



© cen-centrevalde Loire

Diagnostic de vulnérabilité

Démarche d'adaptation au changement
climatique des sites du **Val de Sully**



Auteurs

Rédaction : François HERGOTT, chargé d'études scientifiques.

Coordination : SERGE GRESSETTE, responsable scientifique et technique.

Relecture et mise en page

Serge GRESSETTE, Richard CHEVALIER, Frédéric ARCHAUX

Remerciements

Plusieurs collègues ont contribué à alimenter la réflexion sur ce projet : Antonin JOURDAS, Tony CHEVALIER, Stéphane HIPPOLYTE, Alexandre PIERRARD, Isabelle GRAVRAND, Serge GRESSETTE...

Nous remercions les membres du conseil scientifique qui ont participé aux différentes étapes de la démarche : Frédéric Archaux, Jean-david Chapelin-Viscardi, Claudy Jolivet et Richard Chevalier pour son expertise sur les forêts alluviales.

Citation de l'ouvrage

HERGOTT.François ; 2022. Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique du Val de Sully (Loiret). LIFE Natur'Adapt – Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire - 106 pages.

Table des matières

RÉSUMÉ.....	4
I - INTRODUCTION : LA DEMARCHE NATUR'ADAPT.....	5
IA) LES GRANDES ETAPES	5
IB) LA METHODE DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE ET D'OPPORTUNITE.....	6
II - PRESENTATION SYNTHETIQUE DU VAL DE SULLY	7
IIA) LES SITES NATURELS DU VAL DE SULLY.....	7
IIB) ENJEUX DE CONSERVATION PRIORITAIRE A L'ECHELLE DU VAL DE SULLY	9
IIC) ENJEUX DE CONSERVATION POUR LES ESPECES VEGETALES ET ANIMALES LES PLUS MENACEES	11
III - RECIT CLIMATIQUE - VAL DE SULLY	14
IIIA) NORMALES CLIMATIQUES (1981 – 2010)	14
IIIB) LES EVOLUTIONS RECENTES DU CLIMAT EN REGION CENTRE-VAL DE LOIRE.....	17
IIIC) IMPACTS RECENTS ET FUTURS DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA LOIRE	24
IIID) IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA BIODIVERSITE AQUATIQUE.....	30
IV- LE CLIMAT FUTUR.....	32
IVA) PHENOMENES CLIMATIQUES	32
V - SYNTHESE DES PRESSIONS NON CLIMATIQUES	37
VI - RESULTATS DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE ET D'OPPORTUNITES.....	39
VIA) ENJEUX DE CONSERVATION POUR LES HABITATS ET IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE	39
VIA1) LES PELOUSES SUR SABLE.....	39
VIA2) LES BOISEMENTS ALLUVIAUX.....	48
VIA3) LA VEGETATION PIONNIERE DES VASES HUMIDES	56
VIA4) LA VEGETATION AQUATIQUE DES MARES ET BRAS D'EAU	61
VIA5) LES VEGETATIONS HERBACEES DES MILIEUX HUMIDES.....	66
VIA6) LES PRAIRIES HUMIDES	70
VIA7) LES PRAIRIES MESOPHILES SUR SABLE.....	73
VII - SYNTHESE SUR LA VULNERABILITE DES HABITATS NATURELS A ENJEUX DE CONSERVATION	78
VIII - PROPOSITIONS DE MESURES POUR LIMITER L'IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPTATION	83
VIII A) LA CAPACITE DE RESILIENCE DES HABITATS	83
VIII B) PROPOSITIONS DE MESURES POUR RENFORCER LA RESILIENCE ET LA CAPACITE D'ADAPTATION DE LA BIODIVERSITE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	87
VIII C) CONCLUSION	94
BIBLIOGRAPHIE	95
ANNEXES :	97

RÉSUMÉ

En 2021, le **Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire (CEN-CVL)** a été retenu pour participer à la phase de test du projet LIFE Natur'Adapt au côté de 14 opérateurs. Le **Val de Sully** (558 ha), composé de 10 sous-sites répartis sur 30 km, est le site ligérien que gère le CEN – CVL le long de **Loire** entre Gien et Châteauneuf-sur-Loire. Composés de boisements alluviaux, pelouses sur sables, prairies, mares, milieux herbacés humides...ce site représente l'ensemble des milieux naturels connus en Loire moyenne. Ils concentrent une faune et une flore remarquable avec près de **121 espèces menacées** en région Centre-Val de Loire. Le site bénéficie de 8 plans de gestion qui nous ont servi de base à l'analyse des vulnérabilités de la biodiversité du Val de Sully face aux changements climatiques.

Particulièrement exposés aux effets du changement climatique, ces habitats ont été confrontés ces quatre dernières années à des phénomènes climatiques de plus en plus extrêmes : sécheresse, canicules, diminution de la ressource en eau... Ces excès climatiques sont rapides et brutaux ne laissant pas le temps à la végétation de s'adapter alors que nous constatons déjà des modifications de la composition des cortèges de végétation et l'arrivée d'espèces animales provenant du sud de la région Centre-Val-de-Loire comme le Criquet des roseaux. Le **réchauffement climatique est en œuvre** depuis plusieurs décennies avec une augmentation des **températures moyennes de +1,63°C dans le Loiret depuis 1959**. Le nombre de journées chaudes (>25°C) est également en nette augmentation (+22 jours depuis 1959) et on constate **une accentuation forte du stress hydrique** sur la végétation en été et en automne (évapotranspiration en diminution de +6,8 mm/décennie en période estivale). Ces facteurs climatiques vont avoir une repercussion sur la gestion de l'eau de la Loire par les barrages afin de soutenir un débit minimum du printemps à l'automne. **Les étiages estivaux seront beaucoup plus longs et sévères alors que les crues seront plus fréquentes en hiver.**

L'impact de ces modifications climatiques sur les habitats et les espèces sera profond et durable dans les prochaines décennies. Les habitats vont donc changer dans leur composition et leur structure affectant les espèces. Afin d'analyser ces phénomènes climatiques sur la biodiversité du Val de Sully, nous avons choisi **d'étudier l'évolution potentielle de la fonctionnalité des habitats naturels plutôt que les espèces**. Cette approche nous semble plus adaptée car les espèces dépendent d'habitats naturels en bon état de conservation pour réaliser leur cycle de reproduction. Nous avons analysé **l'évolution de la fonctionnalité des 7 habitats à enjeux écologiques** identifiés dans les plans de gestion : boisements alluviaux, prairies humides de fauche, végétation herbacée humide, mares alluviales, végétation herbacée des vases humides, prairies mésophiles et pelouses sableuses.

Nous nous sommes appuyés sur les **facteurs influençant le bon état de conservation des habitats** listés dans les plans de gestion que nous avons évalués par rapports aux effets potentiels du changement climatique. Les **fragilités de l'écosystème fluvial ligérien sont exacerbées par ces modifications climatiques** tout particulièrement **l'incision du lit** qui modifie en profondeur la dynamique fluviale. Ce facteur essentiellement dû aux aménagements accumulés dans le lit de la Loire depuis le néolithique est de loin le plus impactant. La baisse de la nappe alluviale qui serait de l'ordre de 20 à 30 % dans les prochaines décennies aura également un impact majeur sur les milieux humides et aquatiques.

On constate ainsi que le changement climatique va aggraver la dégradation des habitats lié aux dysfonctionnements actuels de la dynamique fluviale. **Les habitats les plus menacés sont les milieux humides et les boisements alluviaux** qui ont un besoin vital d'être connectés à la ressource en eau, notamment à la nappe alluviale. Certains disparaîtront et évolueront vers des milieux mésophiles alors que d'autres pourront potentiellement se déplacer dans des niveaux topographiques plus favorables, proches de la nappe alluviale, au sein du lit actif de la Loire. Cette situation nécessitera une prise en compte des ces milieux et de leurs fragilités par les services de l'Etat dans le cadre de la gestion du lit de la Loire.

I - INTRODUCTION : LA DEMARCHE NATUR'ADAPT

La démarche Natur'Adapt s'appuie sur une première phase d'expérimentation sur 6 réserves naturelles situées dans des contextes différents :

- La réserve naturelle nationale de Lilleau des Niges (côte atlantique – Charente maritime).
- La réserve naturelle régionale des Tourbières du Morvan (Morvan – Nièvre & Saône et Loire).
- La réserve naturelle nationale de la Petite Camargue alsacienne (plaine du Rhin – Haut-Rhin).
- La réserve naturelle nationale de Sixt-Passy (Alpes - Haute –Savoie).
- La réserve naturelle nationale de Chastreix-Sancy (Massif central – Puy-de-Dôme).
- La réserve naturelle nationale de la forêt de Massane (Pyrénées – Pyrénées Orientales).

Plusieurs livrables ont été réalisés dans le cadre du LIFE Natur 'Adapt pour faciliter la mise en œuvre la démarche d'adaptation au changement climatique :

CHAIX C. et SZERB P., 2020. Préconisations pour la prise en main des services climatiques par les gestionnaires d'espaces naturels. LIFE NATURADAPT – Rapport AGATE/CIEDEL. 20p.

CHAIX C. et SZERB P., 2019. Recensement et analyse des principaux services climatiques en Europe et en France utiles aux gestionnaires d'espaces naturels protégés. LIFE NATURADAPT – Rapport AGATE/CIEDEL. 32p.

COUDURIER.C, RNF, LOCHON.I, RNN de Chastreix-Sancy, PNRVA – Guide méthodologique Natur'Adapt – V1 – Elaboration d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité et d'un plan d'adaptation pour intégrer le changement climatique dans la gestion de son aire protégée – projet LIFE NATURADAPT, en cours – 57 pages.

LANGRIDGE J., SORDELLO R., REYJOL Y., 2020. Synthèse des mesures possibles pour favoriser l'adaptation de la biodiversité au changement climatique basée sur Prober et al. (2019) et Heller & Zavaleta (2009). LIFE NaturAdapt - Rapport de l'UMS Patrinat (MNHN, CNRS, OFB). 24p

IA) LES GRANDES ETAPES

En se basant sur l'expérience de la réserve naturelle nationale de la petite Camargue alsacienne dont les milieux sont proches de ceux rencontrés en bords de Loire, la démarche du CEN Centre Val de Loire s'est appuyée sur l'analyse des enjeux et des objectifs sur 10 sites ligériens du Val de Sully qui bénéficient de 8 plans de gestion, afin d'identifier une liste d'objets dont la vulnérabilité sera analysée dans la suite de la démarche.

La première démarche comprend une analyse du climat passé et récent qui affecte le ou les sites naturels. Elle est complétée par une analyse du climat futur à partir des données disponibles sur les services climatiques et dans la bibliographie quand il y a déjà eu une analyse des données. **L'objectif est d'établir les grandes tendances climatiques qui affecteront les sites d'ici à la fin du siècle.**

Dans le **diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité**, nous avons pris le parti d'analyser les habitats naturels et d'écrire **un récit prospectif les concernant en se basant sur les habitats à enjeux écologique identifiés dans les plans de gestion**. Ce récit propose un scénario d'évolution probable de ces habitats et de l'impact des activités humaines qui les concernent.

La réalisation d'un **plan d'adaptation** doit aboutir à la **définition de mesures d'intervention ou de non intervention adaptées aux évolutions des habitats, de leurs vulnérabilités et des conséquences d'une gestion** qui devra prendre en compte les conséquences de l'évolution climatique actuelle.

IB) LA METHODE DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE ET D'OPPORTUNITE

Le diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité (DVO) permet d'attribuer une appréciation de vulnérabilité ou de l'opportunité des objets dans le contexte du changement climatique. **Pour la rédaction du DVO, nous avons pris comme composante principale l'habitat naturel.** Chaque habitat naturel à enjeux a été identifié dans les 8 plans de gestion. Ils sont considérés comme habitat en tant que tel et comme habitat d'espèces.

L'analyse des effets du climat est fortement conditionnée aux connaissances disponibles. Les effets indirects de l'évolution du climat sont également évalués et analysés quand cela est possible. Les interactions entre les facteurs d'impact sur les habitats sont complexes et peuvent être difficiles à évaluer. Certains facteurs pourraient être « potentialisés » sous l'effet du changement climatique. Toutes ces interactions complexifient l'interprétation et l'évaluation de l'impact des facteurs climatiques sur les habitats et les espèces qui le composent.

La démarche du DVO amène à se poser les questions de fond :

- **Quels sont les principaux paramètres climatiques qui affectent les habitats** en positif ou en négatif ? Dans quelle proportion ces paramètres interagissent-ils ? (**Sensibilité face aux changements climatiques**).
- Comment vont évoluer ces paramètres climatiques dans le futur et dans quelle mesure les habitats seront exposés aux facteurs de changement climatique ? (**Exposition aux changements climatiques**).
- Quel est la capacité d'adaptation des habitats aux différents scénarios climatiques envisagés dans le futur ? (**Capacité d'adaptation intrinsèque**).
- Quels sont les activités anthropiques et autres facteurs non climatiques qui peuvent limiter la capacité d'adaptation des habitats et des espèces ? Quelles sont leurs évolutions futures (**expositions aux pressions non climatiques**).

La **capacité d'adaptation intrinsèque** et l'**exposition aux pressions non climatiques** sont croisées afin d'obtenir une **capacité d'adaptation globale** de l'habitat naturel. L'évaluation des sensibilités de chaque habitat, son exposition aux changements climatiques et de sa capacité d'adaptation sont croisés pour obtenir une **appréciation finale de la vulnérabilité/opportunité**.

II - PRESENTATION SYNTHETIQUE DU VAL DE SULLY

Le Val de Sully est situé sur le cours moyen de la Loire entre Gien et Orléans dans le département du Loiret (région Centre-Val de Loire) à environ 400 km de l'océan atlantique et à 600 km de la source du fleuve au mont Gerbier de Jonc. La Loire, sous l'influence d'un climat encore océanique, délimite l'aire de répartition nordique de nombreuses espèces à affinités plutôt méridionales. La diversité des habitats y est remarquable du fait d'un espacement parfois important entre les levées situées des deux côtés de la rive.

Cette situation a permis au fleuve de divaguer en formant des méandres au grès des crues et des dépôts d'alluvions. Fortement modifié par les activités humaines durant des siècles pour les besoins de la navigation (construction de digues, extraction de granulats...), la Loire s'est progressivement enfoncée.

La réduction de la divagation latérale du lit a favorisé l'enfoncement de la nappe alluviale tout en fragilisant certains habitats naturels comme la forêt alluviale. Il faut ajouter également que de nombreuses espèces invasives sont présentes le long de la Loire et que la fragilisation des habitats naturels liés à l'impact de l'homme peut favoriser leur envahissement par quelques espèces dominantes.

IIA) LES SITES NATURELS DU VAL DE SULLY

Le Val de Sully est situé entre les communes de Saint-Gondon, Dampierre-en-Burly et Saint Martin-d'Abbat à 30 kilomètres à l'est d'Orléans. Il est décliné en 10 sites naturels gérés par le Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire (Cen-Centre-Val de Loire) (carte 1). **Ces sites sont distribués, d'amont en aval, le long de la Loire sur une distance de 30 km :**

- ✓ Plaine de l'Ormette
- ✓ Benne
- ✓ Plaine de Villaine
- ✓ Entre-les-Levées
- ✓ Les Ripeneaux
- ✓ Mahyses
- ✓ Bouteille
- ✓ Méandre de Guilly
- ✓ Friches des Parterres
- ✓ Varinnes

Le Val de Sully concentre sur ses **10 sites, d'une surface totale de 558 ha**, l'ensemble des habitats et des espèces caractéristiques de la Loire moyenne. La diversité biologique y est exceptionnelle et les mosaïques d'habitats sont particulièrement diversifiées : lit vif, annexes fluviales, pelouses sur sable, forêt alluviale, mares et points d'eau, prairies humides...

Le Val de Sully concentre sur 30 km une richesse écologique unique sur l'axe Loire – Allier :

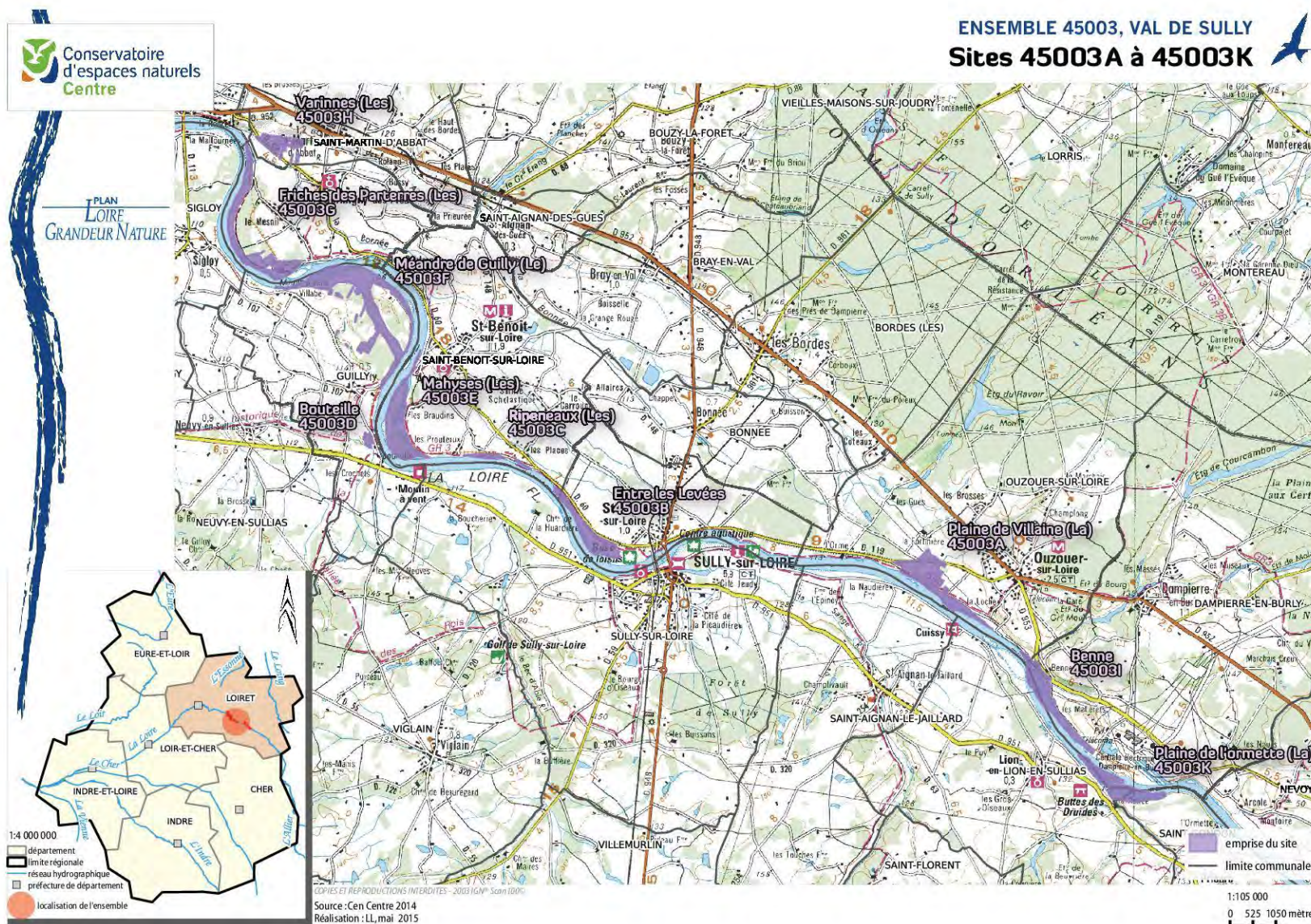
- **8 habitats menacés** du livre rouge des habitats et des espèces menacées de la région Centre-Val de Loire dont 3 habitats de pelouses sur sable.
- **121 espèces animales et végétales menacées au niveau régional** (*Marsilea quadrifolia*, *Gagea pratensis*, *Bupleurum gerardii*, *Oedalus decorus*, *Omocestus haemorrhoidalis*, *Milvus migrans*, *Sterna hirundo*...).
- **25 espèces disposant d'un plan national d'actions** (Balbuzard pêcheur, *Euphydryas aurinia*, *Lycaena dispar*, *Gomphus Cecilia*, *Lutra lutra*...)

Le Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire est **propriétaire de 26 % de la surface gérée soit une surface de 144 ha**. Les terrains, situés en partie sur le Domaine Public Fluvial, sont gérés dans le cadre d'une convention de superposition (386 ha), et de conventions avec un propriétaire privé (27 ha) et le fonds de Dotation des Conservatoires (0,34 ha).

Les milieux forestiers représentent **52 % de la surface gérée soit 311 ha** et **33 % de milieux herbacés** soit 200 ha dont 50 ha de pelouses sur sable.

Le Val de Sully bénéficie, par ailleurs, de 8 plans de gestion (cf. tableau).

Carte 1 : Localisation des 10 sites du Val de Sully



**DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE
DES SITES DU VAL DE SULLY**

Tableau 1 : Plans de gestion réalisés sur les 10 sites du Val de Sully

Code	Site	Période du plan de gestion	Bibliographie
45003A	Plaine de Villaine	2016 - 2026	HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 de la Plaine de Villaine – CEN-Centre-Val de Loire - 104 pages.
45003B	Entre-les-Levées	2020 - 2030	HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A. ; 2020 – Plan de gestion 2020–2030 d'Entre-les-levées - CEN-Centre-Val de Loire - 133 pages.
45003C et 45003E	Mahyses et site des Ripeneaux	2015 - 2025	HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2015 – Plan de gestion 2015-2025 des Mahyses et des Ripeneaux – CEN-Centre-Val de Loire - 137 pages.
45003D et 45003F	Méandre de Guilly et site de Bouteille	2015 - 2025	HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A. ; 2015 – Plan de gestion 2015–2025 du Méandre de Guilly et de Bouteille - CEN-Centre-Val de Loire - 133 pages.
45003G	Friche des parterres	2015 - 2025	HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A. ; 2015 – Plan de gestion 2015–2025 des Friches des parterres- CEN-Centre-Val de Loire - 126 pages
45003H	Varinnes	2016 - 2026	HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 des Varinnes – CEN-Centre-Val de Loire - 104 pages.
45003I	Benne	2016 - 2026	HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 du site de Benne – CEN-Centre-Val de Loire - 112 pages.
45003K	L'Ormette	2016 - 2026	HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, 2016 – Plan de gestion 2016-2026 de la Plaine de l'Ormette – CEN-Centre-Val de Loire - 96 pages.

IIB) ENJEUX DE CONSERVATION PRIORITAIRE A L'ECHELLE DU VAL DE SULLY

Les enjeux de conservation validés par le Conseil scientifique dans les 8 plans de gestion réalisés sur les sites situés entre Dampierre-en-Burly et Châteauneuf- sur- Loire sont synthétisés à l'échelle du Val de Sully dans le tableau 2.

Pour chacun de ces enjeux les pressions anthropiques sont estimées à partir des facteurs influençant la conservation des habitats, listés dans les plans de gestion.

Parallèlement nous avons évalué les effets possibles des changements climatiques sur ces habitats qui pourraient affecter leur état de conservation.

Les enjeux de conservation prioritaires et secondaires validés dans les plans de gestion concernent tous des habitats sauf pour le site des Mahyses où 2 enjeux prioritaires concernent les espèces :

- L'héronnière située sur l'île.
- Les espèces aquatiques (insectes, poissons...) qui vivent dans le Rio des Mahyses.

Les enjeux de conservation des espèces dépendent directement de la qualité des habitats, de leur état de conservation, de leur surface et de leur fragmentation. C'est pourquoi **l'analyse des vulnérabilités est axée sur l'état de conservation des habitats.**

Afin de souligner l'intérêt de ces habitats pour les espèces, nous avons également résumé leur intérêt pour les espèces les plus menacées

Tableau 2 : Répartition des types habitats à enjeu de conservation sur les sites du Val de Sully
(La surface de chaque habitat est indiquée pour chaque site (en ha))

SITES	Varinnes	Friche des parterres	Guilly	Mahyses	Entre-les-levées	Plaine de Villaine	Benne	Ormette	Total
HABITATS A ENJEUX									
Prairies humides de fauche	9,61					3,44			13,05
Prairies mésophiles de fauche sur sable	15,54	21,14	51,86	7,44	2,35	50,17	18,71	6,31	173,52
Végétation aquatique des mares et bras d'eau	0,03	Non évalué	0,04	Non évalué		0,12	0,07	0,03	0,29
Végétation pionnière des vases humides				5,73	Non évalué				5,73
Végétations herbacées humides		0,48			0,86				1,34
Pelouses sur sable hors pelouses à Corynéphore		4,56	21,73	8,33	2,74	0,61	4,52	0,39	42,88
Pelouses à Corynéphore		0,13	0,3	0,49	0,43		0,22	8,26	9,83
Saulaie-peupleraie		24,94	95,06	29,07	27,37	4,906	18,62	29,441	229,407
Chênaie-ormaie-frênaie		12,46	16,36	0,49		1,184	3,96	1,30	35,754
Chênaie pédonculée ligérienne		0,06	49,38	12,79	16,85			1,04	80,12
Surface totale par site	25,18	63,77	234,73	64,34	50,6	60,43	46,1	46,771	591,921

	Enjeu secondaire
	Enjeu prioritaire

En fonction des sites, un même habitat est d'enjeu prioritaire ou secondaire (tableau 2). La superficie de certains habitats n'a pas été évaluée du fait d'une surface < à 0,03 ha.

Chaque habitat est soumis à des facteurs de dégradation potentielle ou avérée, identifiés dans les plans de gestion. Les effets du réchauffement climatique peuvent les amplifier ou les réduire. Il est difficile d'imaginer et de caractériser tous ces effets tant les interactions pourraient être nombreuses.

Sur l'ensemble des sites les **boisements** représentent **345,31 ha soit 58 % des surfaces d'habitats à enjeu**. La saulaie-peupleraie est la formation la plus représentée mais les saulaies peupleraies en succession primaire, dans le lit mineur sont sous-représentées sur les sites de Conservatoire du fait des travaux d'ouverture réalisés par les services de l'Etat pour gérer le risque de crue. Beaucoup de ces saulaies-peupleraies sont situées sur les terrasses sableuses souvent dominées par le peuplier noir. Ce sont les habitats les plus représentés. Les **prairies mésophiles** avec **173 ha** représentent **29,27 %** de la surface des habitats mais cet habitat est un enjeu secondaire sur 6 sites. Les **pelouses sur sables** sont présentes sur 7 sites avec une surface totale de **52,71 ha** représentant **8,91 %** de la surface des habitats à enjeux. La **végétation aquatique des mares et des bras d'eau** est l'habitat à enjeu le plus localisé avec seulement **0,29 ha** mais **c'est sans doute l'habitat le plus menacé**.

II C) ENJEUX DE CONSERVATION POUR LES ESPECES VEGETALES ET ANIMALES LES PLUS MENACEES

Les espèces patrimoniales les plus menacées (classées **CR** et **EN** sur la liste rouge des habitats et des espèces menacées en région Centre-Val de Loire- 2014) sont pour la plupart liées aux habitats à enjeux de conservation.

Les inventaires et les cartographies de végétation réalisés depuis plus de trente ans par les botanistes des associations de protection de l'environnement, du CEN-CVL et du Conservatoire national botanique du Bassin parisien sur les sites emblématiques du Val de Sully permettent d'avoir une bonne connaissance de la flore vasculaire patrimoniale.

- Les espèces végétales les plus menacées

Les sites de Guilly, Friche des parterres et des Mahyses concentrent le plus d'espèces classées EN et CR avec respectivement 12, 9 et 8 espèces végétales. Rien que sur **ces 3 sites les pelouses sableuses concentrent près de 80 % des espèces patrimoniales les plus menacées (voir tableau 3).**

Au niveau du Val de Sully, 73 % des espèces végétales menacées sur liste rouge, classées EN ou CR, sont inféodées aux pelouses sableuses dont la surface totale est de 52,71 ha.

La préservation d'un bon état de conservation des pelouses sableuses est l'enjeu prioritaire pour conserver les espèces végétales les plus menacées. Les prairies de fauche mésophiles sur sable (173 ha) concentrent moins de **20 % de ces espèces**. Puis les milieux aquatiques, issus des résurgences de nappes alluviales regroupent **6 % des espèces végétales** sur une surface beaucoup plus faible (0,293 ha).

Les habitats présentant une surface très faible et fortement dépendants de la ressource en eau comme les mares alluviales sont probablement les plus menacés en tant qu'habitats d'espèces même s'ils concentrent beaucoup moins d'espèces **EN** ou **CR**.

Tableau 3 : Nombre d'espèces végétales patrimoniales classées **EN** et **CR** sur les différents sites du Val de Sully, par habitat à enjeux de conservation.

Habitats à enjeu de conservation	Sites du Val de Sully dotés d'un plan de gestion								
	Varinnes	Friche des parterres	Guilly et Bouteille	Ile des Mahyses et Ripeneaux	Entre-les-levées	Plaine de Villaine	Benne	Ormette	TOTAL
Prairies humides de fauche	1								1
Prairies mésophiles de fauche sur sable	0	2	2	1	1	1	2	0	9
Végétation aquatique des mares et bras d'eau	1	0	1	1	0	0	0	0	3
Végétation pionnière des vases humides	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Végétations herbacées humides	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Pelouses sur sable	0	7	9	6	3	3	5	3	36
Boisements alluviaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	3	9	12	8	4	5	7	3	51

- Les espèces animales les plus menacées

Pour les espèces animales la diversité des groupes taxonomiques et leur connaissance ne permet pas une vision précise de la diversité des espèces. Certains sites sont beaucoup mieux connus, notamment pour certains groupes taxonomiques comme les coléoptères. Ce qui est le cas des sites d'Entre-les-Levées et de Guilly.

Ces deux sites concentrent la plus grande proportion d'espèces très menacées avec respectivement 31 espèces sur Guilly et 25 sur le site d'Entre-les-Levées (tableau 4).

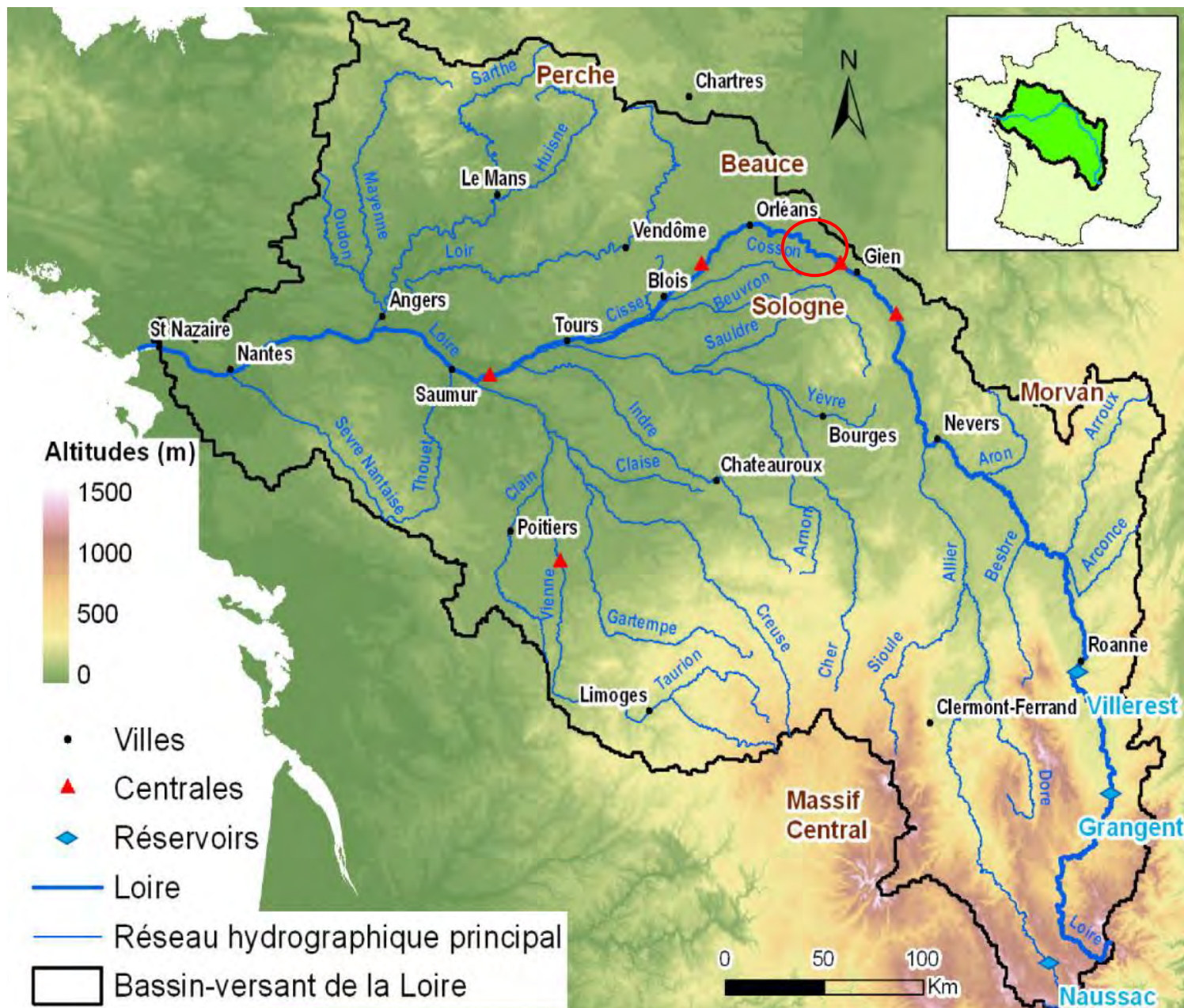
Tableau 4 : Nombre d'espèces animales patrimoniales classées **EN** et **CR** sur les différents sites du Val de Sully, par habitat à enjeux de conservation.
(Pour les invertébrés, les espèces déterminantes ZNIEFF ont été sélectionnées ainsi que celles faisant partie de la DHII ou ayant le statut MR (liste rouge régionale).

Habitats à enjeu de conservation	Sites du Val de Sully dotés d'un plan de gestion								
	Varinnes	Friche des parterres	Guilly et Bouteille	Ile des Mahyses et Ripeneaux	Entre-les-levées	Plaine de Villaine	Benne	Ormette	TOTAL
Prairies humides de fauche	1								1
Prairies mésophiles de fauche sur sable	3		1		1	2	1		8
Végétation aquatique des mares et bras d'eau	1		6	3		1			11
Végétation pionnière des vases humides			2		2			1	5
Végétations herbacées humides	1		2		3	1	1	1	9
Pelouses sur sable	1	8	7	3	12	1	4	6	42
Boisements alluviaux	1	1	13		7		3	4	29
TOTAL	8	9	31	6	25	5	9	12	105

Si les données concernant les espèces sont à relativiser étant donnée l'hétérogénéité des inventaires en fonction des sites et des groupes taxonomiques, **les deux habitats d'espèces les plus vulnérables sont les pelouses sur sable et les boisements alluviaux.**

Certaines espèces de coléoptères inféodées aux milieux sabulicoles en général ont été rattachées aux pelouses sur sable.

Carte 2 : Localisation du Val de Sully dans le bassin versant de la Loire (rond rouge).



La Loire draine un bassin versant de 117 000 km² soit 1/5^{ème} de la surface de la France. Ce fleuve de 1000 km a été fortement modelé par les crues et la main de l'homme. Les aménagements, moins importants que sur d'autres fleuves d'Europe, n'ont pas complètement altéré le fonctionnement hydrologique de la Loire ce qui permet de conserver de nombreux habitats naturels encore fonctionnels. **Cependant les modifications climatiques en cours perturbent déjà l'équilibre fragile entre la dynamique hydrologique du fleuve et ses habitats naturels.**

III - RECIT CLIMATIQUE - VAL DE SULLY

Le récit climatique du site du Val de Sully a pour objectif d'analyser l'évolution du climat récent et les tendances évolutives du climat d'ici à la fin du siècle. Cette démarche s'est appuyée sur la bibliographie produite au niveau national notamment :

- ✓ Le changement climatique– rapport de synthèse – 2014 – GIEC,
- ✓ Le changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME),
- ✓ Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique. Etat des lieux et pistes pour l'adaptation – ONEMA -2014
- ✓ Le site de Météo-France (<http://www.drias-climat.fr/> et <https://meteofrance.com/climathd>).
- ✓ Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique (<https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr>)
- ✓ Les Solutions fondées sur la Nature en réponse aux changements climatiques - Enjeux, concepts et applications dans le bassin de la Loire. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels-2020

Au niveau régional les principales sources bibliographiques

- ✓ L'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique – (ORACLE -2019).
- ✓ Synthèse sur les impacts du changement climatique sur le bassin de la Loire et ses affluents – Eléments de connaissances scientifiques – (Etablissement Public Loire -2014),
- ✓ Les bénéfices socio-économiques du soutien d'étiage de l'Allier et de la Loire par les barrages de Naussac et de Villerest (Etablissement Public Loire -2019).

La quantité d'informations sur les évolutions climatiques est devenue importante, ce qui nécessite beaucoup de temps de recherche. Etant limités en temps disponible, nous avons utilisé seulement les principales sources bibliographiques.

IIIA) NORMALES CLIMATIQUES (1981 – 2010)

Ces données proviennent de la station météorologique de Saint-Benoit-sur-Loire située au cœur du site. Les graphiques et données climatiques proviennent du site infoclimat.fr qui utilise les données de météo-France.

