

Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 – Rapport d'étape (1/3)

ESTIMATION DE LA SURMORTALITE ET PRINCIPALES CARACTERISTIQUES EPIDEMIOLOGIQUES

Denis HÉMON

Directeur de Recherche - INSERM
Directeur INSERM-U170-IFR69

Eric JOUGLA

Ingénieur de recherche - INSERM
Directeur INSERM-CépiDc-IFR69

Rapport remis au Ministre de la Santé des Affaires Sociales
et des Personnes Handicapées le 25 septembre 2003

Inserm



Institut national
de la santé et de la recherche médicale

AVANT-PROPOS

Au cours de la première quinzaine d'août 2003, la France métropolitaine a connu une vague de chaleur d'une durée et d'une intensité exceptionnelles. La survenue de celle-ci a très vite été suivie de nombreux appels aux services d'intervention en urgence : sapeurs pompiers, SAMU, SOS Médecins, Services d'urgence des établissements de soins. Des informations ont dès lors afflué en provenance de différentes sources, nombre de décès relevés par les brigades de sapeurs pompiers, à l'Assistance Publique-Hôpitaux de Paris et aux Hospices Civils de Lyon, nombre d'inhumations réalisées par les Pompes Funèbres Générales, montrant, sans ambiguïté, qu'une élévation brutale et majeure de la fréquence des décès accompagnait cette vague de chaleur exceptionnelle.

C'est dans ce contexte que le Ministre de la Santé, des Affaires Sociales et des Personnes Handicapées nous a chargés, le 20 août 2003, d'une mission comportant trois étapes :

- dans un délai d'un mois, déterminer de façon précise l'ampleur et les principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité liée la canicule d'août 2003,
- dans un second temps, en analyser de façon approfondie les déterminants en mettant en œuvre les enquêtes spécifiques et recherches nécessaires,
- dans un troisième temps, faire des propositions sur les systèmes d'alerte et d'information permettant à l'avenir d'en prévoir l'éventuelle survenue et d'en prévenir les effets néfastes sur la santé et la sécurité.

Le document présenté ici est la réponse fournie à la première étape de cette mission.

Le 24 Septembre 2003,
Denis Hémon et Eric Jouglà

AVERTISSEMENT

Ce rapport a été réalisé dans un délai de temps extrêmement bref :

- l'établissement, la transmission, la centralisation, le recoupement, la validation, des informations relatives aux plus de 56 000 décès qui s'avèrent être survenus en août 2003 dans les plus de 36 000 communes de France métropolitaine ont été réalisés dans des conditions de rapidité exceptionnelles. En effet, les fichiers validés et pouvant être considérés comme exhaustifs ont pu être constitués à l'INSERM le 17 septembre 2003 à partir des informations provenant de trois sources l'INSERM, l'INSEE et l'InVS, c'est à dire dans un délai très bref d'une quinzaine de jours après la fin du mois d'août,
- les auteurs de ce rapport et leurs services de recherche, l'INSERM-U170-IFR69 et l'INSERM-CépiDc-IFR69, n'ont disposé que d'un temps très court, 8 jours exactement du 17 au 25 septembre, pour mettre en œuvre sur la base d'un fichier complet et validé les analyses statistiques indispensables à la description épidémiologique précise de la surmortalité d'août 2003, alors que ce fichier avait inévitablement et constamment évolué du 21 août au 17 septembre.

Comme pour tout travail épidémiologique rigoureux, de très nombreuses vérifications, recoupements, corrections, validations ont été mises en œuvre à chaque étape des calculs statistiques, de la préparation et de la présentation de leurs résultats.

Compte tenu du temps imparti pour la réalisation de ces étapes indispensables, on ne peut cependant pas totalement exclure :

- que des mises à jours ultérieures pourront faire légèrement évoluer certaines des données qui apparaissent dans ce rapport,
- que des coquilles de rédaction et de tabulation peuvent avoir échappé aux vérifications.

Il n'en reste pas moins qu'aucune des conclusions qualitatives et quantitatives de ce travail ne nous semble devoir être ultérieurement remise en cause compte tenu du très important travail de validation qui a été réalisé.

RESUME

Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 – Rapport d'étape (1/3) : Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques - Denis HÉMON (Directeur INSERM-U170-IFR69) et Eric JOUGLA (Directeur INSERM- CépiDc-IFR69) - INSERM, le 25 septembre 2003

La France métropolitaine a connu dans la première quinzaine d'août 2003 une vague de chaleur d'une intensité et d'une durée sans précédent depuis le début des enregistrements météorologiques au 19^{ème} siècle. Cette vague de chaleur s'est accompagnée d'une vague de surmortalité à court terme d'une importance également exceptionnelle : pour la seule journée du 4 août, près de 300 décès ont été observés en excès par rapport aux années précédentes ; l'excès a augmenté régulièrement et massivement jusqu'à atteindre, pour la journée du 12 août plus de 2 000 décès. A partir du 19 août et au cours de la semaine qui a suivi la mortalité quotidienne a retrouvé un niveau normal. Au total, le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 400 le 4 août, 3 900 le 8 août, 10 600 le 12 août et 14 800 le 20 août, soit une augmentation de 60% par rapport à la mortalité attendue.

Sur la base des informations disponibles à cette étape, il est encore difficile de savoir s'il y a eu une augmentation de la mortalité des sujets de moins de 45 ans, l'estimation étant plus incertaine sur ces effectifs faibles. La surmortalité observée à partir de 45 ans est importante, croissante avec l'âge : +20% chez les sujets âgés de 45 à 54 ans, +40% chez les sujets âgés de 55 à 74 ans, +70% chez les sujets âgés de 75 à 94 ans et +120 % chez les sujets de 95 ans et plus. L'importante surmortalité observée entre le 1^{er} au 20 août 2003 a concerné aussi bien les femmes que les hommes. Toutefois, la surmortalité observée chez les femmes (+70%) est sensiblement plus élevée que celle qui a été observée chez les hommes (+40%).

La surmortalité a été particulièrement importante dans les régions Centre (+103 %) et Ile-de-France (+134 %), notamment dans l'agglomération parisienne : +127% à Paris , +147% dans l'Essonne, + 161% dans les Hauts-de-Seine, +160% en Seine Saint-Denis et +171% dans le Val de Marne.

L'analyse de la relation spatio-temporelle entre la surmortalité et le degré d'élévation de la température a permis de mettre en évidence une surmortalité du 1^{er} au 20 août significative même dans les départements où le nombre de jours de canicule était faible. Cette surmortalité était plus élevée dans les populations des départements exposées à 2 à 5 jours de grande chaleur ce type (+52%) et plus élevée encore dans les populations des départements exposées à 6 jours ou plus de grande chaleur (+83%). Les départements ont subi une surmortalité d'autant plus importante que le nombre de jours consécutifs avec des maximales supérieures à 35°C a été élevé. Ainsi, chez les sujets de 75 ans et plus, plus de 1200 décès ont été observés après 9 jours d'affilée dépassant 35°C. La surmortalité a ensuite décliné progressivement après le retour des maximales au-dessous de 30°C.

Nous avons également montré que les différents facteurs associés à la surmortalité —âge, sexe, degré d'urbanisation, durée de la canicule— agissaient de façon synergique.

Les nombres de décès qui ont eu lieu à domicile et en maison de retraite ont été multipliés environ par 2 par rapport à leur valeur habituelle. Au total, 42% des décès en excès sont survenus dans des hôpitaux, 35% à domicile, 19% dans des maisons de retraite et 3% en clinique privée. L'interprétation de ces résultats doit être faite avec prudence dans la mesure où l'état de santé des sujets résidant ou transférés dans les différentes structures de soins varie et que ce facteur est déterminant pour expliquer le niveau de mortalité.

Les augmentations de mortalité les plus importantes sont observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur : déshydratation, hyperthermie, canicule. Viennent ensuite les maladies de l'appareil génito-urinaire et les maladies de l'appareil respiratoire. La plupart des autres causes de décès sont concernées par la surmortalité mais avec des progressions nettement moins marquées pour les tumeurs, pour les suicides et pour les accidents de la circulation. La canicule a fortement modifié la répartition habituelle de la mortalité par causes. Dans les décès en excès de 2003, les causes liées directement à la canicule représentent 28,9% du total des décès, proportion négligeable les années précédentes, alors que les tumeurs représentent 5,5% des décès, contre 30,4% dans la structure habituelle de la mortalité.

PLAN DU RAPPORT

I.	CONTEXTE, OBJECTIFS ET APPROCHE GÉNÉRALE	9
II.	METHODES	11
II.1	Le certificat de décès : circuit, traitement et analyse	11
•	Le certificat médical de décès	12
•	La codification des décès	13
•	Le lieu de décès	13
II.2	Evaluation de l'exhaustivité des informations recueillies sur les décès d'août 2003	14
•	Les sources de données	14
•	Comparaison des informations fournies par les sources INSERM et INSEE	15
•	Comparaison des dénombrements de décès obtenus à partir des trois sources INSERM, INSEE et InVS	16
•	Conclusion	21
II.3	Etablissement des valeurs de référence : MORTALITE "ATTENDUE" EN AOÛT 2003	21
•	Méthode "A" : Comparaison aux nombres de décès des années 2000, 2001 et 2002	21
•	Méthode "B" : Prise en compte des taux de mortalité de 2000-2002 et de l'estimation de population 2003	22
•	Méthode "C" : Modélisation de l'évolution de la mortalité au cours des dix dernières années	22
•	Comparaison des trois méthodes	23
•	Conclusion	25
II.4	Causes médicales de décès	26
II.5	Informations météorologiques	26
II.6	DEGRE D'URBANISATION	27
III.	RESULTATS	28
III.1	Chronologie de la mortalité observée et estimation de la surmortalité à court terme	28
III.2	Surmortalité selon l'âge et le sexe	30
III.3	Disparités géographiques	32
III.4	Relations temporelles et spatiales entre exposition à la chaleur et surmortalité	33
III.5	Facteurs modulant la surmortalité liée à la vague de chaleur	40
•	Surmortalité en fonction du nombre de jours "de grande chaleur"	40
•	Surmortalité en fonction du degré d'urbanisation	40
•	Surmortalité et âge, sexe, degré d'urbanisation et nombre de jours de "grande chaleur"	41
III.6	Lieu de décès	42
III.7	Causes médicales de décès	44
IV.	DISCUSSION	49
IV.1	Synthèse des résultats	49
IV.2	Cadrage des résultats par rapport aux observations épidémiologiques faites sur d'autres vagues de chaleur	51
V.	CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS ET PROCHAINES ETAPES	54
V.1	Conclusions	54
V.2	Recommandations et perspectives	56
VI.	REFERENCES	59
VI.1	Rapports	59
VI.2	Articles scientifiques	59

REMERCIEMENTS

Les éléments présentés dans ce rapport n'engagent que la responsabilité de ses auteurs.

Pour autant, l'obtention des informations sur lesquelles s'est fondé leur travail a largement mis à contribution quatre institutions :

- l'INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale),
- l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques),
- l'InVS (Institut de Veille Sanitaire),
- METEO-FRANCE.

Par ailleurs, la totalité du traitement de ces informations a été mise œuvre par les personnels de deux services de l'INSERM : l'U170-IFR69 et le CépiDc-IFR69.

Nous tenons ici à remercier vivement tous nos interlocuteurs au sein de l'ensemble de ces institutions et services et, au delà de ces contacts directs, tous les personnels de ces services qui ont été largement sollicités. Nos interlocuteurs se sont tous impliqués dès le 21 août dans l'important surcroît de travail nécessité par la mise en œuvre rigoureuse et complète de la première partie de la mission qui nous avait été confiée-

• Au sein de l'INSERM

Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès - INSERM-CépiDc-IFR69

Françoise LAURENT, Gérard PAVILLON, Chantal JACQUART, Hassina LEFEVRE, Martine BOVET, Françoise PEQUIGNOT, Alain Le TOULLEC, Mireille PAUCHARD ainsi que l'ensemble du personnel du CépiDc qui a participé à la préparation, au codage et au traitement des données.

Unité de recherches épidémiologiques et statistiques sur l'environnement et la santé - INSERM-U170-IFR69

Stéphanie BELLEC, Jacqueline CLAVEL, Chantal GUIHENNEUC-JOUYAUX (Faculté de Médecine - Paris V), Virginie LASSERRE (Faculté de Pharmacie – Paris V)

Information Scientifique et technique – INSERM-DISC

Nicole PINHAS, Dominique DOUGUET

• Au sein de l'INSEE

Département de Démographie

Guy DESPLANQUES, Catherine BEAUME, François CLANCHE, Richard MERLEN, David MORINEAU, Lionel DOISNEAU

• Au sein de l'InVS

Direction Générale

Giles BRUCKER, Martial METTENDORF

Département Santé Environnement

Martine LEDRANS, Alain LETERTRE, Sylvia MEDINA

• Au sein de METEO-FRANCE

Directeur Général Adjoint, Chargé des affaires internationales et des missions institutionnelles : Philippe COURTIER

Direction Inter-régionale Ile-de-France - Centre, Division Climatologie : Bruno RAMBALDELLI

Direction de la climatologie : Nicole BOURDETTE

Direction de la prévision : Jacques MANACH

I. CONTEXTE, OBJECTIFS ET APPROCHE GÉNÉRALE

Au cours de la première moitié d'août 2003 (METEO-FRANCE, 28 août 2003), la France métropolitaine a connu une vague de chaleur exceptionnelle par sa durée (près de deux semaines) et par son intensité. Les records absolus de température maximale ont été dépassés au cours des douze premiers jours d'août 2003 dans plus de 70 des stations météorologiques de METEO-FRANCE, sur un ensemble de 180 stations qui constituent un échantillon représentatif des villes françaises.

A partir du 4 août, des températures supérieures à 35°C ont été observées dans les deux tiers de ces stations, sur l'ensemble des régions françaises. Des températures supérieures à 40°C ont été observées dans 15% des stations, y compris en Bretagne, ce qui n'était encore jamais arrivé depuis le début de l'enregistrement des températures à Paris au 19^{ème} siècle.

La chronologie des températures maximales moyennées sur l'ensemble des stations de METEO-FRANCE représentatives des villes françaises métropolitaines met en évidence :

- une montée progressive des températures maximales entre le 1^{er} et le 5 août d'une valeur proche de la normale (24,8°C) jusqu'à une valeur de 37°C,
- un maintien de ces températures entre 36°C et 37°C jusqu'au 13 août,
- une régression rapide dans les jours suivants (28°C environ le 16 août).

Le nombre de jours où les températures ont dépassé les 35°C est lui aussi exceptionnel tant par son importance que par l'étendue géographique concernée.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, il est devenu progressivement évident que cette vague de chaleur exceptionnelle était accompagnée d'une surmortalité à court terme elle aussi exceptionnelle.

Pour quantifier l'importance de cette surmortalité et en cerner les principales caractéristiques épidémiologiques, nous avons cherché à répondre aux questions suivantes :

- (1) Comment s'est développée, sur le plan chronologique, la surmortalité d'août 2003 et quelle a été son importance numérique ?
- (2) Comment s'est répartie cette surmortalité en fonction de l'âge ? A-t-elle atteint de façon différente les femmes et les hommes ?
- (3) Comment s'est répartie, sur un plan géographique, la vague de chaleur d'août 2003 et la

surmortalité qui l'a accompagnée ? Quelle a été la relation temporelle entre la survenue puis le maintien de la vague de chaleur et le développement de la surmortalité ?

(4) Dans quels lieux se sont produits les décès d'août 2003 : domicile, maison de retraite, établissements de soins ... ?

(5) Quelles ont été les causes médicales de décès les plus concernées par cette surmortalité ?

Des études épidémiologiques portant sur la surmortalité à court terme qui accompagne les vagues de chaleur ont été réalisées dans le passé dans plusieurs pays (Besancenot, 2002 ; Basu et Samet, 2002). Elles ont permis d'établir que l'accroissement brutal de mortalité qui accompagne ces vagues de chaleur ne se limite pas aux seuls décès déclarés comme directement liés à l'exposition à une chaleur excessive (hyperthermie, coup de chaleur, déshydratation), mais peut concerner une large variété de causes médicales de décès.

Aussi, pour estimer la surmortalité liée à la vague de chaleur d'août 2003 et en cerner les principales caractéristiques épidémiologiques, on ne peut se limiter au dénombrement des seuls décès qui sont répertoriés comme directement liés à l'exposition excessive à la chaleur.

Nous avons donc adopté une approche comparative, classique en épidémiologie, en rapprochant les observations faites sur l'ensemble des décès d'août 2003 aux observations similaires réalisées au cours des années récentes, dans notre pays, pendant les périodes estivales.

II. METHODES

L'approche adoptée a été fondée sur le rapprochement de trois éléments :

(1) Le dénombrement des décès survenus au cours du mois d'août 2003 et le recueil d'informations sur chacun d'entre eux.

Ce dénombrement doit être exhaustif, sans doublon et accompagné du recueil et de la saisie informatique d'informations fiables, notamment sur la date et la commune de décès, sur l'âge et le sexe des personnes décédées et sur le lieu du décès (domicile, maison de retraite, établissement de soins, ...).

(2) L'établissement d'une "valeur de référence" de la mortalité, fondée sur les dénombrements de décès observés en période estivale, en France métropolitaine, au cours des années récentes et sur les informations recueillies pour chacun d'entre eux.

(3) La mise en regard du développement temporel et spatial de la vague de chaleur d'août, appréciée à partir d'observations météorologiques et de la surmortalité observée au cours de la même période.

II.1 LE CERTIFICAT DE DECES : CIRCUIT, TRAITEMENT ET ANALYSE

Depuis 1968, date de la répartition de la responsabilité du suivi de la déclaration des décès entre l'INSEE et l'INSERM, la circulation des documents relatifs à la certification des décès se déroule selon le schéma suivant :

Le médecin ayant constaté le décès remplit les deux parties du certificat et clôt la partie médicale (partie inférieure). Le certificat est transmis à la mairie. La mairie rédige alors deux documents, l'avis 7 bis et le bulletin 7 :

- l'avis 7 bis comporte le nom de la personne décédée et les informations d'état civil qui permettront à l'INSEE de mettre à jour le Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques (RNIPP),
- le bulletin 7 comprend les mêmes informations individuelles sur la personne décédée mais sans le nom.

La mairie envoie l'avis 7 bis à l'INSEE et le bulletin 7, accompagné de la partie inférieure du certificat (causes médicales de décès) toujours close, à la DDASS du département. Le médecin de la DDASS ouvre le certificat et prend connaissance des causes du décès. Le certificat est ensuite transmis à l'INSERM, toujours accompagné du bulletin 7. En parallèle à cette procédure, en cas de mort suspecte, le corps est envoyé dans un Institut médico-légal qui rédige le certificat médical de décès définitif.

