Note de tendances #13

Low-tech, Just-tech, Right-tech...

de nouvelles approches pour les villes et territoires

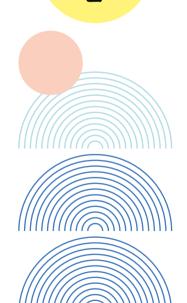
Juillet 2023



Sommaire











L'essentiel

Face à l'insoutenabilité actuelle de nos modèles économiques et industriels, les concepts de low-tech, right-tech et just-tech prennent de l'ampleur depuis une dizaine d'années. Questionnant la course à l'innovation technologique comme une fin en soi, ces démarches invitent à réfléchir à d'autres manières de produire et de consommer afin d'inscrire nos actions dans le cadre des limites planétaires.

Low-tech, Right-tech, Just-tech?

L'inadéquation du terme «low-tech» a conduit à l'utilisation de concepts soulignant le «techno-discernement» de la démarche comme «right-tech», «just tech» ou encore «fair tech».

Cependant, la «low-tech» étant le concept le plus largement théorisé, celui qui rassemble le plus d'acteurs, cette note de tendances s'appuiera sur ce concept pour la suite du document.



Les critères de l'approche low tech

S'il n'existe pas une définition précise des low-tech, une étude de l'ADEME en 2022 (M. Bloquel et al., 2022) a permis d'identifier les critères fondamentaux les plus partagés par les principaux acteurs des low-tech. Il s'agit de :



La prise en compte des limites écologiques et de l'impact environnemental



Le questionnement des besoins et la recherche de frugalité

L'accessibilité de la démarche



et la démocratisation de la technologie

La prise en compte des implications



systémiques

La réduction de la complexité ou la recherche de la simplicité



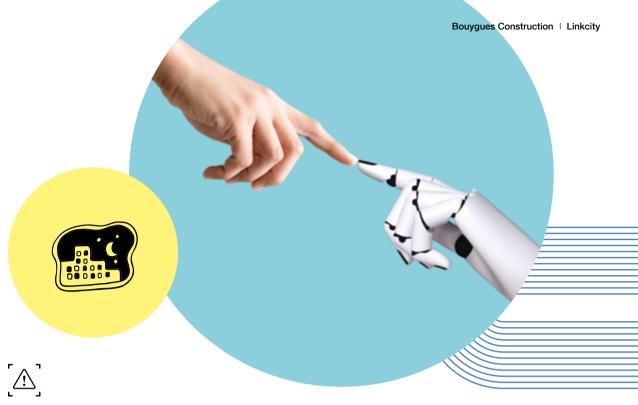
Mot-valise aux contours ambigus voire paradoxaux, la terminologie «low-tech» peine encore à s'imposer dans le langage commun et donc à servir de socle à l'élaboration d'imaginaires partagés portés, ou non, par les institutions culturelles.



D. Kaplan

Penseur du numérique et cofondateur de la Plurality University Network, 2021





Attention aux idées reçues!

Développer les low tech ne veut pas dire abandonner les solutions high tech!

Ce terme a souvent été remis en cause pour plusieurs raisons: son anglicisme, son flou, sa construction par opposition aux high-tech jugée stérile et l'association du terme «low» aux concepts de décroissance. Si, étymologiquement, le concept de low-tech s'est développé par antonymie avec la high-tech, il ne signifie pas un rejet de toutes technologies. Il s'agit avant tout de requestionner nos besoins afin de faire preuve de « techno-discernement » en utilisant la technologie à bon escient dans un objectif d'économie des ressources (P. Bihouix, 2021).

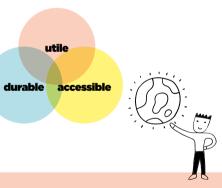


Bon à savoir!

La low-tech s'applique à une démarche et non à son résultat.

« Un objet n'est pas low-tech dans l'absolu. Il est plus (ou moins) low-tech qu'une solution alternative répondant à un besoin initial ». (M. Bloquel et al., 2022)

Le triptyque de l'approche low-tech



Les «low-tech» dans le monde

Les initiatives low-tech foisonnent à travers le monde, comme en témoigne la plateforme du low-tech Lab qui recense actuellement 951 projets dans 91 pays répondant aux trois critères suivants: l'utilité, la durabilité et l'accessibilité. Si l'expression de « low-tech » s'est imposée depuis quelques années (C. Abrassart et al., 2020), d'autres notions ont été théorisées dans le monde (« bioregion », « innovation Jugaad », etc.).

Les enjeux

Une surexploitation des ressources pour transitionner vers un monde « bas carbone »

Le monde «bas carbone» est un monde «hautes matières»

Face au changement climatique, les gouvernements s'organisent à travers le monde pour atteindre la neutralité carbone dès 2050. Pour y parvenir, les plans de transition énergétique s'appuient sur les technologies dites «vertes» (éoliennes, panneaux solaires, batteries électriques...) et numériques (nouveaux capteurs, données satellitaires, chaînes de blocs...), la digitalisation de notre économie devenant un des éléments clés pour réduire notre empreinte carbone. Or, diminuer nos émissions de CO2 implique d'extraire davantage de minerais (cuivre, fer, zinc, manganèse, lithium, cobalt, graphite, terres rares...), ce qui conduit au paradoxe suivant: le monde «bas carbone» est un monde «hautes matières», avec ses conséquences environnementales, sanitaires, humaines, et sociales (G. Pitron, 2021).

Au total, l'extraction de métaux est de plus en plus énergivore et la production d'énergie de plus en plus consommatrice de métaux, formant ainsi ce que Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon¹ appellent un cercle vicieux de l'énergie et des métaux.





L'eau, une ressource naturelle sous pression

L'extraction et le raffinage des métaux nécessaires à la transition énergétique et numérique nécessitent de grandes quantités d'eau et contribuent à l'amplification du stress hydrique. Or, 70% des principaux sites miniers dans le monde se trouvent dans des zones à fort stress hydrique (P. Toledano & C. Roorda, 2014).





EN CHIFFRES

Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), pour respecter les engagements de l'Accord de Paris de 2015 (contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels), l'humanité devra d'ici 2040

quadrupler sa production mondiale de métaux (AIE, 2021).

«qu'en moyenne, il faut mobiliser de 350 fois

L'ADEME estime

leur poids en matières pour produire des appareils électriques à forte composante électronique, soit par exemple 800 kg pour un ordinateur portable et 500 kg pour un modem » (ADEME, 2018).

L'interdépendance économique des métaux

La demande et le cours de certains petits métaux ne permettent pas de couvrir les coûts liés à une exploitation minière spécifique. C'est pourquoi beaucoup de ces métaux ne sont extraits qu'en tant que sous-produits d'autres métaux (France Stratégie, 2020). Les technologies high tech sont particulièrement sensibles à ces effets d'interdépendance. Par exemple, le tantale, le germanium et le gallium (métaux critiques pour le numérique) ne sont pas des métaux viables de manière autonome.

EN CHIFFRE

On estime que

plus de la moitié des soixante métaux

que nous utilisons aujourd'hui sont ainsi liés au destin d'autres métaux (P. Bihouix et B. de Guillebon, 2010).

