

MandaTerre

Evaluation des besoins en eau d'irrigation dans la Broye

Rapport final – Janvier 2011

MandaTerre sàrl
Av. des Sports 48 - 1400 Yverdon
Tél. 024 423 44 89 - Fax 024 423 44 90
E-Mail mandaterre@prometerre.ch
www.prometerre.ch

Mandant Service du développement territorial du canton de Vaud (SDT)

Auteurs Jan Philipp Robra, ing. env. EPFL
Joseph Mastrullo, ing. agr. EPFZ

Contact MandaTerre: Joseph Mastrullo

Table des matières

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Introduction | 4 |
| 2. | Périmètre d'étude | 6 |
| 3. | Méthode et données recensées | 6 |
| 4. | Résultats..... | 7 |
| 4.1. | Périmètres irrigués et infrastructures..... | 7 |
| 4.2. | Besoins actuels recensés | 9 |
| 4.3. | Besoins actuels extrapolés..... | 15 |
| 4.4. | Besoins futurs | 18 |
| 4.5. | Récapitulation et comparaison des besoins..... | 22 |
| 4.6. | Comparaison entre les besoins et les débits en amont de Payerne..... | 25 |
| 5. | Préoccupations des agriculteurs et solutions proposées | 31 |
| 6. | Conclusion | 32 |
| 7. | Bibliographie | 34 |

1. Introduction

Dans un environnement changeant et subissant les effets des changements climatiques dus au réchauffement de la planète – modifications de température et du régime hydrologique – l'agriculture devra faire face à de nouveaux défis. Les scénarios annoncés par les scientifiques prévoient une réduction des précipitations de l'ordre de 20% et une augmentation des températures pouvant atteindre 5°C durant les mois d'été, alors que durant les mois d'hiver les précipitations augmenteraient de l'ordre de 10% (données du site de l'OFEV pour l'horizon 2050). Une des possibilités pour maintenir le niveau de production végétale en Suisse serait de compléter l'apport en eau faisant défaut durant la période estivale par irrigation. Actuellement déjà, l'irrigation est pratiquée pour garantir des rendements corrects en cas de déficit hydrique, mais aussi pour satisfaire certaines exigences qualitatives imposées par l'industrie, comme dans le cas de la production de frites par exemple.

Un bilan sur les besoins en irrigation au niveau national a été effectué par la station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) - Fuhrer & Jasper (2009), Fuhrer (2010). Selon les calculs de Fuhrer & Jasper (2009), environ 275'000 hectares de terres arables peuvent se trouver en situation de déficit hydrique tous les trois ans et nécessiter un recours à l'irrigation pour éviter des pertes de récolte de plus de 20%.

Une grande partie de l'eau destinée à l'irrigation est prélevée dans les eaux superficielles, principalement pour une question d'accessibilité, mais aussi pour éviter des chocs thermiques aux plantes. La concurrence avec les autres utilisations de l'eau et le maintien d'un débit minimal résiduel pour assurer les diverses fonctions des cours d'eau (p.ex. habitat pour la faune et la flore aquatique, couloir à faune, structuration du paysage, ou dégradation de polluants) peuvent alors conduire à des situations critiques voire conflictuelles.

L'association « Broye – Source de vie » s'est constituée en octobre 2009 dans le but d'œuvrer en faveur d'une renaturation de la Broye et de l'irrigation de la plaine agricole en réunissant l'ensemble des acteurs concernés, à savoir les associations de protection de la nature, de pêcheurs, de chasseurs, les syndicats d'arrosage et représentants du milieu agricole, les organisations professionnelles et entreprises privées, les communes vaudoises et fribourgeoises, ainsi que les organismes de promotion économique. Les demandes répétées de cette association auprès des autorités cantonales ont conduit au déblocage de fonds pour lancer des études prospectives visant à définir le cahier de charges d'une étude préliminaire de renaturation. Ces études prospectives incluent un ensemble de 6 volets complémentaires :

- Etude hydraulique et morphologique de la Broye
- Recherche historique sur la Broye et sa plaine
- Besoins en eau pour l'agriculture
- Potentiel de développement d'un réseau écologique dans la plaine
- Ecosystèmes aquatiques
- Etablissement d'un plan de contraintes

Le Service du développement territorial du canton de Vaud (SDT), en charge du volet agricole, a ainsi mandaté MandaTerre pour la réalisation de cette étude. Outre une meilleure gestion des ressources en eau, les résultats de ce travail peuvent également contribuer à nourrir les réflexions en matière d'aides publiques à l'investissement pour les infrastructures d'irrigation.

L'objectif principal de la présente étude est de déterminer, par enquête auprès des utilisateurs, les besoins actuels en eau d'irrigation pour l'agriculture dans la Broye et les périmètres concernés. Sur la base des données actuelles, l'étude doit également tenter d'esquisser la situation future, en tenant compte des évolutions climatiques probables et des études menées par ART.

2. Périmètre d'étude

La Broye est un cours d'eau de 79 km de long prenant sa source dans les Préalpes fribourgeoises et se jetant dans le lac de Morat. Son bassin versant complet couvre une superficie d'environ 850 km² qui s'ouvre, dans sa partie aval, sur une grande plaine principalement vouée à l'agriculture intensive. Alors que le lit est entièrement ou presque naturel depuis la source vers Semsales (FR) jusqu'à Moudon (VD), la partie en aval de Moudon a été entièrement rectifiée et canalisée sur plus de 40 km pendant les grands travaux de correction des eaux du Jura au début du 20^{ème} siècle, dans le but de lutter contre les inondations et gagner de nouvelles terres cultivables. La Broye compte divers affluents, notamment la Bressonne, la Lembe (ou Lembaz) et la Petite Glâne en rive gauche, ainsi que l'Arbogne en rive droite.

Cette étude prend en compte les eaux d'irrigation prélevées dans la Broye et ses principaux affluents. Le périmètre d'étude défini avec le Service du développement territorial se limite essentiellement à la plaine de la Broye, dans laquelle se concentrent les surfaces irriguées. Il s'étend pour la Broye de l'embouchure de la Bressonne jusqu'au lac de Morat. Le cours de la Petite Glâne a été pris en compte depuis les Moulins de Glâne jusqu'à sa confluence avec la Broye. Pour l'Arbogne, nous avons considéré la section située dans la plaine de la Broye, soit approximativement depuis Montagny jusqu'à son embouchure dans la Broye.

Des prélèvements d'eau ayant aussi été relevés dans la Bressonne et la Lembe, ces deux cours d'eau ont été inclus de façon partielle dans cette étude et débordent donc le périmètre initial. Par ailleurs, quelques données collectées concernent des prélèvements d'eau réalisés en dehors du bassin versant de la Broye (communes fribourgeoises de Bas-Vully, Haut-Vully et Autigny).

3. Méthode et données recensées

Les données de ce rapport proviennent pour la plupart de l'enquête par questionnaire menée directement auprès des agriculteurs irriguant dans le périmètre d'étude (voir annexe 1). Les personnes à contacter ont été identifiées à partir des données relatives aux concessions d'utilisation de l'eau (cf. art. 29, LEaux) obtenues auprès des services compétents des cantons de Vaud – Service des eaux, sols et assainissement (SESA) – et de Fribourg – Section des lacs et cours d'eau (SLC) du Service des ponts et chaussées (SPC). Les bénéficiaires des concessions ont été contactés afin de connaître les utilisateurs réels. Les communes sont en effet souvent détentrices de la concession et en délèguent la gestion à un syndicat qui répartit ensuite ce droit d'eau entre ses membres.

Le questionnaire comprend deux parties : la première concerne les infrastructures en place ou projetées ainsi que les évolutions futures au niveau des cultures et des équipements ; la deuxième concerne la situation actuelle et recense les données détaillées culture par culture, à savoir surfaces, fréquences d'irrigation, quantités d'eau utilisées, périodes pendant lesquelles les cultures sont irriguées, etc. Les périmètres irrigués et les lieux de prélèvement habituels de l'eau ont également été inventoriés. De plus, quelques questions ont permis de recenser les préoccupations principales, les facteurs limitants pour l'irrigation et les stratégies d'adaptation ou de gestion envisagées par les agriculteurs interrogés. Les réponses au questionnaire ont été saisies dans une base de données pour

permettre leur analyse et mise en valeur. Une représentation cartographique à l'échelle communale permet finalement de visualiser les communes du bassin versant avec les besoins en eau d'irrigation les plus élevés.

La liste d'adresses compilée pour cette étude n'est probablement pas exhaustive. Par ailleurs, une partie des agriculteurs contactés n'a pas répondu, en dépit de plusieurs relances (il est vrai que l'enquête a été réalisée en pleine période de moissons). Sur les 162 questionnaires envoyés, 115 retours ont pu être comptabilisés après rappel par courrier et appel téléphonique pour certains, soit un taux de retour de 71%. Pour les communes avec peu ou pas de retours, une vérification a été faite auprès des préposés agricoles. A défaut d'indications, certaines surfaces ont été estimées sur plan en tenant compte des obstacles routiers et ferroviaires.

De manière à ne pas sous-estimer les besoins réels, diverses valeurs ont été calculées : les besoins actuels recensés sur la base des réponses au questionnaire uniquement, les besoins actuels extrapolés qui incluent également les indications complémentaires fournies par les préposés agricoles quant aux surfaces effectivement irriguées dans les communes étudiées, et les besoins potentiels futurs, qui intègrent certaines hypothèses climatiques et les besoins déterminés par ART.

S'agissant des besoins actuels recensés, les quantités d'eau ont été sommées pour chaque commune en prenant la commune du centre d'exploitation comme référence, étant donné que le recensement a été effectué par culture et non pas par parcelle. Pour les communes incluses dans le périmètre d'études pour lesquelles aucune réponse au questionnaire n'a été reçue. La distance entre les diverses parcelles et le centre d'exploitation d'un même agriculteur est en général relativement faible et dépasse rarement la ou les communes voisines. De plus, vu le nombre de communes, les erreurs induites par cette façon de procéder devraient s'équilibrer et rester relativement modestes.

En outre, des vérifications ont dû être effectuées pour un bon tiers des 115 questionnaires retournés, notamment pour préciser les quantités annuelles d'eau utilisées pour les différentes cultures qui n'étaient pas toujours clairement indiquées.

4. Résultats

4.1. Périmètres irrigués et infrastructures

La carte qui suit (figure 1) montre le périmètre d'étude, les communes pour lesquelles au moins une réponse a été reçue, les surfaces indiquées comme irriguées par les personnes ayant répondu au questionnaire, les emplacements habituels des prises d'eau le long des cours d'eau et les éventuelles conduites enterrées. Y figurent aussi le bassin versant de la Broye, les différents cours d'eau, ainsi que les limites cantonales et communales. Sur cette carte, les prélèvements sont ponctuels, alors que dans les faits, les pompes mobiles ont des emplacements non définis et peuvent de ce fait être mises en place le long du cours d'eau sur un secteur autorisé, conformément à la concession.

