

ÉTUDE HYDROLOGIE MILIEUX USAGES CLIMAT ET ÉLABORATION DU PROGRAMME D' ACTIONS DU PTGE

RAPPORT DE PHASE 2

Croisement des quatre volets :

Hydrologie
Milieus
Usages
Climat

52505 | Juin 2023 – v1 | TFC

ÉTUDE HYDROLOGIE MILIEUX USAGES CLIMAT ET ÉLABORATION DU PROGRAMME D' ACTIONS DU PTGE

RAPPORT DE PHASE 2

Croisement des volets :

Hydrologie
Milieux
Usages
Climat

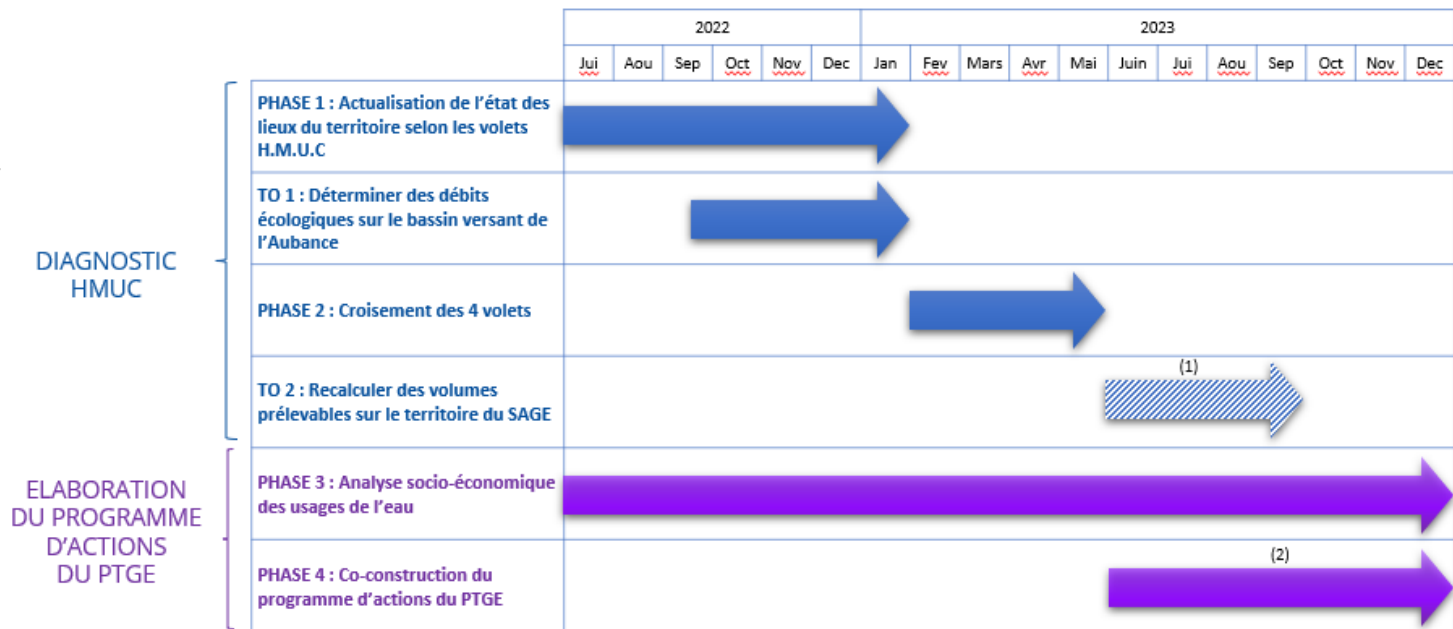
	11 rue Edouard Vaillant 37000 TOURS		Directeur de Projet	PVE	
	hydratec@hydra.setec.fr T : 07 60 99 06 64		Responsable d'affaires	TFC	
			N° Affaire	52505	
Rapport de phase 2 sous format PowerPoint					
V.	Date	Établi par	Vérifié par	Nb. pages	Observations/Visa
v1	Juin 2023	TFC/EGI	PVE	44	Première version

LE PRÉSENT DOCUMENT CONSTITUE LE RAPPORT DE FIN DE PHASE 2

Il doit permettre de représenter l'évolution, compte tenu du changement climatique en particulier, de l'hydrologie, des usages et de la qualité des milieux.

Un avis technique est émis sur la pertinence de recalculer les volumes prélevables (Tranche optionnelle).

La figure ci-dessous présente le planning initial de la mission.



(1) Déclenchement sous décision du COPIL PTGE selon les conclusions des phases 1 et 2

(2) Calendrier prévisionnel, pourra être modifié selon l'avancement du diagnostic HMUC (notamment recalcul des volumes prélevables)

❖ CHAPITRE I - VÉRIFIER LA VALIDITÉ DES VOLUMES PRÉLEVABLES CALCULÉS EN 2016

I.1. Évolution de l'hydrologie compte tenu changement climatique

I.2. Effet du changement climatique sur les milieux

I.3. Évolution prospective des usages

I.4. Conclusion : faut-il recalculer les volumes prélevables ?

❖ CHAPITRE II - IMPACTS CUMULÉS DES PLANS D'EAU

II.1. Effets sur l'hydrologie des hautes eaux : Conditions de prélèvements hivernales

II.2. Effets sur l'hydrologie des basses eaux : hypothèse de calcul de l'interception des écoulements

II.3. Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux

CHAPITRE I

VÉRIFIER LA VALIDITÉ DES VOLUMES PRÉLEVABLES CALCULÉS EN 2016

Ce premier chapitre présente l'évolution du climat et de son influence sur l'hydrologie du bassin versant, puis sur la qualité des milieux. Enfin nous présenterons l'évolution tendancielle des usages (deux scénarios présentés).

I.1. Évolution de l'hydrologie compte tenu du changement climatique

I.2. Effet du changement climatique sur les milieux

I.3. Évolution des usages sur la période 2000-2022 et prospective

I.4. Conclusion : faut-il recalculer les volumes prélevables ?

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

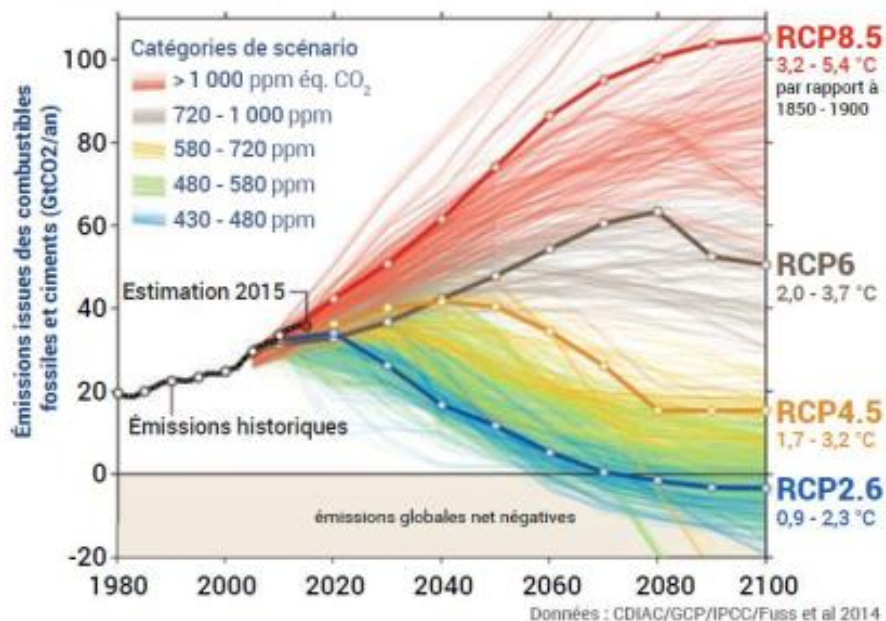
RAPPEL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE – DRIAS CLIMAT

Les **modèles climatiques** se basent sur des scénarios correspondants à des trajectoires socio-économiques différentes. Les scénarios sont :

- **RCP 8.5** : Scénario dit « pessimiste » avec poursuite de l'augmentation des émissions de GES au rythme actuel
- **RCP 4.5** : Scénario dit « intermédiaire » avec stabilisation des émissions avant la fin du XXI^e siècle à un niveau faible
- **RCP 2.6** : Scénario « COOP21 » émissions négatives à l'horizon 2050

Les résultats des modèles sont disponibles sur le portail DRIAS : Modèle unique disponible au 05/2023 - SIM2

SIM 2 est un modèle hydrologique se basant sur des projections atmosphériques de référence DRIAS 2020.



I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

RAPPEL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE – DRIAS CLIMAT

UNE HAUSSE GÉNÉRALE DES TEMPÉRATURES RÉGIONALES +2 °C... QUI SE RÉPERCUTE SUR LES MARQUEURS CLIMATIQUES

À l'horizon moyen (2041-2070), la hausse moyenne des températures journalières est de 2 °C.

La tendance à l'augmentation des températures moyennes est déjà constatée sur la période 1980-2022.

Les marqueurs climatiques sont des jours qui dépassent certains seuils climatiques : une température minimale inférieure à 0 °C correspond à un jour de gel, une température maximale supérieure à 25 °C correspond à un jour chaud, 30 °C un jour très chaud.

Les modèles anticipent une baisse du nombre de jours de gel (-3 à 4 jours par décennie) et une hausse du nombre de jours chauds (+ 30 jours/an >25°C en scénario 4.5).

L'ÉVOLUTION DE LA PLUVIOMÉTRIE EST PLUS COMPLEXE

Les modèles climatiques globaux présentent des incertitudes fortes sur l'évolution de la pluviométrie dans la zone située entre l'Europe du Nord (augmentation des précipitations) et la zone méditerranéenne (diminution des précipitations). Pour la zone intermédiaire, les scénarios divergent. Dans l'ensemble, il est prévu une stagnation des précipitations à l'année, mais une amplification du contraste pluviométrique saisonnier sur la période future, avec des épisodes de fortes précipitations.

En effet, le cumul tend à augmenter en saison de recharge des cours d'eau (période d'octobre à mars) autour de + 10 % à l'horizon moyen. Le cumul tend à baisser en saison d'étiage (avril-septembre) avec -5 à -10 % à horizon moyen (Drias ^{les futurs} du climat) pour le bassin du Layon.

- ➔ LE CHANGEMENT CLIMATIQUE SE TRADUIT AINSI PAR UNE « MÉDITERRANÉISATION » portée par une hausse plus marquée des températures estivales et une amplification du contraste pluviométrique saisonnier.
- ➔ CELA ENTRAÎNE UNE HAUSSE DU RISQUE DE SÉCHERESSE avec une sécheresse aussi intense que 1976 qui pourrait intervenir au moins une année sur 10 et jusqu'à une année sur deux en fin de siècle.

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

BIBLIOGRAPHIE

POUR PASSER D'UNE PROJECTION CLIMATIQUE AUX CONSÉQUENCES SUR LES DÉBITS DES COURS D'EAU, UN MODÈLE HYDROLOGIQUE OU MODÈLE PLUIE-DÉBIT, EST NÉCESSAIRE.

LES ÉTUDES ICC-HYDROQUAL ET EXPLORE 2070 SONT DES PROJETS DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ASSOCIANT DES PROJECTIONS CLIMATIQUES LOCALES, BASÉES SUR DES SCÉNARIOS DE GAZ À EFFET DE SERRE DU GIEC. CES DEUX PROJETS CONSTITUENT LA RÉFÉRENCE NATIONALE ET LOCALE POUR MESURER L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES DÉBITS DES COURS D'EAU ET LA RECHARGE DES NAPPES.

