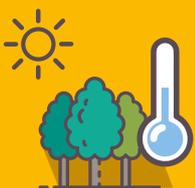




Octobre 2024

L'îlot de chaleur urbain

Matériaux et couleurs





Un enjeu de résilience face au changement climatique



Quartier Hauts-du-Chazal à Besançon (2021) 

Dans un contexte de changement climatique et d'élévation des températures entre autres, le développement de la résilience des territoires doit s'appuyer sur la recherche d'une meilleure adaptation des constructions et des espaces publics par leurs aménagements.

La surchauffe urbaine est liée aux différents modes d'occupation des sols : place et types de végétation, typologies de revêtements et de matériaux de construction, choix de coloris... sont autant de facteurs qui jouent un rôle dans le réchauffement urbain, en fonction de leurs caractéristiques thermiques.

Il est important d'étudier l'influence de ces différents paramètres sur les températures de l'espace public afin d'orienter l'aménagement des espaces vers une meilleure adaptation : cette seconde publication s'intéresse en particulier au rôle prépondérant du choix des matériaux et des couleurs.

Ces deux facteurs peuvent fortement influencer sur l'échauffement des surfaces mais aussi par la capacité des couches inférieures à stocker puis à restituer la chaleur. Les perspectives climatiques appellent à mieux réfléchir les choix d'aménagement de l'espace public afin de limiter son échauffement, voire contribuer à son rafraîchissement.

Directeur de la publication : Michel Rouget - Directrice des études : Isabelle Maquin -
Rédaction : Benjamin Gracieux - Conception graphique et mise en page : Dorianne Noriega -
Pictogrammes : Freepik - Impression : AUDAB.

Sommaire

- 4** La surchauffe urbaine, causes et effets
- 6** Quelles sont les réponses possibles ?
- 7** Les paramètres thermiques des matériaux
- 8** Le comportement thermique des matériaux
- 9** Comparaison des situations thermiques de trois formes urbaines
- 13** Les revêtements selon leurs comportements thermiques

Cette publication est le deuxième numéro d'une série de trois, issue de l'Observatoire des îlots de chaleur urbains de l'AUDAB, étudiant les solutions possibles pour limiter et réduire la surchauffe urbaine.

Retrouvez les deux autres publications, la première *La nature en ville* parue en mars 2023 et la dernière *Formes urbaines et ventilation* diffusée en octobre 2024, dans une [actualité dédiée sur le site web de l'agence](#).



La surchauffe urbaine, causes et effets

Les modes d'urbanisation remis en cause

Les secteurs urbanisés se caractérisent par des températures plus élevées, de jour comme de nuit, par rapport aux périphéries davantage agricoles ou naturelles. Ce phénomène est particulièrement marqué en période estivale où la fraîcheur nocturne est fortement limitée. La surchauffe urbaine qui en résulte est une problématique complexe qui a des répercussions sur les bâtiments, les espaces publics et donc sur les habitants des villes.



MULTIPLICATION PAR 3 DES VAGUES DE CHALEUR D'ICI 2050 À BESANÇON

Cette problématique est d'autant plus prégnante dans le contexte du changement climatique : toutes les projections climatiques, y compris les plus optimistes, prévoient une augmentation des températures moyennes mais aussi de la fréquence et de l'intensité des épisodes de canicule d'ici 2050.

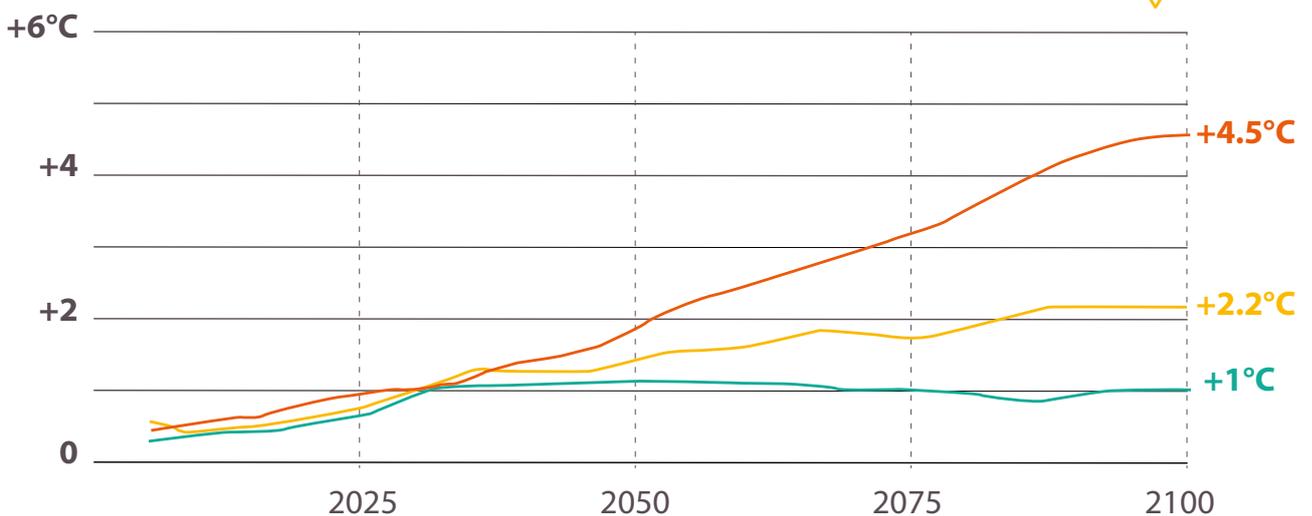
La surchauffe urbaine dépend principalement de cinq grandes causes qui sont liées à l'aménagement du territoire et au cadre bâti :

- le manque de rafraîchissement urbain par évaporation (du fait de la faible place de la nature en ville¹) ;
- la forte inertie thermique des espaces publics ou du cadre bâti (en raison des choix de matériaux et coloris qui tendent à concentrer la chaleur) ;
- les formes urbaines qui favorisent l'accumulation de chaleur ou ne facilitent pas la ventilation (principe de rues canyons) ;
- la généralisation d'équipements techniques qui génèrent des dégagements de chaleur anthropique.

