

PROJET DE RECHERCHE « H³SENSING »

 NOTE n°229

MAI 2023

MESURER L'IMPACT DES VAGUES DE CHALEUR
SUR LA SANTÉ DES HABITANTS DU GRAND PARIS



© ph.guignard@air-images.net



Ce projet de recherche partenarial, porté par l'Inserm et auquel contribue l'Atelier parisien d'urbanisme, vise à mieux connaître l'impact des vagues de chaleur sur la santé des habitants dans le Grand Paris.

En France, l'épisode caniculaire survenu en août 2003 a été le moment charnière à partir duquel la vulnérabilité des populations aux fortes chaleur a pris une place importante dans le débat public. En ville, l'intensité de cet épisode a été exacerbée par le phénomène dit d'« îlot de chaleur urbain », caractéristique de l'anomalie climatique produite notamment par l'artificialisation des sols, la densité bâtie et la chaleur émise par les activités humaines. En France, une surmortalité liée à cet épisode fut évaluée *a posteriori* à environ 15 000 individus par l'Inserm¹. Cet événement est surve-

nu dans un contexte de réchauffement climatique global, ce qui indique une forte probabilité de récurrence dans les années à venir.

Cette prise de conscience contraint aujourd'hui les villes, comme les y invite le GIEC dans ses rapports quinquennaux, à s'adapter, c'est à dire à engager des politiques de transformations physiques des espaces urbains. Le phénomène d'îlot de chaleur fait l'objet d'une documentation principalement tournée vers la compréhension des mécanismes physiques permettant d'abaisser les températures en ville. En revanche, la

1 - Source : Inserm – Rapport remis au Ministre de la Santé et de la Protection Sociale (2003). <https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2017-11/inserm-rapportthematique-surmortalitecaniculeaout2003-rapportfinal.pdf>

question des impacts du stress thermique lié à l'îlot de chaleur sur la santé des individus est encore peu documentée, tout comme la connaissance du lien qui pourrait être fait entre des mesures d'adaptation des villes et l'amélioration de la santé des populations.

La Métropole du Grand Paris est marquée par un îlot de chaleur qui s'exprime de façon très contrastée selon les types de lieux : il est généralement intense

dans les zones densément bâties ou les zones d'activités, et il est peu marqué dans les zones naturelles comportant de la végétation haute comme les bois ou les forêts. La connaissance des impacts des épisodes de fortes chaleurs sur la santé des habitants de la MGP selon les différents types de territoires est une donnée capitale pour les politiques d'adaptation des années à venir dans un contexte de réchauffement global.

Le projet H³Sensing

Description générale du projet

Afin de documenter l'impact des vagues de chaleur sur la santé des habitants dans le Grand Paris, le projet H³Sensing porté par l'Inserm a été retenu par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) en 2021. Il rassemble plusieurs partenaires aux compétences complémentaires :

- l'Institut Pierre Louis d'Épidémiologie et de Santé Publique (IPLSEP) de l'Inserm ;
- l'Atelier parisien d'urbanisme (Apur) ;
- l'ESIEE Paris de l'Université Gustave Eiffel et le Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain (LIED) de l'Université Paris Cité ;
- et la Scripps Institution of Oceanography (SIO), Herbert Wertheim School of Public Health and Human Longevity Science, University of California.

Dans ce projet, la méthode proposée à l'ANR consiste à suivre un échantillon de 200 habitants du Grand Paris dont on mesure le bien-être, la qualité du sommeil et des paramètres physiologiques constitutifs du stress thermique de façon objective et subjective.

Les paramètres objectifs relèvent de mesures ambulatoires, les individus étant équipés de capteurs physiologiques et climatiques et d'un smartphone (muni d'un traceur GPS) permettant de retranscrire en permanence :

- les conditions climatiques locales susceptibles de les soumettre au stress thermique ;

- les conséquences physiologiques (tension artérielle, rythme cardiaque, température de la peau, sudation et qualité du sommeil notamment).

Le ressenti subjectif est aussi investigué grâce à des questionnaires qui sont soumis aux participants via un smartphone au cours de la période de suivi.