- Les températures

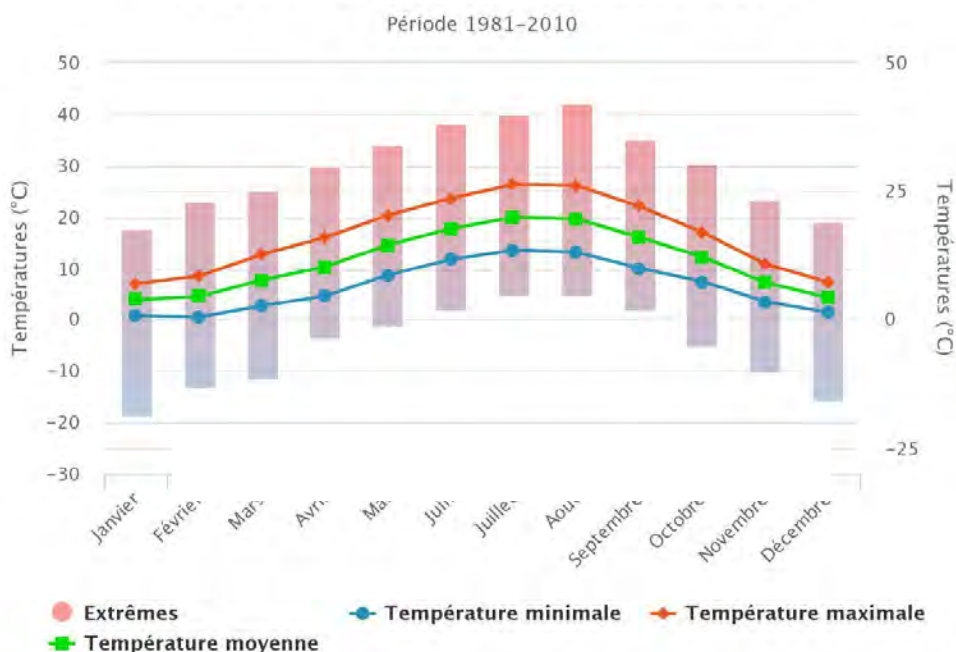
Sur la période allant de 1981 à 2021 la température moyenne annuelle est de 11°C. La température maximale moyenne est de 16,5 °C et la température minimale moyenne de 6,5 °C.

La température maximale enregistrée est de **42°C le 10 août 2003** et la température minimale de **19°C le 17 janvier 1985**.

La température maximale dépasse 30°C (phénomène de forte chaleur) **18,6 j/an** entre les mois de mai et septembre. Elle dépasse 25°C (phénomène de jours d'été) **63,4 jours/an** entre avril et octobre.

Figure 1 : Températures moyennes, maximales et minimales à St-Benoit-sur-Loire entre 1981 et 2010 (Source : Météo-France).

Températures à RADOME ST-BENOIT/LOIRE

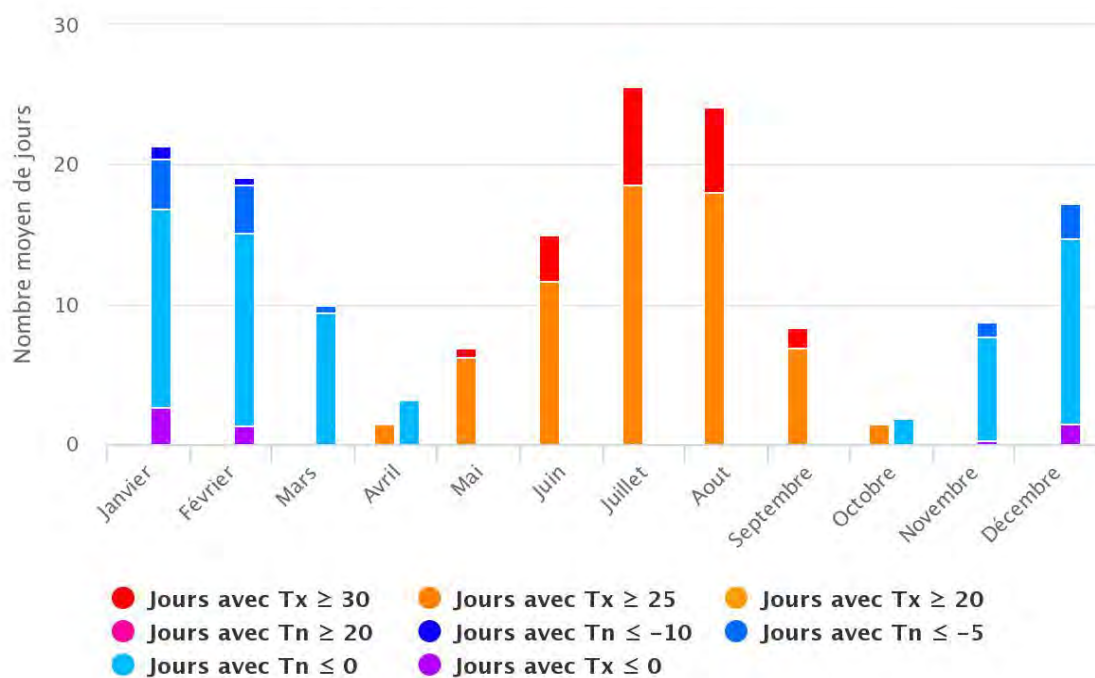


Les jours de gel (Température inférieure à 0°C) sont observés **63,1 jours/an** entre octobre et avril. La température moyenne est inférieure à -5°C, **11,5 jours/an** entre octobre et mars et à -10°C, **1,7 jours/an** entre novembre et février.

Figure 2 : Répartition Températures extrêmes sur la période 1981 – 2010 à Saint-Benoit-sur-Loire

Tx : Température maximale du jour relevée entre 6h UTC et 6h UTC le lendemain.

Tn : Température minimale du jour relevée entre 18h UTC la veille et 18h UTC du jour.



- Les précipitations

Le Loiret est situé à plus de 400 km de la façade atlantique. Cette situation géographique conditionne des hivers plus froids et des étés un peu plus chauds qu'en climat océanique avec des précipitations moins abondantes et des vents plus faibles.

Le cumul moyen de précipitation annuel sur la période 1981 à 2010 est de **688 mm** avec un maximum en mai (**67,6 mm**) et en décembre (65 mm) (fig.3).

Le record de précipitations maximales en 24 h a été établi le **30 juin 2016 avec 76,5 mm** et le **17 septembre 1975 avec 68,5 mm**.

Figure 3 : Précipitations moyennes à Saint-Benoit-sur-Loire entre 1981 et 2010



IIIB) LES EVOLUTIONS RECENTES DU CLIMAT EN REGION CENTRE-VAL DE LOIRE

Les données climatiques sont principalement issues de Météo France (Climat HD et Drias) et de l'étude ORACLE Centre-Val de Loire (Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique).

Les données ont été exploitées au niveau départemental par l'étude de l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique réalisé en 2019 (ORACLE-2019). Dans le Loiret, la station faisant référence est celle de Chambon-la-Forêt, au nord de la forêt d'Orléans car elle possède des séries de données exploitables depuis 1959 notamment pour les températures et les précipitations. Cette station est située à 26 km au nord du site du Val de Sully. Pour certaines données non relevées sur la station de Chambon-la-Forêt, c'est la station d'Orléans-Bricy qui est référente.

- Evolution des températures en région Centre-Val de Loire et dans le Loiret

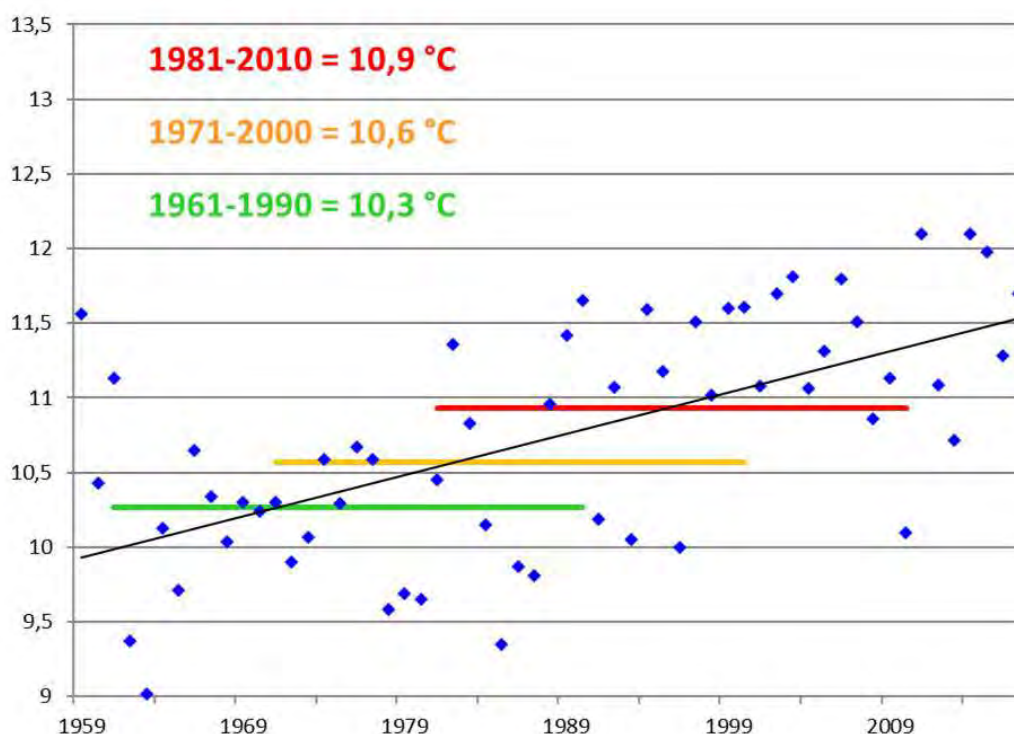
Dans le Centre-Val de Loire comme sur l'ensemble du territoire métropolitain, le changement climatique se traduit principalement par une hausse des températures, surtout marquée depuis les années 1980.

Sur la période 1959-2009, on observe une augmentation des températures annuelles de l'ordre de 0,3°C par décennie (cf. Figure 4).

À l'échelle saisonnière, c'est l'été qui se réchauffe le plus, avec des hausses de l'ordre de +0,4 °C par décennie, suivi de près par le printemps. En automne et en hiver, les tendances sont également positives mais avec des valeurs moins fortes, de l'ordre de +0,2°C à +0,3 °C par décennie.

Dans le Loiret, l'augmentation de la température moyenne annuelle sur la période allant de 1959 à 2017 est de + 0,28 °C par décennie soit un total de +1,63°C pour l'ensemble de cette période (d'après les relevés de la station de Chambon-la-forêt /source : Oracle – 2019). Cette évolution des températures est statistiquement très significative (ORACLE – 2019).

Figure 4: Evolution des températures moyennes par période de trente ans à la station de Chambon-la-Forêt (Loiret) entre 1959 et 2017.

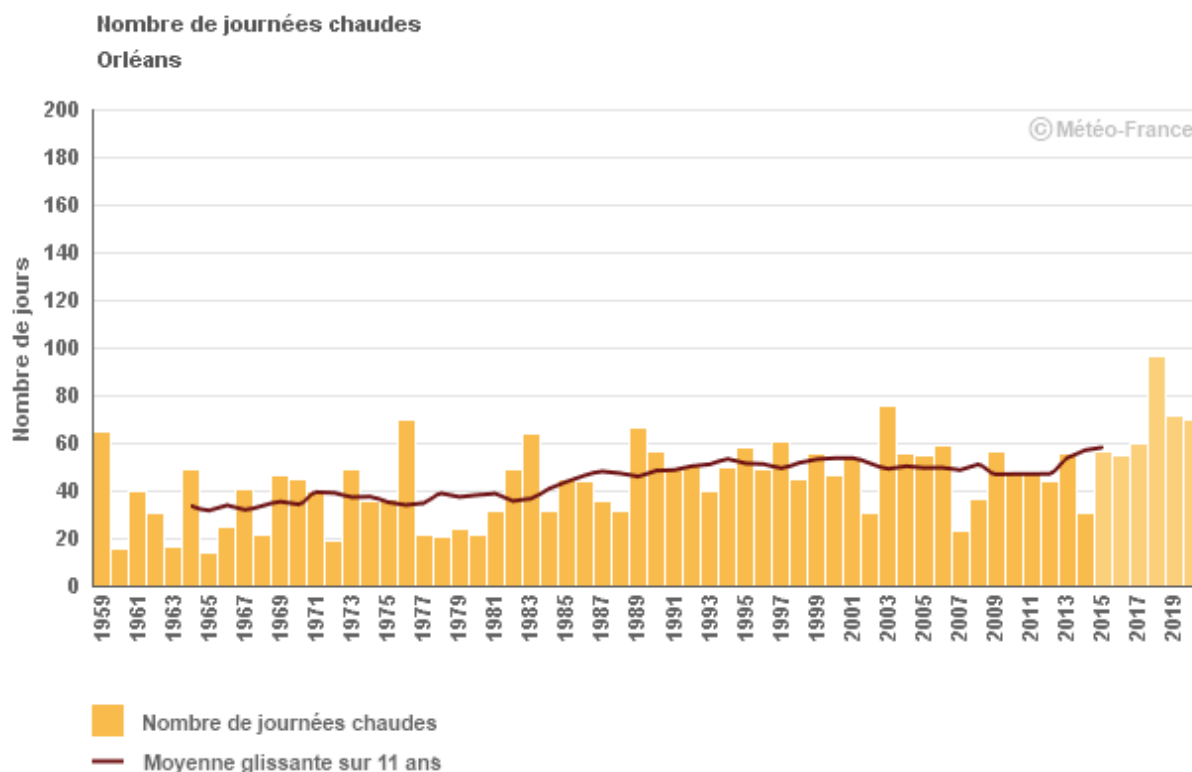


Les moyennes trentennaires sont indiquées par les traits de couleur. La pente de la régression linéaire est indiquée par le trait noir.

✓ Evolution du nombre de journées chaudes

Les journées considérées comme chaudes sont caractérisées par une température moyenne dépassant 25°C. Le nombre annuel de journées chaudes est très variable d'une année sur l'autre en région Centre-Val de Loire. Il est toutefois relativement homogène géographiquement.

Figure 5 : Evolution du nombre de journées chaudes par an entre 1959 et 2020 à Orléans.



Sur la période 1959-2009, la région Centre-Val de Loire présente **une forte augmentation du nombre de journées chaudes de l'ordre de 2 à 6 jours par décennie**. 2003, 2018 et 2019 sont les années ayant connues le plus grand nombre de journées chaudes (figure 5). **En 2018, le nombre de journées chaudes a atteint une valeur record avec plus du double de la normale** (Climat-HD – Météo-France).

En cohérence avec cette augmentation des températures, le nombre de journées estivales (températures maximales supérieures ou égales à 25°C) augmente et le nombre de jours de gelées diminue. **En 59 ans (1959 -2017), le nombre de journées estivales en région Centre-Val de Loire a ainsi été multiplié par 1,7** (moyenne des 5 stations régionales), voire par 2 pour Chartres et Châteauroux.

Dans le Loiret, la tendance observée du nombre de journées estivales est de **+3,8j /décennie (4,3j/décennie en Centre-Val-de-Loire)** soit un total de **+ 22 jours en 59 ans** (ORACLE – 2019). Cette augmentation du nombre de jours chauds a un impact sur la végétation en augmentant l'évapotranspiration (ETP).

✓ Evolution du nombre de jours de gel

Le nombre de jours de gel, en 30 ans, **a diminué de 16,1 jours soit 5,4 jours par décennie** (ORACLE – 2019). Cette évolution est considérée comme significative (ORACLE – 2019).

Au niveau régional, la diminution du nombre de jours de gel est de **4,1j/décennie, en moyenne**, tendance moins significative que l'augmentation du nombre de jours chauds.

- **Evolution des précipitations en région Centre-Val de Loire**

En ce qui concerne les précipitations, les effets du changement climatique sont moins évidents, en raison de la forte variabilité de la pluviométrie d'une année sur l'autre. Pour le Loiret, sur la période 1959-2017, les tendances annuelles et saisonnières sont très peu marquées sauf en été (tableau 5 et carte 3).

Tableau 5 : Evolution saisonnière des pluies en mm par décennies à Orléans
(NS = non significatif (période 1959 – 2017 – d'après ORACLE - 2019))

Saisons	Orléans
Hiver	0,4 (NS)
Printemps	3 (NS)
Eté	10,9 (P=0,01)
Automne	0,2 (NS)

En région Centre-Val de Loire, il n'y a pas d'évolution marquée du cumul annuel des pluies au cours des 59 dernières années.

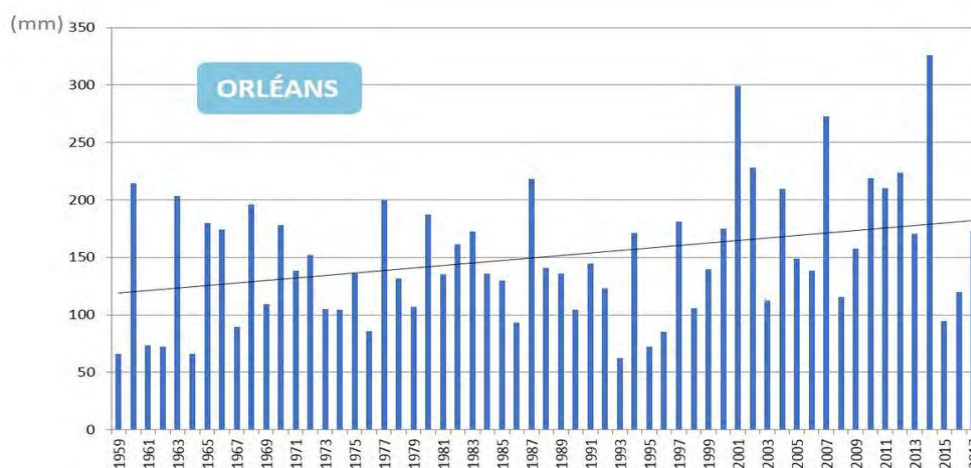
✓ Les précipitations saisonnières

Sur l'ensemble de la région Centre-Val de Loire, les évolutions de précipitations ne sont pas significatives sauf pour les précipitations estivales sur deux stations : Chartres et Orléans.

- Evolution des précipitations estivales.

La station d'Orléans indique une augmentation significative des précipitations de **+11 mm /décennie** entre 1959 et 2017 (Figure 4).

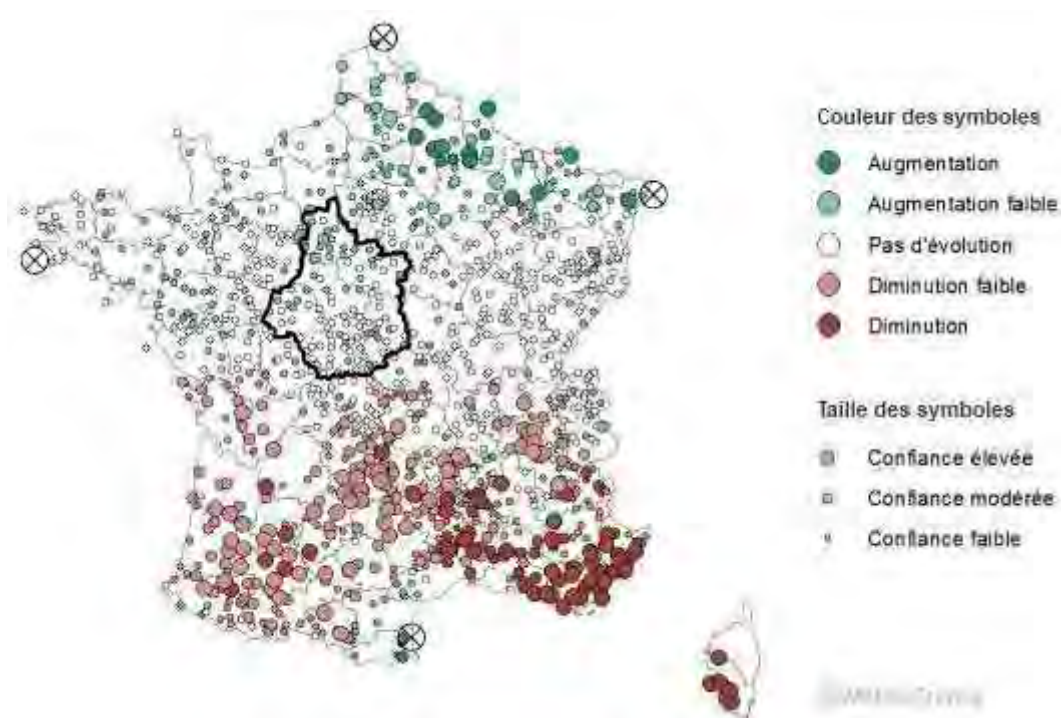
Figure 6 : Cumul estival des pluies depuis 1959 à Orléans (ORACLE 2019).



- Evolution des précipitations hivernales

Au niveau national, on constate une augmentation des précipitations hivernales au nord de la France et une diminution au sud de la France, particulièrement dans le sud-est (figure 6).

Carte 3 : Evolution du cumul hivernal des précipitations entre 1960 et 2010 d'après Météo-France (ORACLE – 2019)



- Evolution de l'évapotranspiration (ETP)

L'ETP est un bon indicateur du stress hydrique exercé sur les plantes. Pour la plante le transport de l'eau dans les végétaux dépend de la transpiration qui agit comme une « pompe ». Cette fonction est indispensable à la circulation de la sève donc à sa survie.

DEFINITION DE L'ETP

L'évapotranspiration potentielle (ETP)

est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère sous forme de vapeur à :

- 64% par la transpiration de plantes
- 27% par interceptions des précipitations sur la végétation et directement évaporé
- 9% par évaporation des sols et des étendues d'eau

L'ETP va dépendre de la température, du rayonnement, du vent et de l'humidité de l'air. **Elle est le maximum d'eau (en mm) que peut évaporer le sol et transpirer la plante dans des conditions optimales :** sol avec une réserve utile pleine et recouvert d'un « gazon » homogène, sans limitation d'ordre nutritif, physiologique ou pathologique

Si la transpiration est supérieure aux réserves en eau accessibles au système racinaire cela entrainera un déficit hydrique pour la plante.

Cette valeur ne retranscrit que les conditions hydriques atmosphériques et ne tient pas compte des spécificités édaphiques (taille de la réserve utile, composition du sol...), ni des caractéristiques physiologiques de la plante (positionnement des feuilles, formes des feuilles...).

Les données concernant le calcul de l'ETP sont disponibles uniquement au niveau régional. Elles sont très difficiles à calculer au niveau d'un département (ORACLE - 2019)

Pour le calcul de l'ETP, à partir des données fournies par Météo-France, on utilise celles issues de la chaîne d'analyse spatiale du bilan hydrique « SAFRAN-ISBA MODCOU » (SIM).

La chaîne modélise les indicateurs d'ETP et de précipitations sur une grille de 8 x 8 km, dont les valeurs sont calculées en

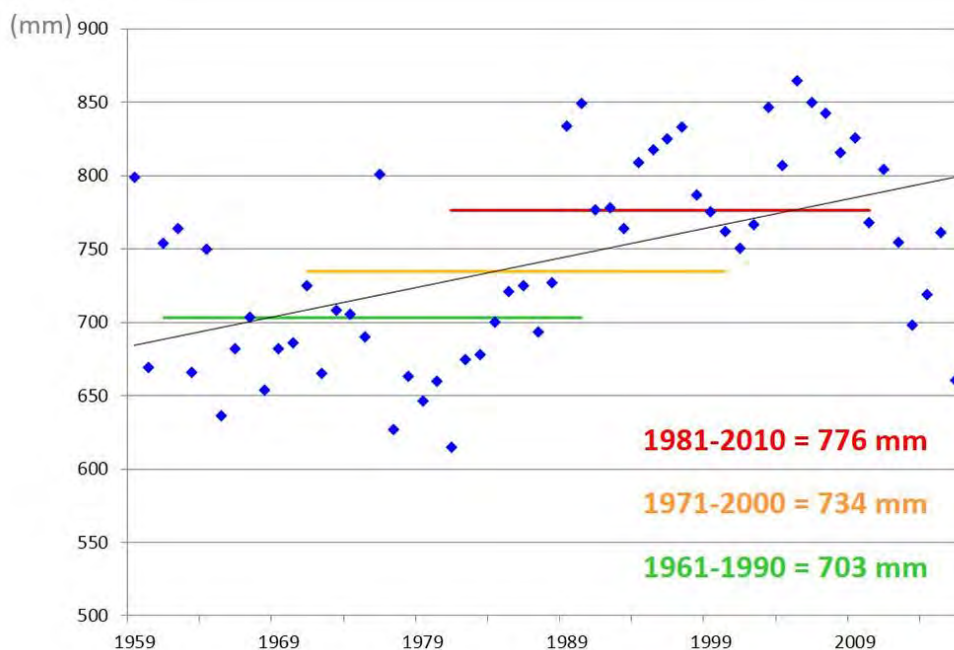
chaque point de la grille et moyennées sur la région Centre Val-de-Loire.

L'ETP est un bon indicateur de l'impact du réchauffement climatique sur la physiologie des plantes. Si l'ETP augmente et que les précipitations stagnent ou diminuent, elles peuvent provoquer un **stress hydrique** dont les effets peuvent être amplifiés par d'autres facteurs (parasitisme, maladies, pressions humaines...)

✓ Evolution de l'ETP entre 1959 et 2010

Depuis 1959, l'ETP annuelle augmente de 20 mm par décennie. Cet accroissement de l'évapotranspiration est la conséquence de l'augmentation des températures. Cette tendance devrait donc s'accroître durant les prochaines décennies (Figure 6).

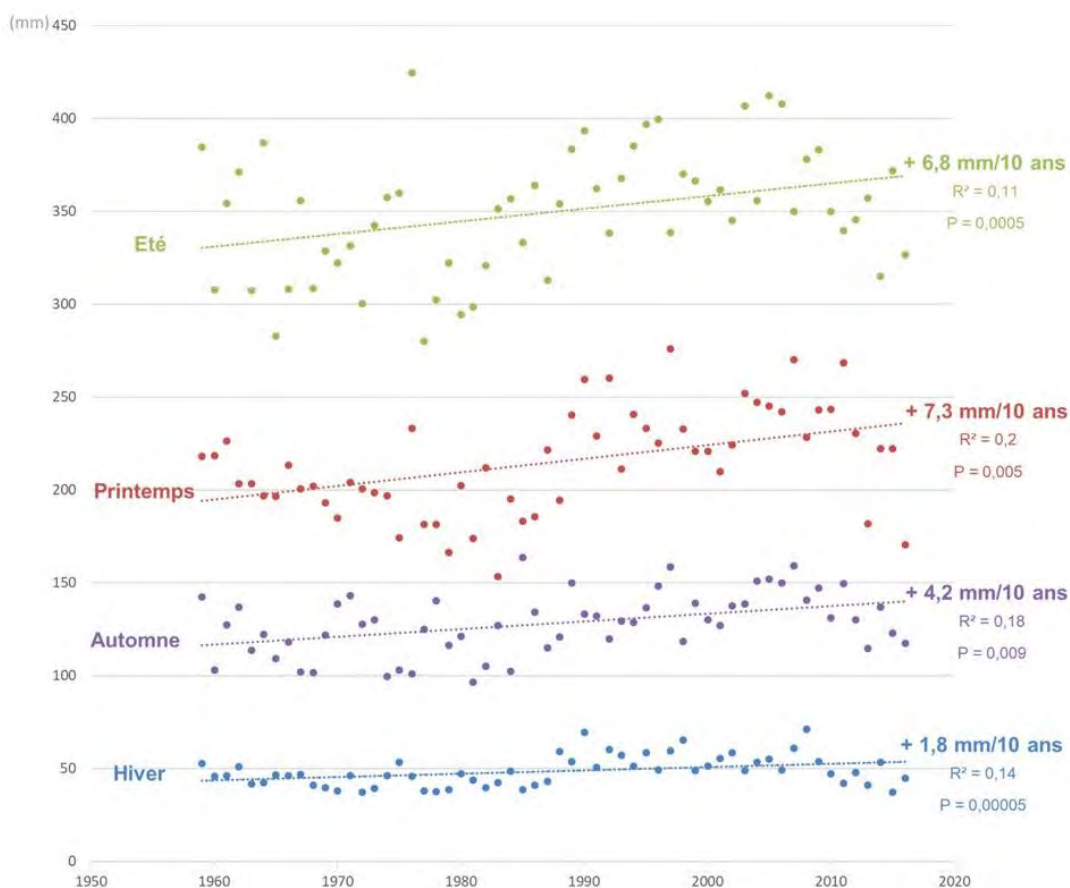
Figure 7 : Evolution depuis 1959 de l'ETP annuelle en région Centre-Val de Loire



Depuis 1959, une augmentation de l'ETP est observée sur toutes les saisons en région Centre-Val de Loire.

Les hausses les plus importantes sont observées au printemps et en été avec + 7 mm / décennie (Figure 8).

Figure 8 : Cumul saisonnier de l'ETP en région Centre-Val de Loire

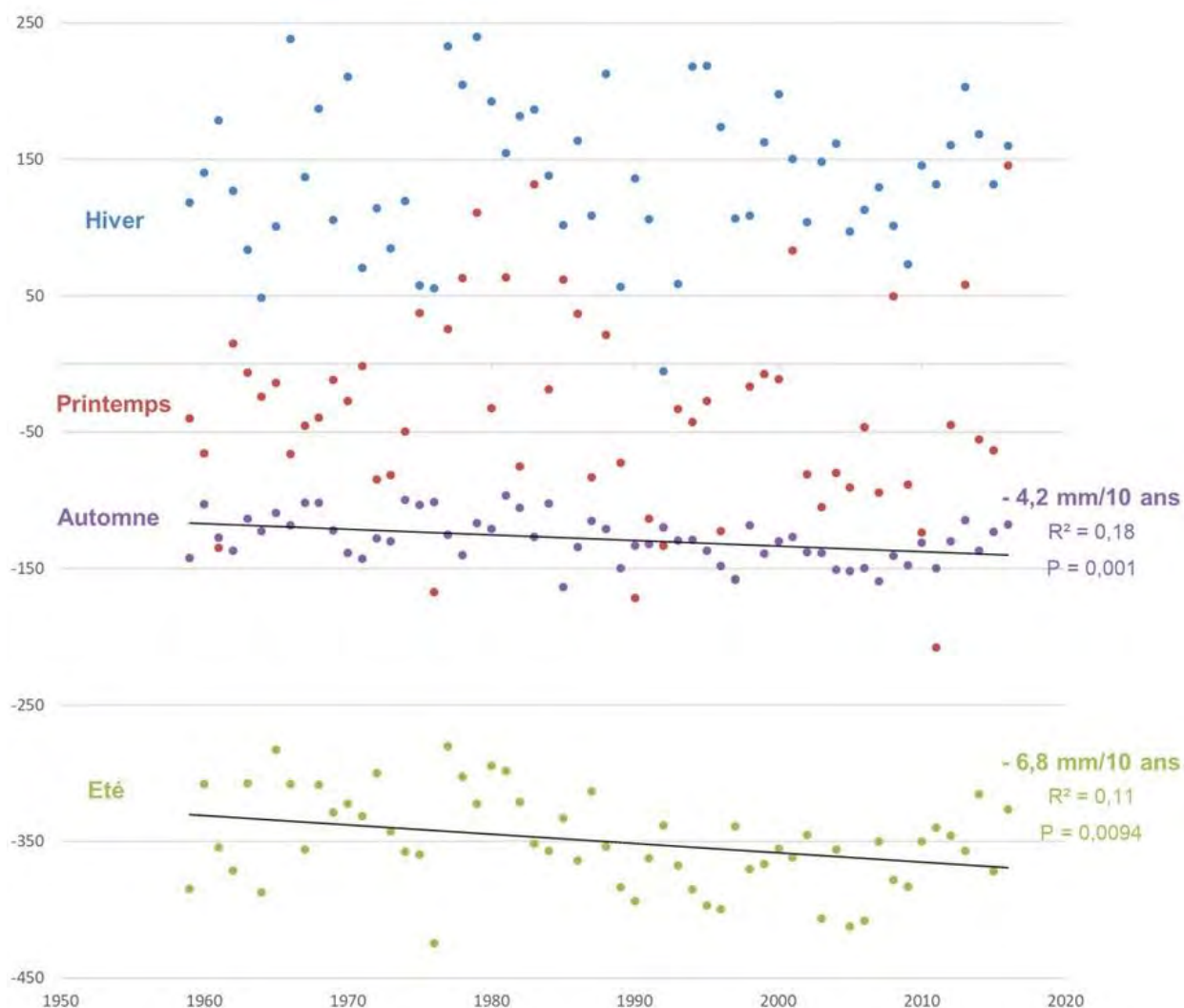


✓ Evolution du bilan hydrique 1959-2019

Depuis 1959, le bilan hydrique hivernal et printanier n'a pas évolué de manière significative en Centre-Val de Loire. Par contre, **le bilan hydrique automnal et estival a baissé significativement.**

La relative stabilité des précipitations conjuguée à une augmentation significative de l'ETP conduit à un durcissement des conditions hydriques pour les plantes surtout en été et en automne.

Figure 9 : Evolution du bilan hydrique climatique saisonnier en région Centre-Val de Loire



L'évolution du bilan hydrique climatique saisonnier pour la région Centre Val-de-Loire est indiquée sur la Figure 9.

Les tendances significatives, par ajustement linéaire observées depuis 1959, indiquent les valeurs suivantes :

- 6,8 mm par décennie en été, soit - 40 mm en 58 ans ;
- 4,2 mm par décennie en automne, soit - 24 mm en 58 ans ;

Toutes les saisons montrent une tendance à la baisse du bilan hydrique. Les saisons estivale et automnale indiquent une baisse du déficit hydrique significatif avec respectivement **-6,8 mm** et **-4,2 mm tous les 10 ans** (ORACLE – 2019).

III C) IMPACTS RECENTS ET FUTURS DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA LOIRE

Les deux paramètres les plus importants concernent le débit d'étiage, notamment sa durée ainsi que le réchauffement des eaux consécutif à l'augmentation des températures en période printanière et estivale.

Les débits de la Loire sont régulés sur l'axe Loire – Allier par deux barrages : Villerest situé sur la Loire près de Roanne (mis en service en 1984) et Naussac construit sur un affluent de l'Allier dans le département de la Lozère (mis en service en 1983).

Les crues sont d'origine océanique, méditerranéenne ou mixte (superposition d'événements méditerranéens et océaniques). Les crues mixtes affectent l'ensemble du cours de la Loire et sont à l'origine des crues centennales de 1846, 1856, 1876, 1907 et de la crue cinquantennale de décembre 2003.

Le régime des crues est tributaire des cumuls de précipitations sur le bassin versant de la Loire. La variation des débits de la Loire est ainsi directement influencée par le régime de précipitations que ce soit pour les débits de crue ou pour les débits d'étiage. **L'écrêtage des crues (pour préserver les zones habitées) et le soutien d'étiage (pour refroidir les centrales nucléaires) rend dans l'absolu moins sévère le régime de perturbation hydrosédimentaire** et favorise l'installation de la forêt dans le lit mineur.

Les actions de stockage-lâchers d'eau des barrages ont pour conséquence de réduire les crues et les étiages les plus sévères par rapport à une situation sans barrages. Cependant l'efficacité du soutien d'étiage des barrages peut être fortement perturbée par une diminution des débits. Cela pourrait favoriser des étiages extrêmes et longs, assez proches d'une situation sans barrages, favorables à la biodiversité des grèves.

- Hydrographie et impact du climat

L'ensemble des études scientifiques internationales s'accordent sur une augmentation de la température de l'air moyenne au niveau mondial, en partie due à l'émission de gaz à effet de serre d'origine anthropique (GIEC, 2014). Selon le scénario médian A1B du GIEC, **le réchauffement estimé sur le bassin de la Loire est de l'ordre de 2°C (±0.4°C) en moyenne annuelle à l'horizon 2050 et de l'ordre de 2.8°C (±0.7°C) pour la fin du siècle.** Les étés de la fin de ce siècle seraient particulièrement touchés avec une augmentation de près de 4°C pour les moyennes de température de l'air du mois d'août.

Sur la Loire les effets du réchauffement climatique sont observés au niveau des débits et de la température de l'eau. Ces deux paramètres sont très liés : la température de l'eau augmentera si la température atmosphérique augmente et que les débits diminuent, notamment en période de basses-eaux (débit d'étiage). Cette tendance est amorcée depuis près d'une décennie et risque de s'amplifier plus significativement encore dans les 20 prochaines années.

- Evolution des débits de la Loire

Les débits moyens sur la Loire sont en diminution significative de 20 à 50 % depuis 1959. Cette situation est provoquée par une augmentation des températures de l'air et de l'évapotranspiration (Moatar et al. 2010b ; MEDDE, 2012a ; Chauveau et al., 2013 in EPTB 2014).

Ces résultats sont confortés par l'étude Explore 2070 (2009-2010) qui conclut qu'au sein du bassin Loire-Bretagne **le débit moyen annuel des cours d'eau devrait baisser de 10 à 40 % et la recharge des nappes souterraines serait également affectée avec une baisse comprise entre 25 et 30 % à l'horizon 2070** sur la moitié du bassin versant de la Loire (EPTB 2014).

Cette évolution à la baisse des débits et de la recharge des nappes ferait du bassin de la Loire une des deux zones les plus sévèrement touchées au niveau national. Toutefois, cette baisse serait moins importante en plaine, notamment pour les nappes alimentées par les rivières.

Parallèlement l'étude ICC-HydroQual, prévoit que le débit d'étiage de la Loire et de ses principaux affluents baisserait fortement, de l'ordre de **25 à 50 % en milieu du siècle**, et entre **30 et 60 % en fin du siècle** (EPTB-2014).

Ce constat est conforté par l'étude de van Vliet et al (EPTB-2014) qui conclut que la Loire présente la plus forte baisse des débits d'étiage au monde avec une diminution statistiquement significative de **-53% à l'horizon 2071 -2100** par rapport à la période 1971-2000.

Tableau 6 : Tendances des crues et des étiages de la Loire pour les prochaines décennies (D'après EPTB – 2017)

	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Crues	+ fréquentes	- fréquentes		- fréquentes et + tardives
Etiages		+ précoces	+ sévères	+ longs

Les incertitudes sur les épisodes pluvieux extrêmes demeurent très importantes dans les modèles climatiques. Les phénomènes convectifs tels que les phénomènes cévenols sont encore mal simulés par les modèles.

Ainsi, **aucune tendance significative sur la fréquence et l'intensité des crues de la Loire et de ses affluents n'est constatée pour les années à venir avec les actuelles projections hydrologiques** (Moatar et al., 2010b ; Weiss et Alcamo, 2011 ; MEDDE, 2012a, van Vliet et al., 2014 in EPTB 2014).

