

2014-2015 – Domaine 221

Suivi thermique de la Risle moyenne

Observatoire de la Risle moyenne

Rapport d'étude

Camille RIVIERE (ONEMA-DIR1)
Magali BOUTIN-LAINEZ (ONEMA-DIR1)

Rédaction Novembre 2016 – Edition Mars 2019

Document élaboré dans le cadre de :

L'observatoire de la Risle

En partenariat avec :
BRGM et FDPMA 27

- **AUTEURS**

Camille RIVIERE, Ingénieur connaissances (ONEMA-DIR1), camille.riviere@onema.fr

Magali BOUTIN-LAINEZ, Ingénieur Connaissances (ONEMA – DIR1)

- **CORRESPONDANTS**

Onema : **Camille RIVIERE**, ingénieur connaissances (ONEMA-DIR1), camille.riviere@onema.fr

Partenaire : **Pierre-Yann DAVID**, Hydrogéologue Régional (DR Normandie BRGM), py.david@brgm.fr

Partenaire : **Germain SANSON**, Directeur FDPPMA 27, germain.sanson@peche27.com

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Cyrille CANTAYRE, Agent technique de l'Environnement (ONEMA SD27)

Farid IDIR, Agent technique de l'Environnement (ONEMA SD27)

Benoît JANICOT, Agent technique de l'Environnement (ONEMA SD27)

Adrien BARAULT, Chargé d'études (FDPPMA27)

Mikis BONNET, Chargé d'études (FDPPMA27)

Droits d'usage : accès réservé au BRGM pour la synthèse des éléments suivis, dans l'attente du document final

Niveau géographique : départemental

Couverture géographique : France, Eure, Risle moyenne

Niveau de lecture : professionnels, experts

NB : Le 1er janvier 2017, l'Agence des aires marines protégées, l'Atelier technique des espaces naturels, l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques et Parcs nationaux de France ont regroupé leurs compétences pour créer l'Agence française pour la biodiversité.

Les contacts mail de l'ex-ONEMA sont depuis de type prenom.nom@afbiodiversite.fr

L'observatoire de la Risle

Le secteur de la Risle moyenne, situé entre l'entrée de la rivière dans le département de l'Eure à hauteur de la commune de Ray et sa confluence avec la Charentonne (commune de Nassandre), est caractérisé par un fonctionnement hydrogéologique particulier : en effet, de nombreuses pertes affectent sa partie amont, provoquant une diminution de son débit, qui est ensuite restitué plus à l'aval, au droit de résurgences qui apparaissent à partir de Beaumont-le-Roger.

Ce secteur connaît régulièrement, sur certains tronçons, des pertes totales en période d'étiage qui peuvent entraîner un assec du lit mineur sur plusieurs kilomètres. Ceci s'est notamment produit lors des 10 dernières années en 2005, 2012, 2016 et 2017. En 2005 le cours d'eau s'était asséché sur environ 6 km entre le Val Gallerand et Beaumont-le-Roger. En 2012, une bétoire s'est ouverte le 28 juillet sur la commune de la Houssaye provoquant un assèchement total du cours d'eau sur un linéaire de 12 km environ.

Suite à l'épisode d'assec de l'été 2012 et dans un contexte où d'autres épisodes étaient à prévoir, il est apparu nécessaire d'approfondir la connaissance du fonctionnement du secteur perché de la Risle du point de vue hydrogéologique et écologique dans le cadre d'un observatoire.

La méconnaissance des conséquences de la formation de bétoires et la complexité des écoulements karstiques peuvent mettre en péril non seulement les usages de l'eau dans la Risle moyenne, comme l'alimentation en eau potable, la pisciculture et les activités de loisirs, mais peuvent également conduire au non-respect de la législation, notamment de la Directive cadre européenne sur l'eau ou encore de la Directive Habitat, avec des conséquences en termes économiques qui peuvent être importantes.

Le manque de connaissance du fonctionnement système Risle-Nappe de la craie empêche également de prendre des décisions éclairées en cas d'événements naturels extrêmes comme une crue ou un étiage, mais aussi concernant l'aménagement ou non des bétoires, là aussi avec des conséquences économiques qui peuvent être importantes.

L'objectif de cet observatoire vise donc à approfondir la connaissance du fonctionnement hydrogéologique et écologique de la Risle moyenne par un suivi du milieu en continu sur la période 2013/2015, et durant deux périodes hivernales et estivales. Cette acquisition de connaissance apportera des éléments nécessaires pour orienter la prise de décision dans le futur au niveau des aménagements et interventions à réaliser dans le bassin versant de la Risle.

Six volets d'études ont été définis dans le cadre de l'Observatoire faisant intervenir différents partenaires :

1	Volet géologique	Exploration spéléo (CDS27) Campagnes géophysiques (Université Rouen)
2	Bétoire d'Ajou	Travaux d'aménagement de la bétoire (ASA) Suivi des débits d'engouffrement (DREAL) Instrumentation du site de la bétoire (BRGM)
3	Volet hydrologie	Suivi des débits de la Risle (DREAL) Identification et jaugeage des résurgences de la Risle moyenne (BRGM) Etablissement de la ligne d'eau de la Risle (BRGM)
4	Volet hydrogéologie	Réseau de suivi des eaux souterraines (BRGM) Campagne quantitative Hautes-Eaux et Basses Eaux (BRGM + DREAL) Campagnes de traçages (Université de Rouen)
5	Volet qualité	Suivi de la turbidité sur les AEP de la vallée (ARS/Collectivités AEP) Suivi DCE réalisé par l'AESN
6	Volet biologie	Suivi hydrobiologique de la Risle (DREAL SRE/UHBIO) Suivi des populations piscicoles (FDDPMA27) Suivi température de l'eau de la Risle (ONEMA) Suivi végétation (ONEMA)

Les résultats de cet observatoire ont donné lieu à 7 rapports d'études :

- Rapport du volet n°1 : synthèse géologique et structurale (rapport BRGM) ;
- Rapport des volets n°2, 3, 4 et 5 : étude de l'hydrosystème Risle – Nappe de la craie (rapport BRGM)
- Rapports du volet n°6 :
 - Rapport du suivi des populations piscicoles (rapport FDPPMA 27)
 - Rapport du suivi hydrobiologique (rapport DREAL)
 - Rapport du suivi thermique de la rivière (rapport ONEMA)
 - Rapport du suivi de la végétation aquatique (rapport ONEMA)
- Rapport général de synthèse (rapport BRGM)

Par ailleurs, 4 notes annexes sont également présentes dans le coffret ; les résultats présentés dans ces notes sont repris dans les rapports de synthèse ci-dessus :

- Note concernant les investigations géophysiques (volet 1) – Université de Rouen
- Note concernant les investigations spéléologiques (volet 1) – Comité Départementale de Spéléologie 27
- Note concernant les données quantitatives des eaux superficielles (volet 2) – DREAL Normandie
- Note concernant les investigations par traçage (volet 4) – Université de Rouen

Le BRGM a par ailleurs été missionné pour piloter, coordonner et gérer l'ensemble du projet.

Le présent rapport est un des rapports du volet n°6 : Rapport du suivi thermique de la rivière

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**
Risle, karst, thermie

Sommaire

L'observatoire de la Risle	3
1. Introduction	6
1.1. La Risle et son milieu	6
1.2. Contexte de l'observatoire et suivi thermique	7
1.3. Pourquoi un suivi thermique	8
2. Matériel et méthodes	9
2.1. Descriptif des enregistreurs thermiques et limites du matériel	9
2.2. Méthodologie	9
2.2.1. Protocole	9
2.2.2. Stations de suivi.....	10
2.2.3. Mise en qualité des données	13
2.2.4. Métriques thermiques utilisées	15
2.2.5. Classification thermique de Magnuson	16
3. Résultats	17
3.1. Régimes thermiques – Généralités	17
3.1.1. Variations cycliques sous influence de la météo.....	17
3.1.2. Facteurs de contrôles	17
3.2. Résultats à la station	18
3.3. Résultats amont-aval	37
3.3.1. Etude des gradients longitudinaux : un secteur aval fortement reconnecté.....	37
3.3.2. Amplitudes et périodes froides : un secteur amont complexe.....	37
3.4. Données thermiques et espèces piscicoles	41
3.4.1. Généralités	41
3.4.2. Viabilité thermique partielle d'une population de truites sur la Risle moyenne ..	41
4. Conclusion	44
5. Sigles & Abréviations	45
6. Bibliographie	46
7. Table des illustrations	47
8. ANNEXES	49
Annexe 1 : données thermiques de la Risle à Ambenay	49
Annexe 2 : synthèse tests « dérives des sondes »	52
Annexe 3 : données piscicoles de la Risle à Ambenay	54

1. Introduction

1.1. La Risle et son milieu

La Risle se situe dans le bassin sédimentaire parisien en région Haute-Normandie. Son socle calcaire permet la formation de réseaux karstiques mettant ainsi en contact étroit les eaux superficielles avec celles de la nappe de la craie.

Le secteur moyen de la Risle, situé entre l'entrée de la rivière dans l'Eure à hauteur de la commune de Rugles et sa confluence avec la Charentonne (*Figure 1*), est caractérisé par un fonctionnement hydrogéologique particulier : la nappe souterraine n'affleure pas et laisse au contraire quelques mètres de craie non saturée en eau sous la surface. La rivière est alors « perchée » et les eaux de la Risle vont avoir tendance à s'infiltrer et/ou s'engouffrer dans le sous-sol. Ainsi, de nombreuses pertes affectent la partie amont de ce secteur perché, provoquant une diminution de son débit, qui est ensuite restitué plus à l'aval, au droit de résurgences qui apparaissent à partir de Beaumont-le-Roger.

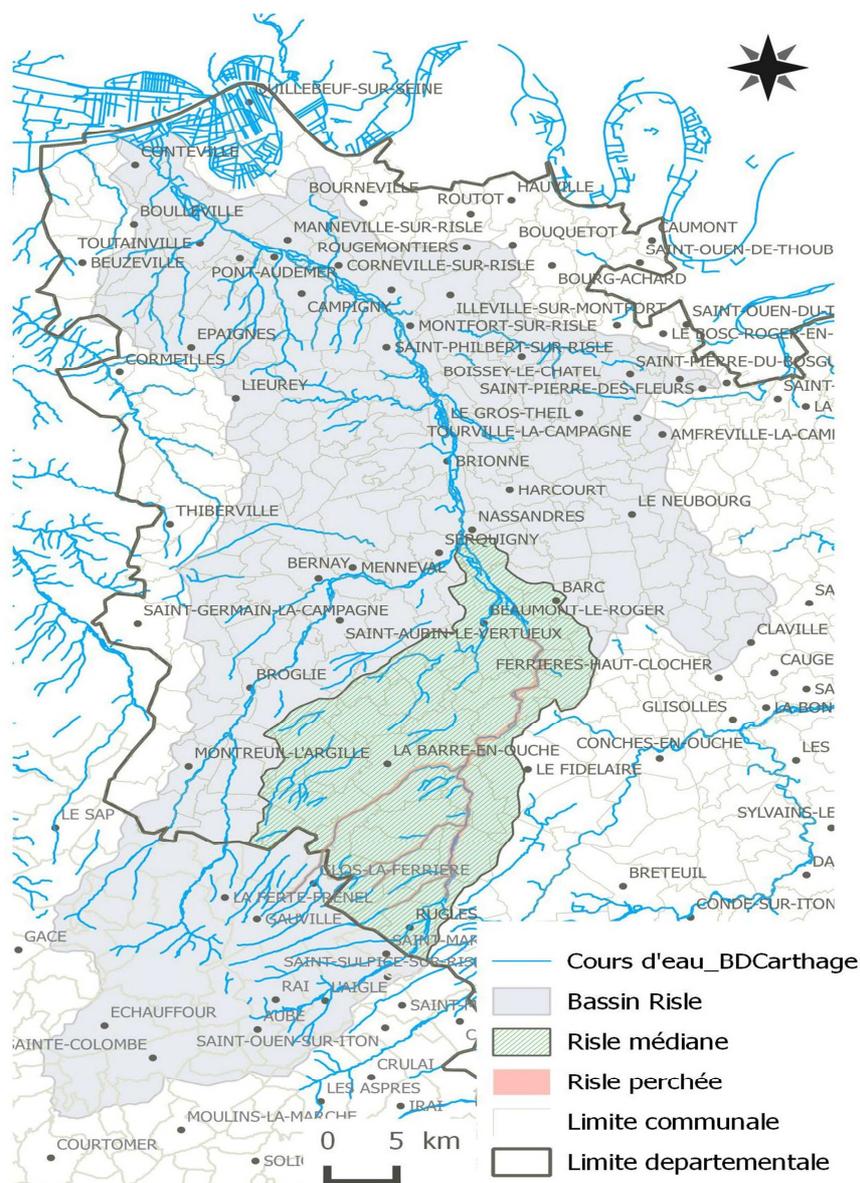


Figure 1 : Localisation de la Risle médiane (sources : BD Carthage® et BD Carto®)

Après ce point, la nappe de la craie redevient affleurante dans la vallée de la Risle et alimente le cours d'eau par ses sources et ses résurgences.

Ces pertes, connues régulièrement par la Risle moyenne sur certains tronçons, peuvent être totales en période d'étiage et entraîner un assec du lit mineur sur plusieurs kilomètres.

1.2. Contexte de l'observatoire et suivi thermique

Le 28 juillet 2012, l'engouffrement du débit de la Risle dans le karst sous-jacent, par la Bétoire n°18262, induit l'assèchement du cours d'eau sur environ 12 km en aval. Cette perte est à hauteur de la Houssaye et se poursuit sur tout le tronçon perché de la Risle. Sa réapparition se fait dans la zone de résurgences de Beaumont-le-Roger. (

Figure 2)

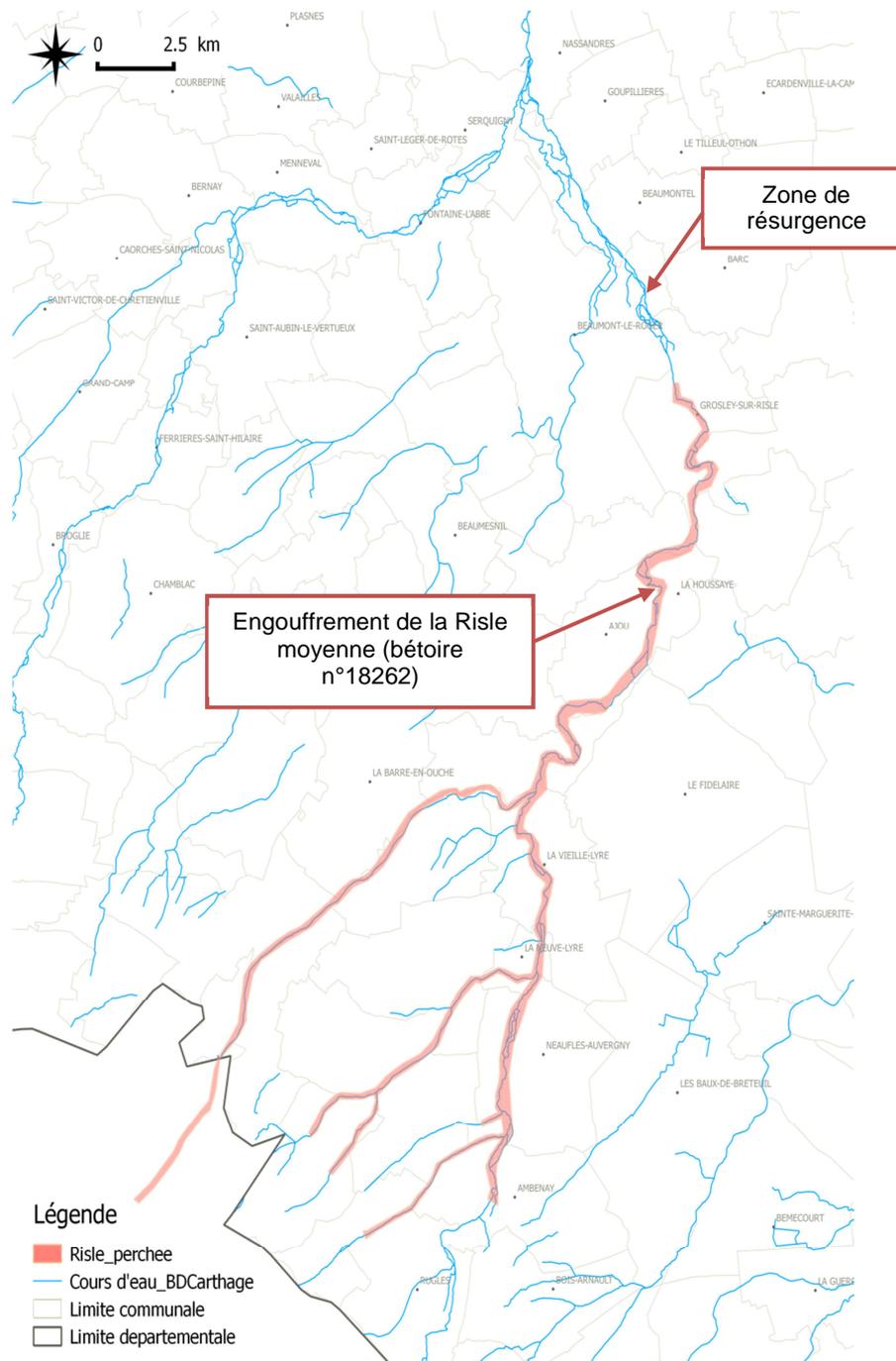


Figure 2: Engouffrement de la Risle moyenne dans le karst sous-jacent.

Suite à ce dernier épisode d'assec et dans un contexte où d'autres épisodes sont à prévoir, l'Observatoire de la Risle moyenne a été créé en 2012 pour un suivi du milieu durant plusieurs périodes hivernales (au moins 2 ans).

Il a pour objectif d'acquérir une meilleure connaissance de l'impact de ce type de situation extrême sur la faune et la flore, et du temps de reconstitution de l'écosystème suite à un assec prolongé. D'une manière plus générale, son but est la connaissance des caractéristiques et de l'évolution de l'écosystème de la Risle en fonction de celle des eaux du système Risle-Nappe de la craie (aspects quantitatifs et qualitatifs).

Cette acquisition de connaissances apportera des éléments pour orienter la prise de décisions dans le futur sur les aménagements du bassin versant de la Risle, améliorer la gestion de cette ressource écologique, voire compléter l'information nécessaire pour satisfaire les exigences de la Directive cadre sur l'eau.

L'observatoire présente différents volets :

- Géologique
- Météorologique
- Hydrologique
- Hydrogéologique
- Prélèvements d'eau et rejets
- Qualité
- Ecologique
- Suivi de la bétail d'Ajou/La Houssaye

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du « volet écologique » de l'Observatoire de la Risle moyenne. Il présente les résultats du suivi thermique des années hydrologiques 2013-2015, réalisé sur le secteur d'étude.

1.3. Pourquoi un suivi thermique

La température des cours d'eau joue un rôle fondamental dans la dynamique des écosystèmes aquatiques : elle influe sur la distribution spatiale des organismes vivants, leur croissance, leur reproduction, leur comportement, dont la migration ou encore leur état sanitaire. Cette description physique est donc une première étape de la connaissance biologique des cours d'eau.

