

CONSEIL  
SCIENTIFIQUE  
DU COMITÉ  
DE BASSIN  
RHÔNE  
MÉDITERRANÉE



AVIS SUR LA DEMANDE D'ELECTRICITE DE FRANCE DE RELEVEMENT  
DE LA TEMPERATURE EN AVAL DU REJET DU CNPE DE TRICASTIN

Avis initial validé par le Conseil scientifique le 25 juin 2007

JUIN 2007

## **Conseil scientifique du Comité de Bassin Rhône-Méditerranée**

### **Avis sur la demande d'Electricité de France de relèvement de la température en aval du rejet du CNPE de Tricastin** *(documents EdF disponibles en mars 2007)*

*Avis validé en séance plénière du 25 juin 2007*

#### **I- Le contexte**

Dans un courrier en date du 15 février 2007, le Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée a souhaité que le Conseil scientifique du Comité de bassin examine la demande d'Electricité de France concernant les rejets thermiques de la centrale nucléaire de production électrique de Tricastin. L'étude d'EDF propose de relever la valeur maximale de température à l'aval du rejet (bon mélange supposé).

On peut résumer ainsi la demande EdF, en rappelant son contexte :

La situation actuelle :

- depuis 1994 (22 avril), la t° maximale était hors dérogations de 25°C, avec des dérogations permettant 27°C, mais assez fortement limitées et encadrées (saison, durées cumulées) ; l'échauffement maximal autorisé était assez fort (7°C) ;
- depuis 2004 (11 juin), la t° maximale dérogatoire passe de 27 à 29°C, en partie re-équilibrée par la réduction à + 3°C (au lieu du + 7°C antérieur) de l'échauffement différentiel maximal, mais aussi déséquilibrée par un abandon de l'encadrement saisonnier et en durée cumulée ; le cas "normal" reste à 25° avec un échauffement max autorisé de + 7°C ;

La demande d'EDF :

- la nouvelle demande ne touche pas aux conditions dérogatoires (29°C, et échauffement max de + 3°C),
- Mais elle modifierait en profondeur le cas "normal" : maximale à 28°C au lieu de 25°C (donc 3°C de plus), en partie re-équilibrée par une réduction à + 4°C (au lieu du + 7°C) de l'échauffement différentiel maximal, mais aussi déséquilibrée par une clause dite de "débits faibles" (< 480 m<sup>3</sup>/s) qui autoriserait un échauffement max de + 6°C (température maximale toujours à 28°, sauf cas dérogatoire précédent).

En d'autres termes, et en simplifiant, les cas de dérogations introduits en 1994 avec encadrement, ont été partiellement désencadrés (saison, durée) en 2004. Une réponse favorable à la demande d'EdF reviendrait à faire des conditions dérogatoires la règle "normale" (28°C possibles une grande partie de l'année).

La demande concerne aussi une modification des modalités de mesure et de calcul des valeurs maximales

La Direction régionale de l'Environnement Rhône-Alpes a émis un avis défavorable sur la demande d'EDF concernant le relèvement de la température maximale, au motif du risque d'impact non négligeable sur le milieu naturel. Elle accepte cependant le principe de considérer la température moyenne journalière à la place de la température instantanée pour apprécier le respect de cette valeur maximale.

Le Président du Comité de bassin a saisi son conseil scientifique pour analyser la proposition d'EDF et développer les arguments scientifiques qui pourraient soit conforter, soit nuancer l'avis de la DIREN.

## **II- Eléments scientifiques et techniques pris en compte**

Les pièces principales examinées par le Conseil scientifique sont :

- La note résumant les conclusions de l'étude réalisée par EDF "DARPE du Tricastin, impact des rejets thermiques à l'aval du CNPE du Tricastin", 2004 (48 pages). Ce document est accessible au public.
- La note technique établie par la Direction régionale de l'environnement Rhône-Alpes (3 pages) et transmise par le Préfet de Bassin au CB le 15.02.07.

D'autres documents ont été utilisés pour rendre cet avis : les études thermiques sur le Rhône (références en fin d'avis), mais aussi les travaux antérieurs du Conseil scientifique sur le fleuve Rhône et en particulier :

- "Demande d'autorisation de prélèvement et de rejet du centre nucléaire de production d'électricité de Saint-Alban Saint Maurice sur le Rhône" (mars 1999, 6 pages) ;
- "Révision et élargissement du Plan d'Action Rhône: recommandations du Conseil scientifique" (juin 2002, 22 pages) ;
- "Température du Rhône : effet des rejets des centrales thermiques EDF" ( novembre 2004, 7 pages) ;
- "Avis sur le projet de plan Rhône" (novembre 2006, 40 pages).

Les documents et l'évaluation de l'impact du rejet sont examinés par le Conseil scientifique sous trois aspects :

- les conséquences physiques (thermiques)
- les conséquences biologiques observables
- les considérations socio-économiques

### **1 - L'évaluation des conséquences du rejet sur la température du fleuve**

#### **1.1 Températures et bas débits**

L'analyse détaillée par le Conseil scientifique des chroniques de températures et de débits figure en annexe.

L'exploitation des chroniques sur la période récente 1998-2006 des températures maximales journalières de l'air (station de Montélimar) et de l'eau du fleuve (à Cruas ainsi qu'à l'amont et à l'aval du rejet de Tricastin) montre une tendance à l'augmentation de la température de l'eau. Durant cette période, les débits d'étiage du fleuve ont diminué (et même bien avant puisque le phénomène semble amorcé depuis 1970). Durant cette même période, il n'y a pas eu d'évolution vraiment significative de la température de l'air en moyenne, mais il y a eu des périodes limitées de canicules.

Sur cette période récente 1998-2006, les tendances observées d'augmentation de la température de l'eau sont essentiellement influencées par le débit du fleuve en période estivale. Lorsque ces derniers sont faibles (de l'ordre de 300 à 400 m/s au droit de l'ouvrage), la température augmente significativement avec la température de l'air.

A conditions de températures météorologiques constantes en moyennes, et d'apports thermiques stables en moyenne (durée d'une autorisation stable), les débits d'étiage du fleuve semblent être le facteur majeur qui contrôle la température de ses eaux durant l'été. Une solution pour contrôler cette température consisterait donc à jouer sur les débits du fleuve. Les réserves qu'il pourrait être envisageable de mobiliser sont *a priori* :

- le Léman, les barrages franco-suisse et la retenue de Génissiat. Le Léman est un réservoir gigantesque, susceptible de fournir un débit suffisant avec, de surcroît, des températures plus basses que celles du fleuve ("goutte froide") ;
- les retenues de l'Isère. Mais les débits qu'il serait possible de mobiliser sont sans commune mesure avec ceux du Rhône et l'effet attendu sur la température resterait hypothétique ;
- éventuellement les réservoirs de l'Ain.

Le Conseil scientifique conclut donc que :

- la tendance au réchauffement récent du fleuve, à l'origine des difficultés de respect des autorisations de rejets de calories par le CNPE de Tricastin, trouve bien une origine essentielle, sinon principale, dans la diminution des débits d'étiage du fleuve (*NB : ne pas confondre ces difficultés avec le réchauffement atmosphérique qui s'est accéléré depuis le début de la décennie 90, et qui est en partie à l'origine de l'élévation progressive de la température des eaux, mais cette fois à l'échelle inter-décennies, et non sur la période citée ici de 1998 à 2006*) ;
- si l'on veut maintenir le rejet élevé en température de Tricastin, une solution efficace consiste donc à lâcher de l'eau à partir du lac Léman (plus éventuellement des autres réservoirs cités), et profiter des effets conjugués de l'augmentation de débit et de l'effet de "goutte froide" (les eaux sortant du lac étant plus froides que les eaux du fleuve durant l'été) ;
- dans cette hypothèse, il devrait être possible d'anticiper à 3 ou 4 jours les situations de crise pour rehausser les débits du Rhône moyen ;
- techniquement envisageable, cette solution a néanmoins un coût ; ce dernier pourrait-être en partie réduit par certains avantages autres que le refroidissement : sur-débits parfois exploitables par la CNR par ailleurs handicapée par certaines réductions actuelles des débits amont (en fins de semaines, par exemple) ;
- cette solution suppose que soient conduites en ce sens des négociations entre les autorités françaises et les autorités helvétiques ;
- le bénéfice environnemental d'une telle disposition intéresse la quasi-totalité du linéaire du fleuve puisqu'elle permettrait de soutenir, en périodes critiques, les débits entre la Suisse et le Bas-Rhône en maintenant des températures moins défavorables à la vie aquatique.

## 1.2 Définition des bas débits

Il faut ajouter une question relative à la définition de cette situation de bas débit qui autoriserait EdF à déroger, et à atteindre les 28°C avec des échauffements maximaux plus élevés (+ 6°C au lieu de + 4°C). La valeur de 480 m<sup>3</sup>/s est proposée. Le Conseil scientifique considère que 480 m<sup>3</sup>/s est beaucoup trop élevé : il autoriserait les dérogations à + 6°C (donc par ex. 22°C amont devenant 28°C aval) beaucoup trop fréquemment.

A supposer que les efforts suggérés (cf ci-dessus) dans le domaine du soutien des bas débits ne suffisaient pas, et qu'une clause dérogatoire supplémentaire au titre des bas débits resterait quand même nécessaire, alors un seuil de l'ordre de 250 à 300 m<sup>3</sup>/s serait moins inacceptable.