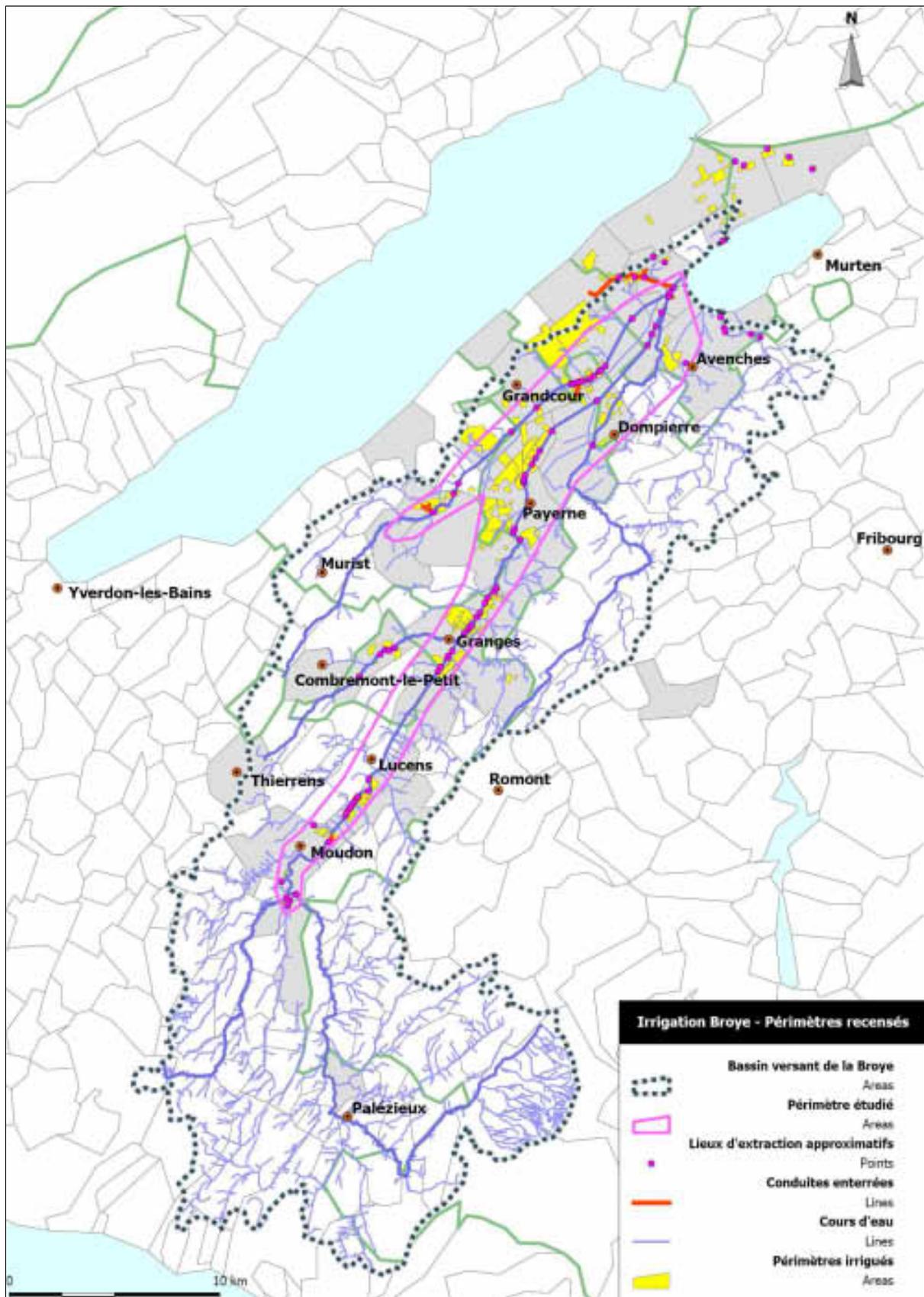


Figure 1 : Carte du périmètre étudié et du bassin versant de la Broye, ainsi que les infrastructures et surfaces relevées ; en gris les communes pour lesquelles au moins une réponse au questionnaire a été enregistrée.

4.2. Besoins actuels recensés

Besoins par culture

Les besoins actuels recensés comportent uniquement les données indiquées par les agriculteurs ayant répondu au questionnaire. Parfois, les surfaces et cultures irriguées étaient indiquées, mais sans précision des quantités d'eau utilisées. Le cas échéant, une valeur a été calculée sur la base de l'ensemble des données recensées (cf. valeur estimée, annexe 2). Les détails des besoins et surfaces recensées par cultures se trouvent dans les annexes 2 et 5.

Tableau 1 : Besoins annuels en eau d'irrigation des différentes cultures (besoins actuels recensés)

| CULTURE | Surface [ha] | [m3/an] | [m3/(ha*an)] |
|-----------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| Pommes de terre | 344 | 304590 | 885 |
| Maïs | 159 | 96530 | 607 |
| Tabac | 150 | 93430 | 623 |
| Betteraves sucrières | 104 | 53440 | 514 |
| Légumes plein champs | 47 | 39780 | 846 |
| Maraîchage/Horticulture sous abri | 12 | 53250 | 4438 |
| Betterave fourragère | 5 | 1450 | 290 |
| Herbe | 9 | 2300 | 256 |
| Arbres fruitiers | 2 | 2000 | 1000 |
| Céréales | 11 | 3300 | 300 |
| Colza | 2 | 300 | 150 |
| Luzerne | 4 | 200 | 50 |
| Plants de pommes de terre | 2 | 500 | 250 |
| Semis fourrager | 6 | 2000 | 333 |
| Tournesol | 3 | 1800 | 600 |
| Total/moyenne | 860 | 654870 | 761 |

Sur l'ensemble du périmètre étudié, les besoins recensés couvrent une surface de 860 hectares et représentent un volume annuel d'environ 655'000 m³.

En terme de **surfaces**, les cultures pour lesquelles les agriculteurs ont recours à l'irrigation sont principalement (dans l'ordre décroissant des surfaces recensées) : les pommes de terre (344 ha), le maïs (159 ha), le tabac (150 ha), les betteraves sucrières (104 ha) et les légumes de plein champs ou sous abri (47 ha et 12 ha). Pour toutes les autres cultures, les surfaces sont inférieures à 10 ha, y compris l'arboriculture, peu représentée dans la Broye. Au total, les cultures sarclées représentent 88% des surfaces irriguées.

La Figure 2 illustre les besoins relatifs annuels en eau par culture. La pomme de terre représente plus de 46% des besoins, suivie par le maïs et le tabac (près de 15% chacun), les betteraves sucrières (plus de 8%), le maraîchage et l'horticulture sous abri (plus de 8% aussi) et la culture de légumes en plein champs (6%). Les autres cultures sont pour ainsi dire négligeables, puisqu'elles ne représentent qu'environ 2% des besoins.

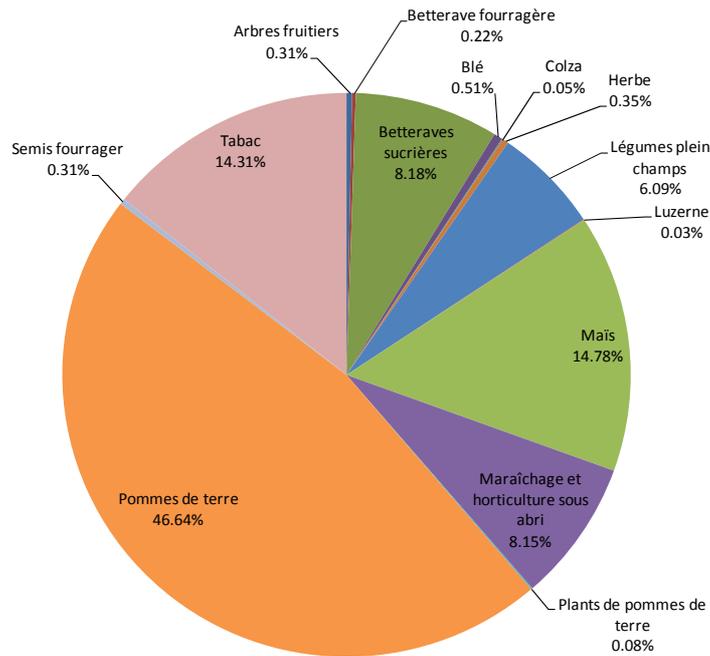


Figure 2 : Part des différentes cultures dans les besoins en eau d'irrigation totaux (besoins actuels recensés)

Même si le territoire de nombreuses communes déborde largement les limites du périmètre d'étude, une comparaison entre les surfaces de cultures annoncées lors du recensement 2009 et les irriguées a été réalisée. Il en ressort que près de 70% des légumes de plein champ, 60% des cultures de pommes de terre et 48% des cultures de tabac sont irriguées. Pour la betterave à sucre et le maïs, la proportion tombe à environ 7-8% (annexe 6).

Nous avons demandé aux agriculteurs quelles cultures ils souhaiteraient irriguer, et sur quelle surface, s'il n'y avait aucun facteur limitant (quantité d'eau disponible, infrastructure, moyens financiers). Les valeurs indiquées sont assez proches des cultures et des surfaces actuellement irriguées. D'après les réponses, les agriculteurs souhaiteraient irriguer 134 ha de plus (+15.6%), notamment le maïs (+ 52 ha), la pomme de terre (+ 18 ha), les légumes de plein champ (+ 16 ha) et les betteraves sucrières (+13 ha), les autres cultures représentant entre 2 et 7 ha. Pour le tabac en revanche, la surface souhaitée est inférieure à la surface irriguée (-50 ha).

Si l'on se réfère aux périmètres irrigués, 30 agriculteurs souhaiteraient augmenter la surface (+ 238 ha).

Les **besoins annuels par culture et par ha** du tableau 1 est une estimation simple basée sur les surfaces et besoins totaux recensés. Des données plus précises sur les quantités moyennes et maximales utilisées pour chaque culture figurent dans l'annexe 2. Pour l'ensemble des surfaces recensées et toutes cultures confondues, les besoins annuels moyens sont de 761 m³/ha*an. Déduction faite des cultures sous abri, les besoins annuels moyens sont de 710 m³/ha*an. Ces valeurs correspondent aux quantités d'eau moyennes utilisées par les agriculteurs. Compte tenu du fait que la quantité d'eau disponible est le principal facteur limitant pour près de deux agriculteurs sur trois, il n'est pas exclu que les besoins moyens des cultures soient en réalité plus élevés.

Le tableau de l'annexe 2 montre que l'utilisation d'eau par hectare et par année pour les différentes cultures peut être très variable selon les agriculteurs, notamment si l'on compare les valeurs

moyennes et maximales. Pour le maraîchage et l'horticulture sous abri, par exemple, la consommation varie entre 1'500 à 30'000 m³/ha*an environ, soit d'un facteur 20. Des écarts relativement importants sont également enregistrés pour la pomme de terre, le tabac et les légumes de plein champ.

Pour le bassin versant de la Broye et pour les années 1980 à 2006, la dernière étude réalisée par ART (Fuhrer 2010) évalue les besoins *moyens* des surfaces affichant un déficit hydrique à environ 300 m³/ha pour les terres arables (de 0 à 750 m³/ha environ selon l'année) et 800 m³/ha pour les prairies (de 450 à 1'550 m³/ha selon l'année). Pour l'ensemble des surfaces agricoles (terres arables et prairies), les besoins théoriques se situeraient en moyenne à environ 400 m³/ha (de 200 à 800 m³/ha selon l'année). Comme l'indique l'amplitude des résultats, les besoins en irrigation varient fortement selon les années d'observation, les valeurs les plus élevées correspondant à l'année 2003.

En outre, l'étude ne comprend que deux catégories de cultures et ne considère pas si les terrains sont effectivement irrigables ou non (pente). Le périmètre et les cultures prises en compte ne sont donc pas les mêmes que pour notre enquête. Enfin, les résultats de l'étude d'ART reposent sur l'hypothèse que la gestion de l'irrigation est optimale (apport d'eau en fonction de l'humidité du sol) et qu'ainsi l'efficacité de l'irrigation est de 100 % (aucune perte technique). Dans la pratique, une telle efficacité n'existe que rarement. L'auteur de l'étude estime que l'efficacité de l'irrigation par aspersion se situe entre 50 et 70 % (à l'exception de l'irrigation par goutte à goutte) en fonction de la technique d'irrigation utilisée.