- **Le rôle des barrages de Villerest et de Naussac dans la régulation des crues et le soutien des étiages**

✓ Régulation des crues par les barrages

En ce qui concerne les crues il n'est pas possible de faire des prévisions précises pour l'instant étant donné que ces débits de crue, notamment pour les crues les plus fortes dépendent des précipitations. La prévision des précipitations est pour l'instant incertaine, plus particulièrement pour les épisodes exceptionnels pouvant provoquer les crues les plus destructrices.

Dans ce contexte les barrages ont un rôle d'écêtement des crues. Par exemple, lors de la crue de 2008, le barrage de Villerest a permis de réduire la hauteur d'eau de 2 m à Roanne et de 0,4 m à Tours.

✓ Soutien d'étiage par les barrages

Actuellement le **débit d'étiage minimal est fixé à 60 m³/s à Gien**. Cependant, ce débit minimum peut être modulé en fonction des conditions météorologiques, du remplissage des barrages, ou encore de la date de démarrage du soutien d'étiage (EPTB – 2017). **En période de sécheresse ce débit minimum peut baisser à 50 m³/s mais ce seuil d'étiage minimum pourrait être revu à la baisse dans les prochaines décennies.**

Les besoins en eau nécessiteront dans les prochaines décennies des lâchers d'eau trois fois plus importants en aval de Naussac et deux fois plus importants en aval de Villerest (EPTB – 2017). Dans un contexte climatique où la ressource en eau va se raréfier entre le printemps et l'automne on peut s'interroger sur la capacité des barrages à multiplier les lâchers d'eau plus importants.

- **Evolution de la température de l'eau**

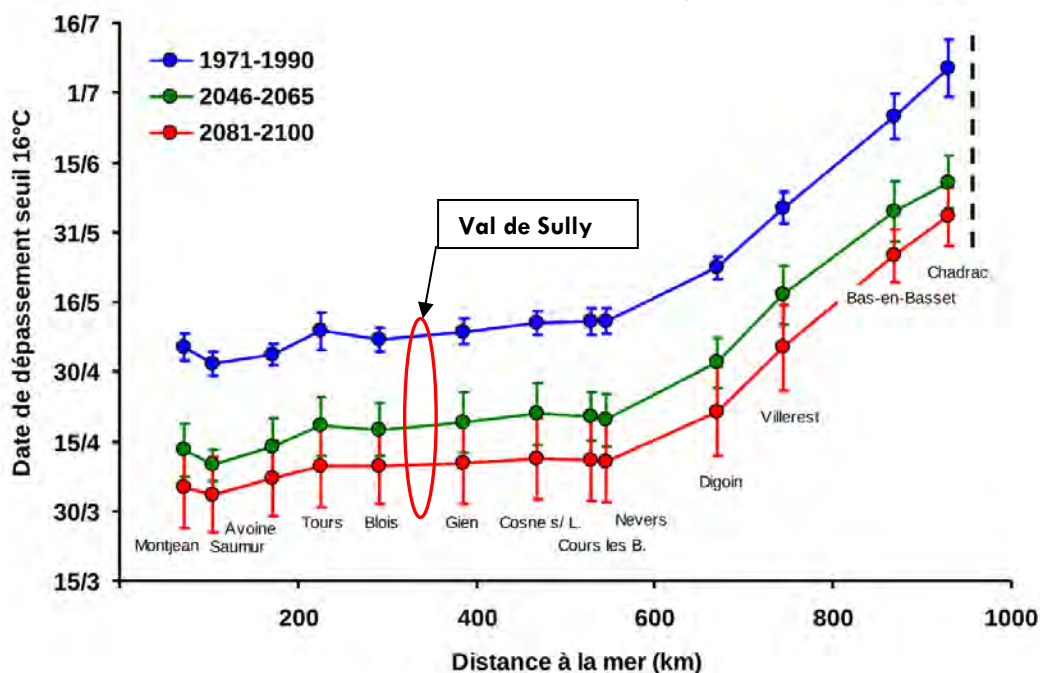
On constate au cours du XX^e siècle une augmentation de la température de la Loire de **+0,8 °C** en moyenne annuelle et estivale (Moatar et Gailhard -2006 in EPTB – 2014). L'élévation de la température s'accroît depuis la fin des années 1980 consécutivement à une augmentation des températures de l'air

et d'une diminution de la vitesse du vent, de la nébulosité, et de l'hydraulicité (Gosse et al. 2009 in EPTB – 2014).

L'année 2003 fut une année record concernant les températures de l'écosystème fluvial avec une température moyenne sur 7 jours de près de 30°C.

Or la fréquence des canicules du type 2003 sera en augmentation dans les prochaines décennies favorisant un réchauffement de l'eau avec des niveaux de température équivalents à ce qui a été observé en 2003 (Moatar et Gailhard -2006 in EPTB – 2014).

Figure 10 : Date de dépassement d'une température de l'eau à 16°C sur l'axe ligérien (Extrait de Moatar 2014 in EPTB – 2014)



On constate ainsi que le dépassement de la T° de l'eau, au-dessus de 16°C, sera avancée d'un mois environ sur la période 2081 – 2100 par rapport à la période 1971 – 1990 (figure 10).

Dans ce contexte les rejets d'eau de refroidissement des centrales nucléaires jouent un rôle secondaire dans l'élévation de la température (Moatar et Gailhard, 2006 in EPTB 2014).

Il faut cependant préciser qu'en Loire moyenne, l'élaboration d'un modèle hydrogéologique a permis de montrer que **le régime thermique de la Loire est modifié par les apports d'eau souterraine** ; en particulier par l'aquifère de Beauce (Monteil, 2011 in EPTB - 2014).

Ces apports permettent de réduire d'environ 0,5°C la température de l'eau et même de 1°C lors de fortes chaleurs estivales (Brugeron et al., 2013 in EPTB - 2014).

Figure 11 : Evolution simulée du nombre de jours par an au-delà desquels la température de l'eau est au-dessus de 24°C en fonction de la distance à la mer et pour différentes périodes : temps présent (en bleu), milieu de siècle (en vert) et fin de siècle (en rouge). (Extrait de Moatar 2014 in EPTB – 2014).

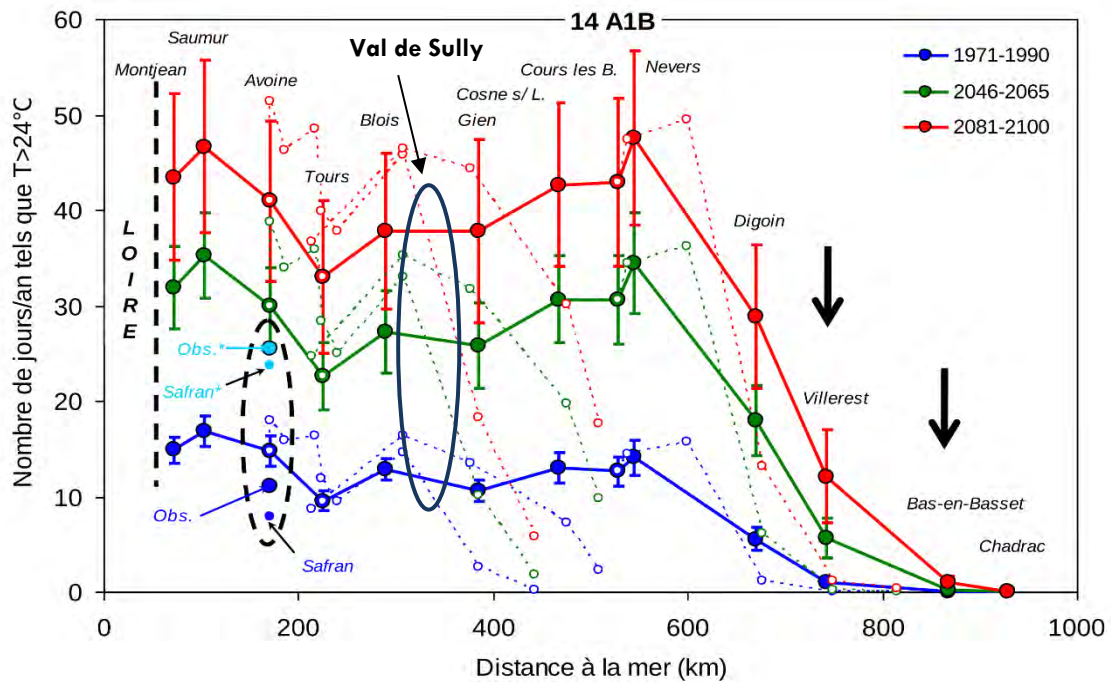


Tableau 7 : Estimation du nombre de jours /an où la température de l'eau dépassera 24°C sur le Val de Sully (d'après la figure 11)

1971 -1990	2046-2065	2081-2100
12	25	40

Ces simulations indiquent un réchauffement important des eaux caractérisé par un doublement des jours où la température de l'eau atteindra 24 °C entre la période de référence et la période 2046-2065 (Figure 11 et tableau 7).

L'étude réalisée à l'échelle mondiale de van Vliet et al, (2011) confirme **l'augmentation des températures moyennes de l'eau de la Loire de +1,6°C à l'horizon 2071-2100** par rapport à la période de référence (1971-2000). Cette augmentation est plus faible que dans le cas des autres fleuves européens dont l'augmentation est de 2.0°C en moyenne (EPTB – 2014).

- **Impact du changement climatique sur la qualité des eaux**

Les polluants et micropolluants d'origine industrielle, urbaine et agricole sont présents dans les milieux aquatiques en faible concentration. Ils sont susceptibles de provoquer des dysfonctionnements au sein des écosystèmes aquatiques (Schwarzenbach et al. 2006 in Baptist. F et al - 2014).

L'augmentation de la fréquence des sécheresses et de leur intensité conduira à une baisse du débit moyen des cours d'eau et à une diminution du pouvoir de dilution des micropolluants. Par contre la diminution des débits pourrait provoquer un temps de séjour des polluants dans l'eau plus important et favoriser leur dégradation.

Lors d'épisodes pluvieux intenses le lessivage des sols pourrait être important et apporter des concentrations de polluants supplémentaires dans l'eau issus de rejets urbains. L'augmentation de la fréquence des épisodes pluvieux intenses provoquerait également une remobilisation des contaminants stockés dans les sédiments fluviaux lors des crues précédentes (EEA – 2011 in Baptist. F et al - 2014).

Ce phénomène devrait également accroître le transfert des produits phytosanitaires et des produits pharmaceutiques à usage vétérinaire vers les eaux de surfaces (Bloomfield et al. 2006, Boxall et al. 2009 in Baptist.F et al - 2014).

D'autre part certains facteurs environnementaux comme le rayonnement UV dont la distance de pénétration dans la colonne d'eau est largement tributaire du pH et de la transparence des eaux pourraient modifier la toxicité de certains contaminants, en augmentant la réactivité de ces derniers par un phénomène de photo-activation (Bloomfield *et al.* 2006 in Baptist. F *et al.* - 2014).

On peut également s'attendre à une incidence accrue des ravageurs, des maladies et du développement des adventices qui pourraient amplifier ces phénomènes consécutivement à une augmentation des apports de pesticides et de produits vétérinaires. Ils pourraient cependant être atténués par une plus grande volatilisation de certains produits phytosanitaires et par une dégradation accélérée dans les sols et les eaux de surface dues aux températures plus élevées.

Il faut également envisager sur le long terme des **modifications d'occupation des sols sur les bassins versants qui pourraient provoquer des remobilisations de produits phytosanitaires** en augmentant le flux de pesticides et leur transfert vers les milieux aquatiques. **Cette évolution pourrait avoir un impact plus significatif que les effets directs du changement climatique** contrôlant le transport et le devenir de ces polluants (Baptist. F *et al.* – 2014).

- **Vulnérabilité des bassins versants de la Loire face au changement climatique** (d'après Fédération des Conservatoires d'espaces naturels - 2020)

L'Agence de l'eau Loire Bretagne a examiné quatre indicateurs qui décrivent la ressource en eau et les milieux aquatiques sur les 23 secteurs du bassin Loire-Bretagne dont 17 font partie du bassin de la Loire :

- Disponibilité en eau ;
- Bilan hydrique des sols ;
- Biodiversité des milieux aquatiques et humides ;
- Niveau trophique des eaux.

Les 23 secteurs sont évalués en fonction de leurs caractéristiques et de leur vulnérabilité face aux changements climatiques.

Les résultats synthétiques concernant la vulnérabilité sont liés :

- **À la disponibilité en eau** dans le bassin de la Loire : la disponibilité en eau sera fortement affectée avec un effet de ciseau entre une demande qui augmente, notamment en agriculture, et une ressource moins abondante, notamment en période de basses eaux (étiage). Elle provoquera une **pression anthropique forte sur la ressource en eau**.
- **Au bilan hydrique des sols** dans le bassin de la Loire : le bilan hydrique des sols est un indicateur relatif à l'assèchement des sols au cours du printemps et de l'été, qui aura des conséquences sur leur capacité à accueillir des cultures très sensibles à l'assèchement du sol : **l'exposition à l'assèchement des sols se ressentira également sur l'ensemble de la végétation**.
- **À la biodiversité des milieux aquatiques** dans le bassin de la Loire : la biodiversité des milieux aquatiques sera touchée par l'élévation des températures, la baisse des débits notamment à l'étiage, ou encore l'assèchement des zones humides. Afin d'avoir une vision plus complète du problème, la vulnérabilité de cet indicateur combine :
 - une vulnérabilité linéaire, ou vulnérabilité des cours d'eau (CE) ;
 - une vulnérabilité surfacique, ou vulnérabilité des zones humides (ZH).
- **À la capacité d'autoépuration des milieux aquatiques** dans le bassin de la Loire : **la capacité d'autoépuration des cours d'eau sera touchée par l'élévation de la température et la baisse des débits**, qui créent des conditions favorables à l'eutrophisation. **Une hydromorphologie dégradée accentue le phénomène**.

Tableau 8 : Classes de vulnérabilité des 4 indicateurs de la ressource en eau et des milieux aquatiques sur les 23 secteurs du bassin Loire-Bretagne pour les prochaines décennies

Commissions territoriales	Secteurs concernés	Les 4 indicateurs étudiés				Capacité d'autoépuration des MA
		Disponibilité en eau	Bilan hydrique des sols	Biodiversité des MA		
				CE	ZH	
Allier Loire-Amont	Allier amont	●	●	●	●	●
	Allier aval	●	●	●		●
	Arroux	●	●	●	●	●
	Loire amont	●	●	●		●
Loire moyenne	Cher	●	●	●	●	●
	Indre	●	●	●	●	●
	Loire moyenne	●	●	●		●
Vienne et Creuse	Clain-Vienne aval	●	●	●	●	●
	Creuse	●	●	●	●	●
	Gartempe	●	●	●	●	●
	Vienne amont	●	●	●	●	●
Mayenne Sarthe et Loir	Loir	●	●	●	●	●
	Mayenne	●	●	●	●	●
	Sarthe	●	●	●	●	●
Loire aval	Loire aval	●	●	●		●
	Sèvre nantaise	●	●	●	●	●
	Thouet	●	●	●	●	●

Classes de vulnérabilité : ● Élevée ● Moyenne ● Faible

Le Val de Sully est situé dans le secteur de la Loire moyenne. Sur les 4 indicateurs **la pression sera élevée sur la disponibilité en eau et la biodiversité aquatiques des cours d'eau** (tableau 8). Elle sera moyenne sur la la capacité d'autoépuration des cours d'eau et faible sur le bilan hydrique des sols.

IIID) IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LA BIODIVERSITE AQUATIQUE

Les évolutions climatiques vont probablement modifier profondément les milieux humides et aquatiques. Ce phénomène déjà perceptible suite aux 4 années de fortes températures estivales entre 2016 et 2020 (développement de la Jussie, dépérissement des boisements alluviaux...), va sans doute s'amplifier dans la prochaine décennie.

- **Prolifération des cyanobactéries.**

Le changement climatique pourrait être très favorable à d'autres organismes notamment les cyanobactéries. Ces organismes, aussi appelés algues bleues, sont des bactéries qui utilisent la photosynthèse pour se développer. Elles jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes en assurant une part importante de la production d'oxygène et de la fixation du carbone atmosphérique (Sabart et Latour, 2012 – *in* EPTB - 2014).

La prolifération des cyanobactéries est favorisée par l'eutrophisation, l'augmentation des températures et la stagnation des masses d'eau. L'allongement des étiages et leur sévérité vont favoriser le réchauffement de l'eau, situation particulièrement favorable aux cyanobactéries avec des conséquences graves d'un point de vue sanitaire et écologique (ONEMA – 2014).

- **Développement d'espèces invasives.**

Le développement des populations d'espèces invasives pourrait être favorisé par le réchauffement climatique. On l'observe déjà sur les Jussies dont les surfaces occupées ont fortement augmenté en Loire moyenne et dans le Val de Sully.

Certaines espèces aquatiques comme les Corbicules, espèce de palourdes d'eau douce originaire des régions subtropicales, est en expansion dans le bassin de la Loire. Cette espèce semble favorisée par l'augmentation des températures et un allongement des débits d'étiage (d'après Floury – 2013 – *in* EPTB 2014).

Le Ragondin pourrait être favorisé par des conditions plus douces en hiver permettant une reproduction toute l'année et une diminution de la mortalité des jeunes. Même si cette espèce exogène s'est aujourd'hui adaptée à son nouvel environnement, elle pourrait étendre ses populations dans tout le bassin versant de la Loire.

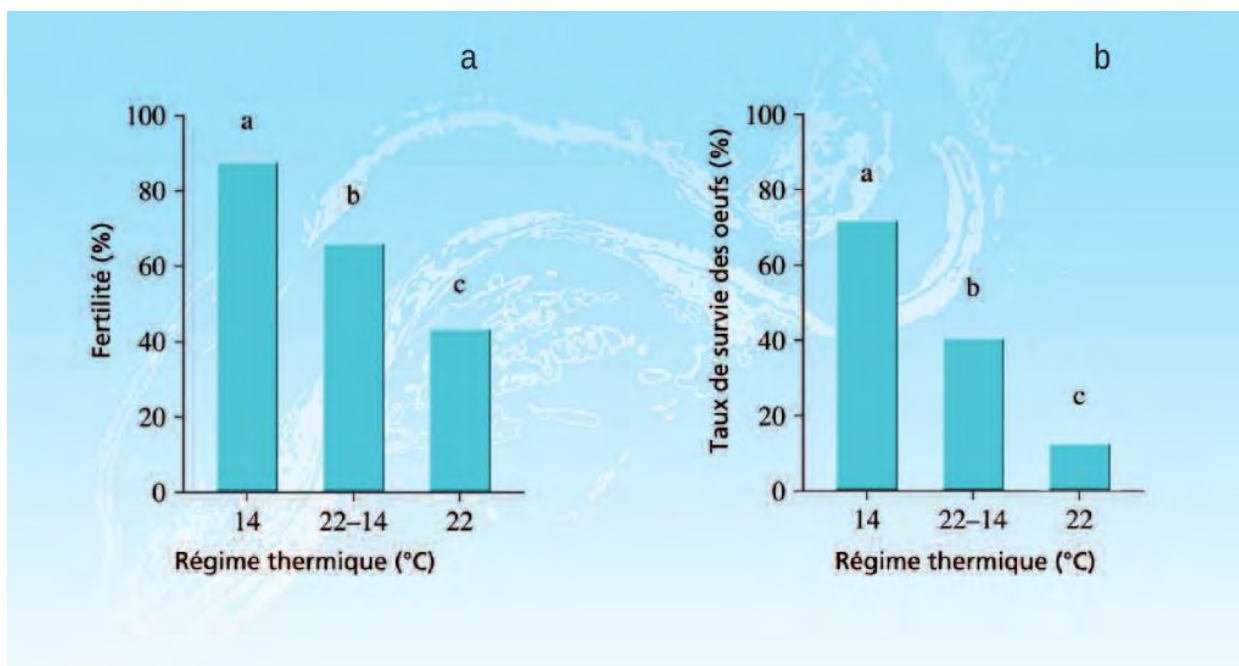
- **Modification des populations de poissons.**

Le réchauffement de l'eau devrait contribuer à repousser les espèces d'eau froide vers l'amont (ONEMA – 2014). L'aire de répartition des espèces inféodées aux têtes de bassin devrait se réduire à des zones refuges de plus en plus localisées avec un risque accru de disparition. **En Loire moyenne, la diversité spécifique de certaines communautés devrait augmenter mais elles se ressembleront davantage.** Le risque de perte de biodiversité aura donc tendance à devenir plus important (Daufresne et Boët, 2007 *in* EPTB - 2014).

Le réchauffement climatique perturbe déjà la migration des poissons tels le Saumon, l'Alose et les lamproies.... Des mesures réalisées par le GIP Loire Estuaire (EPTB – 2014) ont montré qu'en dessous de 6°C et au-dessus de 20°C, les conditions de migration ne sont plus optimales, perturbant la migration du Saumon atlantique.

La température de l'eau conditionne les comportements de montaison vers les sites de reproduction et de dévalaison des jeunes saumons (smolts). La modification pourrait perturber le cycle de reproduction de ces espèces et provoquer, à terme, leur disparition du bassin de la Loire (figure 12).

Figure 12 : Taux moyen de fertilité (a) et de survie des œufs (b) à différents régimes thermiques (maintenus à une température constante - 14-22°C - durant toute la durée d'expérimentation ou à une température variable - 22°C durant 6 semaines puis 14 °C durant 6 autres semaines). La présence de lettres différentes indique des différences significatives entre les traitements thermiques (Extrait de ONEMA, 2014, d'après King et al., 2007 in EPTB - 2014)



- **Impact sur les macro-invertébrés aquatiques**

L'étude sur l'évolution de peuplements de macro-invertébrés benthique sur la Loire suggère que les effets actuels du changement climatique sur la biodiversité ligérienne pourraient être masqués par l'amélioration de la qualité de l'eau des dernières années (Floury, 2013 in EPTB - 2014).

Floury (2013) dans son analyse de l'évolution des peuplements de macro-invertébrés dans un contexte de réchauffement des eaux à Dampierre-en-Burly, conclut que « les facteurs hydroclimatiques influencés par les changements climatiques globaux ont affecté la composition de la communauté d'invertébrés à Dampierre, de manière analogue à d'autres systèmes lotiques. Le nombre et l'abondance de taxons natifs polluosensibles et rhéophiles ont diminué, contrairement aux taxons polluo-tolérants et limnophiles, dont plusieurs espèces dites invasives, en conséquence, notamment, du réchauffement des températures de l'eau. A l'inverse, les changements locaux positifs de la chimie de l'eau, impulsés par les actions de gestion mises en place sur la Loire, sont capables de confondre et de réduire partiellement les effets néfastes de ces changements globaux. »

D'une manière générale les sites du CEN-CVL sont peu concernés par la gestion du lit vif, mais les évolutions de la faune aquatique peuvent avoir des conséquences sur la ressource alimentaire de certains groupes taxonomiques comme les oiseaux des grèves qui s'y alimentent.

IV- LE CLIMAT FUTUR

Ce chapitre présente les scénarios futurs de l'évolution du climat au niveau atmosphérique.

IVA) PHENOMENES CLIMATIQUES

L'évolution du climat concerne l'évolution des températures, des précipitations, de l'ETP, des phénomènes de sécheresse du sol et du risque de feu.

- Evolution future des températures en région Centre-Val de Loire

En France métropolitaine, la température moyenne annuelle progresse depuis les années 70. En région Centre-Val de Loire, l'écart à la référence (moyenne sur la période 1976-2005) de la température moyenne annuelle varie selon les périodes.

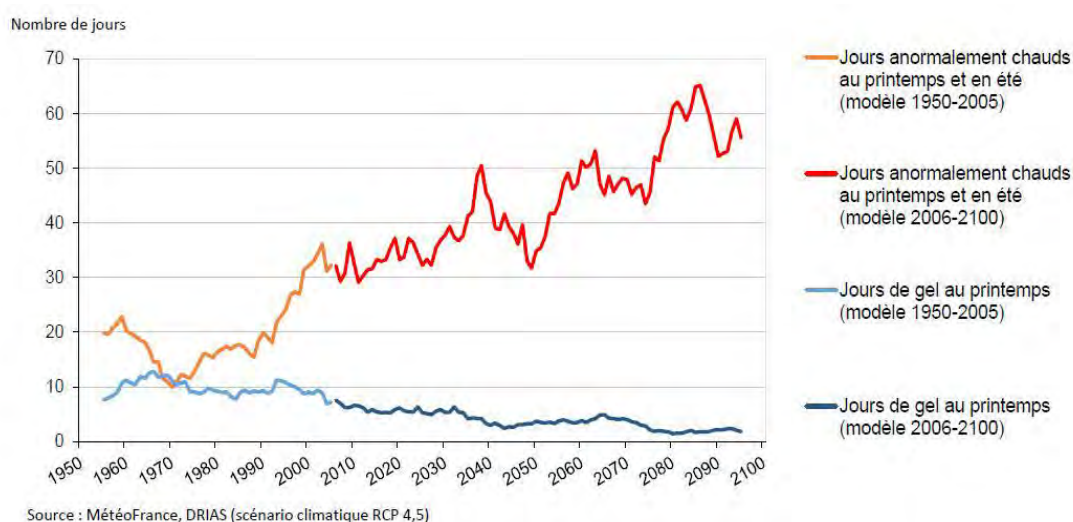
Entre le début des années 1970 et la fin des années 1980, les écarts sont majoritairement inférieurs (de l'ordre de moins 1°C) à la moyenne de référence. À l'inverse, à partir du début des années 1990 les températures moyennes annuelles sont quasi systématiquement supérieures à la référence et augmentent progressivement jusqu'en 2015, où l'écart se situe autour de +1°C.

En région Centre-Val de Loire, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement annuel jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario (fig.16).

Pour le scénario **RCP 8.5** (correspondant à un scénario sans politique climatique), l'écart à la référence de la température moyenne peut atteindre les **+2°C en 2050**. L'écart est également important pour le **scénario 4.5** (correspondant à un scénario avec des politiques climatiques visant à stabiliser les concentrations en CO₂) et pourrait atteindre **+1,5°C en 2050** (figure 13).

Enfin, même en cas de politiques visant à diminuer les concentrations de CO₂ (**RCP 2.6**), une hausse des températures pourrait être constatée, **de l'ordre de +1,3°C environ en 2050**. Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, l'évolution de la température moyenne annuelle diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP 2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO₂). Selon le RCP 8.5 (scénario sans politique climatique), le réchauffement pourrait atteindre 4°C à l'horizon 2100.

Figure 13 : Modélisations de l'évolution du nombre de jours de gel et du nombre de jours anormalement chauds pour un scénario intermédiaire – RCP 4,5 - (moyenne régionale sur une période glissante de 11 ans)



- Evolution future des précipitations en région Centre-Val de Loire

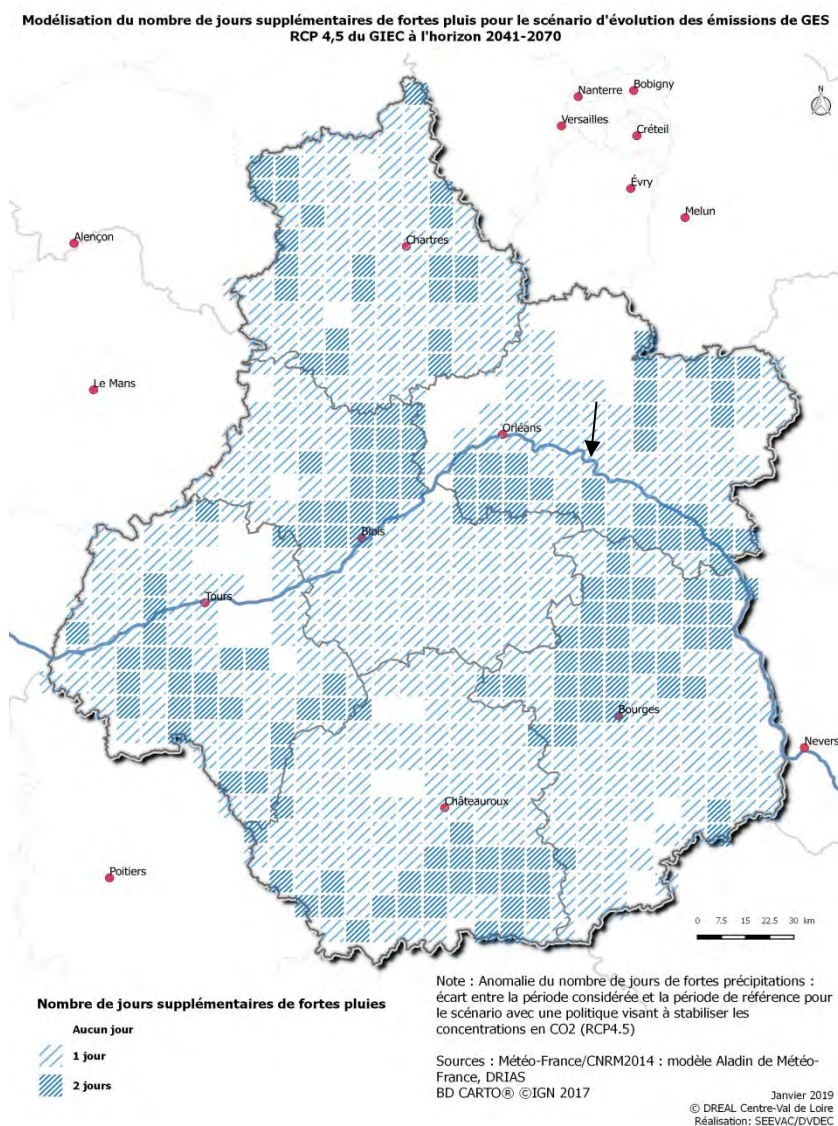
D'après l'étude « Explore 70 » (EPTB – 2014), la répartition des précipitations devrait être modifiée en fonction de la situation géographique et de la période de l'année.

Dans les prochaines décennies les précipitations seront constantes ou en légère hausse en hiver et en diminution progressive en été. Cette tendance est soumise à de fortes incertitudes selon les scénarios et modèles climatiques utilisés. Elle s'explique notamment par la situation de la France, à une latitude de transition entre des zones où les précipitations seront nettement plus abondantes, et d'autres où elles le seront moins (cf. carte 3).

Le nombre de jours de fortes précipitations augmentera annuellement de 1 à 3 jours par an sur la région Centre-Val de Loire selon le modèle d'évolution des émissions de GES choisi (figure 14).

Les cumuls de précipitations annuels pourraient baisser de l'ordre de 0 à 20% selon les projections, avec une médiane d'environ 5%.

Figure 14 : Evolution du nombre de jours supplémentaires de fortes pluies en région Centre-Val de Loire pour un scénario intermédiaire (RCP 4,5 pour la période 2041 – 2070).



Sur la figure 14, le Val de Sully est localisé par la flèche noire.

- Evolution future de l'ETP (combinaison de l'évaporation et de la transpiration)

Les projections climatiques du projet CLIMATOR (Brisson et Levrault – 2010) indiquent une augmentation sensible de l'évapotranspiration potentielle dans le futur proche. Cependant les projections de l'évolution de l'ETP dans les prochaines décennies sont difficiles à évaluer en fonction des situations géographiques.

Par exemple à Versailles (120 km au nord du Val de Sully), on aurait un cumul annuel d'évapotranspiration de + 60 mm entre « 2035 » (moyenne 2020-2049) et « 1985 » (moyenne 1970-1999) (d'après Brisson et al, 2010 in ORACLE - 2019).

L'évapotranspiration annuelle pourrait augmenter de 15 à 30%, avec une médiane de l'ordre de 23% (Fédération des Conservatoires d'espaces naturels- 2020).

- La sécheresse des sols

La sécheresse des sols est indiquée par l'**Indice sécheresse météorologique (SPI)**.

Le SPI est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Il s'agit d'un indice de probabilité qui repose seulement sur les précipitations. Les probabilités sont standardisées de sorte qu'un SPI de 0 indique une quantité de précipitation médiane (par rapport à une climatologie moyenne de référence, calculée sur 30 ans). L'indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides (Mc Kee et al, 1993 – Météo-France).

Cet indice à l'avantage d'être calculé uniquement à partir des précipitations mensuelles. Il peut être comparé à d'autres régions et sa normalisation détermine la rareté d'une sécheresse. Les valeurs de signification du SPI sont les suivantes :

SPI > 0 : plus de précipitations que la normale (plus humide) ;
SPI < 0 : moins de précipitations que la normale (plus sec) ;
-0.99 < SPI < +0.99 : précipitations proches de la normale ;
SPI < - 2.0 : extrêmement sec ;
SPI > 2.0 : extrêmement humide.

Tableau 9 : Evolution intermédiaire (A1B) et pessimiste (A2) de la sécheresse des sols sur les sites de Guilly et Benne (Dampierre-en-Burly)
Horizon proche (autour de 2035) - Moyenne annuelle
CLIMSEC-2010 : modèle Arpege-V4.6 de Météo-France

Années	Scenario intermédiaire		Scenario pessimiste	
	Guilly	Benne	Guilly	Benne
2035	-0,23		-0,28	
2055	-0,71	-0,92	-0,60	
2085	-1,11	-1,33	-1,11	-1,33

Référence (1970) = 0,02

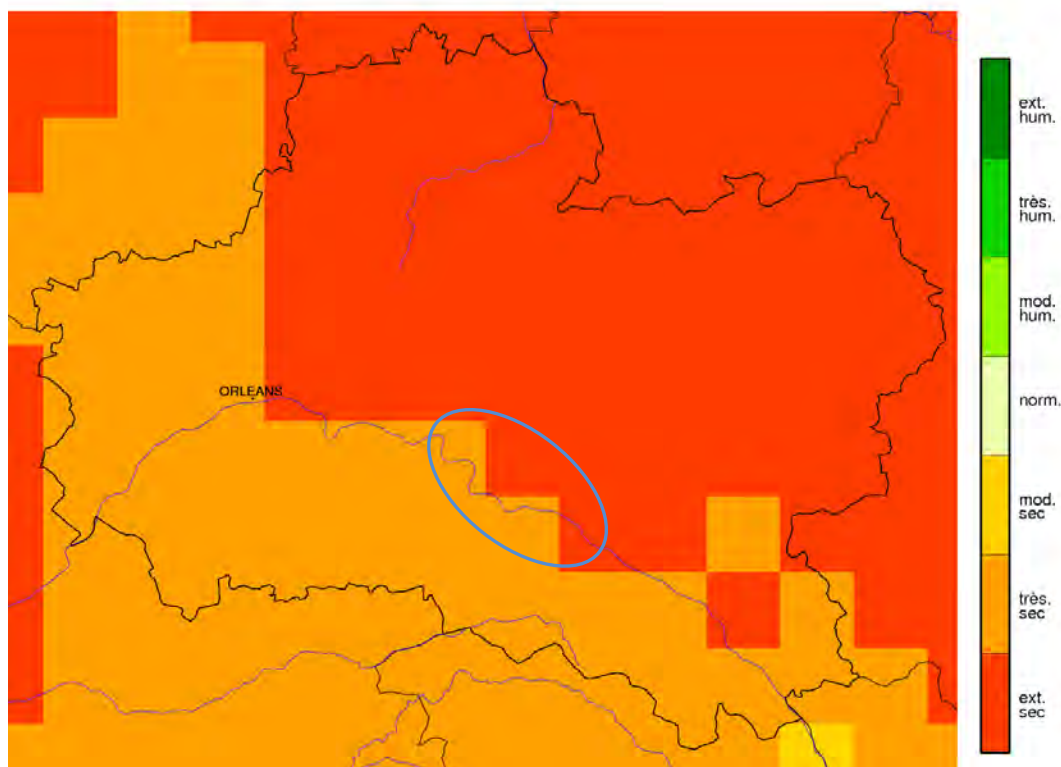
Sur les sites de Guilly et Dampierre- en- Burly on constate un assèchement des sols quelque soit le scénario (carte 4).

Toutefois les différences sont très faibles entre le scénario intermédiaire et le scénario pessimiste sur le site de Guilly (tableau 9).

Carte 4 : Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA
 Scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B) – situation vers 2055.
 (Le Val de Sully est délimité par le cercle bleu)



Indice sécheresse d'humidité des sols (SSWI) du modèle ISBA
 pour le Scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B)
 Horizon moyen (autour de 2055) – Moyenne annuelle
 CLIMSEC-2010 : modèle Arpege-V4.6 étiré de Météo-France



- **Le risque de feu**

Le **risque d'incendie** est évalué grâce à un **indice l'IFM : indice feu météo**. Il est caractérisé, par une valeur numérique, le danger météorologique d'incendie au pas de temps quotidien en synthétisant le danger d'éclosion et le danger de propagation du feu.

Le calcul de l'IFM s'appuie sur différents sous-indices comme l'état de la végétation pris en compte dans une modélisation grâce au suivi des conditions météorologiques durant toute l'année.

Plus la valeur de l'IFM est élevée, plus les conditions météorologiques sont propices aux incendies.

✓ **Au niveau national**

A l'horizon **2040**, en prenant en compte trois scénarios d'émission (A1B, A2 et B1), **l'IFM augmente de 30%** par rapport à la période 1961-2000, soit de 15% par rapport à la période 1989-2008. L'analyse de la variabilité interannuelle fait apparaître des extrêmes plus marqués.

On assiste à l'horizon **2060** à une explosion du danger météorologique d'incendie, avec une **hausse moyenne de l'IFM de l'ordre de 75%** pour les scénarios A1B et A2.

