

Focus

Économie d'eau pour un périmètre irrigué gravitaire : défis et problématiques de la Vale do Lis, Portugal

Le périmètre irrigué de la Vale do Lis situé dans le centre côtier du Portugal est administré par une association d'usagers qui gère l'exploitation et l'entretien des principales infrastructures de pompage et d'adduction de l'eau vers les parcelles. Dans le cadre d'un projet soutenu par le partenariat européen d'innovation agricole, une étude menée en collaboration avec les agriculteurs et focalisée sur les performances du réseau d'approvisionnement collectif a permis d'identifier les pistes d'actions prioritaires pour réaliser des économies d'eau en conciliant développement rural et durabilité environnementale et économique.

F

Face aux changements globaux, la société exhorte l'agriculture irriguée à des économies d'eau par la réduction de la consommation d'eau (Harmel *et al.*, 2020). Maintenir ou accroître la production agricole avec une quantité d'eau réduite est le défi majeur à relever. Cela nécessite une adaptation de l'agriculture irriguée par le biais de différentes technologies et de pratiques compatibles avec le savoir-faire des exploitants agricoles et la durabilité économique de leurs exploitations (Perry *et al.*, 2009). Cette dernière question est particulièrement pertinente dans le cas des périmètres irrigués collectifs car ils jouent un rôle décisif dans l'agriculture mondiale, et notamment dans le cas du Portugal, pour assurer cette durabilité socio-économique. La performance du système de distribution d'eau n'est pas seulement mesurée en fonction de son efficacité hydraulique pour acheminer l'eau ; le système de transport et de distribution de l'eau hors exploitation doit en effet fournir l'eau selon des critères adéquats, fiables et équitables, ce qui constitue une condition préalable à une bonne gestion de l'eau et à la productivité des terres (Playán *et al.*, 2018).

La question des économies d'eau sur un périmètre irrigué est complexe et s'avère un enjeu de taille car cet objectif devrait être atteint en maintenant l'irrigation dans la zone, et, si possible en augmentant les revenus des agriculteurs. Cela implique d'accroître le rendement de

l'eau et des terres, avec des conditions de consommation d'énergie acceptables et, comme souligné plus haut, une distribution de l'eau équitable et satisfaisante dans le système du réseau collectif. Les systèmes d'adduction par gravité alimentés par les eaux de surface ne permettent pas d'éviter totalement les pénuries d'eau, sauf par des réservoirs en amont permettant de contrôler le volume d'eau disponible pour l'irrigation en été. Pour de telles périodes de pénurie, il est nécessaire d'adopter des pratiques de gestion d'eau spécifiques pour en optimiser l'équité (Frisvold *et al.*, 2018). Afin de faire face aux risques encourus suite à un manque d'eau d'irrigation, les priorités en matière de gestion sont concentrées sur les économies d'eau en exploitation et hors exploitation ainsi que sur la réutilisation de l'eau en aval ; on peut notamment mentionner le pompage des fossés, ou une utilisation plus efficace de l'eau du sol ou de l'eau souterraine récupérée par capillarité.

Cette étude présente les résultats du Groupe opérationnel de gestion de l'eau de la Vale do Lis (RRN, 2020), tels qu'intégrés dans le Partenariat européen d'innovation agricole (PEI-AGRI). L'étude a pour objectifs le suivi d'un réseau collectif de distribution et de la gestion de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation, en évaluant les lignes directrices et procédures nécessaires pour réaliser des économies d'eau dans un contexte d'amélioration du développement rural et de durabilité environnementale et économique.

