



Culture écologique de riz humide

Expériences de culture au nord des Alpes

2021

Agroscope, mars 2022

Yvonne Fabian
Katja Jacot
Viviane Brönnimann

Contenu

1. Résumé	3
2. Introduction	4
2.1 Riziculture en Suisse: Expériences passées	4
2.1.1 Identifier et utiliser les terres assolées humides.....	5
2.1.2 Exigences du riz en matière de climat et de gestion de la culture	5
2.2 Priorités de recherche 2021	7
3. Méthodologie	8
3.1 Sites	8
3.2 Données d'exploitation.....	9
3.3 Relevés agronomiques	9
3.4 Enquêtes sur la biodiversité	11
4. Résultats et discussion	12
4.1 Aperçu de l'année de culture 2021	12
4.2 Enquêtes relatives à la récolte	15
4.3 Gestion de l'eau.....	16
4.4 Gestion des mauvaises herbes.....	17
4.5 Fertilisation et éléments nutritifs.....	18
4.6 Conditions climatiques en 2021 et impact sur la culture du riz	18
4.7 Rentabilité.....	20
4.8 Essais variétaux.....	21
4.9 Promotion des espèces	22
5. Conclusion et perspectives.....	27
6. Remerciements	27
7. Références bibliographiques	28
Annexe 1.....	29

1. Résumé

L'objectif de la recherche réalisée en 2021 visait à poursuivre la collecte de données dans les domaines de la technique culturale et de la promotion des espèces dans la riziculture humide en Suisse et à consolider ainsi les connaissances sur les facteurs de réussite et la présence des espèces. En 2021, les agriculteurs ont cultivé du riz sur treize sites au total, répartis dans tout le nord de la Suisse (cantons de VD, FR, BE et AG); des données ont été collectées sur 11 sites.

Les conditions météorologiques de 2021 n'ont pas facilité la cultivation du riz humide. La récolte n'a été possible que sur cinq des treize sites sous observation, tandis que sur les huit autres sites, la culture du riz a dû être interrompue prématurément ou il n'y a eu aucun rendement. Outre le fait que de longues périodes de froid pendant le développement des jeunes plants ont favorisé la concurrence du millet et de la renouée, les inondations en juillet ainsi que les températures basses atypiques et le peu d'heures d'ensoleillement en été ont posé d'autres défis inattendus à la riziculture humide. On peut citer en particulier, l'exploitation des champs en semis direct, qui n'a guère été fructueuse en 2021 (récolte possible sur deux sites sur neuf seulement). En revanche, sur trois des quatre sites où la méthode du repiquage de plantons a été appliquée, des récoltes avec un rendement de 3 à 5 t/ha ont été possibles. Le temps pluvieux défavorable accompagné de températures basses a fortement influencé le développement du riz: épiaison incomplète, floraison et maturation irrégulières ainsi que grains vides ont été relevés.

Les observations faites en 2021 confirment celles de 2019 et de 2020: la réussite de la culture du riz humide est due à des facteurs d'exploitation déjà reconnus comme pertinents, tels que l'inondation précoce, suffisamment élevée et durable des champs (Meier, 2019, Jacot et al., 2020). Par ailleurs, l'année écoulée confirme l'avantage du repiquage des plantons par rapport au semis direct ainsi que l'importance de la recherche de variétés de riz précoces et tolérantes au froid. Il ressort d'un essai variétal réalisé en 2021 sur trois sites que, en plus de la variété actuelle Loto, des autres variétés pourraient convenir à la culture dans le nord de la Suisse (Steinegger, 2021). Dans le domaine du monitoring de la biodiversité, différentes observations réjouissantes ont été faites en 2021: en plus d'insectes et d'amphibiens menacés, certains oiseaux rares ont été observés dans les rizières (Hohl et Hagist, 2022) et diverses activités liées aux chauves-souris ont été enregistrées.

Dans le cadre des projets prévus ces prochaines années, Agroscope entend répondre à d'autres questions relatives à la technique culturale en collaboration avec la HAFL (Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires) et les riziculteurs intéressés et définir des mesures pour une promotion plus ciblée des espèces. Il convient donc de favoriser le potentiel de la culture du riz humide en tant qu'alternative écologique pour les terres associées humides et de soutenir de manière ciblée les riziculteurs actuels et futurs.

2. Introduction

2.1 Riziculture en Suisse: Expériences passées

Depuis 2017, Agroscope étudie la culture écologique du riz humide au nord des Alpes en collaboration avec des agriculteurs innovants. *Écologique*, car les principaux objectifs de cette culture sont - outre la réussite de la culture - la promotion des espèces hygrophiles (insectes, amphibiens et oiseaux) ainsi qu'une exploitation respectueuse de l'environnement (renonciation à tout produit phytosanitaire). Il y a cinq ans, une première petite surface a été cultivée dans le canton de Soleure (Grenchner Witi), puis une plus grande surface dans le canton de Berne (Schwadernau). En 2019, d'autres parcelles ont suivi dans le canton de Fribourg (Mont-Vully) ainsi que dans le canton d'Argovie (Brugg) et en 2020, le nombre de rizicultures s'élevait à neuf, réparties dans tout le nord de la Suisse (sites dans les cantons de VD, du VS et d'autres sites dans les cantons d'AG et de BE). En 2020, la surface cultivée s'élevait au total à 4,8 ha. A noter que les exploitants s'initient souvent à cette culture exotique sur de petites surfaces d'essai (moins de 1 ha).

Les rapports de projet des années 2019 et 2020 décrivent des succès impressionnants de la riziculture inondée en Suisse. Ainsi, la récolte d'octobre 2020 a donné en moyenne 4,9 t/ha de riz brut. Dans les rizières, on a en outre observé diverses espèces hygrophiles. Parmi elles, des espèces animales menacées telles que la sympétrum à corps déprimé, le crapaud calamite, la rainette verte, la couleuvre à collier et des limicoles comme le chevalier guignette et le petit gravelot. La présence d'espèces végétales menacées (p. ex. le jonc fleuri [fig. 2] et la très rare salicaire à feuilles d'hysope) a également été observée (Rutz, 2021). Parallèlement, des méthodes de culture (semis direct ou repiquage de plantons) et des variétés ont été testées afin de déterminer leurs aspects positifs pour la culture du riz dans les conditions climatiques locales. Les résultats des travaux de recherche de même que les expériences des riziculteurs montrent clairement l'avantage de la méthode de repiquage des plantons par rapport à celle du semis direct (Meier, 2019). Le repiquage peut conférer au riz un avantage en termes de développement et donc de compétitivité, en particulier les années où la période de végétation est raccourcie (printemps froid). L'inondation précoce des champs est également déterminante, non seulement pour la gestion des mauvaises herbes (suppression des graminées concurrentes comme le panic pied de coq), mais aussi pour créer des conditions de croissance optimales à la culture du riz - qui aime la chaleur - grâce à la capacité accrue de stockage de la chaleur par l'eau.



Figure 1 (à gauche): Rencontre de spécialistes des insectes à l'été 2020 dans la parcelle de riz humide à Brugg pour une excursion visant à déterminer les espèces de libellules.

Figure 2 (à droite): La diversité végétale dans les rizières inondées a été systématiquement relevée en 2020 dans le cadre du travail de master de Theres Rutz. Cette dernière s'est notamment réjouie de la présence du jonc fleuri (*Butomus umbellatus*) dans la rizière de Schwadernau BE.

2.1.1 Identifier et utiliser les terres assolées humides

La réussite de la culture du riz humide dépend en grande partie de l'inondation permanente (Meier, 2019) et il est donc déterminant de choisir un site avec des caractéristiques de sol adaptées, où l'infiltration de l'eau ne se fait que lentement en raison des couches d'argile existantes. Or, les terres assolées humides (TAH) sont idéales. Le terme TAH désigne une surface cultivée qui, périodiquement, est influencée de manière substantielle par la nappe phréatique, les eaux de versant ou les eaux stagnantes (Szerencsits et al., 2018). Une influence substantielle signifie que des parties du champ sont saturées d'eau jusqu'à la surface pendant plusieurs périodes de l'année, de sorte que la productivité agricole est réduite (Zorn, 2018). Une carte récente montrant la répartition potentielle des terres inondables dans le paysage agricole suisse (Szerencsits et al., 2018) est disponible et fournit, avec l'aide à la décision élaborée (Fabian et al., 2021, non encore publiée), des bases importantes pour les agriculteurs, mais aussi pour les offices cantonaux et autres services de vulgarisation, lorsqu'il s'agit de savoir si le site en question se prête ou non à la culture du riz humide. Selon l'étude de Szerencsits et al., 18% (70'532 ha) des surfaces cultivées présentent un potentiel de terres assolées humides - en raison de paramètres pédologiques/géologiques pertinents - dont 30% ont également un potentiel élevé en termes de paramètres de relief/de précipitation. Cette carte d'aptitude sert en outre de base à la simulation de corridors de distribution pour les espèces animales qui dépendent des habitats humides. Ainsi, les futures rizières inondées pourraient être aménagées non seulement sur des sites disposant de sols appropriés, mais aussi de manière ciblée à des endroits où les espèces animales migratrices hygrophiles (amphibiens) profitent particulièrement de la mise en réseau des habitats. A cette fin, la carte intègre également les inventaires des zones humides. Les travaux relatifs à la carte d'aptitude constituent une base pour la planification et la mise en œuvre de la stratégie «Biodiversité Suisse» dans le domaine de l'«infrastructure écologique».

Une autre raison justifiant de convertir en riziculture les TAH actuellement utilisées pour les grandes cultures normales repose sur le fait que près de 50% des installations de drainage sur les terres assolées sont en mauvais état ou leur état n'est pas connu (Bequin et Smoler, 2010). Leur rénovation étant coûteuse et la dégradation du carbone s'accélérait massivement sur les sols organiques drainés (p. ex. région «Grosses Moos» dans le Seeland bernois), la remise en eau délibérée de telles surfaces - par exemple pour la riziculture inondée écologique - constituerait une solution judicieuse. La thématique de l'éventuelle augmentation des émissions de gaz à effet de serre des sols détremés est également prise en compte: selon les recherches actuelles, les émissions de méthane sur de tels sols sont spécifiques au climat et au site (Gramlich et al., 2018) et le bilan des gaz à effet de serre est globalement positif (Gramlich et al., 2020).

2.1.2 Exigences du riz en matière de climat et de gestion de la culture

Le climat tempéré de la Suisse présente quelques défis pour le riz (*Oryza sativa*), qui aime la chaleur. Contrairement aux régions cultivées toute l'année en Asie, la période de culture en Europe se limite aux mois les plus chauds (de mai à septembre). Des périodes de froid prolongées en mai peuvent perturber considérablement le développement des jeunes plants et empêcher la récolte en octobre. Il existe cependant depuis longtemps diverses régions de culture en dehors des zones climatiques (sub-)tropicales, à des altitudes où les températures sont fraîches (Népal, Japon) et sous des latitudes plus septentrionales (France, Italie, Hongrie), où la culture de variétés de riz tolérantes au froid a été testée avec succès. Ci-dessous, une brève description de certains aspects biologiques importants du riz.

Le plant de riz présente plusieurs étapes critiques de développement, dont l'importance varie en fonction de la situation géographique et des conditions météorologiques prédominantes (cf. tabl. 1).

Les premières semaines après la germination sont considérées comme particulièrement sensibles et influencent davantage le degré de croissance que les étapes ultérieures du développement (Yoshida, 1981), d'où l'importance d'une gestion précautionneuse de la culture pendant le développement des jeunes plants (choix de la méthode culturale, inondation précoce et niveau d'eau élevé, arrachage précoce des plantes concurrentes comme l'*Echinochloa* pied de coq *Echinochloa crus-galli*). La période allant de la formation du pollen à la fécondation est considérée comme la plus vulnérable (Nishiyama, 1984).

Tableau 1: Stades de développement du plant de riz avec des plages de température critiques (air). Les plages peuvent varier en fonction de la variété de riz. Les effets possibles sur la culture (variable influencée) sont également énumérés. p.i. = pas d'indication.