En effet, les espèces aquatiques choisissent leurs habitats en tenant compte de combinaisons de facteurs. Parmi eux, principalement, la disponibilité physiologique de l'oxygène, qui dépend directement de la température et du mouvement de l'eau. Elle fait partie des principaux paramètres abiotiques qui interagissent pour créer les conditions de l'exercice de l'ensemble des fonctions biologiques.

Ainsi, les résultats du suivi thermique seront à coupler avec les données biologiques et physico-chimiques acquises dans le cadre de l'observatoire.

2. Matériel et méthodes

2.1. Descriptif des enregistreurs thermiques et limites du matériel

Les températures sont mesurées à l'aide de deux types de thermomètres enregistreurs : Hoboware1 (Figure 3) et Hoboware2 (Figure 4) qui présentent différentes caractéristiques (Tableau 1).



Figure 3. Enregistreur Hoboware 1



Figure 4. Enregistreur Hoboware 2

Nom de l'enregistreur	Hoboware1	Hoboware2
Cadre d'utilisation	réseaux ONEMA	Suivi FDPPMA27
Précision	+/- 0,2°C	+/- 0,5°C
Sensibilité	0,02°C	0,1°C
Autonomie	6 ans	1 an (batterie remplaçable)

Source des données : <http://www.onsetcomp.com>

Tableau 1. Caractéristiques des enregistreurs thermiques

L'hétérogénéité des caractéristiques des enregistreurs est à prendre en compte pour l'exploitation des données.

2.2. Méthodologie

2.2.1. Protocole

Le suivi thermique de l'observatoire de la Risle présente des objectifs similaires à celui mis en œuvre au sein des réseaux DCE (objectif typologique, lien avec la biologie et impact des changements globaux). Les critères de pose sont donc les mêmes que pour le réseau national.

Protocole de pose:

- Sonde immergée et à l'ombre
- Recherche protection et stabilité (ancrage discret)
- Mesure la plus proche du fond (attention impact dépôt et végétaux) : aide d'un lest
- Hors champ électrique
- Hors champ eaux parasites (affluents, rejet)

Protocole de suivi:

- Période du suivi hétérogène car fonction du réseau de suivi concerné (**Tableau 2**)
- Fréquence d'enregistrement: les mesures sont effectuées en continu toutes les heures.
- Fréquence des relevés semestrielle au minimum
- Test de la dérive des sondes au travers d'une mesure complémentaire lors des manipulations des sondes (pose, relèves)

2.2.2. Stations de suivi

Le suivi thermique des eaux superficielles de la Risle moyenne s'appuie sur les données de différents réseaux de stations. Depuis septembre 2013, pour venir compléter les informations tirées des sites suivis sur le bassin, 5 nouvelles stations ont été définies dans le cadre de l'Observatoire (*Figure 5*). Ce nouveau réseau, mis en place par l'ONEMA, a pour ambition de répondre plus spécifiquement aux questions et objectifs de l'Observatoire.

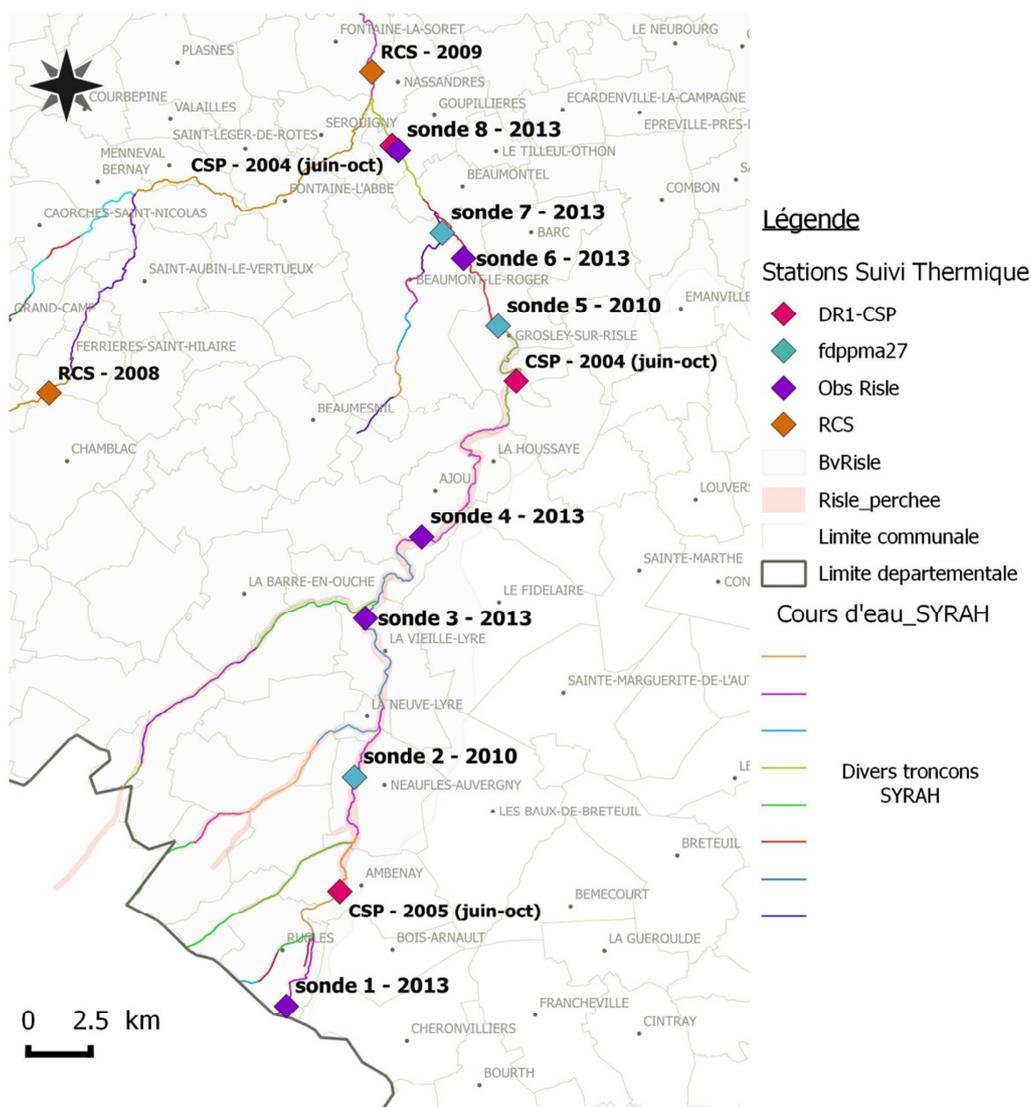


Figure 5: Tronçons géomorphologiques homogènes et localisation des sites thermiques sur le bassin de la Risle concernées par l'Observatoire ou à proximité (nom des sondes suivis de l'année de pose et de la période d'enregistrement si suivi terminé).

Plan d'échantillonnage du nouveau réseau de l'Observatoire:

Le suivi ayant un objectif de connaissance du fonctionnement de l'hydrosystème d'une part et des impacts de son évolution sur l'écosystème d'autre part, le plan d'échantillonnage se fonde sur la géomorphologie et s'articule en cohérence avec les sites de suivi des autres compartiments du volet écologique. Pour ce faire, les tronçons géomorphologiques homogènes, c'est-à-dire de portion de cours d'eau dont les contraintes liées aux structures géomorphologiques et au régime hydrologique sont homogènes, sont définis. La sectorisation réalisée au sein de l'outil SYRAH-CE a été retenue. Elle repose sur des caractéristiques homogènes de largeur du fond de vallée alluvial, forme du fond de vallée, hydrologie et nature du substrat. Huit secteurs sont ainsi définis sur la Risle pour le suivi thermique des eaux superficielles (

Figure 5).

Au regard de ces informations, de la localisation du secteur perché fournie par le BRGM, des données thermiques anciennes (données historiques ponctuelles CSP), du réseau thermique FDPMA déjà en place et des moyens disponibles, il a été choisi de placer les 5 sondes de l'Observatoire sur 5 tronçons différents, en tenant compte des affluents.

Les 8 sondes ainsi en place de 2013 à 2015 (*Tableau 2*) permettent de couvrir 7 des 8 tronçons homogènes de la Risle moyenne, ainsi que l'aval de la Bave (

Figure 6). Seul le tronçon d'Ambenay n'est pas suivi, mais des données sont disponibles sur l'été 2005 et ponctuellement au travers des suivis poissons effectués sur la zone, dans le cadre du RCS (annexe 1).

Sonde	Cours d'eau	Commune	Date de pose	Fin de pose	Réseau/ Producteur	Périmètre	Coordonnées (Lambert93)	
1	Risle	Rugles	16/09/13	toujours en place	Obs. Risle-ONEMA	Observatoire (S8)	530855.14	6857686.23
2	Risle	Neaufles Auvergny	06/12/10	toujours en place	FDPPMA27	Observatoire (S6)	533604.02	6866981.01
3	Risle	La Vieille Lyre	16/09/13	toujours en place	Obs. Risle-ONEMA	Observatoire (S5)	534010.00	6873411.25
4	Risle	Ajou	16/09/13	toujours en place	Obs. Risle-ONEMA	Observatoire (S4)	536289.43	6876674.50
5	Risle	Grosley sur Risle	06/12/10	toujours en place	FDPPMA27	Observatoire (S3aval)	539381.47	6885227.25
6	Risle	Beaumont le Roger	16/09/13	toujours en place	Obs. Risle-ONEMA	Observatoire (S2)	537967.73	6887968.42
7	Bave	Beaumont le Roger	04/04/13	toujours en place	FDPPMA27	Observatoire (BAVE)	537119.62	6888992.30
8	Risle	Goupillières	16/09/13	toujours en place	Obs. Risle-ONEMA	Observatoire (S1)	535347.83	6892341.09

Tableau 2: Stations du suivi thermique des eaux superficielles retenues dans le cadre de l'Observatoire de la Risle

Cependant, il est nécessaire de prendre en considération leurs hétérogénéités :

- résolution, sensibilité des sondes
- pas de temps des mesures identiques, mais déclenché à des heures diverses
- condition de pose (les sondes du réseau FDPPMA n'ayant pas les mêmes objectifs initiaux que les suivis DCE, elles ne suivent pas forcément le même protocole de pose).

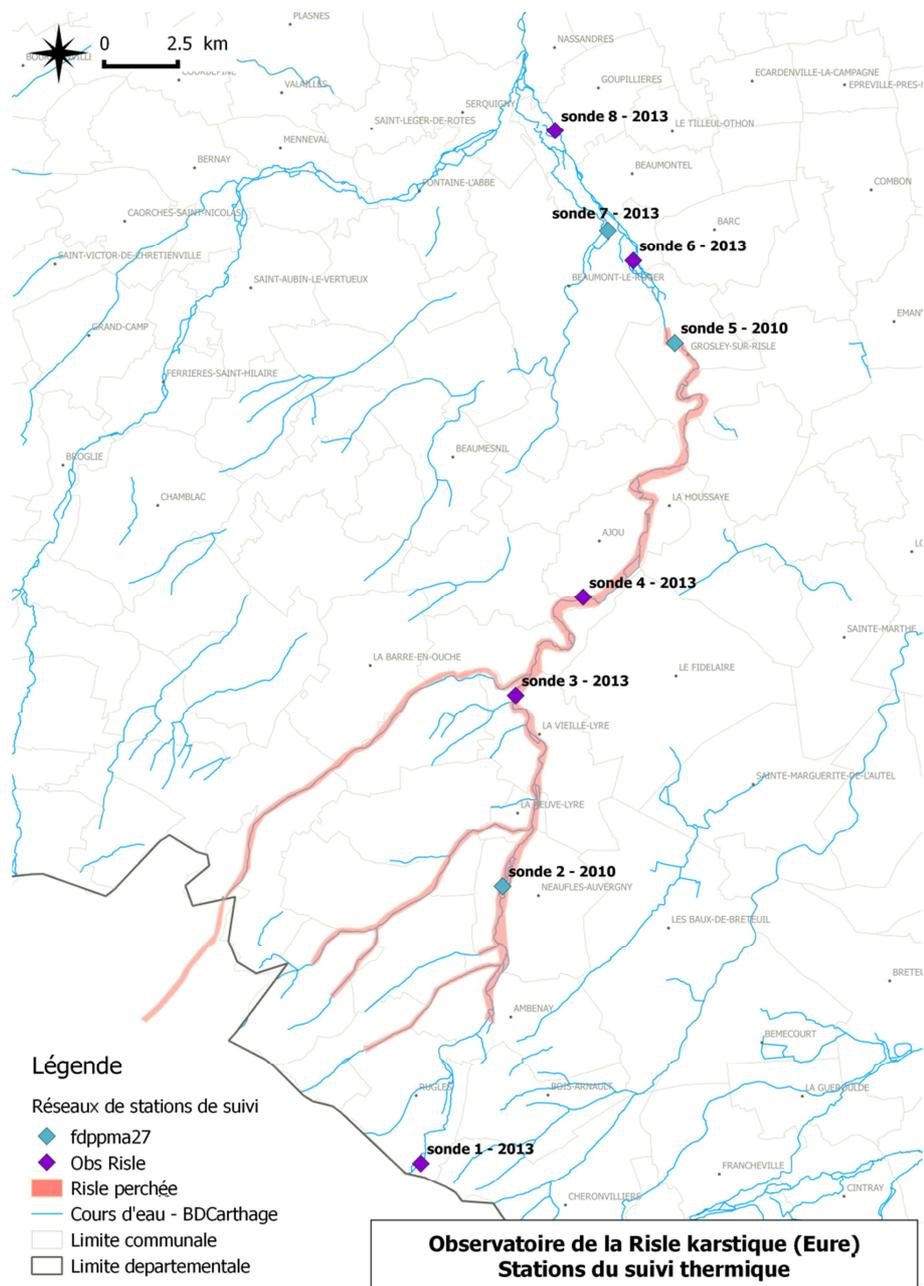


Figure 6: Localisation et année de pose des sondes thermiques sur le territoire de l'Observatoire

2.2.3. Mise en qualité des données

Conditions de pose et d'enregistrement

Les réseaux utilisés étant hétérogènes, une vérification de l'homogénéité du type des données acquises est réalisée. Il en résulte qu'outre les différentiels de sensibilité et de précision inhérents aux matériels (tableau 1), un site diffère franchement des autres d'un point de vue de l'ensoleillement, en n'étant pas à l'ombre. Il s'agit de Grosley, site sur lequel la ripisylve a été mise à blanc il y a quelques années. Dans une mesure bien moindre, la sonde posée sur la Bave est un peu plus ensoleillée que les autres (*Tableau 3*): Les résultats sur le site de Grosley seront donc à relativiser dans ses valeurs hautes, en période estivale notamment.

Sonde	CE	Commune	Réseau	Ombrage	Position	Dépôt de fines	Batterie
1	Risle	Rugles	ONEMA	Fort	Berge, sur le fond	Nul	neuve
2	Risle	Neaufles Auvergnny	FDPPMA27	Fort	Berge, 20aine cm du fond	Nul	OK
3	Risle	La Vieille Lyre	ONEMA	Fort	Berge, sur le fond	Nul	neuve
4	Risle	Ajou	ONEMA	Fort	Berge, sur le fond	Nul	neuve
5	Risle	Grosley sur Risle	FDPPMA27	Nul	Berge, 20aine cm du fond	Nul	OK
6	Risle	Beaumont le Roger	ONEMA	Fort	Berge, sur le fond	Nul	neuve
7	Bave	Beaumont le Roger	FDPPMA27	Faible	Berge, 20aine cm du fond	Nul	OK
8	Risle	Goupillières	ONEMA	Fort	Berge, sur le fond	Nul puis un peu	neuve

Tableau 3. Conditions de pose des sondes de l'Observatoire de la Risle.

Test de dérive des températures

A chaque passage sur le terrain, les températures sont prises avec un autre thermomètre afin de vérifier la cohérence des enregistrements (et détecter des anomalies matérielles (problème de batterie principalement). Pour ce faire, la valeur de la température relevée avec un autre appareil ayant une précision au moins équivalente à la sonde enregistreuse et prise au même endroit que le site d'enregistrement est comparée aux enregistrements précédant et suivant la mesure. Un écart supérieur à la précision dans les 2 cas, ou un écart supérieur à la précision dans un cas mais avec des enregistrements de sonde qui n'encadrent pas la valeur mesurée sont indicateurs d'anomalie.

A noter que les sondes sont neuves pour le réseau ONEMA et que les batteries ont été changées si besoin pour le réseau FDPPMA27. Les résultats, présentés en annexe 2, montrent qu'il est important d'utiliser pour ce test du matériel adapté et de prendre la mesure au même niveau dans la lame d'eau que la sonde (soit sur le fond par exemple). Les premiers écarts observés (novembre 2013 pour le réseau ONEMA et juin 2014 pour le réseau FDPPMA) sont imputables à des soucis de cet ordre. Les tests suivants montrent des écarts de valeur de l'ordre de la précision des appareils. Les données une fois nettoyées sont donc validées.

Détection des anomalies d'enregistrement

3 types erreurs :

- Données effacées par manque de mémoire de la sonde. Le paramétrage a été réalisé pour avoir un an de données, mais l'enregistrement de la tension de la pile a divisé par 2 la capacité de mémoire. Cela a induit une perte de données fin novembre /début décembre 2013 sur 5 sondes.
- Sonde exondée : déplacement de la sonde lors des crues ou d'une manipulation par l'homme. Outre le fait de retrouver la sonde hors d'eau lors d'une campagne de relève (Risle à Beaumont le Roger), les amplitudes thermiques peuvent en témoigner (Risle à Grosley, Risle à Beaumont le Roger). La comparaison des données thermiques avec celles de l'air permet d'affiner les périodes à exclure. 2 sondes sont concernées par ces anomalies, les pertes vont de quelques jours à 3 mois.

- Bug de l'enregistreur. De 2 types, soit la donnée est une copie de celle de la période précédente, mais les dates sont bien incrémentées (Risle à Rugles) ; soit il n'y a aucune donnée enregistrée (Risle à Ajou). Dans les 2 cas les pertes sont importantes car elles impactent toutes une période d'enregistrement, soit 6 mois environ.