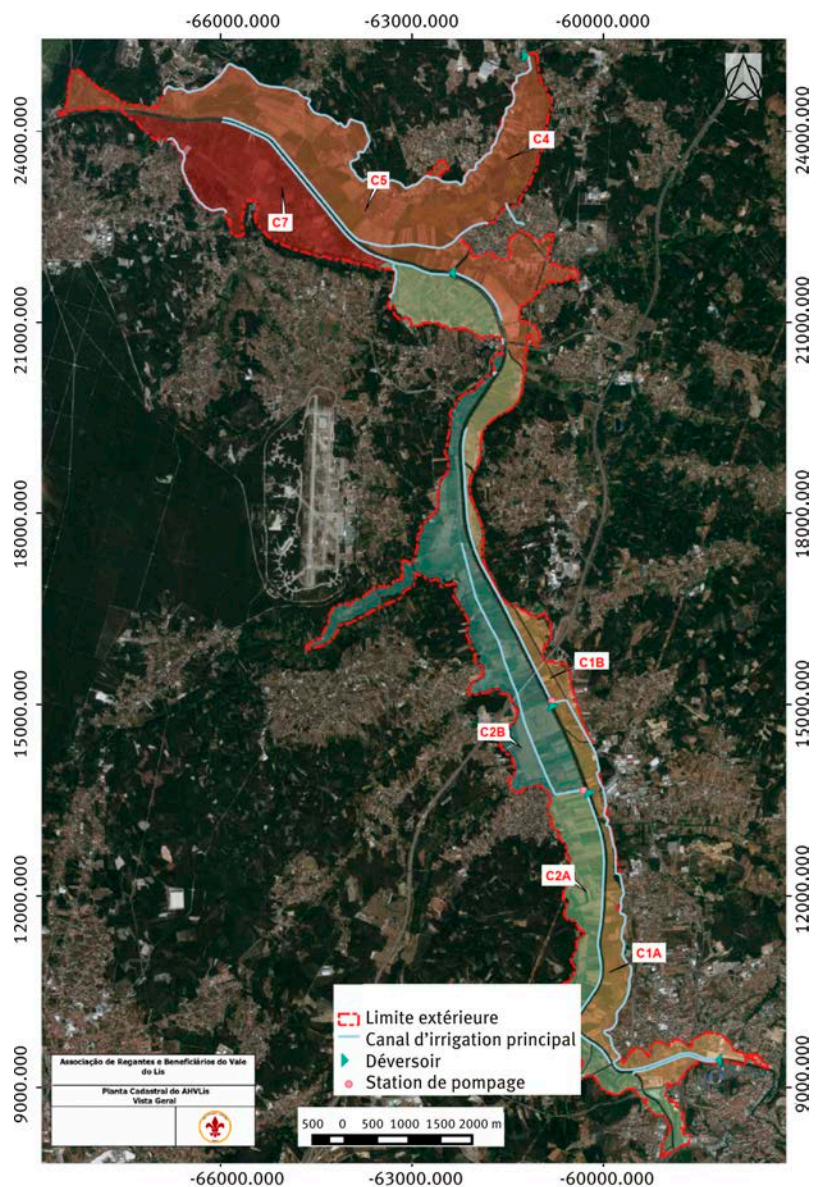
Zone d'étude et méthodologie

Le District de la Vale do Lis (LVID) dispose d'un système d'adduction par gravité alimenté par le fleuve Lis et ses affluents, renfloué par le pompage de l'eau des rivières et des fossés de drainage (figure 1). Il s'agit d'un périmètre irrigué public géré par une association d'usagers de l'eau (AUE), localisée dans le centre côtier du Portugal (coordonnées 39°51'22.1" N 8°50'56.1" O). L'AUE est une association d'exploitants agricoles, de propriétaires ou de locataires de parcelles agricoles situées dans le périmètre d'irrigation ; l'association se charge de gérer les principales installations hydrauliques, les déversoirs, les stations de pompage, les canaux, les ouvrages de prise d'eau, notamment tout ce qui concerne leur fonctionnement et leur entretien. La zone couvre une superficie totale d'environ 2 000 ha, et les cultures principales sont le maïs fourrage, les graminées fourragères, les cultures horticoles, les vergers et le riz (la figure 2 présente quelques aspects de l'approvisionnement en eau, de l'irrigation en exploitation et des cultures du LVID). Les sols, de qualité agricole supérieure, sont principalement des alluvions récents, mais certains sont mal drainés et présentent des risques d'engorgement et de salinisation, surtout dans les zones en aval. La structure des propriétés agricoles en exploitation est en majorité caractérisée par de petites parcelles d'une taille moyenne de 0,20 ha (Ferreira *et al.*, 2020). Les infrastructures hydrauliques assurent la protection du périmètre de drainage par le biais de collecteurs en pente et de fossés, l'approvisionnement en eau d'irrigation grâce à un système d'adduction d'eau, et le drainage des champs basé sur un réseau de fossés. L'eau est fournie à travers un système de distribution à canaux ouverts en provenance de déversoirs placés le long du fleuve Lis et de ses affluents ; il faut noter que la longueur du réseau primaire est d'environ 44,5 km, et que l'eau est également obtenue par le pompage des fossés de drainage.

