



**Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la
Protection du Milieu Aquatique**
2092 route des Diacquenods
Le Villaret
74370 St Martin Bellevue
www.pechehautesavoie.com



Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et Ecosystèmes Limniques
INRA UMR CARTEL
75 avenue de Corzent
BP511
74203 Thonon
www.dijon.inra.fr/thonon

MANUEL D'UTILISATION



Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles

Version 1.0 (mars 2010)

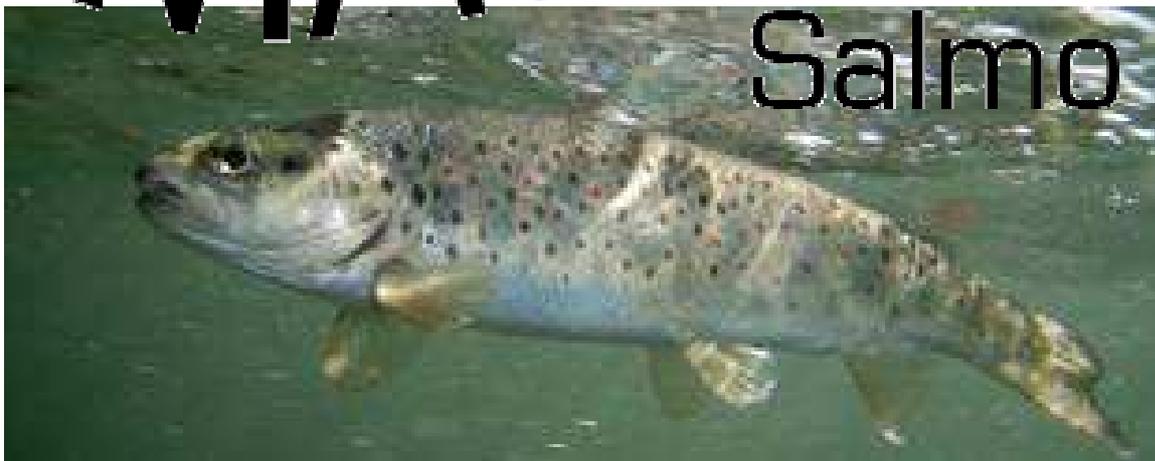
Q. DUMOUTIER, L. VIGIER, A. CAUDRON

**Rapport SHL 293.2010
FDP74.10/03**

Disponible sur http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

MANUEL D'UTILISATION

MACMA



Référence à citer : Dumoutier Q., Vigier L. et Caudron A. 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03 disponible sur http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

SOMMAIRE

	Page
Préambule : Pourquoi MACMASalmo1.0	1
I - Modèles d'enregistreurs utilisés et calibration	1
II - Précautions et principes de poses	2
III - Validité des données enregistrées par la sonde thermique	5
IV - Variables thermiques calculées	5
A - Généralités	5
B - Variables thermiques générales du milieu	6
C - Variables en rapport avec le preferendum thermique de la truite commune	6
D - Conditions thermiques potentiellement favorables au développement de la MRP (ou PKD)	7
E - Conditions thermiques au cours de la phase de vie embryo-larvaire (intra-graviers)	8
F - Tableau synthétique des variables utilisées et de leur désignation	11
VI - Utilisation de MACMASalmo1.0	11
A - Installation de la macro MACMASalmo1.0	11
B - Etapes d'utilisation de MACMASalmo1.0	12
1) Ouverture et format du fichier d'entrée	12
2) Exécution de la macro MACMASalmo	13
3) Vérification des données et du format du fichier d'entrée	13
4) Choix des catégories de variables	15
5) Entrer une date médiane de ponte (option)	16
6) Exécuter les calculs	16
7) Résultats des calculs	17
VI - Questions et remarques	19
Références bibliographiques	20
ANNEXE : Installation et automatisation sous Excel de la macro complémentaire MACMASalmo.	

Préambule : Pourquoi MACMASalmo1.0

La conception de cet outil de calcul a été initiée par La Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (FDPPMA 74) et l'INRA UMR CARTEL de Thonon dans le cadre du programme INTERREG III « Truites Autochtones » (2003-2006) dans le but de faciliter le traitement des données issues de suivis thermiques annuels de cours d'eau mis en place à partir de 2003.

L'objectif était d'être capable d'évaluer, à partir de données de température récoltées sur un cycle annuel complet, la qualité du régime thermique des cours d'eau en relation avec les exigences écologiques connues de la truite commune disponibles dans la littérature.

MACMASalmo1.0 est uniquement un outil pour faciliter les calculs à partir de données abondantes de températures instantanées obtenues lors de suivis thermiques. Il ne constitue en aucun cas un outil automatique d'analyse des données. En effet, cette partie doit rester sous le contrôle de la personne qui a mis en place les suivis thermiques.

MACMASalmo1.0 est donc un outil initialement mis au point pour répondre à des besoins locaux sur le territoire de la Haute Savoie. Aussi, certaines applications ne sont peut être pas adaptées à d'autres territoires, alors que d'autres seraient manquantes. De même, bien qu'avant d'être divulgué, l'application a été testée sur 320 fichiers différents, des bugs sont cependant toujours possibles. Dans ce cas, merci de nous retourner vos réflexions à infof@pechehautesavoie.com

Enfin pour permettre de juger de l'intérêt d'un développement futur de cet outil, nous vous serions reconnaissants de **vous faire connaître en tant qu'utilisateur** de MACMASalmo1.0 en suivant la procédure disponible à la page suivante http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

I - Modèles d'enregistreurs utilisés et calibration

Les deux modèles d'enregistreurs utilisés dans le cadre de nos suivis ainsi que leurs caractéristiques (plage de fonctionnement, précision, durée de vie) sont présentées ci-dessous.

Fabricant	type d'enregistreur	submersible	capacité de mémoire	gamme de température	Précision (à 25 °C)	Résolution (à 25 °C)	durée de vie des piles d'alimentation
Onset	StowAway tidbit	Oui	32520	-4 ; +37	0,2	0,16	5 ans non remplaçable
Onset	HOBO Pendant/temp	Oui	8K ou 64K	-20 ; +70	0,47	0,1	1 an remplaçable (CR2032)



Photo 1 : Modèles d'enregistreurs utilisés

Un test réalisé à faible température (environ 5°C) avec le modèle *HOBO Pendant temp* (n=26) a permis d'estimer que l'écart de température obtenu entre enregistreurs placés dans les conditions identiques était inférieur à 0,8°C.

L'utilisation de MACMASalmo nécessite de disposer de données thermiques enregistrées au pas de temps horaire. Les procédures de vérification des données sources et de calculs sont basées sur la présence dans le fichier de 24 données instantanées par jour. Cet intervalle de temps standard a été préalablement choisi pour les raisons suivantes :

- Il apparait suffisamment adapté pour prendre en compte les écarts thermiques dans le cas de cours d'eau soumis à d'importantes amplitudes journalières.
- Il est compatible avec les capacités de stockage actuelles des principaux enregistreurs disponibles permettant ainsi des suivis annuels sans relevé intermédiaire (minimum de 8720 données stockées).
- Il permet une meilleure précision des variables calculées sur les moyennes et les amplitudes.
- Il réduit significativement les risques de mauvaises estimations des variables utilisant les températures élevées (limites supérieures des exigences thermiques à différentes phases du cycle de vie, température létale, calcul de la température des jours les plus chauds,...). D'après Dunham 2005, la probabilité de sous-estimer d'au moins 1°C la température journalière maximale est très réduite (P#0,01) en utilisant un intervalle d'enregistrement de 1 heure.

Il est conseillé de disposer de chroniques de données ne présentant pas d'interruptions durant les périodes estivale (mi-juin à mi-septembre) et hivernale et printanière (début octobre à mi-juin) afin de s'assurer de la validité des variables correspondant à des moyennes mobiles (température moyenne des 30 jours les plus chauds) ou à des durées (durée de la phase embryo larvaire par exemple). **Ainsi, les périodes de pose conseillées sont donc de mi-juin à fin juin et de mi-septembre à début octobre.**

II - Précautions et principes de poses

Afin d'optimiser l'effort de pose nous avons cherché à minimiser les causes de pertes (vols liés à la curiosité, arrachement par une crue) ou de mise hors d'eau des enregistreurs. Après quelques années de retours d'expériences le système de pose retenu est le suivant :

- un lest (bloc de béton, pavé, brique autobloquante...) permettant le maintien du dispositif au fond du lit du cours d'eau,
- un tube PVC de 40 mm de diamètre troué transversalement en 3 endroits :
 - o un trou en bas du tube pour le fixer au socle,
 - o un trou médian haut pour fixer l'enregistreur à l'intérieur du tube (protection contre les chocs)
 - o un trou sur la partie haute pour fixer l'ensemble au point d'ancrage choisi (arbre, bloc, berge...),
- une étiquette plastifiée et possédant un trou avec un œillet métallique indiquant la nature du dispositif et qui contacter pour avoir des informations.

Les différents assemblages décrits sont réalisés à l'aide de fil métallique inoxydable pour une part et de fil métallique gainé d'autre part.

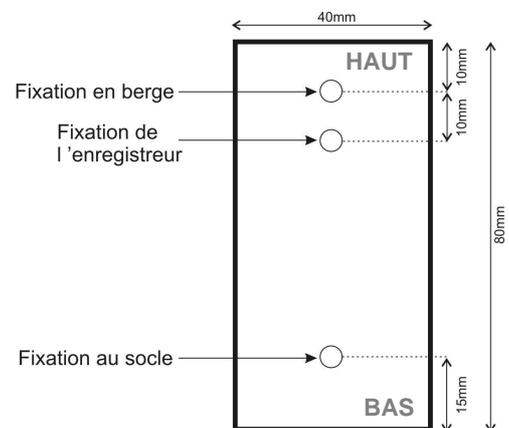




Photo 2 : Eléments constituant le dispositif de protection de l'enregistreur



Photo 3 : Vues du dispositif de pose assemblé

Le risque de perte ou de mise hors d'eau est plus directement lié au choix du site de pose dans le milieu naturel. En l'occurrence, il s'agit d'éviter de fixer le dispositif à des embâcles (quelque soit la taille), des racines en berges reliées à un arbre mort ou situées sur une berge instable, dans un secteur où le lit montre des signes importants de divagation ou des possibilités d'engravements importants.

Selon les types de rivières (hydrologie, morphologie) différents systèmes de fixations peuvent être envisagés :

- le plus simple à mettre en place est la fixation avec du fil métallique gainé (couleur verte). Ce type de fixation est approprié à la majorité des cours d'eau et a le double avantage d'être assez discret et de nécessiter une logistique minimale (pinces coupantes et bobine de fil).



Fil attaché à la racine

Positionnement idéal de l'enregistreur dans un profond derrière un bloc

Photo 4 : Exemple de fixation in-situ d'un enregistreur à l'aide d'un fil gainé attaché à une racine.

- la fixation par perçage d'un gros bloc ou d'un mur (photo 5) est nécessaire lorsque la fixation en berge n'est pas possible. Elle est préconisée dans les rivières à forte énergie. Dans ce cas, le dispositif est constitué d'une cheville spéciale béton vissée sur le support et d'un câble gainé et serti.