À l'échelle des espaces extérieurs, les solutions de rafraîchissement urbain interviennent sur les différents paramètres influant le ressenti thermique des habitants (rayonnement du soleil et des surfaces, humidité, vents en plus des températures d'air) où l'accès à l'ombre est un facteur prépondérant du confort avec la présence de l'eau et du végétal.

¹ cf. la publication de mars 2023 de l'observatoire des îlots de chaleur urbains sur la "nature en ville"

Évolution de l'écart de température moyenne annuelle au cours du XXI^e siècle (par rapport à la référence 1976-2005) pour les trois scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5



Les scénarios RCP simulent l'évolution du climat en fonction des actions plus ou moins volontaristes des États pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et leur influence sur le climat.

- RCP 8.5 : absence de politique de régulation des émissions de GES
- RCP 4.5 : scénario intermédiaire de croissance puis stabilisation des émissions de GES
- RCP 2.6 : politique volontariste de réduction des émissions de GES

Réalisation : AUDAB, 2023. | Sources : Météo-France.

Des impacts sanitaires, sociaux et environnementaux

✓ Augmentation de la population à risque en fonction de l'intensité de la chaleur
 ✓ (source : Santé Publique France, juin 2023)

CHALEUR MODÉRÉE	CHALEUR FORTE	CHALEUR INTENSE
→ Personnes sans-abri	→ Personnes sans-abri	→ Personnes sans-abri
→ Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur)	→ Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur)	→ Personnes fragiles (mauvaise santé, habitat surexposé à la chaleur)
→ Travailleurs surexposés à la chaleur	→ Travailleurs surexposés à la chaleur	→ Travailleurs surexposés à la chaleur
→ Nourrissons et personnes âgées	→ Nourrissons et personnes âgées	→ Nourrissons et personnes âgées
→ Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires	→ Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires	→ Adultes et enfants en bonne santé, passant beaucoup de temps à l'intérieur et plutôt sédentaires
→ Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière	→ Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière	→ Adultes et enfants en bonne santé et pratiquant une activité physique régulière
→ Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue	→ Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue	→ Adultes en très bonne santé et pratiquant une activité physique régulière et soutenue

● Population très mal acclimatée ● Population partiellement acclimatée ○ Population très bien acclimatée

En période de forte chaleur, la pratique quotidienne des espaces publics extérieurs et l'usage des bâtiments deviennent inconfortables pour les usagers. Le manque de rafraîchissement nocturne en ville devient un réel enjeu de santé : la chaleur peut en effet créer un stress thermique chez les populations sensibles que sont les personnes âgées, nourrissons, jeunes enfants, personnes malades, etc.

Du fait de la fragilité de leur condition physique ou de leurs conditions de vie (habitat inadapté, isolement), ces personnes sensibles sont particulièrement exposées à des risques d'insolation, de déshydratation, d'hyperthermie ou de coup de chaleur.

Selon les données de Santé Publique France, la canicule de 2003 fut de loin la plus meurtrière avec plus de 15 000 morts en excès enregistrés lors des journées caniculaires d'août.

En 2019, où l'intensité était comparable mais beaucoup plus courte, la canicule a provoqué près de 1 500 décès en excès mais également 1 624 morts en 2018 et 1 903 en 2020.



2 816

c'est le **nombre de décès en excès** liés à la **canicule**

en 2022 en France

(source : Santé Publique France)

L'augmentation de la mortalité concerne davantage les personnes les plus âgées qui présentent des pathologies chroniques.

Les impacts sur les espaces urbains sont considérables du fait de leurs caractéristiques thermiques : l'échauffement urbain a des impacts sanitaires, sur la population mais aussi sur la végétation présente.

Les villes sont exposées à de fortes chaleurs en journée et des difficultés à se rafraîchir la nuit (du fait de la restitution de la chaleur emmagasinée en journée).

Ce phénomène est renforcé par le recours à des matériaux minéraux, non perméables et sombres. Ce type de matériaux a été largement utilisé dans l'aménagement des espaces publics depuis plusieurs décennies et tend ainsi à renforcer la vulnérabilité des espaces urbains dans un contexte de changement climatique, d'augmentation des températures et des événements extrêmes.



Quelles sont les réponses possibles ?

La complexité des facteurs de la surchauffe urbaine appelle à la définition et la mise en œuvre de différentes solutions techniques mais aussi naturelles.