Il serait aussi souhaitable que la durée d'installation des bas débits soit prise en compte (en termes de durée de non-dépassement d'une valeur-seuil).

Pour être cohérent avec la nouvelle règle de prise en compte des valeurs journalières pour l'estimation des températures maximales mélangée, ces débits-seuils devraient aussi être appréciés sur cette base de temps journalière : ceci éviterait des cas inappropriés de dérogation décidés sur la base des fortes fluctuations intra-journalières qui peuvent induire momentanément des minimums très faibles.

## 1.3 Modalités d'estimation des températures

Le Conseil scientifique estime valable le choix de valeurs journalières moyennées plutôt que celui des extrêmes à bases "instantanées" ou horaires. Il faut toutefois aussi l'appliquer aux débits (cf § 1.2).

Le Conseil scientifique note que la règle très simple d'estimation des températures aval dites mélangées (t°C amont + échauffement calculé) devrait faire l'objet, d'une part d'un rappel de sa démonstration de pertinence (rendements dits thermiques à préciser), et, d'autre part, de mesures de contrôle. Sur ce dernier point, il faudrait veiller à vérifier l'adéquation du ou des point(s) de la mesure de contrôle, le bon mélange à l'aval de l'usine étant un peu étonnant, compte tenu des limites habituelles d'échange latéral de quantité de mouvement dans un fleuve-canal, toujours beaucoup plus large que profond, et compte tenu de la disposition "en tranches latérales" des passes des groupes.

## 2 – Estimation des conséquences sur les communautés aquatiques

Les résultats de l'étude thermique du Rhône (Phase 3) permettent d'interpréter les résultats biologiques en tendance interannuelle sous l'influence d'une augmentation progressive de la température moyenne de l'eau mais pas en terme de seuil critique à ne pas dépasser (ex : quid des effets du passage de températures maximales de 25 à 28°C ?).

Depuis les années 1970, il est démontré sur le haut-Rhône (suivi du site de Bugey) que la vandoise, qui préfère les eaux froides, laisse progressivement place à des poissons plus thermotolérants comme le spiralin et le chevesne; à partir de 2000, les ombres communs ne sont plus capturés sur le site.

Les études de Daufresne et al. (2003, 2007) révèlent également une diminution progressive de taxons d'invertébrés d'eau froide, un accroissement des taxons à tendance lénitophile (qui aiment les eaux calmes) et une décroissance des taxons rhéophiles (qui aiment les eaux courantes).

On constate donc bien une évolution structurelle des peuplements, corrélée avec l'augmentation progressive de la température de l'eau du fleuve.

Le changement climatique et les cumuls d'effets temporellement ponctuels (rejets thermiques notamment) pourraient expliquer ces phénomènes. Pour mieux répondre à la question, des approches complémentaires devraient être engagées pour mesurer le stress thermique sur les organismes, le comportement des poissons notamment, à condition de décrire finement les caractéristiques physiques de l'environnement (répartition spatiale des températures et existence éventuelle de refuges plus frais) pour interpréter valablement les résultats. Ces actions sont inscrites dans le Plan Rhône.

Sur le Rhône à l'aval de Lyon, le peuplement de poissons est différent, avec des espèces dont la tolérance thermique est plus élevée naturellement : le marquage structurel des phénomènes évoqués ci-avant est moins fort, mais les tendances observées sont néanmoins parallèles à celles du haut-Rhône.

Des études récentes sur les invertébrés permettent de détecter des changements depuis 2003 : si la structure fonctionnelle générale du système se maintient, on observe toutefois des changements d'espèces. Mais les scientifiques ne disposent malheureusement pas de chroniques biologiques suffisamment longues qui pourraient autoriser une mise en relation des peuplements aquatiques avec la rupture des tendances thermiques détectée en 1920. Néanmoins les études interannuelles sur les poissons de différents sites du Rhône, menées dans le cadre du suivi des aménagements des centrales et aménagements du fleuve (Carrel, Olivier et al., 2003, 2006) montrent que le nombre de juvéniles capturés augmente systématiquement. Cela traduit un système dont "le moteur tourne beaucoup plus vite" et qui devient plus fragile aux stress. Des espèces invasives s'installent également, venant confirmer le diagnostic de perturbations des écosystèmes.

Dans ce contexte, le Conseil scientifique souligne la différence fondamentale qu'il y a entre l'évolution d'une grandeur physique et les réponses biologiques. Ces dernières réagissent selon des effets de seuils, dont les valeurs sont difficiles à déterminer et à anticiper. Ceci est d'autant plus vrai que l'amélioration de la qualité des eaux du Rhône, ainsi que les fortes crues de ces dernières années qui ont redynamisé l'hydrosystème, jouent probablement en sens inverse de l'effet des températures, avec un rôle positif sur les peuplements aquatiques.

L'échantillonnage, les données et les connaissances actuelles ne permettent donc pas de prédire précisément les effets d'un passage d'une température maximale de 25 à 28 °C. Dans un autre domaine que le microbiologique, on ne peut que décrire des tendances et supposer également que les effets sur l'écologie microbienne, notamment en matière de développement de germes pathogènes et de production de phytotoxines, sont probables. Il conviendrait par exemple de rechercher de manière répétée des amibes pathogènes durant les épisodes chauds.

Enfin, les conséquences d'une température plus élevée sur le fleuve plus à l'aval, dont l'écoulement est très lent, ainsi que sur la Méditerranée – en particulier le golfe du Lion – ne sont pas traitées dans l'étude thermique.

### 3 – Considérations socio-économiques

La centrale de Tricastin fournit environ ¼ des besoins énergétiques d'Eurodif nécessaires à l'enrichissement de l'uranium. Le Conseil scientifique pose la question d'une possible réduction de la demande d'Eurodif en été – en puissance instantanée.

De la même manière que des négociations avec les autorités suisses ont été évoquées à propos des débits du Rhône, la demande en énergie pourrait être renégociée avec le "nouveau site" Eurodif qui sera fonctionnel en 2009-2010 et qui devrait exploiter des processus industriels moins consommateurs d'énergie.

S'agissant de ces deux négociations, et de manière générale, il est suggéré d'identifier les bénéficiaires des solutions techniques, à retombées multiples, qui pourraient être envisagées. L'exploration de solutions techniques devrait être confiée en premier lieu à des techniciens qui seraient à même de proposer un ou des scénarios qui feront l'objet de négociations inter-Etats. L'expérience de membres du Conseil scientifique sur près d'une trentaine de Commissions internationales permet en effet d'attester que les échanges entre techniciens sont un préalable indispensable à une négociation politique de solutions efficaces.

Le Conseil scientifique souligne également que très peu, sinon rien, n'est dit de l'incidence du relèvement de température demandé, sur l'économie des entreprises EDF et Eurodif. Pour le moins, le traitement des impacts économiques et des impacts écologiques est très déséquilibré dans l'étude présentée. Cette remarque avait déjà été formulé en son temps, lorsque le Conseil scientifique avait été saisi au sujet de la centrale de Saint-Alban. Aucune décision ne serait prise dans un pays anglo-saxon sans une étude économique.

Il serait donc important que, dès réception de cet avis, EdF prépare des éléments de réponse à ces questions, en distinguant deux aspects :

- quel bénéfice apporte à EdF l'assouplissement demandé en terme de température ?
- quels sont les coûts d'opportunité pour les autres acteurs qui seraient amenés à compenser l'élévation de température par des lâchers d'eau froide ?

Ces questions renvoient à celle du changement de rôle de fait de la CNR, et par contre-coup à celle de l'absence d'une institution publique de gestion du corridor Rhône.

Enfin, même s'il est reconnu que la question des économies d'énergie ne peut être traitée individuellement dans ce type de dossier, mais qu'elle doit être un préalable à sa constitution, le Conseil scientifique considère que des pétitions de principe sur des demandes supplémentaires en énergie n'est pas acceptable. *A fortiori* sur un système comme le Rhône, un principe de base est de proposer des solutions à l'échelle des problèmes posés. En matière énergétique, cette échelle semble être a minima celle de l'Europe de l'Ouest, tout en considérant dans le même temps qu'un raisonnement possible – pragmatique mais peu satisfaisant pour une gestion de long terme - consiste à utiliser les moyens de production existants en faisant en sorte de générer le moins de nuisances possible.

### **III – Conclusions et synthèse de l'avis du Conseil scientifique**

Au terme de son analyse, le Conseil scientifique est en accord avec l'avis de la DIREN :

- la température moyenne journalière peut être utilisée à la place de la température instantanée pour évaluer le respect des obligations réglementaires ; Cette modification constitue déjà en elle-même, du point de vue de la DIREN, un assouplissement significatif de la réglementation en vigueur ;
- la demande de relèvement de la température maximale de 25 à 28°C en moyenne, n'est pas jugée recevable en l'état.

Le débit proposé de 480 m<sup>3</sup>/s pour autoriser l'atteinte de températures du fleuve supérieures est estimé trop élevé, car beaucoup trop fréquent pour prétendre correspondre à des situations exceptionnelles et donc dérogatoires, compte tenu des conséquences probables pour l'écosystème fluvial.