Le réseau d'adduction et de distribution du périmètre irrigué est subdivisé en secteurs d'alimentation, qui comprennent chacun un canal principal, alimenté par gravité par une dérivation du fleuve à partir d'un déversoir. Durant la période de pic pour l'irrigation, les zones irriguées en aval de certains secteurs ne sont pas pleinement alimentées. Afin de surmonter ce problème, la recharge en eau est pompée du fleuve ou de fossés de drainage. Les secteurs d'alimentation sont les éléments majeurs du système opéré par l'AUE qui contrôle l'arrivée d'eau en provenance du déversoir, le pompage de la recharge, ainsi que l'alimentation vers le réseau d'irrigation secondaire constitué de petits canaux en terre ou avec revêtement pour distribuer l'eau vers les prises d'eau anti-incendie des champs. Cette composante secondaire du réseau d'irrigation est gérée par un groupe d'exploitants agricoles locaux en concertation avec l'AUE. Les principaux problèmes rencontrés se rapportent à la pénurie d'eau, surtout pendant les années de sécheresse, aux risques environnementaux relatifs à la salinisation des sols et à l'impact économique résultant du pompage à des fins d'irrigation à partir du système de drainage, et aux pertes en rendement en découlant. Le manque de mécanismes d'automatisation pour contrôler les niveaux d'eau dans les canaux du réseau entraîne

un dysfonctionnement et une charge de main d'œuvre élevée, qui est en partie allégée grâce à la participation des exploitants agricoles au fonctionnement des réseaux principaux et secondaires.

1 Localisation des secteurs d'approvisionnement en eau dans le périmètre irrigué de la Vale do Lis (source : Association des usagers de l'eau (AUE) de la Vale do Lis, 2020).



2 Zone irriguée et cultures par secteurs, en 2018, dans le District de la Vale do Lis.

Secteur	C1A	C1B	C2A	C2B	C4	C5	C7	Total
Zone totale, ha	175,6	104,4	189,7	286,2	418,4	2 017,6	257,1	1 639
Zone, ha	114,2	82,8	159,5	214,7	292,8	166,1	205,7	1 236
Zone irriguée, %	65	80	85	75	70	80	80	75,5
Maïs, %	20	18	43	33	61	60	9	38,4
Pâturages, %	48	30	7	24	29	10	77	32,5
Horticulture, %	5,5	13	14,5	13	5	0	0	6,7
Riz, %	0	5	0	15	5	30	1	8,3
Vigne, %	20	15	15	15	0	0	3	7,9
Fruits, %	6,5	19	20,5	0	0	0	10	6,2