Stade de développement	Température optimale (°C)*	Température critique (°C)	Paramètre influencé
Germination	18-40	p.i.	Taux de germination (réduit), durée de germination (prolongée)
Premières semaines après la germination	25-31**	p.i.	-
Montaison	25-31	7-16 (Yoshida, 1981)	Stérilité et sénescence précoce déjà influencées
Formation du pollen jusqu'à la fécondation	30-33	15-19 (Nishiyama, 1984)	Réussite de la fécondation. Très dépendant de la variété, fortement dépendant de la durée de la vague de froid.
Maturation	20-29	p.i.	La maturation dure jusqu'à 65 jours dans les zones climatiques tempérées (Yoshida, 1981)

*Basuchaudhuri, 2014 ; **L'optimum vaut aussi pour le tallage

Dans la culture du riz humide en Suisse, la stérilité induite par le froid (absence de formation de grains) ainsi que la pression due aux mauvaises herbes se sont avérées des facteurs limitant le rendement (Meier, 2019). Ces deux facteurs peuvent toutefois être influencés en optimisant l'exploitation. Ainsi, les chercheurs ont trouvé un lien entre la tolérance au froid et l'apport en éléments nutritifs: une étude suggère que des apports élevés en azote sont associés à une diminution de la tolérance au froid et à la stérilité (Gunawardena et al. 2003). Le phosphore semble également jouer un rôle crucial dans le développement du riz et peut réduire la stérilité induite par l'azote (Nishiyama, 1984). La gestion de l'eau joue aussi un rôle important: des études ont montré qu'une augmentation de la température de l'eau peut diminuer l'influence négative des températures froides de l'air sur la stérilité induite par le froid (Shimono et al., 2005; Shimono et al., 2007). En plus d'une gestion optimale de l'eau et de l'apport en éléments nutritifs, le choix des variétés est lui aussi déterminant: les variétés tolérantes au froid et les variétés précoces présentent de grands avantages dans les conditions climatiques locales. D'autres facteurs d'exploitation décisifs sont la méthode culturale choisie (repiquage de plantons ou semis direct [SD]), la gestion de l'eau et la régulation des mauvaises herbes. Les expériences des années 2017 à 2020 montrent clairement à quel point les facteurs mentionnés s'influencent mutuellement et déterminent dans une large mesure le succès de la culture. Actuellement, ce sont surtout les mauvaises herbes qui posent de gros problèmes à la culture du riz humide, en particulier sur les surfaces avec SD et du riz comme précédent cultural. Comme la méthode de repiquage permet de repiquer les plantons de riz directement dans le champ inondé (environ 5 cm de profondeur d'eau) et que, dans le cas de la méthode par SD, le niveau d'eau ne peut être relevé que lentement après le semis (risque

de noyer les germes), il est recommandé de choisir la méthode de repiquage, en particulier lorsque la pression des mauvaises herbes a déjà été massive l'année précédente (Jacot et al., 2020).

2.2 Priorités de recherche 2021

L'objectif principal des travaux de recherche d'Agroscope dans la riziculture inondée en 2021 est resté le même que lors des projets précédents: identifier et caractériser les facteurs qui permettent de mener à bien la culture du riz. A cet effet, en plus d'une enquête sur l'exploitation des surfaces, diverses mesures ont été effectuées sur le terrain en 2021. Outre le fait que la riziculture doit être praticable et économiquement rentable, les objectifs écologiques restent en ligne de mire: la riziculture inondée doit servir à promouvoir la biodiversité et en particulier à créer des habitats et à offrir de la nourriture à des espèces animales et végétales menacées. Dans cette optique, les connaissances acquises en 2019 et 2020 par le biais d'enquêtes sur la biodiversité ont été complétées l'année dernière par d'autres études.

Les données suivantes ont été collectées par Agroscope en 2021:

- *Données agronomiques*: Mesures de températures (air, eau et sol), mesures de la chlorophylle, mesures des éléments nutritifs dans le sol et l'eau, relevés de la profondeur de l'eau et de la phénologie à différents moments pendant la phase végétative, relevés du nombre de pousses/m², du poids de mille grains et des rendements (g/m²) à la récolte.
- *Essai variétal*: L'objectif de l'essai variétal consistait à identifier d'autres variétés de riz adaptées à la culture au nord des Alpes. Pour ce faire, un plan d'essai a été établi pour huit variétés de riz, décrites comme tolérantes au froid, et les surfaces d'essai ont été aménagées sur trois sites (Untersiggenthal Est, Brugg et Detligen). L'essai variétal a été planifié et réalisé dans le cadre du travail de master d'Andrea Steinegger de l'*ETH de Zurich* (Steinegger, 2021).
- *Relevés sur la biodiversité*: Pour déterminer la biodiversité dans la riziculture humide, des relevés de libellules, d'orthoptères et d'amphibiens ont été effectués en 2021 (en particulier sur les nouveaux sites de Stetten, Jonen et Mühlau) ainsi qu'un suivi des chauves-souris (comparaison de l'activité dans les habitats maïs, riz et mares/zones humides).
- *Essai de fertilisation «apport optimal en éléments nutritifs»*: Sur le site de Brugg, des bassins ont été mis en place avec quatre concentrations différentes d'engrais organique *Biorga*: (1) 0 N kg/ha (contrôle), (2) 25 N kg/ha, (3) 50 N kg/ha et (4) 150 N kg/ha). Les analyses effectuées faisaient partie d'un travail de bachelor à l'Université Rhein-Waal (D). Cet essai a dû être interrompu en raison des inondations.
- *Essai de fertilisation «amphibiens»*: Un essai de fertilisation avec des amphibiens (impact de différentes concentrations d'engrais sur le développement des larves d'amphibiens) a été planifié dans le cadre du travail de master de Moritz Bär, *ETH de Zurich*, mais n'a pas pu être réalisé en raison des conditions météorologiques (problèmes de maintien du niveau d'eau, puis inondations).

En plus d'Agroscope, la HAFL mène également des recherches sur les rizières humides depuis plusieurs années. Comme l'année précédente, le groupe de Hans Ramseier a réalisé en 2021 un essai de fertilisation dans la rizière de Witzwil (résultats non encore publiés). Dans un rapport séparé, on trouve des résultats réjouissants sur les observations d'oiseaux dans huit des treize rizières humides, observations qui ont été coordonnées par la Station ornithologique en 2021 (Hohl et Hagist, 2022).

3. Méthodologie

3.1 Sites

En 2021, la culture du riz a été testée sur quatre sites supplémentaires: Detligen, Stetten, Jonen et Mühlau (voir points rouges sur la carte synoptique, fig. 3). Ainsi, la surface totale cultivée en riz est passée en 2021 à 11,1 ha et le nombre de sites à treize. La taille des parcelles variait entre 0,5 et 1,8 ha. Sur le site de Bavois Nord (BsN), aucune culture de riz n'a été mise en place cette année. Les rizières de Vionnaz VS (arrêt très précoce de la culture comme justification) et de Schwadernau BE (pas de relevés) n'ont pas fait l'objet d'observations et ne font donc pas partie de ce rapport.

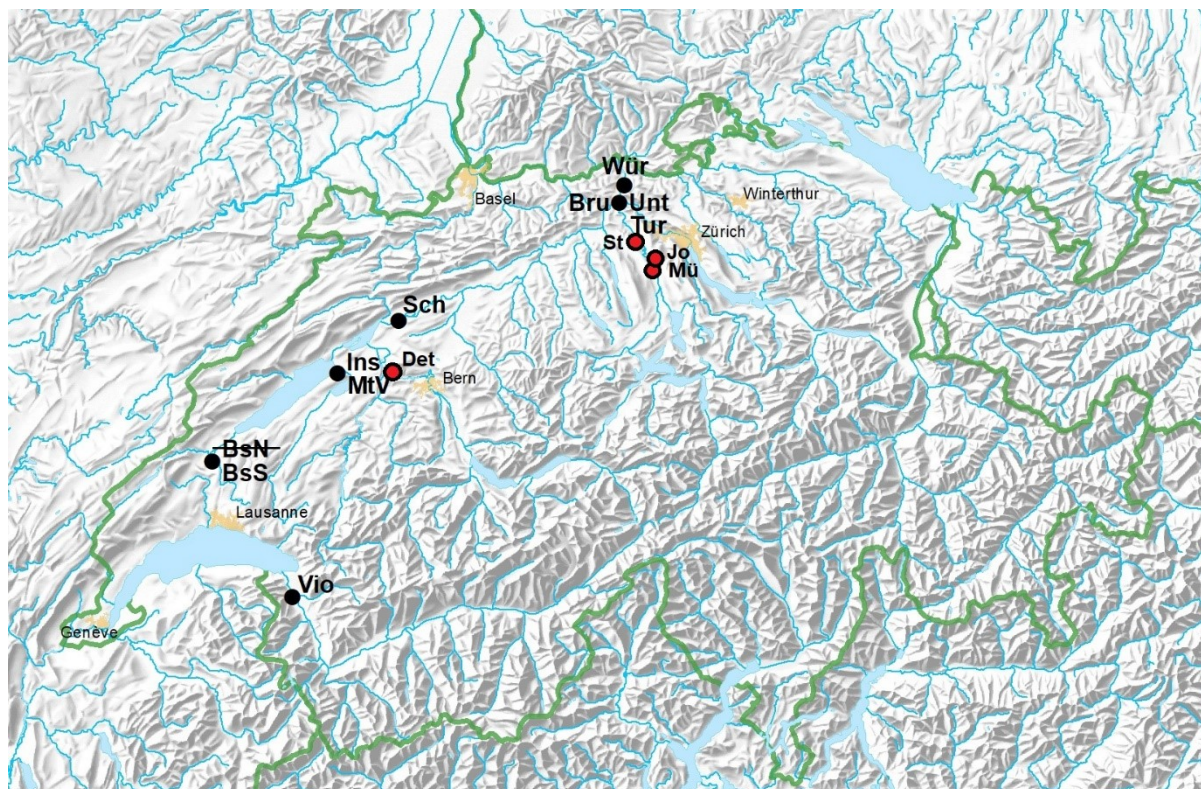


Figure 3: Carte synoptique des treize sites de riziculture humide en Suisse. Abréviations (de gauche à droite): BsS=Bavois Sud, nommé Bavois; Vio=Vionnaz VS; Ins=Witzwil; MtV: Mont-Vully; Det=Detligen; Sch=Schwadernau; Bru=Brugg; Unt=Untersiggenthal Ouest; Tur=Untersiggenthal Est (Turgi); Wür=Würenlingen; St= Stetten; Jo=Jonen; Mü=Mühlau. © Luna Sartori. Les sites marqués en rouge indiquent les rizières humides mises en place pour la première fois en 2021.

L'annexe 1, tableau 1 (p. 29-31) contient des tableaux récapitulatifs de toutes les rizières sous observation en 2021. Ces tableaux contiennent les informations les plus importantes sur les caractéristiques des sites et les facteurs d'exploitation. Les caractéristiques du site comprennent notamment les extraits de la carte d'aptitude TAH. La couleur indique l'aptitude des sols en tant que TAH (bleu = bonne aptitude, rouge = mauvaise aptitude, vert = aptitude difficile à évaluer en raison du manque de données). Selon la carte TAH, quatre des onze surfaces de riz ne se trouvent pas sur un site approprié - cela signifie par exemple que le sous-sol est graveleux et que l'eau peut donc bien s'infiltrer. Le fait que du riz humide soit déjà cultivé depuis environ trois ans sur ces sites inappropriés selon la carte TAH (exemple de Brugg) montre que les caractéristiques défavorables du sol peuvent être compensées, selon l'année, par des mesures d'exploitation appropriées (p. ex. pompe à eau avec une capacité de pompage accrue ou une fréquence de pompage plus élevée; travail du sol en hiver et travail de

préparation du lit de semences). L'aptitude TAH fournit une base importante pour déterminer les causes possibles des échecs.