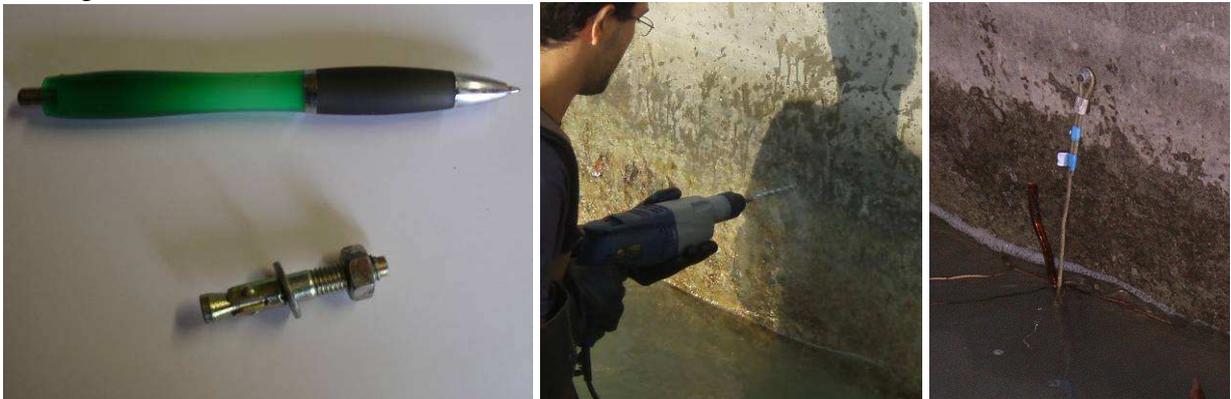


Photo 5 : Dispositif de fixation par perçage.

Pour chaque enregistreur installé, une fiche de pose doit être renseignée avec les informations suivantes : Les données essentielles à noter lors de la pose sont :

- Nom de la rivière et du bassin
 - Nom et référence de la station
 - Référence de l'enregistreur (code du fabricant)
 - Date de pose
 - Nom de la personne qui installe l'enregistreur
 - Coordonnées GPS du site de pose
 - Description précise de l'accès (voiture et pédestre) et de la localisation de l'enregistreur
- Plusieurs photos générales et précises du lieu où l'enregistreur a été installé. La mise en place d'un indice de localisation (pince, fiche de terrain) (Photo 6) de l'endroit exact de l'enregistreur avant de faire les photos permet ensuite de le retrouver plus aisément.



Photo 6 : Exemple d'un indice de localisation permettant de repérer avec exactitude l'emplacement de l'enregistreur.

III - Validité des données enregistrées par la sonde thermique

Après avoir téléchargé les données de l'enregistreur et avant toute utilisation de MACMASalmo, pensez à bien choisir la plage de données sur laquelle vous souhaitez travailler et à vérifier la présence éventuelle de données aberrantes dans votre fichier d'entrée. Cette vérification est importante pour s'assurer de la validité des calculs qui seront réalisés car MACMASalmo ne détectera pas la présence de valeurs aberrantes. Ces relevés aberrants peuvent être causés par un dysfonctionnement de l'enregistreur ou le plus souvent par sa mise hors d'eau. La visualisation de l'aspect de la série de données à l'aide d'un graphique utilisant l'ensemble des données brutes permettra de supprimer les données enregistrées avant et après la mise en eau, de choisir la plage de données adéquate et de repérer dans celle-ci la présence éventuelle de mesures anormales (Figure 2).

En fonction de la période et de la durée de cette « anomalie », il conviendra également de reconsidérer la validité de certaines variables calculées.

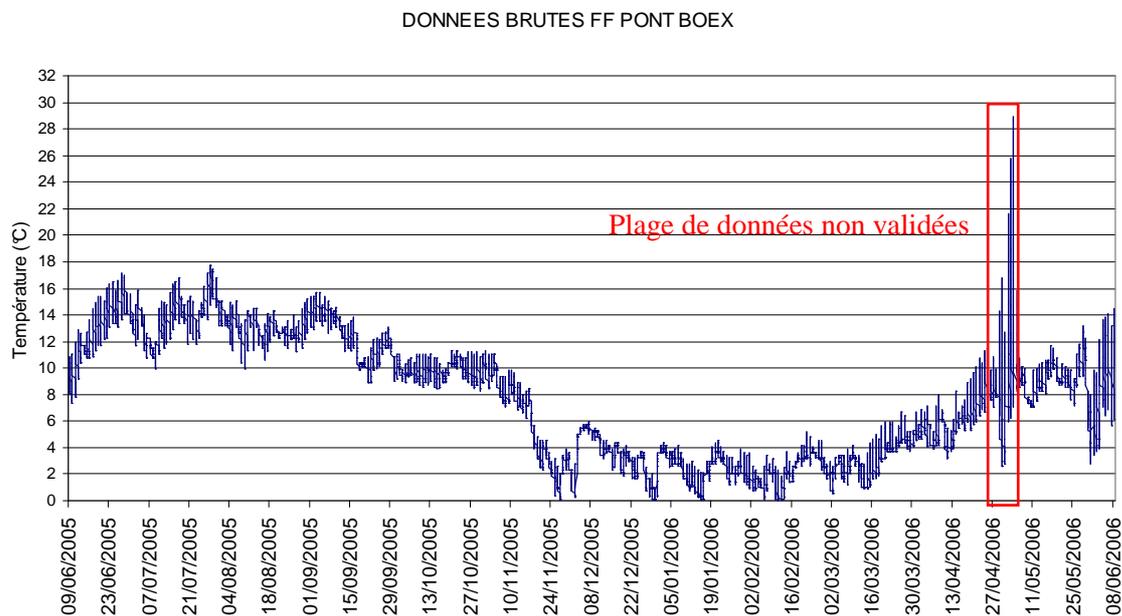


Figure 2 : Données thermiques brutes d'un enregistreur montrant une plage de données aberrantes suite à une mise hors d'eau.

IV - Variables thermiques calculées

A - Généralités

A partir du fichier d'entrée, MACMASalmo1.0 calcule plusieurs variables réparties dans les 4 catégories suivantes en utilisant pour certaines d'entre elles les connaissances disponibles dans la littérature scientifique :

- Variables en rapport avec la thermie générale du milieu ;
- Variables en rapport avec le preferendum thermique de la truite commune ;
- Conditions thermiques en rapport avec le développement de la Maladie Rénale Proliférative (MRP ou Proliférative Kidney Disease, PKD en anglais) ;
- Conditions thermiques en rapport avec la phase de développement embryo-larvaire (vie sous graviers) de la truite commune.

B - Variables thermiques générales du milieu

- Température instantanée minimale (**Ti min**) = valeur de la température instantanée minimale relevée sur la plage de données étudiées.
- Température instantanée maximale (**Ti max**) = valeur de la température instantanée maximale relevée sur la plage de données étudiées.
- Amplitude thermique (**ATi**) = différence entre les valeurs de températures instantanées maximale et minimale (= $Ti\ max - Ti\ min$).
- Amplitude thermique journalière maximale (**Ajmax Ti**) = la valeur d'amplitude thermique journalière la plus élevée obtenue sur la plage de données étudiées.
- Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée (**D Ajmax Ti**).
- Température moyenne journalière minimale (**Tmj min**).
- Température moyenne journalière maximale (**Tmj max**).
- Amplitude thermique des moyennes journalières (**ATmj**) = différence entre les moyennes journalières maximale et minimale (= $Tmj\ max - Tmj\ min$).
- Date à laquelle la température moyenne journalière maximale a été observée (**D Tmj max**).
- Température moyenne de la période (**Tmp**) = calcule la moyenne des températures instantanées relevées pendant le suivi (= $\sum Ti/nTi$).
- Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (**Tm30j max**) = calcule, à partir des températures moyennes journalières, la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds.

Cette donnée est directement exploitable pour le calcul de la biotypologie d'après la formule proposée par Verneaux (1973).

- Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds (**Dd Tm30j max**).
- Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds (**Df Tm30j max**).

Ces deux dates permettent de repérer rapidement au sein de la plage étudiée la période la plus chaude de l'année.

C - Variables en rapport avec le preferendum thermique de la truite commune

Ce preferendum peut être défini comme la plage de températures d'eau permettant une activité métabolique de la truite commune c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance. D'après les résultats de plusieurs études (Alabaster et Lloyd, 1980 ; Crisp, 1996 ; Elliott, 1975, 1981, 1984, 1994 ; Elliott et Hurley, 2001 ; Varley, 1967), les valeurs limites basse et haute de ce preferendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C. De même la valeur de 25°C a été considérée comme la limite létale ou sub-létale pour les juvéniles et les adultes.

- Nombre total de jours durant lesquels la température moyenne est supérieure ou égale à 4°C et inférieure ou égale à 19°C (**Nbj Tmj 4-19**).
- Pourcentage de jours au cours de la plage étudiée où la température moyenne journalière est comprise entre 4 et 19°C (**%j Tmj 4-19**). = $[Nbj\ Tmj\ 4-19 / Nb\ total\ de\ jours\ de\ la\ plage\ étudiée] \times 100$.

- Date à laquelle la température moyenne journalière (Tmj) est pour la première fois sur la plage étudiée strictement inférieure à 4°C (**Dd Tmj <4**).
- Date à laquelle la température moyenne journalière (Tmj) est pour la dernière fois sur la plage étudiée strictement inférieure à 4°C (**Df Tmj <4**).

Ces deux dates permettent de repérer rapidement au sein de la plage étudiée la période la plus froide de l'année pouvant avoir une influence sur la biologie de la truite (métabolisme, croissance).

- Pourcentage de jours au cours de la plage étudiée où la température moyenne journalière est strictement inférieure à 4°C (**%j Tmj <4**).
- Pourcentage de jours au cours de la plage étudiée où la température moyenne journalière est strictement supérieure à 19°C (**%j Tmj >19**).

Ces deux variables sont complémentaires de la variable %j Tmj 4-19 car elles permettent de savoir comment le pourcentage de jours durant lequel les températures ne sont pas favorables à la truite commune ($100 - \%j Tmj 4-19$) se répartit entre températures faibles et élevées.

- Nombre d'heures totales où la température instantanée est strictement supérieure à 19°C (**Nb Ti > 19**).
- Nombre de séquences pendant la période étudiée durant lesquels les températures instantanées restent strictement supérieures à 19°C (**Nb sq Ti > 19**).
- Nombre d'heures maximales consécutives durant lesquelles les températures instantanées restent strictement supérieures à 19°C (**Nbmax Ti csf > 19**).
- Nombre d'heures totales où la température instantanée est supérieure ou égale à 25°C (**Nb Ti >= 25**).
- Nombre de séquences pendant la période de suivi durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures ou égales à 25°C (**Nb sq Ti >= 25**).
- Nombre d'heures maximales consécutives durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures ou égales à 25°C (**Nbmax Ti csf >= 25**).