Des impacts environnementaux et sanitaires colossaux liés aux hautes technologies

Des technologies «propres» qui nécessitent des métaux «sales»

Les technologies dites «propres» nécessitent le recours à des minerais rares «dont l'exploitation est tout sauf propre» (G. Pitron, 2019). Guillaume Pitron évoque un «cauchemar environnemental où se côtoient – pour ne citer qu'eux – rejets de métaux lourds, pluies acides et eaux contaminées».

Les impacts sont également humains puisque l'extraction de ces minerais, souvent réalisée hors de l'Union européenne, repose dans certains pays sur le travail de dizaines de milliers d'enfants et sont à l'origine de plusieurs conflits armés (C. Lapique, 2019).



L'impact carbone du numérique

Le numérique représenterait aujourd'hui 3 à 4% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde (ARCEP, 2020). Ainsi, si le numérique était un pays, il aurait environ 2 à 3 fois l'empreinte de la France, En 2019, l'univers numérique est constitué de 34 milliards d'équipements pour 4.1 milliards d'utilisateurs, soit 8 équipements par utilisateur (F. Bordage, 2019), Le fort taux de renouvellement des équipements numériques (par exemple de cinq ans pour les ordinateurs alors qu'ils devraient être conservés 20 à 44 ans eu égard à leurs impacts environnementaux) est problématique (EEB, 2019).

 $6 \,$

Philippe Bihouix est ingénieur centralien, Directeur du groupe général AREP, spécialiste de la finitude des ressources minières et promoteur des low-tech. Il est l'auteur d'essais sur les questions environnementales et technologiques. Benoît de Guillebon est ingénieur de l'École Centrale Paris. Il a démarré et développé l'APESA, un centre technologique spécialisé dans les problèmes d'environnement et de maîtrise des risques.

Les enjeux

Plus de 50 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques sont produits chaque année dans le monde, dont 80% envoyés illégalement dans un pays en développement et finissent en décharges sans réel contrôle, alors qu'ils contiennent de nombreuses substances dangereuses pour l'environnement et la santé (Platform for Accelerating the Circular Economy & World Economic Forum, 2019). Si rien n'est fait, la quantité de déchets atteindra 120 millions de tonnes par an en 2050.

Le bilan alarmant des

déchets électroniques

À l'autre de bout de la chaîne, au niveau européen. les technologies continuent d'être l'un des flux de déchets dont la croissance est la plus rapide, avec des taux de croissance annuels de 2% (Conseil National du Numérique, 2020).



La banlieue d'Agbogbloshie, à Accra, la capitale du Ghana, est une décharge pour ordinateurs et déchets électroniques en provenance d'Europe et des États-Unis. Des centaines de tonnes de déchets électroniques y sont déposées chaque mois, où ils finissent démantelés, principalement par des enfants, qui cherchent à récupérer le cuivre, les disques durs et d'autres composants pouvant être revendus. Des métaux toxiques comme le plomb, le béryllium, le cadmium et le mercure sont libérés en quantités dangereuses et causent des dommages considérables à la santé humaine et à l'environnement.

Malgré les apparences et les promesses de dématérialisation des activités, les chiffres montrent que l'on continue de consommer une quantité exponentielle de ressources. La globalisation n'a pas seulement délocalisé les activités de production, elle a aussi délocalisé ses impacts sur l'environnement et sur les conditions de travail.

ADEME. Institut Paris Région, AREP.



Une filière de recyclage peu développée

Si les métaux comme le cuivre, le fer, l'or et le platine sont relativement bien recyclés, «la quasi-totalité des petits métaux utilisés pour les fonctions high-tech dans le secteur numérique n'est quasiment pas recyclée» (France Stratégie, 2020).



Aujourd'hui, seul 1% des terres rares est recyclé. Cela est dû au fait qu'elles sont souvent présentes en petite quantité et qu'il est difficile de séparer les terres rares des autres métaux pour les recycler. Pour pousser les industriels à recycler les terres rares, il faudrait que ce processus devienne rentable.



Emilie Janots

Enseignante-chercheuse à l'Université Grenoble Alpes au laboratoire ISTerre.

Des dépendances géopolitiques pour l'accès aux terres rares

Tandis que les terres rares sont devenues indispensables dans les fabrications de haute technologie (nécessaires tant pour la transition éneraétique, le déploiement du numérique, ou encore pour la composition des missiles de haute précision...) plusieurs analystes alertent sur une potentielle escalade des tensions géopolitiques. Les réserves des matériaux les plus critiques étant concentrées dans quelques pays seulement, de nombreux experts (dont l'Agence Internationale de l'Énergie) s'inquiètent des luttes futures pour l'accès aux matériaux les plus critiques dans le monde.

Cela pose également question vis-à-vis de la souveraineté écologique et autonomie énergétique à l'heure où un «nationalisme minier» émerge dans de nombreux pays (par exemple, l'Argentine a déjà mis des barrières à l'exportation de 37 ressources minérales, G. Pitron, 2019).



L'effet rebond des

La high-tech induit souvent un effet rebond. L'effet rebond désigne le phénomène historiquement observé selon lequel une innovation, au lieu d'entraîner des économies d'énergie, aboutit à une surconsommation de la technologie ou de la ressource en question. Par exemple, l'amélioration des performances énergétiques des voitures, au lieu de réduire la demande en carburant, a entraîné les automobilistes à faire de plus longues distances, à acheter davantage de voitures et l'impact sur les émissions de CO₂ n'a pas diminué. Il existe aussi des effets rebonds indirects quand les économies financières permises par la moindre consommation d'énergie sont utilisées pour consommer d'autres biens nécessitant de l'énergie.



En voulant nous émanciper des énergies fossiles, en basculant d'un ordre ancien vers un monde nouveau. nous sécrétons en réalité une nouvelle dépendance, plus forte encore [...] le moindre de nos gestes quotidiens et même nos grands choix collectifs vont se révéler totalement tributaires des métaux rares.



G. Pitron

Journaliste spécialiste de la géopolitique des matières premières, 2019

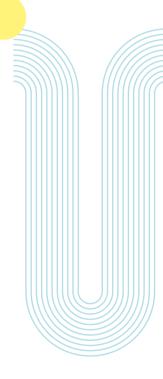
EN CHIFFRES

Actuellement. la Chine fournit

de l'approvisionnement de l'UE en terres rares. la Turquie

de l'approvisionnement de l'UE en borate. et l'Afrique du Sud

des besoins de l'UE en platine (Commission européenne, 2020).











Construire mieux avec moins

Faire avec l'existant

La démarche low-tech peut s'adapter à toutes les formes de construction, que cela soit pour du logement, des écoles, des bureaux ou d'autres types de bâtiments. En plus de prôner une utilisation raisonnée de la high-tech, l'approche low-tech consiste à avoir une consommation raisonnée des ressources matérielles. Pour le secteur du bâtiment, cela suppose tout d'abord d'éviter les constructions neuves ou les démolitions et plutôt de privilégier les réhabilitations, rénovations et transformations des bâtiments existants.