► Au sein du LVID, la technologie dominante en matière d'irrigation des exploitations est l'irrigation de surface, à la raie ou par submersion avec bassins nivelés ; elle est essentiellement pratiquée pour le maïs fourrage et les pâturages permanents. Dans certains cas, elle se caractérise par un mauvais nivellement du sol et une mauvaise alimentation en eau par un canal sans revêtement, ce qui en réduit l'efficacité ; cependant, le nivellement de précision au laser est réalisé sur les champs plus vastes permettant ainsi une grande amélioration de l'efficacité. Le maïs, les pâturages et le riz constituent la majorité de la zone cultivée (79,3 %) (tableau 1). Les systèmes d'irrigation sous pression revêtent une importance de plus en plus grande avec le pompage autonome. Ces systèmes comportent notamment l'irrigation par goutte-à-goutte

ou par micro asperseurs, système le plus représentatif utilisé pour les arbres fruitiers, l'horticulture et les pépinières, et l'irrigation par aspersion, y compris au pivot, utilisée pour le maïs, les prairies et l'horticulture.

La méthodologie de suivi des systèmes collectifs d'irrigation et d'approvisionnement en eau se calque sur la méthodologie présentée par Replogle *et al.* (2007), y compris toutes les observations des pratiques opérationnelles et le comptage de l'eau en sortie du circuit d'approvisionnement, en vue d'évaluer l'eau utilisée pour l'irrigation et le niveau d'énergie consommée dans les stations de pompage. Les données mesurées les plus pertinentes sont celles qui portent sur le volume de rejets sur chaque secteur. À cette fin, la méthode de vitesse d'écoulement d'une section du canal a été utilisée

2 Vue aérienne : a) vanne/barrage gonflable (au secteur d'approvisionnement C7) ; b) canal principal avec revêtement (secteur C2B) ; c) canal secondaire et champs irrigués en surface (secteur C7) ; d) irrigation des sillons à partir d'un canal en terre (secteur C5) ; e) champs irrigués par aspersion à pivot mobile (secteur C1A) ; f) champ de poivrons avec système d'irrigation goutte à goutte (secteur C1B).



(figure 3a), où les vitesses ponctuelles ont été mesurées avec un courantomètre électromagnétique, une fois par semaine environ, permettant ainsi de déterminer, sur une base temporelle de dix jours, le volume entrant pour le secteur. Certains secteurs disposent de données sur la recharge par pompage. La méthode du bilan hydrique a été appliquée aussi bien à l'échelle du secteur que du champ selon les procédures présentées par Gonçalves *et al.* (2020), la teneur en humidité du sol étant évaluée au moyen de la méthode TDR pour *Time Domain Reflectometry* (figure 3b). Les données météorologiques et de coefficients culturaux sur dix jours sont présentées au tableau 2 et sont tirées du rapport 56 de la FAO – *Food and Agriculture Organization* (Allen *et al.*, 1998).

Les indicateurs de performance sur lesquels s'est basée l'étude sont l'allocation d'eau d'irrigation TIA – *Total Irrigation Allocation*), résultat de la somme de l'eau distribuée par gravité (GIA – *Gravity Irrigation Allocation*) et par pompage (PIA – *Pump Irrigation Allocation*). L'efficacité globale de l'irrigation (GIE – *Global Irrigation Efficiency*) est la proportion de l'eau utilisée de manière bénéfique (NID – *Net Irrigation Demand*) par rapport à la TIA. La GIE est un indicateur intégratif d'efficacité qui établit un rapport entre le volume d'eau consommée par les cultures et l'eau utilisée pour l'irrigation à l'échelle des périmètres (Nam *et al.*, 2016). Elle prend en compte plusieurs processus d'écoulement de l'eau, y compris, l'eau prélevée de sa source et acheminée vers l'exploitation, l'application au champ, la consommation par les cultures ; ce qui permet d'obtenir une évaluation de l'efficacité de l'irrigation à l'échelle du périmètre.