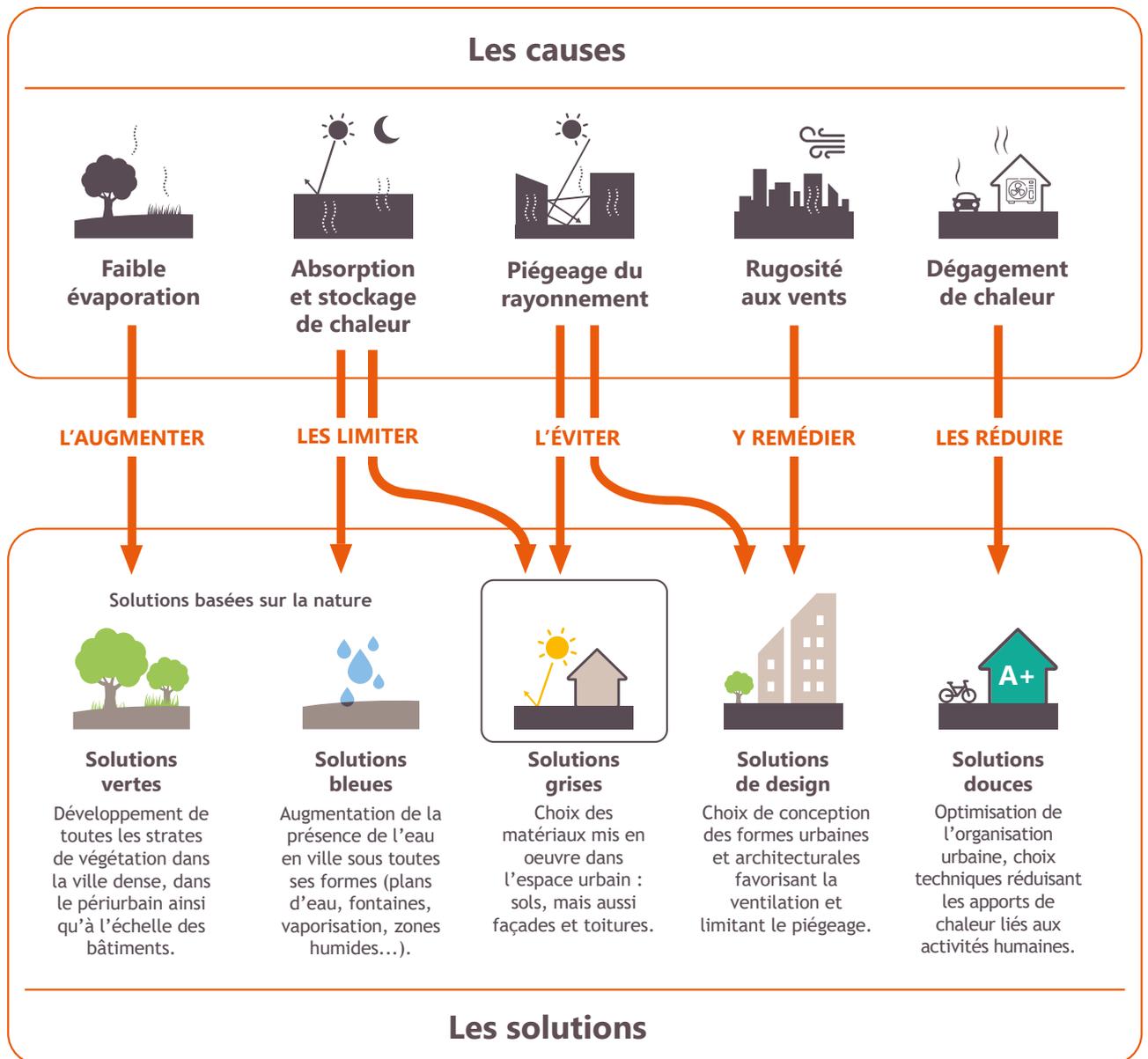
La surchauffe urbaine est causée par différents paramètres inhérents au milieu urbain que sont la forme urbaine (paramètres morphologiques), les caractéristiques des revêtements, la part du végétal (paramètres surfaciques) ou encore la concentration d'activités humaines (paramètres anthropiques).

Les solutions qui en découlent peuvent être techniques (formes urbaines, choix de coloris/matériaux, etc.) mais aussi et surtout s'appuyer sur la nature et ses services écosystémiques.

Ces facteurs invitent à adopter différentes stratégies qui visent à améliorer, éviter ou limiter ces différentes sources de surchauffe.

Les solutions s'appuyant sur les choix de matériaux ou de coloris plus adaptés peuvent permettre d'éviter ou de limiter la surchauffe urbaine tout en favorisant l'adaptation des territoires.

Les solutions possibles au regard des facteurs de la surchauffe urbaine.



Réalisation : AUDAB, 2023. | Sources : d'après les travaux de l'AURM et de l'ADEME, 2020.



Les paramètres thermiques des matériaux

La montée en température des différents revêtements dépend de leurs caractéristiques et notamment leur albédo et leur inertie thermique qui vont déterminer leur tendance à capter puis restituer la chaleur de façon plus ou moins importante.

Albédo

L'effet de la couleur des matériaux est mesurable grâce à l'**albédo**. Il correspond à la capacité d'un matériau à réfléchir l'énergie solaire et varie de 0 à 1 (0 correspondant à un matériau noir et 1 un matériau blanc).

Plus le taux d'albédo d'un matériau est proche de zéro (surface sombre), plus la surface absorbe l'énergie solaire qu'elle reçoit, ce qui a pour conséquence de la réchauffer.

Une surface blanche ou un miroir a un taux d'albédo proche de 1 puisqu'elle renvoie la quasi-totalité de l'énergie solaire qu'elle reçoit.

Les matériaux clairs comme le gravier ou le stabilisé réagissent moins lorsqu'ils sont exposés au soleil et montent moins en température.

A noter que si la végétation présente un albédo moyen à bas (0,15 à 0,30), c'est parce qu'elle ne réfléchit que 30% voire moins du rayonnement solaire. Pour autant, les espaces végétalisés ne surchauffent pas en raison de leur capacité d'évapotranspiration*, contrairement aux autres matériaux de l'espace urbain.

Inertie thermique

L'**inertie** correspond à la capacité des matériaux à différer la restitution de la chaleur qu'ils ont emmagasinée au cours de la journée : les matériaux avec une inertie importante stockent la chaleur progressivement en journée puis la redistribuent la nuit au moment où l'air se refroidit.

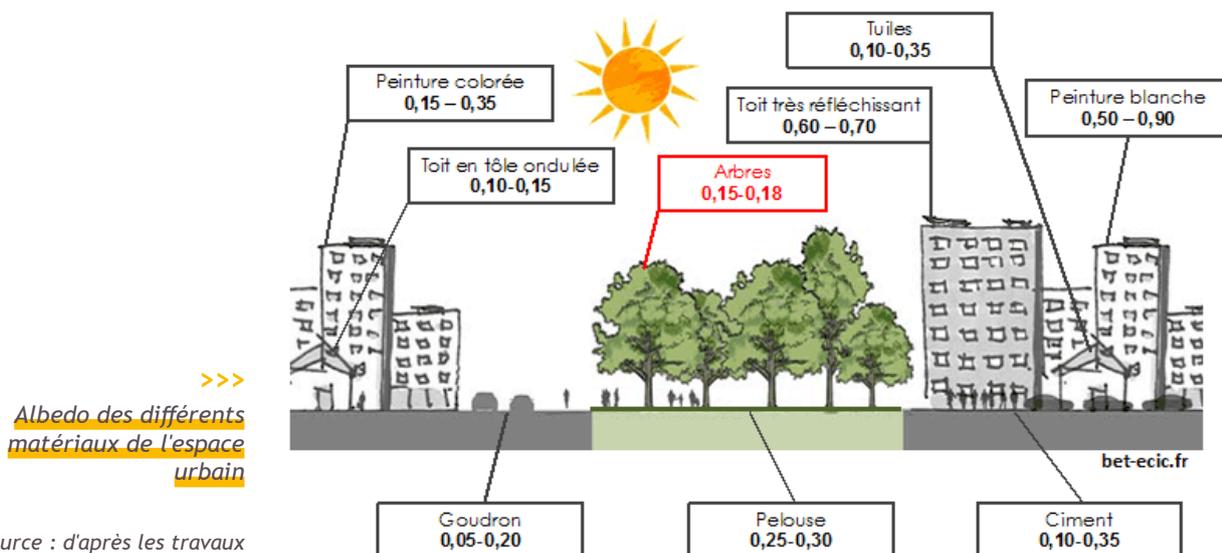
Ceci atténue le rafraîchissement de leur environnement et cette accumulation de chaleur au fur et à mesure est à l'origine d'îlots de chaleur urbains, dégradant le confort thermique et l'environnement local notamment la nuit.