Il est prévu que les mesures et enquêtes soient réalisées en deux temps : hors vague de chaleur, puis lors de la période chaude (et si possible plus particulièrement lors d'une vague de chaleur). Cette approche permet de comparer une situation jugée thermiquement stressante à une situation jugée thermiquement non stressante.

Objectifs du projet

- Le premier objectif du projet est d'investiguer les déterminants du stress thermique individuel selon la nature des environnements extérieurs, la nature des bâtiments fréquentés (en particulier le lieu de résidence), les stratégies individuelles pour faire face à la chaleur lorsqu'elles existent, etc.
- Le deuxième objectif est d'examiner l'impact de ces environnements et bâtiments et du stress thermique qui en résulte sur le bien-être, la qualité du sommeil et des indicateurs physiologiques du stress thermique et de la thermorégulation.

SIGLES

ANR : Agence nationale de la recherche

Apur : Atelier parisien d'urbanisme

CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques

ESIEE : École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

ICU : Îlot de chaleur urbain

Inserm : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

IPLESP : Institut Pierre Louis d'Épidémiologie et de Santé Publique

LIED : Laboratoire Interdisciplinaire des Énergies de Demain

MGP : Métropole du Grand Paris

SIO : Scripps Institution of Oceanography (Herbert Wertheim School of Public Health and Human Longevity Science, University of California)

200

habitants du Grand Paris dont on mesure le bien-être, la qualité du sommeil et des paramètres physiologiques constitutifs du stress thermique

- Le troisième objectif est de proposer des pistes d'action et recommandations pour les politiques d'adaptation des villes à l'attention des aménageurs et des collectivités.

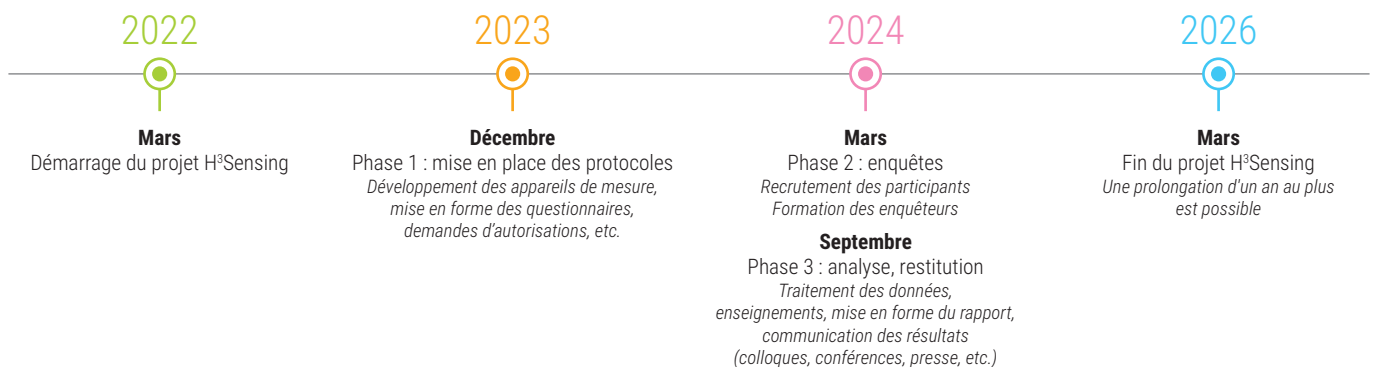
Déroulé du projet

Le projet a démarré en mars 2022 et se déroule sur une période de quatre ans éventuellement prolongeable d'un an. Il comprend schématiquement trois grandes phases :

- 1^{re} phase : qui se déroule sur presque deux ans est la plus longue. Elle consiste en la mise en place de l'ensemble des protocoles de mesures (notamment le développement des appareillages), l'achat de matériel, la préparation des questionnaires, l'échantillonnage, la préparation du recrutement des participants, les demandes d'autorisations relatives à la

collecte de données prévue (notamment CNIL).