Le projet **ICC-HYDROQUAL**¹, publié en 2010, réunit l'université de Tours, l'UMR Sisyphe, le BRGM et le Cemagref.

Ce projet a pour objectif d'étudier **l'influence du changement climatique sur le comportement des cours d'eau à l'échelle du bassin de la Loire ainsi que sur les niveaux des nappes.**

Il vise également à **analyser les conséquences des modifications climatiques sur le régime thermique et la qualité biogéochimique** (nutriments et eutrophisation) qui sont des éléments essentiels à la définition du « bon état écologique » au sens de la DCE.

¹ - (Impact du Changement Climatique sur l'hydrosystème Loire : HYDROlogie, Régime thermique, QUALité des eaux)

Le projet **EXPLORE 2070**² (2010-2012) constitue le dernier exercice national de projections hydrologiques en s'appuyant sur des scénarios d'émissions l'AR4 (scénario de 2007 utilisé avant le quatrième rapport du GIEC).

En rassemblant une centaine d'experts venant d'établissements de recherche et de bureaux d'études spécialisés, le projet Explore 2070 a constitué **un bilan quantitatif de l'état futur des eaux superficielles à l'échelle de 1522 bassins versants.**

² - Ce projet a été porté par la direction de l'Eau et de la biodiversité, du ministère en charge de l'écologie avec la participation de l'Onema, du CETMEF, des agences de l'eau, des DREAL de bassin, du CGDD, de la DGEC et de la DGPR.

Le projet **EXPLORE 2**³, porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 (2010-2012).

Ce dernier a pour objectif, d'ici 2024, **d'actualiser les connaissances de l'impact du changement climatique, à court, moyen et long terme, sur l'hydrologie à partir des dernières publications du GIEC.**

Les résultats du projet Explore 2 sont disponibles sur le portail DRIAS EAU. Y seront présentés notamment plusieurs analyses multimodèles climatiques.

³ - Ce nouveau projet a officiellement été lancé en juillet 2021, co-financé par les partenaires du projet, le Ministère de la transition écologique (MTE) et l'Office français de la biodiversité (OFB).

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

LES DÉBITS : ÉVOLUTION DES DÉBITS EN LOIRE D'APRÈS ICC HYDROQUAL

- L'ÉTUDE ICC HYDROQUAL (IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'HYDROSYSTÈME LOIRE : HYDROLOGIE, RÉGIME THERMIQUE, QUALITÉ DES EAUX) PRÉSENTE LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE SYSTÈME HYDROLOGIQUE DE LA LOIRE : RÉGIME DES EAUX, TEMPÉRATURE DE L'EAU, LA QUALITÉ DE L'EAU.
- LE PROJET A ÉTÉ MENÉ PAR L'UNIVERSITÉ DE TOURS, LE BRGM, L'EP LOIRE, LE CELMAGREF, ET PUBLIÉ EN 2010.
- L'ÉTUDE ICC HYDROQUAL S'APPUIE SUR DES SCÉNARIOS D'ÉMISSIONS FUTURES DU GIEC ISSUS DU RAPPORT AR5 (CINQUIÈME RAPPORT D'ÉVALUATION).

Le projet ICC-Hydroqual étudie l'évolution des variables hydrologiques à l'horizon du milieu et de la fin du siècle, sur le bassin versant de la Loire, sur la base d'une analyse de plusieurs modèles hydrologiques.

Onze stations hydrométriques ont été sélectionnées sur la Loire. Pour le bassin versant du Layon, Aubance et Louets, nous nous intéressons aux résultats portés à la station hydrométrique de la Loire à Montjean-sur-Loire.

L'étude ICC-HydroQual montre que, quel que soit le modèle utilisé, l'étiage est plus important et plus long et arrive plus tôt dans l'année.

Les résultats de projections de l'évolution du débit mensuel minimum quinquennal (QMNA5) ainsi que du module (QA) des cours d'eau exprimés en % par rapport aux valeurs observés au temps présent, en fonction du modèle informatique considéré et de la période projetée, sont présentés, pour chacune des stations hydrométriques, dans le tableau ci-contre.

LA LOIRE à Montjean-sur-Loire	Modèle CLSM		Modèle EROS	
	2050	2100	2050	2100
Evolution des débits annuels (QA)	-41.5%	-51.9%	-23%	-34.2%
Evolution des débits mensuels minimums quinquennaux (QMNA5)	-61.4%	-72.1%	-31%	-44.7%

Nous pouvons observer une forte diminution des débits annuels (QA) des cours d'eau dans le futur avec les deux modèles informatiques utilisés.

La baisse des débits d'étiages est encore plus marquée, pour les deux modèles.

Les fourchettes d'incertitudes sont présentées dans le rapport et se situent :

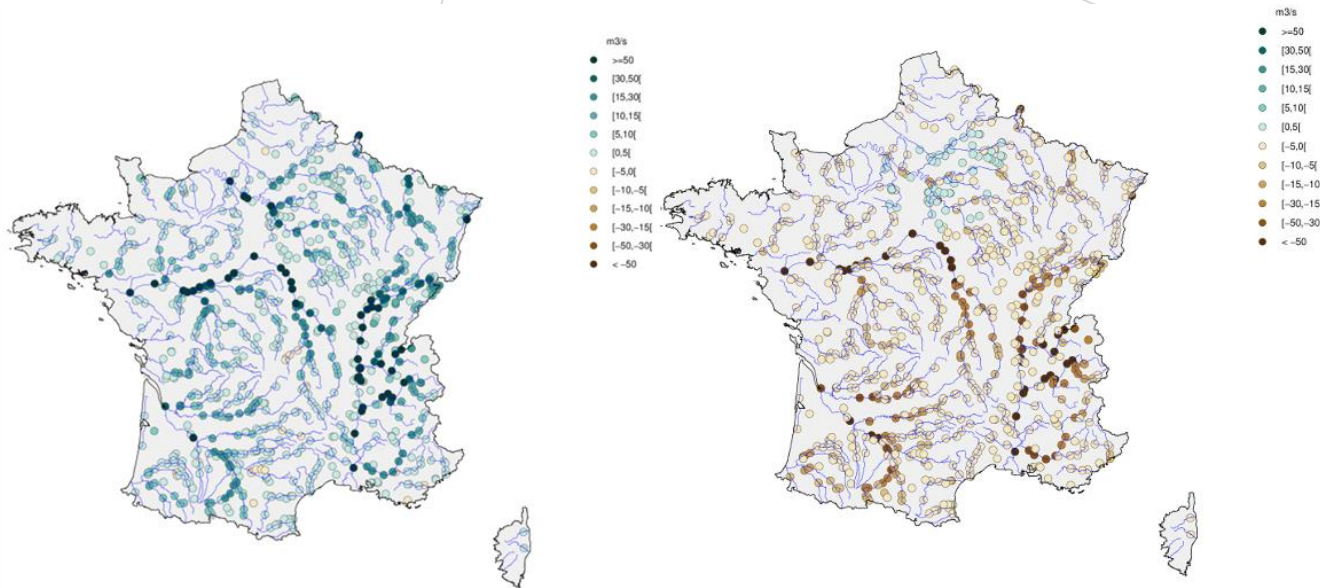
- De +/- 8 % à +/- 13 % pour 2050
- De +/- 14 % à +/- 18 % pour 2100

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

LES DÉBITS : ÉVOLUTION DES DÉBITS D'APRÈS LE MODÈLE SIM2 (DRIAS EAU)

- Le projet Explore2, porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 (2010-2012) grâce auquel les acteurs de la recherche, autour du ministère de l'Écologie, avaient établi des premiers scénarios prospectifs de disponibilités des ressources en eau à l'échelle de la France.
- Le projet Explore2 a pour objectif, d'ici 2024, d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des dernières publications du GIEC (CMIP5).
- Les premières simulations sont disponibles depuis avril 2023, d'autres simulations seront prochainement rendues disponibles

ÉVOLUTION CONTRASTÉE DES DÉBITS SAISONNIERS : AUGMENTATION DES DÉBITS EN HIVER ET BAISSSE DES DÉBITS EN ÉTÉ



L'évolution (en % du débit de référence) à l'horizon 2050, pour le scénario RCP8.5 montre une **augmentation des débits hivernaux** et une **diminution des débits estivaux**.

L'évolution est plus marquée sur les grands fleuves (Rhône, Loire, Seine, Garonne)

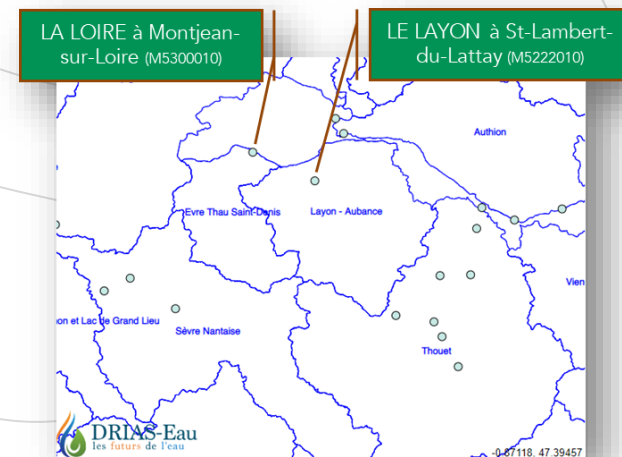
Evolution du débit saisonnier (RCP8.5, ~ 2050) selon modèle SIM2 (DRIAS-2020) à gauche (hiver), à droite (été)

Extrait : Explore2 : Anticiper les évolutions climatiques et hydrologiques en France

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE LES DÉBITS : ÉVOLUTION DES DÉBITS D'APRÈS LE MODÈLE SIM2 (DRIAS EAU)

DIFFÉRENCE ENTRE LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE ET LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE
HORIZON MOYEN (2041-2070)

		Printemps	Été	Automne	Hiver	
RCP 4.5	LE LAYON à St Lambert-du-Lattay	Écart relatif de la moyenne du débit	+11%	-21%	-9%	+10%
	LA LOIRE à Montjean-sur-Loire	Écart relatif de la moyenne du débit	+4%	-29%	-6%	+7%
RCP 8.5	LE LAYON à St Lambert-du-Lattay	Écart relatif de la moyenne du débit	+18%	-26%	-3%	+19%
	LA LOIRE à Montjean-sur-Loire	Écart relatif de la moyenne du débit	+8%	-15%	-25%	+13%



Pour le Layon, à l'horizon 2041-2070, il est prévu une **hausse des débits moyens d'hiver et de printemps** et une **baisse des débits en particulier en été**, et dans une moindre mesure en automne.