D - Conditions thermiques potentiellement favorables au développement de la MRP (ou PKD)

La MRP (maladie rénale proliférative ou « Proliferative Kidney Disease »), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites (*Salmo trutta* et *Oncorhynchus mykiss*), l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) et le saumon atlantique (*Salmo salar*). Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae* (Canning *et al.*, 1999) qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires (Anderson *et al.*, 1999). La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001). Des études en milieu contrôlé (De Kinkelin et Gay, 2000) ont montré qu'à partir d'une durée de 2 semaines consécutives à un minimum de 15°C, des sujets de truite arc en ciel étaient infectés.

La prise en compte du risque potentiel d'infection des juvéniles par ce parasite dans l'étude des populations de truites apparaît pertinente au vu de la mise en évidence récente de sites infectés en Grande Bretagne (Feist *et al.*, 2002) et en Suisse (Wahli *et al.*, 2002) où la MRP est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.* 2002). La recherche systématique de symptômes visuels sur environ 5000 juvéniles de truites réparties sur plus de 100 secteurs a montré que ce parasite avait infecté

plusieurs populations sur différents cours d'eau de Haute-Savoie (Caudron et Champigneulle 2007).

- Nombre d'heures totales où la température instantanée est supérieure ou égale à 15°C (**Nb Ti \geq 15**).
- Nombre de séquences pendant la période étudiée durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures ou égales à 15°C (**Nb sq Ti \geq 15**).
- Nombre d'heures maximales consécutives durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures ou égales à 15°C (**Nbmax Ti csf \geq 15**).

Cette dernière variable est particulièrement intéressante pour évaluer si les conditions thermiques sont potentiellement favorables à l'infection des populations de truite par la MRP. En effet, si la valeur approche ou dépasse 360 heures (=15 jours consécutifs) le parasite si il est présent dans les bryozoaires peut potentiellement infecter les salmonidés en place.

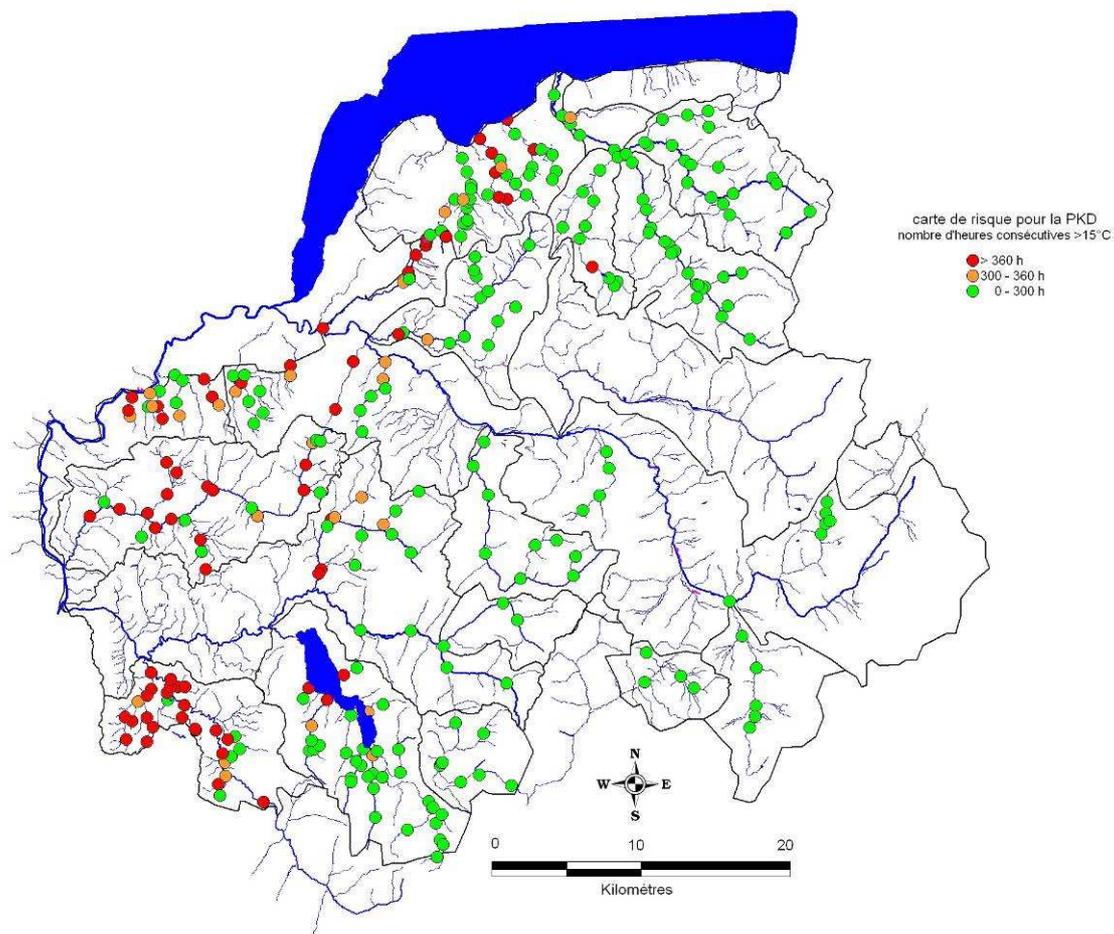


Figure 3 : Carte des risques potentiels d'infection par la MRP (PKD) établis sur le département de la Haute-Savoie à partir de durées calculées (nombre d'heures consécutives) pour lesquelles la température est supérieure à 15°C.

E - Conditions thermiques au cours de la phase de vie embryon-larvaire (intra-graviers)

Toutes les variables de cette catégorie sont calculées uniquement sur les données thermiques comprises dans la période de vie sous-graviers de la fécondation à l'émergence. Cette période court à partir de la date médiane de ponte renseignée par l'utilisateur jusqu'à la date médiane d'émergence calculée en utilisant les valeurs de températures et la formule établie par Crisp (1988) (voir ci-dessous).

La date médiane de ponte est définie comme la date à laquelle 50% des frayères totales sont creusées par les géniteurs. A titre d'exemple, sur le département de Haute-Savoie, des recensements quotidiens de frayères sur plusieurs sites d'études (Champigneulle *et al.*, 1988 et 2003 ; Caudron *et al.*, 2002) pendant la période de reproduction ont permis d'estimer que le 15 décembre correspondait à une date médiane de ponte moyenne (voir figure ci-dessous).

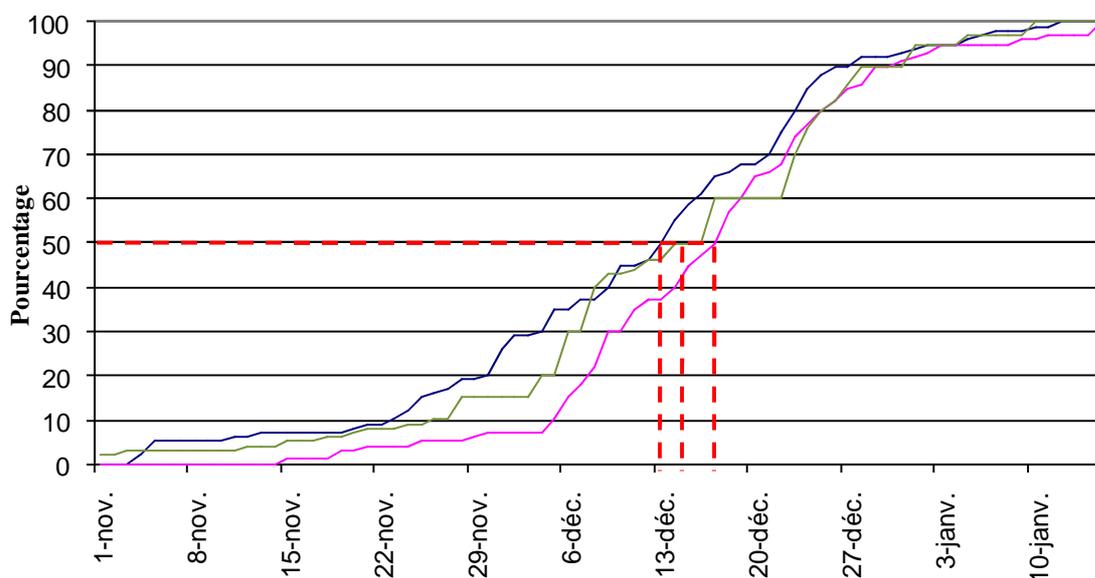


Figure 4 : Pourcentages cumulés de frayères observées quotidiennement pendant toute la période de reproduction sur trois cours d'eau de Haute-Savoie (Redon, Chevenne, Morette) localisés entre 400 et 1200 m d'altitude.

- Date médiane de ponte (**D50 ponte**) = rappel de la date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur.
- Nombre de jours d'incubation (**Nbj Inc**) = estimation du nombre de jours nécessaire pour que 50% des frayères atteignent 100% du développement des œufs de la fécondation à l'éclosion.

Ce calcul est réalisé à partir de la date médiane de ponte fixée par l'utilisateur et la formule suivante (Crisp, 1988 et 1992) permettant d'estimer pour chaque jour le pourcentage de développement des œufs à partir de la température moyenne journalière :

$$\text{Log}_{10} D_2 = [-13.9306 \log_{10} (T_{mj} + 80.0)] + 28.8392$$

- Date médiane d'éclosion (**D50 Ecl**) = estimation de la date (à partir de la formule précédente) à laquelle 50% des frayères ont atteint un taux de développement de 100% jusqu'au stade éclosion.
- Nombre de jours de résorption (**Nbj Rsp**) = estimation du nombre de jours nécessaire pour que 50% des frayères atteignent 100% du développement des larves de l'éclosion des œufs à l'émergence des alevins. (=Nbj Emg - Nbj Inc).
- Nombre total de jours de la phase de vie Embryo-Larvaire (PEL) (**Nbj PEL**) = estimation du nombre total de jours nécessaire pour que 50% des frayères atteignent 100% du développement embryo-larvaire total de la fécondation des ovules à l'émergence des alevins.

Ce calcul est réalisé à partir de la date médiane de ponte fixée par l'utilisateur et la formule suivante (Crisp, 1988 et 1992) permettant d'estimer pour chaque jour le pourcentage de développement embryon-larvaire jusqu'à l'émergence des alevins à partir de la température moyenne journalière :

$$D_3 = [(1.660 \times D_2) + 5.4]$$

- Date médiane d'émergence (**D50 Emg**) = estimation de la date (à partir de la formule précédente) à laquelle 50% des frayères ont atteint un taux de développement embryon-larvaire de 100% (jusqu'à l'émergence).
- Nombre d'heures totales où la température instantanée est strictement supérieure à 15°C pendant la PEL (**Nb Ti > 15 (PEL)**).
- Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures à 15°C (**Nb sq Ti > 15 (PEL)**).
- Nombre d'heures maximales consécutives pendant la PEL durant lesquelles les températures instantanées restent supérieures à 15°C (**Nbmax Ti csf > 15 (PEL)**).
- Nombre d'heures totales où la température instantanée est strictement inférieure à 1,5°C pendant la PEL (**Nb Ti < 1.5 (PEL)**).
- Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les températures instantanées restent inférieures à 1,5°C (**Nb sq Ti < 1.5 (PEL)**).
- Nombre d'heures maximales consécutives pendant la PEL durant lesquelles les températures instantanées restent inférieures à 1,5°C (**Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)**).