Sonde	CE	Commune	Réseau	Anomalies des T°
1	Risle	Rugles	ONEMA	Mémoire insuffisante bug de la sonde
2	Risle	Neaufles Auvergnny	FDPPMA27	-
3	Risle	La Vieille Lyre	ONEMA	Mémoire insuffisante
4	Risle	Ajou	ONEMA	Mémoire insuffisante bug de la sonde
5	Risle	Grosley sur Risle	FDPPMA27	Sonde exondée
6	Risle	Beaumont le Roger	ONEMA	Mémoire insuffisante Sonde exondée
7	Bave	Beaumont le Roger	FDPPMA27	-
8	Risle	Goupillières	ONEMA	Mémoire insuffisante

Tableau 4 : Synthèse des anomalies détectées sur le réseau de l'observatoire

2.2.4. Métriques thermiques utilisées

L'analyse du régime thermique des cours d'eau a été effectuée à l'aide de "métriques thermiques" qui permettent d'identifier les températures moyennes ainsi que les maxima, minima et amplitudes thermiques auxquels les cours d'eau sont soumis. Parmi les 14 métriques utilisées, nous distinguons:

- **les températures moyennes**, dont les moyennes mensuelles des températures moyennes journalières calculées pour le mois le plus chaud, le mois le plus froid et pour les mois de juillet/août (T_{moy_juilletaoût}), la moyenne annuelle des moyennes mensuelles ;
- **les températures maximales**, dont les moyennes des températures maximales des 5 ou des 30 jours consécutifs les plus chauds (T_{max_5} et T_{max_30}, respectivement), ainsi que la température maximale des moyennes journalières de l'année ;
- **les températures minimales**, dont les moyennes des températures *maximales* des 5 ou des 30 jours consécutifs les plus frais (T_{min_5} et T_{min_30}, respectivement) et la moyenne journalière minimale relevée durant l'année ;
- **et les amplitudes thermiques**, dont l'amplitude annuelle, différence entre les moyennes mensuelles des mois les plus chaud et froid, et les moyennes mensuelles des amplitudes thermiques des mois de juillet (le plus chaud) et d'août ;
- **et le nombre de jours** où la température moyenne journalière est supérieure à 20°C, inférieure à 4°C et où la température maximale journalière est supérieure à 25°C et 28°C. Le nombre de jour où la température est comprise entre 1°C et 13°C sur les mois de novembre à février inclus (sous la forme d'un taux).

Les métriques évaluant les maxima, minima et amplitudes thermiques d'un cours d'eau au cours de 5 ou 30 jours consécutifs les plus chauds ou les plus frais, correspondent à des moyennes mobiles.

2.2.5. Classification thermique de Magnuson

Toutes les classifications thermiques des cours d'eau présentées dans la littérature sont d'origine américaine (Lyons, 1996 ; Magnuson et al. 1979 ; Wherly et al. 1998). Parmi ces dernières, seule la classification de Magnuson (1979) apparaît la mieux adaptée aux cours d'eau français. En effet, cette classification est basée sur les préférences thermiques de 10 familles de poissons d'Amérique du Nord caractéristiques des cours d'eau de zones tempérées. Parmi ces familles, 7 sont présentes en France et en Europe : Centrarchidae, Esocidae, Percidae, Ictaluridae, Salmonidae, Cyprinidae et Cottidae.

Les limites de classes sont les suivantes avec $T_{moy_juillet\text{à}août}$, la moyenne des températures moyennes journalières des mois de juillet et d'août.

Cours d'eau	
Froid	$11^{\circ}\text{C} < T_{moy_juillet\text{à}août} < 15^{\circ}\text{C}$
Sub-frais	$15^{\circ}\text{C} < T_{moy_juillet\text{à}août} < 21^{\circ}\text{C}$
Frais	$21^{\circ}\text{C} < T_{moy_juillet\text{à}août} < 25^{\circ}\text{C}$
Tempéré	$25^{\circ}\text{C} < T_{moy_juillet\text{à}août} < 27^{\circ}\text{C}$
Chaud	$27^{\circ}\text{C} < T_{moy_juillet\text{à}août} < 31^{\circ}\text{C}$

Tableau 5 : Classes de températures permettant la classification des cours d'eau selon leurs régimes thermiques, d'après Magnuson

3. Résultats

3.1. Régimes thermiques – Généralités

3.1.1. Variations cycliques sous influence de la météo

L'observation de graphiques d'enregistrement des températures de l'eau montrent deux cycles de variations à des périodes différentes :

- ➔ Un premier cycle de variation « sinusoïdale » de période journalière. L'eau a plus d'inertie que l'air. Ce cycle s'organise donc de la sorte : emmagasinage de la chaleur le jour et restitution la nuit en atténuant les variations observées dans l'air. Cela se traduit par un maximum en fin d'après-midi, avant la tombée du jour et un minimum avant sa levée, à l'aube, l'énergie solaire l'influencent.
- ➔ Un second cycle, également de variation « sinusoïdale », de période annuelle. Ce cycle suit les températures de l'air de manière plus ou moins forte, selon le lien avec la nappe principalement. Ici, les maxima sont observés sur juillet août et les minima en janvier.

La corrélation entre température de l'eau et de l'air est d'autant plus forte que le cours d'eau est grand et que les apports des nappes sont faibles.

3.1.2. Facteurs de contrôles

A **grande échelle**, outre la météo, la température de l'eau dépend de la part d'alimentation du cours d'eau par les eaux souterraines et de la végétation rivulaire. Les types des interfaces eau-air et eau-lit sont donc déterminants.

Dans une moindre mesure, l'occupation du sol et la gestion de l'eau jouent aussi un rôle.

L'amplitude thermique augmente donc quand l'influence des conditions atmosphériques se fait plus forte sur le cours d'eau. Concrètement elle diminue avec les crues, la présence de ripisylve et les apports de nappe.

L'inertie thermique impacte également la température des cours d'eau. Elle est inversement proportionnelle au débit, à la vitesse du courant, à la pente du lit et aux turbulences et est positivement corrélée à la profondeur du cours d'eau. Cela se traduit par une diminution relative de l'amplitude thermique avec la diminution de la surface du bassin versant, lorsque ce dernier est corrélé avec le débit (ce que des apports de nappe différentiels selon le gradient amont aval peut impacter).

Enfin, une stratification thermique peut se mettre en place sur l'axe vertical, dans le cas de milieux à faibles turbulences et fortes profondeurs. Ce n'est pas le cas ici.

Enfin, à **plus petite échelle**, des hétérogénéités locales peuvent induire une variation de la température sur un même site. Il s'agit de l'ombre projetée par la végétation rivulaire, des zones préférentielles d'infiltration ou d'exfiltration de nappe, des échanges avec la zone hyporhéique, de la localisation sur le profil en travers (bord/chenal) et de l'existence de confluences à proximité.

Dans le cas de l'observatoire, le suivi ayant été fondé sur 2 réseaux différents, outre des différences de matériel, les sites de pose sont également hétérogènes. Les sondes ONEMA étant dans des zones souvent plus ombragées et moins courantes que les sondes FDPPMA qui sont sur des zones plus ensoleillées et plus courantes. Les 2 paramètres étant inversement corrélés à la température, cela peut avoir tendance à se compenser mutuellement. Un bémol toutefois dans le cas de températures de l'air très fortes avec de forts ensoleillements et des niveaux d'étiage prononcés (milieu d'été), où la température d'une telle sonde non ombragée serait peut-être un peu surestimée comparativement aux autres sondes. La station de Grosley rentre dans ce cas.

3.2. Résultats à la station

Pour chacune des stations, une fiche synthétique regroupant les informations relatives à la sonde et à la station, à la mise en qualité des données et aux résultats obtenus est réalisée. Un graphique permettant de visualiser les données enregistrées validées au regard des seuils biologiques de 4°C, 20° C et 25°C est également présent.

Lorsque la donnée sur une année est incomplète, 2 options ont été retenues :

- ➔ Griser les cases dans le cas où le manque induisait une impossibilité de calculer des éléments cohérents
- ➔ Noter les données **en orange**. Dans ce cas, la donnée obtenue a un sens, mais elle est à prendre avec recul car elle ne rend pas compte de la globalité de l'année à laquelle elle se rapporte.

Les fiches sont présentées sur les stations d'amont en aval.

La Risle à Rugles				
Caractéristiques générales				
Coordonnées (Lambert 93)	530855.14	6857686.23		
		Ombrage :	Fort	
			Dépôt de fines :	non
			Vitesse :	0.5 m/s
			Emplacement vertical :	Fond
			Emplacement horizontal :	Berge
			Réseau :	ONEMA ObsRisle
			Numéro sonde :	S1
			Type enregistreur :	Hoboware1
Mise en qualité				
Enregistrement	Du 17/09/2013	Au 03/09/2015		
Donnée validée		Du 17/09/2013	Au 24/11/2013	
		Du 07/12/2013	Au 05/06/2014	
		Du 28/11/2014	Au 03/09/2015	
Anomalies	Mémoire insuffisante	Période	25/11 au 06/12 2013	
	Bug de la sonde (copie)		Juin à nov 2014	

Résultats (en°C)				
généralités				
		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle				
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud			17,0 (Juil)
	Juillet et août			16,7
	Classification Magnuson			Sub-frais
	Mois le plus froid	6,8 (Dec)	7,4 (Fev)	6,1 (Fev)
Amplitude annuelle				10,9
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (le +chaud)			1,8
	Aout			1,3
Lien avec biologie				
Température moyenne journalière	Maximale			19,9 (04/07)
	Minimale	4,2 (12/12)	4,5 (29/12)	4,1 (07/02)
Valeurs maximales sur 5 jours				20,5 (du 01 au 05/07)
Valeurs maximales sur 30 jours				18,6 (du 26/06 au 25/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C				0
Nombre jours température maximale > 25°C				0
Nombre jours température maximale > 28°C				0
Valeurs minimales sur 5 jours		5,5 (14/12)	6,1 (31/12)	5,3 (07/02)
Valeurs minimales sur 30 jours			7,3(16/02)	6,3 (14-15/02)
Nombre jours temp moy< 4°C		0	0	0
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C	Novembre à février	100%	100%	100%

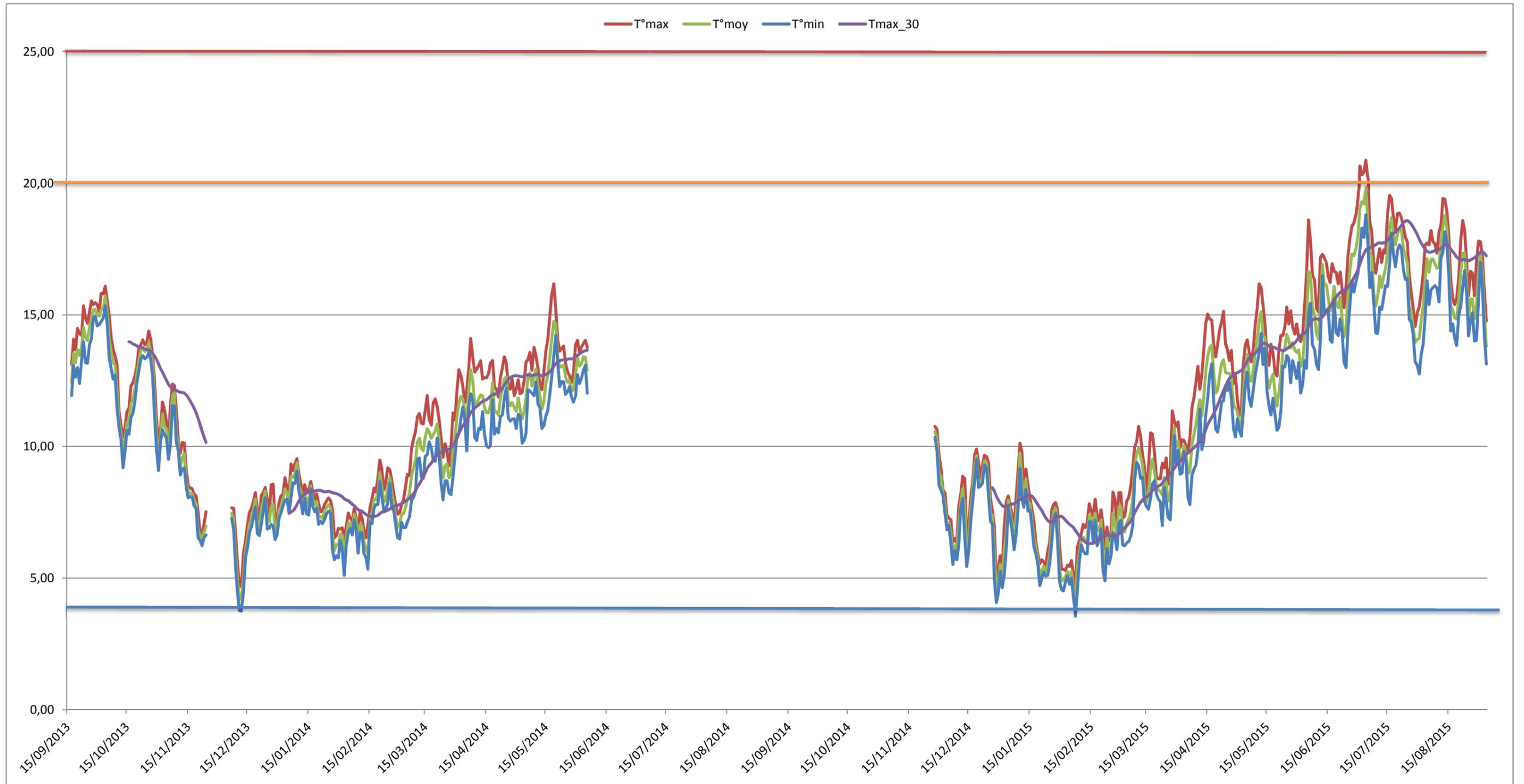


Figure 7 : Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de Rugles – données nettoyées.

La Risle à Neaufles

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	533604.02	6866981.01	
	Ombrage :	Fort	
	Dépôt de fines :	Non	
	Vitesse :	0.5 m/s	
	Emplacement vertical :	+ 20 cm du fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	FDPPMA27	
	Numéro sonde :	S2	
	Type enregistreur :	Hoboware2	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 05/04/2013	Au 05/11/2015	
Donnée validée		Du 05/04/2013	Au 05/11/2015

Résultats (en °C) généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			12,0	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud	18,7 (Juil)	17,2 (Juil)	18,4 (Juil)
	Juillet et août	18,0	16,3	18,1
	Classification Magnuson	Sub-frais	Sub-frais	Sub-frais
	Mois le plus froid	6,7 (dec)	7,4 (dec)	6,4 (fev)
Amplitude annuelle		12,0	9,8	12
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)	2,6	2,3	2,4
	Aout	2,1	1,6	1,0

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale	20,9 (juil)	19,7 (juil)	21,7 (juil)
	Minimale	3,8 (dec)	4,6 (dec)	4,3 (fev)
Valeurs maximales sur 5 jours		21,7 (du 19 au 23/07)	20,2 (du 16 au 21/07)	22,7 (du 01 au 05/07)
Valeurs maximales sur 30 jours		20,9 (23/06 au 22/07)	18,6 (13/07 au 11/08)	20,4 (25/06 au 25/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C		8	0	7
Nombre jours temp. max > 25°C		0	0	0
Nombre jours temp max > 28°C		0	0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		5,2 (10 au 14/12)	6,2 (27 au 31/12)	5,5 (31/01 au 04/02)
Valeurs minimales sur 30 jours		7,1 (20/11 au 20/12)	7,2 (03/12/13 au 01/01)	6,4 (16/01 au 14/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		2	0	0
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	100%	96%

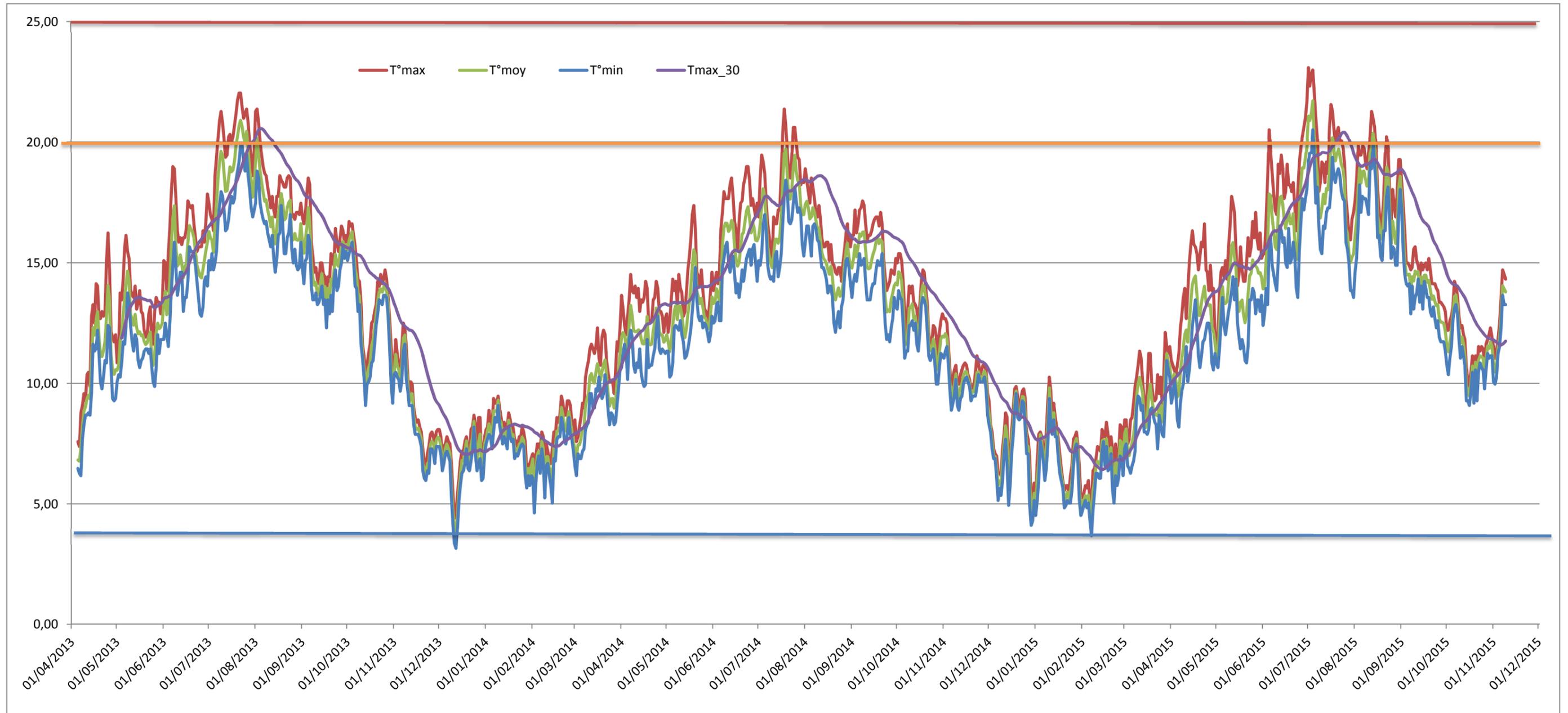


Figure 8 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de Neaufles – données nettoyées.