De plus, les propositions suivantes sont formulées par le Conseil scientifique :

- Les modalités de gestion des débits du fleuve à partir du lac Léman en situation de "crise" devraient être examinées pour atténuer les effets thermiques, et peut être hydrologiques, du changement climatique. Une approche technique de faisabilité pourrait être engagée, associant les services helvétiques et français, avant d'envisager des discussions à un niveau plus politique (formalisées, par exemple, par l'établissement d'une convention franco-suisse sur le sujet) ;
- Des études complémentaires sont à lancer sur plusieurs sujets : l'incidence de la température et des rejets thermiques sur le comportement et l'écophysiologie des communautés aquatiques du fleuve, l'incidence sur le Rhône aval et la mer Méditerranée (phase 4 de l'étude thermique Rhône ?), les conséquences sur l'écologie microbienne et sur la santé (amibes pathogènes). Ces études sont inscrites au plan Rhône ;
- D'étudier plus en détail les conséquences énergétiques et économiques des demandes et des scénarios envisagés. En particulier, pour ce qui concerne le site de Tricastin, la demande d'Eurodif en période estivale devrait être examinée.

De façon générale, il est recommandé de conduire une réflexion globale sur l'ensemble du fleuve pour dégager des solutions qui, au-delà de la résolution de problèmes ponctuels/localisés, soient porteuses de bénéfices multiples à la fois pour l'écosystème et les usages (au delà de la production d'énergie). De même, en face de l'analyse de ces bénéfices multiples, et de leur partage, il paraît cohérent de dégager des solutions partageant aussi les efforts à faire entre les divers opérateurs concernés.

Le Conseil scientifique souligne l'intérêt d'engager ces réflexions prospectives et ces études dans un contexte serein, en dehors des périodes de tensions. Par ailleurs il considère que son avis est donné pour quelques années seulement, sur la base des documents mis à sa disposition et dans un contexte particulier. Il conviendrait de mettre en place les conditions qui permettront d'établir un retour d'expérience, sur la base duquel le Conseil scientifique pourrait être, le cas échéant, à nouveau saisi par les instances de bassin.

Pour finir, le Conseil scientifique reprend *in extenso* dans le présent avis les recommandations qu'il formulait déjà à propos du volet énergie du projet de plan Rhône en 2006, et dont la pertinence de certains points reste entière concernant la présente saisine :

" La production d'énergie interfère avec d'autres usages du fleuve et peut compromettre l'atteinte des objectifs environnementaux. Pour y remédier, plusieurs orientations devraient être inscrites dans le plan Rhône :

- permettre à l'institution en charge du Rhône (...) de participer à la définition des grandes orientations d'une stratégie de production d'énergie, garante de l'intérêt général et des autres objectifs retenus pour le fleuve ;
- inscrire l'utilisation des aménagements du fleuve dans une perspective de maîtrise du réchauffement des eaux du Rhône ;
- mieux évaluer et tenir compte des besoins énergétiques du fleuve lui-même pour soutenir son propre fonctionnement ;
- mieux coordonner l'exploitation des équipements hydroélectriques existants en vue de soulager la pression qu'ils exercent sur le milieu et les autres usages ;
- rester prudent sur l'affichage des possibilités de re-développement de la micro-électricité comme une orientation du Plan d'actions ;
- mentionner les risques liés au choix de la filière biomasse (utilisation possible de pesticides pour garantir les rendements) et identifier dès le départ les conditions de durabilité de son développement. "

*Post-Scriptum :* Cet avis est définitif pour ce qui est des travaux du Conseil scientifique demandés par le Comité de Bassin, et concernant les documents mis à sa disposition pour analyse en mars 2007, documents identiques à ceux sur lesquels a travaillé la DIREN pour sa note technique de début 2007 (réf. de ces documents au § II ci-dessus). Cet avis sera peut-être suivi d'un avis complémentaire, toujours préparé par le Conseil scientifique à la demande du Comité de Bassin, mais cette fois sur la base d'auditions orales, proposées par EDF au Comité de Bassin, et lors desquelles EDF voudrait présenter au Conseil scientifique des données ou éclairages complémentaires et nouveaux.

### **Bibliographie complémentaire**

CARREL G., OLIVIER J.M., POIREL A. & BREIL P., 2003 Variabilité interannuelle de la reproduction des poissons Cyprinidae dans le Rhône à l'aval de Lyon: rôle de la température. In: Pont D, 2003, pp 94–108.

CARREL, G., FRUGET, J.F. & OLIVIER, J.M., 2006. Le Rhône : bilan des perturbations environnementales et perspectives de restauration, Colloque Hydroécologie, EDF, 19-20 octobre 2006, Clamart.

DAUFRESNE M., BADY P. & FRUGET J.F., 2007. Impacts of global changes and extreme hydroclimatic events on macroinvertebrate community structures in the French Rhône River. *Oecologia* 151:544-559.

DAUFRESNE M., ROGER M.C., CAPRA H, LAMOUREUX, N., 2003. Long term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhone River: effects of climatic factors. *Global Change Biology*, 10:124–140.

EDF DTG. Etude Rhône Thermie Phase III - Rapport de synthèse, 3 tomes.

# Annexe

Cette note technique, présentée à la réunion du Conseil scientifique (groupe de travail du 23 avril 2007), esquisse une réflexion sur les aspects physiques (climatologie -hydrologie) de la relation entre la température extrême annuelle de l'eau du Rhône sur les sites de Cruas et de Tricastin amont, la température extrême annuelle de l'air à Montélimar et le débit du Rhône à Pont de Viviers (bassin versant 70900km<sup>2</sup>) ,à l'aval de l'usine écluse de Châteauneuf (entre Cruas et Tricastin) **Fig.1** .

## 1.Selection de données et graphes

Toutes les informations utilisées ont été communiquées par EDF-DTG Grenoble :

- températures moyennes journalières maximales annuelles de l'eau mesurées à Cruas,Tricastin amont,Aramon sur le Rhône , issues des séries chronologiques d'observations(EDF-DTG) horaires -journalières contrôlées de 1977 à 2006 ;
- températures moyennes journalières maximales annuelles de l'air mesurées quotidiennement à Montélimar (station climatologique départementale de Météo France) de 1948 à 2006 ;
- débits moyens journaliers et mensuels réels (influencés) du Rhône à Teil/Pont de Viviers (station hydrométrique étalonnée et gérée par la CNR) de 1910 à 2006 ; sources données CNR : Cemagref (données temps différé) et EDF(données temps réel) ;
- les graphes du régime saisonnier des températures moyennes journalières du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre  
de l'eau à Cruas et Tricastin,  
de l'air à Montélimar  
avec les quantiles 10%,25%,50%,75%,90% et le positionnement respectif  
des 4 dernières années récentes (cf. exemple 2003 **Fig.4** ) .

L'analyse proposée ci après a été effectuée sur les températures de l'eau à Cruas et à Tricastin amont .Mais compte tenu de l'étroite corrélation existant entre les températures des deux sites (coef. corrélation de 0,99 avec un écart moyen de 0,2 degré Celsius,entre les extrêmes, **Fig.6**) ainsi que des résultats similaires obtenus en corrélation multilinéaire, seuls les résultats concernant Tricastin amont seront présentés. Le même type de corrélation est représenté entre Tricastin amont et Aramon (**Fig.7**) , l'écart moyen étant de 1,7°Celsius .

## 2.Les tendances détectées dans les fenêtres temporelles

Voici quelques constatations générales sur les « tendances »calculées par régression simple entre les valeurs annuelles de chaque paramètre et le temps (t) en années successives depuis l'origine des mesures :

- le débit moyen annuel du Rhône au Teil/Pont de Viviers(QA) ,à ce pas de temps le débit **naturel reconstitué**, par EDF de 1910 à 1999 est pratiquement identique au débit moyen **réel** annuel (ce qui n'est pas le cas pour les débits reconstitués au pas de temps mensuel comparés aux réels, pour chacun des 12 mois) , ne présente pas de tendance significativement différente de 0 sur 97 ans(en complétant de 2000 à 2006 par le débit réel moyen annuel), coef.de corrélation égal à -0,18 ;la moyenne 1910-2006 est de 1515 m<sup>3</sup>/s et l'écart type de 327m<sup>3</sup>/s (**Fig.2**) ;
- la température maximale journalière de l'air entre 1948 et 2006 ne présente pas de tendance significativement différente de 0 sur 59 ans (**Fig.3**) avec une valeur moyenne de 27,5°C. Pour la période 1977-2006 (30 ans), le coef.de corrélation avec le temps t est de 0,25 donc pas de tendance significative(**Fig.8**) ,il est d'ailleurs probable que si l'on reconstituait les extrêmes an de 1940 à 1947(séquence chaude) on obtiendrait r #0 ;

- la température maximale journalière annuelle de l'eau à Tricastin amont pendant la période 1977-2006 présente une tendance annuelle très significative à l'accroissement  $Te_{Triam} = 0,15t + 20,8 + e$  ( $e$ =incertitude) avec un coef.cor.  $r = 0,78$  ce qui correspond à une augmentation moyenne de  $0,14^\circ\text{C}$  par an en 30 ans (**Fig.8**);
- Le débit moyen minimum de **masse d'eau** ( $Q_{min}$ ) avant le maximum annuel de température de l'eau, qui est soit le débit moyen d'août, soit le débit moyen de juillet lorsque la fluctuation des débits successifs pendant ces mois est faible, soit le débit moyen minimal de plusieurs jours consécutifs avant le maximum de température de l'eau, observé entre le 20 juillet et le 20 août depuis 30 ans (80% en août et 20% en juillet), présente une nette tendance à la décroissance pendant les trente dernières années (**Fig.8**),  $Q_{min} = -24t + 1286 + e$ , avec un coef. de corrélation très significatif avec le temps  $t$ :  $r = -0,73$  ce qui indique que la décroissance moyenne du débit minimum  $Q_{min}$  a été en moyenne de  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  par an en 30 ans de 1977 à 2006.