3.2 Données d'exploitation

Les données d'exploitation des différentes rizières ont été obtenues par le biais d'entretiens pendant les travaux des champs ou d'une enquête écrite en fin d'année. Les aspects suivants ont été pris en compte:

- *Préparations et méthodes*: méthode choisie (repiquage de plantons ou SD), date du semis/du repiquage, densité de semis ou de repiquage
- *Gestion de l'eau*: fréquence de pompage (quotidienne, hebdomadaire, autre), apport d'eau (cours d'eau, nappe phréatique, drainage)
- *Régulation des adventices*: type de mauvaises herbes dominantes, désherbage manuel (oui/non), désherbage mécanique avec par exemple le paddy weeder (oui/non), nombre d'interventions de désherbage (passages ou heures passées, désherbage manuel et mécanique séparés), autres mesures prises. Agroscope a également évalué si la lutte contre les adventices avait été efficace ou non. La lutte a été considérée comme non réussie sur les surfaces qui présentaient un fort recouvrement de mauvaises herbes au moment de l'arrêt de la culture ou jusqu'à peu de temps avant la récolte.
- *Fertilisation*: utilisation d'engrais (oui/non), type, quantité et moment(s) d'épandage
- *Rentabilité*: l'exploitant de Mont-Vully a fourni des données détaillées sur la rentabilité de l'année de riziculture 2020 (résultats de l'enquête de 2020). Comme il s'agit d'estimations approximatives, qui incluent des conditions spécifiques au site, les données doivent être traitées avec prudence.

Enfin, nous avons demandé à tous les exploitants quelles étaient, selon eux, les principales raisons du succès ou de l'échec de cette année de riziculture.

3.3 Relevés agronomiques

Les relevés agronomiques effectués sont présentés dans la figure 4. Afin de pouvoir comparer les données des différentes années de culture, la méthode des relevés des années précédentes a été conservée, sauf mention spécifique. En plus des relevés de la phénologie du riz et de la profondeur d'eau dans le champ ainsi que les relevés effectués juste avant la récolte en octobre (nombre de pousses et rendement par m², voir fig. 6), les mesures supplémentaires suivantes ont été effectuées:

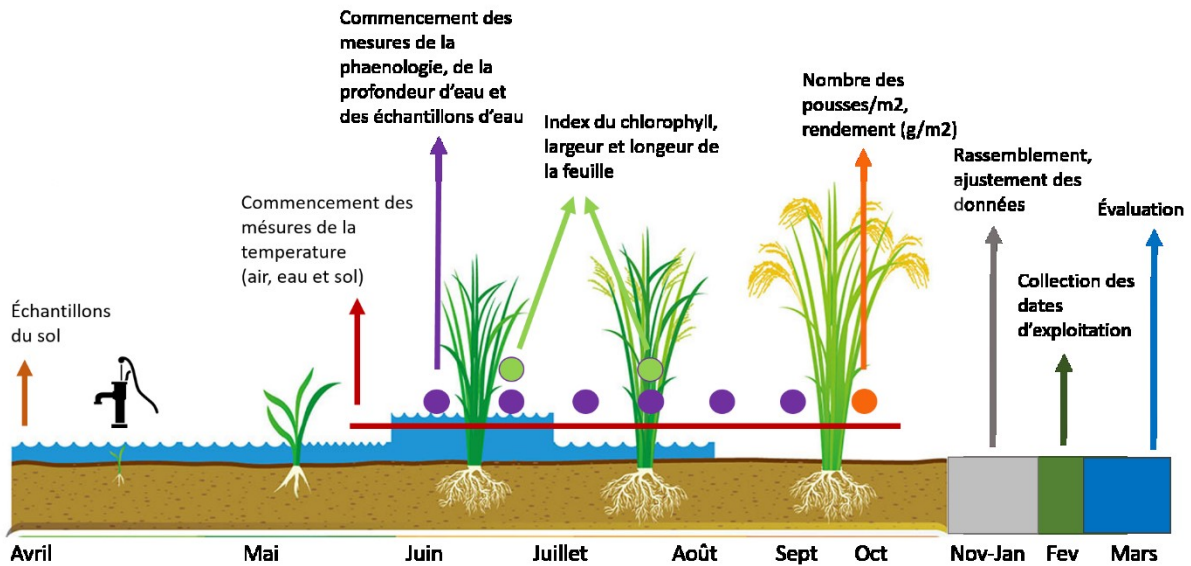


Figure 4: Aperçu des dates des relevés agronomiques effectués au cours de l'année de culture 2021.

Échantillons de sol: Des échantillons ont été prélevés avant l'inondation des champs, respectivement avant le semis ou le repiquage des plantons en avril 2021. Pour ce faire, des échantillons ont été prélevés à cinq endroits différents dans chaque champ et dans trois couches de sols différents (0-30 cm, 30-60 cm et 70-90 cm). La nature (parties de squelette) du sol a été évaluée à chaque fois. Le nitrate (N_{tot}), le carbone (C_{tot}), le phosphore (PH_2O) et le potassium (KH_2O) ont été analysés en laboratoire (*résultats attendus*).

Échantillons d'eau: Un échantillon mélangé par champ (10 points de prélèvement le long d'un parcours délimité d'environ 100 mètres dans le champ) a été prélevé à six dates réparties entre juin et septembre et un autre échantillon directement de l'eau d'afflux ou à côté (tuyaux d'irrigation). Ces relevés doivent permettre de suivre la dynamique des éléments nutritifs présents (nitrate, ammonium, sodium, magnésium et potassium).

Températures: des appareils de mesure de la température ont été installés dans le sol (à 10 cm de profondeur), dans l'eau (à 4 cm du fond) et dans l'air (à 1 m du sol, voir fig. 5) et les données ont été collectées de fin mai à septembre. Certains appareils de mesure ayant été perdus au cours de l'été (inondations) ou étant défectueux, des données manquent sur certains sites.

Chlorophylle: la teneur en chlorophylle a été relevée à l'aide d'un SPAD-mètre (unité de *Optical Density*, abrégé OD) à deux dates (en juin et en août). Pour chaque champ et chaque date de relevé, 20 feuilles ont été analysées et la valeur moyenne a été calculée.



Figure 5: Appareil Audiomoth pour l'enregistrement de l'activité des chauves-souris (voir chapitre 3.4) et, en dessous, l'un des trois appareils de mesure de la température fixés sur un piquet en bambou à Witzwil BE. **Figure 6:** Relevés effectués lors de la récolte 2020 à Schwadernau, comme en 2021.

3.4 Enquêtes sur la biodiversité

Des relevés ont été effectués sur la présence de libellules, d'orthoptères, de larves d'amphibiens et de chauves-souris. Les relevés de libellules et d'orthoptères ont été effectués les jours où les conditions météorologiques étaient favorables à l'activité de ces groupes, c'est-à-dire par temps ensoleillé, chaud (température supérieure à 15°C) et sec avec peu de vent.

Libellules: Les libellules adultes ont été recherchées au cours de trois visites dans les cinq rizières inondées du canton d'Argovie, en bordure de champ et sur un transect en forme de N à l'intérieur du champ. Si nécessaire, les libellules ont été capturées, photographiées, identifiées, puis relâchées. Le nombre de mâles, de femelles, de subadultes et le comportement (chasse, roue d'accouplement, ponte) ont fait l'objet de relevés. Les clés d'identification utilisées étaient DIJKSTRA & LEWINGTON (2014) et INFO FAUNA CSCF & KARCH (2018). En 2021, des exuvies ont été recherchées dans les trois nouveaux champs de Stetten, Jonen et Mühlau au cours d'une tournée de 15 min dans chaque champ. Les exuvies trouvées ont été identifiées en laboratoire à l'aide d'un binoculaire et de la clé de détermination de Stefan Kohl.

Orthoptères: Les orthoptères ont été recherchés par observation visuelle et par reconnaissance des chants lors d'un tour des parcelles (dix champs) effectué sur deux jours entre le 20 mai et le 10 juin et entre le 20 août et le 20 septembre.

Amphibiens: Les larves d'amphibiens ont été relevées dans huit champs pendant deux semaines consécutives (semaines 26 et 27). Les larves ont été relevées dans le champ et les fossés humides au moyen d'un cadre en bois de 25x25 cm en 20 échantillons. Les échantillons ont été prélevés le long d'une ligne marquée (voir échantillons d'eau) à travers le champ ou au centre du fossé humide et à une distance d'au moins 2 à 3 mètres. Tous les têtards présents dans le cadre en bois ont été comptés et leur taille mesurée.

Chauves-souris: En 2020, les cris des chauves-souris ont été enregistrés à l'aide d'un appareil d'enregistrement sonore Audiomoth (boîte verte, voir fig. 4) dans neuf rizières inondées: Bavois, Mont-Vully, Schwadernau, Untersiggenthal Est, Untersiggenthal Ouest, Vionnaz, Wasserschloss, Witzwil et Würenlingen. En outre, des données ont été collectées à 5, 25 et 45 m de la rivière dans les rizières de Schwadernau et de Brugg. En 2021, des relevés de données ont été effectués à la fois dans une rizière inondée, un champ de maïs et une zone humide sur les sites du Mont-Vully, de Witzwil, de Detligen, de Brugg, d'Untersiggenthal Ouest, de Würenlingen, de Stetten, de Jonen et de Mühlau. Les données de 2021 sont encore en cours

d'évaluation. Seuls les résultats de 2020 sont présentés. Les données enregistrées ont été analysées à l'aide du logiciel automatisé BatScope 4 (Obrist & Boesch, 2018) afin de déterminer les espèces de chauves-souris présentes et le nombre de vols. Les fichiers sonores ont été importés dans BatScope4 et regroupés en collections correspondant aux différentes rizières.

4. Résultats et discussion

4.1 Aperçu de l'année de culture 2021

Le tableau 2 donne un aperçu des données des onze rizières étudiées en 2021. Les résultats de l'enquête ainsi que les données des relevés de terrain ont été pris en compte. En raison du nombre élevé de rizières abandonnées prématurément et des mauvaises récoltes, l'analyse des données 2021 ne se concentre pas sur les aspects quantitatifs, mais qualitatifs et met plutôt en lumière les défis de l'année de culture écoulée en fonction du site.

Méthodes culturales

Le printemps dernier, quatre exploitants sur treize ont opté pour la méthode de culture avec des plantons (repiquage à la mi-mai, à l'exception de l'exploitant de Mühlau qui, en raison d'un SD raté, a repiqué des plantons à la mi-juin) et neuf pour un semis direct (semis entre le 27 avril et le 10 mai). L'année de culture écoulée marquée par plusieurs périodes de froid atypiques et un manque d'heures d'ensoleillement a été plutôt défavorable à la culture du riz - qui aime la chaleur - et cette situation s'est traduite par l'interruption d'un grand nombre d'essais de culture: sur près de la moitié des surfaces de riz sous observation (six sites sur onze), la culture a été abandonnée entre juin à août (fig. 7) - dans tous les cas, il s'agissait de la méthode SD. Dans trois des quatre procédés de repiquage, la culture a réussi (rendements de 2-5 t/ha, fig. 8-10).

Récolte

Sur les sites du **Mont-Vully**, **Witzwil**, de **Jonen** et de **Stetten**, la récolte a eu lieu de la mi-octobre à la fin octobre. En 2019, les relevés ont montré que les plantons ont pu être récoltés 25 à 47 jours plus tôt que le riz planté en SD (Meier, 2019). Comme il n'existe que peu de données pour l'année passée, ces observations ne peuvent être ni confirmées ni infirmées. A cela s'ajoute le fait qu'en 2021, plusieurs exploitants ont plutôt retardé la récolte, car la maturation des cultures était très irrégulière.



Figure 7: Culture de riz en semis direct à Untersiggenthal Est (AG) le 24 juin 2021, six semaines après le semis. La culture a été abandonnée en raison de la forte pression du millet (3^e année de culture). **Figure 8:** Champ avec plantons à Witzwil (BE), le 23 juin 2021, environ un mois après le repiquage (2^e année de culture). Ici, la pression des mauvaises herbes a été bien régulée.

Tableau 2: Aperçu des données d'exploitation et des relevés des onze rizières inondées sous observation en 2021. Les sites avec semis direct (SD) sont marqués en vert, ceux avec repiquage de plantons (S) en bleu. Niveau d'eau = valeur moyenne de cinq observations entre avril et août, arrondie. La stérilité des panicules (%) est basée sur une évaluation visuelle. Sur les sites de Brugg, du Mont-Vully et de Mühlau, les observations ont été divisées en plusieurs bassins - en cas de données différentes, les résultats des divers bassins sont divisés par un trait transversal (/). p.i = pas d'indication.