✓ Au niveau local

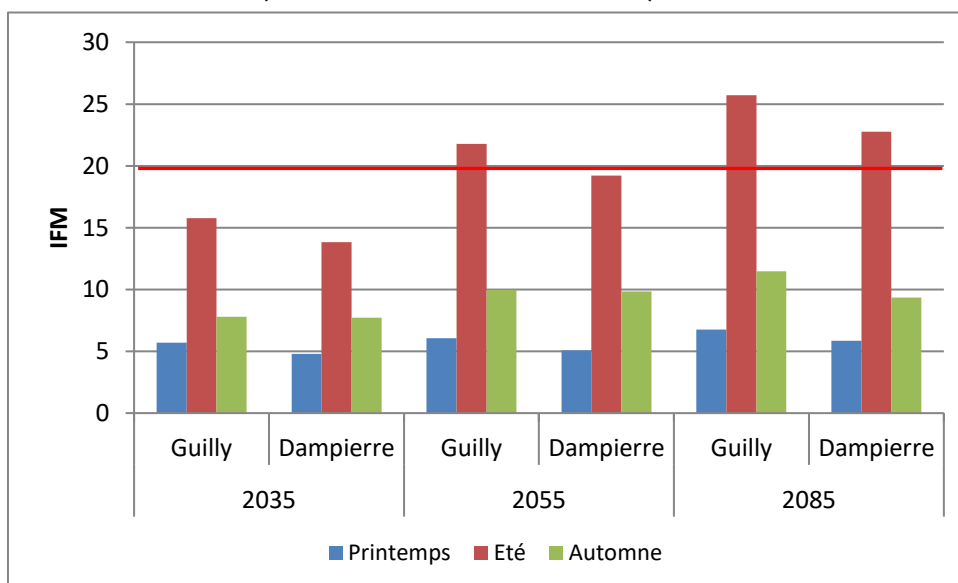
L'ensemble du Val de Sully s'étend sur plus de 30 km. Afin de tenir compte des évolutions du risque de feu en fonction de la situation des sites, deux secteurs ont été choisis : Guilly en aval du site et Dampierre-en-Burly situé à l'amont du site.

Des variations dans les prévisions d'évolution de cet indicateur sont constatées entre ces deux secteurs. Le site de Guilly est plus exposé au risque de feu (IFM > à 20) dès 2055 (figure 15).

Le site de Guilly, caractérisé par un boisement sur une grande surface est accessible au public en été (notamment sur la partie amont). Or le risque de feu est corrélé avec la fréquentation humaine plus particulièrement quand il y a des accès faciles en véhicule (mais aussi en canoé).

La pratique du bivouac en Loire peut être à l'origine de départs de feux.

Figure 15 : Evolution de l'IFM sur le secteur de Guilly et Dampierre-en-Burly (Données issues de DRIAS - 2020)



Dans le scénario pessimiste le nombre de jours pour l'IFM > à 20 est de **40,10 jours/an** en 2035, **71 jours/an** en 2055 sur le site de Guilly.

V - SYNTHÈSE DES PRESSIONS NON CLIMATIQUES

Ce chapitre synthétise le contexte ligérien pour les pressions non climatiques au niveau historique, écologique, humain et agricole.

La variation des débits façonne les différents milieux entre débit d'étiage en été et débits de crue plutôt en hiver et au printemps. Ces débits de crue peuvent submerger l'ensemble du lit inondable situé entre les levées comme ce fut le cas lors de la crue du 8 décembre 2003. Des crues plus importantes qualifiées de centennale ont submergé l'ensemble du val de Loire à la fin du XIX^e m siècle.

Ce lien fort entre les habitats et le niveau de la Loire conditionne les mosaïques d'habitats fortement influencées par l'action passée et actuelle de l'homme (agriculture, pollutions, prélèvements de sédiments, constructions anciennes dans le lit, digues, barrages, espèces invasives...). La morphologie du fleuve et sa dynamique sont donc fortement marquées par ces facteurs d'influences qui interagissent avec les paramètres climatiques (T°C, pluviométrie, vent...).

Dans ce contexte tous les habitats peuvent se trouver submergés lors d'une crue importante, y compris ceux habituellement les moins exposés, situés sur le haut des terrasses sableuses.

Les phénomènes d'érosion et de dépôts de sédiments peuvent les remodeler et créer des stades pionniers propices aux espèces végétales et animales pionnières dont certaines sont rarissimes. L'altération de cette dynamique du fait de **l'enfoncement historique du lit** due à l'action de l'homme fragilise la forêt alluviale et provoque la diminution des milieux pionniers sur sable comme les pelouses et plus particulièrement les pelouses à Corynéphores, habitat d'intérêt européen.

La disparition des activités agricoles traditionnelles dont le pâturage conduit depuis plusieurs décennies à la diminution très importante des milieux herbacés. Cette évolution s'est accélérée depuis 20 ans avec **la disparition du Lapin de garenne dont les densités permettaient la conservation des milieux herbacés**, notamment des pelouses sur sable. L'action de cette espèce sur la végétation contribuait à maintenir des milieux ouverts favorables à l'écoulement des eaux en cas de crue, notamment quand le pâturage avait disparu.

La transformation de l'activité agricole dans le lit majeur caractérisé par l'abandon de l'élevage et la conversion des prairies en cultures céréalières s'est faite grâce à l'irrigation. La pression sur la nappe alluviale s'est ainsi accentuée sur une période de 40 ans provoquant un abaissement plus important du toit de la nappe en période de végétation et par conséquent une déconnexion plus longue des boisements. **Cette évolution conduit à fragiliser la forêt alluviale et les milieux humides alimentés par les résurgences de la nappe alluviale.**

Les milieux herbacés abandonnés sont peu à peu grignotés par les landes, les ronciers et les fruticées puis par la forêt ce qui provoque leur isolement sur de petites surfaces. La fermeture du milieu favorise également le développement de certaines espèces animales dont les populations de sangliers. Cette espèce a un impact sur les milieux important, négatif sur les cultures céréalières mais positif (dans une certaine mesure) sur les milieux herbacés et notamment dans les pelouses sableuses en favorisant la remise à nu du sol. Il faut cependant relativiser cette action favorable des sangliers car ils peuvent être un vecteur de dissémination d'espèces végétales invasives comme le Sénéçon du cap ou le Paspale à deux épis.

La fragmentation des prairies et plus particulièrement des pelouses sur sables, habitats patrimoniaux riches en espèces menacées, altère fortement la capacité de certaines espèces à se déplacer. **Cet isolement limite le brassage génétique des espèces les plus vulnérables, essentiel à leur adaptation aux changements d'environnement. La conservation de corridors écologiques fonctionnels est donc fondamentale pour conserver la spécificité des cortèges d'espèces propre à la Loire moyenne.**

C'est dans ce contexte perturbé que plusieurs espèces invasives se sont développées. L'augmentation de la température de l'eau favorise certaines espèces comme les Corbicules (petit mollusque) et la Jussie (plante d'origine tropicale). **L'augmentation de la température de l'eau est favorisée par des étiages de plus en plus sévères et longs. Il limite également les perturbations liées aux variations du niveau d'eau en période de végétation** ce qui favorise la végétalisation des berges et le développement des rejets ligneux. Cette situation affecte directement les habitats herbacés des vases humides menacés par l'extension des herbiers de Jussie.

Plusieurs espèces végétales menacent d'envahir les milieux ouverts et plus particulièrement ceux qui sont régulièrement perturbés (Renouées asiatiques, Erable negundo, Paspale, Senecon du cap...).

Les secteurs retournés régulièrement par les sangliers sont donc très exposés, notamment les habitats patrimoniaux comme les pelouses sur sable. **Le risque est également élevé dans les annexes fluviales restaurées et entretenue par les services de l'État pour assurer un bon écoulement des eaux.** La remise à nue régulière du sol sur de grandes surfaces pour éviter le développement de la végétation est extrêmement favorable à certaines espèces végétales invasives comme le Paspale à deux épis *Paspalum distichum*.

L'eutrophisation des milieux reste importante avec une dégradation chronique de la qualité de l'eau (forte teneur en azote) due aux pollutions diffuses d'origine agricole. Les pollutions d'origine urbaine sont aujourd'hui contenues avec le développement de stations d'épuration. Ces pollutions influencent les habitats aquatiques et ont certainement favorisé l'expansion d'espèces végétales comme les différents hybrides de Chiendent qui peuvent devenir invasifs dans les milieux prairiaux. Il n'est d'ailleurs pas exclu que l'eutrophisation favorisée par une pollution diffuse chronique favorise le développement de certaines espèces végétales invasives.

La fréquentation des rives de la Loire par la population peut provoquer des perturbations qui ont une incidence sur la végétation : piétinement, dépôt de déchet, feux... A cela s'ajoute la circulation d'engins motorisés au niveau de tous les accès en bords de Loire, augmentant le dérangement et provoquant par endroit la dégradation de certains habitats. La durée des étiages plus longs, alliés à des conditions climatiques estivales extrêmes (comme nous l'avons connu entre 2017 et 2020) incite la population à aller au bord de l'eau, favorisant une concentration de personnes sur certains endroits. Il faut également préciser que l'étiage **permet un accès plus facile des rivages habituellement peu accessibles au public.** La pratique du canoë, en pleine expansion sur la Loire, accentue également la pression humaine sur les habitats rivulaires avec un risque de départ de feu en période de sécheresse consécutif à la multiplication des bivouacs. Cette pratique est un risque supplémentaire de dérangement des oiseaux reproducteurs sur les îlots de sables (Laridés et sternes, Petit gravelot, Chevalier guignette...). **La pratique de l'ULM ou du paramoteur peut entraîner des dérangements lorsque ces aéronefs descendent très bas** occasionnant un dérangement de l'avifaune. Cela peut être très problématique sur les îles où se reproduisent les oiseaux (Laridés, sternes, héronnières...). Ces pratiques posent des problèmes sur l'ensemble du Val de Sully.

VI - RESULTATS DU DIAGNOSTIC DE VULNERABILITE ET D'OPPORTUNITES

Nous avons choisi de présenter l'impact des changements climatiques sur les habitats à enjeux de conservation validés dans les 8 plans de gestion du Val de Sully.

Les enjeux de conservation prioritaires et secondaires validés dans les plans de gestion concernent tous des habitats sauf pour le site de l'île des Mahyses où 2 enjeux prioritaires concernent les espèces :

- La héronnière située sur l'île.
- Les espèces aquatiques (insectes, poissons...) qui vivent dans le Rio des Mahyses.

Les enjeux de conservation des espèces dépendent directement de la qualité des habitats, de leur état de conservation, de leur surface et de leur isolement. C'est pourquoi **l'analyse des vulnérabilités est axée sur l'état de conservation des habitats.**

Afin de souligner l'intérêt de ces habitats pour les espèces, nous avons également résumé leur intérêt écologique pour les espèces les plus menacées ou les plus caractéristiques.

VIA) ENJEUX DE CONSERVATION POUR LES HABITATS ET IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Les **enjeux de conservation des habitats** concernent **prioritairement** :

- **Les pelouses sur sables,**
- **Les boisements alluviaux**
- **Les milieux humides,** notamment les milieux aquatiques alimentés par des résurgences de la nappe alluviale.

VIA1) LES PELOUSES SUR SABLE

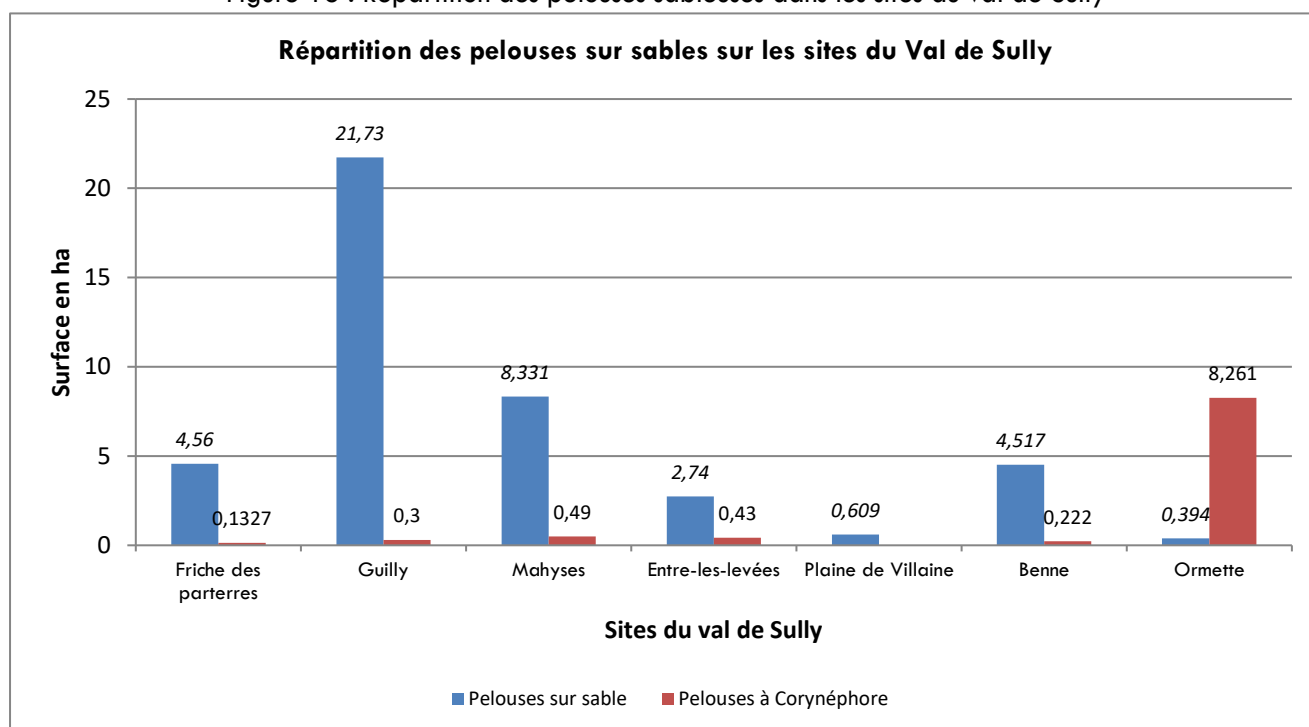
La totalité des **pelouses sur sable** représente une surface de **52,71 ha** sur l'ensemble des 10 sites du Val de Sully. Les **pelouses à Corynéphore** blanchâtre, habitat d'intérêt européen, représentent **18% des pelouses sableuses, concentrées surtout sur le site de l'Ormette** avec 84 % de la surface occupé par cet habitat dans le Val de Sully (figure 16).

Cet habitat vulnérable au niveau régional est en forte régression sur tous les sites sauf sur le site de l'Ormette. La disparition des lapins et les modifications de la dynamique fluviale sont les deux principaux facteurs à l'origine de cette régression.



La fixation des sables mobiles entraîne généralement une évolution de ces pelouses sableuses vers des pelouses à Fétuque à longues feuilles.

Figure 16 : Répartition des pelouses sableuses dans les sites du val de Sully



A l'échelle du Val de Sully les **pelouses sur sables les plus représentées** sont les **pelouses à Koelerie grêle (33,5 % de la surface)** et les **pelouses sur sable à Fétuque à longues feuilles (23,69% de la surface)**. Ces pelouses sont en danger d'extinction au niveau régional (Nature Centre, CBNBP - 2014).

- Evolution potentielle des pelouses sur sable sous les effets du réchauffement climatique.

Les facteurs de dégradation des pelouses sur sable peuvent être amplifiés par les effets du changement climatique. Les mosaïques de pelouses pourraient évoluer car ces habitats vont probablement devenir plus riches en espèces annuelles et en espèces à bulbes. Cette évolution se fera au détriment des espèces ayant un système racinaire traçant au niveau du sol (cas des hémicryptophytes).

Ainsi les pelouses ouvertes à Fétuque seront très certainement avantagées au détriment des pelouses sablo-calcaires à Koelerie, plus riches en espèces à rhizomes. L'augmentation de la fréquence des épisodes caniculaires avec des températures atmosphériques comprises entre 35 et 40°C (voir plus) va avoir un impact important sur la survie des hémicryptophytes fortement exposées aux températures létales (> 50°C) pouvant entraîner la mort des bourgeons racinaires.

La proportion de ces espèces dans les pelouses varie de 15% pour les stades pionniers à près de 70 % pour les stades les plus évolués. Un changement profond de l'état de conservation de ces pelouses matures provoquera une modification de leur structure avec une proportion d'espèces annuelles plus importante.

- ✓ Facteurs naturels et anthropiques influençant l'évolution des pelouses sableuses dans un contexte de changement climatique.

L'ensemble des facteurs ayant un impact sur les pelouses, leur tendance évolutive et le niveau de vulnérabilité de chacun d'entre eux sont listés dans les tableaux 10 et 11.

Plus le niveau de vulnérabilité est fort plus il favorisera une dégradation de l'habitat tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Tableau 10 : Impact des facteurs naturels sur les pelouses sableuses dans un contexte de changement climatique

Types de contraintes	Impact des facteurs naturels et humains sur les pelouses sableuses	Tendance évolutive		Niveau de Vulnérabilité
		Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification potentielle des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Impacts potentiels sur la dégradation des pelouses sableuses
Dynamique de végétation	Développement de la végétation ligneuse	3	↘	Faible
	Développement des prairies sur sable	2 ou 3	↘	Faible
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables	Risque potentiel de colonisation (Séneçon du Cap...)	2	↗	Modéré
Enfoncement du lit de la Loire	Raréfaction des inondations par submersion – Diminution des phénomènes d'érosion et de rajeunissement du sol par érosion ou dépôt de sable et de limon	2	=	Modéré
Sécheresses et vents secs	Durcissement du sol lié à l'assèchement – Favorise les faciès de dégradation à Vulpie.	2 ou 3	=	Modéré
	Appauvrissement des pelouses (homogénéisation et diminution des mosaïques d'habitats)	3	=	Modéré
	Baisse de la réserve utile du sol (RU)	3	=	Modéré
Acidification des sables calcarifères	Altération des pelouses sur sable calcarifère	1 ou 2	?	Modéré
	Homogénéisation et diminution des mosaïques d'habitats	1 ou 2	?	Fort
	Développement des pelouses acidiphiles (pelouses oligotrophes à Corynephores) Modification liée à moins d'apports par submersion de sédiments, de matière organique et faunistique.	2	↗	Fort
Températures caniculaires	Altération de l'intégrité des pelouses évoluées (Pelouses à Koelerie et Phléoles notamment) avec une diminution significative de la proportion d'hémicryptophytes	1 ou 2	↗	Fort
Développement des populations de sangliers.	Développement des affouillements (potentiellement favorable aux pelouses à annuelles)	2	= ou ↗	Modéré

Tableau 11 : Impact des facteurs humains sur les pelouses sableuses dans un contexte de changement climatique

Types de contraintes	Impact des facteurs naturels et humains sur les pelouses sableuses	Tendance évolutive		Niveau de Vulnérabilité
		Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification potentielle des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Impacts potentiels sur la dégradation des pelouses sableuses
Céréaliculture dans le val.	Baisse du niveau de la nappe alluviale	1	↗	Faible
Elevage (pâturage)	Surpâturage - Développement des faciès de dégradation à Vulpies.	3	↗	Très fort
	Risque de tassement amplifié par un durcissement du sol lié à l'assèchement (notamment au printemps) – Développement des faciès de dégradation à Vulpies.	2 ou 3	↗	Fort
Chasse au gros gibier/ régulation du sanglier.	Limitation de la densité de sangliers	1	= ou ↘	Modéré
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Développement de certaines pelouses (Pelouses à Orpin, pelouses à Corynéphore...) – Cas de l'Ormette.	1	=	Modéré
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Risque de fréquentation accrue (véhicules, dépôt de déchets...)	2	↗	Fort

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des mares et points d'eau.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme.

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court terme.

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment). Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

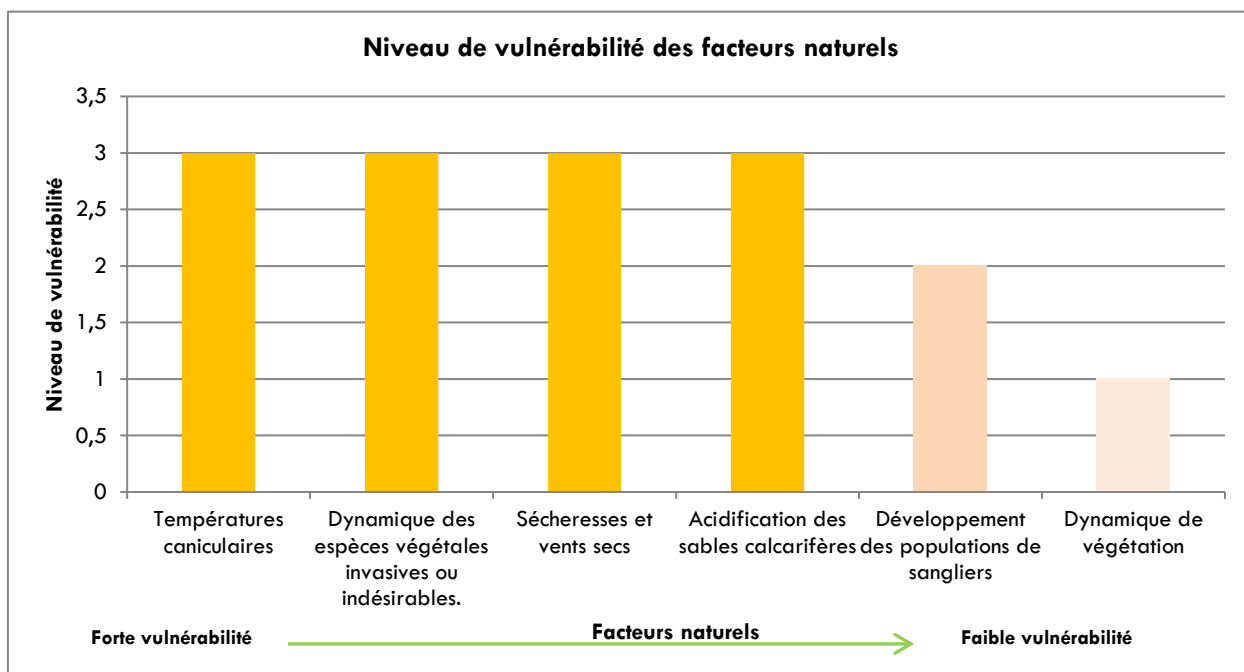
= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats.

Les effets des sécheresses combinés à l'impact des retournements par les sangliers pourraient conduire à une homogénéisation des pelouses, favorisant les pelouses ouvertes à Fétuques, notamment les faciès pionniers plus riches en espèces annuelles (tableau 10 et 11). Ces faciès pourraient cependant être plus ou moins dégradés par le développement d'espèces pionnières rudérales favorisées par une fragilisation de l'habitat. Cette évolution de la végétation pourrait ainsi entraîner une recomposition du cortège d'espèces annuelles avec plus d'espèces rudérales surtout si l'habitat est régulièrement perturbé. On peut penser que les pelouses semi-rudérales à annuelles pourraient être favorisées dans les secteurs les plus remaniés.

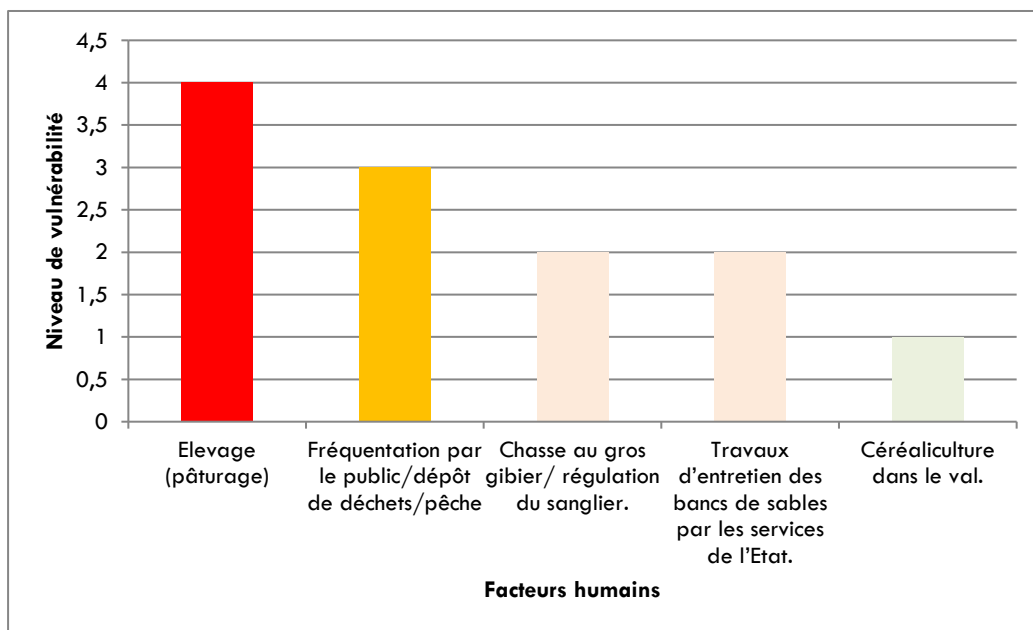
On peut s'attendre localement à une recombinaison des habitats plus riche en espèces annuelles et en géophytes mais avec une plus forte homogénéisation ce qui diminuera la diversité des faciès que l'on connaît aujourd'hui. **Cette évolution rendra ces habitats plus sensibles aux perturbations d'origine anthropique avec un risque accru de développement d'espèces végétales invasives. Par contre d'autres habitats herbacés comme certaines prairies pourraient évoluer vers des pelouses moins sèches, plus riches en hémicryptophytes.**

Figure 17 : Niveau de vulnérabilité des pelouses par rapport aux 6 principaux facteurs naturels dans un contexte de réchauffement climatique.



La note de vulnérabilité pour chaque facteur est la suivante : 4 : très fort, 3 : fort, 2 : modéré, 1 : faible (figures 18 et 19).

Figure 18 : Niveau de vulnérabilité des pelouses par rapport aux 5 principaux facteurs humains dans un contexte de réchauffement climatique.



1 facteur d'influence a un impact très important sur les habitats de pelouses sur sable : le pâturage. Si l'on ajoute les facteurs « forts », on arrive à 45 % des facteurs influençant l'état de conservation des pelouses sur sable. **Les sécheresses et les canicules sont les facteurs qui impactent également cet habitat de façon déterminante** (tableaux 17 et 18).

✓ Sensibilité et évolution des différents types de pelouses sur sable

La diversité des pelouses sur sables est importante avec au moins 9 types de pelouses comprenant chacun des stades d'évolution plus ou moins riches en espèces végétales annuelles (thérophytes) en fonction de leur stade évolutif. La fermeture progressive du tapis végétal par l'apparition d'espèces plus recouvrantes, (notamment les hémicryptophytes et les chaméphytes), ou le développement d'une strate bryologique conduit à une modification de la physionomie des pelouses et de leur diversité. Cette évolution va sans doute modifier la typologie des pelouses sur sables et créer des faciès « hybrides » riche en espèces annuelles et géophytes en fonction du niveau d'acidité du sol et des perturbations. Les grands types de pelouses sont indiqués dans le tableau 12 en sachant qu'elles se mélangent en fonction de leurs stades d'évolution.

Tableau 12 : Sensibilité des différents stades de pelouses sur sable à la sécheresse et aux températures caniculaires

Pelouses sur sable	Stade pionnier plus riche en espèces annuelles (> ou = à 50% d'espèces annuelles)	Stade évolué plus riche en hémicryptophytes (50 à 70%)	Niveau de vulnérabilités des différents types de pelouses sur sable
Pelouses pionnières sur sable mobile (<i>Miboro minimae-Corynephorion canescentis</i>)	↗		Faible
Pelouses post-pionnière à Corynéphore blanchâtre et Epervière de Loire	↗	= ou ↘	Moyen
Pelouse à annuelles sur sable acide du Thero-Airion	↗		Faible
Pelouses semi-rudérales à annuelles (<i>Arabidopsis thalianaea</i>)	↗		Faible
Communautés pionnières de sables et graviers tassés de l' <i>Alyso alyssoidis-Sedion albi</i>	↗		Moyen
Pelouse pionnières sablo-calcaire à <i>Festuca longifolia</i> (<i>Sileno conicae-Cerastion semidecandri</i>)	↗	↘	Moyen
Landines à Armoises champêtre (<i>Artemisetum campestre</i>)	= ou ↘	↘	Fort
Pelouses vivaces sablo-calcaires du <i>Koelerio macranthae-Phleion phleoidis</i>	= ou ↘	↘	Fort
Pelouses à Orpins <i>Alyso alyssoidis-Sedetalia albi</i>	↘		Faible

Légende :

↗ : Développement de l'habitat favorisé.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Développement de l'habitat défavorisé

Les pelouses ayant un niveau de vulnérabilité faible à moyen sont plutôt favorisées alors que les pelouses ayant une vulnérabilité moyenne (pour les stades fermés) à forte auront tendance à régresser ou à évoluer vers des formes de pelouses riches en annuelles. Ces stades pionniers sont généralement plus

riches en espèces et particulièrement sensibles du fait de leur évolution plus ou moins rapide vers des stades de pelouses fermées. **On peut penser que l'évolution des pelouses ouvertes vers des pelouses fermées, généralement observée, sera fortement ralentie.** Il est d'ailleurs possible d'envisager la régression de pelouses fermées vers des formations ouvertes à annuelles plus adaptées à des conditions climatiques extrêmes.

L'évolution des pelouses sur sables en bord de Loire moyenne

Les pelouses à annuelles sur sable évoluent vers des pelouses fermées riches en hémicryptophytes représentées surtout par les pelouses sablo-calcaires à *Festuca longifolia*, les landines à Armoises champêtres *Artemisia campestris* et les pelouses vivaces sablo-calcaires du *Koelerio macranthae-Phleion phleoidis*. Certains stades dégradés sont envahis par des espèces rudérales en fonction des perturbations du sol. Les secteurs riches en sables et graviers sont colonisés par des friches sur sable dominées par l'Alysson blanc *Berteroa incana*, la Scrophulaire des chiens *Scrophularia canina*, la Vipérine *Echium vulgare*, la Saponaire *Saponaria officinalis*.

Cet habitat localisé sur les hauts de grèves est rajeuni par les crues importantes. **Les espèces végétales qui le composent sont adaptées aux conditions de sécheresse mais elles sont vulnérables au développement d'espèces invasives qui pourraient être favorisées par des conditions climatiques plus sèches.**

Les sécheresses, de plus en plus précoces pourraient être très « impactantes » sur la végétation surtout si les vents secs et frais deviennent plus fréquents, notamment au printemps (vents d'Est/Nord-Est – il n'y a pas, pour l'instant, de prévision de l'intensité et de la fréquence des vents pour les prochaines décennies). **Ces deux facteurs contribuent fortement à un assèchement du sol avec comme conséquence un durcissement en surface, favorable aux faciès de dégradation des pelouses sur sable (groupement à *Vulpies* sp.).** Ce facteur est amplifié sur des sols tassés par le piétinement (pâturage). Il est très dégradant lorsqu'il se déroule au printemps au moment du développement des espèces végétales (période allant de mars à début juin). **Cette dynamique végétale va rendre les pelouses extrêmement sensibles à la dégradation, plus particulièrement les pelouses à Fétuques, à Koelérie et Phléole ainsi que les landines à Armoise champêtre (Tableau 4).**

Les secteurs les plus dégradés évolueront très certainement vers des groupements dominés par des espèces rudérales (avec une forte proportion d'annuelles) ou vers des faciès très dégradés à

annuelles dominés par la Vulpie (*Vulpia bromoides*) comme cela s'observe déjà (notamment sur le site de Guilly).

Si la proportion en espèces annuelles devient de plus en plus importante cela favorisera une forte réactivité de la végétation aux conditions climatiques combinée à d'autres facteurs comme l'impact de la faune sauvage (sangliers) ou le pâturage. **Ces facteurs pourraient se potentialiser et provoquer dans certains cas une dégradation des habitats plus rapide et plus profonde surtout s'ils sont répétés dans le temps** (affouillement par les sangliers trop fréquents, tassement de sol, arrivée d'espèces invasives comme le Sénéçon du cap...).

Les pelouses pionnières à Orpins, localisées dans les secteurs les plus exposés aux crues, sont plus dépendantes du phénomène d'érosion et de dépôts des sables. Cet habitat sera peut-être moins impacté.

L'effet des sécheresses à répétition avec une augmentation de l'ETP diminuera la dynamique de colonisation des pelouses par les ligneux et les prairies. Dans ces conditions les pelouses pourraient même se développer au détriment des prairies sur sable et des stades pionniers de fruticées.

✓ Effet des phénomènes climatiques sur les mosaïques d'habitats

Dans certains cas les facteurs de dégradation des pelouses sableuses pourraient les faire évoluer vers des groupements rudéraux dont la structure devient très homogène. **Généralement ces faciès de dégradation sont dominés par un faible nombre d'espèces annuelles qui deviennent dominantes.**

Or la dynamique d'évolution des différents stades de pelouses produit une mosaïque d'habitats parfois très fine conditionnée notamment par la nature des sables, leur richesse en éléments organiques et l'exposition aux conditions climatiques (vent, humidité...). **Ces mosaïques d'habitats sont également dynamisées par l'impact de la faune** (lapins, sangliers) avec des effets dégradants quand l'impact est trop important (répétition trop régulière de l'impact dans le temps).

La diminution du nombre d'espèces et les perturbations du sol, par affouillement de sangliers ou par un pâturage trop intense, peuvent également faciliter la pénétration d'espèces invasives dont certaines (déjà présentes en bord de Loire) sont susceptibles de se développer dans des conditions climatiques plus sèches (par exemple le Sénéçon du Cap).

La diminution importante de la fréquence des crues ces dix dernières années, notamment au printemps, ne permet plus la submersion de la majorité des pelouses sableuses situées sur les terrasses alluvionnaires, comme cela se produisait régulièrement il y a plus de 10 ans, notamment en hiver. Or les dépôts de limon sur les pelouses (ajouté à une possibilité d'érosion dans les secteurs les plus exposés) favorisaient sans doute une activité faunistique et microbienne favorable au maintien d'une porosité du sol, au moins en surface. On peut supposer que les épisodes très secs notamment aux printemps conjugués à une absence de submersion des pelouses (donc de régénération du substrat en surface) contribuent à une baisse importante de l'activité faunistique et microbienne à la surface du sol. **Cette situation amplifie vraisemblablement les effets de la sécheresse sur les pelouses favorisant les espèces les plus adaptées à un sol durcit en surface** (comme la Vulpie queue de rat par exemple). Cette dynamique de végétation contribue probablement à un appauvrissement de la diversité végétale des pelouses et à une réduction des mosaïques d'habitats.

✓ Glissement potentiel des habitats de pelouses sur sable consécutivement à un assèchement important et précoce du sol

L'évolution potentielle des principales pelouses sur sable est résumée dans le tableau 13. Plusieurs caractères illustrent les tendances évolutives :

↗ : Expansion potentielle (l'habitat sera favorisé)

= : tendance stable (l'habitat se maintient même s'il peut légèrement évoluer dans sa composition floristique).

↘ : L'habitat aura tendance à régresser ou à disparaître.

? : Tendance difficile à prévoir.

Ces tendances sont estimées par rapport à l'état de conservation actuel, aux tendances à court terme (d'ici à 2040) et sur une tendance à plus longue terme (à l'échéance de 2065).

Tableau 13 : Evolution potentielle des principaux types de pelouses sur sable – Val de Sully

Pelouses sur sable	Etat actuel	Tendance à court terme	Tendance à plus long terme
Pelouses pionnières sur sable mobile (<i>Miboro minima</i> - <i>Corynephorion canescentis</i>)	Habitat très localisé surtout localisé sur le site de l'Ormette (St-Gondon). Cet habitat s'est fortement raréfié depuis 20 ans avec la quasi-disparition du Lapin de garenne. Aujourd'hui il est relictuel. ↗	Les stades pionniers peuvent se maintenir tant qu'il y a un rajeunissement de la strate herbacée. Raréfaction de l'habitat lié la fermeture des stades pionniers (non lié au climat). =	Maintien du groupement. Evolution potentielle vers des pelouses ouvertes sur sable fixé, riches en espèces annuelles (pelouses à Corynephoron et à Fétuque à longues feuilles). =
Pelouse à annuelles sur sable acide du Thero-Airion	Habitat localisé, en extension avec l'acidification des sables , en bon état de conservation rajeuni par les affouillements de sangliers. Il est sensible à un surpâturage. =	Ces pelouses sont colonisées par les prairies mésophiles sur sables ou par des fruticées en passant par des stades d'ourlets riches en Chiendents et en hémicryptophytes. Cette dynamique risque d'être fortement ralentie. =	Sensibilité accrue à la dégradation (tassement de sol, eutrophisation...) Evolution très lente vers des ourlets , riches en Chiendent. Possibilité d'évolution lente vers une mosaïque de fruticée ouverte et d'ourlets mésophiles =
Pelouses semi-rudérales à annuelles (<i>Arabidopsis thaliana</i>)	Pelouse riche en espèces annuelles rudérales localisés sur les sables légèrement tassés (bord de chemin, pelouses dégradées...). =	Cet habitat pourrait se développer plus facilement dans des pelouses dégradées notamment par le surpâturage. Il est possible que cet habitat soit en extension. ↗	A long terme cet habitat pourrait être plus fréquent avec des espèces annuelles rudérales réagissant très favorablement aux sécheresses. Par contre il y a un risque important de dégradation avec l'arrivée probable d'espèces invasives annuelles. ↗
Communautés pionnières de sables et graviers tassés de l' <i>Alyssa alyssoides-Sedion albi</i>	Pelouse en extension sur les secteurs pâturés et légèrement tassés (notamment sur le site de Guilly) ↗	Cet habitat peut évoluer vers des pelouses pionnières à Fétuque à longues feuilles. Il peut se maintenir et ne semble pas menacé à court terme, même s'il reste très localisé. Il y a un risque de dégradation vers des pelouses à <i>Vulpia</i> sp si le tassement est trop important. =	On pourrait assister à une modification du cortège d'espèces typiques avec l'arrivée de nouvelles thérophytes adaptées aux sécheresses conduisant à une recomposition du cortège floristique. Cette situation pourrait favoriser les espèces annuelles invasives. ?
Pelouse pionnières sablo-calcaire à <i>Festuca longifolia</i> (<i>Sileno conicae-Cerastion semidecandri</i>)	Ces pelouses sur sable sont localisées et menacées par l'abandon du pâturage. Dans les zones pâturées trop intensément elles sont dégradées. Cet habitat était maintenu par l'activité des lapins de garenne jusque dans les années 2000 ce qui a sans doute ralenti sa régression. Aujourd'hui il est surtout présent sur le site de Guilly. ↗	Cet habitat peut se maintenir mais il sera plus sensible aux dégradations avec l'arrivée d'espèces rudérales annuelles surtout s'il y a une pression anthropique trop forte (surpâturage). Les sécheresses longues vont défavoriser probablement certaines espèces provoquant peut-être une modification de la typologie de l'habitat. ↗	Il faut s'attendre à une recomposition des stades pionniers avec des espèces annuelles qui résisteront mieux aux longues sécheresses. Par contre on aura un risque toujours plus important d'envahissement par les espèces invasives, surtout s'il y a une dégradation. Cet habitat sera plus fragile et vulnérable pendant les phases de recomposition végétales si les conditions climatiques extrêmes deviennent plus fréquentes. L'évolution vers des ourlets mésophiles mélangés à la fruticée sera très lente ou stoppée. =
Landines à Armoises champêtre (<i>Artemisetum campestre</i>)	Cet habitat est très localisé (sites de Benne et de l'île des Mahyses). Le fond floristique est très similaire aux pelouses à Fétuques à longues feuilles avec moins d'espèces annuelles. Ces pelouses restent localisées et ne semble pas menacées tant qu'elles sont entretenues. Elles peuvent être dégradées par un surpâturage ou par abandon. =	Les landines peuvent évoluer vers des milieux plus riches en espèces annuelles, se rapprochant très fortement des pelouses pionnières à Fétuque à longues feuilles. Il est possible que cet habitat régresse fortement au profit de pelouses ouvertes à Fétuques. ↘	A plus long terme cet habitat pourrait évoluer très lentement mais les espèces hémicryptophytes pourraient se raréfier, même si les espèces présentes sont adaptées aux conditions de sécheresse. ?
Pelouses vivaces sablo-calcaires du <i>Koeleria macrantha</i> - <i>Phleion phleoides</i>	Ces pelouses fermées riches en hémicryptophytes sont répandues sur les grands sites. Elles sont fortement menacées par un pâturage trop intense ou par un abandon du pâturage. =	Ces pelouses sont potentiellement sensibles aux fortes températures car riches en hémicryptophytes. Elles risquent de changer de physionomie en s'enrichissant en thérophytes. On pourrait avoir des phénomènes de régression vers des pelouses ouvertes à Fétuques. Cette situation pourrait favoriser une plus grande sensibilité aux impacts (surpâturage, retournement par les sangliers...) ↘	A plus long terme ces pelouses pourraient fortement régresser et évoluer vers des pelouses à Fétuques , ce qui diminuera la diversité des habitats de pelouses et favoriserait une homogénéisation des mosaïques de pelouses. ↘

VIA2) LES BOISEMENTS ALLUVIAUX

Les **boisements alluviaux** présents sur l'ensemble des 10 sites du Val de Sully représentent une surface totale de **267 ha** dont **157,14 ha de Saulaie-peupleraie**, **35,65 ha de Chênaie-ormaise-frênaie** et **75 ha de Chênaie ligérienne à Fragon**.