En accord avec Humpesch (1985), les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être considérées comme des valeurs limites à partir desquelles le taux de survie embryon-larvaires est fortement affecté.

F - Tableau synthétique des variables utilisées et de leur désignation

Catégorie	Code variable	Désignation succincte
Rappel	Dd Période	Date de début de la période étudiée
	Df Période	Date de fin de la période étudiée
	Durée	Durée de la période en jours
Thermie générale	Ti min	Température instantanée minimale
	Ti max	Température instantanée maximale
	ATi	Amplitude thermique sur la période étudiée
	Ajmax Ti	Amplitude thermique journalière maximale
	D Ajmax Ti	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée
	Tmj min	T°moyenne journalière minimale
	Tmj max	T°moyenne journalière maximale
	ATmj	Amplitude thermique des moyennes journalières
	D Tmj max	Date à laquelle la T° moyenne journalière maximale a été observée
	Tmp	T°moyenne de la période
	Tm30j max	T°moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
Préferendum thermique	Nbj Tmj 4-19	Nombre total de jours durant lesquels la T°est compris entre 4 et 19°C
	%j Tmj 4-19	Pourcentage de jours où la T°moy journalière est comprise entre 4 et 19°C
	Dd Tmj <4	Date à laquelle la T°moy journalière est pour la première fois < 4°C
	Df Tmj <4	Date à laquelle la T°moy journalière est pour la dernière fois < 4°C
	%j Tmj<4	Pourcentage de jours où la T°moy journalière est < 4°C
	%j Tmj>19	Pourcentage de jours où la T°moy journalière est > 19°C
	Nb Ti > 19	Nombre d'heures totales où la T°instantanée est > 19°C
	Nb sq Ti > 19	Nombre de séquences durant lesquels les T°restent > 19°C
	Nbmax Ti csf > 19	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T°restent > 19°C
	Nb Ti >= 25	Nombre d'heures totales où la T°est ≥ 25°C
	Nb sq Ti >= 25	Nombre de séquences durant lesquelles les T°restent ≥ 25°C
Nbmax Ti csf >= 25	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T°restent ≥ 25°C	
Développement potentiel MRP	Nb Ti >= 15	Nombre d'heures totales où la T°est ≥ 15°C
	Nb sq Ti >=15	Nombre de séquences durant lesquelles les T°restent ≥ 15°C
	Nbmax Ti csf >=15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T°restent ≥ 15°C
Phase de vie embryo-larvaire (PEL)	D50 ponte	Date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur
	Nbj Inc	Nombre de jours d'incubation
	D50 Ecl	Date médiane d'éclosion
	Nbj Rsp	Nombre de jours de résorption
	Nbj PEL	Nombre total de jours de la phase de vie Embryo-Larvaire
	D50 Emg	Date médiane d'émergence
	Nb Ti > 15 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T°est > 15°C pendant la PEL
	Nb sq Ti > 15 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T°restent > 15°C
	Nbmax Ti csf > 15 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T°restent > 15°C
	Nb Ti < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T°est < 1,5°C pendant la PEL
	DNb sq Ti < 1.5 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T°restent < 1,5°C
Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T°restent < 1,5°C	

VI - Utilisation de MACMASalmo1.0

A - Installation de la macro MACMASalmo1.0

MACMASalmo1.0 est fourni sous la forme d'une macro Excel possédant une extension .xla. Son installation est donc identique à toute autre macro complémentaires Excel. Les étapes d'installation sont rappelées en annexe.

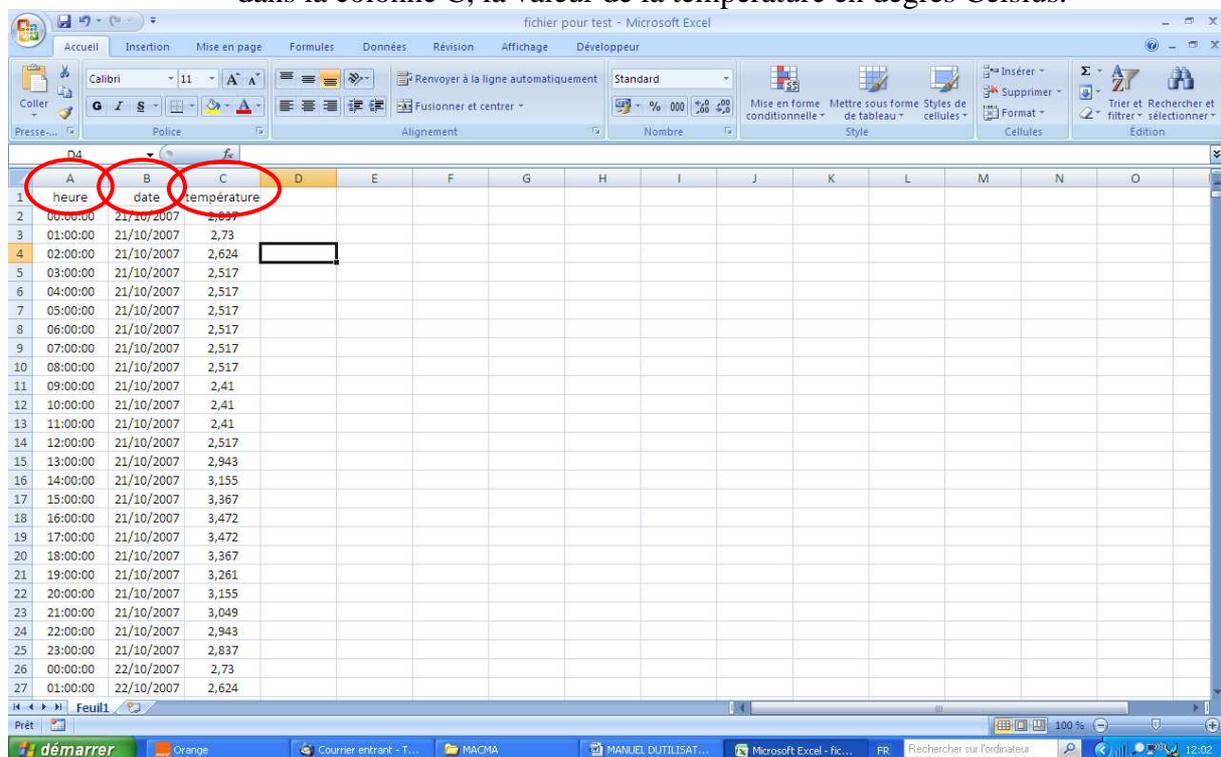
B - Etapes d'utilisation de MACMASalmo1.0

1) Ouverture et format du fichier d'entrée

Ouvrir le fichier d'entrée contenant les données brutes.

Le fichier d'entrée est un fichier Excel possédant sur la feuille 1 les valeurs brutes de température issues de l'enregistreur. Pour que MACMASalmo1.0 fonctionne, **trois critères sont obligatoires** :

- Le fichier ne doit comporter qu'une seule feuille
- le fichier doit posséder une donnée thermique par heure soit 24 données par jour
- les données doivent être disposées selon 3 colonnes avec
 - dans la colonne A, l'heure.
 - dans la colonne B, la date.
 - dans la colonne C, la valeur de la température en degrés Celsius.

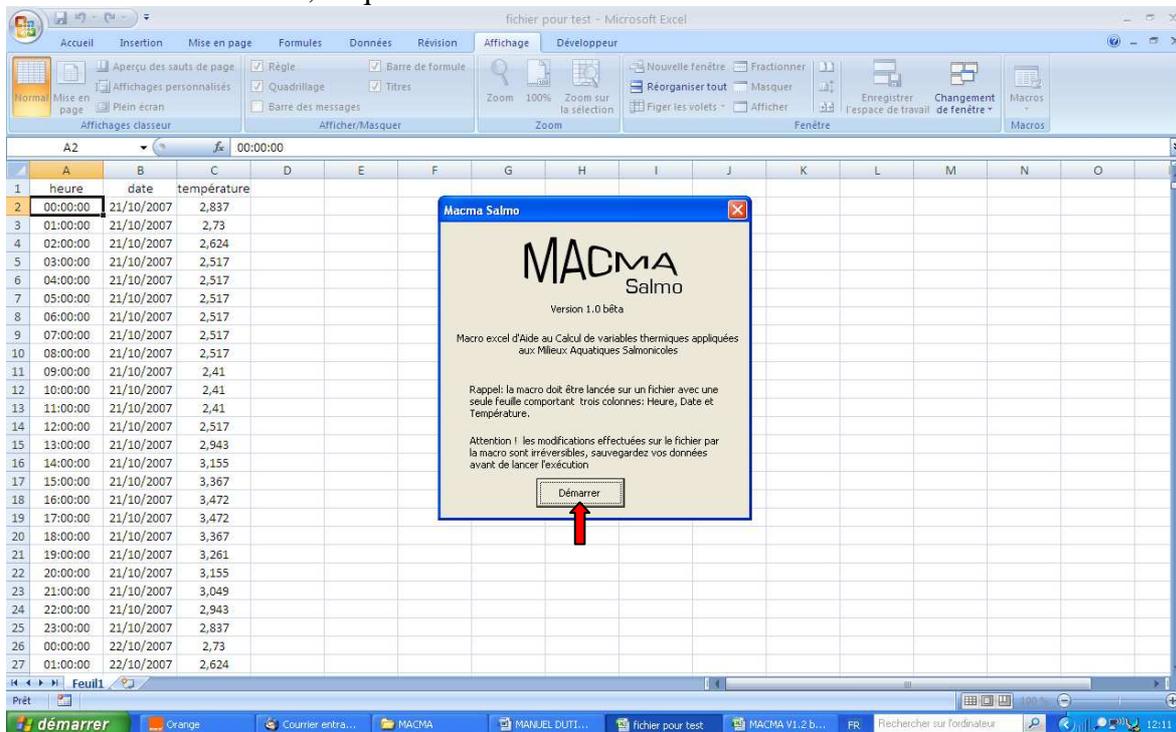


1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	heure	date	température												
2	00:00:00	21/10/2007	2,637												
3	01:00:00	21/10/2007	2,73												
4	02:00:00	21/10/2007	2,624												
5	03:00:00	21/10/2007	2,517												
6	04:00:00	21/10/2007	2,517												
7	05:00:00	21/10/2007	2,517												
8	06:00:00	21/10/2007	2,517												
9	07:00:00	21/10/2007	2,517												
10	08:00:00	21/10/2007	2,517												
11	09:00:00	21/10/2007	2,41												
12	10:00:00	21/10/2007	2,41												
13	11:00:00	21/10/2007	2,41												
14	12:00:00	21/10/2007	2,517												
15	13:00:00	21/10/2007	2,943												
16	14:00:00	21/10/2007	3,155												
17	15:00:00	21/10/2007	3,367												
18	16:00:00	21/10/2007	3,472												
19	17:00:00	21/10/2007	3,472												
20	18:00:00	21/10/2007	3,367												
21	19:00:00	21/10/2007	3,261												
22	20:00:00	21/10/2007	3,155												
23	21:00:00	21/10/2007	3,049												
24	22:00:00	21/10/2007	2,943												
25	23:00:00	21/10/2007	2,837												
26	00:00:00	22/10/2007	2,73												
27	01:00:00	22/10/2007	2,624												

Attention, il n'est pas recommandé de travailler directement sur votre fichier source issu du logiciel fourni avec les enregistreurs. Il est préférable de sauvegarder votre fichier source et de créer un fichier d'entrée spécifique pour l'utilisation de MACMASalmo1.0 car l'exécution va modifier le fichier.