C'est le cas des matériaux minéraux avec une forte inertie : ils stockent davantage la chaleur que le végétal et ils la restituent pendant la nuit, au moment où l'air se refroidit. L'enrobé ou les dalles béton peuvent atteindre des températures de surface proches de 50 à 60°C en journée en période de canicule, en raison de leur forte inertie.

Les surfaces végétales comme les pelouses ont une très faible amplitude thermique, notamment grâce à leur capacité à réguler leur température par l'évapotranspiration.

+10°C
C'est la **différence de température** entre des **coloris sombres et clairs**, à matériau équivalent

* cf. publication *L'îlot de chaleur urbain : la nature en ville* de mars 2023.



Source : d'après les travaux de l'ECIC, 2014.

La porosité des matériaux

Bien que moins étudiée, la **porosité des matériaux** est un autre critère d'intérêt pour limiter la surchauffe des matériaux.

Les matériaux poreux comme le stabilisé, le sable ou le gravier contiennent une part importante d'espaces vides occupée par de l'air et jouant le rôle d'isolant.

Cette porosité limite la capacité du matériau à stocker puis restituer la chaleur : si ce type de revêtement peut vite chauffer en journée, il se refroidit tout aussi rapidement durant la nuit.

Cette porosité des revêtements est également garante d'une meilleure infiltration des eaux pluviales dans le sol, ce qui assure leur humidification et leur rafraîchissement. Couplée à une sous-couche non compactable, un revêtement poreux apparait ainsi bénéfique pour la qualité des sols et sous-sols.

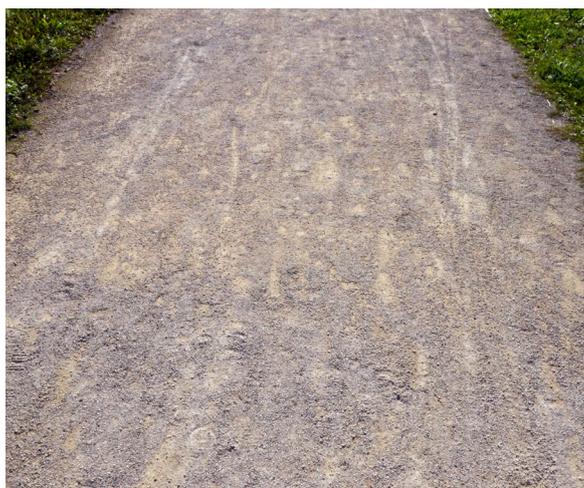
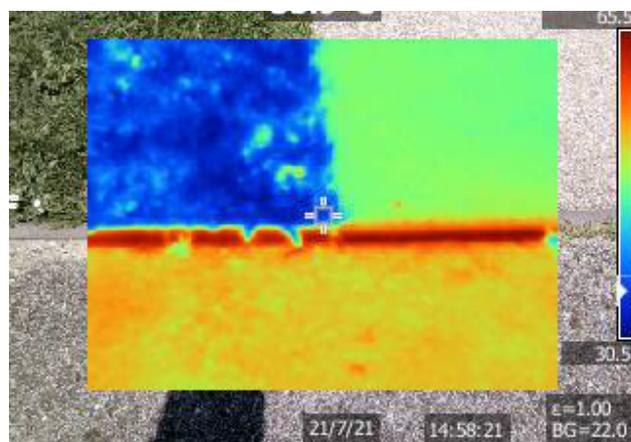
Ces revêtements présentent en revanche une faible résistance mécanique aux passages, notamment des engins motorisés. Ils doivent donc être mobilisés dans des situations et des usages précis (cheminements, trottoirs, voiries empruntées occasionnellement).

▼ **Des matériaux poreux et favorisant l'infiltration des eaux pluviales. De haut en bas : pavés drainants, stabilisé, dalles alvéolaires avec gravier**
 Juillet 2021.



▼ **Comparaison des comportements thermiques de trois revêtements différents**

Juillet 2021, température de l'air à 30°C.





Le comportement thermique des matériaux

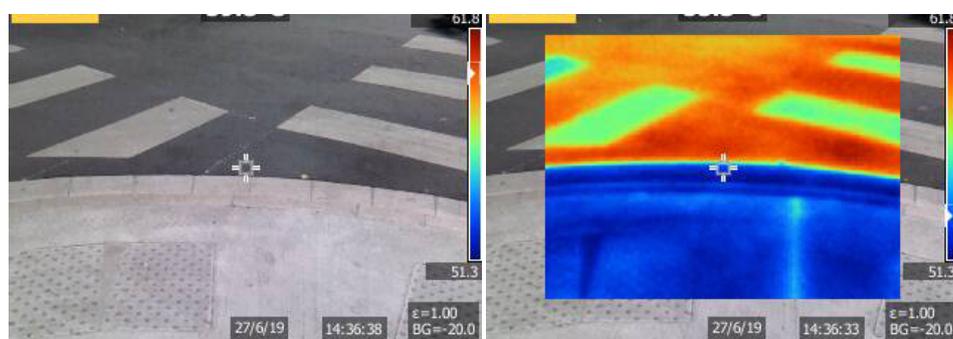
Enrobé

L'enrobé (ou enrobé bitumineux ou béton bitumineux) est un matériau très courant, massivement employé dans les espaces publics, les réseaux routiers et les espaces de stationnements, dont il constitue la couche de roulement.