La Risle à La Vieille Lyre

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	534010.00	6873411.25	
			
		Ombrage :	Fort
		Dépôt de fines :	Non
		Vitesse :	0.1 m/s
		Emplacement vertical :	Fond
		Emplacement horizontal :	Berge
		Réseau :	ONEMA ObsRisle
		Numéro sonde :	S3
		Type enregistreur :	Hoboware 1

Mise en qualité

Enregistrement	Du 17/09/2013	Au 11/09/2015	
Donnée validée		Du 17/09/2013	Au 24/11/2013
		Du 07/12/2013	Au 11/09/2015
Anomalies	Mémoire insuffisante	Période	25/11 au 06/12 2013

Résultats (en °C)

généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			12,2	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud		18,3 (Juil)	19,4 (Juil)
	Juillet et août		17,2	19,0
	Classification Magnuson		Sub-frais	Sub-frais
	Mois le plus froid	6,1 (dec)	7,1 (dec)	6,1 (fev)
Amplitude annuelle			11,2	13,3
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)		1,7	2,2
	Aout		1,4	2,4

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale		21,0 (18juil)	23,2 (4juil)
	Minimale	2,9 (12dec)	4,2 (29dec)	3,8 (7fev)
Valeurs maximales sur 5 jours			21,2 (du 24 au 28/07)	23,9 (30/06 au 04/07)
Valeurs maximales sur 30 jours			19,5 (13/07 au 11/08)	21,5 (26/06 au 25/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C			6	21
Nombre jours temp. max > 25°C			0	0
Nombre jours temp max > 28°C			0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		4,3 (10 au 14/12)	5,8 (27 au 31/12)	5,2 (03 au 07/02)
Valeurs minimales sur 30 jours			6,9 (01/01 au 05/01)	6,2 (16/01 au 15/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		3	0	1
% temp moy jr entre 1 et 13°C		100%	100%	100%

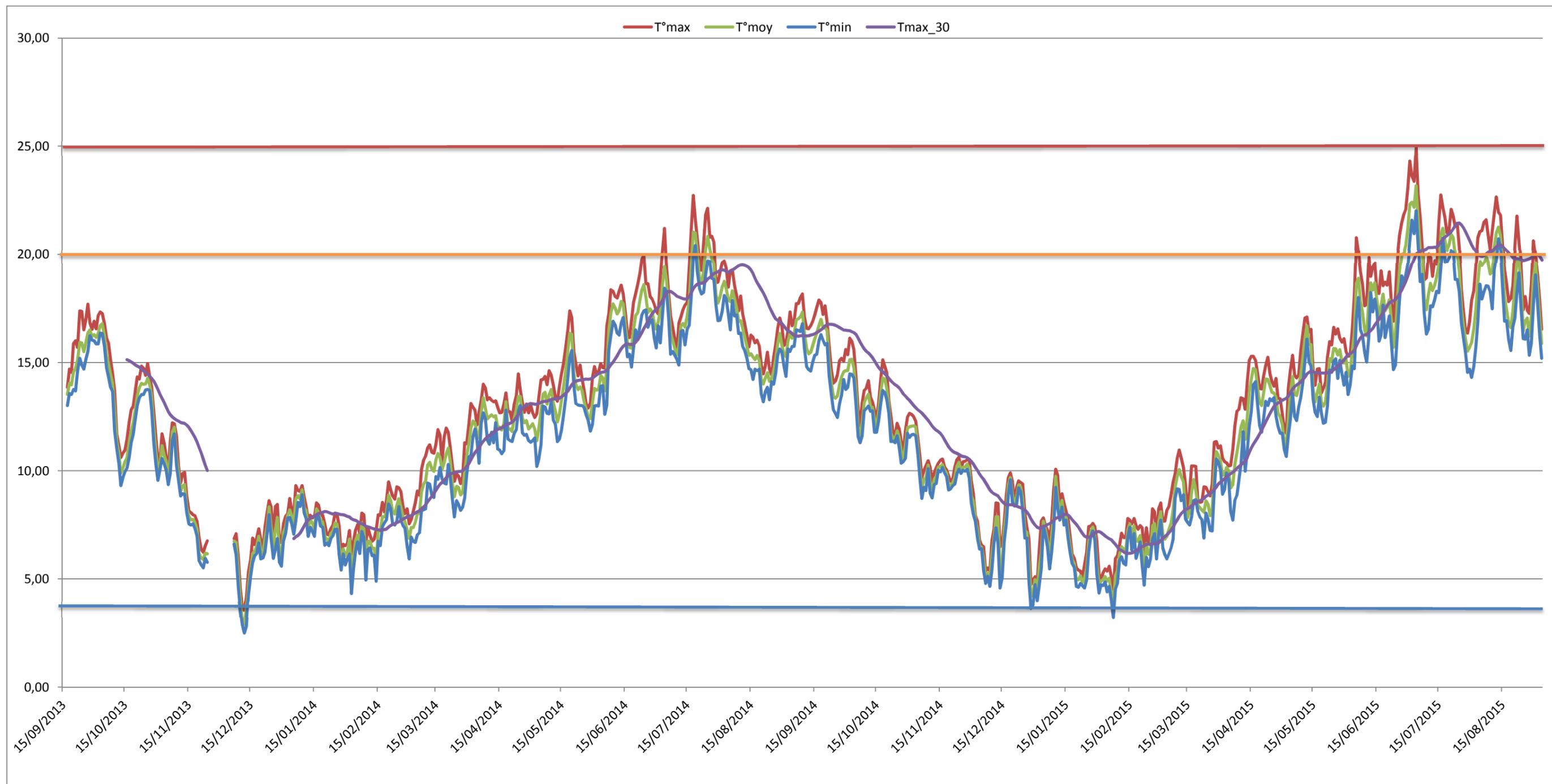


Figure 9 : Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de La Vieille Lyre – données nettoyées.

La Risle à Ajou

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	536289.43	6876674.50	
	Ombrage :	Fort	
	Dépôt de fines :	Non	
	Vitesse :	0.1 m/s	
	Emplacement vertical :	Fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	ONEMA ObsRisle	
	Numéro sonde :	S4	
	Type enregistreur :	Hoboware 1	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 17/09/2013	Au 11/09/2015	
Donnée validée		Du 17/09/2013	Au 24/11/2013
		Du 07/12/2013	Au 16/04/2015
Anomalies	Mémoire insuffisante	Période	25/11 au 06/12 2013
	Bug de la sonde (vide)		17/04 au 11/09 2015

Résultats (en °C) généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			12,5	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud		19,0 (Juil)	
	Juillet et août		17,8	
	Classification Magnuson		Sub-frais	
	Mois le plus froid	5,9 (dec)	6,9 (dec)	6,0 (fev)
Amplitude annuelle			12,1	
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)		3,9	
	Aout		2,7	

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale		22,4 (18juil)	
	Minimale	2,4 (12dec)	3,9 (29dec)	3,5 (7fev)
Valeurs maximales sur 5 jours			23,7 (du 16 au 20/07)	
Valeurs maximales sur 30 jours			21,5 (11/07 au 09/08)	
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C			11	
Nombre jours temp. max > 25°C			1	
Nombre jours temp max > 28°C			0	
Valeurs minimales sur 5 jours		4,2 (10 au 14/12)	5,6 (27 au 31/12)	5,0 (29/12/14 au 02/01)
Valeurs minimales sur 30 jours			6,8 (07/12/13 au 05/01)	6,0 (16/01 au 15/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		4	1	1
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	100%	100%

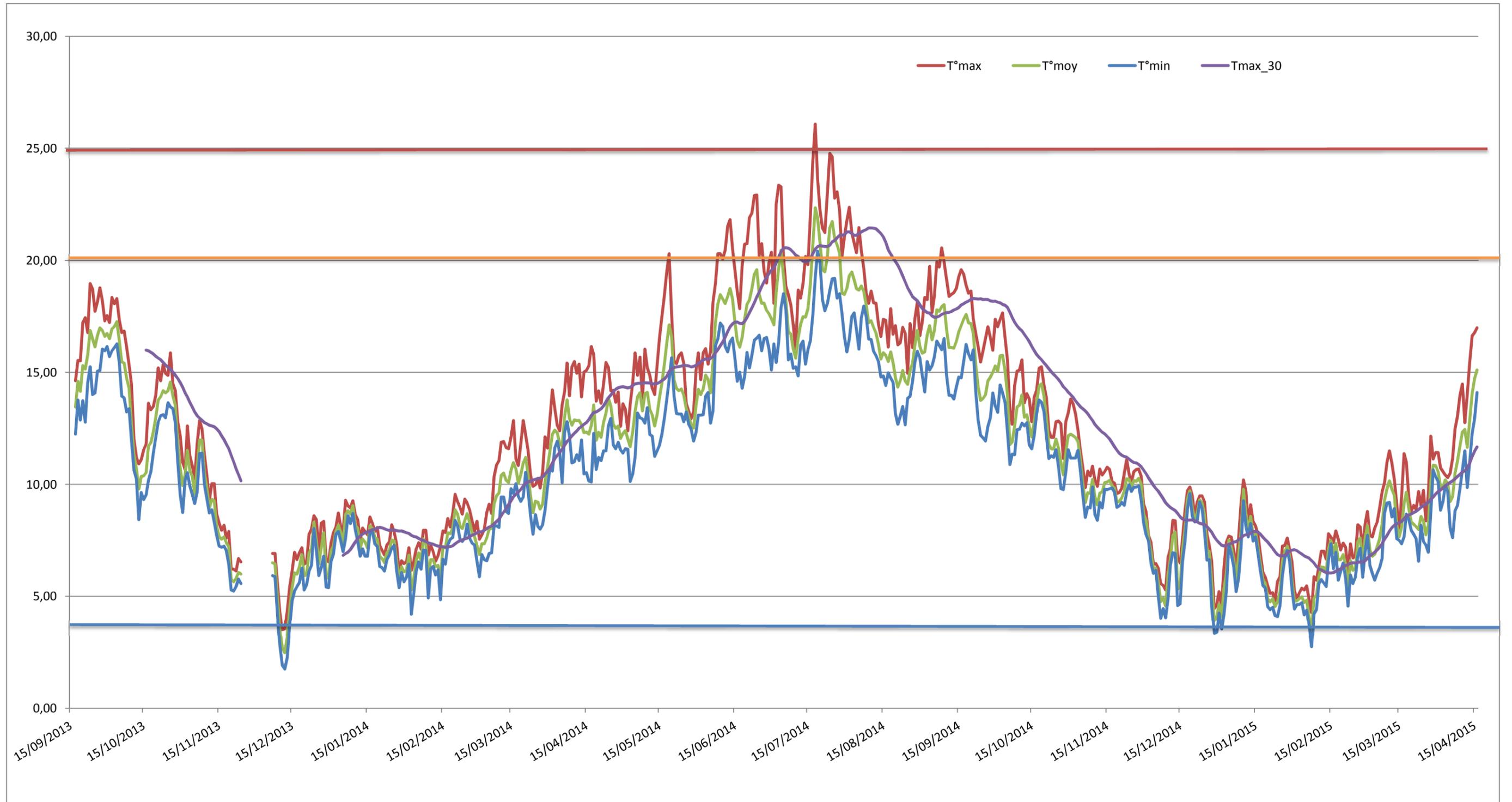


Figure 10 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station d'Ajou – données nettoyées.

La Risle à Grosley-sur-Risle

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	539381.47	6885227.25	
	Ombrage :	Nul	
	Dépôt de fines :	Non	
	Vitesse :	0.2m/s	
	Emplacement vertical :	+ 20 cm du fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	FDPPMA27	
	Numéro sonde :	S5	
	Type enregistreur :	Hoboware 2	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 24/11/2012	Au 05/11/2015	
Donnée validée		Du 24/11/2012	Au 04/07/2013
		Du 13/07/2013	Au 05/11/2015
Anomalies	Hors d'eau ?	Période	05 au 12 juil 2013

Résultats (en °C) généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle		11,9	12,9	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud	21,8 (Juil)	20,0 (Juil)	20,5 (Juil)
	Juillet et août	20,7	18,6	20,1
Classification Magnuson		Sub-frais	Sub-frais	Sub-frais
	Mois le plus froid	5,6 (fev)	6,7 (dec)	5,9 (fev)
Amplitude annuelle		16,2	13,3	13,6
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)	4,7	3,5	3,8
	Aout	4,2	2,4	4,0
Lien avec biologie				
Température moyenne journalière	Maximale	24,6 (22juil)	23,7 (18juil)	25,1 (4juil)
	Minimale	1,4 (12dec)	3,5 (29-30 dec)	3,0 (7fev)
Valeurs maximales sur 5 jours		26,6 (du 18 au 22/07)	24,7 (du 16 au 20/07)	26,7 (du 30/06 au 04/07)
Valeurs maximales sur 30 jours		24,3 (13/07 au 11/08)	22,1 (11/07 au 09/08)	23,6 (25/06 au 24/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C		35	21	43
Nombre jours temp. max > 25°C		14	5	7
Nombre jours temp max > 28°C		0	0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		3,3 (10 au 14/12)	5,2 (05 au 09/12)	4,5 (29/12/14 au 02/01)
Valeurs minimales sur 30 jours		5,9 (20/11 au 19/12)	6,3 (03/12/13 au 01/01)	5,9 (16/01 au 15/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		16	3	3
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	100%	100%

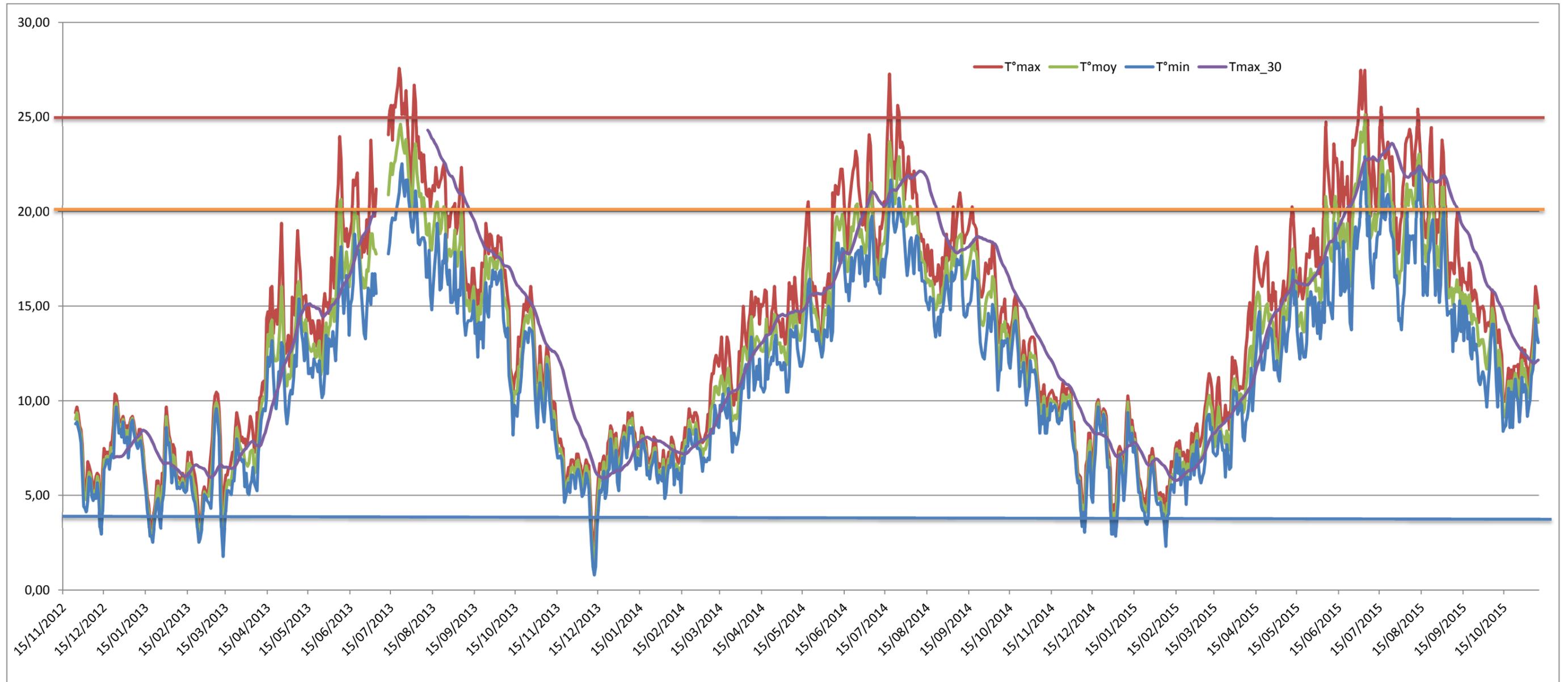


Figure 11: Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de Grosley-sur-Risle – données nettoyées.

La Risle à Beaumont-le-Roger

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	537967.73	6887968.42	
	Ombrage :	Fort	
	Dépôt de fines :	Non	
	Vitesse :	0.1 m/s	
	Emplacement vertical :	Fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	ONEMA ObsRisle	
	Numéro sonde :	S6	
	Type enregistreur :	Hoboware 1	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 17/09/2013	Au 06/09/2015	
Donnée validée		Du 17/09/2013	Au 24/11/2013
		Du 07/12/2013	Au 13/01/2014
		Di 16/01/2014	Au 19/01/2014
		Du 26/01/2014	Au 06/09/2015
Anomalies	Mémoire insuffisante	Période	25/11 au 06/12 2013
	Hors d'eau ?		14-15 janv 2014
	Hors d'eau ?		20 au 25 janv 2014
	Hors d'eau		14 mars au 6 juin 2014

Résultats (en °C)

Généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			12,0	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud		16,6 (Juil)	15,7 (Juil)
	Juillet et août		16,0	15,6
	Classification Magnuson		Sub-frais	Sub-frais
	Mois le plus froid	7,3 (dec)	7,6(fev)	6,9 (fev)
Amplitude annuelle			9,0	8,8
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)		2,5	2,6
	Aout		2,0	2,8

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale		18,4 (19juil)	17,8 (4juil)
	Minimale	5,3 (12dec)	5,3 (29dec)	5,0 (7fev)
Valeurs maximales sur 5 jours			19,7 (du 16 au 20/07)	19,1 (30/06 au 04/07)
Valeurs maximales sur 30 jours			18,2 (13/07 au 12/08)	17,7 (26/06 au 24/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C			0	0
Nombre jours temp. max > 25°C			0	0
Nombre jours temp max > 28°C			0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		6,5 (10 au 14/12)	6,8 (27 au 31/12)	5,9 (31/01 au 04/02)
Valeurs minimales sur 30 jours			7,9 (26/01 au 24/02)	6,9 (16/01 au 14/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		0	0	0
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	93%	100%

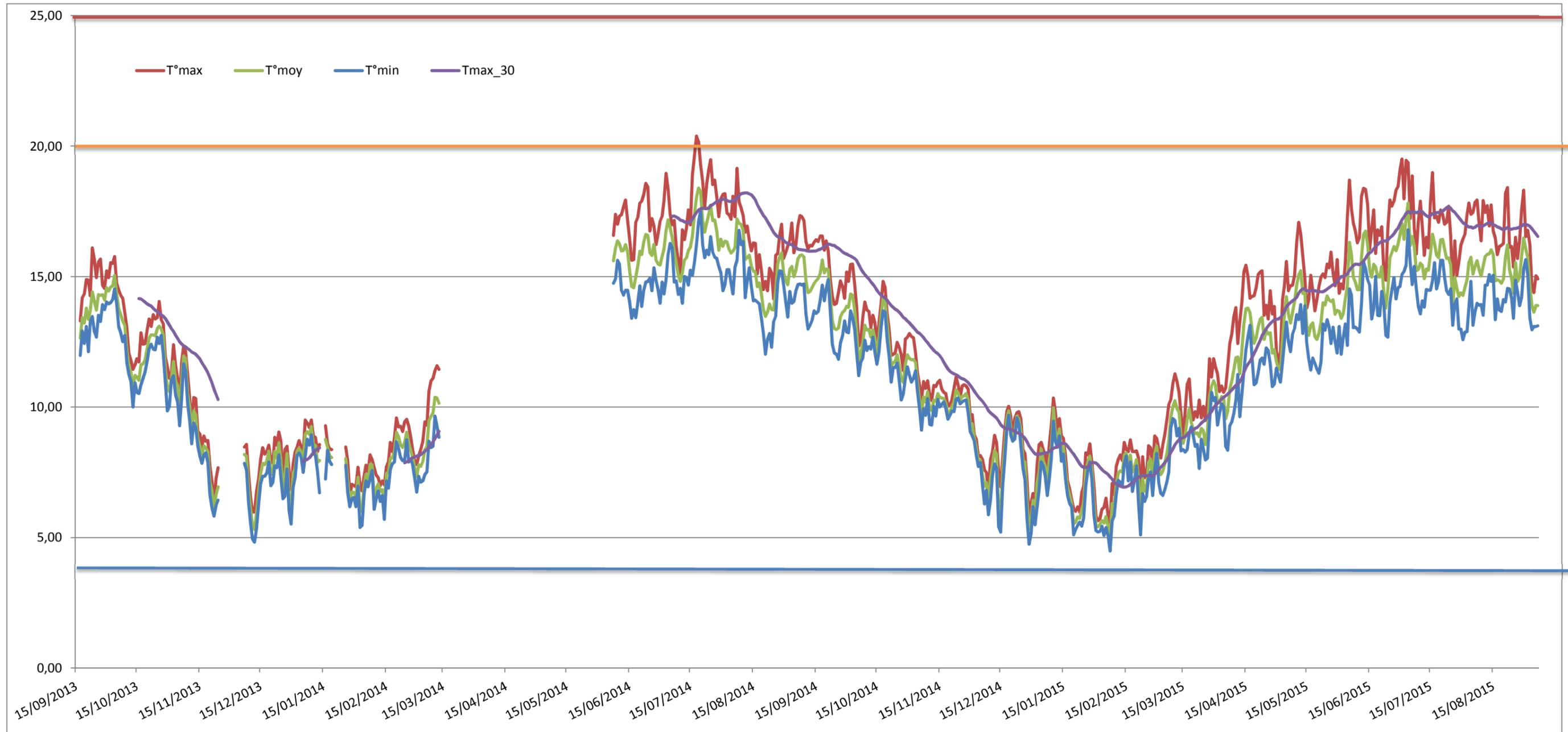


Figure 12 : Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de Beaumont-le-Roger – données nettoyées.