Ce circuit relativement complexe a pour objectif de garantir la confidentialité des causes de décès : l'INSEE code les données d'état civil sans connaître les causes médicales de décès et l'INSERM code les causes médicales de décès sans connaître l'identité de la personne décédée.

A la fin du travail de codage, les données socio-démographiques codées par l'INSEE et les données médicales codées par l'INSERM sont fusionnées dans un seul fichier contenant à la fois des données d'état civil non nominatives et les causes médicales de décès. C'est ce fichier « définitif » qui est utilisé par la suite pour produire les statistiques de mortalité. L'INSERM et l'INSEE appliquent chacun leurs méthodes pour garantir la qualité et la complétude de leurs données propres, mais la fusion finale permet une vérification supplémentaire de la qualité des données (par exemple, vérification du sexe et de l'âge pour certaines causes de décès) et de leur complétude.

L'ensemble du processus de production des données annuelles, comprenant le codage des causes médicales de décès d'environ 550 000 décès chaque année, prend plusieurs mois.

- **Le certificat médical de décès**

La partie médicale du certificat français est conforme au modèle international préconisé par l'OMS dans la Classification Internationale des Maladies. Elle comprend elle-même deux parties :

- La partie 1 comporte 4 lignes qui permettent au médecin de décrire l'enchaînement causal des maladies qui ont directement conduit à la mort, de la cause immédiate rapportée sur la première ligne à la cause initiale mentionnée sur la dernière ligne remplie.
- La partie 2 permet de notifier les autres états morbides qui ont pu contribuer au décès.

La cause initiale de décès est définie par l'OMS comme a) la maladie ou le traumatisme qui a déclenché l'évolution morbide conduisant directement au décès, ou b) les circonstances de l'accident ou de la violence qui ont entraîné le traumatisme mortel. La cause initiale est donc la cause sur laquelle il faut agir pour prévenir le décès. C'est cette cause qui est utilisée pour présenter les

statistiques médicales de mortalité. Cependant toutes les autres causes mentionnées sur le certificat peuvent être utilisées pour des analyses en causes multiples.

- **La codification des décès**

La codification des décès comporte deux tâches distinctes et successives :

- l'attribution d'un code à chaque maladie, traumatisme ou cause externe de décès mentionné sur le certificat,
- la sélection et la codification de la cause initiale de décès.

La codification détermine largement la qualité et la comparabilité internationale des données produites. La Classification Internationale des Maladies (CIM) définit les codes, les règles et les directives permettant de mener ces tâches à bien. Le travail des codeurs en mortalité (nosologistes) nécessite une connaissance parfaite de la CIM ainsi qu'une grande expérience des pathologies et de leur enchaînement causal mentionné sur les certificats de décès. On observe cependant des différences de codage importantes entre les codeurs, que ce soit au niveau national ou entre les pays. C'est pour cette raison que de plus en plus de pays optent pour les systèmes de codage automatiques. Ces systèmes facilitent beaucoup la mise en œuvre de la CIM dont la précision et donc la complexité augmentent sans cesse. Dans ce contexte, le CépiDc de l'INSERM a développé un système d'information sur les causes médicales de décès avec un programme de codage automatique compatible avec la CIM et avec les systèmes de codages utilisés par la plupart des autres pays.

Si les systèmes de codage automatique facilitent le travail des nosologistes, leurs compétences sont toujours nécessaires pour traiter les cas complexes (certification non consistante, choix d'un code parmi plusieurs relations causales incertaines...). Les nosologistes les plus expérimentés sont également sollicités pour l'analyse des causes de décès, pour la mise à jour de la CIM et pour la formation. Au niveau international, un forum Internet permet la discussion des cas complexes et EUROSTAT financera en 2004 une formation européenne pour les codeurs en mortalité.

- **Le lieu de décès**

Les communes de résidence et d'enregistrement du décès de la personne décédée sont mentionnées sur le certificat médical de décès, sur le bulletin 7 et sur l'avis 7bis. Dans ce premier travail, nous n'avons exploité que l'information disponible sur la commune (et donc le département et la région) où a été enregistré le décès, même si une analyse détaillée pourra dans un second temps prendre en

compte à la fois la commune de résidence habituelle de la personne décédée et la commune où a été enregistré son décès.

Nous avons également utilisé l'information sur le lieu du décès qui figure sur le bulletin 7 et sur l'avis 7 bis depuis 1968. Cette information est renseignée par l'officier d'état civil et comporte sept modalités : domicile, hôpital, clinique privée, maison de retraite, voie publique, autre lieu, inconnu.

II.2 EVALUATION DE L'EXHAUSTIVITE DES INFORMATIONS RECUEILLIES SUR LES DECES D'AOÛT 2003

- **Les sources de données**

Nous avons utilisé trois source de données pour dénombrer les décès survenus en août 2003 : les certificats de décès et les bulletins 7 (source INSERM), les avis 7 bis (source INSEE) et les comptages des DDASS (source InVS). Chacune de ces sources est évidemment construite sur la même base : la survenue d'un décès et son constat par un médecin. Elles empruntent cependant des filières distinctes et véhiculent leurs propres informations.

- **Source INSERM** : Les certificats de décès accompagnés chacun d'un bulletin 7 sont régulièrement transmis par les mairies aux DDASS, puis par les DDASS au CépiDc-INSERM. Cette procédure de transmission a été accélérée dans le contexte de la crise sanitaire du mois d'août par la circulaire nationale du 14 août 2003 du Ministère chargé de la Santé demandant aux DDASS d'envoyer quotidiennement au CépiDc-INSERM les certificats de décès et les bulletins 7 en leur possession. Ces documents sont transmis par voie postale. Le bulletin 7 et le certificat de décès permettent au CépiDc de coder la commune d'enregistrement, la date du décès, le numéro d'acte de l'état civil, la date de naissance, le sexe du décès et les causes médicales de décès.
- **Source INSEE** : Les avis 7 bis sont régulièrement transmis par les mairies à l'INSEE. Un certain nombre de mairies envoient les avis 7 bis informatisés directement par réseau. Ce type de transmission, dite "informatisée" porte sur une fraction estimée par l'INSEE à 64,6 % des décès ("taux d'informatisation des décès") et concerne 781 communes parmi les 36 565 communes métropolitaines. Pour les autres communes, l'INSEE fait saisir manuellement les avis 7 bis sur support informatique. L'INSEE code l'ensemble des informations socio-démographiques présentes sur l'avis 7bis : nationalité, lieu de domicile, lieu de naissance, état matrimonial, lieu de décès, profession ... L'INSEE a également accéléré la transmission de ces

informations au cours des mois d'août et septembre 2003 tant pour la part informatisée de cette transmission que pour la part non informatisée.

- **Source InVS :** Le comptage des décès des mois d'août et septembre a été transmis par les DDASS à l'InVS. Ce comptage a été mis en place par la circulaire du 14 août 2003 demandant à chaque DDASS de transmettre quotidiennement, par courrier électronique, le nombre de décès des jours du mois d'août, en fonction des nouveaux certificats reçus. Cette procédure a permis d'estimer quotidiennement le nombre de décès par département et par jour pour le mois d'août 2003. Elle doit être maintenue au mois de septembre 2003.

La déclaration d'un décès auprès de la mairie est obligatoire pour obtenir le permis d'inhumer. Chaque mairie connaît donc la totalité des décès survenus sur sa commune. Cependant la transmission par la mairie aux DDASS et à l'INSEE des documents relatifs au décès peut être plus ou moins rapide ou complète. Chacune des sources dépend ainsi au premier chef des mairies pour la complétude de ses données. Les sources INSERM et InVS dépendent également des DDASS qui relaient les données provenant des mairies.

Des informations ont été régulièrement échangées avec l'INSEE et l'InVS sur les évolutions de ces trois sources de dénombrement et sur l'évolution de leur cohérence.

Le CépiDc et l'Unité 170 de l'INSERM ont confronté régulièrement les 3 sources afin de contrôler la complétude des informations reçues :

- Les sources INSERM et InVS ont été quotidiennement comparées. Lorsque le nombre de certificats reçus par le CépiDc était inférieur au nombre de certificats déclaré par une DDASS, le CépiDc contrôlait que cette DDASS avait bien envoyé les certificats.
- Les données des sources INSERM et INSEE, ont été régulièrement informatisées et fusionnées afin de mesurer leur convergence. Cette comparaison est particulièrement intéressante pour le contrôle de la complétude des données, puisque les deux sources empruntent des circuits différents au départ de la mairie.

- **Comparaison des informations fournies par les sources INSERM et INSEE**

Le recoupement des sources INSERM et INSEE, pour l'ensemble du mois d'août conduit aux résultats suivants :

- 53 500 décès en commun (95 % du total des décès),
- 1 840 décès (3%) apparaissant dans la seule source INSERM,
- 1 047 décès (2%) apparaissant dans la seule source INSEE,

soit au total 56 387 décès si la réunion de ces deux sources ne comporte aucun doublon.

Nous avons vérifié que les décès uniquement enregistrés par l'INSERM (1 840 décès) et uniquement par l'INSEE (1 047 décès) ne concernaient pas la même personne. L'appariement des décès des deux sources se fait sur la base des données suivantes : commune d'enregistrement, date de naissance, date de décès, sexe et numéro d'acte et d'ordre de l'état civil. En cas d'erreurs sur ces données, les deux enregistrements ne sont pas appariés alors qu'ils concernent le même individu. Cependant la séquence des numéros d'acte de l'état civil, pour une commune donnée, nous a permis de détecter ces doublons par une procédure manuelle qui tient compte du niveau de divergence des données.

La séquence des numéros d'acte permet également de vérifier que les villes ayant les effectifs de décès les plus importants ont bien transmis la totalité des données aux deux sources INSERM et INSEE. En effet, la séquence des numéros d'acte ou d'ordre doit couvrir l'ensemble de la période étudiée.

Après application de ces procédures de vérification, le fichier constitué à partir de la réunion des sources INSERM et INSEE est le plus complet possible. Le seul biais potentiel qui subsiste est celui des communes qui n'auraient pas envoyé dans les délais à la fois les certificats aux DDASS et les Avis 7 bis à l'INSEE.

Afin de contrôler cette source de biais, l'INSEE réalise chaque mois l' « enquête Villes ». Cette enquête permet d'estimer le nombre de décès mensuel pour la France métropolitaine. Dans le cadre de cette mission d'estimation de la surmortalité, l'INSEE a avancé la date de l'enquête Villes du mois d'août et a abouti à 56 500 décès pour le mois d'août, estimation très proche des 56 387 décès du fichier final issu des sources INSERM et INSEE.

- **Comparaison des dénombrements de décès obtenus à partir des trois sources INSERM, INSEE et InVS**

Le tableau II.1 présente le suivi des dénombrements quotidiens de décès d'août 2003 fournis par l'InVS :

- les dénombrements de chaque jour se stabilisent progressivement au cours du mois

d'août avec un délai de 15 à 20 jours,

- les dénombrements de la totalité des jours du mois d'août sont stabilisés à la dernière mise à jour présentée dans ce tableau, celle du 17 septembre (56 146 décès pour la totalité du mois d'août, 52 404 pour la période du 1^{er} au 28 août inclus),

Le tableau II.2 présente le suivi des dénombrements quotidiens de décès d'août 2003 fournis par l'INSEE pour les communes "informatisées" :

- les dénombrements de chaque jour se stabilisent progressivement avec un délai d'une vingtaine de jours,
- les dénombrements des 3 derniers jours d'août ne sont peut-être pas encore totalement stabilisés à la dernière mise à jour exploitée (17 septembre),
- par contre, les dénombrements de la période du 1^{er} au 28 août sont stabilisés à cette dernière mise à jour,
- l'utilisation du taux de transmission informatique des avis 7bis à l'INSEE (64,6 %) permet d'estimer à 52 193,5 le nombre de décès survenus au cours de la période du 1^{er} au 28 août. Cette estimation est cohérente avec celle de la source InVS.

Le tableau II.3 présente le suivi des dénombrements quotidiens de décès d'août 2003 obtenus à partir des trois sources INSERM, INSEE et InVS. Les dénombrements de décès pour la période du 1^{er} au 31 août fournis d'une part par la combinaison des sources INSERM et INSEE (56 387 décès), et d'autre part par la source InVS (56 146 décès) sont extrêmement proches : écart de 201 décès sur 56 387, correspondant à 0,4 %.

TABLEAU II.1 : Source InVS : suivi des dénombrements de décès par les DDASS

	22 août	25 août	26 août	28 août	29 août	1er sept	2 sept	3 sept	4 sept	5 sept	8 sept	9 sept	10 sept	12 sept	15 sept	16 sept (a)	17 sept (b)	b - a	(b-a) / a
1-31 août	33982	38136	40490	45148	46764	48801	50429	52120	53332	53833	54447	54779	54940	55698	55980	56061	56146	85	0,15%
1-20 août	33879	37352	38453	39971	40199	40499	40432	40686	40797	40758	40872	40932	40997	41337	41502	41529	41568	39	0,09%
21-28 août	103	784	2037	5176	6546	8039	9002	9566	9927	10054	10220	10354	10422	10705	10776	10812	10836	24	0,22%
1-28 août	33982	38136	40490	45147	46745	48538	49434	50252	50724	50812	51092	51286	51419	52042	52278	52341	52404	63	0,12%
V 1-août	1163	1220	1230	1247	1253	1256	1249	1252	1253	1258	1264	1264	1264	1271	1274	1276	1279	3	0,24%
S 2-août	1270	1331	1338	1353	1359	1363	1363	1365	1367	1359	1360	1360	1361	1365	1370	1370	1370	0	0,00%
D 3-août	1313	1370	1370	1399	1405	1408	1406	1410	1410	1403	1404	1404	1405	1411	1415	1415	1415	0	0,00%
Total	3746	3921	3938	3999	4017	4027	4018	4027	4030	4020	4028	4028	4030	4047	4059	4061	4064	3	0,07%
L 4-août	1498	1566	1559	1596	1607	1611	1613	1618	1619	1627	1630	1630	1631	1637	1640	1641	1642	1	0,06%
M 5-août	1764	1837	1840	1868	1868	1872	1849	1854	1854	1855	1860	1861	1861	1870	1875	1875	1877	2	0,11%
M 6-août	1935	2016	2029	2088	2095	2101	2098	2104	2105	2104	2113	2113	2112	2124	2128	2128	2129	1	0,05%
J 7-août	2108	2199	2208	2276	2292	2301	2283	2291	2293	2277	2284	2286	2285	2298	2310	2311	2314	3	0,13%
V 8-août	2237	2389	2408	2466	2471	2480	2469	2475	2483	2476	2482	2484	2490	2510	2515	2516	2518	2	0,08%
S 9-août	2303	2430	2460	2532	2532	2543	2541	2551	2555	2537	2540	2542	2542	2560	2567	2567	2567	0	0,00%
D 10-août	2444	2606	2617	2689	2694	2708	2710	2716	2716	2708	2714	2716	2718	2724	2730	2730	2730	0	0,00%
Total	14289	15043	15121	15515	15559	15616	15563	15609	15625	15584	15623	15632	15639	15723	15765	15768	15777	9	0,06%
L 11-août	2749	2944	2992	3080	3093	3115	3123	3135	3143	3133	3144	3148	3153	3171	3188	3189	3194	5	0,16%
M 12-août	2838	3141	3215	3351	3384	3406	3389	3406	3420	3413	3427	3437	3447	3474	3496	3499	3505	6	0,17%
M 13-août	2611	2905	3029	3128	3158	3180	3176	3197	3207	3198	3201	3215	3229	3250	3270	3272	3279	7	0,21%
J 14-août	1777	2014	2113	2203	2215	2236	2231	2263	2269	2270	2278	2283	2289	2305	2314	2318	2320	2	0,09%
V 15-août	1384	1580	1657	1731	1748	1764	1758	1776	1781	1781	1786	1792	1794	1819	1827	1829	1830	1	0,05%
S 16-août	1213	1375	1451	1537	1531	1550	1559	1575	1583	1581	1588	1590	1593	1608	1615	1617	1621	4	0,25%
D 17-août	1115	1316	1402	1501	1492	1511	1522	1538	1544	1552	1555	1557	1560	1582	1591	1593	1594	1	0,06%
Total	13687	15275	15859	16531	16621	16762	16758	16890	16947	16928	16979	17022	17065	17209	17301	17317	17343	26	0,15%
L 18-août	1021	1251	1350	1437	1456	1487	1487	1508	1520	1521	1530	1536	1542	1560	1568	1571	1571	0	0,00%
M 19-août	723	1035	1161	1291	1307	1330	1334	1357	1367	1385	1389	1390	1393	1430	1438	1439	1440	1	0,07%
M 20-août	413	827	1024	1198	1239	1277	1272	1295	1308	1320	1323	1324	1328	1368	1371	1373	1373	0	0,00%
J 21-août	96	531	804	1100	1152	1203	1233	1266	1277	1288	1299	1308	1319	1357	1364	1366	1370	4	0,29%
V 22-août	7	178	490	974	1083	1150	1179	1214	1227	1224	1239	1244	1252	1292	1296	1302	1302	0	0,00%
S 23-août	0	41	318	912	1047	1151	1215	1234	1256	1252	1262	1281	1290	1329	1338	1347	1348	1	0,07%
D 24-août	0	24	277	950	1110	1197	1261	1290	1318	1307	1317	1331	1341	1381	1388	1390	1391	1	0,07%
Total	2260	3887	5424	7862	8394	8795	8981	9164	9273	9297	9359	9414	9465	9717	9763	9788	9795	7	0,07%
L 25-août	0	10	128	747	939	1105	1213	1262	1288	1294	1314	1336	1348	1392	1399	1401	1404	3	0,21%
M 26-août	0	0	20	347	630	899	1058	1132	1169	1194	1214	1229	1239	1263	1271	1274	1279	5	0,39%
M 27-août	0	0	0	135	439	792	997	1125	1210	1251	1283	1301	1307	1330	1344	1351	1351	0	0,00%
J 28-août	0	0	0	11	146	542	846	1043	1182	1244	1292	1324	1326	1361	1376	1381	1391	10	0,72%
V 29-août	0	0	0	1	19	193	511	789	1018	1143	1237	1281	1286	1329	1342	1347	1357	10	0,74%
S 30-août	0	0	0	0	0	42	277	593	847	1006	1116	1170	1178	1225	1244	1253	1258	5	0,40%
D 31-août	0	0	0	0	0	28	207	486	743	872	1002	1042	1057	1102	1116	1120	1127	7	0,63%
Total	0	10	148	1241	2173	3601	5109	6430	7457	8004	8458	8683	8741	9002	9092	9127	9167	40	0,44%