Compte tenu de ce qui précède, les besoins moyens par ha ressortant de notre enquête ne sont pas très éloignés des valeurs calculées par ART.

Besoins par commune et par ressource

Les données détaillées relatives aux besoins recensés par commune avec mention de la source figurent dans les annexes 3 à 5.

La Figure 3 montre que les valeurs varient beaucoup entre commune, y compris dans un même secteur. Les besoins des communes de Payerne et de Corcelles-près-Payerne, par exemple, diffèrent d'un facteur 100, alors que ces communes ont une topographie et un profil de cultures similaires. Cette différence s'explique par le nombre de questionnaires reçus en retour pour ces deux communes, à savoir 14 pour Payerne et seulement 2 pour Corcelles-près-Payerne (cf. dernière colonne de l'annexe 3).

Les informations récoltées ont aussi permis d'attribuer les besoins aux différentes sources disponibles, à savoir les cours d'eau, les étangs, les sources, les puits, les lacs et les divers réseaux d'eau des communes (Tableau 2).

Tableau 2 : besoins recensés par source d'eau, sont indiqués les surfaces irriguées en hectares et les besoins en m³/an.

| Source (besoins recensés) | Moy. [m3/an] | Max. [m3/an] | Moy. [ha/an] |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Total Broye | 354570 | | 510.5 |
| Broye (amont Lembe) | 48180 | 58180 | - |
| Broye (Lembe-Payerne) | 243450 | 262900 | - |
| Broye (Payerne-Lac) | 62940 | 72370 | - |
| Petite Glâne | 188700 | | 203.0 |
| Réseau communal | 34100 | 42400 | 21.3 |
| Puits/Source | 24300 | | 5.3 |
| Lac | 12340 | 18280 | 29.0 |
| Glâne | 11650 | 17400 | 15.5 |
| Arbogne | 8000 | 16000 | 17.0 |
| Etang artificiel/naturel | 5580 | | 12.0 |
| Etang artificiel | 5100 | | 7.0 |
| Lembe (ou Lembaz) | 4680 | 6720 | 17.0 |
| Inconnues (prob. réseau communal) | 4000 | 8000 | 3.8 |
| Canal de la Broye | 1300 | | 2.7 |
| Riau Gresin (affluent de la Broye) | 300 | 600 | 1.0 |
| Bressonne | 250 | | 0.1 |

Les deux principales sources d'eau pour l'irrigation sont la Broye au milieu de la plaine et la Petite Glâne plus au nord. Ces cours d'eau couvrent environ 83% des besoins en eau recensés dans la zone d'étude, respectivement un peu plus de 84% des surfaces irriguées. Avec environ 13'000 m³/an, les prélèvements réalisés dans les cours d'eau situés en dehors du bassin versant de la Broye (Glâne et Canal de la Broye) représentent moins de 2% des besoins totaux recensés.

Il est intéressant de noter que les réseaux communaux sont le 3^{ème} fournisseur en eau pour l'irrigation, ceci principalement à cause de la grande consommation d'eau des cultures maraîchères. En effet, ces cultures nécessitent une eau de qualité irréprochable, les denrées produites étant directement destinées à la consommation humaine. Quelques surfaces de pommes de terre sont aussi irriguées à partir de réseaux communaux (annexe 5).

L'analyse des différents secteurs sur la Broye indique que l'essentiel des besoins recensés se trouvent sur la partie de la Broye comprise entre l'embouchure de la Lembe et Payerne, principalement en raison des besoins très importants recensés pour la commune de Payerne – un peu moins de 143'000 [m3/an] – qui représentent plus de la moitié des presque 250'000 [m3/an]. Précisons que ces valeurs se basent uniquement sur les données des questionnaires retournés et sont de ce fait inférieures à l'utilisation réelle. Il n'est malheureusement pas possible de lier avec précision les besoins extrapolés présentés au chapitre suivant à une source définie (et encore moins les besoins futurs), la ressource étant mentionnée par les agriculteurs et liée à la culture.

Systèmes d'irrigation

Le tableau 3 indique le nombre d'occurrences des divers systèmes utilisés pour l'irrigation des cultures recensées.

Tableau 3 : Systèmes d'irrigation recensés

| Système | Nombre |
|------------------------------------|---------------|
| Aspersion (Canon) | 133 |
| Rampe d'arrosage | 9 |
| Micro-irrigation (goutte-à-goutte) | 7 |
| Gravitaire | 1 |

Le système d'aspersion avec un canon est de loin le système le plus répandu. Les autres systèmes sont réservés à l'irrigation des cultures maraîchères et horticoles sous abri (micro-irrigation et gravitaire) ou aux légumes de plein champ (rampe d'arrosage).

Une cinquantaine d'agriculteurs disposent d'un système de conduites souterraines pour acheminer l'eau, le plus souvent pour une partie de leurs surfaces et conjointement à un système temporaire.

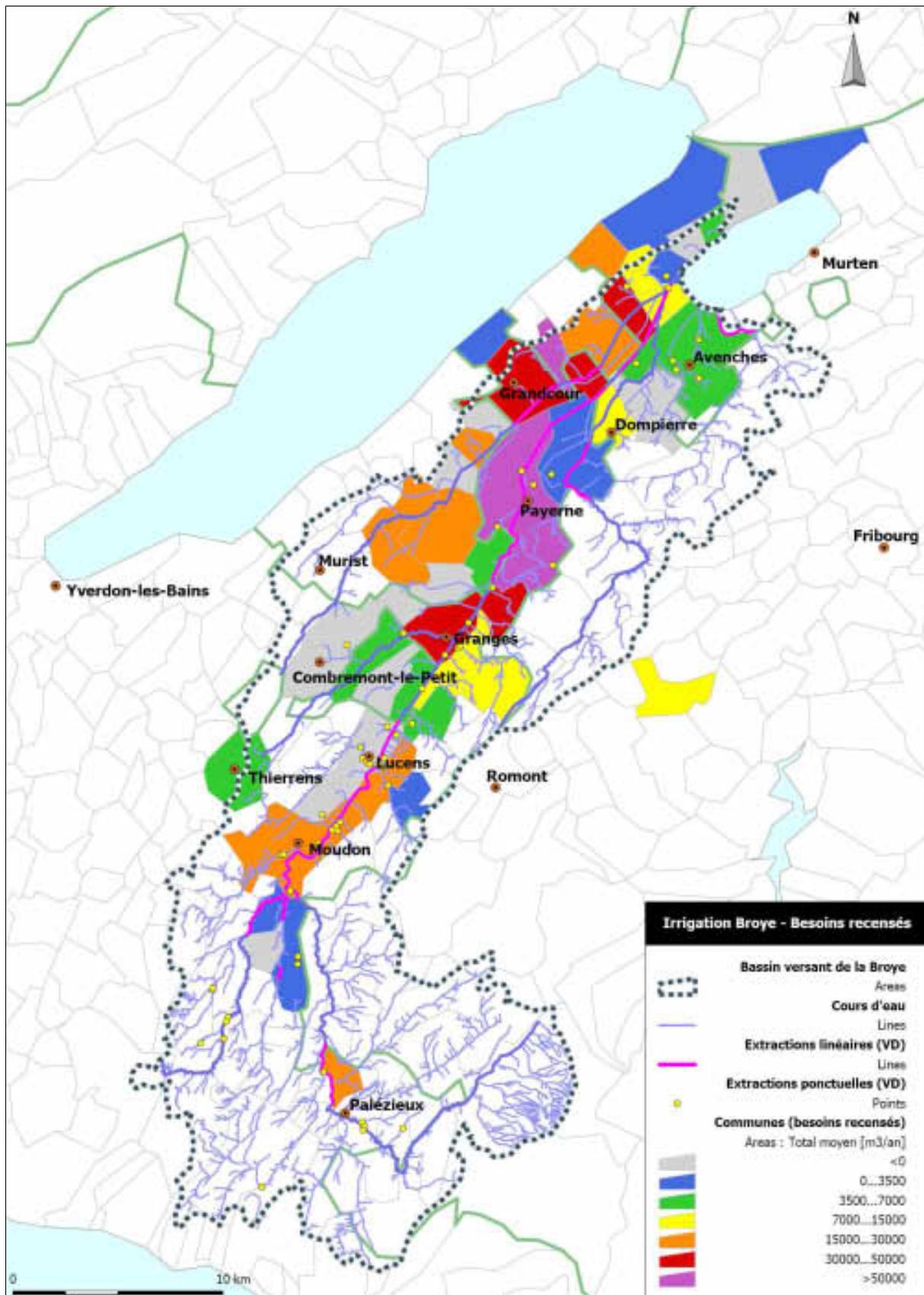


Figure 3 : Carte des besoins recensés pour chaque commune, indépendamment des sources d'eau, les lieux d'extraction définis sur cette carte proviennent de la base de données GESREAU du SESA.

4.3. Besoins actuels extrapolés

Afin de déterminer de manière plus exhaustive les besoins actuels, les surfaces indiquées par les agriculteurs ont été vérifiées et complétées au besoin par des préposés agricoles ou estimées sur plan. Les besoins des surfaces complémentaires ont ensuite été calculés proportionnellement aux besoins recensés dans les différentes communes.

Dans les quelques cas où seul un maraîcher avait répondu au questionnaire, les besoins pris en compte ont été revus à la baisse pour tenir compte des besoins plus restreints des autres cultures (un facteur d'au moins 10 sépare les besoins des cultures sous abri des autres types de cultures). Une récapitulation des besoins et surfaces ainsi extrapolés pour chaque commune, avec mention de la source des informations supplémentaires se trouve à l'annexe 7.

Avec un volume annuel de 1'134'400 m³ et une surface irriguée de 1'377 hectares, les besoins actuels extrapolés sont supérieurs d'environ 60%, en termes de surface, et de 73%, en termes de volume, aux besoins actuels recensés par questionnaire. Les disparités entre communes voisines, particulièrement entre Payerne et Corcelles-près-Payerne, ont ainsi pu être corrigées, ce qu'illustre la carte de la Figure 4 (même échelle que la carte des besoins recensés). Toutes cultures confondues, les besoins annuels moyens extrapolés sont de 824 m³/ha*an, soit 63 m³/ha*an de plus que la valeur moyenne des besoins annuels recensés. Cette différence est due aux opérations d'extrapolation et explique l'augmentation relative plus importante des volumes par rapport aux surfaces.

En partant des besoins annuels par ha des différentes cultures indiqués au tableau 1, les 1'158'200 m³ permettraient de couvrir les besoins annuels de la totalité de la surface de pomme de terre (577 ha), de légumes de plein champ (75 ha), et de cultures sous abri (12 ha) indiqués dans l'annexe 6, ainsi que 50% de la surface de tabac (157 ha), 20% de la surface de maïs (415 ha) et 20% de la surface de betteraves sucrières (322 ha), soit 1557 ha au total.

A titre de comparaison, la surface totale des périmètres irrigués indiqués sur la figure 1 atteint 2'654 ha. Ces périmètres ne correspondent pas à la surface irriguée, mais représentent les zones où se trouvent les *cultures* irriguées annoncées par les agriculteurs. En considérant uniquement les 11 plus grands périmètres (plus de 50 ha), la surface des périmètres dépasse de 1'101 ha la surface effective des cultures actuellement irriguées dans ces mêmes périmètres.