### 3.Relation multilinéaire entre température extrême annuelle de l'eau et température extrême de l'air –débit minimum de masse d'eau

Les figures 4 et 5 relatives aux événements de l'été 2003 (canicule) illustrent clairement la relation temporelle entre les valeurs des 3 paramètres témoins choisis dans l'analyse proposée, ainsi que les particularités des données de débits moyens journaliers réels et de la gestion en week-end (Fig.5), avec des constatations similaires pour les années suivantes.

Le calcul des paramètres de la corrélation multiple entre d'une part la température moyenne journalière maximale annuelle à Tricastin amont et d'autre part les variables explicatives que sont la température moyenne journalière maximale annuelle de l'air à Montélimar et le débit moyen minimum de masse d'eau (apports dans le Rhône à Pt de Viviers) d'après 30 années d'observations, définit la relation suivante :

$Te_{Triam} = \{0,2 Ta_{Mont} - 0,005Q_{min} + 22\} + e$  ( $e$  est l'écart entre observation et calcul pour chaque année de 1977 à 2006) voir Fig.9,

Le coefficient de corrélation multiple est  $R = 0,948$ , c'est à dire que la relation multilinéaire figurant entre accolades explique 90% de la variance de la température extrême annuelle de l'eau à Tricastin amont, et de ce fait l'intervalle d'incertitude à 80% affectant les valeurs ainsi estimées est de  $\pm 0,7^\circ\text{C}$  (Fig.9); on obtient un résultat comparable pour Cruas.

Le coefficient de corrélation partielle entre température extrême annuelle de l'air et température extrême annuelle de l'eau, à influence constante du débit moyen minimum, est de  $0,42$  (significativement  $\neq 0$ ): la température max annuelle de l'eau croît en moyenne avec la température max annuelle de l'air.

Le coefficient de corrélation partielle entre débit moyen minimum et température extrême annuelle de l'eau, à influence constante de la température extrême de l'air, est cependant prépondérant avec une valeur négative de  $-0,93$ : plus le débit moyen minimum est élevé et moins la température maximale de l'eau sera importante.

#### 4. Conclusions

*Les résultats obtenus après cette analyse encore imparfaite, (optimisation du débit moyen minimum de masse d'eau avec les incertitudes et disparités associées aux mesures de débits, et, de la durée 1j,2j... ? de température max an de l'air) seront peu modifiés du fait de leur robustesse .*

*La première conclusion est relative aux tendances linéaires ou non tendances établies sur 3 décennies ,une fenêtre temporelle limitée : il n'est pas justifié de les extrapoler dans les années futures, compte de l'état actuel de nos connaissances climatiques.*

*La seconde conclusion est la mise en évidence de la prépondérance du rôle physique de la masse d'eau (nécessité d'un débit moyen du Rhône suffisant pendant plusieurs jours) dans la régulation de la température maximale annuelle de l'eau pendant la brève période des températures extrêmes maximales annuelles en réduisant fortement leur influence sur l'échauffement de l'eau du fleuve.*

*Ainsi , ne pouvant espérer une action humaine sur une température élevée de l'air prévue avec petite anticipation à court terme , on peut cependant espérer agir par anticipation de quelques jours en évitant des baisses préjudiciables du débit moyen(plusieurs jours) minimum en été .*

*L'idéal serait de pouvoir mettre à contribution le Lac Léman par des lachures dans le haut Rhône (bénéficiant à l'ensemble du corridor Rhône) ciblées en volume, en durée, et pendant une période(saison été partielle) bien définie.*

*Cette action serait sans doute envisageable sur la base d' une Convention de gestion de l'eau entre la SUISSE et la FRANCE , dont la négociation respecterait les intérêts de chaque pays ,en prenant en compte les apports directs ou dérivés dans le Lac Léman ,provenant des bassins versants situés en territoire métropolitain ?*