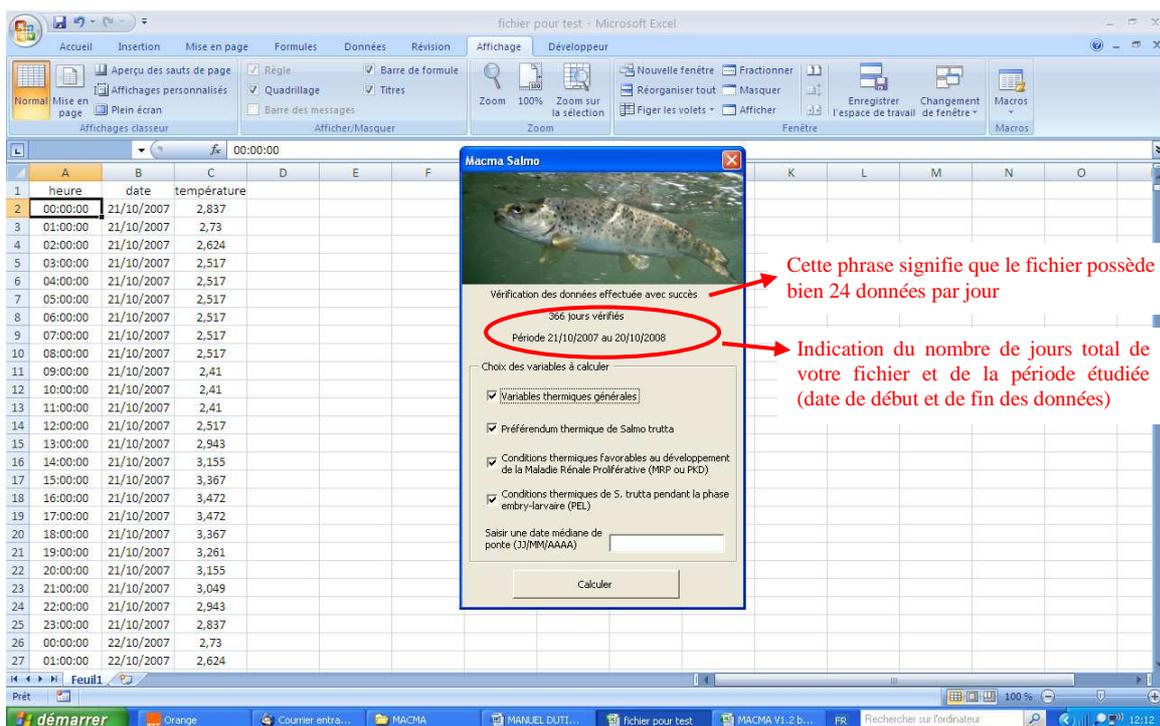
2) Exécution de la macro MACMASalmo

Lorsque vous exécutez la macro MACMASalmo, la boîte de dialogue suivante apparaît. Pour lancer l'exécution, cliquer sur le bouton « Démarrer »



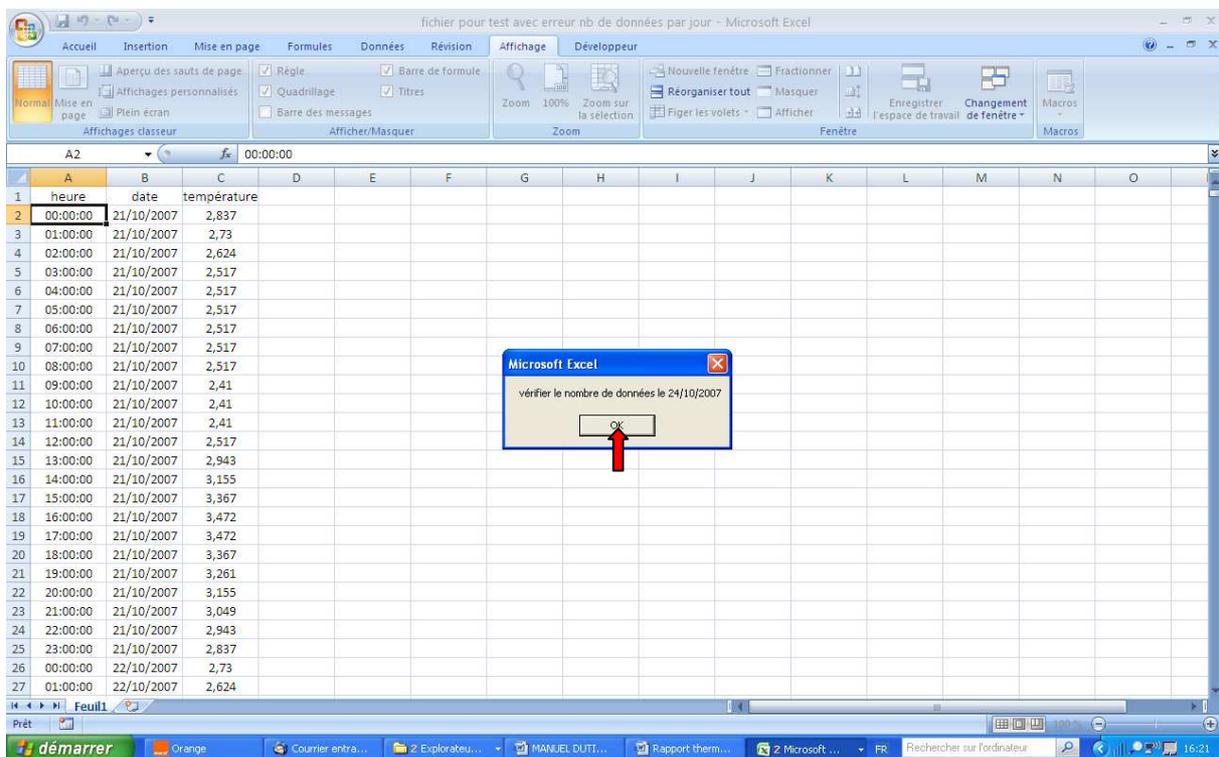
3) Vérification des données et du format du fichier d'entrée

Avant de réaliser les calculs, une vérification préalable des données et du fichier est réalisée. La boîte de dialogue suivante apparaît. Elle vous informe sur l'état de votre fichier.



Certains modèles de sonde thermique n'intègre pas directement lors de l'enregistrement les changements d'heures liés aux passages à l'heure d'été et à l'heure d'hiver. Dans ce cas, à la date de ces changements le nombre de données enregistrées par jours ne sera pas de 24 mais de 25 ou de 23. Vous n'êtes pas obligé de rechercher les dates correspondantes avant de lancer l'exécution. En effet, en cas d'erreur dans le nombre de données (moins ou plus de 24 données par jour) la boîte de dialogue suivante s'affiche en vous précisant la date à laquelle l'erreur a été relevée.

Dans ce cas, cliquer sur « OK », rectifiez l'erreur et relancer l'application depuis le début.



4) Choix des catégories de variables

Avant de lancer les calculs, vous devez choisir quelles catégories de variables vous souhaitez calculer (pour connaître quelles variables comprennent les différentes catégories, référez vous au § IV page 5-11). Par défaut, les 4 types de variables sont cochés.

Cochez les catégories de variables que vous souhaitez

Si vous ne cochez pas la catégorie « Conditions thermiques de *S. trutta* pendant la phase embry-larvaire (PEL) », le champ destiné à saisir une date médiane de ponte disparaît.

Conditions thermiques de *S. trutta* pendant la phase embry-larvaire (PEL)

5) Entrer une date médiane de ponte (option)

Si vous souhaitez que les variables en rapport avec les conditions thermiques pendant la phase de développement embryo-larvaire soient calculées, vous devez saisir une date médiane de ponte (pour toute explication concernant la définition et la détermination de cette date, voir le § IV-E- page 8-9).

heure	date	température
00:00:00	21/10/2007	2,837
01:00:00	21/10/2007	2,73
02:00:00	21/10/2007	2,624
03:00:00	21/10/2007	2,517
04:00:00	21/10/2007	2,517
05:00:00	21/10/2007	2,517
06:00:00	21/10/2007	2,517
07:00:00	21/10/2007	2,517
08:00:00	21/10/2007	2,517
09:00:00	21/10/2007	2,41
10:00:00	21/10/2007	2,41
11:00:00	21/10/2007	2,41
12:00:00	21/10/2007	2,517
13:00:00	21/10/2007	2,943
14:00:00	21/10/2007	3,155
15:00:00	21/10/2007	3,367
16:00:00	21/10/2007	3,472
17:00:00	21/10/2007	3,472
18:00:00	21/10/2007	3,367
19:00:00	21/10/2007	3,261
20:00:00	21/10/2007	3,155
21:00:00	21/10/2007	3,049
22:00:00	21/10/2007	2,943
23:00:00	21/10/2007	2,837
00:00:00	22/10/2007	2,73
01:00:00	22/10/2007	2,624

6) Exécuter les calculs

Une fois les catégories de variables choisies, exécuter les calculs en cliquant sur le bouton « Calculer ».