Sites	Bavois	Mont-Vully	Witzwil	Detligen	Brugg	Würenlingen	Untersigg. West	Untersigg. Ost	Stetten	Jonen	Mühlau
Date de semis/de repiquage	04.05	18.05	Mi-mai	30.04	10.05	Fin avril	28.04	03.05	16.05	27.04	30.04, 15.06
Densité de semis/de repiquage (kg/ha ou planton/m ²)	220	80	n.d.	100	160	200	200	200	50	200	200
Procédé*	SD	S	S	SD	SD	SD	SD	SD	S	SD	S
Niveau d'eau	0	17	17	16	2	0,5	2	2	13	13,5	7,5/6
Fertilisation (oui/non, kg N/ha)	non	oui, 82	oui, 30°	non	oui, 144	oui, p.i.	oui, 50	oui, 1	non	non	bassin 2 uniquement, 100
Type d'engrais**	-	org/min	org/min	-	min	p.i.	min	min	-	-	org
Couverture des adventices (%)	95	20	20	40	95	20 ?	95	95	10	5	5/20
Effort de désherbage	moyen	élevé	p.i.	faible	élevé	faible	moyen	faible	moyen	faible	bas/élevé
Méthode de désherbage***	les deux	les deux	p.i.	man	les deux	pas de désherbage	man	mach	man	man	man
Régulation des mauvaises herbes réussie?	non	oui	oui	non	non	non	non	non	oui	oui	oui
Stérilité (%)	-	20	20	90-100	-	100	-	-	20	40-60	80
Date de récolte	-	fin oct.	mi-oct.	-	-	-	-	-	mi-oct.	fin oct.	-
Rendement (g/m ²)	-	388/419	638	0	-	0	-	-	492	244	10/39

*Repiquage des plantons (S) ou semis direct (SD); **organique = org; minéral = min; ***man = manuel; mach = désherbage mécanique avec paddy weeder, herse-étrille ou similaire; °essai de fertilisation HAFL



Figure 9: La riziculture de Jonen est la seule culture en semis direct qui a eu un certain succès en 2021. La récolte a été faible, avec un total de 600 kg de riz (sec), non pas à cause de la pression des adventices, mais en raison de la forte stérilité des graines.



Figure 10: A Witzwil, c'est la méthode de repiquage des plantons qui a été privilégiée. Le niveau d'eau était constant entre 10 et 18 cm et la récolte a été satisfaisante compte tenu des conditions de 2021 (rendement d'environ 5-6 t/ha). La situation était tout aussi réjouissante sur le site du Mont-Vully, où le rendement s'est élevé à 3,8 t/ha (sec).

4.2 Enquêtes relatives à la récolte

Les relevés de récolte de cette année montrent que le nombre de pousses par surface est plus élevé pour les procédés de repiquage que pour les trois surfaces en semis direct (92-137 vs 70-90 pousses/m², cf. tabl. 2). Les données de l'année de culture 2019 indiquent le contraire. Autrement dit, le nombre de pousses par surface ne dépend pas seulement de la méthode choisie, mais aussi de la pression des mauvaises herbes: dans les surfaces en SD d'**Untersiggenthal Est** et de **Würenlingen** en particulier, la forte pression des adventices pourrait être la raison de la plus faible densité de pousses (70 pousses/m²); la pression des mauvaises herbes par parcelle était estimée visuellement (couverture en %). Les données de 2021 montrent une corrélation entre le nombre de pousses par surface et les rendements (g/m²) (fig. 11).

Dans les rizières récoltées, les rendements ont varié selon les sites entre 244 - 638 g/m², respectivement 2,4 – 6,4 t/ha (voir tableau 2) et étaient donc nettement inférieurs aux rendements de 2020 (en moyenne 6,8 g/m² de riz brut, neuf champs). Le poids de mille grains (PMG) se situait, avec une moyenne de 31.2 g, dans la fourchette de l'année précédente (32 g), l'humidité des grains s'élevant à environ 13 %. Le PMG est une valeur de mesure stable et spécifique à la variété, qui est à 31 g pour Loto. Seulement en cas de **Jonen**, une rizière cultivée en SD a présenté un rendement en 2021, mais celui-ci était faible (environ 0,6 t/ha de riz sec). Dans les rizières du **Mont-Vully** et **Stetten**, les rendements ont été en partie inférieurs aux attentes; à **Witzwil**, les attentes étaient satisfaites (tous avec le procédé de repiquage). Au **Mont-Vully**, les pertes de rendement sont dues au fait qu'environ 30% des plantons n'ont pas résisté au froid.

Dans le procédé de repiquage sur le site de **Mühlau**, l'exploitant a renoncé à la récolte en raison de la proportion extrêmement élevée de grains vides (estimée à env. 80%) - le PMG moyen n'était que de 22.9 g. Dans les trois autres rizières avec le procédé de repiquage, la part de grains non formés variait selon les estimations entre 20 (**Mont-Vully, Witzwil**) et 40% (**Stetten**). La raison de la forte proportion de grains non formés à Mühlau est très probablement due à la date tardive de plantation, qui a également entraîné une floraison et une maturation plus tardives (ainsi qu'un PMG plus bas): le SD ayant échoué fin avril, l'exploitant a repiqué des plantons à la mi-juin. A ce moment-là, les plantons dans les autres champs avaient été repiqués depuis près d'un mois.

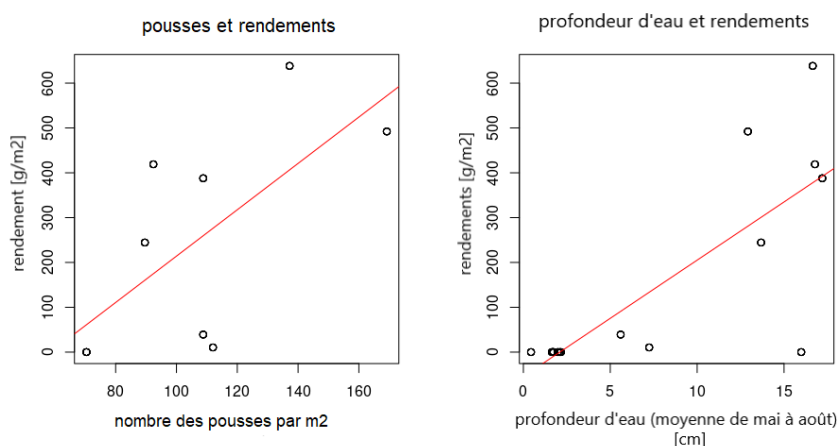


Figure 11 (à gauche): Le nombre de pousses est en corrélation avec les rendements (g/m²) (p-value= 5.225e-10, r=0.72); les données utilisées proviennent de huit rizières - sur les autres sites, la culture de riz a été abandonnée avant la date des relevés.

Figure 12 (à droite): La profondeur d'eau moyenne de mai à août (jusqu'à la floraison incluse) est également en corrélation avec le rendement (p-value < 2.2e-16, r= 0.77); les données proviennent de onze sites. Le point de données avec une récolte proche de 0 et 15 cm de

profondeur d'eau correspond au site de Mühlau (la perte de rendement peut s'expliquer par la date de plantation).

Contrairement au repiquage de plantons à **Mühlau**, la date de plantation peut être exclue comme raison de l'échec de la culture dans le procédé en SD: tous les champs ont été semés en l'espace de deux semaines et dans le cas de Jonen (peu de pression des mauvaises herbes, niveau d'eau élevé), la culture s'est développée avec succès. A l'exception de Jonen, tous les sites en SD ont été confrontés à une forte pression des mauvaises herbes: sur quatre des sept surfaces (**Bavois, Brugg, Untersiggenthal Est et Ouest**), la forte pression des adventices a été la cause de l'abandon de la culture, selon une enquête effectuée auprès des exploitants. A **Detligen**, le champ, également fortement sous pression du millet, a été abandonné après une inondation à la mi-juin: les plants ont été immergés pendant plusieurs jours à environ 1,3 m sous l'eau et leur développement a été fortement retardé (seules quelques panicules se sont développées) en raison du manque de chaleur et d'oxygène. Dans les parcelles abandonnées, il n'y avait aucun grain formé en octobre. A **Brugg** également, le débordement de l'Aar à la mi-juillet a fortement endommagé la culture de riz, raison pour laquelle, en plus de la forte pression des adventices, la culture a été abandonnée. A **Würenlingen**, il y a également eu une forte pression des mauvaises herbes - l'exploitant a laissé le champ non inondé à partir de juillet, les plantes présentaient une croissance chétive, peu de tallage et les panicules contenaient 100% de grains vides.

4.3 Gestion de l'eau

En 2021, le niveau d'eau dans les rizières avec repiquage a été, de mai à août, nettement supérieur à 10 cm (à l'exception de **Mühlau** avec environ 7,5 cm), alors que sur les sites avec SD, la profondeur d'eau atteignait souvent à peine 2 à 4 cm. **Jonen**, le seul champ en SD avec un rendement, constitue une exception avec une profondeur d'eau moyenne de 13,5 cm. Les expériences ainsi que les évaluations des années précédentes montrent qu'une inondation précoce et suffisamment élevée des champs (>10 cm) est un excellent moyen de lutter contre les mauvaises herbes (Meier, 2019). Dans les données de cette année, on trouve une corrélation significative entre la profondeur d'eau moyenne et le rendement (g/m^2) (voir figure 12, p. 15), ce qui confirme les observations des années précédentes. Lors de l'année de culture 2021, l'inondation des semences a eu lieu tardivement, en particulier sur le site d'**Untersiggenthal Ouest**, favorisant probablement ainsi la croissance du millet. Les dates exactes de la première inondation n'ont pas été relevées en 2021, mais elles donneraient sans doute des indications supplémentaires sur la régulation optimisée des mauvaises herbes.

La profondeur de l'eau pendant la période mentionnée était indépendante de la fréquence de pompage: alors qu'à **Jonen**, il n'a fallu que rarement pomper et peu désherber, les sites de **Bavois, Brugg, Untersiggenthal Ouest et Est et Würenlingen**, bien que de l'eau ait été pompée tous les jours, ont dû constamment faire face à un niveau d'eau trop bas et donc à une forte pression des mauvaises herbes. Une enquête sur la puissance de la pompe n'a pas été réalisée, mais elle aurait sans doute fourni d'autres informations importantes sur la gestion appropriée de l'eau. Selon la carte TAH, quatre des cinq champs étudiés présentent des caractéristiques de sol inappropriées, ce qui pourrait expliquer les problèmes de gestion de l'eau décrits (voir annexe 1, tableau 1, p. 29-31). Cependant, étant donné que sur le site de **Brugg**, de bonnes récoltes de riz ont été réalisées les années précédentes, l'aptitude TAH ne peut pas expliquer à elle seule tous les échecs. Outre la régulation de l'eau, il semble qu'en 2021, c'est surtout le temps frais et les semences d'adventices existantes (riziculture à Brugg depuis 2019) qui ont eu raison du SD. La préparation du lit de semences (travail du sol répété) et la technique de semis ne sont pas abordées ici, mais sont également d'une grande importance pour la réussite du SD.

4.4 Gestion des mauvaises herbes

Sur tous les sites, le millet a été mentionné comme adventice dominante; le site de **Bavois** a présenté en outre une forte croissance de la renouée amphibie (voir fig. 13). Sur un total de onze sites, le travail de désherbage a été jugé élevé sur trois sites, moyen sur deux sites et faible sur six sites (travail de désherbage en heures: élevé = plus de 50 heures, moyen = 15 à 49 heures, faible = moins de 15 heures). Sur huit sites, le désherbage a été effectué à la main et sur trois sites, il a été effectué en plus mécaniquement (paddy weeder ou herse-étrille). A **Untersiggenthal Ouest**, l'utilisation du paddy weeder a été infructueuse, la pression des mauvaises herbes était déjà trop élevée; au Mont-Vully, environ 30% de la surface a été désherbée au paddy weeder.

