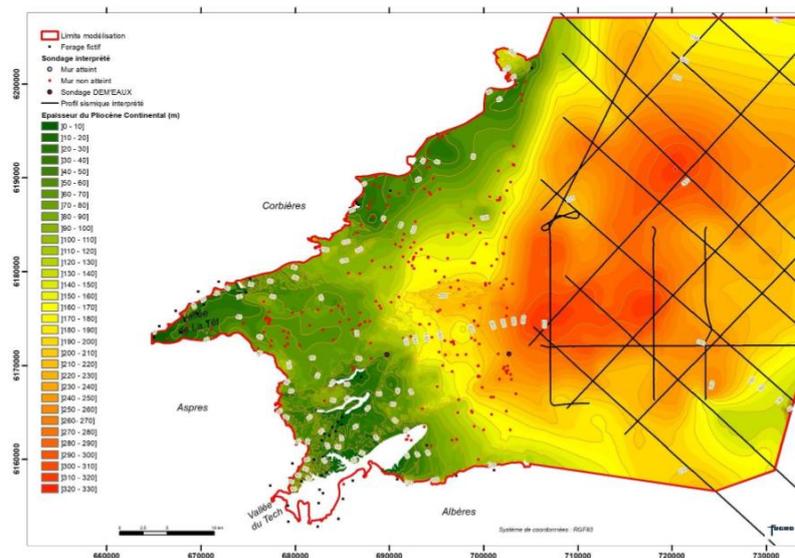
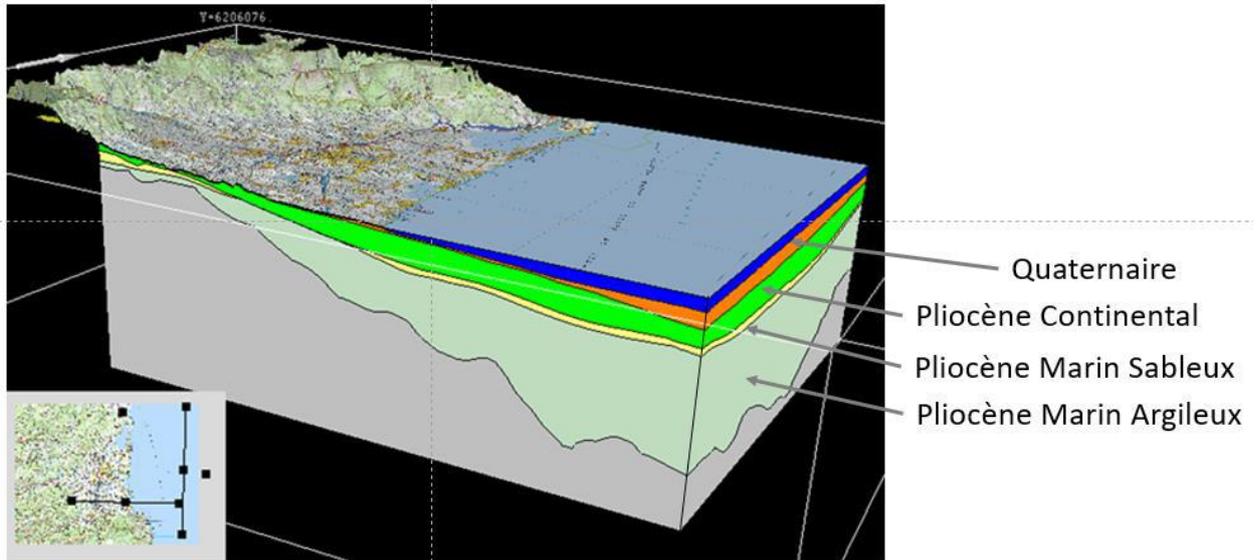


Illustration 10 : Epaisseur de la formation du Pliocène continental selon un continuum terre-mer (Fioravanti et al., 2022).

Ces cartes ont ensuite été importées dans l'outil de modélisation géologique GDM (Bourguin, 2007) avec lequel il a été possible de construire un modèle géologique en 3D, permettant la production de logs et de coupes en n'importe quel point du système, pour illustrer l'organisation des couches géologiques en tout point (Illustration 11).



*Illustration 11 : Visualisation du modèle géologique 3D sous GDM Viewer (dilatation verticale x10)
(Fioravanti et al., 2022).*

Ce modèle géologique a été stocké sur les serveurs du BRGM pour être sauvegardé. De ce fait, il est techniquement possible de le mettre en consultation sur un portail du BRGM dédié et équipé d'outils d'interrogation des modèles géologiques, permettant par exemple d'exporter un log détaillé du type de formations et de leur épaisseur au droit d'un point donné, ou de tracer des coupes selon un profil tracé par un utilisateur.

2.3. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES USAGES DE L'EAU

Les travaux dans le cadre de cette tâche ont été organisés suivant les différents axes validés en concertation avec les acteurs du territoire, lors de la réunion de démarrage du projet (cf. Annexe 1).

2.3.1. Intégration des connaissances dans la planification de la gestion de l'eau

Pour analyser dans quelle mesure les études d'acquisition de connaissances, comme celle qui a été menée dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, permettent d'éclairer les choix des gestionnaires du territoire, une analyse rétrospective sur les liens entre travaux techniques et scientifiques d'une part et les documents de planification de la gestion de la ressource produits sur le territoire d'autre part a été réalisée (Seguin et al., 2022). Trois objectifs ont été fixés pour ce travail : 1) établir une rétrospective historique de la gestion des eaux souterraines sur le territoire tant sur le plan des connaissances que sur le plan des politiques mises en œuvre ; 2) appréhender le ressenti des acteurs du territoire vis-à-vis de cette rétrospective et 3) s'en servir pour préciser leurs attentes par rapport au travail réalisé dans le cadre du projet.

Un travail bibliographique a ainsi été réalisé sur les documents existants depuis 1960, complété par des entretiens réalisés avec des acteurs clé et des participants au projet, disposant d'une bonne connaissance du territoire. Cette rétrospective a été traduite dans une frise chronologique synthétisant les convergences/décalage/divergences entre les connaissances produites et les choix de gestion (Illustration 12).

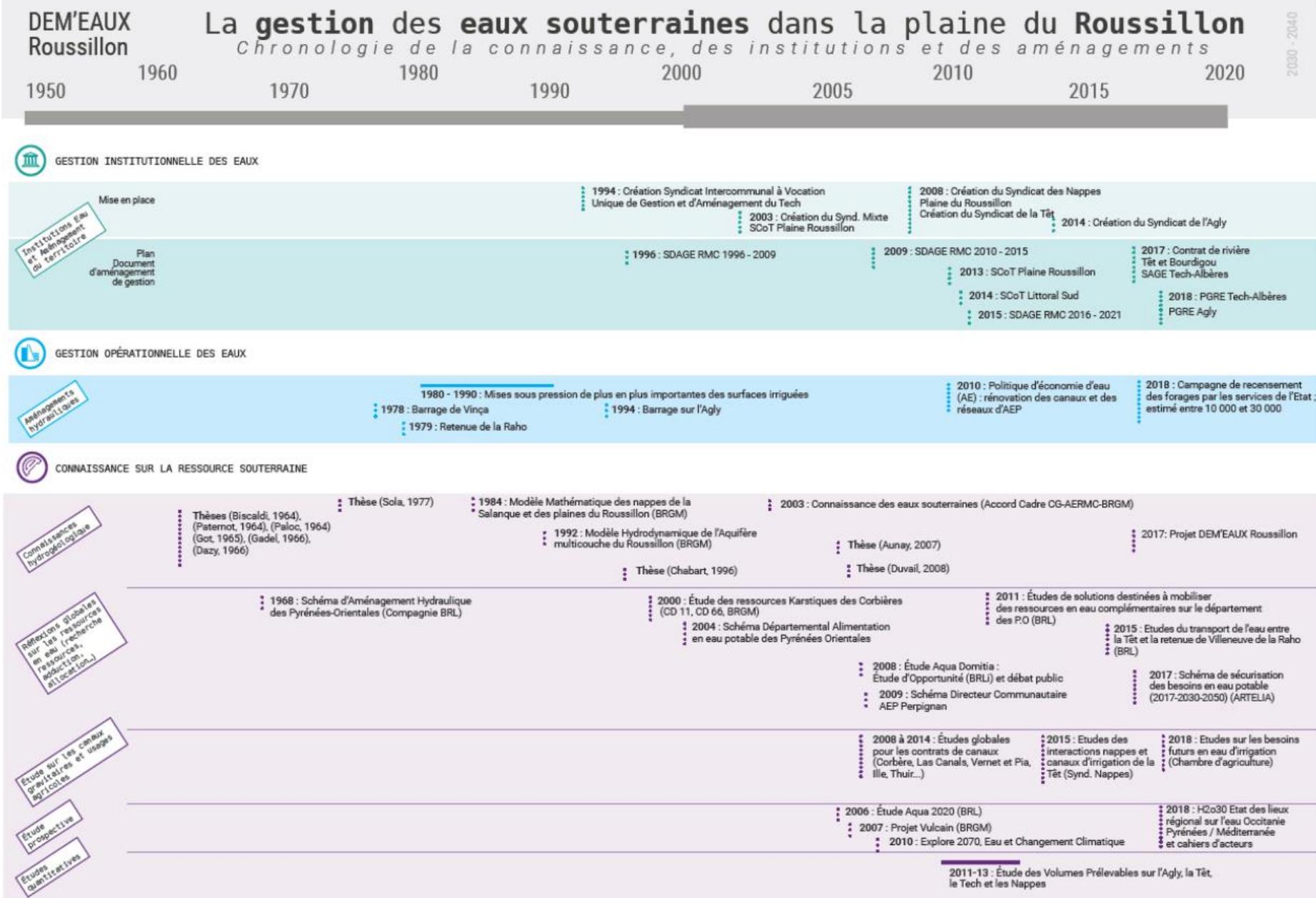


Illustration 12 : extrait de la frise chronologique de la gestion institutionnelle et opérationnelle et la connaissance sur la plaine du Roussillon depuis 1960 (Seguin et al., 2022). BRGM/FP-71814-FR

La rétrospective produite suite à ce travail a ensuite été présentée dans le cadre d'un atelier participatif associant tous les acteurs rencontrés et d'autres intéressés par la démarche, pour discuter les résultats et les valider (Illustration 13). Suite à ces discussions, trois enjeux clés ont été identifiés, sur lesquels des défauts de connaissance et/ou des divergences entre connaissances et gestion subsistent. Ils concernent : 1) les interactions entre eaux de surface, canaux et eaux souterraines et entre eaux souterraines s'écoulant dans les formations du Quaternaire et celles s'écoulant dans les formations du Pliocène ; 2) la vulnérabilité quantitative des nappes du Plio-Quaternaire du Roussillon et 3) la question de la contamination de la ressource par les intrusions salines. Sur cette base, les attentes des participants par rapport au projet Dem'Eaux Roussillon et autres projets du même type ont pu être exprimées et synthétisées (Seguin et al., 2022).



Illustration 13 : Séminaire de restitution et discussion des résultats de l'analyse rétrospective.

2.3.2. Usages de la ressource en eau pour l'irrigation

La Plaine du Roussillon concentre plus de 80% des surfaces de vergers et maraichage du département des Pyrénées orientales, qui sont irriguées à partir des eaux des nappes plio-quaternaires et des trois fleuves côtiers de la Têt, le Tech et l'Agly. Au total sur la Plaine, les surfaces irriguées représentent environ 8000 ha de vergers, maraichage, prairies et vigne, sur une superficie cultivée totale de 33 000 ha sur le territoire. Pour quantifier le type de ressource en eau utilisée pour l'irrigation et tenter de décrire avec précision les nombreuses interconnexions entre eaux de surface et souterraine, une cartographie et une caractérisation des surfaces irriguées ont été réalisées à partir d'images Google Earth de juillet 2016 (Chauveau et al., 2021). L'analyse des images Google Earth s'est concentrée sur les deux types de cultures que sont le maraichage et l'arboriculture, car ce sont des cultures systématiquement irriguées (Illustration 14). Elle a permis de déterminer que 6 670 ha étaient irrigués en 2016 dont 1 610 ha de maraichage et 5 060 ha en arboriculture. Ces résultats confirment la poursuite de l'importante réduction des surfaces en maraichages et vergers observée depuis 40 ans sur le territoire (réduction qui serait même de l'ordre de 40% sur les 15 dernières années).

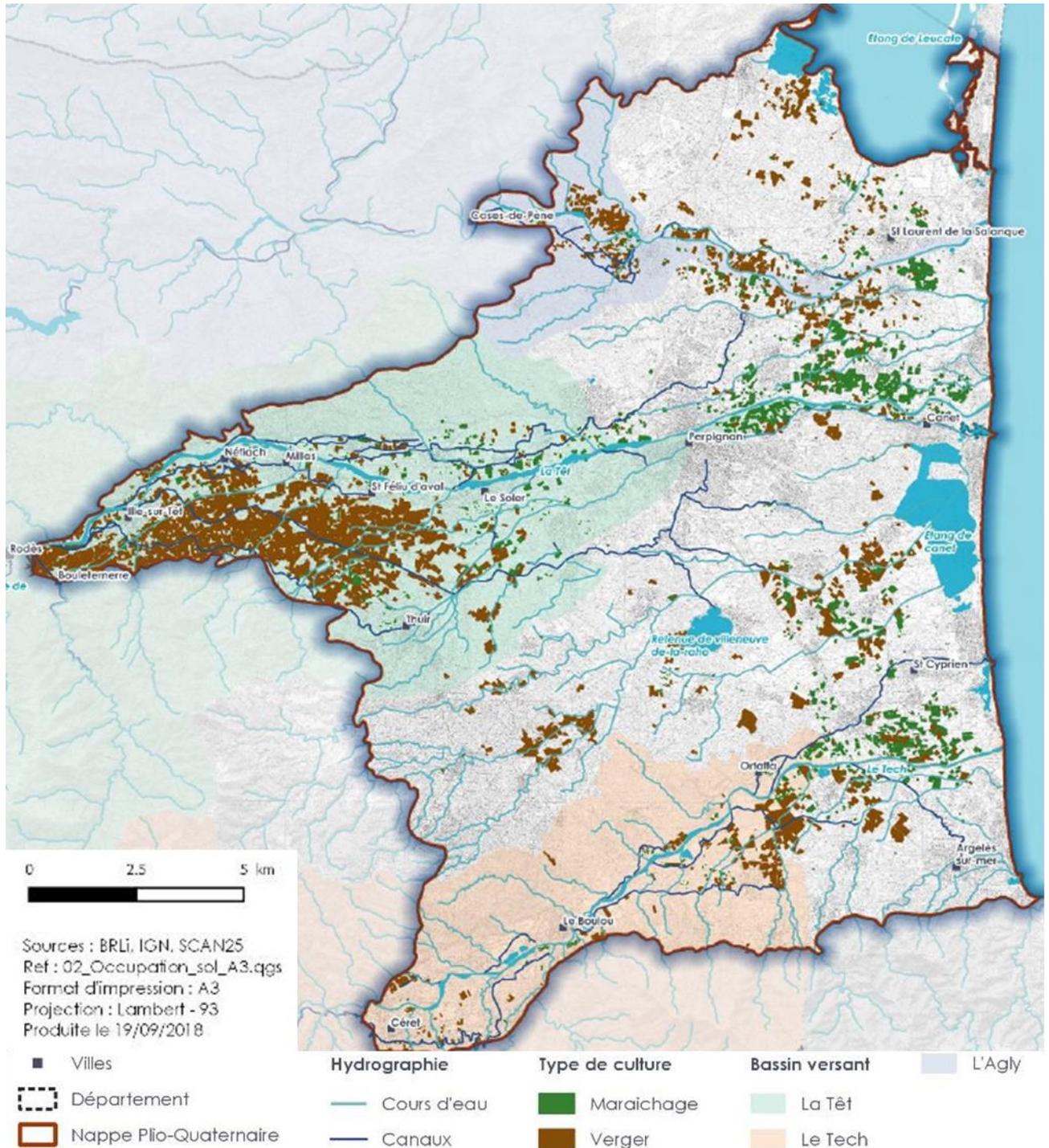


Illustration 14 : Répartition des parcelles irriguées estimées par analyse d'images dans la Plaine du Roussillon (modifiée d'après Chauveau et al., 2021).

Sur cette base, les besoins en eau des cultures identifiées ont été estimés au pas de temps décadaire à l'échelle de la plaine du Roussillon. Ce travail conclut à un besoin en eau de l'ordre de 30 Mm³/an en année climatique moyenne, qui peut atteindre 35 Mm³/an en année quinquennale sèche. 95% de ces besoins se répartissent de mai à septembre.

En complément à cette estimation, le mode d'adduction primaire (canaux, Têt, Agly, Tech, Villeneuve-de-la-Raho, eaux souterraines) utilisé pour assurer l'irrigation a également été déterminé. A partir de cette répartition, il a été possible de calculer que les surfaces alimentées directement par forage sur la Plaine du Roussillon représenteraient un besoin en eau annuel de 17 Mm³/an, sur la Plaine (62% du besoin total) (Illustration 15).

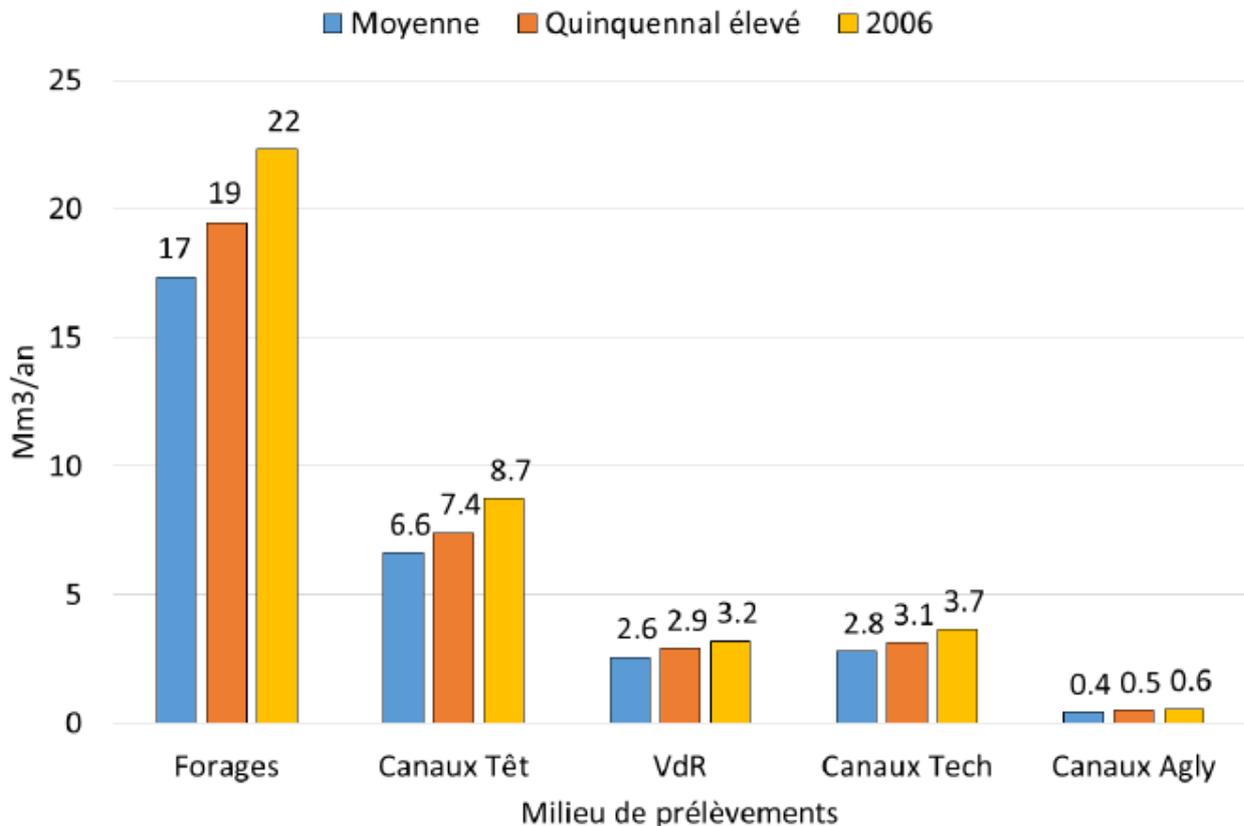


Illustration 15: Estimation des besoins en eau théoriques d'irrigation en fonction des milieux de prélèvement sur la plaine du Roussillon (modifié à partir de Chauveau et al., 2021).

2.3.3. Quantification des flux entre cours d'eau, canaux et nappes sur la Têt en amont de Perpignan

Un zoom a été réalisé sur le bassin de la Têt en amont de Perpignan (qui concentre la majorité des surfaces agricoles irriguées par canaux) pour décrire et quantifier la répartition des flux d'irrigation et les retours vers le milieu de surface et souterrain. Ce travail s'est basé sur les débits prélevés dans la Têt par les canaux pour la période 2000 – 2009 (les données plus récentes étant incomplètes) et ne sont donc pas en cohérence totale avec les estimations de surfaces faites pour l'année 2016. Les besoins en eau des cultures irriguées ont donc été estimés en considérant une variation des surfaces sur la période 2000-2016, en extrapolant de manière linéaire entre les valeurs estimées par l'étude EVP Têt et celles de l'étude de 2016. Sur cette base, il a été possible de déterminer qu'entre 70% et 80% des volumes prélevés par les canaux dans la Têt peuvent retourner vers les nappes ou la Têt en aval des secteurs irrigués.

Pour tenter de différencier la part des flux qui retournent vers la nappe de celle qui revient dans le cours d'eau de la Têt, une analyse centrée sur les écoulements de la Têt a été menée (Laurent et al., 2021). En effet, il était connu que les prélèvements cumulés des 4 principaux canaux situés entre Vinça et Ille-sur-Têt entraînaient une chute importante du débit de la Têt sur ce tronçon. En

contrepartie, les débits augmentent entre Millas et Saint-Féliu d'Amont durant la période d'irrigation. Ces observations montrent donc que d'importants retours d'eau des canaux se font vers la rivière Têt, sur son tronçon situé en aval du canal du Millas.

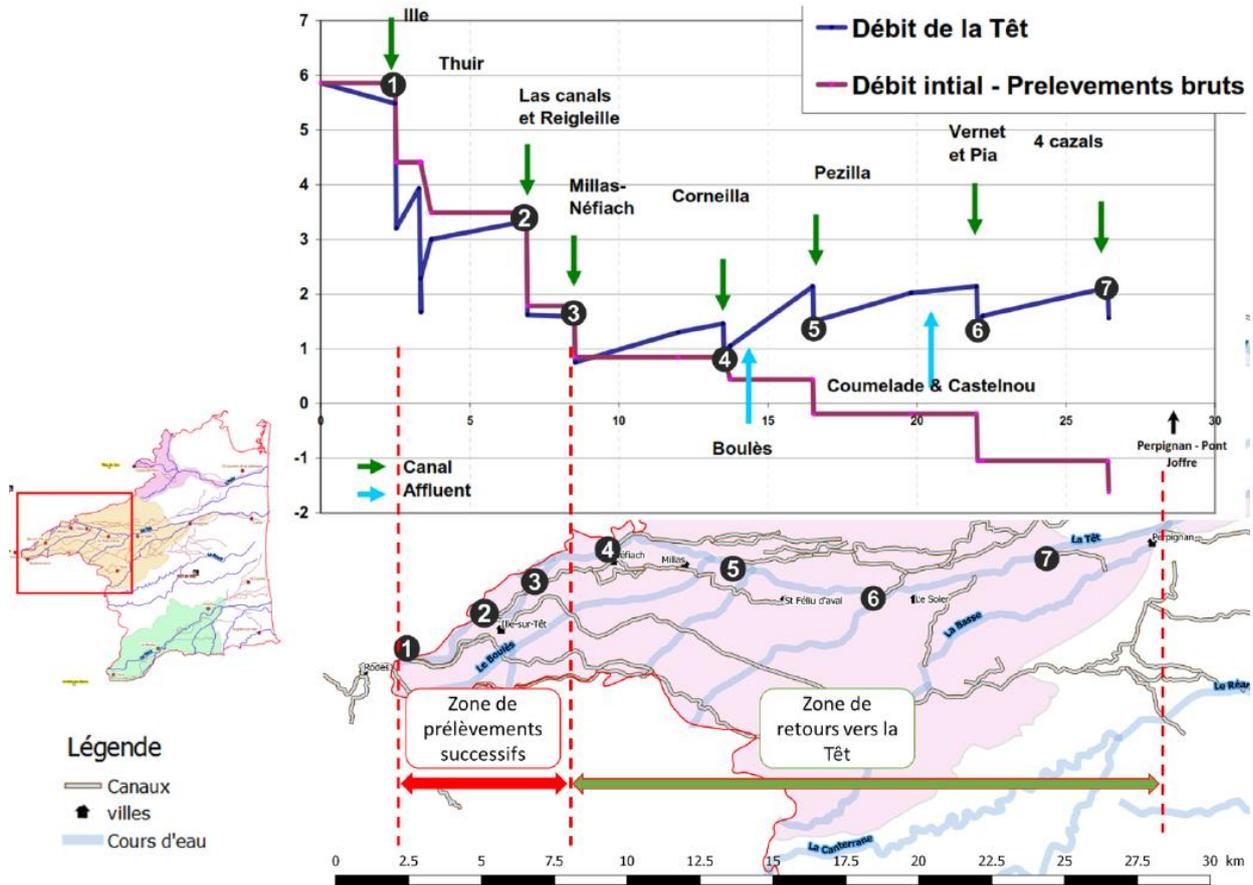


Illustration 16 : Illustration schématique de la dynamique des retours d'eau en provenance des canaux le long de la Têt (Laurent et al., 2021). Les points numérotés de 1 à 7 localisent les sections de réalisation des jaugeages.

Pour quantifier ces processus plus en détail, une campagne de jaugeages de débit a été réalisée sur la période du 11 au 14 septembre 2017 sur la Têt, ses affluents et les canaux d'irrigation, couplée à des prélèvements pour analyses chimiques (Ladouche et Caballero, 2022). Les résultats de l'ensemble de ces acquisitions ont été mis en perspective des précédentes campagnes de mesure du même type sur la Têt et ont permis de confirmer que les pertes d'écoulement entre Vinça et le point nodal T6 (situé en aval de la prise du canal de Millas et identifié lors de l'étude Volumes Prélevables de la Têt (Hydriad, 2014) comme point « bas » des débits de la Têt) étaient du même ordre de grandeur que celui des prélèvements cumulés des canaux sur ce tronçon. Ils ont également montré que sur la zone de retours vers la Têt, les flux apportés à la rivière sont de l'ordre de 2 à 5 m³/s (ce qui représente de l'ordre de 30% à 45% des prélèvements des canaux d'irrigation).

Cet ordre de grandeur des apports qui se concentre sur la période estivale, ne peut être quantifié sous forme de série chronologique face au trop grand nombre d'inconnues (notamment concernant les prélèvements des canaux et les apports des affluents à la Têt sur le tronçon considéré) et d'incertitudes qui affectent les valeurs manipulées pour ces bilans. Ceux-ci ont néanmoins permis de préciser la répartition des flux et de fournir une schématisation assez

détaillée des relations entre les canaux, les nappes et la rivière à l'échelle du bassin versant de la Têt, entre le barrage de Vinça et Perpignan (Illustration 17).

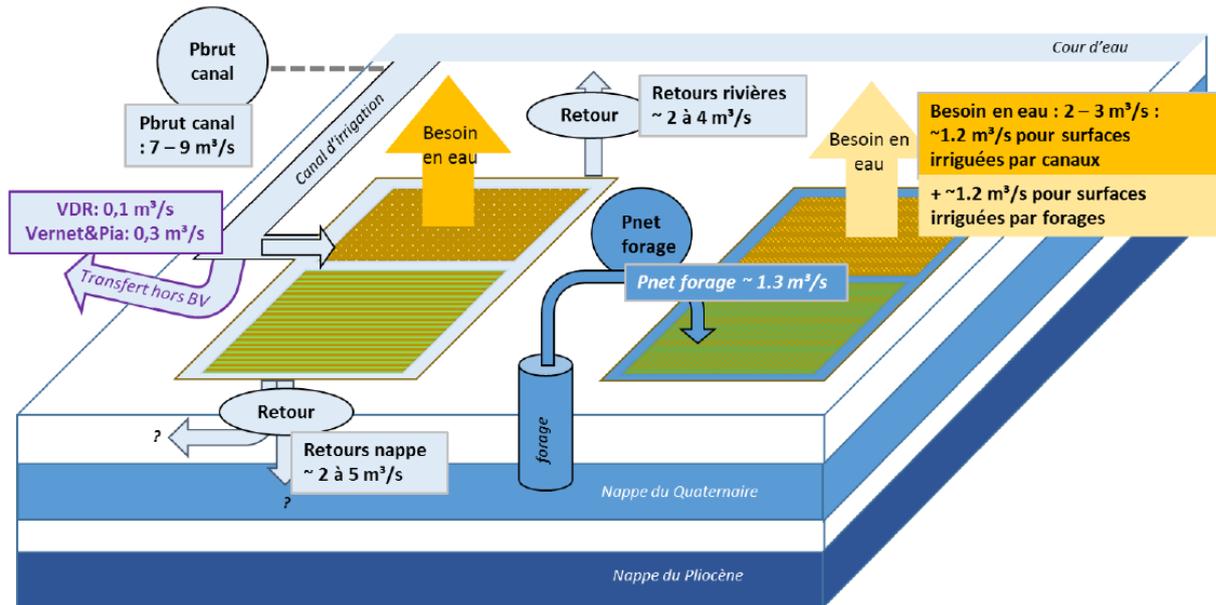


Illustration 17 : Evaluation en ordre de grandeur et en moyenne du bilan des flux d'irrigation sur le bassin de la Têt en période estivale (juillet-septembre, moyenne 2000-2009), (Laurent et al., 2021).

La part des retours à la rivière ayant été approchée dans le cadre de l'analyse présentée, celle de l'apport aux nappes a également été précisée au travers des travaux de Ladouche & Caballero (2022). Dans ce travail, les eaux des canaux de la Têt ont fait l'objet de mesures physico-chimiques (température et conductivité électrique) au niveau de toutes les sections jaugées. Celles-ci ont permis d'identifier des secteurs sur lesquels des échanges existent entre eaux souterraines et eaux de surface. Un certain nombre de prélèvements d'eau souterraine pour analyses chimiques et isotopiques ont également été réalisés sur des sources accessibles ou des forages exploités pour l'AEP. Replacés dans le cadre des études antérieures, les résultats des analyses ont permis de mettre en évidence plusieurs processus (Illustration 18) : 1) les eaux souterraines qui s'écoulent dans les formations du Quaternaire dans lesquelles se trouvent des canaux ont des signatures isotopiques très similaires à celles de la Têt, alors que celles qui s'écoulent dans le secteur de Terrats/Ponteilla (pas de canaux) ont des signatures très proches de celles des précipitations sur la plaine ; 2) Le Boulés joue également un rôle important sur la recharge des formations Quaternaires du secteur d'Ille-sur-Têt ; 3) certains points échantillonnés dans les eaux du Pliocène (beaucoup plus anciennes et présentant des signatures d'interaction eaux/roches plus marqués que celles du Quaternaire) peuvent néanmoins présenter des signatures en isotopes stables très comparables à celles mesurées dans le Quaternaire. Ces résultats mettent en évidence des phénomènes de mélange entre eaux du Quaternaire et eaux du Pliocène, provoqués par un flux de drainage verticale descendante, sous l'effet des pompes.

En définissant des « pôles » géochimiques (eaux anciennes du Quaternaire, eaux de recharge par le Boulés, eaux de recharge par l'irrigation) dans la zone d'étude, il a été possible de montrer que la contribution du pôle « eau de recharge par l'irrigation » du cycle hydrologique 2017 à la recharge des formations du Quaternaire est globalement supérieure à 50 %. Cette même analyse a également permis de montrer que, lors de la période d'étude, la contribution des eaux souterraines au débit de la Têt sur le tronçon de la Têt compris entre Rodès et l'aval de la prise d'eau de 4 Cazals est de l'ordre de 2 m³/s.

Un bilan hydrologique réalisé de ces apports par tronçons de rivière a confirmé ces chiffres et permis de donner un ordre de grandeur de leur répartition spatiale (Illustration 19).

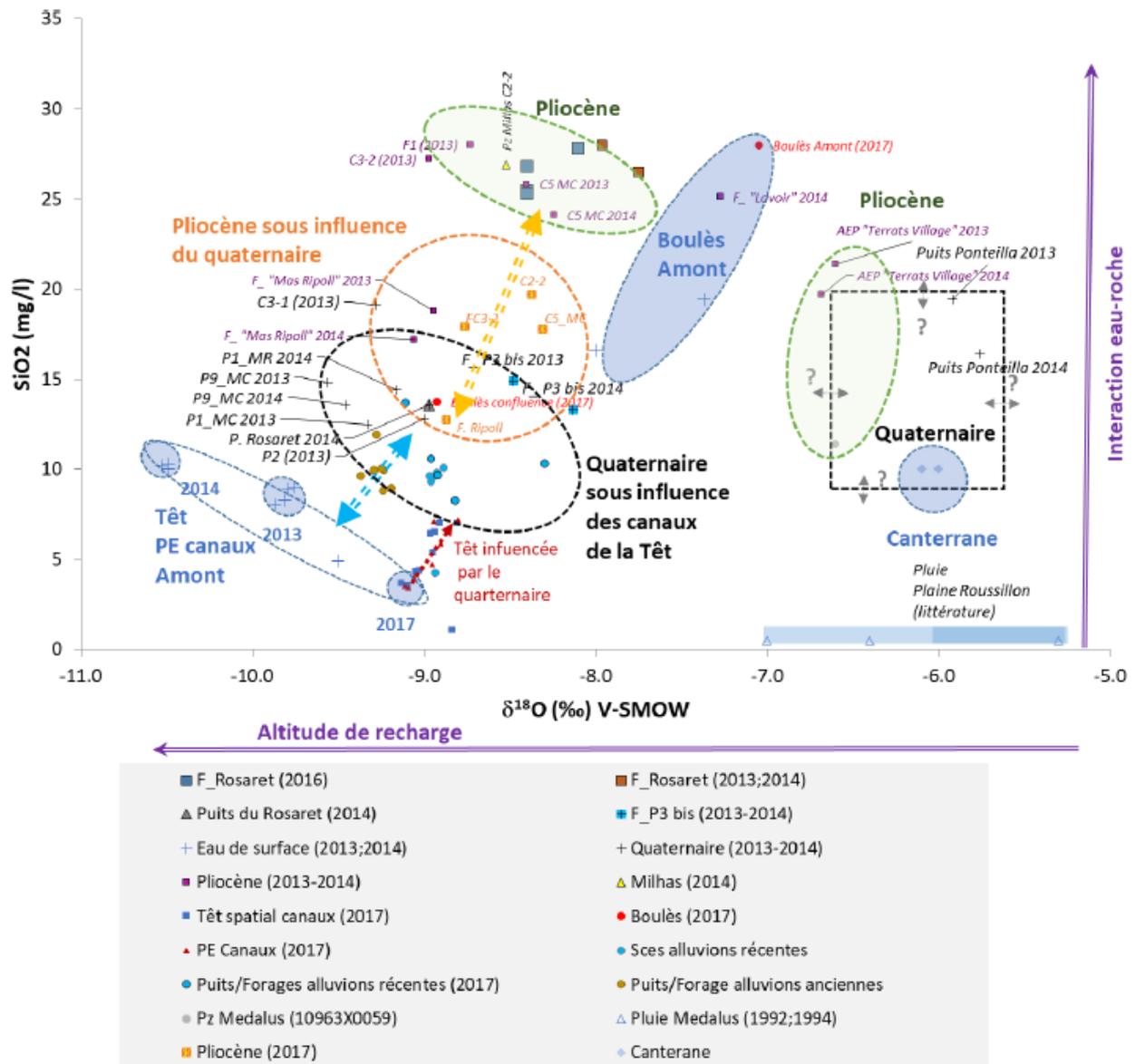


Illustration 18 : Teneurs en silice et signatures isotopiques en oxygène 18 des eaux échantillonnées en 2017 replacées dans le contexte géochimique du secteur d'étude (Ladouche et Caballero, 2022).

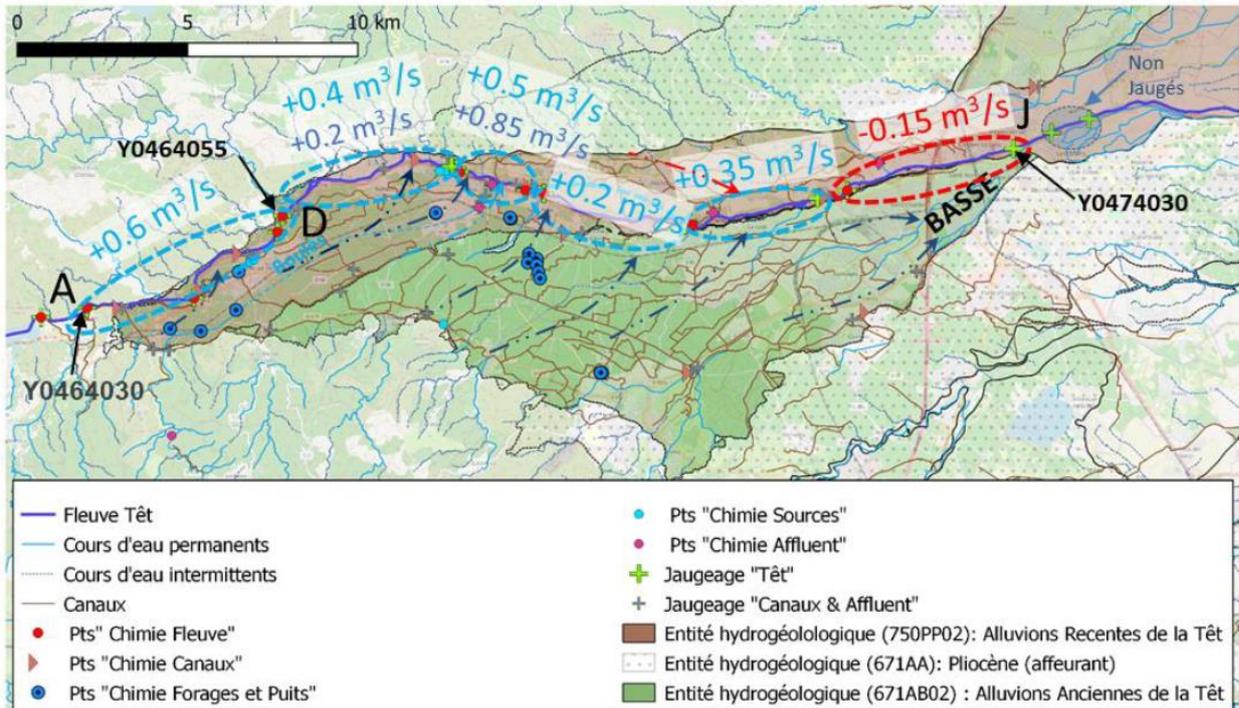


Illustration 19 : Bilan hydrologique (vu depuis la Têt) par tronçons (Ladouche et Caballero, 2022).

Ce bilan hydrologique a enfin été élargi à l'ensemble du système au sein duquel les eaux de la Têt, des canaux et des nappes du Quaternaire et du Pliocène interagissent (Illustration 20). Ce bilan ponctuel correspondant à la situation de l'été 2017, permet de décrire comment les eaux prélevées par les canaux sont susceptibles de se répartir au sein du système. Le bilan des entrées (apports canaux, de l'ordre de $6 \text{ m}^3/\text{s}$) par rapport aux sorties (AEP + besoin plantes + retours Têt en amont de la station de Perpignan, de l'ordre de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$) indique que près de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ d'eau s'écouleraient dans les formations du Quaternaire. Une partie de ce flux contribuerait à recharger le Pliocène sous-jacent par drainance descendante (de l'ordre de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) et le reste contribuerait à alimenter le cours d'eau de la Basse (de l'ordre de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$), qui rejoint la Têt, en aval de la station de Perpignan. Ainsi, on peut conclure qu'entre 60% et 70% des eaux apportées par les canaux est susceptible de revenir à la Têt en amont de Perpignan et que 8% à 10% ces eaux s'infiltreraient vers le Pliocène par drainance descendante.

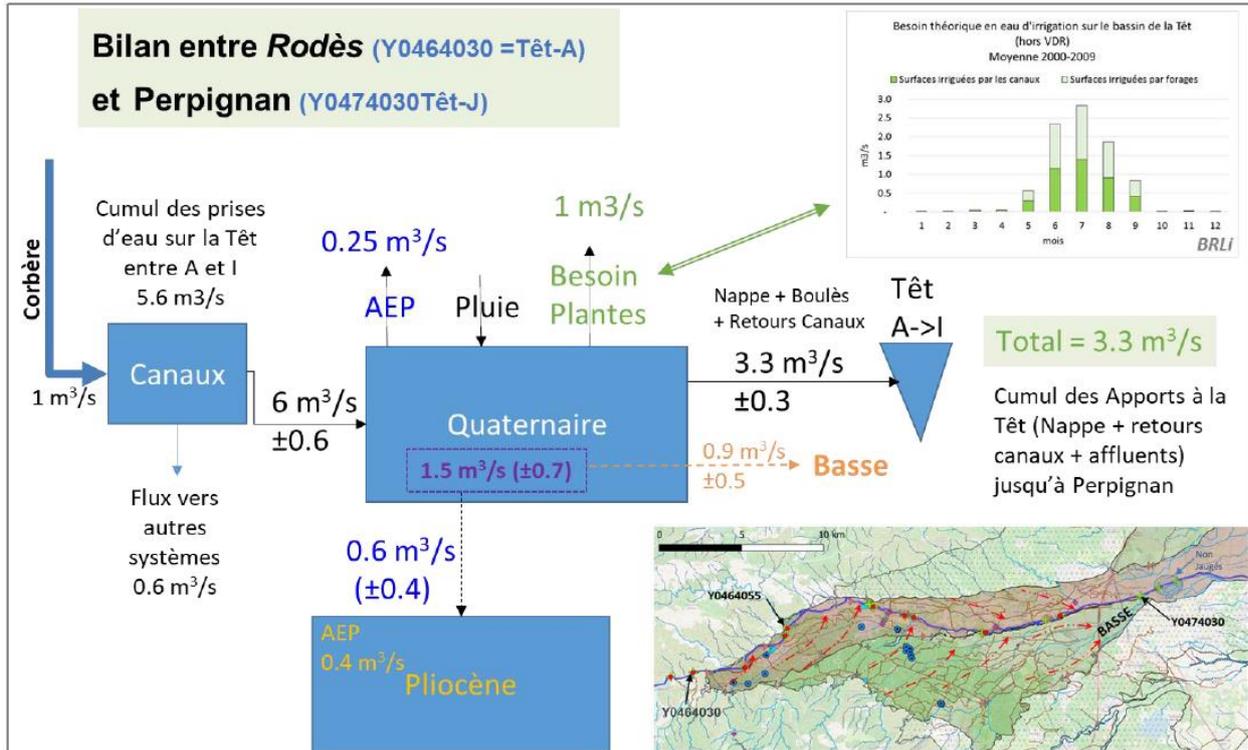


Illustration 20 : Bilan hydrogéologique ponctuel (été 2017) réalisé sur le bassin de la Têt, en amont de Perpignan (Ladouche et Caballero, 2022).