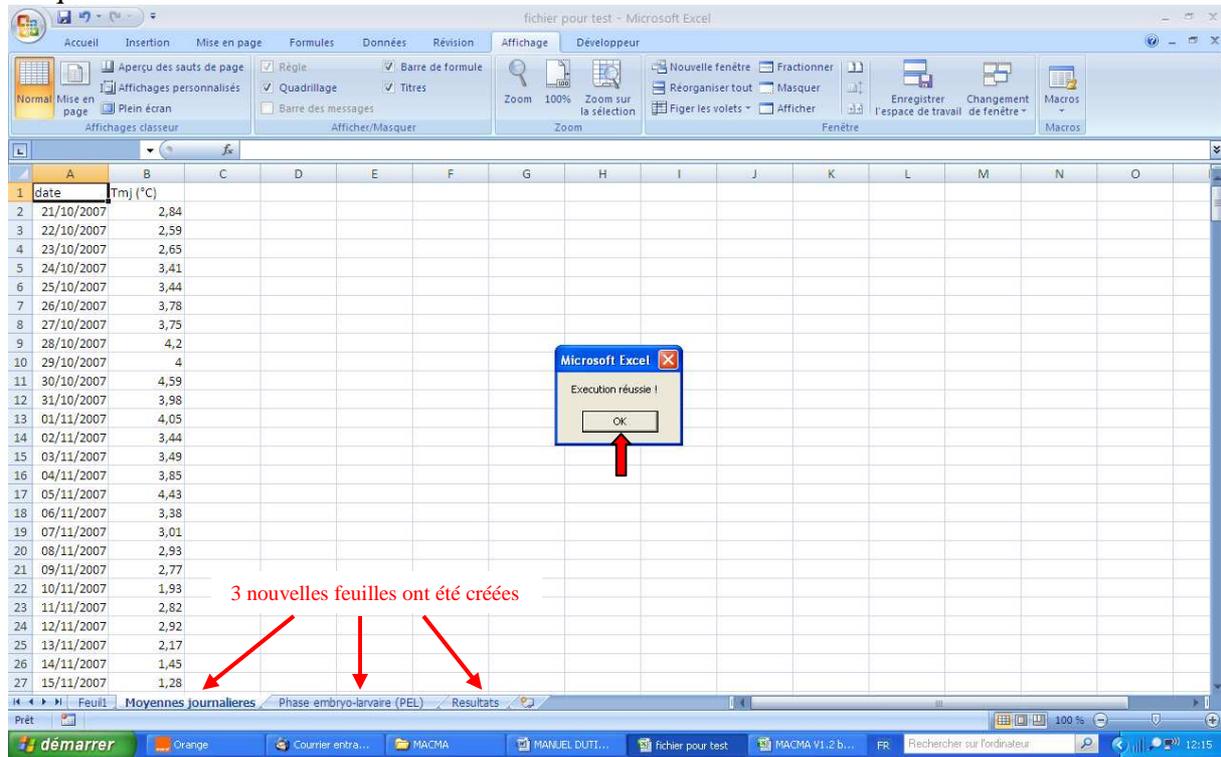
heure	date	température
00:00:00	21/10/2007	2,837
01:00:00	21/10/2007	2,73
02:00:00	21/10/2007	2,624
03:00:00	21/10/2007	2,517
04:00:00	21/10/2007	2,517
05:00:00	21/10/2007	2,517
06:00:00	21/10/2007	2,517
07:00:00	21/10/2007	2,517
08:00:00	21/10/2007	2,517
09:00:00	21/10/2007	2,41
10:00:00	21/10/2007	2,41
11:00:00	21/10/2007	2,41
12:00:00	21/10/2007	2,517
13:00:00	21/10/2007	2,943
14:00:00	21/10/2007	3,155
15:00:00	21/10/2007	3,367
16:00:00	21/10/2007	3,472
17:00:00	21/10/2007	3,472
18:00:00	21/10/2007	3,367
19:00:00	21/10/2007	3,261
20:00:00	21/10/2007	3,155
21:00:00	21/10/2007	3,049
22:00:00	21/10/2007	2,943
23:00:00	21/10/2007	2,837
00:00:00	22/10/2007	2,73
01:00:00	22/10/2007	2,624

7) Résultats des calculs

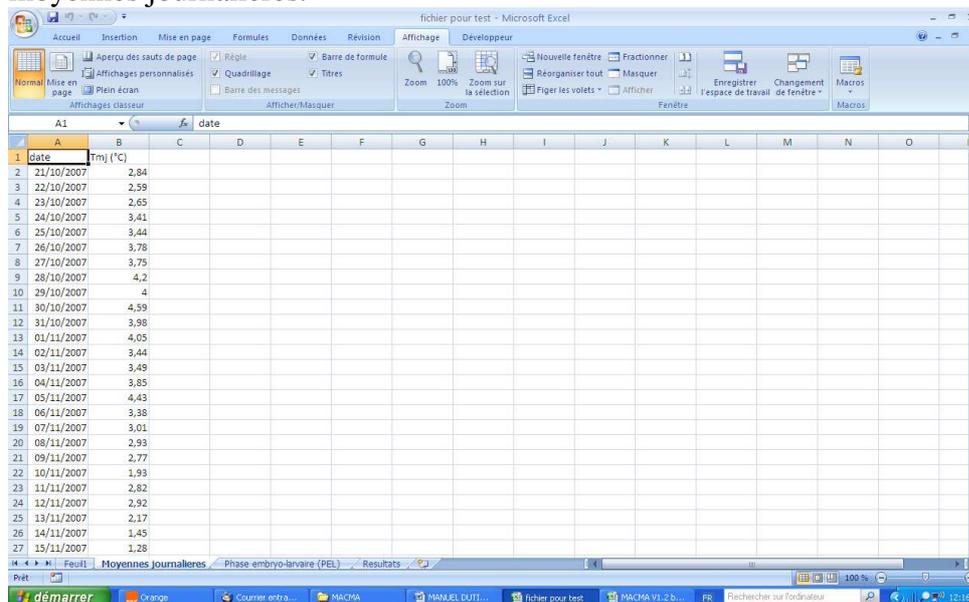
Après avoir exécuté les calculs, la boîte de dialogue suivante apparaît indiquant que l'exécution a réussi.

En plus de la « feuille 1 » qui possède vos données de base, l'exécution a créé, dans votre fichier Excel, 3 nouvelles feuilles intitulées « Moyennes journalières », « Phase Embryo-Larvaire (PEL) » et « Résultats ».

Cliquez sur « OK ».



La feuille « Moyennes journalières » comporte 2 colonnes et indique pour chaque jour de votre série de données, la moyenne obtenue à partir des 24 données instantanées par jour (Tmj). Ce tableau permet par exemple de réaliser rapidement un graphique des températures moyennes journalières.



La feuille « Phase Embryo-Larvaire (PEL) » comporte 7 colonnes et synthétise les valeurs de température observée uniquement pendant la durée de la phase de développement embryo-larvaire calculée à partir de la date médiane de ponte.

Les trois premières colonnes « heure », « date » et « Ti (°C) » indiquent les températures horaires enregistrées pendant la PEL.

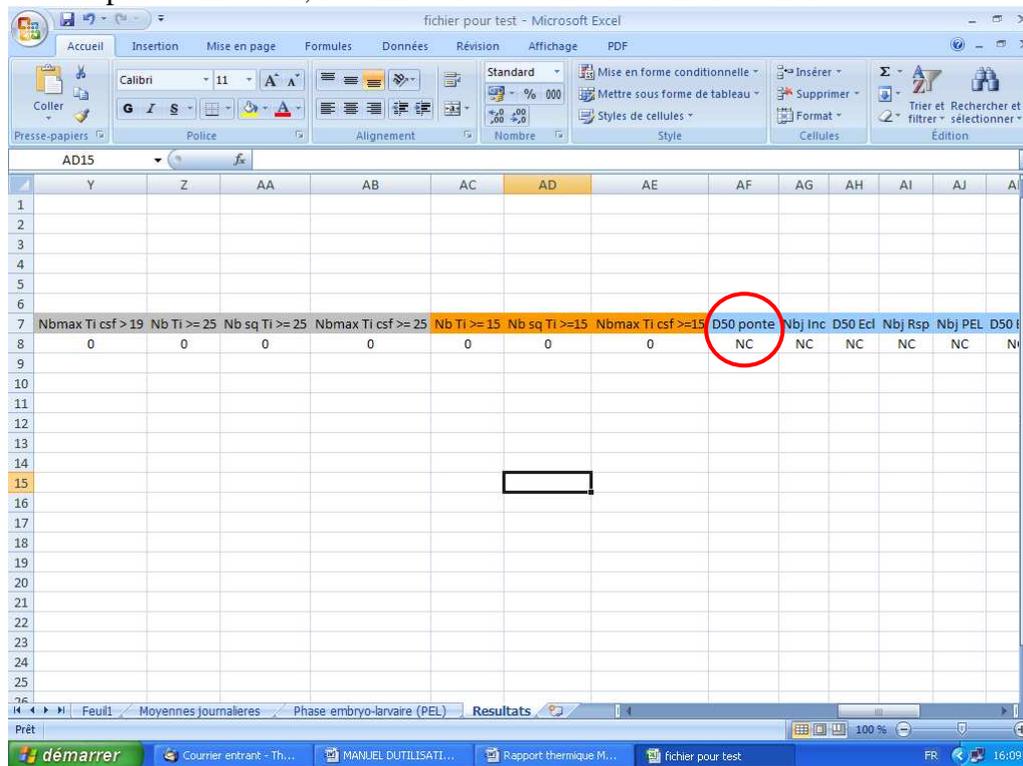
Les 4 colonnes suivantes indiquent les données calculées pour chaque jour de la PEL à partir de la date médiane de ponte. « Tmj (°C) » correspond à la température moyenne journalière calculée à partir des 24 données enregistrées. « %Ecl » et « %Emg » indiquent pour chaque jour le pourcentage d'avancement du développement embryo-larvaire respectivement jusqu'à l'éclosion et l'émergence.

heure	date	Ti (°C)	date	Tmj (°C)	% Ecl	% Emg
00:00:00	15/12/2007	1,656	15/12/2007	1,25	0,5831569	0,3447592
01:00:00	15/12/2007	1,656	16/12/2007	0,56	1,10098751	0,65153765
02:00:00	15/12/2007	1,656	17/12/2007	0,31	1,59687567	0,94552309
03:00:00	15/12/2007	1,656	18/12/2007	0,72	2,12921879	1,26075281
04:00:00	15/12/2007	1,656	19/12/2007	1,13	2,7004915	1,59861434
05:00:00	15/12/2007	1,656	20/12/2007	1,43	3,30190568	1,95396002
06:00:00	15/12/2007	1,548	21/12/2007	1,53	3,91369056	2,31531367
07:00:00	15/12/2007	1,548	22/12/2007	1,75	4,54887815	2,69021041
08:00:00	15/12/2007	1,439	23/12/2007	2,13	5,22645585	3,08958682
09:00:00	15/12/2007	1,33	24/12/2007	1,76	5,86272671	3,46510998
10:00:00	15/12/2007	1,221	25/12/2007	1,59	6,48081348	3,83011251
11:00:00	15/12/2007	1,112	26/12/2007	2,03	7,14698836	4,22291045
12:00:00	15/12/2007	1,003	27/12/2007	1,28	7,7315198	4,56941394
13:00:00	15/12/2007	1,003	28/12/2007	1,15	8,30638967	4,90841632
14:00:00	15/12/2007	1,112	29/12/2007	1,49	8,91400654	5,26735582
15:00:00	15/12/2007	1,221	30/12/2007	2	9,57679547	5,65819943
16:00:00	15/12/2007	1,221	31/12/2007	1,23	10,1579559	6,00180021
17:00:00	15/12/2007	1,221	01/01/2008	0,72	10,690299	6,31702992
18:00:00	15/12/2007	1,112	02/01/2008	0,84	11,2337733	6,63873654
19:00:00	15/12/2007	1,003	03/01/2008	1,58	11,8508056	7,0031286
20:00:00	15/12/2007	1,003	04/01/2008	2,16	12,5318393	7,40449787
21:00:00	15/12/2007	0,784	05/01/2008	2,52	13,2556414	7,83049304
22:00:00	15/12/2007	0,674	06/01/2008	2,79	14,0131415	8,27584425
23:00:00	15/12/2007	0,563	07/01/2008	3,25	14,8314268	8,75600579
24:00:00	16/12/2007	0,563	08/01/2008	3,19	15,6415346	9,23149208
25:00:00	16/12/2007	0,563	09/01/2008	3,72	16,5265783	9,74973054

Enfin la feuille « Résultats » comporte les résultats obtenus pour toutes les variables. Une légende de 4 couleurs permet de mieux visualiser les 4 grandes catégories de variables.