- 2^e phase : qui concerne la mise en œuvre des enquêtes à proprement parler. Le recrutement des participants fait partie de cette phase et doit se faire idéalement juste avant le démarrage des mesures pour éviter que les situations personnelles n'évoluent et ne soient plus compatibles avec les mesures qui ont été envisagées (déménagement, séparation, etc.)
- 3^e phase : où il s'agit de traiter les données recueillies, de les analyser et de les mettre en forme dans un rapport qui compile les enseignements du projet. La phase de communication autour des résultats pourra être effectuée au-delà de la fin théorique du projet prévue le 15 mars 2025. Notons également que cette fin théorique pourra être reportée d'un an au plus si des raisons logistiques et scientifiques le justifient.



LES PARTENAIRES DU PROJET : DES COMPÉTENCES COMPLÉMENTAIRES

IPLESP : L'équipe Nemesis de l'IPLESP conduit des travaux de recherche sur les effets des environnements urbains, des habitudes de transport et des vagues de chaleur sur la santé. Sa spécialité est de s'appuyer sur des collectes de données au moyen de multiples capteurs embarqués et de smartphones. Ainsi, l'IPLESP conduit depuis 2016 le projet MobilSense financé par le Conseil Européen de la Recherche qui s'intéresse aux effets des habitudes de mobilité et de transport sur des aspects de la santé respiratoire et cardiovasculaire. Ces travaux conduisent à des recommandations sur la façon d'adapter à la fois le comportement et les environnements urbains.

Apur : Depuis environ une quinzaine d'années, l'Apur participe à des études de recherche et publie des travaux sur la question des îlots de chaleur urbains. L'Apur a notamment participé au programme de recherche EPICEA (Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne) de 2008 à 2012 avec Météo France dans le cadre d'un financement de la Ville de Paris. L'Apur a également publié cinq cahiers thématiques à destination des maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre et décideurs concernant les implications pratiques de la prise en compte des îlots de chaleur dans les politiques d'adaptation des villes.

LIED : Les travaux de recherche de l'équipe Climat Énergie en Milieu Urbain (CEMU) du LIED portant sur le rafraîchissement urbain s'étendent de l'échelle des matériaux à celle de la ville. L'équipe s'intéresse en particulier à l'évaluation in situ de l'impact de techniques de rafraîchissement sur le stress thermique des piétons et usagers. Il s'agit par exemple de l'étude de l'arrosage urbain à l'eau non potable, de la renaturation d'un parking à Aubervilliers (Tierce Forêt), des projets européens LIFE Cool and Low Noise Asphalt, FEDER UIA OASIS...

SIO : Au sein du Climate Epidemiology Lab, plusieurs travaux sont menés autour des impacts sanitaires liés à la chaleur ainsi que des approches pour minimiser ces impacts. Ces travaux intègrent des études étiologiques pour mieux comprendre les effets sanitaires attribuables à des expositions répétées à des événements de chaleur extrême au sein de populations particulièrement vulnérables incluant les personnes souffrant de problèmes neurologiques, ainsi que des études visant à mieux connaître comment l'apport d'une approche basée sur l'hydroécologie urbaine permet d'optimiser les bénéfices des interventions de verdissement visant à réduire l'ampleur des micro-îlots de chaleur urbains.

Focus sur les premières étapes engagées en 2022

Préparation du recrutement des participants

Définition d'une méthode d'échantillonnage

Ce projet utilise une méthodologie d'échantillonnage par quotas non proportionnels en deux étapes afin de recruter un échantillon de 200 habitants du Grand Paris. Il serait illusoire de prétendre qu'un échantillon de 200 personnes puisse être « représentatif » d'une population de plusieurs millions de personnes. L'échantillonnage par quotas est approprié car il est surtout important qu'une diversité de situations, tant du point de vue des caractéristiques individuelles, qu'en termes de situation territoriale ou de types de logement, soit bien présente dans l'échantillon.