C'est un matériau résistant, étanche, souple, facile à poser et à démonter, ce qui en fait un matériau idéal pour tout ce qui concerne les chaussées.

C'est en revanche un matériau qui tend à fortement surchauffer (jusqu'à 60°C pour un enrobé neuf en période de forte chaleur).

L'enrobé agit comme une couche qui va capter la chaleur et ensuite contribuer à son accumulation dans les couches inférieures denses de la chaussée. Ce fonctionnement thermique est particulièrement problématique et fait des réseaux routiers et leurs annexes (parkings) les principales sources de la surchauffe urbaine.



<<<

Abords du square Saint-Amour, Besançon

Jun 2019, température de l'air à 35°C.

Un enrobé neuf proche de 60°C et une influence de la couleur due à la température au sol.

Pavés béton ou granit

Les pavés en béton ou en granit sont utilisés pour délimiter ou mettre en valeur certains espaces publics comme des places. Ils sont particulièrement résistants aux usages piétons fréquents et présentent de nombreux choix de dimensions et coloris.

Ces matériaux présentent des caractéristiques thermiques similaires (forte inertie), se traduisant par une tendance à s'échauffer progressivement en

journée (autour de 50-60°C en période de forte chaleur) puis à restituer cette chaleur la nuit.

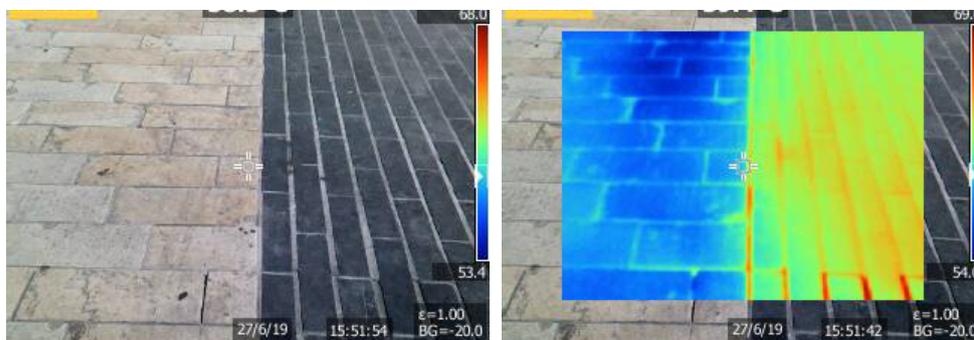
A matériau équivalent, le choix d'un coloris sombre (faible albédo) va nettement renforcer sa tendance à stocker la chaleur en journée (le différentiel de température est de l'ordre de +10°C à matériau équivalent pour des coloris plus sombres).

>>>

Des pavés de coloris clair et sombre sur la place Pasteur, Besançon

Jun 2019, température de l'air à 35°C.

A matériaux similaires, une différence de température mesurée de l'ordre d'une dizaine de degrés



Stabilisé, sable et gravier

Le stabilisé est un mélange de sable, d'argile et de chaux compactés. Sa faible résistance aux usages motorisés le destine plutôt aux chemins et allées piétonnes.

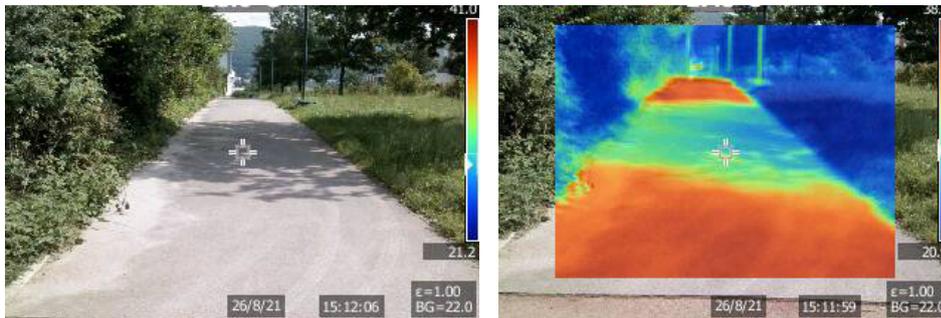
Au même titre que les cheminements en sable ou gravier, ces revêtements présentent des caractéristiques et des comportements thermiques similaires.

Leur caractère poreux limite leur échauffement, en maintenant un certain nombre d'espaces vides. Cette porosité assure également une bonne infiltration des

eaux pluviales dans les couches inférieures du sol, dont l'évaporation par temps chaud permet de diminuer la température au sol.

La couleur claire de ces revêtements leur permet enfin de réfléchir une grande partie de l'énergie solaire qu'ils reçoivent en journée et donc de limiter le stockage de la chaleur dans les couches inférieures du sol.

Ainsi, si ces revêtement peuvent être chauds en journée, ils se refroidissent très rapidement durant la nuit.



<<<

Des cheminements en stabilisé aux Hauts-du-Chazal, Besançon

Août 2021, température de l'air à 22°C.

Dalles alvéolaires

Les dalles alvéolaires sont constituées de modules ajourés en béton ou plastique dont les interstices peuvent être remplis de divers matériaux (gazon, gravier, copeaux de bois, etc).

Ces revêtements sont régulièrement utilisés comme alternative à l'enrobé pour les espaces de stationnement, sur la totalité de l'espace ou uniquement les bandes de roulement (le reste étant engazonné).

Les modules en plastique sont moins résistants dans le temps et tendent à se morceler, posant la question de la pollution des sols. Ils peuvent ainsi être moins adaptés à une utilisation motorisée (stationnements).

En matière de surchauffe, les modules en béton - s'ils restent nettement moins sensibles aux températures que l'enrobé plus sombre - présentent les principaux défauts liés aux matériaux minéraux, à savoir une tendance à surchauffer.