Dd Période	Df Période	Durée	Ti min	Ti max	ATI	Ajmax Ti	D Ajmax Ti	Tmj min	Tmj max	ATmj	D Tmj max	Tma	Tm30J max	Dd Tm30J	ma Df Tm30J
21/10/2007	20/10/2008	366	0	12,6	12,6	4,2	21/06/2008	0,3	10,4	10,1	05/08/2008	4,88	9	16/07/2008	14/08/2008

Lorsque les variables n'ont pas été calculées parce que la catégorie correspondante n'a pas été cochée par l'utilisateur, le terme « NC » s'inscrit dans la cellule.



VI - Questions et remarques

Nous avons choisi de divulguer cette application afin de répondre aux demandes de collègues de divers organismes qui souhaitent travailler sur la qualité thermique des milieux aquatiques dont ils ont la gestion.

Cependant, il ne faut pas oublier que cet outil est issu d'une réflexion locale, aussi sa divulgation pour une utilisation plus large et sur d'autres territoires reste encore expérimentale.

A ce titre nous sommes intéressés pour recevoir de la part des utilisateurs, toutes questions, remarques, nouvelles idées et références bibliographiques permettant d'améliorer les futures versions.

En cas de dysfonctionnement lors de l'utilisation de MACMASalmo1.0, une vérification rapide peut être faite par nos soins, dans ce cas merci de nous envoyer votre fichier source et une copie d'écran du message d'erreur.

Toute correspondance doit être adressée à infof@jpechehautesavoie.com

Références bibliographiques

- Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.
- Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasitizes bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists* 19, 94-97.
- Burkhardt-Holm P., Peter A., Segner H., 2002. Decline of fish catch in Switzerland. Project fishnet: a balance between analysis and synthesis. *Aquatic Sciences* 64, 36-54.
- Canning E.U., Curry A., Feist S.W., Longshaw M., Okamura B., 1999. *Tetracapsula bryosalmonae* n. sp. for PKX organism the cause of PKD in salmonid fish. *Bulletin of the European association of fish pathologists* 19, 203-206.
- Caudron A., Jossierand Y., Genevey G., 2002. Aménagement d'une zone de reproduction pour la truite fario sur la résurgence de Morette. Rapport de présentation des travaux. Evaluation et suivi de l'aménagement. Rapport FDAAPPMA 74, 13p.
- Caudron A., Champigneulle A., 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-savoie. Rapport final 2002-2006. Rapport SHL 274-2007, 68p + annexes.
- Champigneulle A. Melhaoui M., Maise G., Baglinière J.-L., Gillet C., Gerdeaux D., 1988. Premières observations sur la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent frayère du Lac Léman. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 310, 59-76.
- Champigneulle A., Largiader C.R., Caudron A., 2003. Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bulletin Français de Pêche et Pisciculture* 369, 41-70.
- Crisp D.T., 1988. Prediction, from water temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonids embryos. *Freshwater Biology* 19, 41-48.
- Crisp D.T., 1992. Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. Freshwater biological association, occasional publication N°29, 72p.
- Crisp D.T., 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in freshwater with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323, 201-221.
- Dunham J., Chandler G., Rieman B., Martin D., 2005. Measuring stream temperature with digital data loggers: a user's guide. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-150WWW. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 15 p.
- Elliott J.M., 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology* 44, 805-821.
- Elliott J.M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 In *Stress and fish*, Pickering A.D (ed), Academic Press London.
- Elliott J.M., 1984. Growth, size, biomass and production of young migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream; 1966-83. *Journal of Animal Ecology* 53, 979-994.
- Elliott J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford, 286 pp.
- Elliott J.M., Hurley M.A., 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology* 46, 679-692.
- De Kinkelin P., Gay M., 2000. La teracapsulose a *Tetracapsula bryosalmonae*: une bonne cible pour des études épidémiologiques en ichtyopathologie. *Epidémiologie et santé animale* 38, 7-18.

- Feist S.W., Peeler E.J., Gardiner R., Smith E., Longshaw M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases* 25, 451-458.
- Gay M., Okamura B., De Kinkelin P., 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms* 46, 31-40.
- Humpesch U.H., 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Archiv fur Hydrobiologie* 104, 129-144.
- Varley M.E., 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes*, Fishing News, London.
- Verneaux J., 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.
- Wahli T., Knuesel R., Bernet D. Segner H. Pugovkin D., Burkhardt-Holm P. Escher M., Schmidt-Posthaus H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases* 25, 491-500.

ANNEXE

Installation et automatisation sous Excel de la macro complémentaire MACMASalmo.

Installation et automatisation sous Excel de la macro complémentaire MACMASalmo.

Copier le fichier MACMA V1.0.xla à l'emplacement suivant :

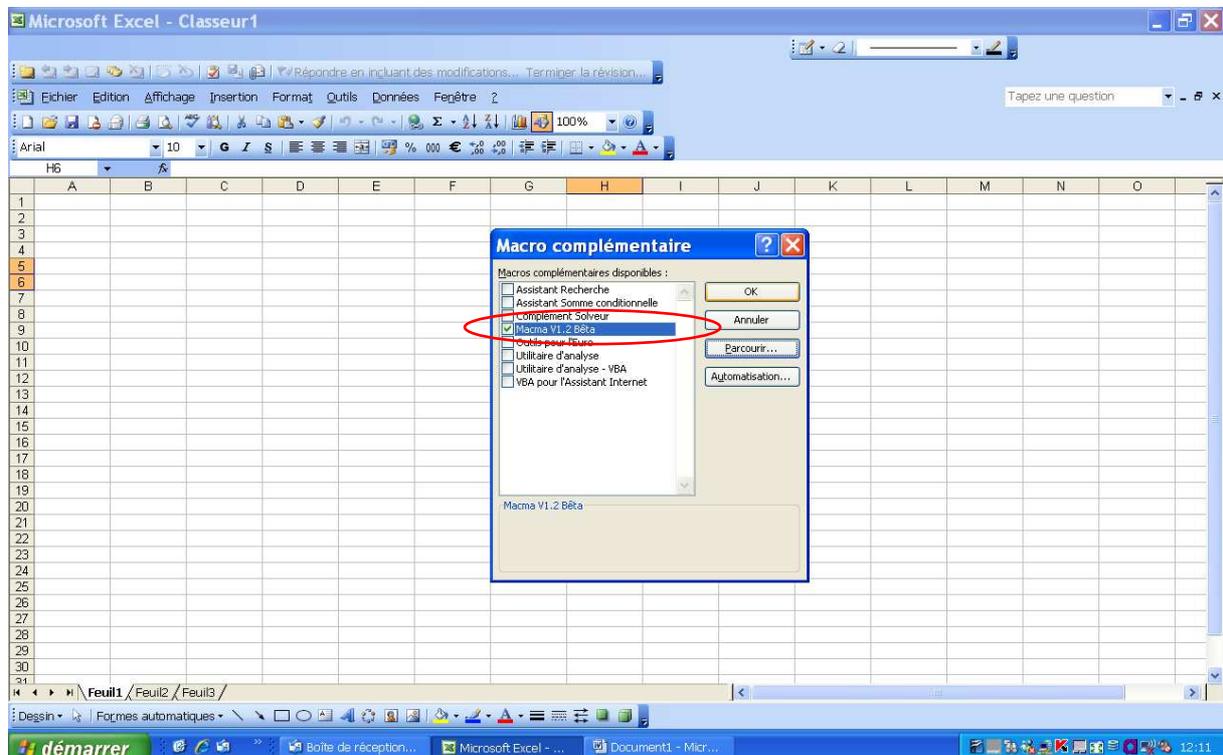
(C :)

- ↳ Documents and setting
- ↳ « utilisateur »
- ↳ Application data
- ↳ Microsoft
- ↳ Macro complémentaire

Pour accéder à ce fichier vous devez cocher l'option « afficher les fichiers et dossiers cachés » dans : poste de travail → outils → option des dossiers → affichage (paramètres avancés).

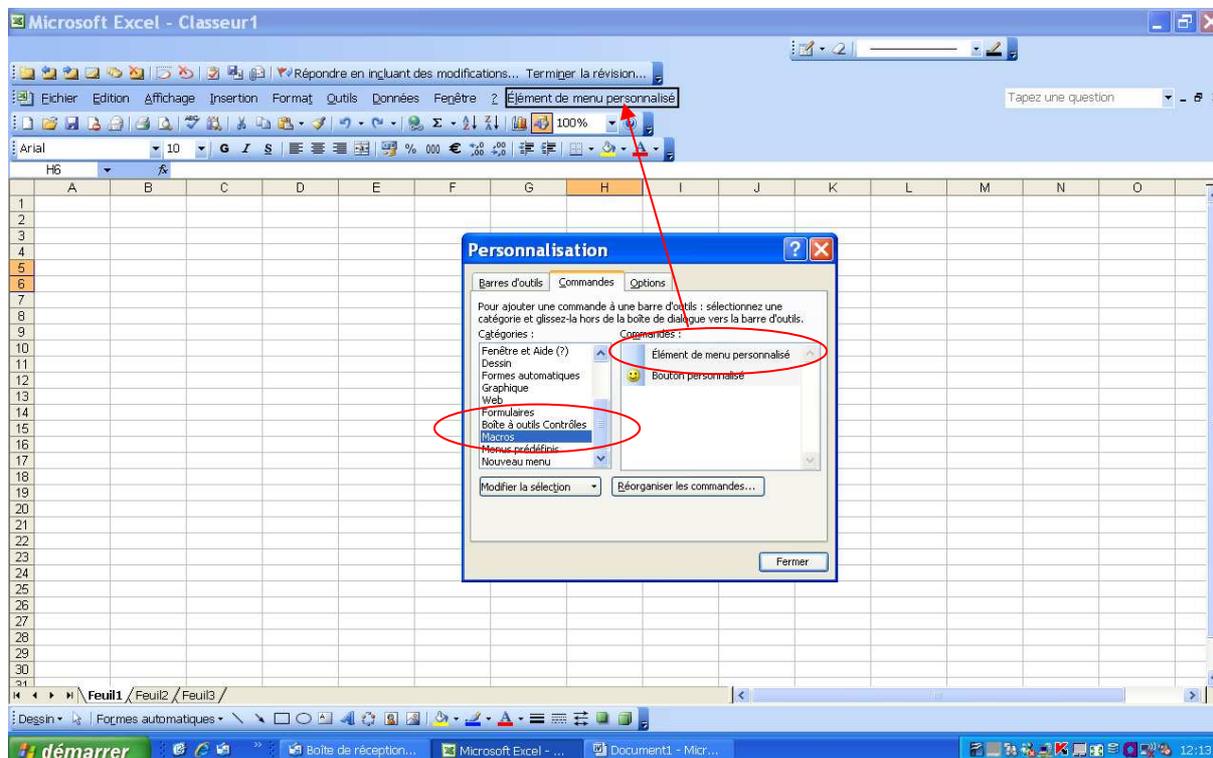
Nous proposons une installation avec création d'un lien qui permet d'accéder à la macro complémentaire via un bouton personnalisé placé dans la barre d'outils.