Dans l'ensemble, le nombre d'interventions de désherbage par champ a varié fortement, notamment entre les champs où la pression des mauvaises herbes était forte. Cela s'explique par le fait que certains exploitants ont estimé dès le mois de juin que la pression des mauvaises herbes était trop élevée et que le désherbage n'en valait pas la peine (**Untersiggenthal Est** et **Detligen**). Le désherbage a alors été abandonné. Sur les sites de **Brugg**, **Untersiggenthal Ouest** et **Est** ainsi que de **Würenlingen**, la pression des adventices pourrait s'expliquer en partie par le nombre d'années de riziculture successives - comme mentionné, le nombre de graines de mauvaises herbes capables de germer augmente au fil des années. Outre la nécessité d'un désherbage effectué à temps, il convient de souligner à nouveau l'importance d'une inondation précoce et d'un niveau d'eau suffisamment élevé. Comme la forte pression des mauvaises herbes et les efforts de désherbage qui y sont liés influencent considérablement la rentabilité de la riziculture, toutes les mesures préventives possibles doivent être prises pour supprimer la végétation spontanée.



Figure 13: A Bavois (VD), le riz a été planté selon la méthode SD. Au début, les mauvaises herbes ont été arrachées à la main et avec une herse-étrille. En raison de la croissance excessive de la renouée et du millet, la culture a été abandonnée en juillet (photo prise à la mi-juillet 2021).

4.5 Fertilisation et éléments nutritifs

Quels sont les éléments nutritifs limitants dans les sols suisses et quels types et quantités doivent être apportés au riz par le biais de la fertilisation? Nous manquons actuellement de données à ce sujet et il n'existe donc pas de recommandation officielle en matière de fertilisation. C'est souvent en fonction du précédent cultural que les riziculteurs décident de la quantité d'engrais à utiliser et s'ils doivent en utiliser. Ainsi, lorsque le précédent cultural était une culture intensive, ils ont souvent renoncé délibérément à fertiliser (**Detligen, Stetten, Jonen, Mühlau**). De plus, les exploitants décident également pendant la période de culture, en fonction de la vitalité des plantes, si un apport (supplémentaire) d'engrais est nécessaire (**Mont-Vully, Mühlau**). Si la culture précédente était déjà du riz, les exploitants ont procédé à une fertilisation, mais dans des proportions différentes (1 à 144 kg N/ha, en 1-2 apports, voir tableau 3). L'engrais a été appliqué sous forme de fumier, de lisier ou sous forme minérale (urée) ou organique (Biorga). Sur les sites de **Brugg, Untersiggenthal Ouest et Est** (tous en SD), les champs ont été fertilisés directement avant ou après le semis, sur les autres sites pas du tout ou à une date ultérieure (juin/juillet). Comme le riz était le précédent cultural sur les trois surfaces mentionnées et qu'il y avait déjà une forte pression des adventices en juin (notamment du millet cultivé et du panic pied de coq), il serait intéressant d'examiner dans quelle mesure le moment de la fertilisation dans la méthode SD favorise le risque d'envahissement ultérieur des jeunes plants de riz par les mauvaises herbes.

L'évaluation des concentrations d'éléments nutritifs mesurées dans le sol et l'eau n'est pas encore terminée, mais les données sont déjà mises à disposition des exploitants de manière individuelle. Ces données seront intégrées dans les évaluations des années à venir et serviront à l'étude systématique des besoins en éléments nutritifs de la riziculture, notamment du point de vue de la protection des eaux (évaluation des risques d'apports en éléments nutritifs des rizières dans la nappe phréatique et les eaux de surface).

4.6 Conditions climatiques en 2021 et impact sur la culture du riz

L'année de riziculture a débuté par un printemps inhabituellement frais (voir fig. 14, températures d'avril à mai). Après un mois de juin plus chaud que la moyenne, les mois de juillet et d'août ont été froids (plusieurs semaines avec des températures de l'air et de l'eau inférieures à 20°C [moyenne journalière]). Quant au mois de septembre, il a de nouveau connu des températures supérieures à la moyenne.

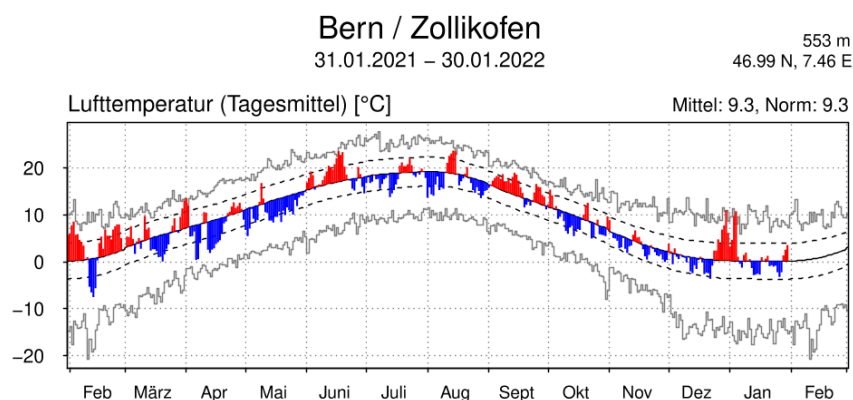


Figure 14: Le diagramme climatique de Zollikofen (BE) montre à titre d'exemple les tendances climatiques de l'année 2021 et met en évidence quelques conditions intéressantes qui ont rendu difficile la culture du riz. Source: MétéoSuisse, 2021.

Il ressort clairement des données météorologiques que l'année 2021 a été une année marquée par des extrêmes climatiques. Par conséquent, les cultures de riz se sont développées de manière hésitante et pas seulement en raison de la pression des mauvaises herbes mentionnée plus haut: même sur les sites où la pression des adventices a été bien régulées (**Witzwil, Mont-Vully, Stetten, Jonen**), on a observé que les panicules ne se sont pas développées complètement et que, selon les plantes, de nombreuses pousses présentaient des panicules qui n'étaient développées qu'à moitié (c'est-à-dire que, souvent, on ne pouvait pas observer de panicules penchées typiques du riz). La différence de développement des plants de riz, non seulement entre les sites, mais aussi et surtout à l'intérieur du champ et entre les pousses d'une même plante, est apparue clairement au moment de l'apparition de la panicule et s'est prolongée tout au long de la floraison jusqu'à la maturation irrégulière.

De la mi-août à la mi-septembre, période approximative de la floraison du riz, la moyenne des températures journalière moyennes de l'eau était inférieure à 20°C sur tous les sites. Mais compte tenu des grandes différences dans les proportions de grains vides entre les sites, cette stérilité s'expliquerait plutôt par des dates de floraison différentes au cours de cette période. En effet, la floraison principale a été observée autour du 20 août dans deux cultures précoces (**Witzwil, Mont-Vully**) et seulement début septembre dans une culture tardive (**Detligen**). Cette thèse ne peut toutefois pas être poursuivie en raison du manque de données sur les périodes exactes de floraison de tous les sites. Parmi les autres facteurs qui pourraient avoir influencé le nombre parfois élevé de grains non formés, on peut citer les pluies fréquentes et fortes ainsi que les inondations (100% de grains vides à Detligen), qui pourraient avoir favorisé, entre autres, une infection fongique (voir paragraphe suivant).

Infection fongique

Début août, l'exploitant du champ au **Mont-Vully** a signalé dans sa culture un nombre étonnamment élevé de grains et de gaines foliaires de couleur brun foncé. Les gaines foliaires symptomatiques présentaient toujours des parties de panicule enfermées - soit la panicule n'avait que partiellement poussé, soit elle n'avait pas poussé du tout (voir figure 15, p. 20). Les mêmes symptômes ont été constatés jusqu'à la fin de l'été sur tous les autres sites, indépendamment de la méthode utilisée (SD, repiquage), que ce soit dans des cultures chétives ou bien développées (figure 16). On ne sait pas si la fécondation avait déjà eu lieu en grande partie à ce moment-là et quelle influence une éventuelle infection par des champignons a eu sur la fécondation.

Fin août, des échantillons de parties de plantes décolorées ont été prélevés dans plusieurs champs pour l'analyse des spores de champignons. Outre une espèce de champignon du genre *Fusarium*, seuls quelques saprophytes (champignons noirs des genres *Epicoccum* et *Alternaria*) ont été identifiés dans certains échantillons. Aucune toxine n'a été détectée. Étant donné qu'en cas de forte infestation fongique, il faut généralement partir du principe qu'il existe une charge de mycotoxines potentiellement dangereuse pour la santé, la problématique observée sera suivie de près l'année prochaine. Les éventuelles plantes présentant des symptômes doivent être analysées en laboratoire bien avant la récolte et leur danger pour la santé humaine doit être évalué. Les causes possibles des infections fongiques sur les inflorescences sont les précipitations fréquentes pendant la floraison, car les spores de champignons atteignent les épis par le biais des éclaboussures de pluie (ou le vent) (voir *Fusarium* dans le blé). Les spores de champignons elles-mêmes proviennent souvent de résidus de récolte à la surface du sol. En cas de pluie ou d'humidité de l'air suffisamment élevée, les spores germent et infectent la plante. Les causes de l'infestation des rizières en 2021 n'ont pas pu être élucidées.



Figure 15: Gaines foliaires brunâtres sur des panicules de riz qui n'ont pas complètement poussé après la floraison. Les épillets restés dans les gaines foliaires présentait des symptômes de pourriture - une infection par des champignons du genre *Fusarium* a été constatée.

Figure 16: La décoloration des grains était également bien visible sur les plants de riz pendant la maturation. Selon le site, les panicules présentaient un taux de stérilité très élevé.

4.7 Rentabilité

Au moment, le riz humide est encore une culture exotique, qui n'est pas bien exploré en Suisse et il existe peu des dates sur la rentabilité. Selon les expériences des années précédentes, de bons rendements sont possibles aussi bien avec la méthode en SD qu'avec celle du repiquage de plantons. L'année 2021 a toutefois clairement montré les avantages de la méthode du repiquage en cas de conditions météorologiques extrêmes. Le choix entre le SD et les plantons est-il pour autant si simple? Non, car en fin de compte, la rentabilité doit aussi être au rendez-vous. Ainsi, si le printemps est doux et que la gestion de l'eau est bonne, il y a peu d'obstacles au SD, et pour les plantons, il faut compter environ un mois de culture en serre. Le succès de chaque procédé est donc extrêmement dépendant du climat.

En ce qui concerne la riziculture humide en Suisse, il faut généralement s'attendre à des investissements initiaux et à des efforts de main-d'œuvre élevés. Par chance, Agroscope dispose pour la première fois d'un aperçu détaillé de la rentabilité de la riziculture humide grâce au compte des investissements de l'exploitant du **Mont-Vully** (voir tableau 3). Celui-ci n'est pas discuté ici en détail et doit être interprété avec prudence, car il s'agit des estimations d'une seule exploitation.

Avec un nombre croissant d'agriculteurs disposant d'outils et d'expérience en matière de culture du riz, les possibilités de collaboration augmentent, ce qui permet de réduire en partie les dépenses pour les machines et les différentes étapes de travail (p. ex. la culture de plantons en tant que prestation). Outre la *GI Riz humide*, une collaboration régionale a été lancée au printemps 2021 avec l'*IG Aargauer Reis*. Comme le riz est un produit de niche (valeur liée à sa rareté) et que le caractère local des denrées alimentaires est très apprécié par les consommateurs suisses, le riz peut être vendu à un bon prix susceptible d'indemniser une grande partie des dépenses liées à sa culture.

Tableau 3: Calcul de rentabilité d'un agriculteur pour l'investissement initial et estimation approximative des coûts et revenus courants (Guillod, 2020).