Ils sont un enjeu prioritaire de conservation sur tous les sites sauf sur les sites de Benne et de la plaine de l'Ormette (enjeu secondaire). Sur les Varinnes ils ne sont pas un enjeu de conservation.

Les boisements alluviaux les plus exposés aux crues sont situés au niveau de la saulaie-peupleraie regroupant les saulaies à Saules blancs, les peupleraies à Peupliers noirs et les saulaies arbustives.

Ces boisements alluviaux pionniers se sont développés depuis les années 1950 consécutivement à l'abandon des pratiques agricoles en bord de Loire. Ils sont surtout présents au niveau du Domaine Public Fluvial. **Ils sont linéaires et pénétrés par des espèces arbustives invasives comme l'Erable négundo**, aujourd'hui omniprésent dans la forêt alluviale.

Les saulaies-peupleraies sont présentes sur 8 sites pour une surface totale de 157,14 ha (Tableau 13). Les surfaces varient beaucoup en fonction des sites mais le Méandre de Guilly est le site qui possède le plus de saulaies-peupleraies au sein du Val de Sully (1/3 de la surface). Beaucoup de ces saulaies-peupleraies, sous l'effet de l'incision du lit, ont évoluées vers des peupleraies sèches qui finissent par dépérir. Lorsque ces boisements sont en contact avec la nappe alluviale, il y a une évolution vers des boisements alluviaux à bois durs (chênaie-ormaise-frênaie).

La Chênaie-ormaise-frênaie colonise les niveaux topographiques plus élevés sur 6 sites du Val de Sully (surface totale de 35,65 ha : cf. tableau 14).

Le site des Friches des parterres concentre près de 35 % de la surface en Chênaie-ormaise-frênaie du Val de Sully. Cet habitat forestier, plus évolué et diversifié (diversité des espèces et des classes d'âges) est extrêmement localisé. Quasi-menacée en région Centre-Val de Loire, **il est fortement dépendant du niveau de la nappe alluviale en période de végétation** et craint tout particulièrement les étiages longs, précoces et trop sévères. Ce phénomène est surtout lié à l'incision historique du lit de la Loire qui amplifie les effets des étiages longs et sévères.

Tableau 14 : Répartition de la saulaie-peupleraie sur les différents sites du Val de Sully (D'après les plans de gestion)

Sites	Surface (en ha)	Tendance évolutive	Etat de conservation
Plaine de Villaine	4,906	=	Bon
Varinnes	0,31	=	Bon
L'Ormette	29,71	=	Bon à moyen
Friche des parterres	24,87	↘	Bon à moyen
Entre-les-levées	10,38	↘	Bon à Moyen
Benne	18,62	=	Bon
Méandre de Guilly	45,68	↗	Bon
Ile des Mahyses	22,66	↗	Bon
TOTAL	157,14		

Légende : tendance évolutive

↗ : Habitat en expansion.

= : Habitat stable.

↘ : Habitat en régression.

Tableau 15 : Répartition de la chênaie-ormaise-frênaie sur les différents sites du Val de Sully (D'après les plans de gestion)

Sites	Surface (en ha)	Tendance évolutive	Etat de conservation
Plaine de Villaine	1,184	=	Bon
Varinnes	0,752	=	Bon
L'Ormette	0		
Friche des parterres	12,4678	↗	Bon
Entre-les-levées	0		
Benne	3,965	?	?
Méandre de Guilly	16,8	↗	Bon à moyen
Ile des Mahyses	0,49	↗	?
TOTAL	35,6588		

Légende : tendance évolutive : ↗: Habitat en expansion = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression.

La Chênaie pédonculée ligérienne est située sur les terrasses sableuses à des niveaux topographiques plus élevés que les saulaies-peupleraies. Cette formation forestière est présente sur **37 % des sites** (pour une surface totale de **75 ha**) notamment sur le site du **Méandre de Guilly** (49 ha soit 65 % de la surface de cet habitat forestier dans le Val de Sully).

La situation de ces boisements est très sensible à l'abaissement de la nappe alluviale en période de végétation. En effet, l'enfoncement du lit a provoqué également un enfoncement de la nappe alluviale avec un risque important de déconnexion des systèmes racinaires en période d'étéage.

- Les facteurs naturels et humains influençant les effets du réchauffement climatique sur les boisements

Les principaux facteurs agissants potentiellement sur les boisements alluviaux sont listés dans les tableaux 15 et 16. Ils peuvent interagir entre eux et se potentialiser accentuant les effets du réchauffement.

✓ Les facteurs naturels

- La régénération des boisements

La forte diminution des perturbations hydro-sédimentaires et plus particulièrement des fortes crues ne permettent plus de créer les conditions optimales de régénération des salicacées (dissémination de la régénération). Une fois installées les saulaies évoluent plus ou moins rapidement vers des stades plus évolués. Cette évolution pourra être ralentie par différents aléas dont les effets du changement climatique avec comme conséquence une croissance plus lente.

- Dynamique des espèces végétales invasives

Les espèces forestières invasives sont bien implantées, notamment l'Erable négundo. **Le dépérissement des plus gros arbres, provoqué par le déficit hydrique, va créer des ouvertures de plus en plus nombreuses,** potentiellement favorables aux espèces invasives forestières plus adaptées à la sécheresse.

- L'abaissement et l'allongement des débits d'étéage

Ce facteur semble déjà en place et risque de s'étendre. Il sera combiné à l'augmentation de l'ETP surtout en épisode de canicule mais aussi en période de végétation si le nombre de jours chauds augmente (>24°C). **Le stress hydrique va devenir plus important.** On observe déjà un dépérissement significatif

de nombreux arbres sur l'ensemble du Val de Sully dont l'origine n'est pas forcément climatique (vents violents, maladies, impact du castor d'Europe...).

- L'enfoncement du lit de la Loire

L'enfoncement du lit de la Loire est un facteur qui a évolué sur plusieurs siècles suite aux aménagements créés dans le lit pour améliorer sa navigabilité. De nombreux ouvrages ont été construits favorisant une modification de la dynamique fluviale. Ce phénomène a été amplifié par l'extraction de granulats dans le lit vif de la Loire avec comme conséquence finale un enfoncement du lit pouvant dépasser 2 mètres par endroit. **Cette situation exacerbe l'impact des extrêmes climatiques chauds et caniculaire pour les boisements situés sur les terrasses sableuses de plus en plus déconnecté de la nappe.** L'allongement des étiages accentue ces effets.

- ✓ Les facteurs humains

- L'irrigation des cultures dans le val

Ce facteur impacte déjà le niveau de la nappe alluviale en période de végétation. Les phénomènes de sécheresse accompagnés par des canicules de plus en plus fréquentes **vont accentuer la pression sur la ressource en eau et provoquer un abaissement significatif de la nappe.** Conjugué à des températures élevées ce facteur aura un impact direct sur les boisements alluviaux **en accentuant fortement le stress hydrique**, avec comme conséquence une accélération du dépérissement.

- Le pâturage

Le pâturage en sous-bois est pratiqué sur plusieurs sites (Guilly, Benne..) en enclos mobile ce qui accentue la pression dans les boisements (abrutissement de la régénération, tassement de sol dans les secteurs les plus fréquentés...). Même s'il est difficile d'éviter un pâturage de certains boisements pour des questions techniques, **un pâturage systématique et répété en enclos mobile (même extensif) peut être un facteur aggravant** les effets du réchauffement climatique sur des milieux très fragilisés en période de végétation.

- Le soutien d'étiage

Le débit d'étiage minimum est actuellement compris entre 50 et 60 m³/s. Avec le réchauffement climatique les réserves d'eau vont s'amenuiser rapidement, surtout si les étiages démarrent précocement et s'allongent dans le temps. **Or la durée et la longueur des étiages conditionnent le niveau de la nappe alluviale.** En période d'étiage la nappe alluviale se déverse dans le lit actif et contribue à l'alimenter.

Avec une baisse des réserves d'eau il faut s'attendre à une baisse des débits réservés entre 40 à 50 m³/s ce qui accentuera la baisse du niveau de la nappe alluviale pour la prochaine décennie.

- Le risque de feu

Le risque de feu est bien réel. Il est fortement dépendant des conditions de sécheresse et du niveau de fréquentation par le public. Il est important sur tous les sites, notamment les sites de Guilly, des Friches des parterres (très fréquenté) et des Mahyses.

La fréquentation des bords de Loire par les canoës notamment lors de bivouacs est un facteur supplémentaire de risque dans un contexte de développement de cette activité.

D'autre part l'allongement des étiages, surtout s'ils sont précoces, favoriseront l'accès aux bords de Loire pour le public beaucoup plus tôt en saison avec un risque accru de départ de feu.

Tableau 16 : Facteurs naturels agissant sur les boisements alluviaux en fonction des effets du réchauffement climatique.

Types de contraintes	Impact des facteurs naturels et humains sur les boisements alluviaux	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification potentielle des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique			Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats forestiers
			Saulaie-peupleraie	Chênaie-ormnaie-frênaie	Chênaie pédonculée ligérienne	
Facteurs naturels						
Dynamique de végétation ligneuse	Ralentissement de dynamique de régénération.	3	= ou ↗	↗	↗	Très fort
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables	Développement de l'Erable negundo, de l'Ailante...	3	↗	=	=	Fort
Enfoncement du lit de la Loire	Amplification de l'effet des étiages	2 ou 3	↗	↗	↗	Fort
	Déconnexion naturelle des boisements rivulaires (Saulaie-peupleraie, chênaies...) liée à l'exhaussement de la berge	2 ou 3	↗	↗	↗	Fort
	Diminution de la fréquence de submersion	3	= ou ↗	↗	↗	Fort
Végétalisation du lit de la Loire	Développement de la végétation arbustive rivulaire due aux étiages plus longs – boisements alluviaux pionniers	2	↗	=	=	Faible
Débit d'étiage précoce et plus long	Baisse du niveau de la nappe alluviale	3	↗	↗	↗	Très fort
Températures caniculaires	Augmentation de l'évapotranspiration	3	↗	↗	↗	Très fort
Sécheresse	Diminution de la réserve utile du sol	3	↗	↗	↗	Très fort
Développement des populations de sangliers	Perturbation de la régénération au niveau des jeunes semis ?	1	=	=	=	Non évalué

La régénération des salicacées sur les grèves nues peut être favorisée, si celles-ci sont de plus en plus disponibles, ce qui sera sans doute le cas avec des assecs plus sévères et plus longs. La transition de ces boisements pionniers vers des boisements à bois durs sera très difficile car l'Erable negundo s'immisce très rapidement dans les boisements pionniers alors que le castor crée des éclaircies qui lui sont très favorables. D'autre part il y a certaines maladies qui affectent certaines essences comme le Frêne (Chalarose du frêne) ou les Ormes champêtres. **Si les boisements spontanés réussissent à s'installer il sera nécessaire que l'incision du lit soit stoppée ou très fortement ralentie.**

Tableau 17 : Facteurs humains agissant sur les boisements alluviaux en fonction des effets du réchauffement climatique

Types de contraintes	Impact des facteurs naturels et humains sur les boisements alluviaux	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification potentielle des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique			Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats forestiers
			Saulaie-peupleraie	Chênaie-ormaie-frênaie	Chênaie pédonculée ligérienne	
Facteurs humains						
Céréaliculture dans le val	Baisse du niveau de la nappe alluviale	3	=	↗	↗	Très fort
Elevage (pâturage)	Abrouissement de la régénération et piétinement du sol	3	↗	= OU ↗	=	Fort
Soutien d'étiage Maintien d'un débit minimum entre 50 et 60 m3/s	Limite les étiages trop sévères	1	↗	=	=	Faible
Baisse du débit minimum d'étiage entre 40 et 50 m3/s	Abaissement de la nappe alluviale en période de végétation	3	↗	↗	↗	Fort
Chasse au gros gibier/ régulation du sanglier.	Non évalué	?	=	?	?	Non évalué
Chasse au gibier d'eau.	Non évalué	?	=	?	?	Non évalué
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Restauration (extension) et entretien des annexes fluviales	2	↗	=	=	Non évalué
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Dérangement Dépôts de déchets... Camping	2	↗	↗	=	Non évalué
	Risque de feu	3	= OU ↗	↗	↗	Très fort

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des habitats.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme (après 2035).

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court ou moyen terme (d'ici à 2035).

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment).

Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats

Figure 19 : Niveau de vulnérabilité des boisements alluviaux par rapport aux 6 facteurs naturels dans un contexte de réchauffement climatique

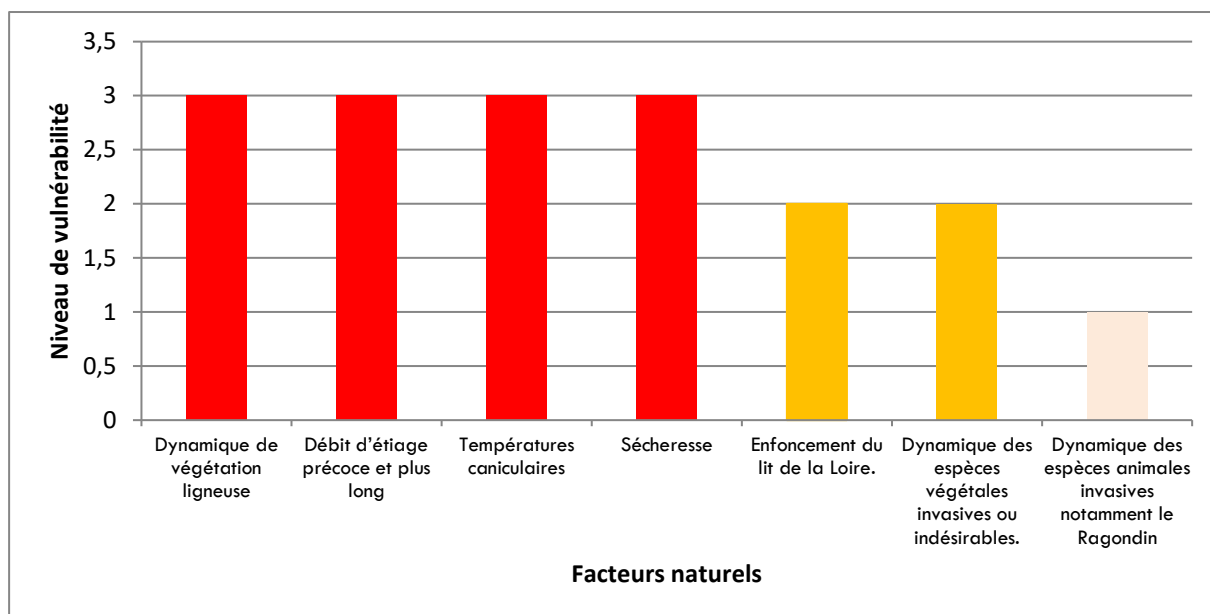
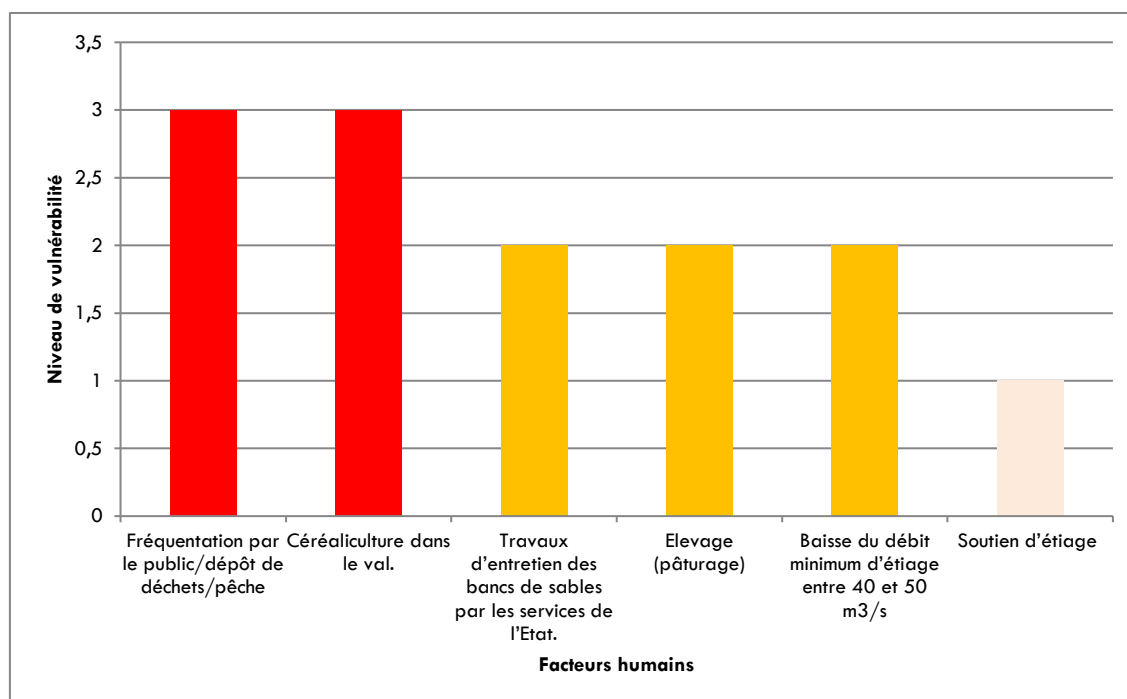


Figure 20 : Niveau de vulnérabilité des boisements alluviaux par rapport aux 6 facteurs humains dans un contexte de réchauffement climatique.



Sur 13 facteurs d'influences évalués **53 % ont un niveau d'impact très fort sur les habitats forestiers (Figures 19 et 20)**. Si l'on ajoute les facteurs à impact fort on arrive à 84% de l'ensemble des facteurs évalués. **Il est difficile de hiérarchiser plus finement les facteurs d'influence les plus impactant car ils interagissent et se potentialisent.** L'importance de ces facteurs peut varier en fonction des conditions météorologiques mais les températures caniculaires lorsque les épisodes durent plusieurs jours provoquent un stress hydrique extrême. **La difficulté d'accès à l'eau et une transpiration énorme liée aux températures extrêmes provoque une mortalité importante, notamment des arbres les plus gros.** Ce

phénomène extrême est déterminant car il exacerbe les facteurs fragilisant de façon chronique la forêt alluviale.

- Evolution potentielle de l'habitat dans le contexte de changement climatique.

Les boisements alluviaux sont des habitats fragilisés par l'enfoncement du lit de la Loire et la durée des étiages. La déconnexion du système racinaire au niveau de la nappe alluviale est un facteur pouvant entraîner leur dépérissement. La chênaie pédonculée ligérienne située sur des niveaux topographiques plus hauts est particulièrement touchée par cette difficulté à s'approvisionner en eau (notamment à Guilly). **Ce phénomène constaté depuis des décennies a été amorcé bien avant les changements climatiques** que nous constatons aujourd'hui.

L'enfoncement du lit de la Loire et de la nappe alluviale fragilise les boisements depuis plusieurs décennies alors qu'aujourd'hui les conditions hydriques se durcissent avec des phénomènes caniculaires plus fréquents, des sécheresses plus étalées dans le temps et une durée d'étiage qui s'allonge. Même si l'étiage peut être plus prononcé en été il est pour l'instant amorti par le soutien des débits minimum qui en limitent la sévérité. **Toutefois on peut s'attendre dans la prochaine décennie à une baisse du débit minimum d'étiage car le soutien d'étiage long nécessitera des réserves en eau qui dépasseront certainement la capacité de stockage des barrages.**

Tous les boisements sont et seront touchés par le stress hydrique, y compris ceux les moins exposés jusqu'à présent. **Les phénomènes caniculaires répétitifs semblent beaucoup plus pénalisant qu'un phénomène intense** (voir plus intense) mais isolé dans le temps. Par exemple la canicule de 2003 a été plus forte (42°C à Saint Benoit-sur-Loire) et plus longue mais elle ne s'est pas répétée les années suivantes. Ce phénomène climatique exceptionnel a peu affecté les boisements qui ont apparemment bien récupérés les années suivantes.

Dans le Val de Sully, la répétition des canicules (avec des maximums > 35°C) d'une année à l'autre, ou sur une même année (comme cela s'est produit en 2019) semble être un des facteurs prépondérants ayant provoqué le dépérissement accéléré des arbres. Les arbres les plus importants (notamment les vieux chênes et les peupliers) sont les plus touchés. **Ces sécheresses plus longues notamment en été et en automne limitent considérablement la reconstitution des réserves dans les tissus végétaux nécessaires au redémarrage de la végétation au printemps suivant.** Le développement foliaire au printemps devient plus lent et la densité de feuilles peut diminuer. **Cette fragilisation des arbres favorise le dépérissement, la vulnérabilité face aux maladies et augmente le risque de feu. Il faut ajouter que l'assèchement de la litière forestière est un facteur très favorable à la propagation des feux.**

Les périodes de pompage agricole dans la nappe alluviale pendant la saison de végétation peuvent devenir de plus en plus étendues du fait de sécheresses plus longues et surtout plus précoces, ce qui aura comme conséquence d'accentuer l'effet des étiages sur la nappe. **Le risque accru de pompage dans la nappe en début de saison de végétation (par exemple dès la mi-mars) pourrait avoir des effets délétères en accélérant son abaissement durant la période printanière où les arbres ont le plus besoin d'eau.**

Ce phénomène pourrait être aggravé si la recharge des nappes alluviales en hiver était inférieure à la normale.

On peut s'attendre au dépérissement des boisements des gros arbres car leurs besoins en eau et en nutriments sont plus importants. Ce sont les arbres les plus fragiles. **L'intérêt de conserver une régénération dynamique et nécessaire au remplacement des boisements les plus affectés mais les**

arbres auront une croissance ralentie sous l'effet du stress hydrique pendant une période de plusieurs mois. Leur morphologie changera probablement (diminution de la taille du houppier) et ils seront sans doute de plus petite taille. **Les jeunes boisements situés dans le lit, dans les niveaux topographiques plus bas seront plus à même de résister et de se régénérer. La diversité génétique des espèces en régénération naturelle sera fondamentale pour qu'elles trouvent la meilleure adaptation** aux nouvelles contraintes environnementales. De petites adaptations sont déjà observées chez le Chêne sessile (ONF – 2018). Toutefois la rapidité du changement climatique et l'ampleur des stress environnementaux pourraient provoquer la fragilisation des boisements actuels, avant que les espèces en régénération ne s'organisent à nouveau pour donner naissance à des boisements alluviaux qui auront sans doute une autre physionomie. **On peut ainsi s'attendre à avoir des boisements alluviaux plus ouverts.**

Cette dynamique peut être fortement contrainte par le développement d'espèces invasives plus adaptées, notamment l'Erable negundo *Acer negundo*. Le taux de survie des semis d'Erable negundo peut être favorisé par des températures plus clémentes en hiver (DUMAS – 2019). Cependant cette espèce moyennement tolérante à la sécheresse pourrait être limitée dans sa capacité d'envahissement comme cela a été constaté en climat méditerranéen (DUMAS – 2019).

On peut signaler également **l'affaiblissement des espèces symbiotiques des arbres pourtant essentielles à leur survie.** Il s'agit notamment les champignons mais aussi des bactéries et de la faune du sol. Les sécheresses successives perturbent ou empêchent la fructification des carpophores donc la dissémination des champignons symbiotiques (Sellier et al – 2021).

La dynamique des boisements avec le dépérissement et la multiplication des chablis va provoquer une mise en lumière favorable aux ronciers et à la fruticée, au moins dans un premier temps. **Les hauts de berges sont particulièrement vulnérables à cette évolution.** On pourrait avoir, à un moment donné, un ralentissement de la succession forestière, situation favorable aux espèces invasives.

Les boisements situés dans les secteurs les plus exposés aux crues, c'est-à-dire au niveau topographique le plus bas (rives de Loire, annexes fluviales...), seront les moins exposés aux effets de l'assèchement lors des étiages.

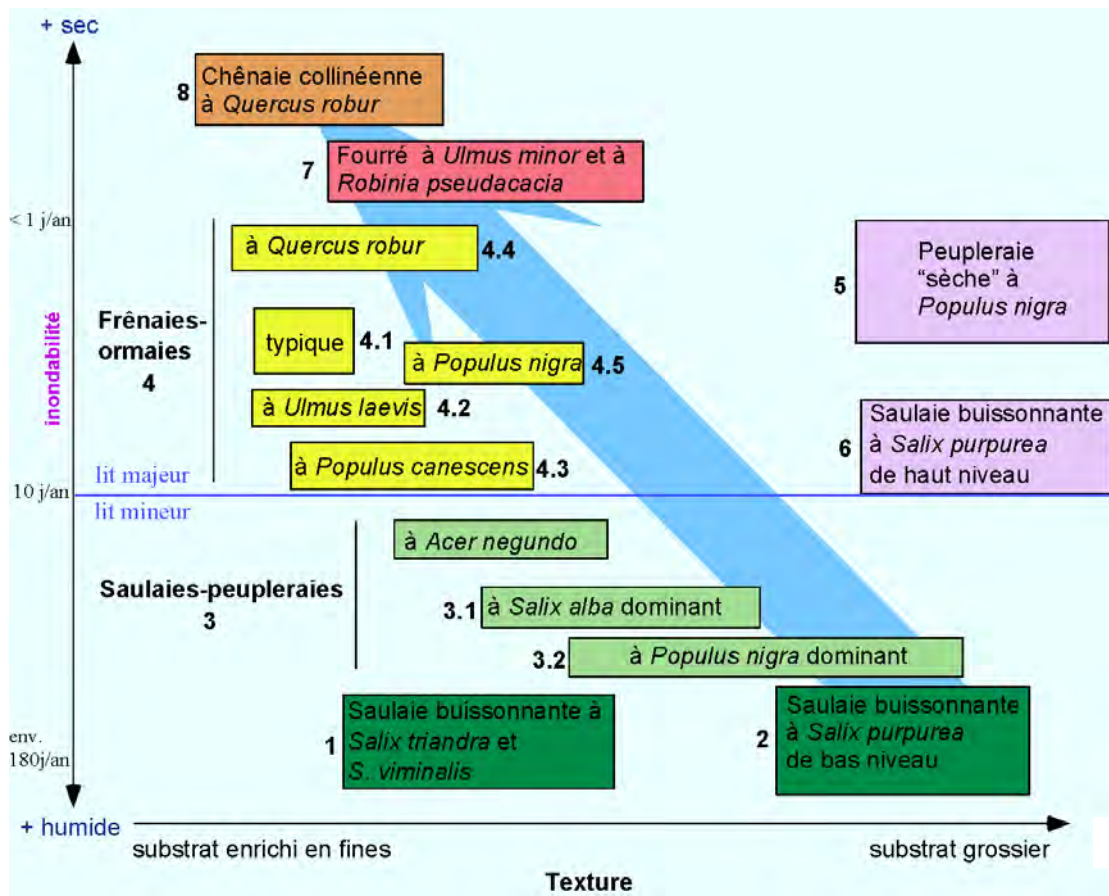
Le maintien d'un boisement alluvial dynamique nécessite la préservation de milieux boisés dans les secteurs topographiques bas, exposés aux crues, donc moins vulnérables aux sécheresses en période d'étiage prolongé (figure 21).

Cela nécessitera de trouver un **équilibre entre la préservation des stades dynamiques de boisements alluviaux dans le lit actif et le maintien du libre écoulement de la Loire en période de crue pour lutter contre les inondations.**

Figure 21 : Caractérisation stationnelle selon les gradients textural et hydrique et évolution dans le temps des communautés forestières alluviales du lit endigué de la Loire (Cornier – 2002).

(La flèche bleue indique le sens de la dynamique forestière)

+ Vulnérable à la sécheresse



- Vulnérable à la sécheresse



VIA3) LA VEGETATION PIONNIERE DES VASES HUMIDES

Ces habitats sont localisés le long des rives de la Loire en contact avec le cours d'eau. Leur surface est très fluctuante d'une saison à l'autre ce qui rend leur cartographie difficile à réaliser. Ils n'ont donc pas été systématiquement cartographiés dans les plans de gestion, alors qu'ils existent potentiellement tout le long de la Loire. **La végétation pionnière des vases humides est fortement menacée par le développement des herbiers à Jussie.**

Cet habitat est présent sur le site de l'île des Mahyses (5,727 ha) et sur le site d'Entre-les-levées (surface non évaluée) mais aussi, de manière plus ponctuelle, sur tous les sites du Val de Sully à l'exception des prairies humides des Varinnes.

✓ Intérêt écologique

Cet habitat peut héberger des espèces végétales remarquables protégées comme la Pulicaire vulgaire *Pulicaria vulgaris*. Il occupe des surfaces très variables conditionnées par le niveau d'eau en période d'étiage. Il est **caractérisé par la présence des souchets** (*Cyperus michelianus*, *Cyperus fuscus*, *Cyperus esculentus*...) et **d'espèces végétales rares et patrimoniales comme la Limoselle aquatique** *Limosella aquatica* et la **Crypsie faux-vulpin** *Crypsis alopecuroides*.

2 communautés végétales sont particulièrement sensibles : les communautés à petits souchets et celles à Chénopodes rouges (tableau 18). Ces deux habitats sont représentés par des surfaces peu importantes et très variables, en fonction du niveau d'eau.

Tableau 18 : Vulnérabilité des habitats herbacés présents au niveau des vases humides

Communautés pionnières à dominance d'espèces annuelles	Tendance évolutive des habitats	Habitats patrimoniaux	Niveau de vulnérabilité des habitats présents dans les vases humides
Communauté à petits souchets (<i>Helochoin schoenoidis</i>)	= ou ↘	N2000 (3130-3)	Forte
Communautés à chénopodes (<i>Chenopodion rubri</i>)	= ou ↘	N2000 (3270)	Forte
Végétation amphibie nitrophile à Bidents (<i>Bidention tripartitae</i>)	=		Moyenne

Légende/ tendance évolutive : ↗ : Habitat en expansion. = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression.

Les habitats dominés par les espèces vivaces sont beaucoup plus rares et ont quasiment disparu du Val de Sully. Ces formations végétales oligotrophes à tendance acide (pelouses amphibies à Littorelles) historiquement présentes en bord de Loire sont très localisées dans le lit majeur au niveau des berges de mares ou d'étangs. Ces groupements végétaux sont aujourd'hui absents des sites du Val de Sully alors que leur présence était connue il y a plus de 60 ans (notamment sur le site de Guilly).

Certaines espèces de coléoptères remarquables comme *Bembidion velox* colonisent ces habitats. Cette espèce est extrêmement rare en Europe.

✓ Principales menaces

Le facteur le plus important de dégradation de cet habitat, est le développement des herbiers à Jussie.

L'expansion de cette espèce tropicale est conditionnée par une augmentation des températures atmosphériques et de l'eau favorisée par des étiages bas et longs. Dans ces conditions climatiques **le soutien d'étiage est un facteur supplémentaire de développement des herbiers à Jussies** entraînant une dégradation de la végétation des vases humides (tableau 19).



Herbier de Jussie – Guilly
Photo : F.HERGOTT/Cen-CVL

Tableau 19 : Facteurs naturels et humains agissant sur la végétation pionnière des vases humides en fonction des effets du réchauffement climatique

	Impact des facteurs naturels et humains sur la végétation pionnière des vases humides	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats
Contraintes naturelles				
Dynamique de végétation ligneuse	Développement de la végétation ligneuse et des ceintures de végétation lors des assèchs prolongés.	2	= ou ↗	Moyen
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables.	Développement des herbiers de Jussies (et autres espèces végétales invasives des milieux aquatiques)	3	↗	Fort
Dynamique des espèces animales invasives notamment le Ragondin	Développement des espèces animales invasives (Corbicules, ragondin, poissons...)	2	= ?	Non évalué
Enfoncement du lit de la Loire.	Déconnexion de certains points d'eau de la nappe alluviale	2	= ou ↗	Moyen
Végétalisation du lit de la Loire.	Développement de la végétation rivulaire due aux étiages plus longs	2	↗	Moyen
Débit d'étiage de plus en plus précoce et sévère				
Niveau de la nappe	Baisse du niveau de la nappe alluviale	2	= ou ↗	Moyen
Température de l'eau	Hausse de la température de l'eau	1 ou 2	=	Faible
Développement des populations de sangliers.	Développement de souilles à Sangliers dans les parties humides	1	=	Faible
Contraintes humaines				
Céréaliculture dans le val.	Baisse du niveau de la nappe alluviale	1	=	Faible
Elevage (pâturage)	Pâturage des herbiers	2	= ou ↗	Moyen

Soutien d'étiage Maintien d'un débit minimum (50 à 60 m ³ /s)	Favorise le développement des herbiers à Jussie	3	↗	Fort
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Non évalué	1	=	Faible
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Fréquentation des grèves sableuses / piétinement... Dépôts de déchets Feu de camps	2	↗	Moyen

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des habitats.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme (après 2035).

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court ou moyen terme (d'ici à 2035).

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment).

Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats

✓ Evolution potentielle de l'habitat dans le contexte de changement climatique.

Cet habitat est fortement conditionné par le niveau d'eau puisqu'il s'exprime dans la zone de contact entre l'eau et le sable. Il est dépendant des fluctuations du niveau d'eau, fortement atténuées en période d'étiage par le soutien du débit. **Cet habitat n'est pas directement menacé tant que le débit de la Loire est maintenu, même s'il fluctue.** La principale menace provient des effets indirects du réchauffement climatique sur d'autres espèces végétales supplantant cet habitat et provoquant à terme sa disparition.

Le cas de la Jussie évoqué précédemment est de loin le facteur le plus aggravant puisque l'expansion de cette espèce peut faire disparaître ces milieux humides. Le développement de ligneux est moins problématique (les herbiers de jussies se développent plus rapidement pour occuper l'espace et bloquer la succession).

Ces habitats sont situés le long de lit actif ou au sein d'annexes fluviales fonctionnelles. Plus rarement on les rencontrera sur les bordures vaseuses des mares alluviales. Leur répartition varie au gré des niveaux d'eau formant parfois des continuums le long du lit actif. Toutefois les surfaces occupées sont faibles et fragmentées ce qui les rend fragile, notamment face au développement des herbiers à Jussie qui les supplantent facilement. **Ces formations végétales, plus particulièrement les formations à petites**



Végétation à petites cypéracées – Val de Sully
Photo : F.HERGOTT/Cen-CVL

cypéracées, sont adaptées à des conditions climatiques tropicales. De plus le caractère humide des vases limite le réchauffement à la surface du sable (tableau 21).

Sur les sables des grèves de Loire la température au sol atteint ou dépasse les 50°C en surface (Grelon, 1976 ; Corillion, 1957, 1989, 1992-A, 1995 in Cornier 2002).

Tableau 20 : Exemple de variations de températures diurnes à la surface du sol dans un bras de Loire à l'étiage (16 août 1984 aux Ponts-de-Cé (Maine-et-Loire), d'après Corillion, 1995, modifié in Cornier 2002).

	Température à 9h	Température à 16h	Amplitude
Température ambiante de l'air	20°C	29°C	9°C
Sables à <i>Paspalum distichum</i> L. (exposition sud)	19°C	50°C	31°C
Sables et vase sèche	21°C	54°C	33°C
Graviers à <i>Chenopodium</i> et <i>Amaranthus sp. plur.</i>	22,5°C	59°C	36,5°C
Graviers à <i>Cyperus esculentus</i> L.	24°C	47°C	23°C
Graviers à <i>Eragrostis pectinacea</i> (Michaux) Nees	24°C	45°C	21°C
Eau des bordures	18,5°C	28,5°C	10°C
Vase humide	17,5°C	27,5°C	10°C
Sable fin dénudé	25°C	48°C	23°C
Butte de sable (exposition sud)	29°C	50°C	21°C

Les températures à la surface du sol atteignent 59°C sur des graviers alors que la température atmosphérique est de 29°C. La température sur sable secs est de 54°C. **En estimant une température atmosphérique en période caniculaire égale à 39°C on peut penser que la température au sol pourrait être comprise dans une fourchette allant de 65°C à 70°C minimum.** On peut s'attendre aux pics de température maximaux sur des formations riches en galets et graviers accumulant plus de chaleur. Dans ces substrats qui ont une faible conductivité thermique, l'onde thermique se propage lentement en profondeur avec un décalage horaire parfois important. Au-delà de 30 à 40 cm les variations journalières de la température deviennent difficiles à mettre en évidence (Grelon, 1976 ; Corillion, 1995 in Cornier 2002). On rencontrera des conditions de températures similaires sur les pelouses et prairies sableuses situées sur les terrasses alluviales comme cela est mis en évidence dans le tableau 20 (sables et vases sèches, butte sableuse..).