TABLEAU II.2 : Source INSEE : suivi des dénombrements de décès par les communes informatisées (781 communes représentatives) et par les avis 7 bis

	INSEE : Communes Informatisées (CI)											INSEE : 7 Bis		
	21 août 621 CI	26 août 647 CI	27 août 779 CI	1er sept 779 CI	3 sept 781 CI	8 sept 781 CI	11 sept 781 CI	15 sept (a) 781 CI	17 sept (b) 781 CI	b - a	(b-a) / a	France entière (b / 0,646)	4 sept	12 sept
1-31 août	17967	22632	27495	30733	31828	32998	35728	35978	36121	143	0,40%	55914,86	45891	54542
1-20 août	17967	22353	24454	25254	25623	26292	26591	26686	26766	80	0,30%	41433,44	34801	40583
21-28 août	0	279	3041	5479	6205	6706	6836	6920	6951	31	0,45%	10760,06	9065	10453
1-28 août	17967	22632	27495	30733	31828	32998	33427	33606	33717	111	0,00%	52193,50	43866	51036
V 1-août	766	775	786	794	795	805	805	807	808	1	0,12%	1250,77	1222	1272
S 2-août	813	821	846	849	855	865	865	868	871	3	0,35%	1348,30	1326	1377
D 3-août	862	867	887	900	905	919	921	923	924	1	0,11%	1430,34	1364	1423
Total	2441	2463	2519	2543	2555	2589	2591	2598	2603	5	0,19%	4029,41	3912	4072
L 4-août	937	954	980	990	995	1006	1007	1007	1008	1	0,10%	1560,37	1541	1600
M 5-août	1084	1095	1133	1151	1173	1191	1197	1199	1204	5	0,42%	1863,78	1764	1854
M 6-août	1191	1224	1250	1267	1287	1312	1320	1321	1325	4	0,30%	2051,08	1953	2070
J 7-août	1248	1284	1329	1356	1375	1400	1406	1411	1416	5	0,35%	2191,95	2038	2237
V 8-août	1382	1438	1496	1524	1545	1586	1602	1605	1607	2	0,12%	2487,62	2183	2479
S 9-août	1402	1445	1504	1541	1560	1596	1615	1619	1627	8	0,49%	2518,58	2187	2500
D 10-août	1509	1587	1648	1683	1711	1749	1772	1779	1781	2	0,11%	2756,97	2367	2681
Total	8753	9027	9340	9512	9646	9840	9919	9941	9968	27	0,27%	15430,34	14033	15421
L 11-août	1692	1815	1916	1987	2019	2076	2106	2108	2116	8	0,38%	3275,54	2729	3146
M 12-août	1888	2084	2216	2278	2308	2386	2420	2434	2440	6	0,25%	3777,09	2988	3456
M 13-août	1554	1771	1958	2021	2051	2112	2150	2164	2170	6	0,28%	3359,13	2636	3192
J 14-août	955	1175	1360	1425	1446	1486	1506	1515	1524	9	0,59%	2359,13	1768	2249
V 15-août	684	895	1055	1101	1113	1155	1171	1175	1177	2	0,17%	1821,98	1319	1781
S 16-août		752	900	940	955	985	1002	1006	1012	6	0,60%	1566,56	1155	1545
D 17-août		742	875	921	935	967	979	982	985	3	0,31%	1524,77	1134	1539
Total	6773	9234	10280	10673	10827	11167	11334	11384	11424	40	0,35%	17684,21	13729	16908
L 18-août		661	837	900	926	955	974	978	982	4	0,41%	1520,12	1120	1521
M 19-août		538	756	822	842	878	891	897	900	3	0,33%	1393,19	999	1363
M 20-août		430	722	804	827	863	882	888	889	1	0,11%	1376,16	1008	1298
J 21-août		279	682	802	829	855	872	876	877	1	0,11%	1357,59	1086	1323
V 22-août			593	755	788	835	850	857	860	3	0,35%	1331,27	1103	1266
S 23-août			532	733	780	817	829	839	840	1	0,12%	1300,31	1212	1314
D 24-août			523	760	802	844	860	868	870	2	0,23%	1346,75	1228	1338
Total	0	1908	4645	5576	5794	6047	6158	6203	6218	15	0,24%	9625,39	7756	9423
L 25-août			427	743	814	870	887	895	897	2	0,22%	1388,54	1213	1343
M 26-août			218	634	742	814	827	836	849	13	1,56%	1314,24	1112	1256
M 27-août			66	582	760	842	862	881	886	5	0,57%	1371,52	1110	1294
J 28-août				470	690	829	849	868	872	4	0,46%	1349,85	1001	1319
V 29-août				317	616	820	849	871	881	10	1,15%	1363,78	815	1279
S 30-août				166	504	716	761	790	803	13	1,65%	1243,03	649	1164
D 31-août				116	439	653	691	711	720	9	1,27%	1114,55	561	1063
Total	0	0	711	3028	4565	5544	5726	5852	5908	56	0,96%	9145,51	6461	8718

TABLEAU II.3 : Nombres de décès enregistrés par les trois sources d'information : InVs, INSEE, INSERM

	InVs	INSEE		7 Bis	INSERM	INSERM / INSEE	
		Communes informatisées (CI)					
		781 CI 17 sept (a)	Estimation France entière (a / 0,646)				
	17 sept			7Bis 12 sept	"7 CépiDC" 18 sept	"7 CépiDc / 7 Bis" 17 sept	
1-31 août	56146	36121,0	55914,86	54542	55340	56387	
1-20 août	41568	26766,0	41433,44	40583	40923	41621	
21-28 août	10836	6951,0	10760,06	10453	10759	10957	
1-28 août	52404	33717	52193,50	51036	51682	52578	
V	1-aoû	1279	808	1250,77	1272	1274	1311
S	2-aoû	1370	871	1348,30	1377	1370	1402
D	3-aoû	1415	924	1430,34	1423	1422	1452
	Total	4064	2603	4029,41	4072	4066	4165
L	4-aoû	1642	1008	1560,37	1600	1597	1627
M	5-aoû	1877	1204	1863,78	1854	1867	1894
M	6-aoû	2129	1325	2051,08	2070	2090	2110
J	7-aoû	2314	1416	2191,95	2237	2262	2296
V	8-aoû	2518	1607	2487,62	2479	2504	2543
S	9-aoû	2567	1627	2518,58	2500	2538	2579
D	10-aoû	2730	1781	2756,97	2681	2708	2737
	Total	15777	9968	15430,34	15421	15566	15786
L	11-aoû	3194	2116	3275,54	3146	3142	3208
M	12-aoû	3505	2440	3777,09	3456	3473	3538
M	13-aoû	3279	2170	3359,13	3192	3215	3276
J	14-aoû	2320	1524	2359,13	2249	2291	2333
V	15-aoû	1830	1177	1821,98	1781	1812	1833
S	16-aoû	1621	1012	1566,56	1545	1554	1582
D	17-aoû	1594	985	1524,77	1539	1552	1581
	Total	17343	11424	17684,21	16908	17039	17351
L	18-aoû	1571	982	1520,12	1521	1526	1554
M	19-aoû	1440	900	1393,19	1363	1399	1418
M	20-aoû	1373	889	1376,16	1298	1327	1347
J	21-aoû	1370	877	1357,59	1323	1357	1377
V	22-aoû	1302	860	1331,27	1266	1299	1319
S	23-aoû	1348	840	1300,31	1314	1341	1371
D	24-aoû	1391	870	1346,75	1338	1382	1407
	Total	9795	6218	9625,39	9423	9631	9793
L	25-aoû	1404	897	1388,54	1343	1379	1403
M	26-aoû	1279	849	1314,24	1256	1291	1310
M	27-aoû	1351	886	1371,52	1294	1341	1368
J	28-aoû	1391	872	1349,85	1319	1369	1402
V	29-aoû	1357	881	1363,78	1279	1330	1376
S	30-aoû	1258	803	1243,03	1164	1230	1283
D	31-aoû	1127	720	1114,55	1063	1098	1150
	Total	9167	5908	9145,51	8718	9038	9292

- **Conclusion**

La combinaison des informations provenant des sources INSERM, INSEE et InVS nous permet de considérer que les informations sur les décès survenus en août sur lesquelles nous avons fondé nos analyses sont exhaustives.

Les analyses statistiques que nous avons mises en œuvre pour cerner les principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité liée à la vague de chaleur d'août 2003 ont fait l'objet de nombreuses vérifications et recoupements. Nous avons donc dû les réaliser à un moment où nous n'étions assurés de la complétude de nos informations que sur la période du 1^{er} au 28 août inclus. C'est pourquoi nous avons limité nos analyses statistiques à cette période.

Comme on le verra, la quasi-totalité de la surmortalité à court terme liée à la vague de chaleur s'est produite entre le 1^{er} et le 20 août. La limitation de notre étude à la période du 1 au 28 août n'altère donc pas la validité des résultats que nous présentons.

II.3 ETABLISSEMENT DES VALEURS DE REFERENCE : MORTALITE "ATTENDUE" EN AOUT 2003

Pour estimer la surmortalité à court terme liée à la vague de chaleur d'août 2003, nous avons comparé les nombres de décès survenus en août 2003 (nombres de décès "observés", notés "O" dans les tableaux) à des valeurs de référence (nombres de décès "attendus", notés "E").

Le nombre de décès qui se produisent dans une population est lié à sa taille et aux taux de mortalité qu'on y observe (nombre de décès pour 100 000 personnes et par an). Ces deux composantes sont susceptibles d'évoluer au cours du temps, différentes chez les femmes et chez les hommes, fortement liées à l'âge.

Compte tenu de ces éléments, nous avons envisagé trois méthodes d'estimation des nombres de décès attendus en août 2003.

- **Méthode "A" : Comparaison aux nombres de décès des années 2000, 2001 et 2002**

Cette première méthode consiste à adopter comme valeur de référence les nombres quotidiens moyens de décès observés au cours des mois de juillet, août et septembre des 3 dernières années (2000, 2001 et 2002).

Elle a l'avantage d'être simple et robuste :

- elle ne repose pas sur des estimations des populations en 2000, 2001, 2002 et 2003 qui comportent une marge d'incertitude puisque le dernier recensement de la population a eu lieu en 1999,
- elle permet d'étudier la mortalité d'août 2003 en fonction de différents facteurs, notamment l'âge, le sexe, le département et le lieu de décès, les caractéristiques des communes de décès, qui sont disponibles pour tous les décès survenus en août 2003 et aux cours des années antérieures,

La limite de cette méthode est de supposer qu'aussi bien l'effectif de la population que ses taux de mortalité générale n'ont pas évolué de l'année 2000 à l'année 2003, ou, au moins qu'il en est ainsi des nombres attendus de décès ("effectif de la population \times taux de mortalité").

- **Méthode "B" : Prise en compte des taux de mortalité de 2000-2002 et de l'estimation de population 2003**

Cette seconde méthode consiste à estimer les taux de mortalité observés en France métropolitaine au cours des mois de juillet, août et septembre de la période 2000 à 2003 et à les appliquer aux estimations de population métropolitaine au 30 juin 2003 que nous a fournies l'INSEE, pour obtenir les nombres de décès attendus en août 2003.

Elle présente l'avantage de ne pas reposer, comme la méthode A, sur l'hypothèse d'une stabilité des effectifs de la population de 2000 à 2003. Sa limite est de reposer sur une estimation de ces effectifs.

Par ailleurs, les estimations de population ne peuvent pas être mises en œuvre à un niveau géographique trop fin sans perdre leur validité, et la méthode B ne permet donc pas de prendre en compte tous les critères indispensables pour cerner les principales caractéristiques épidémiologiques de la mortalité d'août 2003.

- **Méthode "C": Modélisation de l'évolution de la mortalité au cours des dix dernières années**

Cette troisième méthode consiste à combiner une modélisation de l'évolution des taux de mortalité par âge et sexe en France métropolitaine au cours des 10 dernières années (1993 à 2002) et une estimation de la population le 30 juin 2003 pour obtenir les nombres de décès attendus en août 2003.

Le modèle utilisé est une régression de Poisson avec un terme de tendance linéaire pour l'effet de l'année de décès et un terme quadratique pour l'effet du mois (au sein de l'ensemble de 3 mois

considéré).

Cette méthode présente l'avantage de ne plus reposer ni sur l'hypothèse de constance des effectifs de la population de 2000 à 2003, ni sur l'hypothèse de constance des taux de mortalité au cours de la même période.

La limite de cette méthode est de reposer à la fois sur une modélisation de l'évolution des taux de mortalité et sur des estimations des effectifs de la population et de ne pas permettre de prendre en compte tous les critères indispensables pour cerner les principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité d'août 2003

- **Comparaison des trois méthodes**

Le tableau II.4 présente les estimations des nombres quotidiens de décès attendus en août 2003 en France métropolitaine selon les trois méthodes précédentes. Ce tableau montre que les trois méthodes fournissent des estimations de nombres attendus très proches, globalement et pour les deux classes d'âge "moins de 45 ans" et "45 ans et plus". La méthode "C" fournit une estimation des nombres de décès attendus supérieurs d'environ 8 % aux estimations issues des méthodes A et B pour les sujets âgés de moins de 45 ans et d'environ 4% pour les sujets âgés de 45 ans et plus.

TABLEAU II.4 Comparaison des nombres quotidiens de décès attendus en août 2003 estimés selon les méthodes A, B et C

	Ea (1)	Eb (2)	(Eb - Ea) / Ea	Ec (3)	(Ec - Ea) / Ea
Hommes					
< 1 an	4,76	4,72	0,7%	3,88	18,5%
1-14 ans	2,91	2,91	-0,2%	2,75	5,2%
15-24 ans	9,54	9,64	-1,0%	9,01	5,6%
25-34 ans	13,51	13,21	2,2%	11,59	14,2%
35-44 ans	27,25	27,28	-0,1%	25,47	6,5%
45-54 ans	62,76	62,52	0,4%	59,99	4,4%
55-64 ans	81,66	88,81	-8,8%	83,22	-1,9%
65-74 ans	152,51	152,16	0,2%	144,58	5,2%
75-84 ans	195,96	216,40	-10,4%	200,64	-2,4%
85-94 ans	128,18	114,77	10,5%	110,57	13,7%
≥ 95 ans	14,81	16,32	-10,2%	15,29	-3,3%
< 45 ans	57,97	57,77	0,3%	52,70	9,1%
>= 45 ans	635,88	650,98	-2,4%	614,29	3,4%
Tous âges	693,85	708,74	-2,1%	666,99	3,9%
Femmes					
< 1 an	3,81	3,78	0,7%	3,41	10,5%
1-14 ans	2,07	2,07	-0,2%	1,92	7,2%
15-24 ans	3,31	3,34	-1,0%	3,02	8,7%
25-34 ans	5,05	4,91	2,7%	4,49	11,2%
35-44 ans	13,12	13,12	0,0%	12,85	2,0%
45-54 ans	27,16	27,34	-0,6%	26,58	2,1%
55-64 ans	34,74	37,52	-8,0%	35,88	-3,3%
65-74 ans	80,70	79,46	1,5%	76,59	5,1%
75-84 ans	170,84	188,64	-10,4%	174,49	-2,1%
85-94 ans	246,20	221,60	10,0%	214,37	12,9%
≥ 95 ans	60,08	64,50	-7,4%	62,16	-3,4%
< 45 ans	27,36	27,23	0,5%	25,69	6,1%
>= 45 ans	619,72	619,07	0,1%	590,08	4,8%
Tous âges	647,08	646,30	0,1%	615,77	4,8%
Total					
< 45 ans	85,32	85,00	0,4%	78,40	8,1%
>= 45 ans	1255,61	1270,04	-1,1%	1204,36	4,1%
Tous âges	1340,93	1355,04	-1,1%	1282,76	4,3%

(1) : Nombre quotidien de décès observés en France métropolitaine sur juillet, août, septembre 2000, 2001, 2002

(2) : Nombre quotidien de décès attendus calculé à partir des taux de mortalité estimés sur les étés (juillet, août, septembre) 2000, 2001, 2002 et de l'estimation de la population (INSEE)

(3) : Nombre quotidien de décès attendus calculé à partir des taux de mortalité estimés par modélisation sur les années 1993 à 2001 et de l'estimation de la population (INSEE)

Comparaison des estimations de nombres de décès attendus en avril et mai 2003 fournies par les méthodes A, B et C aux nombres de décès effectivement observés en avril et mai 2003

Pour valider la qualité des estimations de nombres attendus de décès fournies par les trois méthodes, nous les avons utilisées pour estimer les nombres de décès attendus aux mois d'avril et de mai 2003 et comparé ces estimations aux nombres de décès effectivement observés au cours de ces deux mois. Les résultats de cette comparaison sont donnés dans le tableau II.5. Celui-ci montre que la qualité des estimations A, B et C des nombres attendus de décès n'est pas la même pour les sujets de plus de 45 ans et pour de moins de 45 ans :

Pour les sujets âgés de 45 ans et plus :

les estimations fournies par la méthode A sont d'environ 2% supérieures aux valeurs observées en avril et mai 2003,

les estimations fournies par la méthode B sont plus éloignées des valeurs observées en avril et mai 2003 (inférieures aux valeurs observées en avril d'environ 2% et supérieures aux valeurs observées en mai d'environ 3%),

les estimations fournies par la méthode C sont également plus éloignées des valeurs observées en avril et mai 2003 que celles fournies par la méthode A (inférieures de 4 à 5% en avril et de 2% en

mai),

Pour les sujets âgés de moins de 45 ans

Les estimations des nombres de décès attendus fournies par la méthode C sont nettement plus proches des valeurs observées en avril et mai 2003 que celles que fournissent les deux autres méthodes (différences de 8% à 20% selon la méthode et la classe d'âge avec les valeurs observées).