Ainsi, les données extrapolées paraissent être un assez bon reflet de la réalité. En effet, les préposés disposent d'une bonne connaissance du terrain et leurs informations peuvent de ce fait être qualifiées de fiables. De plus, les besoins complémentaires ont été déterminés sur la base des données recensées sur la commune en question et prennent ainsi en compte les spécificités locales, comme les cultures majoritaires sur la commune. **Ce sont donc plutôt les valeurs extrapolées qui doivent être prises en compte pour l'évaluation des besoins actuels en eau d'irrigation.**

Bien que les ressources soient liées aux cultures et ne sont pas connues directement pour les besoins extrapolés, nous avons estimé les sources d'eau des besoins extrapolés en pondérant, à l'échelle communale, les sources d'eau des besoins moyens recensés (tableau 4).

Tableau 4 : besoins moyens extrapolé par source d'eau

| Source (besoins extrapolés) | Moy. [m3/an] |
|------------------------------------|--------------|
| Total Broye | 640900 |
| Broye (amont Lembe) | 92175 |
| Broye (Lembe-Payerne) | 293611 |
| Broye (Payerne-Lac) | 255117 |
| Petite Glâne | 242000 |
| Réseau communal | 75950 |
| Puits/Source | 24570 |
| Lac | 15120 |
| Glâne | 15100 |
| Arbogne | 11800 |
| Etang artificiel/naturel | 11240 |
| Etang artificiel | 16550 |
| Lembe (ou Lembaz) | 5500 |
| Inconnues (prob. réseau communal) | 6990 |
| Canal de la Broye | 43360 |
| Riau Gresin (affluent de la Broye) | 320 |
| Bressonne | 25000 |

Avec un volume total de 925'523 m³/an, la Broye et ses affluents constituent 81.6% des besoins extrapolés. Sous l'influence, entre autres, de la forte augmentation des besoins de Corcelles-près-Payerne¹, les besoins du tronçon à l'aval de Payerne passent de 62'940 m³/an (9.6% des besoins recensés) à 255'117 m³/an (22.5% des besoins extrapolés).

¹ Les besoins extrapolés de Corcelles-près-Payerne ont été attribués entièrement à la Broye, par analogie aux données recensées. En réalité, des prélèvements sont également réalisés dans l'Arbogne et dans le réseau. Selon une estimation grossière, les prélèvements sont réalisés pour 30% dans la Broye, 30% dans l'Arbogne et 40% au puits de la Vernaz.

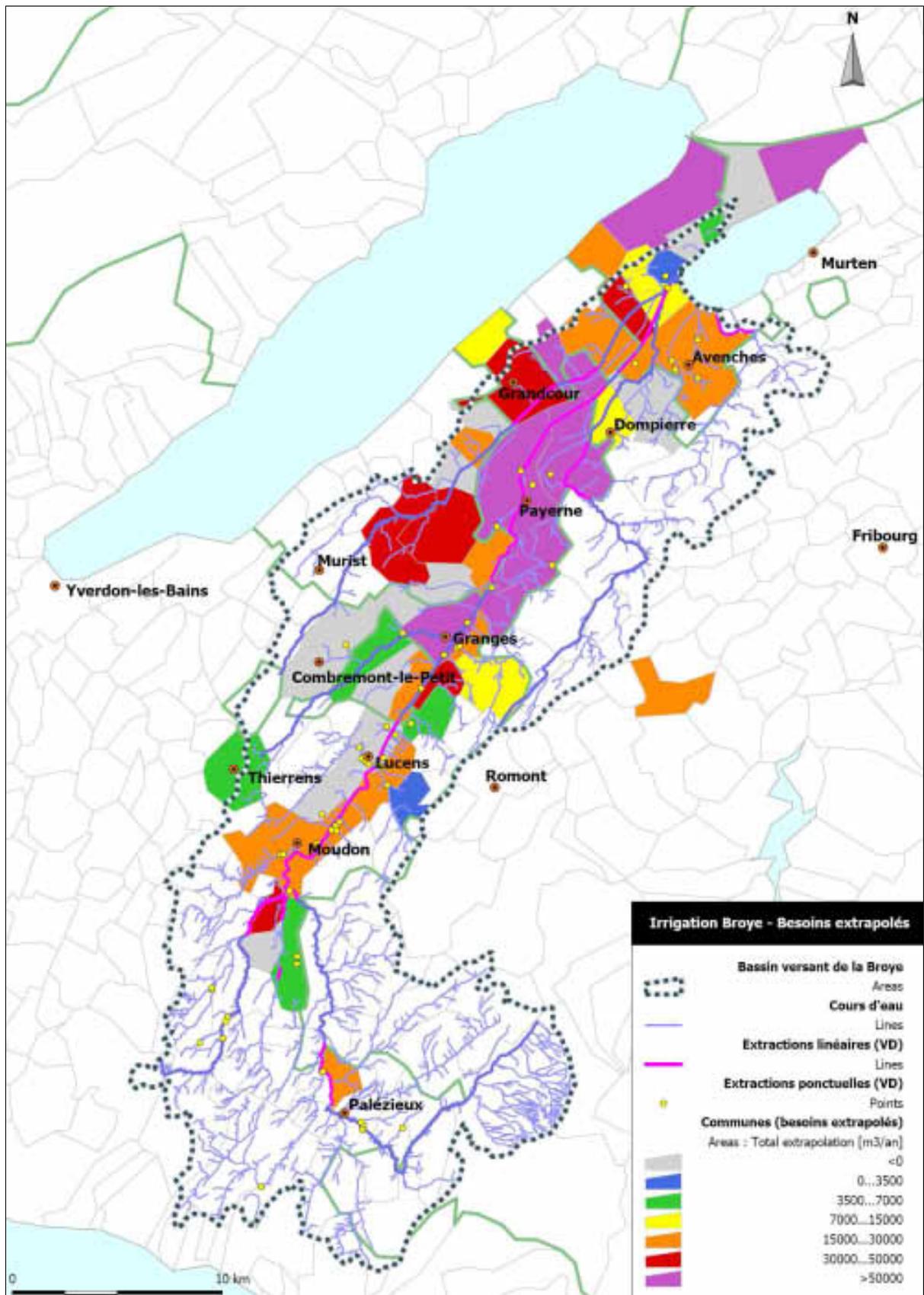


Figure 4 : Carte des besoins actuels extrapolés en [m³/an] ; les lieux d'extraction proviennent de la base de données GESREAU du SESA

4.4. Besoins futurs

Besoins futurs selon les réponses des agriculteurs

Nous avons demandé aux agriculteurs qu'elles sont les autres cultures qu'ils prévoient d'irriguer à un horizon de 10 à 15 ans ou, au contraire, qu'elles sont les cultures dont l'irrigation seraient diminuées ou abandonnées. Le tableau ci-dessous recense les réponses des agriculteurs.

Tableau 5 : Evolution des cultures et des surfaces irriguées à un horizon de 10 à 15 ans selon les réponses au questionnaire

| Cultures | Augmentation des besoins | | Diminution des besoins | |
|----------------------------|--------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| | Occurrences | Surface (ha) | Occurrences | Surface (ha) |
| Arbres fruitiers | 1 | 0 | | |
| Betteraves sucrières | 9 | 55 | 1 | 8 |
| Blé | 5 | 45 | | |
| Herbe | 3 | 30 | | |
| Légumes plein champs | 7 | 52 | | |
| Luzerne | 1 | 6 | | |
| Maïs | 8 | 52 | | |
| Maraîchage/hort. sous abri | 2 | 1 | | |
| Pommes de terre | 8 | 41 | 5 | 25 |
| Semis fourrager | 2 | 5 | | |
| Tabac | 1 | | | |
| Total | 47 | 287 | 6 | 33 |

Une cinquantaine d'agriculteurs ont une idée de l'évolution probable de l'irrigation sur leur exploitation. Le bilan représente une augmentation des surfaces irriguées de 254 ha, soit une augmentation de l'ordre de 30% par rapport à la surface irriguée recensée (860 ha). En sus des cultures traditionnellement irriguées (sarclées et légumes), une dizaine d'agriculteurs envisagent d'irriguer davantage de blé ou de prairies. Il est difficile de dire si ces besoins futurs incluent ou non les surfaces supplémentaires souhaitées dans l'immédiat si la ressource ou l'infrastructure n'était pas limitant.

S'agissant des périmètres irrigués, 29 agriculteurs prévoient d'agrandir leur périmètre pour une surface supplémentaire totale de 282 ha, soit une augmentation d'environ 10% par rapport à la surface des périmètres recensés (45 agriculteurs envisagent d'irriguer sur le même périmètre).

Ces chiffres, surtout les valeurs absolues, doivent être pris avec précaution. Pour rappel, un tiers des agriculteurs n'ont pas répondu au questionnaire. En outre, plus de la moitié des agriculteurs n'ont pas pu donner de réponse quant aux évolutions futures d'ici 10 à 15 ans. Il ressort de leurs commentaires que les incertitudes liées aux évolutions de la politique agricole et des prix du marché font que la réflexion se limite généralement à la durée d'une période de rotation, soit à un horizon de 3 à 4 ans.

Besoins futurs potentiels

Les prévisions climatiques pour la Suisse font état d'une diminution des précipitations estivales – c'est-à-dire durant la période de végétation – de l'ordre de 20%, d'une augmentation des températures d'environ 5°C, d'une augmentation de la fréquence des événements extrêmes et de la durée moyenne des sécheresses. Le déficit hydrique dont souffrent déjà certaines cultures à l'heure actuelle sera de ce fait encore accru. En effet, des températures plus élevées augmentent l'évapotranspiration des plantes et donc leurs besoins en eau, et ces besoins ne seront plus aussi bien couverts par les précipitations naturelles, ce qui devrait augmenter les besoins en eau d'irrigation si l'on souhaite maintenir les rendements actuels.

Afin d'intégrer ces perspectives dans une évaluation des besoins futurs en eau d'irrigation, un scénario incluant l'ensemble des surfaces potentiellement irrigables avec des besoins majorés de 25% a été évalué pour l'ensemble des communes.

Dans ce scénario, une surface a été considérée comme potentiellement irrigable, si elle est non boisée, au plus à une cinquantaine de mètres au dessus du niveau de l'eau et à topographie plane, étant donné que les terrains en pente ne se prêtent pas à l'irrigation par aspersion telle que pratiquée dans la plaine de la Broye. Les obstacles constitués par les routes à fort trafic ou les infrastructures ferroviaires, qui actuellement sont rarement franchis avec des installations temporaires (pompes mobiles et tuyaux posés en surface), n'ont pas été pris en compte dans ce scénario. En effet, la création d'un réseau de distribution enterré pourrait très bien passer outre ces barrières et permettre l'irrigation des terrains situés de l'autre côté. Les surfaces répondant à ces critères ont été mesurées sur plan et la surface totale déterminée pour chaque commune. Si possible, cette valeur de surface a été discutée avec le préposé agricole.

Vu qu'il est difficile de prévoir quelles cultures seront cultivées dans un avenir lointain et dans quelles proportions, une consommation moyenne d'eau par hectare et par année a été calculée pour la situation actuelle et majorée de 25%. Ainsi, les besoins annuels par hectare pris en compte pour la situation future passent de 800 à 1'000 m³.

Comme pour les deux calculs précédents (données recensés et extrapolés), les besoins ont été déterminés pour chaque commune et représentés sur une carte (Figure 5). Les valeurs obtenues étant largement supérieures aux valeurs précédentes, principalement à cause de l'augmentation considérable des surfaces, l'échelle a été modifiée afin de rendre cette carte plus lisible. En effet, la valeur maximale des besoins futurs passe de près de 150'000 à 700'000 m³/an pour la seule commune de Payerne.