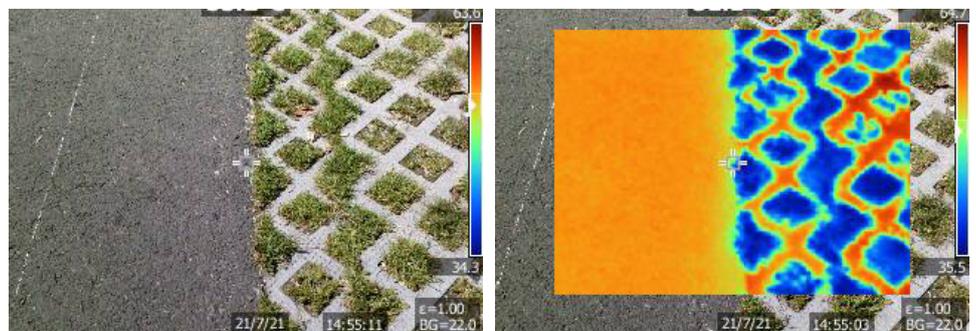
Mais, dans les deux cas, leur caractère poreux et leur capacité à laisser passer les eaux pluviales constitue un intérêt pour la qualité des sols et sous-sols, en limitant l'imperméabilisation et en favorisant l'infiltration des eaux pluviales, évitant ainsi leur sécheresse.

>>>

Des dalles alvéolaires en béton enherbées

Juillet 2021, température de l'air de 30°C.

Les revêtements enherbés restent proches de la température ambiante, là où les autres revêtements s'échauffent.



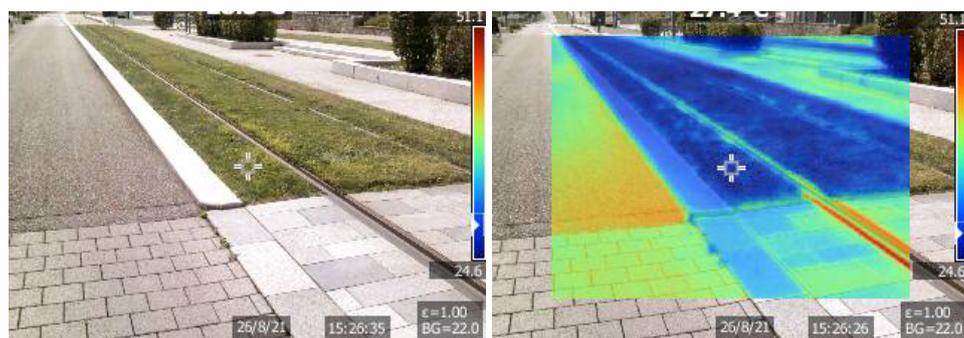
Espaces végétalisés

Les espaces végétalisés ne se limitent plus aux jardins et tendent à se développer au sein de l'ensemble des espaces publics en alternative aux solutions minérales, en accompagnement de la chaussée ou d'autres infrastructures (espace entre rails des tramways par exemple).

Ces derniers revêtements s'appuient sur des végétations basses (gazons, sedums, graminées ou vivaces) afin de rester compatible avec les usages de mobilités et un certain niveau de pression d'usage.

Le choix des essences devra par ailleurs tenir compte de l'intensité des usages afin de ne pas compromettre le développement de la végétation et donc son fonctionnement.

Les espaces végétalisés présentent l'avantage de ne pas surchauffer, voire de contribuer au rafraîchissement ambiant grâce à l'évapotranspiration (variable suivant le type de végétation).



<<<
Des espaces végétalisés :
le long du tracé du
tramway aux Hauts-du-
Chazal

Août 2021, température
de l'air à 22 °C

Les revêtements
enherbés restent à des
températures basses,
proches de la température
de l'air ambiant.



^ Espaces végétalisés et revêtements minéraux sombre et clair, Miserey-Salines.

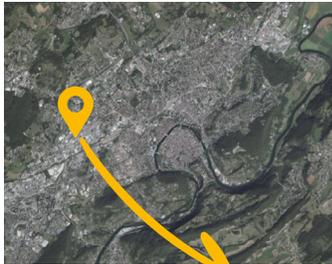
^ Juillet 2021.



Comparaison des situations thermiques de trois formes urbaines

Les zones d'activités économiques

Exemple de la zone d'activités économiques Trépillot-Tilleroyes (Besançon)



Cette zone d'activités économiques (ZAE) se distingue par une architecture de faible qualité, des aménagements uniformes et l'utilisation de matériaux standardisés. Les comportements thermiques observés ici sont représentatifs de ce qu'on peut trouver dans d'autres zones d'activités du territoire.

Cette ZAE présente un fort taux d'imperméabilisation du sol, principalement dû à l'emprise au sol importante des bâtiments, entourés de vastes étendues de stationnements en asphalté. Ce tissu urbain se compose aussi d'infrastructures de déplacement de grands gabarits (rocade, boulevard, réseau ferré) et de leurs annexes (bretelles d'accès, gares de triage).

La végétation y est limitée, souvent cantonnée aux talus et accotements. Elle se compose principalement de pelouses et de quelques arbres isolés.

Ce modèle d'aménagement, très répandu dans les ZAE, reflète une logique économique privilégiant l'efficacité spatiale au détriment de la qualité environnementale et paysagère.



Source : IGN Géoportail, prise de vue septembre 2023

Thermographies de la zone d'activités Trépillot-Tilleroyes (Besançon)



1 Thermographie de jour

En journée, la plupart des aménagements absorbent fortement la chaleur en raison des propriétés thermiques des matériaux utilisés pour les bâtiments et les espaces (métal, pierre, enrobé) ainsi que de leurs coloris sombres. Les températures peuvent atteindre près de 50°C à proximité des bâtiments industriels avec des structures en tôle d'acier et des toitures en bac acier.

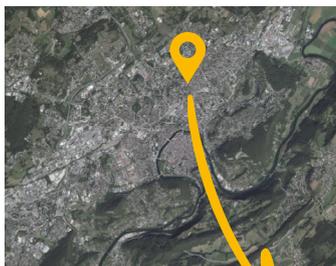
2 Thermographie de nuit

En fin de nuit, bien que la température de la plupart des bâtiments ait nettement diminué, les voiries et espaces de stationnement continuent à libérer la chaleur accumulée durant la journée. Ces surfaces peuvent encore atteindre 33°C la nuit, contribuant ainsi significativement à la surchauffe urbaine nocturne.