Investissements	
Nivellement (5'000-10'000.-/ ha, pour 5 ans)	CHF 1'500.00
Pompe (prix neuf 20'000.-, amortie en 15 ans*)	CHF 1'300.00
Paddy weeder (prix neuf 800.-, amorti en 5 ans)	CHF 160.00
Total des investissements par ha et par an	CHF 2'960.00
Dépenses et matériel pour l'exploitation	
Fermeage champ	CHF 800.00
Préparation des digues (10 heures tracteur/excavatrice)	CHF 1'000.00
Pose des tuyaux (contrôle du niveau, irrigation: travail + matériel)	CHF 500.00
Diesel pour la pompe (5000 m ³ /ha, pompe 100 m ³ /h, consommation de diesel 6 l/h = 250 l à Fr. 1.50*)	CHF 500.00
Travail d'irrigation (12 h [1 h/semaine])	CHF 250.00
Engrais (80 kg d'urée/ ha + travail (1 jour à la main))	CHF 200.00
Ensemencement (y compris le travail du sol)	CHF 500.00
Semences (150 kg/ ha x Fr. 2.60)	CHF 400.00
Paddy weeder (20 h)	CHF 600.00
Désherbage manuel (250 h)	CHF 5'000.00
Récolte (moissonneuse-batteuse avec chenilles + broyage)	CHF 1'000.00
Total des coûts de culture par ha et par an	CHF 10'750.00
Coûts de transformation	
Séchage	CHF 0.20
Stockage du CO ₂ contre les insectes	CHF 0.20
Nettoyage, décorticage, lissage	CHF 1.00
Total des coûts de transformation (par kg de riz blanc)	CHF 1.40
Coûts de conditionnement	
Matériel d'emballage par kg	CHF 1.00
Travail d'emballage par kg (50 kg par h)	CHF 0.50
Total des coûts de conditionnement (par kg de riz blanc)	CHF 1.50
Rendement en kg	
Rendement en kg par ha de riz brut à 12% d'humidité (année moyenne : 5 t/ha, une année sur quatre : pas de récolte)	3750
Perte lors de la transformation (décorticage, lissage)	30%
Rendement en kg/ha après transformation	2625
Coûts par kg de riz	
Coûts par kg de riz blanc	CHF 4.10
Coûts par kg de riz prêt à la vente (y compris transformation et emballage)	CHF 7.00
Prix de vente (par kg de riz blanc)	CHF 11.00
Marge/ kg	CHF 4.00
Marge/ ha	CHF 10'512.50

* Eau provenant d'une coopérative d'irrigation avec pompe électrique: env. Fr. 0.3/m³ = Fr. 1'500.

4.8 Essais variétaux

Jusqu'à présent, la variété pour risotto Loto, déjà connue pour la culture sèche au Tessin, a été utilisée pour la culture du riz humide au nord des Alpes. Comme les rendements varient fortement en fonction de l'année à cause du temps, et entre la méthode de culture élu, des recherches sont en cours pour trouver d'autres variétés tolérantes au froid et précoces qui conviennent à la culture du riz humide. Dans le cadre d'un travail de master de l'*ETH de Zurich*, huit variétés tolérantes au froid (deux italiennes, six turques) ont été testées pour la culture dans les rizières de **Detligen**, **Brugg** et **Untersiggenthal Est** (procédé SD et repiquage des plantons, quatre répétitions). Alors que dans les essais variétaux des sites de Brugg et d'Untersiggenthal Est, l'eau a souvent fait défaut et la pression des mauvaises herbes était considérable (fig. 17), dans les essais de Detligen, le riz s'est bien développé grâce à une inondation précoce et à une bonne régulation des adventices (fig. 18).



Figure 17: Selon la variété, le riz testé lors de l'essai variétal sur le site d'Untersiggenthal Est s'est peu développé et a été fortement envahi par le millet. Malgré cela, cet essai a permis de constater les différences entre les variétés de riz testées. La photo a été prise à la mi-octobre 2021. **Figure 18:** Sur le site de Detligen (photo prise le 13 août 2021), les variétés Loto, Halilbey, Yatkin et Opale ont produit des grains matures. Par contre, à Untersiggenthal Est, on a observé près de 100% de grains vides.

Les variétés différaient en termes de hauteur, de teneur en chlorophylle et de rendements effectifs (g/m²). Cependant, cela n'a pas eu d'impact sur les rendements potentiels calculés (t/ha). La variété Halilbey a affiché le rendement potentiel le plus élevé, la variété Aligo le plus bas. En plus d'Halilbey, les variétés Yatkin et Opale ont atteint la maturité des grains dans le processus de repiquage et ont atteint des rendements potentiels similaires. Indépendamment de la méthode, Halilbey a présenté un tallage et un nombre d'épis par panicule similaires à ceux de la variété Loto. Elle se prête donc à des essais variétaux plus poussés en matière de technique de semis et de mesures d'exploitation optimales pour favoriser le développement des jeunes plants. Des différences ont été constatées entre les procédés de SD et de repiquage des plantons (SD = nombre de pousses plus élevé, plantons = davantage d'épis par panicule), mais elles s'équilibrent au niveau des rendements potentiels. Néanmoins, on a observé que la méthode de repiquage des plantons se distinguait par une hauteur plus élevée des plants, des teneurs en chlorophylle également plus élevées et un développement plus rapide - ce qui peut présenter un avantage déterminant lors d'années froides comme en 2021.

Dans l'ensemble, les résultats de l'essai variétal 2021 doivent être interprétés avec prudence, car il ne s'agit que d'estimations de rendement et la densité de plantes par parcelle diffère fortement entre les variétés dans la méthode SD. Les essais variétaux ayant également mis en évidence les effets négatifs du printemps froid sur le développement des plants de riz, des essais supplémentaires sont nécessaires pour caractériser de manière plus ciblée les variétés appropriées.

4.9 Promotion des espèces

Aperçu des libellules adultes observées

En 2021, le nombre d'espèces sur les trois nouveaux et les deux anciens sites de riziculture humide variait de 14 espèces à **Brugg** à 19 espèces à **Stetten** (annexe 1, tableau 2; figure 19). L'abondance des libellules et le nombre d'espèces rencontrées variaient pendant et entre les années. Les espèces les plus fréquentes étaient *Ischnura elegans*, *I. pumilio*, et *Sympetrum fonscolombii*. *Sympetrum depressiusculum* (vulnérable, VU) figurent sur la liste rouge de la Suisse. *Orthemtrum albistylum* est considéré comme «quasi menacé» (NT) (Info fauna, 2020). Aucune espèce de libellule présente dans les rizières inondées n'est répertoriée sur la liste des espèces OEA.

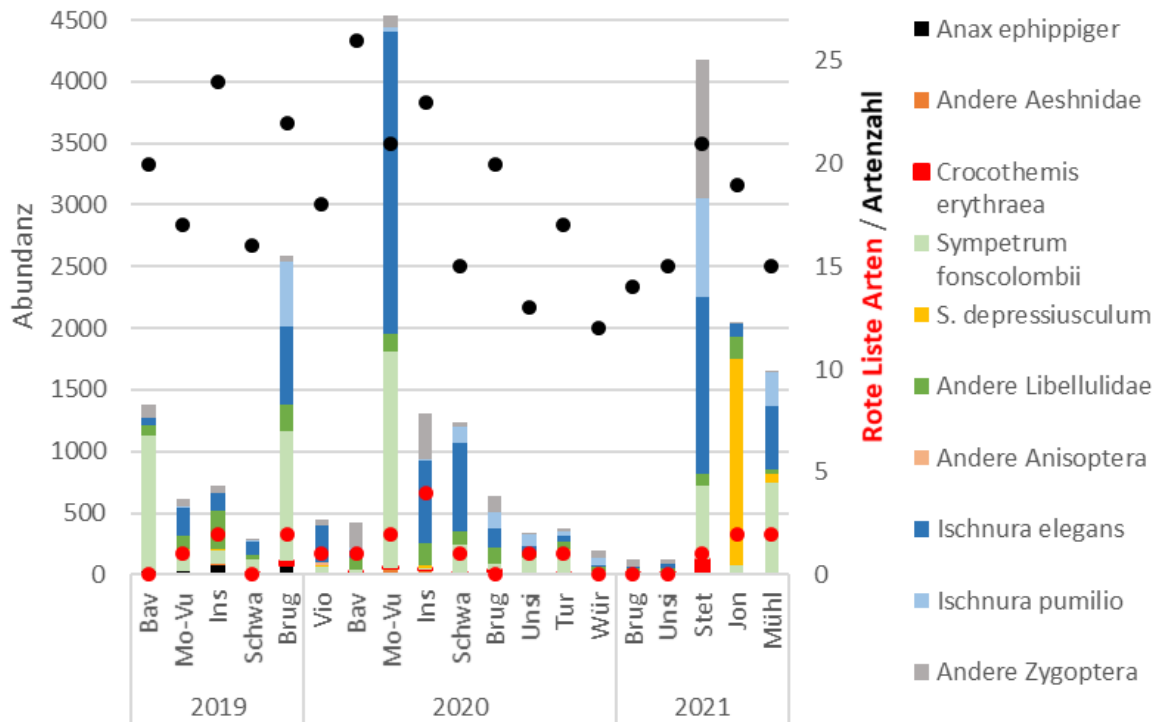


Figure 19: Abondance des libellules appartenant aux espèces et groupes d'espèces les plus fréquents (barres, axe des ordonnées primaire) et nombre d'espèces, points noirs et espèces de la liste rouge, points rouges, axe des ordonnées secondaire) dans cinq champs en 2019, neuf champs en 2020 et cinq champs en 2021.

Les champs ont également été utilisés pour la reproduction. Ainsi, en 2020, 14 espèces se sont reproduites avec succès dans les rizières inondées (autochtones), dont la sympetrum à corps déprimé menacée (*Sympetrum depressiusculum*, LR. VU) et l'orthétrum à stylets blancs (*Orthetrum albistylum*). Dans les trois nouvelles rizières humides sous observation le long de la Reuss, quatre espèces ont été découvertes à l'aide de la recherche d'exuvies (tab. 4). Les dix exuvies de l'*Anax* porte-selle qui ont été trouvées, dont aucun individu adulte n'a été observé, montrent la plus-value de cette méthode qui sert principalement à la détection du développement.

Tableau 4. Nombre d'exuvies des libellules de trois nouveaux champs de riz humide de long de la rivière Reuss pendant trois examinations.

site de riz humide	Sympétrum de Fonscolombe	Anax empereur	Anax porte-selle	Ischnure élégante
Jonen	39	3	8	
Mühlau	91			1
Stetten	60	2	2	

Orthoptères

Pour les orthoptères, l'année 2021 a été généralement très humide et froide, si bien que peu d'observations ont été faites lors des deux passages (fig. 20). Particulièrement à noter sont les observations des trois espèces de la liste rouge : le Conocéphale bigarré (VU) à **Witzwil**, le Grillon des marais (VU) à **Mühlau** et à **Jonen**, et le Conocéphale gracieux (NT) in **Jonen**, **Schwadernau** und **Witzwil**. Le grillon des marais (VU) est une espèce menacée au niveau national qui n'habite que des habitats humides.

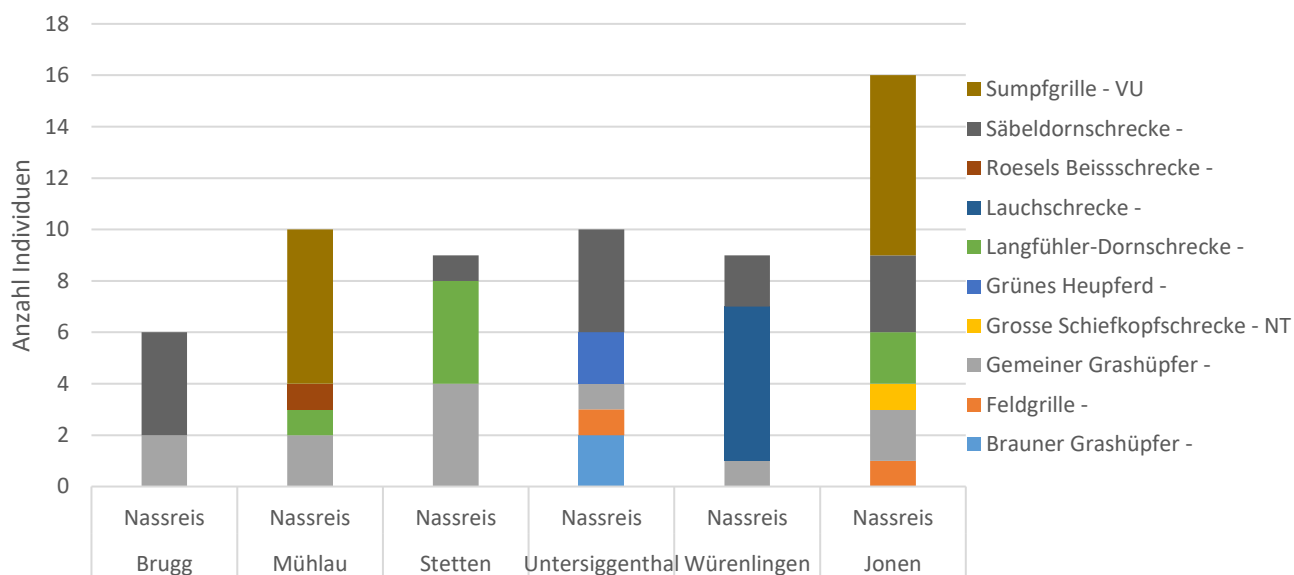


Figure 20: Nombre d'orthoptères (Orthoptera) autour des rizières inondées observés lors de deux visites, l'une à la mi-juin et l'autre début septembre. À Bavois, une seule visite en juin était possible. Statut de la liste rouge: NT-quasi menacé; VU-vulnérable. Noms française des espèces les plus dominantes: Sumpfgrippe= Grillon des marais; Säbeldornschröcke= Tétrix subulé; Langfühler-Dornschröcke= Tétrix des carrières; Gemeiner Grashüpfer= Petit criquet.