Résultats et discussion

Les hydrogrammes sur l'approvisionnement en eau, y compris par gravité et par pompage, ont été comparés à la demande d'irrigation nette sur dix jours. Les résultats ont révélé que la période de pointe de l'approvisionnement était observée au moment de la vingtième séquence de dix jours (2 juillet) et la vingt-quatrième (3 août). La recharge par pompage s'effectue avec l'eau provenant des rivières ou des fossés, ce qui signifie un usage très efficace de l'eau ainsi qu'une récupération des nutriments des eaux de drainage. Comme il pourrait en résulter une salinité accrue et des risques pour la santé, la situation est suivie de près.

3 Vue des activités de suivi au champ :
a) taux de débit du canal avec courantomètre électromagnétique ;
b) teneur en humidité du sol avec la méthode TDR.

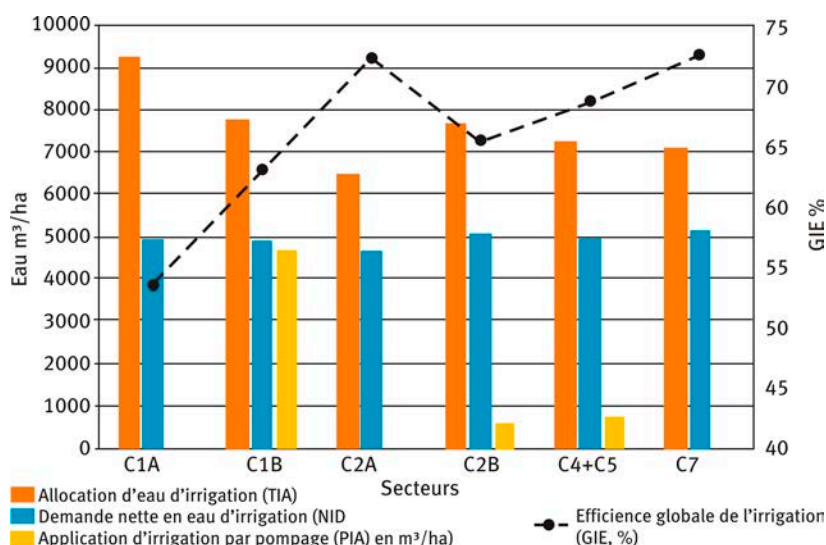


2 Données météorologiques et coefficients culturaux moyens par secteur, en 2018.

Mois	Mai					Juin			Juillet			Août		Septembre			Octobre	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ET ₀ , mm*	35,4	41,6	31,6	25,5	44,7	37,9	37,0	38,6	43,9	37,0	76,3	82,0	35,8	35,4	33,9	34,8	21,3	19,8
P, mm*	0,0	0,5	26,0	38,9	1,8	17,6	1,7	0,1	0,1	0,7	0,3	0,7	0,9	0,0	0,1	0,0	27,4	42,9
K _c * (C1A)	0,62	0,65	0,74	0,81	0,83	0,85	0,89	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,87	0,83	0,77	0,72	0,71	0,71
K _c (C1B)	0,61	0,64	0,72	0,79	0,83	0,85	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,87	0,84	0,77	0,72	0,70	0,70
K _c (C2A)	0,43	0,47	0,58	0,69	0,75	0,79	0,88	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,86	0,81	0,68	0,61	0,58	0,58
K _c (C2B)	0,61	0,63	0,71	0,78	0,81	0,85	0,92	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,90	0,85	0,77	0,72	0,72	0,72
K _c (C4)	0,53	0,53	0,59	0,66	0,72	0,78	0,91	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,91	0,84	0,72	0,66	0,66	0,66
K _c (C5)	0,57	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,93	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,93	0,87	0,75	0,69	0,69	0,69
K _c (C7)	0,79	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,88	0,85	0,83	0,82	0,82

* Données de Leiria (www.ipma.pt), en périodes de 10 jours (décompte à partir du début de l'année) ; ET₀, évapotranspiration de référence ; P, précipitations ; K_c, coefficient culturaux par secteurs : C1A, C1B, C2A, C2B, C4, C5, C7.