La Risle à Goupillères

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	535347.83	6892341.09	
	Ombrage :	Fort	
	Dépôt de fines :	Faible	
	Vitesse :	0 m/s	
	Emplacement vertical :	Fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	ONEMA ObsRisle	
	Numéro sonde :	S8	
	Type enregistreur :	Hoboware 1	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 17/09/2013	Au 03/09/2015	
Donnée validée		Du 17/09/2013	Au 24/11/2013
		Du 07/12/2013	Au 03/09/2015
Anomalies	Mémoire insuffisante	Période	25/11 au 06/12 2013

Résultats (en °C) généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			11.9	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud		15,7 (Juil)	15.3 (Juil)
	Juillet et août		15.2	15.2
	Classification Magnuson		Sub-frais	Sub-frais
	Mois le plus froid	8.1 (dec)	8.2 (dec)	7.6 (fev)
Amplitude annuelle			7.5	7.7
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)		2,5	2,6
	Aout		2.2	2.1

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale		17.2 (18juil)	17.3 (4juil)
	Minimale	6.4 (12dec)	6.2 (29dec)	6.2 (7fev)
Valeurs maximales sur 5 jours			18.1 (du 17 au 21/07)	18.7 (30/06 au 04/07)
Valeurs maximales sur 30 jours			17.2 (12/07 au 10/08)	17.2 (24/06 au 24/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C			0	0
Nombre jours temp. max > 25°C			0	0
Nombre jours temp max > 28°C			0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		7.5 (10 au 14/12)	7.7 (27 au 31/12)	6.7 (31/01 au 04/02)
Valeurs minimales sur 30 jours			8.3 (20/01 au 18/02)	7.7 (15/01 au 14/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		0	0	0
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	100%	100%

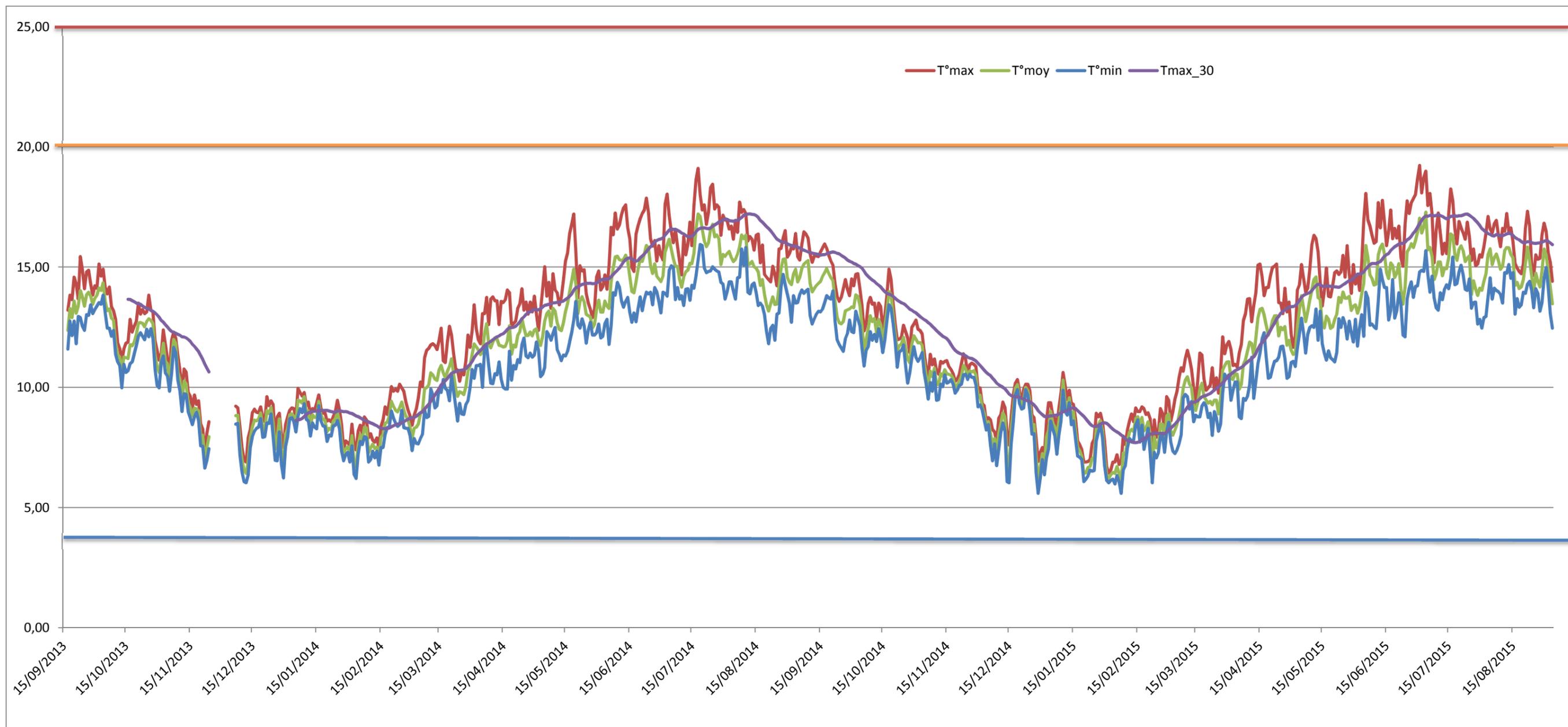


Figure 13 : Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de La Goupillères – données nettoyées.

La Bave à Beaumont-le-Roger

Caractéristiques générales

Coordonnées (Lambert 93)	537119.62	6888992.30	
			
	Ombrage :	Faible	
	Dépôt de fines :	Non	
	Vitesse :	0.2 ms	
	Emplacement vertical :	+ 20 cm du fond	
	Emplacement horizontal :	berge	
	Réseau :	FDPPMA27	
	Numéro sonde :	S7	
	Type enregistreur :	Hoboware 2	

Mise en qualité

Enregistrement	Du 29/04/2013	Au 09/11/2015
Donnée validée		Du 29/04/2013 Au 09/11/2015

Résultats (en °C) généralités

		2013	2014	2015
Température moyenne annuelle			11.1	
Température moyenne mensuelle	Mois le plus chaud	12.2 (Juil)	12.3 (Juil)	12.2 (Juil)
	Juillet et août	12.1	12.1	12.2
	Classification Magnuson	Frais	Frais	Frais
	Mois le plus froid	10.3 (dec)	9.8 (fev)	9.6 (fev)
Amplitude annuelle		1.9	2.5	2.6
Amplitude moyenne mensuelle	Juillet (+ chaud)	3.0	3.1	2.8
	Aout	2.8	2.7	2.9

Lien avec biologie

Température moyenne journalière	Maximale	12.6 (27juil)	12.9 (17-18 juil)	12.9 (1juil)
	Minimale	9.5 (5avr)	9.4 (2fev)	8.7 (2fev)
Valeurs maximales sur 5 jours		14.8 (du 17 au 21/07)	15.1 (du 24 au 28/07)	15.3 (30/06 au 04/07)
Valeurs maximales sur 30 jours		14.3 (05/07 au 03/08)	14.5 (11/07 au 09/08)	14.4 (05/06 au 04/07)
Nombre jours Temp. Moy. > 20°C		0	0	0
Nombre jours temp. max > 25°C		0	0	0
Nombre jours temp max > 28°C		0	0	0
Valeurs minimales sur 5 jours		10.4 (27 au 31/12)	10.1 (09 au 13/02)	9.2 (31/01 au 04/02)
Valeurs minimales sur 30 jours		10.8 (du 2 au 31/12)	10.3 (21/01 au 19/02)	10.0 (17/01 au 15/02)
Nombre jours temp moy < 4°C		0	0	0
% température moyenne jr comprise entre 1 et 13°C		100%	100%	100%

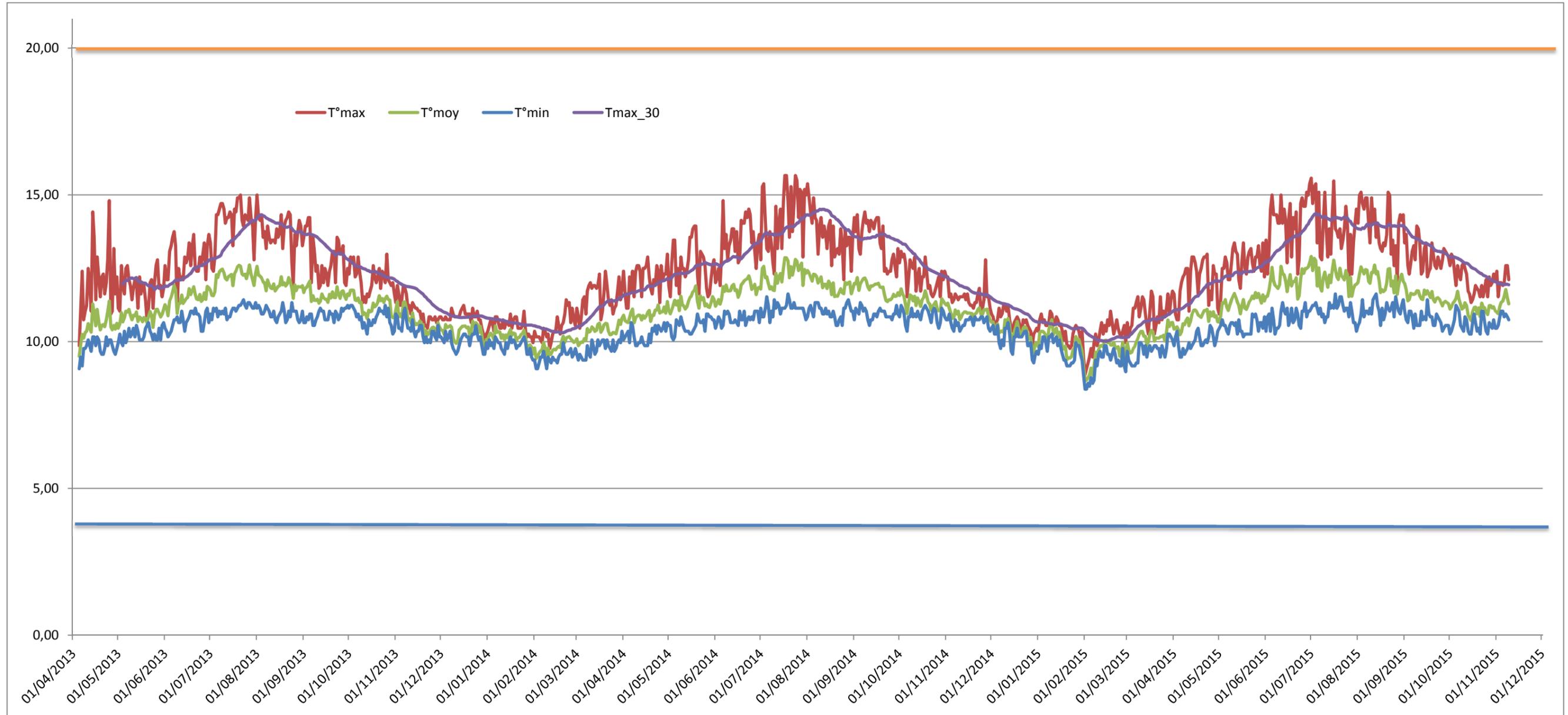


Figure 14 : Représentation graphique des températures moyennes (T°moy), minimales (T°min), maximales (T°max) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours (Tmax_30) sur la station de La Bave à Beaumont-le-Roger – données nettoyées.

Globalement, les variations des températures (figures 7 à 14), tant intra que interannuelles, traduisent bien la météo :

- 2013 a été marqué par un été chaud et un hiver classique (assez froid en fin d'année)
- 2014 par un été peu ensoleillé avec des orages et un hiver avec des périodes très douces en fin d'année et un pic de froid début 2015 (février)
- 2015 avec un été classique

A noter que les températures les plus chaudes sont toujours enregistrées en juillet. Ensuite, il s'agit soit d'août, soit de juin. Cela traduit également les phénomènes météo, avec des mois de juin pouvant être très chauds durant ces années.

Quant aux températures enregistrées les plus faibles, elles le sont globalement en décembre. L'année 2015 fait exception, du fait d'une douceur exceptionnelle sur décembre.

Les températures observées sont globalement fraîches, avec des moyennes annuelles entre 11.9°C et 12.9 °C pour la Risle en 2014 et de 11.1 °C pour la Bave. Cela est caractéristique des cours d'eau sédimentaires (tableau 6).

L'ensemble des sites de la Risle sont classées en sub frais (15-21°C, selon Magnusson), sur la période d'étude, avec néanmoins Goupillières en limite basse, qui pourrait passer en frais sur un été frais et Grosley en limite haute (à relativiser quelque peu avec l'emplacement qui est plus exposé que les autres sondes, mais l'écart reste important). La Bave est quant à elle en frais.

STATION	Tre moyenne annuelle	Tre juil+août		
	2014	2013	2014	2015
Risle à Rugles *				16,7
Risle à Neaufles Auvergnay	12	18	16,3	18,1
Risle à La Vieille Lyre	12,2		17,2	19
Risle à Ajou	12,5		17,8	
Risle à Grosley sur Risle	12,9	20,7	18,6	20,1
Risle à Beaumont le Roger **	12		16	15,6
Risle à Goupillières	11,9		15,2	15,2
Bave à Beaumont le Roger	11,1	12,1	12,1	12,2
delta risle	1	-	3,4	4,9

Tableau 6 : Synthèse des températures moyenne annuelle 2014 et des températures moyennes sur juillet/août 2013 à 2015, sur l'ensemble des stations de l'observatoire (stations listées d'amont en aval)

Ainsi, sur la Risle, la station la plus chaude est Grosley, suivie de Ajou et la plus froide est Goupillières, suivie de Beaumont. L'évolution thermique est donc non linéaire sur cette portion de la Risle. Cela traduit bien une variation de l'environnement. Vues les sites et l'amplitude concernée, seule la part de soutien de la nappe sur la période estivale permettrait d'être un facteur explicatif, la ripisylve ou encore l'occupation des sols étant soit comparables, soit insuffisamment différents au regard de la taille du cours d'eau pour induire une telle variation. Cette dernière est par ailleurs importante puisqu'elle gomme l'effet d'augmentation longitudinale de la température, qui est comprise entre 0.1°C par km (Cours d'eau de montagne) et 0.6°C par km (grand cours d'eau de plaine) sur le bassin de la Loire (*in Beaufort A., Moatar F, 2015*).

Sur la plaine de Beauce, des travaux (*Moatar, Gaillard, 2006 in Beaufort A., Moatar F, 2015*) ont montré que l'apport de l'aquifère se traduisait par une diminution de la température moyenne à l'étiage (août dans ce cas) de 1 à 2°C. La chute de température à cette saison (tableau 6) entre Grosley et Beaumont le Roger illustre bien ce cas. En première approche, la mise en place une part d'alimentation plus forte de la nappe entre ces 2 sites serait à envisager.

Une analyse globale des variations amont-aval permet d'émettre des hypothèses sur ces relations nappe/cours d'eau.