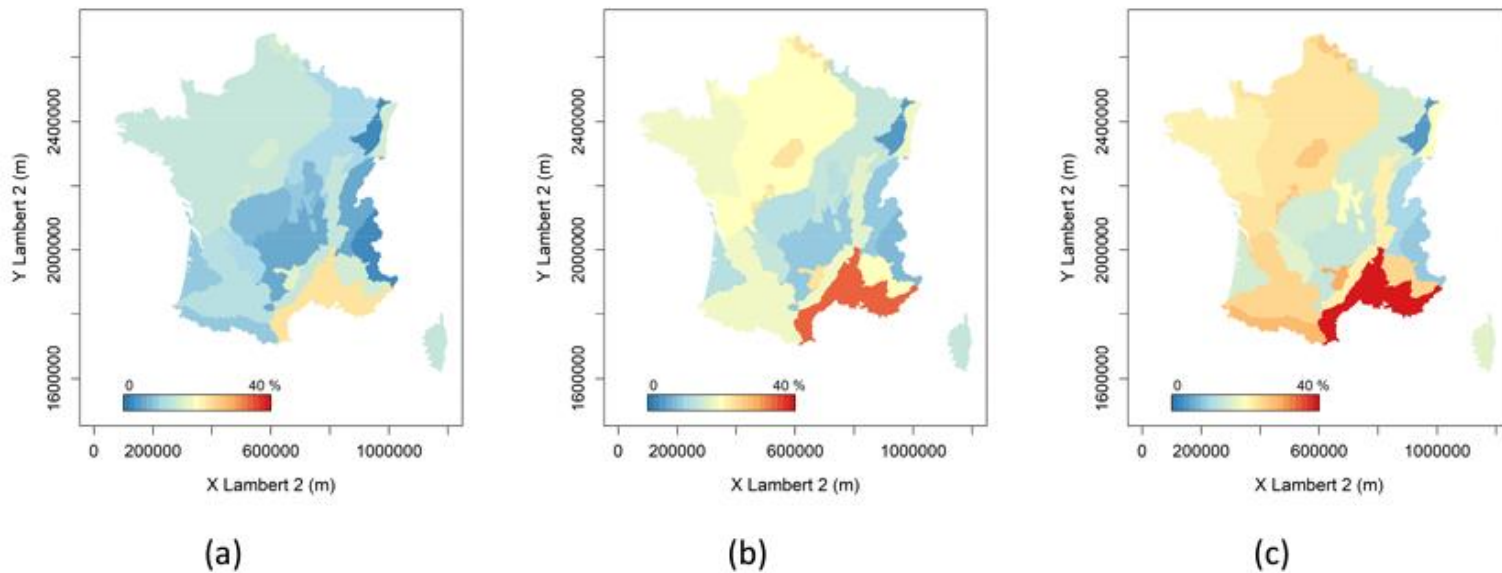
Pour les débits de Loire, la baisse est particulièrement marquée en automne.

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

LES DÉBITS : INTERMITTENCE DES COURS D'EAU

Premiers diagnostics basés sur les simulations SIM2 - Le futur de l'eau en France

AUGMENTATION DU RISQUE D'INTERMITTENCE, EN PARTICULIER DANS LES RÉGIONS OÙ LES ASSECS SONT HISTORIQUEMENT BIEN PRÉSENTS



Proportion d'assec moyenne sur la période juin-novembre pour les périodes 1960-2018 (a), 2021-2050 (b) et 2071-2100 (c) calculées pour chaque HER (applicable aux cours d'eau de tête avec un ordre de Strahler inférieur à cinq)

Sur le bassin versant du Layon, où les cours d'eau concernés par les assecs sont déjà nombreux, le risque d'intermittence augmente. Il était de 30% sur la période 1960-2018, il pourrait être de 50% sur la période 2021-2050 et 60% pour la période 2071-2100

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'ÉVAPO-TRANSPIRATION

L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la somme de la transpiration du couvert végétal, à travers les stomates des plantes, et de l'évaporation du sol qui pourrait se produire **en cas d'approvisionnement en eau suffisant (disponibilité en eau non limitative)** pour un couvert végétal bas, continu et homogène sans aucune limitation (nutritionnel, physiologique ou pathologique).

Elle peut se calculer à partir de différentes formules empiriques prenant en compte les seules variables atmosphériques.

L'ÉVAPOTRANSPIRATION RÉELLE

L'évapotranspiration réelle (ETR) est **calculée par le modèle SIM2** en fonction de la végétation et de l'état hydrique de chaque maille. **L'ETR, toujours inférieure à l'ETP, est contrôlée par la disponibilité effective de l'eau pour la végétation.**

En scénario RCP 8.5, l'évolution de l'ETR en fin de siècle varie entre -5 % et +10 %. On constate, contrairement à l'ETP, que l'évolution de l'ETR est peu marquée au cours du siècle, mais présente une structure spatiale marquée est-ouest (baisse à l'ouest et hausse à l'est). On constate également une **incertitude assez forte entre les modèles, avec des évolutions de signes opposés entre les bornes inférieure et supérieure de la distribution.**

En fin de siècle, la comparaison par scénario climatique montre des signaux très cohérents tant en intensité qu'en structure spatiale pour les RCP4.5 et RCP8.5

I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE L'ÉVAPO-TRANSPIRATION

Sous l'effet de l'augmentation des températures, l'évaporation potentielle augmente.

Toutefois, en fonction de la réserve en eau du sol, l'évapo-transpiration réelle n'évolue pas de la même manière.

Nous observons une diminution de l'ETR sur la partie Ouest de la France, sous l'effet de la hausse des températures et d'une baisse de la ressource en eau du sol et des plantes disponibles.

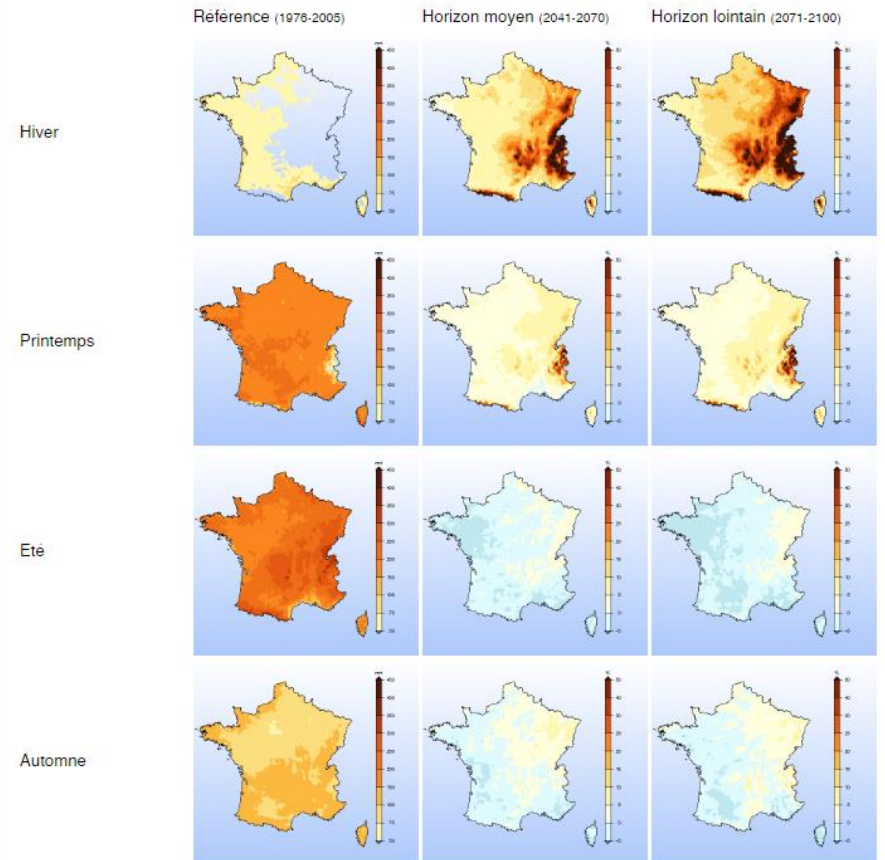
Sur la partie ouest de la France, dont le bassin versant du Layon, l'ETR diminue à l'horizon moyen et lointain, pour les scénarios RCP 4.5 et 8.5 (médiane multimodèles).

	Printemps	Été	Automne	Hiver
RCP 4.5	+1%	-6%	-2%	+7%
RCP 8.5	+3%	-7%	-4%	+13%

ANNÉE COMPLÈTE
RCP 4.5 : -1 %
RCP 8.5 : -7 %

Écart relatif de l'évapotranspiration réelle cumulée : valeur de référence et écart relatif à cette valeur par horizon
 Modèle hydrologique SIM2 forcé par l'ensemble DRIAS-2020 (correction ADAMONT)
 Produit multi-modèles : 50e centile de l'ensemble SIM2 forcé par l'ensemble DRIAS-2020
 par scénario / par période

RCP4.5 : Scénario avec émissions modérées



I.1. ÉVOLUTION DE L'HYDROLOGIE SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION DE LA RESSOURCE DISPONIBLE À L'HORIZON 2041-2070

Les différentes études montrent que, la tension sur la ressource en eau, déjà très forte sur le bassin versant du Layon, **RISQUE DE S'ACCROÎTRE ENCORE EN SAISON ESTIVALE ET AUTOMNALE**, sous l'effet de la diminution des débits et de la hausse de l'évapo-transpiration.

Pour la période hivernale, la hausse des débits est moins certaine. L'étude ICC hydroqual n'indiquait pas de hausse de débits hivernaux, contrairement aux dernières simulations publiées sur DRIAS Eau.



L'effet d'évaporation des plans d'eau (cf. chapitre suivant) est d'autant plus fort que la température est élevée, entraînant un drainage du milieu adjacent si les retenues ne sont pas étanches.



La diminution de la ressource estivale est particulièrement pénalisante pour le milieu (assecs, diminution de la quantité d'O², concentration des polluants, etc.)

CHAPITRE I

VÉRIFIER LA VALIDITÉ DES VOLUMES PRÉLEVABLES CALCULÉS EN 2016

Ce premier chapitre présente l'évolution du climat et de son influence sur l'hydrologie du bassin versant, puis sur la qualité des milieux. Enfin nous présenterons l'évolution tendancielle des usages (deux scénarios présentés).