Le projet s'inscrit dans une démarche environnementale et d'économie circulaire ambitieuse. Ainsi, un travail minutieux a été réalisé avec l'équipe de conception pour anticiper une démarche de déconstruction sélective et maximiser le réemploi in situ. Au total, plus de 30% de la matière est revalorisée sur site, et plus de 80% du mobilier sera réemployé dans le projet final. En complément de la démarche, l'équipe projet a sollicité l'Association Ouvrière des Compagnons du Devoir et du Tour de France pour organiser des ateliers de sensibilisation autour du réemploi.



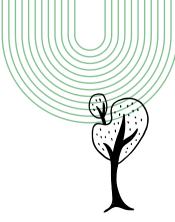


Cycloponics

Cycloponics est une startup qui exploite des sous-sols urbains inutilisés à des fins agricoles (cultures de champignons. endives et micro pousses). Cycloponics vend ses produits directement aux habitants, restaurateurs et épiceries des environs, et organise des visites pédagogiques pour les écoles et les résidents du quartier.



 $[\odot]$



Construire autrement

L'approche low-tech consiste à choisir des modes constructifs ayant le moins d'impact possible sur l'environnement. Cette démarche prône l'éco-construction (tel que le choix de matériaux biosourcés et géosourcés, le choix de techniques constructives mobilisant le moins de machines et de ressources possible et générant peu de déchets...), la sobriété des usages et une utilisation raisonnée de la high-tech.

Bon à savoir!

L'approche low-tech encourage fortement la démarche de construction bioclimatique. Il s'agit de prendre en compte dès la conception du projet de construction ou de réhabilitation le climat et l'environnement immédiat afin de réduire les besoins en énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage. La conception repose notamment sur le choix de matériaux appropriés, le recours à des techniques de circulation d'air, l'utilisation du rayonnement solaire ou de la géothermie et la récupération des eaux de pluie.

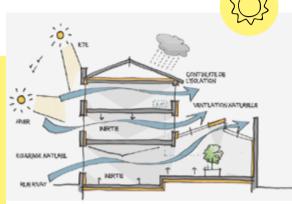


Illustration du principe bioclimatique par la Scop d'architectes Fair



Chocolab. Necocli, Colombie

Concu en 2019, le Chocolab est un centre de développement et d'innovation conçu par MEC Arquitectura fondé sur une architecture visant à réduire la consommation d'énergie tout au long du cycle de vie du bâtiment. Le projet implique activement la communauté dans le processus de construction et sert de programme éducatif sur la transformation et l'utilisation du bois (teck).

Le bâtiment possède une ventilation naturelle et utilise un système de façade low-tech perméable garantissant l'entrée de la lumière du soleil. Ainsi, l'intérieur du bâtiment bénéficie non seulement de conditions d'éclairage adéquates pour remplir sa fonction éducative mais aussi d'un environnement frais et d'un confort thermique élevé. De plus, le bâtiment a été conçu pour être flexible et adaptable.



© Luker Chocolate, 2019

Maître d'ouvrage: MEC Arquitectura, Manuela Eblé Cárdenas Maitre d'œuvre: Manuela Eblé Cárdenas + Jellyshot Group S.A.S.

Livraison: 2019

Lycée Joséphine Baker, Hanches, France

La conception de ce lycée s'appuie sur une démarche environnementale exemplaire. Sur ce chantier innovant, une grande partie de la terre excavée sur le site a été réutilisée sur place pour réaliser des briques pour la construction de plusieurs murs du lycée. Également, plus de 500 tonnes de matériaux biosourcés tels que le bois, la paille et le chanvre ont été utilisés pour construire la charpente, les murs, les façades, mais aussi pour assurer l'isolation du bâtiment.



 \uparrow

 $[\odot]$

© Cabinet Créa'ture Architectes

Maître d'ouvrage: Région Centre Val-de-Loire
Maîtres d'œuvre: Cabinet d'architectes Créat'ure
Entreprise générale: Bouygues Bâtiment France

Livraison: 2023







Immeuble 22/26, Lustenau, Autriche

L'agence d'architecture Baumschlager Eberlé s'est basée sur le consensus mondial d'une échelle de confort thermique située entre 22 et 26°C d'où le concept « No less 22 - No more 26 » ou encore le bâtiment 22/26. L'agence a concu en 2013 un immeuble sans installation technique. Dans ce bâtiment, il n'y a pas besoin de pompe à chaleur, de ventilation double flux ou de système de refroidissement. Le chauffage provient uniquement de la chaleur résiduelle des utilisateurs, des ordinateurs, de l'éclairage, ainsi que du rayonnement solaire. Seul un logiciel intelligent de contrôle des flux énergétiques a été installé et agit sur les différents organes du bâtiment.



I
Eduard Hueber, archphoto ©Baumschlager Eberle Architekten

Maître d'ouvrage: AD Vermietung OG

Maîtres d'œuvre: Baumschlager Eberle Lustenau GmbH Entreprise générale: Rhomberg Bau GmbH

Livraison: 2013

L'apport de l'architecture vernaculaire: l'exemple de la voûte nubienne

Le concept technique de la voûte nubienne est un procédé architectural ancestral principalement réalisé en terre crue. Grand prix de l'innovation urbaine 2020 «Le Monde-Cities», la voûte nubienne remet sur le devant de la scène un procédé architectural datant d'il y a plus de 3500 ans et qui est particulièrement bien adapté aux pays subsahariens. La construction coûte entre 30 à 60% moins cher qu'une maison en béton, peut facilement durer 50 ans (soit cinq fois plus longtemps qu'une maison en parpaings et en tôles), résiste bien aux intempéries et surtout protège de la chaleur (on observe une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de 4 à 6°).



Des labels encourageant le développement des low-tech dans la construction

Pour stimuler la construction et la restauration low-tech, l'association Low Tech Building a fédéré plusieurs bureaux d'études dont ELAN, Conseil en immobilier durable, filiale de Bouygues Construction, pour créer un label «Low Tech building». Son référentiel s'appuie sur trois piliers: la sobriété dans la construction comme dans l'exploitation, la raison d'être (offrir une réponse aux besoins réels des habitants) et la résilience.



Le label «Bâtiment frugal bordelais»:

En mai 2021, la municipalité de Bordeaux lançait un référentiel pour adapter les bâtiments aux enjeux climatiques, énergétiques, environnementaux, économiques et sociaux. Le label Bâtiment frugal bordelais vise à promouvoir un bâtiment adapté au territoire, préservant les espaces de nature existants, tourné vers les filières locales, soucieux de l'usage et de la qualité de vie de ses occupants, tout en réduisant ses impacts climatiques.

Impliquer les futurs usagers

La démarche low-tech revient également à renforcer le pouvoir d'agir des habitants plutôt que la dépendance aux outils technologiques et aux systèmes dans lesquels ils s'inscrivent.