TABLEAU II.5 : Comparaison des nombres mensuels de décès attendus estimés selon les méthodes A, B et C aux nombres de décès observés aux mois d'avril et mai 2003

	O	Ea	(Ea - O) / O	Eb	(Eb - O) / O	Ec	(Ec - O) / O
Avril							
Hommes							
< 45 ans	1488	1723,76	15,8%	1662,23	11,7%	1491,39	0,2%
>= 45 ans	21127	21141,44	0,1%	20911,43	-1,0%	20296,94	-3,9%
Tous âges	22615	22865,20	1,1%	22573,67	-0,2%	21788,33	-3,7%
Femmes							
< 45 ans	673	809,37	20,3%	779,78	15,9%	727,28	8,1%
>= 45 ans	20747	20876,59	0,6%	20145,92	-2,9%	19595,33	-5,6%
Tous âges	21420	21685,96	1,2%	20925,70	-2,3%	20322,62	-5,1%
Total							
< 45 ans	2161	2533,13	17,2%	2442,01	13,0%	2218,67	2,7%
>= 45 ans	41874	42018,03	0,3%	41057,35	-2,0%	39892,28	-4,7%
Tous âges	44035	44551,16	1,2%	43499,36	-1,2%	42110,95	-4,4%
Mai							
Hommes							
< 45 ans	1541	1748,83	13,5%	1742,77	13,1%	1552,80	0,8%
>= 45 ans	20339	20753,31	2,0%	21216,91	4,3%	20195,40	-0,7%
Tous âges	21880	22502,14	2,8%	22959,69	4,9%	21748,20	-0,6%
Femmes							
< 45 ans	754	815,88	8,2%	812,35	7,7%	753,93	0,0%
>= 45 ans	19874	20230,51	1,8%	20184,67	1,6%	19145,37	-3,7%
Tous âges	20628	21046,39	2,0%	20997,02	1,8%	19899,30	-3,5%
Total							
< 45 ans	2295	2564,71	11,8%	2555,13	11,3%	2306,72	0,5%
>= 45 ans	40213	40983,82	1,9%	41401,58	3,0%	39340,77	-2,2%
Tous âges	42508	43548,53	2,4%	43956,71	3,4%	41647,49	-2,0%

• Conclusion

Aucune des trois méthodes envisagées ne peut-être considérée a priori comme préférable à l'autre, chacune ayant ses avantages et limitations.

Comme on le verra, la surmortalité d'août 2003 semble avoir concerné dans sa quasi totalité les sujets âgés de 45 et plus. Nous avons donc retenu la méthode A pour trois raisons :

- elle n'est fondée sur aucune estimation des populations et sur aucune modélisation des évolutions des taux de mortalité,
- elle permet de mettre en oeuvre des calculs statistiques sur toutes les caractéristiques épidémiologiques que nous avons envisagées,

- elle fournit les estimations de nombres attendus de décès les plus proches des valeurs effectivement observées en avril et en mai 2003.

Il est cependant important de retenir que cette méthode peut entraîner une sur-estimation de 10 à 20% des nombres de décès attendus chez les sujets âgés de moins de 45 ans. L'analyse de la surmortalité chez ces sujets "jeunes", qui est basée sur des effectifs beaucoup plus faibles que chez les sujets plus âgés, devra faire l'objet d'estimations plus approfondies, notamment en analysant les causes médicales de l'ensemble des décès survenus en août 2003

II.4 CAUSES MEDICALES DE DECES

L'analyse des causes médicales des décès survenus en août 2003 (environ 56 000 certificats de décès) sera basée sur le codage de ces causes selon la Classification Internationale des Maladies (CIM). Ce travail très long est actuellement en cours à l'INSERM-CépiDc et ne peut pas être terminé dans le temps imparti pour ce rapport d'étape de la mission.

Cependant, dans le cadre de ce premier rapport, nous avons tenu à fournir une première information sur les causes médicales de décès en codant et en analysant les certificats médicaux de décès sur une zone géographique limitée. Pour cela, nous avons choisi la région Centre, région particulièrement touchée par la canicule de 2003 en termes de surmortalité. La surmortalité dans cette région a été en effet de 100% et les six départements la constituant ont été très atteints (de 70% à 130%).

II.5 INFORMATIONS METEOROLOGIQUES

Les informations météorologiques que nous avons utilisées ont été fournies par METEO-FRANCE et sont issues de son réseau de 180 stations, représentatif des villes de France métropolitaine.

Les relevés quotidiens mis en œuvre par chacune de ces 180 stations au cours du mois d'août 2003 portent sur les températures minimales, moyennes et maximales, la température de rosée, l'humidité minimale, moyenne et maximale et la vitesse du vent.

Des informations épidémiologiques disponibles sur la surmortalité à court terme associée aux vagues de chaleur, il ressort que si les températures jouent un rôle central pour caractériser l'excès de chaleur à laquelle est exposée une population, l'humidité et la pollution atmosphérique ont également un rôle important.

L'humidité est cependant restée particulièrement basse sur l'ensemble du territoire métropolitain

durant la canicule d'août 2003. La pollution atmosphérique a par contre accompagné la vague de chaleur dans plusieurs des grandes agglomérations métropolitaines.

Dans cette première approche descriptive de l'épisode de surmortalité, nous nous sommes limités à l'exploitation des informations relatives aux températures. La prise en considération conjointe des données de température et des autres informations, notamment sur la pollution atmosphérique devra faire l'objet de travaux ultérieurs approfondis.

Nous n'avons également pas pu aborder un niveau de résolution géographique trop fin alors même que les températures observées au sein d'un même département peuvent varier sensiblement, notamment en fonction de l'altitude, de la présence de masses d'eau, des caractéristiques du couvert végétal, de l'habitat et de la structure urbaine.

Les informations quotidiennes sur les températures observées ont été moyennées à l'intérieur de chacun des départements.

II.6 DEGRE D'URBANISATION

Pour caractériser l'influence du degré d'urbanisation sur la surmortalité nous avons utilisé les informations du recensement de 1999 sur la tranche d'unité urbaine des communes où sont survenus les décès.

III. RESULTATS

III.1 CHRONOLOGIE DE LA MORTALITE OBSERVEE ET ESTIMATION DE LA SURMORTALITE A COURT TERME

La vague de surmortalité a débuté le 4 août 2003 sur la majeure partie du territoire métropolitain. Pour cette seule journée, près de 300 décès étaient en excès par rapport aux années précédentes alors que la marge normale de variation du nombre quotidien de décès pour les mois d'été est de \pm 150 décès.

L'excès quotidien a augmenté régulièrement et massivement, atteignant 1 200 décès le 8 août et près de 2 200 décès le 12 août (figure III.1). Il a régressé à partir du 13 août : environ 2000 décès le 13 et 1 000 le 14, la mortalité retrouvant progressivement sa valeur normale à partir du 19 août.

Le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 400 le 4 août, 3 900 le 8 août, 10 600 le 12 août et 14 800 le 20 août (figure III.2).

La période de surmortalité a nettement épousé la période de canicule, établie du 4 au 13 août avec des maximales de l'ordre de 35°C en moyenne nationale. Plus de 80 départements ont dépassé au moins 1 jour une température maximale de plus de 35°C et 61 départements l'ont dépassé pendant au moins 9 jours. La température maximale a retrouvé des valeurs inférieures à 30°C, en moyenne nationale, à partir du 15 août.

La décroissance de la surmortalité a suivi la décroissance de la température, se stabilisant vers le 20 août à une surmortalité cumulée proche de 15 000 décès (14 802).

FIGURE III.1 : Excès de décès observés quotidiennement pendant le mois d'août 2003 et relevé des températures extérieures

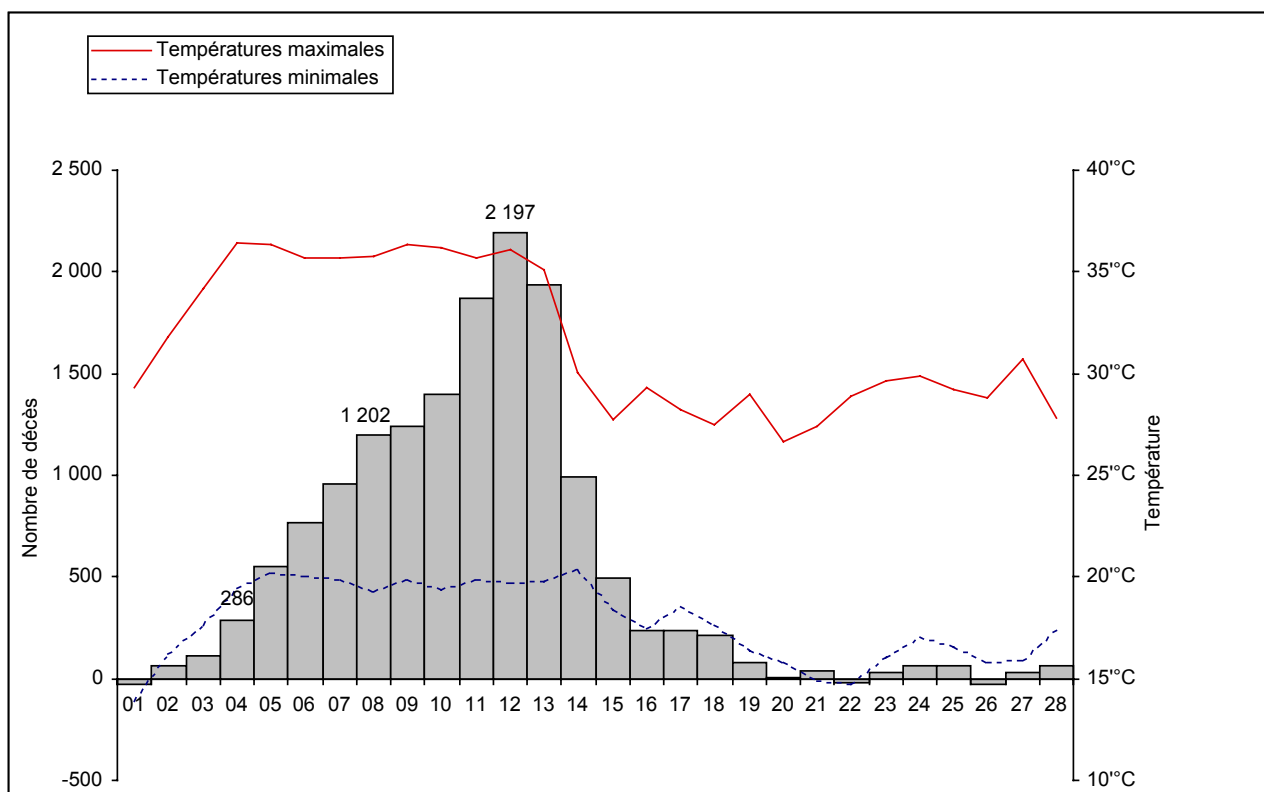
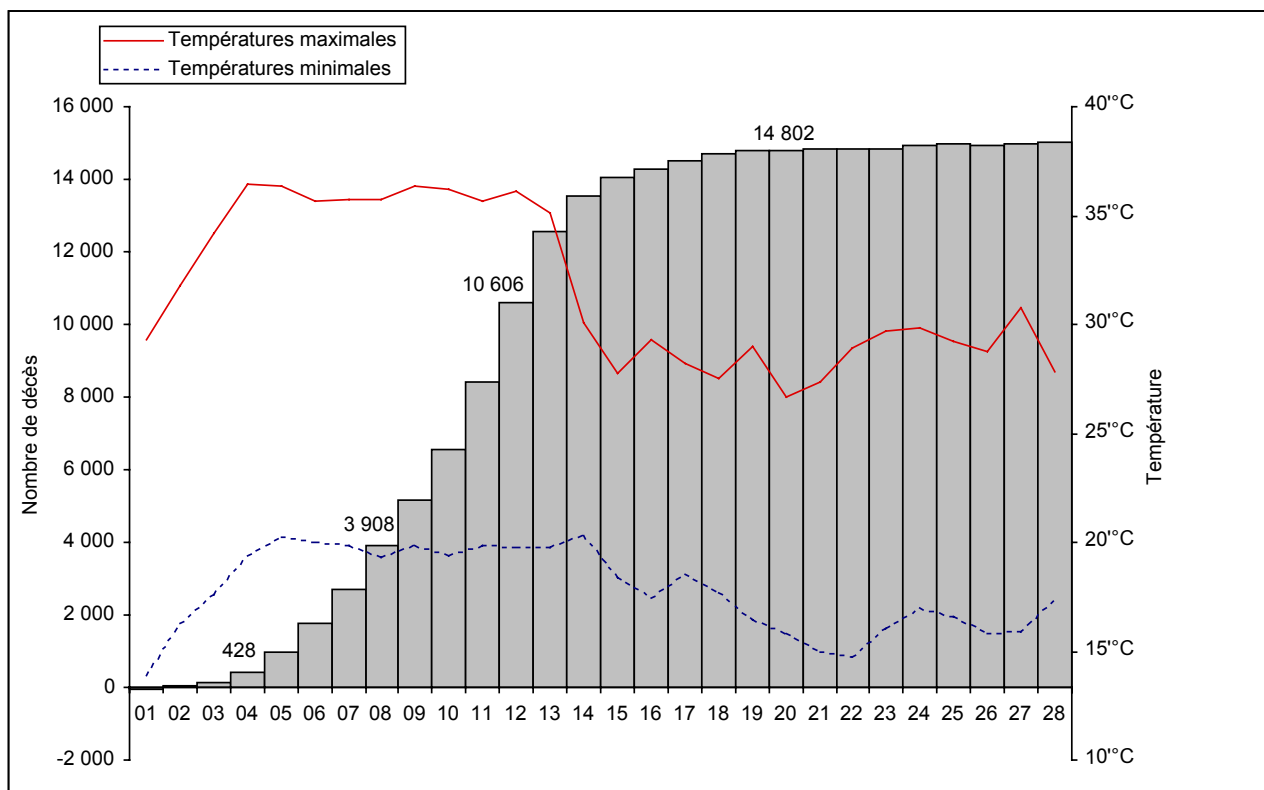


FIGURE III.2 : Excès de décès cumulé pendant le mois d'août 2003 et relevé des températures extérieures



III.2 SURMORTALITE SELON L'AGE ET LE SEXE

Du premier au 20 août, le nombre total de décès a augmenté de 60%, mais les femmes ont été beaucoup plus touchées que les hommes, avec des augmentations respectives de 70% et 40% des nombres de décès (tableau III.1). Compte tenu des effectifs et de la répartition des décès, le découpage en 3 classes d'âge relativement homogènes "moins de 44 ans", "45 à 74 ans" et "plus de 75 ans" a été adopté dans la suite des analyses. Même si la surmortalité a surtout frappé les personnes de plus de 75 ans, une augmentation de 40% des décès des femmes et de 20% des décès des hommes a été enregistrée pour la classe d'âge 45-74 ans. Il est encore difficile de déterminer s'il y a eu une augmentation de la mortalité des sujets de moins de 45 ans, l'estimation étant plus incertaine sur ces effectifs faibles. S'il y a eu surmortalité dans cette classe d'âge, elle est nettement plus faible que chez les sujets plus âgés.

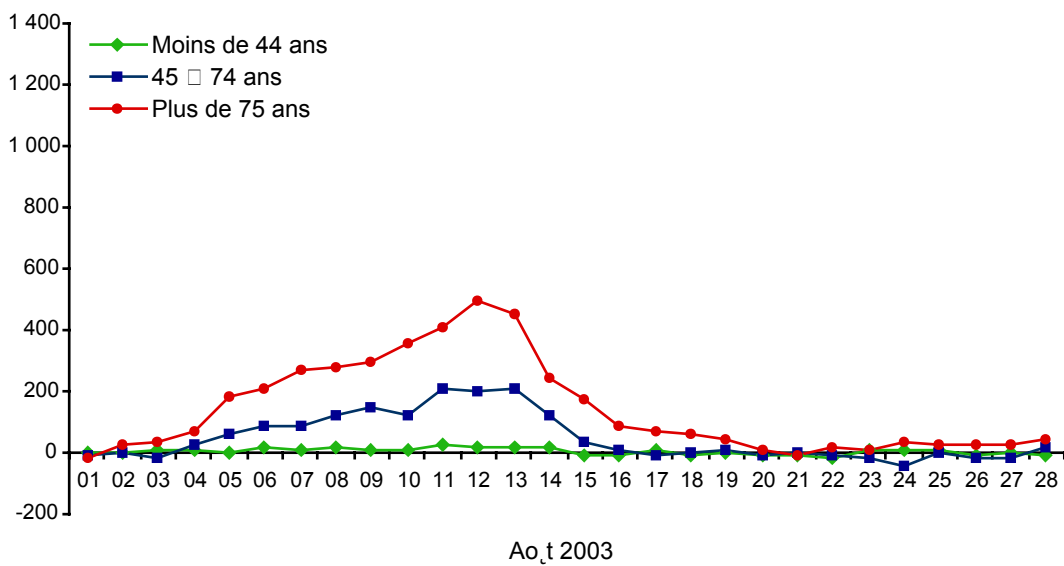
Les différences entre les classes d'âge s'observent tout le long de la période de canicule et se creusent, pour les deux sexes, avec l'augmentation de la mortalité (figure III.3).

TABLEAU III.1 : Répartition des décès par âge et sexe pendant la période du 1er au 20 août

	Femmes				Hommes				Total			
	O	E	O/E	O-E	O	E	O/E	O-E	O	E	O/E	O-E
< 44 ans	538	547	1,0	-9	1 310	1 159	1,1	151	1 848	1 706	1,1	142
< 1an	72	76	0,9		105	95	1,1		177	171	1,0	
1-14 ans	45	41	1,1		59	58	1,0		104	99	1,0	
15-24 ans	60	66	0,9		208	191	1,1		268	257	1,0	
25-34 ans	91	101	0,9		275	270	1,0		366	371	1,0	
35-44 ans	270	262	1,0		663	545	1,2		933	807	1,2	
45-74 ans	3 896	2 852	1,4	1 044	7 345	5 939	1,2	1 406	11 241	8 791	1,3	2 450
45-54 ans	646	543	1,2		1 566	1 255	1,2		2 212	1 798	1,2	
55-64 ans	995	695	1,4		2 070	1 633	1,3		3 065	2 328	1,3	
65-74 ans	2 255	1 614	1,4		3 709	3 050	1,2		5 964	4 664	1,3	
≥ 75 ans	18 018	9 543	1,9	8 475	10 514	6 779	1,6	3 735	28 532	16 322	1,7	12 210
75-84 ans	6 414	3 417	1,9		6 169	3 919	1,6		12 583	7 336	1,7	
85-94 ans	8 878	4 924	1,8		3 748	2 564	1,5		12 626	7 488	1,7	
≥ 95 ans	2 726	1 202	2,3		597	296	2,0		3 323	1 498	2,2	
Total	22 452	12 942	1,7	9 510	19 169	13 877	1,4	5 292	41 621	26 819	1,6	14 802

FIGURE III.3 : Evolution de l'excès de mortalité du 1er au 28 août en fonction de l'âge et du sexe

Femmes
Hommes



III.3 DISPARITES GEOGRAPHIQUES

Si la surmortalité est visible sur l'ensemble du territoire, son intensité a nettement varié à l'échelle régionale, avec des ratios de mortalité (O/E) variant de 1,2 à 2,3 (tableau III.2). Les ratios de mortalité les plus bas sont observés dans les régions à composante côtière de Basse-Normandie, Bretagne et Nord-Pas de Calais. Les régions habituellement très chaudes Languedoc-Roussillon, PACA, Corse, Midi-Pyrénées ont également eu une augmentation moins marquée que la moyenne nationale. Les surmortalités les plus élevées ont été observées en Ile-de-France et dans la région Centre où la mortalité a plus que doublé, la région Ile-de-France contribuant à elle seule à 33% de la surmortalité totale survenue en France.