I.1. Évolution de l'hydrologie compte tenu du changement climatique

I.2. Effet du changement climatique sur les milieux

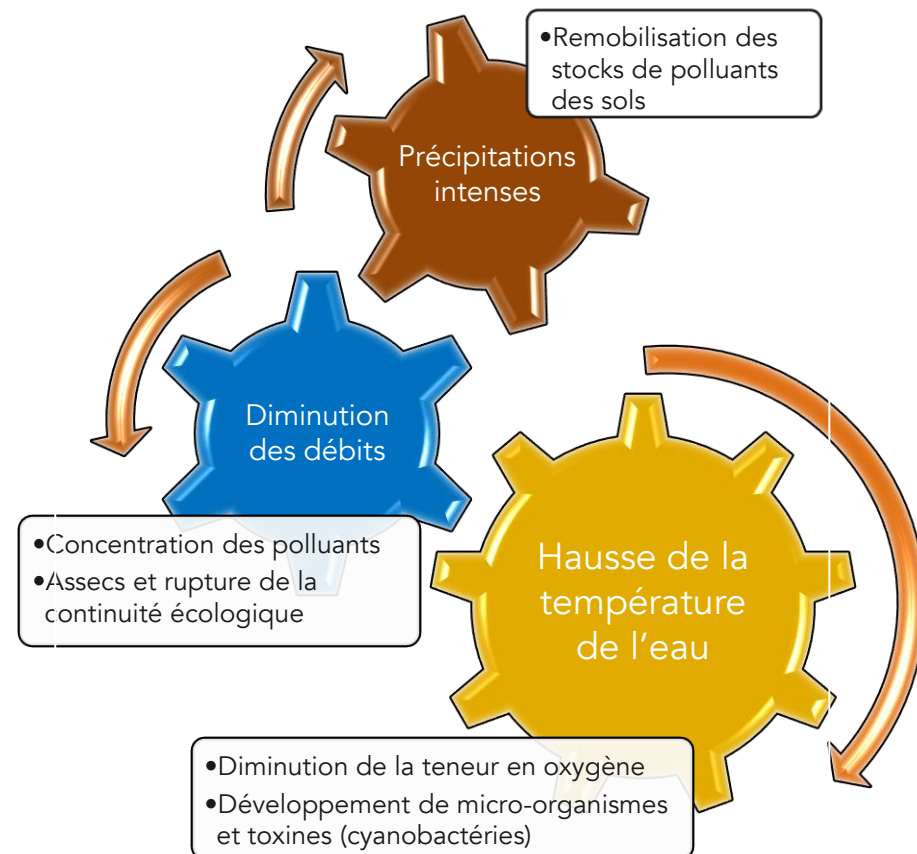
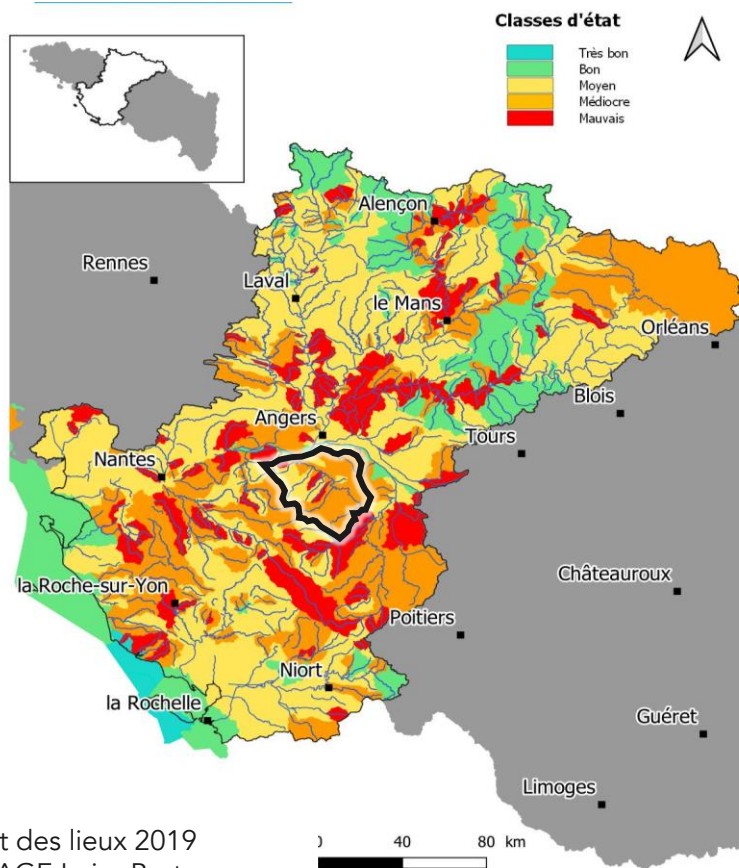
I.3. Évolution des usages sur la période 2000-2022 et prospective

I.4. Conclusion : faut-il recalculer les volumes prélevables ?

I.2. EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MILIEUX

DES IMPACTS PRÉVISIBLES, MAIS DIFFICILEMENT QUANTIFIABLES – EXPLORE 2070

Les effets du changement climatique sur la qualité des milieux aquatiques sont connus, même s'ils restent difficilement quantifiables. **La qualité des cours d'eau du territoire, déjà très dégradée aujourd'hui, sera pénalisée par la diminution des débits estivaux, les précipitations intenses et l'élévation de la température des cours d'eau.**



I.2. EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MILIEUX

DES IMPACTS PRÉVISIBLES, MAIS DIFFICILEMENT QUANTIFIABLES – EXPLORE 2070

➔ HORMIS LA TEMPÉRATURE, LES OBSERVATIONS SUR LES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DES EAUX SONT DIFFICILEMENT EXPLOITABLES À CAUSE DES INTERFÉRENCES LIÉES À L'ÉVOLUTION DES USAGES, À LA NATURE DES SOLS, À LA GÉOLOGIE, AUX PRATIQUES ET AUX POLITIQUES DE PRÉVENTION, AINSI QUE DE LA DURÉE DE LEURS EFFETS.

AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES DES COURS D'EAU

+1,6 °C en moyenne, à l'échelle de la France selon l'étude explore 2070.

À l'horizon 2050 certains cours d'eau pourraient voir leur température moyenne augmenter de près de deux degrés. Cette augmentation de la température entraînera **une baisse de l'ordre de 3 à 5 % de la teneur en oxygène**, composant fondamental pour la vie des écosystèmes, et la limitation de l'eutrophisation.

REMOBILISATION DES STOCKS DE POLLUANTS VENANT DU SOL LORS DES ÉPISODES DE FORTES PRÉCIPITATIONS

L'augmentation de l'intensité et de la fréquence des précipitations extrêmes aura pour conséquences une **augmentation des nitrates et des matières en suspension « contaminées »** (pesticides, métaux).

AUTRES PROCESSUS NATURELS BIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES MAL CONNUS

Les effets directs du changement climatique interagissent entre eux et certains effets sont mal connus. Par exemple, l'augmentation de la température ou de l'intensité des rayonnements UV-B pourront favoriser certaines réactions physico-chimiques (solubilité des micropolluants, réactions d'hydrolyse, photolyse, désorption, complexation, biodégradation, coagulation, sédimentation), et en ralentir d'autres (sorption, solubilité des gaz, etc.).

DÉVELOPPEMENT DES MICRO-ORGANISMES PATHOGÈNES ET CYANOBACTÉRIES

L'augmentation de la température aura un impact sur les populations microbiennes ainsi que la prolifération des micro-organismes pathogènes et des cyanobactéries avec leurs risques de production de toxines associées.

CONCENTRATION DES POLLUANTS AVEC LA DIMINUTION DES DÉBITS DE BASSES EAUX

La diminution des débits des cours d'eau va accentuer les **problèmes de concentrations en macro-polluants et micropolluants minéraux et organiques** des milieux aquatiques. On parle ici des matières organiques dissoutes (MOD), mais aussi de tous les autres polluants physico-chimiques ou des polluants spécifiques.

CHAPITRE I

VÉRIFIER LA VALIDITÉ DES VOLUMES PRÉLEVABLES CALCULÉS EN 2016

Ce premier chapitre présente l'évolution du climat et de son influence sur l'hydrologie du bassin versant, puis sur la qualité des milieux. Enfin nous présenterons l'évolution tendancielle des usages (deux scénarios présentés).

I.1. Évolution de l'hydrologie compte tenu du changement climatique

I.2. Effet du changement climatique sur les milieux

I.3. Évolution des usages sur la période 2000-2022 et prospective

I.4. Conclusion : faut-il recalculer les volumes prélevables ?

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES

Les paragraphes suivants reprennent les éléments déjà évoqués en phase 1 quant à l'évolution des différents usages. Les sources utilisées sont principalement le **Schéma Directeur de la ressource en Eau du Maine-et-Loire** (publié en 2020). Des groupes de travail associant les acteurs du territoire, en particulier la chambre d'agriculture, ont permis de dresser des évolutions prévisibles des usages à l'horizon 2030 et 2070.

L'analyse des volumes consommés par les différents usages, inventoriés en Phase 1 de cette étude à partir de différentes bases de données, a permis de vérifier que les tendances observées sont bien comparables aux éléments SDGRE.

Les tendances présentées ci-après correspondent à l'évolution des besoins par usages, tenant compte :

- Des trajectoires socio-économiques (croissance démographique, diminution de l'élevage par exemple)
- De l'influence du changement climatique (hausse des besoins en eau des plantes et du bétail par exemple)

Ces tendances ne prennent pas en compte des éventuelles restrictions de la disponibilité de l'eau.

Un scénario spécifique de stagnation voire diminution des consommations d'eau dans un objectif d'atteinte de l'équilibre quantitatif estivale sera également défini.

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



STABILISATION DE LA CONSOMMATION D'EAU POTABLE

Tendance passée :

Hausse des besoins, suivant la croissance démographique du territoire

Prospective :

Augmentation de la population, partiellement compensée par la diminution de la consommation des équipements électroménagers et changement de comportements)

2020	2030	2050	2070	2100
100 000 hab.	+5 %	+15 %	+20 %	+30 %
4.5 Mm ³ /an	4.7 Millions	5.4 Millions	6.3 Millions	7.6 Millions

Le territoire ne dispose pas de ressource en eau potable, néanmoins, le changement climatique a pour effet de diminuer le débit des rivières et notamment la Loire qui approvisionne ce territoire et des territoires voisins. Les usines exploitant la nappe alluviale connaissent déjà **des situations de tension qui pourraient s'accroître et faire émerger des situations de concurrence entre les territoires desservis par ces usines de production.**



DIMINUTION DE LA CONSOMMATION EN EAU POUR L'INDUSTRIE LIÉE À LA FERMETURE D'UN SITE, SINON ÉVOLUTION STABLE

Tendance passée : Décroissance ces dernières années liée à la réduction de la production de France Champignon, site racheté avec la volonté de poursuivre l'activité.

Pas de tendance concernant les autres industries.

Volume prélevé recensé : 1 Mm³

Prospective : La consommation d'eau par l'industrie est peu dépendante des conditions climatiques. Certains industriels mettent en œuvre des actions d'économies d'eau et s'engagent à une limitation des prélèvements dans le milieu naturel.

Hypothèse d'une stabilité des volumes dans le temps.



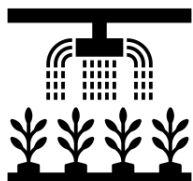
PAS DE TENDANCE CONCERNANT LES PUIITS DOMESTIQUE

Les données disponibles ne permettent pas de caractériser une évolution.

Volume prélevé estimé : entre 0.4 et 0.8 Mm³

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



LES ENJEUX AGRICOLES – FOCUS SUR L'IRRIGATION

L'évolution des besoins futurs de l'agriculture dépend d'une multitude de critères. Les évolutions énoncées dans le présent rapport sont issues du SDGRE du Maine-et-Loire (2019), qui sont elles-mêmes basées sur des échanges/retours d'experts et d'analyse climatique.

SOURCE : SDGRE 49

FILIÈRE GRANDES CULTURES

Selon la filière, les économies d'eau ne pourront pas pallier l'augmentation du déficit hydrique et un tour d'eau supplémentaire sera réalisé pour le maïs en particulier.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau :

2030 :	2050 :
Surfaces irriguées : +10 %	Surfaces irriguées : +15 %
	+ 1 tour d'eau 30 mm

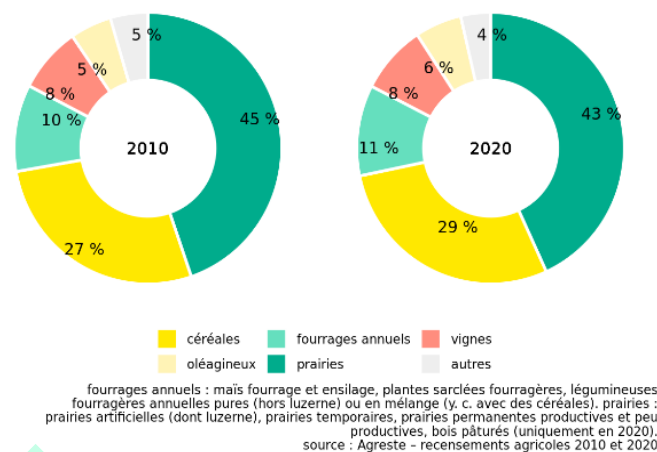
FILIÈRE SEMENCE

La filière semence prévoit une augmentation à l'avenir. Néanmoins, à l'échelle du Maine-et-Loire, il est projeté que la filière se diversifie avec de nouvelles productions (tournesol, luzerne, colza, trèfle violet). Le maïs semence a atteint son apogée en 2020.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau :

2030 :	2050 :
Surfaces irriguées : +5 %	Surfaces irriguées : +10 %
	+ 1 tour d'eau 30 mm

Répartition des cultures principales (RGA, 2020)
Syndicat Layon Aubance Louets

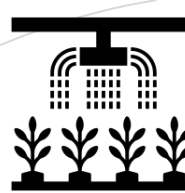


Rappel du type de culture en place

Données à l'échelle du périmètre entier des communes du SAGE

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



LES ENJEUX AGRICOLES – FOCUS SUR L'IRRIGATION

SOURCE : SDGRE 49 ET ÉCHANGES LORS DU COTECH

FILIÈRE ÉLEVAGE

La filière prévoit une augmentation des surfaces irriguées en maïs fourrage et en prairies irriguées.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau :

2030 :

Surfaces en maïs fourrage : +10 %

Surfaces en prairies : +5 %
+ 1 tour d'eau

2050 :

Surfaces en maïs fourrage : +15 %
+ 1 tour d'eau

Surfaces en prairies : +10 %
+ 2 tours d'eau

FILIÈRE ARBORICOLE

Cette filière voit le nombre de ses actifs diminuer, les entreprises arboricoles s'agrandissent ou sont abandonnées.