Cela passe par exemple par une meilleure compréhension du fonctionnement de nos lieux de vie et par l'adoption de nouveaux comportements (éteindre la lumière la nuit dans les bâtiments tertiaires, fermer les volets, etc.), par la promotion d'équipements frugaux ou encore par la mise en place d'initiatives au service du lien social comme la mutualisation de services et d'équipements.

Collect'IF Paille, France

Depuis 2015, le Collect'IF Paille a pour objet de promouvoir et de démocratiser l'emploi de la paille dans la construction en Île-de-France. L'association propose la formation « Pro-Paille » qui porte sur les Règles Professionnelles de la Construction en Paille – CP2012 et permet d'aborder les aspects théoriques et pratiques liés à ce mode de construction.



[0]

Aménager la ville low-tech

Face au discours développé autour de la smart city fondée sur un recours massif au numérique, l'approche low-tech nous invite à trouver des alternatives à la ville ultra-connectée, avec pour objectif de tendre vers plus de frugalité et renforcer le pouvoir d'agir de chacun (Le Labo de l'ESS, 2022).

Renaturer les villes

Dans un contexte climatique où les vagues de chaleur vont augmenter en fréquence et en intensité, où les taux de pollution vont être de plus en plus nocifs et où ces aléas vont toucher un nombre croissant de personnes, les solutions fondées sur la nature permettent de répondre à ces défis. Avant d'apporter des solutions high-tech, l'approche low-tech nous pousse à préserver le vivant et à s'en inspirer. Par exemple, désimperméabiliser les sols et renaturer les territoires contribuent à lutter contre les îlots de chaleur urbains.



Une autre smart city est pourtant possible, qui serait plus sobre et mesurée dans ses outils et dans ses pratiques, plus proche de l'intérêt des citoyens et préoccupée par les injustices sociales.



C. Diguet

Institut Paris Région

F. Lopez

Historienne de l'architecture et des techniques, 2019

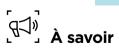


Green Shades, Valladolid, Espagne

'Green Shades' est une solution basée sur la nature introduite à Valladolid en 2020. Il s'agit d'un auvent en forme de voile qui contient de la végétation et dispose d'un système d'irrigation intégré. Ce système crée ainsi des zones d'ombre dans l'espace public, contribue à l'amélioration de la qualité de l'air et à la régulation de l'humidité. La légèreté et la facilité d'installation permettent de les placer dans des rues où, en raison du manque d'espace ou de la difficulté d'intervention, il n'est pas possible d'installer des arbres ou d'autres types de végétation.



↑ ©Singular Green



Les îlots de chaleur urbains entraînent des températures pouvant augmenter de 2°C pour une ville de 1000 habitants jusqu'à 12°C pour une ville de plusieurs millions d'habitants (E. Février et al., 2009). Une étude de l'ADEME (2021) indique que les arbres sont la solution fondée sur la nature qui permet localement le rafraîchissement le plus important (jusqu'à 2 à 3 degrés).

Dépolluer les villes

Certaines initiatives utilisent les biotechnologies pour offrir des solutions de dé-pollution dans des espaces contraints. L'approche low-tech consistant à utiliser les technologies à bon escient, ces initiatives peuvent représenter des alternatives quand les solutions fondées sur la nature ne sont pas appropriées.







« Liquid3 », Belgrade, Serbie

En 2019, la Serbie est classée au 5^{ème} rang des pays les plus pollués d'Europe et est également celui avant le plus de décès liés à la pollution atmosphérique avec 175 morts pour 100 000 personnes (The Index Project, 2023). Pour répondre à cet enjeu, l'Institut de recherche multidisciplinaire de l'université de Belgrade a créé LIQUID3, un photobioréacteur urbain qui utilise la puissance des microalgues pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et améliorer la qualité de l'air. Il contient six cents litres d'eau et utilise des microalques pour capturer le dioxyde de carbone et produire de l'oxygène grâce à la photosynthèse. Les microalques remplaceraient deux arbres de dix ans ou 200 mètres carrés de pelouse et représente ainsi un concept alternatif durable de verdissement des environnements urbains qui présentent un espace limité et une forte pollution.



Développer la biodiversité urbaine par l'acupuncture urbaine

L'acupuncture urbaine est une stratégie urbaine qui combine l'urbanisme avec l'acupuncture issue de la médecine chinoise traditionnelle en considérant la ville comme un organisme vivant. À l'inverse des grandes opérations urbaines coûteuses et parfois déconnectées des problématiques locales, l'acupuncture urbaine entend revitaliser des zones définies grâce à des micro-interventions, et ainsi « faire réagir la ville », c'est-à-dire déclencher des réactions en chaîne positives qui vont améliorer la vie du quartier. Quelques exemples : la désimperméabilisation de certaines zones sur des parkings publics, la création de noues, la récupération des eaux pluviales...

Donner vie aux espaces publics

L'aménagement de l'espace public peut lui aussi s'inspirer de la démarche low-tech. Cela implique par exemple de faire avec l'existant, d'intensifier les usages, d'encourager le partage de l'espace, de favoriser le réemploi du mobilier urbain ainsi que de régénérer des sites comme les friches.

 $[\odot]$



Wikado, Rotterdam, Pays-Bas

Superuse-studios a conçu en 2008 un aménagement pour la cour de la fondation «Kinderparadijs Meidoorn» à Rotterdam, fondé sur une logique de réemploi. Pour cela, des pales d'éoliennes ont été récupérées pour créer cet espace de ieux pour enfants. Résistantes au vent, aux intempéries, ergonomiques et creuses, elles sont les mikados de la conception de ce parc urbain. Avec de simples interventions sur les pales, le studio a rendu ce projet ludique et adapté aux enfants. Toujours à Rotterdam, d'autres pales ont été réutilisées pour du mobilier urbain (bancs, abri vélos).

Au-delà du mobilier réemployé, plusieurs aménagements low-tech peuvent être pensés pour enrichir la vie de quartier et le rendre plus dynamique. Par exemple, l'installation de petits mobiliers urbains, l'ajout de marquages ludiques au sol, le design actif, l'installation d'œuvres éphémères, la végétalisation..., sont autant de propositions qui participent à la transformation d'un espace public pour lui redonner vie.

Le design actif

Un concept architectural peu coûteux permettant d'intégrer des pratiques ludiques et sportives au cœur de la ville comme l'aménagement de jeux de couleurs dans les espaces publics.



© Denis Guzzo, 2008





Les rues portables, Jaime Lerner

L'architecte Jaime Lerner a conçu «les rues portables» pour redynamiser des quartiers jugés trop endormis. Le but est d'ajouter un nouvel élément au paysage urbain en mettant en place un mobilier urbain qui autorise les vendeurs de rue à s'installer. Les modules sont flexibles et mobiles et les rues portables ont été testées en 2007 dans un quartier de Sao Paulo dans le but de redonner vie aux rues.