④ Allocation d'eau d'irrigation (TIA), demande nette en eau d'irrigation (NID), et application d'irrigation par pompage (PIA) en m³/ha ; efficacité globale de l'irrigation (GIE, %) ; valeurs saisonnières, en 2018.



Les valeurs de la TIA pour la saison d'irrigation 2018 par secteur variaient entre 6 470 m³/ha et 9 220 m³/ha (C1A et C2A, respectivement), avec une moyenne de 7 400 m³/ha (figure ④). Les valeurs de la NID variaient entre un minimum de 4 670 m³/ha sur le secteur C2A et un maximum de 5 130 m³/ha sur le secteur C7 avec une moyenne de 4 950 m³/ha. La recharge d'alimentation par pompage correspond à 60 % dans le secteur C1B, 10 % dans les secteurs C4 et C5, et 7,6 % dans le secteur C2B, avec une moyenne générale de 9,3 %.

Les valeurs de GIE varient entre 0,53 et 0,72 (dans les secteurs C1A, C2A, et C7, respectivement), avec une moyenne de 0,69 (figure ④). De manière générale, on peut conclure que l'approvisionnement était adéquat, en fonction de la demande en matière d'irrigation en exploitation, avec une équité satisfaisante dans la distribution de l'eau grâce à une forte collaboration entre l'AUE et les exploitants agricoles. La valeur moyenne de la GIE, 0,69 (avec une fourchette comprise entre 0,53 et 0,72), est considérée comme satisfaisante (Wolters, 1992). Ces données n'ont cependant pas fourni suffisamment d'informations pour distinguer l'efficacité à l'échelle de l'exploitation de celle hors exploitation. D'une part, l'efficacité de transport dans les canaux principaux est assez variable, parfois inférieure à 70 %. D'autre part, les résultats observés de l'irrigation au champ permettent de conclure que l'efficacité de l'application à l'échelle de l'exploitation varie entre 65 % et 90 %, selon la méthode d'irrigation, du gravitaire au goutte-à-goutte. Comme mentionné précédemment, les pertes majeures en eau par ruissellement de surface présentaient des conditions permettant leur réutilisation en aval. En conséquence, ces pertes apparentes se sont en fait avérées avantageuses en matière d'utilisation d'eau car elles ont donné lieu à une efficacité accrue.

Les conditions pratiques dans le LVID mettent en évidence un ensemble de problèmes qui limitent les perfor-

mances optimales du système. Étant donné que le réseau d'approvisionnement est constitué de canaux ouverts, on note la présence d'un volume important de débris dans l'eau, à savoir la végétation aquatique qui prolifère en raison des nutriments contenus dans l'eau provenant des rivières. Ce problème se traduit par un travail manuel et un coût d'entretien élevés, ce qui en fait une activité peu efficace car le réseau est très vaste, représentant un total de 180 km, canaux secondaires inclus, et cette tâche n'est faisable que durant la période de non-irrigation. Il en résulte une réduction de la capacité d'évacuation des canaux, l'obstruction des grilles de drainage et une perte de précision dans la gestion de l'eau. Il faut du matériel pour débayer les débris, par exemple des grilles et des dégrilleurs, conçus pour filtrer l'eau d'irrigation.

Les actions visant à améliorer le système d'approvisionnement devraient prendre en compte les futurs thèmes de recherche suivants :

- un cadre pour l'élaboration de plans opérationnels de gestion de l'irrigation basés sur des outils de suivi, de simulation et de prévision afin d'intégrer des informations diverses, et fournir des données sur la distribution et la demande en eau pour opérationnaliser le système d'approvisionnement (Salomón-Sirolesi et Farinós-Dasí, 2019) ;
- des actions destinées aux exploitants agricoles et menées par l'AUE ainsi que d'autres parties prenantes afin d'améliorer l'irrigation sur le terrain en procédant à l'expérimentation et à la démonstration de différentes technologies les mieux adaptées aux conditions locales (Ricart *et al.*, 2018) ;
- la modernisation du système d'approvisionnement par canaux, en visant une plus grande fiabilité, efficacité et automatisation, en réalisant des économies d'eau, d'énergie et de coûts de la main-d'œuvre (Luppi *et al.*, 2018), et en s'appuyant sur des technologies de l'information et de la communication (Soto-García *et al.*, 2013).