TABLEAU III.2. : Répartition régionale des décès du 1er au 20 août

Régions	Nombre de décès observés (O)	Nombre de décès attendus (E)	Excès : O - E	Contribution à l'excès global	O / E
France métropolitaine	41621	26818,6	14802,4	100,0%	1,6
Alsace	1023	748,0	275,0	1,9%	1,4
Aquitaine	2191	1567,0	624,0	4,2%	1,4
Auvergne	1022	747,4	274,6	1,9%	1,4
Basse-Normandie	822	697,2	124,8	0,8%	1,2
Bourgogne	1477	885,1	591,9	4,0%	1,7
Bretagne	1855	1549,9	305,1	2,1%	1,2
Centre	2441	1203,4	1237,6	8,4%	2,0
Champagne-Ardenne	988	629,1	358,9	2,4%	1,6
Corse	191	143,4	47,6	0,3%	1,3
Franche-Comté	687	494,7	192,3	1,3%	1,4
Haute-Normandie	1066	764,3	301,7	2,0%	1,4
Ile-de-France	8506	3639,1	4866,9	32,9%	2,3
Languedoc-Roussillon	1536	1265,9	270,1	1,8%	1,2
Limousin	651	469,9	181,1	1,2%	1,4
Lorraine	1526	1066,4	459,6	3,1%	1,4
Midi-Pyrénées	1762	1324,5	437,5	3,0%	1,3
Nord-Pas-de-Calais	2175	1792,3	382,7	2,6%	1,2
Pays de Loire	2399	1430,9	968,1	6,5%	1,7
Picardie	1153	817,9	335,1	2,3%	1,4
Poitou Charente	1432	872,0	560,0	3,8%	1,6
PACA	3194	2375,1	818,9	5,5%	1,3
Rhône-Alpes	3524	2335,3	1188,7	8,0%	1,5

La mortalité des régions Centre et Ile-de-France est détaillée dans le tableau III.3. La surmortalité de la région Centre est élevée et relativement homogène. Dans la région Ile-de-France la surmortalité est aussi partout très élevée, tout particulièrement dans les départements de l'Essonne, des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint Denis et du Val de Marne (surmortalités supérieures à + 150 %).

TABLEAU III.3. : Répartition régionale des décès du Centre et de l'Ile-de-France du 1er au 20 août

	Nombre de décès observés (O)	Nombre de décès attendus (E)	Excès : O - E	Contribution à l'excès global	O / E
France métropolitaine	41621	26818,6	14802,4	100,0%	1,6
Centre					
Cher	386	166,8	219,2	1,5%	2,3
Eure-et-Loir	316	186,7	129,3	0,9%	1,7
Indre	274	143,6	130,4	0,9%	1,9
Indre-et-Loire	564	265,3	298,7	2,0%	2,1
Loir-et-Cher	343	165,6	177,4	1,2%	2,1
Loiret	558	275,5	282,5	1,9%	2,0
Total	2441	1203,4	1237,6	8,4%	2,0
Ile-de-France					
Paris	1910	843,1	1066,9	7,2%	2,3
Seine-et-Marne	730	387,1	342,9	2,3%	1,9
Yvelines	815	391,7	423,3	2,9%	2,1
Essonne	905	366,5	538,5	3,6%	2,5
Hauts-de-Seine	1295	495,7	799,3	5,4%	2,6
Seine-Saint-Denis	949	365,2	583,8	3,9%	2,6
Val-de-Marne	1202	443,8	758,2	5,1%	2,7
Val-d'Oise	700	345,9	354,1	2,4%	2,0
Total	8506	3639,1	4866,9	32,9%	2,3

III.4 RELATIONS TEMPORELLES ET SPATIALES ENTRE EXPOSITION A LA CHALEUR ET SURMORTALITE

- *Distribution géographique de la surmortalité et du nombre de jours à plus de 35°C*

Nous avons représenté ci-dessous la distribution spatiale du nombre de jours où la température maximale a dépassé 35°C entre le 1^{er} et le 20 août en distinguant 5 classes selon les quintiles de population (carte III.1a). Les températures maximales sont observées dans le sud du pays mais la majeure partie de la population a été exposée à 9 jours ou plus de température supérieure à 35°C.

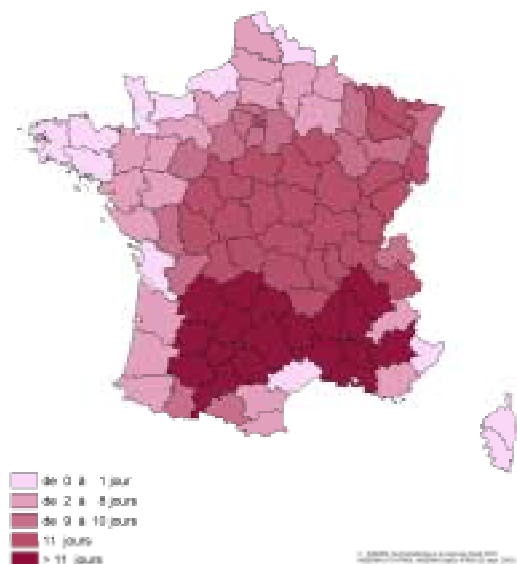
La cartographie de la surmortalité observée du 1^{er} au 20 août indique d'abord que cette surmortalité a concerné la quasi-totalité de la métropole (carte III.1b). Par ailleurs une élévation de la mortalité de plus de 80% est observée dans un vaste territoire comprenant l'ensemble des départements de l'Ile-de-France et une partie des départements des régions Champagne-Ardenne, Bourgogne, Centre, Pays de Loire et Poitou-Charentes.

Les cartographies de la mortalité par classes d'âge montrent que la surmortalité a concerné aussi bien les personnes âgées de 45 à 74 ans (carte III.1c) que celles de 75 ans ou plus (carte III.1d). Toutefois, la surmortalité observée chez les personnes de 75 ans et plus dans la zone de mortalité maximale est particulièrement impressionnante puisqu'elle varie de + 100% à + 245% selon les départements.

CARTES III.1 :Distribution départementale, du 1er au 20 août, du nombre de jours avec des températures maximales supérieures à 35°C (carte III.1a) et de la surmortalité tous âges (carte III.1b), de 45 à 75 ans (carte III.1c) et à 75 ans ou plus (carte III.1d).

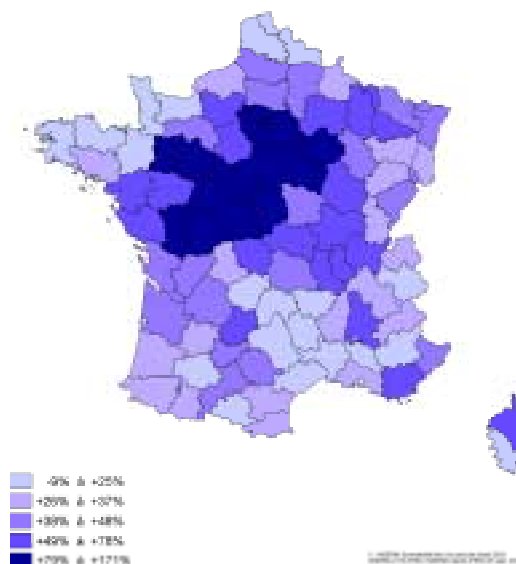
CARTE III.1 a

Nombre de jours où la température maximale est supérieure ou égale à 35° entre le 1er et le 20 août 2003



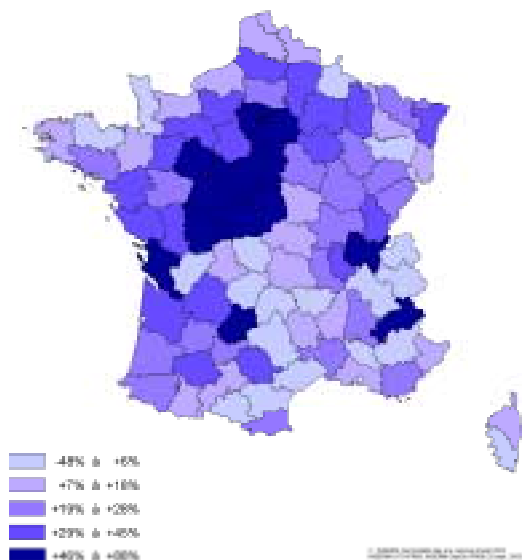
CARTE III.1 c

France métropolitaine - 1er au 20 août 2003
Surmortalité par département



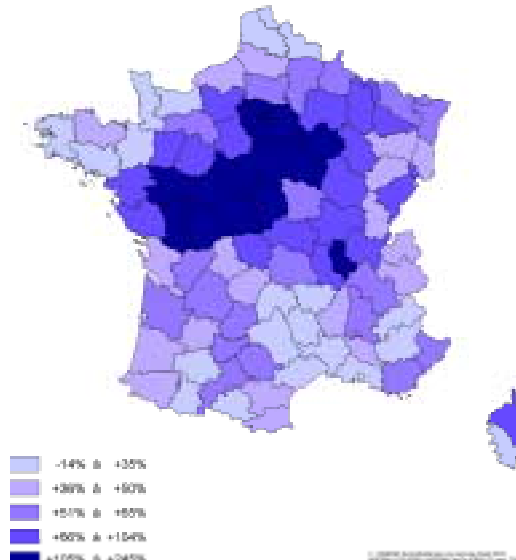
CARTE III.1 b

France métropolitaine - 1er au 20 août 2003
Surmortalité par département :
personnes âgées de 45 à 74 ans



CARTE III.1 d

France métropolitaine - 1er au 20 août 2003
Surmortalité par département :
personnes âgées de plus de 75 ans

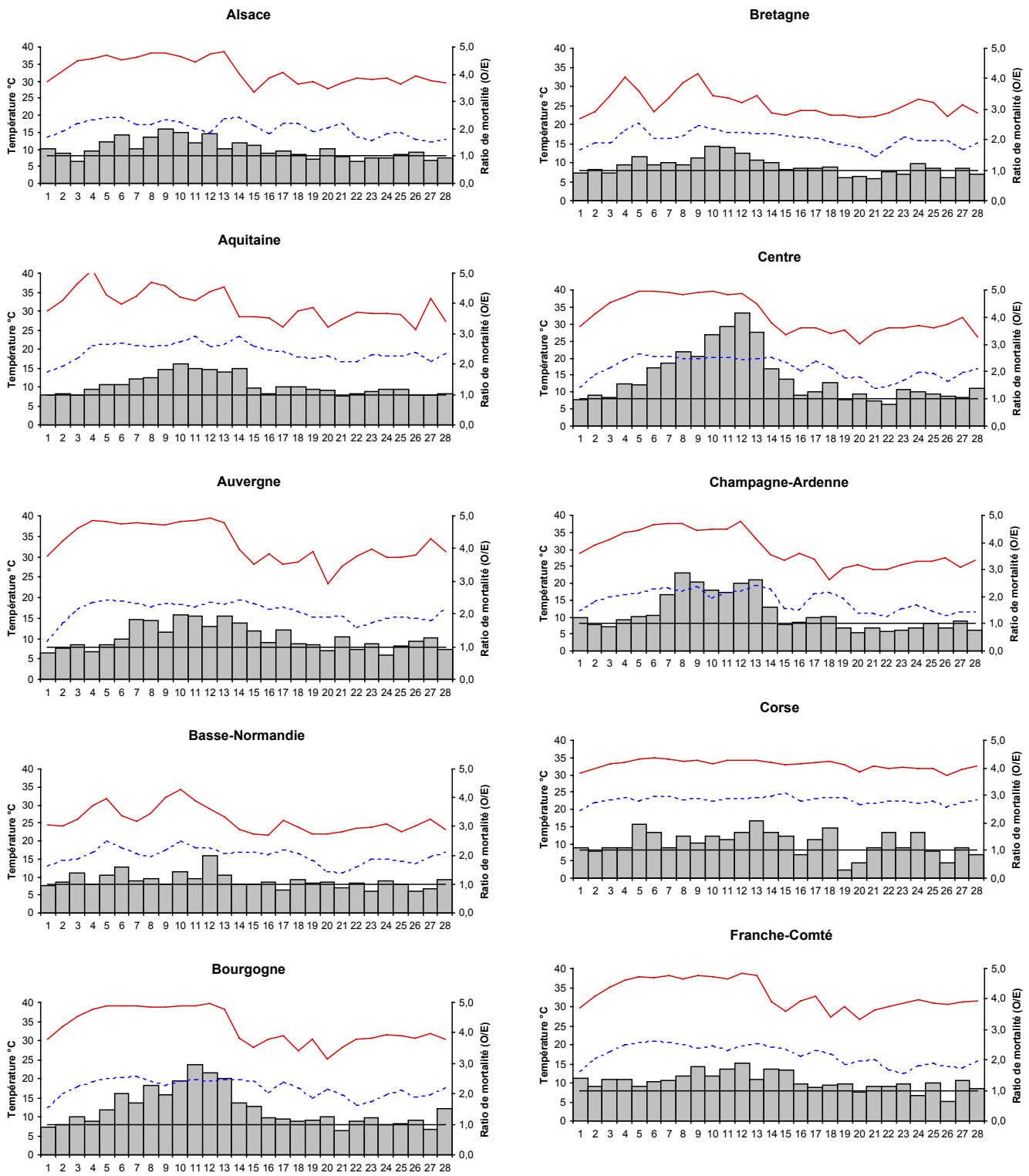


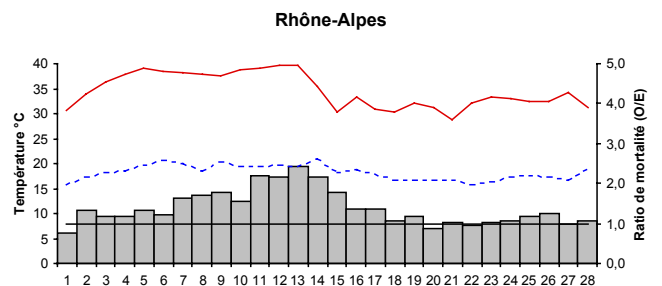
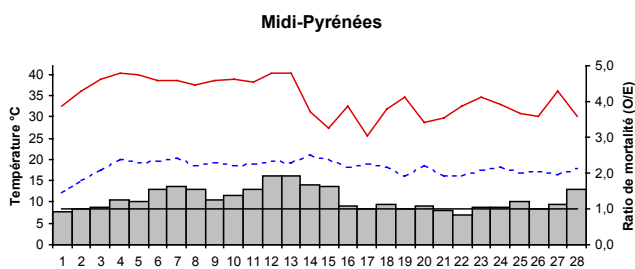
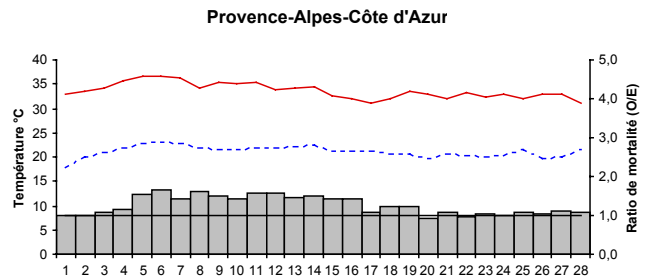
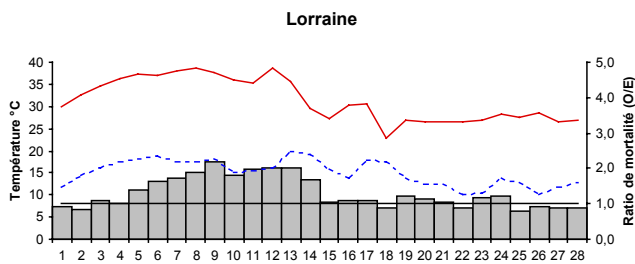
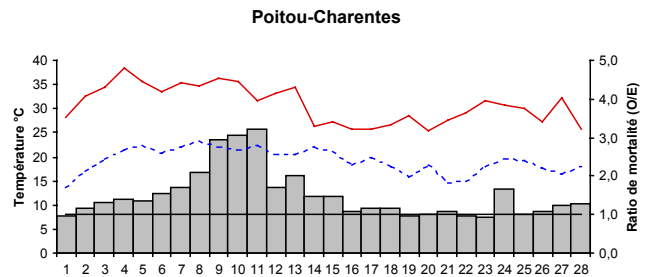
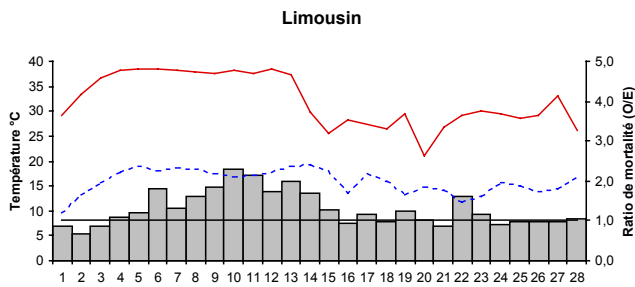
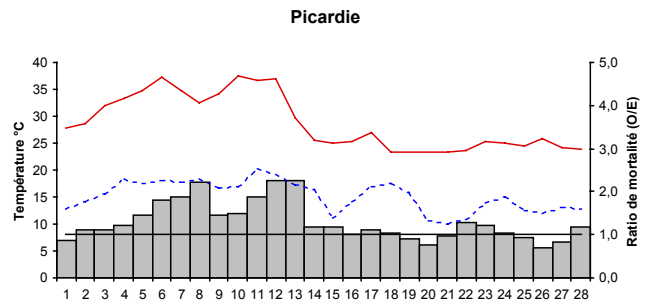
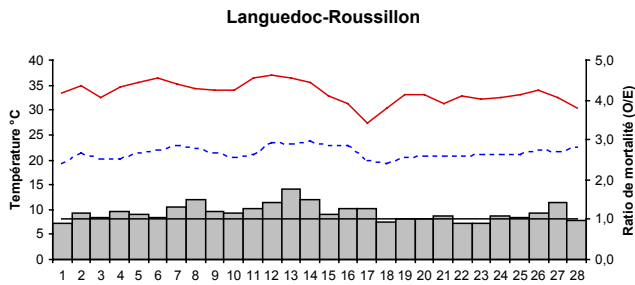
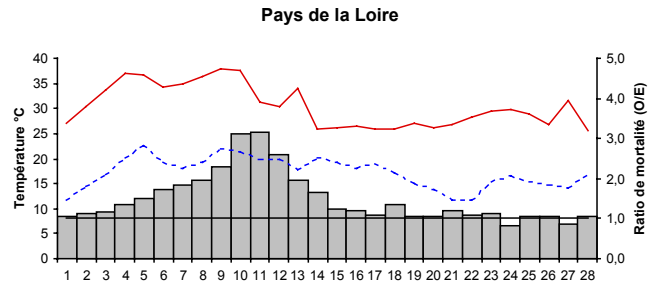
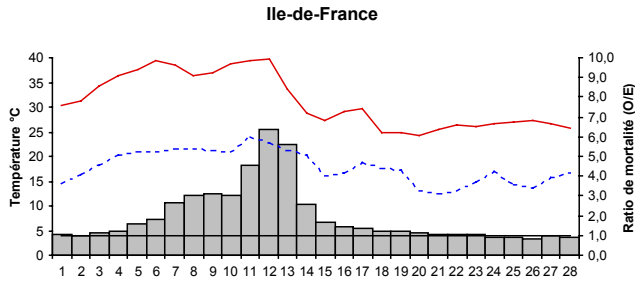
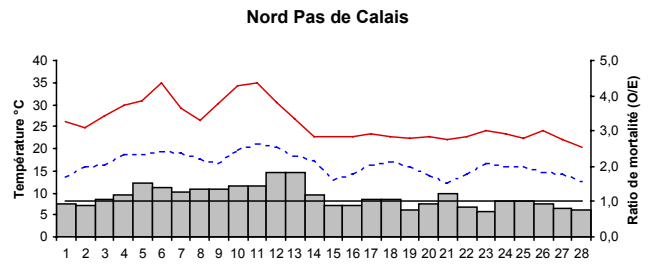
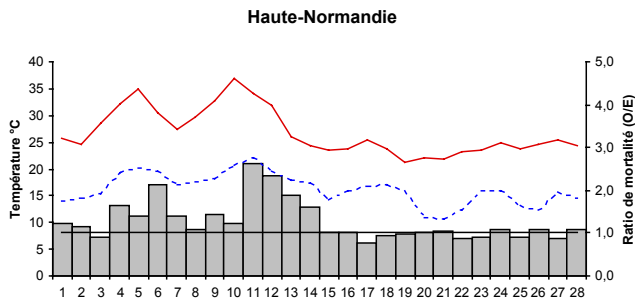
- *Evolutions quotidiennes de la surmortalité et des températures maximales et minimales dans les différentes régions*