Réalisation : AUDAB, 2023. | Sources : thermographies de Grand Besançon Métropole, août 2020.

Les quartiers résidentiels

Exemple des quartiers Saragosse / Vallon du Jour (Besançon)



Les quartiers de Saragosse et du Vallon du Jour sont principalement résidentiels. Le quartier de Saragosse, construit dans les années 1970, se compose de bâtiments, de hauteur moyenne, souvent conçus pour créer des espaces communs et des cours intérieures.

Le quartier Vallon du Jour date du début des années 2000. On y retrouve des maisons individuelles avec jardins, alignées autour d'un parc central sous forme d'une coulée verte.



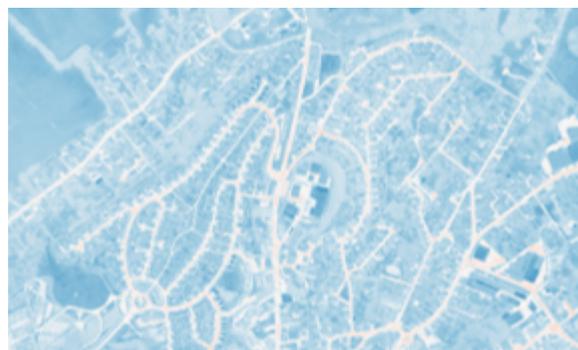
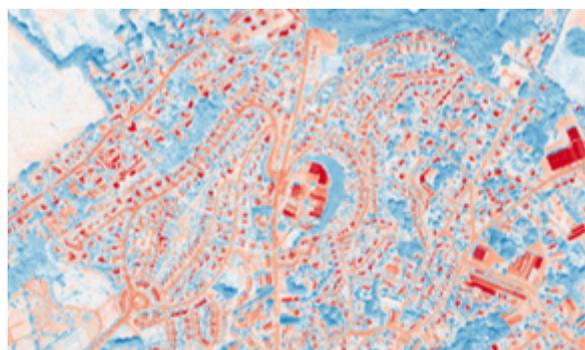
Quelques grands bâtiments commerciaux en tôle d'acier sont également présents. L'aménagement urbain est dense, avec une disposition des bâtiments en barres et en tours. Les constructions sont majoritairement en béton brut et en briques.

Dans ce quartier résidentiel se trouvent de nombreux jardins privés ainsi que des espaces verts publics et des boisements. Les plus vastes zones naturelles du secteur incluent la forêt de Chailluz et les champs situés au nord.

Source : IGN Géoportail, prise de vue septembre 2023

Les comportements thermiques observés ici sont représentatifs de ceux observables dans d'autres quartiers résidentiels du territoire.

Thermographies des quartiers Saragosse / Vallon du Jour (Besançon)



1 Thermographie de jour

En journée, les endroits les plus chauds sont les bâtiments et les habitations. Les bâtiments industriels en tôle d'acier sont ceux qui atteignent les températures les plus élevées, approchant les 50°C. Les routes sont aussi très chaudes, avec des températures dépassant les 40°C. En revanche, la végétation, comme la forêt de Chailluz, apporte un peu de fraîcheur et maintient des températures inférieures à 30°C.

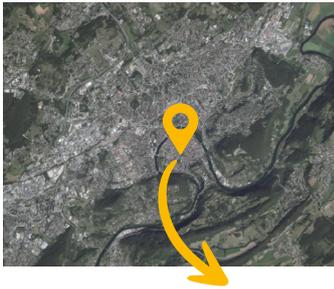
2 Thermographie de nuit

En fin de nuit, les bâtiments se refroidissent et leur température descend en dessous de 30°C. Les bâtiments industriels, quant à eux, se refroidissent encore davantage, atteignant environ 27°C durant la nuit. En revanche, les routes ainsi que les places et parkings en asphalté restent très chauds, avec des températures comprises entre 33°C et 34°C.

Réalisation : AUDAB, 2023. | Sources : thermographies de Grand Besançon Métropole, août 2020.

Les centres anciens

Exemple du centre ancien de Besançon



Le centre ancien de Besançon se caractérise par un tissu urbain dense, marqué par une architecture ancienne et des édifices patrimoniaux. Le Doubs, qui traverse le centre-ville, a profondément influencé le développement urbain et l'architecture locale. Ce secteur, à la fois résidentiel et dynamique, abrite une grande diversité d'activités économiques, culturelles et commerciales. Les commerces y sont de petite taille, généralement situés au rez-de-chaussée de petits immeubles résidentiels. Contrairement aux zones périphériques, les grands bâtiments industriels en tôle sont absents du centre ancien.



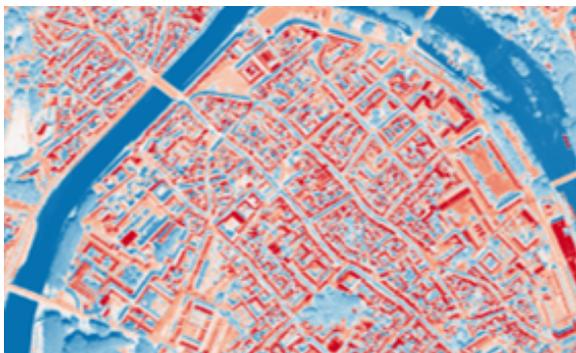
Source : IGN Géoportail, prise de vue septembre 2023

Le tissu urbain se distingue par des rues étroites et de petites places, où la circulation automobile est restreinte, favorisant ainsi les déplacements à pied et à vélo.

Les espaces verts sont peu nombreux, principalement composés de jardins publics et d'une ripisylve¹ discontinue le long des berges du Doubs.

1 - La ripisylve est la végétation (arbres, arbustes, plantes) qui pousse le long des cours d'eau et joue un rôle important dans la protection des berges et la biodiversité.