Conclusions

La gestion de l'irrigation de l'eau est basée sur l'ajustement de la distribution en temps quasi réel, sur une période de temps très brève de quelques heures ou de quelques jours. Il est utile de préciser que l'indépendance relative de plusieurs secteurs en terme de distribution permet une prise de décision au plus près des usagers, favorisant ainsi plus de flexibilité dans la gestion. À son tour, l'esprit de coopération dont fait montre le groupe des usagers au niveau des canaux secondaires rend la gestion plus facile et favorise l'équité dans la distribution de l'eau, plus particulièrement pour ceux qui vivent en aval. Les fonctions d'arbitrage et de réglementation qui relèvent de l'AUE sont essentielles pour surveiller tout foyer de conflits possible entre les utilisateurs, et les minimiser au besoin. Cet exemple illustre de nombreux cas dans lesquels la gestion participative du périmètre irrigué a produit de bons résultats.

En conclusion, il faudrait mentionner des actions prioritaires pour consolider une gestion améliorée de l'eau, l'innovation technologique constituant un élément de modernisation du périmètre irrigué. Cette modernisation justifie le déploiement d'efforts multiples et de synergies de la part des parties prenantes, à savoir les exploitants agricoles, l'association des usagers de l'eau et les chercheurs. Le Groupe opérationnel en particulier, à travers le

suivi du système d'approvisionnement et l'évaluation de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation, en forte collaboration avec les exploitants agricoles, fournit l'information et la connaissance, permettant ainsi à l'AUE d'améliorer progressivement la gestion de l'eau dans le district. ■

Les auteurs

José M. GONÇALVES, Susana FERREIRA et Manuel NUNES
 Institut Polytechnique de Coimbra, École supérieure d'Agriculture,
 3045-601 Coimbra, Portugal.
 ✉ jmmg@esac.pt
 ✉ susana.ferreira@esac.pt
 ✉ mnunes@esac.pt

Rui EUGÉNIO et Henrique DAMÁSIO
 Associação de Regantes e Beneficiários do Vale do Lis,
 Quinta do Picoto, Leiria, 2425-492 Souto da Carpalhosa, Portugal.
 ✉ eugenio-ru@sapo.pt
 ✉ hdamasio71@gmail.com

Isabel FERREIRA
 Institut supérieur d'agronomie, Université de Lisbonne,
 Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbonne, Portugal.
 ✉ isabelferreira@isa.ulisboa.pt

Remerciements

Projet du « Groupe opérationnel de gestion de l'eau de la Vale do Lis » (PDR2020-1.0.1-FEADER-030911 – Grupo Operacional para a gestão da água no Vale do Lis).

EN SAVOIR PLUS...