2.3.4. Evaluation économique des services associés à l'irrigation gravitaire

Les résultats présentés dans ce qui précède soulignent l'importance de l'influence des canaux d'irrigation sur la répartition des flux d'eau sur le territoire, tant sur les débits des cours d'eau (Illustration 17) que sur la recharge des nappes du Quaternaire. Concernant ce dernier point, une analyse économique a été conduite pour tenter d'évaluer la valeur de la recharge de la nappe liée à l'irrigation gravitaire (Bosio & Lavenue, 2021). L'approche adoptée a consisté à tenter de quantifier la valeur économique d'une des fonctions secondaires des canaux que représente la recharge des nappes pour l'AEP, prise en compte comme une « externalité » positive (impact de l'action d'un agent économique – ici les canaux, sur d'autres agents sans que l'interaction ne fasse l'objet d'un accord entre eux).

Il a ainsi été considéré un scénario dans lequel les prélèvements dans les cours d'eau à destination des canaux seraient suspendus, en faisant l'hypothèse que cela occasionnerait une baisse de la piézométrie des nappes qui se traduirait par des surcoûts de pompage, voire la nécessité de mettre en place des ressources de substitution. En comparant cette situation à la situation actuelle, la méthode des coûts évités appliqués aux surcoûts des pompages et d'investissements ont permis de quantifier les bénéfices liés aux canaux pour la recharge des nappes.

Deux scénarios de baisse de niveau des nappes ont été construits sur une période de 40 ans (1 m/an et 2 m/an), à dire d'expert par les hydrogéologues du BRGM, sur la base de l'analyse des fluctuations piézométriques dans le secteur de Millas. Deux types de solutions au coût chiffré ont été envisagées pour faire face aux baisses scénarisées, qui sont : 1) la création d'un nouveau forage plus profond (200 m dans le Pliocène) et 2) la mise en place de captages en rivière. De plus, des hypothèses de travail ont été formulées pour voir l'effet des baisses envisagées à

l'échelle de la plaine sur les forages d'exploitation AEP en termes de : distance d'influence des cours d'eau sur les niveaux des nappes ; hauteur d'eau au-dessus d'une pompe limite pour son fonctionnement ; taux de croissance des prélèvements et taux d'actualisation (qui permet de déterminer l'évolution future de la valeur d'un investissement). Ainsi, l'impact d'un scénario de baisse donné sur les forages exploités pour l'AEP de la plaine a été estimé (Illustration 21).

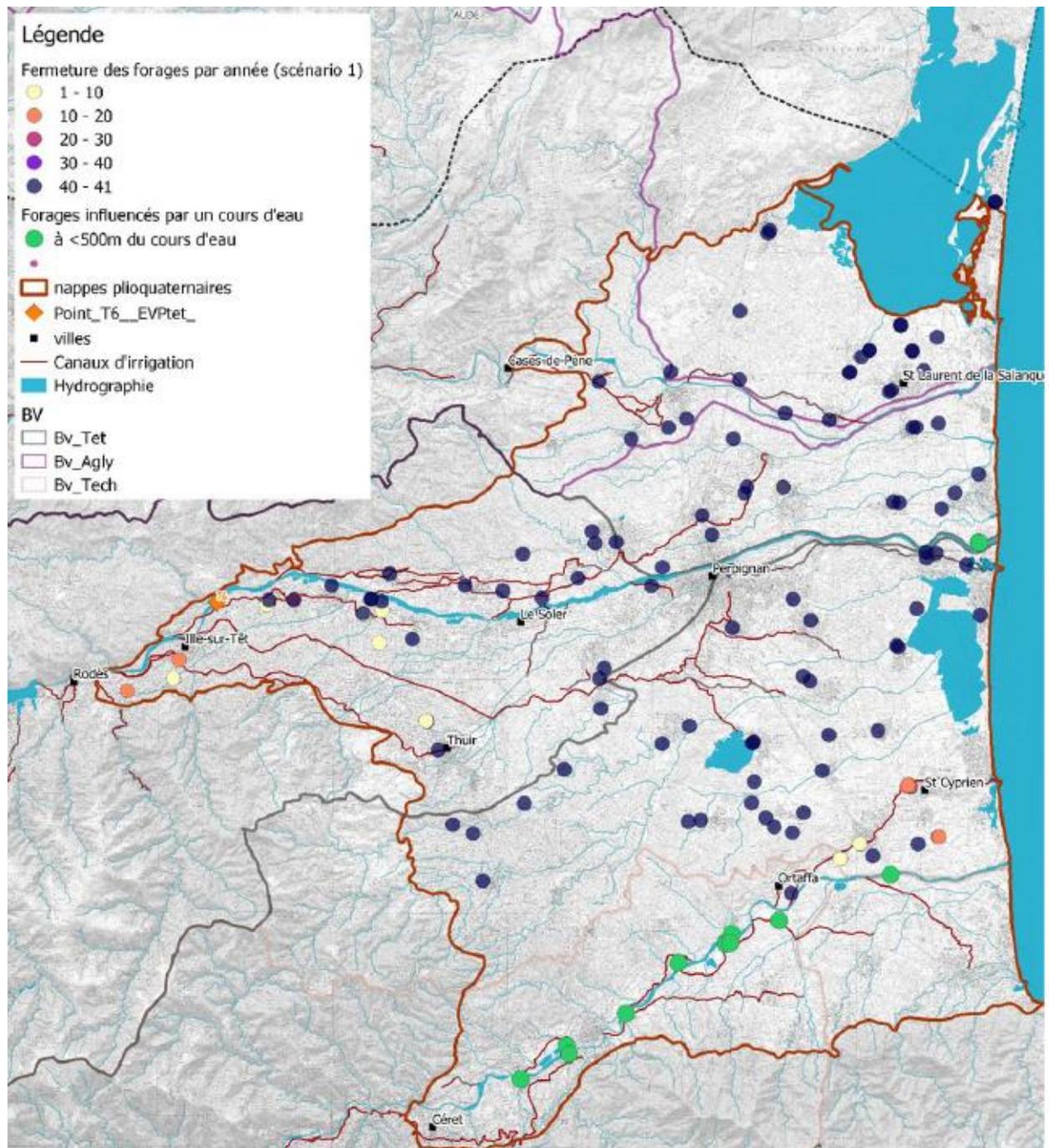


Illustration 21 : Estimation du nombre d'années au bout duquel les forages seraient amenés à arrêter leur exploitation, dans le cadre d'un scénario de baisse des nappes sur la Plaine du Roussillon (modifié à partir de Bosio & Lavenue, 2021).

Pour chaque couple de scénario/solution considéré, il est ainsi possible d'estimer les volumes qu'il serait nécessaire de prélever dans de nouveaux forages dans le Pliocène ou dans les cours

d'eau, pour substituer la ressource en eau que les forages qui seraient inactivés par la baisse de la piézométrie ne pourraient plus fournir. Les surcoûts associés à ces volumes de substitution peuvent alors être estimés (Illustration 22).

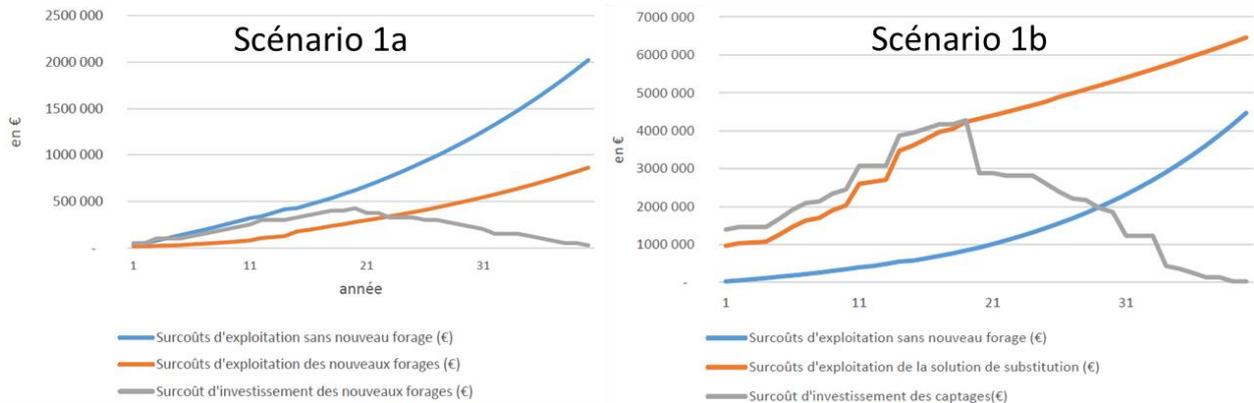


Illustration 22 : estimation des surcoûts engendrés par la mise en oeuvre des solutions de substitution pour le scénario 1 (modifiée à partir de Bosio & Lavenue, 2021).

L'analyse comparée des résultats pour les différents scénarios permet de conclure que le bénéfice de la recharge des nappes liée à la présence des canaux est compris entre 30 M€ et 135 M€ sur 40 ans en valeur actualisée. Cette valeur correspond aux surcoûts qui seraient engendrés par la baisse de la piézométrie liée à l'absence de canaux et concerneraient essentiellement le pompage, l'investissement et l'exploitation des solutions de substitution. Cette démarche est bien sûr exploratoire et soumise à beaucoup d'incertitudes, mais elle a le mérite de fournir une estimation économique du rôle des canaux dans l'hydrosystème de la plaine du Roussillon, dont l'exploitation et le devenir futurs font et feront probablement l'objet de beaucoup de discussions au sein des instances de gestion de la ressource en eau du territoire.

2.3.5. Connaitre, prévoir et gérer la demande en eau potable

La prévision de la demande en eau et de son évolution future est théoriquement une composante importante de toute réflexion visant à établir une analyse ressources/besoins. La projection vers une situation future nécessite de caractériser de nombreux paramètres (croissance démographique, type d'habitats, évolution de la performance des équipements électroménagers, changement des habitudes de consommation (piscines, jacuzzis), réponse des ménages à la tarification, évolution des activités économiques consommatrices d'eau, impact du changement climatique sur les usages extérieurs, ...) soumis à d'importantes incertitudes.

Un prototype d'estimation probabiliste (association d'une probabilité d'erreur aux paramètres de calcul pour expliciter l'incertitude qui les caractérise) a été élaboré dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon (Soulignac et al., 2022). Il se base sur l'algorithme de calcul présenté dans l'illustration 23, dont les valeurs des paramètres de calcul sont, soit tirées aléatoirement dans une distribution statistique (à partir de la loi – normale, log normale ou uniforme, basée sur une valeur moyenne et deux valeurs extrêmes, choisies par l'utilisateur), soit tirés de la littérature.

Une fois cette estimation faite au temps présent, l'utilisateur a la possibilité de se projeter à un horizon temporel donné, en associant des valeurs centrales et une marge d'incertitude autour de celle-ci aux paramètres de calcul. De cette manière, il est possible d'obtenir une estimation probabiliste de la demande en eau pour un horizon temporel donné, qui permet de dire, par exemple, qu'il y aurait une chance sur deux pour que la demande en eau potable soit supérieure à 45,2 Mm³ à l'horizon 2050 (Illustration 24).

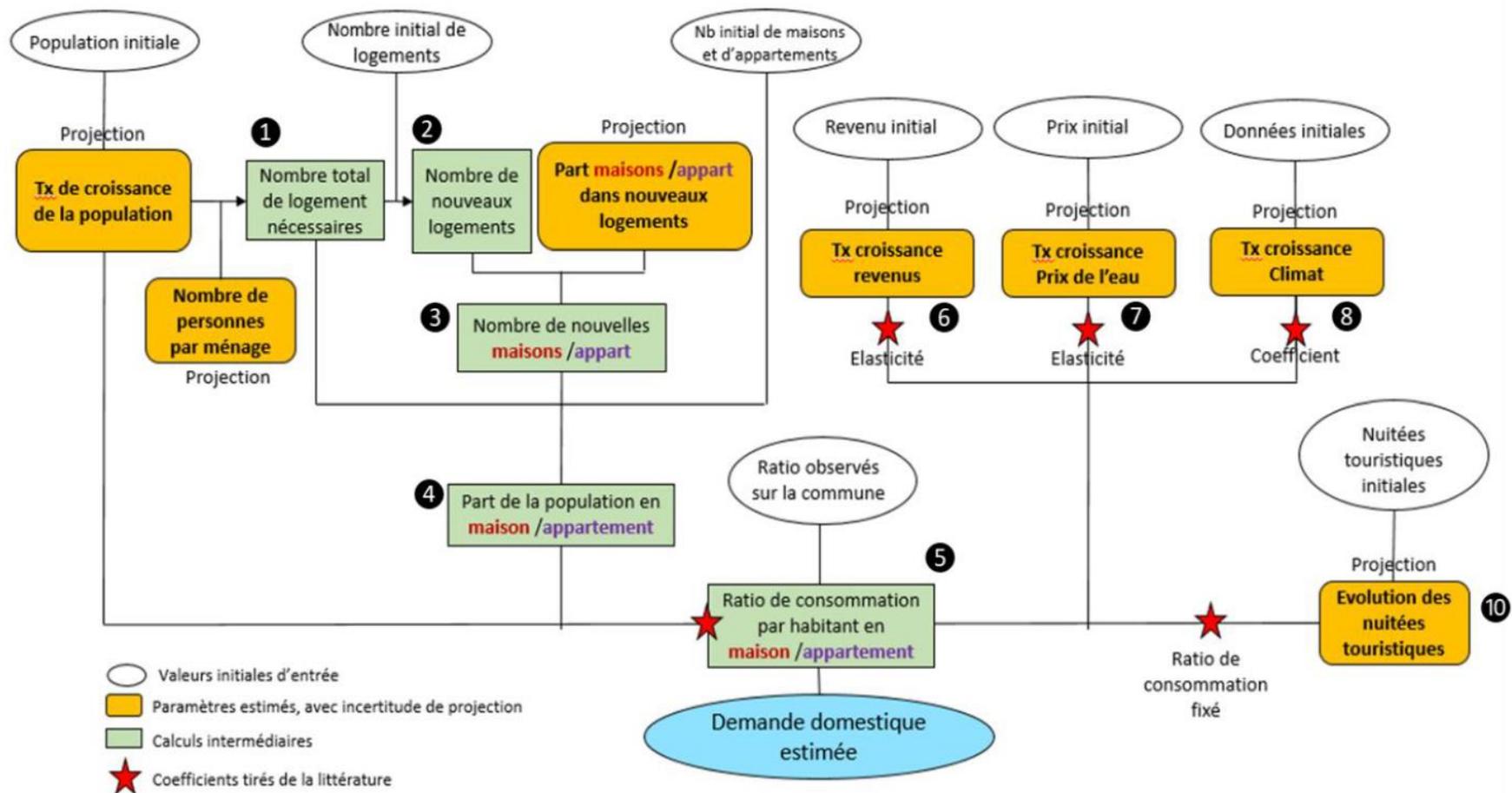


Illustration 23 : Algorithme de calcul de la demande en eau domestique et touristique. Les valeurs des paramètres sont tirées aléatoirement dans une distribution choisie par l'utilisateur (cadres couleur orange) ou tirées de la littérature (croix rouges) (Soullignac et al., 2022).

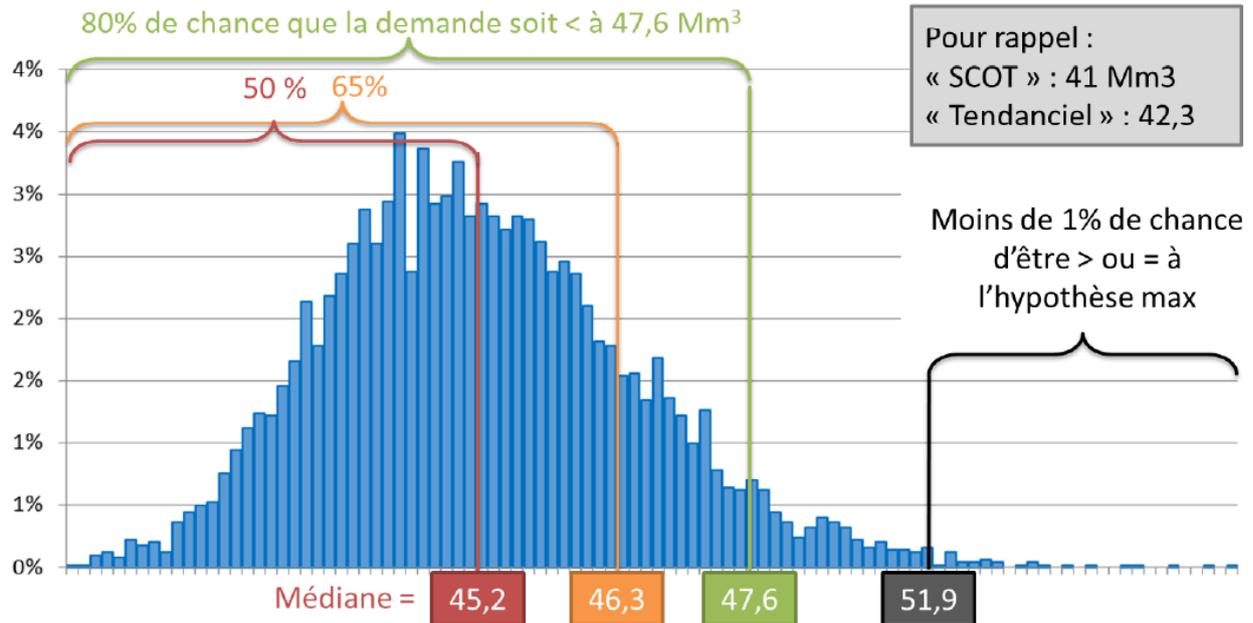


Illustration 24 : estimation probabiliste de la demande en eau potable à l'horizon 2050 pour la plaine du Roussillon.

Les valeurs des paramètres de calcul ayant été fixées par les partenaires du projet (les gestionnaires de services de distribution de l'eau du territoire n'ayant pas répondu à notre invitation à collaborer pour l'attribution des valeurs aux paramètres du modèle), les résultats ne peuvent pas être considérés comme valables, ni être confrontés aux scénarios construits notamment dans le cadre du schéma de sécurisation de l'alimentation en eau potable de la plaine du Roussillon (Artelia, 2017). La démarche de calcul proposée reste cependant utilisable et l'outil de calcul (feuille Excell), ainsi qu'une vidéo tutorial² pour son utilisation ont été largement diffusés auprès de tous les gestionnaires l'ayant sollicité.

2.3.6. Caractériser les consommations en eau potable à partir des fichiers de facturation

La consommation en eau potable (part de la demande en eau potable effectivement utilisée par les ménages) présente une tendance à la stabilisation à l'échelle de la France qui peut mettre en difficulté les services de distribution de l'eau potable. En effet, la qualité de l'eau distribuée peut être altérée par un dimensionnement des réseaux inadapté aux flux d'eau réels. Par ailleurs, des déséquilibres budgétaires peuvent résulter d'une vente d'eau plus limitée que prévu pour les opérateurs de services.

Pour permettre une caractérisation des modes de consommation sur un territoire et mieux suivre leur évolution dans le temps, un outil semi-automatique a été construit dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon (Montginoul, 2022). L'objectif de cet outil est de permettre d'extraire d'un fichier de facturation les informations sur la consommation des usagers, en les identifiant, en estimant leur poids dans la consommation totale d'un territoire donné (par exemple la commune) et en calculant des ratios de consommation unitaire et leur évolution tendancielle sur la période

² https://www.youtube.com/watch?v=_wHidhdDYqw

d'acquisition de ces informations sur les factures. L'outil a été développé sous le langage de programmation R en libre accès et permet d'exploiter les fichiers clientèle des distributeurs d'eau.

Les travaux sur cette tâche ont été limités par les difficultés rencontrés pour établir des conventions permettant aux chercheurs d'accéder aux fichiers de facturation des distributeurs d'eau sur le territoire de la plaine du Roussillon. Ainsi, le code a pu être développé dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon mais son utilisation pour illustrer le type de résultats qu'il permet d'obtenir ne se base pas sur des données issues de collectivités situées sur la zone d'étude du projet (ce sont donc les données du Syndicat Mixte Garrigues Campagne (SMGC) situé dans le département de l'Hérault qui ont été utilisées). L'illustration 25 montre ainsi qu'à l'aide de ce code informatique, il est possible de décrire les consommations en eau du territoire étudié tant en termes de quantification (haut, gauche), que d'analyse de tendance de consommation (bas, gauche), de répartition des consommations à l'échelle communale (haut, droite) et par type d'usage (bas, droite) à l'échelle de tout le territoire ou d'une unité spatiale donnée (par exemple la commune).

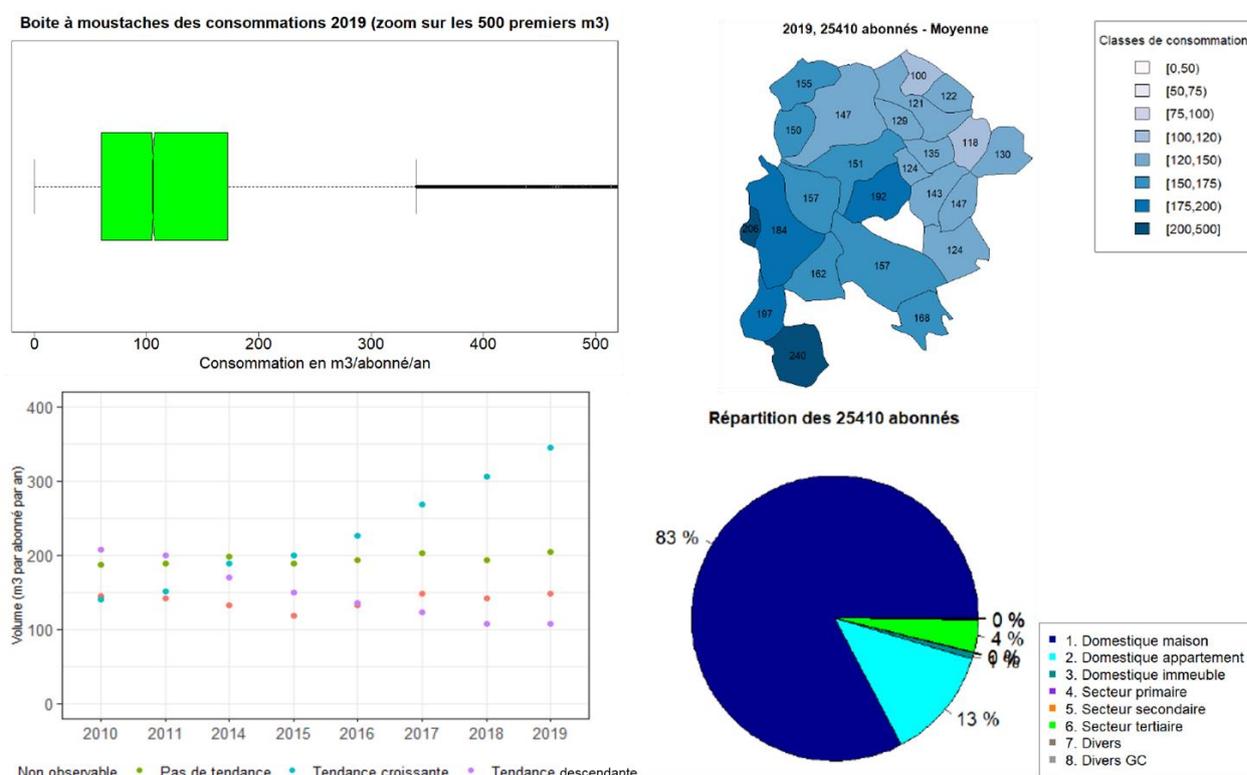


Illustration 25 : type de résultats pouvant être obtenus pour caractériser les consommations en eau potable sur un territoire donné (ici, le syndicat SMGC, Montginoul, (2020)).

2.3.7. Optimisation des prélèvements par rapport aux ressources disponibles

Suite à leur classement en déséquilibre quantitatif, les nappes Plio-Quaternaires de la plaine du Roussillon ont fait l'objet d'une étude Volumes Prélevables (VP, Hydriad, 2014), qui a conduit à figer les volumes prélevables aux valeurs des volumes prélevés en 2010. Cependant, on peut s'attendre à ce que la croissance démographique et le dynamisme de l'activité touristique conduisent à une augmentation de la demande en eau potable du territoire dans le futur (Artelia, 2017). Pour explorer dans quelle mesure les scénarios futurs de demande en eau potable respecteront les volumes prélevables, une démarche de modélisation visant à optimiser

l'utilisation de l'eau potable en fonction de la ressource disponible a été entreprise (Neverre & Mathey, 2022).

Le système a été décrit à l'aide de trois composantes principales : les demandes en eau, les ressources mobilisables et les infrastructures d'approvisionnement (forages, canalisations et transferts, stations de traitement), permettant de faire le lien entre les deux (Illustration 26). Des schémas « ressources-infrastructures-besoins » ont été construits pour chaque Unité homogène Ressources-Demandes (URD, communes ou groupement de communes, proches des UDI des gestionnaires du territoire) du territoire. La demande en eau potable et les infrastructures d'approvisionnement ont été décrites pour l'année 2015, à partir des rapports annuels des délégataires (RAD), ceux sur les prix et la qualité du service (RPQS), les schémas directeurs pour l'alimentation en eau potable (SDAEP) et le schéma de sécurisation des besoins en eau potable de la Plaine du Roussillon aux horizons 2017-2030-2050 (Artelia, 2017)). Ces schémas ont été validés par les services gestionnaires de l'AEP des collectivités concernées.

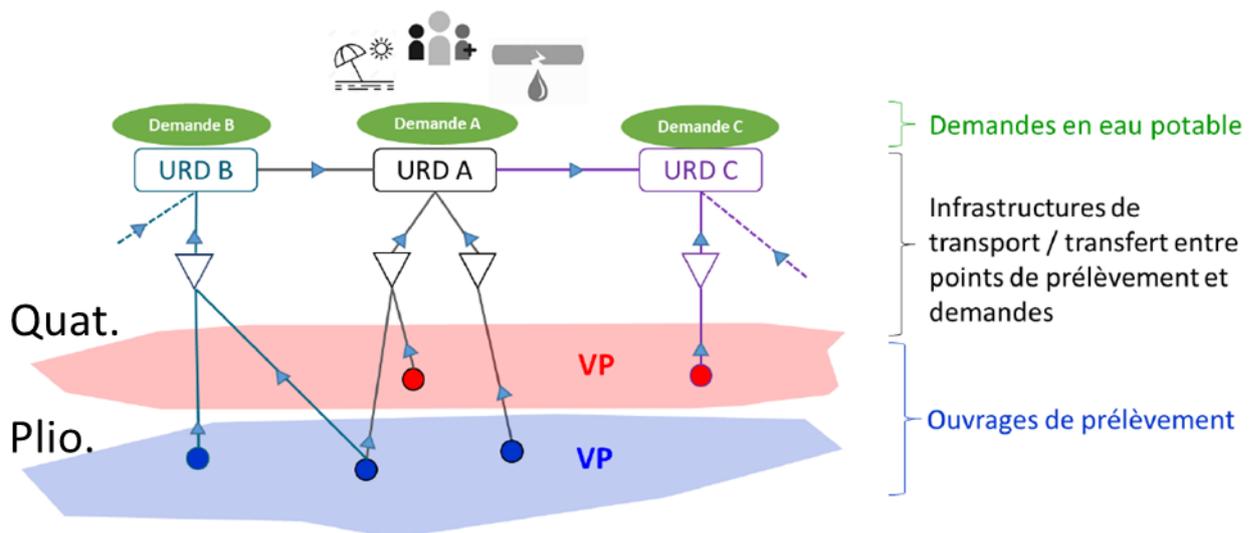


Illustration 26 : Schéma conceptuel du modèle de l'approvisionnement en eau potable (URD = Unité homogène Ressources-Demande) (Neverre & Mathey, 2022).

Une fois le système bien modélisé, des scénarios d'évolution de la demande en eau ou des volumes prélevables ont été testés, en cherchant à optimiser l'approvisionnement de façon à satisfaire au mieux les demandes en eau potable du scénario considéré, à moindre coût, tout en respectant les contraintes de production, notamment les volumes prélevables.

Des scénarios définis en atelier avec les gestionnaires du territoire ont été construits à l'horizon 2050: deux scénarios d'évolution de la demande en eau potable (Scénario SCOT « de référence », Artelia, 2017 et Scénario « Optimiste », demande 10% inférieure à celle du scénario de référence), deux d'évolution du rendement des réseaux (Scénario « de référence », rendements 2050 préconisés dans le schéma de sécurisation et Scénario « Optimiste », rendements préconisés dans le SAGE (85% partout)) et six scénarios d'évolution de la ressource disponible qui combinent :

- pour le Quaternaire, un scénario de référence « Quat 12.5 » avec un VP de 12.5 Mm³ conforme à l'étude Hydiad (2014) et un scénario optimiste « Quat 16 » avec un VP maximal de 16 Mm³ proposé dans le schéma de sécurisation ;
- pour le Pliocène, un scénario de référence « Plio Captage » avec des VP conformes à ceux de la maquette de répartition par forage de la DDTM66, un scénario

souple « Plio secteur » où les VP doivent être respectés par secteur géographique (contenant plusieurs captages) et un dernier « Plio secteur + » avec les mêmes contraintes par secteur, mais qui considère des marges supplémentaires en termes de VP, à l'horizon 2030.

Pour chaque scénario, le modèle détermine quelle est l'organisation optimale de l'approvisionnement (i.e. quels volumes prélever, et comment les répartir entre les différentes destinations possibles) dans cette situation, de façon à minimiser le coût total (coût de l'approvisionnement + coût de la défaillance), sous contrainte des capacités de production (Illustration 27).

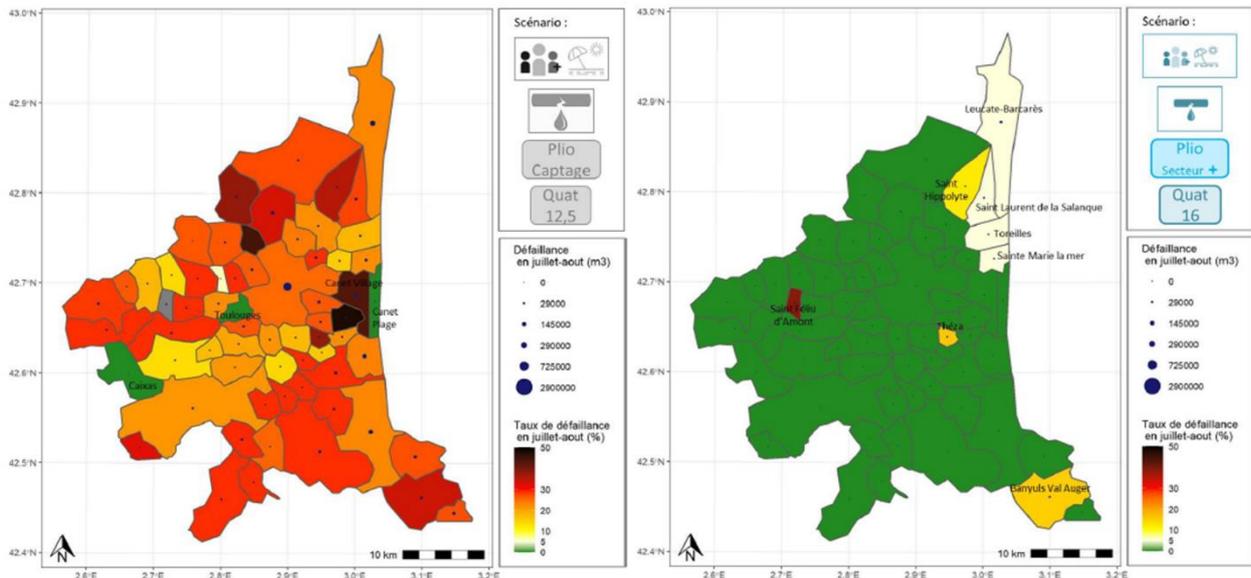


Illustration 27 : Taux de défaillance de l'approvisionnement en été (juillet-août) dans le cas du scénario le plus défavorable (à gauche) et le plus favorable (à droite) (Neverre & Mathey, 2022).

Il a alors été possible d'explorer les différents scénarios considérés pour mettre en évidence à la fois l'importance des situations de tension qui pourraient avoir lieu en fonction des hypothèses d'évolution considérées, mais également leur localisation géographique (Illustration 28).

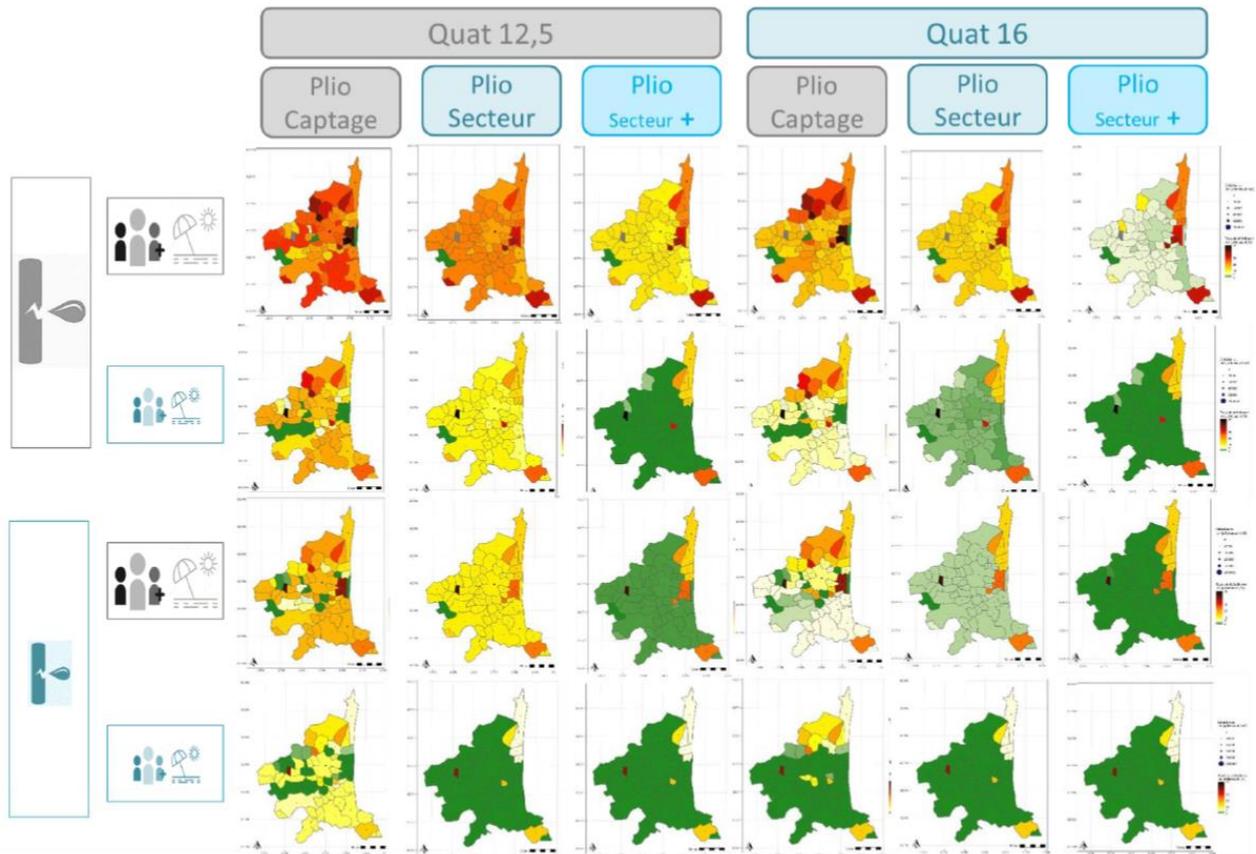


Illustration 28 : Vue d'ensemble des résultats de tous les scénarios. Le scénario le plus défavorable est situé tout en haut à gauche, le scénario le plus favorable tout en bas à droite (Neverre & Mathey, 2022).

Outre le fait de confirmer que les situations de tension baissent logiquement lorsque l'on considère une amélioration des rendements ou une augmentation du volume prélevable, ce type d'analyse permet également d'illustrer dans quelle mesure le fait d'introduire de la souplesse dans les contraintes d'utilisation des VP (par secteurs plutôt qu'au forage) limite les situations de tension. Cependant, même dans le scénario le plus favorable (Illustration 28, en bas à droite), on constate que certaines zones resteraient en difficulté, notamment la bordure côtière nord.

Bien que très intéressant, ce prototype présente des limites d'utilisation importantes à l'heure actuelle, essentiellement liées à l'impossibilité de prendre en compte la dynamique réelle des eaux souterraines lorsqu'elles sont soumises à des pompages (notamment sur le risque d'intrusion salée). Une perspective d'amélioration scientifique de l'outil serait donc de coupler ce modèle d'optimisation à un modèle hydrogéologique, afin de pouvoir prendre en compte les interactions entre pompages et ressources de façon dynamique (baisse des nappes, intrusion saline, impacts sur les cours d'eau etc.).

2.4. INTERACTIONS AVEC LA DYNAMIQUE LITTORALE

2.4.1. Contraintes morphodynamiques dans la zone d'embouchure de la Têt

L'étude des apports sédimentaires par les fleuves permet de mieux comprendre leur rôle dans la construction du littoral et la protection contre les submersions marines. Ainsi, les interactions fluvio-marines au niveau de l'embouchure de la Têt ont été étudiées pour comprendre la manière dont ce milieu se comporte lors des crues et des tempêtes (Meslard et al., 2022).

Un travail de quantification des flux sédimentaires (tant pour ce qui concerne les matières en suspension (MES) transportées par le courant, que pour le transport des particules sur le fond, par glissement, roulement ou saltation) a ainsi été réalisé au sein de la Têt et à son embouchure. Les équipements acquis dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon ont été installés au niveau de la station de mesure du CEFREM de Villelongue-de-la-Salanque et de deux nouvelles stations à l'embouchure de la Têt et face à elle plus au large (Illustration 29).



Illustration 29 : Carte de position des différentes stations de mesures sur la Têt aval et en zone côtière

Les équipements installés ont permis d'estimer les flux annuels de matières en suspension dans la Têt et à son embouchure et de suivre les courants et la hauteur de la houle en mer en face de l'embouchure. Ces données ont été analysées plus précisément lors des épisodes de crues et tempêtes qui ont eu lieu en octobre 2018, octobre 2019 et janvier 2020 (provoquée par la tempête Gloria). On constate que les dynamiques de transport de MES sont variables suivant les situations et qu'elles ne sont pas directement corrélables aux débits observés dans le fleuve uniquement (Illustration 30). La mesure du transport de fond est rendue plus difficile du fait des conditions de mise en place des équipements (tubes pouvant être bouchés ou mesures pouvant fortement différer suivant leur localisation dans le cours d'eau). Là encore, les mesures ne sont pas directement corrélables aux débits des événements de crue identifiées. De plus, une partie des équipements de mesure a été endommagé ou emporté lors de la crue de janvier 2020.