*Daniel Duband (CS/CB R-M)  
(Avril 2007)*

# Position géographique des stations hydrobiologiques

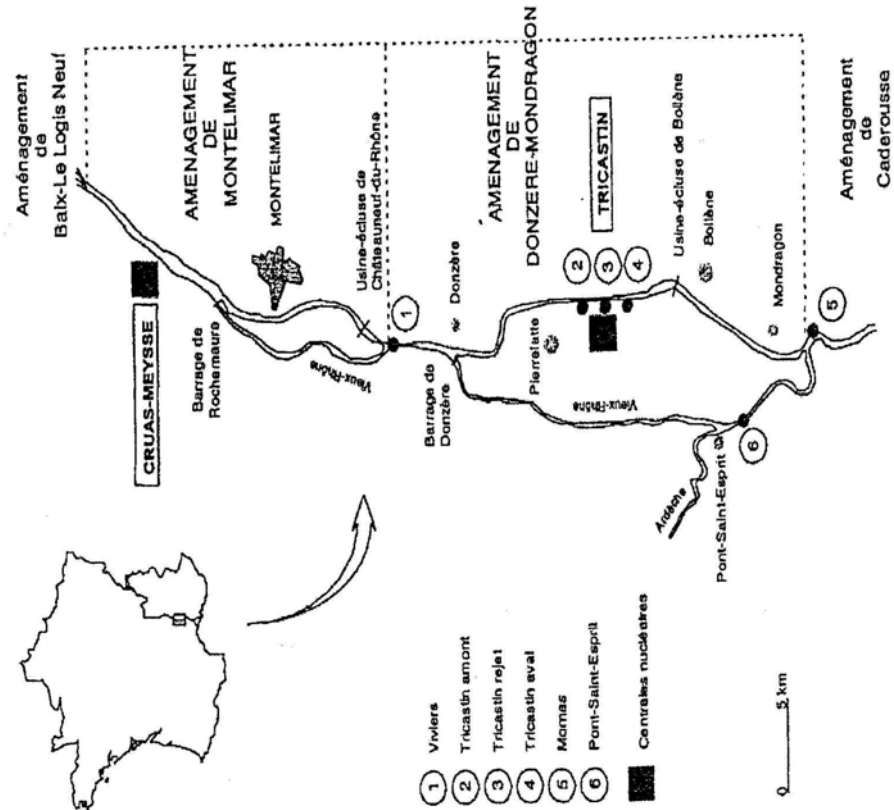


Fig. 1

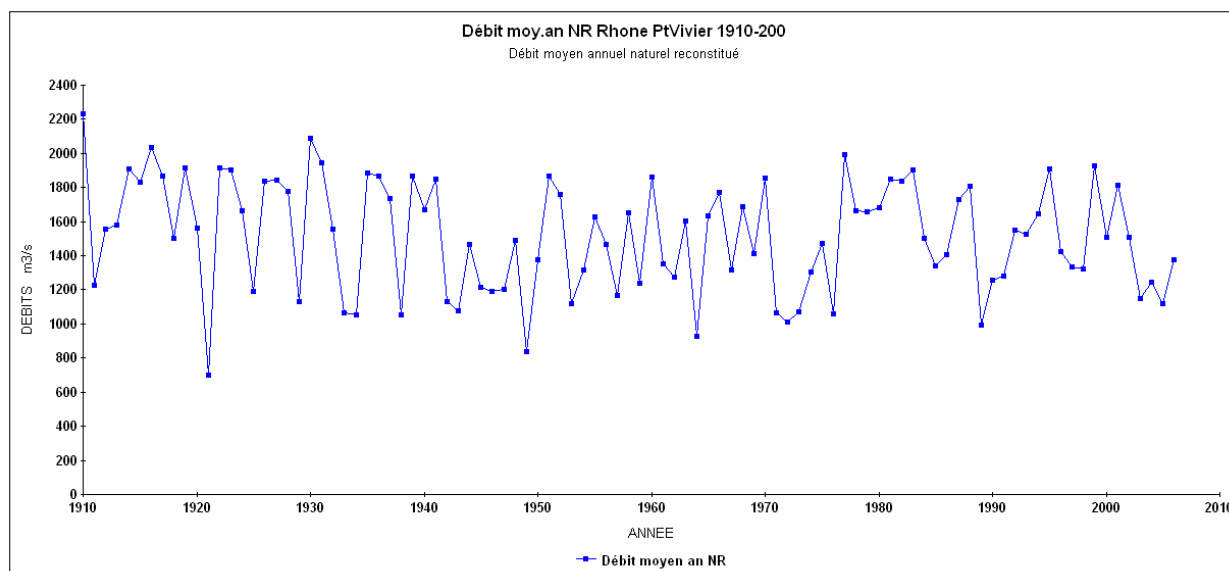


Figure 2

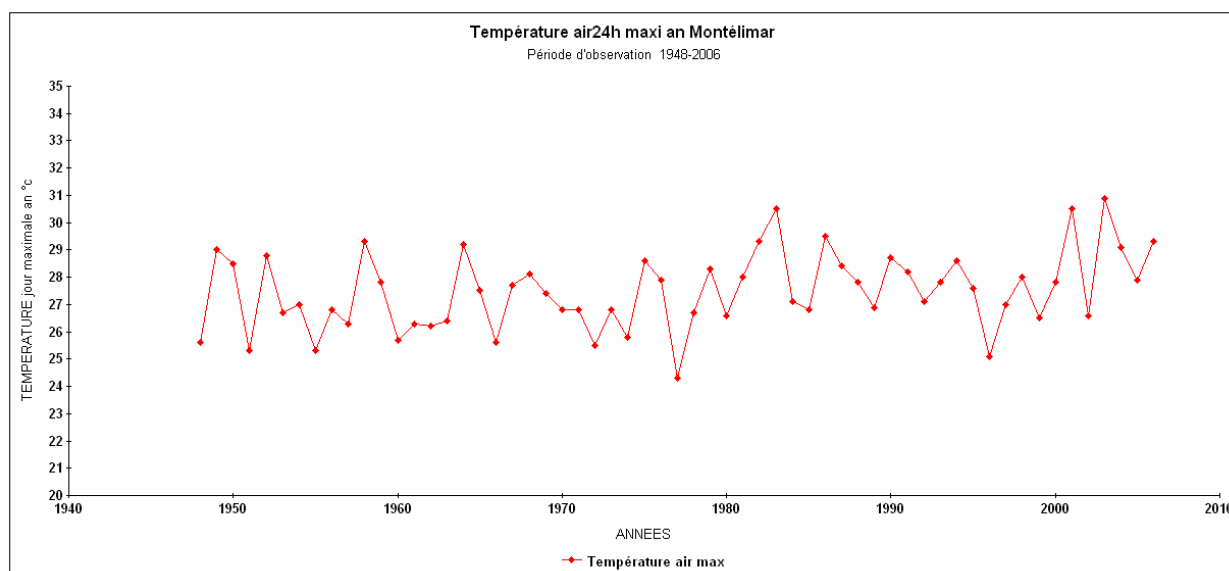
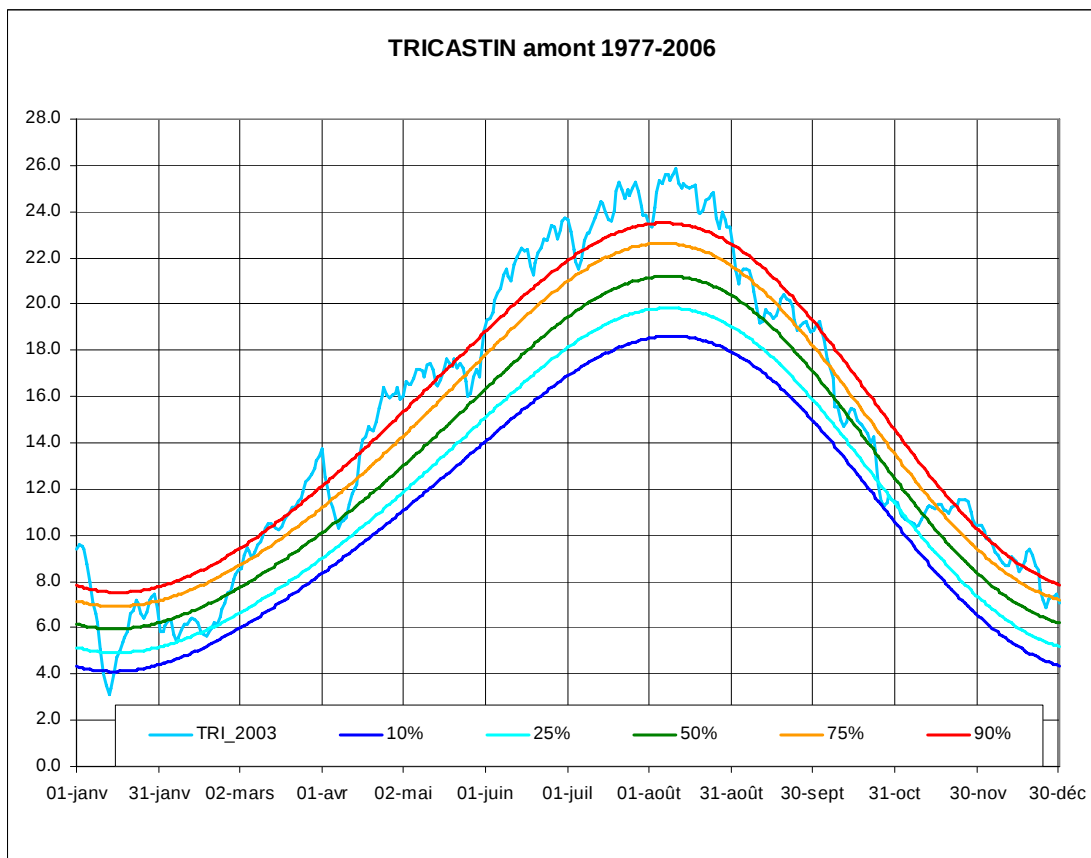
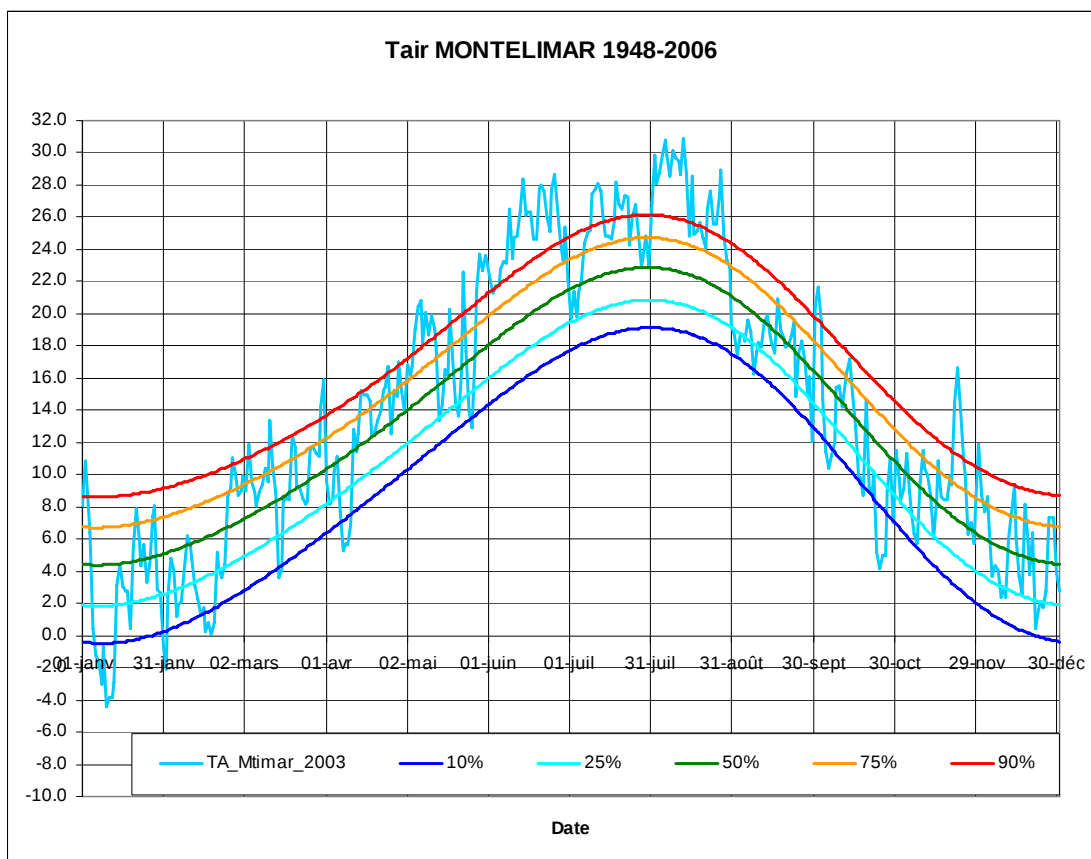