Pour l'ensemble des communes étudiées, cela représente des besoins en eau d'irrigation de 7'640'000 m³/an, pour une surface potentiellement irrigable de 7'640 hectares. Selon le recensement 2009 des communes concernées, cette surface correspond à la totalité de la surface de sarclées de printemps et de cultures spéciales (environ 5'000 ha) et à 40% de la surface de céréales et de colza (6'250 ha). L'ensemble des résultats pour chaque commune se trouve à l'annexe 8, qui inclut aussi des remarques concernant la détermination des surfaces potentielles (source des informations, éventuels commentaires du préposé).

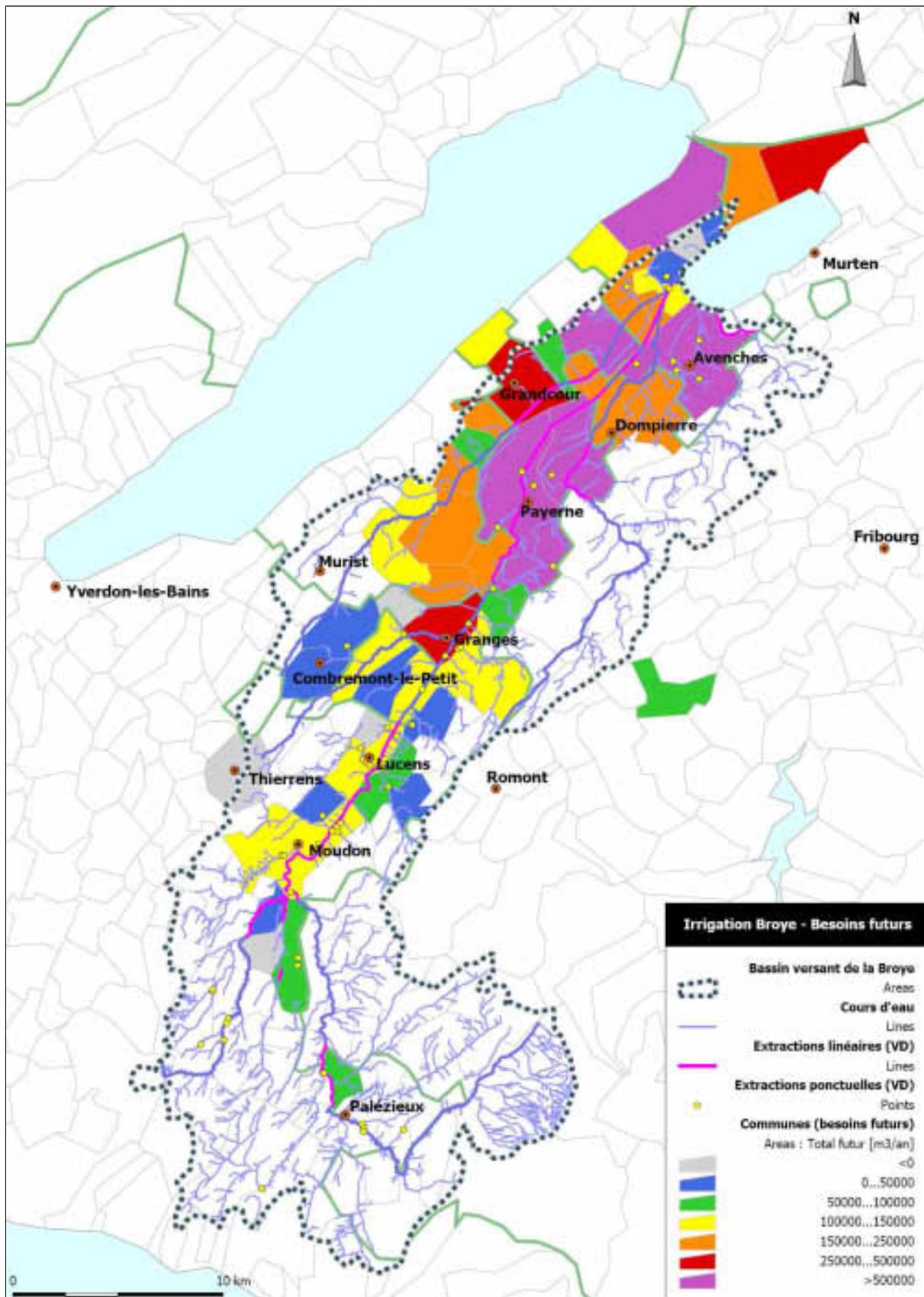


Figure 5 : Carte des besoins futurs en $[m^3/an]$; pour cette carte, il a été supposé que l'ensemble des surfaces potentiellement irrigables sont irriguées et que les besoins sont 25% plus hauts qu'aujourd'hui, soit environ $1000 [m^3/(ha*an)]$ au lieu de $800 [m^3/(ha*an)]$.

4.5. Récapitulation et comparaison des besoins

Le Tableau 6 ci-dessous récapitule et compare les surfaces irriguées et les besoins en eau déterminés pour les trois situations décrites dans ce rapport. La différence entre les trois situations est assez importante. En comparaison avec les surfaces irriguées extrapolées, on passe de 62% pour la surface recensée à 560% pour la surface potentiellement irrigable dans le futur. Traduits en volume, les besoins relatifs passent de 58% à 673%.

Tableau 6 : Récapitulatif des besoins en eau et des surfaces irriguées recensés par questionnaire, estimés et futurs.

| Recensés : | | Extrapolés : | | Futurs : | |
|------------|----------------|--------------|-----------------|------------|-----------------|
| Somme | 656870 [m3/an] | Somme | 1134400 [m3/an] | Somme | 7640000 [m3/an] |
| Somme | 860 [ha] | Somme | 1377 [ha] | Somme | 7640 [ha] |
| en % m3/an | 58 [%] | en % m3/an | 100 [%] | en % m3/an | 673 [%] |
| en % surf. | 62 [%] | en % surf. | 100 [%] | en % surf. | 555 [%] |

Il est intéressant de comparer nos résultats avec les données relatives aux surfaces nécessitant irrigation et aux besoins en eau déterminés par ART.

Les valeurs de Fuhrer et Jasper (2009) dérivent de la centaine de simulations météorologiques qui ont été effectuées en incluant les données hydrologiques, pédologiques et de couverture du sol pour estimer le déficit hydrique sur l'ensemble du territoire de la Confédération avec une maille de 500 mètres. Le critère retenu pour définir une situation de déficit hydrique est une valeur inférieure à 0.8 pour le rapport évapotranspiration (ET) sur évapotranspiration potentielle (ETP), ce qui représente des pertes à la récolte probables de l'ordre de 20%. Les principales données pour la zone du bassin versant de la Broye sont représentées dans les figures 6 et 7 suivantes. Il s'agit de la durée des sécheresses (Figure 6) et d'une évaluation de la probabilité d'une situation de sécheresse (Figure 7).

Globalement, la probabilité d'un déficit hydrique est assez élevée dans l'ensemble du bassin versant, avec une probabilité plus importante sur la partie aval. Cette différence entre le haut et le bas du bassin versant est encore plus marquée en ce qui concerne la durée des périodes de sécheresse. Alors que sur les hauts du bassin versant la durée est d'environ un mois, sur la partie aval, elle atteint facilement 60 jours consécutifs ; durée confirmée par au moins 80 simulations sur 100. On peut constater une bonne correspondance entre les besoins futurs calculés pour les communes étudiées (Figure 5) et les cartes de durée et de probabilité des événements de sécheresse (Figure 6, respectivement Figure 7). En effet, les besoins sont les plus élevés là où la durée de sécheresse sera très probablement la plus longue, à savoir la partie de la plaine située en aval de Payerne.

L'étude de Fuhrer (2010) traduit les déficits hydriques en volume d'eau d'irrigation potentiellement nécessaire. L'étude montre qu'en moyenne des années 1980 à 2006, environ 4 millions de m³ d'eau sont nécessaires pour irriguer environ 39% des 25'600 hectares de superficie agricole du bassin versant de la Broye, soit près de 10'000 hectares. Les besoins modélisés pour des sécheresses avec un temps de retour de 3 ans sont de 6.4 millions de m³ pour une surface de 15'870 ha. Les besoins peuvent même atteindre une valeur de 19.6 millions de m³ lors d'une année particulièrement sèche comme 2003 (surface concernée : 24'320 ha). Pour rappel, l'étude ne comprend que deux catégories de cultures, ne considère pas si les terrains sont effectivement irrigables ou non (pente) part de l'hypothèse que l'efficacité de l'irrigation est de 100 % (aucune perte).

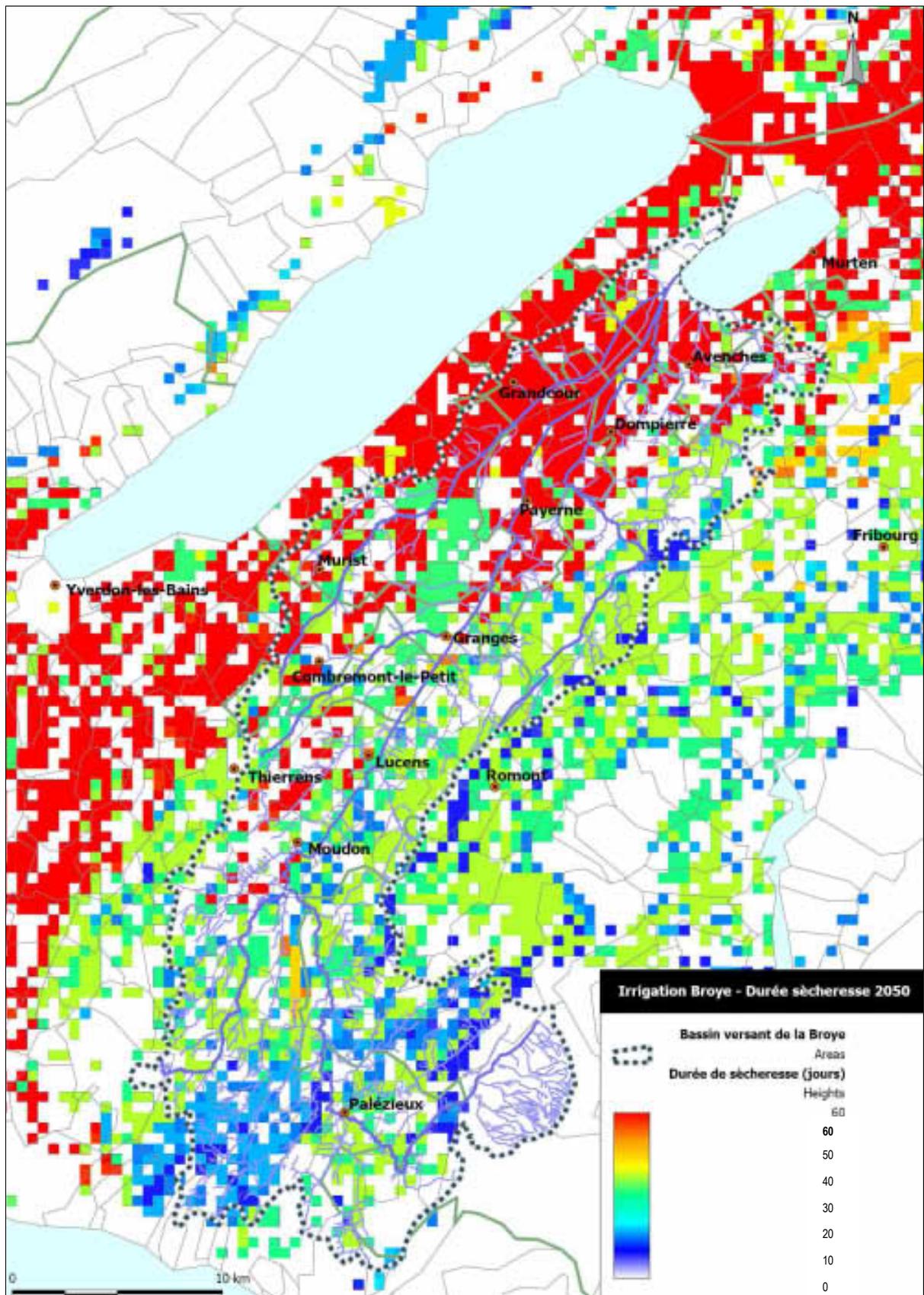


figure 6 : Durées moyennes des périodes de sécheresses (période 1980-2006, ET/ETP < 0.8) - Extrait de la figure 27 de l'étude de J. Fuhrer et K. Jasper (2009).