Des efforts dans l'apport d'eau via l'irrigation sont réalisés pour économiser l'eau. Les parcelles irriguées le sont de plus en plus par la technique du goutte-à-goutte.

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau : si elles existent, les surfaces en lutte antigel et apports en eau seront identiques à l'avenir.

FILIÈRE VITICOLE

Pas d'irrigation ou d'aspersion antigel connue à ce jour sur le territoire

FILIÈRE MARAÎCHAGE

Cette filière est assez dynamique sur l'Aubance notamment. De nombreuses installations locales sur des petites surfaces (maraîchage local) sont enregistrées.

Les surfaces en maraîchage pourraient augmenter, notamment sur l'Aubance où le *syndicat des irrigants de l'Aubance prévoit des augmentations de surface de 23% d'ici 5 ans*

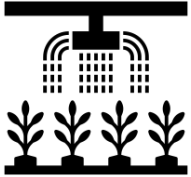
Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau :

2030 : Surfaces : +15 % // eau +20%

2050 : Surfaces : +20 % // eau +30%

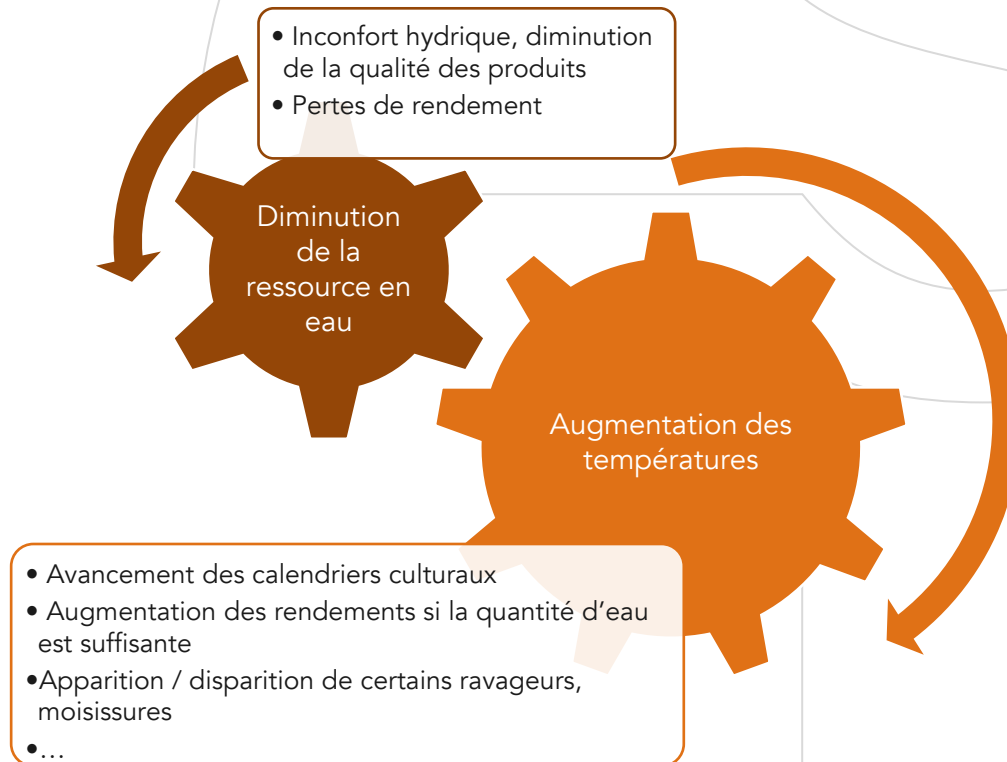
I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



AUTRES ENJEUX AGRICOLES

La hausse des températures, comme la diminution des ressources en eau en période estivale ont des conséquences nombreuses, non seulement sur l'eau prélevée, mais aussi sur les rendements, les ravageurs et même l'organisation des marchés et du travail.



I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

CLIMATVEG : REX DE L'ÉTÉ 2022 DE BIO LOIRE OcéAN EN 2022

DANS LE CADRE DU PROJET CLIMAVEG , L'ASSOCIATION BIO LOIRE OcéAN A PROPOSÉ UN RETOUR D'EXPÉRIENCE DES CONSÉQUENCES DE LA MÉTÉO EXCEPTIONNELLE DE 2022 SUR LA FILIÈRE MARAÎCHÈRE ET ARBORICOLE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE DES PAYS DE LA LOIRE. EN EFFET, METE FRANCE PRÉVOIT QUE L'ÉTÉ 2022 POURRAIT DEVENIR LA NORME À L'HORIZON 2050¹

SITUATION DES VERGERS BIOLOGIQUES :

Une protection des arbres

- Une récolte plus précoce
- Un usage de l'eau restreint
- Peu de pression des ravageurs
- Côté sanitaire, peu de maladies ont été signalées.

Les quantités d'eau apportées d'avril à octobre (compte tenu de la localisation, du type de sols et des épisodes orageux) varient entre 2 200 m³/ha et 4 500 m³/ha sur la région.

Cette année a permis de déployer des stratégies payantes (rationnement précoce de l'irrigation, blanchiment des arbres, retards des éclaircissages et limitation de la charge des arbres) pour assurer au final une récolte de qualité.

Au final, les rendements sont corrects (30 à 35 t/ha) compte tenu des conditions climatiques rencontrées.

SITUATION DES CULTURES MARAÎCHÈRES SOUS SERRE ET EN PLEIN CHAMP :

Le printemps chaud et sec a été idéal pour l'implantation des cultures. Ces conditions ont également été favorables à la minéralisation dans les sols et au bon démarrage de la végétation.

Décalage des programmes de plantations et la mise en marché des salades. Cela a entraîné des télescopages de cycles, des pics de production, des méventes et une baisse de prix sur les marchés.

Les productions (courgette, fenouil...) sont arrivées plus précocement sur le marché sans problématique d'écoulement, mis à part la pomme de terre nouvelle dont le marché fut très difficile compte tenu des stocks encore importants de pommes de terre de conservation.

La production de radis a été de bonne qualité et régulière tout au long du printemps.

- Côtés ravageurs, il y a eu peu de pression observée.
- Côté sanitaire, peu de maladies ont été signalées.

¹ : <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/changement-climatique-lete-2022-et-ses-extremes-meteorologiques>

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

CLIMATVEG : REX DE L'ÉTÉ 2022 DE BIO LOIRE OCÉAN EN 2022

Les chaleurs extrêmes et atypiques pour notre région cet été avec de nombreux pics de chaleur ont finalement peu pénalisé la production du fait d'anticipations et d'actions des producteurs (blanchiment, bassinage, choix des espèces, décalage des semis et plantations...).

La plupart des plantes légumières ont réussi à s'adapter en stoppant ou freinant leur croissance et leur développement lors des épisodes de fortes chaleurs pour reprendre leur croissance plusieurs semaines plus tard (notamment les carottes, céleris-raves et poireaux). Les productions qui ont le plus souffert sont les plants de salade et tous les semis et plantations qui se sont déroulés du 15 juillet au 15 août. Les températures extrêmes ont partiellement détruit les produits feuilles (salades) ainsi que les plantules des produits racines.

La difficulté principale pour les maraîchers et les arboriculteurs a concerné l'organisation du travail. Des choix difficiles ont été faits dans l'urgence sur la priorisation des usages de l'eau, la décision de semer ou pas, de planter ou de jeter les plants... L'organisation des équipes de salariés et saisonniers pendant ces fortes chaleurs a également été difficile à mettre en œuvre. Les interdictions d'arrosages en journée ont contraint les producteurs à travailler le jour et la nuit pour assurer les irrigations.

LES PISTES D'ADAPTATION EN ARBORICULTURE PORTENT SUR :

- Les **systèmes de micro-aspiration** pour l'irrigation de façon à permettre une meilleure alimentation hydrique dans ce contexte de canicule.
- Les **choix variétaux**, compte tenu de la précocité, de la sensibilité au gel, de la résistance aux coups de chaleur.
- Le **matériel de lutte antigel**.

LES PISTES D'ADAPTATIONS EN MARAÎCHAGE PORTENT SUR :

Le calendrier cultural avec l'objectif de limiter le risque climatique en période estivale. Pour cela, une réflexion est à mener sur le développement des cultures primeurs et tardives en adéquation avec les besoins des marchés.

- La **reconstitution du bocage** (haies et alignements d'arbres) pour limiter l'augmentation des températures, l'érosion des sols et ralentir le cycle de l'eau.
- Les équipements et les connaissances agronomiques nécessaires à la **bonne maîtrise de l'irrigation**, adaptés aux sols et aux usages par rapport aux besoins.
- La **fertilité et l'amélioration de la structure du sol** pour mieux retenir les éléments et l'eau dans les sols (allonger les rotations avec des productions nouvelles intercalaires, techniques de préparation des sols, etc.)
- Le **matériel de protection contre les extrêmes thermiques** (filet d'ombrage, antigel, etc.)