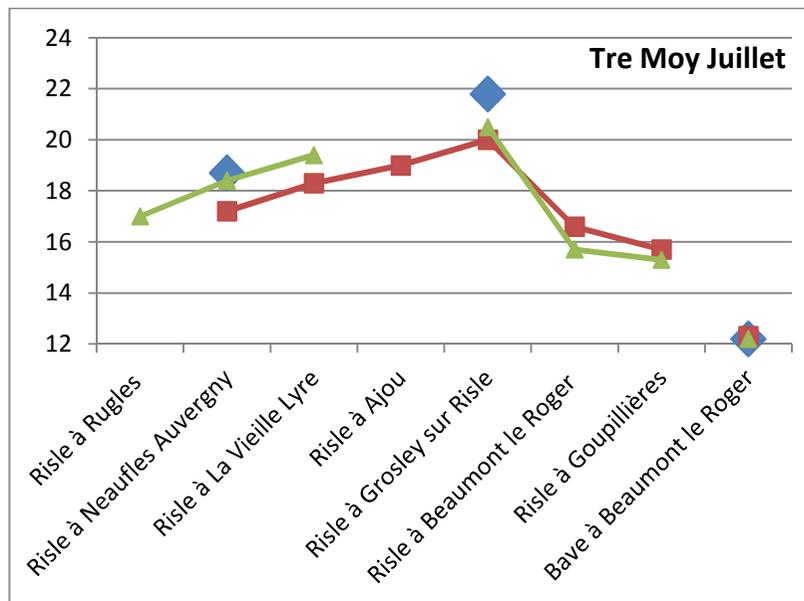
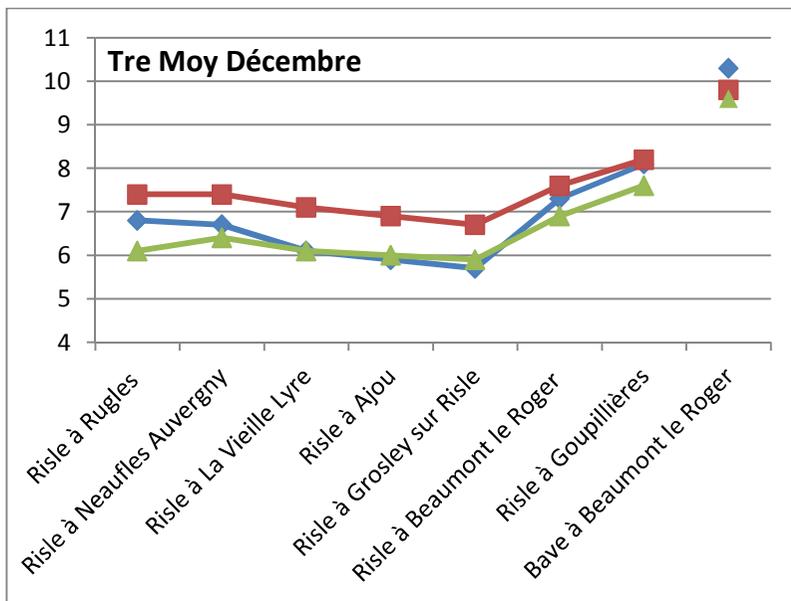
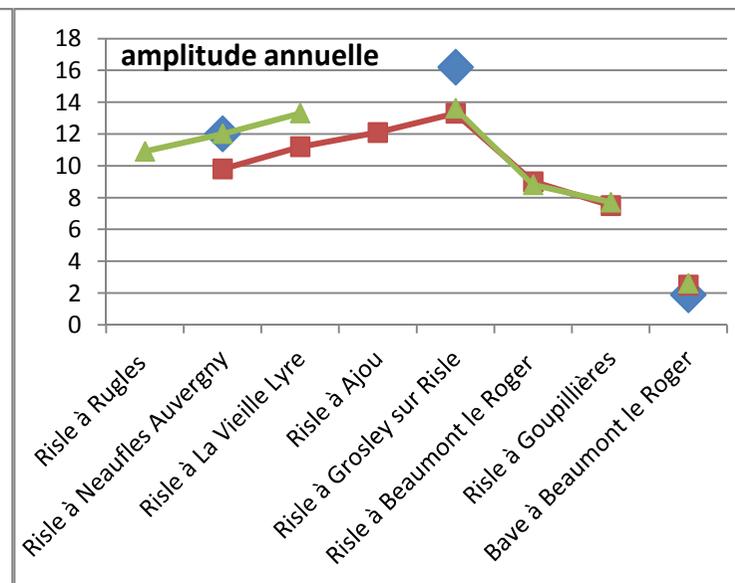
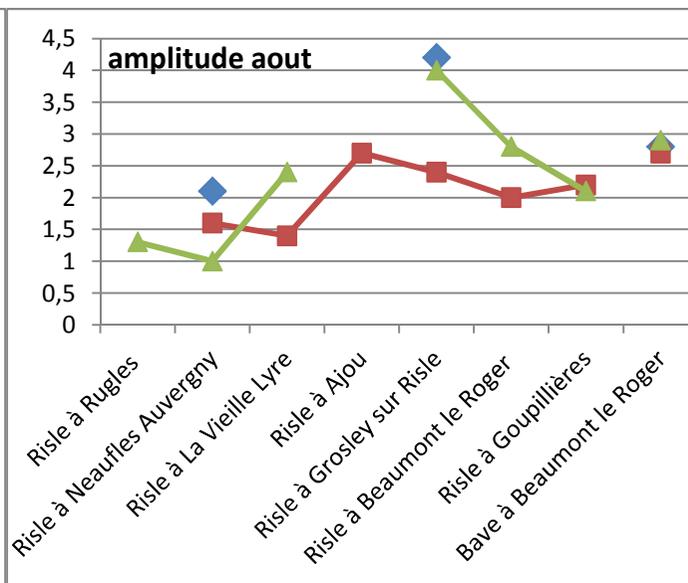
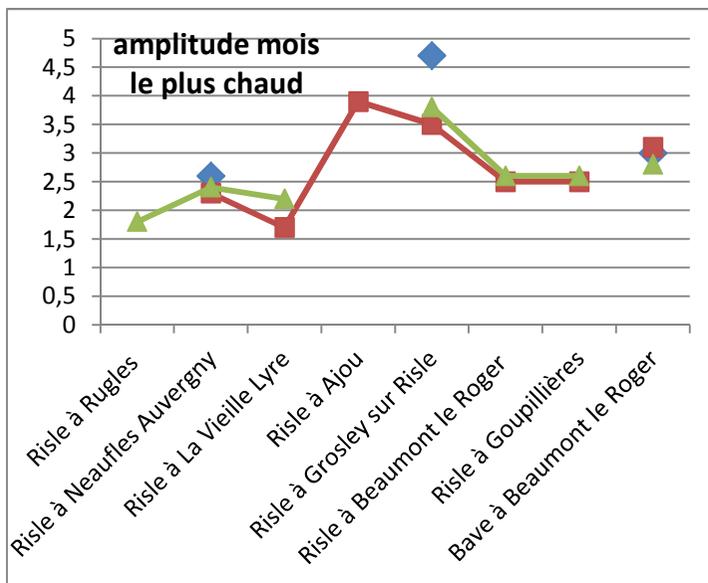


Figure 15 : Evolution longitudinale sur la Risle et variations annuelles sur la Risle et la Bave de températures moyennes (ci-dessus) et d'amplitudes (ci-dessous) sur la période de suivi de l'observatoire. (Km estimés entre les stations de la Risle : 14-8-5-10-3-5)



3.3. Résultats amont-aval

3.3.1. Etude des gradients longitudinaux : un secteur aval fortement reconnecté

En régime hydrologique constant, il existe un gradient longitudinal, qui s'exprime en nombre de degré par kilomètre. Néanmoins, les conditions de pose et d'enregistrement n'étant pas les mêmes sur tous les sites, il est choisi de ne pas réaliser d'analyse fine sur ce terrain, mais d'observer les grandes tendances.

Que ce soit en période estivale ou hivernale, le suivi thermique réalisé lors de l'Observatoire montre des ruptures de ce gradient (figure 15), allant d'un ralentissement de l'augmentation ou de la diminution, selon la saison (chaude ou froide) présente au tronçon précédent, à l'inversion des gradients observés (passage d'une augmentation à une diminution ou inversement).

A noter que les 2 sondes les plus éloignées sont celles de Rugles et Neaufles. Viennent ensuite Ajou et Grosley, suivies de Neaufles et La Vieille Lyre. La Vieille Lyre et Ajou, ainsi que Beaumont et La Goupillières sont assez rapprochées et enfin les plus proches sont celles de Grosley et Beaumont. Il est estimé les distances suivantes entre les sondes : 14 km ; 8 km ; 5 km ; 10 km ; 3 km et 5 km.

Ainsi, sur le mois le plus chaud (juillet), la figure 15 montre que le gradient longitudinal de la Risle serait de l'ordre de 0,1°C par kilomètre. Il existe un gradient croissant depuis Rugles jusque Grosley, dans des proportions assez similaires (le manque de données sur Rugles ne permet pas de trancher sur une possible diminution du gradient sur le secteur Rugles Neaufles). Il devient ensuite décroissant de Grosley jusque Goupillières, avec un taux de diminution très fort entre Grosley et Beaumont (entre 1,1 et 1,6 °C par km selon les années) et moindre mais toujours présente entre Beaumont et Goupillières (de 0,1 à 0,2 °C par km selon les années).

Ces premiers éléments traduiraient tout d'abord une connexion faible à moyenne, dans des proportions comparables entre les secteurs sur l'amont et ensuite une reconnexion avec la nappe très forte entre Grosley et Beaumont, mais également un apport supplémentaire d'eau de nappe entre Beaumont et Goupillières. Cela pourrait être via l'apport de la Bave qui, vu son profil thermique (cf figure 14, très faible amplitude centrée sur la température de la nappe) est composée pour sa quasi-totalité d'eau de nappe, mais peut-être aussi d'apports d'autres résurgences le long du profil dans ce secteur. A noter que Goupillières, la station la plus aval est la plus proche des températures observées sur la Bave.

De la même manière, l'étude du gradient sur le mois le plus froid (en décembre) conduit à des conclusions similaires sur le secteur aval, avec juste une inversion du phénomène (passage d'une diminution à une augmentation des températures entre Grosley et Beaumont, la température de la nappe étant cette fois ci plus chaude que celle de l'air). L'augmentation bien présente des températures et dans des proportions plus fortes comparativement à la période estivale entre Beaumont et Goupillières renforcent l'hypothèse d'apports autres significatifs que la seule confluence avec la Bave.

Quant au secteur amont, le suivi des moyennes sur décembre (figure 15) montre une variabilité du gradient entre Rugles et Neaufles. Il est ainsi selon les années, nul, positif ou négatif. Ainsi, la station de Neaufles semble moins sensible à la variation de la température de l'air en période hivernale que celles de Rugles ou de la Vieille Lyre, jusqu'à se comporter d'une manière similaire aux stations très connectées avec la nappe (augmentation de température). Cela pose la question de la variabilité de la connexion avec la nappe sur une portion de cours d'eau située de part et d'autre du site de Neaufles. En effet, en période estivale, elle serait déconnectée et retrouverait une connexion en période hivernale. Une analyse mensuelle de la variation des températures sur ce secteur, au regard du niveau de la nappe permettrait de préciser ces connexions.

3.3.2. Amplitudes et périodes froides : un secteur amont complexe

Plus un cours d'eau est connecté avec la nappe, plus il sera tamponné. L'étude de l'amplitude annuelle (figure 15) confirme les hypothèses, à savoir :

- Une connexion extrêmement forte entre la Bave et la nappe (2,5 °C d'amplitude)
- Un lien fort présent plutôt toute l'année sur le secteur aval, qui se renforce d'amont en aval (Beaumont et Goupillières, respectivement 8,8 et 7,7 °C d'amplitude)

- Une connexion globalement moindre des sites amont (amplitude augmentant d'amont en aval de 11 à 13,5°C)

En outre, l'observation des amplitudes sur le mois le plus chaud et le mois d'août traduit la complexité de la connexion selon les années sur la partie amont, et plus particulièrement autour des stations de Neaufles et de la Vieille Lyre. Le décroché est par contre toujours net à partir d'Ajou. Cela amène à supposer que la partie amont de la Risle peut être découpée en 2 secteurs :

- De l'amont d'Ajou à Grosley : zone fortement déconnectée
- De Rugles aval à La Vieille Lyre : secteur à connexion moyenne et fluctuante en fonction des saisons et selon les sous-secteurs. Certains auraient une tendance perchée et d'autres une tendance connectée, notamment autour de Neaufles en hiver.

L'analyse des périodes où les températures les plus froides sont installées pour un certain temps (Tmin5 et Tmin30), ce qui diminue d'autant plus l'impact des fluctuations journalières des températures de l'air et rend mieux compte de la tendance thermique de la masse d'air, permet de mettre en évidence des inerties différentielles selon les secteurs.

Outre les considérations déjà actées de la Bave et des 2 stations aval, le Tmin5 de 2014 fait état d'une atteinte de cette valeur au 31/12 pour tous les sites (sauf la Bave pour qui c'est en février), alors que Grosley l'atteint le 09/12 et avec une température plus faible qu'ailleurs. Y aurait il eu une influence de la température de l'air maximisée sur le début décembre, du fait d'un soutien moindre par la nappe sur ce secteur, qui serait alors le plus déconnecté ?

A noter qu'en 2015 le Tmin 5 est atteint pour tous les sites entre le 4 et le 7 février, sauf pour Ajou et Grosley pour qui c'est au 2 janvier. Cela traduit bien le caractère atypique de ces 2 sites, une étude de la température de l'air montrerait sûrement une vague de froid sur la fin décembre/début janvier, durant ensuite jusque février et donc une moindre inertie de ces 2 sites, plus déconnectés sur cette période.

Le Tmin30 de 2014 fait quant à lui état d'une similitude entre la Bave et Beaumont/Goupillières, ces 3 sites l'atteignant entre le 18 et le 24 février. Les autres sites amont l'atteignent tous entre le 1^{er} et le 5 janvier, excepté Rugles pour qui la date est le 16 février. Bien qu'ayant une température moindre que sur les 2 sites aval, cette station amont a la 3eme température Tmin30 la plus haute sur la Risle et l'atteint à la même période que les sites fortement connectés. Cela tendrait à appuyer l'hypothèse d'une plus forte connexion de cette zone au sein du secteur « fluctuant » lors du début 2014.

Enfin, les valeurs des Tmin5 et 30 de l'année 2015 (tableau 7) montrent que pour cette année, la station de Neaufles était plus connectée en janvier/février que celle de Rugles et de La Vieille Lyre, les valeurs augmentant de l'amont en aval sur ce second site, avant de diminuer au 3ème site.

Station	Rugles	Neaufles	Vieille Lyre	Ajou	Grosley	Beaumont le Roger	Goupillière	LA BAVE
Tre juilletAout	16.7 ↗	18.1 ↗	19 (17.2) ↗	(17.8) ↗	20.1 (18.6) ↘	15.6 ↘	15.2 ↘	12.2
Tre Max 5jours	20.5 ↗	22.7 ↗	23.9 (21) ↗	(23.7) ↗	26.7 (24.7) ↘	19.1 ↘	18.7 ↘	15.3
Tre Max 30 jours	18.6 ↗	20.4 ↗	21.5 (19.5) ↗	(21.5) ↗	23.6 (22.1) ↘	17.7 ↘	17.2 ↘	14.4
Nb jours Tre moy >20°C	0 ↗	7 ↗	21 (6) ↗	(11) ↗	43 (21) ↘	0 →	0 →	0
Nb jours Tre moy >25°C	0 →	0 →	0 (0) ↗	(1) ↗	7 (5) ↘	0 →	0 →	0
Tre Min 5 jours	5.3 ↗	5.5 ↘	5.2 (5.8) ↘	5.0 (5.6) ↘	4.5 (5.2) ↘	5.9 ↗	6.7 ↗	9.2
Tre Min 30 jours	6.3 ↗	6.4 ↘	6.2 (6.9) ↘	6.0 (6.8) ↘	5.9 (6.3) ↘	6.9 ↗	7.7 ↗	10.0
Nb jours Tre moy <1°C	0 →	0 ↗	1 (0) →	1 (1) ↗	3 (3) ↘	0 →	0 →	0
Gamme Tre	4-20	4-22	3-24	3-25	1-27	5-20	6-19	8-15

Tableau 7 : Synthèse d'amont en aval , Bave mise à part , des températures moyennes juillet/aout, des gammes de température observées et des grandeurs permettant le lien à la biologie d'amont en aval et sur la Bave - Année 2015. Les données de 2014 sont mises entre parenthèses. Observation des tendances.

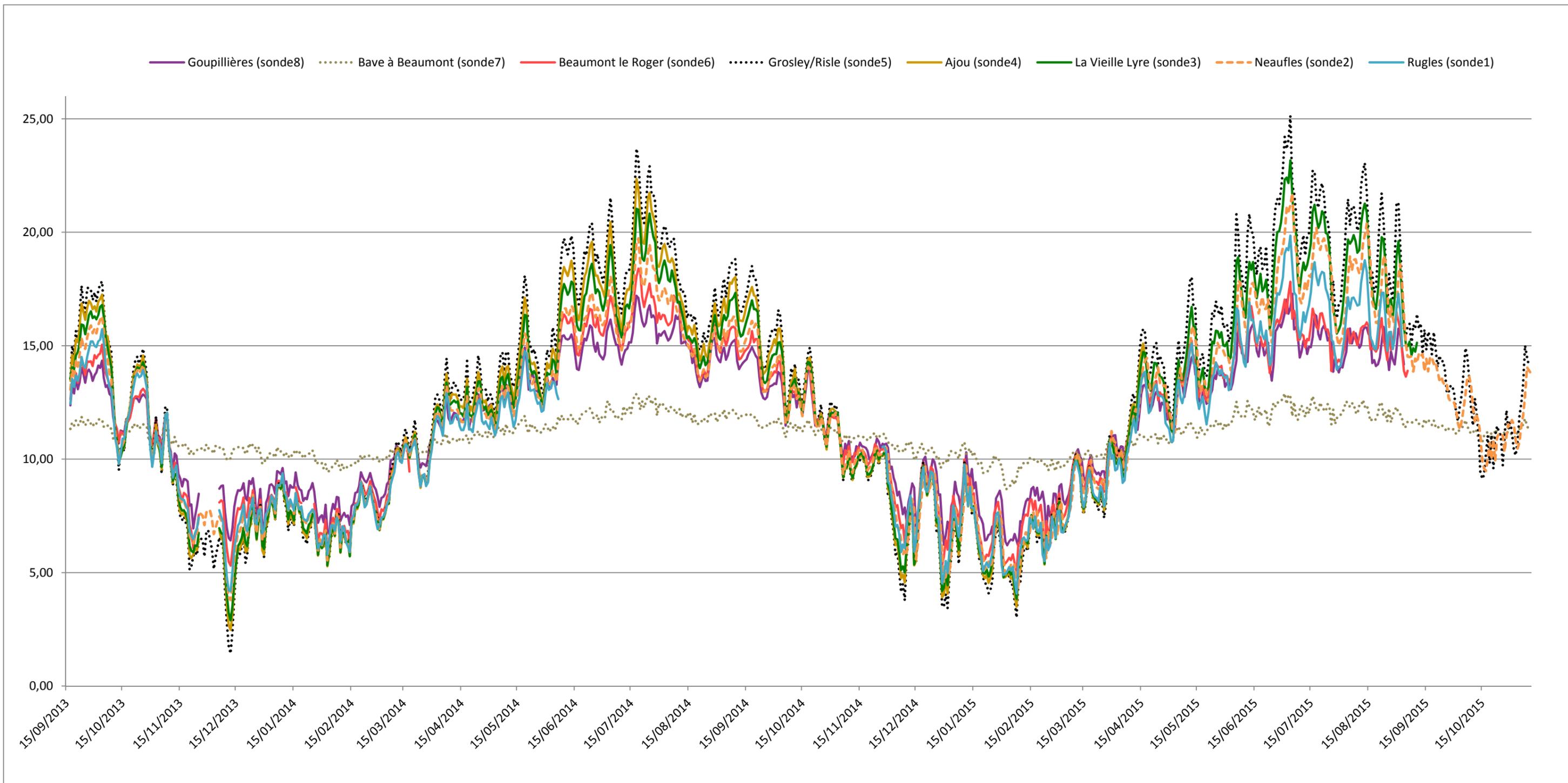


Figure 16 : température moyenne journalière de l'ensemble des stations de l'observatoire au cours des 2 ans de suivi – données validées

3.4. Données thermiques et espèces piscicoles

3.4.1. Généralités

Le facteur thermique est l'un des paramètres environnementaux les plus importants pour le développement des espèces piscicoles au sein des hydrosystèmes.