Figure 3



Figures 4

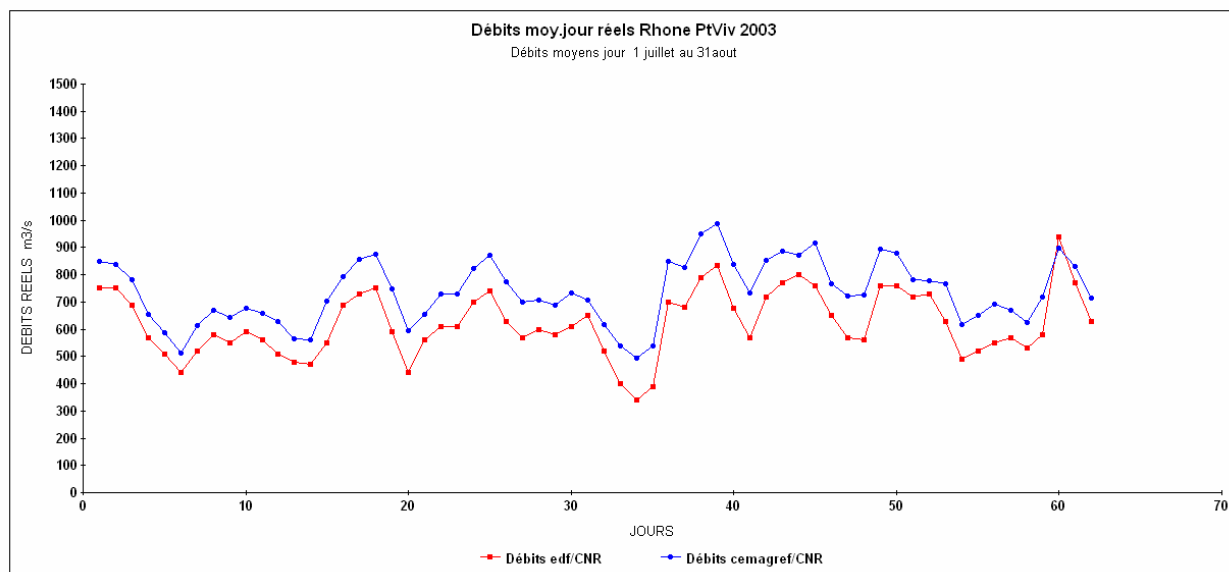


Figure 5

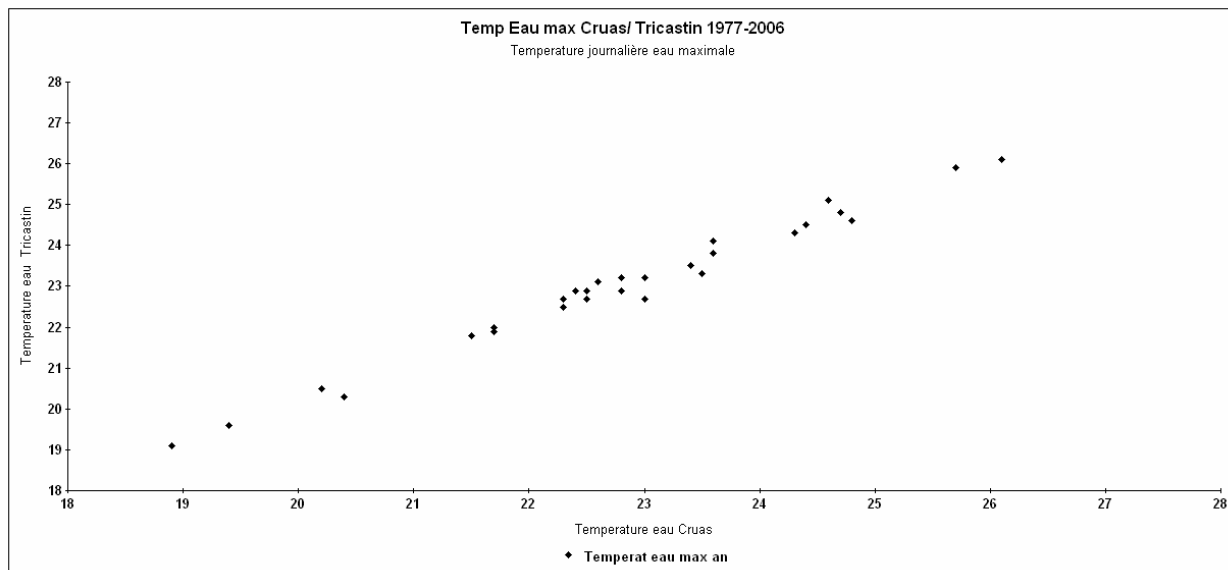


Figure 6

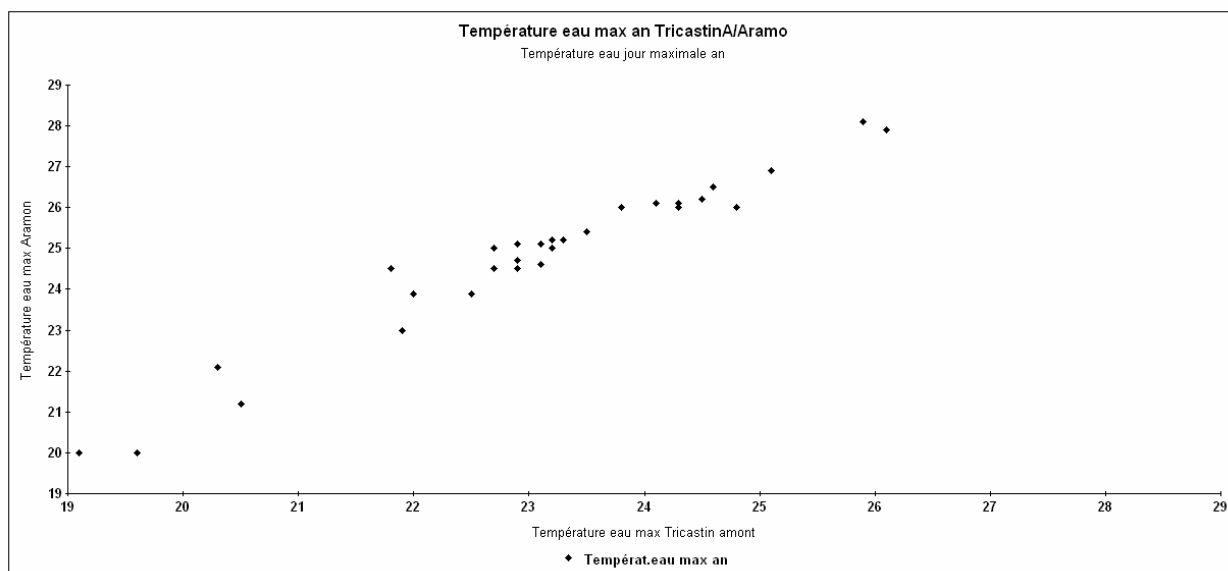
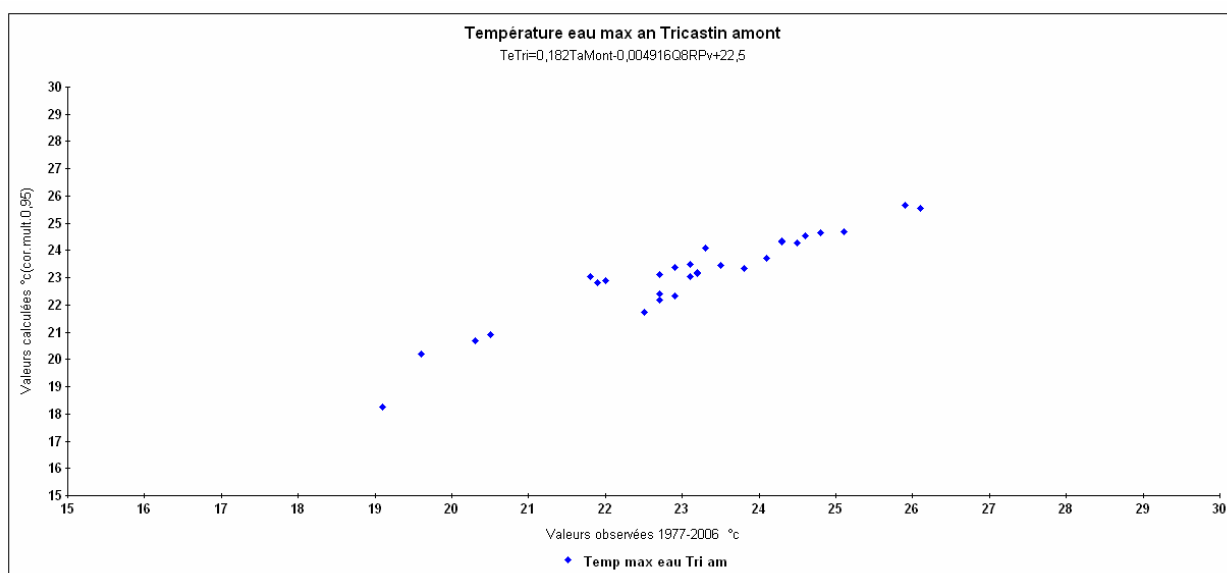
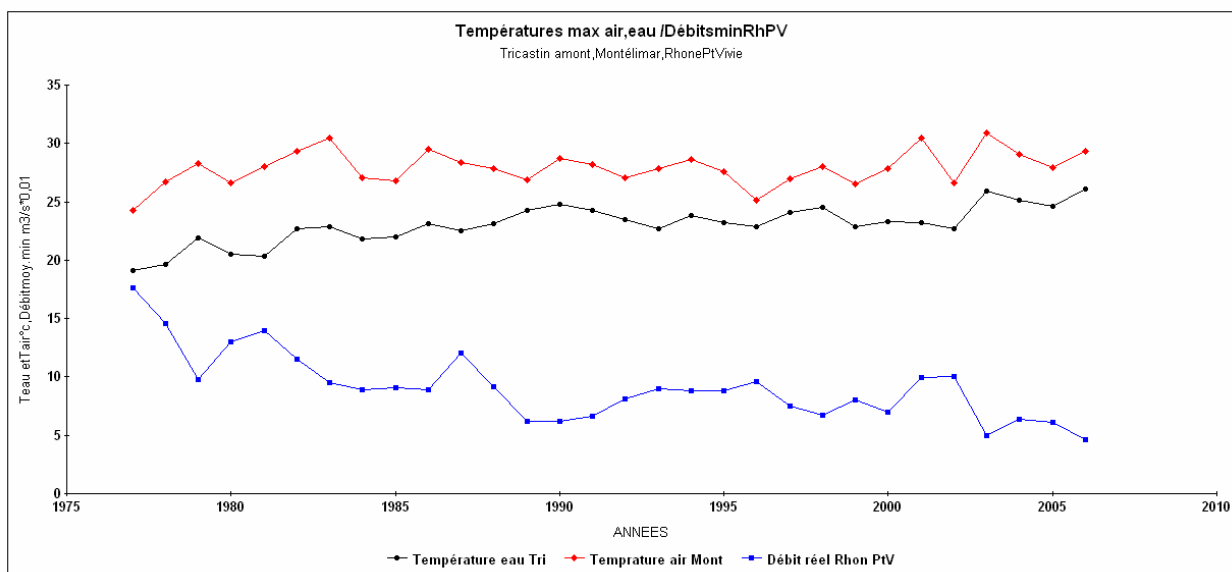


Figure 7



Figures 8 et 9

*Annexe complémentaire à la note technique du GT concernant les aspects physiques de la saisine du CS du Comité de Bassin Rhône Méditerranée pour les rejets thermiques du CNPE Tricastin.*

La **figure 10** met en évidence l'évolution chronologique du débits moyen du Rhône à Pont de Viviers de 1910 à 2006. On notera que, de 1996 à 2006, il s'agit de débits réels disponibles mais inférieurs aux débits naturels (les débits naturels reconstitués de 1910 à 1995 par EDF ne sont plus reconstitués dans les années récentes, gestion Cnr) .