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



LES ENJEUX AGRICOLES – FOCUS SUR L'ABREUVEMENT

L'évolution des besoins futurs de l'agriculture dépend d'une multitude de critères. **Les évolutions énoncées dans le présent rapport sont issues du SDGRE du Maine-et-Loire (2019), qui sont elles-mêmes basées sur des échanges/retours d'experts et d'analyse climatique.**

ÉVOLUTION FILIÈRES ANIMALES

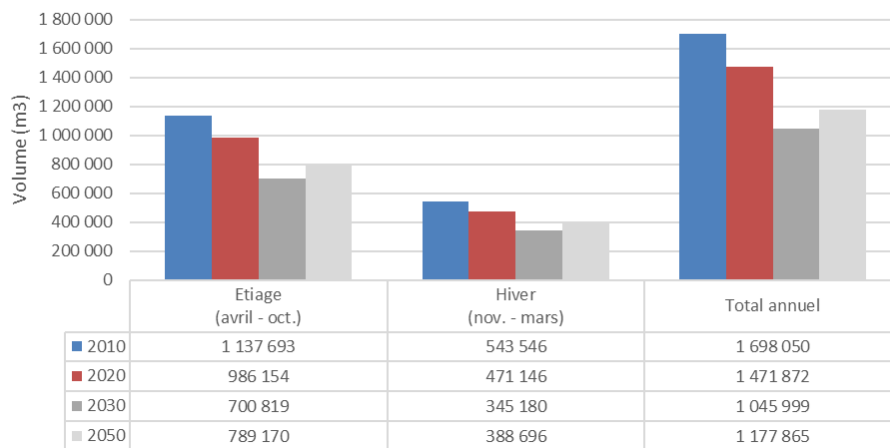
2030 :	2050 :
Bovin viande : -21 %	Bovin viande : -54 %
Bovin lait : -7 %	Bovin lait : -19 %
Bovin mâle (veaux) : -17 %	Bovin mâle (veaux) : -17 %

HAUSSE DE LA DEMANDE EN EAU POUR L'HYDRATATION DES ANIMAUX ET LE REFROIDISSEMENT DE LEUR ENVIRONNEMENT

Conséquence sur la mobilisation de la ressource en eau :

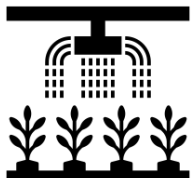
2030 :	2050 :
Juin & sept. : +5 %	Juin & sept. : +5 %
Juil. & août : +10 %	Juil. & août : +15 %

Prospective pour l'évolution des prélèvements en eau pour les bovins sur le territoire SLAL (Hors AEP)



I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES



LES ENJEUX AGRICOLES

L'agriculture est un secteur particulièrement touché par ce changement climatique. Les impacts sont déjà observables sur les dates de floraisons des pommes ou encore la précocité du maïs et de la vigne. Ces impacts devraient être amplifiés à l'avenir vu l'évolution climatique attendue :

- **Modification des stades phénologiques**
- **Apparitions de nouveaux ravageurs**
- **Manque d'eau**

Le projet Climator a été mené de 2007 à 2010 sous maîtrise d'ouvrage de l'agence nationale pour la recherche. Il a caractérisé l'agriculture française selon les impacts potentiels du changement climatique :

- **Évolution des calendriers cultureux**
- **Le bilan hydrique sera de plus en plus déséquilibré ; cela se fera sentir sur le confort hydrique des cultures pluviales, et sur les capacités d'irrigation des cultures irriguées ;**
- **le rendement, dont les facteurs limitants dépendront plus fortement des conditions d'alimentation hydrique et des fortes températures en fin de cycle.**

UNE CONSÉQUENCE TRÈS IMPORTANTE POUR L'AGRICULTURE CONCERNE LA BAISSÉ DE LA DISPONIBILITÉ DE LA RESSOURCE EN EAU, LIÉE D'UNE PART À LA BAISSÉ ATTENDUE DES PRÉCIPITATIONS ESTIVALES ET À L'AUGMENTATION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE.

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES – FOCUS PRÉLÈVEMENTS

SYNTHÈSE DES TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES

- À partir du SDGRE et des échanges qui ont eu lieu en comité technique, deux scénarios d'évolution des usages sans restriction de la disponibilité en eau sont proposés. Ces scénarios sont présentés à l'échelle globale du bassin versant.
- Ces scénarios sont établis à l'horizon 2030, et ne prennent pas en compte la diminution de la disponibilité de la ressource (volumes prélevables identiques).
- Le territoire connaît un déficit quantitatif marqué (Débit d'Objectif d'Etiage rarement tenus). Un autre scénario qualitatif est construit portant sur une hypothèse de diminution des prélèvements associés aux usages estivaux. Pour rappel, le SAGE ne prévoit pas de volumes prélevables superficiels estivaux. Les volumes prélevés correspondent à des usages non concernés par la réglementation (abreuvement, évaporation de plans d'eau, puits domestiques) ou illégaux.

Usages	Tendances prospectives pour les différents usages à l'horizon 2030	Actuel (cf. Phase 1)	Scénario de décroissance des conso. d'eau	Scénario tendanciel	Scénario de forte croissance de la demande
IRRIGATION	Croissances des besoins des plantes sous l'effet de l'élévation des températures et stagnations des surfaces agricoles	5 à 8 Mm ³	Diminution des prélèvements estivaux	+5%	+15%
ASPERSION ANTI-GEL	Avancement du bourgeonnement fait peser un risque de pertes plus important.	Inconnu	=	+10%	+ 20%
ABREUVEMENT DU BÉTAIL	Augmentation des besoins lors des épisodes caniculaires, mais décroissance des cheptels	2.2 Mm ³	Diminution des prélèvements estivaux	-30%	-30%
EAU POTABLE Tous usages (yc gros consommateurs et fuites)	Augmentation de la population, mais partiellement compensée par la diminution de la consommation des équipements et changement de comportements	7 Mm ³ (importés)	=	+5%	+10%
PUITS DOMESTIQUES	Hypothèse de stagnation au niveau actuel	0.8 Mm ³	=	=	=
INDUSTRIELS	Décroissance ces dernières années liée à la réduction de la production de France Champignon, site racheté avec la volonté de poursuivre l'activité.	1 Mm ³	Diminution des prélèvements estivaux	=	+10%
Interception des écoulements par les PLANS D'EAU CONNECTÉS	Hausse de l'évaporation sous l'effet de la hausse des températures	1 Mm ³	Diminution par la déconnexion des plans d'eau	+10%	+15%

I.3. ÉVOLUTION DES USAGES

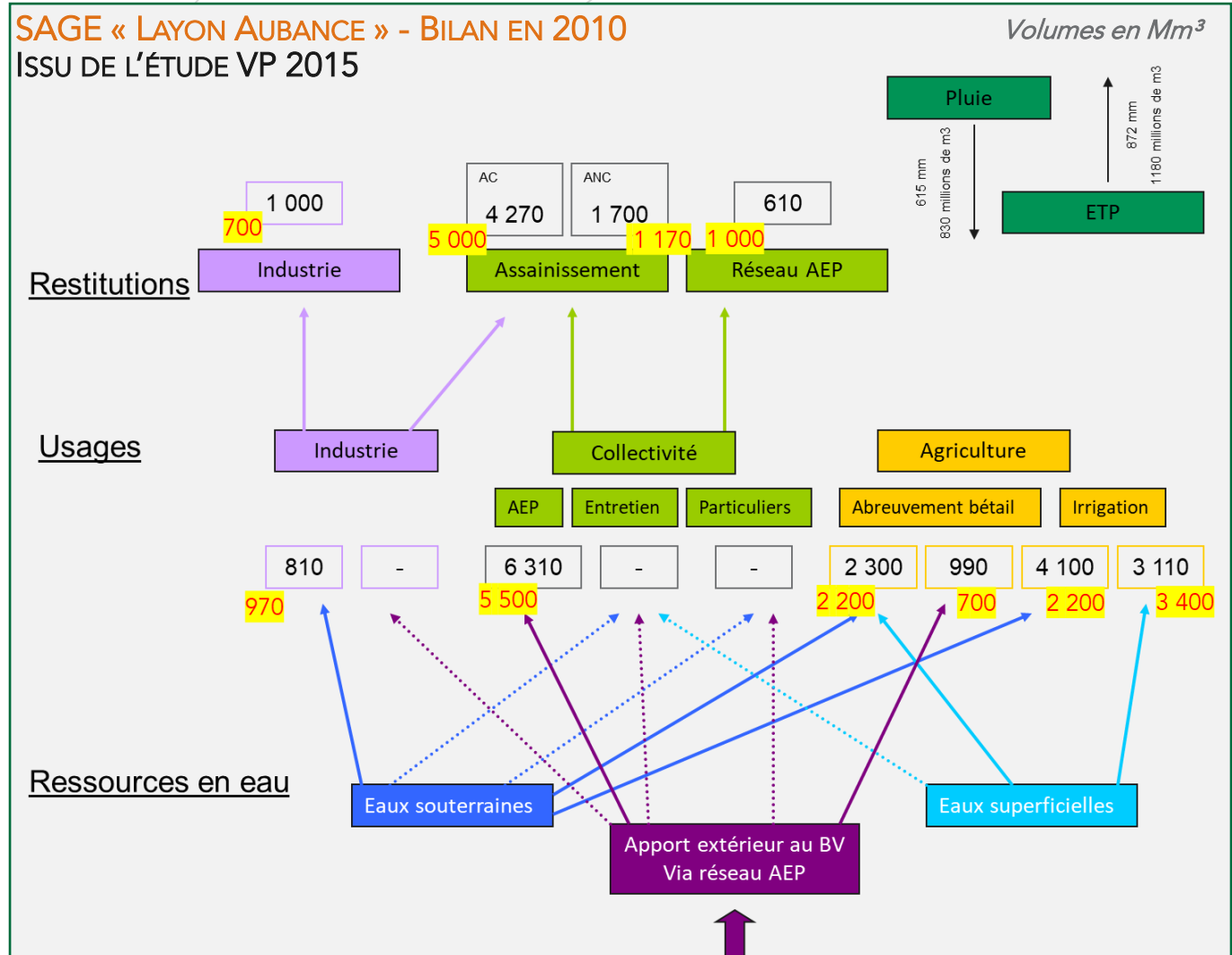
SYNTHÈSE DES TENDANCES PASSÉES ET PROSPECTIVES

Les encarts jaunes correspondent aux valeurs moyennes collectées pour la période 2012-2020. Les différences en termes d'usage sont limitées par rapport à la période prise en compte dans la précédente étude VP.



Seuls les prélèvements pour l'usage irrigation, captés dans les nappes souterraines diminuent considérablement.

Le comité technique précise que les volumes prélevés pour l'irrigation pour la période 2012-2020 (2.2 Millions) sont une valeur plancher, qui ne prend pas en compte les nombreux prélèvements < 7000 m³/an.



CHAPITRE I

VÉRIFIER LA VALIDITÉ DES VOLUMES PRÉLEVABLES CALCULÉS EN 2016

Ce premier chapitre présente l'évolution du climat et de son influence sur l'hydrologie du bassin versant, puis sur la qualité des milieux. Enfin nous présenterons l'évolution tendancielle des usages (deux scénarios présentés).

I.1. Évolution de l'hydrologie compte tenu du changement climatique

I.2. Effet du changement climatique sur les milieux

I.3. Évolution des usages sur la période 2000-2022 et prospective

I.4. Conclusion : faut-il recalculer les volumes prélevables ?

I.4. ÉVOLUTION DES USAGES SUR LA PÉRIODE 2000-2022 ET PROSPECTIVE

CONCLUSIONS

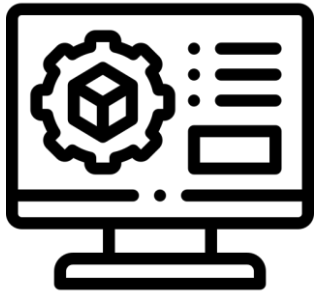
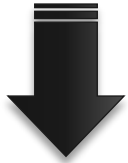
- L'hydrologie prise en compte dans le calcul des volumes prélevables s'appuie sur une période favorable (environ 100 à 200 mm de précipitations supplémentaires) par rapport à la moyenne de la période 2000-2022, et en particulier par rapport à la dernière décennie.
- Le changement climatique aura pour effet de **diminuer la ressource disponible en période estivale et automnale** (-21 % à -26 % pour les débits moyens d'été à l'horizon moyen)
- Il est **possible que la ressource hivernale et printanière soit en revanche plus abondante** (+10 % à 19 % pour les débits moyens d'hiver)
- Néanmoins, la hausse des précipitations hivernales est **incertaine**
- Tandis que la **baisse de la disponibilité de l'eau en été sous l'effet de l'augmentation des températures** est un résultat commun à tous les modèles climatiques.