©Jaime Lerner Arquitetos Associados

© Google Street View

Avant

Les rues conviviales, Québec, Canada

La Ville de Québec s'est dotée d'une politique de rues conviviales en 2017. une première au Québec. Il s'agit d'une approche intégrée visant à créer un réseau de rues et d'espaces publics améliorant la qualité des milieux de vie et le vivre ensemble. Une rue conviviale doit être accessible, sensible au contexte dans lequel elle s'inscrit, sécuritaire et confortable pour tous, peu importe le mode de déplacement, la condition personnelle et la saison. Les rues conviviales se déclinent en trois axes : des rues actives, vertes et hivernales (prendre en considération la réalité hivernale dans les choix d'aménagement). Le concept a depuis été repris dans plusieurs villes du Canada.

Après



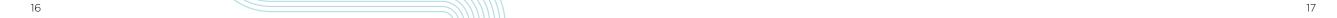


©Ville de Québec Réaménagement du Chemin de la Canardière, Québec, 2018

L'urbanisme tactique: réduire l'intervention et maximiser le résultat

L'urbanisme tactique consiste à intervenir sur des lieux urbains ciblés, dans un temps réduit, avec peu de moyens, afin d'améliorer la vie du quartier.





Favoriser les mobilités douces

La démarche low-tech s'adapte également à d'autres enjeux en ville, comme la mobilité et les réseaux de transport.

Si l'un des enjeux principaux est de trouver des solutions alternatives plus sobres de déplacement à la voiture individuelle, il s'agit également d'interroger nos besoins afin de se déplacer moins pour se déplacer mieux, en combinant une diversité de solutions. Plusieurs initiatives s'appuient sur des principes de juste besoin, d'accessibilité, et de sobriété, afin de tendre vers des mobilités plus actives (la marche, l'usage du vélo...), partagées (transports en commun, autopartage, covoiturage...) et inclusives (accessibles au plus grand nombre).

 $[\odot]$

Woodvbus. Le Pellerin, France

Créé en 2022, Woodybus est un transport collectif et collaboratif avant vocation à remplacer les voitures qui déposent les enfants domiciliés dans un rayon de 3 km autour de l'école, et à les sensibiliser à la pratique du vélo. Huit élèves pédalent pour alimenter la batterie électrique du véhicule, tandis que le chauffeur assure la direction et la sécurité. Conçu et fabriqué avec une majorité de sous-traitants dans un rayon inférieur à 100 km autour du lieu d'assemblage, Woodybus dispose d'un châssis en bois des Landes, presque 5 fois plus léger que l'aluminium. Cela évite de nombreuses dépenses d'énergie électrique (réduction de l'empreinte carbone d'environ 1t de CO2) et élimine les lourdes pollutions associées à la production de l'aluminium.





VLOTEK, France

Depuis 2022, VLOTEK permet de réaliser une transition écologique accessible, sobre et locale en proposant aux familles qui souhaitent réduire l'empreinte environnementale de leurs déplacements, des kits low-tech pour transformer un simple vélo en vélo cargo, une alternative économique et durable pour se substituer à l'achat d'un vélo cargo onéreux.

Donner plus de pouvoir aux habitants

L'approche low-tech encourage dès que possible l'utilisation de technologies simples d'usage pour qu'elles soient appropriables par le plus grand nombre et favorise ainsi une plus grande autonomie des populations. L'aménagement des villes peut également contribuer à une meilleure appropriation des proiets afin de renforcer la circularité de l'économie des biens de consommation courante (réparation, réemploi, réutilisation et, à défaut, recyclage).

La fondation Repair Café. **Amsterdam, Pays-Bas**

Le Repair Café est une initiative née à Amsterdam en 2009. Suite au succès rencontré, une fondation Repair Café est créée en 2011 et le modèle s'est depuis diffusé à travers le monde. À chaque Repair Café, une équipe de bénévoles répare toutes sortes d'objets ramenés par les visiteurs (les visiteurs sont en partie impliqués dans la réparation de leurs objets). Les Repair Café s'inscrivent dans la démarche low-tech, leur but étant de réhabiliter la pratique de la réparation d'objets pour lutter contre la surconsommation et l'obsolescence des produits, incitant ainsi à moins consommer et à réparer plutôt que de jeter.

[O]

Construire un territoire low-tech c'est permettre aux habitants d'habiter pleinement leur ville, de monter en compétences, pour répondre eux-mêmes à leurs besoins autant que possible, et pour gagner en liberté.

 $[\odot]$

Jean-Baptiste Thony

Conseiller municipal auprès du maire de Bordeaux pour l'économie circulaire, le zéro déchet, la propreté et la monnaie locale, 2022





La Fumainerie, **Bordeaux, France**

La Fumainerie a pour mission de donner aux citoyens le pouvoir d'accompagner la transition des systèmes (alimentationexcrétion) urbains vers des modèles plus circulaires maximisant le recyclage des nutriments libérés par nos excreta. L'association a déployé un réseau expérimental en juillet 2020 pour promouvoir une gestion durable et circulaire des excreta.

EKO!, France

Depuis 2018, le projet 'Low-tech with Refugees' de l'association EKO! vise à améliorer la résilience et l'autonomie des personnes exilées tout en contribuant au développement durable local par la diffusion des savoirfaire et systèmes low-tech. Après une première expérience en Grèce, le programme s'est développé à Marseille et Briancon pour proposer aux migrants et aux habitants locaux des formations certifiantes et des ateliers de découverte des savoir-faire low-tech (éco construction, gestion des déchets, travail du bois, réparation de vélos, systèmes énergétiques, maraîchage agroécologique, apiculture, assainissement, etc.).



S'appuyer sur les ressources des territoires

Le développement de la low-tech présente également un fort potentiel à l'échelle du territoire. Que cela soit pour des enjeux d'énergie, de gestion des déchets, d'assainissement de l'eau ou encore pour le tourisme, la démarche low-tech peut apporter de nombreuses solutions pour rendre les territoires plus durables et résilients.



Proposer de nouveaux modèles de gestion de déchets, d'énergie et de traitement de l'eau

Le traitement et la gestion de l'eau, des déchets et de l'énergie sont des enjeux cruciaux quant au bon fonctionnement des territoires. Plusieurs solutions low-tech émergent et permettent un développement plus sobre et circulaire en répondant aux défis locaux.

Modul'o, France

TRYON, constructeur-ensemblier d'unités de micro-méthanisation a créé Modul'o, une solution qui valorise localement les biodéchets alimentaires des activités économiques et des ménages. Elle s'insère au plus près des gisements grâce à ses modules rapides à déployer et faciles à intégrer dans le paysage. Le processus, qui reprend le mécanisme de digestion d'une vache, est entièrement naturel et produit d'une part du biogaz qui est un combustible renouvelable, et d'autre part un fertilisant organique naturel appelé digestat. TRYON a inauguré son unité à Carrières-sous-Poissy dans les Yvelines en 2021.