Ces formations végétales vont surtout être influencées par le niveau d'humidité des sables, conditionné par le débit d'étiage qui est lui-même alimenté par le soutien d'étiage. Il favorise déjà le développement des herbiers à Jussie qui ne sont pas perturbés par les variations de niveau d'eau. Un soutien d'étiage prolongé sera ainsi favorable à l'extension des herbiers à Jussies au détriment de ces formations végétales patrimoniales.

✓ Les contraintes humaines

Ces habitats herbacés très localisés peuvent être soumis à une pression de pâturage plus forte en cas de sécheresse car ils se développent surtout en été. Même si la quantité de végétation à pâturer est faible, la diversité en espèces peut être très attractive pour les animaux car cette végétation reste appétente en été, contrairement aux milieux secs. Le pâturage excessif peut entraîner un piétinement qui pourrait être dégradant pour ces groupements végétaux sensibles. Ils pourraient évoluer vers des formations eutrophes à annuelles dominées par les Bidents.

La fréquentation des berges par le public est aussi un facteur de dégradation potentiel. L'augmentation de la durée des étiages facilitera l'accès du public aux rives. **Si ces conditions perdurent jusqu'en automne avec des conditions climatiques plus douce, la pression humaine sur ces habitats sera potentiellement importante** (tassement de sol, feu, déchets, camping, baignade...).



Grèves sableuses dans le rio des Mahyses

Photo : F.HERGOTT/Cen-CVL

VIA4) LA VEGETATION AQUATIQUE DES MARES ET BRAS D'EAU

Ces milieux sont très localisés, de petite superficie et dépendant directement d'un bon approvisionnement en eau pendant la période de végétation. Ils sont présents sur 90 % des sites.

La surface moyenne de ces habitats, généralement inférieurs à 0,5 ha, n'a pas été évaluée sur tous les sites. De plus les mares temporaires présentes dans les annexes fluviales ont des surfaces qui fluctuent en fonction des années et des crues (tableau 21).

Tableau 21 : Répartition des milieux aquatiques dans le val de Sully (d'après les plans de gestion)

Sites	Type de milieu	Surface (en ha)	TE	EC
Plaine de Villaine	3 mares	0,122	=	Bon
	Végétation des eaux courantes	2,325	?	Bon
Varinnes	2 Mares	0,027	=	Moyen
L'Ormette	Mares alluviales temporaires	0,03	?	Moyen
	Végétation des eaux courantes	1,093	?	Bon
Friche des parterres	Mares alluviales temporaires	Non évalué		
Benne	Mares temporaires	0,074	?	Moyen
Méandre de Guilly	Communautés à potamots	0,04	?	Bon
	Radeau à petits nénuphars	Non évalué	?	Bon

Etat de conservation (EC) :

Bon : Habitats naturels en bon état de conservation, c'est-à-dire proche de l'état de référence théorique.

Moyen : Habitats naturels présentant un état de conservation altéré, c'est-à-dire dont l'écart par rapport à l'état de référence existe mais est tel qu'il permet encore assez facilement des opérations de restauration pérennes.

Mauvais : Habitats naturels présentant un mauvais état de conservation, c'est-à-dire dont l'écart par rapport à l'état de référence est important et ne permet que difficilement la mise en place d'opérations de restauration pérennes.

NE : non évalué.

NA : non applicable.

Tendances évolutives (TE) :

↗ : tendance à l'amélioration de l'état de conservation ; ↘ : tendance à la dégradation ; = stable pas ; ? : tendance non significative.

✓ Synthèse des enjeux de conservation

Ces habitats sont généralement situés dans le lit actif au sein d'annexes fluviales fonctionnelles, d'anciennes annexes ou plus rarement de prairies inondées. La grande majorité des mares et points d'eau sont temporaires. Ces milieux aquatiques sont des zones de reproduction pour les amphibiens comme le Crapaud calamite *Epiladea calamita*, le Triton crêté *Triturus cristatus* ou encore le Triton ponctué *Lissotriton vulgaris*. Ce sont des zones d'alimentation pour les oiseaux et ces milieux sont également fréquentés par de nombreux invertébrés comme les libellules et certains coléoptères particulièrement rares comme les Donacis.

La qualité de l'habitat pour les espèces animales dépend fortement de la diversité et de l'état de conservation des herbiers aquatiques. **L'état de conservation de ces habitats est dépendant du niveau de la nappe (dans les annexes fluviales actives) et des sources qui alimentent les mares et points**

d'eau en retrait du lit actif. L'isolement de ces points d'eau du lit actif (hors crue par débordement) évite la présence de poissons et écrevisses particulièrement préjudiciable à la faune aquatique (sauf si elles sont introduites par l'homme ou par une crue exceptionnelle).

Ces habitats sont très menacés par les espèces invasives. L'augmentation de la température de l'eau peut favoriser certaines espèces invasives d'origine tropicale comme les Jussie mais aussi les Corbicules (mollusques) ou les Ragondins, très impliqués dans la dégradation de la végétation aquatique des mares et des points d'eau.



Trou Robert – Mare alluviale sur le site de Guilly (grand Rio)

Photo F.Hergott / Cen-CVL

Tableau 22 : Contraintes naturelles sur les mares et points d'eau en fonction des effets du réchauffement climatique

Contraintes	Impact des facteurs naturels	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation
Dynamique de végétation	Développement de la végétation ligneuse et des ceintures de végétation lors des assecs prolongés. Envasement	3	= OU ↗	Fort
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables.	Développement des herbiers de Jussies (et autres espèces végétales invasives des milieux aquatiques)	3	↗	Fort
Dynamique des espèces animales invasives notamment le Ragondin	Développement des espèces animales invasives (Corbicules, ragondin, poissons...)	3	↗	Fort
Enfoncement du lit de la Loire.	Déconnexion de certains points d'eau de la nappe alluviale	3	↗	Fort
Végétalisation du lit de la Loire.	Colmatage des points d'eau (ensablement) Développement de la végétation due aux étiages plus longs	2	↗	Moyen à Fort
Débit d'étiage précoce	Assèchement des mares	3	↗	Fort
	Développement de mares temporaires dans le lit actif en fonction des variations de débit	2	↗	Faible
Niveau de la nappe	Baisse du niveau de la nappe alluviale	3	↗	Fort
Température de l'eau	Hausse de la température de l'eau	3	↗	Fort
Développement des populations de sangliers	Développement de souilles à Sangliers dans les parties humides	2	↗	Moyen à Fort

Tableau 23 : Contraintes humaines sur les mares et points d'eau en fonction des effets du réchauffement climatique

Contraintes	Impact des facteurs humains	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation
Céréaliculture dans le val.	Baisse du niveau de la nappe alluviale	3	↗	Fort
Elevage (pâturage)	Diminution des points d'abreuvement pour le bétail	2	↗	Moyen
Chasse au gros gibier/ régulation du sanglier	Risque de concentration du gros gibier dans les points d'eau	3	↗	Fort
Chasse au gibier d'eau	Non évalué	?	=	NE
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Risque d'ensablement des points d'eau et mares après travaux	3	= ?	Fort
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Introduction de poissons... Dépôts de déchets	2	↗	Moyen

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des mares et points d'eau.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme.

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court terme.

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment). Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Amplification positive des effets du changement climatique sur l'habitat. Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats aquatiques.

NE : Non évalué

Sur les 10 facteurs naturels pris en compte, 70% sont potentiellement considérés comme très dégradants à court terme (tableau 22).

Sur les 6 facteurs humains retenus, 50 % sont considérés comme très dégradant à court terme (Tableau 23).

✓ Evolution potentielle de l'habitat dans le contexte de changement climatique.

Les mares et points d'eau sont particulièrement dépendants du niveau de la nappe alluviale. L'abaissement de la nappe dû à une déficience de son approvisionnement et à une utilisation accrue pour l'irrigation des cultures conduira inévitablement à l'assèchement des sources qui alimentent ces milieux humides. **Ces habitats sont menacés de disparition, plus particulièrement pour les milieux aquatiques alimentés par des sources situées en retrait du lit vif, sur des secteurs topographiques plus haut (souvent dans d'anciens bras de la Loire). Cette situation positionne les sources trop proches du toit de la nappe, donc très vulnérable à un assèchement lié à son abaissement.**

Les points d'eau vont suivre le niveau de la nappe. Les étiages longs et sévères vont maintenir des points d'eau dans le lit actif quelque soit les conditions climatiques. Ces points d'eau seront alimentés par le niveau de la nappe favorisant le développement de la végétation aquatique. Si les étiages sont longs avec une stabilité forte du niveau de la nappe alluviale, ces points d'eau vont être colonisés par une végétation aquatique ... On peut également s'attendre au développement de gazons amphibies au niveau des berges. **Si les étiages deviennent très précoces (mars/avril) avec des températures de plus en plus douces on se rapprochera du fonctionnement des mares méditerranéennes dans ce type de condition. Le rétablissement d'un régime de perturbations avec des variations plus importantes du débit d'étiage permettrait la multiplication de mares temporaires de type méditerranéen en limitant l'expansion des jussies.**

L'expansion de plantes invasives comme la Jussie est également une menace. Ces espèces végétales sont très recouvrantes et peuvent littéralement asphyxier une mare. Les mares qui se développeront dans le lit actif sont directement menacées.

Le développement des populations de Ragondin altère déjà fortement les herbiers aquatiques mais la dynamique des populations est amorcée depuis plus de 30 ans, indépendamment du réchauffement climatique. L'impact du Ragondin ne fera que qu'accélérer la dégradation d'habitats menacés à terme de disparition.

Les milieux aquatiques les plus originaux sont situés à l'écart du lit vif, uniquement inondés par débordement de la nappe alluviale et fortement dépendant de son niveau en période de végétation.



VIA5) LES VEGETATIONS HERBACEES DES MILIEUX HUMIDES

Ces végétations sont situées dans les milieux humides pouvant s'assécher temporairement en été.

Les magnocariçaies, phalaridaies et très localement les phragmitaies, les mégaphorbiaies ainsi que les roselières basses, forment les milieux herbacés humides. Ces habitats peuvent se retrouver en mosaïque dans des points d'eau ou des annexes fluviales. La connexion aux milieux aquatiques est vitale pour assurer leur développement, même s'ils peuvent surmonter des périodes de sécheresse.

L'état de conservation de ces habitats dépend du niveau d'eau en période de végétation et plus particulièrement en période sèche. **La sévérité et la précocité des étiages pourraient faire régresser ces groupements qui risquent de se trouver trop éloignés de la ressource en eau en période de végétation.**

Ces formations végétales sont présentes dans tous les sites du Val de Sully, mais elles présentent un enjeu de conservation uniquement sur les sites des Friches des parterres et d'Entre-les-levées car ces formations végétales y sont en régression (tableau 24).

Tableau 24 : Répartition des végétations herbacées humides dans le val de Sully

Sites	Surface (en ha)	Tendance évolutive	Etat de conservation	Habitats à enjeu
Plaine de Villaine	3,846	=	Bon	Pas d'enjeu
Varinnes	0,87	=	Bon	
L'Ormette	2,143	=	Bon	
Friche des parterres	3,5981	↘	Bon à moyen	Prioritaire
Entre-les-levées	0,86	↘	Moyen	Secondaire
Benne	4,208	↗	Bon à moyen	Pas d'enjeu
Méandre de Guilly	2,65	↗	Bon	
Ile des Mahyses	7,44	↗	Bon	
TOTAL	25,61 ha			

Légende/ tendance évolutive : ↗ : Habitat en expansion. = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression

Les sites de l'île des Mahyses et de Benne représentent 45% de la surface en végétation herbacée humide sur l'ensemble du Val de Sully.

Tableau 25 : Tendance évolutive et vulnérabilité des principaux milieux herbacés humides par rapport à la ressource en eau en fonction de leur situation topographique

Habitats	Tendance évolutive des habitats en 2021	Niveau de vulnérabilité des milieux herbacés humides <u>en bord de Loire (lit actif)</u>	Niveau de vulnérabilité des milieux herbacés humides <u>dans les mares et points d'eau (hors lit actif)</u>
Phalaridaie (<i>Phalaridion arundinacea</i>)	=	Moyen	Moyen
Magnocariçaie (<i>Caricion gracilis...</i>)	=	Moyen	Fort
Mégaphorbiaie (<i>Convolvulion sepium, Thalictro flavi-filipendulion</i>)	↘?	Fort	Fort
Phragmitaie (<i>Phragmition australis</i>)	↘?	Moyen à fort	Fort
Roselières basses (<i>Oenanthion aquatica, Phragmition australis</i>)	↘?	Fort	Fort

Légende/ tendance évolutive : ↗ : Habitat en expansion. = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression

Il est difficile de définir une tendance évolutive des phragmitaies, des mégaphorbiaies et des roselières basses car ces habitats sont disséminés le long de la Loire sur de petites surfaces (tableau 25).

Par contre ces habitats, situés le long de la Loire et dans certaines annexes fluviales, sont en concurrence avec le développement des herbiers de Jussie. Les points d'eau situés dans les annexes fluviales déconnectées du lit sont peut-être moins menacés par la Jussie mais fortement vulnérable à une baisse du niveau d'eau, couplé à un impact négatif important du Ragondin et des Sangliers sur la végétation.

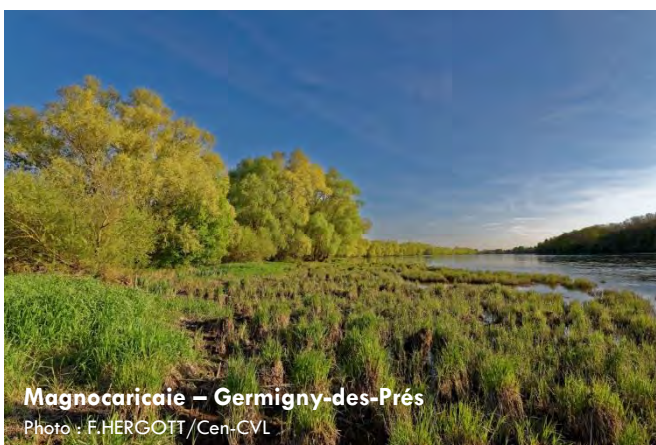
✓ Intérêt écologique

Ces habitats sont généralement pauvres en espèces végétales remarquables hormis la roselière basse. Ils peuvent présenter des faciès monospécifiques et eutrophes sur les bords de Loire dominées par les phalaridaies. Les mégaphorbiaies diversifiées et fonctionnelles sont très localisées. C'est dans ce dernier habitat que l'on rencontre la plus grande diversité d'espèces végétales (Inule des fleuves, Pigamon jaune...).

Ces habitats peuvent héberger plusieurs espèces d'oiseaux comme le Bruant des roseaux *Emberiza schoeniclus* ou certains orthoptères comme le Conocéphale des roseaux *Conocephalus dorsalis*. Ces habitats sont également fréquentés par la Loutre d'Europe *Lutra lutra*, le Castor d'Europe *Castor fiber* et le Campagnol amphibie *Arvicola sapidus*. Ils sont riches en invertébrés des milieux sableux et herbacés comme l'emblématique Hopleie bleue *Hoplia caerulea*.

La dynamique de ces groupements végétaux est perturbée par le développement des herbiers à Jussies dans les zones d'interface entre la Loire et les berges sableuses. Ce phénomène pourrait s'aggraver avec un soutien d'étiage de plus en plus long.

Tableau 26 : Contraintes naturelles et humaines sur les végétations herbacées humides en fonction des effets du réchauffement climatique



	Impact des facteurs naturels et humains	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats forestiers
Contraintes naturelles				
Dynamique de végétation ligneuse	Développement de la végétation ligneuse	3	=	Faible
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables.	Pression accrue des espèces végétales invasives	3	↗	Modéré
	Dissémination des espèces végétales invasives par les espèces animales (Ragondins et Sangliers notamment)	2	↗	Modéré
Précocité des sécheresses	Stress hydrique sur les hémicryptophytes	2	↗	Très fort
Fréquence et durée des sécheresses				Très fort
Fréquence et allongement des épisodes caniculaires				Très fort
Niveau de la réserve utile du sol	Stress hydrique sur la végétation	3	↗	Très fort
Niveau de la nappe alluviale		2 ou 3	↗	Fort
Développement des populations de sangliers	Augmentation de l'affouillement par les Sangliers	2	=	Modéré
Contraintes humaines				
Elevage (pâturage et fauche)	Abandon du pâturage des annexes fluviales	2	= ou ↗	Très fort
Chasse	Non évalué	?	=	Faible
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Restauration et entretien des annexes fluviales	3	= ou ↗	Faible
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Fréquentation accrue Dépôts de déchets Feu de camps	2	↗	Faible

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des mares et points d'eau.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme.

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court terme.

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment). Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Amplification positive des effets du changement climatique sur l'habitat. Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats aquatiques.

NE : Non évalué

✓ Evolution potentielle de l'habitat dans le contexte de changement climatique.

La diversité des formations végétales herbacées humides, influencées par l'eutrophisation liée aux dépôts limoneux, dans des contextes de milieux allant des milieux humides à aquatiques aux annexes fluviales sableuses et sèches. **Ces gradients d'exposition aux conditions climatiques extrêmes expliquent une grande variabilité de la vulnérabilité de ces formations végétales aux sécheresses et aux températures caniculaires** en fonction notamment :

- De leur situation topographique,
- Du niveau d'eau au moment des événements climatiques (étiages et crues),
- De la précocité des événements climatiques extrêmes.

Les fortes températures caniculaires sont probablement un des phénomènes les plus impactant sur les Phalaridaies présentes dans les annexes fluviales ensablées. Ceci dépend surtout de l'exposition à l'ensoleillement et de l'accès à la ressource en eau (tableau 27).

Il est possible que les sécheresses successives et précoces provoquent une régression de ces groupements dans les secteurs les plus exposés (Phalaridaies notamment).

Les végétations herbacées des sables secs sont beaucoup plus adaptées aux conditions climatiques extrêmes et pourraient remplacer les phalaridaies dans les annexes sableuses les moins favorables à cet habitat.

Tableau 27 : Evolution potentielle des milieux herbacés humides sous l'effet du changement climatique

Habitats	Impact du débit minimal d'été	Sécheresse et canicule	Evolution potentielle des habitats dans les prochaines décennies	Facteurs contraignants
Phalaridaie	Fort	Fort	<ul style="list-style-type: none"> Prairie mesohygrophile ? ou friches mésophiles puis évolution vers des fruticées ? Saulaie-peupleraie Glissement possible dans le lit actif vers un niveau topographique plus bas 	<p>Faible variation des débits minimums (baisse du régime naturel des perturbations)</p> <p>Développement important des herbiers de Jussies</p> <p>Durée et sévérité des étiages avec une baisse brutale du soutien d'étiage</p> <p>Impact de la faune ? (Ragondin, Sanglier...)</p> <p>Pression de pâturage forte (mégaphorbiaies, phalaridaies, roselière basse)</p>
Magnocariçaie	Modéré	Modéré	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'évolution Glissement certain dans le lit actif vers un niveau topographique plus bas 	
Mégaphorbiaie	Fort	Modéré	<ul style="list-style-type: none"> Saulaie-peupleraie ou fourrés arbustifs (sans gestion) Glissement probable dans le lit actif vers un niveau topographique plus bas 	
Phragmitaie	Fort			
Roselières basse	Fort		<ul style="list-style-type: none"> Phalaridaie ou mégaphorbiaie Prairie humide eutrophe Magnocariçaie Ronciers (si assèchement important) Glissement vers un niveau topographique plus bas ? 	

En ce qui concerne les phragmitaies et les mégaphorbiaies les faibles surfaces et le développement de ces habitats en lisière de boisement peuvent les faire évoluer vers des boisements.

Il est possible que ces habitats se déplacent au sein du lit actif vers des niveaux topographiques plus bas, facilité par des étiages plus précoces et plus sévères. **La formation de points d'eau maintenus par un débit minimal pourrait être propice à ces formations herbacées mais elles seront en concurrence avec les herbiers de Jussies qui ont une capacité de colonisation très rapide.**

Actuellement les herbiers de jussies ont tendance à se développer le long de toutes les berges monopolisant la totalité de l'espace. Le réchauffement atmosphérique et du milieu aquatique combiné à un niveau d'eau maintenu par un soutien d'étiage plus long, augmentera la colonisation rapide des herbiers de Jussies des formations herbacées humides. En 2021, cette dynamique végétale est visible en bord de Loire.

La magnocariçaie à *Carex acuta* pourrait être peu affectée par le changement climatique car elle se déplacera dans le lit en fonction du niveau d'eau. **Le risque de régression de cet habitat pourrait**

Intervenir avec l'arrêt du soutien d'étiage afin de retrouver un régime de perturbations, consécutif aux variations naturelles du débit en été.

VIA6) LES PRAIRIES HUMIDES

Deux sites concentrent les prairies humides à enjeu prioritaire : la Plaine de Villaine (commune d'Ouzouer-sur-Loire) et les prairies humides des Varinnes (commune de St-Martin d'Abbat)

Les prairies humides sont surtout présentes sur le site des Varinnes avec 71 % de la surface occupé par cet habitat. Sur ce dernier site, les prairies humides sont de plusieurs types avec des habitats remarquables (tableau 28).

Sur ce dernier site, les prairies maigres de fauche oligotrophes, sont extrêmement rares en région Centre-Val de Loire et pour l'instant très bien conservées.

Sur le site de la plaine de Villaine les prairies humides sont eutrophe alimentées par la remontée de nappe dans les parties les plus basses. Sur ce site, cet habitat est moins bien conservé que sur le site des Varinnes.

Tableau 28 : Répartition des prairies humides dans le val de Sully

Sites	Habitats	Surface (en ha)	LR	TE	EC
Plaine de Villaine	Prairie maigre de fauche humide.	1,833	VU	=	Moyen
Varinnes		6,038	VU	=	Bon
Varinnes	Prairie maigre de fauche humide acide.	3,702		=	Bon

Légende/ tendance évolutive : ↗ : Habitat en expansion. = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression

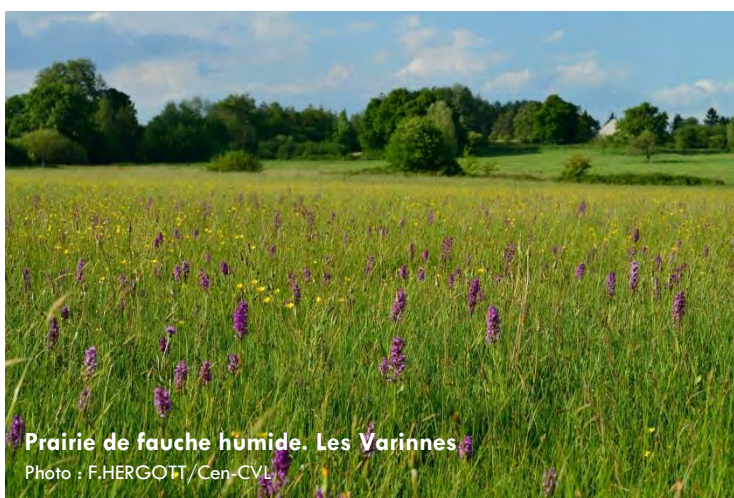
✓ Synthèse des enjeux de conservation des prairies humides.

Sur le site des Varinnes, **ces milieux herbacés humides forment un complexe de prairies humides oligotrophes parmi les mieux conservé du Val de Loire.** La diversité de la flore et de la faune y est importante et originale. La plupart des lépidoptères patrimoniaux, comme le Damier de la succise *Euphydryas aurinia*, sont dépendants du cortège floristique présent dans ces prairies (plantes hôtes des chenilles). C'est également le cas pour certains coléoptères patrimoniaux comme *Chrysolina fuliginosa* qui vit au dépend des Centaurées.

Ces prairies sont caractérisées par la présence d'espèces végétales patrimoniales liées à ces habitats comme l'Orchis de mai *Dactylorhiza majalis* et l'Orchis à fleurs lâches *Anacamptis laxiflora*, dont les populations sont importantes, notamment sur le site des Varinnes.

Sur ce site, la présence de la Stellaire des marais *Stellaria palustris*, espèce en danger critique d'extinction à l'échelle de la région Centre Val-de-Loire, est exceptionnelle (5 stations sont connues en région Centre-Val de Loire).

L'état de conservation de ces habitats est tributaire du bon fonctionnement hydrologique du site.



Prairie de fauche humide. Les Varinnes

Photo : F.HERGOTT / Cen-CVL

- Fonctionnement hydrologique des prairies humides.

Ces prairies humides sont alimentées par des remontées de la nappe alluviale et/ou des sources provenant de nappes perchées. Le système de sources alimentant les prairies humides du site des Varinnes est complexe mêlant un réseau de sources situées en pied de coteau et les remontées de la nappe alluviale de la Loire. Ce système hydrologique est influencé par le niveau de la Loire qui va conditionner l'écoulement de la nappe. Quand le niveau de la Loire est haut, la nappe alluviale remonte ne pouvant plus s'écouler dans la Loire. Par contre quand la Loire est en étiage elle s'écoule dans la Loire, abaissant son niveau. Ce phénomène est accentué par la durée des étiages et par les pompages agricoles dans le val qui amplifient l'abaissement du niveau de la nappe en période de végétation.

Sur le site des Varinnes, le fonctionnement hydrologique influence fortement le niveau d'humidité des prairies, notamment les prairies humides oligotrophes, les plus sensibles aux variations du niveau d'eau.

Ces prairies humides sont toutes alimentées par des sources en pied de coteau.

- ✓ Evolution future des prairies humides sous les effets du réchauffement climatique.

Le facteur d'influence déterminant pour assurer un bon fonctionnement écologique des prairies humides est **le niveau d'eau et tout particulièrement le débit des sources provenant des nappes (tableau 29)**. Ce fonctionnement hydrologique est fondamental pour assurer un bon état de conservation des prairies humides, plus particulièrement sur le site des Varinnes.

Le tarissement des sources en période de végétation, provoqué par un niveau de nappe trop bas, est le facteur de dégradation des habitats le plus déterminant.

Tableau 29 : Contraintes naturelles et humaines sur les prairies humides en fonction des effets du réchauffement climatique

	Impact des facteurs naturels et humains	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats
Contraintes naturelles				
Dynamique de végétation	Ralentissement	1	=	Moyen
Dynamique des espèces invasives ou indésirables.	Risque de dissémination depuis la Loire	1	↗	Moyen
Enfoncement du lit de la Loire.	Abaissement de la nappe alluviale en période d'étiage	2	↗	Fort
Végétalisation du lit de la Loire.	Ralentissement de l'écoulement de la nappe en Loire ?	?	↗	Moyen
Débit d'étiage de la Loire précoce	Abaissement de la nappe alluviale	2	↗	Fort
Niveau de la nappe phréatique.	Assèchement des prairies humides	3	↗	Fort
Développement des populations de sangliers.	Retournement des prairies	1	=	Faible
Contraintes humaines				
Céréaliculture dans le val.	Favorise l'abaissement de la nappe alluviale	3	↗	Fort
Elevage (fauche des prairies)	Abandon de l'élevage.	3	↗	Fort

	Impact des facteurs naturels et humains	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats
	Avancement des dates de fauche	1	↗	Moyen
Chasse au gros gibier/ régulation du sanglier.	Impact faible	1	=	Faible
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Impact potentiel sur l'écoulement de la nappe alluviale dans la Loire	?	NE	NE
Fréquentation par le public/dépôt de déchets	Accès plus facile sur les chemins (Varinnes)	?	=	Faible

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des prairies humides.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme.

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court terme.

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment). Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Amplification positive des effets du changement climatique sur l'habitat. Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats aquatiques.

NE : Non évalué

L'augmentation des sécheresses en période de végétation provoquée par une diminution de la pluviométrie amplifiée par une fréquence plus importante des vents secs (surtout au démarrage de la végétation en mars/avril) provoquera un abaissement des nappes et un assèchement des sources.

L'étiage en Loire, de plus en plus précoce comme les pompages agricoles, sont des facteurs aggravants, voire très aggravants en cas de sécheresse prolongée.

La sécheresse peut entraîner une modification des pratiques agricoles indispensable à l'entretien des prairies soit par un avancement des dates de fauche, voir un abandon des pratiques si la production d'herbe est trop faible. Cela peut conduire à des difficultés pour trouver un agriculteur (ce phénomène est aggravé par la diminution du nombre d'éleveurs en Centre-Val de Loire et des départs à la retraite qui seront importants dans la prochaine décennie).

Cependant les sécheresses ralentiront la dynamique des fruticées et des groupements pré-forestiers ainsi que les ourlets mésophiles qui menacent ces prairies lorsqu'il y a abandon des pratiques agricoles. **La dégradation de l'état de conservation des prairies humides peut entraîner leur évolution vers des prairies mésophiles.** Ces prairies peuvent être localement fragilisées par des perturbations répétées de la strate herbacée (affouillements par les sangliers) qui les déstabilisent favorisant des espèces rudérales et potentiellement invasives.

Il est difficile d'évaluer les facteurs aggravant la dynamique de la nappe alluviale en lien avec les étiages prolongés de la Loire, l'enfoncement du lit et sa végétalisation. Ces facteurs peuvent interagir et être modifiés par des travaux réalisés par les services de l'Etat dans le lit de la Loire.

VIA7) LES PRAIRIES MESOPHILES SUR SABLE

Ces habitats sont localisés dans les secteurs moins exposés aux inondations. Les faciès plus eutrophes caractérisés par la présence de Chiendent (*Elytrigia campestris*) annoncent une dégradation de l'habitat. Les groupements à Chiendent, monospécifiques, sont présents en bord de Loire au niveau d'annexes fluviales et de berges inondées chaque année où se déposent les limons.

Les surfaces en prairies sont très variables d'un site à l'autre et présentent des faciès d'eutrophisation plus ou moins importants en fonction de leur exposition aux crues (tableau 30). Cet habitat n'est pas considéré comme à enjeu de conservation prioritaires dans les plans de gestion sauf pour les sites des Varinnes et d'Entre-les-levées. L'appréciation de l'état de conservation des différents types de prairies sur sable peut être très délicate étant donné la variété des faciès prairiaux présents en bord de Loire.

Tableau 30 : Répartition des prairies mésophiles sur sable dans le val de Sully

Sites	Surface (en ha)	Tendance évolutive	Etat de conservation
Plaine de Villaine	50,174	=	Bon
Varinnes	15,539	=	Bon
L'Ormette	6,306	↗	Bon
Friche des parterres	21,14	?	Moyen
Entre-les-levées	2,35	↘	Bon
Benne	18,706	↗	Moyen
Méandre de Guilly	51,86	↗	Bon à moyen
Ile des Mahyses	7,44	↗	Bon
TOTAL	173,175		

Légende/ tendance évolutive : ↗ : Habitat en expansion. = : Habitat stable. ↘ : Habitat en régression

Les prairies les plus riches en espèces végétales sont peu évoluées et issues d'une colonisation récente des pelouses par des espèces prairiales.

✓ Principaux intérêts écologiques

Ces prairies mésophiles sur sable sont beaucoup moins riches en espèces patrimoniales. **L'espèce végétale la plus remarquable présente dans cet habitat est la Gagée des prés *Gagea pratensis***, espèce protégée et considérée en danger critique d'extinction au niveau régional. Les faciès les plus riches hébergent des espèces végétales rares que l'on peut parfois rencontrer dans les pelouses comme le Buplèvre de Gérard *Bupleurum gerardii*, en danger d'extinction en région Centre-Val de Loire.

Au niveau faunistique, ces prairies sont beaucoup moins riches en espèces patrimoniales que les pelouses sableuses. Toutefois certaines espèces sont observées dans cet habitat comme *Copris lunaris* petit coléoptère coprophage (quand il y a du pâturage), l'Alouette lulu *Lula arborea* ou la Linotte mélodieuse *Linaria cannabina* qui s'y reproduisent. Ces habitats sont très importants pour les amphibiens qui s'y déplacent pour regagner les mares et points d'eau dans lesquels ils se reproduisent (Triton ponctué, Triton crêté...).



✓ Principales menaces

Cet habitat est surtout menacé par l'abandon des pratiques agricoles traditionnelles comme le pâturage ou la fauche. Sans entretien les prairies évoluent naturellement vers la fruticée ou une lande à Genêts. Dans certains cas l'eutrophisation contribue à une dégradation de la diversité floristique avec le développement d'espèces plutôt nitrophile comme le Chiendent des champs *Elytrigia campestris* qui peut devenir dominant.

Les contraintes naturelles et humaines connues sont listées dans le tableau 31 avec une évaluation de leur impact sur l'habitat. L'importance du niveau des impacts est hiérarchisée dans la figure 22 (à partir du tableau 31).



Tableau 31 : Contraintes naturelles et humaines des prairies sur sable et impact des effets du réchauffement climatique

	Impact des facteurs naturels et humains	Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation	Amplification potentielle des tendances actuelles par les effets du réchauffement climatique	Niveau d'impact potentiel sur la dégradation des habitats
Contraintes naturelles				
Dynamique de végétation ligneuse	Développement de la végétation ligneuse	3	↘	Fort
Dynamique des espèces végétales invasives ou indésirables.	Pression accrue des espèces végétales invasives sur les milieux herbacés fragilisés	2 ou 3	=	Moyen
	Dissémination des espèces végétales invasives par les espèces animales (Sangliers notamment)	2	↗	Moyen
Précocité des sécheresses	Stress hydrique important et fréquents sur les hémicryptophytes	3	↗	Fort
Augmentation de la fréquence des canicules et des sécheresses				
Développement des populations de sangliers	Augmentation de l'affouillement par les Sangliers	3	↗	Fort
	Dégradation des prairies par retournement			
Contraintes humaines				
Elevage (pâturage et fauche)	Abandon des pratiques agricoles	3	= ou ↗	Fort
	Intensification des pratiques agricoles	3	↗	Fort
	Diminution de la production végétale et modification de la phénologie	3	↗	Fort
Chasse au gros gibier / régulation du sanglier	Non évalué	?	=	Non évalué
Travaux d'entretien des bancs de sables par les services de l'Etat.	Non évalué	1	=	Non évalué
Fréquentation par le public/dépôt de déchets/pêche	Fréquentation accrue Dépôts de déchets Feu de camps	1	↗	Faible

Tendances actuelles à la dégradation de l'état de conservation (directe ou indirecte)

1 : Facteurs potentiellement peu dégradants ou n'interférant pas avec l'état de conservation des prairies humides.

2 : Facteur potentiellement dégradant à moyen terme.

3 : Facteur potentiellement très dégradant à court terme.

? : Facteur difficile à évaluer mais pouvant éventuellement accélérer la dégradation de l'habitat si celui-ci est fragilisé.

Amplification des tendances par les effets réchauffement climatique

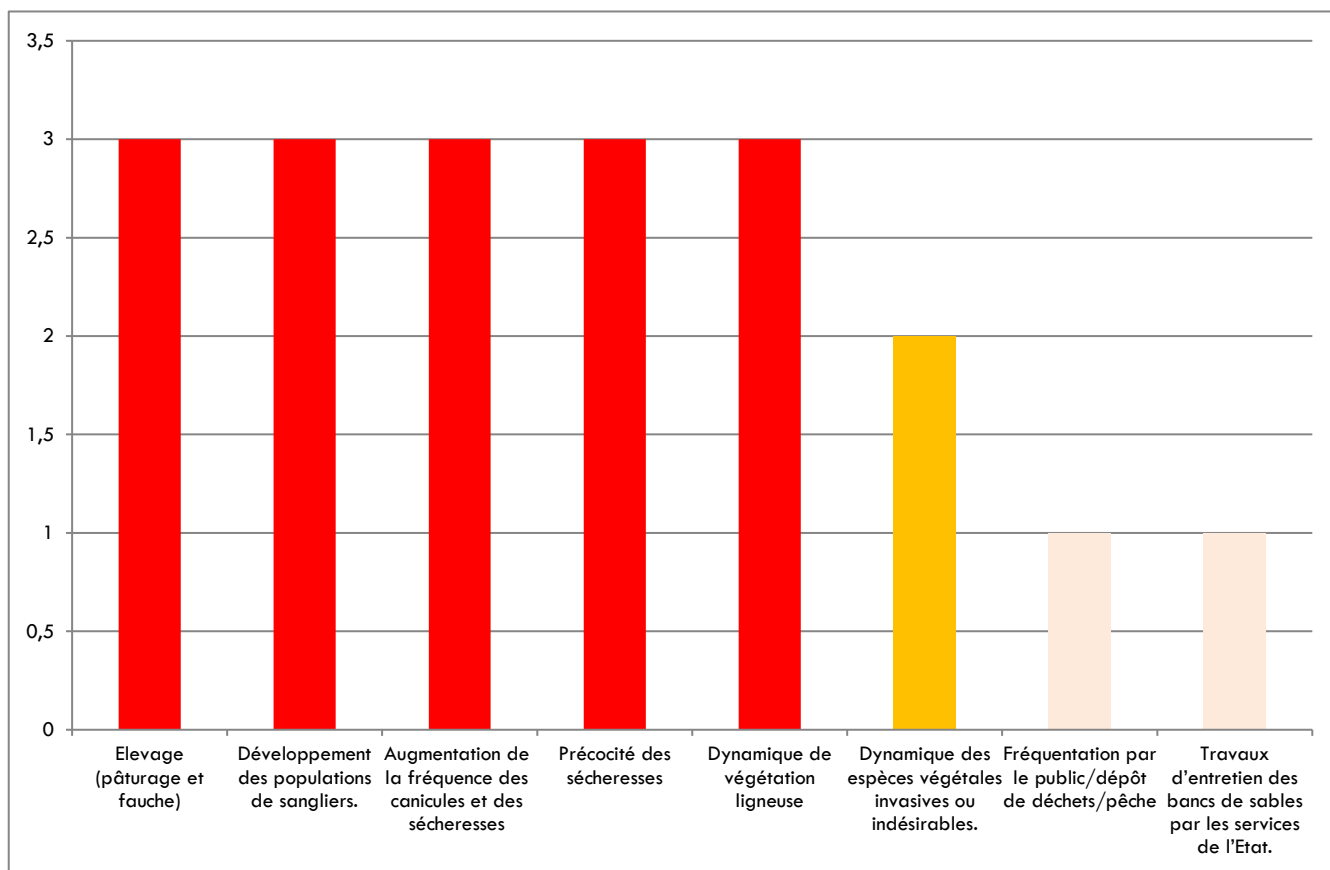
↗ : Amplification négative des effets du changement climatique sur l'habitat (sécheresse notamment). Tendance potentielle au développement de la contrainte sur les habitats aquatiques.