En effet, la température intervient d'une part sur la régulation du comportement des individus (migration, reproduction...) et régule d'autre part la physiologie des poissons (taux de fécondité, durée d'incubation, métabolisme respiratoire, croissance...). Chaque espèce de poisson possède donc ses propres exigences thermiques caractérisées par la température létale et l'optimum thermique.

La température de l'eau intervient également de manière indirecte pour les espèces piscicoles en modifiant la teneur en oxygène dissous et la quantité de nourriture disponible (développement des végétaux ou croissance des invertébrés aquatiques par ex).

Enfin, les variations des exigences thermiques des espèces se reflètent au sein du gradient longitudinal des poissons, avec les salmonidés sur l'amont (zones fraîches) et ésofidés et percidés plus en aval (optimal et tolérance de zones plus chaudes, mais également tolérance d'une plus large gamme de température).

3.4.2. Viabilité thermique partielle d'une population de truites sur la Risle moyenne

Dans le cas présent, la Risle moyenne a les caractéristiques d'habitat (sans considérer la température de l'eau) salmonicole non apical. Les suivis réalisés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau sur la commune d'Ambenay (amont du secteur suivi) en témoignent, les espèces majoritaires étant la truite et ses espèces d'accompagnement qui traduisent typologiquement une zone à ombre pour nos cours d'eau où l'ombre n'est pas présent naturellement, voir annexe 3.

Les données thermiques des stations vont donc être analysées au regard des exigences de cette espèce énoncées ci-après. Une analyse de ces premiers éléments au regard des résultats des pêches effectuées au sein de l'observatoire permettra d'infirmer ou de confirmer les éléments.

Exigences thermiques de la truite :

- zone de tolérance thermique (gamme optimale de température) : entre 4°C et 19°C (*Elliott, 1981*).
- Zone d'alimentation maximale : 10 à 19°C (*Frost et Brown, 1967*)
- Optimum de croissance des juvéniles : 12°C
- Optimal de fraye : 1 à 13°C (*Elliott, 1981 ; Bjornn & Reiser 1991*)
- zone de résistance thermique (individu stressé) entre 20°C et 24°C
- Zone de mortalité instantanée (température létale) : en dessous de 0°C et à partir de 25°C pour les alevins et juvéniles.

Ainsi, d'un point de vue thermique, un cours d'eau entre 1 et 13 °C de novembre à février, autour de 12°C de janvier à avril et ne dépassant pas les 19°C l'été, ni ne diminuant sous les 10°C l'automne serait optimal pour le développement de la truite.

Dans le cas présent, les températures basses ne sont pas limitantes. La gamme des températures optimales de fraye est respectée très largement, les quelques rares et ponctuelles « entorses » étant dues à un dépassement de la borne supérieure. Néanmoins, dans le cas d'un hiver très rude, il se pourrait que sur le site de Grosley le devienne, le minimum de 0,72°C observé en ponctuel (figure 12) le traduisant, ainsi que les quelques jours de stress dus au froid chaque année (figure 17).

Par contre, les températures hautes le sont. En effet, le site de Grosley, par les nombreux jours dont la moyenne dépasse 20°C et le maximum atteint les 25°C ne semblent pas convenir à cette espèce. En effet, chaque année, la température létale est dépassée quelques jours (figure 17). La station d'Ajou est la seule autre station où la température létale est quelque fois atteinte. Sinon, les sites de La Vieille Lyre et plus rarement Neaufles et Beaumont ont des moyennes journalières dans les gammes thermiques stressantes pour l'espèce (<4°C et >20°C), mais de manière ponctuelle et sans dépasser la zone létale. Quant aux stations de Rugles, la Goupillières et la Bave, les gammes thermiques sont comprises dans l'optimal de température.

Enfin, il est à noter que le Tmax5 dépasse les 20°C pour Neaufles, La Vieille Lyre, Ajou et Grosley chaque été et uniquement les étés chauds pour Rugles, contrairement à Beaumont et la Goupillières. Il

dépasse même les 25°C sur Grosley, voire sûrement sur Ajou les étés chauds (la perte de données sur ce site ne permet pas de l'affirmer). Quant au Tmax30, il est toujours bien en-dessous de 20°C sur Beaumont et la Goupillières, au-dessous de 20°C sur Rugles (qui pourrait l'atteindre un été très chaud), bien au-dessus de 20°C sur Grosley et Ajou et au-dessous ou au-dessus de 20°C selon les années, sur Neaufles et la Vieille Lyre.

Sur les sites de Grosley et Ajou, les stress liés à des températures élevées est donc durable dans le temps, soit néfaste à une population potentielle.

Ainsi au regard des données thermiques, les stations de Grosley et Ajou ne semblent pas propices à l'accueil d'une population de truites. Celles de la Bave, Beaumont, la Goupillières et Rugles le sont, dans des conditions optimales ou presque. Quant à celles de Neaufles et la Vieille Lyre, les conditions sont parfois stressantes, mais cela ne durant pas, une population pourrait s'établir. Les densités seraient a priori moindres que sur les autres sites propices.

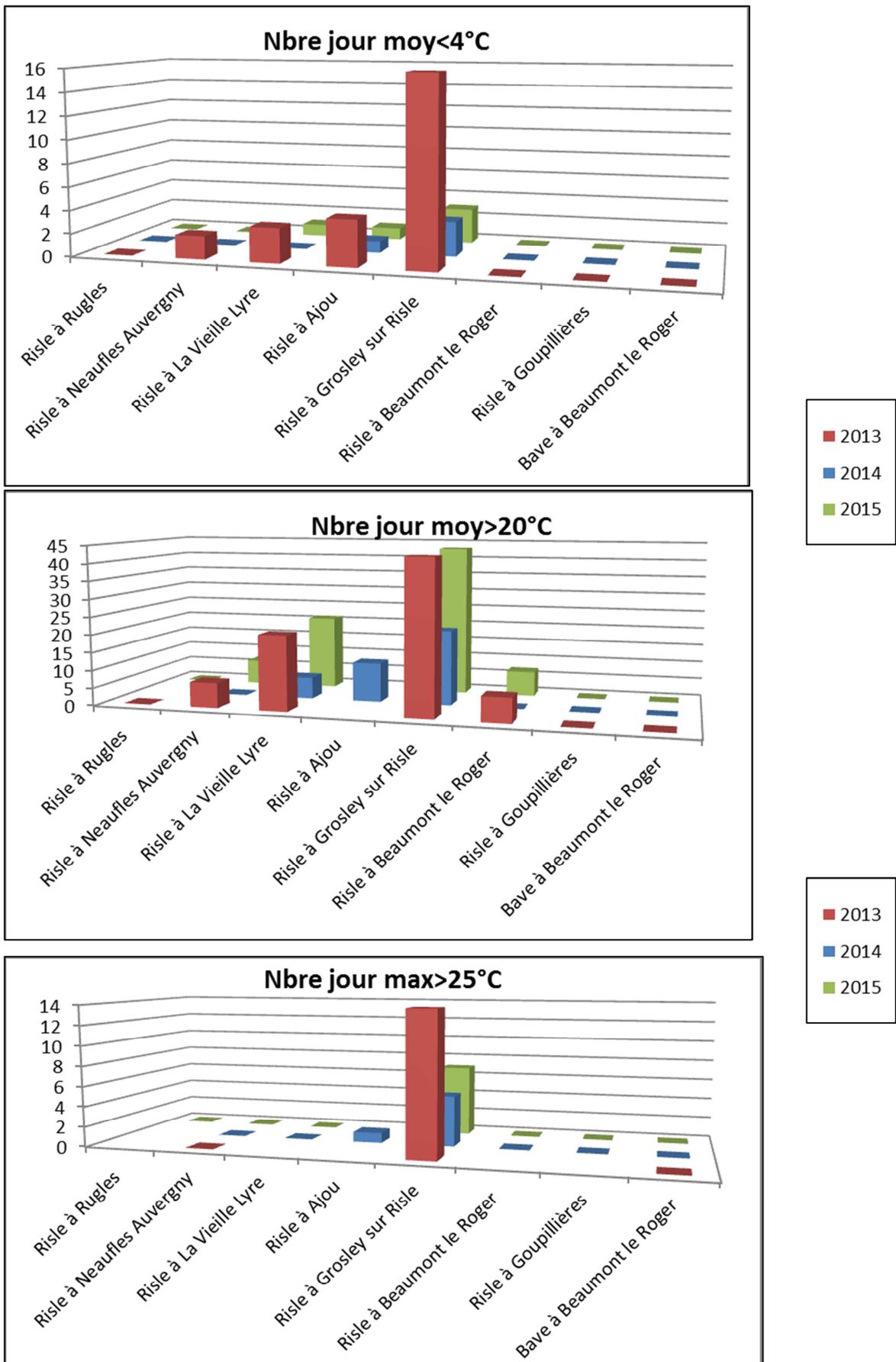


Figure 17 : évolution selon les années et les stations du nombre de jours où la moyenne est inférieure à 4°C ou supérieure à 20°C ; et où le maximum dépasse 25°C

4. Conclusion

Outre l'erreur humaine que la mise en place de protocole cadré dès l'amont tend à diminuer au maximum, la réalisation d'un suivi thermique est soumise non seulement aux aléas liés aux conditions hydrauliques (crues et sortie du lit mineur par exemple), mais aussi aux limites des appareils d'enregistrement qui peuvent présenter des bugs sur des longues chroniques. La mise en qualité des données revêt une importance primordiale dans ce cas.

Le suivi thermique mis en place lors de l'Observation de la Risle permet d'identifier 4 secteurs avec des fonctionnements différents :

- La Bave, très fortement connectée à la nappe
- Beaumont et la Goupillères, fortement connectés à la nappe et plus d'amont en aval
- Ajou et Grosley, faiblement connectés à la nappe
- La zone amont, dont la connexion semble fluctuer de faible à moyenne, les zones de rupture n'étant pas linéaires

Les liens sont globalement très nets sur l'aval et plus flous sur l'amont. Afin non seulement d'invalider ou de conforter des tendances, notamment sur la zone amont, mais aussi de quantifier la part des choses sur l'aval, une confrontation des données thermiques du cours d'eau avec les données de l'air (notamment sur les mois les plus froids), l'évolution longitudinales des débits, la température et le niveau de la nappe permettrait par le croisement de l'ensemble des paramètres de mieux comprendre les variables de contrôle. Une mise à jour de la représentation cartographique du secteur perché sur le bassin de la Risle serait alors souhaitable.

En outre, ce suivi permet de mettre en évidence le rôle certes connu, mais primordial, de la connexion nappe/cours d'eau dans l'existence de populations de truites fario dans les cours d'eau des tables calcaires de « Haute Normandie-Picardie ». Les températures observées, notamment sur l'aval sont bien celles d'une zone à truite, voire zone à ombre et confortent le fait que les seuls descripteurs de pente, distance à la source et taille de bassin versant peinent dans ces cas à bien prédire un peuplement en place, à moins d'avoir un peuplement de référence sur une typologie similaire.

De plus, du fait des phénomènes karstiques la variabilité de la part de soutien de la nappe s'exprime en dehors de tout gradient longitudinal du cours d'eau. D'un point de vue peuplement piscicole, cela peut aller jusqu'à induire une inversion du gradient usuel. L'analyse des peuplements observés lors des pêches sur l'Observatoire pourra préciser les choses.

Enfin, quoi qu'il en soit, le suivi démontre qu'il est essentiel que le lien nappe cours d'eau perdure, que ce soit de manière directe par des échanges au sein du lit mineur, ou par l'arrivée « d'eau de nappe » par le biais d'affluent très connectés.

5. Sigles & Abréviations

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

DCE : Directive Cadre européenne sur l'Eau

DIR : Délégation interrégionale

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement ; de l'Aménagement et du Logement

FDPPMA : Fédération départementale pour la pêche et la protection des milieux aquatiques

ONEMA : Office national de l'eau et des milieux aquatiques

RCS : Réseau de Contrôle et Surveillance

SD : Service départemental

SYRAH-CE : Système relationnel d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau

6. Bibliographie

ALABASTER J.S., LLOYD R. (1982) – Water quality criteria for freshwater fish. Seconde édition. Butterworths (soutien FAO), pp. 47-82

BEAUFORT A., MOATAR F. (2015) – Température des cours d'eau : analyse des données et modélisation : application au bassin de la Loire. Rapport final convention ONEMA-Université Tours, 68p.

CHAUVIGNE S (2008) – Guide pour la réalisation du suivi thermique des cours d'eau. ONEMA, 32p.

DITCHE J.M. (2005) - Suivi thermique des cours d'eau en période estivale. Eté 2004 dans les régions Haute Normandie - Picardie et Nord - Pas de - Calais – CSP DR1, 9p + annexes.

ELLIOT JM. (1981) - Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In: Pickering AD, ed. Stress and fish. San Diego, CA: Academic Press, pp. 209-245.

HUET M. (1954) – Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes - *Bulletin Français de pisciculture*, 175, p.41-53.

KHALANSKI M. (1976). "Relation entre les températures létales et la température d'acclimatation des poissons d'eau douce. Construction d'abaques." Cahiers du Laboratoire de Montereau 3: 35-42.

ONEMA DiR 1 (2007) – Suivi thermique des cours d'eau en période estivale – Bilan 2004 - 2006 – ONEMA DIR1, 28p + annexes

VALETTE L et al. (2008) – Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau SYRAH CE ; Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique. Cemagref 27p.

7. Table des illustrations

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la Risle médiane (sources : BD Carthage® et BD Carto ®).....	6
Figure 2: Engouffrement de la Risle moyenne dans le karst sous-jacent.....	8
Figure 3. Enregistreur Hoboware 1	9
Figure 4. Enregistreur Hoboware 2	9
Figure 5: Tronçons géomorphologiques homogènes et localisation des sites thermiques sur le bassin de la Risle concernées par l'Observatoire ou à proximité (nom des sondes suivis de l'année de pose et de la période d'enregistrement si suivi terminé).....	10
Figure 6: Localisation et année de pose des sondes thermiques sur le territoire de l'Observatoire	13
Figure 7 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de Rugles – données nettoyées.....	20
Figure 8 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de Neaufles – données nettoyées.....	22
Figure 9 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de La Vieille Lyre – données nettoyées.	24
Figure 10 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station d'Ajou – données nettoyées.....	26
Figure 11: Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de Grosley-sur-Risle – données nettoyées.	28
Figure 12 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de Beaumont-le-Roger – données nettoyées.	30
Figure 13 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de La Goupillères – données nettoyées.....	32
Figure 14 : Représentation graphique des températures moyennes ($T^{\circ}\text{moy}$), minimales ($T^{\circ}\text{min}$), maximales ($T^{\circ}\text{max}$) à la journée et de la moyenne des températures maximales des 30 derniers jours ($T_{\text{max_30}}$) sur la station de La Bave à Beaumont-le-Roger – données nettoyées.	34
Figure 15 : Evolution longitudinale sur la Risle et variations annuelles sur la Risle et la Bave de températures moyennes (ci-dessus) et d'amplitudes (ci-dessous) sur la période de suivi de l'observatoire. (Km estimés entre les stations de la Risle : 14-8-5-10-3-5)	36
Figure 16 : température moyenne journalière de l'ensemble des stations de l'observatoire au cours des 2 ans de suivi – données validées.....	40
Figure 17 : évolution selon les années et les stations du nombre de jours où la moyenne est inférieure à 4°C ou supérieure à 20°C ; et où le maximum dépasse 25°C.....	43

TABLEAUX

<i>Tableau 1. Caractéristiques des enregistreurs thermiques.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 2: Stations du suivi thermique des eaux superficielles retenues dans le cadre de l'Observatoire de la Risle.....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 3. Conditions de pose des sondes de l'Observatoire de la Risle.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 4 : Synthèse des anomalies détectées sur le réseau de l'observatoire.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 5 : Classes de températures permettant la classification des cours d'eau selon leurs régimes thermiques, d'après Magnuson.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 6 : Synthèse des températures moyenne annuelle 2014 et des températures moyennes sur juillet/aout 2013 à 2015, sur l'ensemble des stations de l'observatoire (stations listées d'amont en aval).....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 7 : Synthèse d'amont en aval , Bave mise à part, des températures moyennes juillet/aout, des gammes de température observées et des grandeurs permettant le lien à la biologie d'amont en aval et sur la Bave - Année 2015. Les données de 2014 sont mises entre parenthèses. Observation des tendances.....</i>	<i>39</i>

8. ANNEXES

Annexe 1 : données thermiques de la Risle à Ambenay

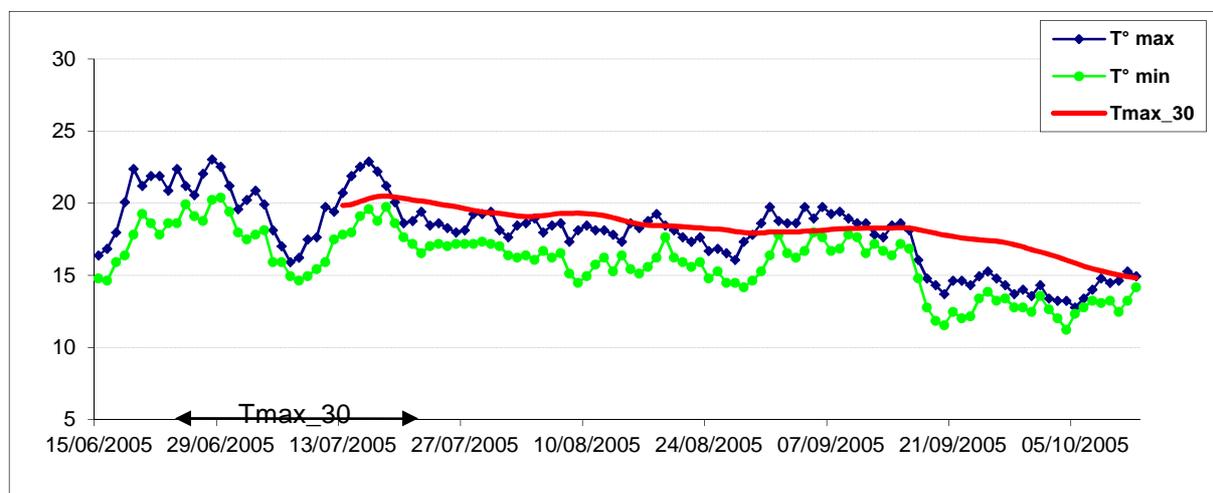
Suivi thermique des cours d'eau en période estivale, été 2005 dans les régions Haute Normandie - Picardie - Ile de France et Nord -Pas de Calais, CSP,

Risle à Ambenay (27) :