AINSI, COMPTE TENU DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE CES CONSÉQUENCES, DÉJÀ EN PARTIE OBSERVÉES SUR LA DERNIÈRE DÉCENNIE :

- **DIMINUTION DES DÉBITS D'ÉTIAGE**
- **DE LA REPRISE PLUS TARDIVE DES ÉCOULEMENTS**

IL PARAÎT NÉCESSAIRE DE RECALCULER DES VOLUMES PRÉLEVABLES SUPERFICIELS SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT (TOUTES UNITÉS DE GESTION)

I.4. ÉVOLUTION DES USAGES SUR LA PÉRIODE 2000-2022 ET PROSPECTIVE TO : MODÈLE PLUIE-DÉBIT POUR LE CALCUL DES VOLUMES PRÉLEVABLES



1. **CONSTRUCTION DU MODÈLE :**
 - ❖ ETP journalière ou décadaire (à acquérir)
 - ❖ Précipitations journalières ou décadaires (à acquérir)
 - ❖ Prélèvements mensuels (ramenés ensuite au pas de temps journalier ou décadaire)
 - ❖ Réflexion sur le choix de l'unité de référence (UG actuelles ou nouveau découpage)
2. **CONSTRUCTION SUR LA CHRONIQUE 2002-2022 EN RÉGIME INFLUENCÉ**
3. **CALAGE DU MODÈLE À PARTIR DES DONNÉES DE DÉBIT HYDROPORTAIL**
4. **SIMULATION DE DEUX SCÉNARIOS :**
 - ❖ Scénario 1 : débits 2002-2022 désinfluencés
 - ❖ Scénario 2 : débits changement climatique, désinfluencés
 - + 2 °C toute l'année
 - +10 % précipitations hivernales
 - -10 % précipitations estivales
 - Pas de modification des précipitations des saisons intermédiaires
5. **CALCUL DES DÉBITS PRÉLEVABLES POUR LE SCÉNARIO 1 ET LE SCÉNARIO 2**
 - ❖ 0.6 module et 0.4 module
 - ❖ Discussion autour de la période de basses eaux/hautes eaux

CHAPITRE II

IMPACTS CUMULÉS DES PLANS D'EAU

Ce second chapitre présente l'impact des plans d'eau sur l'hydrologie et les milieux, en insistant sur leur impact cumulé, dans le cas d'une succession de plans d'eau de faible superficie (ce qui correspond à la typologie des plans d'eau du territoire).

Nous précisons dès l'introduction qu'il s'agit encore à ce jour d'un domaine exploratoire. L'expertise collective, coordonnée par l'OFB « Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux » (ICRA) propose un panorama des effets des retenues, mais ne fournit pas d'indicateur permettant de quantifier ces effets sur l'hydrologie ou les milieux.

II.1. Effets sur l'hydrologie des hautes eaux : conditions de prélèvements hivernales

II.2. Effets sur l'hydrologie des basses eaux : hypothèse de calcul de l'interception des écoulements

II.3. Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux

II.1. EFFETS SUR L'HYDROLOGIE DES HAUTES EAUX

CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENTS HIVERNALES

CADRAGE RÉGLEMENTAIRE DES PRÉLÈVEMENTS HIVERNAUX POUR LE REPLISSAGE DES RÉSERVES

LES PRÉLÈVEMENTS
D'ALIMENTATION DES RETENUES
NE DOIVENT PAS DÉPASSER
40 % DU MODULE. POUR LES
SECTEURS PARTICULIÈREMENT
CONTRASTÉS, CETTE VALEUR EST
DE 60 % DU MODULE.

1

Collecte des débits désinfluencés (SAFEGE 2012) par UG

2Estimation des volumes mensuels écoulés en m³ par mois**3**Collecte des volumes prélevés par les retenues agricoles en m³ par mois par UG**4**

Calcul du pourcentage prélevé par rapport au volume écoulé

5

Conclusion sur le respect ou non des 40% à 60% du module

Dispositions 7D-5 à 7D-7 du SDAGE.

II.1. EFFETS SUR L'HYDROLOGIE DES HAUTES EAUX

CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENTS HIVERNALES

Suite à la précédente étude volumes prélevables, il a été défini une autorisation de prélèvement à hauteur de 60% du module sur tous les unités de gestion, sauf l'Aubance qui est à 40%.

Toutes les unités de gestion respectent les conditions de prélèvement hivernales, en termes de volume (pas d'indication sur la temporalité des prélèvements)

L'Hyrôme est le bassin qui présente l'impact le plus fort sur les débits, avec 52 % du module (de la période 2001-2012) prélevé.

	Ecoulements	ESU : Cours d'eau,		Sources		Total ESU et sources	
		Prélèvement moyen dans la retenue (moyenne 2012-2020) en m ³	Part du prélèvement sur le volume écoulé	Prélèvement moyen dans la retenue (moyenne 2012-2020) en m ³	Part du prélèvement sur le volume écoulé	Prélèvement moyen dans la retenue (moyenne 2012-2020) en m ³	Part du prélèvement sur le volume écoulé
Arcison	0.257	190 608	29%	36 439	5%	227 048	34%
Armangé	0.138	20 514	6%	26 066	7%	46 580	13%
Aubance	0.816	28 087	1%	207 647	10%	235 734	11%
Dreuillé	0.17	13 504	3%	6 646	2%	20 150	5%
Hyrôme	0.927	996 271	41%	258 469	11%	1 254 740	52%
javoineau	0.353	303 194	33%	25 856	3%	329 050	36%
jeu	0.654	210 739	12%	57 427	3%	268 167	16%
Layon amont	2.215	185 397	3%	286 631	5%	472 028	8%
Layon aval	6.192	144 653	1%	33 915	0%	178 568	1%
Lys	0.75	213 886	11%	11 755	1%	225 641	12%
Vilaine	0.139	45 504	13%	0	0%	45 504	13%

Mode d'alimentation
ESU : Cours d'eau,
ruissellement,
drainage

CHAPITRE II

IMPACTS CUMULÉS DES PLANS D'EAU

Ce second chapitre présente l'impact des plans d'eau sur l'hydrologie et les milieux, en insistant sur leur impact cumulé, dans le cas d'une succession de plans d'eau de faible superficie (ce qui correspond à la typologie des plans d'eau du territoire).

Nous précisons dès l'introduction qu'il s'agit encore à ce jour d'un domaine exploratoire. L'expertise collective, coordonnée par l'OFB « Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux » (ICRA) propose un panorama des effets des retenues, mais ne fournit pas d'indicateur permettant de quantifier ces effets sur l'hydrologie ou les milieux.

II.1. Effets sur l'hydrologie des hautes eaux : conditions de prélèvements hivernales

II.2. Effets sur l'hydrologie des basses eaux : hypothèse de calcul de l'interception des écoulements

II.3. Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux

II.2. EFFETS SUR L'HYDROLOGIE DES BASSES EAUX

HYPOTHÈSE DE CALCUL DE L'INTERCEPTION DES ÉCOULEMENTS

Un plan d'eau, tel qu'un lac, un étang ou une retenue d'eau artificielle, a plusieurs effets sur l'hydrologie :

Modification des régimes hydrologiques naturels : Les plans d'eau artificiels modifient les régimes hydrologiques naturels. L'eau qui était autrefois déversée dans les cours d'eau est dans le plan d'eau, ce qui réduit le débit aval. L'effet bénéfique des crues sur le décolmatage des sédiments, leurs effets morphogènes est également diminué puisque les débits sont ainsi « lissés » dans le temps.

Pertes d'eau par évaporation : L'évaporation à partir des surfaces des plans d'eau peut entraîner une perte d'eau significative. Cela réduit la quantité d'eau disponible pour les besoins humains, l'agriculture, l'irrigation et l'environnement. L'évaporation a un effet sur la température de l'air environnant et de l'eau de la retenue, bien que cela soit difficilement quantifiable.

Drainage des milieux adjacents : si la retenue est connectée à sa nappe d'accompagnement, il existe des échanges nappe/plan d'eau. Le plan d'eau est alimenté par la nappe en période de hautes eaux. Le plan d'eau continue de drainer son milieu en période estivale, par capillarité, au fur et à mesure de son évaporation.

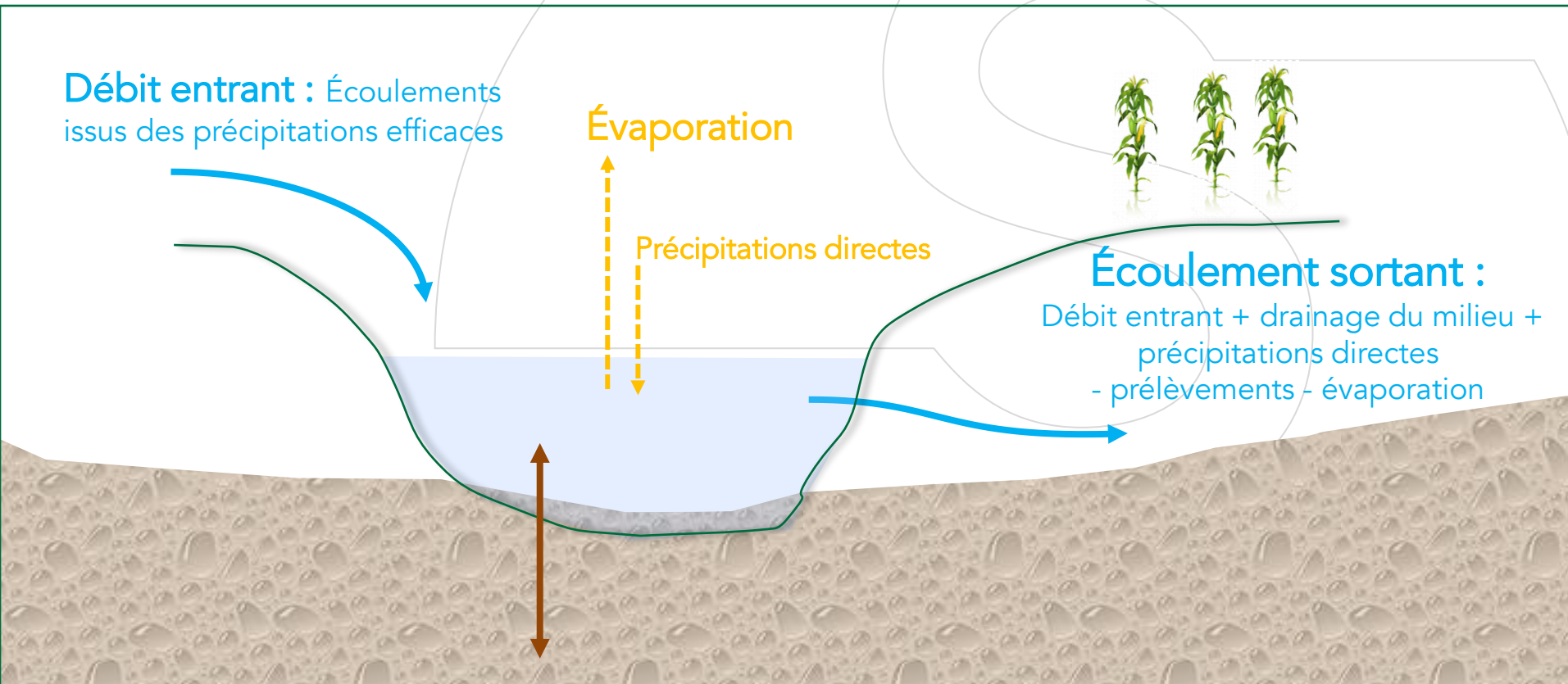
Perte d'eau par infiltration : les échanges nappes/plan d'eau se réalisent aussi dans l'autre sens, le plan d'eau alimentant le sous-sol lorsque la nappe d'accompagnement est basse.