La Figure III.4 met en parallèle les évolutions quotidiennes des indicateurs de surmortalité et de température dans les 22 régions métropolitaines :

- Dans les régions où la surmortalité a été la plus élevée, les températures maximales et minimales, ont brutalement augmenté dans les premiers jours d'août, sont restées constamment élevées pendant toute la vague de chaleur et ont régressé à partir du 13 août. C'est par exemple le cas de l'Ile-de-France, du Centre et de la Bourgogne.
- Dans les régions méridionales, les températures observées sur l'ensemble du mois d'août ont été élevées, comme il est fréquent, mais la surmortalité est restée modérée. C'est notamment le cas des régions Corse, Languedoc-Roussillon et Provence Alpes Côte d'Azur.
- Dans deux régions, la Haute-Normandie et la Picardie, on a observé une vague de chaleur en deux phases séparées par une régression partielle et temporaire des températures, et de façon frappante, une surmortalité présentant elle aussi deux phases synchronisées avec l'évolution des températures.

FIGURE III.4. : Evolution des ratios de mortalité dans les différentes régions au cours du mois d'août, en fonction des températures maximales (trait plein rouge) et minimales (pointillé bleu) moyennes enregistrées dans ces régions.

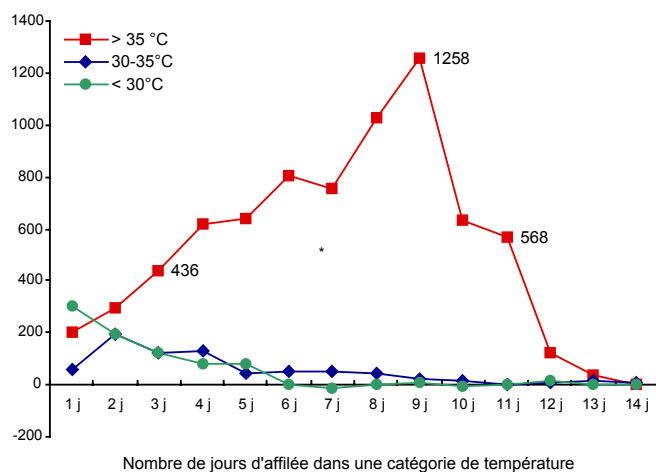




- **Mise en relation de la surmortalité observée dans un département un jour donné avec l'exposition cumulée à la chaleur les jours précédents**

L'effet cumulatif de plusieurs jours consécutifs d'exposition à la canicule sur la mortalité a été étudié sur les décès survenus pour chaque département chez les sujets de 75 ans ou plus (figure III.5). Le nombre de décès a augmenté dès le 1er jour où une température maximale de plus de 35 °C a été enregistrée. Cependant, plus le nombre de jours cumulés au-delà de 35°C a été élevé dans un département, plus l'augmentation du nombre de décès y a été forte. Ainsi, entre le 1er et le 20 août, 1258 personnes de plus de 75 ans sont décédées dans des départements où l'on enregistrait depuis 9 jours consécutifs une température maximale de plus de 35°C. Une telle augmentation n'a pas été observée en cumulant des températures maximales entre 30 et 35°C.

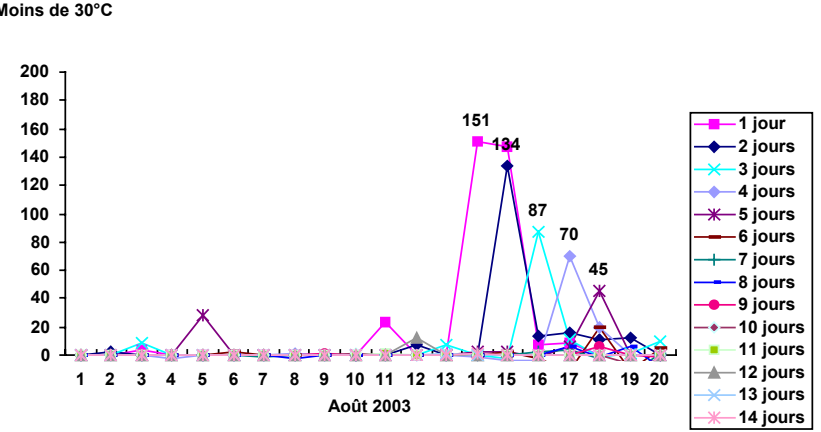
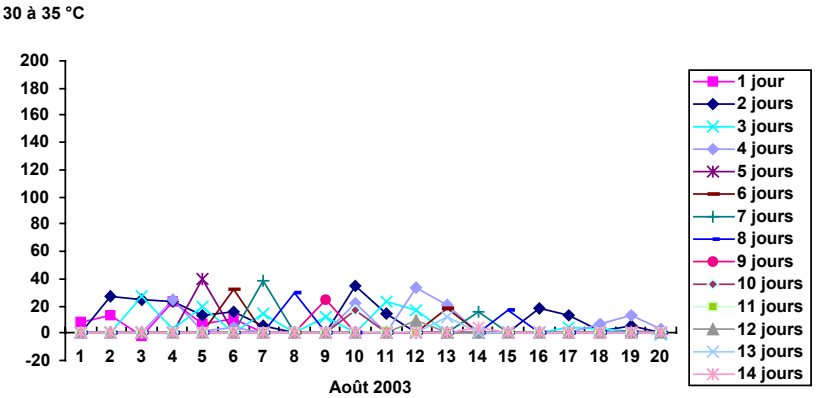
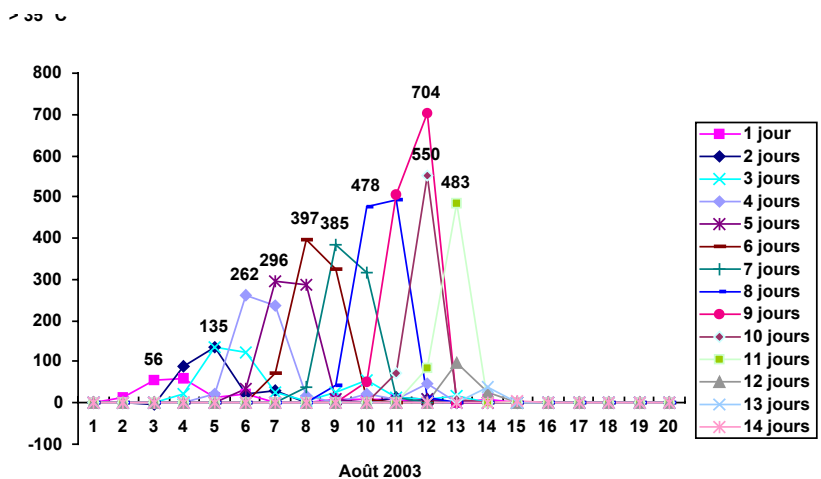
FIGURE III.5 : Surmortalité observée chez les sujets de 75 ans ou plus en fonction du nombre de jours d'affilée où le département a connu une température de plus de 35°C, de 30 à 35 °C ou de moins de 30°C



La figure III.6 décrit le nombre de décès survenus chaque jour chez des sujets de 75 ans ou plus entre le 1er et le 20 août, en considérant le cumul de jours consécutifs de leur département au-dessus de 35°C, entre 30 et 35°C ou en dessous de 30°C précédant immédiatement le décès. A titre d'exemple, 296 décès sont classés dans la catégorie "5 jours au dessus de 35°C" le 7 août, parce qu'ils ont été comptabilisés par des départements ayant enregistré des températures maximales moyennes de plus de 35°C les 3,4,5,6 et 7 août. La surmortalité la plus forte a été observée le 12 août, qui correspondait pour beaucoup de sujets, aux 9ème jour (pour 704 décès) ou 10ème jour (pour 550 décès) consécutif au-delà de 35°C. On a observé beaucoup moins de décès dans les départements où la température se maintenait durablement entre 30 et 35°C. En revanche, on constate une surmortalité à partir du 13 août dans les départements repassant pour la première fois du mois d'août en dessous de 30°C (151 décès au premier jour en dessous de 30°C), décroissante avec le nombre de jours passés à moins de 30°C et l'on compte encore 45 décès dans les

départements revenus depuis 5 jours à des températures inférieures à 30°C.

FIGURE III.6: Surmortalité observée chez les sujets 75 ans ou plus au cours des 20 premiers jours d'août 2003 en fonction du nombre de jours d'affilée où leur département a connu une température de plus de 35°C (en haut), de 30 à 35 °C (au centre) ou de moins de 30°C (an bas). Chaque courbe indique le nombre de décès survenus chaque jour dans les départements ayant cumulé de 1 à 14 jours consécutifs dans la catégorie de température.



III.5 FACTEURS MODULANT LA SURMORTALITE LIEE A LA VAGUE DE CHALEUR.

- **Surmortalité en fonction du nombre de jours "de grande chaleur"**

La vague de chaleur d'août 2003 a été caractérisée à la fois par une intensité et une durée particulièrement importantes. Pour tenir compte simultanément de ces deux facteurs, nous avons caractérisé l'exposition à la chaleur observée dans chacun des départements métropolitains au cours de la période critique du 1^{er} au 20 août 2003 par le nombre de jours "de grande chaleur", que nous avons définis comme les jours au cours desquels on a observé simultanément une température maximale moyennée sur le département supérieure ou égale à 35°C et une température minimale moyennée sur le département supérieure ou égale à 20°C. Le tableau III- 4 présente les résultats de cette analyse.

TABLEAU III- 4 Relation entre la surmortalité et le nombre de jours où la température maximale a été d'au moins 35°C et la température minimale d'au moins 20°C (1 au 20 août)

	Nombre de départements	<45 ans			45-74 ans			75 ans et +			Tous âges		
		O	E	O/E	O	E	O/E	O	E	O/E	O	E	O/E
≤ 1 jour	38	678	645,9	1,0	4034	3542,7	1,1	9414	6359,7	1,5	14126	10548,3	1,3
2-5 jours	26	493	440,5	1,1	3018	2323,3	1,3	7527	4493,4	1,7	11038	7257,2	1,5
> 5 jours	31	677	620,1	1,1	4189	2924,7	1,4	11591	5468,4	2,1	16457	9013,2	1,8

La surmortalité, dont la valeur globale est de + 54% pour la France métropolitaine, a été modérée, mais non négligeable, dans les départements où l'on a observé au maximum 1 jour de grande chaleur (+ 34%), plus importante dans les départements où l'on a observé 2 à 5 jours de grande chaleur (+ 52%), et très élevée dans les départements où l'on a observé plus de 5 jours de grande chaleur (+ 83%).

- **Surmortalité en fonction du degré d'urbanisation**

Le tableau III-5 indique les nombres de décès observés et attendus au cours de la période du 1^{er} au 20 août 2003 en fonction de la tranche d'unité urbaine.

La surmortalité, de + 54 % France entière, a été moins importante, bien que marquée, dans les zones rurales, les petites agglomérations et les villes de moyenne et de grande taille (environ + 40 % pour toutes ces catégories de communes), et très élevée dans la région parisienne où elle a plus que doublé (+ 141 %).

TABLEAU III.5 : Nombres de décès observés (O) et attendus (E) au cours de la période du 1^{er} au 20 août 2003 en fonction de la tranche d'unité urbaine

		0-44 ans	45-74 ans	75 ans et plus	Tous âges
<i>Commune rurale</i>	O	333	1203	3259	4795
	E	294,1	1021,4	2209,3	3524,8
	O-E	38,9	181,6	1049,7	1270,2
	O / E	1,1	1,2	1,5	1,4
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de moins de 5 000 habitants</i>	O	56	457	1784	2297
	E	68,6	356,2	1062,7	1487,5
	O-E	-12,6	100,8	721,3	809,5
	O / E	0,8	1,3	1,7	1,5
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de 5 000 à 9 999 habitants</i>	O	72	515	1999	2586
	E	64,7	442,0	1247,8	1754,6
	O-E	7,3	73,0	751,2	831,4
	O / E	1,1	1,2	1,6	1,5
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de 10 000 à 19 999 habitants</i>	O	73	631	2009	2713
	E	75,9	522,2	1270,1	1868,2
	O-E	-2,9	108,8	738,9	844,8
	O / E	1,0	1,2	1,6	1,5
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de 20 000 à 49 999 habitants</i>	O	120	1134	2829	4083
	E	114,6	882,9	1796,6	2794,1
	O-E	5,4	251,1	1032,4	1288,9
	O / E	1,0	1,3	1,6	1,5
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de 50 000 à 99 999 habitants</i>	O	185	1268	2950	4403
	E	147,6	1078,0	1879,8	3105,4
	O-E	37,4	190,0	1070,2	1297,6
	O / E	1,3	1,2	1,6	1,4
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de 100 000 à 199 999 habitants</i>	O	151	925	1945	3021
	E	136,8	786,0	1236,7	2159,6
	O-E	14,2	139,0	708,3	861,4
	O / E	1,1	1,2	1,6	1,4
<i>Commune appartenant à une unité urbaine de moins de 200 000 à 1 999 999 habitants</i>	O	550	3097	6370	10017
	E	546,8	2607,4	3904,3	7058,6
	O-E	3,2	489,6	2465,7	2958,4
	O / E	1,0	1,2	1,6	1,4
<i>Commune appartenant à l'unité urbaine de Paris</i>	O	308	2010	5387	7705
	E	267,5	1139,1	1790,4	3197,0
	O-E	40,5	870,9	3596,6	4508,0
	O / E	1,2	1,8	3,0	2,4
TOTAL	O	1848	11240	28532	41620
	E	1716,6	8835,4	16397,8	26949,7
	O-E	131,4	2404,6	12134,2	14670,3
	O / E	1,1	1,3	1,7	1,5

- **Surmortalité en fonction de l'âge, du sexe, du degré d'urbanisation et du nombre de jours de "grande chaleur"**

Chacun des facteurs que nous avons étudiés —âge, sexe, degré d'urbanisation et nombre de jours de "grande chaleur"— est associé au niveau de la surmortalité :

- l'âge des sujets, avec une surmortalité non significative jusqu'à 45 ans (+ 10 %),

significative de 45 à 74 ans (+ 30 %) et très élevée à partir de 75 ans (+ 70 %),

- la disparité entre femmes et hommes, avec une surmortalité de + 40 % chez les hommes et de + 70% chez les femmes,
- le nombre de jours "de grande chaleur" avec une surmortalité s'accroissant de + 34 % à + 183 % selon ce nombre de ces jours,
- le degré d'urbanisation, avec une surmortalité variant d'environ + 40 % aussi bien en zone rurale que dans les communes et villes de moins de 2 millions d'habitants, et une surmortalité de + 141 % à Paris.

Nous avons également étudié ces quatre facteurs conjointement. Chacun d'entre eux s'avère avoir une influence propre sur le niveau de la surmortalité. Avec une régularité remarquable, on passe en effet :

- d'une surmortalité non significative chez les hommes de moins de 45 ans, exposés au maximum à un jour de grande chaleur en dehors de Paris, à une surmortalité de + 135 % chez les hommes de 75 ans et plus, exposés à plus de 5 jours de grande chaleur, à Paris,
- d'une surmortalité non significative chez les femmes de moins de 45 ans, exposées à un jour ou moins de grande chaleur, en dehors de Paris, à une surmortalité de + 257 % chez les femmes, âgées de 75 ans et plus, exposées à plus de 5 jours de grande chaleur à Paris.

III.6 LIEU DE DECES

L'objectif de cette analyse est de caractériser la surmortalité observée au mois d'août en fonction du lieu de décès des sujets. Le lieu de décès est renseigné à la mairie par l'officier d'état civil. Il figure sur le bulletin 7 et sur l'avis 7 bis. Une source complémentaire est le certificat de décès où une question sur le lieu de décès figure dans la partie médicale (information renseignée par le médecin certificateur). L'analyse du lieu de décès a été basée sur l'avis 7 bis (source Insee). La source "certificats de décès" a permis de valider les résultats. Les catégories analysées sont les suivantes : domicile, hôpital, clinique privée, maison de retraite et voie publique. L'étude a été effectuée au niveau de la France entière en fonction du sexe et selon deux groupes d'âge (< 75 ans et \geq 75 ans). Pour caractériser la surmortalité, les effectifs de décès correspondant à chaque lieu de décès et survenus du 1 au 20 août 2003 ont été comparés aux effectifs de la même période pour la moyenne des années 2000, 2001 et 2002. Les lieux de décès non déclarés représentent 5% des décès (proportion stable de 2000 à 2003) et n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

Le Tableau III-6 présente les augmentations de mortalité selon le lieu de décès, le sexe et l'âge. Les

accroissements les plus marqués des effectifs de décès sont observés dans les maisons de retraite (nombre de décès multiplié par 2,0 correspondant à un excès de 2640 décès) et pour les décès survenus à domicile (nombre de décès multiplié par 1,7, excès de 4857 décès). Viennent ensuite les hôpitaux (nombre de décès multiplié par 1,5, excès de 5866 décès) et les cliniques privées (nombre de décès multiplié par 1,2, excès de 461 décès). Le nombre de décès survenus sur la voie publique n'a pas varié par rapport aux années précédentes. Cette hiérarchie de l'importance de l'excès de mortalité en fonction des lieux de décès s'observe quels que soient le sexe et le groupe d'âge. Les augmentations les plus marquées concernent les femmes de plus de 75 ans décédées dans des maisons de retraites et à domicile. Dans ces deux lieux, le nombre de décès a plus que doublé. Quel que soit le lieu de décès, les variations de mortalité sont plus prononcées pour les femmes et pour les sujets de 75 ans et plus.