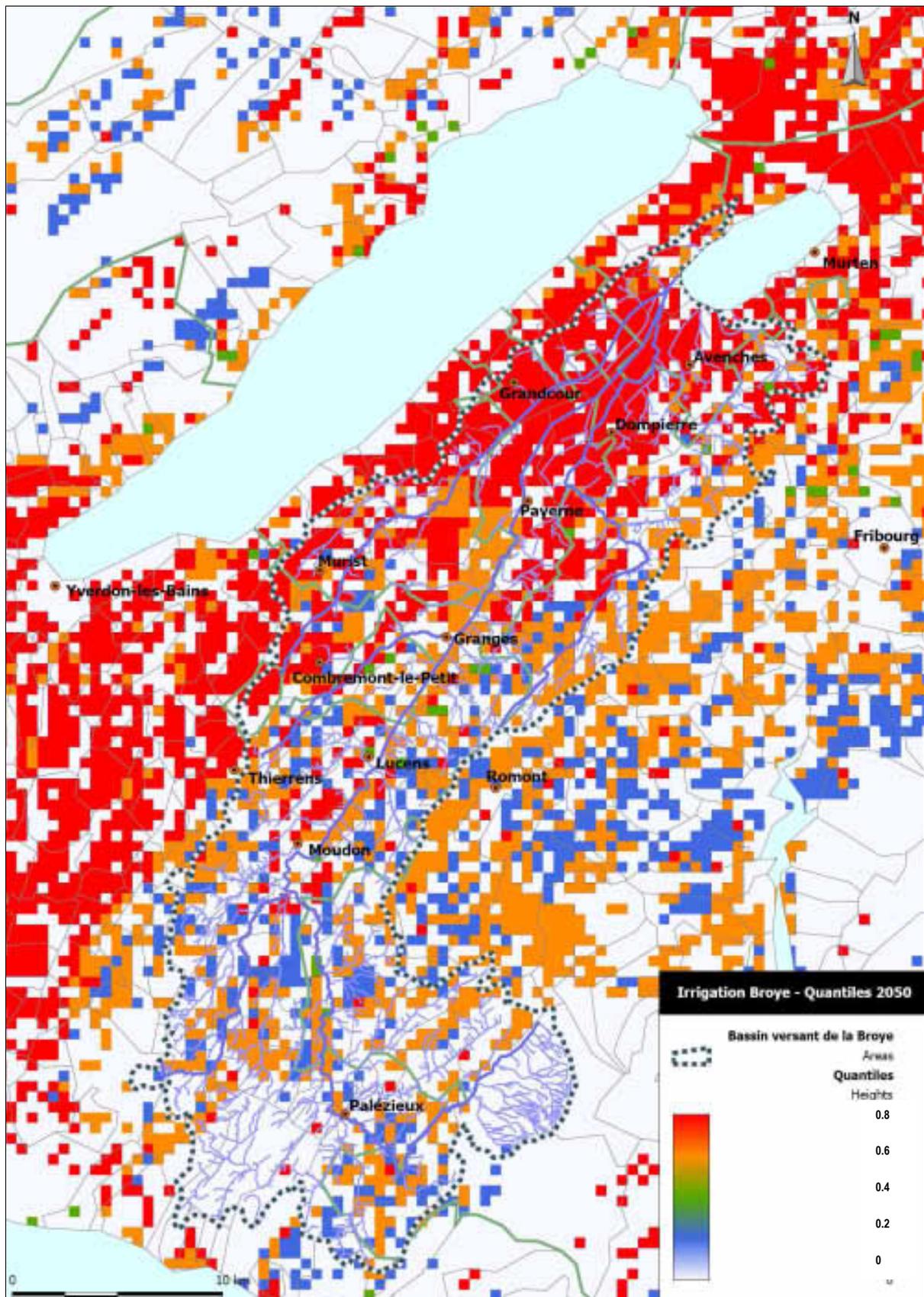


Figure 7 : Probabilités de sécheresse calculés pour la période 1980-2006 ; un quantile de 0.8 signifie que 80 des 100 simulations indiquent un rapport ET/ETP < 0.8 - Extrait de la figure 22 de l'étude de J. Fuhrer et K. Jasper (2009)

4.6. Comparaison entre les besoins et les débits en amont de Payerne

Démarche retenue

Suite à la dernière réunion avec le mandant, il a été décidé de réaliser une comparaison entre les besoins en irrigation et la disponibilité de la ressource.

L'analyse se base sur les débits mesurés à la station de Payerne, la seule existant sur l'ensemble du bassin versant de la Broye. La comparaison porte donc sur les besoins calculés en amont de cette station, y compris les besoins de la commune de Payerne².

Chacun des besoins décrits dans les chapitres précédents (recensés, extrapolés, futurs potentiels) sont distribués sur les mois de l'année et comparés à différentes valeurs de débits (valeurs moyennes ou minimales). En complément des besoins futurs potentiels, deux autres scénarios futurs en outre ont été construits (Futur 1, 2 et 3).

Les scénarios « Futurs 1 et 2 » ne se différencient pas au niveau des besoins en eau ; dans les deux cas, les besoins se basent sur la *surface potentiellement irrigable* des communes en amont de Payerne. Dans les deux cas, les besoins annuels moyens par hectare irrigué supèrent de 25% les besoins extrapolés (1'000 au lieu de 800 m³/an*ha), conformément aux calculs de la situation future potentielle analysée sur l'ensemble du périmètre d'étude dans le chapitre 4.4. La différence entre les deux scénarios se situe au niveau des débits de la Broye. Pour le scénario « Futur 1 », les débits de la Broye sont considérés comme identiques à ceux mesurés ; le scénario « Futur 2 » prend en compte une diminution des débits de la Broye de 20%. En effet, comme précisé précédemment, les prévisions climatiques pour la Suisse annoncent des diminutions des précipitations de l'ordre de 20% durant la période estivale, lesquelles ont été retranchées des débits mesurés ci-dessous, la Broye ayant un régime principalement pluvial. Le scénario « Futur 3 » prend en compte les *surfaces extrapolées*, des débits de la Broye réduits de 20% et des besoins majorés de 25% afin d'intégrer les hypothèses climatiques à l'horizon 2050.

Enfin, chaque comparaison spécifique entre besoins et débits est réalisée selon deux variantes de débit (débit mesuré et « naturel »). En effet, il n'existe aucun calcul de débit corrigé estimant le débit « naturel » sans les prélèvements. En plus du débit mesuré, nous avons donc calculé une variante qui part du principe que les volumes prélevés par l'agriculture en amont de Payerne font partie des volumes qui auraient été mesurés à Payerne s'ils n'avaient pas été soustraits au cours d'eau par pompage ; les besoins recensés ou extrapolés³ ont de ce fait été ajoutés aux débits mesurés dans la Broye.

Les deux approches présentent des inconvénients. Alors que la première induit une surestimation de l'influence des pompes agricoles sur les débits du cours d'eau (sauf en période d'interdiction), la deuxième peut, dans des situations de débits très faibles mesurés à Payerne, rajouter artificiellement de l'eau aux volumes effectivement présents dans la Broye, puisqu'elle suppose que tout ou partie des volumes calculés pour les besoins agricoles sont couverts par les débits que peut offrir le cours

² Aucun affluent notable ne se jette dans la Broye sur le territoire communal. Ainsi, à la sortie des limites communales, le débit de la Broye est à peu près identique à celui de la station de mesure.

³ Pour tous les scénarios futurs, ce sont les besoins extrapolés qui ont été ajoutés aux débits mesurés. Cela n'a en effet pas de sens d'ajouter des besoins futurs hypothétiques à des débits mesurés.

d'eau, ce qui n'est pas toujours le cas en période d'étiage, notamment en période de restrictions de pompage.

Tableau 7 : Récapitulatif des scénarios et des principaux paramètres retenus pour les comparaisons

| Scénario | Besoins en amont de Payerne | Débits à Payerne | |
|------------|----------------------------------|---------------------------|--|
| | | Variante 1 (débit mesuré) | Variante 2 (débit «naturel») |
| Recensés | Besoins actuels recensés | Débits mesurés* | Débits mesurés* + besoins recensés |
| Extrapolés | Besoins actuels extrapolés | Débits mesurés* | Débits mesurés* + besoins extrapolés |
| Futur 1 | Besoins futurs potentiels | Débits mesurés* | Débits mesurés* + besoins extrapolés |
| Futur 2 | Besoins futurs potentiels | Débits mesurés* -20% | Débits mesurés* – 20% + besoins extrapolés |
| Futur 3 | Besoins actuels extrapolés + 25% | Débits mesurés* -20% | Débits mesurés* – 20% + besoins extrapolés |

* Débits mesurés : une valeur moyenne et trois de valeurs minimales pour chaque situation

Besoins en amont de Payerne

Le tableau 8 présente les besoins en irrigation des communes situées sur le cours de la Broye ou des affluents rejoignant la Broye en amont de Payerne. Par rapport aux données de l'ensemble du périmètre étudié (tableau 6), les différences relatives entre les trois situations sont plus faibles. En effet, les surfaces recensées représentent environ 76% des surfaces extrapolées et les surfaces potentiellement irrigables environ 511% (respectivement 76% et 379% pour les volumes).

Tableau 8 : Récapitulatif des surfaces irriguées et besoins en eau pour le bassin versant de la Broye en amont de Payerne.

| Recensés : | | | Extrapolés : | | | Futurs : | | |
|-------------|--------|------------|--------------|--------|------------|-------------|---------|------------|
| Somme | 384300 | [m3/an] | Somme | 542600 | [m3/an] | Somme | 2771600 | [m3/an] |
| Somme | 500 | [ha] | Somme | 660 | [ha] | Somme | 2500 | [ha] |
| Calcul moy. | 750 | [m3/an*ha] | Calcul moy. | 800 | [m3/an*ha] | Calcul moy. | 1000 | [m3/an*ha] |
| en % m3/an | 70.8 | [%] | en % m3/an | 100 | [%] | en % m3/an | 510.8 | [%] |
| en % surf. | 75.8 | [%] | en % surf. | 100 | [%] | en % surf. | 378.8 | [%] |
| en % m3/ha | 93.8 | [%] | en % m3/ha | 100 | [%] | en % m3/ha | 125 | [%] |

À partir des informations sur les périodes d'irrigation obtenues par questionnaire, les besoins recensés ont pu être distribués sur les divers mois de l'année ; pour déterminer les besoins mensuels extrapolés et futurs, ces valeurs ont ensuite été pondérées sur la base des valeurs relatives des besoins totaux du tableau 8. Les résultats se trouvent dans le tableau 9.