Les compléments graphiques représentés ci-après mettent bien en évidence la nécessité de s'appuyer sur les plus longues séries historiques de température de l'air connues pour identifier des séquence de référence dans le passé et mieux modéliser la reconstitution de scénarios de températures de l'eau, d'après les températures de l'air et des valeurs de débits, mais également d'observer des séquences de tendances soit à la hausse soit à la baisse .

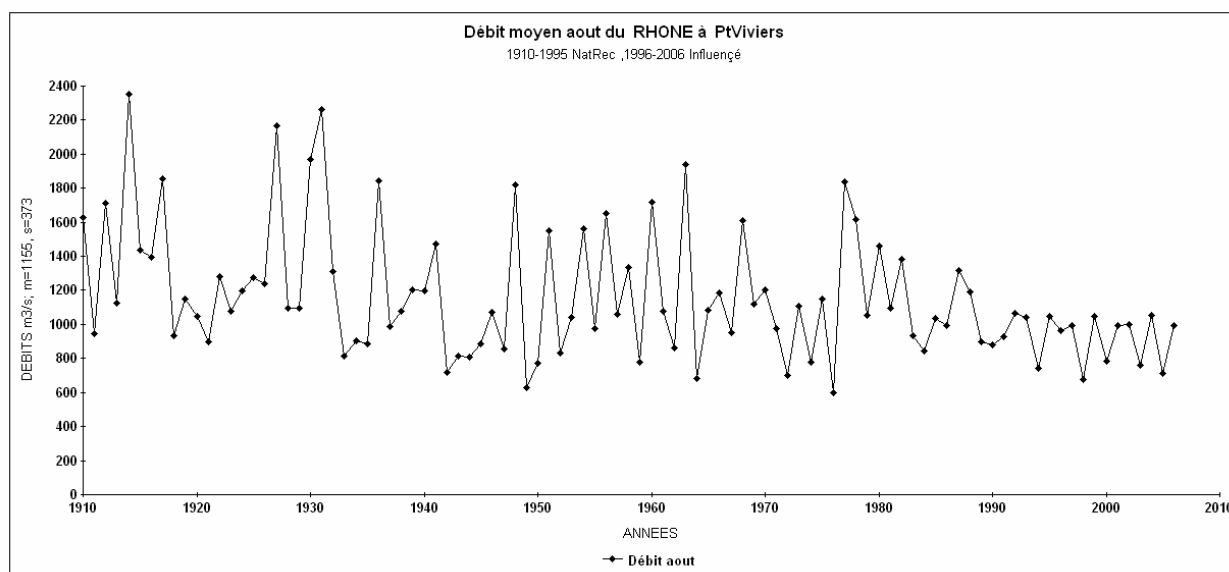
La température de l'air observée à Montélimar sert de référence proche pour la compréhension simplifiée de la température de l'eau du Rhône à l'amont de Tricastin (et Cruas) avec la forte incidence du débit de masse d'eau du Rhône à Pt de Viviers.

La corrélation élevée entre les températures mensuelles de juillet et d'août observées à Montélimar (1948 –2006), à l'observatoire Saint Genis-Laval - ouest de Bron (1881-2006) et à Genève (1755-2000) pendant les périodes communes (**Fig.11,12,13,14**) montre la cohérence étroite de évolutions en été depuis 250 ans.

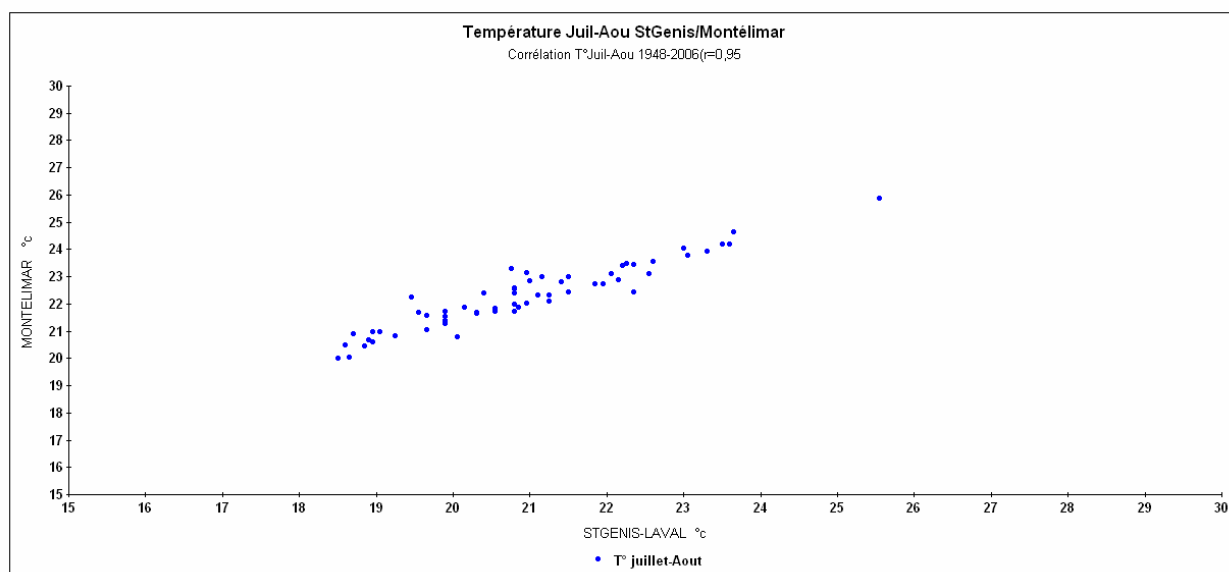
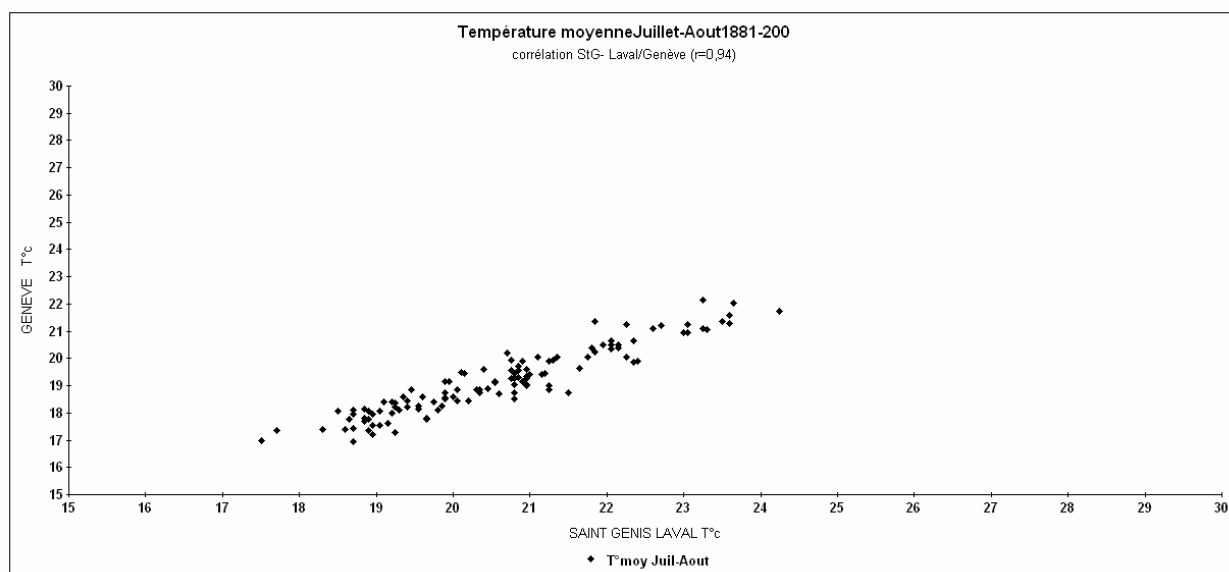
On observe qu'il n'y a pas jusqu'en 2006 de tendance lourde significative **en été** (Ce qui ne préjuge pas du futur (cf **Fig.15,16,17,18,19**).

Par contre, en traitant les très longues séries historiques suisses de températures moyennes mensuelles (Genève, Bale, Grand Saint Bernard ) on observe qu'il y a une tendance significative à la hausse depuis 1900-1910 succédant à une tendance à la baisse située entre 1755 et 1900 pendant certains mois d'automne et d'hiver (mais pas printemps et été) que l'on va retrouver dans les séries de température moyenne annuelle :il faut donc être attentifs et nuancés dans nos interprétations sur les séries courtes et très longues en fonction des saisons.