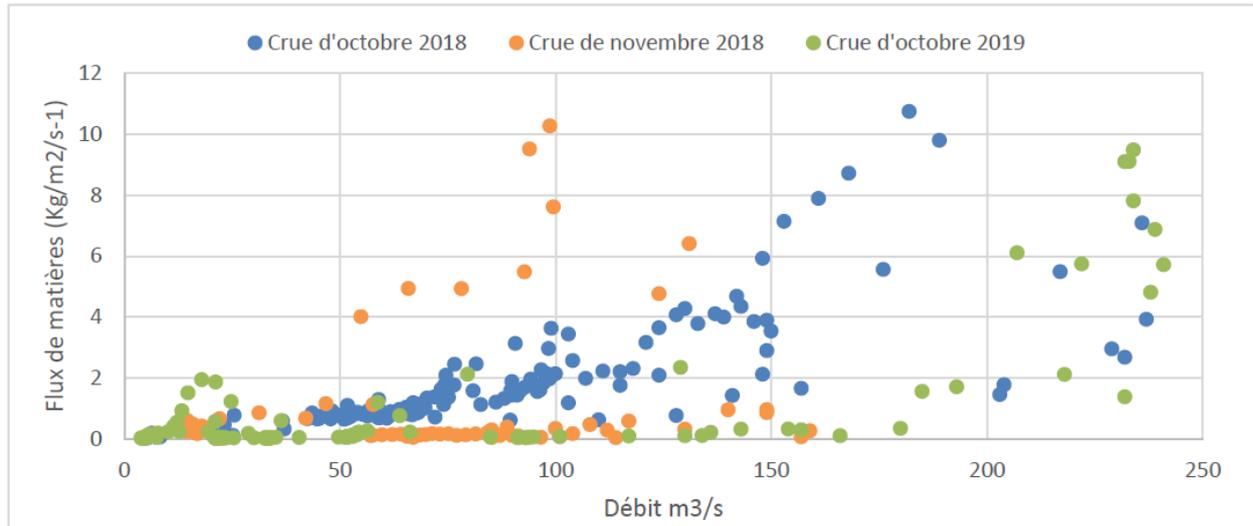


Illustration 30 : Evolution du flux de matières à l'embouchure en fonction du débit (Meslard et al., 2022)

Les trois événements de crues d'octobre et novembre 2018, ainsi qu'octobre 2019 ont fait l'objet d'une modélisation hydro-morphodynamique, à l'aide de la suite TELEMAC-MASCARET system, sur une grille de mailles triangulaires de taille variable comprise entre 10 m (pour la rivière) et 100 m et en considérant deux classes de taille de sédiments pour les MES et différentes formules de transport de fond. Une fois le modèle calibré et validé, l'impact des crues a été analysé en termes de variation de la bathymétrie de la Têt (apparition de zones d'érosion, plutôt en amont, et de dépôt, plutôt en aval, sur des épaisseurs pouvant atteindre 4 m) et de morphologie latérale de la rivière, qui semble être plus fortement modifiée par les crues par l'érosion ou le dépôt dans le secteur amont que dans le secteur aval. Ainsi à l'échelle de l'ensemble du profil modélisé, les crues considérées sont susceptibles de provoquer des variations importantes dues soit à des dépôts (< à 4 m), soit à de l'érosion (< 2 m).

Au niveau de la zone d'embouchure, une flèche sableuse se construit sous l'effet du courant de dérive littorale et de la houle. Cette flèche sableuse peut ainsi perturber les écoulements sortants de la Têt, mais également limiter l'action des vagues et de la houle. Lors de la survenue des événements de crue, nous avons observé qu'une hausse du niveau de la mer (liée à l'augmentation de la houle provoquée par la tempête marine), précède toujours celle du niveau de la Têt en amont de la flèche (Illustration 31.a). Cette élévation, en plus du déferlement des vagues, conduit à un franchissement de la flèche sableuse et un déversement des eaux marines en amont de la flèche (Illustration 31.b). L'augmentation des apports fluviaux à l'embouchure dus à la crue peinent alors à se déverser en mer à cause de la flèche sableuse, mais également de la surcote marine et de la houle. La compétition entre le fleuve et la mer qui se met en place finit par provoquer la destruction brusque de la flèche sableuse, lorsqu'un des deux forçages l'emporte sur l'autre. Ceci permet alors le déversement de l'eau accumulée dans l'embouchure et des sédiments qu'elle transporte en mer (Illustration 31.c).

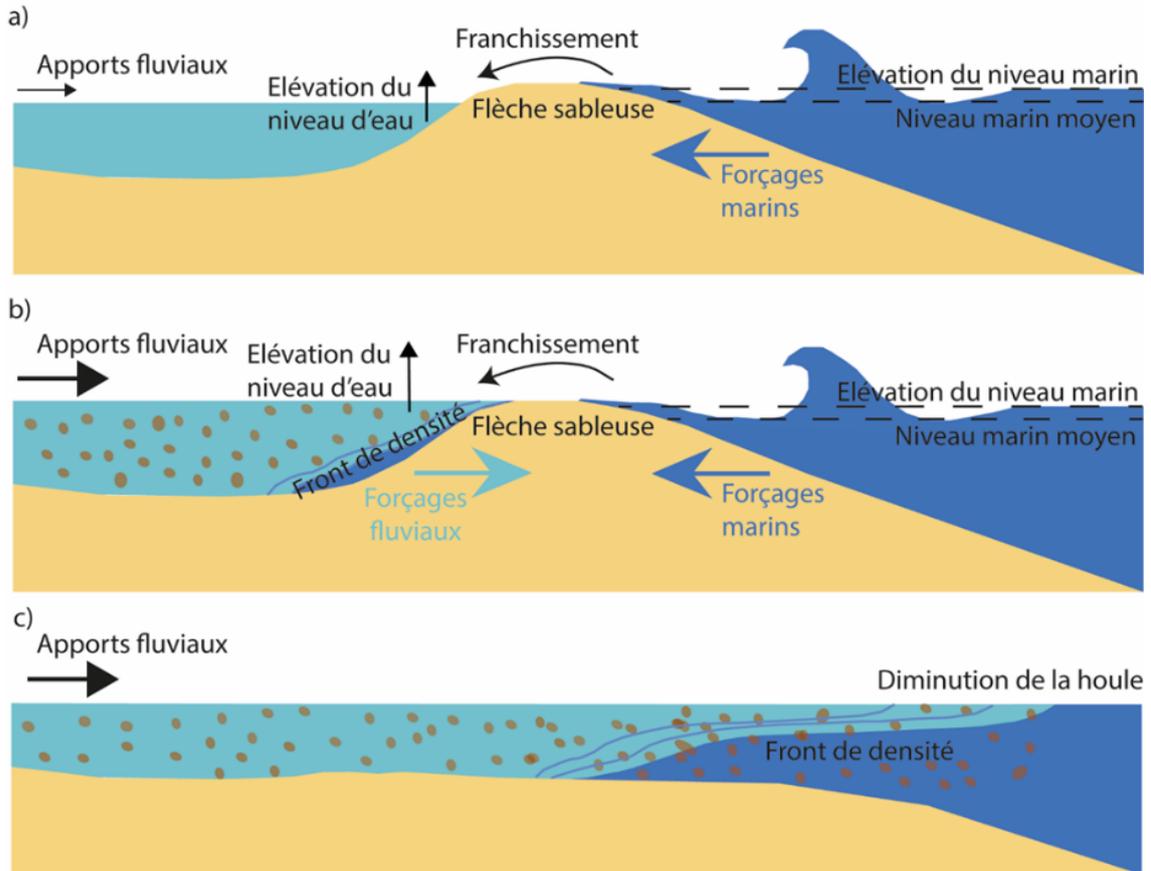


Illustration 31 : Rôle de la morphodynamique aux embouchures lors des tempêtes.

2.4.2. Développement d'un prototype d'acquisition bathymétrique aéroporté

Un prototype permettant de produire des cartes de bathymétrie sous une profondeur d'eau limitée à l'environnement côtier proche a été développé par la société YellowScan dans le cadre du projet (Berthelot, 2021). Un drone a ainsi été équipé d'un système de mesure LIDAR et son acquisition testée en conditions réelles. Les résultats sont encourageants même si des améliorations sont nécessaires pour améliorer la géolocalisation de la mesure et s'affranchir de l'influence de la turbidité de l'eau sur la qualité de la mesure (Illustration 32).

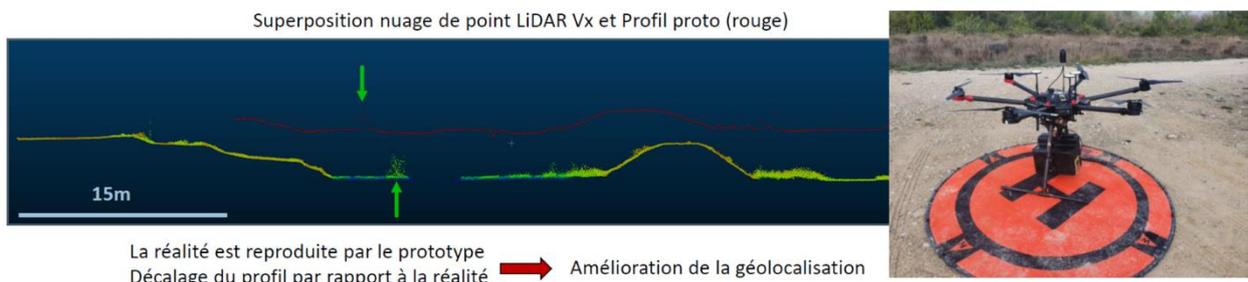


Illustration 32 : Prototype d'acquisition bathymétrique aéroportée développé par YellowScan.

2.4.3. Modélisation actuelle et future de la submersion marine

Afin de pouvoir disposer d'éléments d'information concernant l'évolution future des niveaux de l'eau de mer et de la houle le long de la côte sur la plaine du Roussillon, un modèle hydrodynamique couplé niveau-houle Telemac-Tomawac a été mis en œuvre par BRLi pour reproduire l'effet des variations des paramètres météo-océaniques sur la zone côtière. Les performances du modèle ont été analysées de manière fine au droit de l'observatoire Dem'Mer à Canet-en-Roussillon (cf. §2.5.1). Ce modèle, dont les mailles triangulaires sont de taille irrégulière comprise entre 10 m à la côte et au droit du site Dem'Mer et 500 m au large, intègre la bathymétrie, les séries temporelles de niveau de la mer à Port Vendres et de houle de l'IFREMER comme donnée de forçage.

Après une calibration simplifiée visant à fournir des résultats cohérents sans forcément coller à la réalité au plus près, les niveaux d'eau de mer et la houle ont été simulés de manière satisfaisante.

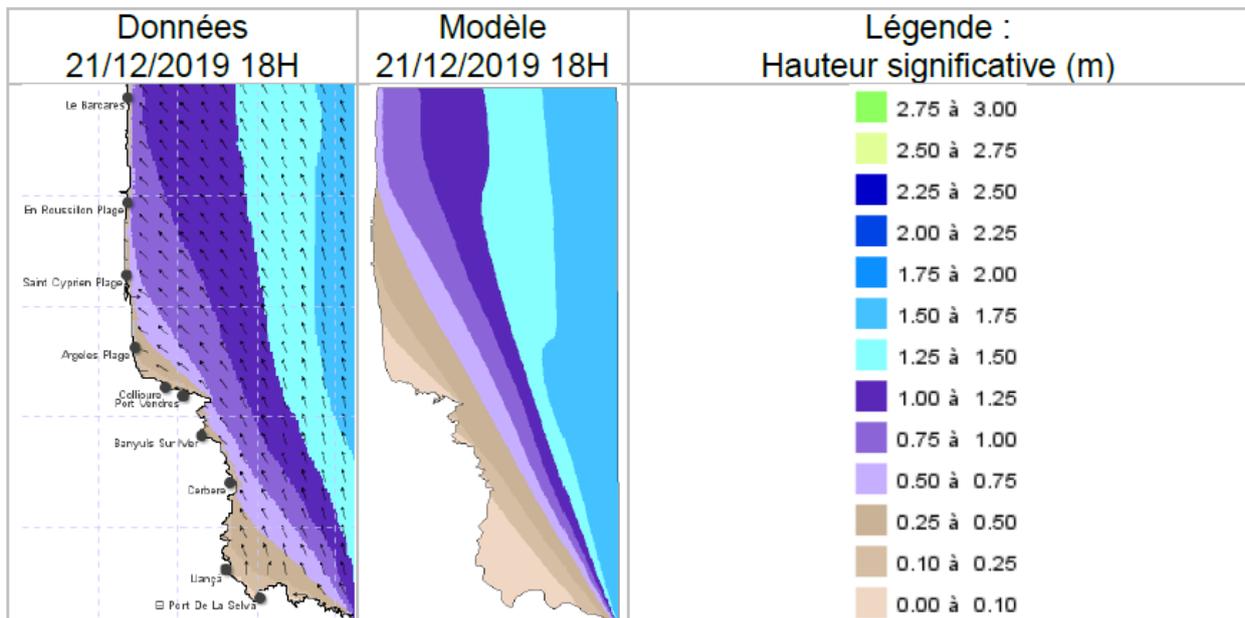


Illustration 33 : Comparaison entre les données de houle de l'Ifremer et les simulations du modèle (Proust et al., 2021).

L'évolution spatiale (le long d'un profil situé en face de Dem'Mer) des niveaux d'eau et de la houle simulés par le modèle peuvent être décrits comme suit (Illustration 34): la hauteur significative de la houle est relativement constante du large vers la côte puis, elle gonfle au niveau de la barre sableuse externe (remontée bathymétrique au PM450) puis elle diminue brusquement au niveau de la barre sableuse interne (remontée bathymétrique au PM250). Concernant le niveau d'eau, il diminue très légèrement en partant du large vers la côte jusqu'au PM400 environ. Ensuite, on observe une augmentation (wave setup) liée au déferlement de la houle, d'autant plus marquée que la houle est forte. En termes d'évolution temporelle, on observe que la houle est systématiquement plus forte au large qu'à la côte lors des tempêtes, alors qu'elle est similaire le reste du temps. Pour les niveaux d'eau le phénomène est similaire, mais inversé à cause du wave setup qui provoque une hausse du niveau à la côte par rapport au large.

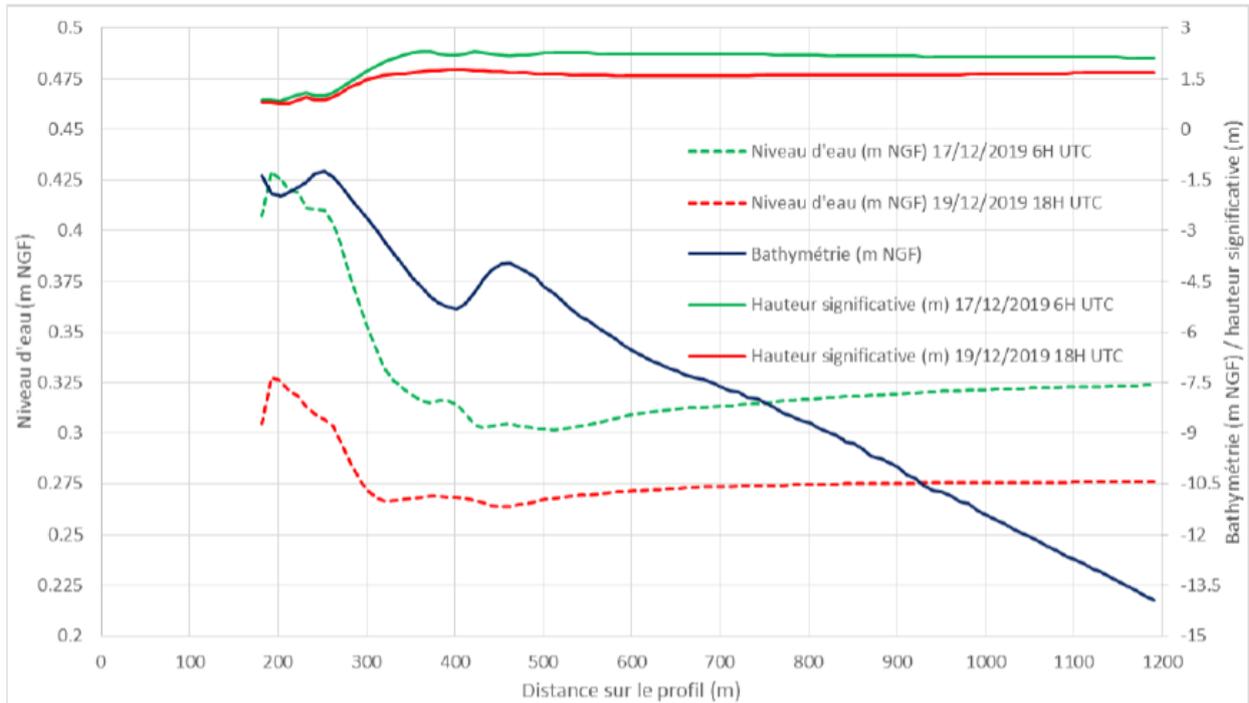


Illustration 34: profils en long du niveau de la mer et de la hauteur significative de la houle au droit de Dem'Mer (qui serait situé à gauche sur le graphe).

Pour étudier l'impact des projections futures d'élévation du niveau marin produites par le GIEC, la valeur médiane (élévation de 1,01 m) obtenue pour le scénario RCP8.5 à l'horizon 2100 a été utilisée en forçage du modèle. L'impact de ce scénario en termes de niveau et de houle se traduit par une augmentation de la houle (qui pourrait s'expliquer par une houle moins limitée par la profondeur) et une augmentation du niveau de la mer à la côte légèrement inférieure à celle de la projection, probablement du fait d'un décalage de la zone de déferlement vers le haut de la plage. Ces résultats, largement exploratoires, doivent être considérés avec précaution et relativisés dans la mesure où ils dépendent de l'évolution future du profil de la plage (bathymétrie) qui sera probablement modifiée avec l'augmentation du niveau d'eau.

2.4.4. Propagation de signal météo-marin dans un aquifère côtier

Pour être en mesure de valoriser les projections d'élévation du niveau de la mer du type de celles qui ont été produites par BRLi (cf. §2.4.3), il apparaît nécessaire de travailler à la mise en place de méthodes qui permettent d'analyser dans quelle mesure les vagues et les tempêtes qui induisent une modification du niveau d'eau marin sont susceptibles d'influencer les phénomènes d'intrusion saline dans les aquifères côtiers superficiels. Un travail exploratoire a été réalisé dans le cadre d'un stage de Master (Badillo, 2021) pour développer les méthodes de calcul permettant de fournir à un modèle hydrodynamique (du type de celui développé dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, cf. §2.5.4), des données de forçage météo-marin. Dans la zone côtière ces forçages sont de trois types (Illustration 35) : le « gradient de charge » induit par la salinité de l'eau de mer (charge proportionnelle à la hauteur de l'eau de mer au-dessus de l'aquifère), la « tension radiale » qui correspond à la composante verticale de la force exercée par la colonne d'eau en présence de vagues et le « wave set-up » qui correspond à l'élévation du niveau moyen de la mer à la côte provoqué par l'accumulation d'eau associée au déferlement des vagues.

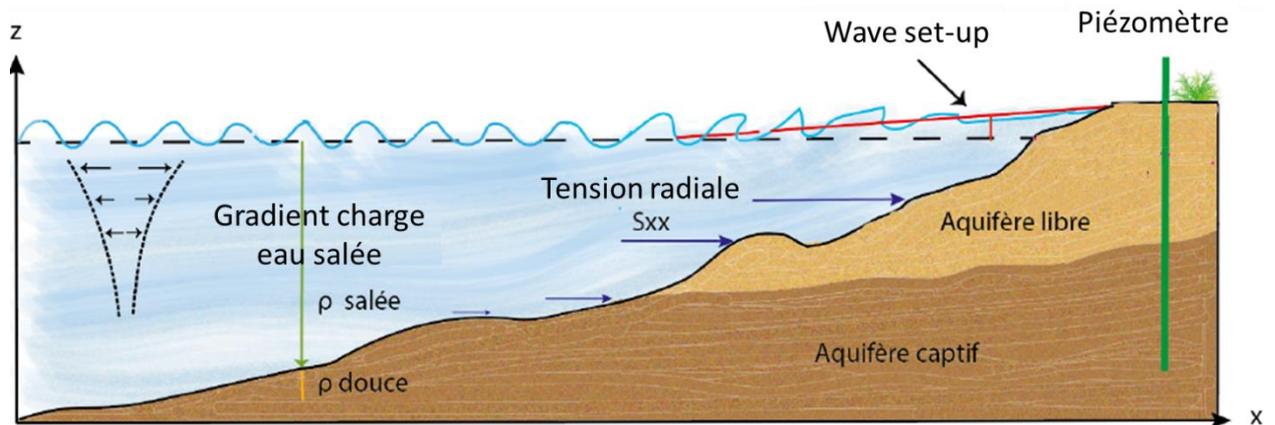


Illustration 35 : Schématisation des forçages météo-marins qui peuvent impacter le comportement des eaux souterraines dans les aquifères côtiers (modifiée à partir de Badillo, 2021).

Les forçages pour ces trois composantes ont été calculés en se basant sur le profil bathymétrique au droit de l'observatoire Dem'Mer (cf. §2.5.1), qui pourraient être appliqués au modèle hydrodynamique construit pour la zone d'étude (cf. §2.5.4). Les résultats (Illustration 36) montrent que si le gradient de salinité constitue rapidement le forçage prépondérant en allant vers le large, les composantes liées au wave-setup et à la tension de radiation peuvent constituer une augmentation des charges pouvant atteindre 50 cm chacune au droit de la côte. Ces charges sont donc susceptibles d'impacter le comportement des eaux souterraines, ce qui pourrait être exploré avec le modèle dans des travaux futurs.

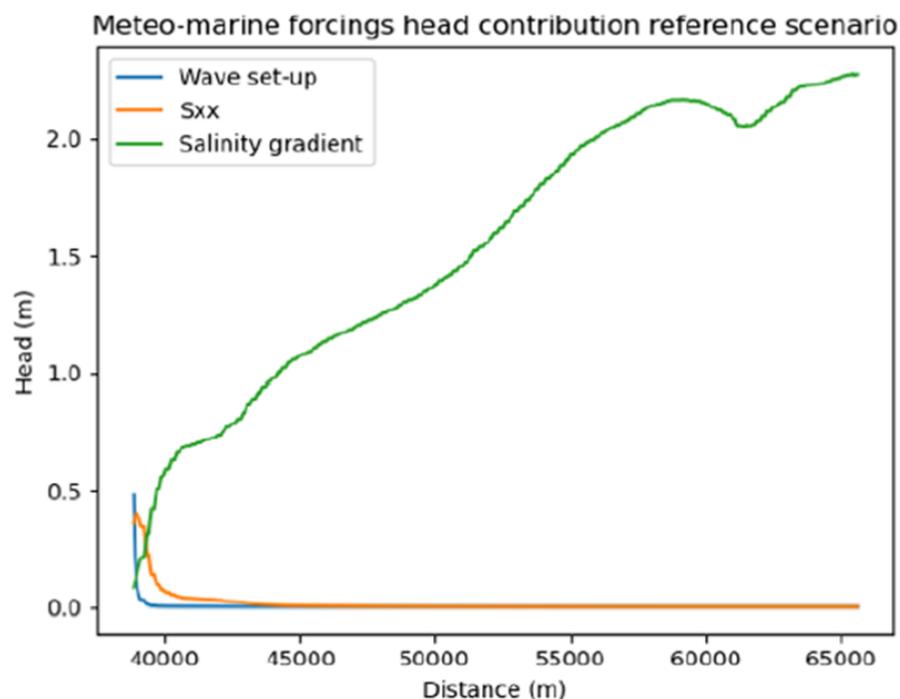


Illustration 36 : Caractérisation des charges correspondantes aux trois composantes du forçage météo-marins au droit de Dem'Mer.

Une analyse de sensibilité faite en appliquant ces forçages sur un système théorique a permis de fournir quelques éléments sur les impacts que peuvent avoir ces forçages sur le comportement des eaux souterraines dans un aquifère théorique superficiel et côtier libre, pour différentes

configurations du système (Illustration 37). Ainsi, l'impact de variations des paramètres du système tels que la pente, le niveau de la mer et la distance à la côte (du bord gauche à flux imposé) sur la distribution de charges au sein de l'aquifère a été analysé.

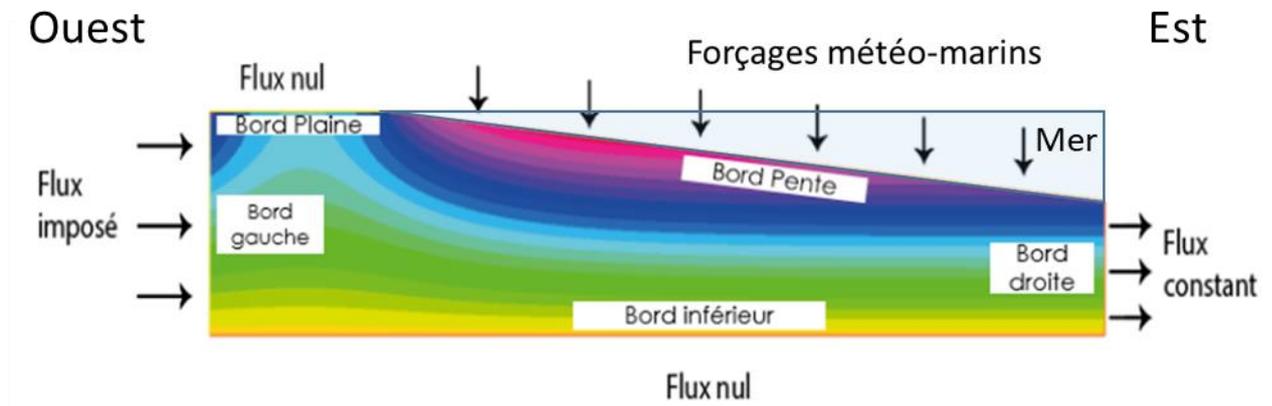


Illustration 37 : Système aquifère côtier théorique sur lequel sont appliqués les forçages météo-marins, dont les caractéristiques varient dans le cadre de l'analyse de sensibilité (Badillo, 2021). Les zones colorées représentent de manière schématique la distribution des charges hydrauliques au sein du système, que l'on cherche à simuler.

Les résultats de cette analyse montrent que la distribution des charges dans le système aquifère est sensible au premier ordre à la valeur de la pente du bord pente, qui peut provoquer une inversion du sens des écoulements (de l'est vers l'ouest) pour des fortes pentes. La distribution de charges est également et logiquement très sensible au différentiel de charges hydrauliques entre l'amont (bord gauche) et l'aval (bord droit) du système. Ainsi, l'impact des forçages météo-marins sur la distribution des charges peut devenir prépondérant (et donc provoquer des intrusions salines), dans le cas où le différentiel est proche de zéro, ce qui peut arriver en cas de prélèvements excessifs dans la nappe. Appliqués à un modèle hydrodynamique opérationnel, les forçages météo-marins sont donc susceptibles de simuler de manière plus réaliste les processus d'intrusions salines dans les aquifères côtiers du Quaternaire de la plaine du Roussillon, en considérant l'ensemble des facteurs qui les contrôlent.

2.5. CARACTERISATION HYDROGEOLOGIQUE

2.5.1. Observatoires hydro-géophysiques en forage

Dix forages ont été réalisés dans le cadre du projet sur deux sites différents, dans le but de constituer deux observatoires hydrogéophysiques permettant le suivi des pressions, température et conductivité dans les formations du Quaternaire et à différentes profondeurs dans les formations du Pliocène (Caballero et al., 2022a). Les observatoires ont été nommés Dem'Terre (commune de Pollestres) et Dem'Mer (commune de Canet-en-Roussillon) et sont opérationnels (Illustration 38). Sur chaque site des forages carottés ont été réalisés puis des piézomètres en « flûte de pan » (implantés à des profondeurs croissantes, 3 sur le site Dem'Terre et 5 sur le site Dem'Mer), équipés pour le suivi de la piézométrie, la température et la minéralisation de l'eau souterraine.

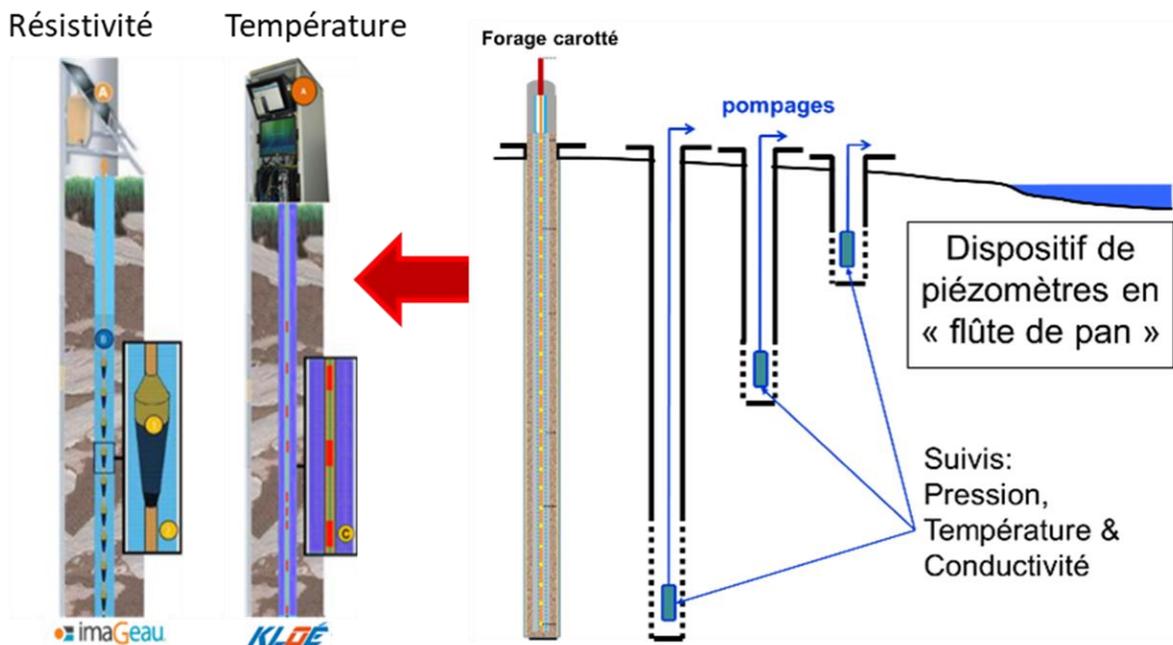


Illustration 38 : caractéristiques et équipement des ouvrages des observatoires Dem'Terre et Dem'Mer.

Les forages carottés ont été équipés avec du matériel de suivi de la résistivité (matériel ImaGeau, Illustration 39 et Illustration 40) et de la température (matériel Kloe, Illustration 41 et Illustration 42) à haute résolution spatiale et temporelle, qui permet une surveillance du comportement des formations sur toute la profondeur explorée par les forages carottés. A ce jour nous disposons de chroniques de minimum 2 ans, ce qui permettra d'étudier les processus d'écoulement vertical de l'eau souterraine entre les différents niveaux aquifères surveillés (processus de recharge des aquifères, intrusions salines), dans le cadre de thèses de doctorat à venir ou de projets ultérieurs à monter.

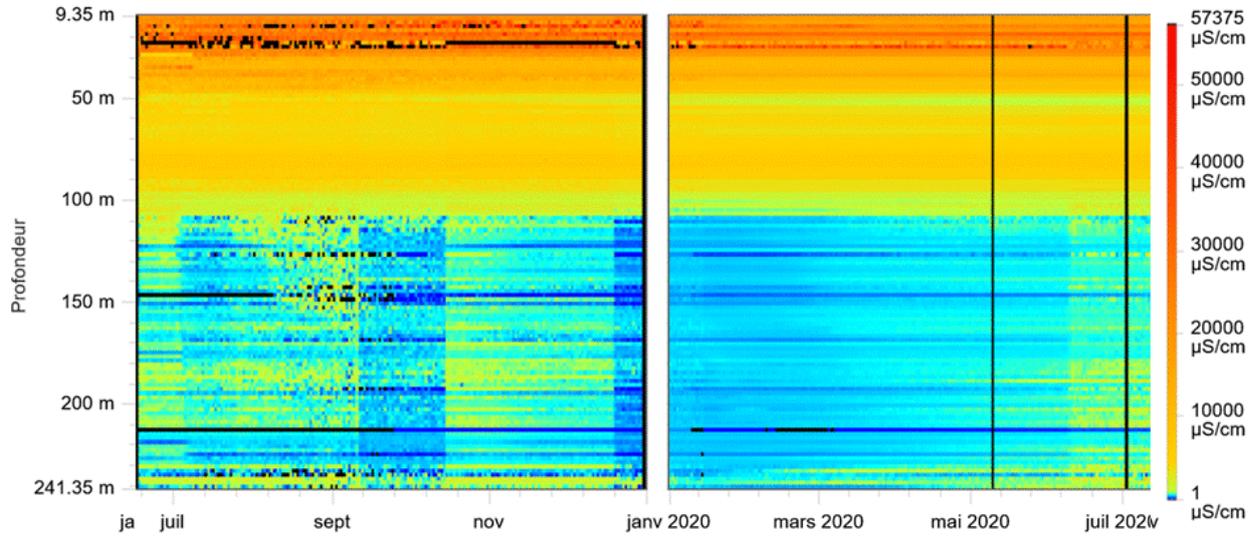


Illustration 39 : suivi de la résistivité sur le forage carotté de Dem'Mer.

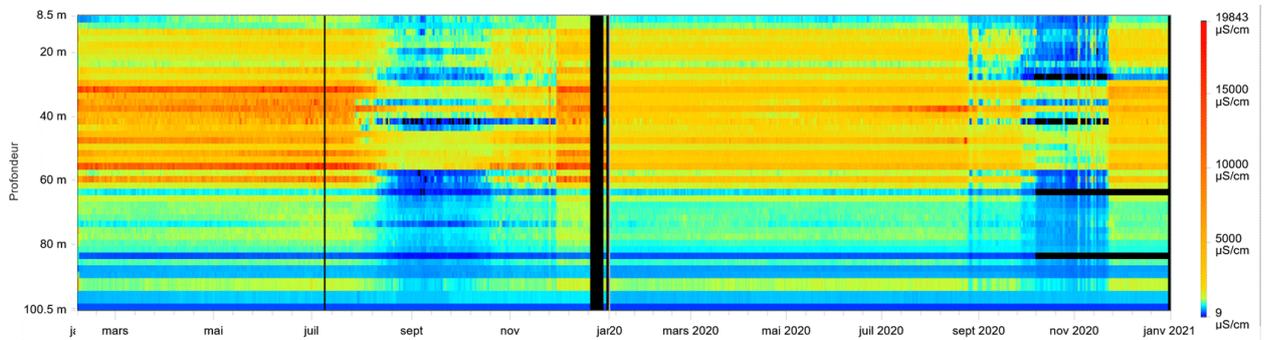


Illustration 40 : suivi de la résistivité sur le forage carotté de Dem'Terre.

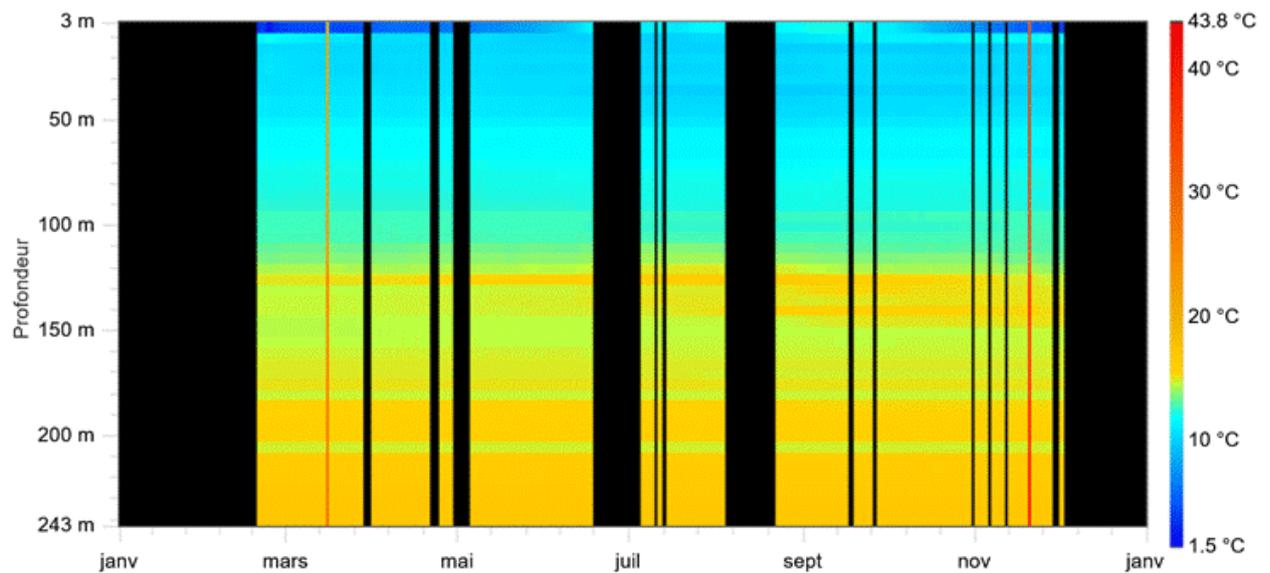


Illustration 41 : suivi de la température sur le forage carotté de Dem'Mer (2020, cet équipement a souffert de plusieurs pannes qui n'ont pas permis un suivi continu sur toute la période).

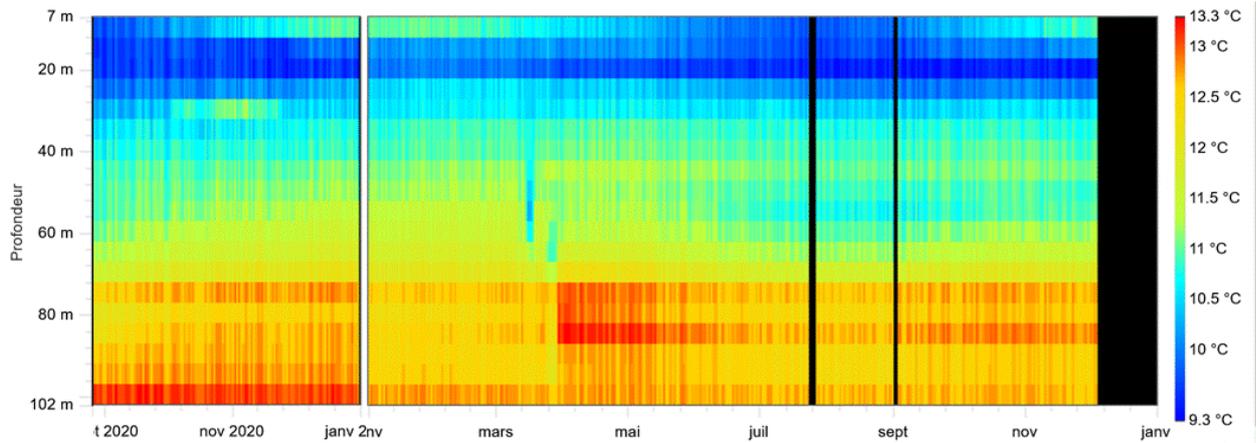


Illustration 42 : suivi de la température sur le forage carotté de Dem'Terre.

Les piézomètres en flûte de pan ont été équipés avec des sondes de suivi du niveau piézométrique, de la conductivité et de la température de l'eau (Illustration 43, Illustration 44 et Illustration 45). Toutes les sondes installées sont reliées aux centrales d'acquisition et de télétransmission installées dans des bungalows-containers (Illustration 46).

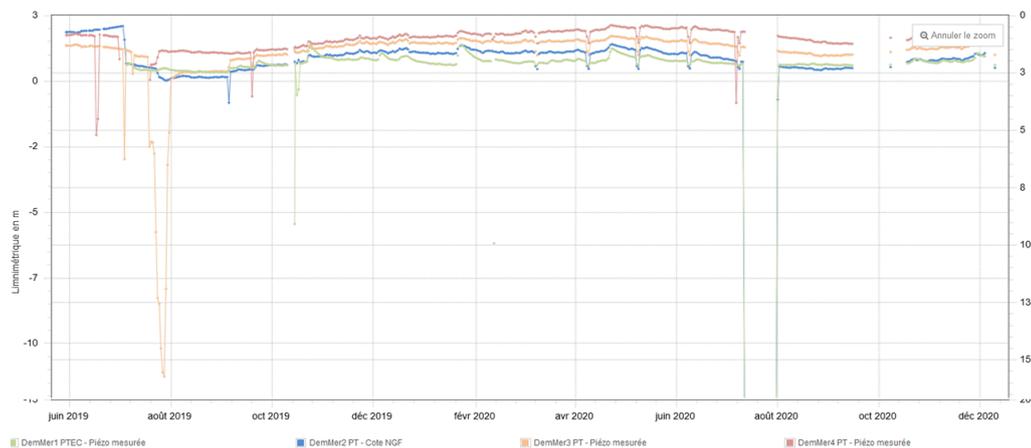


Illustration 43 : Chroniques de niveaux d'eau souterraine mesurés aux piézomètres de Dem'Mer.

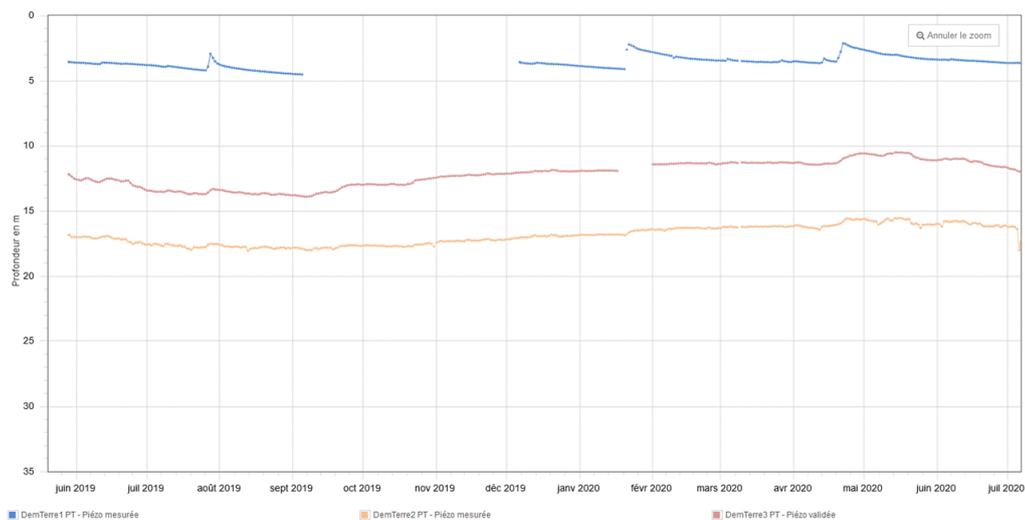


Illustration 44 : Chroniques de niveaux d'eau souterraine mesurés aux piézomètres de Dem'Terre.