Tableau 9 : Besoins mensuels en eau pour les divers scénarios, d'après les données recensées, extrapolées et futures

| Besoins : | Recensés | Extrapolés | Futur 1+2 | Futur 3 |
|--------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| Mois | [m3/mois] | [m3/mois] | [m3/mois] | [m3/mois] |
| Janvier | 100 | 200 | 800 | 250 |
| Février | 100 | 200 | 800 | 250 |
| Mars | 500 | 800 | 3700 | 1000 |
| Avril | 4300 | 6100 | 31100 | 7625 |
| Mai | 34400 | 48600 | 248100 | 60750 |
| Juin | 106000 | 149500 | 764300 | 186875 |
| Juillet | 172300 | 243000 | 1242300 | 303750 |
| Août | 64000 | 90300 | 461500 | 112875 |
| Septembre | 2200 | 3200 | 15900 | 4000 |
| Octobre | 200 | 300 | 1500 | 375 |
| Novembre | 100 | 200 | 800 | 250 |
| Décembre | 100 | 200 | 800 | 250 |
| Année | 384300 | 542600 | 2771600 | 678250 |

Débits à Payerne

Les débits de la Broye sont mesurés quotidiennement à Payerne et publiés sous forme de moyennes journalières (débits journaliers), mensuelles ou annuelles (données hydrologiques de l'OFEV). Pour les comparaisons, diverses valeurs de débit ont été utilisées :

- « **Moyenne** » : il s'agit du débit moyen mensuel depuis le début des mesures (1921-2007, trouvé dans Ghilardi 2008);
- « **Moyenne 10** » : cette valeur est obtenue en calculant la moyenne des débits journaliers les plus bas de chaque mois sur les dix dernières années;
- « **Minimum 10** » : il s'agit du débit journalier le plus bas mesuré pour un mois donné lors de ces dix dernières années;
- « **Minimum** » : il s'agit du débit journalier le plus bas mesuré pour un mois donné depuis le début des mesures (= worst case).

Ces différentes valeurs de débits en [m3/s] à la station de Payerne sont présentées dans le tableau 10 ci-dessous. Le détail des débits moyens journaliers minimaux de ces dix dernières années figure à l'annexe 9.

Tableau 10 : Débits mesurés à la station de Payerne en [m³/s]. En rouge, les valeurs proches ou inférieures au Q_{min} (0.516 m³/s).

| Mois | Moyenne | Moyenne 10 | Minimum 10 | Minimum | Année du min. |
|-----------|---------|------------|------------|---------|---------------|
| Janvier | 10 | 3.29 | 2 | 1.1 | 1942 |
| Février | 11 | 4.04 | 1.59 | 1.41 | 1972 |
| Mars | 11.6 | 4.63 | 2.96 | 1.36 | 1921 |
| Avril | 9.2 | 4.53 | 2.38 | 1.34 | 1946 |
| Mai | 6.4 | 3.26 | 1.73 | 1.05 | 1934 |
| Juin | 6 | 2.4 | 0.96 | 0.52 | 1945 |
| Juillet | 4.5 | 1.75 | 0.56 | 0.19 | 1945 |
| Août | 4.2 | 1.64 | 0.36 | 0.11 | 1945 |
| Septembre | 5.2 | 1.72 | 0.74 | 0.44 | 1945 |
| Octobre | 6.5 | 2.06 | 0.99 | 0.6 | 1945 |
| Novembre | 9 | 3.11 | 1.08 | 0.76 | 1921 |
| Décembre | 9.8 | 3.15 | 1.07 | 0.76 | 1921 |
| Année | 7.8 | 3 | 1.4 | 0.8 | - |

Comparaison entre besoins et débits

Le résultat détaillé des comparaisons entre les débits moyens de la Broye et les besoins pour l'irrigation se trouve dans l'annexe 10, sous forme de tableau et de graphiques.

Il ressort de cette comparaison, qu'en prenant en compte les **valeurs moyennes mensuelles**, la Broye peut supporter les charges de pompage dans tous les cas de figure envisagés, y compris dans les scénarios futurs. En effet, dans le pire des cas – c'est-à-dire pour le scénario « Futurs 2 » et au mois de juillet, quand les besoins sont au plus haut et les débits au plus bas – les pompages représenteraient entre 13.1% et 13.4% des volumes fournis par la Broye selon la variante (figure 8).

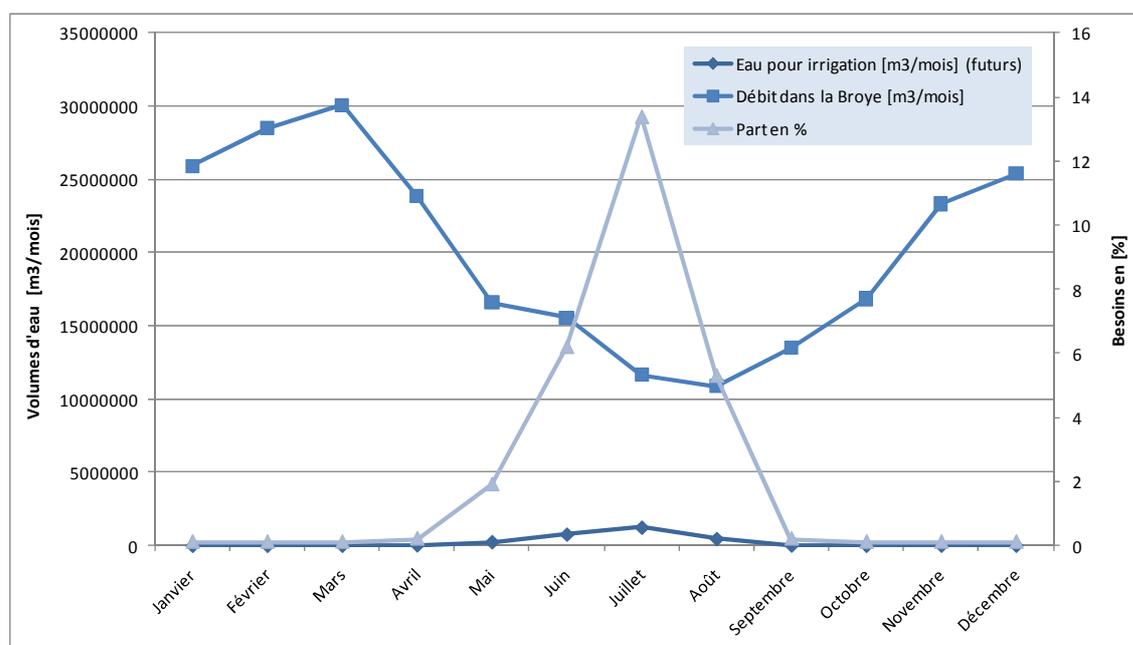


Figure 8 : Débits mensuels moyens de la Broye réduits de 20% en m³ par mois et besoins potentiels d'irrigation en amont de Payerne en m³ par mois et en % du débit, selon les hypothèses du scénario Futur 2, variante 1.

Convertis en débits journaliers, les besoins extrapolés et futurs se situent entre 0.1 et 0.5 m³/s au mois de juillet alors que le débit moyen du mois de juillet est de 4.5 m³/s (3.8 m³/s en moyenne des 10 dernières années, avec des valeurs mensuelles allant de 1.23 à 11.7 m³/s). Pour comparaison, le débit minimal Q_{min} légal de la Broye est de 0.516 m³/s (soit 44'582 m³/jour ou 1'337'460 m³/mois)⁴.

Pour la surveillance des débits minimaux et la gestion des pompages, le SESA se base plutôt sur un débit instantané « d'alerte » proche du Q₃₄₇ à Payerne (1.26 m³/s) et sur l'évolution du débit (informations communiquées par M. Yves Châtelain). En effet, les débits à Payerne ne reflètent pas forcément la situation en amont, laquelle est souvent plus critique qu'en aval et fait également l'objet d'un contrôle visuel régulier de la part du garde-pêche. Par ailleurs, les pompages ne sont pas forcément réalisés de manière uniforme sur le mois et sur 24 heures, mais se concentrent sur les heures moins chaudes et sur la nuit. Pour la comparaison des débits et des besoins *instantanés ou journaliers*, il vaut donc mieux se baser sur le débit Q₃₄₇ de 1.26 m³/s et doubler les besoins journaliers estimés (0.2 m³/s pour les besoins extrapolés). A titre de comparaison, le total des 16 concessions délivrées par le canton de VD atteint 297 l/s (0.3 m³/s).

Cela dit, les valeurs mensuelles interannuelles moyennes masquent la grande variabilité du débit de la Broye, dont les crues et décrues sont très rapides. Cette variabilité provient essentiellement du comportement majoritairement pluvial de la Broye qui, de plus, répond très rapidement aux précipitations sur son bassin versant.

La comparaison avec les **valeurs minimales journalières** permet de mieux situer les besoins par rapport au débit de la Broye en période de sécheresse.

Le détail des calculs se trouve dans les tableaux des annexes 11 et 12, qui reprennent les trois types de valeurs minimales journalières décrites plus haut et les comparent aux différents besoins. Dans l'annexe 11, les débits considérés sont identiques à ceux mesurés à la station de Payerne (variante 1). L'annexe 12 présente les mêmes tableaux, mais en supposant que le débit de la Broye est égal à la somme des débits mesurés à la station de Payerne et de ceux utilisés pour l'irrigation (variante 2).

En considérant la *moyenne des débits journaliers minimaux de la période 1999 à 2010 - « Moyenne 10 »*, la situation n'est pas critique (tableau 1 des annexes 11 et 12). Dans le pire des cas (« Futur 2 », mois de juillet), les besoins journaliers en eau représentent près de 34.3% (annexe 11), respectivement 32.5% (annexe 12) des débits de la Broye. La moyenne des débits journaliers minimaux du mois de juillet est de 1.75 m³/s (tableau 10), soit 151'200 m³/jour, valeur supérieure au Q_{min} et au Q₃₄₇, même si l'on retranche les besoins extrapolés, lesquels représentent 5.4% des débits (figure 9).

⁴ Ce débit est déterminé d'après l'article 31 de la LEaux à partir du débit Q₃₄₇ (débit dépassé 347 jours par an ou 95% du temps), qui vaut 1,26 m³/s pour la Broye.