Relevés des larves d'amphibiens

Au total, sept espèces d'amphibiens ont été trouvées dans les huit rizières inondées sous observation. Les amphibiens les plus fréquents dans toutes les rizières inondées étaient les espèces de grenouilles aquatiques suivantes: grenouille verte (*Pelophylax esculentus*) et grenouille rieuse (*Pelophylax ridibundus*) (figure 21, p. 25). A **Mühlau**, un grand nombre de crapauds calamites ont été observés, ils étaient tous très petits, n'avaient que quelques jours et se tenaient très proches les uns des autres. Au **Mont-Vully**, aucune larve n'a été enregistrée au cours de deux visites.

Les preuves de la présence d'espèces d'amphibiens menacées comme la rainette, le sonneur à ventre jaune et le crapaud calamite dans les nouvelles rizières le long de la Reuss montrent que les habitats nouvellement créés sont très rapidement acceptés et contribuent à l'augmentation des populations.

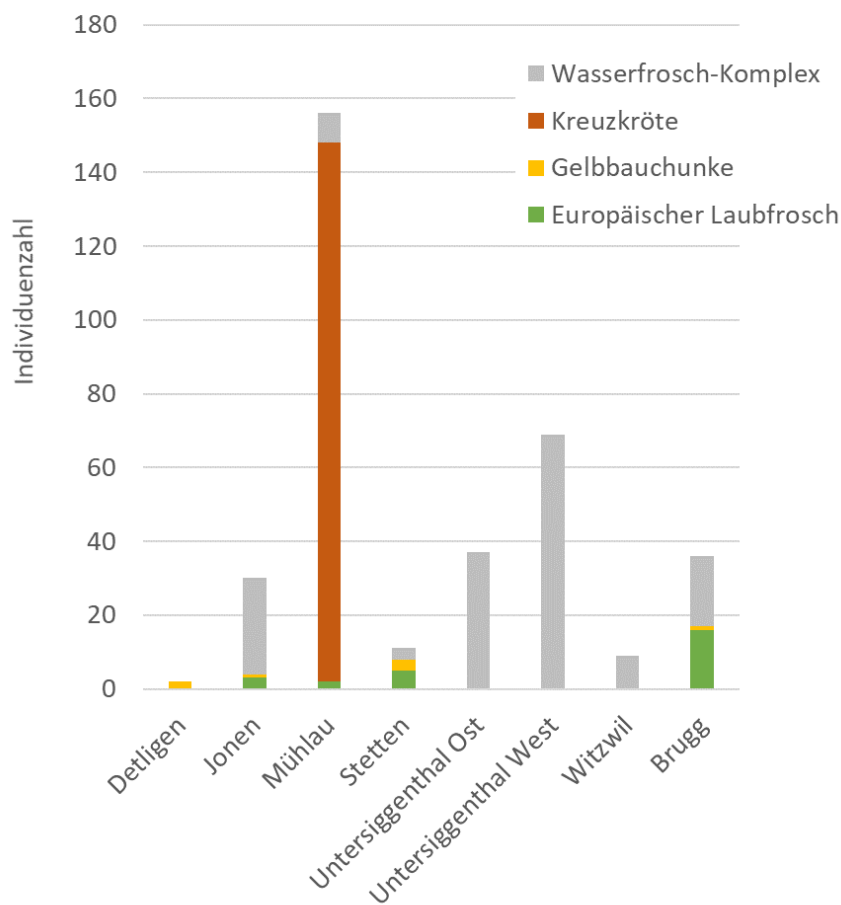


Figure 21: Nombre de larves de quatre espèces d'amphibiens, relevées dans huit champs pendant deux semaines consécutives au cours des mois de juin et de juillet (semaines 26 et 27). Noms des espèces en français: Wasserfrosch= Grenouille d'eau; Kreuzkröte= Crapaud calamite; Gelbbauchunke= Sonneur à ventre jaune; Europäischer Laubfrosch= Rainette verte.

Suivi des chauves-souris

Comme les données de 2020 sur les chauves-souris n'ont pas été présentées, leur analyse prenant beaucoup de temps, et que les données de 2021 n'ont pas encore pu être évaluées, nous ne présentons ici que les données de 2020.

Entre le 30 mai et le 17 septembre 2020, 9418 vols de chauves-souris ont été enregistrés au cours de 110 nuits d'observation, pour un total de 15 espèces. La plupart des vols de chauves-souris ont été enregistrés dans les rizières inondées de **Vionnaz** et d'**Untersiggenthal Est**, avec un total de respectivement 3277 et 2634 vols (figure 22, p. 26). L'espèce la plus fréquemment recensée était la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), qui représentait plus de la moitié de tous les vols enregistrés. 12 des espèces enregistrées sont menacées en Suisse et se trouvent sur la liste rouge.

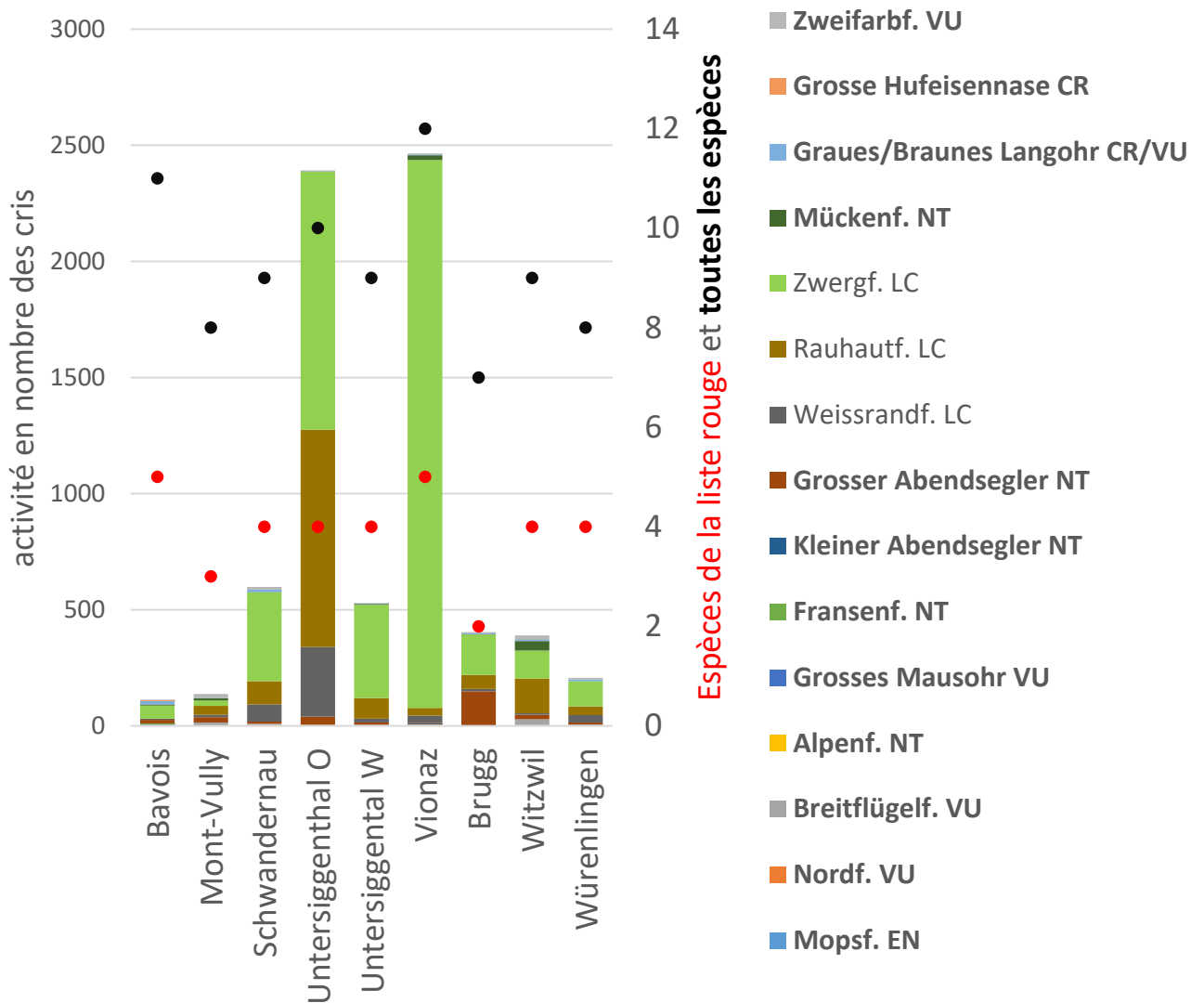


Figure 22: Nombre de cris de chauves-souris (représentés en tant qu'activité en nombre de cris par période) par espèce dans neuf rizières inondées en 2020. CR (critically endangered) = en danger critique d'extinction; EN (endangered) = en danger; VU (vulnerable) = vulnérable; NT (near-threatened) = quasi menacé; LC (least-concern) = espèce de préoccupation mineure. Noms françaises des espèces les plus dominantes : Zwergfledermaus = Pipistrelle commune ; Rauhautfledermaus= Pipistrelle de Nathusius; Grosser Abendsegler= Noddy commune ; Weissrandfledermaus= Pipistrelle de Kuhl.

5. Conclusion et perspectives

Bien que l'année de culture 2021 ait été plus frustrante que réjouissante pour les riziculteurs, les conditions extrêmes (périodes de froid atypiques, inondations) ont conduit à une multitude de nouvelles observations qui ont permis d'acquérir des connaissances et de poser de nouvelles questions de recherche passionnantes.

En ce qui concerne la méthode du repiquage, c'est surtout la stérilité des grains (non fécondation ou absence de formation de grains) qui a entraîné des pertes de récolte en 2021, qui peuvent être évitées, du moins en partie, par une plantation précoce des plantons et une meilleure gestion de l'eau. Les études menées l'année dernière montrent en outre qu'il est extrêmement difficile de gérer de manière optimale le semis direct lors d'années marquées par le froid, comme en 2021. Conformément à l'expérience acquise jusqu'à présent, le semis direct n'est que partiellement recommandé sur les sites ayant déjà connu plusieurs années consécutives de culture de riz ainsi que sur les sols inappropriés (voir chapitre 2.2 sur les terres assolées humides), car la pression des mauvaises herbes ne peut souvent pas être régulée de manière rentable.

Non seulement le succès de la récolte dans la méthode du repiquage des plantons souligne l'importance d'une inondation précoce et permanente, mais le rapport de la Station ornithologique (Hohl et Hagist, 2022) confirme également l'utilité d'une inondation précoce (dès le mois de mars, par exemple dans les fossés humides) pour diverses espèces d'oiseaux. En se basant sur les relevés des libellules et des chauves-souris, l'année de culture 2021 confirme la situation gagnant-gagnant pour l'agriculture et la nature résultant de l'utilisation des terres humides pour la culture du riz.

Les succès obtenus ces dernières années ont confirmé que la culture du riz est possible au nord des Alpes et qu'elle présente un grand potentiel sur des surfaces temporairement inondées. La culture du riz humide permettant non seulement d'exploiter judicieusement les terres assolées humides, mais aussi de créer de nouveaux habitats pour des espèces animales et végétales menacées, Agroscope poursuit ses recherches en étroite collaboration avec les riziculteurs.

6. Remerciements

Un grand merci à tous les agriculteurs qui se sont enthousiasmés pour la culture du riz et qui ont mis leurs champs à disposition de la recherche. Vos expériences et vos connaissances sont incroyablement précieuses et constituent la base des nouvelles connaissances sur cette culture exotique.