- 1- Ouvrir un fichier Excel
- 2- Aller dans outil → macro complémentaire, puis cochez MACMA V1.0



Pour créer un lien via un bouton placé dans la barre d'outil :

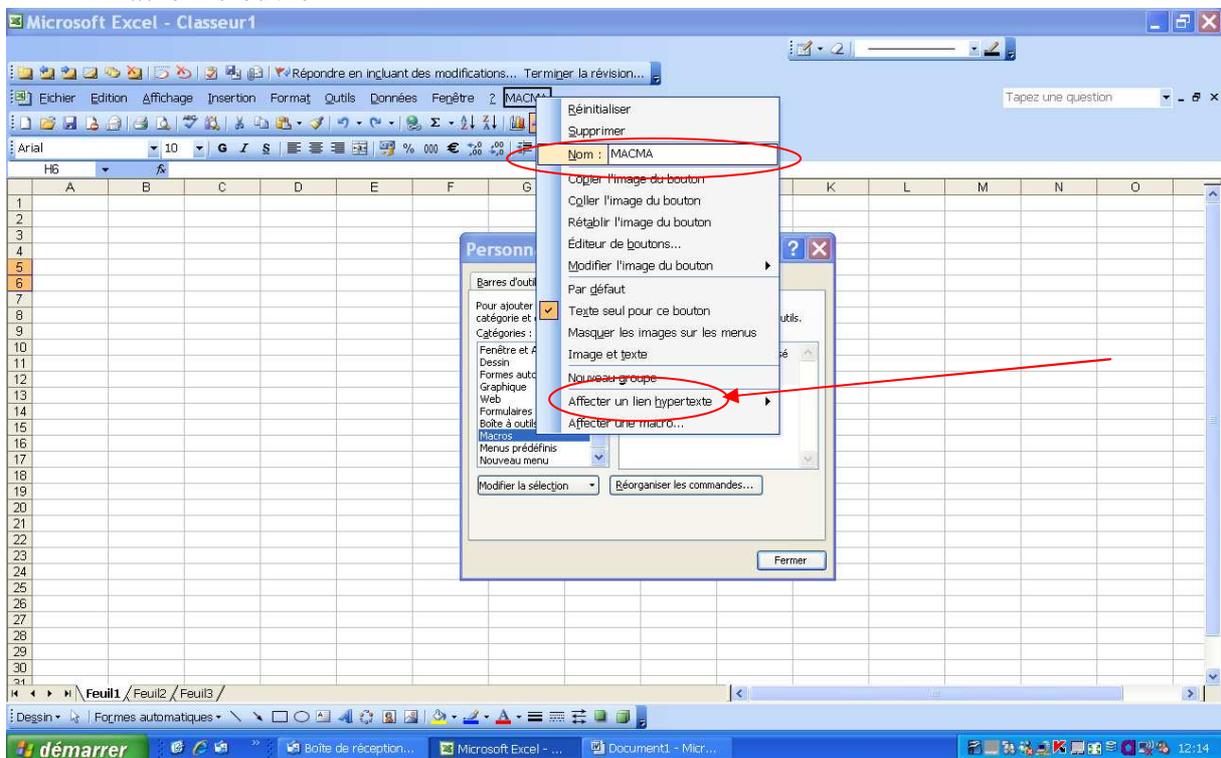
- 1- Aller dans outil → personnaliser, la boîte de dialogue personnalisation s'ouvre.
- 2- Ouvrez l'onglet commande et recherchez dans le menu déroulant (gauche) la catégorie « macros »
- 3- Cliquez sur la commande « Élément de menu personnalisé » et faites la glissez à l'emplacement de votre choix dans la barre d'outil.



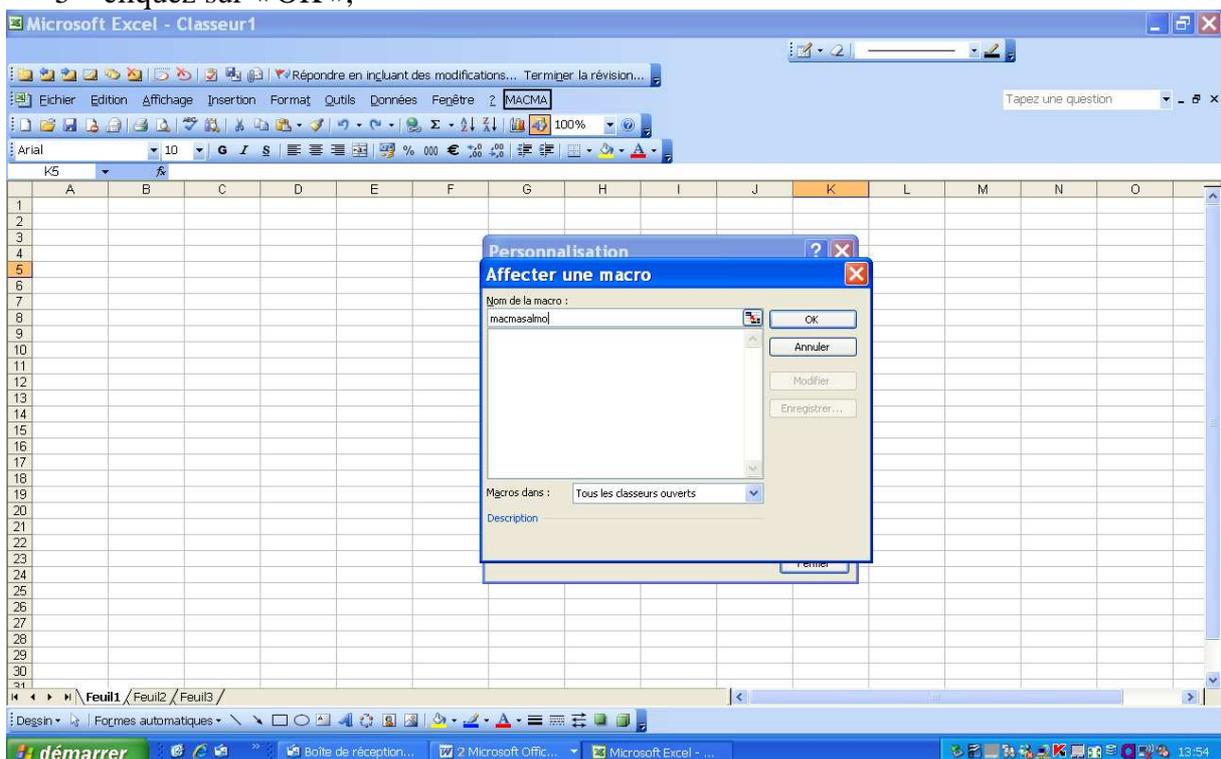
Personnalisation du bouton et affectation de la macro :

Durant cette étape vous devez conserver la boîte de dialogue personnalisation ouverte (ou la rouvrir le cas échéant en allant dans : outil → personnalisation)

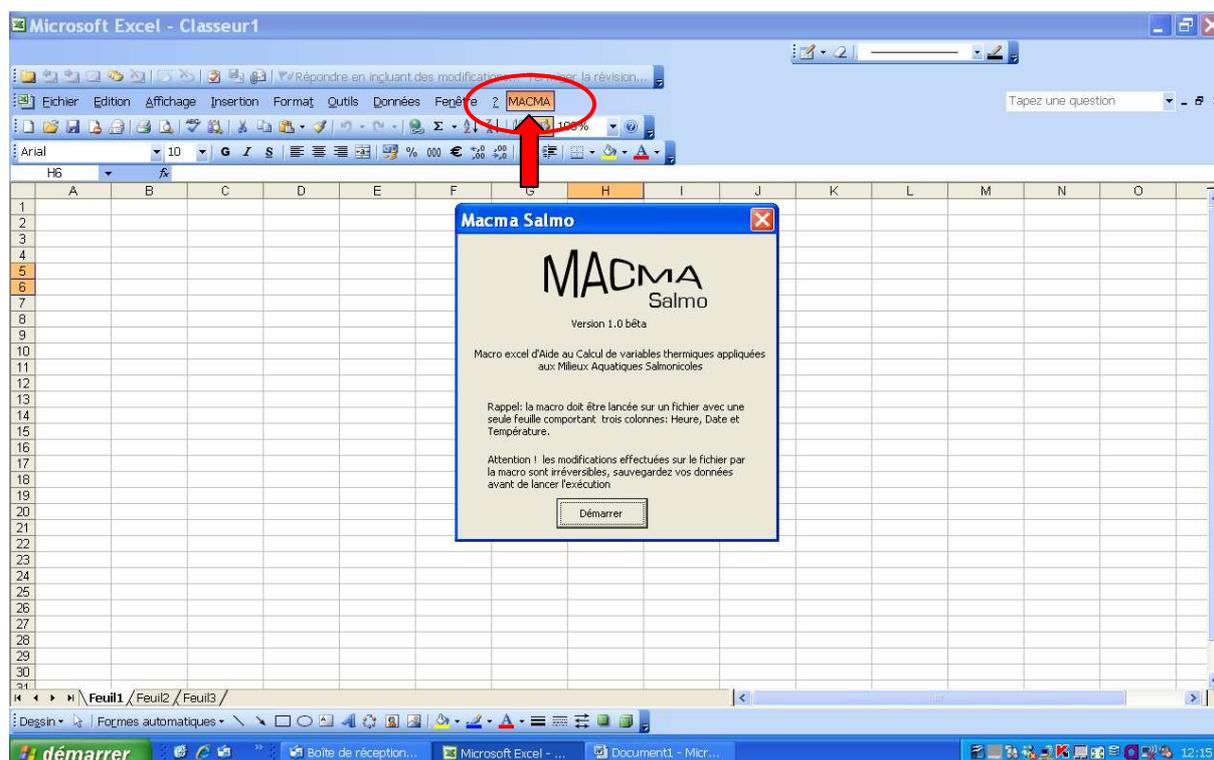
- 1- réaliser un clic droit sur le bouton créé
- 2- modifier le nom dans l'encadré prévu à cet effet (cf. illustration)
- 3- cliquer sur la ligne « Affecter une macro... », une boîte de dialogue « Affecter une macro » s'ouvre



- 4- entrer le texte suivant « macmasalmo » dans le champ « nom de la macro »
- 5- cliquez sur « OK »,



Votre macro complémentaire est accessible à partir du bouton MACMA, la boîte de dialogue MACMA Salmo s'ouvre quand vous cliquez sur le bouton



Remarque : Si vous souhaitez modifier ou supprimer le bouton, ouvrez la boîte de dialogue personnalisation (outils) puis effectuez un clic droit sur le bouton « MACMA ».