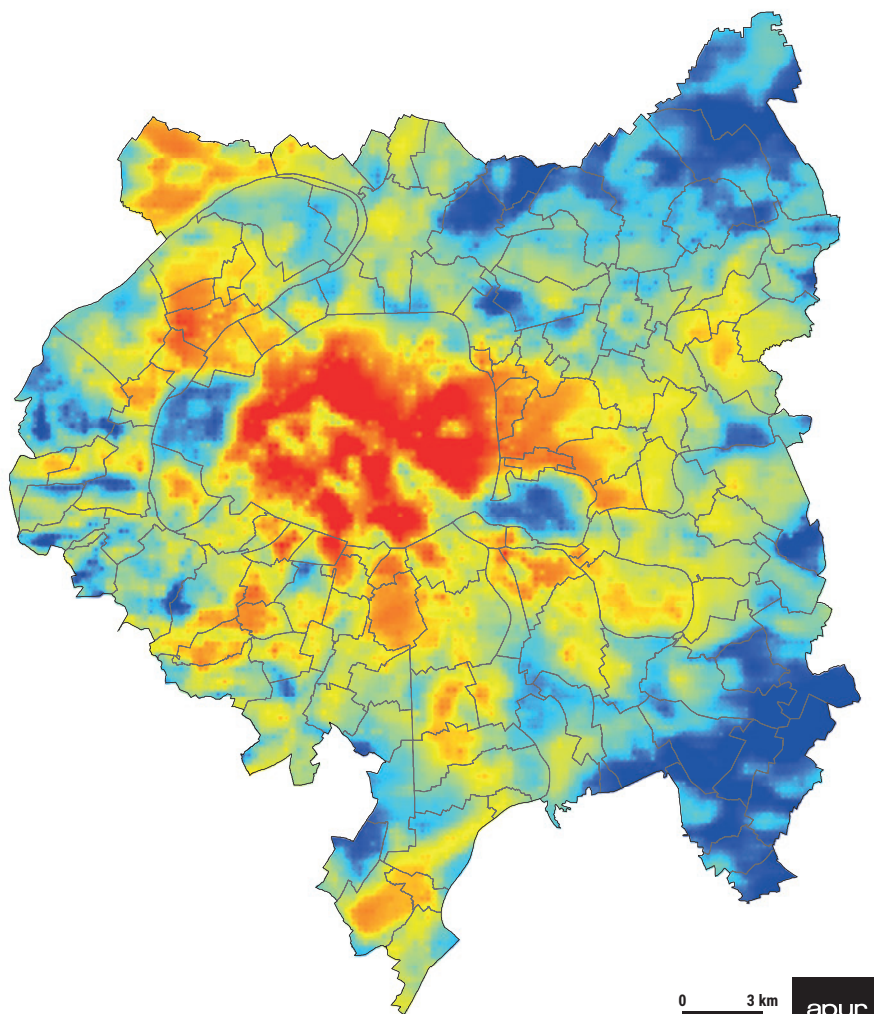
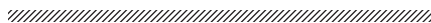
200 participants seront recrutés par quotas selon des critères d'âge, de revenu, de localisation géographique (en fonction de la température de l'air issue du modèle TEB - Town Energy Balance - estimé par le Centre National de Recherches Météorologiques) et de type d'habitat (maison séparée ou mitoyenne, immeuble ancien ou moderne).

Le principe de l'échantillonnage par quotas est que lorsque le nombre de personnes souhaitées dans une catégorie donnée est atteint, on cesse de recruter des personnes correspondant à cette catégorie. L'échantillonnage par quotas retenu pour le projet est dit non proportionnel car la distribution des participants en fonction des catégories dans notre échantillon ne correspondra pas nécessairement à la distribution dans la population.