= : Pas ou peu d'impact ; Pas de tendance identifiée.

↘ : Amplification positive des effets du changement climatique sur l'habitat. Tendance potentielle à la diminution de l'impact de la contrainte sur les habitats aquatiques.

NE : Non évalué

Figure 22 : Hiérarchie des contraintes naturelles et humaines sur les prairies mésophiles



✓ Evolution potentielle de l'habitat dans le contexte de changement climatique.

Les prairies mésophiles sur sables sont particulièrement exposées aux effets du changement climatique. Les sécheresses à répétition accompagnées de températures caniculaires et parfois de vent sec sont les facteurs les plus impactant sur la végétation.

Composée majoritairement d'espèces hémicryptophytes particulièrement sensibles à la sécheresse, ces prairies sont directement menacées par leur situation sur des sols sableux, naturellement très secs et thermophiles. **L'amplification des températures au sol pourrait dépasser 60°C en période de canicule ce qui est mortel pour beaucoup d'espèces. Le risque est accru si les sécheresses deviennent de plus en plus fréquentes, précoces et d'une durée de plus en plus longue, notamment en période de montaison.**

L'évolution de cet habitat pourrait conduire à l'augmentation de la proportion d'espèces annuelles ou à bulbe, beaucoup plus adaptées aux conditions de sécheresse. Cette situation favoriserait les pelouses au détriment des prairies.

Dans les milieux plus riches en limons, ces prairies pourraient évoluer vers des groupements mésophiles à Agrostide capillaire *Agrostis capillaris* et Pâturin des prés *Poa pratensis* avec une proportion d'espèces annuelles rudérales variable en fonction de la situation de la prairie et du niveau d'eutrophisation. On observe cette évolution dans les secteurs pâturés.

Il n'est pas exclu d'avoir une régression très forte de ces prairies au bénéfice de groupements herbacés pionniers dominés par des espèces rudérales. Cette dynamique pourrait s'observer dans des

secteurs où les prairies sont trop intensément exploitées par pâturage. **Cet habitat deviendra beaucoup plus fragile et changera de physionomie.**

Les faciès de dégradation que l'on observe déjà dans les secteurs pâturés pourraient finalement devenir le groupement dominant. De toute façon on aura un ralentissement du développement de la végétation ce qui va fortement réduire le recouvrement des hémicryptophytes qui régresseront fortement (au moins pour les espèces les plus vulnérables). Certaines espèces hybrides comme les Chiendents pourraient être plus résistantes et profiter de l'affaiblissement des principales espèces dominantes pour se développer.

Tableau 32 : Evolution potentielle des prairies mésophiles sur sable à Avoine élevée et chiendent dans le cas d'une gestion des prairies par pâturage extensif ou fauche, en fonction de la typologie des sols sableux

	Prairies à Paturin des prés <i>Poa pratensis</i> et Agrostides <i>Agrostis capillaris</i>	Prairies dégradées à chiendents <i>(Elytrigia campestris)</i>	Régression vers une pelouse sur sable à annuelles	Régression vers des végétations rudérales à annuelles	Fruticées (si abandon)
Sol sableux et limoneux régulièrement inondé	Probable	Possible	Peu probable	Probable	Probable
Sols sableux pauvres en éléments nutritifs et rarement inondé	Très probable	Possible	Probable	Peu probable ?	Probable

Les évolutions possibles ou probables des prairies mésophiles sur sable dépendent également de leur exposition à la sécheresse, de leurs modes de gestion ainsi que de leur situation par rapport aux pelouses sur sables ou aux cultures dont le cortège floristique peut influencer les caractéristiques de la prairie. Les prairies situées à proximité de cultures ou de jachères seront par exemple plus exposées à une colonisation par des espèces annuelles rudérales.

L'impact des affouillements de sangliers pourrait accélérer le processus. Le pâturage s'il est pratiqué trop intensivement peut conduire à une dégradation de l'habitat vers des pelouses rudéralisées.

Dans un contexte de sécheresses répétées et de phénomènes caniculaires extrêmes, les prairies sur sable pourraient complètement changer en évoluant vers des pelouses rudéralisées

Sans gestion ces prairies évoluent normalement vers des ourlets mésophiles puis des fruticées ou des landes à genêts. **Dans un contexte de changement climatique avec des épisodes de sécheresse longs et intenses, la dynamique de colonisation de ces milieux herbacés par les fruticées, les ronciers ou les landes risque d'être ralenti, voir quasiment stoppé** dans les secteurs les plus exposés.

Cette dynamique de végétation peut amener à une stabilisation voir à une régression vers des pelouses ou des **végétations rudérales à annuelles, favorisées par la faune (notamment les affouillements de sanglier).**

VII - SYNTHÈSE SUR LA VULNÉRABILITÉ DES HABITATS NATURELS A ENJEUX DE CONSERVATION

Les effets du réchauffement climatique sur les habitats naturels vont entraîner de profondes modifications de leur composition et de leurs structures.

Les **milieux humides** sont probablement les plus menacés avec les boisements du fait d'une dépendance à la ressource en eau dont les réserves sont directement menacées par les sécheresses (tableau 33 et figure 23). **La recrudescence des sécheresses aura un effet direct sur la végétation en défavorisant les espèces les plus exigeantes**, c'est tout particulièrement le cas des boisements alluviaux tel que nous les connaissons aujourd'hui. On peut ainsi s'attendre dans la prochaine décennie à **un effet de « nivellement » de la végétation par des sécheresses et des températures atmosphériques extrêmes et plus fréquentes qui sélectionneront les espèces végétales (et les individus) les plus adaptées**. Ainsi les boisements tels que nous les connaissons aujourd'hui seront probablement très différents dans le futur. Ils seront composés d'essences moins diversifiées et résistantes à la chaleur et aux sécheresses avec des arbres plus petits et chétifs dont la croissance sera fortement ralentie. **La diversité génétique des peuplements forestiers spontanés permettra sans doute une plus grande adaptabilité des arbres aux conditions climatiques extrême**. Ainsi les ressources génétiques des espèces seront fondamentales dans la capacité des jeunes arbres en croissance à s'adapter aux changements climatiques (modification de la phénologie, résistance aux températures extrêmes et au stress hydrique...). **Pour l'instant la rapidité des changements climatiques entraîne la fragilisation des habitats forestiers qui ne peuvent pas s'adapter assez rapidement, situation très favorable aux espèces invasives plus adaptées. Leur proportion dans les boisements pourrait ainsi devenir plus importante. Ces changements vont probablement favoriser une recombinaison des formations végétales avec des espèces locales, invasives ou méridionales dont l'aire de répartition s'étend vers le nord.**

Les **milieux humides** sont les plus touchés par ces phénomènes climatiques, à commencer par les mares alluviales qui dépendent directement de la ressource en eau. Ainsi **la baisse de la nappe alluviale aura des conséquences très négatives sur ces habitats qui peuvent tout simplement disparaître** s'ils ne sont plus alimentés en eau (il s'agit notamment des mares situées en retrait du lit actif et de ses annexes).

Les **prairies humides** sont aussi menacées car elles sont alimentées par des sources provenant de la nappe (notamment sur le site des Varinnes). Le risque de voir évoluer les **prairies humides oligotrophes à forte valeur écologique vers des prairies mésophiles** est très élevé, surtout si les sources venaient à se tarir au printemps, La baisse du niveau de la nappe alluviale et de sa capacité de recharge dans un contexte où son niveau risque de devenir historiquement bas nécessitera une pluviométrie plus importante pour retrouver un niveau optimal. **On pourrait ainsi se retrouver avec un déficit chronique en eau des nappes altérant durablement le fonctionnement des sources en période de végétation**. Ce phénomène concernera tous les sites et plus particulièrement les sites de Varinnes, de Guilly, de la Plaine de Villaine...

Les **milieux herbacés sur sables** vont sans doute évoluer vers des groupements végétaux appauvris en hémicryptophytes du fait de températures au sol trop élevées. Cela favorisera les espèces végétales annuelles qui pourraient devenir dominantes. Ainsi **les stades pionniers des pelouses sur sables pourraient être avantagés** mais des sécheresses trop importantes peuvent favoriser des associations végétales appauvries du fait d'un sol trop sec et dur au printemps. **Certains stades de pelouses fermées (pelouses à Koélerie et Phléole notamment) ou de landine pourraient être affectés du fait d'une proportion plus importante en hémicryptophytes**. Or ces stades matures s'interpénètrent avec des

stades pionniers pour créer une mosaïque de pelouses particulièrement favorables à la faune. **Leur régression pourrait conduire à une homogénéisation des faciès de végétation beaucoup moins favorable à la biodiversité.**

Quant aux prairies mésophiles, elles seront de toute façon très menacées puisqu'elles sont majoritairement composées d'hémicryptophytes sensibles aux fortes températures. Cet habitat régressera peut-être ou se recomposera avec une proportion plus importante d'espèces annuelles, plus adaptées. L'altération de cet habitat par un pâturage intense ou l'affouillement du sol par les sangliers le fragilisera dangereusement dans un contexte climatique extrême. **Cette situation provoquerait une baisse très significative de la production végétale herbacée pour l'alimentation du bétail (pâturage et récolte de foin).**

La pression anthropique par pâturage sur ces habitats herbacés peut être un facteur aggravant, les sols sableux étant très sensibles au tassement du sol. La réactivité de la végétation vers des groupements végétaux appauvris composés d'espèces annuelles peut être très rapide et très importante (cela s'observe déjà sur le terrain).

L'ensemble de ces modifications sur les habitats aura des répercussions sur la faune et la flore menacées. **Les invertébrés qui dépendent d'espèces végétales hôtes et qui peuvent se raréfier ou disparaître, sont particulièrement** menacés (comme par exemple le Damier de la succise sur le site des Varinnes). On peut ajouter que **les espèces dépendantes des milieux aquatiques (invertébrés, amphibiens...) sont sans doute les plus vulnérables** car beaucoup de points d'eau et de mares sont menacés de disparition, à terme. L'augmentation de la température de l'eau aura également des effets très négatifs sur de nombreuses espèces aquatiques (saumon, invertébrés ?). **Ces conditions favorisent déjà les espèces végétales invasives comme les jussies le long de la Loire et dans les annexes fluviales.**

Les fortes températures au sol (>50°C) pourraient défavoriser la reproduction d'invertébrés pondant dans la végétation rase fortement exposé aux températures extrêmes. **On peut ainsi s'attendre à une recomposition des peuplements faunistiques** avec des disparitions d'espèces et l'apparition d'espèces méridionales. **Les espèces généralistes seront vraisemblablement favorisées au détriment des espèces spécialistes, notamment dans des habitats déjà fragilisés par une pression anthropique trop forte.** Il faut aussi ajouter que **le développement d'espèces invasives contribue très fortement à la fragilisation des habitats dans un contexte de changement climatique.** Cette situation est défavorable pour la faune.

Tableau 33 : Impacts négatifs des effets du réchauffement climatique sur l'ensemble des habitats à enjeux de conservation.

Principaux facteurs de risques climatiques en augmentation	Fréquence des phénomènes caniculaires	Fréquence et durée des sécheresses printanières	Fréquence des jours à température estivale (>24°C)	Durée et sévérité des étiages (incluant la baisse de la nappe alluviale)	Augmentation de la température de l'eau	Risque de feux
Prairies humides de fauche	4	4	4	4	0	3
Prairies mésophiles de fauche sur sable	4	4	4	1	0	3
Végétation aquatique des mares et bras d'eau	3	4	3	4	4	1
Végétation pionnière des vases humides	2	2	1	2	?	0
Végétation herbacée humide	3	4	2	3	?	1
Pelouses sur sable hors pelouses à Corynéphore	3	4	3	0	0	1
Pelouses à Corynéphore	2	3	2	0	0	0
Boisements alluviaux	4	4	4	4	1	4

Impact négatifs	Note d'impact
Très fort	4
Assez fort	3
Modéré	2
Faible	1
Pas d'impact	0

Les habitats les plus vulnérables au réchauffement climatique sont par ordre de vulnérabilité les boisements alluviaux, les prairies humides, la végétation aquatique et les prairies mésophiles (figure 4).

Figure 23 : Vulnérabilité des habitats à enjeu de conservation sur le Val de Sully

(Note d'impact total pour chaque habitat à partir du tableau 10)

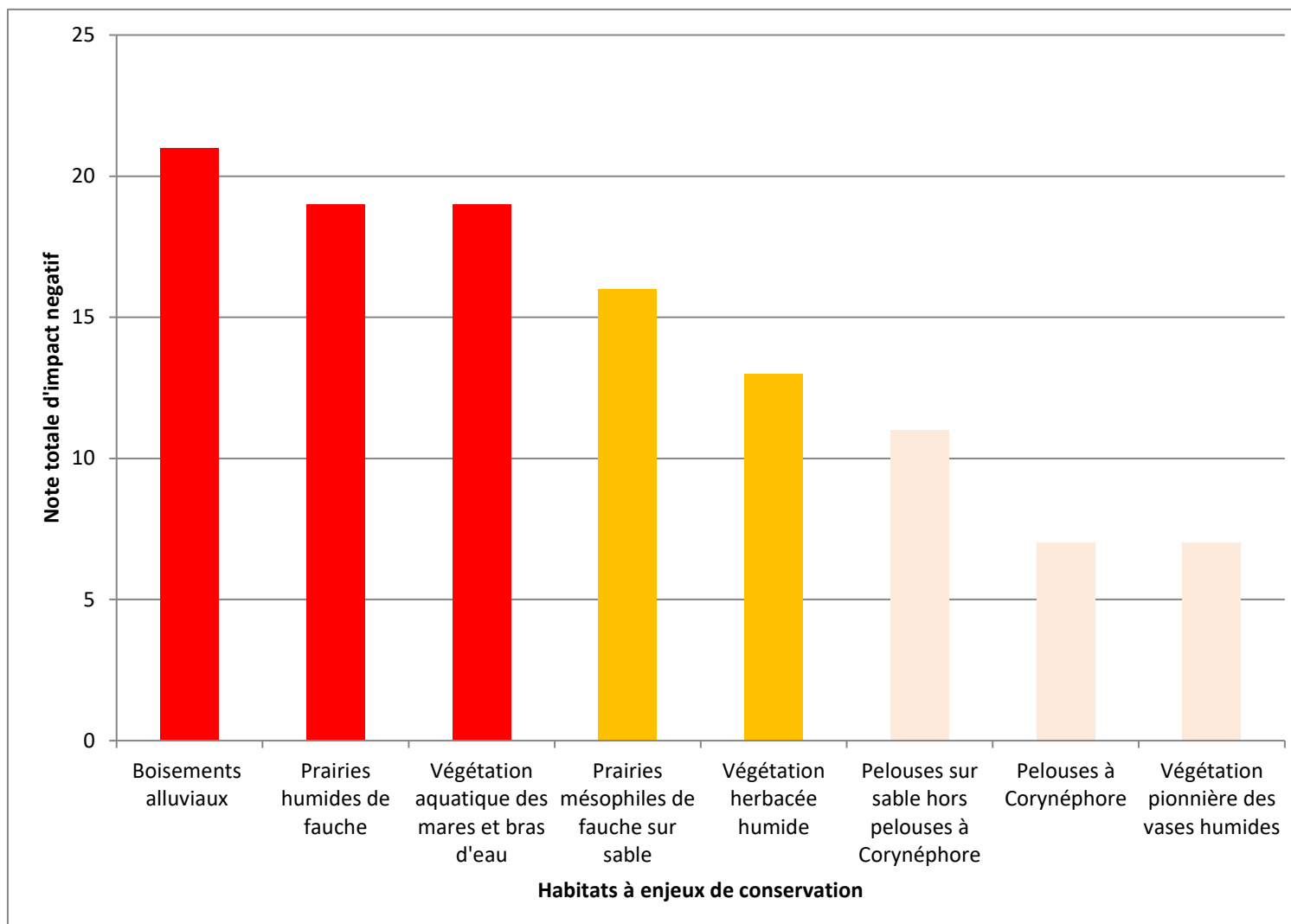
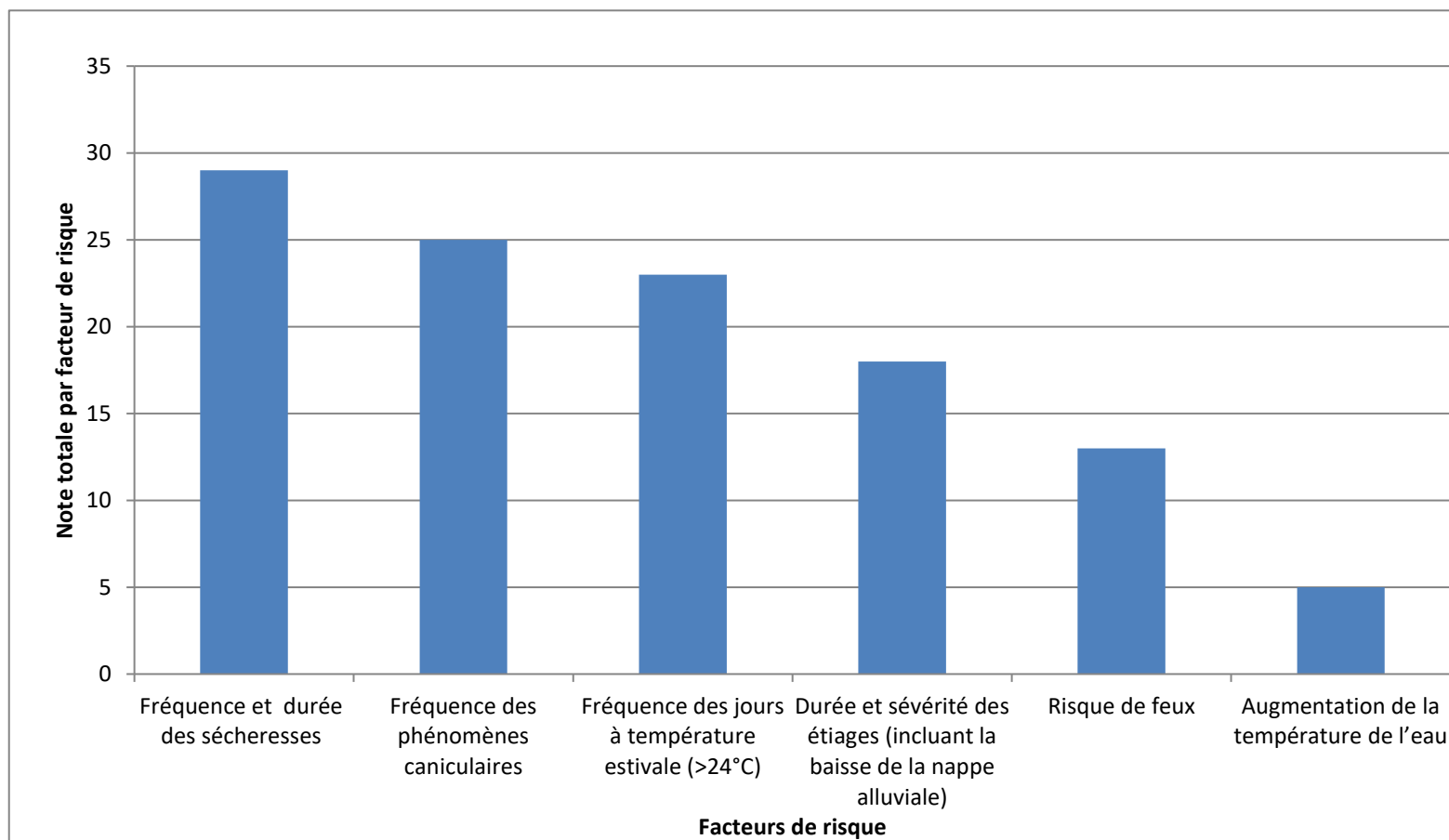


Figure 24 : Importance des principaux facteurs climatiques impactant négativement l'état de conservation des habitats
(Note d'impact total pour chaque habitat à partir du tableau 10)



Un facteur de risque n'entre pas en ligne de compte sur certains habitats qui ne sont pas concernés (par exemple les pelouses sableuses). C'est le cas de la température de l'eau. Il faut donc relativiser ce facteur de risque

VIII - PROPOSITIONS DE MESURES POUR LIMITER L'IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPTATION

Tous les habitats seront plus ou moins modifiés dans leur composition floristique et dans leur physionomie. On peut s'attendre à ce que leur fragilité et surtout leur capacité d'adaptation soient influencées par leurs spécificités et leur état de conservation actuel.

Nous avons estimé l'impact de plusieurs facteurs avec l'hypothèse d'un retour vers un état d'équilibre des habitats naturels, après une période de perturbation (ou de transition) dans des conditions climatiques qui auront profondément changées. Il faut s'attendre à avoir un paysage plus ouvert avec des milieux herbacés et des groupements semi-ligneux au sein des boisements. Ces formations végétales constitueront de nouvelles mosaïques d'habitats.

D'un point de vue général, l'incision historique du lit de la Loire et l'impact des barrages seront amplifiées par le changement climatique en cours et surtout à venir.

VIII A) LA CAPACITE DE RESILIENCE DES HABITATS

La capacité de résilience a été évaluée à partir de 6 facteurs qui jouent un rôle important dans la fonctionnalité écologique des habitats et dans leur capacité à surmonter les perturbations consécutives aux effets du réchauffement climatique (tableau 34).

Ces facteurs concernent surtout les conséquences dues à l'augmentation des températures moyennes et extrêmes durant la saison de végétation. L'effet des précipitations n'est pas évalué pour l'instant car la tendance produite par les modèles météorologiques est soumise à de fortes incertitudes.

Les 6 facteurs choisis sont les suivants :

- La déconnexion de la nappe alluviale : ce facteur est fondamental pour les milieux humides. **L'abaissement de la nappe alluviale va condamner fortement la capacité de résilience de ces habitats qui ne seront plus en contact avec l'eau en période de sécheresse.**
- La vulnérabilité à la sécheresse : l'exposition des habitats aux sécheresses (notamment aux sécheresses de surface) favorise le stress hydrique dans les sols à faible RU (réserve utile du sol), indispensable à l'alimentation en eau de la végétation. Certains habitats sont plus exposés que d'autres aux sécheresses ce qui va limiter leur capacité de résilience au moins dans un premier temps. **Certains habitats pourraient se réorganiser avec des espèces méridionales plus adaptées aux épisodes de sécheresse.** Par contre les habitats qui dépendent d'une connexion à la ressource en eau vont disparaître et/ou se déplacer.

La résilience écologique

La **résilience écologique** est la capacité d'un système vivant à retrouver les structures et les fonctions de son état de référence après une perturbation.

Une faible résilience peut conduire un système écologique, à changer profondément de structure et de fonctionnement après une perturbation. Cette faible résilience peut être une caractéristique intrinsèque du système écologique ou être favorisée par sa dégradation liée à des activités humaines.

De manière générale, la diversité, la complémentarité des organismes présents dans un milieu et la redondance des fonctions que certaines espèces assurent au sein de l'écosystème sont les gages d'une meilleure capacité de résilience (Wikipédia).

- Le risque de dégradation supplémentaire de l'état de conservation : l'état de conservation des habitats va jouer un rôle important dans la capacité à retrouver un état d'équilibre après des changements climatiques profonds. Les habitats les plus exposés aux aléas (pas seulement climatiques) pourront se transformer plus rapidement. **Si l'état de conservation général est déjà dégradé, la transformation vers un état d'équilibre entre différents types d'habitats sera plus longue.**
- La surface de l'habitat : certains habitats sont représentés par de très petites surfaces alors que d'autres forment des continus. **La capacité de résilience va être en partie tributaire des ressources en espèces présentes dans l'habitat même s'il se recompose, or plus la surface est grande et plus la richesse et la diversité spécifiques risquent d'être élevées.**
- L'isolement de l'habitat : la connectivité d'un habitat joue un rôle important dans sa capacité à surmonter les perturbations. Pour tous les habitats, la circulation des espèces jouera un rôle essentiel dans la capacité à répondre aux contraintes climatiques. Elle doit favoriser le **brassage génétique qui aura un rôle crucial dans l'adaptation ce qui nécessite une bonne connexion entre habitats.**
- L'exposition aux pressions non climatiques : certains habitats sont soumis à des pressions non climatiques fortes comme le développement **des espèces invasives, la fréquentation humaine trop importante, des activités agricoles non adaptées (surpâturage, pompages agricoles...)**. Tous ces facteurs perturbateurs vont altérer la fonctionnalité des habitats, amplifiée par les effets du réchauffement climatique. Cette situation va fortement limiter la capacité de résilience des habitats.

Il faut ajouter que les sécheresses toucheront tous les habitats et qu'elles seront amplifiées par les phénomènes climatiques extrêmes comme les canicules.

Tableau 34 : Notation des 6 facteurs impactant négativement la capacité de résilience des habitats naturels à enjeu

Habitats	Déconnexion de la nappe alluviale	Risque de dégradation supplémentaire de l'état de conservation	Surface	Isolement	Exposition aux pressions non climatiques	Vulnérabilité à la sécheresse	Total
Prairies humides	4	3	4	4	2	4	21
Prairie mésophiles	2	3	3	3	2	4	17
Mares et points d'eau	4	4	4	4	3	4	23
Végétations herbacées humides	3	3	3	3	3	3	18
Végétation pionnière des vases humides	3	4	3	3	3	3	19
Pelouses sableuses	2	2	2	3	2	2	13
Boisements alluviaux	4	3	3	2	3	4	19

1 : impact faible. 2 : impact modéré. 3 : impact assez fort. 4 : Impact fort à très fort

Les habitats cumulant le plus de points sont les moins résilients. Afin de les comparer et de déterminer leur capacité de résilience ils sont classés en fonction du rapport de la note total par habitat/note maximale qui est de 24 (impact négatif maximal) (cf. tableau 35)).

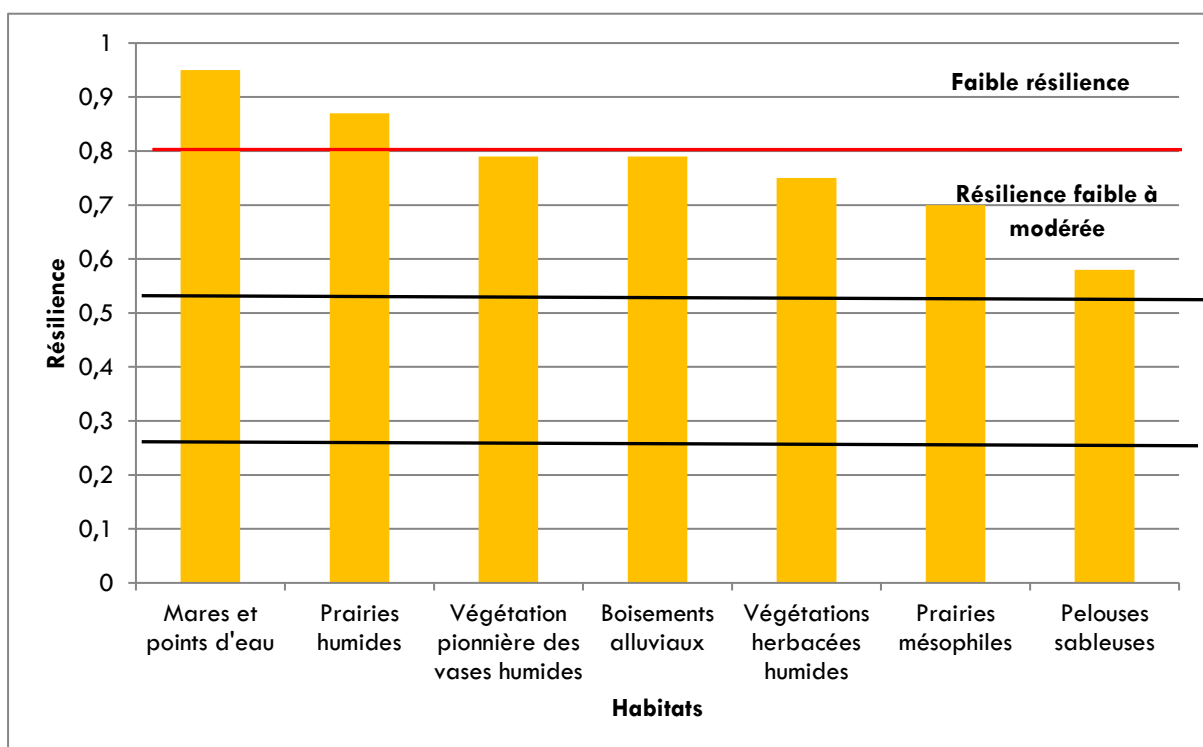
Tableau 35 : Catégories de résilience

Niveau de résilience	Notation
----------------------	----------

Faible résilience	0,8 à 1
Résilience faible à modéré	0,5 à 0,8
Résilience assez forte	0,20 à 0,5
Résilience forte à très forte	0 à 0,20

Pour chaque habitat une note permet de les classer selon la catégorie du tableau 35. Le classement des habitats en fonction de leur résilience est indiqué dans la figure 25. D'autres critères pourraient être pris en compte comme l'arrivée de nouvelles espèces animales et végétales méridionales qui enrichiront le cortège d'espèces et contribueront à recomposer les communautés végétales et animales pour une meilleure adaptation aux conditions climatiques. Ce facteur est trop difficile à évaluer pour être pris en compte.

Figure 25 : Résilience potentielle de 7 habitats naturels à 6 facteurs environnementaux et anthropiques liés au changement climatique (Val de Sully).



Les habitats présentant la plus faible résilience sont ceux dont l'état de conservation dépend étroitement d'une bonne connexion à la nappe alluviale. Ce sont les milieux herbacés et aquatiques alimentés en totalité ou partiellement par des résurgences provenant de la nappe alluviale. **Leur fonctionnalité est directement liée à la connexion avec la nappe alluviale.** On peut s'attendre à une baisse chronique du toit de la nappe étant donné que la période de sécheresse s'allongera et que la pression de pompage agricole augmentera. La nappe alluviale atteindra des niveaux historiquement bas.

Année après année, le remplissage de la nappe avec une pluviométrie identique s'avérera de plus en plus difficile pour atteindre le niveau optimum, favorable au fonctionnement des sources car les périodes de pluie risquent de se concentrer en hiver. Les sources qui alimentent ces habitats pourraient se tarir. Soit on retrouvera ces habitats dans des niveaux topographiques plus bas où ils pourraient se maintenir soit ils se transformeront en milieux herbacés mésophiles.

Les boisements alluviaux situés sur les terrasses alluviales sont menacés car déconnectés de la nappe alluviale et vont se transformer. La capacité de résilience de cet habitat dépendra des possibilités de laisser évoluer des boisements alluviaux, dans des niveaux topographiques au sein de la bande active de la Loire. Il y a cependant un risque de créer un conflit d'usage entre la nécessité de conserver des boisements dynamiques dans des zones d'écoulement des eaux dont l'objectif est de protéger les populations du risque de crue.

Les végétations herbacées des vases humides sont très menacées par l'expansion de la Jussie. C'est le facteur le plus menaçant pour cet habitat dont la surface varie au gré des variations du niveau d'eau en été. **La capacité de résilience de cet habitat va dépendre en grande partie du régime de perturbation des eaux en période estivale** qui pourrait freiner l'expansion de la Jussie. **Pour l'instant le soutien d'étiage empêche ces perturbations, provoquant la régression importante de cette formation végétale.**

Les végétations herbacées humides (magnocariçaie, phalaridaies, mégaphorbiaies, roselières...) sont également menacées mais **les habitats très localisés comme les mégaphorbiaies et les roselières sont logiquement les plus vulnérables.** Les magnocariçaies vont pouvoir s'adapter en continuant de se déplacer dans des niveaux topographiques plus bas. **La capacité de résilience de ces habitats sera très variable en fonction de leur situation topographique.**

Les prairies mésophiles sont plus menacées au niveau de leur composition floristique. Il est possible qu'on assiste à une forte régression de cette formation végétale dans les zones soumises au pâturage. Ces prairies vont se recomposer avec de nouvelles espèces et sans doute avec une proportion plus élevée d'espèces végétales annuelles. **Paradoxalement on assistera à une diversification de la flore prairiale avec des espèces méridionales plus adaptées.**

Les pelouses sur sable sont plus adaptées et subiront des recompositions florales qui se traduiront vraisemblablement par une forte diversité végétale enrichie par des espèces méditerranéennes. La typologie des pelouses évoluera et certaines pelouses actuelles vont être fortement modifiées notamment les pelouses à Koelerie et Phléoles. Les pelouses sur sable ont cependant une bonne capacité de résilience mais elles risquent d'évoluer vers des formations plus homogènes (moins de mosaïques) et sensibles aux perturbations anthropiques (notamment le pâturage). **Ces transformations exposent cet habitat aux espèces végétales invasives surtout si des perturbations anthropiques ou animales fragilisent le tapis herbacé.**

L'évolution rapide du changement climatique prend de cours la dynamique naturelle des habitats. L'incision historique du lit de la Loire, l'augmentation des températures et de la fréquence des sécheresses rendent plus difficile l'accès à l'eau pour la végétation, influençant fortement l'évolution des habitats et leur capacité d'adaptation. **Tous les habitats sont vulnérables à court terme car ces conditions entraîneront une recomposition des végétations, plus ou moins importante, qui conduira dans un premier temps à une fragilisation de ces milieux,** notamment vis à vis d'espèces invasives.

Cette transition finira par aboutir à **un niveau d'équilibre plus ou moins précaire, qui pourrait, à terme, être très favorable à la biodiversité végétale et animale** grâce un enrichissement en espèces méridionales. On assistera sans doute une recomposition des mosaïques d'habitats en se rapprochant de la Loire dans des niveaux topographiques plus bas, moins touchés par l'incision du lit.

Beaucoup d'habitats seront différents, leur typologie ne sera plus la même et certains d'entre-deux seront très localisés, notamment les milieux aquatiques. **Ces conditions vont favoriser des fonctionnements hydrologiques que l'on connaît actuellement en région méditerranéenne.**

VIIIB) PROPOSITIONS DE MESURES POUR RENFORCER LA RESILIENCE ET LA CAPACITE D'ADAPTATION DE LA BIODIVERSITE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Plusieurs stratégies d'adaptation sont possibles. Une synthèse scientifique réalisée par Landridge (Landridge et al – 2020) fait émerger deux catégories de stratégies. Elles sont proposées par Heller et Zavaleta (2009 in Landridge et al) :

- Les stratégies « **sans regret** » proposant des mesures à mettre en place pour préserver la biodiversité avec ou sans changement climatique comme par exemple la création de corridors écologiques. Ces mesures visent surtout à renforcer la résilience des milieux naturels et favoriser leur capacité d'adaptation.
- Les stratégies « **proactives** » qui identifient une action forte de l'homme comme par exemple l'usage de la translocation. Ces mesures comportent une part d'incertitude et nécessitent d'anticiper de futurs changements. Elles font appel à d'importantes capacités en ingénierie écologique.

Nous avons pris le parti d'analyser les facteurs limitant les impacts et favorisant la capacité d'adaptation des habitats naturels (résilience) pour les stratégies « sans regret ».

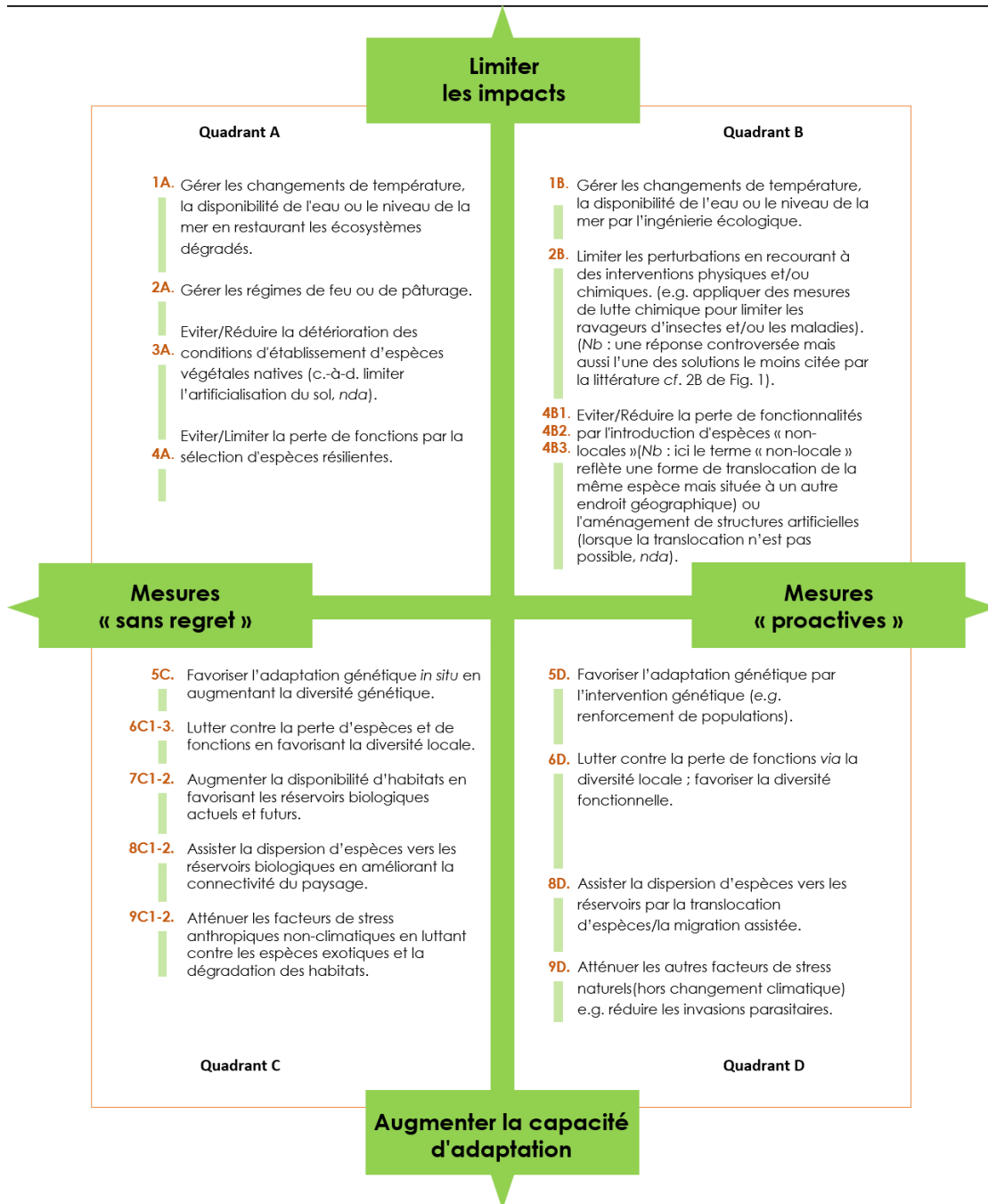
En ce qui concerne les stratégies « proactives » il est difficile de statuer sur leur mise en œuvre car elles concernent des actions fortes qui nécessitent beaucoup de préparations, de réflexion et un niveau d'ingénierie écologique élevé et spécialisé.