- ✉ ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998, *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*, FAO, Irrig. Drain. Pap. 56, FAO, Rome.
- ✉ FERREIRA, S., OLIVEIRA, F., SILVA, F.G., TEIXEIRA, M., GONÇALVES, M., EUGÉNIO, R., DAMÁSIO, H., GONÇALVES, J.-M., 2020, Assessment of Factors Constraining Organic Farming Expansion in Lis Valley, Portugal, *AgriEngineering* 2020, 3, p. 111-127, ✉ <https://doi.org/10.3390/agriengineering2010008>
- ✉ FRISVOLD, G., SANCHEZ, C., GOLLEHON, N., MEGDAL, S.B., BROWN, P., 2018, Evaluating Gravity-Flow Irrigation with Lessons from Yuma, Arizona, USA, *Sustainability*, 10, 1548, ✉ <https://doi.org/10.3390/su10051548>
- ✉ GONÇALVES, J.M., FERREIRA, S., NUNES, M., EUGÉNIO, R., AMADOR, A., FILIPE, O., DUARTE, I.M., TEIXEIRA, M., VASCONCELOS, T., OLIVEIRA, F., GONÇALVES, M., DAMÁSIO, H., 2020, Developing Irrigation Management at District Scale Based on Water Monitoring: Study on Lis Valley, Portugal, *AgriEngineering*, 2(1), p. 78-95, ✉ <https://doi.org/10.3390/agriengineering2010006>
- ✉ HARMEL, D., CHAUBEY, I., ALE, S., NEJADHASHEMI, A.P., IRMAK, S., DEJONGE, K.C., MANI, I., 2020, Perspectives on Global Water Security, *Transactions of the ASABE*, 63(1), p. 69-80, ✉ <https://doi.org/10.13031/trans.13524>
- ✉ LUPPI, M., MALATERRE, P.-O., BATTILANI, A., FEDERICO, V.D., TOSCANO, A., 2018, A multi-disciplinary modelling approach for discharge reconstruction in irrigation canals: The Canale Emiliano Romagnolo (Northern Italy) case study, *Water*, 10, ✉ <https://doi.org/10.3390/w10081017>
- ✉ NAM, W.-H., HONG, E.-M., CHOI, J.-Y., 2016, Assessment of water delivery efficiency in irrigation canals using performance indicators, *Irrig Sci*, 34, p. 129-143, ✉ <https://doi.org/10.1007/s00271-016-0488-6>
- ✉ PERRY, C., STEDUTO, P., ALLEN, R.G., BURT, C.M., 2009, Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities, *Agricultural Water Management*, 96(11), p. 1517-1524, ✉ <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.05.005>
- ✉ PLAYÁN, E., SAGARDOY, J.A., CASTILLO, R., 2018, Irrigation governance in developing countries: Current problems and solutions, *Water*, 10(9), 1118, ✉ <https://doi.org/10.3390/w10091118>
- ✉ REPLOGLE, J.A., KRUSE, E.G., 2007, Delivery and distribution systems, in: HOFFMAN, G.J., EVANS, R.G., JENSEN, M.E., MARTIN, D.L., ELLIOT R.L. (Eds.), *Design and Operation of Farm Irrigation Systems* (2nd Edition), ASABE, St. Joseph, M.I., p. 347-391.
- ✉ RICART, S., RICO, A., KIRK, N., BÜLOW, F., RIBAS-PALOM, A., PAVÓN, D., 2018, How to improve water governance in multifunctional irrigation systems? Balancing stakeholder engagement in hydro-social territories, *Int. J. of Water Res. Develop.*, 35(3), p. 491-524, ✉ <https://doi.org/10.1080/07900627.2018.1447911>
- ✉ RRN, Grupo Operacional para a Gestão da Água no Vale do Lis, ✉ <https://inovacao.rederural.gov.pt/2/81-grupo-operacional-para-a-gestao-da-agua-no-vale-do-lis>
- ✉ SALOMÓN-SIROLES, M., FARINÓS-DASÍ, J., 2019, A New Water Governance Model Aimed at Supply-Demand Management for Irrigation and Land Development in the Mendoza River Basin, Argentina, *Water*, 11, 463, ✉ <https://doi.org/10.3390/w11030463>
- ✉ SOTO-GARCIA, M., DEL-AMOR-SAAVEDRA, P., MARTIN-GORRIZ, B., MARTÍNEZ-ALVAREZ, V., 2013, The role of information and communication technologies in the modernisation of water user associations' management, *Comp. Electron. Agric.*, 98, p. 121-130, ✉ <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.08.005>
- ✉ WOLTERS, W., 1992, *Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use*, ILRI publication, Wageningen, The Netherlands.