Prise en compte des situations territoriales diverses en lien avec l'îlot de chaleur urbain dans le recrutement des participants

L'îlot de chaleur urbain se manifeste particulièrement les jours de fortes chaleurs et sans vent comme cela fut le cas le 25 juillet 2019 qui correspond à la

MODÉLISATION DES TEMPÉRATURES DE L'AIR MOYENNES - NUIT DU 25 AU 26 JUILLET 2019



Sources : CNRM, Apur











**PROPOSITION D'ÉCHANTILLONAGE EN DEUX ZONES CLIMATIQUES
DU TERRITOIRE MÉTROPOLITAIN SELON LE NIVEAU DE TEMPÉRATURE
CONSTATÉ LA NUIT DU 25 AU 26 JUILLET 2019**

////////////////////



0 3 km **apur**

**Température de l'air à 2 mètres regroupées en 7 classes
(seuils naturels de Jenks*)**

	22,7 à 24,3°C	Zones les plus fraîches
	24,3 à 25,1°C	Le « bleu foncé » correspond aux grands parcs, bois et forêts et autres lieux peu habités. L'échantillonnage des lieux les mieux protégés de l'ICU est réalisé dans les 3 classes de « bleu » et dans le « vert ».
	25,1 à 25,9°C	
	25,9 à 26,5°C	
	26,5 à 27,2°C	Zone indéterminée
	27,2 à 28,0°C	Le « jaune » correspond à une zone indéterminée marquant la transition entre les zones fraîches et les zones chaudes, elle n'est pas investiguée par le travail d'échantillonnage.
	28,0 à 29,2°C	
		Zones les plus chaudes
		Elles concernent les zones en « rouge » et « orange ».
	Zones « fraîches »	
	Zones « chaudes »	
	Espace vert de plus de 2 ha (bois, parc, jardin, forêt)	

* Les seuils de classe sont créés de manière à optimiser le regroupement des valeurs similaires et à maximiser les différences entre les classes. Les entités sont réparties en classes dont les limites sont définies aux endroits où se trouvent de grandes différences dans les valeurs de données.

Sources : CNRM, Apur

température la plus haute jamais observée à Paris. La station de Paris-Montsouris avait alors enregistré 42 °C. C'est la modélisation de cet épisode par le CNRM qui sera retenue pour évaluer l'îlot de chaleur sur le territoire et identifier les zones qui restent les plus chaudes lors de la décroissance nocturne des températures.

Les niveaux de température constatés dans la modélisation ont été regroupés en 7 classes de température (seuils naturels de Jenks). Les deux classes les plus « chaudes » (27,2 à 28,0 °C et 28,0 à 29,2 °C) font ressortir des zones particulièrement affectées par l'îlot de chaleur qui correspondent également aux zones les plus denses. Les deux classes les plus « froides » (22,7 à 24,3 °C et 24,3 à 25,1 °C) font quant à elles ressortir des zones mieux protégées de l'îlot de chaleur notamment grâce à la présence de végétation. Ces deux classes sont aussi les moins densément peuplées, particulièrement la zone la plus froide (22,7 à 24,3 °C) qui est fortement occupée par des parcs, des bois ou des forêts. Il a donc été décidé d'étendre l'échantillonnage des populations les moins exposées à l'îlot de chaleur urbain aux quatre classes les plus « froides » (27,2 à 28,0 °C ; 28,0 à 29,2 °C ; 25,1 à 25,9 °C ; 25,9 à 26,5 °C) afin de pallier au manque de densité humaine de ces zones.

À ce stade du projet, le recrutement des participants à l'enquête n'a pas encore commencé. Il sera confié à un prestataire qui recrutera des participants via des publicités ciblées sur internet dans les zones « chaudes » et les zones « froides », en laissant de côté la zone « indéterminée » (26,5 à 27,2 °C). Le prestataire nécessite pour cela une représentation du territoire sous forme de cercles géolocalisés. Une cartographie indicative est produite ici afin de montrer une répartition possible des zones de ciblage pour le recrutement. Ici 68 cercles de tailles variables correspondent aux zones « chaudes » et permettent d'englober 3 500 000 personnes (soit 54 % de la population, source Insee 2017) ; tandis que les 262 cercles « froids » englobent 1 600 000 personnes (soit 23 % de la population).