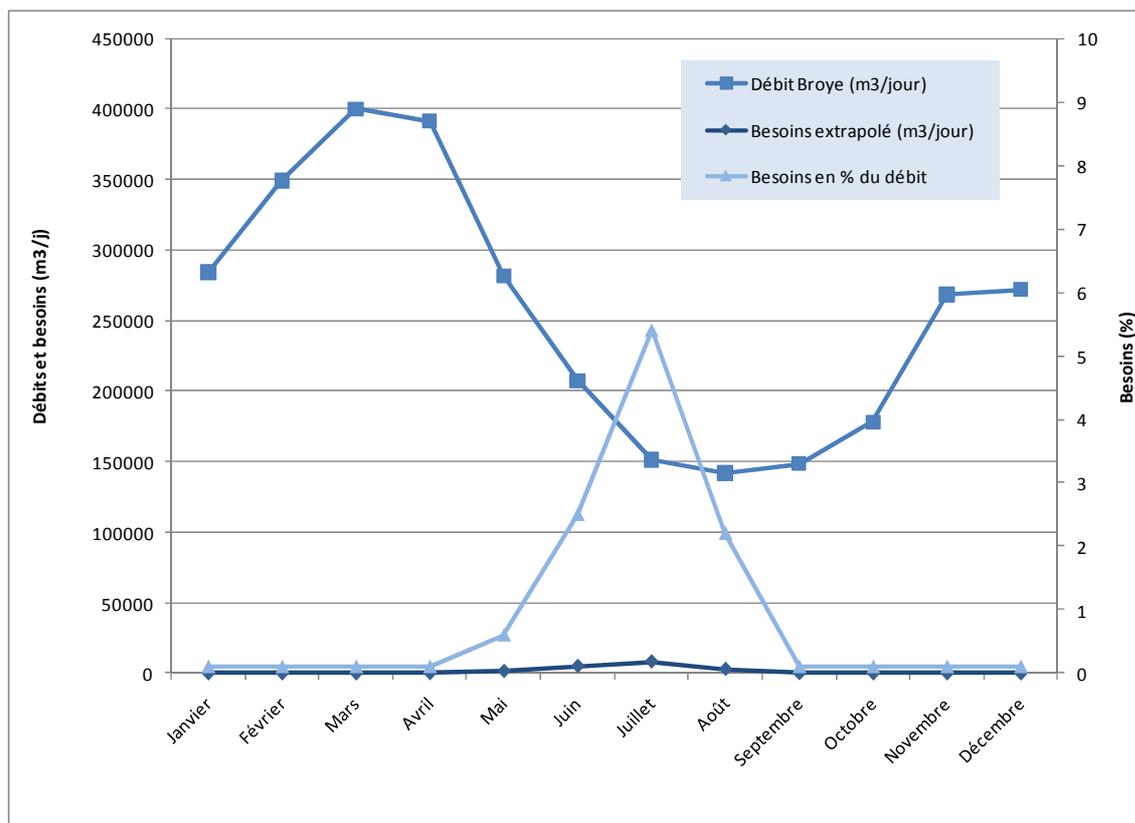


Figure 9 : Moyenne des débits journaliers minimaux de la Broye en m³ par jour et besoins extrapolés d'irrigation en amont de Payerne en m³ par jour et en % du débit, selon les hypothèses du scénario « extrapolé », variante 1.

Les choses changent avec la valeur minimale des débits journaliers des dix dernières années - « Minimum 10 » (tableau 2 des annexes 11 et 12) ou la valeur minimale enregistrée depuis le début des mesures - « Minimum » (tableau 3 des annexes 11 et 12). Les besoins futurs potentiels (Futurs 1 et 2) approchent ou dépassent les débits minimaux au mois de juillet et août. Ces résultats ne sont pas surprenants compte tenu des valeurs de débits retenues pour ces calculs, lesquelles sont inférieures au Q_{\min} en juillet et août, voire en juin et septembre (cf. tableau 10). De ce fait, même si les besoins recensés ou extrapolés sont proportionnellement modérés par rapport aux débits, les pompages seraient légalement interdits dans de telles situations.

Globalement, ces différents résultats reflètent bien la situation de ces dernières années. Si une interdiction générale de pompage a été décrétée par le SESA pour tout le territoire du canton environ une année sur deux⁵, la Broye bénéficie presque constamment d'un régime de dérogation (surtout en aval de Moudon), contrairement à ses affluents, pour lesquels les restrictions ou interdictions de pompage sont plus fréquents. Sauf dans les cas de sécheresses prononcées comme en 2003 ou 1945, et en dehors de toutes autres considérations, les débits de la Broye semblent généralement être en mesure de supporter les besoins actuels en irrigation, voire même une augmentation des pompages.

⁵ Années où une interdiction de pompage a été prononcée : 1998, 2003, 2004, 2005, 2006, 2009 et 2010

5. Préoccupations des agriculteurs et solutions proposées

Le questionnaire recensait également les préoccupations des agriculteurs relatives à l'irrigation et les solutions et stratégies proposées en vue d'améliorer la situation actuelle.

Au chapitre des *préoccupations*, la disponibilité de la ressource et les interdictions de pompages occupent le 1^{er} rang. En effet, ces éléments ont tous deux été relevés une cinquantaine de fois dans les questionnaires, soit dans près de 50% des cas. Suivent ensuite des préoccupations d'ordre plus économique comme la question des coûts de l'irrigation en comparaison des marges de production ou la non atteinte des exigences qualitatives, principalement en ce qui concerne la production de pommes de terre (7, respectivement 6 occurrences). En lien avec les préoccupations d'ordre économique, la subsistance même de l'exploitation était mise en doute si l'arrosage venait à être davantage limité, voire interdit (6 occurrences). Ont également été mentionnés le prix du carburant pour les motopompes, les inégalités de traitement ressenties entre Vaud et Fribourg, le travail supplémentaire que représente la mise en place du matériel et le contrôle nécessaire pour l'irrigation, ainsi que des considérations relatives à l'efficacité des techniques d'irrigation (gaspillage d'eau). L'ensemble des préoccupations citées et leur occurrence respective se trouvent dans l'annexe 13.

En ce qui concerne les *stratégies*, la mise à disposition d'eau en quantités suffisantes occupe les trois premières places, que ce soit par pompage au lac (11 occurrences), par la création d'un réseau enterré pour la distribution d'eau d'irrigation (8) ou par la création de bassins de rétention (7). Viennent ensuite des stratégies orientées d'avantage vers une meilleure planification de l'irrigation et répartition de la ressource, par exemple par le biais d'associations ou syndicats de pompage (5), par une gestion plus progressive des interdictions de pompages (2), par une priorisation des cultures irriguées (2) et par une meilleure concertation entre Vaud et Fribourg (2). Les subventions cantonales et/ou fédérales sont aussi mentionnées (4) de même que des remarques précisant que l'irrigation vise la production de biens alimentaires et devrait de ce fait être reconnue d'utilité publique (2). Une meilleure coordination entre communes et agriculteurs lors de la pose de conduites d'eau potable, de canalisations ou de câbles enterrés a aussi été proposée, afin de réduire les coûts pour la pose des conduites de transport de l'eau d'irrigation en partageant les fouilles. L'approvisionnement artificiel de la Broye avec de l'eau pompée dans la nappe ou au lac a aussi été évoqué, tout comme des ententes entre pêcheurs et agriculteurs ou le soutien des agriculteurs au projet de renaturation en échange d'une « garantie » d'approvisionnement en eau. Les stratégies mentionnées et leur occurrence respective peuvent être consultées dans l'annexe 14.

6. Conclusion

Sur la base des données transmises par les agriculteurs et des informations complémentaires obtenues auprès des préposés agricoles, cette étude a permis d'estimer les besoins actuels en eau d'irrigation dans la plaine de la Broye.

L'extrapolation des données recensées par questionnaire, qui constitue l'ordre de grandeur le plus vraisemblable pour l'estimation des besoins actuels, conduit à un besoin moyen total d'environ 1'150'000 m³ par an, toutes sources confondues, pour une surface irriguée de près de 1'400 ha. Lors d'années particulièrement sèches, ces besoins sont plus élevés comme le montrent les valeurs maximales apportées aux cultures.

Avec plus de 80% des volumes calculés, la Broye et ses affluents représentent de loin la principale source d'approvisionnement pour les agriculteurs ; les autres ressources sont constituées des réseaux d'eau souterraine, des étangs artificiels et du lac de Neuchâtel.

La presque totalité des volumes pompés servent à l'irrigation des cultures sarclées (principalement la pomme de terre de consommation, le tabac, le maïs et la betterave sucrière) et les cultures maraîchères de plein champ ou sous abri. Les apports se concentrent entre mai et août, avec un pic en juin et juillet.

Les quantités moyennes d'eau utilisées sont d'environ 800 m³ par ha et par an. Les quantités utilisées sont beaucoup plus importantes pour les cultures maraîchères sous abri (environ 4'500 m³/ha*an). En dépit du fait que la plupart des agriculteurs utilise le même système d'irrigation (système d'aspersion avec un canon), les quantités utilisées pour une même culture peuvent fortement varier selon les agriculteurs.

L'évaluation des besoins futurs en eau d'irrigation, basée sur l'ensemble des surfaces potentiellement irrigables et sur des besoins majorés de 25% - réalisée en dehors de toutes considérations économiques - conduit à des besoins en eau d'irrigation de 7.6 millions de m³/an, pour une surface irrigable de 7'640 hectares. Selon le recensement 2009 des communes concernées, cette surface correspond à la totalité de la surface de sarclées de printemps et de cultures spéciales (environ 5'000 ha) et à 40% de la surface de céréales et de colza (6'250 ha). Sur la base des déficits hydriques calculés pour la période 1980-2006 dans le bassin versant de la Broye, ART estime qu'en moyenne 4 millions de m³ d'eau par an sont théoriquement nécessaires pour irriguer près de 10'000 ha de surface agricole. Les besoins peuvent même atteindre une valeur de 19.6 millions de m³ et concerner une surface de 24'320 ha lors d'une année particulièrement sèche comme 2003.

Ces chiffres paraissent énormes en regard des surfaces et des cultures actuellement irriguées, ainsi que de la disponibilité, déjà limitée, des ressources en eau de la Broye. Si les besoins actuels paraissent relativement fiables, les besoins futurs doivent être pris avec beaucoup de précautions et validés par des investigations complémentaires, le cas échéant.

En tout état de cause, la comparaison entre les débits de la Broye et les besoins selon différents scénarios montre que d'autres ressources en eau (lac) devront être exploitées ou/et des stratégies innovantes devront être mises en place afin de couvrir les besoins en eau d'irrigation dans la plaine

de la Broye en période de sécheresse prononcée, situation qui risque de se produire plus fréquemment à l'avenir.

Plusieurs pistes sont proposées par les agriculteurs en vue d'améliorer la situation : diversification et sécurisation de l'approvisionnement en eau (pompage au lac, création de bassins de rétention), amélioration de l'infrastructure (réseau enterré), meilleure planification de l'irrigation et meilleure répartition de la ressource (syndicats de pompage, limitation progressive de pompages).

Toutes ces pistes mériteraient d'être approfondies. Un autre élément, non évoqué par les agriculteurs, mais que suggèrent les différences importantes constatées entre au niveau des quantités utilisées, mérite d'être mentionné: une optimisation des apports en fonction d'un suivi plus serré des besoins des cultures. De nombreuses réflexions sont menées à ce sujet en Suisse ou à l'étranger - par exemple Hunger (2010), Bruere et al. (2006).

Au vu des surfaces potentielles en jeu et dans l'optique d'une analyse prospective à terme, il y aurait sans doute également lieu d'examiner les aspects relatifs à la rentabilité économique de l'irrigation, élément qui n'a pas du tout été abordé dans cette étude.

7. Bibliographie

BEGUIN, J. (2007): Irrigation dans la Broye fribourgeoise : trois agriculteurs se jettent à l'eau. Géomatique Suisse 7/2007.

BRUERE, M.-N., BROUTIN, F.-X. & DEUMIER, J.-M. (2006) : Optimiser l'irrigation des pommes de terre. Perspectives agricoles n° 323 - 05/2006 - p. 72-75.

FUHRER, J. & JASPER, K. (2009): Besoins en irrigation en Suisse. Rapport final, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), 74 p.

FUHRER, J. (2010): Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse. Rapport final, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), 26 p.

GHILARDI, T. (2008) : Renaturation de la Broye. Projet de Master, Laboratoire de Constructions Hydrauliques, EPFL, 10 p.

HUNGER, R. (2010) : Arrosage efficace – mot d'ordre actuel. Technique agricole juin/juillet 2010.

OFEV – Données hydrologiques - <http://www.hydrodaten.admin.ch/f/2034.htm>