↑ ©Modul'O/Tryon

Green WATECH, Marrakech, Maroc

Première source de pollution de l'eau potable, les eaux usées peuvent être assainies depuis 2018 avec le filtre à sol low-tech de Green Watech, composé uniquement de matériaux disponibles en grande quantité et faciles à trouver partout pour traiter et réutiliser les eaux usées

Il s'agit d'un système de filtre géant constitué de divers composants naturels, qui, en l'espace de vingt-sept heures, permet de traiter et rendre apte à la consommation domestique (irrigation et tâches ménagères) un mètre cube d'eau. Le filtre a aujourd'hui la capacité de traiter les eaux usées de 10 000 foyers marocains dans un contexte où 32 000 villages n'ont pas d'accès à un service d'assainissement, et permet de réutiliser l'eau pour l'agriculture plutôt que d'aller la chercher dans les nappes phréatiques.



 $[\odot]$





Le Programme National de Biogaz Sénégal

Le Programme National de Biogaz Sénégal a permis l'installation de plusieurs milliers de biodigesteurs permettant aux foyers de se débarrasser de leurs déchets organiques et de transformer ces derniers en énergie de cuisson et d'éclairage. À terme, le but du programme est d'améliorer les conditions de vie des populations rurales du Sénégal à travers la création d'un marché durable de biogaz. Le programme a par ailleurs permis la création de plus de 12 000 emplois.

Transformer les pratiques agricoles

La démarche low-tech constitue une alternative au modèle actuel en aidant les personnes à se réapproprier leurs outils de travail, en renforçant les savoir-faire locaux, et en développant de nouvelles synergies entre territoires urbains et ruraux.

L'Atelier Paysan, France

Organisme de développement agricole et rural, l'Atelier Paysan œuvre depuis 2009 à la généralisation d'une agroécologie paysanne. Le but consiste à aider les producteurs à retrouver une souveraineté technique, une autonomie par l'entraide et la réappropriation des savoir-faire. La coopérative développe également plusieurs partenariats dans le champ du développement agricole, de la recherche et de l'expérimentation, avec des universités et des structures de l'ESS.





Cargonomia, Budapest, Hongrie

Cargonomia est un hub faisant le lien entre des activités de productions locales de nourriture de manière soutenable et des solutions de transport low-tech fabriquées localement depuis 2015. Il s'agit d'un projet réunissant trois acteurs impliqués dans l'économie sociale et solidaire : la ferme en biodynamie de Zsambok propose des paniers AMAP, la coopérative sociale Cyclonomia a créé un atelier vélo participatif qui fabrique de manière artisanale ses propres solutions low-tech pour le transport de marchandise en milieu urbain et Kantaa est une entreprise de coursier.

Redynamiser les territoires

En s'appuyant sur les savoir-faire locaux et en prenant en compte le contexte, l'approche low-tech participe également au développement des territoires. De nombreux projets participent à la reterritorialisation de l'économie (relocalisation des activités, développement de l'artisanat local, économie circulaire, etc.).

La Fabrique Cycle Terre, Sevran, France

Cycle Terre propose depuis 2018 de réutiliser les terres excavées non polluées pour la construction en terre crue de nouveaux quartiers du Grand Paris. Basée à Sevran, la Fabrique Cycle Terre est la première unité de transformation de terres excavées inertes en sites, en matériaux de construction en France. L'entreprise propose aussi un accompagnement technique autour de l'usage de matériaux terre mais aussi des formations pour les maçons directement sur chantier.



Le développement des territoires passe également par de nouvelles formes de tourisme favorisant l'économie locale et la protection de l'environnement (choix de déplacements propres, séjours dans des lieux éco-conçus, ancrage dans un écosystème local).

Le Slow Tourisme Lab, Troyes, France

Créé en 2017, le Slow Tourisme Lab est un incubateur sectoriel visant à soutenir les entreprises innovantes du slow tourisme. Créé en partenariat avec la technopole de l'Aube et le comité départemental du tourisme, il est le 1^{er} incubateur au monde de start-up et d'entreprises voulant innover dans le tourisme durable. L'objectif du Slow Tourisme Lab est de promouvoir une façon de voyager plus durable, lente et humaine en opposition au tourisme de masse, et de créer des technologies et services touristiques innovants applicable en zones rurales pour le tourisme de loisirs et d'affaires.



SAS Minimum - Le Pavé, Aubervilliers, France

Fondée en 2018, l'entreprise SAS Minimum - Le Pavé conçoit et commercialise un nouveau matériau fabriqué à partir de plastique recyclé. Chaque matériau est issu à 100% de déchets plastiques, sans aucun ajout de résine. L'entreprise a déjà plusieurs réalisations en France et a obtenu un contrat de sous-traitance auprès du Groupe Bouygues pour réaliser 11 000 sièges pour les gradins de la piscine olympique et de l'Arena 2 pour les JO 2024. Ils seront entièrement conçus à partir de déchets plastique de Seine-Saint-Denis, principalement des bouteilles de shampooing et des bouchons.

Lever les freins

Le développement de démarches low-tech dans la construction, la planification urbaine et l'aménagement du territoire rencontre plusieurs types d'obstacles qui peuvent être regroupés dans ces quatre catégories².



Freins sémantiques, culturels et psychologiques

Le manque d'identification, voire la méfiance de certains acteurs vis-à-vis des termes low-tech, right-tech et just-tech contribue à freiner leur développement. Ils font également face à des freins culturels et psychologiques importants rendant difficile l'acceptation sociale et leur adoption dans les projets. Face à un imaginaire «progressiste» et une fascination pour l'innovation technologique, la low-tech est souvent associée à de nouvelles restrictions et contraintes menant à une perte de liberté personnelle et de confort. Pour pouvoir inspirer, donner envie et se projeter dans une société low-tech, il est important de développer de nouveaux imaginaires positifs.



Freins réglementaires et assurantiels

La réglementation est souvent inadaptée ou ne couvre pas les innovations et démarches low-tech, ce qui peut conduire à une frilosité des assurances et des financeurs (ADEME, 2022).



Bon à savoir!

Les permis d'innover permettent à des structures d'expérimenter une solution et, rétroactivement, d'examiner, en cas de succès et d'absence de dangerosité, la façon de modifier la réglementation pour l'adapter à la solution.



Freins économiques

Les initiatives low-tech peuvent être confrontées à des coûts de construction plus élevés (notamment du fait des contraintes d'approvisionnement et de la part plus importante de travail humain dans sa mise en œuvre).



Consommer des ressources ou émettre des gaz à effet de serre reste moins cher que de mobiliser du travail humain. Cela bloque l'émergence de beaucoup de solutions de réparation et de formes artisanales de travail.



P. Bihouix

Ingénieur, Directeur général du groupe AREP, Référent thématique du Labo de l'ESS, 2021



Freins liés aux habitudes

L'approche low-tech nécessite souvent une plus grande implication des utilisateurs. Les dispositifs sont moins automatisés, moins numériques, ce qui peut entraîner une charge supplémentaire (cognitive, temporelle), freinant les usagers à changer leurs comportements.

²Catégories issues des freins identifiés dans les travaux suivants: ADEME, 2022 ; Le Labo de l'ESS, 2022 ; La Fabrique Ecologique, 2019 ; A. Martin & C. Colin, 2021.

Les acteurs se positionnent

Face à l'urgence, de nombreux acteurs de la fabrique de la ville commencent à développer une démarche low-tech dans leurs projets pour proposer des solutions robustes, réparables et durables. Ci-dessous, quelques initiateurs.