Développement des appareils de mesures

Lors de l'enquête, les participants seront équipés de smartphones permettant leur localisation en temps réel et de capteurs permettant d'appréhender de nombreuses informations :

- **des capteurs permettant de suivre des paramètres physiologiques** comme la tension artérielle par exemple, ou le niveau de sudation. Ces capteurs seront achetés dans le commerce et ne nécessitent pas de développements techniques spécifiques ;
- **des capteurs permettant de retranscrire les paramètres climatiques** dans les logements (mini stations météo placées chez les participants) mais aussi des capteurs permettant de suivre ces paramètres climatiques lors des phases de déplacement. Dans ce dernier cas, il s'agit de sacs à dos de petite taille que les participants devront porter. Ces sacs à dos comprennent de nombreux capteurs permettant de reconstituer l'environnement climatique à proximité de l'individu et nécessitent un développement technique particulier puisqu'il n'existe pas de tels équipements dans le commerce actuellement.

Tous ces capteurs et appareils de mesure permettront de qualifier les paramètres objectifs liés au stress thermique subi par les personnes constituant l'échantillon.

Élaboration des questionnaires à l'attention des participants et des enquêteurs

Surchauffe dans l'habitat, les sujets à investiguer dans les questionnaires

En été, la température dans un logement est dépendante de nombreux paramètres qui devront être documentés par enquête. Dans le projet H³Sensing, l'Apur a la charge d'élaborer le questionnaire qui permettra d'apprécier la qualité climatique des logements.

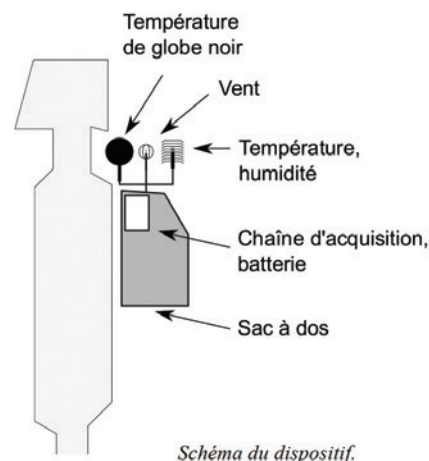
Le facteur le plus important lorsqu'un

logement n'est pas climatisé (ce qui est généralement le cas dans les logements dans le Grand Paris), est la gestion de l'ensoleillement. Si l'ensoleillement pénètre dans le logement sans contrôle alors il existe un risque d'inconfort excessif. Une mauvaise gestion de l'ensoleillement peut être due à un problème de conception du bâtiment, par exemple à l'absence de protections solaires extérieures. Un habitant qui n'aurait à sa disposition qu'un rideau ou un store intérieur pour se protéger de l'ensoleillement est potentiellement exposé à un risque de surchauffe. Dans le cas où des volets extérieurs seraient présents ainsi que des doubles vitrages (c'est-à-dire que la conception du bâtiment permet une protection solaire efficace du logement), les habitudes de l'occupant peuvent elles aussi provoquer la surchauffe du logement si par exemple l'occupant ne ferme pas systématiquement les volets et si les vitrages restent exposés pendant les heures durant lesquelles les façades sont exposées au soleil.

Le questionnaire est donc un moyen de recenser tous les paramètres qui entrent en compte pour générer de l'inconfort subjectif et/ou des températures excessives dans le logement.

Les différents thèmes abordés dans ce questionnaire sont :

1. **Le quartier** : des questions permettant de comprendre en quoi l'environnement proche a une influence sur la température dans le logement. Par exemple un environnement bruyant (proximité d'un axe routier, ou ferroviaire, bruit de voisinage) ou malodorant (proximité d'un fast-food, ou de poubelles, etc.) peut contraindre les occupants des logements à renoncer à ouvrir leur fenêtre la nuit ce qui empêche le rafraîchissement nocturne du logement par apport d'air frais extérieur. Inversement, la proximité de jardins ou de plans d'eau peuvent générer un environnement locale-



ment favorable à une baisse de température par rapports aux quartiers avoisinant plus minéralisés. Cette plus-value peut être subjective et/ou objective.