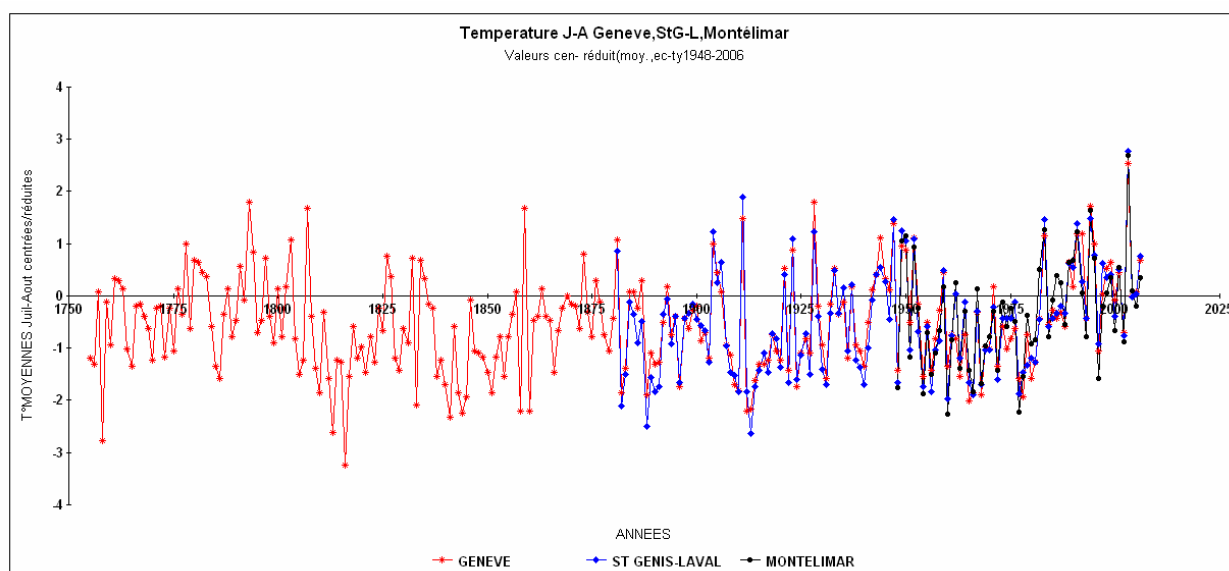
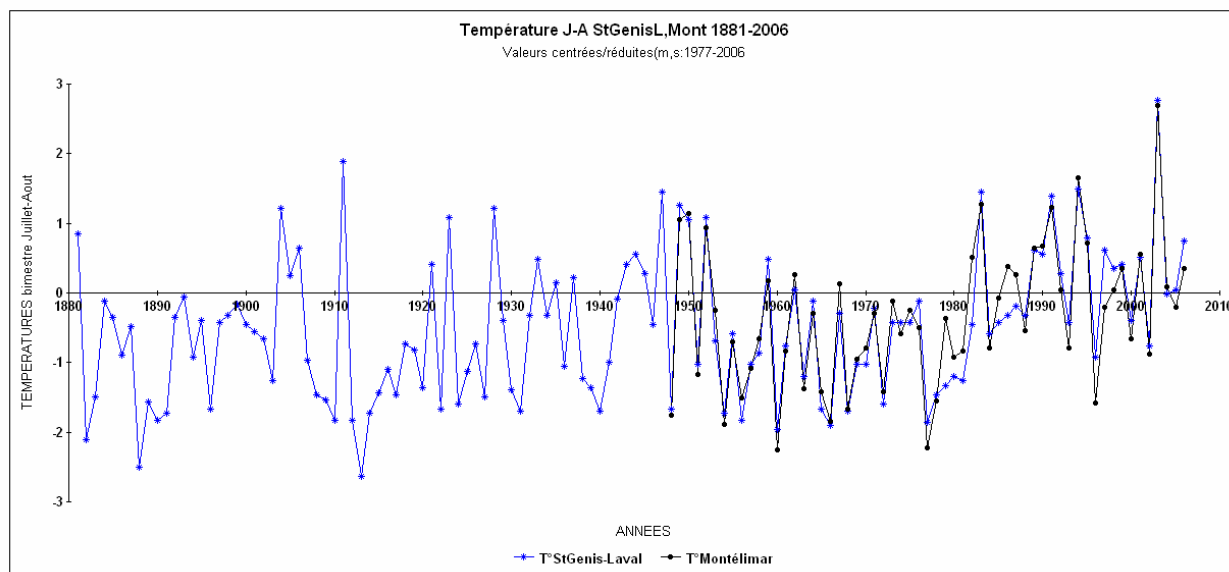
**Figure 10**



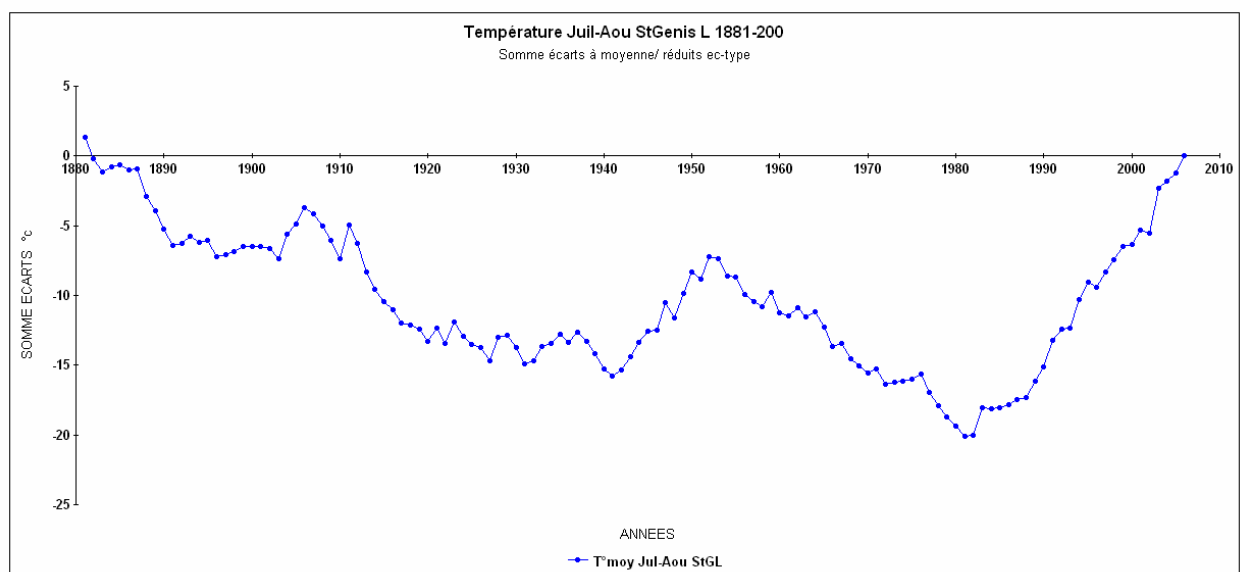
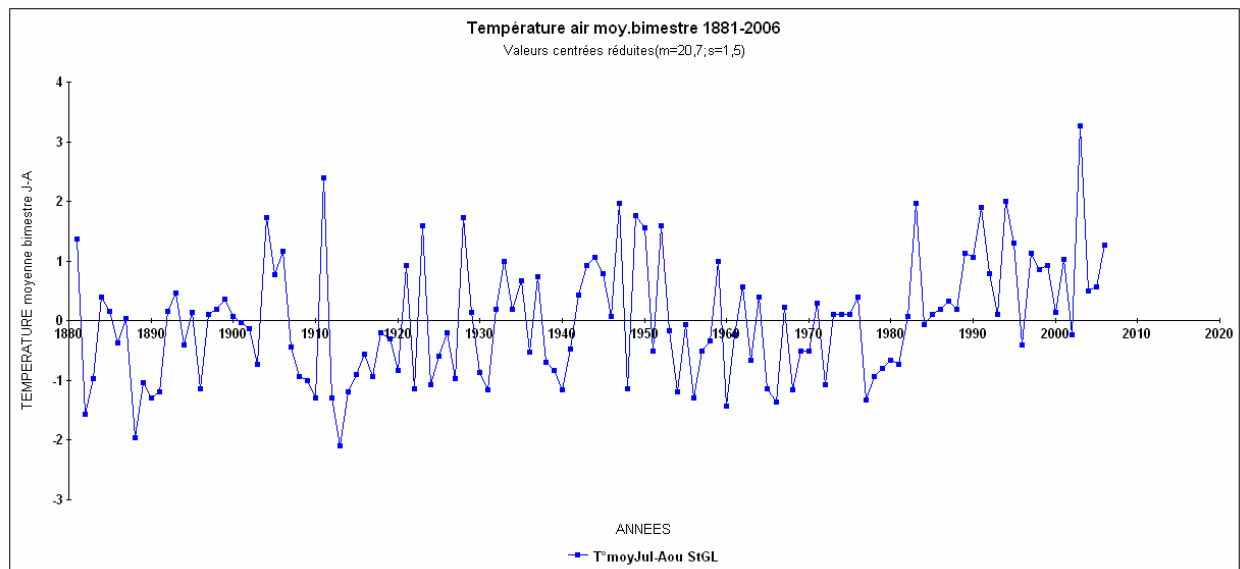
## Figures 11 et 12



## Figures 13 et 14



## Figures 15 et 16



Figures 17, 18, 19