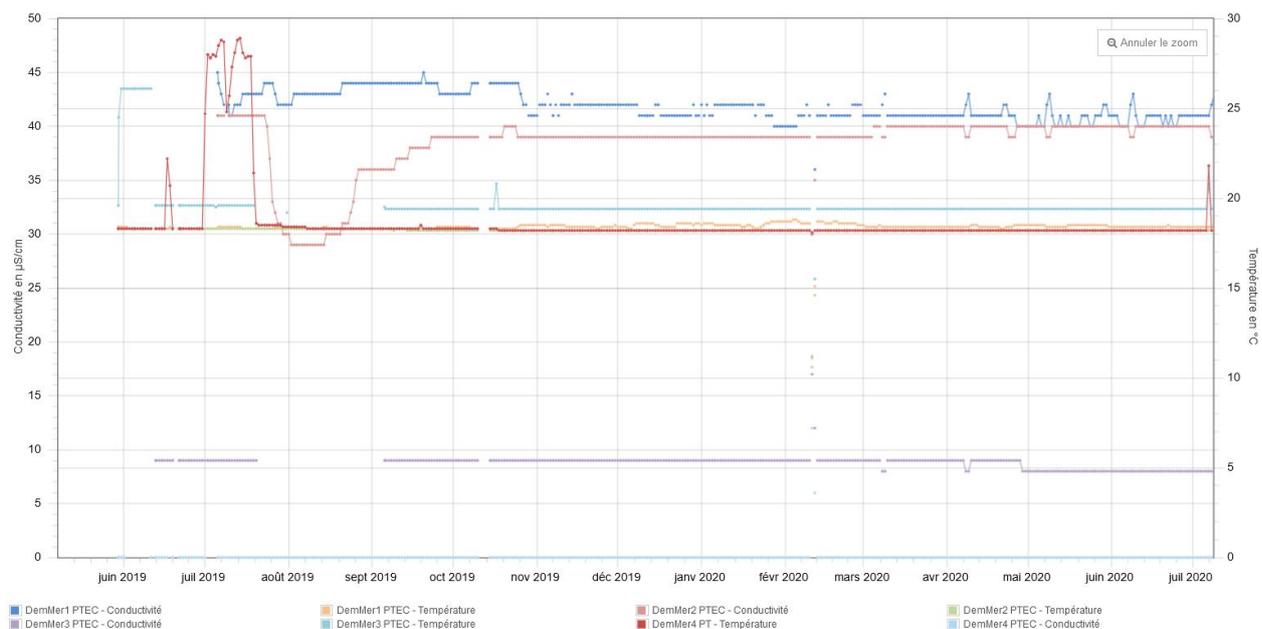


Illustration 45 : Chroniques de conductivité et température de l'eau souterraine mesurées aux piézomètres de Dem'Mer.



Illustration 46 : Installations de forage et bungalow-container hébergeant les équipements de mesure de l'observatoire Dem'Terre.

2.5.2. Valorisation hydrodynamique et géochimique des essais de pompage

Des essais de pompage ont été réalisés sur les piézomètres des observatoires pour caractériser les propriétés hydrodynamiques des niveaux surveillés et observer l'influence du pompage dans les niveaux sus et sous-jacents. Les résultats des essais ont été interprétés en utilisant les dérivées des rabattements et modélisés en faisant appel à des modèles théoriques de type multicouche avec de la drainance verticale (Dewandel et al., 2022).

Ces interprétations ont permis de déterminer les paramètres hydrodynamiques des différents niveaux aquifères observés, qui sont synthétisés, pour les deux sites, sur les Illustration 47 et Illustration 48. Sur le site de Dem'Mer, la réinterprétation d'un essai de pompage réalisé antérieurement sur le piézomètre du golf à Saint-Cyprien montre que les paramètres hydrodynamiques présentent une faible variation à l'échelle kilométrique au sein du Pliocène continental. Les formations superficielles du Quaternaire sont hydrauliquement très connectées avec la surface alors que les formations du Pliocène sont soumises à des effets de drainance verticale d'eau en provenance des niveaux sus-jacents ou sous-jacents lorsqu'ils sont pompés. De plus, aucun effet de limite, étanche ou alimentée, n'a été observé au cours des différents essais dans les formations du Pliocène, malgré la proximité de la mer (Illustration 47).

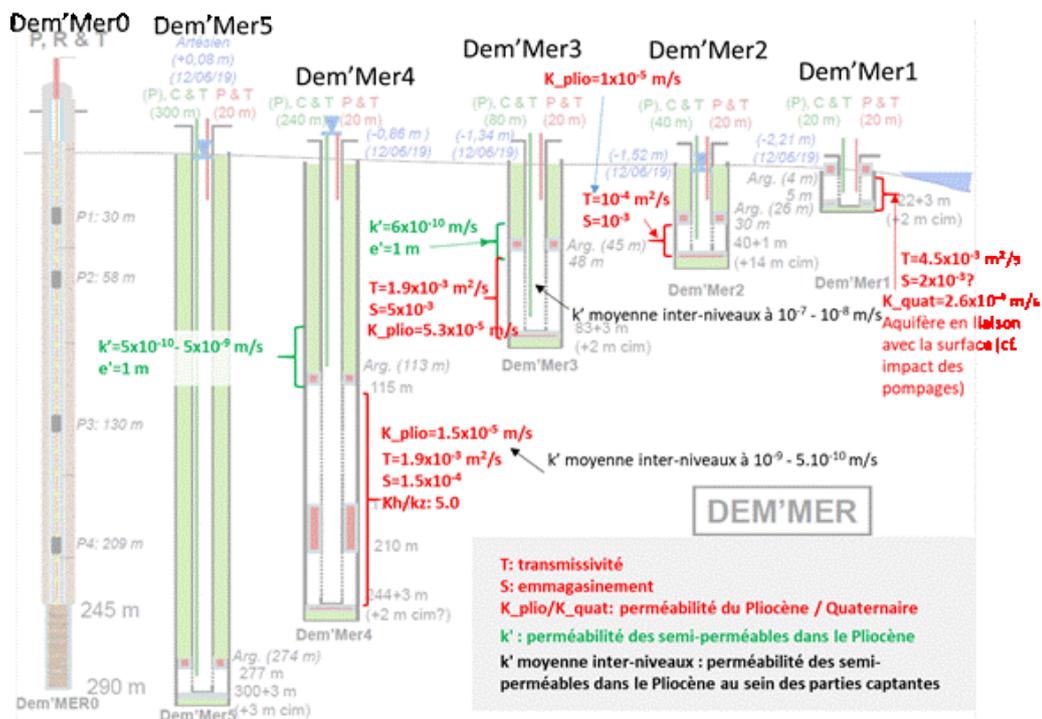


Illustration 47 : synthèse des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du Plio-Quaternaire déduites des essais sur Dem'Mer1, 3 et 4.

Sur le site de Dem'Terre, l'essai dans les formations du Quaternaire n'a pas été satisfaisant pour des raisons que l'on peut rapprocher d'une mauvaise qualité de l'ouvrage et/ou une très faible transmissivité de ces formations (ou encore un remplissage en eau trop faible car les niveaux étaient très bas au moment de l'essai). Les essais dans les formations du Pliocène ont de leur côté mis en évidence que ces formations sont, comme sur Dem'Mer, soumises à des effets de drainance verticale d'eau en provenance des niveaux sus-jacents ou sous-jacents, lorsqu'ils sont pompés. Par ailleurs, les essais dans le Pliocène ont mis en évidence une connexion hydraulique avec le cours d'eau qui passe à proximité, la Canterrane. Ce cours d'eau a un effet de limite

alimentée, qui limite l'influence des pompages dans les formations du Pliocène continental sur celles du Pliocène marin, par ailleurs plus transmissif et diffusif (Illustration 48).

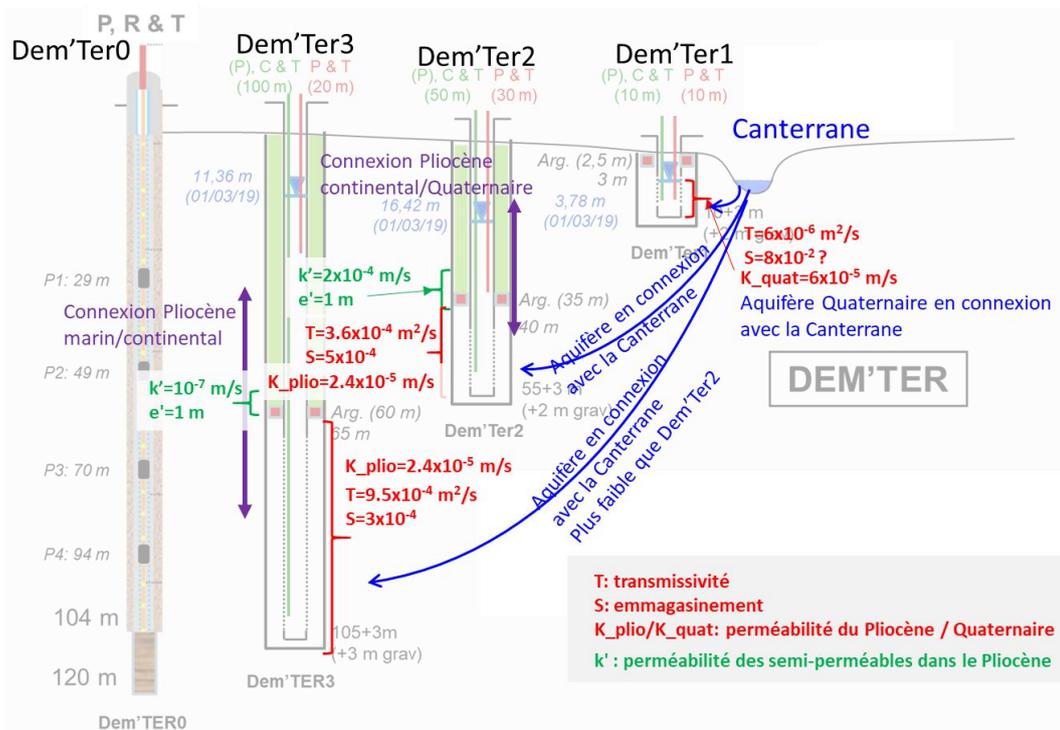


Illustration 48 : synthèse des propriétés hydrodynamiques de l'aquifère du Plio-Quaternaire déduites des essais sur Dem'Terre 1, 2 et 3.

A l'occasion des essais de pompage réalisés sur les deux sites-observatoires, des prélèvements d'eau ont été réalisés pour être analysés et contribuer à préciser les dynamiques d'écoulement de l'eau souterraine au sein et entre chaque niveau aquifère (Dewandel et al., 2022). Ces prélèvements ont généralement été réalisés en début, milieu et fin de pompage.

De nombreux outils géochimiques et isotopiques ont été mis en œuvre au travers de ces analyses, permettant d'avoir en parallèle des informations sur les processus d'interaction eau-roches et de temps de résidence des eaux. Ces outils sont : les paramètres physico-chimiques, les éléments majeurs et en traces, les isotopes stables de l'eau ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$), les isotopes du strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) et du carbone ($\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C) et les gaz dissous (CFC, SF_6) et rares (^4He , Ar, Ne, N_2).

Sur Dem'Mer, les éléments majeurs et traces permettent de mettre en évidence un phénomène d'appauvrissement en sodium très visible sur les eaux échantillonnées lors du pompage dans l'ouvrage Dem'Mer3. Cet appauvrissement est probablement lié à des phénomènes d'absorption sur des minéraux argileux et des oxydes et/ou de la matière organique, que subiraient les eaux mobilisées par le processus de drainage, en provenance des formations sus-jacentes. Les analyses de gaz dissous et des isotopes du Carbone montrent que les eaux pompées sur Dem'Mer3 et Dem'Mer4 sont très anciennes (de 7000 à 12000 ans). Elles montrent également que la recharge de l'aquifère s'est produite dans un contexte hydro-climatique plus frais que celui de la période actuelle (températures de l'ordre de 11°C des eaux de recharge), ce qui est cohérent avec les âges obtenus. Enfin, ces analyses permettent de fournir des ordres de grandeur des porosités efficaces des formations du Pliocène concernées par les pompages, qui sont comprises entre 6% et 13% (Illustration 49).

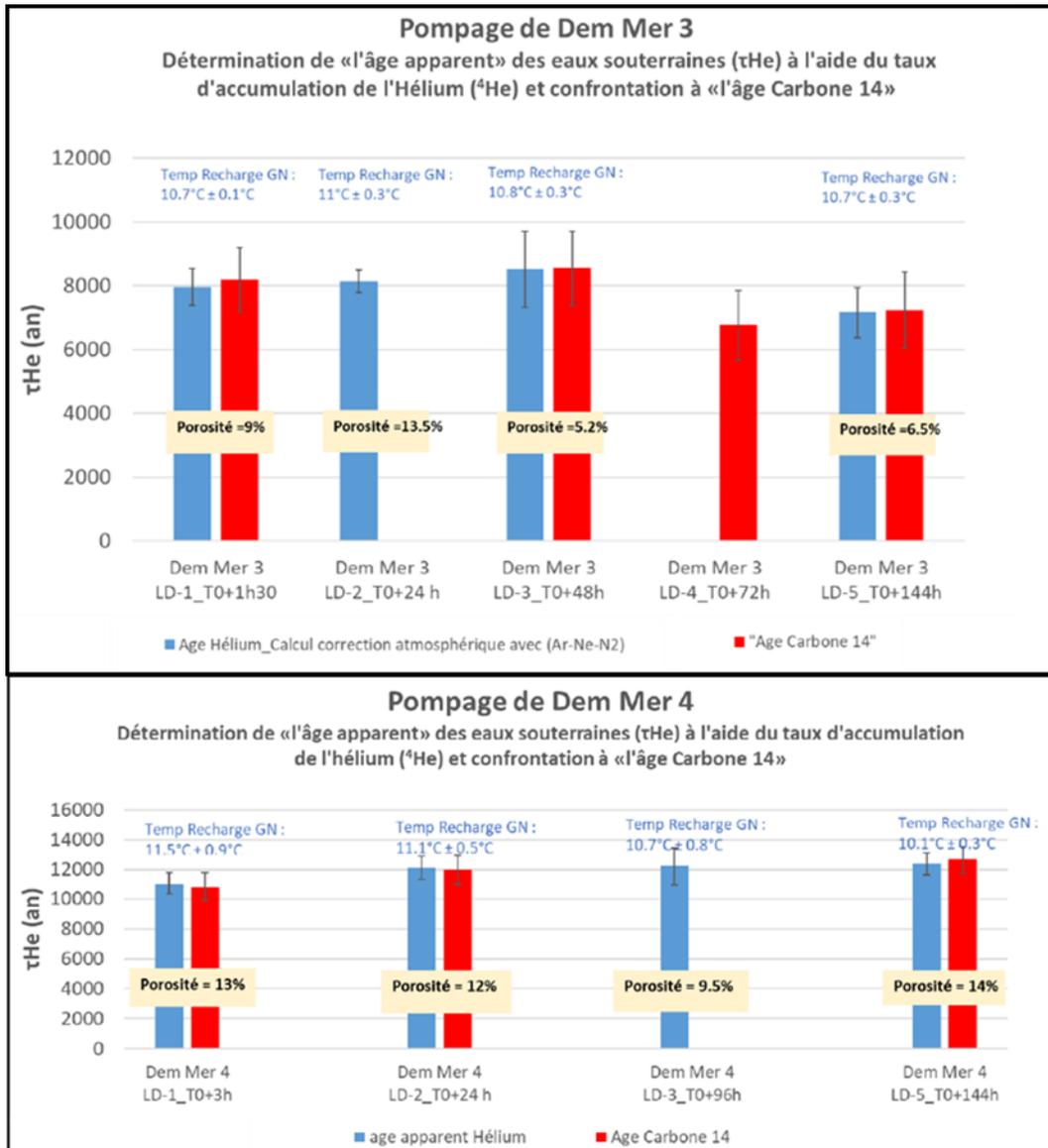


Illustration 49 : ajustement des âges apparents Hélium aux âges carbone 14 et estimation de la porosité efficace de la formation aquifère lors des pompages dans Dem'Mer3 et Dem'Mer4.

Sur Dem'Terre, les résultats des analyses en termes d'éléments majeurs, traces et terres rares montrent une importante variabilité spatiale des concentrations sur le secteur, les eaux pompées sur Dem'Ter2 apparaissant comme étant les plus minéralisées parmi toutes les eaux échantillonnées à l'échelle de la plaine, notamment en nitrates (problème connu des gestionnaires sur ce secteur). Les eaux pompées dans Dem'Ter2 (autour de 1200 $\mu S/cm$) sont plus minéralisées que celles pompées dans Dem'Ter3 (entre 730-800 $\mu S/cm$). De plus, lors des pompages dans le Pliocène, des augmentations des teneurs en certains éléments ont été observées, notamment en nitrates et sulfates. Ces éléments traduisent l'influence des eaux de la Canterrane (mise en évidence par l'interprétation de l'essai de pompage - Illustration 48) sur les caractéristiques des eaux pompées sur Dem'Ter2 ou Dem'Ter3, influence également confirmée par les résultats en termes d'isotopes du Strontium et stables de l'eau. Les eaux circulant dans le Quaternaire au niveau de Dem'Ter1 seraient par contre peu connectées avec la Canterrane. Les signatures en isotopes stables des eaux des formations Quaternaires et Pliocènes apparaissent très comparables à la signature régionale des précipitations, ce qui implique que la

recharge de ces formations est apportée par les précipitations actuelles sur la plaine et les reliefs drainés par la Canterrane et n'est pas sous l'influence des canaux d'irrigation.

Les résultats en termes de gaz dissous indiquent que les eaux échantillonnées lors du pompage de Dem'Ter 3 auraient un âge apparent de l'ordre de 55 ans, alors que celui des eaux prélevées lors du pompage du Dem'Ter2 serait de l'ordre de 35 ans en début de pompage et 29 ans en fin de pompage. Les résultats obtenus avec les gaz rares confirment ce diagnostic puisqu'ils conduisent à estimer des températures des eaux au moment de la recharge de l'ordre de 14,5°C en valeur moyenne, ce qui est similaire à la valeur actuelle (et bien supérieur à celles obtenues sur le site de Dem'Mer). Le ^{14}C ne pouvant être utilisé dans ces conditions trop récentes, ce sont les gaz dissous qui ont permis de caractériser les porosités sur ce site, de l'ordre de 10% (Illustration 50).

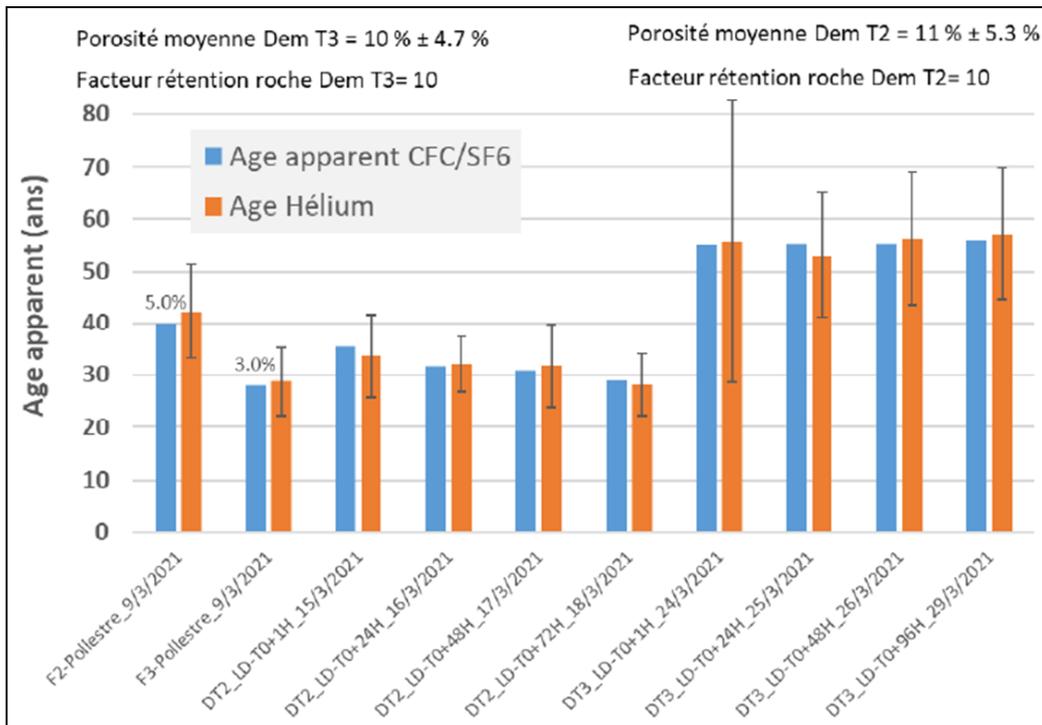


Illustration 50 : Ajustement des âges apparents Hélium aux âges apparents calculés à l'aide des gaz dissous anthropiques (CFC/SF6) et estimation de la porosité efficace des formations aquifères.

2.5.3. Modèle conceptuel des écoulements au sein des formations du Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon

Comportements hydrodynamiques

L'ensemble des données qui ont pu être collectées sur la période comprise entre 1960 et 2012 sur les niveaux piézométriques et les caractéristiques hydrodynamiques des eaux souterraines de la plaine du Roussillon ont été bancarisées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon (Caballero et al., 2022b). Elles ont ensuite été valorisées pour produire des cartes piézométriques et des paramètres hydrodynamiques (transmissivité, emmagasinement et perméabilité) pour les formations du Quaternaire et du Pliocène (Illustration 51). Ces cartes montrent que les niveaux piézométriques dans les formations du Quaternaire sont relativement stables (sauf à proximité du Barcarés ou dans la partie aval du bassin du Tech où les niveaux peuvent être localement inférieurs au niveau de la mer). Pour les formations du Pliocène par contre, on observe une

importante baisse des niveaux, de l'ordre de 8 m en moyenne, entre 1960 et 2012. Dans la zone côtière, les niveaux piézométriques sont globalement au-dessus du niveau de la mer, ce qui indique l'existence d'un flux souterrain sortant en direction de la mer dans les formations du Pliocène, qui limite, à priori, le risque d'intrusion saline latéralement.

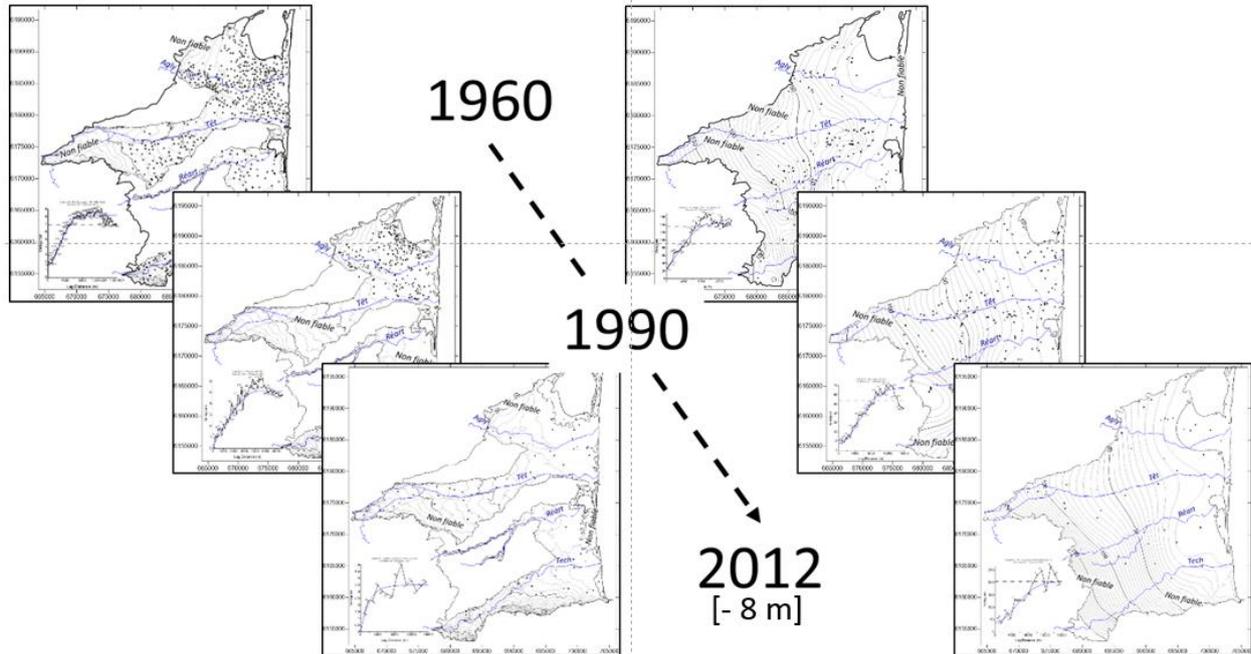
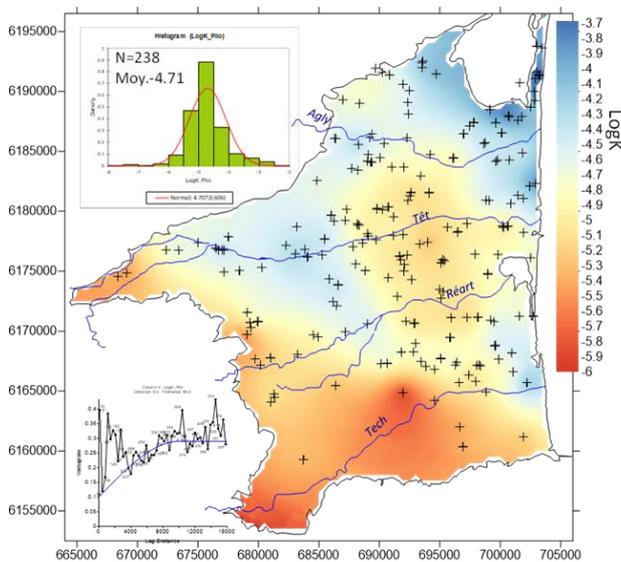


Illustration 51 : Présentation schématique des cartes piézométriques construites pour les formations du Quaternaire (gauche) et du Pliocène (droite) avec les données collectées depuis les années 1960 (Caballero).

Ces cartes ont été utilisées pour analyser les flux de drainage verticale entre les deux formations qui, en 1960, était orienté du Pliocène vers le Quaternaire, mais qui s'est inversé de nos jours à cause de l'exploitation d'eau dans les formations du Pliocène, créant ainsi un risque de pollution des eaux du Pliocène par des eaux salées (ou affectées par des polluants) qui circulent dans les formations du Quaternaire.

Des cartes ont également été construites à partir des informations sur la transmissivité des formations (obtenues par essais de pompage). Là encore, les résultats semblent peu contrastés pour les formations du Quaternaire (à l'exception des secteurs présentant des épaisseurs plus importantes). Pour les formations du Pliocène, la situation est plus contrastée avec le secteur de la Salanque apparaissant comme plus transmissif, alors que le sud du Tech le serait le moins. Globalement les formations du Quaternaire seraient dix fois plus transmissives que celles du Pliocène. A partir de ces données, des longueurs des forages et de la position des crépines dans le Pliocène, un modèle de perméabilité en 3-D a été construit (Illustration 52) qui pourra servir de base à la modélisation numérique (§ 2.5.4). En termes d'emmagasinement, les formations du Quaternaire présentent logiquement des valeurs plus élevées (1% en moyenne, pouvant atteindre ou dépasser 10% localement) que celles observées dans le Pliocène (de l'ordre de 10^{-4} , typiques d'un aquifère captif).

Perméabilité 2D (T / H_{forages Pliocène}) (m/s)



Perméabilité 3D (T / H_{crépines}) (m/s)

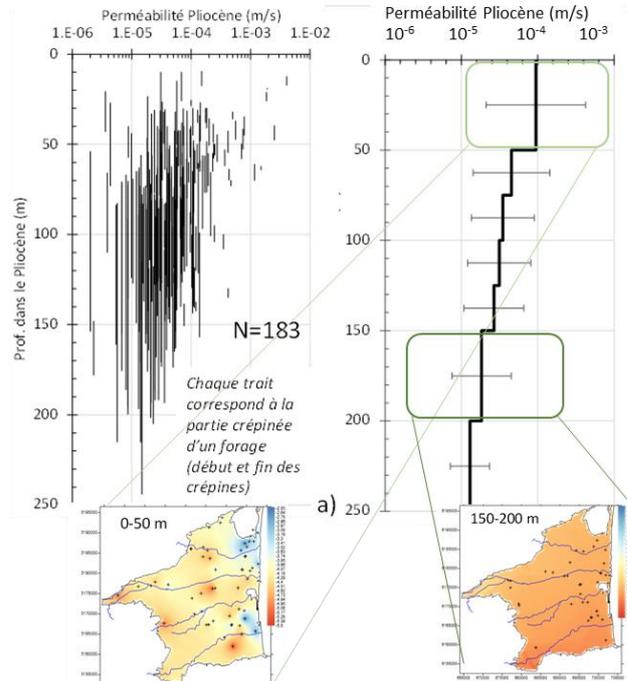


Illustration 52 : Cartes des perméabilités des formations du Pliocène construites en 2D (gauche) et en 3D (droite) pouvant alimenter un modèle hydrodynamique.

La synthèse des résultats de tous les essais de pompage réalisés sur les formations du Pliocène a permis de mettre en évidence le rôle des niveaux sableux perméables, hydrauliquement connectés sur plusieurs kilomètres au sein du Pliocène, pendant les pompages. L'interprétation de ces essais met en évidence les phénomènes de drainance verticale, que ce soit au sein du Pliocène ou bien entre le Pliocène et le Quaternaire.

A partir des cartes piézométriques et des cartes de transmissivité les flux entrants et sortants aux limites des aquifères et au niveau des cours d'eau ont été calculés, en appliquant la loi de Darcy. Les cartes résultantes indiquent une diminution des flux sortants de l'aquifère du Pliocène vers la mer entre 1960 et 2012, logiquement reliée à la baisse des niveaux piézométriques. Pour autant, les flux sont toujours sortants en direction de la mer et il ne semble pas y avoir d'augmentation marquée des flux entrants. Les flux sortants des formations du Quaternaire vers la mer seraient stables, l'exploitation du Pliocène ne semblant pas les impacter de manière significative. Ceci suggère que les flux transitant au sein du Quaternaire seraient beaucoup plus importants que ceux provoqués par la drainance du Quaternaire vers le Pliocène sous l'effet des pompages. En ce qui concerne les cours d'eau, l'analyse indique que la section aval des cours d'eau, qui étaient alimentées par les nappes dans les années 1960, alimentent de nos jours les aquifères du Quaternaire et du Pliocène (Réart, Canterrane).

Processus géochimiques

Un important travail de bancarisation des données d'analyses chimiques de l'eau recensant les concentrations en éléments majeurs, plus le Bore, a permis de dresser des cartes présentant la distribution spatiale de caractéristiques géochimiques des eaux du Quaternaire et du Pliocène. Des cartes de la concentration en chlorures ont par exemple pu être produites pour différentes périodes depuis les années 1960 (Illustration 53). Ces cartes montrent que si la minéralisation des eaux du Quaternaire ne semble pas beaucoup varier dans le temps, elle présente des valeurs élevées sur la bordure littorale autour de Barcarés et de l'étang de Canet, en lien avec la présence de chlorures. Les cartes produites pour les nitrates permettent d'illustrer une contamination diffuse et chronique dans les formations Quaternaires, dans la partie aval de la plaine. Cette contamination se retrouve également dans les formations du Pliocène, au centre de la plaine, dans des secteurs recouverts par des formations du Quaternaire affectées par la même contamination. Une analyse de l'évolution tendancielle des concentrations en chlorures et sulfates montre une grande diversité des situations sur la plaine, dont les facteurs d'explication ne sont pas aisés à identifier suivant les contextes.

Les diagrammes binaires de comparaison des concentrations des éléments chimiques deux à deux permettent de montrer que l'ensemble des eaux souterraines échantillonnées dans les formations du Pliocène se placent le long d'une zone de mélange comprise entre deux pôles : l'eau de mer d'une part et l'eau douce apportée par les pluies ou les cours d'eau d'autre part (Illustration 53).

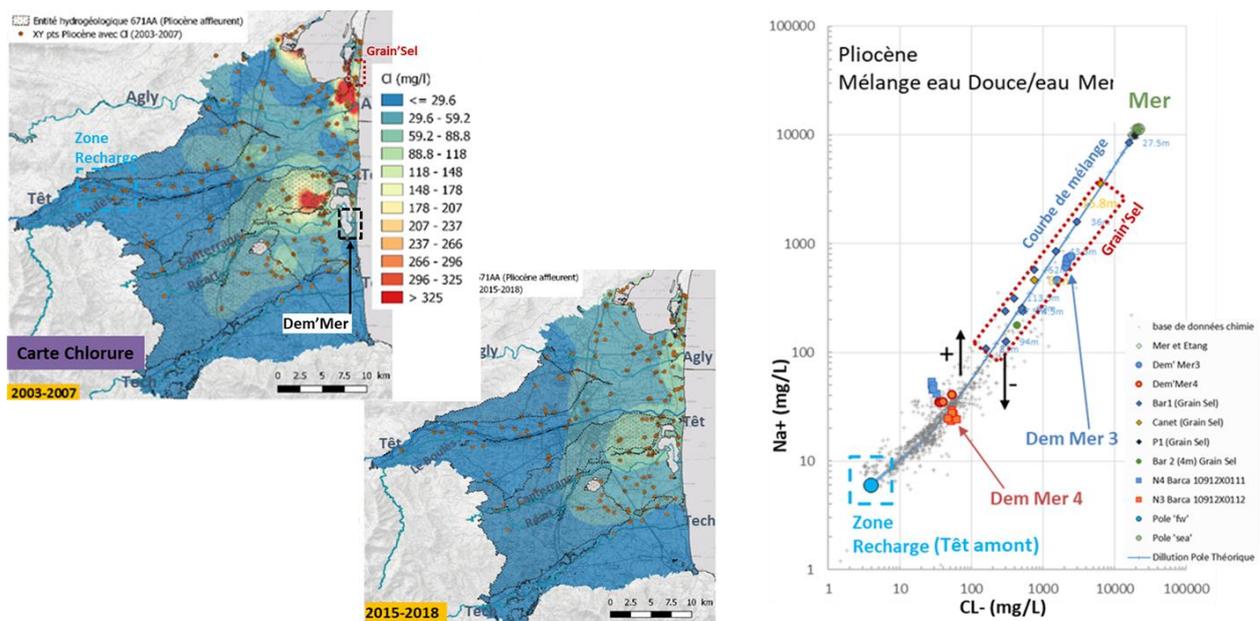


Illustration 53 : Exemples de cartes présentant les concentrations en chlorures sur la plaine du Roussillon et des graphes mettant en évidence le mélange entre les deux pôles en présence sur le territoire : l'eau de mer et l'eau de recharge.

La minéralisation des eaux souterraines est donc bien dépendante de la présence de la mer à proximité. Cependant, des processus secondaires d'interaction eau-roche ou encore les apports des formations karstiques des Corbières participent également à l'évolution des caractéristiques géochimiques des eaux du Pliocène (Illustration 54). Ainsi, les mécanismes d'infiltration dans les formations du Quaternaire et du Pliocène de l'eau de mer restent encore à préciser et à spatialiser.

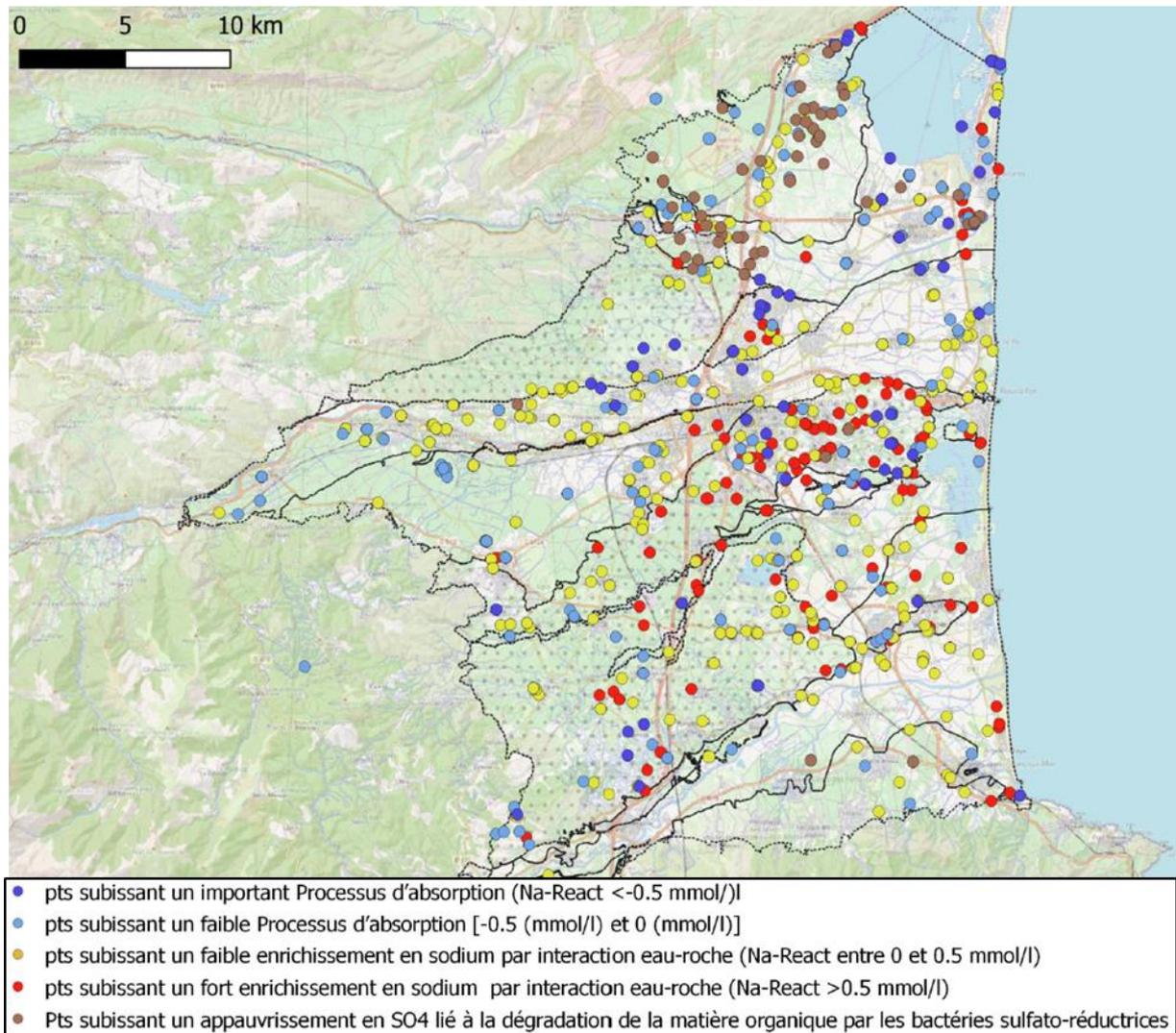


Illustration 54 : Synthèse de principaux processus géochimiques dans les eaux du Pliocène révélés par les éléments majeurs.

A ce stade, il apparaît qu'un des facteurs majeurs d'arrivée d'eau de mer dans les nappes du Pliocène serait lié à des écoulements d'eau verticaux, en provenance des formations du Quaternaire, marqués d'un point de vue géochimique par des signatures spécifiques au passage de l'eau dans des formations argileuses et peu perméables. L'influence de ce processus de drainance, mis en évidence par l'interprétation des essais de pompage et par l'évolution des caractéristiques géochimiques des eaux du Pliocène, a été également quantifiée par modélisation. A partir des gammes de valeurs des caractéristiques hydrodynamiques déterminées par le travail de synthèse sur les essais de pompage réalisés sur la plaine, une modélisation du flux de drainance a été réalisée (Illustration 55). Les résultats de cette modélisation montrent que, même dans le cas où les caractéristiques hydrodynamiques des deux formations sont les plus défavorables à la mise en place de la drainance (Pliocène le moins diffusif et Quaternaire le plus diffusif), un flux de drainance atteignant 35% du débit de pompage est susceptible de se mettre en place au bout de 100 jours de pompage. Dans les conditions les plus favorables à la mise en place du processus de drainance sous l'effet du pompage, la drainance représente près de 100% du flux de pompage, dès les 50 jours premiers de pompage.

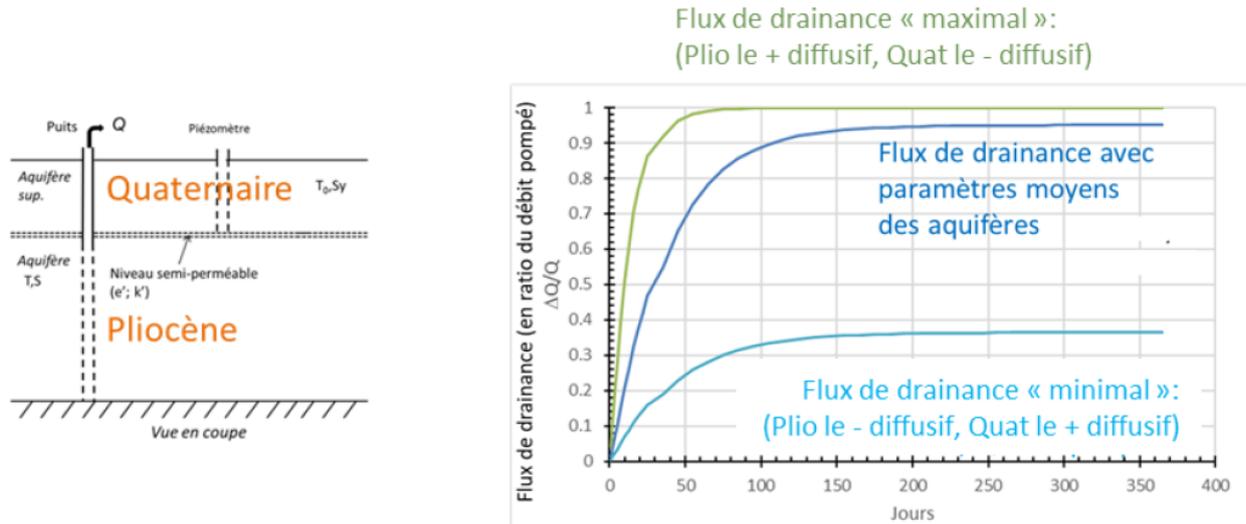


Illustration 55 : modélisation de l'effet d'un pompage sur le processus de drainage entre les formations du Quaternaire et du Pliocène, en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de ces formations sur la plaine du Roussillon.