2. **Le bâtiment** : l'époque de construction donne une première indication sur la qualité climatique estivale des logements. En effet, selon les époques de construction certains standards sont appliqués : par exemple dans les bâtiments construits à partir des années 1980, l'isolation thermique est fréquente ; mais cette isolation souvent placée dans les logements (contre-cloison) et non à l'extérieur sur les façades, peut fortement contribuer à la surchauffe du logement en été.
3. **Le logement** : l'enquête recense les points cruciaux du confort climatique dans ce logement. Permet-il de se protéger ou non de l'ensoleillement ? Le logement est-il sous les toits ? L'isolation thermique a-t-elle été placée dans le logement ? Est-ce que le plan du logement permet de faire des courants d'air efficaces ? Le logement possède-t-il une climatisation ? Et enfin il s'agit d'évaluer l'usage qui est fait de l'électricité

(cuisson, chargeurs, box internet, etc.) qui constitue généralement un apport de chaleur pouvant être critique notamment dans les logements très bien isolés.

Contenu et rôle des questionnaires au sein du protocole

Des enquêteurs préalablement formés seront chargés de rencontrer les participants à leur domicile et de leur soumettre ces questionnaires. Les questionnaires seront volontairement assez longs et exhaustifs, permettant de balayer les différentes thématiques précédemment décrites : les pratiques du participant, son état de santé, ses caractéristiques démographiques et socio-économiques, son quartier, logement, et bâtiment (les thèmes abordés par les questionnaires sont présentés en annexe de ce document). Ces trois derniers items permettront, entre autres, de contextualiser l'analyse à venir des mesures de température dans les logements puisqu'ils renseigneront notamment sur le type de lieu d'habitation, la présence ou non d'équipements du logement permettant de faire face aux vagues de chaleur comme des volets,

un climatiseur, un ventilateur, etc. Ces derniers renseignements sont de type « descriptif », ils seront remplis avec l'enquêteur et peuvent donc être qualifiés d'objectifs. Les pratiques des individus sont également enquêtées mais ne sont pas vérifiables par l'enquêteur, comme les habitudes alimentaires, la mise en œuvre de stratégies de rafraîchissement nocturne (par exemple la création de courants d'air), etc. Ces informations non vérifiables peuvent être partiellement contrôlées par les appareils de mesure en place dans le logement. Des questions plus subjectives sont également posées, notamment des questions relevant de l'analyse du bien-être ressenti par la personne lors des vagues de chaleur.

Les questionnaires portant sur la thermique de l'habitat permettront de comprendre et d'interpréter les raisons de la manifestation de surchauffes dans les logements enquêtés. Ces questionnaires seront testés au printemps 2023, soit un an avant l'enquête finale, sur des personnes volontaires afin de valider la pertinence des questions posées. Ces questionnaires, une fois testés et consolidés, seront ensuite administrés lors de la mise en œuvre du protocole de mesures et d'enquêtes à partir du printemps et de l'été 2024. L'Apur organisera également la formation des enquêteurs qui soumettront ces questionnaires aux participants. La qualification des enquêteurs est cruciale dans le bon fonctionnement du protocole puisque certaines parties des questionnaires ne sont complétées que par les enquêteurs qui les remplissent selon leurs observations réalisées *in situ*.

À l'issue des enquêtes, l'ensemble des données collectées seront traitées (mesures thermiques, mesures physiologiques, questionnaires enquêteurs et questionnaires individus) afin de dresser des corrélations et de décrire les modalités de vulnérabilité climatique des individus.



PRINCIPAUX THÈMES ABORDÉS DANS LES QUESTIONNAIRES

1 - Pratiques

- Sommeil (variable réponse).
- Consommation de boissons, incluant boissons alcoolisées (facteur de confusion).
- Activité physique (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Utilisation habituelle des différents modes de transport (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Consommation de tabac et cigarette électronique (facteur de confusion, facteur modificateur).

2 - Santé

- Limitations fonctionnelles (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Santé perçue (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Liste de maladies chroniques (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Antécédents familiaux (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Traitement contre l'hypertension artérielle (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Ménopause, prise de contraception (facteur modificateur).