TOUS CES FLUX SONT PARTICULIÈREMENT DIFFICILES À QUANTIFIER, CAR ILS DÉPENDENT DE TRÈS NOMBREUX FACTEURS, PARMIS LESQUELS : SURFACE, PROFONDEUR DU PLAN D'EAU, ORIENTATION PAR RAPPORT AUX VENTS DOMINANTS, DEGRÉ DE CONNECTIVITÉ À LA NAPPE, HAUTEUR DE LA NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT, NATURE DES SOLS

CES FLUX PEUVENT ÊTRE ANTAGONISTES: DRAINAGE DU MILIEU VERSUS INFILTRATION, VARIABLE DANS LE TEMPS (AU FIL DES MOIS) ET DANS L'ESPACE (SELON LA NATURE DES SOLS)

II.2. EFFETS SUR L'HYDROLOGIE DES BASSES EAUX HYPOTHÈSE DE CALCUL DE L'INTERCEPTION DES ÉCOULEMENTS

L'IMPACT SUR L'HYDROLOGIE EST PLUS IMPORTANT QUE LE SIMPLE VOLUME DE LA RETENUE !!



II.2. EFFETS SUR L'HYDROLOGIE DES BASSES EAUX

DIFFÉRENTS CALCULS DE L'EFFET DES PLANS D'EAU SUR L'HYDROLOGIE

Objet du calcul	Formule	Résultat du calcul	Surface ou volume des plans d'eau concernés
Calcul de l'évaporation brute de tous les plans d'eau du territoire	$ETP * surf PE * 0.75$ (marnage du plan d'eau au cours de la saison estivale)	9 millions m ³	1 061 hectares
Calcul de l'évaporation brute des plans d'eau connectés au milieu naturel	$ETP * surf PE < 100 \text{ m cours d'eau ou BD LISA} * 0.75$	1.17 millions m ³	178 hectares
Calcul du bilan précipitation – évaporation des plans d'eau connectés au milieu naturel	$ETP - P * surf PE < 100 \text{ m cours d'eau ou BD LISA} * 0.75$	530 000 m ³	178 hectares
Calcul du prélèvement estival des retenues d'irrigation	Total des volumes déclarés BNPE - volume des retenues excédentaires	907 200 m ³	670 hectares (67% de 1 061 hectares)
Sur-évaporation estimée des plans d'eau connectés	SDGRE Sur-évaporation estimée des plans d'eau connectés : 458 mm/ha	1.3 millions	302 hectares
Total de l'interception annuelle des écoulements naturels	Volume total des retenues / Volume annuel naturellement écoulé par le bassin versant Layon	=> <i>Peut être calculé avec le modèle</i>	1 061 hectares Soit environ 30 Mm ³

→ NOUS PROPOSONS DE CONSIDÉRER QUE L'EFFET D'INTERCEPTION DES PLANS D'EAU SUR LES ÉCOULEMENTS EST DE 1 MILLION DE M³, EN PÉRIODE ESTIVALE

CHAPITRE II

IMPACTS CUMULÉS DES PLANS D'EAU

Ce second chapitre présente l'impact des plans d'eau sur l'hydrologie et les milieux, en insistant sur leur impact cumulé, dans le cas d'une succession de plans d'eau de faible superficie (ce qui correspond à la typologie des plans d'eau du territoire).

Nous précisons dès l'introduction qu'il s'agit encore à ce jour d'un domaine exploratoire. L'expertise collective, coordonnée par l'OFB « Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux » (ICRA) propose un panorama des effets des retenues, mais ne fournit pas d'indicateur permettant de quantifier ces effets sur l'hydrologie ou les milieux.

II.1. Effets sur l'hydrologie des hautes eaux : conditions de prélèvements hivernales

II.2. Effets sur l'hydrologie des basses eaux : hypothèse de calcul de l'interception des écoulements

II.3. Impact cumulé des plans d'eau sur les milieux

II.2. IMPACT CUMULÉ DES PLANS D'EAU SUR LES MILIEUX

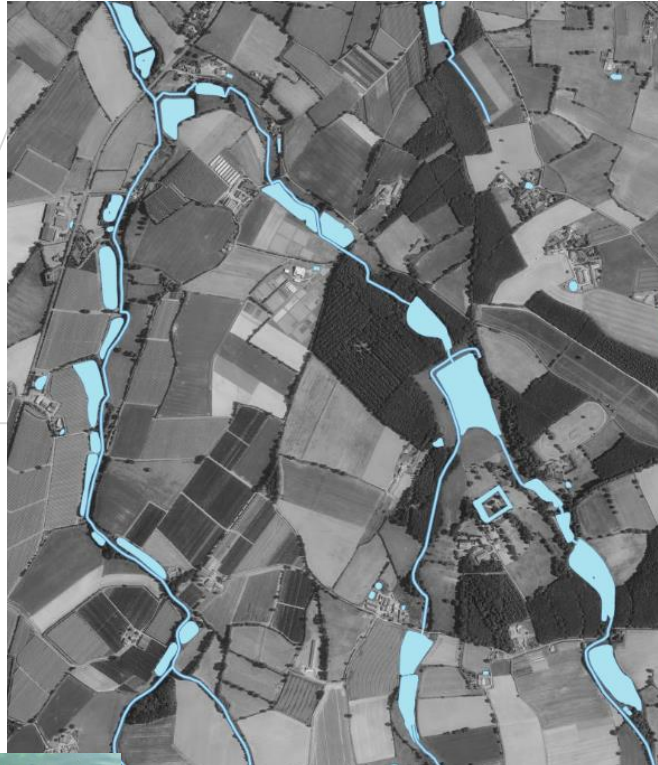
EXPERTISE COLLECTIVE ICRA

HYDROLOGIE

- Réduction du débit avéré, mais impact sur le bilan hydrique difficile à réaliser.
- Intérêt écologique des débits de hautes eaux (décolmatage, crue morphogène, frayère, recharge de nappes, alimentation du littoral, etc.)

PHYSICO-CHEMIE

- Élévation de la température de l'eau.
- Risques significatifs d'eutrophisation.
- Stockage ou d'interception de phosphore, de pesticides, d'azote et de carbone.



Les retenues présentent des risques significatifs d'eutrophisation © Alexandrine Parnand - 2017

BIOLOGIE

- Modification des populations d'invertébrés benthiques et des populations piscicoles vivantes en amont, dans et en aval de leur implantation.
- Obstacle à la libre circulation et à la dispersion des espèces.
- Favorisent l'implantation d'espèces invasives.

HYDROMORPHOLOGIE

- Pièges à sédiments, notamment grossiers.
- La modification des équilibres hydromorphologiques et induits des modifications du lit du cours d'eau en aval (incision ou colmatage selon le cas).
- Impact des vidanges sur l'hydromorphologie du cours d'eau aval.

L'ANALYSE DE LA LITTÉRATURE N'A PU METTRE EN ÉVIDENCE UN INDICATEUR PERMETTANT D'ÉVALUER A PRIORI L'EFFET CUMULÉ DES RETENUES SUR L'HYDROLOGIE. LA DENSITÉ DE RETENUES OU LE VOLUME DE STOCKAGE CUMULÉ SUR UN BASSIN N'ONT DE SENS QUE SUR DES ZONES RELATIVEMENT HOMOGÈNES (SOL, VÉGÉTATION, CLIMAT, ÉQUIPEMENT EN RETENUES).

II.2. IMPACT CUMULÉ DES PLANS D'EAU SUR LES MILIEUX

EXPERTISE COLLECTIVE ICRA

▼ HYDROLOGIE

Les connaissances actuelles concernant **l'impact des retenues sur le cycle de l'eau en général** ne permettent pas d'établir des bilans hydriques complets intégrant l'évaporation, l'effet du taux d'humidité dans l'atmosphère sur les températures et la sécheresse.

Les données quantitatives manquent également pour mesurer l'intérêt écologique des **débits de hautes eaux** (décolmatage, crue morphogène, frayère, recharge de nappes, alimentation du littoral, etc).

▼ PHYSICO-CHIMIE

D'un point de vue des caractéristiques physico-chimiques, les retenues constituent notamment des **lieux de stockage ou d'interception de phosphore, de pesticides** (ce qui contribue à leur dégradation), **d'azote** (processus de dénitrification) et de **carbone**. Elles contribuent à l'élévation de la **température** de l'eau ainsi qu'à la diminution des teneurs en l'oxygène dissout à l'aval du cours d'eau, selon le mode de restitution de l'eau. Tous ces facteurs contribuent alors à des **risques significatifs d'eutrophisation** au sein des retenues.

Concernant ces 2 derniers paramètres, les effets cumulés des retenues sont avérés, même s'ils sont très dépendants de l'implantation des retenues dans le bassin versant et notamment des distances d'influence (éloignement) entre 2 retenues (ICRA, OFB 2022). À noter que la diminution des débits induite par les retenues (cf. § précédent) impacte la capacité de dilution des cours d'eau.



Les retenues présentent des risques significatifs d'eutrophisation @ Alexandrine Pannard - 2017

▼ BIOLOGIE

Les principaux effets des retenues sur le compartiment biologique concernent les populations **d'invertébrés benthiques** et les **populations piscicoles** vivantes en amont, dans et en aval de leur implantation. Les retenues en barrage sur le cours d'eau constituent un **obstacle à la libre circulation** et à la dispersion des espèces, modifient les conditions biotiques et abiotiques, induisent une diminution des espèces rhéophiles et favorisent l'implantation d'espèces invasives. Une retenue induit également **l'installation d'un nouveau milieu**, susceptible d'abriter un nouveau cortège d'espèces, distinct de celui du cours d'eau, et qui pourra alors coloniser le réseau hydrographique et interagir avec les espèces en place. Sur les retenues jouant le rôle de réservoir biologique, l'utilisation des volumes stockés peut engendrer des marnages importants susceptibles de détériorer le milieu et les espèces en présence.

▼ HYDROMORPHOLOGIE

Les retenues constituent des pièges à sédiments, notamment grossiers. La modification conjointe du débit et du transport solide, liée à la position de ces retenues dans le bassin versant ainsi qu'à l'occupation du sol, impacte les **équilibres hydromorphologiques** et induit des modifications du lit du cours d'eau en aval (incision ou colmatage selon le cas). Par ailleurs, le mode de gestion des retenues, et notamment les vidanges, a également un impact fort sur l'hydromorphologie du cours d'eau aval.

II.2. IMPACT CUMULÉ DES PLANS D'EAU SUR LES MILIEUX

CONCLUSIONS

- Une **surface d'eau libre évapore** toujours davantage qu'une surface végétalisée.
- Ce **flux d'air évaporé est compensé par un prélèvement dans le milieu** lorsque la retenue n'est pas étanche.
- En conséquence, bien que les retenues permettent de remplacer un volume prélevé en basses eaux par un volume prélevé en hautes eaux, **l'impact estival n'est néanmoins pas nul.**
- **L'impact estival est estimé à 1 million de m³ sur le territoire.** Cet impact est d'autant plus important que la température est élevée.
- D'autre part, il paraît nécessaire de **ré-évaluer le début de la période de remplissage** des retenues pour ne pas pénaliser la reprise des écoulements à l'automne.
- **L'impact du remplissage** des retenues sur les débits d'hiver est **inférieur à 40 % du module**, sauf pour l'Hyrôme où l'impact est de 52 %. Les volumes prélevés respectent les volumes définis lors de la précédente étude.
- Le **volume de prélèvement hivernal pourrait être recalculé pour tenir compte de l'hydrologie de la période de référence 2001-2022** et du changement climatique.