Ainsi, sur le long terme, le processus de drainage déclenché par les pompages représente un facteur non négligeable de l'évolution de l'eau s'écoulant dans les formations Pliocènes, lorsqu'elles sont situées sous couverture du Quaternaire.

L'ensemble de ces résultats ont permis de proposer un modèle conceptuel du fonctionnement de l'ensemble du territoire de la plaine du Roussillon (Illustration 56). Il s'agit d'une vision très schématisée des dépôts dans les formations du Pliocène, où des chenaux sableux (en bleu foncé sur l'illustration 56) sont le siège des écoulements souterrains en direction de la mer et correspondent généralement aux horizons crépinés dans les forages d'exploitation. Ces chenaux sableux sont pris au sein d'une matrice globalement argileuse dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent beaucoup plus difficilement. Au sein du Quaternaire, les eaux souterraines s'écoulent également vers la mer, mais la nature de ces interactions avec elle en bordure côtière et sous la mer est variable spatialement et sa dynamique temporelle doit faire l'objet d'investigations supplémentaires.

Les interprétations des essais de pompage ont permis de montrer que les écoulements souterrains au sein du Pliocène étaient orientés par la géométrie des dépôts sableux, avec des rabattements provoqués par les pompages qui peuvent s'étendre latéralement sur des distances pluri-kilométriques, tel que schématisé sur l'illustration 56. De plus, il n'a pas été observé de relation hydraulique entre les formations du Pliocène et la mer ou les étangs lors des pompages dans le Pliocène, même en bordure littorale. Cependant, ces pompages provoquent des drainances descendantes qui contribuent à la recharge et à l'évolution des caractéristiques des eaux des formations du Pliocène. Ainsi, on peut considérer que, sous l'effet des pompages, les formations du Pliocène bénéficient des apports des précipitations là où ces formations affleurent, des apports des massifs environnants et des cours d'eau qui les drainent lorsqu'ils s'écoulent sur ces formations et des apports du Quaternaire lorsque ces formations contiennent de l'eau. La recharge des formations du Quaternaire est apportée par les précipitations et les apports des massifs environnants drainés par les cours d'eau, dont une partie du flux est dérivé dans les réseaux de canaux d'irrigation lorsqu'ils existent ou bien directement vers les nappes (plutôt en partie aval de leurs bassins versants).

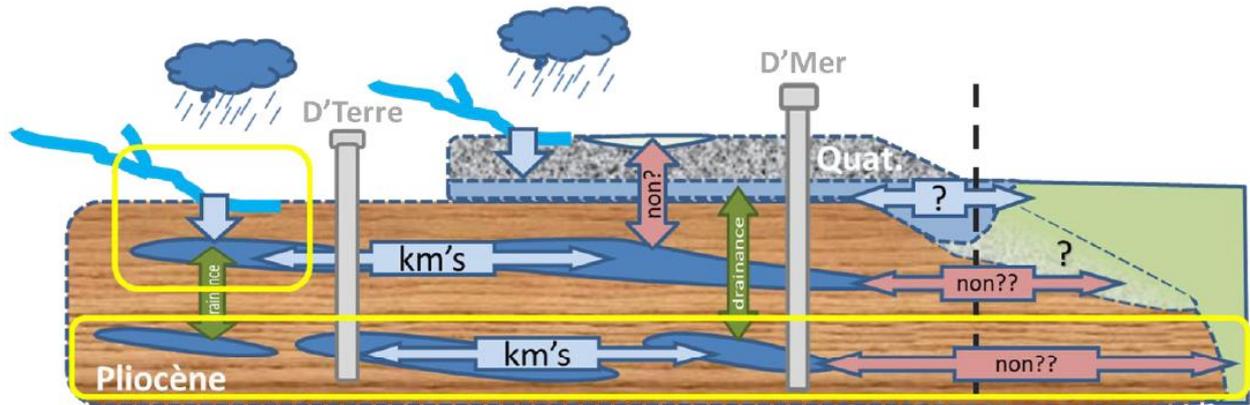


Illustration 56 : Schématisation des circulations d'eau souterraine au sein des formations du Plio-Quaternaire du Roussillon sous l'effet des pompages.

Ainsi, les caractéristiques géochimiques des eaux souterraines du Pliocène sont fortement dépendantes de l'origine des eaux de recharge (présence des canaux, infiltration des eaux des cours d'eau et apports des formations karstiques) et des processus d'interaction eau-roche liés à la nature des formations traversées (processus de drainance) et au temps de résidence de l'eau dans le sous-sol (âges des eaux souterraines dans le Pliocène, analysés avec le ^{14}C , compris entre 5 et 20 mille ans en bordure côtière).

Au stade des connaissances acquises dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, il ne semble donc pas y avoir de risque majeur d'intrusion saline dans les formations du Pliocène, par arrivée latérale d'eau salée, en provenance de la mer. Si un risque de salinisation des eaux du Pliocène existe, il est probablement lié en premier lieu à l'infiltration d'eau salée en provenance du Quaternaire, sous l'effet de la drainance provoquée par les pompages dans le Pliocène. Il est ainsi probable que le maintien d'une ressource en eau de bonne qualité et en quantité suffisante dans les formations du Quaternaire, représente un levier majeur pour garantir un bon état quantitatif et qualitatif de la ressource en eau souterraine dans les formations du Pliocène.

Ceci implique que l'on doit s'intéresser de près à l'état de la ressource en eau dans les formations du Quaternaire (notamment en bordure littorale et à proximité des étangs) et tenter de caractériser les situations au cas par cas (intrusion latérale d'eau de mer, d'eau des étangs, présence de formation géologiques minéralisées – paléo étangs, etc). Cette caractérisation au cas par cas est d'autant plus nécessaire que la présence d'ouvrages défectueux (longtemps considérés comme la cause principale des problèmes de contamination de l'eau souterraine constatés dans les formations du Pliocène) reste un facteur pouvant localement aggraver la problématique de l'infiltration d'eau du Quaternaire vers le Pliocène. Maintenir un bon niveau de remplissage des aquifères avec de l'eau de bonne qualité, dans les formations du Quaternaire, pourrait ainsi représenter une bonne manière de limiter le risque d'intrusion saline, tout en optimisant l'exploitation de la ressource en eau souterraine contenue dans les formations du Pliocène.

2.5.4. Modélisation numérique hydrodynamique de l'aquifère Plio-Quaternaire

Le travail de modélisation numérique hydrodynamique (appelé MartRouss) basé sur la modélisation géologique et le modèle conceptuel de comportement des eaux souterraines a été réalisé avec le logiciel de modélisation MARTHE du BRGM (Lanini et al., 2022). Le domaine a été divisé en sept couches d'épaisseur variable (dont deux épontes semi-perméables, l'une pour séparer le Quaternaire de la mer - 2 m d'épaisseur et l'autre pour séparer le Quaternaire du Pliocène – 1 m d'épaisseur) qui ont été introduites dans le modèle (Illustration 57) et étendu sur une vingtaine de kilomètres en mer.

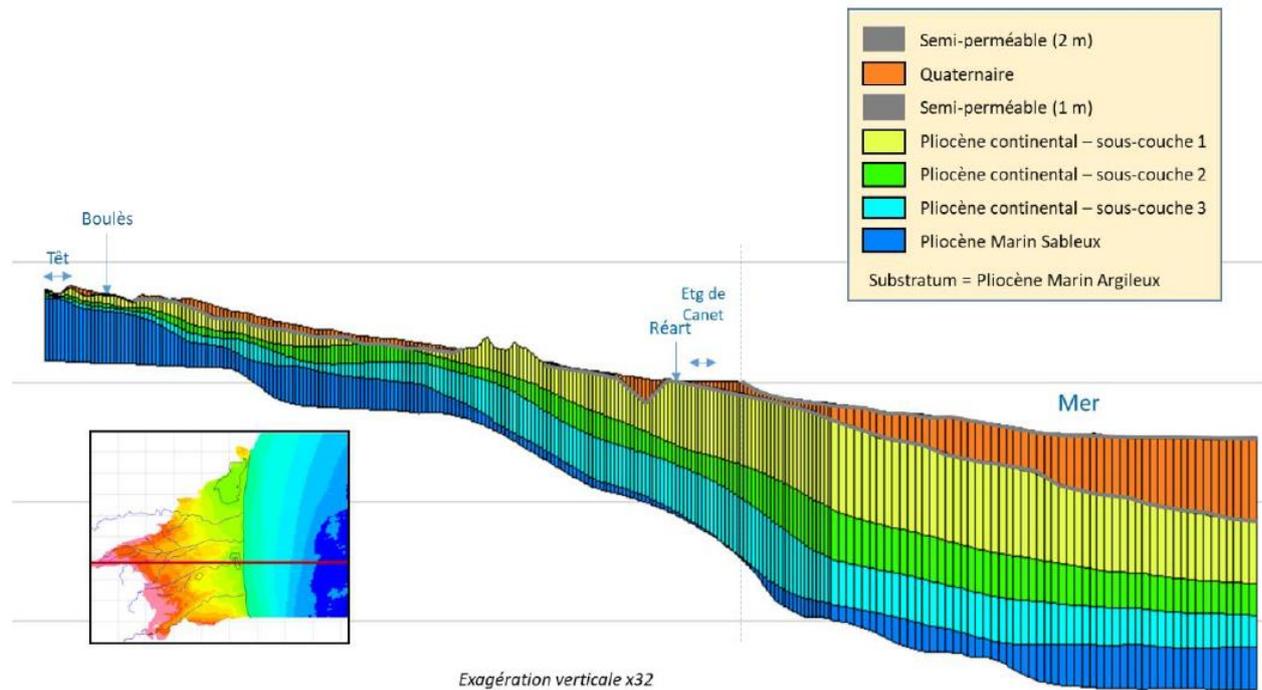


Illustration 57 : Visualisation des couches considérées dans le modèle pour les formations du Quaternaire et du Pliocène.

En intégrant l'ensemble des connaissances produites dans le cadre du projet (conditions aux limites, propriétés hydrodynamiques, influence des canaux, prélèvements des forages d'exploitation, cours d'eau, modèle conceptuel, ...), une calibration du modèle en régime permanent (correspondante à une situation statique qui n'évolue pas dans le temps) a été réalisée, par comparaison aux cartes piézométriques disponibles pour aout 2012 (Illustration 58) et avril 2013. Le modèle permet ainsi de reproduire relativement bien la distribution spatiale de la piézométrie observée dans le Quaternaire, tout en surestimant de 1 à 3 mètres les niveaux piézométriques autour de l'étang de Leucate et de Canet. Dans le Pliocène, le gradient piézométrique Ouest-Est est également bien reproduit, mais les valeurs simulées le long de la bande littorale (niveau d'eau de 0 à 20 mNGF) sont surestimées, avec des écarts qui peuvent atteindre six à sept mètres entre l'étang de Leucate et l'Agly.

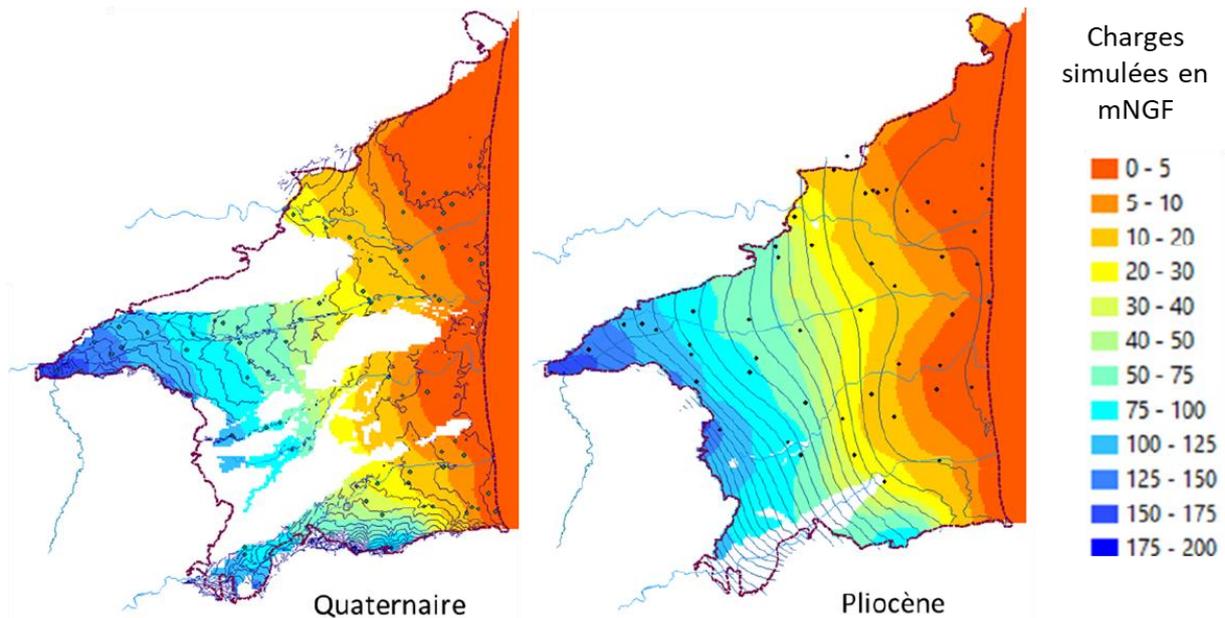


Illustration 58 : Champs de charges hydrauliques simulés et cartes piézométriques issues des observations dans l'aquifère plio-quaternaire du Roussillon (août 2012)

Le modèle calé en régime permanent permet de fournir une estimation du bilan des flux à l'échelle de l'aquifère Plio-Quaternaire, pour les situations de basses eaux (2012) et de hautes eaux (2013). Alors que les deux situations simulées sont très différentes d'un point de vue climatique et hydrogéologique, leurs bilans hydrologiques présentent des similitudes assez marquées. Sur la base du bilan des flux simulé en situation de hautes eaux (Illustration 59), on peut conclure que, dans les modèles, les apports majeurs en termes de recharge viennent des cours d'eau et, dans une moindre mesure, de l'infiltration des pluies efficaces, puis des canaux. Les échanges verticaux entre les nappes du Quaternaire et du Pliocène sont simulés dans les deux sens, avec une drainance descendante légèrement supérieure. Les sorties d'eau douce en mer sont supérieures aux entrées d'eau de mer dans les formations du Quaternaire (le modèle n'autorise pas d'échanges entre les formations du Pliocène et la mer). Un flux non négligeable d'alimentation des formations du Quaternaire et du Pliocène est nécessaire dans le secteur des Albères pour obtenir une calibration satisfaisante dans la partie sud du modèle, dont l'existence et l'origine, qui n'est pas connue à ce jour, reste à vérifier et documenter.

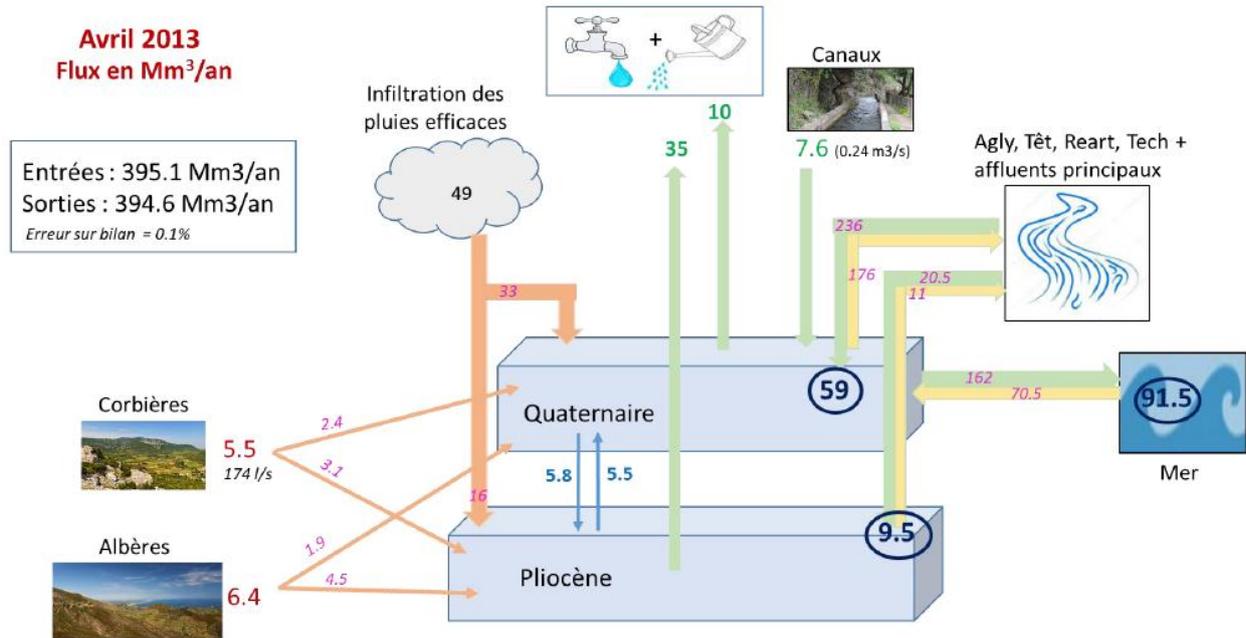


Illustration 59: Visualisation du bilan des flux (hautes eaux, avril 2013) obtenu grâce au calage en régime permanent du modèle MARTHE appliqué à l'ensemble du système du Plio-Quaternaire du Roussillon.

Le passage en régime transitoire n'a pu être finalisé dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon. Cependant, les différents éléments nécessaires à cette étape ont été préparés et présentés dans Lanini et al., (2022). Ont ainsi été compilées ou produites des chroniques journalières piézométriques, de recharge par les précipitations efficaces et de débits des cours d'eau depuis 1970. Des répartitions mensuelles des prélèvements pour l'AEP et agricoles ont été appliqués aux valeurs annuelles généralement disponibles pour leur suivi. De la même manière, les courbes d'évolution mensuelle des débits des canaux ont été utilisées pour produire des estimations mensuelles de la recharge des nappes du Quaternaire par les canaux.

Les résultats des simulations réalisées sans travail de calage particulier, sur 20 ans (2h30 de temps de calcul) ne sont pas satisfaisants et montrent en particulier des amplitudes de variation de la piézométrie trop faibles par rapport aux observations. De plus, des pompages non identifiés dans le modèle semblent affecter les évolutions de certains piézomètres d'observation. Ce travail devra être donc poursuivi et finalisé dans d'autres cadres.

2.6. PLATEFORME DE VALORISATION « FOLLOW ROUSSILLON »

2.6.1. Concentration et bancarisation des données de mesure

Cette tâche qui constitue l'aboutissement de toutes les autres en termes de production de connaissances, a consisté à mettre en place une architecture informatique permettant la concentration, bancarisation et la valorisation de toutes les données produites par le projet Dem'Eaux Roussillon, ainsi que les données existantes et d'intérêt, au sein de la plateforme Follow Roussillon, pilotée par la société SYNAPSE Informatique (Raynaud, 2022a). Cette plateforme s'appuie sur une infrastructure réseau NextNet, financée par le CPER et mise en place par Synapse (Illustration 60).

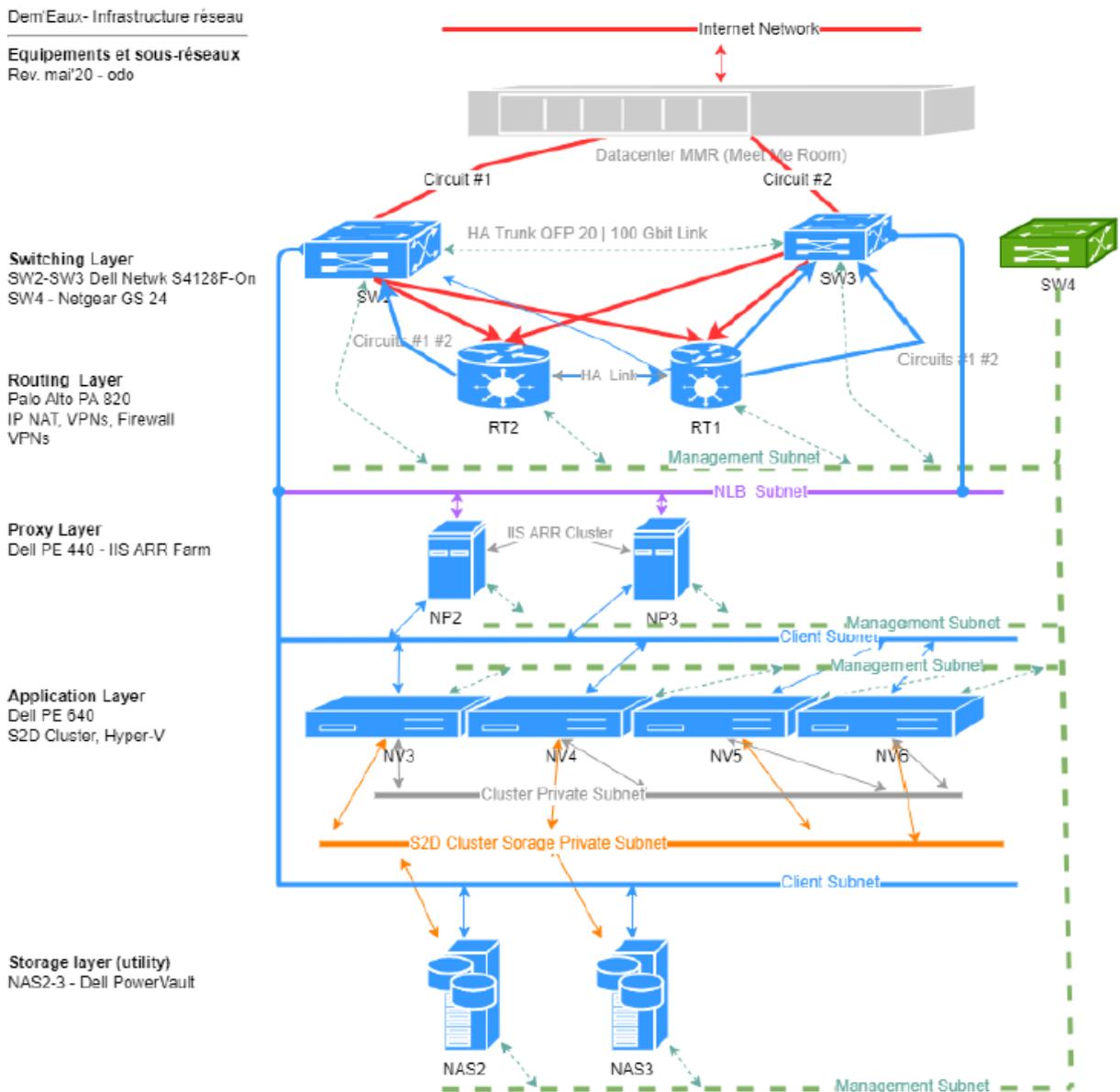


Illustration 60 : Catégorie d'équipements et organisation de l'architecture réseau de la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022a).

Sur cette infrastructure réseau, une infrastructure applicative a été conçue pour permettre la concentration et bancarisation des données et leur exploitation pour les valoriser auprès d'utilisateurs extérieurs, dans le cadre de la plateforme Follow Roussillon (Illustration 61).

Dem'Eaux Roussillon - Infrastructure applicative | mai'20

Acteurs et usages

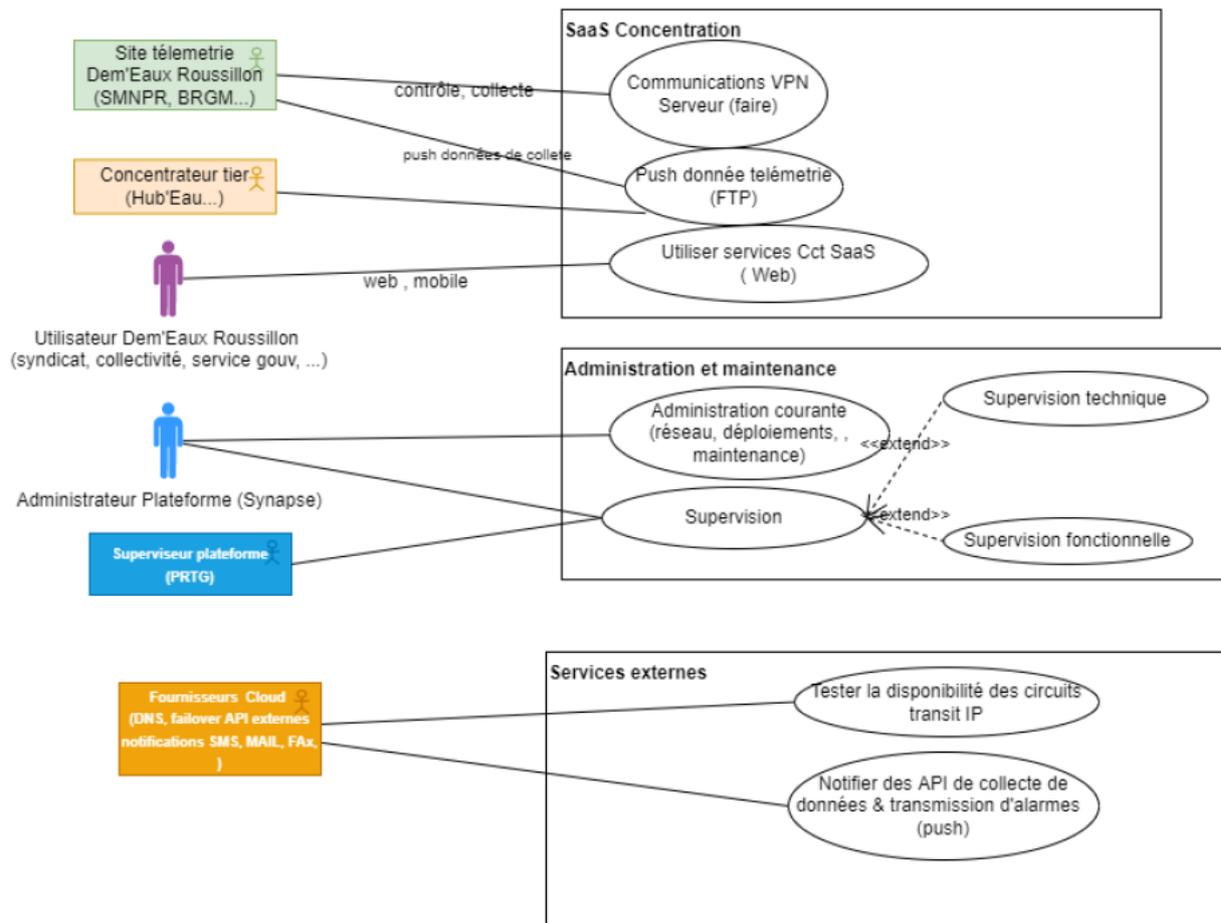


Illustration 61 : Infrastructure applicative de la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022a).

Le détail de ces infrastructures et leur fonctionnement sont décrits dans Raynaud (2022a).

Grâce à ces infrastructures, les données mobilisées ou produites dans le cadre du projet et disponibles sur le territoire sont maintenant consultables sur la plateforme (Illustration 62) et, quand cela est possible, en temps réel.

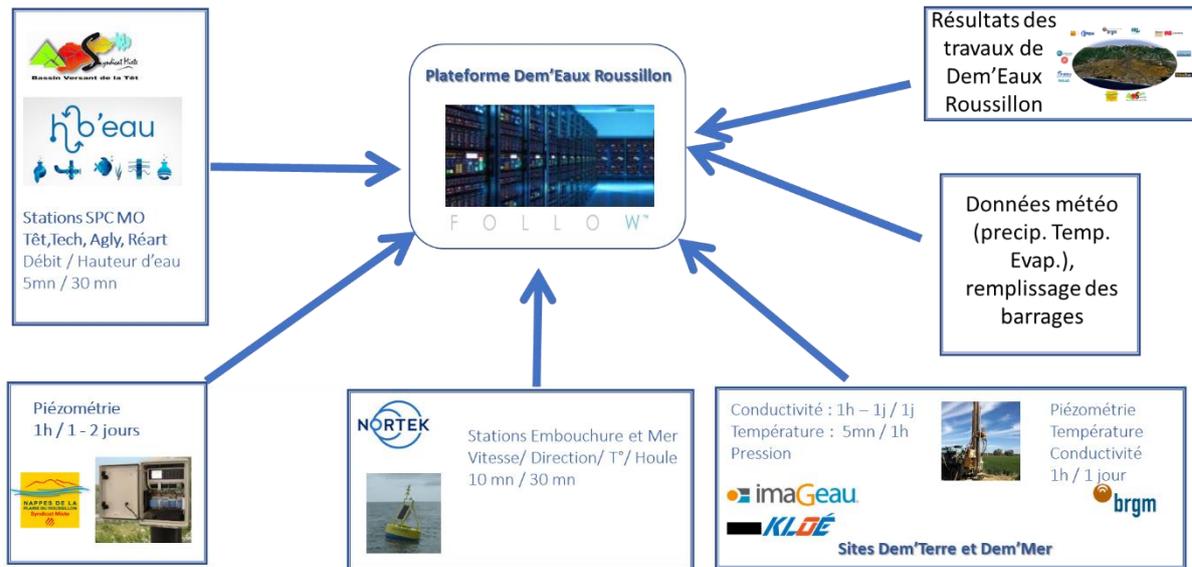


Illustration 62 : Description schématique des différentes sources de données concentrées dans la plateforme Follow Roussillon (Raynaud, 2022b).

2.6.2. Valorisation des données à travers la plateforme Follow Roussillon

La concentration des données sur la plateforme est réalisée par l'importation de données en continu depuis plusieurs sources : 1) les données produites par les gestionnaires du territoire (SMNPR, CD 66, SMTBV...) dans le cadre de leurs activités de suivi; 2) les données issues de plateformes publiques - Hub'eau, Synop Météo France, Copernicus ; 3) les données produites dans le cadre du projet : Observatoires Dem'Terre et Dem'Mer, sondes de niveau et de courant sur la Têt et à son embouchure, modèle géologique, cartes piézométriques et de chimie des eaux. Ces données sont collectées en temps réel (niveaux piézométriques, débits...) ou en différé (barrages...). Des échanges réguliers ont été assurés avec les futurs utilisateurs, qui ont permis d'implémenter dans la plateforme une série d'outils et de fonctionnalités propres à favoriser son utilisation post-projet. Sur cette base, une période de maintenance de 1,5 ans est financée par les gestionnaires pour permettre à tous les acteurs d'utiliser la plateforme et ses fonctionnalités et décider s'ils souhaitent maintenir l'accès à la plateforme sur une plus longue période.

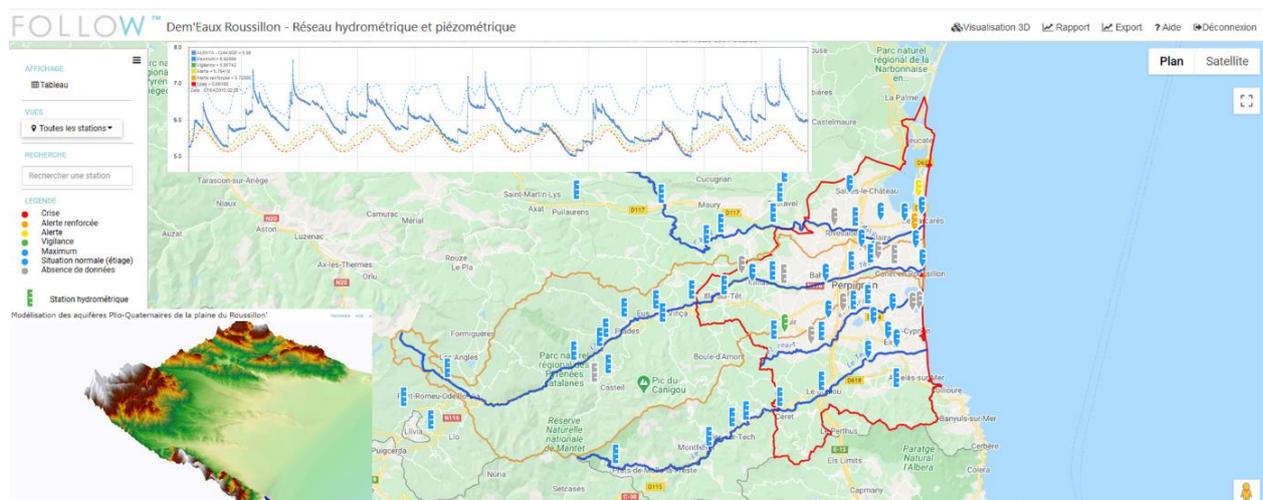


Illustration 63 : visualisation de l'interface de la plateforme de valorisation Follow Roussillon et de quelques unes de ces fonctionnalités.

2.7. COMMUNICATIONS ET VALORISATIONS

Les travaux présentés dans ce qui précède ont fait l'objet de descriptions détaillées dans les rapports référencés et consultables sur le site du projet Dem'Eaux Roussillon, mais également sur le site de consultation des rapports du BRGM³, pour éviter toute perte liée à la fermeture du site web.

Certains travaux ont pu faire l'objet des publications scientifiques listées ci-dessous par tâches du projet. D'autres publications sont également en cours de rédaction et seront probablement publiées ultérieurement.

2.7.1. Approche géologique

- Pezard Philippe, Johanna Lofi, Erwan Le Ber, Gilles Henry, Laurent Brun, Muriel Geerart, Colin Hamel, Ryan Gee, Nicolas Brillouet, Denis Neyens and Yvan Caballero, (2022), Petrophysical characterisation of a clastic coastal aquifer with implications for saltwater intrusion and the evolution of groundwater resources. The Grain D'Sel and Dem'Eaux Roussillon projects, Occitanie, France. Communication présentée à la conférence de l'AISH, Montpellier, Mai 2022 ;
- Dall'Alba, V., Renard, P., Straubhaar, J., Issautier, B., Duvail, C., and Caballero, Y. (2020): 3D multiple-point statistics simulations of the Roussillon Continental Pliocene aquifer using DeeSse, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 4997–5013, <https://doi.org/10.5194/hess-24-4997-2020>

2.7.2. Approche Socio-économique :

- Seguin, Laura., Patrice Garin, Yvan Caballero, Sébastien Chazot, Adrien Petit, Stéphanie Fischer, (2022), Composer avec l'invisible, l'incertain et le flou des frontières : les gestionnaires interprètes des chercheurs pour planifier la gestion des aquifères dans la plaine du Roussillon, Géocarrefour, <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.19580>

2.7.3. Approche Littoral :

- Balouin, Y.; Bourrin, F.; Meslard, F.; Palvadeau, E., and Robin, N., (2020). Assessing the role of storm waves and river discharge on sediment bypassing mechanisms at the Têt river mouth in the Mediterranean (southeast France). In: Malvárez, G. and Navas, F. (eds.), Global Coastal Issues of 2020. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 95, pp. 351–355. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208, <https://doi.org/10.2112/SI95-068.1>, hal-02913659 ;
- Balouin, Y., Palvadeau, E. and Bourrin, F. (2019). Sediment bypassing mechanisms at river mouths: example in the Mediterranean. International Conference on Coastal Sediments 2019 , Tampa/St. Petersburg, Florida, USA , 27 – 31 May 2019, 14 p. <https://doi.org/10.1142/11391>.
- Assembaum, M. (2018), Monitoring Coastal Erosion with UAV Lidar, GIM International, March/April 2018, pp. 18-21. <https://www.gim-international.com/content/article/monitoring-coastal-erosion-with-uav-lidar>

³ <http://infoterre.brgm.fr/rechercher/switch.htm?scope=9>

2.7.4. Approche Hydrogéologie :

- Schorpp Ludovic, Valentin Dall'Alba, Philippe Renard, Sandra Lanini, Yvan Caballero, Analysis of the sensitivity of the Roussillon coastal aquifer (France) to climate changes, en cours de revision à Environmental Earth Sciences;
- Caballero Yvan, Cédric Duvail, Sébastien Chazot, Frédéric Bouchette, Octavian Dobricean, Yann Balouin, Serge Berne, François Bourrin, Cédric Champollion, Valentin Dall'Alba, Benoît Dewandel, Patrice Garin, Benoît Issautier, Bernard Ladouche, Sandra Lanini, Johanna Lofi, Marielle Montginoul, Noémie Neverre, Philippe Pezard, and Philippe Renard, (2022), Transdisciplinary characterisation of a complex coastal aquifer, for a sustainable exploitation of its groundwater resources in a Mediterranean context. The Dem'Eaux Roussillon project. Communication présentée à la conférence de l'AISH, Montpellier, Mai 2022 ;
- Dall'Alba Valentin, Ludovic Schorpp, Sandra Lanini, Benoît Issautier, Eric Lasseur, Philippe Renard and Yvan Caballero, (2022), Ensemble of geological models of a complex coastal aquifer for uncertainty estimation and groundwater modelling in the framework of the Dem'Eaux Roussillon project. Communication présentée à la conférence de l'AISH, Montpellier, Mai 2022 ;
- Lanini Sandra, Ludovic Schorpp, Valentin Dall'Alba, Philippe Renard, Benoît Dewandel, Bernard Ladouche, Frédéric Bouchette and Yvan Caballero, (2022), Groundwater modelling of a complex multilayer coastal aquifer under climate change in the framework of the Dem'Eaux Roussillon project. Communication présentée à la conférence de l'AISH, Montpellier, Mai 2022 ;
- Dewandel, B., Lanini, S., Hakoun, V. Caballero, Y. and Maréchal, J.-C. (2021), Artificial aquifer recharge and pumping: transient analytical solutions for hydraulic head and impact on streamflow rate based on the spatial superposition method. Hydrogeol J 29, 1009–1026 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02294-9>

2.7.5. Approche Valorisation :

Aucune publication scientifique n'a été produite à ce jour en lien avec cette approche.

2.7.6. Communications média ou grand public

Enfin, des communications dans des journaux régionaux ou thématiques ont également été faites :

- Article dans l'Eau, l'Industrie, les Nuisances: Intrusions salines : surveiller un phénomène émergent, (sept 2021), N°444, page 152, <https://www.revue-ein.com/article/analyse-et-suivi-des-intrusions-salines>.
- Article dans l'Indépendant (05/07/2018) : « Les nappes d'eau souterraine de la plaine passées au crible ».
- Interview Y. Caballero dans reportage France Bleu Roussillon (17/05/2018).
- Article sur le projet dans « Le Journal Catalan », (05/04/2018).
- Article sur le projet dans le dossier : « Qui va sauver l'eau des P.O. » dans la semaine du Roussillon, du 15 au 21 novembre 2017.
- Article dans Hydroplus : « Eau potable : La plaine du Roussillon dans le viseur », juin 2017.
- Communiqué de presse publié en mars 2017 à l'occasion du lancement du projet et en mars 2018 à l'occasion de la réalisation des forages carottés.
- Finalement, une vidéo de présentation simplifiée des résultats du projet a été réalisée et diffusée sur les réseaux sociaux professionnels du BRGM à la fin du projet. Elle est visible sur le [site web du projet](#).

3. Conclusions et recommandations

Le présent rapport synthétise le travail réalisé dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon entre janvier 2017 et décembre 2021. Au cours de cette période, la grande majorité des travaux prévus au programme ont été réalisés par les partenaires du projet.

Ainsi, les formations géologiques de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon ont pu être décrites, tant du point de vue de leurs géométries dans l'espace, que du point de vue de leur différentes caractéristiques lithologiques et minérales. Ce travail a permis la production d'un modèle géologique en 3 dimensions, qui peut aujourd'hui être utilisé pour localiser la position des différentes interfaces géologiques du système, dans n'importe quel point de la plaine du Roussillon. De plus, il a permis de mettre en évidence la continuité de la structure géologique de l'aquifère sous la mer, ce qui ouvre des perspectives en termes de présence potentielle d'eau douce sous-marine, qu'il serait intéressant d'explorer plus avant. L'organisation spatiale des niveaux perméables du Pliocène continental au sein desquels l'eau souterraine s'écoule est mieux connue grâce à ce travail. Les géométries en 3 dimensions de ces structures dans le Pliocène (grande variabilité spatiale), mais également dans le Quaternaire (d'épaisseur faible et très variable) restent encore à préciser. Cette connaissance est nécessaire si l'on veut être en mesure de décrire de manière fine les problématiques de pollutions diffuses à terre et d'intrusions salines en bord de mer.

Ensuite, un travail d'analyse de l'intégration des connaissances acquises à la date de lancement du projet Dem'Eaux Roussillon dans les documents de planification et de gestion de la ressource depuis les années 1960, a permis de produire une frise historique documentée, retraçant l'histoire de la gestion de la ressource sur le territoire. Ce travail a également mis en lumière des enjeux de connaissance liés aux interactions entre eaux de surface, canaux et eaux souterraines, à la vulnérabilité de l'aquifère Pliocène et à la question des intrusions salines.

Les usages de l'eau ont été ensuite décrits sur la plaine du Roussillon, tant pour ce qui concerne l'AEP (en proposant une approche probabiliste, susceptible d'être utilisée pour se projeter vers le futur), que pour les usages d'irrigation (cartographie et quantification des surfaces irriguées et analyse de leurs besoins vis-à-vis de la ressource en eau souterraine). La connaissance fine et le suivi de la consommation en eau potable, initialement envisagée dans le cadre du projet, n'ont pu être réalisés faute d'accès aux données de facturation des sociétés de distribution d'eau sur le territoire. L'outil nécessaire pour réaliser ce travail (extraction d'information consignées dans les factures d'eau et analyse statistique) a cependant été développé et il a montré son intérêt en l'appliquant à des données d'un territoire différent. Il pourrait donc tout à fait être appliqué au territoire de la plaine du Roussillon dans le cadre de travaux ultérieurs, sous réserve d'avoir accès aux données de facturation. Pour voir dans quelle mesure la gestion de la ressource en eau souterraine actuellement prélevable (d'après la réglementation « Volumes prélevables »), pourrait être optimisée pour répondre aux besoins en eau potable actuels, mais également dans les situations futures, un prototype de modélisation hydroéconomique a été construit dans le cadre du projet. Cet outil, qui décrit les infrastructures de pompage et d'adduction de l'eau distribuée pour l'alimentation en eau potable et optimise son allocation de façon à minimiser les coûts de production associés, permet d'identifier les secteurs géographiques et les contextes d'évolution future de la demande et de la ressource disponible pour lesquels des défaillances d'alimentation pourraient avoir lieu. Le couplage de ce prototype avec un modèle hydrodynamique robuste (susceptible de simuler les effets sur la ressource en eau souterraine d'une augmentation des pompages par exemple) et la prise en compte de la demande en eau pour l'irrigation seraient cependant nécessaires pour le transformer en un outil opérationnel pour la gestion de l'eau du territoire.