Dans le milieu associatif



Le low-tech Lab est une association ayant pour mission de partager les solutions et l'esprit low-tech.

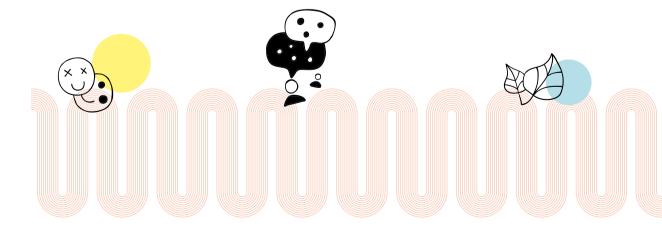
Pour cela, l'association documente les low-tech et leur potentiel de déploiement, facilite la mise à disposition d'outils collaboratifs et la mise en place de programmes communautaires et partage les expériences et témoignages des ambassadeurs de la low-tech. L'association coordonne également 20 collectifs de Low-tech Lab (LTL) locaux contribuant à faire vivre localement la philosophie low-tech dans le monde (LTL Yaoundé, Lausanne, Montréal...).



Le Slow Lab est un projet collectif né à Barcelone, au croisement des mouvements de 'slow movement' et de low-tech. Basant leurs projets autour de mouvements lents et de techniques anciennes, le Slow Lab vise à remettre en question et repenser certains des outils que nous utilisons au quotidien pour rendre nos sociétés moins dépendantes à la high-tech.



Le Low Technology Institute est une association du Wisconsin visant à créer des solutions à faire soi-même et à faible consommation de ressources et identifier des solutions low-tech pour assurer la soutenabilité du monde de demain. L'association a mis en place un blog, un podcast et des vidéos pour mettre en lumière le travail de l'institut et d'autres acteurs.



Dans la construction, l'immobilier et l'architecture

Bouygues Bâtiment France a présenté son concept-building «Archisobre», une démarche pour orienter la construction vers le très bas carbone, et ainsi diviser par trois l'impact carbone d'un bâtiment tertiaire.



©NeM / Niney et Marca Architectes

Groupama Immobilier a développé un projet de restructuration d'un immeuble de bureaux nommé «L'immeuble le plus nul de Paris» ayant vocation à devenir le premier exemple de bâtiment réhabilité avec une approche low-tech à Paris. L'objectif est de produire zéro carbone, zéro déchet, zéro superflu et d'installer zéro clim.



CGroupama Immobilier



Kolûba est un collectif turc de construction alternative

ayant une approche plus propre, plus saine et plus personnelle de l'habitat. Le collectif construit essentiellement des logements avec de la terre, de la paille et du bois et a pour objectif principal de pousser la construction naturelle vers une plus grande reconnaissance.



FRUGALITÉ HEUREUSE & CRÉATIVE

L'ingénieur Alain Bornarel et les architectes Philippe Madec et Dominique Gauzin-Müller ont écrit et diffusé le «Manifeste pour une frugalité heureuse», encourageant les acteurs de la fabrique urbaine à se diriger vers un autre modèle fondé sur une frugalité en énergie, en matière, en technicité et pour le territoire.





Le travail réalisé par l'Institut Paris Région à l'occasion de la 41ème rencontre des agences d'urbanisme du réseau Fnau sur la vie lowtech en 20403 (C. Lopez et al., 2021) participe également à la création d'imaginaires d'une ville low-tech. Cette initiative concoit la démarche low-tech comme véritable projet de société et cite des mesures qui pourraient modifier le quotidien des français: interdiction des SUV, création d'un revenu de transition personnelle, réduction du temps de travail, etc.



Paris & Co a lancé en octobre 2021 un groupe de travail pour accélérer l'innovation urbaine low-tech auquel Bouygues Construction contribue. Leur objectif: «rassembler des

«rassembler des professionnels de l'immobilier, de l'aménagement, de la construction et de l'énergie pour questionner la course à l'innovation technologique et imaginer des solutions à la juste-mesure des besoins et des contraintes actuelles des villes».



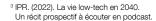
Dans la recherche & formation



Le développement de la low-tech dans les sociétés passe également par l'apprentissage et le champ de la recherche. APALA, une association à but non lucratif née en 2013, regroupe une dizaine de personnes issues de milieux scientifiques et techniques pour apporter des réponses techniques low-tech et open source aux problématiques de soutenabilité. Une grande part des activités d'APALA s'oriente autour de la recherche, qui constitue une passerelle privilégiée avec le milieu universitaire. Sous son impulsion et celle du Low-tech Lab, une option «ingénierie des low-tech» a été ouverte à Centrale Nantes.



En France, la Low-tech Skol forme des Référent-e-s Économie Circulaire et Low-tech pour aider les entreprises à passer du modèle actuel à un modèle low-tech. Ces référents deviennent des personnes polyvalentes, employables dans tout type de secteur, et capables d'apporter et de mettre en œuvre en entreprise des idées simples et efficaces pour générer des économies.



Pour aller plus loin...

Face aux enjeux environnementaux, sociaux, sanitaires, à la raréfaction des ressources et aux risques géopolitiques associés, des acteurs de tous horizons s'engagent pour faire émerger de nouveaux modes de production et de consommation.

Loin de refuser toute technologie, l'approche low-tech (ou just-tech, right-tech) nous invite à repenser nos besoins pour utiliser les hautes technologies à bon escient. Au-delà de cet aspect, il s'agit d'enclencher de profonds changements organisationnels et culturels pour inscrire nos sociétés dans le cadre des limites planétaires.

Pour les secteurs de la fabrique de la ville et des territoires, cette nouvelle approche représente une opportunité d'innover, en privilégiant la recherche du juste besoin, la mise en œuvre de modèles de construction et d'aménagement moins consommateurs en énergie, en ressources et moins producteurs de déchets. Cette approche encourage également une plus forte implication des usagers et des habitants tout en renforçant leur pouvoir d'agir et leur autonomie.

Loin des modèles de «smart city» et de «green tech» dépendantes d'énergie, de métaux et terres rares de moins en moins accessibles, la démarche low-tech propose un cadre innovant pour concevoir, bâtir, et aménager des villes et territoires plus durables, plus inclusifs et plus résilients.



La ville high-tech n'est ni une évidence, ni une fatalité. D'autres trajectoires sont possibles et souhaitables, comme la ville (ou métropole) low-tech, c'est-à-dire une ville qui, sans rejeter en bloc la technologie et l'innovation technique, fait montre d'un plus grand «techno-discernement», tant pour l'environnement que pour notre autonomie et notre résilience individuelles et collectives.