TABLEAU III-6 : Surmortalité observée du 1 au 20 août en France selon le lieu de décès (1)

Lieu de décès	Tous âges			<75 ans			≥75 ans		
	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes
Domicile	1,7	1,5	1,9	1,4	1,4	1,6	1,9	1,6	2,1
Hôpitaux	1,5	1,3	1,6	1,2	1,2	1,2	1,6	1,5	1,7
Clinique privée	1,2	1,2	1,3	1,0	-1	1,1	1,3	1,3	1,4
Maison de retraite	2,0	1,8	2,1	1,8	1,8	1,9	2,0	1,8	2,1
Voie publique	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,1

(1) Rapport du nombre de décès survenus du 1 au 20 août entre l'année 2003 et la moyenne des années 2000 à 2002 (ex : 1,7 signifie que l'effectif des décès survenus à domicile pour les femmes a été multiplié par 1,7)

Le tableau III-7 indique la répartition du nombre de décès supplémentaires en fonction du lieu de décès : 42% de ces décès sont survenus dans des hôpitaux, 35% à domicile, 19% dans des maisons de retraite ou hospices et 3% en clinique privée. Cette répartition est proche pour les hommes et pour les femmes. On note cependant la proportion plus importante de décès survenus en maison de retraite pour les femmes (22% contre 13% chez les hommes) et pour les plus de 75 ans (24% contre 15% pour les moins de 75 ans).

L'interprétation des résultats précédents doit être prudente dans la mesure où l'état de santé des sujets résidant ou transférés dans les différentes structures de soins varie et que ce facteur est déterminant pour expliquer le niveau de mortalité.

TABLEAU III-7 : Répartition des décès en excès du 1 au 20 août 2003 (%) selon le lieu de décès – tous âges (1)

Lieu de décès	Total		Hommes		Femmes	
	Nombre de décès en excès	%	Nombre de décès en excès	%	Nombre de décès en excès	%
Domicile	4857	35	1809	37	3048	34
Hôpitaux	5866	42	2280	46	3586	40
Clinique privée	461	3	187	4	274	3
Maison de retraite	2640	19	638	13	2002	22
Ensemble	13824	100	4914	100	8910	100

Les décès dont le lieu n'est pas déclaré ne sont pas pris en compte dans ce tableau. (35 signifie que, chez les hommes, 35% des décès en excès sont survenus à domicile)

III.7 CAUSES MEDICALES DE DECES

Les données documentant des épisodes précédents de canicule mettent en évidence un accroissement marqué des décès par maladies cardiovasculaires (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, insuffisance cardiaque) et maladies des voies respiratoires. Certaines études rapportent également une augmentation des décès par troubles du métabolisme, troubles mentaux, diabète, maladies du système génito-urinaire et par morts violentes (accidents, suicides, homicides). A l'inverse, les effectifs de décès par cancer semblent peu augmentés lors des périodes de canicule.

L'analyse de l'ensemble des causes médicales des décès survenus durant la canicule d'août 2003 en France (environ 56 000 certificats de décès) sera basée sur le codage de ces causes selon la Classification Internationale des Maladies (CIM). Ce travail très long est actuellement en cours à l'INSERM-CépiDc et ne peut pas être terminé dans le temps imparti pour ce rapport d'étape de la mission. Cependant, à ce stade de l'étude, nous avons tenu à fournir une première information sur les causes médicales de décès en codant et en analysant les certificats médicaux de décès sur une zone géographique limitée. Pour cela, nous avons choisi la région Centre, particulièrement touchée par la canicule de 2003 en termes de surmortalité. La surmortalité dans cette région a été en effet de 100% et les six départements la constituant ont été très atteints (de 70% à 130%).

Les objectifs de cette étude sont de caractériser les causes médicales de décès de la région Centre qui ont le plus augmenté et d'estimer le poids des différentes causes de décès par rapport à la surmortalité globale observée. L'analyse a concerné l'ensemble des décès survenus entre le 1^{er} et le 20 août. Elle est effectuée selon le sexe et en fonction de deux groupes d'âge (moins de 75 ans et 75 ans et plus). La référence prise en compte pour l'estimation des excès de décès est la structure de la mortalité par cause observée durant la même période au cours de l'année 2000 (année la plus récente pour laquelle l'INSERM-CépiDc dispose d'une analyse validée de l'ensemble des causes de décès). Cette année de référence est éloignée de 3 ans de la période actuelle, mais l'étude de la variation du nombre total de décès de 2000 à 2002 dans la région Centre indique une grande stabilité du nombre

de décès (respectivement, sur la période du 1er au 20 août, 1170, 1158 et 1184 décès comparés aux 2428 observés en 2003). De plus, la répartition par âge de ces décès a également très peu varié.

Le tableau III-8 indique la surmortalité observée en 2003 du 1er au 20 août par rapport à l'année 2000 sur la même période par groupe de pathologies et par sexe, ainsi que le nombre de décès correspondant pour 2003. La surmortalité est exprimée par le rapport entre le nombre de décès 2003 et le nombre de décès 2000 par groupe de pathologies. Ainsi une surmortalité de 3,4 pour les maladies de l'appareil génito-urinaire signifie qu'il est survenu 3,4 fois plus de décès en 2003 qu'en 2000. Plus la surmortalité est élevée pour une pathologie, plus les personnes souffrant de cette pathologie ont été touchées par la canicule. Le tableau est classé par ordre décroissant de surmortalité selon les pathologies. Pour la période du 1er au 20 août, le nombre de décès de la région Centre a été multiplié par 2,1 en 2003 (2428 décès en 2003 et 1170 décès en 2000, soit un excès de 1258 décès). Les augmentations les plus importantes sont observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur (coup de chaleur, déshydratation, hyperthermie). Ces causes de décès étaient en très petit nombre en 2000 (11 décès) ce qui explique l'importance du ratio de mortalité observé (nombre de décès multiplié par 30). Viennent ensuite les maladies de l'appareil génito-urinaire et les maladies de l'appareil respiratoire. La plupart des autres causes de décès est concerné par la surmortalité mais avec des accroissements nettement moins marqués pour les tumeurs, pour les suicides et pour les accidents de la circulation. Quelle que soit la cause de décès, la surmortalité est plus importante pour les femmes à l'exception des troubles mentaux, des maladies de l'appareil digestif, des tumeurs, des suicides et des accidents de la circulation. Cette tendance ne s'explique pas seulement par l'âge plus élevé des femmes puisque lorsque l'on restreint l'analyse aux personnes de plus de 75 ans, on retrouve cet excès de décès chez les femmes pour la plupart des causes de décès. Cependant, la relation sexe, âge, causes médicales de décès nécessitera une analyse approfondie sur la totalité des décès de la France métropolitaine.

Tableau III-8 - Surmortalité par causes médicales de décès observée du 1 au 20 août dans la région Centre (1) et nombre de décès en 2003

Causes de décès	Surmortalité 2003/2001 (1)			Nombres de décès en 2003		
	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes
Coup de chaleur, déshydratation, hyperthermie	34,0	28,3	37,3	374	113	261
Maladies de l'appareil génito-urinaire	3,4	2,5	5,5	47	25	22
Maladies de l'appareil respiratoire	2,8	2,4	3,4	150	69	81
Maladies d'Alzheimer, de Parkinson,...	2,6	2,1	3,1	81	29	52
Diabète	2,6	2,1	3,3	58	25	33
Troubles mentaux	2,4	2,7	2,2	112	56	56
Maladies infectieuses	2,4	1,3	5,1	58	22	36
Cardiopathies ischémiques	2,1	2,2	2,1	177	90	87
Chutes accidentelles	2,0	1,2	2,7	26	7	19
Maladies de l'appareil digestif	1,8	1,9	1,6	70	33	37
Autres maladies de l'appareil circulatoire	1,7	1,4	2,0	309	124	185
Maladies cérébrovasculaires	1,4	1,1	1,7	126	45	81
Tumeurs	1,2	1,3	1,1	425	259	166
Suicides	1,2	1,2	1,0	37	28	9
Accidents de la circulation	1,1	1,1	0,8	21	16	5
Ensemble	2,1	1,7	2,4	2428	1065	1363

(1) Rapport du nombre de décès observés du 1 au 20 août 2003 au nombre de décès observés en du 1 au 20 août 2000.

Le rapport de 2,8 calculé pour les maladies de l'appareil respiratoire signifie que, dans la région Centre, pour la période observée, 2,8 fois plus de décès ont été enregistrés en 2003 qu'en 2000. Pour l'ensemble des pathologies, on a enregistré 2,1 fois plus de décès sur la même période.

Le tableau III-9 donne la répartition de la surmortalité par sexe et âge selon le même principe de calcul que pour le tableau III-8. Lorsque les effectifs sont trop petits pour avoir une signification statistique, ils ne sont pas mentionnés. Pour l'ensemble des pathologies, la surmortalité est plus élevée chez les sujets de plus de 75 ans (2,4) que chez les sujets moins âgés (1,5). La répartition par pathologie montre que, si la surmortalité est généralement plus marquée pour les personnes de plus de 75 ans, on constate, pour certaines causes de décès, des augmentations très nettes pour les sujets de moins de 75 ans. En particulier, les troubles mentaux (principalement la dépendance alcoolique) et les maladies de l'appareil digestif ont entraîné une surmortalité supérieure chez les sujets de moins de 75 ans.

Tableau III-9 - Surmortalité par causes médicales de décès observée du 1 au 20 août dans la région Centre selon l'âge (1)

Causes de décès	<75 ans			≥75 ans		
	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes
Coup de chaleur, déshydratation, hyperthermie	>>>	>>>	>>>	29,7	20,3	35,1
Maladies de l'appareil génito-urinaire	---	---	---	3,2	2,4	4,8
Maladies de l'appareil respiratoire	1,8	2,0	---	3,0	2,5	3,5
Maladie d'Alzheimer, de Parkinson...	---	---	---	2,7	2,2	3,1
Diabète	1,8	2,0	1,5	3,2	2,1	4,5
Troubles mentaux	6,0	5,7	8,0	1,8	1,5	1,9
Maladies infectieuses	0,9	---	---	3,9	2,3	6,2
Cardiopathies ischémiques	1,9	2,1	---	2,2	2,3	2,1
Chutes accidentelles	---	---	---	1,9	1,0	2,3
Maladies de l'appareil digestif	2,4	2,6	---	1,5	1,5	1,4
Autres maladies de l'appareil circulatoire	2,0	2,2	1,6	1,6	1,2	2,0
Maladies cérébrovasculaires	0,8	0,8	---	1,7	1,3	2,0
Tumeurs	1,0	1,0	0,9	1,4	1,6	1,2
Suicides	1,2	1,3	0,9	1,2	1,0	---
Accidents de la circulation	0,9	1,0	---	---	---	---
Ensemble	1,5	1,5	1,4	2,4	1,9	2,8

(1) Rapport du nombre de décès observés du 1 au 20 août 2003 au nombre de décès observés en du 1 au 20 août 2000.

>>> L'indicateur ne peut pas être calculé car il n'y a pas eu de décès en 2000 chez les moins de 75 ans pour ces pathologies.

--- Les effectifs de décès peuvent être faibles pour les moins de 75 ans (la surmortalité n'est pas indiquée lorsque ces effectifs sont trop faibles)

Le rapport de 1,9 calculé pour les cardiopathies ischémiques signifie que, dans la région Centre, pour la période observée, 1,9 fois plus de décès ont été enregistrés en 2003 qu'en 2000. Pour l'ensemble des pathologies, on a enregistré 2,4 fois plus de décès sur la même période chez les plus de 75 ans.

Le tableau III-10 présente, pour un groupe de pathologie donné, le rapport entre le nombre de décès liés à cette pathologie et le nombre total de décès. Cet indicateur est calculé pour les décès en excès en 2003 (différence entre le nombre de décès en 2003 et en 2000) et pour les décès de 2000. Une valeur de 10 pour les maladies de l'appareil circulatoire signifie que ces maladies sont responsables de 10% de l'ensemble des décès. Par rapport aux ratios de mortalité présentés dans les tableaux précédents, cet indicateur prend en compte le nombre de décès relatifs à chaque groupe de pathologies. On note que la canicule a fortement modifié la structure habituelle de la mortalité par causes que l'on observait en 2000. En 2000, les tumeurs (30,4% des décès) et les maladies de l'appareil circulatoire (30,2%) avaient le poids le plus élevé dans l'ensemble de la mortalité. Dans les décès en excès de 2003, les tumeurs représentent 5,5% contre 28,9% pour les causes liées directement à la canicule, 20,6% pour les maladies de l'appareil circulatoire et 7,7% pour les maladies de l'appareil respiratoire.

Cette première analyse des causes médicales de décès liées à la vague de chaleur d'août 2003 dans la région Centre, met en évidence une modification profonde de la hiérarchie des causes de décès habituellement observée. Les résultats sont cohérents avec la description d'épisodes caniculaires antérieurs. Cependant, il sera nécessaire dans une prochaine étape, d'étudier la répartition des causes médicales de décès en excès pour l'ensemble de la France métropolitaine afin d'obtenir une vue plus précise de l'impact de la canicule.

Tableau III-10 – Poids des causes de décès (%) par rapport à l'excès général de surmortalité (décès observés du 1 au 20 août dans la région Centre (1))

Causes de décès	Causes de décès en excès en 2003			Causes de décès en 2000		
	Total %	Hommes %	Femmes %	Total %	Hommes %	Femmes %
Coup de chaleur, déshydratation, hyperthermie...	28,9	24,1	31,6	0,9	0,7	1,3
Maladies de l'appareil circulatoire	20,6	19,4	21,2	30,2	27,9	32,6
Maladies de l'appareil respiratoire	7,7	8,8	7,1	4,5	4,7	4,3
Tumeurs	5,5	12,4	1,6	30,4	33,2	27,4
Troubles mentaux	5,2	7,7	3,7	4,0	3,4	4,7
Maladies d'Alzheimer, de Parkinson...	4,0	3,3	4,3	2,6	2,3	3,0
Diabète	2,9	2,9	2,9	1,9	2,0	1,8
Maladies infectieuses	2,7	1,1	3,6	2,1	2,8	1,3
Morts violentes (accidents, suicide, homicide)	2,7	2,4	2,9	8,6	11,1	5,9
Maladies de l'appareil génito-urinaire	2,6	3,3	2,2	1,2	1,6	0,7
Maladies de l'appareil digestif	2,4	3,5	1,7	3,4	2,8	4,1
Autres	14,8	11,1	17,2	10,2	7,5	12,9
Ensemble	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(1) Pourcentage du nombre de décès observés du 1 au 20 août 2003 dans la région Centre au nombre total de décès observés.

Le pourcentage de 20,6 calculé pour les maladies de l'appareil circulatoire signifie que ces maladies sont responsables de 20,6% de la surmortalité en 2003 sur la période étudiée dans la région Centre. En 2002, les maladies de l'appareil circulatoire étaient responsable de 4,5% des décès sur la même période dans la région Centre.

IV. DISCUSSION

IV.1 SYNTHÈSE DES RESULTATS

Des analyse précédentes, un certain nombre de résultats importants ressortent clairement :

(1) La France métropolitaine a connu dans la première quinzaine d'août 2003 une vague de chaleur d'une intensité et d'une durée sans précédent depuis le début des enregistrements météorologiques au 19^{ème} siècle.

(2) Cette vague de chaleur s'est accompagnée d'une vague de surmortalité à court terme d'une importance également exceptionnelle :

- pour la seule journée du 4 août près de 300 décès ont été observés en excès par rapport aux années précédentes,
- l'excès a augmenté régulièrement et massivement jusqu'à atteindre, pour la journée du 12 août plus de 2 000 décès,
- à partir du 19 août et au cours de la semaine qui a suivi la mortalité quotidienne a retrouvé un niveau normal.

Au total, le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 400 le 4 août, 3 900 le 8 août, 10 600 le 12 août et 14 800 le 20 août, soit une augmentation de 60% par rapport à la mortalité attendue.

(3) Sur la base des informations disponibles à cette étape, il est encore difficile de savoir s'il y a eu une augmentation de la mortalité des sujets de moins de 45 ans, l'estimation étant plus incertaine sur ces effectifs faibles. La surmortalité observée à partir de 45 ans est importante, croissante avec l'âge : +20% chez les sujets âgés de 45 à 54 ans, +40% chez les sujets âgés de 55 à 74 ans, +70% chez les sujets âgés de 75 à 94 ans et +120 % chez les sujets de 95 ans et plus.

(4) L'importante surmortalité observée entre le 1^{er} au 20 août 2003 a concerné aussi bien les femmes que les hommes. Toutefois, la surmortalité observée chez les femmes (+70%) est sensiblement plus élevée que celle qui a été observée chez les hommes (+40%).

(5) La surmortalité a été particulièrement importante dans les régions Centre (+103 %) et Ile-de-France (+134 %), notamment dans l'agglomération parisienne~ : +127% à Paris , +147% dans

l'Essonne, + 161% dans les Hauts-de-Seine, +160% en Seine Saint-Denis et +171% dans le Val de Marne .

(6) L'analyse de la relation spatio-temporelle entre la surmortalité et le degré d'élévation de la température a permis de mettre en évidence une surmortalité du 1^{er} au 20 août significative même dans les départements où le nombre de jours de canicule était faible. Cette surmortalité était plus élevée dans les populations des départements exposées à 2 à 5 jours de grande chaleur ce type (+52%) et plus élevée encore dans les populations des départements exposées à 6 jours ou plus de grande chaleur (+83%).

(7) Les départements ont subi une surmortalité d'autant plus importante que le nombre de jours consécutifs avec des maximales supérieures à 35°C a été élevé. Ainsi, chez les sujets de 75 ans et plus, plus de 1200 décès ont été observés après 9 jours d'affilée dépassant 35°C. La surmortalité a ensuite décliné progressivement après le retour des maximales au-dessous de 30°C.