Le travail sur l'irrigation a montré qu'une part conséquente (60%) des surfaces irriguées (en diminution marquée depuis les années 1980) le sont en faisant appel aux ressources en eau souterraine du Plio-Quaternaire du Roussillon. Une plus faible part de ces surfaces est irriguée à partir d'eaux de surface, mobilisées sur le territoire par un important réseau de canaux, prélevant de l'eau dans les cours d'eau. L'analyse fine des flux entre cours d'eau, canaux et nappes superficielles du Quaternaire sur le bassin versant de la Têt, en amont de Perpignan, a montré que 70 à 80% de l'eau prélevée par les canaux revenait à la Têt en aval des prises d'eau des canaux (30% à 40% de l'eau prélevée) et vers la nappe du Quaternaire (40% à 50% de l'eau prélevée) dans ce secteur. Ceci montre que les canaux jouent un rôle essentiel dans la répartition de la ressource sur le territoire et pour la recharge des aquifères. Une tentative de caractérisation financière (analyse coûts-bénéfices) de ce rôle à l'échelle de la plaine du Roussillon a donc été réalisée, en imaginant l'impact des baisses du niveau des nappes que pourrait potentiellement causer l'absence de canaux sur le territoire. Des surcoûts de gestion (liés aux forages rendus inopérants si le niveau des nappes baisse trop) de l'ordre de 50 à 200 M€ pourraient être nécessaires suivant les scénarios considérés.

Il est donc réellement nécessaire d'appréhender la ressource en eau de ce territoire de manière intégrée en suivant son comportement dans les différents compartiments par lesquels elle transite (cours d'eau, canaux, surfaces irriguées, nappes, infrastructures de pompage et d'adduction...). Ce travail passe ainsi par une fiabilisation des stations hydrométriques existantes dans les cours d'eau, le développement de nouvelles stations ou de campagnes de jaugeage estivales régulières sur des cours d'eau non suivis (la Basse par exemple) et la poursuite des suivis hydrométriques existants. Ce type de suivi pourrait également être systématisé pour les canaux d'irrigation (au niveau de leurs prises d'eau et de leurs éventuelles sorties) et permettrait de mieux maîtriser les apports des canaux et l'impact de leur degré d'étanchéité sur l'alimentation des nappes du Quaternaire. Il pourrait également être utilement complété par des campagnes ponctuelles de prélèvements d'eaux de surface et souterraines, qui permettraient de fournir une vision spatialisée des échanges entre canaux, nappes et cours d'eau (comme pour l'exercice réalisé sur la Têt amont).

La vision intégrée du système passe également par une actualisation de la connaissance des surfaces irriguées sur la plaine (à partir du RGA 2021 et en associant la profession agricole à l'exercice par exemple) et la mise en œuvre d'une démarche permettant le suivi fin de son évolution dans le temps. Toutes ces données devraient idéalement être accessibles en temps réel et en libre accès et régulièrement partagées par exemple dans le cadre du Comité Sécheresse.

Pour proposer une vision exhaustive de l'ensemble des facteurs susceptibles d'interagir avec les ressources en eau souterraine, un travail de caractérisation de la dynamique des apports de matériel sédimentaire de la Têt et des relations entre eaux souterraines des aquifères superficiels avec la dynamique littorale a été réalisé. Grâce à l'installation d'une instrumentation adaptée à la mesure des quantités de sédiments transportés par la Têt, le rôle de la flèche sableuse qui se forme à son embouchure, dans les mécanismes de contrôle du transport de sédiments vers le large, lors des crues/tempêtes, a été décrit. Pour préciser le rôle des mécanismes décrits en termes d'interactions éventuelles avec les eaux souterraines et d'apports de sable à la côte, il est recommandé d'assurer le maintien des dispositifs de mesure du transport solide à l'embouchure de la Têt, de le compléter avec un dispositif de mesure du transport par charriage et des suivis topographiques et bathymétriques à haute résolution (comme celui développé sur drone dans le cadre du Projet par YellowScan) et d'étudier l'influence de la gestion du barrage de Vinça dans la dynamique du transport solide. Enfin, les différents types de forçages météo-marins que sont: 1) le gradient de pression imposé par la salinité de l'eau de mer supérieure à celle de l'eau douce, 2) la tension de radiation liée à la composante horizontale de l'action des vagues sur le fond et 3) l'élévation du niveau de l'eau au rivage lié à leur déferlement, ont été décrits au droit de la plaine

du Roussillon et leur influence sur le comportement des eaux souterraines des aquifères superficiels a été étudiée de manière théorique. Les résultats de ce travail montrent qu'il est nécessaire de les prendre en compte dans toute modélisation hydrodynamique portant sur l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon. Leur influence sur les hauteurs d'eau des cours d'eau dans les zones d'embouchure mérite également d'être étudiée. Il en est de même pour l'élévation future du niveau moyen de la mer, liée au changement climatique, dont une projection à l'horizon 2100 a été simulée au niveau de la bordure côtière de la plaine du Roussillon.

Le travail de caractérisation s'est poursuivi par un ensemble d'actions visant à étudier le comportement des eaux souterraines au sein de l'aquifère du Roussillon, en essayant en particulier d'améliorer les connaissances sur les processus de recharge, d'interactions avec les canaux et les cours d'eau et ceux d'intrusions salines potentielles. Deux observatoires hydrogéophysiques ont ainsi été mis en place (Dem'Mer et Dem'Terre) et instrumentés avec du matériel de suivi classique des écoulements souterrains (pression, conductivité et température dans des piézomètres en flûte de pan) et du matériel sophistiqué de suivi géophysique haute-résolution verticale et temporelle (conductivité et température). Pour les besoins de calibration de ces derniers, une batterie de mesures hydrogéophysiques en forage a été déployée sur les observatoires et appliquée de manière répétée dans le temps, à plusieurs pas de temps (minutes, jours, mois, années). L'interprétation de l'influence des essais de pompage qui y ont été réalisés sur tous ses suivis et les résultats des prélèvements d'eau effectués pendant les pompages ont permis de mettre en évidence l'influence des pompages sur le mécanisme de drainance verticale descendante, qui force l'écoulement vertical de l'eau souterraine au travers des couches à faible perméabilité, ce qui se traduit sur le plan hydrodynamique (influence sur la dynamique du rabattement provoqué par le pompage) mais également géochimique (adsorption de certains minéraux sur les argiles ou la matière organique). Ce mécanisme de drainance semble jouer un rôle essentiel dans l'évolution temporelle de la qualité des eaux souterraines sur le temps long, car il provoque en particulier une connexion hydraulique descendante entre les réservoirs aquifères contenus dans les formations du Quaternaire et ceux contenus dans le Pliocène, ainsi qu'entre les cours d'eau coulant sur les formations Pliocènes et les réservoirs aquifères contenus dans ces dernières. A ce titre, il pourrait constituer le principal processus à contrôler pour gérer les risques de pollutions diffuses et d'intrusion d'eau salines, en provenance des réservoirs aquifères du Quaternaire, dans les formations du Pliocène. Il constitue probablement également un facteur d'accélération de l'infiltration des eaux souterraines dans les zones de recharge situées en amont de la plaine du Roussillon. Ceci est notamment visible au travers des différences significatives en termes de temps de résidence, entre les eaux datées au niveau de Dem'Terre et celles datées au niveau de Dem'Mer, à des profondeurs et dans des niveaux similaires (quelques dizaines d'années au niveau de Dem'Terre contre plusieurs milliers d'années au niveau de Dem'Mer).

Un important travail de bancarisation des données hydrodynamiques et géochimiques disponibles à l'échelle de l'ensemble de la plaine du Roussillon depuis 1960 a également été réalisé. L'évolution piézométrique et de qualité de l'eau a ainsi pu être documentée et a mis en évidence la situation relativement stationnaire de la ressource en eau souterraine dans le Quaternaire, qui contraste avec les évolutions piézométriques (à la baisse) et géochimiques marquées dans les formations du Pliocène. Des cartes décrivant la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques ainsi que les flux aux limites du système avec les cours d'eau et la mer ont également été produites. L'analyse des données géochimiques collectées a permis de quantifier l'influence des eaux de recharge (précipitations, canaux, cours d'eau), des apports souterrains des Corbières, des interactions eaux-roche, du processus de drainance verticale provoqué par les pompages (facteur probablement majeur car il accélère les écoulements) et de la présence d'eau de mer à proximité, sur la distribution spatiale des caractéristiques géochimiques des eaux souterraines de la plaine du Roussillon.

Ces résultats montrent qu'il est primordial de maintenir le suivi de l'état de la ressource en eau souterraine, voire même de le densifier dans la mesure du possible et ce, tant pour les formations du Quaternaire, que pour celles du Pliocène. Les secteurs du bassin versant du Tech (amont et zone littorale), de l'Agly amont, de la Têt amont (alluvions anciennes) et du secteur central compris entre Perpignan et l'étang de Canet ou encore entre Têt et Réart pourraient ainsi être équipés de piézomètres. Il serait également opportun d'assurer, au droit d'un site donné, un suivi séparé entre les formations du Pliocène continental et celles du Pliocène marin (installation de type flute de pan).

En ce qui concerne le suivi des intrusions salines, il serait intéressant d'équiper l'ensemble des piézomètres situés sur la bordure littorale de sondes de conductivité et température. Ce type de suivi constituerait un moyen de surveiller l'évolution de la qualité des eaux souterraines dans les formations du Quaternaire et du Pliocène et de documenter la dynamique des processus de drainance. Il constituerait également un système d'alerte en cas d'occurrence d'intrusions salines latérales. Pour mettre en place ce type de suivi, il conviendra cependant de s'assurer de bien connaître les hauteurs crépinées dans les piézomètres et de placer les sondes en face des niveaux producteurs pour être en mesure d'interpréter les signaux observés (la présence de nombreux niveaux sableux producteurs au sein des formations du Pliocène continental pouvant compliquer singulièrement l'interprétation d'un signal de conductivité global). Il conviendra également de ne pas négliger la présence, à proximité kilométrique des sites de suivi, d'ouvrages défectueux pouvant localement aggraver la problématique de l'infiltration d'eau du Quaternaire vers le Pliocène.

Dans le même ordre d'idées, il serait opportun d'élargir les analyses faites lors des campagnes de prélèvements pour le suivi des concentrations de chlorures par le Syndicat des Nappes sur les forages de la bande côtière, à l'ensemble des éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K, HCO₃, SO₄, Cl, NO₃). Ce type de suivi fournira une vision plus complète de l'évolution de la qualité de l'eau et, en particulier, des processus d'adsorption provoqués par la drainance, pour un surcoût d'analyse modéré.

Pour tenter d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises dans un outil de modélisation capable de reproduire le comportement de l'ensemble des aquifères des formations du Plio-Quaternaire du Roussillon, un modèle numérique (MartRouss) a été construit dans le cadre du projet. Ce modèle décrit le système à l'aide de sept couches aquifères, dont deux considérés comme semi-perméables pour séparer le Quaternaire de la mer et le Pliocène du Quaternaire, sur l'ensemble de l'extension à terre des formations du Quaternaire et du Pliocène continental et marin et sur leur prolongement sous la mer, sur une distance de l'ordre de 20 km. Le modèle a été calibré en conditions de régime permanent (simulation des cartes piézométriques de l'été 2012 et du printemps 2013), mais il n'a pas été possible de passer au régime transitoire. Il a cependant permis d'affiner la compréhension et la quantification du bilan des flux en régime permanent à l'échelle de l'ensemble du système et d'identifier des pistes d'amélioration des connaissances (comportement de l'eau douce souterraine sous la mer, recharge dans le secteur des Albères, prélèvements d'eau des ouvrages non déclarés, dynamique piézométrique simulée trop lente...). Il conviendra donc de poursuivre ce travail de modélisation pour se donner les moyens de disposer d'un outil de gestion opérationnelle de la ressource en eau souterraine du territoire.

Dans l'attente d'un tel outil, maintenir un bon niveau de remplissage des aquifères des formations du Quaternaire, avec de l'eau de bonne qualité (en provenance des cours d'eau et via les canaux ou des dispositifs de recharge maîtrisée...), pourrait constituer un objectif intéressant pour la stratégie de gestion de la ressource en eau souterraine sur le territoire. Une telle stratégie permettrait en effet de limiter le risque d'intrusion saline, tout en optimisant l'exploitation de la ressource en eau souterraine contenue dans les formations du Pliocène.

Pour terminer, une plateforme de bancarisation, concentration et valorisation des données acquises dans le cadre du projet (modèle géologique, cartes, couches d'information géographique sur les usages, données hydro-géophysiques des observatoires, suivi courantométriques sur la Têt et son embouchure) ou disponibles par ailleurs (niveau des nappes, débits des cours d'eau, variables météorologiques, niveau des barrages, etc..) sur le territoire et présentant un intérêt pour la gestion de la ressource en eau a été construite. Cette plateforme a vocation à devenir un portail d'accès aux données sur l'eau sur le territoire et pourrait constituer un outil de partage de l'information qui pourrait être mobilisé lors des réunions des instances comme le Comité Sécheresse par exemple. Appelée Follow Roussillon dans le cadre du projet, elle a été renommée VisiEau'66 par la suite, dans le cadre d'une convention liant le Département des Pyrénées Orientales, l'Agglomération de Perpignan, le Syndicat Mixte des Nappes et le BRGM et assurant sa maintenance jusqu'à mi 2023, pour permettre aux acteurs du territoire de s'en saisir et de contribuer à sa pérennisation.

4. Références bibliographiques

- Artelia (2017), Schéma de Sécurisation Des Besoins En Eau Potable de La Plaine Du Roussillon Aux Horizons 2017 – 2030 - 2050.
- Berthelot, J. (2021), Développement d'un Lidar bathymétrique pour UAV. 13 p.
- Badillo, M. (2021), Contrôle des forçages météo-marins sur l'hydrodynamique de l'aquifère côtier de la plaine du Roussillon (France). Modèle hydrodynamique marin. Rapport de stage Master 1, Génie Côtier et Développement raisonné du littoral, Université de Montpellier. 24 p.
- Bosio, C. Lavenus, R., (2021) – Evaluation des externalités et services associés à l'irrigation gravitaire. Production #10 du projet Dem'eaux Roussillon, BRGM/RP-71415-FR, 28 p., 1 ann.
- Bourgine B., (2007) - Modélisation géologique 3D à l'aide du programme Multilayer, Version 3. BRGM-RP 53111-FR, 163.p, 114 ill.
- Caballero, Y. (2018), Programme DEM'EAUX - Plateforme et démonstrateurs mutualisés pour la caractérisation et la gestion concertée des ressources en eau dans la plaine du Roussillon. Rapport d'avancement 2018 à l'attention du CD66. BRGM/RP-68140-FR, 35 p., 21 ill., 4 ann.
- Caballero, Y. (2019), Programme DEM'EAUX - Plateforme et démonstrateurs mutualisés pour la caractérisation et la gestion concertée des ressources en eau dans la plaine du Roussillon. Rapport d'avancement 2019. BRGM/RP-69174-FR, 31 p., 22 ill., 2 ann.
- Caballero Y., Vigouroux P., Dewandel B., Pezard, P., (2022a) - Forages de Saint-Cyprien et Pollestres (66) - Dossier des Ouvrages Exécutés - Production #22a du projet Dem'Eaux Roussillon. BRGM/RP-70300-FR, 56 p., 39 ill., 8 ann.
- Caballero Y., Ladouche B., Dewandel B., (2022b) – Modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon, de 1960 à nos jours. Production #23 du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP- 71763 -FR, 111 p., 73 fig., 2 ann.,(48 fig)
- Chauveau, M., Bosio, C., Digaud, R. (2021) – Analyse détaillée de l'usage irrigation sur la plaine du Roussillon. Production #9 du projet Dem'Eaux Roussillon, RP-71476-FR, 104 p., 49 fig., 1 ann.
- Dewandel B., Ladouche B., Caballero Y. (2022) – Synthèse et valorisation des données d'essai par pompage réalisés sur les sites Dem'Mer et Dem'Ter dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon. Production #22b du projet Dem'Eaux Roussillon. BRGM/RP-71514-FR, 99 p., 72 fig., 3 ann.
- Duvail C. (2008). Expression des facteurs régionaux et locaux dans l'enregistrement sédimentaire d'une marge passive. Exemple de la marge du Golfe du Lion, étudiée selon un continuum terre-mer. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier 2, 296p.
- Duvail, C. (2017), Livret-guide pour visite géologique de terrain dans la plaine du Roussillon, Production #2 du projet Dem'Eaux Roussillon, Rapport RP-71471-FR, 16 p.

- Duvail, C., Bauduy, L., Fioravanti, A., (2021) – Synthèse géologique des forages Dem'Mer et Dem'Ter Roussillon (Pyrénées-Orientales), Production #4 du projet Dem'Eaux Roussillon, Fugro Document No.: GTR/BRGM/0620-1836, BRGM/RP-71472-FR, 22 p. 4 ann.
- Duvail C., Berné S., Champollion C., Delahaie S., Issautier B., Jacob Th., Laouenan S., Lasseur E., Mauffrey M.-A. (2022) – Corrélation géologique terre-mer. Production #5 du projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport BRGM/RP-71769-FR, 78 pp., 32 fig, 2 annexes.
- Favre, M., Montginoul, M., (2020). Comment observer de façon optimale la consommation en eau potable ? Le cas de Nantes Métropole. TSM (Techniques, Sciences et Méthodes) 1/2, 29-42.
- Fioravanti A., Bourguine, B., Loiselet, C. Caballero, Y., (2022) – Modélisation géologique 3D de la plaine du Roussillon. Production #6 du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP-71572-FR, 39 p., 29 fig., 3 tabl., 2 ann.
- Hydriad, (2014). Etude des volumes prélevables des nappes plio-Quaternaires de la plaine du Roussillon. Phase 2 : Estimation des volumes prélevés. Etape 3 : estimation des volumes prélevables. SMNPR, 42 p.
- Issautier, B., Duvail, C., Briais, J., Lasseur, E (2021) – Caractérisation géologique du Pliocène de la Plaine du Roussillon : synthèse de la tâche « terrain ». Production #3 du projet Dem'Eaux Roussillon, Rapport final. BRGM/RP-69896-FR, 73 p., 65 fig
- Ladouche B., Caballero, Y (2022) – Echanges et flux d'eau entre canaux d'irrigation, cours d'eau et nappes d'eau souterraine du bassin versant de la Têt en amont de Perpignan. Production #11b du projet Dem'Eaux Roussillon, Rapport final. BRGM/RP-71486-FR, 37 p., ill., 15 fig., 2 tabl., 1 ann (18 figs.).
- Lanini S., Schorpp L. et Dall'Alba V. (2022) – Modélisation des écoulements souterrains dans la plaine du Roussillon : modèle MartROUSS. Production #24 du projet Dem'Eaux Roussillon. BRGM/RP-71764-FR, 52 p., 46 fig., 5 ann.,
- Laurent, S., Chauveau, M., Digaud, R. (2021) – Campagne de mesure des débits sur la Têt et conclusions sur les flux de surface et souterrains. Production #11a du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP-71406-FR, 64 p., 37 fig., 1 tabl
- Meslard, F., Bourrin, F., Pinel, S., Ludwig, W., Sadaoui, M. (2022) – Interactions des forçages fluvio-marins à l'interface Terre-Mer. Production P#18/#19 du projet Dem'Eaux Roussillon, Rapport RP-71537-FR ; 50 p., 32 fig., 3 tabl., 1 ann.
- Montginoul M. (2022) – Développement d'un outil informatique permettant de caractériser les consommations d'eau à partir des fichiers de facturation. Production #12 du projet Dem'Eaux Roussillon, RP-71526-FR, 39 p., 44 illustrations, 2 annexes.
- Neverre N., Mathey A. (2022), Modèle d'optimisation de l'approvisionnement en eau potable de la Plaine du Roussillon par rapport aux ressources disponibles. Production #15 du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP-71532-FR, 39 p., 15 fig., 6 tabl., 2 ann.
- Post, V. E. A., J. Groen, H. Kooi, M. Person, S. Ge and W. M. Edmunds (2013), Offshore fresh groundwater reserves as a global phenomenon, Nature, 504(7478), 71-78, doi:10.1038/nature12858.

Proust N. (2021), Modélisation actuelle/future du littoral. Production #20 du projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport RP-71538-FR, 22p., 23 fig. 2 tab.

Raynaud, J.-B. (2022a), La plateforme Follow Roussillon, Infrastructure matérielle et réseau. Production #26 du projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport RP-71785-FR, 31p.

Raynaud, J.-B. (2022b), La plateforme Follow Roussillon, Outil de valorisation et de gestion. Production #27 du projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport RP-71786-FR, 15p., 16 fig.

Seguin L., Petit A., Garin P., Chazot S., Caballero Y., (2022) – Intégration des connaissances scientifiques et techniques dans les processus de planification territoriale de gestion de l'eau. Production #8/#16 du projet Dem'Eaux Roussillon, Rapport RP-71465-FR, 75 p., 3 fig., 2 tabl., 3 ann.

Soullignac A., J Collignan et Neverre N. (2022) – Prototype d'outil de prévision de la demande en eau potable intégrant les incertitudes. Production #13 du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP-71391-FR, 29 p., 9 fig., 6 tab.

5. Annexes

Annexe 1

CR des comités de suivi du projet

Réf. : BRGM/D3E/NRE/YC/2016/829

Montpellier, le 12/12/2016

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : D3E/NRE et DAT/LRO
Projet : DEM'EAUX Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Objet : Réunion de lancement officiel du projet Dem'Eaux Roussillon	
Date : 09/12/2016	Lieu : Montpellier (Agropolis International)
Participants : Voir liste des participants en Annexe	
Excusés : Gaëlle Herchin, Mireille-Ange Pistre, Nathalie Demongé, Meiling Lay-Son et Frédérique Duclert-Gallix (Région LRMP) ; Marie-Aline Mauffrey et Wolfgang Ludwig (CEFREM) ; Mathieu Baisset (ImaGeau) ; Marielle Montginoul et Patrice Garin (G-EAU) ; Céline Fajon-Hervieu et Jérôme Dubost (PMCU) ; Nina Fasquel, Maria-Elena Vallejo-Castilla, Oceanne Trevenec, Cédric Champollion, Frédéric Bouchette (Géosciences Montpellier) ; Fabrice Carol (SMBVT) ; François Carnus (BRLi) ; Marie-Elisabeth Borredon et Christian Perigaud (DRRT) ; Elisabeth Le Goff, Vincent Bailly-Comte, Benoit Dewandel, Eric Lasseur, Philippe Vigouroux et Jean-Christophe Maréchal (BRGM).	
Diffusion : participants, excusés et structures potentiellement intéressées par le projet (DREAL, DDTM 66, Syndicat Mixte du Tech et de l'Agly)	
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	
1 – Objet de la réunion Réunion de lancement du projet CPER DEM'EAUX ROUSSILLON. Ordre du jour : <ul style="list-style-type: none">- 10h30 – 12h00 : <i>Présentation du projet et questions générales ;</i>- 12h00 – 13h30 : <i>Repas au restaurant « L'Aboyeur » ;</i>- 13h30 – 16h00 : <i>Organisation technique des 5 tâches du projet</i> Prochain comité de suivi : fin 2017	
2 – Présentation du projet et questions générales Cette réunion avait pour objet de présenter le projet Dem'Eaux Roussillon et l'articulation des différentes tâches à l'ensemble des partenaires et des co-financeurs, en vue de son lancement prochain. Le lancement est conditionné à l'attribution des financements, dont la décision relève de la Commission Permanente de l'Assemblée régionale pour les financements REGION et FEDER. Les projets seront proposés au vote des élus, après réception des dossiers <u>complets</u> . La réunion a aussi permis de partager les objectifs et les moyens techniques envisagés pour les atteindre, avec les représentants des structures de gestion, collectivités locales et financeurs (Syndicats mixtes, CD 66, Région LRMP et AE RMC, que nous appellerons « partenaires techniques locaux » dans ce qui suit), qui seront associés à la réalisation technique du projet. La réunion a démarré par une présentation générale du projet par Yvan Caballero (présentation jointe), qui a permis de présenter l'articulation technique entre les tâches, ainsi que l'utilisation des crédits attribués au projet par les financeurs (CPER, AE RM&C, FEDER, PMCU et CD Pyrénées Orientales).	

- Le modèle géologique et le modèle hydrodynamique que l'on compte construire à l'issue de la tâche « hydro » suscitent beaucoup d'attentes, notamment sur la capacité à simuler les intrusions salines de ce dernier et à pouvoir être facilement visualisable pour ce qui concerne le modèle géologique. Yvan Caballero indique que le projet s'attachera à utiliser des outils et des technologies qui assurent la production de produits qui pourront être utilisés par tous à l'issue du projet. Il rappelle aussi que, dans tous les cas, les capacités du modèle à reproduire l'ensemble des processus en jeu sur l'aquifère Plio-Quaternaire seront limitées par les connaissances qui pourront être acquises au cours du projet. L'équipe de projet fera son possible pour tenter de répondre au plus grand nombre de questions intéressantes gestionnaires et partenaires techniques locaux, mais il convient de garder à l'esprit que les incertitudes risquent d'être importantes malgré tout (notamment sur la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques, sur les flux et la localisation des zones de recharge et sur les processus en lien avec les intrusions salines). De plus, ce modèle se focalisera sur les processus hydrodynamiques, ce qui implique que les processus de génération d'écoulement en surface ne seront probablement pas décrits en détail (remarque en relation avec les attentes en termes de compréhension des processus de recharge sur les secteurs du Réart et la Canterrane) ;
- Le secteur de la Têt en amont de Perpignan fera l'objet de plusieurs actions de recherche comme 1) la compréhension des liens entre écoulement dans les canaux, recharge des aquifères quaternaires et débit de la Têt (tâche Usages) ; 2) caractérisation des interactions entre aquifères du Quaternaire et du Pliocène et intérêt de la recharge artificielle à partir des canaux dans le secteur du Boulés (tâche Hydro) et 3) établissement d'un état de référence hydrogéochimique (tâche Hydro). Il conviendra que le coordinateur s'assure que les opérations de mesure et prélèvements qui seront faites sur le terrain soient cohérentes pour tirer un bénéfice maximal des résultats des différentes approches ;
- Sur la tâche Usages, il est précisé que toutes les études réalisées sur le territoire (comme par exemple celles sur les volumes prélevables) rentreront dans le cadre de l'analyse historique. Comme suite aux échanges qui ont eu lieu en préalable à la réunion, il apparaît que l'action de modélisation hydro-économique envisagée dans un premier temps ne serait finalement pas pertinente, au regard des avancées du SMNR sur la question (notamment dans le cadre de la conception de son schéma directeur hydraulique et aussi dans celui de la création d'un syndicat départemental de gestion de l'eau potable). De plus, cette thématique intéresse aussi le SMBVT. Il est donc décidé que des discussions seront menées pour redéfinir ce qu'il pourrait être intéressant de réaliser à la place ou en complément ;
- Concernant les travaux sur le littoral, la possibilité de travailler à l'aide de modèles de propagation de champs de contrainte représente un intéressant moyen d'explorer la question des intrusions salines dans les nappes quaternaires. Ce travail devra se faire en collaboration avec les partenaires de la tâche Hydro, ainsi qu'avec le SMNR. Par ailleurs, si le SMBVT est intéressé par les travaux sur le transport solide dans la Têt et la dynamique sédimentaire côtière dans sa zone d'embouchure, il pourrait être intéressant d'identifier d'autres partenaires techniques locaux (PMCU ? Syndicat côtier ?) pour l'associer aux réflexions et ainsi maximiser le caractère opérationnel des résultats qui seront produits ;
- Enfin, O Dobricean relève la nécessité pour SYNAPSE de disposer d'au moins une petite part du financement inscrit au titre du CPER à l'investissement n°7 dès 2017 (et non pas 2018 comme envisagé initialement), pour disposer des moyens de mettre en route les premières briques de la plateforme numérique qui constituera le démonstrateur (à commencer par l'ouverture d'une page web de communication pour le projet). Y Caballero et A Blum vont voir le moyen de répartir les investissements dans le temps (dans le cadre contractuel autorisé par les financeurs) de manière à permettre cela.

- Pour finir, les partenaires universitaires relèvent l'intérêt de profiter du projet pour informer et former les étudiants des diverses formations qu'ils hébergent, en allant même jusqu'à les associer à certaines actions de terrain de courte durée (forages, acquisitions géophysiques, ateliers, etc...).

De manière générale, les discussions qui ont eu lieu montrent qu'il est nécessaire de conduire assez rapidement des réunions spécifiques sur les tâches Littoral, Usages et Géologie/Hydro pour pouvoir discuter dans le détail des actions qui seront mises en œuvre et des données disponibles. En particulier, la réunion sur la tâche Géologie/Hydro doit permettre d'implanter les observatoires avant de lancer les opérations de forage. Dans la mesure du possible cette réunion devra associer largement gestionnaires et partenaires techniques locaux et seront suivies par Yvan Caballero pour assurer la communication en interne au projet et par SYNAPSE Informatique pour assurer la bonne transférabilité des données et produits discutés vers la plateforme numérique du démonstrateur. Enfin, il est conclu à l'intérêt de communiquer vers le grand public sur le lancement de ce projet par l'intermédiaire de la presse et d'un site web permettant de partager les documents produits à ce stade (descriptif du projet et présentations).

Action	Responsable	Déla
Organiser une réunion dans les locaux du SMNR concernant l'implantation des observatoires et plus largement la tâche Géologie/Hydro.	Y. Caballero, H. Tachrift	Fin janvier
Communiquer sur le lancement du projet au travers de communiqués de presse et de l'ouverture d'un site web pour le projet	Y. Caballero, O. Dobricean	Fin janvier
Construire rapidement un planning de réalisation des forages pour que chaque équipe du projet puisse s'assurer qu'elle sera disponible aux différentes phases	Y. Caballero, P. Vigouroux, C. Duvail, P. Pezard	Fin février
Identifier la structure qui se chargera de la maintenance des observatoires à l'issue du projet (SMNR ? OSU ? CEFREM ?,)	Y. Caballero, A. Blum H. Tachrift E. Servat W. Ludwig	Fin février
Veiller à la bonne coordination des opérations de terrain entre la tâche Usages (rôle des canaux pour la recharge) et la tâche Hydro (recharge artificielle à partir des canaux, interaction Quaternaire-Pliocène et état de référence hydrogéochimique)	Y. Caballero, H. Tachrift, S. Chazot, B. Ladouche	Fin juin
Redéfinir le cadre de l'action de modélisation hydroéconomique par rapport aux avancées du SMNR dans le domaine	S. Chazot, J.D. Rinaudo, N. Graveline, H. Tachrift F. Carol	Fin 2017



	Nom Prénom	Organisme	e-mail	Signature
1	Fleury Perrine	BRGM		
2	ASSENS Martine	CD66	martine.assens@cd66.fr	
3	GRAVELINE Nive	BRGM	n.graveline@brgm.fr	
4	CHAZOT Sébastien	BRLi	sebastien.chazot@brl.fr	
5	LORDENCHE Bernard	BRGM	b.lordenche@brgm.fr	
6	LAROTTE Claudine	BRGM	c.larotte@brgm.fr	
7	LE MOINE Nicolas	Géosciences	nicolas.lemoine@umontpellier.fr	
8	BLUM Ariane	BRGM	a.blum@brgm.fr	
9	LANINI Sandra	BRGM	s.lanini@brgm.fr	
10	DESPRATS JF	BRGM	jf.desprats@brgm.fr	
11	DUVAÏZ Cécile	GEOTER	c.duvaiz@juguo.com	
12	LE TRONG Floirane	SNBVT	floirane.pemoring@basinvt.fr	
13	CHAUVEAU Mathilde	BRLi	mathilde.chauveau@brl.fr	
14	BOURRIN François	CEFREM	fbourrin@univ-perp.fr	
15	COUDRAY Paul	KLOE	coudray@kloe.fr	
16	PEZARD Philippe	CNRS	ppezard@gulliver.fr	
17	NEYENS Denis	unigeau	denis.neyens@unigeau.eu	
18	LACOMBE Evelyne	AERIC	evelyne.lacombe@eaurc.fr	
19	PROTEAU Jean Pierre	DRAT occitanie	jean-pierre.proteau@recherche.jouy.fr	

	Nom Prénom	Organisme	e-mail	Signature
20	LOFI Johanna	Geosciences Montpellier	lofi@gm.univ-montp2.fr	
21	BERNE Serge	UPVD-CEFR	serge.berne@univ-poit.fr	
22	BALOUIN Yann	BRGM	Y.balouin@brgm.fr	
23	SCHWARZHaupt Christelle	PERPIGNAN MEDITERRANEE PETROLIUM	C.pennelle@perpignan-mediterranee.org	
24	NADAL Gégène	Syndicat mixte Grappe Roussillon	g.nadal@grappe-roussillon.fr	
25	TACHRIFT Aïchem	Syndicat des Grappes Roussillon	h.tachriff@grappe-roussillon.fr	HB
26	DOBRICEAN Octavian	Synapse	octavian.dobrician@synapse-info.com	
27	BLANC Mathieu	Région DRTES	matthieu-blanc@loraxion.fr	
28	INGOUF Régis	Région Occitanie	regis.ingouf@loraxion.fr	
29	Geeraert Guriel	geoscience Montpellier	Guriel.geeraert@gm.univ-montp2.fr	
30	ALLOUIS Tristan	YellowScan	TRISTAN.ALLOUIS@YELLOWSCAN.FR	
31	ASSENBAUM Michél	YellowScan	michel.assenbaum@yellowscan.fr	
32	caballero Yuan			
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				

Réf. : BRGM/D3E/NRE/YC/2018/095

le 23 février 2018

COMpte RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : S. Lanini, J.C. Maréchal et Y. Caballero	Entité : D3E/NRE
Projet : DEMEAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 13 février 2018	Lieu : Plein Sud Entreprises Rivesaltes
Objet : 1^{er} Comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants : Voir feuille d'émargement jointe	
Absents excusés : Gaelle Herchin et Régis Ingouf (Région Occitanie) ; Emmanuel Balloffet (DREAL) ; Johanna Lofi, Frédéric Bouchette et Cédric Champollion (GM) ; Patrice Garin (IRSTEA) ; Sandrine Grataloup, Bernard Bourguine, Benoit Dewandel, Benoit Issautier, Thomas Jacob, Bernard Ladouche, Eric Lasseur, Eric Palvadeau et Philippe Vigouroux (BRGM).	
Diffusion externe : Participants et excusés En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Cette réunion du comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon avait pour objectif d'informer de manière synthétique, financeurs, partenaires et personnes intéressées par le projet, sur l'avancement des travaux et les éventuelles difficultés rencontrées, au terme de sa première année de réalisation. Les supports des présentations qui ont été faites sont annexées au présent compte-rendu.

La réunion débute par un rappel synthétique des objectifs et des différentes tâches définies dans le cadre du projet. En particulier, les différentes étapes administratives conduisant à la contractualisation définitive de toutes les sources de financement du projet et des modalités de leur répartition entre les partenaires sont détaillées. A ce stade, il ne manque plus qu'à finaliser la signature des conventions de reversement par le BRGM de la subvention de l'Agence de l'Eau RM&C au bénéfice de BRL Ingénierie, IRSTEA et Géosciences Montpellier. Cette présentation se conclut par la présentation du chronogramme du projet, mis à jour pour tenir compte du retard de l'ordre de 1 an pris sur le démarrage des activités sur les différentes tâches, imputable à l'ensemble des tâches administratives décrites.

Suite à la présentation générale du projet, l'état d'avancement de la réalisation des deux forages carottés (sites Terre et Mer) qui seront ensuite transformés en observatoires à haute résolution spatiale et temporelle de la résistivité, température et pression est présenté. Tout est maintenant prêt pour lancer les opérations de forage, qui devraient débuter le 26/02/18 sur le site de Canet en Roussillon (site mer, 250 m de profondeur). Martine Assens (CD66) suggère à ce sujet qu'un communiqué de presse soit lancé pour informer sur cet événement.

La réunion se poursuit par la présentation de l'avancement des différentes tâches du projet : Caractérisation géologique, Littoral et transport sédimentaire, Caractérisation hydrogéologique, Caractérisation des Usages et Démonstrateur.

Sur la tâche Caractérisation Géologique, les activités principales ont consisté à réaliser des travaux de description des affleurements sur le terrain, à constituer une base de donnée des descriptions lithologiques sous Access qui pourra notamment alimenter le modèle géologique et à préparer la réalisation des forages carottés. Il est suggéré d'intégrer des visualisations du modèle géologique en 3D dans le démonstrateur.

Sur la tâche Littoral et Transport sédimentaire, les activités principales ont consisté à préciser l'organisation du travail entre les partenaires et dans le temps. Un site pilote sera ainsi déployé en 2018, en face de l'observatoire Mer (Canet) pour étudier les interactions entre la mer et les aquifères du Quaternaire. Concernant la question des processus morphodynamiques qui contrôlent la fermeture de l'embouchure de la Têt, ainsi que sur la question du suivi du transport solide dans la Têt, les équipements prévus sont en cours de mise en place. Sur la question du transport solide, M. Assens suggère de ne pas oublier de suivre les tests de relargage de sédiments qui sont faits en aval du barrage de Vinça (rapprochement avec le service hydraulique du CD66 (M. Rougé) et le syndicat du bassin versant de la Têt à faire sur cette question). Concernant la morphologie de l'embouchure, les acquisitions HR (précision 5 cm) aéroportées (Lidar YellowScan sur drone) ont démarré et d'autres levés sont prévus en 2018.

Sur la tâche Caractérisation hydrogéologique, les activités principales ont consisté à constituer une base de données hydro-géochimique exhaustive sur la plaine du Roussillon, qui couvre la période 1960-2017. Ce travail se poursuivra en 2018. La valorisation de cette imposante BD a commencé par la production par krigeage de cartes piézométriques, de flux latéraux et verticaux et d'isovaleurs de paramètres chimiques (conductivité) ou de concentrations en certains éléments chimiques caractéristiques des processus que l'on cherche à décrire (recharge, drainance, intrusions salines). Les premières interprétations sur l'évolution temporelle de ces processus au cours des 60 dernières années ont été présentées. Concernant ce travail, les remarques ou questions suivantes ont été formulées :

- Comparer les évolutions des flux aux limites des systèmes et par drainance à celles des débits des cours d'eau de la plaine ;
- Comparer les résultats obtenus en termes de flux aux limites des systèmes et par drainance à ceux de l'étude Volumes Prelevables, ainsi qu'avec les campagnes Chlorures réalisées en 2016 par le SMNPR ;
- Le processus de drainance invoqué pour expliquer le comportement particulier de la zone du Barcarés (échange cationique), sur la base du fait que le flux est orienté en direction de la mer au sein des aquifères du Pliocène est questionné et devra faire l'objet d'investigations plus poussées ;
- Malgré l'ambition affichée par le projet de décrire les formations géologiques du pliocène (corps sableux de taille pluri-métrique) avec le plus grand détail possible, il ne pourra probablement pas être envisagé de modéliser le comportement hydraulique de ces corps dans le modèle hydrodynamique (problème de temps de calcul et de capacité à décrire leurs paramètres hydrodynamiques). Cependant, tous les efforts seront déployés pour aller le plus loin possible dans ce sens ;
- La BD actuellement disponible n'intègre pas encore les données isotopiques qui seront acquises dans le courant de l'année 2018.

Au terme de la discussion, il est indiqué que le travail de modélisation hydrodynamique sera probablement reporté jusqu'en 2019, le temps de bien valoriser les données de la BD.

Sur la tâche Caractérisation des usages, les activités principales ont consisté à échanger avec les principaux gestionnaires et usagers de la ressource en eau du territoire sur les attendus des travaux pouvant être menés dans le cadre de cette tâche. Un travail spécifique sera mené autour de l'interaction entre les cours d'eau, les canaux et la recharge des nappes (le travail de terrain sur la mesure des flux dans les canaux du secteur Amont Têt et l'échantillonnage des eaux souterraines est en cours d'exploitation). Les usages AEP seront déterminés à partir des données disponibles auprès des producteurs d'eau (conventionnement en cours). Pour les usages agricoles de l'eau, ils seront estimés sur la base d'une délimitation et caractérisation des parcelles à partir d'une image GoogleEarth de 2016 qui est en cours (fortes incertitudes associées à ce type d'approche). J. Bertrand (Chambre d'Agriculture 66) suggère que ce travail soit comparé aux résultats de travaux similaires récemment réalisés en partenariat avec le CESBIO. Un travail de consolidation de toutes les données disponibles doit être réalisé (en intégrant les données de l'étude volumes prélevables, qui est une référence sur la question des prélèvements). Sur la question des externalités (monétisation des avantages et inconvénients) de l'irrigation gravitaire, il est convenu que les résultats produits par ce travail seront largement partagés avec les gestionnaires et usagers intéressés par la question avant communication de tout résultat. Le travail d'analyse politico-historique de la gestion de l'eau sur le territoire démarrera dans le courant de l'été 2018 (recrutement d'un hydro-politicien à réaliser).