Cette année encore, plusieurs étudiants ont collaboré à notre projet: nous remercions pour leur engagement Andrea Steinegger (travail de master sur les essais variétaux), Moritz Bär (travail de master sur les essais de fertilisation «amphibiens») et Nidhin George (travail de bachelor sur la «fertilisation optimale»).

Nous remercions également l'équipe élargie d'Agroscope: Stéphanie Schürch et Irene Bänziger pour l'analyse en laboratoire des échantillons de riz (infestation de champignons), l'équipe de Martin Zuber pour l'analyse des échantillons d'eau ainsi que Stephan Bosshart, Luc Lafrenaye et Genoveva Haibach pour leur travail engagé sur le terrain. Nous souhaitons également remercier tout particulièrement Simon Hohl pour le monitoring des oiseaux (Station ornithologique) ainsi que les experts qui ont œuvré pour déterminer les espèces de libellules.

L'étude scientifique de la riziculture humide en Suisse a été soutenue en 2021 par les cantons d'AG, de BE et de FR. Nous leur adressons nos plus vifs remerciements.

7. Références bibliographiques

Source des images: illustrations 1-14 ©Agroscope

Basuchaudhuri, P., 2014. Cold Tolerance in Rice Cultivation, 0 ed. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/b16873>

Béguin, J., et Smoler, S., 2010. Stand der Drainagen in der Schweiz. Bilanz der Umfrage 2008. Projektbericht, Bundesamt für Landwirtschaft, Fachbereich Meliorationen.

Gunawardena, T. A., Fukai, S., Blamey, F. P. C., 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilisation and sensitive reproductive period. Australian Journal of Agricultural Research, 54 (10), 937– 946.

Gramlich, A., Churko, G., Jacot, K., Walter, T., 2020. Biodiversität auf Nassreisfeldern im Schweizer Mittel- land: Gefährdete Arten finden neuen Lebensraum - Resultate der Pilotphase 2019. Agroscope Transfer, 332 1–15.

Gramlich, A., Stoll, S., Aldrich, A., Stamm, C., Walter, T., Prasuhn, V., 2018. Einflüsse landwirtschaftlicher Drainage auf den Wasserhaushalt, auf Nährstoffflüsse und Schadstoffaustrag. Agroscope Science, 73 1–53.

Hohl, S. & Hagist D., 2022. Nutzung von Nassreisfeldern durch Vögel. Bericht 2021. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Meier, J., 2019: Anbauoptionen für Nassreis in der Nordschweiz (Masterarbeit), Universität Hohenheim.

Nishiyama, I., 1984. Climatic influence on pollen formation and fertilization. In: Tsunoda S, Takahashi N (Hrsg.). Biology of Rice. Elsevier Science, Amsterdam, 153–171.

Rutz, T., 2021. Plant communities in Swiss rice paddy agroecosystems (Master thesis), Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires.

Shimono, H., Hasegawa, T., Moriyama, M., Fujimura, S., Nagata, T., 2005. Modeling Spikelet Sterility Induced by Low Temperature in Rice. Agronomy Journal, 97 (6), 15-24.

Shimono, H., Okada, M., Kanda, E., Arakawa, I., 2007. Low temperature-induced sterility in rice: Evidence for the effects of temperature before panicle initiation. Field Crops Research, 101 (2), 221–231.

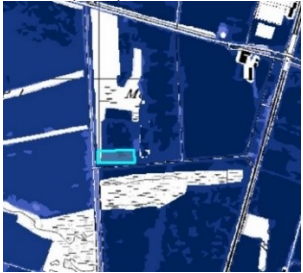

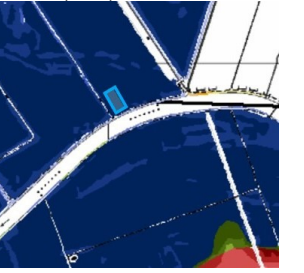

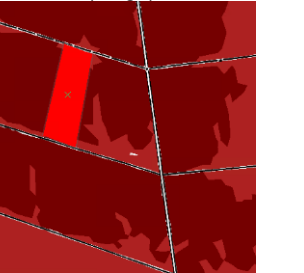
Steinegger, A., 2021. Paddy rice cultivation in northern Switzerland. A Variety Trial (Master thesis), ETH Zürich.


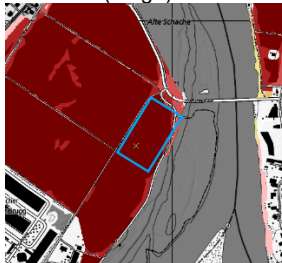


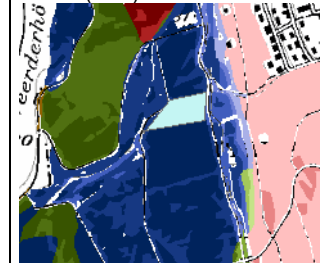
Szerencsits, E., Prasuhn, V., Churko, G., Herzog, F., Utiger, C., Zihlmann, U., Walter, T., Gramlich, A., 2018. Karte potentieller Feucht-(Acker-) Flächen in der Schweiz. Agroscope Science 72, 1–68.


Yoshida, S., 1981. Yoshida, S., 1981. Fundamentals Of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines).

Zorn, A., 2018. Grundlagen der Wirtschaftlichkeit von Feucht-(Acker-)Flächen. Agroscope Science, 75 1–35.

Annexe 1, Tableau 1: Tableau récapitulatif des caractéristiques des sites et facteurs d'exploitation de toutes les surfaces cultivées en riz humide en 2021 (pages 29-31). Explications sur les caractéristiques du site: méthode = repiquage de plantons (S) ou semis direct (SD).

Caractéristiques du site					
Lieu	Bavois	Mont-Vully	Witzwil	Detligen	Würenlingen
Canton	VD	FR	BE	BE	AG
Surface	0,9 ha	1,8 ha	0,4 ha	0,8 ha	0,78 ha
Coordonnées	2°532'180.9, 1°170'780.8	2°571'358.5, 1°202'131.3	2°573'040.6, 1°202'906.6	2°586'706.5, 1°202'310.5	2°661'101.819, 1°266'010.456
Aptitude TAH	bonne (bleu) 	bonne (bleu) 	bonne (bleu) 	pas clair (vert) 	mauvaise (rouge) 
Sol org/min	organique	minéral	essentiellement minéral	minéral	minéral
Facteurs d'exploitation					
Culture du riz depuis	2020	2019	2020	2021	2020
Méthode, date de semis/repiquage	SD, 04.05.21	S, 18.05.2021	S, semaine du 14.05.2021	SD, 30.04.2021	SD, 30.04.2021
Densité de semis/repiquage	220 kg/ha	environ 80 plantons/m ²	<i>Pas connu</i>	100 kg/ha	200 kg/ha
Fertilisation (oui/non, quantité)	Non	Oui, 80 kg N/ha au total à deux reprises	Essai de fertilisation sur trois surfaces partielles (voir rapport HAFL 2021) avec 30 kg N/ha à une seule reprise	Non	Oui, à une seule reprise (quantité non connue)
Apport d'eau	Nappe phréatique	Canal de la Broye	Canal de la Broye	Aar	Aar
Fréquence de pompage	Tous les jours	Selon les besoins (pas de pompage entre le 15.06 et le 20.08)	Selon les besoins (hebdomadaire)	2x par semaine	Tous les jours

Caractéristiques du site					
Lieu	Untersiggenthal Ouest	Brugg	Untersiggenthal Est	Stetten	Jonen
Canton	AG	AG	AG	AG	AG
Surface	0,67 ha	2,76 ha	0,75 ha	0,48 ha	0,85 ha
Coordonnées	2'660'754.745 1'261'108.412	2'659'904.412 1'260'660.215	2'661'749.938 1'260'616.446	2'671'530.438, 1'240'334.544	2'671'544.037, 1'240'328.077
Aptitude TAH	mauvaise (rouge) 	mauvaise (rouge) 	mauvaise (rouge) 	pas clair (vert) 	bonne (bleu) 
Sol org./min.	minéral	minéral	minéral	minéral	minéral
Facteurs d'exploitation					
Culture du riz depuis	2020	2019	2020	2021	2021
Méthode, date de semis/repiquage	SD, 28.04.21	SD, 10.05.21	SD, 03.05.21	S, 16.05.21	SD, 27.04.21
Densité de semis/repiquage	200 kg/ha	160 kg/ha	200 kg/ha	environ 50 plantons par m ²	200 kg/ha
Fertilisation (oui/non, quantité)	Oui, 50 kg N/ha à une seule reprise	Oui, 144 kg N/ha à une seule reprise	Oui, 1 kg N/ha à une seule reprise	Non, fertilisation indirecte par débordement de l'eau de l'étang (élevage de carpes)	Non
Apport d'eau	Limmat	Aar	Limmat	Étang de pêche, Reuss	Drainage
Fréquence de pompage	Tous les jours	Tous les jours	Tous les jours	Utilisation du trop-plein de l'étang une fois par semaine, eau de la Reuss une fois par semaine à partir d'août	Au total, le pompage n'a eu lieu que trois fois.

Caractéristiques du site	
Lieu	Mühlau
Canton	AG
Surface	1,13 ha
Coordonnées	2'672'616.268, 1'232'433.276
Aptitude TAH	bonne (bleu) 
Sol org./min.	minéral
Facteurs d'exploitation	
Culture du riz depuis	2021
Méthode, date de semis/repiquage	SD, 30.04.21 (échec) S, mi-juin
Densité de semis/repiquage	200 kg/ha, <i>densité de repiquage inconnue</i>
Fertilisation (oui/non, quantité)	Bassin 1: non Bassin 2: oui, à une seule reprise (30 kg N/ha)
Apport d'eau	Eaux souterraines
Fréquence de pompage	Bassin 1: profond, l'eau a même dû être vidée (beaucoup de pluie) Bassin 2: tous les jours (tous les 1-2 jours)

Annexe 1, Tableau 2. Comptage des libellules (individus) pendant trois dates d'inspection en septes rizières humides en 2021.

Espèce de libellule	Nom en latin	Brugg	Jonen	Mühlau	Stetten	Würenlingen	Untersig. W	Untersig. Ost	Total
Aeschne affine	<i>Aeshna affinis</i>						1		1
Aeschne mixte	<i>Aeshna mixta</i>				1				1
Anax empereur	<i>Anax imperator</i>	13	2		7	1	4		28
Caloptéryx éclatant	<i>Calopteryx splendens</i>	7	1	1	1104		4	1	1118
Lestes viridis	<i>Chalcolestes viridis</i>				2				2
Agrion jouvencelle	<i>Coenagrion puella</i>	45			1	1	24	2	73
Agrion mignon	<i>Coenagrion scitulum</i>						1		1
Libellule écarlate	<i>Crocothemis erythraea</i>	22			92		1		115
Agrion porte-coupe	<i>Enallagma cyathigerum</i>			5	2				7
Naïade au corps vert	<i>Erythromma viridulum</i>	5					2		7
Ischnure élégante	<i>Ischnura elegans</i>	27	99	511	1422	1	35		2095
Agrion nain	<i>Ischnura pumilio</i>	16		280	800		5		1101
Leste fiancé	<i>Lestes sponsa</i>		1	1					2
Libellule déprimée	<i>Libellula depressa</i>	10			1		2		13
Libellule à quatre taches	<i>Libellula quadrimaculata</i>	2							2
Gomphe à forceps	<i>Onychogomphus forcipatus</i>				1				1
Orthétrum réticulé	<i>Ortethrum cancellatum</i>	10	1				2	1	14
Orthétrum brun	<i>Ortethrum brunneum</i>	15	1		2		2	1	21
Agrion à larges pattes	<i>Platycnemis pennipes</i>	1	1	1	2				5
Sympétrum déprimé	<i>Sympetrum depressiusculum</i>		1149	33					1182
Sympétrum de Fonscolombe	<i>Sympetrum fonscolombii</i>		23	653	542	1	11		1230
Sympétrum rouge-sang	<i>Sympetrum sanguineum</i>	2	50	11	16		3		82
Sympétrum strié	<i>Sympetrum striolatum</i>	6	65	13	21		22		127
	Total	181	1393	1510	4016	4	119	5	7228