Cependant cette démarche n'exclut pas la mise en œuvre d'actions proactives dans les prochaines décennies si les mesures « sans regret » s'avèrent insuffisantes.

L'analyse des articles scientifiques par Heller & Zavaleta (2009) et Prober et al. (2019) permet de proposer 23 mesures possibles **pour renforcer la résilience et la capacité d'adaptation de la biodiversité face au changement climatique** sont représentées par la figure 26, tirée de Landridge (Landridge et al - 2020).

Figure 26 : Typologie des 23 mesures pour renforcer la résilience et la capacité d'adaptation de la biodiversité face au changement climatique, adapté de Heller & Zavaleta (2009) et Prober et al. (2019).

Les quadrants « A » et « C » correspondent aux mesures « sans regret ». Les quadrants « B » et « D » sont des mesures « proactives » et comportent un élément de risque. Les mesures sont numérotées en lien avec leur quadrant (1A à 9D). NB : Certaines mesures « proactives » sont plus basées sur la théorie que sur les expériences de terrain. La traduction choisie s'éloigne parfois de la version originale afin de rendre le texte plus facile à appréhender et davantage opérationnel.



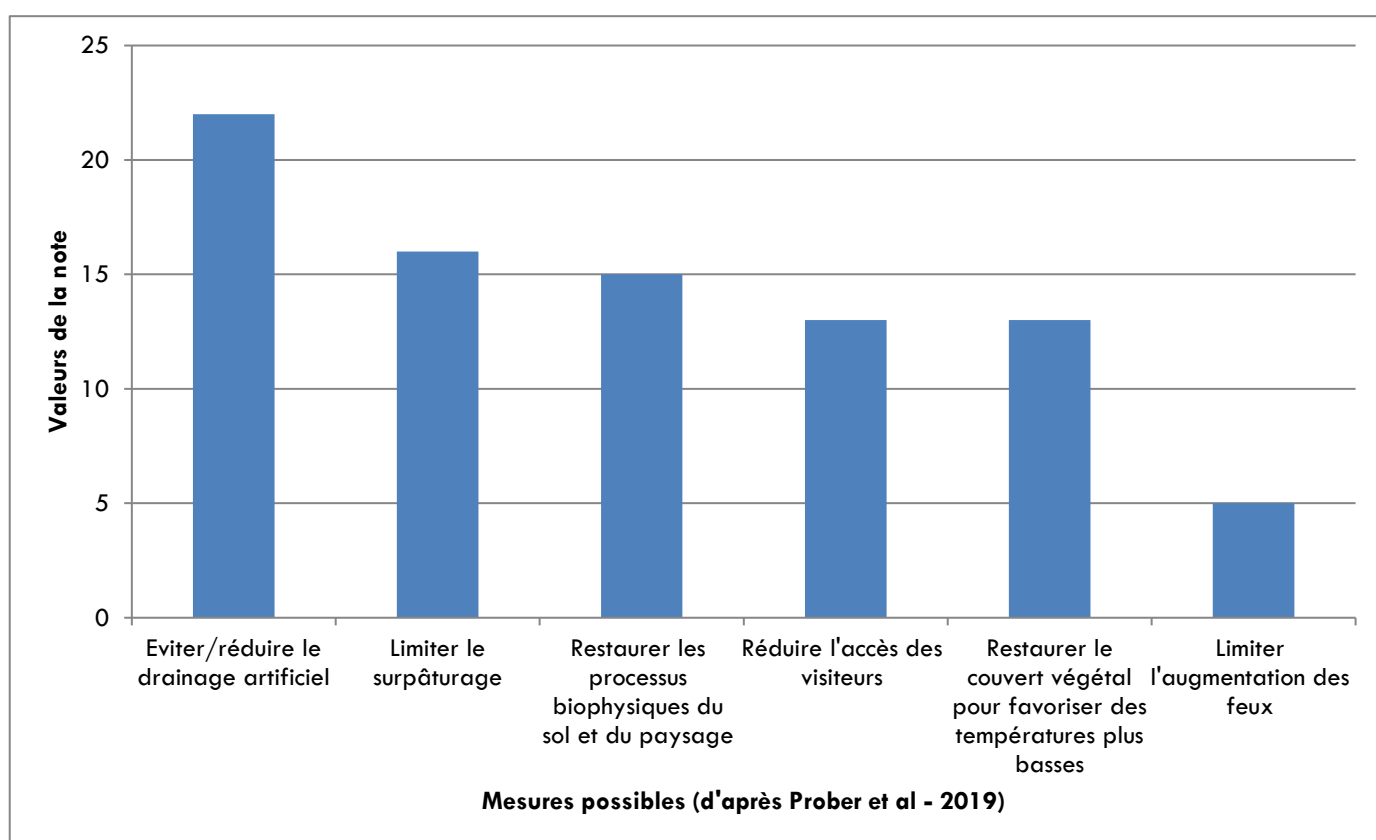
Heller et Zavaletta (2009 in Langridge et al) ainsi que Prober et al (2019 in Langridge et al) qui sur un échantillon de 473 études scientifiques indique que la recommandation la plus suggérée par les scientifiques est **l'amélioration de la connectivité du paysage** (corridors écologique, barrières à la dispersion, créer des réserves à proximité les unes des autres...).

Ces auteurs ont identifié 2 impacts majeurs :

- Gérer les changements en restaurant les écosystèmes dégradés.
- Gérer les régimes de feu et de pâturage.

Ils proposent 6 mesures pour atténuer ces 2 impacts. En évaluant chaque mesure proposée pour les 7 habitats naturels à enjeu de conservation présents dans le Val de Sully (sous forme de notation), il a été possible de les hiérarchiser d'après les tableaux en annexes 1 et 2 (figure 27).

Figure 27 : Hiérarchie des mesures possibles (d'après Prober et al) pour limiter l'impact du réchauffement climatique sur l'ensemble des habitats à enjeux de conservation du Val de Sully



Ces auteurs ont identifié 10 facteurs contribuant à augmenter la capacité d'adaptation au réchauffement climatique :

- Favoriser l'adaptation en favorisant la diversité génétique.
- Favoriser la redondance écologique à l'échelle du site.
- Renforcer la redondance spatiale.
- Se préparer aux situations d'urgence.
- Protéger, gérer ou restaurer une diversité d'habitats actuels et futurs (potentiel).
- Faciliter la persistance des espèces en ciblant des sites à priori plus résistants au climat.
- Modifier la connectivité du paysage.
- Favoriser l'hétérogénéité spatiale.

- Contrôle d'invasions exotiques non désirées.
- Éviter / limiter la dégradation des milieux naturels.

Ces mêmes auteurs proposent 18 mesures possibles déclinées au sein de ces 10 facteurs. Parmi toutes ces mesures (détaillées dans les tableaux en annexe 1 et 2), il y a 3 mesures plus importantes (figure 28) :

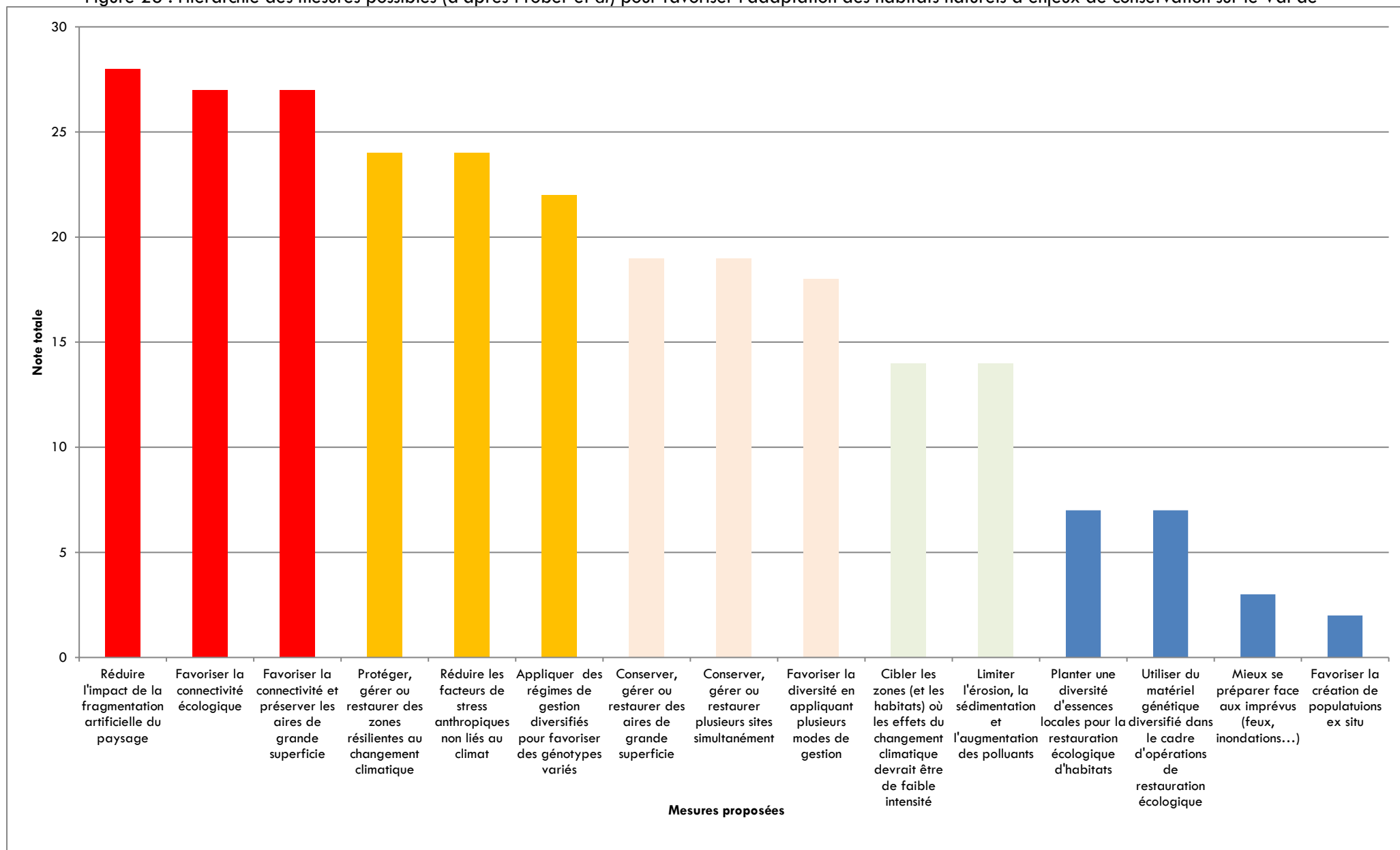
- ✓ Réduire l'impact de la fragmentation artificielle du paysage.
- ✓ Favoriser la connectivité écologique.
- ✓ Favoriser la connectivité et préserver les aires de grande superficie.

Les mesures proposées ont été hiérarchisées pour les 7 habitats naturels à enjeu de conservation (figure 28 d'après les tableaux en annexe 1 et 2). Pour les 3 mesures suivantes nous n'avons pas fait d'évaluation par manque d'informations.

- Renforcer la résistance des espèces et des écosystèmes au changement climatique.
- Assurer la disponibilité et l'accessibilité des habitats aux espèces.
- Mieux se préparer face aux imprévus (feux, inondations...).

Toutes ces mesures sont reprises dans le tableau 37 pour estimer leur capacité de mise en œuvre sur le terrain, au regard de ce qui est déjà réalisé par le CEN-CVL. Dans ce tableau la capacité d'amélioration de chaque mesure est estimée.

Figure 28 : Hiérarchie des mesures possibles (d'après Prober et al) pour favoriser l'adaptation des habitats naturels à enjeux de conservation sur le Val de



Sully (d'après les notations indiquées dans le tableau en annexe 1)

Tableau 36 : Capacité de mise en œuvre et d'amélioration des mesures possibles sur le val de Sully proposés par Prober et al -2019

LIMITER LES IMPACTS	Mesures possibles à privilégier (d'après Prober et al - 2019)	Capacité de mise en œuvre	Capacité d'amélioration
Gérer les changements en restaurant les écosystèmes dégradés	Restaurer le couvert végétal pour favoriser des températures plus basses	3	Assez forte
	Restaurer les processus biophysiques du sol et du paysage pour optimiser le captage de l'eau du sol dans les milieux secs	3	Assez forte
	Eviter/réduire le drainage artificiel pour augmenter la disponibilité en eau	2	Faible à modéré
Gérer les régimes de feu et de pâturage	Limiter l'augmentation des feux par une gestion favorisant une densité de peuplement plus faible	2	
	Réduire l'accès des visiteurs	3	Modéré
	Limiter le surpâturage	4	Assez forte
AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPATION			
Favoriser l'adaptation en favorisant la diversité génétique	Favoriser la connectivité et préserver les aires de grande superficie	2	Assez forte
	Utiliser du matériel génétique diversifié dans le cadre d'opérations de restauration écologique	2	Non évalué
	Appliquer des régimes de gestion diversifiés pour favoriser des génotypes variés	4	Forte
Favoriser la redondance écologique à l'échelle du site	Planter une diversité d'essences locales pour la restauration écologique d'habitats	3	Assez forte ?
	Favoriser la diversité en appliquant plusieurs modes de gestion	4	Forte
Renforcer la redondance spatiale	Conserver, gérer ou restaurer des aires de grande superficie	2	Modéré
	Conserver, gérer ou restaurer plusieurs sites simultanément	3	Assez forte
	Favoriser la création de populations ex situ	1	Non évalué
Se préparer aux situations d'urgence	Mieux se préparer face aux imprévus (feux, inondations...)	2	Modéré
Protéger, gérer ou restaurer une diversité d'habitats actuels et futurs (potentiel)	Cibler les zones (et les habitats) où les effets du changement climatique devraient être de faible intensité	3	Modéré ?
Faciliter la persistance des espèces en ciblant des sites à priori plus résistants au climat	Protéger, gérer ou restaurer des zones résilientes au changement climatique (meilleure connexion avec la nappe en période d'étiage par exemple)	2	Modéré
Modifier la connectivité du paysage	Favoriser la connectivité écologique	2	Forte
	Réduire l'impact de la fragmentation artificielle du paysage	3	Forte
Favoriser l'hétérogénéité spatiale	Assurer la disponibilité et l'accessibilité des habitats aux espèces	3	Assez forte ?
Contrôle d'invasions exotiques non désirées	Réduire les facteurs de stress anthropiques non liés au climat	3	Assez forte
	Renforcer la résistance des espèces et des écosystèmes au changement climatique	NE	Non évalué
Eviter / limiter la dégradation des milieux naturels	Limiter l'érosion, la sédimentation et l'augmentation des polluants	1	Faible
	Réintroduire des prédateurs ou espèces "clé de voute» pour restaurer l'équilibre des écosystèmes	1	Non évalué

Légende

1	Mesures difficilement réalisables car elles dépendent en grande partie de facteurs externes à la gestion des sites et nécessitent une action politique étendue
2	Mesure réalisable mais fortement contrainte par le statut foncier des terrains, la rareté des habitats (très forte fragmentation) et des facteurs externes dépassant le cadre des sites gérés par le CEN-CVL

3	Mesures réalisables et en partie mises en œuvre par le CEN-CVL
4	Mesures déjà mises en œuvre par le CEN-CVL pouvant être améliorées
NE	Non évalué

Le tableau 36 liste toutes les mesures possibles pour réduire l'impact du réchauffement climatique et augmenter la capacité d'adaptation. Les actions déjà mises en œuvre par le Conservatoire contribuent à améliorer la résilience des habitats. Cependant, **ces actions se heurtent au fait que les habitats sont souvent localisés, fragmentés sur de faibles surfaces** (hormis quelques cas comme les sites de plaine de Villaine et de Guilly, pour les milieux herbacés). **L'action du CEN-CVL est contrainte par les moyens financiers et la structure du foncier pour agir rapidement** (foncier très morcelé sur les zones d'intervention).

Malgré tout, les actions sur le Domaine Public Fluvial peuvent se trouver contraintes par la nécessité de maintenir le bon écoulement des eaux. L'action de l'Etat étant prioritaire pour préserver les populations du risque d'inondation, **certaines opérations de rétablissement de l'écoulement des eaux pourraient être réalisées en contradiction avec un objectif de conservation de certains habitats particulièrement affectés par les effets du réchauffement climatique. C'est le cas par exemple des boisements alluviaux ou des mares alluviales temporaires qui peuvent s'ensabler dans les annexes fluviales restaurées et trop larges.** Les dépôts de sables sont alors plus importants que la quantité de sable remis en suspension lors des crues. **Ce colmatage sableux affecte très négativement les fonds caillouteux des annexes fluviales, favorables à la macro-faune invertébrée et à la reproduction des poissons.**

La capacité d'amélioration de chaque mesure a été estimée pour évaluer leurs possibilités d'évolution par rapport à ce qui est déjà mis en œuvre (tableau 37).

Tous les habitats humides situés dans le lit de la Loire vont glisser progressivement vers des niveaux topographiques plus bas, dans des secteurs fortement exposés au développement des espèces animales et végétales invasives mais aussi aux actions anthropiques (accès en véhicules, camping et bivouac, déchets, dérangement...).

A cela s'ajoute les travaux d'ouverture et d'entretien du DPF pour assurer le bon écoulement des eaux.

La précocité, la durée et la répétition des étiages favoriseront un glissement des habitats sur des surfaces réduites sans doute plus exposés aux facteurs de dégradation anthropiques et exogènes (espèces invasives).

Certaines annexes fluviales pourraient aussi perdre de leur intérêt.

VIIIC) CONCLUSION

Au regard des préconisations proposées par les études scientifiques consultées (notamment Prober et al - 2019) le maintien d'une bonne connexion entre habitats avec des surfaces suffisamment grandes sont les actions à mettre en œuvre prioritairement. Cette option nécessite de mettre en œuvre des actions sur les sites mais aussi en dehors notamment sur le domaine public fluvial. Cette démarche sera essentielle pour une préservation durable des habitats et des espèces.

Cela nécessitera de trouver un équilibre entre préservation des fonctionnalités écologiques des habitats et réponse aux attentes de l'Etat pour assurer durablement un bon écoulement des eaux. Cette démarche doit être entreprise à grande échelle pour les travaux de restauration et d'entretien du lit et de ses annexes mais aussi pour la régulation du niveau des étiages. **Ce compromis risque d'être très compliqué à trouver.**

Aujourd'hui la concentration des intérêts écologiques concernant les zones humides en période de végétation sont de plus en plus localisées au niveau du lit actif, sur une bande étroite, particulièrement exposée aux espèces végétales invasives. **On peut s'interroger sur la persistance d'habitats fortement fragilisés et menacés qui pourraient régresser voir quasiment disparaître à plus ou moins court terme (comme par exemple les végétations des vases humides).**

Nous n'avons pas proposé de mesures interventionnistes ou proactives pour l'instant car leur utilisation nécessite une réflexion plus approfondie et une étude au cas par cas dans le cadre d'une procédure de validation scientifique. La mise en place d'une telle démarche n'est pas exclue à terme notamment pour faciliter la régénération de la forêt alluviale.

BIBLIOGRAPHIE

BAPTIST.F, POULET.N & SEON-MASSIN.N (coordinateurs). ; 2014- Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique. Etat des lieux et pistes pour l'adaptation – ONEMA – 131 pages.

BOUDIN.L, CORDIER.J, MORET.J. ; 2007 – Atlas de la flore remarquable du val de loire entre le bec d'Allier et le bec de Vienne – Museum national d'Histoire naturelle, Paris, 464p. (Patrimoine naturel, 66).

BRISSON.N, LEVRAULT.F, ÉDITEURS ; 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME. 336p

CHAIX C. et SZERB P., 2020. Préconisations pour la prise en main des services climatiques par les gestionnaires d'espaces naturels. LIFE NATURADAPT – Rapport AGATE/CIEDEL. 20p.

CHAIX C. et SZERB P., 2019. Recensement et analyse des principaux services climatiques en Europe et en France utiles aux gestionnaires d'espaces naturels protégés. LIFE Naturadapt – Rapport AGATE/CIEDEL. 32p.

CHAMAILLARD.S ; 2011 - Efficience d'utilisation de l'eau chez le peuplier noir (*Populus nigra L.*) : variabilité et plasticité en réponse aux variations de l'environnement – Thèse de 3^{ème} cycle – Université d'Orléans – 195 pages.

CORNIER.T ; 2002 - La végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou : essai de modélisation de l'hydrosystème. Ecosystèmes. Université François Rabelais - Tours.

COUDURIER.C, RNF, LOCHON.I, RNN de Chastreix-Sancy, PNRVA – Guide méthodologique Natur'Adapt – V1 – Elaboration d'un diagnostic de vulnérabilité et d'opportunité et d'un plan d'adaptation pour intégrer le changement climatique dans la gestion de son aire protégée – projet LIFE NATURADAPT – 57 pages.

DUMAS.Y ; 2019 – Que savons-nous de l'Erable négondo *Acer negundo L.* ? – NATURAE (MNHN) – pages 257-283.

DREAL CENTRE-VAL-DE-LOIRE ; 2019 – Indicateurs clés sur le changement climatique en région Centre-Val de Loire – 29 pages.

ETABLISSEMENT PUBLIC DU BASSIN DE LA LOIRE (EPTB) ; 2014 - Impacts du changement climatique sur le bassin de la Loire et ses affluents - Éléments de connaissances scientifiques – 53 pages.

ETABLISSEMENT PUBLIC DU BASSIN DE LA LOIRE (EPTB) ; 2019 – Bénéfices socio-économiques du soutien d'étiage de l'Allier et de la Loire par les barrages de Naussac et de Villerest – livret n°8 – 7 pages.

FEDERATION DES CONSERVATOIRES D'ESPACES NATURELS, 2020. Les Solutions fondées sur la Nature en réponse aux changements climatiques - Enjeux, concepts et applications dans le bassin de la Loire. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels, 28 p.

GIEC ; 2014 – Changement climatique 2014 – rapport de synthèse – RAPPORT DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT - OMM/PNUE - 180 pages

GRESSETTE. S ; 2020 – VAL DE SULLY (LOIRET) – Lot n°6 : site de Conservatoire d'espace naturel (acquis et géré) – MAPA2020/RNF/LIFE17/000089/08 – proposition technique 2021 – 2022 – 31 pages.

HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 de la Plaine de Villaine – CEN-Centre-Val de Loire - 104 pages.

HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A. ; 2020 – Plan de gestion 2020–2030 d'Entre-les-levées - CEN-Centre-Val de Loire - 133 pages.

HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A. ; 2015 – Plan de gestion 2015–2025 du Méandre de Guilly et de Bouteille - CEN-Centre-Val de Loire - 133 pages

HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A. ; 2015 – Plan de gestion 2015–2025 des Fiches des parterres- CEN-Centre-Val de Loire - 126 pages

HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 des Varinnes – CEN-Centre-Val de Loire - 104 pages.

HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2016 – Plan de gestion 2016-2026 du site de Benne – CEN-Centre-Val de Loire - 112 pages.

HERGOTT.F, CHEVALIER.T, PIERRARD.A, 2016 – Plan de gestion 2016-2026 de la Plaine de l'Ormette – CEN-Centre-Val de Loire - 96 pages.

HERGOTT.F, ALLARD.C, PIERRARD.A, GRAVRAND.I. ; 2015 – Plan de gestion 2015-2025 des Mahyses et des Ripeneaux – CEN-Centre-Val de Loire - 137 pages.

LANGRIDGE.J., SORDELLO.R, REYJOL.Y. ; 2020 – Synthèse des mesures possibles pour favoriser l'adaptation de la biodiversité au changement climatique basée sur Prober et al (2019) et Heller et Zavaleta (2009) – LIFE Natur'adapt – Rapport de l'UMS Patrinat (MNHN, CNRS, OFB) – 24p

MAISON DE LOIRE DU LOIRET, DREAL Centre-Val de Loire ; 2016 – Un siècle sans crue – 32 pages.

MOATAR. F, S DUCHARNE.A, THIERY.D, BUSTILLO.V, SAUQUET.E, et al. ; 2010 - La Loire à l'épreuve du changement climatique. Géosciences, BRGM -12, pp.78-87.

NATURE CENTRE/CBNBP ; 2014 – Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la région Centre-Val de Loire Ed. Orléans, 504 pages.

OBSERVATOIRE REGIONAL SUR L'AGRICULTURE ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE (ORACLE) ; 2019 -Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Centre Val-de-Loire - AESN, AELB, Région Centre-Val de Loire, ADEME, Chambres d'agricultures de la région centre-Val de Loire – 101 pages.

OFFICE NATIONAL DES FORETS ; 2018 – Résumé du séminaire sur les impacts du changement climatique sur les chênaies – 5 pages

SCHLOESSER. D et MERCKLING. L. ; 2020 - Projet LIFE Natur'Adapt : Analyse des vulnérabilités et analyse prospective de la Réserve Naturelle Nationale de la Petite Camargue Alsacienne face au changement climatique, 46 p.

SELLIER Y., DUPONT V. PREAU C. LELARGE K. ; 2021 – Vers une intégration systémique des enjeux du changement climatique dans la gestion de la Réserve naturelle du Pinail. Édité par GEREPI. Vouneuil-sur-Vienne, France. 151 p.

SITE METEO FRANCE

- [HTTP://WWW.DRIAS-CLIMAT.FR/](http://www.drias-climat.fr/)
- [HTTPS://METEOFRACTE.COM/CLIMATHD](https://meteofrance.com/climathd)



© cen-centrevalde Loire

ANNEXES

Diagnostic de vulnérabilité au
changement climatique des sites
du Val de Sully



ANNEXE 1 : PROPOSITIONS DE MESURES POUR LIMITER LES IMPACTS DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

LIMITER LES IMPACTS	Mesures possibles à privilégier (d'après Prober et al - 2019)	Prairies humides de fauche	Prairies mésophiles de fauche	Végétation aquatique des mares et bras d'eau	Végétation pionnière des vases humides	Végétations herbacées humides	Pelouses sur sable	Boisements alluviaux	Commentaires
Gérer les changements en restaurant les écosystèmes dégradés	Restaurer le couvert végétal pour favoriser des températures plus basses	1	1	3	1	2	1	4	Eviter la mise à nu de sol sur de grande surface car il y a un risque de dégradation avec la pénétration d'espèces rudérales et/ou invasives.
	Restaurer les processus biophysiques du sol et du paysage pour optimiser le captage de l'eau du sol dans les milieux secs	4	2	4	1	3	1	2 ?	Préserver une mosaïque d'habitats sur les sites. Difficulté de réguler l'impact du prélèvement d'eau dans la nappe alluviale, hors du site, afin d'atténuer les effets de la sécheresse (il faut des politiques d'accompagnement type MAEC visant à réduire drastiquement les prélèvements dans la nappe).
	Eviter/réduire le drainage artificiel pour augmenter la disponibilité en eau	4	3	4	3	3	1	4	
Gérer les régimes de feu et de pâturage	Limiter l'augmentation des feux par une gestion favorisant une densité de peuplement plus faible	0	0	0	0	0	1	4	Cette pratique s'applique aux boisements, sensibles au feu et dans une certaine mesure aux fruticées. Le risque de feu est important avec un risque accru lors des coupes forestières, notamment en fin d'été et en début d'automne, périodes qui seront les plus sèches. Ces départs de feu peuvent se produire hors des sites et se propager dans le site du CEN-CVL. Il faut des préconisations concernant tous les usagers des massifs forestiers en réduisant les périodes autorisées pour l'exploitation des boisements dès le printemps jusqu'en fin d'automne ? Zone tampon autour des sites avec des préconisations et réglementations ?
	Réduire l'accès des visiteurs	2	1	3	3 ?	1	2	4	La fréquentation par le public augmente fortement le risque de feu. Une réglementation ou une interdiction d'accès sera nécessaire dans les secteurs les plus sensibles. Le risque est important avec le développement du canoë en Loire qui prendra de l'importance avec l'allongement des étiages. La limitation du bivouac deviendra une nécessité. Attention la fréquentation du public doit être régulée hors des sites sensibles (zone tampon autour des sites). Faire éventuellement une évaluation du risque de feu / à la fréquentation pour identifier les vulnérabilités et mettre en œuvre des opérations de limitation de la fréquentation.

LIMITER LES IMPACTS	Mesures possibles à privilégier (d'après Prober et al - 2019)	Prairies humides de fauche	Prairies mésophiles de fauche	Végétation aquatique des mares et bras d'eau	Végétation pionnière des vases humides	Végétations herbacées humides	Pelouses sur sable	Boisements alluviaux	Commentaires
	Limiter le surpâturage	0	0	2	3	3	4	4	Indépendamment des effets climatiques, le pâturage est impactant sur les pelouses sableuses et les boisements alluviaux. Les sols sableux sont très sensibles au tassement. Un surpâturage entraîne une dégradation des habitats et une homogénéisation de la strate herbacée. Les effets du climat peuvent amplifier les effets d'un surpâturage en aggravant la dégradation et en favorisant la réactivité d'espèces annuelles dominantes. Cette situation pourrait être favorable aux espèces invasives.

Légende :

0 Peu ou pas concerné pour l'instant

1 intérêt faible

2 Intérêt modéré

3 Intérêt assez fort

4 Intérêt très fort

? Pas d'avis

ANNEXE 2 : PROPOSITIONS DE MESURES POUR AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPTATION

AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPATION	Mesures possibles à privilégier (d'après Prober et al - 2019)	Prairies humides de fauche	Prairies mésophiles de fauche	Végétation aquatique des mares et bras d'eau	Végétation pionnière des vases humides	Végétations herbacées humides	Pelouses sur sable	Boisements alluviaux	Commentaires
Favoriser l'adaptation en favorisant la diversité génétique	Favoriser la connectivité et préserver les aires de grande superficie	4	4	4	3	4	4	4	
	Utiliser du matériel génétique diversifié dans le cadre d'opérations de restauration écologique	1	1	1	1	1	1	1	Uniquement en cas de restauration d'habitats dégradés avec des espèces locales pour favoriser la colonisation
	Appliquer des régimes de gestion diversifiés pour favoriser des génotypes variés	4	4	4	1	4	4	1	Action très favorable sur les milieux herbacés ouverts.
Favoriser la redondance écologique à l'échelle du site	Planter une diversité d'essences locales pour la restauration écologique d'habitats	1	1	1	1	1	1	1	Action plus adaptée à la plantation de haies ou à la restauration de boisements. Peu avoir un effet indirect notamment sur la ressource en eau.
	Favoriser la diversité en appliquant plusieurs modes de gestion	3	3	3	1	3	4	1	
Renforcer la redondance spatiale	Conserver, gérer ou restaurer des aires de grande superficie	3	2	1	2	3	4	4	Ces critères sont limitants dans un contexte ligérien où les habitats sont souvent localisés et isolés. Les possibilités de gérer de grandes surfaces sont de toute façon limitées.
	Conserver, gérer ou restaurer plusieurs sites simultanément	2	2	2	2	3	4	4	
	Favoriser la création de populations ex situ	0	0	0	0	0	0	2	Pour l'instant cette option n'est pas privilégiée. Elle pourrait l'être dans le cas d'une évolution négative de certains habitats très rapide et brutale.
Se préparer aux situations d'urgence	Mieux se préparer face aux imprévus (feux, inondations...)	?	?	?	?	?	?	3	Cet aspect concerne plus particulièrement les boisements face au risque de feu ou d'inondation. Pour cet habitat les actions de gestion peuvent devenir incompatibles avec la préservation durable de boisements alluviaux bien connectés avec la nappe (sur des niveaux topographiques bas).
Protéger, gérer ou restaurer une diversité d'habitats actuels et futurs (potentiel)	Cibler les zones (et les habitats) où les effets du changement climatique devraient être de faible intensité	?	?	4	1	3	2	4	Tous les habitats sont touchés par le réchauffement climatique. Les pelouses pionnières seront moins touchées. Pour les boisements , les stades pionniers situés au niveau topographique plus bas, doivent être privilégiés. Cela peut concerner des milieux humides alimentés par la nappe qui peuvent être restaurées plus en profondeur pour être en eau lorsque la nappe alluviale est plus basse.

AUGMENTER LA CAPACITE D'ADAPATION	Mesures possibles à privilégier (d'après Prober et al - 2019)	Prairies humides de fauche	Prairies mésophiles de fauche	Végétation aquatique des mares et bras d'eau	Végétation pionnière des vases humides	Végétations herbacées humides	Pelouses sur sable	Boisements alluviaux	Commentaires
Faciliter la persistance des espèces en ciblant des sites à priori plus résistants au climat	Protéger, gérer ou restaurer des zones résilientes au changement climatique (meilleure connexion avec la nappe en période d'étiage par exemple)	4	3	4	3	4	2	4	Ce critère concerne surtout les milieux humides. Une meilleure résilience nécessite la restauration d'habitats plus bas au niveau topographique pour une meilleure connexion par la nappe. Cela concerne les boisements mais aussi toutes les zones humides qui pourraient se retrouver au niveau topographique plus bas dans le lit actif de la Loire. Il y aura un glissement topographique des habitats dans le lit actif de la Loire et ses annexes encore bien connectées.
Modifier la connectivité du paysage	Favoriser la connectivité écologique	4	4	3	4	4	4	4	Ce critère est prépondérant pour l'ensemble des habitats. Une bonne connectivité des habitats dépendra de leurs surfaces mais aussi de leur état de conservation (tel que nous le connaissons aujourd'hui). Or l'état de conservation de certains habitats pourrait être redéfini avec la recomposition de la végétation. La préservation des fonctionnalités et plus particulièrement de la connexion avec la nappe alluviale est le facteur le plus important.
	Réduire l'impact de la fragmentation artificielle du paysage	4	4	4	4	4	4	4	
Favoriser l'hétérogénéité spatiale	Assurer la disponibilité et l'accessibilité des habitats aux espèces	?	?	?	?	?	?	?	Ce critère dépend de la surface et de l'état de conservation des habitats ainsi que de la qualité des connexions entre les sites.
Contrôle d'invasions exotiques non désirées	Réduire les facteurs de stress anthropiques non liés au climat	4	3	4	3	3	3	4	Ces facteurs concernent surtout les polluants qui augmentent l'eutrophisation et perturbent l'état de conservation des habitats les plus exposés, notamment les zones humides. La remise à nu de terrains pour créer des zones pionnières (par exemple les pelouses) peut être favorable aux espèces invasives surtout dans un contexte de changement climatique. Toutes les actions qui remettent à nu des terrains sableux sont susceptibles de favoriser une colonisation par des espèces invasives et pionnières.
	Renforcer la résistance des espèces et des écosystèmes au changement climatique	?	?	?	?	?	?	?	
Eviter / limiter la dégradation des milieux naturels	Limiter l'érosion, la sédimentation et l'augmentation des polluants	1	1	4	2	2	1	3	L'eutrophisation est un facteur aggravant les effets du climat sur la végétation en favorisant par exemple les espèces végétales invasives. Les phénomènes d'érosion et de sédimentation font partie du fonctionnement de la Loire. Ces facteurs assurent la dynamique des milieux humides et de leur rajeunissement.
	Réintroduire des prédateurs ou espèces "clé de voute » pour restaurer l'équilibre des écosystèmes	?	?	?	?	?	?	?	La réintroduction d'espèces prédatrices n'a pas été étudiée.

0 : Peu ou pas concerné pour l'instant. 1 : Intérêt faible. 2 : Intérêt modéré. 3 : Intérêt assez fort. 4 : Intérêt très fort. ? : Pas d'avis



naturadapt.com

Le projet LIFE Natur'Adapt vise à intégrer les enjeux du changement climatique dans la gestion des espaces naturels protégés européens. Coordonné par Réserves Naturelles de France, il s'appuie sur un processus d'apprentissage collectif sur 5 ans (2018-2023), autour de trois axes :

- L'élaboration d'outils et de méthodes opérationnels à destination des gestionnaires d'espaces naturels, notamment pour élaborer un diagnostic de vulnérabilité au changement climatique et un plan d'adaptation ;
- Le développement et l'animation d'une communauté transdisciplinaire autour des espaces naturels et du changement climatique ;
- L'activation de tous les leviers (institutionnels, financiers, sensibilisation...) nécessaires pour la mise en œuvre concrète de l'adaptation.

Les différents outils et méthodes ont été expérimentés sur six réserves partenaires du projet, puis revus et testés sur 15 autres sites, avant la dernière phase de déploiement aux échelles nationale et européenne.

Coordinateur du projet



Grâce au soutien financier de



Contact : naturadapt@rnfrance.org / 03.80.48.91.00

Partenaires engagés dans le projet



Financeurs du projet



The Natur'Adapt project has received funding from the LIFE Programme of the European Union

LIFE17 CCA/FR/000089 - LIFE #CC #NATURADAPT

Septembre 2022