Sur la tâche Démonstrateur, les activités principales ont consisté à échanger avec les partenaires du projet et en particulier, les gestionnaires, sur les attendus en termes de valorisation des données disponibles et aux résultats qui seront produits. Le financement pour la mise en œuvre effective (achat de matériel) du démonstrateur (compris comme une plateforme de concentration, bancarisation, valorisation et diffusion de l'information produite par le projet) doit se faire impérativement en 2018 pour pouvoir avancer. Des exemples de valorisation potentielles des éléments produits dans le cadre des tâches Littoral, Caractérisation hydro et des usages sont présentées. Il est rappelé aux participants que l'intérêt de l'outil qui sera produit à la fin du projet dépendra majoritairement de la bonne expression des besoins des utilisateurs (gestionnaires et usagers de la ressource), dont toutes les suggestions seront les bienvenues. La question de la pérennité de l'outil produit après la fin du projet (qui pour le maintenir ? Syndicats ? OSU OREME ? autre ?) devra aussi être abordée assez rapidement.

Action à engager	Responsable	Délai	Soldé
Communiquer vers la presse et les élus sur la réalisation des forages Mer et Terre	YC	Fin mars	
Prendre contact avec le service hydraulique CD66 et le SMBVT pour le suivi des opérations de relargage des sédiments aval barrage	FB,ML	Fin mars	
Finir d'alimenter la BD et mutualiser les résultats produits avec le SMNPR	YC, HT	Fin avril	
Etablir un échange avec la CA66 et le CESBIO sur la caractérisation des usages agricoles	SC, YC	Fin avril	
Organiser la prochaine réunion du 2 nd comité de suivi	YC	Fin décembre	



Géosciences pour une Terre durable

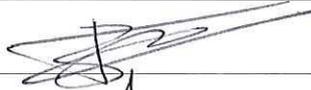
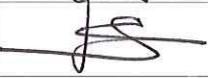
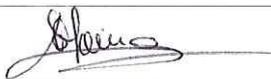
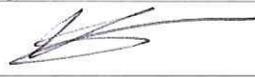
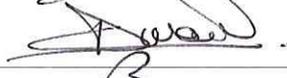
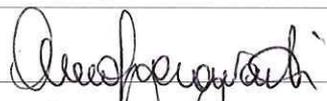
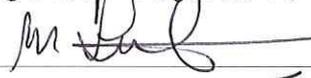
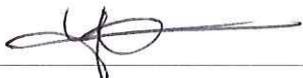
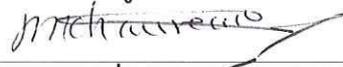
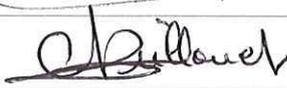
brgm**Dem'Eaux Roussillon****1er Comité de suivi****le 14 février 2018**

	Nom Prénom	Organisme	Signature
1	MORINIERE Stéphanie	UPVD	
2	LE GUERN Julien	SMIGATA (Tech)	
3	MONTGINOUL Mawelle	Istec	
4	TACHAIFT Hichem	SMNDR	
5	JAFFARD Sandrine	ACAV Canal de Corbère	
6	DOBRIČEAN OCTAVIAN	SYNAPSE	
7	BALOUIN YANN	BRGM	
8	Le Goff Elisabeth	BRGM	
9	Nicolas ASSENSUIT	TELOWICHA	
10	Després JF	BRGM	
11	LANINI Sandra	BRGM	
12	TARECHAL JC	BRGM	
13	BENJAMIN Jean	Centre Aquitain	
14	BRUN Laurent	Géosciences Montpellier	
15	ASSENS Martine	CD66	
16	RINAUDO S-Denis	BRGM	
17	RAYNAUD J-Baptiste	SYNAPSE	
18	DONGAR Frédéric	SYNAPSE	
19	FLEURY Perrine	BRGM	
20	SCHWARSHAUPT Christelle	PMCH	

Dem'Eaux Roussillon

1er Comité de suivi

le 14 février 2018

	Nom Prénom	Organisme	Signature
21	BOURRIN François	UPVD	
22	ALOT christelle	DDTM 66	
23	LACOMBE Evelynne	AERNC	
24	NADAL Gégone	SMNPR	
25	LE MOING Fabiane	SNBVT	
26	Louvet Sarah	SMBVA	
27	Combe Clément	UPVD	
28	DUVAL Cedue	Fugro GEOTER	
29	BAUDEY Lucie	fugro GEOTER	
30	Fioravanti duna	Fugro GEOTER	
31	LAY-SON Meiling	CR occitanie	
32	BLUM Anicane	BRGM	
33	PERIGAUD Christian	DRRT	
34	CABALLEROY Jean	BRCN	
35	Chauveau Nathalie	BRLi	
36	CHAZOT Sébastien	BRLi	
37	PEZARD Philippe	CNRS	
38	COUDRAY Paul	KLOE	
39	BRILLOUET Nicolas	KLOE	
40			



Réf. : BRGM/D3E/NRE/YC/2019/067

le 18 février 2019

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : D3E/NRE
Projet : DEMAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 6 février 2019	Lieu: Salle CANIGOU – CD 66 - Perpignan
Objet : 2^{ème} Comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants : Voir feuille d'émargement	
Absents excusés : Gaelle Herchin et Régis Ingouf (Région Occitanie) ; Cédric Duvail (GEOTER) ; Johanna Lofi et Cédric Champollion (GM) ; Bernard Bourguine, Benoit Dewandel, Benoit Issautier, Thomas Jacob, Eric Lasseur et Philippe Vigouroux (BRGM).	
Diffusion externe : Participants et excusés En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Cette réunion du comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon avait pour objectif d'informer de manière synthétique, financeurs, partenaires et personnes intéressées par le projet, sur l'avancement des travaux et les éventuelles difficultés rencontrées, au terme de sa deuxième année de réalisation. Les supports des présentations qui ont été faites sont annexés au présent compte-rendu.

La réunion débute par un rappel synthétique des objectifs et des différentes tâches définies dans le cadre du projet. L'état d'avancement de la réalisation des différents investissements financés dans le cadre du CPER est présenté. Les observatoires Terre (Pollestres) et Mer (Canet) (Investissement n°2), à haute résolution spatiale et temporelle de la résistivité, température et pression sont en cours de finalisation. Tous les forages de l'observatoire Terre sont réalisés et il ne manque plus que deux piézomètres à réaliser sur l'observatoire Mer. Le matériel de monitoring de résistivité/pression/température (investissement n°4) est opérationnel sur l'observatoire Terre et l'équipement des piézomètres en flûte de pan est en cours. L'équipement de l'observatoire Mer est prévu dans le courant du mois d'avril 2019. Le matériel de suivi de la dynamique sédimentaire à l'embouchure de la Têt (investissement n°6) a été acquis, installé et est opérationnel (sauf pour la station hébergeant le granulomètre laser qui est en cours de calibration). Enfin, le matériel informatique nécessaire à la mise en œuvre de la plateforme Démonstrateur (investissement n°7) qui permettra de communiquer sur les données concentrées et les résultats du projet est en cours d'acquisition (hébergement auprès de Zayo et achat du matériel hardware auprès de DELL via la marché BRGM).

La réunion se poursuit par la présentation de l'avancement des différentes tâches du projet : Caractérisation géologique, Caractérisation des Usages, Littoral et transport sédimentaire, Caractérisation hydrogéologique et Démonstrateur.

Sur la tâche **Caractérisation géologique**, les travaux de description des affleurements sur le terrain et des faciès clé sont quasiment terminés et en cours de présentation dans un rapport.





Une publication scientifique est également en cours de rédaction sur l'évolution de la plaine du Roussillon depuis la crise messinienne. Les travaux de description lithologique des carottes et de diagraphies est en phase de finalisation. Des diagraphies complémentaires doivent être réalisées pour tenter de combler les lacunes de connaissance sur la plaine (secteur du Tech notamment) et faciliter les corrélations lithologiques nécessaires à la construction du modèle géologique. Les acquisitions de données gravimétriques ont aussi été réalisées et ont permis de proposer une visualisation des géométries profondes du messinien dans lesquelles se sont déposées les formations du Plio-Quaternaire. Dans le cadre de la description de l'extension sous la mer de ces formations, deux campagnes de profils de sismique à très haute résolution ont été réalisées en mer et sont en cours d'interprétation. Il sera tenté de réaliser des acquisitions du même type à terre en 2019. L'ensemble de ces données seront mobilisées dans des ateliers de corrélation terre-mer (le prochain est fixé en mars 2019) visant à décrire les géométries des formations Plio-Quaternaires sous la mer, qui alimenteront ensuite la modélisation géologique. Les travaux de cette tâche devraient être finalisés à la fin de l'année 2019.

Sur la tâche **Caractérisation des usages**, la mise en perspective des liens entre les connaissances (études/outils) et les processus de planification est bien avancée. Une frise chronologique et un document de description des résultats ont été réalisés et sont en cours de validation par les acteurs du territoire associés à la démarche. Les travaux de modélisation de la consommation en eau potable et de son évolution future ont démarré. Pour ce faire, une approche de modélisation probabiliste est en cours de mise en œuvre, ainsi que la construction d'algorithmes d'analyse automatique d'évolution des consommations à partir des bases de données de facturation des distributeurs d'eau potable de la plaine du Roussillon (conventionnement en cours). Les usages de l'eau pour l'irrigation ont été cartographiés de manière fine pour l'année 2016 à partir d'images satellitaires. Elles couvrent ainsi 8 000 ha sur la plaine et on observe la poursuite de la baisse tendancielle des surfaces de maraîchages et de vergers. Un travail important, axé sur le bassin de la Têt en amont de Perpignan, a permis de fournir des ordres de grandeur de flux transitant dans les canaux et les nappes du Quaternaire qu'ils permettent d'irriguer. Les besoins en eau théorique des cultures ont ainsi pu être estimés à l'échelle de la plaine (30 Mm³ en moyenne, 35 Mm³ en année quinquennale haute, 38 Mm³ en année exceptionnellement sèche, comme 2016) et les retours d'eau d'irrigation vers la Têt et les aquifères du Quaternaire ont été approximés. Enfin, un travail d'évaluation des externalités de l'irrigation gravitaire par la prise en compte de son apport aux nappes (quel coût pour la ressource de substitution pour l'AEP si l'eau des canaux ne rechargeait pas les nappes) est en cours de discussion.

Sur la tâche **Littoral et transport sédimentaire**, les actions de compréhension des interactions entre hydraulique côtière (interactions fleuves-étangs-mer et contrôle de la morphodynamique et des flux sédimentaires) et hydrodynamique souterraine ont été présentées. Ces actions visent à décrire l'influence potentielle de l'hydro-morphodynamisme littoral (décrit comme l'évolution du niveau moyen de la mer, les contraintes apportées par les vagues et les tempêtes en fonction de la géométrie de l'environnement sableux) sur le comportement de l'eau souterraine, dans un premier temps au sein des formations superficielles du Quaternaire. Pour ce faire, du matériel d'acquisition de données sédimentaires et hydrodynamiques dans la Têt et à son embouchure est en cours de déploiement, qui comprend du matériel de mesure de la granulométrie charriée dans la rivière, de niveau d'eau et de courant à l'embouchure et en mer et d'acquisition topographique haute-résolution (LIDAR) sur le littoral. A ce stade, il a été possible de documenter les relations entre la dynamique d'écoulement dans la Têt avant et après une crue, l'état de la mer et les conséquences sur la rupture de la flèche sédimentaire qui se forme à l'embouchure à cause de la dérive littorale. A terme, un déploiement de dispositifs de suivi à haute-résolution spatiale et temporelle (présenté plus un détail lors de la visite de terrain de l'après-midi) adapté à





l'étude de l'influence de cette dynamique sur les eaux superficielles situées à proximité de l'embouchure, mais aussi devant la plage de Canet, sera réalisé grâce à la mobilisation du matériel disponible au sein de la plateforme [Gladys](#). Enfin, l'ensemble de la dynamique observée sera comparé aux résultats de simulation océanographique de type Telemac 2D + Tomawak, sur l'emprise géographique comprise entre l'embouchure de la Têt au nord et l'observatoire Dem'Mer au sud sur une fenêtre temporelle à définir.

Sur la tâche **Caractérisation hydrogéologique**, le travail de mise en place des appareils de mesure sur les observatoires Terre et Mer et, en particulier, l'équipement des piézomètres en flûte de pan avec du matériel de suivi de la conductivité, température et niveau d'eau est en cours et devrait être finalisé au printemps. L'alimentation de la base de données hydro-géochimique exhaustive sur la période 1960-2017, à l'échelle de la plaine du Roussillon est maintenant terminée. Les données de cette dernière ont été valorisées sous la forme de cartes piézométriques pour les formations du Quaternaire et du Pliocène, de drainage ascendante et descendante, de flux aux limites des systèmes aquifères et le long du littoral et au niveau des cours d'eau en interaction et d'analyse de leur évolution entre les années 60 et aujourd'hui. Les résultats apportés par ces cartes soulignent le rôle majeur que jouent les eaux souterraines contenues dans les formations du Quaternaire dans l'alimentation des formations du Pliocène par drainage descendante sous l'effet des pompages. Les hypothèses de circulation des eaux souterraines par drainage sont en cours de vérification et de consolidation par l'intermédiaire des données géochimiques, qui seront renforcées par l'apport de données isotopiques et des outils de datation des eaux. Ce même type d'approche, doublée d'une campagne de mesures à haute-résolution spatiale centrée sur le secteur alimenté par les canaux de la Têt, est également réalisé pour décrire les interactions entre l'eau circulant dans les canaux et qui s'infiltré dans les formations du Quaternaire sur le secteur amont Perpignan de la Têt. Enfin, un travail de modélisation hydrodynamique visant à tester les performances du modèle réalisé en 1995 dans le cadre de la thèse de Chabart est présenté. Ce travail souligne la nécessité de disposer d'une description plus fine des géométries des formations et, en particulier, d'améliorer la modélisation des circulations verticales (drainance) qui, dans le modèle testé, provoquent un déphasage de 1 à 3 mois sur la dynamique piézométrique observée dans le Pliocène. Ce travail sera réalisé dans le courant de l'année 2020, en s'appuyant sur la modélisation géologique et les processus observés au niveau des observatoires Terre et Mer.

Sur la tâche **Démonstrateur**, les actions contribuant à la construction matérielle de l'environnement et des outils de travail nécessaires à la mise en place du démonstrateur sont en cours. Un premier tour des partenaires du projet a permis d'identifier les données mobilisables (piézométrie, hydrométrie, hydrodynamique fluviale et marine, cartographies, imagerie satellitaire, données géographiques numériques...) par les partenaires, mais aussi par des sources externes (via [Hub'Eau](#) notamment), mais aussi les outils produits par chacun d'entre eux et qui peuvent être concentrés et partagés/valorisés par le démonstrateur. Des exemples des fonctionnalités de valorisation des données permises par la solution « Follow » sont ensuite présentés. Le choix de la forme que prendront ces valorisations et les outils d'analyse qui leur seront associés sera décidé dans le courant de l'année 2019 avec tous les partenaires et pourra être élargie aux collectivités intéressées.

La présentation se conclut par la présentation du chronogramme du projet, mis à jour pour tenir compte du retard de l'ordre de 1 an pris sur le démarrage des activités sur les différentes tâches, imputable à l'ensemble des tâches administratives décrites. Une demande d'avenant de délai devra être transmis assez rapidement par chaque partenaire aux services d'instruction des dossiers FEDER de la région Occitanie.

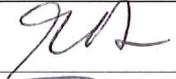
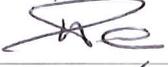
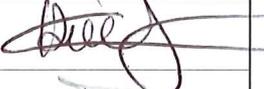
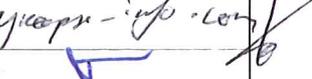


Suite à la présentation, un débat s'est engagé avec les participants. Un intérêt très marqué pour échanger plus en détail sur les travaux réalisés dans le cadre de certaines tâches comme celle des Usages ou Hydrogéologie est apparu. Il est convenu de convier les participants à la réunion à des séminaires, à organiser dans le courant de l'année 2019. Ces séminaires pourraient s'organiser sur une demi-journée ou plus si nécessaire et fourniraient l'occasion aux participants de s'approprier tous les résultats produits jusqu'ici et de valider conjointement la stratégie à suivre pour la suite des opérations. La DREAL Occitania espère que le projet fournira la possibilité de préciser le bilan des entrées et des sorties pour le Pliocène, dans une perspective de gestion des volumes prélevables. A ce sujet, il est répondu que si l'ambition du projet est bien d'aller aussi loin que possible dans la compréhension du comportement des eaux souterraines et leur modélisation, l'importance des incertitudes avec lesquelles il faudra composer ne permettra probablement pas de pouvoir utiliser le modèle construit de manière directe pour les questions opérationnelles, telles que celle soulevé par la DREAL. Par ailleurs, la DREAL souhaite qu'il soit fait l'effort de bien distinguer les alluvions anciennes des alluvions récentes dans le cadre de la modélisation, ce qui sera effectivement fait dans la modélisation. Enfin, le CD66 suggère qu'il serait souhaitable que les résultats de ce travail fassent remonter les besoins en termes d'instrumentation et de suivi de longue durée (par exemple en ce qui concerne les débits prélevés dans les canaux) dans les zones ou les thèmes où les lacunes de connaissance seront identifiées.

Action à engager	Responsable	Délai
Organiser des séminaires spécifiques de partage des résultats avec les acteurs locaux pour chaque tâche du projet.	Responsables des tâches	2019
Organiser la prochaine réunion du 2 nd comité de suivi	YC	Fin 2019



	Nom Prénom	Organisme	e-mail	Signature
1	TARECHAL JC	BRGM	JC.TARECHAL@BRGM.FR	
2	GARIN P.	IRSTEA	patricia.garin@irstea.fr	
3	CHAZOT Sébastien	BRLi	sebastien.chazot@bri.fr	
4	MACHOU Fatima	IRSTEA	Fatima.machou@irstea.fr	
5	MAUFFREY Marie-Alice	CEFRET	marie-alice.mauffrey@univ-pep.fr	
6	BLUM Ariane	BRGM	a.blum@brgm.fr	
7	PALVADEAU Eric	BRGM	e.palvadeau@brgm.fr	
8	LAVINI Sandra	BRGM	s.lavini@brgm.fr	
9	LADOUICHE Bernard	BRGM	b.ladouiche@brgm.fr	
10	LAROTTE Claudine	BRGM	c.larotte@brgm.fr	
11	FLEURY Perrine	BRGM	p.fleury@brgm.fr	
12	TACHRIFT Hichem	SMNPR	h.tachrift@nappes-roussillon.fr	
13	NADAL Grégoire	SMNPR	g.nadal@nappes-roussillon.fr	
14	BRUN Laurent	Université Montpellier	laurent.brun@gm.univ-montp2.fr	
15	VERGNES Louise	PHM	-	
16	Berue Serge	UPVD	serge.berue@univ-pep.fr	
17	RESSOUCHE Sophie	STNUC	sophie.ressouche@irstea.fr	
18	LACOMBE Evelyne	AERC	evelyne.lacombe@caurme.fr	

19	MONTGINOUL Marielle	Istea	marielle.montginoul@istea.fr	
20	LUDWIG, WOLFGANG	CETREM	ludwig@univ-perp.fr	
	Nom Prénom	Organisme	e-mail	Signature
21	ASSENSAUM Michel	YELLOWSCAN	michel.assensaum@yellowscan-lidon.com	
22	PAILLET Agnès	Region	agnes-paillet@bregion.fr	
23	HUGUET Philippe	FDIA	huguet-philippe@clis-internet.fr	
24	BERTHIAUD Jean	Chambre Agriculture i.berthiaud@puyrieux-orientals.dudy.fr		
25	LARIEUX Julien	Chambre Agriculture	julien.larieux@ldmail.fr	
26	SADAOUH Maher	Cofrem/UPVD	maher.sadaouh@univ-perp.fr	
27	HEBERT Bertil	Cofrem/UPVD	bertil.hebert@univ-perp.fr	
28	Dall'Alba Valentin	CHYN	valentin.dallalba@orange.fr	
29	Lucie BAUDOY	fugrogeos	l.baudoxy@fugro.com	
30	Francois BOURRIN	CETREM	fbourrin@univ-perp.fr	
31	J-B RAYNAUD	SYNAPSE	jean-baptiste.raynaud@synapse-isp.com	
32	Frederic BOUCHETTE			
33	Yvon CABAURO			
34	ASSENS Martine	CD66	martine.assens@cd66.fr	
35	ERNAING Florence	STBUT	florence.ernaing@basininet.com	
36	Fred Bouchette	UM	frederic.bouchette@univ-perp.fr	
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				

Réf. : BRGM/DEPA/NRE/YC/2020/036

le 2 avril 2020

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : D3E/NRE
Projet : DEMEAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 4-5 mars 2020	Lieu: CEFREM - Université de Perpignan
Objet : 3^{ème} Comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants : Voir feuille d'émargement	
Absents excusés : Johanna Lofi & Frédéric Bouchette (GM) ; Bernard Bourguine, Eric Lasseur (BRGM).	
Diffusion externe : Participants et excusés En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Cette réunion du comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon a été organisée sous la forme d'un séminaire, dont le programme reprenait la structure de présentation des productions du projet. Ainsi, l'avancement du travail réalisé pour mener à bien ces productions a été présenté sur des séquences courtes (10'), ce qui a permis de dresser le panorama de l'avancement général du projet sur 2 jours. Lorsque cela était pertinent, des travaux menés dans d'autres cadres, mais dont les objectifs rejoignent ceux de certaines productions, ont aussi été présentés ponctuellement. Les supports des présentations qui ont été faites sont annexés au présent compte-rendu.

En préambule, il est rappelé que, du fait du retard pris au démarrage du projet pour des questions administratives et contractuelles (rappelées à chaque comité de suivi du projet), le travail ne pourra pas être achevé d'ici la fin de l'année 2020 dans de bonnes conditions. Cette situation est bien sûr exacerbée par la période de confinement que nous devons collectivement traverser. Par conséquent, les différents financeurs seront sollicités dans le courant du 2nd semestre 2020 pour établir des avenants permettant la prolongation de celui-ci jusqu'en fin 2021.

La première journée du séminaire a permis de montrer la finalisation des travaux de caractérisation géologique, de décrire les premières données acquises par les observatoires, le résultat des travaux visant à quantifier les flux d'interaction entre canaux, nappes et écoulement de la Têt et les analyses sur le transport sédimentaire et ses liens avec la dynamique littorale. Les principaux résultats présentés sont résumés dans ce qui suit.

A partir d'une description de terrain détaillée des principaux faciés observés à l'affleurement, en interprétant plus de 600 coupes lithologiques et d'une centaine de diagraphies et en réalisant un travail de corrélation entre ces informations et les interprétations d'un grand nombre de profils sismiques en mer existants ou réalisés dans le cadre du projet, un modèle géologique de l'aquifère a été produit. Le résultat de ce travail permet de visualiser la géométrie des formations du Plio-Quaternaire et montre qu'elles représentent un volume de formations potentiellement aquifères plus important en mer qu'à terre, puisqu'elles se

prolongent sur plus de 30 km sous la mer. Une visualisation en 3D de ce modèle géologique a été proposée, assortie de la possibilité d'en extraire des coupes et des informations sur les profondeurs des principales formations en un point. A ce stade, une limitation importante du modèle géologique est la faiblesse des corrélations chrono-stratigraphiques, qui pourraient être améliorées dans le futur par la prolongation des forages à terre jusqu'aux niveaux pliocènes marins argileux, seuls capables de fournir des contraintes biostratigraphiques précises. Dans le cadre d'un travail de doctorat de l'Université de Neuchâtel, la distribution spatiale des différents types de dépôt sédimentaire au sein des différentes formations du Quaternaire et du Pliocène sera modélisée, en mobilisant de techniques de géostatistique de type « multipoint ». Ce travail permettra de fournir, en plus des enveloppes de la base et du sommet de chaque formation, une représentation stochastique de la structure spatiale des niveaux aquifères qu'elle contient.

Deux observatoires hydrogéophysiques ont été installés, l'un en bord de mer (Dem'Mer) et l'autre dans les terres (Dem'Ter), pour observer de manière fine les liens entre processus de drainage et respectivement, de salinisation des aquifères et de recharge/pollutions anthropiques. Le suivi à haute résolution temporelle sur le plan vertical de la résistivité et de la température des formations sur 250 et 100 m respectivement, permettra d'observer et de décrire les flux de drainage et l'évolution de la salinité de l'eau dans les différentes formations aquifères. Les essais de pompage réalisés sur ces observatoires ont permis de mettre en évidence la drainage des formations sus-jacentes au niveau des aquifères sollicités. Plusieurs expériences d'acquisition de diagraphies durant les pompages ont été réalisées qui permettront de préciser la distribution verticale de ces flux et les évolutions de salinité qu'ils provoquent sur l'ensemble de colonne lithologique sollicitée. Concernant Dem'Mer, le piézomètre le plus profond (Dem'Mer 5) est malheureusement défaillant. Il devrait être théoriquement repris en sur-forage dans le courant du 2nd semestre 2020, avant d'être testé en pompage également.

Pour comprendre la nature des échanges entre les formations aquifères et les eaux de surface, des campagnes de mesures de terrain, des bilans des flux dans les cours d'eau et les canaux et des approches de modélisation de la réaction des aquifères aux pompages ont été réalisés. Les prélèvements en rivière par les canaux provoquent des flux entrants et sortants qui s'étalent tout le long du linéaire. Par exemple, sur la Têt, on assiste à une diminution très importante du débit du cours d'eau dans les premiers km en lien avec une concentration de prélèvements de gros canaux, puis une ré-augmentation du débit liée aux retours diffus, superficiels et souterrains. Ces flux, qui ont aussi un impact sur les fluctuations piézométriques des nappes du Quaternaire (et donc du Pliocène, via les processus de drainage liés aux pompages), ont été étudiés en détail. Des expériences ponctuelles de réalimentation artificielle dans la nappe alluviale, réalisées depuis le canal de Corbère au niveau du Boulés, ont été interprétées et permettent de caractériser leur intérêt en termes de recharge de nappe. Un bilan hydrique complet sur le secteur de la Têt en amont de Perpignan a permis de mettre en avant d'importants apports au cours d'eau et à la nappe du Quaternaire provenant de l'eau distribuée par l'intermédiaire des canaux d'irrigation. Ces actions ont permis de mettre en évidence l'apport prépondérant aux nappes du Quaternaire, de l'eau distribuée pour l'irrigation gravitaire via les canaux, ainsi que de montrer que plus de 50% de l'eau pompée tout au long de l'année dans les formations profondes du Pliocène, est apportée par drainage verticale de l'eau contenue dans les formations Quaternaires.

Un dispositif de suivi haute-résolution granulométrique du transport solide installé sur la Têt, un des principaux fleuves s'écoulant sur la plaine en provenance des massifs pyrénéens, couplé à l'observation de la dynamique hydraulique (marée, vagues, courants) et sédimentaire (suivi du trait de côté) à son embouchure en mer, permettent d'observer les interactions entre eaux de surface et mer en période de tempête. Les données acquises avant la destruction du

dispositif par la tempête survenue au mois de janvier dernier (débit de la Têt > à 1 000 m³/s), illustrent la dynamique saisonnière du transport solide sur la Têt, où les crues provoquent l'essentiel du charriage des sédiments vers l'embouchure. Cet apport sédimentaire joue un rôle qui reste à préciser sur la formation de la flèche sableuse qui périodiquement ferme l'embouchure de la Têt, sous l'action de la dérive littorale et qui se rompt lors des crues. Ces mécanismes sont étudiés plus précisément grâce à l'apport des levés LIDAR aéroportés, pour lesquels une démarche de développement est en cours pour étendre l'acquisition aux zones recouvertes par de l'eau sur une faible épaisseur. L'impact des crues et des tempêtes en mer sur les niveaux piézométriques dans les différentes formations aquifères du Plio-Quaternaire sont également étudiées, pour explorer l'influence de la dynamique littorale sur les processus d'intrusion saline. D'ores et déjà, des corrélations significatives ont pu être observées entre dynamique de la houle et fluctuations piézométriques (en particulier pendant les épisodes de tempêtes), même pour des niveaux aquifères situés dans le Pliocène profond (> 100 m), avec des déphasages temporels variables, probablement liés aux propriétés hydrodynamiques de chaque niveau aquifère, indépendamment de sa profondeur.

La seconde journée du séminaire a permis d'aborder l'étude de l'évolution de la ressource en eau souterraine à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère, la caractérisation de ces principaux usages et de leur importance vis-à-vis de la ressource et la valorisation de l'ensemble des données acquises et des productions du projet grâce au portail numérique du projet. Les principaux résultats présentés sont résumés dans ce qui suit.

Grâce à un travail de synthèse des données historiques remarquable, l'évolution de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines contenues dans l'aquifère Plio-Quaternaire a pu être documentée de 1960 à nos jours. Un grand nombre de cartes piézométriques, de minéralisation de l'eau, de teneurs en certains éléments caractéristiques (Chlorures, Nitrates, Sulphates, ...) ont ainsi été produites. Elles permettent de mieux comprendre les mécanismes au sein de l'aquifère, notamment en ce qui concerne l'impact des pompages, des flux de drainage verticaux (plutôt ascendants dans les années 1960, plutôt descendants aujourd'hui) et l'importance de la ressource contenue dans les formations quaternaires sur l'évolution de celle contenue dans le Pliocène, sur les plans quantitatifs et qualitatifs. Ce travail permet de documenter l'analyse du risque lié aux intrusions salines, qui apparaît modéré à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère. Elle met cependant ponctuellement en avant certains secteurs dont la situation apparaît plus critique, sous l'influence de processus plus probablement en lien avec la drainage verticale descendante d'eau plus minéralisée, qu'avec l'intrusion d'eau salée au sein du niveau aquifère considéré, à son contact avec la mer. L'ensemble de ces connaissances est maintenant pris en compte pour la construction d'un modèle hydrodynamique de l'ensemble des formations plio-quaternaires, à terre et en mer. Des travaux collaboratifs de modélisation hydrodynamique sont menés, à l'Université de Neuchâtel (dans le cadre d'un stage de MII et d'une thèse de doctorat) et au BRGM, de manière à mutualiser les moyens pour résoudre les multiples problèmes qui se posent pour la réalisation d'une telle modélisation.

Pour documenter au mieux l'influence majeure des prélèvements par pompage et des infrastructures d'irrigation sur le comportement des nappes de l'aquifère plio-quaternaire, une caractérisation détaillée des usages de l'eau pour l'agriculture et l'alimentation des populations est réalisée. A partir d'une cartographie précise des zones irriguées (par photo-interprétation d'images satellites haute résolution) et du type de ressource mobilisée (forages, canaux d'irrigation, ...) la situation actuelle des prélèvements agricoles à l'échelle de la plaine du Roussillon et leur évolution au cours des 30 dernières années a été décrite et les volumes utilisés ont été quantifiés. Ainsi, en terme de vecteur, si les canaux jouent un rôle important pour l'irrigation, les usages agricoles à l'échelle de la plaine sont majoritairement alimentés en

eau par des forages. Ces derniers exploitent cependant une ressource en eau souterraine dont une partie importante provient de l'eau apportée par les canaux, puis infiltrée.

L'analyse des consommations d'eau potable à partir des fichiers de facturation, envisagée comme moyen de les suivre d'un point de vue temporel et spatial, fait face à des difficultés d'accès aux données des maîtres d'ouvrage et des gestionnaires de réseau qui, nous l'espérons, pourront se résoudre dans le courant de l'année. Nous avons pour le moment travaillé sur des données issues d'autres projets pour initier le prototype, dont les sorties opérationnelles ont été décrites lors de la présentation. Ce travail préparatoire a aussi permis de mieux délimiter les ambitions que l'on peut attendre à un tel projet d'observatoire : l'outil ne pourra pas être totalement générique et nécessitera une formation sommaire mais préalable des maîtres d'ouvrage ou gestionnaires de réseau qui souhaiteront l'utiliser pour l'adapter à leurs caractéristiques propres. Des modèles probabilistes d'estimation des besoins en eau domestique et touristiques basés sur des données démographiques, urbanistiques, de consommation et de comportement des populations sont en cours de construction et permettront de quantifier cet usage à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère, en intégrant les incertitudes associées à chacune des données d'entrée. Ces modèles pourront ensuite être utilisés pour quantifier la demande en eau domestique à un horizon temporel futur défini, en lui associant des probabilités d'occurrence en fonction des hypothèses d'évolution future de chacune des données utilisées en entrée. Cette fonctionnalité permet une bien meilleure appréciation de la probabilité que la demande en eau estimée soit supérieure à un seuil donné, nécessitant par exemple des investissements plus conséquents pour s'assurer de disposer de la ressource nécessaire. Enfin, un exercice de modélisation hydro-économique a été lancé pour intégrer et spatialiser les demandes en eau domestique et leur évolution temporelle et les confronter aux ressources en eau disponibles, avec une prise en compte des infrastructures permettant de les capter et les distribuer. Ce type de modélisation, dont l'objectif vise à déterminer dans quelles conditions on pourra envisager de satisfaire les demandes en eau potable dans le futur et à quel coût, est déployé à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère et des infrastructures permettant de distribuer l'eau sur le territoire de la plaine du Roussillon. Il permet par exemple de mettre en évidence les secteurs (unités de distribution) qui seraient potentiellement sous-tension (soumis à un risque de défaillance) en contexte de climat futur, de demande en eau accrues et d'autorisations de prélèvement bloquées (ce qui constitue un scénario futur plausible). L'ensemble des outils et scénarios produits pour la caractérisation des usages en eau domestique seront cependant co-construits lors d'ateliers auxquels les gestionnaires et les organismes de distribution de l'eau du territoire seront conviés dans les prochains mois.

Un portail numérique de concentration, visualisation et mise à disposition des données disponibles, acquises et des productions du projet a été réalisé. Ce portail a pour objectif de concentrer les données disponibles à l'échelle du territoire pour les ressources en eau, en l'agrémentant de la possibilité pour les utilisateurs de disposer des outils et modèles produits dans le cadre du projet. Ainsi, des interconnexions informatiques (type « hub ») sont mises en place pour permettre aux utilisateurs de visualiser les informations de la BSS, les niveaux piézométriques et les débits des cours d'eau, sans avoir besoin de passer par les portails de chaque fournisseur pour un point donné. De même, les mesures acquises dans le cadre du projet au niveau des observatoires Dem'Mer et Dem'Ter ou encore, grâce au matériel de suivi du transport sédimentaire et de la dynamique littorale, seront également accessibles. Ces différentes variables peuvent être mises en forme et comparées entre elles dans des graphiques multi-courbes, sans se préoccuper de la source des données. Elles peuvent aussi être intégralement exportées au format Excel et au pas de temps choisi par l'utilisateur. Les couches SIG existantes ou produites dans le cadre du projet et décrivant les géométries des formations (incluant une visualisation en 3D), les cartes piézométriques établies pour différentes périodes depuis 1960, le réseau hydrographique et des canaux d'irrigation, les

sectorisations établies par les gestionnaires de la ressource en eau de surface et souterraine, etc... sont également visualisables sur le portail.

Ce portail a aussi pour ambition de répondre aux besoins opérationnels des gestionnaires de la ressource en eau. Des développements dans ce sens ont été menés et sont en cours pour y répondre. Imports et exports spécifiques, exploitation et alimentation de plateformes externes (ADES...), élargissement du périmètre géographique des données collectées, intégration de niveaux de référence et réglementaire.

Ce portail accueillera également les productions à venir du projet. Ces productions seront valorisées sous différentes formes. Il pourra s'agir de l'intégration des résultats des différents travaux. Mais on pourra également les restituer, en fonction de la faisabilité technique et de leur intérêt pour le public le plus large possible, sous la forme d'outils et de modèles exécutables et paramétrables, comme par exemple l'outil d'estimation probabiliste et spatialisée de la demande en eau potable. La mise à disposition dans la plateforme, de tels modèles exécutables, actuellement en construction, est un objectif ambitieux qui doit être qualifié précisément.

La journée s'est conclue par la tenue d'un atelier participatif dédié aux gestionnaires de la ressource en eau du territoire, dont les objectifs étaient de restituer les résultats d'une analyse rétrospective des liens entre connaissances techniques/scientifiques et gestion de la ressource depuis les années 1960 (synthétisées sous la forme d'une frise chronologique) et de proposer aux participants de discuter des convergences, décalages et divergences entre connaissances et documents de gestion que ce travail a mis en évidence. Cet atelier a permis de corriger/valider les informations présentées dans les frises chronologiques produites et les documents d'explication qui les accompagnent et d'échanger sur l'intérêt et les moyens de les utiliser ou de les diffuser. Une nouvelle réunion sera prochainement proposée sur ce thème pour en déduire les implications en termes d'attentes des gestionnaires vis-à-vis du type et de la communication des résultats produits par le projet Dem'Eaux Roussillon.

Action à engager	Responsable	Délai
Finaliser les livrables en cours et les mettre à disposition sur un portail de téléchargement	Responsables de livrables	Fin 2020
Finaliser l'aménagement des observatoires (en particulier Dem'Mer vis-à-vis des travaux d'aménagement de la piste cyclable de l'Agouille de la Mar) et conduire des essais de pompage sur Dem'Ter	YC	Fin 2020
Mettre en œuvre les actions possibles pour rétablir les dispositifs de surveillance du transport solide et de la dynamique littorale au niveau de l'embouchure de la Têt, suite aux pertes subies lors de la tempête de janvier 2020.	YB, FB	Fin 2020
Organiser des séminaires spécifiques pour la construction de l'outil de caractérisation probabiliste de la demande en eau potable et pour la restitution de l'atelier sur l'analyse rétrospective	AS, NN, LS, PG, SC	Fin 2020
Organiser la prochaine réunion du 4 ^{ème} comité de suivi	YC	Début 2021

Réf. : BRGM/DEPA/NRE/YC/2021/168

le 26 avril 2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : D3E/NRE
Projet : DEMEAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 11-12 mars 2021	Lieu: Montpellier (Visio)
Objet : 4 ^{ème} Comité de suivi du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants : Participants visio (annexe)	
Absents excusés : Sébastien Chazot (BRLi).	
Diffusion externe : Participants et excusés En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

Programme

Jeudi 11 mars – de 10h à 12h

CARACTERISATION DES USAGES DE L'EAU A L'ECHELLE DE LA PLAINE DU ROUSSILLON :

Demande en eau agricole et potable, que sait-on et que manque-t-il?

Peut-on optimiser les usages par rapport aux ressources via un exercice de modélisation hydro-économique ?

Intégration des connaissances scientifiques et techniques dans les processus de planification territoriale de la gestion de l'eau

Jeudi 11 mars – de 14h à 16h

INTERACTIONS ENTRE HYDROSYSTEMES ET DYNAMIQUE LITTORALE DE LA PLAINE DU ROUSSILLON

Propagation du signal météo-marin dans l'aquifère côtier: vers une meilleure prise en compte de la mer dans la modélisation hydrodynamique souterraine

Interactions entre transport solide et morphologie littorale en zone d'embouchure de la Têt, en conditions climatique variables / extrêmes

Développement de nouveaux dispositifs de mesure et d'observation sur le littoral du Roussillon

Vendredi 12 mars – de 10h à 12h

CARACTERISATION HYDROGEOLOGIQUE DE L'AQUIFERE PLIO-QUATERNAIRE DU ROUSSILLON :

Géométrie des formations quaternaires et pliocènes, à terre et en mer et modélisation géologique

Relations entre canaux, nappes et rivières sur la Têt amont et implications sur la recharge de l'aquifère Plio-Quaternaire

Modélisation hydrodynamique terre-mer de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

Vendredi 12 mars – de 14h à 16h

PLATEFORME NUMERIQUE DE VALORISATION DES RESULTATS DU PROJET :

Présentation de la plateforme Follow Roussillon et de ces fonctionnalités

Débat sur les perspectives d'utilisation sur le territoire

Calendrier des actions à venir et clôture du webinaire

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Cette 4^{ème} réunion du Comité de Suivi du projet Dem'Eaux Roussillon a été organisée sous la forme d'un webinaire de 4 sessions de 2h chacune, réparties le matin et l'après-midi du jeudi 11 et vendredi 12 mars 2021. Les sessions du jeudi portaient sur les Usages de l'Eau (matin) et sur les liens entre Hydrodynamique et Dynamique Sédimentaire (après-midi). Celles du vendredi portaient sur les Caractéristiques Géologiques et Hydrogéologiques de l'aquifère du Roussillon (matin) et sur le portail Follow Roussillon de valorisation des données et des résultats du projet (après-midi). En fonction de l'avancement des travaux dans les différentes tâches, les présentations ont été construites de manière à synthétiser les résultats les plus marquants, en indiquant systématiquement les références des livrables présentant en détail le travail réalisé.

Les supports des présentations qui ont été faites seront accessibles sur la page web du projet (<https://www.brgm.fr/fr/projet-cours/dem-eaux-roussillon>), ainsi que les enregistrements vidéo des sessions.

La première session du webinaire s'est intéressée à la « Caractérisation des usages de l'eau à l'échelle de la plaine du Roussillon », décrite au travers de 3 présentations :

- Demande en eau agricole et potable, que sait-on et que manque-t-il?
- Peut-on optimiser les usages par rapport aux ressources via un exercice de modélisation hydro-économique ?
- Intégration des connaissances scientifiques et techniques dans les processus de planification territoriale de la gestion de l'eau.

Cette session a permis de montrer l'état des lieux réalisé dans le cadre du projet sur les usages en eau pour l'agriculture (cartographie des surfaces irriguées, estimation des volumes

prélevés par type de ressource) et l'alimentation en eau potable. Pour ce dernier usage, des outils de caractérisation de la consommation par type d'abonnés ont été développés, mais ils n'ont pas pu être appliqués au territoire du fait de difficultés d'accès à la donnée de facturation. Un outil de prévision probabiliste de la consommation en eau potable a également été développé et un effort important de communication auprès des collectivités potentiellement intéressées a été consenti, sans pour autant réussir à établir une collaboration permettant le transfert vers un usage opérationnel. Face à ce constat, une discussion s'enclenche avec les participants sur l'intérêt de ce type de démarche d'où il ressort que certaines collectivités (par exemple le CD66) trouveraient intéressant de l'inclure dans les CCTP des délégataires, des lors que les territoires concernés sont suffisamment grands (échelle de l'Agglomération de Perpignan ou autres grands syndicats).