(8) Nous avons également montré que les différents facteurs associés à la surmortalité —âge, sexe, degré d'urbanisation, durée de la canicule— agissaient de façon synergique.

(9) Les nombres de décès qui ont eu lieu à domicile et en maison de retraite ont été multipliés environ par 2 par rapport à leur valeur habituelle. Au total, 42% des décès en excès sont survenus dans des hôpitaux, 35% à domicile, 19% dans des maisons de retraite et 3% en clinique privée. L'interprétation de ces résultats doit être faite avec prudence dans la mesure où l'état de santé des sujets résidant ou transférés dans les différentes structures de soins varie et que ce facteur est déterminant pour expliquer le niveau de mortalité.

(10) Les augmentations de mortalité les plus importantes sont observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur : déshydratation, hyperthermie, canicule. Viennent ensuite les maladies de l'appareil génito-urinaire et les maladies de l'appareil respiratoire. La plupart des autres causes de décès sont concernées par la surmortalité mais avec des progressions nettement moins marquées pour les tumeurs, pour les suicides et pour les accidents de la circulation.

La canicule a fortement modifié la répartition habituelle de la mortalité par causes. Dans les décès en excès de 2003, les causes liées directement à la canicule représentent 28,9% du total des décès, proportion négligeable les années précédentes, alors que les tumeurs représentent 5,5% des décès, contre 30,4% dans la structure habituelle de la mortalité.

IV.2 Cadrage des résultats par rapport aux observations épidémiologiques faites sur d'autres vagues de chaleur

- *En France*

Dans l'historique des vagues de chaleur documentées en France depuis une cinquantaine d'année, METEO-FRANCE souligne l'importance de celle survenue en 1976. Cet excès de canicule est intéressant à mettre en perspective avec celui de 2003 car, contrairement à la canicule de 1983 concentré dans les Bouches-du-Rhône, il a touché une grande partie du pays : Sud-Ouest et Ouest puis Ile-de-France et Champagne. Le pic de chaleur a duré environ 10 jours de fin juin à début juillet. L'étude des nombres de décès quotidiens observés en France entre 1972 et 1999 durant les mois de juin, juillet et août individualise clairement une surmortalité inhabituelle de très forte amplitude correspondant à la période de canicule de 1976. Nous n'avons pas trouvé de référence bibliographique ayant traité de la surmortalité induite par ce pic de chaleur.

Aussi, dans le cadre de ce rapport, nous avons conduit une analyse spécifique des caractéristiques de la surmortalité correspondant à la canicule de 1976. L'étude a été effectuée en comparant au niveau national, les effectifs de décès du 24 juin au 7 juillet 1976 à la moyenne des effectifs de décès pour la même période durant les trois années précédentes (1973 à 1975). L'excès de mortalité est très important même s'il n'atteint pas celui observé en 2003. Ainsi entre le 24 juin et le 7 juillet 1976, on comptabilise environ 6000 décès supplémentaires par rapport aux années précédentes (+30%). De plus, la forme de la courbe de mortalité jour par jour ressemble à celle observée en 2003. Ce sont les personnes âgées et les femmes qui ont été le plus touchées : pour les plus de 95 ans, augmentation de 74% de la mortalité chez les femmes et de 45% chez les hommes ; entre 75 et 94 ans, +45% chez les femmes et +35% chez les hommes. Les nourrissons (moins d'un an) n'ont pas été concernés par cette surmortalité. Cependant, à partir de 15 ans, on note une surmortalité d'environ +20% quelle que soit la classe d'âge considérée (même si le nombre de décès correspondant est peu important par rapport à celui des personnes âgées). La surmortalité s'observe quel que soit le lieu de décès mais les excès maximum sont constatés en maison de retraite - hospice (+86%), et en clinique privée (+50%). Viennent ensuite les hôpitaux (+37%) et le domicile (+19%). En prenant en compte les effectifs de décès dans chaque structure, le nombre de décès en excès se répartit ainsi : hôpital (43%), domicile (33%), maisons de retraite (13%), clinique privée (4%) et autres (17%). Par rapport à 2003, on note surtout la moindre progression durant le pic de chaleur des décès à domicile. La surmortalité la plus élevée a été observée à Paris et dans son agglomération (+71%). Pour les autres zones urbaines, la surmortalité a été relativement constante quelle que soit leur taille (environ +30%). Par contre, une surmortalité moindre s'observe pour les communes

rurales (+20%). Au total l'excès de nombre de décès s'est réparti en 50% pour les villes de plus de 200 000 habitants, 17% pour les communes rurales et 33% pour les autres villes. Deux types de causes de décès ont été particulièrement concernées par l'excès de mortalité : les maladies respiratoires et les accidents vasculaires cérébraux (+59% et +48%). En comparaison, les décès par cardiopathies ischémiques (+12%) et par tumeurs (+13%) ont moins progressé. L'impact particulièrement prononcé de la mortalité sur les décès par accidents vasculaires cérébraux n'est pas retrouvé en 2003.

- *A l'étranger*

Le tableau IV-1 synthétise les caractéristiques de neuf vagues de chaleur importantes qui ont été documentées dans la littérature scientifique. Pour aucune d'entre-elles, on n'observe des tendances aussi exceptionnelles que celles de la canicule d'août 2003 en France, que ce soit en termes de durée, d'intensité et d'étendue géographique de la canicule. De même, les effectifs de décès en excès correspondant ne sont pas du même ordre. Une synthèse des études traitant de l'impact des pics de canicule sur les niveaux de mortalité a été réalisée récemment à partir de deux revues de la littérature internationale (Besancenot-2002 et Basu-Samet-2002). Ces études mettent clairement en évidence les spécificités des populations les plus à risque : personnes âgées, personnes isolées, faibles niveaux socio-économiques. Le type d'habitat constitue un facteur important de surmortalité (logements mal ventilés et non climatisés, densité de construction). Les centres des villes sont davantage atteints (îlot de chaleur urbain). Les causes de décès les plus augmentées lors des vagues de chaleur sont les maladies cérébro-vasculaires, les cardiopathies ischémiques et les maladies respiratoires. Ces études mettent également en évidence l'impact de consommations excessives de médicaments (en particulier tranquillisants). Des températures minimales élevées jouent un rôle important (par absence de récupération nocturne). La qualité de l'air (pollution et humidité atmosphérique) et la chaleur interviennent en synergie avec la montée de la température. Certaines études montrent également l'impact de la mise en œuvre de mesures de prévention décidée à l'occasion de ces crises sanitaires, sur la diminution de la surmortalité lors des vagues de chaleur suivantes.

Tableau IV-1- Vagues de chaleur documentées à l'étranger

Référence	Lieu	Caractéristiques de la canicule				Surmortalité	
		Année	Mois	Durée	T maximale	Toutes causes	"chaleur excessive"
Oechsli et al, 1970	Los Angeles, USA	1955	Septembre	9 jours	39,3°C	946 (122%)	-
Oechsli et al, 1970	Los Angeles, USA	1963	Septembre.	8 jours	39°C	580 (172%)	-
Ellis et al, 1975	New York, USA	1972	Juillet	14 jours	34,4°C	891	-
Smoye et al, 1998r	St Louis Missouri, USA	1980	Juillet	13 jours	41,7°C	(57%)	308
Katsouyanni et al, 1988	Athènes, Grèce	1987	Juillet	10 jours	44°C	2000	926
CDC et al, 1994	Philadelphie, USA	1993	Juillet	8 jours	38,3°C	-	118
Sartor et al, 1995	Belgique	1994	Juillet-Août	-	39,2°C	1226	-
Rooney et al, 1998	Angleterre-P. de Galles ,UK	1995	Juillet-Août	4 jours	35,2°C	619	-
Whitman et al, 1997	Chicago, USA	1995	Juillet	6 jours	40°C	739 (147%)	485

V. CONCLUSIONS, RECOMMANDATIONS ET PROCHAINES ETAPES

V.1 CONCLUSIONS

Au cours de la première quinzaine d'août 2003, la France métropolitaine a connu une vague de chaleur d'une durée et d'une intensité exceptionnelles, clairement associée à une élévation majeure et brutale de la surmortalité à court terme

Les trois sources d'informations dont nous disposions, INSERM, INSEE, InVS sont parvenues à faire remonter et à valider dans la première quinzaine de septembre, les informations sur environ 56 000 décès provenant de plus de 36 000 communes métropolitaines.

En combinant des informations en provenance de ces trois sources, nous avons pu nous assurer que les dénombrements de décès dont nous disposions au 17 septembre pour l'ensemble du mois d'août 2003 en France métropolitaine étaient exhaustifs. La combinaison des sources INSERM et INSEE nous a permis de cerner les principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité d'août 2003. La source INSERM nous a donné une première information sur les causes médicales de décès impliquées dans cette surmortalité.

Au total, la surmortalité observée en août 2003 en France métropolitaine est :

- Majeure : environ 15 000 décès supplémentaires par rapport à la mortalité attendue,
- Synchronisée avec la période de canicule avec une élévation significative de la surmortalité le 4 août, un accroissement régulier jusqu'au pic du 12, une amorce de régression le 13 août, une régression rapide dans les jours qui ont suivi et un retour à une mortalité normale le 19 août. La surmortalité observée est entièrement comprise dans la période du 1^{er} au 20 août et correspond à un excès de +60 % par rapport à la mortalité attendue,
- Sensiblement plus élevée chez les sujets âgés de 75 ans et plus (+70%) mais très importante également dans toutes les classes d'âges comprises entre 45 et 74 ans (+30%),
- Marquée chez les hommes (+40%) mais plus encore chez les femmes (+60%),
- Très prononcée dans les régions Centre et Ile-de-France où la mortalité a plus que doublé, la région Ile-de-France totalisant à elle seule près du tiers de l'ensemble de la surmortalité observée en métropole. Elle est particulièrement importante dans l'agglomération parisienne : +147% à Paris, +150% dans l'Essonne, +161 % dans les Hauts-de-Seine, +160 % en Seine Saint-Denis et +171% dans le Val de Marne

- Clairement liée au nombre de jour d'exposition des populations à une chaleur particulièrement importante.

Quarante-deux pour cent des décès en excès sont survenus dans des hôpitaux, 35% à domicile, 19% dans des maisons de retraite et 3% en clinique privée. Les nombres de décès qui ont eu lieu à domicile et en maison de retraite ont été multipliés environ par 2 par rapport à leur valeur habituelle.

Les augmentations de mortalité les plus importantes sont observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur : coup de chaleur, déshydratation, hyperthermie. Viennent ensuite les maladies de l'appareil génito-urinaire et les maladies de l'appareil respiratoire. La plupart des causes de décès sont concernées par la surmortalité mais avec des progressions nettement moins marquées pour les tumeurs, pour les suicides et pour les accidents de la circulation.

La mise en regard de la surmortalité associée à la vague de chaleur d'août 2003 avec les observations relatives à d'autres vagues de chaleur, fait ressortir les éléments suivants

Une élévation brutale de la mortalité à court terme avec la survenue de vagues de chaleur a déjà été observée dans plusieurs pays. Leur analyse épidémiologique a établi l'importance de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur. Elle a également montré l'existence d'une surmortalité croissante avec l'âge, plus importante chez les femmes, dans les études européennes), pour les catégories socio-économiques les moins favorisées et dans les grandes agglomérations urbaines. Le rôle aggravant de la pollution atmosphérique a également été établi.

En France, la vague de chaleur de 2003 peut être rapprochée de la canicule de l'été 1976 qui a été à l'origine d'une surmortalité de 6 000 décès, ces 2 vagues de chaleur partageant de nombreuses caractéristiques épidémiologiques.

Au total, si l'existence d'un accroissement brutal de la mortalité à court terme associé à la survenue de vagues de chaleur a été bien établie, l'analyse de la vague de chaleur d'août 2003 fait clairement ressortir :

- son ampleur exceptionnelle par sa durée, son intensité et son étendue territoriale,
- l'amplitude sans précédent de la surmortalité qui l'a accompagnée,
- la constance des principales caractéristiques épidémiologiques de la surmortalité associée à la survenue de vagues de chaleur.

V.2 RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Sur un plan général

La surmortalité majeure associée à la vague de chaleur d'août 2003 nous semble soulever des questions fondamentales sur la notion d'anticipation à trois échelles de temps distinctes :

- à très court terme, avec la nécessité de mettre en place des dispositifs d'alerte capables d'informer en temps réel de la survenue d'une élévation anormale des appels aux services d'urgence et de la mortalité,
- à court terme, avec la nécessité de mettre en place un dispositif d'alerte fondé sur les prévisions météorologiques et permettant donc d'anticiper de plusieurs jours la survenue d'un risque de surmortalité lié à la survenue d'une vague de chaleur,
- à moyen et long terme avec la mise en place d'un système visant à identifier les dangers pour la santé et la sécurité et à en préciser les contours (nature, existence actuelle ou prévisible, probabilité de survenue, ampleur des effets néfastes possibles).

La mise en place d'une combinaison efficace de ces trois échelles d'anticipation est un objectif de santé publique d'une importance majeure pour laquelle toutes les institutions présentant des missions et compétences mobilisables doivent être sollicitées, fortement soutenues par les pouvoirs publics et faire la preuve de la réalité et de l'efficacité de leurs collaborations.

Concernant les risques de décès liés aux vagues de chaleur

Les risques pour la santé et la sécurité liés à l'exposition de la population aux vagues de chaleur font intervenir de nombreux facteurs. Ceux-ci incluent notamment : les données climatologiques générales, l'existence éventuelle d'une pollution atmosphérique, les caractéristiques du micro-environnement urbain et celles des lieux de vie, l'environnement économique et social des personnes, leur état de santé et les modalités de leur prise en charge médicale, leur environnement médico-social, la capacité de réponse et de prise en charge des systèmes d'intervention en urgence, ...

Sur le plan des synthèses de connaissances, études et recherches à mettre en œuvre, il nous semble indispensable de mettre en place un programme coordonné, faisant intervenir à la fois plusieurs institutions et Ministères pour approfondir un certain nombre de points-clés relatifs aux risques liés aux vagues de chaleur.

Il s'agit notamment :

- d'approfondir la connaissance de la relation liant la survenue des vagues de chaleur au risque de décès à court terme afin de mettre en place un système d'alerte permettant d'en anticiper de plusieurs jours la survenue et d'identifier tous les facteurs venant en majorer les risques,
- de mettre en place des synthèses de connaissances, études et recherches visant à mieux cerner la nature des dispositifs et messages de prévention indispensables pour lutter efficacement contre les risques pour la santé et la sécurité liés à la canicule, de définir les modalités optimales de diffusion des informations sur ces dispositifs de prévention et de leur mise en oeuvre, d'identifier les facteurs tendant à en limiter la mise en application et de définir les actions indispensables à entreprendre pour réduire les effets de ces facteurs,
- de mieux comprendre sur le plan clinique les mécanismes physiopathologiques impliqués par la morbidité et la mortalité liées à une exposition excessive à la chaleur, de bien cerner l'évolution de l'état de santé des personnes traitées en urgence pour coup de chaleur, hyperthermie ou déshydratation afin de définir les informations pronostiques les plus pertinentes et d'en optimiser la prise en charge thérapeutique.

Concernant le recueil des informations sur les décès à des fins de recherche, de surveillance et d'alerte

Le recueil des informations sur les décès est réalisé selon une filière complexe qui assure l'exhaustivité, la qualité et la confidentialité des informations recueillies. Le codage des causes médicales est un travail long réalisé par des codeurs hautement spécialisés.

Un système de déclaration électronique des décès permettrait de s'orienter vers un système d'alerte permettant d'évaluer en temps réel le nombre de décès. Il est cependant d'une importance majeure que le développement d'un système d'alerte reste compatible avec la production de données de qualité sur les causes médicales de décès aux fins même de l'alerte, de la surveillance et de la recherche qu'il s'agit de renforcer.

Des informations essentielles sont en effet recueillies à l'occasion de chacun des 550 000 décès qui se produisent en moyenne chaque année en France, soit environ 1 500 décès chaque jour et 46 000 chaque mois. Elles constituent un outil essentiel pour :

- cerner les besoins de santé de la population (prévention primaire, dépistage précoce, prévention secondaire, prise en charge thérapeutique, ...),

- mettre en oeuvre des systèmes de surveillance et d'alerte, non seulement à court terme mais aussi à long terme, notamment sur toutes les pathologies chroniques d'importance majeure,
- mettre en oeuvre les recherche indispensables sur les facteurs déterminant le niveau de la mortalité (facteurs socio-démographiques, environnementaux, constitutionnels, liés aux modes de vie, etc ...).

Ces informations sont, de fait, très largement utilisées pour des études de tendances sur de longues périodes et pour des comparaisons régionales et internationales. Elles sont aussi largement impliquées dans le cadre d'études de cohorte permettant de mettre en relation de façon extrêmement précise les caractéristiques environnementales, constitutionnelles, socio-démographiques, médicales, ... de populations particulières faisant l'objet de recherches spécifiques.

VI. REFERENCES

VI.1 Rapports

InVS, 20 août 2003 : Impact Sanitaire de la vague de Chaleur en France survenue en août 2003. Rapport préliminaire. Département des Maladies Chroniques et Traumatismes – Département Santé Environnement.

Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées, Septembre 2003 : Mission d'expertise et d'évaluation du système de santé pendant la canicule de l'année 2003

METEO-FRANCE, 28 août 2003 : Eléments climatologiques sur l'année 2003, conséquence du réchauffement global pour le climat de la France.

VI.2 Articles scientifiques

Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev* 2002; 24(2):190-202.

Besancenot JP. Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement, Risques et Santé* 2002 ;4(1) :229-240.

Ellis FP, Nelson F, Pincus L. Mortality during heat waves in New York City July, 1972 and August and September, 1973. *Environ Res* 1975; 10(1):1-13.

Heat-related deaths - Philadelphia and United States, 1993-1994. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1994; 43(25):453-455.

Katsouyanni K, Trichopoulos D, Zavitsanos X, Touloumi G. The 1987 Athens heatwave. *Lancet* 1988; 2(8610):573.

Oechsli FW, Buechley RW. Excess mortality associated with three Los Angeles September hot spells. *Environ Res* 1970; 3(4):277-284.

Rooney C, McMichael AJ, Kovats RS, Coleman MP. Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *J Epidemiol Community Health* 1998; 52(8):482-486.

Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res* 1995; 70(2):105-113.

Smoyer KE. A comparative analysis of heat waves and associated mortality in St. Louis, Missouri--1980 and 1995. *Int J Biometeorol* 1998; 42(1):44-50.

Whitman S, Good G, Donoghue ER, Benbow N, Shou W, Mou S. Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *Am J Public Health* 1997; 87(9):1515-1518.