Date	T° max	T° min	T° moy.	Ampl.	Tmax_30	Tmax_5
15/06/2005	16,38	14,79	15,612	1,59		
16/06/2005	16,85	14,63	15,61	2,22		
17/06/2005	17,97	15,91	16,882	2,06		
18/06/2005	20,07	16,38	18,165	3,69		
19/06/2005	22,38	17,81	19,893	4,57		
20/06/2005	21,21	19,26	20,397	1,95		19,70
21/06/2005	21,88	18,61	20,077	3,27		20,70
22/06/2005	21,88	17,81	19,753	4,07		21,48
23/06/2005	20,88	18,61	19,853	2,27		21,65
24/06/2005	22,38	18,61	20,405	3,77		21,65
25/06/2005	21,21	19,91	20,613	1,3		21,65
26/06/2005	20,56	19,1	19,963	1,46		21,38
27/06/2005	22,04	18,77	20,295	3,27		21,41
28/06/2005	23,05	20,23	21,55	2,82		21,85
29/06/2005	22,54	20,39	21,573	2,15		21,88
30/06/2005	21,21	19,42	20,26	1,79		21,88
01/07/2005	19,59	17,97	18,64	1,62		21,69
02/07/2005	20,23	17,48	18,695	2,75		21,32
03/07/2005	20,88	17,81	19,343	3,07		20,89
04/07/2005	19,91	18,13	18,857	1,78		20,36
05/07/2005	18,13	15,91	16,962	2,22		19,75
06/07/2005	17,01	15,91	16,38	1,1		19,23
07/07/2005	15,91	14,95	15,508	0,96		18,37
08/07/2005	16,22	14,63	15,347	1,59		17,44
09/07/2005	17,48	14,95	16,033	2,53		16,95
10/07/2005	17,64	15,43	16,483	2,21		16,85
11/07/2005	19,75	15,91	17,683	3,84		17,40
12/07/2005	19,42	17,48	18,342	1,94		18,10
13/07/2005	20,72	17,81	18,965	2,91	19,84	19,00
14/07/2005	21,88	17,97	19,835	3,91	19,91	19,88
15/07/2005	22,54	19,1	20,813	3,44	20,11	20,86
16/07/2005	22,88	19,59	21,087	3,29	20,32	21,49
17/07/2005	22,21	18,77	20,648	3,44	20,46	22,05
18/07/2005	21,21	19,75	20,452	1,46	20,49	22,14
19/07/2005	20,07	18,61	19,178	1,46	20,42	21,78
20/07/2005	18,61	17,64	18,128	0,97	20,33	21,00
21/07/2005	18,77	17,17	18,102	1,6	20,23	20,17
22/07/2005	19,42	16,53	18,027	2,89	20,15	19,62
23/07/2005	18,45	17,01	17,833	1,44	20,06	19,06
24/07/2005	18,61	17,17	17,808	1,44	19,94	18,77
25/07/2005	18,29	17,01	17,677	1,28	19,84	18,71
26/07/2005	17,97	17,17	17,62	0,8	19,75	18,55
27/07/2005	18,13	17,17	17,54	0,96	19,62	18,29
28/07/2005	19,26	17,17	18,052	2,09	19,50	18,45
29/07/2005	19,26	17,33	18,4	1,93	19,39	18,58

30/07/2005	19,42	17,17	18,292	2,25	19,33	18,81
31/07/2005	18,13	17,01	17,648	1,12	19,28	18,84
01/08/2005	17,64	16,38	17,088	1,26	19,19	18,74
02/08/2005	18,45	16,22	17,278	2,23	19,11	18,58
03/08/2005	18,61	16,38	17,463	2,23	19,07	18,45
04/08/2005	18,94	16,06	17,492	2,88	19,10	18,35
05/08/2005	17,97	16,69	17,302	1,28	19,13	18,32
06/08/2005	18,45	16,22	17,33	2,23	19,21	18,48
07/08/2005	18,61	16,53	17,462	2,08	19,29	18,52
08/08/2005	17,33	15,11	16,588	2,22	19,29	18,26
09/08/2005	18,13	14,48	16,3	3,65	19,30	18,10
10/08/2005	18,45	14,95	16,778	3,5	19,26	18,19
11/08/2005	18,13	15,74	17,065	2,39	19,22	18,13
12/08/2005	18,13	16,22	17,25	1,91	19,13	18,03
13/08/2005	17,81	15,27	16,748	2,54	19,00	18,13
14/08/2005	17,33	16,38	16,985	0,95	18,82	17,97
15/08/2005	18,61	15,43	16,857	3,18	18,68	18,00
16/08/2005	18,29	15,11	16,75	3,18	18,55	18,03
17/08/2005	18,77	15,59	17,122	3,18	18,47	18,16
18/08/2005	19,26	16,22	17,76	3,04	18,44	18,45
19/08/2005	18,45	17,64	17,995	0,81	18,44	18,68
20/08/2005	18,13	16,22	17,063	1,91	18,41	18,58
21/08/2005	17,64	15,91	16,748	1,73	18,36	18,45
22/08/2005	17,33	15,59	16,378	1,74	18,32	18,16
23/08/2005	17,64	15,91	16,617	1,73	18,29	17,84
24/08/2005	16,69	14,79	15,902	1,9	18,23	17,49
25/08/2005	16,85	15,27	15,93	1,58	18,19	17,23
26/08/2005	16,53	14,48	15,558	2,05	18,14	17,01
27/08/2005	16,06	14,48	15,297	1,58	18,03	16,75
28/08/2005	17,33	14,17	15,693	3,16	17,97	16,69
29/08/2005	17,81	14,63	16,14	3,18	17,92	16,92
30/08/2005	18,61	15,27	16,937	3,34	17,93	17,27
31/08/2005	19,75	16,38	17,922	3,37	18,00	17,91
01/09/2005	18,77	17,81	18,263	0,96	18,01	18,45
02/09/2005	18,61	16,53	17,677	2,08	18,01	18,71
03/09/2005	18,61	16,22	17,572	2,39	18,00	18,87
04/09/2005	19,75	16,69	18,132	3,06	18,06	19,10
05/09/2005	18,94	17,97	18,505	0,97	18,08	18,94
06/09/2005	19,75	17,64	18,398	2,11	18,12	19,13
07/09/2005	19,26	16,69	17,918	2,57	18,18	19,26
08/09/2005	19,42	16,85	18,158	2,57	18,22	19,42
09/09/2005	18,94	17,81	18,427	1,13	18,24	19,26
10/09/2005	18,61	17,64	17,993	0,97	18,26	19,20
11/09/2005	18,61	16,53	17,435	2,08	18,27	18,97
12/09/2005	17,81	17,17	17,408	0,64	18,27	18,68
13/09/2005	17,64	16,69	17,113	0,95	18,28	18,32
14/09/2005	18,45	16,38	17,172	2,07	18,28	18,22
15/09/2005	18,61	17,17	17,805	1,44	18,29	18,22
16/09/2005	18,13	16,85	17,41	1,28	18,27	18,13
17/09/2005	16,06	14,79	15,4	1,27	18,16	17,78
18/09/2005	14,79	12,78	13,862	2,01	18,04	17,21
19/09/2005	14,32	11,85	13,065	2,47	17,91	16,38
20/09/2005	13,71	11,54	12,755	2,17	17,78	15,40
21/09/2005	14,63	12,47	13,293	2,16	17,69	14,70
22/09/2005	14,63	12,01	13,245	2,62	17,59	14,42
23/09/2005	14,32	12,16	13,242	2,16	17,51	14,32
24/09/2005	14,95	13,4	14,068	1,55	17,45	14,45
25/09/2005	15,27	13,86	14,378	1,41	17,41	14,76

26/09/2005	14,79	13,24	14,093	1,55	17,36	14,79
27/09/2005	14,32	13,4	13,885	0,92	17,26	14,73
28/09/2005	13,71	12,78	13,348	0,93	17,13	14,61
29/09/2005	14,01	12,78	13,295	1,23	16,97	14,42
30/09/2005	13,56	12,47	12,987	1,09	16,77	14,08
01/10/2005	14,32	13,56	13,787	0,76	16,62	13,98
02/10/2005	13,4	12,63	13,092	0,77	16,44	13,80
03/10/2005	13,24	12,01	12,575	1,23	16,27	13,71
04/10/2005	13,24	11,23	12,158	2,01	16,05	13,55
05/10/2005	12,78	12,32	12,577	0,46	15,84	13,40
06/10/2005	13,4	12,78	13,013	0,62	15,63	13,21
07/10/2005	14,01	13,24	13,472	0,77	15,46	13,33
08/10/2005	14,79	13,09	13,865	1,7	15,30	13,64
09/10/2005	14,48	13,24	13,835	1,24	15,15	13,89
10/10/2005	14,63	12,47	13,423	2,16	15,02	14,26
11/10/2005	15,27	13,24	13,89	2,03	14,91	14,64
12/10/2005	14,95	14,17	14,558	0,78	14,81	14,82



	Période suivie	Tmoy_juillet :	Tmoy_août :	Tmax :	Tmax_juillet :	Tmax_août :
Risle à Ambenay	15/06 au 12/10	18,21	16,83	23,05	22,88	19,75

	Période suivie	Tmax_30 :	Tmax_5 :	T_Min :	Ampl_Moy	Ampl_Max	Ampl_Min	Nbj_20°C
Risle à Ambenay	15/06 au 12/10	20,49	22,14	11,54	2,12	4,57	0,64	12

Températures ponctuelles mesurées lors opérations de pêches électriques

La Risle à Ambenay,
Station SANDRE 03219780, site poisson code SANDRE 005 – suivi RCS, ONEMA/AFB

date	période	Température (°C)
26/06/2007	Matin	15
18/08/2009	Inconnue	17.6
23/08/2011	Inconnue	18
10/10/2013	Après midi	11.5
20/08/2015	Matin	15.6
28/08/2017	Matin	18.5

Annexe 2 : synthèse tests « dérives des sondes »

sonde FD +/- 0,5°C

sonde onema +/- 0,2°C

Station	Sonde	Date	Pendant la relève		SONDE			
			Heure	T°	Heure	T°	Heure	T°
Risle à Rugles	1 - Onema	16/09/2013	12:30	12				
		25/11/2013	10:00	6,5	10:00	7,393		
		06/12/2013	10:30	7,5	10:00	non disponible	12:00	7,5
		06/06/2014	10:45	12,7	10:00	12,461	11:00	non valide
		10/11/2014	09:50	9,0	09:00	non valide	10:00	non valide
		17/04/2015	10:15	13,1	10:00	13,185	11:00	13,257
		03/09/2015	15:30	13,9	15:00	13,954		
							enregistrement à partir du 17/09/2013	
Risle à Neaufles Auvergn	2 - fdppma	06/06/2014	15:40	15,2	15:32	15,187		
		28/04/2015	-	-	-	-		
		10/11/2015	14:22	14,1				
Risle à La Vieille Lyre	3 - Onema	16/09/2013	11:30	13				
		25/11/2013	10:50	6,5	10:00	6,737	11:00	6,763
		06/12/2013	11:30	7,3	11:00	non disponible	13:00	7,091
		06/06/2014	11:45	13,8	11:00	13,618	12:00	14,026
		10/11/2014	11:15	9,1	11:00	9,015	12:00	9,089
		17/04/2015	10:50	14,2	10:00	14,12	11:00	14,912
		11/09/2015	09:15	14,0	09:00	13,954		
Risle à Ajou	4 - Onema	16/09/2013	11:20	13				
		25/11/2013	11:10	6,0	11:00	6,509	12:00	6,611

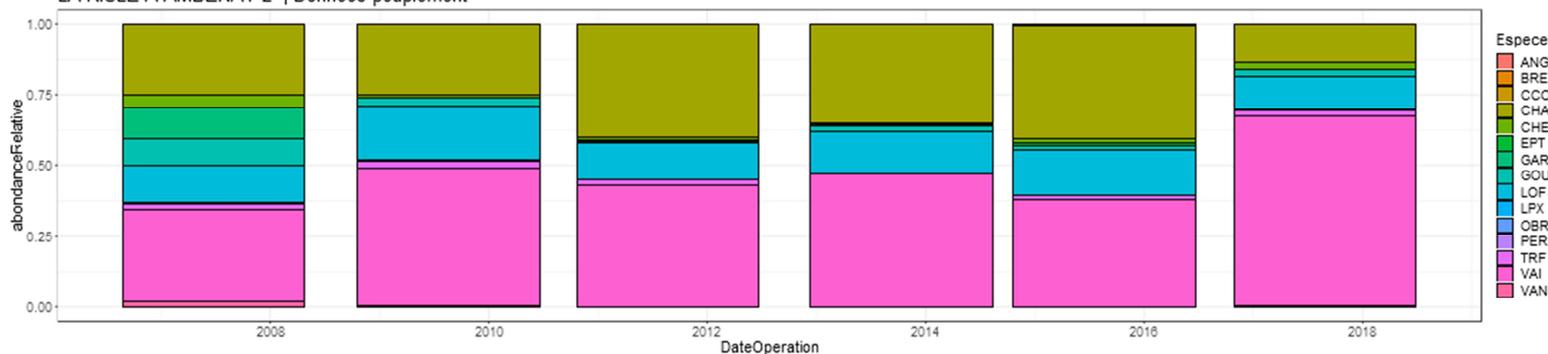
25/11/13 :
thermomètre
alcool non précis
(graduation 0.5°C,
localisation prise
de température
différente →
donnée
inutilisable

		06/12/2013	10:30	6,7	10:00	non disponible	13:00	6,965
		06/06/2014	12:10	14,9	12:00	14,816	13:00	15,605
		10/11/2014	11:50	9,1	11:00	8,693	12:00	8,891
		17/04/2015	11:30	14,7	11:00	14,505	12:00	non disponible
		11/09/2015	11:30	13,8		pas enregistrement sur la période		
Risle à Grosley sur Risle	5 - fdppma	06/06/2014	14:55	17,0	15:00	18,521		
		28/04/2015	-	-				
		10/11/2015	16:47	14,6				
Risle à Beaumont le Roger	6 - Onema	16/09/2013	10:15	12		enregistrement à partir du 17/09/2013		
		25/11/2013	11:40	7,5	11:00	7,494	12:00	7,795
		06/12/2013	12:30	8,2	12:00	non disponible	14:00	8,319
		06/06/2014	12:45	14,5	12:00	14,96	13:00	14,721
		10/11/2014	12:45	10,0	12:00	9,558	13:00	9,805
		17/04/2015	12:10	13,8	12:00	13,618	13:00	13,858
		07/09/2015	10:55	12,4	10:00	12,122	11:00	12,413
Bave à Beaumont le Roger	7 - fdppma	06/06/2014	14:20	13,4	14:40	14,804		
		28/04/2015	-	-				
		10/11/2015	17:09	12,7				
Risle à Goupillières	8 - Onema	16/09/2013	09:30	12		enregistrement à partir du 17/09/2013		
		25/11/2013	12:30	7,5	12:00	8,568	13:00	8,693
		06/12/2013	13:30	8,8	13:00	non disponible	15:00	8,817
		06/06/2014	13:30	14,3	13:00	14,194	14:00	14,864
		10/11/2014	13:30	10,2	13:00	9,952	14:00	10,198
		17/04/2015	13:05	13	13:00	13,137	14:00	13,088
		04/09/2015	15:45	13,4	15:00	13,401		

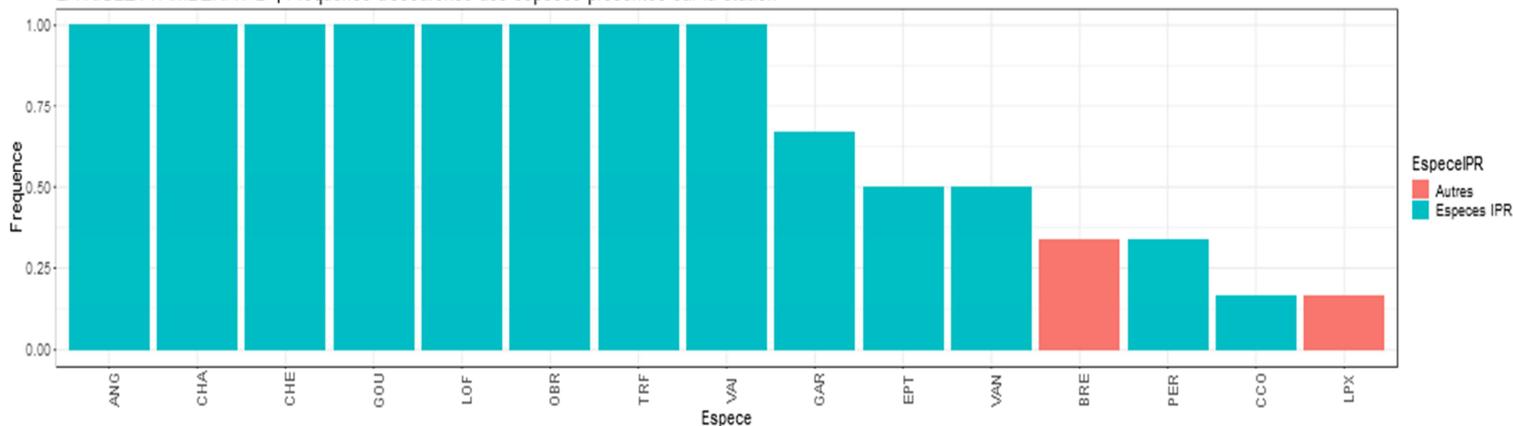
Annexe 3 : données piscicoles de la Risle à Ambenay

CodeOperation	CodeStationSANDRE	DateOperation	NomStation	MethodeProspection	MoyenProspection	Objectif	NbAnode	NbEpuisette
19010001708	03219780	26-08-2007	LA RISLE A AMBENAY 2	Complète	A pied	DCE Surveillance	2	4
19010001872	03219780	18-08-2009	LA RISLE A AMBENAY 2	Complète	A pied	DCE Surveillance	2	4
19010002054	03219780	23-08-2011	LA RISLE A AMBENAY 2	Complète	A pied	DCE Surveillance	2	4
19010002116	03219780	10-10-2013	LA RISLE A AMBENAY 2	Complète	A pied	DCE Surveillance	2	4
19010002214	03219780	20-08-2015	LA RISLE A AMBENAY 2	Complète	A pied	DCE Surveillance	2	4
19010002258	03219780	28-08-2017	LA RISLE A AMBENAY 2	Stratifiée par Points (grand milieu)	A pied	DCE Surveillance	1	2

LA RISLE A AMBENAY 2 | Données peuplement



LA RISLE A AMBENAY 2 | Fréquence d'occurrence des espèces présentes sur la station



ANG : anguille
CHA : chabot
CHE : chevesne
GOU : goujon
LOF : loche franche
OBR : Ombre
TRF : truite fario
VAI : vairon
GAR : gardon
EPT : épinochette
VAN : vandoise
BRE : brème
PER : perche
CCO : carpe commune
LPX : lamproie de type lampetra indéterminée (ammocète ici)

Onema



Délégation Interrégionale Nord
Ouest

2, rue de Strasbourg

60200 Compiègne

03 44 38 52 52

www.onema.fr

Est devenu

Agence Française pour la
Biodiversité (AFB)

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Direction Interrégionale Hauts-de-
France Normandie

2, rue de Strasbourg

60200 Compiègne

03 44 38 52 52

www.afbiodiversite.fr