La présentation de l'exercice de modélisation hydro-économique a permis de solliciter les participants sur la question du choix des critères à privilégier pour l'optimisation des prélèvements AEP. Si l'intérêt de la démarche a été souligné par les participants, on constate que le choix des objectifs de gestion pour l'optimisation est délicat. En effet, ces critères doivent à la fois avoir un sens du point de vue des infrastructures d'approvisionnement en eau potable, du comportement de l'aquifère et de la capacité de l'algorithme d'optimisation hydro-économique à optimiser sur ces critères. Ainsi, il s'avère difficile de bien contraindre notamment la question des intrusions salines, que l'on peut décrire au travers de la position de la piézométrie simulée par le modèle entre Quaternaire et Pliocène (à intégrer dans l'approche), ou bien par rapport à une référence absolue (1 m sous le niveau de la mer) ou encore en fonction de sa distance à la côte, (paramètre susceptible d'évoluer dans le futur avec l'élévation du niveau de la mer). Une fois que la procédure d'optimisation donnera de bons résultats, l'impact de scénarios futurs pourra être exploré, et les résultats seront spatialisés. Dans le cadre du projet, un diagnostic des éventuelles vulnérabilités du schéma d'approvisionnement actuel sera réalisé face à différents scénarios d'évolution futurs (changement climatique, évolution de la demande), mais à infrastructure constante. À plus long terme, il serait intéressant de pouvoir jouer sur des solutions alternatives en termes d'infrastructures de distribution de l'eau (interconnexions, redimensionnement, etc.). Pour conclure, les participants font part de leur intérêt pour organiser un séminaire spécifique sur le travail de modélisation hydroéconomique.

La session s'est terminée par la restitution du travail d'analyse historique de la relation entre connaissances techniques et scientifiques et la planification territoriale de la gestion de la ressource. Des échanges ont lieu sur la perception des divergences entre connaissance et gestion qui peut être variable en fonction des personnes et de la période historique considérée. La présentation sur l'intégration des connaissances scientifiques dans les plans d'action a été entrecoupée par des questions en ligne (Wooclap). Cette animation a permis de vérifier si les résultats présentés étaient conformes ou non aux présupposés des participants. Globalement, il en ressort que les participants avaient en général des présupposés assez proches de ce que les enquêtes de terrains et l'analyse historique des documents réalisées avaient révélé. Ainsi, les divergences entre connaissances scientifiques sur la circulation des eaux entre la surface et les différents aquifères d'une part et leurs traductions dans les plans de gestion quantitative des nappes seraient dues (d'après les personnes ayant répondu) pour une bonne part à des difficultés cognitives (42 points en moyenne sur les 100 à répartir - 21 réponses), devant des contraintes pragmatiques (29 points) et sociopolitiques (27 points). Une personne mentionnant aussi la difficulté de revenir sur une décision. Les opinions des chercheurs et des gestionnaires sont quasi-identiques. Sur les risques d'intrusion saline, les facteurs cognitifs apparaissent plus importants (48 points sur les 100 - 20 réponses) pour expliquer les divergences entre connaissances et plans d'action. Le besoin de simplifier (pragmatisme) vient ensuite (27 points) devant une stratégie de prudence assumée (sociopolitique, 21 points). La variabilité des réponses au sein des deux publics (chercheurs & gestionnaires) a été importante.

Concernant les attentes des participants vis-à-vis de la communication des résultats du projet Dem'Eaux Roussillon, il apparaît que les techniciens, ingénieurs et agents des structures de gestion sont vus comme les cibles prioritaires de cette communication (47 points sur 100 – 20 réponses) devant les élus et représentants des usagers impliqués dans la gouvernance des dispositifs (37 points) et bien avant le grand public (16 points). 4 formats de porter à connaissance des résultats du projet se détachent : les outils illustratifs faciles à remobiliser (tableaux, schémas, cartographie (4.2/5 – 18 réponses) ; un document synthétique et pédagogique (4/5) ; des ateliers de travail avec les scientifiques (3.8/5) et le rapport scientifique complet (3.8/5).

La deuxième session du webinaire s'est intéressée aux « Interactions entre hydrosystèmes et dynamique littorale de la plaine du Roussillon », au travers de 3 présentations :

- Propagation du signal météo-marin dans l'aquifère côtier: vers une meilleure prise en compte de la mer dans la modélisation hydrodynamique souterraine ;
- Interactions entre transport solide et morphologie littorale en zone d'embouchure de la Têt, en conditions climatique variables / extrêmes ;
- Développement de nouveaux dispositifs de mesure et d'observation sur le littoral du Roussillon.

Cette session a permis de présenter l'état d'avancement des travaux réalisés sur les interactions potentielles entre dynamique littorale, fluviale et souterraine, sur l'influence des deux premières sur l'évolution morphologique du littoral et sur les outils développés pour leur suivi. La session débute par la présentation de la démarche de modélisation de l'influence du signal météo-marin (qui peut se traduire par l'apparition de vagues plus ou moins fortes et une élévation du niveau de la mer à la côte) sur l'intrusion potentielle d'eau de mer dans les aquifères. Ce signal est susceptible de modifier les processus que l'on considère classiquement pour caractériser la position de l'interface entre eau souterraine et eau de mer dans les aquifères (« biseau salé » essentiellement contrôlé par la différence de densité entre eau de mer et eau douce). Susceptible de s'exercer sur des profondeurs de plus de 50 m, ses impacts pourraient être observés dans les aquifères du Quaternaire, mais également du Pliocène. Après validation des hypothèses de travail sur la base des données piézométriques et géophysiques de l'observatoire Dem'Mer, un travail d'exploration des possibilités de couplage de l'approche de modélisation adoptée avec le modèle hydrodynamique sera entrepris d'ici la fin de l'année.

La présentation suivante ajoute à la prise en compte du signal météo-marin, la dynamique fluviale et de transport sédimentaire et son influence sur la morphologie de l'embouchure de la Têt. Les effets des différents épisodes de tempête survenus au cours des dernières années sont analysés en termes de quantification du transport sableux (estimation des flux plus fiables et plus précises, notamment pour la différenciation des sables en suspension et du sable charrié grâce au matériel installé dans le cadre du projet) vers l'embouchure et d'impact sur la morphologie du cours d'eau. Malgré les dégâts subis par le matériel d'observation lors des tempêtes (matériel remplacé), les données acquises sont valorisées via la thèse de doctorat de Florian Meslard, qui se concentre sur les processus ayant lieu sur la zone de l'embouchure de la Têt et en particulier sur la morphologie des barres sableuses d'embouchure. Ainsi l'impact de la tempête Gloria sur la morphodynamique de l'embouchure est décrit en mettant en évidence le rôle concomitant joué par les processus de crue et d'élévation du niveau de la mer sous l'effet de la tempête, sur le niveau d'eau du fleuve à l'amont de la flèche sableuse, qui finit par provoquer la rupture et l'expulsion de la barre sableuse en mer. L'ensemble de ces processus seront étudiés dans la suite de la thèse. Une discussion sur la nécessité d'automatiser l'envoi des données de MES, niveaux et de courantologie acquises sur la Têt et son embouchure s'en est suivie.

Les deux dernières présentations sont axées sur de nouveaux outils de surveillance qui ont été mis en œuvre pour mieux observer les processus complexes décrits dans la zone d'embouchure. Ainsi, l'installation d'un suivi vidéo par caméra placée sur un mat à proximité de l'embouchure permet de suivre en continu la morphodynamique de la zone d'embouchure, en appliquant une méthode de traitement/rectification des images obtenues. Grâce à ce matériel, les impacts des tempêtes peuvent désormais être suivis en direct et quantifiés en termes de modifications de la position des barres sableuses d'embouchure. Ce type de suivi morphologique pourra être valorisé dans le cadre des travaux de doctorat de Florian Meslard.

Enfin, les développements réalisés par YellowScan pour appliquer la technologie de télédétection par laser (LIDAR - mesure de distance utilisant un faisceau de lumière) à de la production de cartes de la bathymétrie sous une faible profondeur d'eau par acquisition aéroportée font l'objet de la dernière présentation. Le prototype développé pour cela dans le cadre du projet est présenté et le résultat des tests réalisés en laboratoire sont présentés. Des tests ont aussi été réalisées en milieu naturel, mais les résultats ne sont pas encore satisfaisants, la mesure étant passablement perturbée par la forte turbidité (canal du Rhône à Sète : présence de vase sur le fond) et par le vent (essai sur l'embouchure de la Têt). En conclusion, il apparaît que le prototype développé est prometteur, mais nécessite encore quelques améliorations, notamment pour réduire le bruit de mesure et le poids de l'instrument (4.5 kg actuellement, objectif 3 kg).

La troisième session du webinaire s'est intéressée à la « Caractérisation hydrogéologique de l'aquifère plio-quadernaire du Roussillon », décrite au travers de 3 présentations :

- Géométrie des formations quadernaires et pliocènes, à terre et en mer et modélisation géologique ;
- Relations entre canaux, nappes et rivières sur la Têt amont et implications sur la recharge de l'aquifère Plio-Quadernaire ;
- Modélisation hydrodynamique terre-mer de l'aquifère Plio-Quadernaire du Roussillon.

La session débute par la présentation des travaux ayant permis de décrire l'extension spatiale des unités sédimentaires dans lesquelles s'écoulent les eaux souterraines à terre et en mer. Sur la base d'un travail de terrain et de l'analyse des données lithologiques disponibles sur l'ensemble des forages de la plaine du Roussillon (et en particulier sur les forages carottés des observatoires Dem'Ter et Dem'Mer), les caractéristiques et les géométries des principaux types de sédiments observés ont été décrites et cartographiées. Leur extension en mer a été décrite par l'intermédiaire de l'interprétation des profils sismiques existants auxquels ont été ajoutés 47 nouveaux profils acquis dans le cadre du projet, correspondant à plus de 400 km d'investigations. Un travail de corrélation spatiale entre les données à terre et celles déduites des profils sismiques en mer a conduit à la construction d'un modèle géologique décrivant les géométries des formations du Quadernaire et du Pliocène, à terre et en mer. L'emprise de la modélisation géologique en mer est limitée à l'extension du prisme holocène qui constitue une couverture semi-perméable située au-dessus des formations du Quadernaire. Les surfaces du toit et des murs des principales formations ainsi que les descriptions conceptuelles des environnements de sédimentation déduits des analyses de terrain sont utilisées pour la modélisation de faciès réalisée dans le cadre de la thèse de doctorat de Valentin D'all Alba.

La session se poursuit par la présentation d'une synthèse des travaux de caractérisation hydrogéologique et géochimique du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quadernaire de la Plaine du Roussillon. Les résultats majeurs des travaux ayant valorisé les données de piézométrie (cartes piézométriques et de drainage), des caractéristiques hydrodynamiques (cartes de transmissivité, de perméabilité en 2D et 3D et d'emmagasinement) et des caractéristiques géochimiques des eaux analysées sur l'historique disponible et l'ensemble des formations aquifères à l'échelle de la plaine du Roussillon ont été

La quatrième et dernière session du webinaire s'est intéressée à la « Plateforme numérique de valorisation des résultats du projet », décrite au travers de 3 présentations :

- Présentation de la plateforme Follow Roussillon et de ces fonctionnalités ;
- Débat sur les perspectives d'utilisation sur le territoire ;
- Calendrier des actions à venir et clôture du webinaire.

Cette dernière session est dédiée à la présentation de l'outil de valorisation des données disponibles sur le territoire d'étude et des résultats du projet sur la plateforme dont le nom actuel est Follow Roussillon, accessible sur internet. Les différentes fonctionnalités de l'outil sont présentées et une démonstration est faite en direct. Le portail permet ainsi à ce jour de consulter et d'analyser vis-à-vis des seuils réglementaires les données de piézométrie des piézomètres surveillés par le Syndicat des Nappes (dont la bancarisation dans ADES sera réalisée automatiquement), de débit des rivières Agly, Têt, Réart et Tech (sur tout leur linéaire). Les données des observatoires Dem'Mer et Dem'Ter (consultables en temps réel) sont également visibles, de même que les données de niveau et de courantologie à l'embouchure de la Têt. Il est également possible d'accéder, et bientôt de télécharger, les couches d'information géographiques produites par le projet en termes de géologie, hydrogéologie, usages de l'eau et de visualiser les géométries des principales formations géologiques qui composent l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon, à terre et en mer. L'intégration d'autres données est également prévue d'ici la fin du projet parmi lesquelles il faudrait considérer les données sur les prélèvements qui est un point à rediscuter. La présentation se conclut par un débat sur l'intérêt de cette réalisation et sur les modalités de sa maintenance après la fin du projet. Au vu du montant du budget annuel prévisionnel annoncé par Synapse pour celle-ci, les participants s'accordent sur l'intérêt et la faisabilité d'assurer ce financement et il est convenu d'organiser une nouvelle réunion pour formaliser plus avant cette question (interlocuteur fonctionnel principal : Syndicat des Nappes ? ; contributions au financement (CD66 ? Agglo Perpignan ? Agence de l'Eau ? Région Occitanie ?).

La session se conclut par la présentation des principales actions à réaliser pour finaliser le travail dans les différentes tâches. Ceci passera par la finalisation de l'ensemble des livrables dont la plupart sont bien avancés et nécessitent une révision avant publication définitive. Les livrables seront mis à disposition sur la page web du projet et cette publication fera l'objet d'un message d'information auprès des participants au comité. Enfin, un certain nombre de réunions d'information sur l'avancement des travaux en cours seront organisés d'ici la fin de l'année pour permettre la meilleure appropriation possible de tout ce qui a été produit dans le cadre du projet (cf. synthèse des actions à engager).

Action à engager	Responsable	Délai
S'assurer que les prélèvements pris en compte dans les modèles hydrodynamiques sont cohérents avec la campagne de régularisation des ouvrages réalisé par le DDTM66.	SL, GN	Avril 2021
Mettre en place les briques informatiques nécessaires pour l'automatisation de la mise à disposition des données de MES, niveaux et courantologie acquises sur la Têt et son embouchure pour visualisation via Follow Roussillon	FB, JBR, YC	Mai 2021
Organiser une séminaire à destination des administrations, collectivités et Agence de l'Eau RMC pour présenter l'état d'avancement de Follow Roussillon et discuter des modalités de sa maintenance au-delà du projet	JBR, YC	Juin 2021

Identifier les collectivités intéressées pour l'inclusion des éléments méthodologiques de prévision probabiliste de la consommation en eau potable dans les cahiers des charges et collaborer avec elles	JDR	Septembre 2021
Organiser un séminaire d'avancement des travaux de modélisation hydrodynamique pour statuer sur la stratégie de simulation de l'intrusion d'eau de mer dans les aquifères	SL, YC, GN, HT	Septembre 2021
Organiser un séminaire d'avancement sur la démarche et les résultats de la modélisation hydro économique avec les acteurs du territoire	NN, YC	Septembre 2021
Finaliser la production des livrables en cours et les publier sur la page web du projet	Responsables de livrables ; YC	Fin 2021
Organiser le dernier comité de suivi du projet	YC	Fin 2021/ Début 2022

Liste participants à une ou plusieurs sessions du webinaire :

Nom et affiliation

Sébastien Delmas CD66
 Evelyne Lacombe AERMC
 Jean Bertrand CA66
 Julien Le Guern SMIGATA
 Magali Marimon Synd. Tech
 Balouin Yann BRGM
 Blum Ariane BRGM
 Caballero Yvan BRGM
 Coline Herveux (Stagiaire BRGM)
 Dewandel Benoit BRGM
 Cedric Duvail Fugro Geoter
 Emmanuel Balloffet DREAL
 Eric VOQUE
 Frédéric Bouchette GM
 Fleury Perrine BRGM
 Floriane LE MOING - SMTBV
 François Bourrin CEFREM
 Grégoire Nadal SMNPR
 Gilles Henry GM
 Hichem Tachrift SMNPR
 Dominique Darmendrail BRGM
 Jean-Baptiste Raynaud SYNAPSE
 Jean-Michel Clerc Transfert LR
 Johanna Lofi GM
 Nicolas Brillouet KLOE
 Mélanie Marmonier SMBVR
 Magali Marimon Synd. Tech
 Laura Seguin INRAE

Nom et affiliation

Ladouche Bernard BRGM
 Lanini Sandra BRGM
 Lasseur Eric BRGM
 Laurène Marien
 Laurent Brun GM
 Laurent Cadilhac AERMC
 LAY-SON Meiling Reg. Occ.
 Le Ber, Ewan (Dr.)
 Marechal Jean-Christophe BRGM
 Marielle Montginoul INRAE
 Martine Assens CD66
 Meslard Florian CEFREM
 METIVIER Thomas DDMT66
 Muriel Geeraert GM
 Neverre Noemie BRGM
 Octavian Dobricean SYNAPSE
 patrice Garin INRAE
 Provence Lanzellotti animatrice ObsCat
 SENAILLE Christelle PMM
 Serge Berné CEFREM
 Tom Nebel (stagiaire BRGM)
 François Carnus BRLi
 Juliette Nozières
 Philippe Renard CHYN UNINE
 Valentin D'all Alba CHYN UNINE
 M./Mme. Blot CC Aspres
 Magali Trilla CD66
 Coralie Miguel SMBVA

Réf. : BRGM/DEPA/NRE/YC/2021/C109

le 16 septembre 2021

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : DEPA/NRE
Projet : DEMEAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 14 septembre 2021	Lieu: Perpignan (présentiel + Visio)
Objet : Séminaire d'avancement 2021 du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants :	
<u>Présentiel</u> : Serge Berne (UPVD) ; Jean Bertrand (CA66) ; Thiery Besson (CD66) ; Evelyne Lacombe (AERMC) ; Thomas Leduc (DDTM66) ; Floriane Lemoing (SMTBV) ; Christelle Schwarshaupt (PMMCU) ; Jean-Baptiste Raynaud & Octavian Dobricean (SYNAPSE Informatique) ; Grégoire Nadal & Hichem Tachrift (SM66) ; Ariane Blum & Yvan Caballero (BRGM)	
Distanciel : (non exhaustif) : Julien Le Guern (SMIGATA) ; Sylvie Robert & Gerard Vilarem (DRARI Occitanie) ; Perrine Fleury, Bernard Ladouche, Sandra Lanini & Noémie Neverre (BRGM) ; Johanna Lofi (GM) ; Denis Neyens (IMAGEAU) ; Marielle Montginoul (INRAE) ; Sébastien Chazot (BRLi) ; Ludovic Schorpp & Philippe Renard (CHYNE)	
Diffusion externe : Liste de diffusion des résultats du projet Dem'Eaux Roussillon	
En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Ce séminaire d'avancement a été proposé pour partager, avec les financeurs et les personnes qui suivent le projet, l'état d'avancement des principales actions mises en œuvre au cours de l'année 2021.

Il a débuté par la présentation du travail de modélisation hydrodynamique, qui en est au stade de la calibration du modèle construit sous l'outil de modélisation MARTHE (Thiery and Amraoui, 2001¹) du BRGM, en régime permanent (situation statique correspondante aux basses eaux 2012 et hautes eaux 2013) et sur l'emprise terre-mer. Les conditions et les limites du travail de calage réalisé ont été présentées. Les conditions d'alimentation du modèle au niveau des calcaires dévoniens proches de Thuir et du canal de Corbère ont été discutées (alimentation en provenance du canal de Corbère, en cours de cuvelage, stockée dans les calcaires dévoniens et qui met en charge le Pliocène dans le secteur). La question de l'actualisation des données de prélèvement agricole et pour l'alimentation en eau potable a également été discutée. Le SMNPR doit envoyer une version la plus à jour possible de ces données d'ici début octobre pour permettre de lancer les calibrations du modèle en régime transitoire (dynamique). Le SMNPR demande également si les flux de recharge entre cours d'eau (Canterrane) et Pliocène peuvent être estimés, ce qui n'est pas fait à ce stade. La période de modélisation visée pour cette calibration serait comprise entre 2012 et 2020. IL est

¹ Thiéry, D., Amraoui, N., (2001), Hydrological modelling of the Saone basin sensitivity to the soil model, Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 26, Issues 5–6, 467-472, [https://doi.org/10.1016/S1464-1909\(01\)00036-3](https://doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00036-3).

convenu d'échanger avec le SMTBV pour voir la possibilité d'utiliser leurs données sur les débits des canaux pour une meilleure prise en compte de ceux-ci dans le modèle. Une analyse de l'influence de la prise en compte du forçage météo-marin (gradient de salinité, tension radiale et effet des vagues sur la côte / wave-setup) sur la modélisation hydrodynamique a été réalisé. Cette analyse montre que la prise en compte de la tension radiale est nécessaire au vu de sa forte influence en zone côtière sur la piézométrie simulée. Les prochaines étapes du travail restant ont été présentées et n'ont pas soulevé de commentaire particulier.

Le séminaire s'est poursuivi par la présentation du travail ayant permis la construction d'un prototype d'outil d'optimisation de l'approvisionnement en eau potable. La première phase de ce travail a consisté à mettre en place un modèle d'optimisation capable de relier les besoins et les usages de l'eau pour l'AEP avec une ressource en eau souterraine disponible, définie d'après les Volumes Prélevables établis pour les aquifères Quaternaire et Pliocène de la plaine du Roussillon. En intégrant des contraintes d'utilisation de la ressource, à l'échelle des Unités de Gestion de l'Eau qui pompent au niveau de 154 ouvrages sur la plaine, il est maintenant possible d'évaluer la possibilité de satisfaire la demande pour l'AEP. Cet outil permet donc d'explorer la capacité du territoire à faire face à des scénarios futurs d'évolution de la demande en fonction d'une ressource en eau disponible définie, qui peut également évoluer. La deuxième phase de ce travail consiste à relier cet outil d'optimisation à un modèle hydrodynamique de façon à prendre en compte la ressource disponible de manière dynamique et l'impact de l'évolution des prélèvements sur la ressource. Différents objectifs de gestion peuvent alors être recherchés, tant sur le plan de la satisfaction des besoins que sur le plan de l'évolution de l'état quantitatif et/ou qualitatif de la ressource en eau souterraine. Un exemple avec trois objectifs de gestion à optimiser est présenté qui illustre la manière dont l'outil pourrait être utilisé, en phase opérationnelle. Suite à la présentation il a été acté d'organiser une réunion de travail dédiée au fonctionnement des outils présentés pour tester l'outil de phase 1 avec des scénarios réalistes et définir des objectifs de gestion partagés pour l'outil de phase 2.

La dernière partie du séminaire était dédiée à la présentation de la plateforme Follow Roussillon, développée pour concentrer les données associées à la ressource en eau sur le territoire de la plaine du Roussillon et des bassins versants qui l'alimentent. Les données (existantes et produites dans le cadre du projet) et les fonctionnalités disponibles sur l'outil et son interface cartographique ont été présentées rapidement. Si l'intérêt de la plateforme pour partager l'information lors de réunions type comité sécheresse a été souligné par l'ensemble des acteurs et utilisateurs potentiels (CD66, PMM, Syndicats, Chambre d'Agriculture notamment), il manque encore quelques fonctionnalités attendues par les gestionnaires qui doivent faire être mises en priorité d'ici la fin du projet. La question du devenir de la plateforme une fois le projet terminé a été discutée, sur la base d'un phasage en deux étapes (période transitoire → mi-2023 de prise en main et période post 2023 d'utilisation en routine). Il ressort de la discussion que la possibilité de pouvoir mobiliser le financement nécessaire est assujettie à l'expression officielle de l'intérêt des gestionnaires de la ressource (Syndicats mixtes) du territoire pour l'utilisation de la plateforme. Il est également proposé de présenter la plateforme dans le cadre d'un comité sécheresse, comme un moyen de partager l'information nécessaire à la décision plus efficacement. Les syndicats se proposent de questionner leurs instances de décision politique sur ce sujet, une fois que la plateforme aura intégré les dernières fonctionnalités attendues (exports ADES ; barrages notamment). Dans l'intervalle, une note de synthèse contenant une description technique des opérations envisagées et une estimation du financement nécessaire pour la période transitoire sera diffusée auprès des financeurs. D'ici là, l'ensemble des utilisateurs potentiels sont invités à explorer la plateforme en envoyant au préalable un mail à Synapse afin de disposer d'un code d'accès individuel. Enfin, il est proposé d'organiser une session de formation à l'utilisation de la plateforme dans le courant

du dernier trimestre 2021, aux différents gestionnaires de la ressource et ouverte à toute personne intéressée.

Pour terminer, le format à adopter pour le dernier comité de suivi du projet en décembre 2021 est discuté. Il est convenu de l'organiser sur une journée, avec une présentation de synthèse sur l'ensemble des résultats du projet, tournée grand public et de dédier l'après-midi à des présentations techniques sur les sujets évoqués lors du présent séminaire, ainsi que sur les plateformes Dem'Mer et Dem'Ter et les dernières opérations qui y ont été réalisées (essais de pompage, reprise du forage DM5 et observatoires hydrogéophysiques). Un communiqué de presse sera préparé pour l'occasion et il sera envisagé d'organiser une visite sur le terrain à destination des élus.

Action à engager	Responsable	Délai
Diffuser une note de synthèse sur le contenu technique et la justification financière de l'action de maintenance de la plateforme Follow Roussillon sur la période transitoire	YC, JBR	Fin septembre 2021
Intégrer dans le modèle hydrodynamique les prélèvements agricoles et AEP les plus à jour possible (en intégrant la démarche de régularisation entreprise par la DDTM66).	GN, SL	Octobre 2021
Organiser un séminaire d'avancement des travaux de modélisation hydro-économique	NN, YC	Octobre-Novembre 2021
Organiser une session de formation à l'utilisation de la plateforme Follow Roussillon ouverte à toute personne intéressée	JBR, YC	Octobre-Novembre 2021
Finaliser la production des livrables en cours et les publier sur la page web du projet	Responsables de livrables ; YC	Fin 2021
Organiser le dernier comité de suivi du projet et les actions de communication	YC	Semaine du 13 au 19 décembre 2021

Réf. : BRGM/DEPA/NRE/YC/2022/C001

le 11 janvier 2022

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Y. Caballero	Entité : DEPA/NRE
Projet : DEMEAUX-Roussillon	Numéro : RP15LRO004
Date : 14 décembre 2021	Lieu: Perpignan (présentiel + Visio)
Objet : Réunion Finale du COSUI du projet Dem'Eaux Roussillon	
Participants : <u>Présentiel</u> : Martine Assens, Mélanie Marmonier & Thierry Beisson (CD66) ; Thierry Blot (Communauté Commune des Aspres) ; Jean-Michel Clerc (Transfert LR) ; Evelyne Lacombe (AERMC) ; Thomas Leduc (DDTM66) ; Floriane Lemoing (SMTBV) ; Florent Meslard (CEFREM) ; Christelle Schwarshaupt & Céline Farjon-Herviou (PMMCU) ; Grégoire Nadal & Hichem Tachrift (SMNPR) ; Philippe Pezard (GM) ; Ariane Blum, Perrine Fleury, Jean-Christophe Maréchal & Yvan Caballero (BRGM) Distanciel : (non exhaustif) : Serge Berne (CEFREM) ; Nicolas Brillouet (KLOE) ; Sébastien Chazot (BRLi) ; Cédric Duvail (FUGRO GEOTER) ; Sandrine Jaffard (Canal Corbère) ; Sandra Lanini, Noémie Neverre, Benoît Dewandel & Bernard Ladouche, (BRGM) ; Marielle Montginoul (INRAE) ; Christelle Plagnes (SMBVR) ; Jean-Baptiste Raynaud (SYNAPSE Informatique) ; Philippe Renard (CHYNE) ; Gerard Vilarem (DRARI Occitanie)	
Diffusion externe : Liste de diffusion des résultats du projet Dem'Eaux Roussillon En cas de diffusion externe visa et nom du responsable : A. Blum	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Cette réunion était la dernière qui aura été organisée dans le cadre contractuel du projet Dem'Eaux Roussillon puisque la date de fin du projet est fixée au 31/12/2021. Organisée dans un cadre sanitaire contraint, nous avons choisi de la faire tenir sur un temps réduit pour faciliter le suivi en visioconférence. Les sujets abordés ont permis de présenter des synthèses des principales tâches du projet et de parler de certains travaux qui n'avaient pas été évoqués lors des deux réunions précédentes (organisées le 11 mars et le 14 septembre 2021) ou qui ont évolué depuis. Dans la mesure du possible, des recommandations générales ont été proposées au terme des présentations, qui auront vocation à être détaillées dans le rapport de synthèse qui sera publié d'ici la fin janvier 2022.

La réunion a débuté par une synthèse de travaux sur la demande en eau potable et agricole déclinés dans les objectifs de Préciser les liens entre Etudes/Outils et Gestion/Planification ; Connaître, prévoir et gérer la consommation en eau potable ; Identifier finement les usages agricoles et les liens irrigations/nappes et Evaluer les externalités (coûts et bénéfiques) de l'irrigation gravitaire. Les résultats présentés ont permis de documenter les liens entre production de connaissance et planification de la ressource en eau sur la plaine du Roussillon ; proposer un outil d'estimation probabiliste de la demande en eau potable actuelle, assortie de la possibilité d'explorer des scénarios futurs ; décrire de manière spatialisée et fine les surfaces irriguées et les ressources sollicitées au cours de l'année 2016 à partir d'imagerie

satellitaire et en déduire les besoins en eau agricole à l'échelle de la plaine ; proposer une estimation du bilan des flux entre canaux, nappe et cours d'eau sur le secteur de la Têt en amont de Perpignan ; illustrer par une méthode d'évaluation des coûts évités en termes de production d'eau potable à partir de l'eau souterraine, l'intérêt d'évaluer les externalités liées à l'irrigation sur la plaine du Roussillon.

La session suivante a permis de présenter les travaux sur les questions d'interactions entre transport solide, morphologie littorale et forçages météo-marins en zone d'embouchure de la Têt. Le rôle des crues/tempêtes et de la flèche sableuse située à l'embouchure de la Têt sur le transport de sable a pu être décrit grâce à l'instrumentation réalisée dans le cadre du projet et dont la maintenance sera et mérite d'être assurée dans les années à venir. Les avancées du développement du prototype de matériel d'acquisition bathymétrique par LIDAR aéroporté (drone) de YellowScan ont été également présentées. Le « profiler » est aujourd'hui fonctionnel sur des bathymétries de l'ordre du mètre, même s'il doit préférentiellement être utilisé de nuit pour éviter la perturbation solaire. Enfin, la session se termine par la présentation des travaux sur les relations entre forçages météo-marins et hydrodynamique côtière. Une démarche de calcul de l'influence des augmentations de charge hydraulique associées aux vagues et tempêtes sur le comportement hydrodynamique des aquifères en situation côtière a été mise en place. Elle a permis de tester la sensibilité d'un système aquifère côtier à des scénarios de forçage météo-marin en fonction de différentes configurations géométriques et hydrauliques du système. Ceci a permis de mettre en évidence la nécessité de prendre en compte l'influence des forçages météo-marins dans la modélisation hydrodynamique en régime transitoire d'un aquifère côtier, car elle peut influencer de manière non négligeable la piézométrie dans les aquifères côtiers et ce, assez loin dans les terres et y compris pour des aquifères profonds.

Au cours de la session suivante, une synthèse des principaux résultats des travaux de caractérisation géologique a été présentée. Ces travaux ont ainsi permis de détailler les caractéristiques et les géométries des formations sédimentaires du Pliocène, d'améliorer les corrélations entre les forages et de les étendre au domaine marin. Ces informations ont été ensuite utilisées pour construire un modèle géologique qui décrit l'épaisseur et l'extension des formations du Quaternaire et du Pliocène, à terre et sous la mer sur plus de 30 km. Ce modèle géologique a été intégré à la plateforme d'hébergement des modèles du BRGM (ce qui lui assure une pérennité et la possibilité d'être interrogé via une Interface de Programmation – API SCUDD) et est également valorisé via la plateforme Follow Roussillon, sous la forme de cartes de profondeur interrogeables de la base des différentes formations. Ces travaux seront prolongés dans la cadre de la thèse de doctorat GM/BRGM/Région Occitanie (ARCHI-ROUSS) de Teddy Witteman qui a démarré en septembre 2021.

Puis, la session suivante a permis de synthétiser les travaux réalisés autour des observatoires hydrogéophysiques et des acquisitions en forage, avec un focus sur l'observatoire Dem'Mer. Un travail important de calibration des mesures de résistivité IMAGEAU pour leur traduction en termes de conductivité de l'eau a été conduit, qui a nécessité de mobiliser de multiples techniques d'acquisition en forage dont l'innovante technique de Résonance Magnétique Protonique (RMP) déployée par GM. L'estimation de la porosité et de la perméabilité en forage des formations ont ainsi pu être réalisées ce qui a permis le calcul de profils de conductivité du fluide poral à échelle décimétrique. Les données acquises sur les observatoires Dem'Ter et sont consultables et téléchargeables sur la plateforme Follow Roussillon. Elles seront utilisées et valorisées dans le cadre d'une thèse de doctorat dont le financement par GM, le BRGM et la Région Occitanie est en cours de consolidation.

La matinée s'est terminée par une synthèse des connaissances acquises au cours du projet sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère du Plio-Quaternaire du Roussillon. Les

résultats des essais de pompage sur le site Dem'Ter et des analyses géochimiques de datation des eaux réalisées tout au long du projet ont été présentés. L'interprétation de l'essai de pompage a mis en évidence la connexion hydraulique forte entre la Canterrane et les formations du Pliocène Continental (PC) et entre ces derniers et le Pliocène Marin Sableux (PMS), via des flux de drainage verticale. Ces processus ont été confirmés par les analyses géochimiques, qui ont de plus permis de déterminer des âges apparents de l'ordre de 30 à 50 ans pour les eaux pompées dans le PC et PMS respectivement, sur le site Dem'Ter. Les analyses géochimiques ont également permis de fournir des âges apparents de l'ordre de 7 000 à 12 000 ans pour les eaux du PC, pour les eaux pompées sur le site Dem'Mer. L'ensemble de ces informations permettent de caractériser l'anisotropie des dynamiques d'écoulement au sein de l'ensemble du système, avec une dynamique d'infiltration verticale au droit des zones de recharge du système (cours d'eau, canaux,..) d'ordre pluri-décennale et une dynamique d'écoulement latéral au sein du système d'ordre déca-millénaire.

Les séances de l'après-midi ont démarré par la présentation de l'avancement au terme du projet des travaux de modélisation hydrodynamique de l'aquifère de la plaine du Roussillon. Un modèle maillé à 5 couches aquifères (1 Quat, 3 PC et 1 PMS) séparées par des couches semi-perméables (sauf au sein du PC) a ainsi été construit sur la base de la modélisation géologique terre-mer réalisée dans le cadre du projet (modèle MartROUSS, version6). Les différentes conditions aux limites du système, ainsi que les zones et les flux de recharge et la localisation et l'importance des prélèvements par pompage ont été définies, pour permettre d'obtenir des performances de simulation satisfaisantes de la piézométrie dans le Quaternaire et le Pliocène, en régime permanent (par comparaison à la carte piézométrique d'août 2012). Sur cette base, un bilan des flux à l'échelle de l'ensemble du système est proposé, qui par rapport aux bilans disponibles jusqu'alors, met en avant le rôle prépondérant en termes d'apport des canaux et des cours d'eau et de caractériser l'importance des flux de drainage verticale dans l'équilibre du système. Les adaptations nécessaires au passage en régime transitoire (évolution des charges simulées au cours du temps) ont été réalisées (définition de l'emmagasinement des différentes couches aquifères du modèle, choix des piézomètres de contrôle, établissement des chroniques de recharge par la pluie efficace et les canaux et des chroniques de prélèvement par pompage, incluant, à partir de 2018, les informations apportées par la régularisation des forages réalisée par la DDTM. Les premiers résultats de simulation ne sont pas satisfaisants, notamment en termes d'amplitude de variation saisonnière et nécessiteront des travaux complémentaires pour consolider la modélisation. Ils seront entrepris aussi rapidement que possible, dès l'obtention de nouveaux financements/projets, que nous recherchons déjà activement.

Au cours de la session suivante, la démarche d'analyse automatisée des consommations en eau potable à partir des fichiers de facturation, qui n'a pu être menée avec les données du territoire faute d'avoir pu les récupérer auprès des délégataires de Perpignan Méditerranée Métropole, a été illustrée en utilisant des données d'autres territoires. Un code informatique produit sous le langage R de catégorisation systématique des mots-clés que l'on peut trouver sur les factures d'eau permet à présent de produire des indicateurs statistiques de la consommation en eau d'un territoire, comme les valeurs moyennes, médianes et les écarts-types par commune ou par type d'abonné (par exemple particulier ou entreprise). Ces indicateurs peuvent être classés ou faire l'objet d'analyses fréquentielles ou de tendances, dont les résultats peuvent être affichés sous forme de courbes, diagrammes de type « boîte à moustaches » ou de cartes. Les résultats obtenus peuvent être exportés pour d'autres traitements, mais également sous la forme de rapports au format prédéterminé (bulletin d'information par exemple). La chaîne de traitement est aujourd'hui opérationnelle et pourrait être appliquée sur le territoire du Roussillon, sous réserve d'accéder aux données de facturation.

La session suivante était dédiée à la présentation des travaux de construction d'un prototype d'outil d'optimisation économique de l'approvisionnement en eau potable de la Plaine du Roussillon, par rapport aux ressources disponibles. Cet outil a pour objectif de proposer un moyen de modélisation permettant de diagnostiquer s'il sera possible ou non de satisfaire les besoins en AEP à l'horizon 2050, en respectant les contraintes de disponibilité des ressources (Volumes Prélevables), en optimisant la mobilisation des ressources disponibles à l'échelle de l'ensemble du territoire de la plaine du Roussillon, à schéma d'infrastructure hydraulique existant. Un important travail de caractérisation des schémas d'approvisionnement en eau (demandes à satisfaire, ressources mobilisables pour satisfaire ces demandes, interconnexions, contraintes sur les capacités de production - techniques, réglementaires et de gestion) et de constitution des bases de données nécessaires, a permis la construction d'un modèle d'optimisation de l'approvisionnement. Ce modèle permet de minimiser une fonction-objectif, en cherchant à satisfaire au mieux les besoins en eau en fonction des ressources disponibles, tout en privilégiant les modes de production les moins coûteux. Une fois construit et sa performance vérifiée au temps présent, l'outil a été utilisé pour simuler différents scénarios à horizon 2050. Ces scénarios permettent d'explorer des situations futures différentes, tant sur le plan des besoins en eau (évolution de la demande en eau & des rendements des réseaux) que sur celui de la ressource disponible (évolution des volumes prélevables). Le modèle permet entre autres d'obtenir, à l'échelle d'« unités ressources-besoins » homogènes (communes, groupes de communes, ou sous-parties de communes), des cartes présentant les taux de défaillance de l'approvisionnement en eau, par exemple en été, à l'horizon 2050. Ce type d'outil pourrait être utilisé de manière opérationnelle pour des analyses de prospective, ou la recherche de stratégies d'adaptation au changement climatique, sous réserve d'avoir des données d'entrée de suffisamment bonne qualité.

La séance de l'après-midi se termine par une présentation des fonctionnalités disponibles au sein de la plateforme Follow Roussillon. Celle-ci constitue à la fois : une plateforme de visualisation, interrogation et téléchargement des données disponibles librement, ou acquises dans le cadre du projet et qui intéressent la gestion de l'eau sur la plaine du Roussillon et une interface de valorisation des résultats du projet Dem'Eaux Roussillon. Elle est opérationnelle et ouverte aux utilisateurs et/ou gestionnaires du territoire de la Plaine du Roussillon, pour qui elle a vocation à devenir un outil de pilotage et gestion de la ressource en eau. Elle contient aussi bien des données historiques (chroniques de données) que des données cartographiques thématiques (cartes piézométriques ou de profondeur des formations ou de types de cultures). Sous réserve d'assurer financièrement sa maintenance future (contractualisation en bonne voie), elle sera progressivement complétée sur quelques points particuliers (données des barrages en temps réel, prélèvements, cartes d'éléments chimiques d'intérêt (Nitrates, ...), pour lesquels des données ont été produites dans le cadre du projet, qui n'ont pas encore été implémentées sur la plateforme.

La journée se termine par la présentation d'éléments contractuels concernant le projet, dont les productions seront toutes accessibles sur le [site web](#) du projet, d'ici la fin du mois de janvier 2022. Un rapport de synthèse présentant les principaux résultats obtenus dans les différents volets du projet sera produit avant fin mars 2022, assorti des recommandations que cette synthèse permettra de proposer, ainsi que d'une note précisant le devenir des différents postes (Forages carottés et destructifs, sondes de résistivité IMAGEAU et de température KLOE installées dans les forages carottés, matériel de suivi de transport sédimentaire sur la Têt et hydrodynamique à son embouchure et infrastructure informatique pour la plateforme Follow Roussillon) ayant fait l'objet de subventions pour investissement dans le cadre du CPER. Il est également annoncé la production d'un film de 5' sur le projet qui sera réalisé dans le courant du 1^{er} semestre 2022. Enfin, la réunion est close en rappelant qu'il sera possible de présenter de manière synthétique les résultats du projet devant les instances (Comité Sécheresse, CLE, Conseils Syndicaux) qui le souhaiteront, de manière à partager le plus

largement possible le niveau de connaissance sur les processus, auquel le projet a permis d'arriver.



FIGURE 1: PHOTO DE LA SALLE OU S'EST TENUE LA REUNION, DANS LE RESPECT DES GESTES BARRIÈRES ET EN VISIO-CONFÉRENCE SIMULTANÉE.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Occitanie
1039 rue de Pinville
34000 – Montpellier – France
Tél. : 04 67 15 79 62