Thermographies du centre ancien de Besançon



1 Thermographie de jour

Pendant la journée, les lieux les plus chauds sont les bâtiments, surtout le bâtiment regroupant le Conservatoire à rayonnement régional et le Fond régional d'Art Contemporain (FRAC), où la température peut grimper jusqu'à 50 °C. Cette température s'explique par son architecture mêlant grandes baies vitrées et matériaux de couleur noire. A contrario, des lieux comme le Doubs et ses rives boisées, la promenade Chamars ou le square Granvelle offrent des refuges de fraîcheur, avec des températures qui restent sous les 30 °C.

2 Thermographie de nuit

En fin de nuit, les lieux les plus chauds sont les espaces minéraux et ouverts : en premier lieu, les parkings (comme celui du Marché Beaux-Arts ou celui devant le Centre du Service National et de la Jeunesse), ainsi que les places minérales de la Révolution (en 2020) et de Saint-Jacques. Ensuite viennent les ponts et la voirie. Ces thermographies illustrent que plus la surface en enrobé est grande, plus elle conserve la chaleur durant la nuit.

Réalisation : AUDAB, 2023.

Sources : thermographies de Grand Besançon Métropole, août 2020.



Les revêtements selon leurs comportements thermiques

Les comportements thermiques des différents matériaux permettent de distinguer quatre grandes catégories.

1 Les **revêtements naturels** comme les pelouses tendent à rester stables en termes de températures, notamment grâce à l'évapotranspiration. Ils restent généralement à température ambiante et ne surchauffent pas.

Ces revêtements sont en revanche peu adaptés à des usages intensifs et/ou motorisés. Leur usage doit être réfléchi en amont, notamment dans le choix des végétaux (résistance au piétinement et aux conditions climatiques locales, faible entretien, etc.).

2 Les **revêtements minéraux** vont davantage surchauffer de par leur forte inertie thermique. Ils vont mettre plus de temps à s'échauffer en début de journée mais ils auront tendance à stocker puis diffuser plus tard, la nuit, la chaleur emmagasinée. Ce comportement est variable suivant les matériaux et coloris (et donc l'albedo).

2.1 Les **matériaux minéraux sombres** vont nettement plus capter la chaleur et l'accumuler dans les couches inférieures du sol.

2.2 Les **revêtements minéraux plus clairs** vont davantage renvoyer le rayonnement solaire et donc moins stocker la chaleur en journée.

2.3 Le cas des **revêtements poreux** (stabilisé, sable, etc.) est particulier : s'ils présentent les avantages liés aux revêtements minéraux clairs et une capacité à favoriser l'infiltration des eaux pluviales, ils présentent aussi les mêmes désavantages que les revêtements naturels, à savoir une résistance limitée aux usages intensifs.

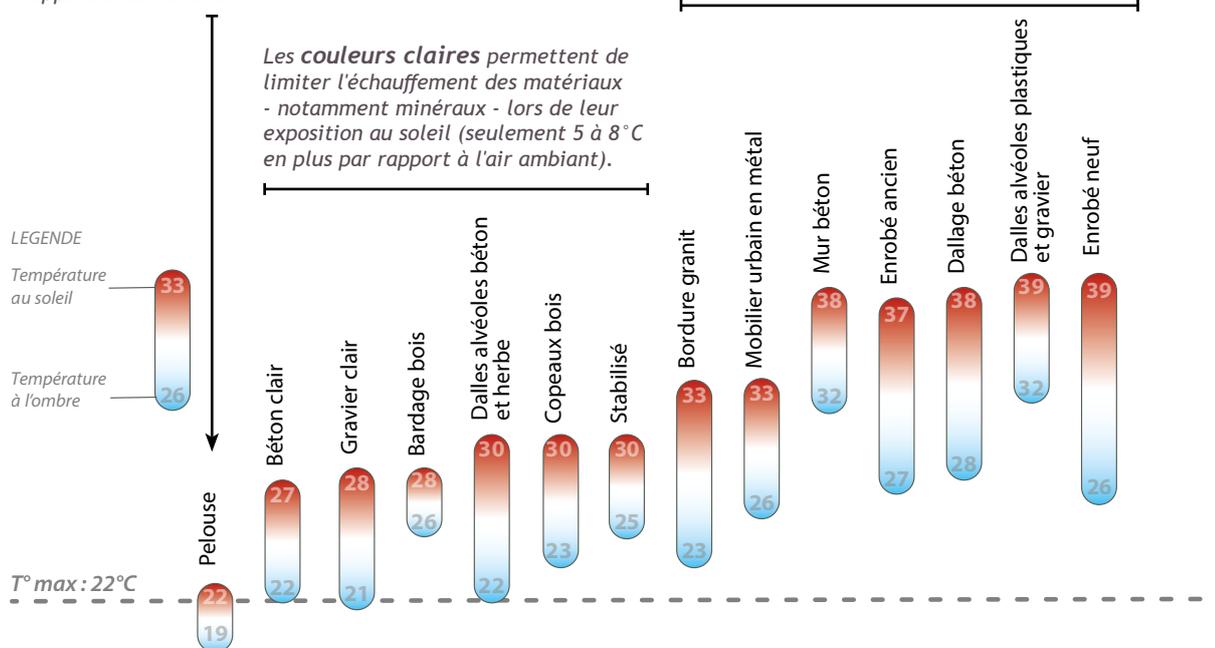
Les comportements thermiques de différents revêtements

Les **revêtements naturels** présentent :

- des différentiels de température très faibles (quelques degrés) ;
- des températures à l'ombre inférieures à la température ambiante ;
- des températures au soleil assez stables par rapport à l'air ambiant.

Les **revêtements minéraux sombres** présentent :

- des différentiels de température très importants (de 6 à 13°C de différence) ;
- des températures à l'ombre supérieures à la température ambiante ;
- des températures au soleil largement supérieures à la température de l'air ambiant (jusqu'à 11 à 17°C en plus).



Source : AUDAB, relevés de température dans le quartier des Hauts-du-Chazal, 26/08/2021



AGENCE D'URBANISME
BESANÇON CENTRE FRANCHE-COMTÉ

AUDAB

Agence d'urbanisme Besançon
centre franche-comté

03 81 21 33 00

contact@audab.org

www.audab.org

Avec la participation de