3 - Caractéristiques démographiques et socio-économiques

- Âge et sexe (facteur de confusion).
- Situation maritale et familiale (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Composition du logement (facteur de confusion, facteur modificateur).
- Niveau d'instruction (facteur de confusion).
- Niveau d'instruction des parents (facteur de confusion).
- Situation par rapport à l'emploi (facteur de confusion).
- Historique professionnel sur 2 ans (facteur de confusion).
- Pays de naissance (facteur de confusion).

- Pays de naissance des parents (facteur de confusion).
- Nationalité (facteur de confusion).
- Revenu mensuel du ménage (facteur de confusion).
- Patrimoine (facteur de confusion).

4 - Quartier, logement et bâtiment

- Gêne liée à la pollution et au bruit (cofacteur d'exposition).
- Perception relative à l'existence d'un îlot de fraîcheur, d'espaces verts (cofacteur d'exposition).
- Facteurs de choix du quartier de résidence (facteur de confusion).
- Présence de rideaux, volets ou stores (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Logement traversant avec fenêtres aux deux extrémités pour ventiler en période de chaleur (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Inertie thermique du sol et des murs (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Taille des fenêtres (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Air conditionné / climatisation (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Ventilation du logement : ventilation mécanique contrôlée, autres dispositifs (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Exposition au bruit pendant la nuit (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Exposition à la chaleur dans le logement (cofacteur d'exposition).
- Comportement d'aération du logement (cofacteur d'exposition, déterminant de l'exposition).
- Problème d'humidité dans le logement (cofacteur d'exposition).
- Étage (cofacteur d'exposition).

BIBLIOGRAPHIE

Apur – Les îlots de chaleur urbains à Paris – Cahier n° 1

<https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-1>

Apur – Les îlots de chaleur urbains à Paris – Cahier n° 2 : simulations climatiques de trois formes urbaines parisiennes et enseignements

<https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-ndeq2-simulations-climatiques-trois-formes-urbaines>

Apur – Les îlots de chaleur urbains du cœur de l'agglomération parisienne – Cahier n° 3 : brises thermiques

<https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-coeur-agglomeration-parisienne-cahier-ndeq3-brises-thermiques>

Apur – Les îlots de chaleur urbains à Paris – Cahier n° 4 : influence climatique des revêtements de sol à Paris

<https://www.apur.org/fr/nos-travaux/ilots-chaleur-urbains-paris-cahier-ndeq4-influence-climatique-revetements-sol-paris>

Apur – Atténuer les îlots de chaleur urbains – Cahier n° 5 : Méthodes et outils de conception des projets

<https://www.apur.org/fr/nos-travaux/attenuer-ilots-chaleur-urbains-cahier-5-methodes-outils-conception-projets>

Bartoli R., Filaine F., Parison S. & Hendel M., « Mise au point d'un dispositif de mesure portable du stress thermique du piéton », in XV^e Colloque International Franco-Québécois, 2022, pp. 14-18. 14-17 juin, Paris, France

EPICEA : Étude Pluridisciplinaire des Impacts du Changement climatique à l'Échelle de l'Agglomération parisienne, 2008-2012

<https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article271>

Inserm – Rapport remis au Ministre de la Santé et de la Protection Sociale (2003)

<https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2017-11/inserm-rapportthematique-surmortalitecaniculeaout2003-rapportfinal.pdf>

Directeur et directrice de la publication :

Alexandre LABASSE
Patricia PELLOUX

Note réalisée par : **Julien BIGORGNE**,
Émilie MOREAU

En lien avec : **Basile CHAIX (IPLESP)**,
Martin HENDEL (LIED),
Tarik BENMARHNNIA (SIO)

Cartographie et traitement statistique :
Julien BIGORGNE

Photos et illustrations :

Apur sauf mention contraire

Mise en page : **Apur**

www.apur.org

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association loi 1901 qui réunit autour de ses membres fondateurs, la Ville de Paris et l'État, les acteurs de la Métropole du Grand Paris. Ses partenaires sont :