Philippe Bihouix

Ingénieur, Directeur général du groupe AREP, Référent thématique du Labo de l'ESS





Livres

- Bihouix P. (2021). L'Âge des low tech: vers une civilisation techniquement soutenable. Seuil, 294p. Réédition 2014.
- Chabot C. & Levêque P.-A. (2021). Low-Tech — Repenser nos technologies pour un monde durable. Éditions Rustica.
- De Chatelperron C. & Fasciaux N. (2018). Nomade des Mers. Arte Editions et E/P/A.
- Illich, I. (1973). La convivialité. Seuil, 160p.
- Marry S. & Bihouix P. (2023). Architectures low-tech: Sobriété et résilience. Editions Parenthèses/ ADEME.
- Pitron G. (2019). La guerre des métaux rares - La face cachée de la transition énergétique et numérique. Les liens qui libèrent, 314p.
- Roussilhe G. & Mateus Q. (2023). Perspectives low-tech: comment vivre, faire et s'organiser autrement? Editions Divergences.



Dossiers

- Lopez C., Le Bot N., Soulard O., Detavernier P., Heil Selimanovski A., Tedeschi F., Bihouix P., Papay A. (2021). «La Ville Low-Tech: Vers un urbanisme du discernement», ADEME - Institut Paris Region - AREP.
- Bloquel M., Bonjean A.-C., Fangeat E., Marry S., ADEME, Forget A., Fustec A., Habe C., Jaeger R., Moiroud L., Morales E., Goodwillmanagement, Chabot C., Low-tech Lab. (2022). État des lieux et perspectives des démarches «low-tech». Rapport 48 p.

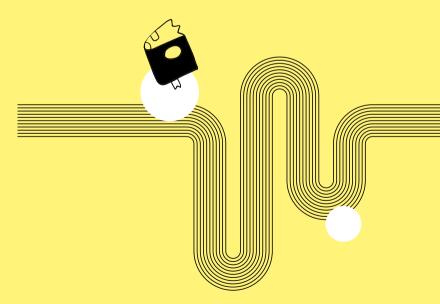


Contenu audiovisuel

■ Podcast Circular Metabolism – Chaine Youtube «Metabolism of Cities». https://www.youtube.com/@ MetabolismofCities

Portail et newsletter

■ Low-tech Magazine. https://solar. lowtechmagazine.com/fr/



Crédits

Note de tendances #13 - Juillet 2023

Direction Stratégie, Équipe Prospective – Bouygues Construction – prospective@bouygues-construction.com

Comité de rédaction: Virginie Alonzi, Samuel Fusberg-Elbaz, Claire Meunier

Crédits images: iStock

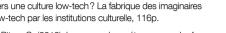
Conception & réalisation: Yeidi www.agence-heidi.fr

Sources

- Abrassart C., Jarrige F., Bourg D. (2020). Introduction: Low-Tech et enjeux écologiques – quels potentiels pour affronter les crises? La Pensée écologique, 5(1), 1-1.
- ADEME. (2018). La face cachée du numérique. Réduire les impacts du numérique sur l'environnement, 11p.
- ADEME (2021). Rafraîchir les villes : avis d'experts de l'ADEME, 11p.
- ADEME. (2022). DÉMARCHES «LOW-TECH». État des lieux et perspectives - RAPPORT FINAL, 53p.
- AIE. (2021). The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions, 287p.
- ARCEP. (2020). Pour un numérique soutenable, 130p.
- Bihouix, P. & de Guillebon B. (2010). Quel futur pour les métaux? Raréfaction des métaux: un nouveau défi pour la société. EDP Sciences.
- Bihouix, P. (2021). L'âge des low tech: vers une civilisation techniquement soutenable. Seuil.
- Bloquel M., Bonjean A.-C., Fangeat E., Marry S., ADEME, Forget A., Fustec A., Habe C., Jaeger R., Moiroud L., Morales E., Goodwillmanagement, Chabot C., Low-tech Lab. (2022). État des lieux et perspectives des démarches «lowtech», 48p.
- Bordage F. (2019). Empreinte environnementale du numérique mondial - Version 2.0 - GreenIT.fr, 40p.
- Commission Européenne. (2020). Résilience des matières premières critiques: la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité, 27p.
- Conseil National du Numérique. (2020). Feuille de route sur l'environnement et le numérique - 50 mesures pour un agenda national et européen sur un numérique responsable c'est-à-dire sobre et au service de la transition écologique et solidaire et des objectifs de développement durable. Rapport remis à la ministre de la Transition écologique et solidaire et au secrétaire d'État chargé du Numérique, 160p.

- Diguet C. & Lopez F. (2019). L'impact spatial et énergétique des data centers sur les territoires. Rapport ADEME, 141p.
- EEB. (2019). Coolproducts don't cost the earth full report, 21p.
- Février E., Garnaud B., Hallegatte S. (2009). Villes et adaptation au changement climatique, Rapport au premier ministre et au parlement, observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, documentation française, 158p.
- France Stratégie. (2020). La consommation de métaux du numérique: un secteur loin d'être dématérialisé, 48p.
- Houllier M. (2020). [Livre blanc R-evolution] Le low tech face aux enjeux environnementaux, côté règlementation. Construction21.
- Illich, I. (1973). La convivialité. Seuil.
- IPR. (2022). La vie low-tech en 2040. Un récit prospectif à écouter en podcast.
- La Fabrique Ecologique. (2019). Vers des technologies sobres et résilientes - Pourquoi et comment développer l'innovation «low-tech»? 50p.
- Lapique C. (2019). Comment le «boom des minerais» augmente la violence en Afrique. Le journal CNRS.
- Le Labo de l'ESS. (2022). Pour des métropoles low-tech et solidaires. Une ville plus simple, plus sobre, plus humaine,
- Lopez C., Le Bot N., Soulard O., Detavernier P., Heil Selimanovski A., Tedeschi F., Bihouix Ph., Papay A. (2021). La Ville Low-Tech, ADEME - Institut Paris Region - AREP,
- Mann N. (2023). Que sont le gallium et le germanium, ces métaux critiques pour l'électronique dont la Chine limite l'exportation. L'usine Nouvelle.
- Martin A., Colin C. (2021). Ergonomie et low-tech: représentations et attitudes vis-à-vis du lowtech, intention d'utilisation et problèmes perçus pour 10 low-techs. [Rapport de recherche] Low-tech Lab, 54p.

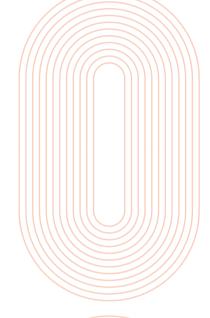
- Nora Youcefi N., de Saint Chaffray L., Hébrard T.» (2021). Vers une culture low-tech? La fabrique des imaginaires low-tech par les institutions culturelle, 116p.
- Pitron G. (2019). La guerre des métaux rares La face cachée de la transition énergétique et numérique. Les liens qui libèrent.
- Pitron G. (2021). L'enfer numérique, voyage au bout d'un like. Les liens qui libèrent.
- Platform for accelerating the circular economy. (2019). A New Circular Vision for Electronics. Time for a Global Reboot, 24p.
- The Index Project. (2023). LIQUID3. An urban photo-bioreactor.
- Toledano P. & Roorda C. (2014). Levereging mining investments in water infrastructure for broad economic development: models, opportunities and challenges, Columbia Center on Sustainable Investment, 30p.



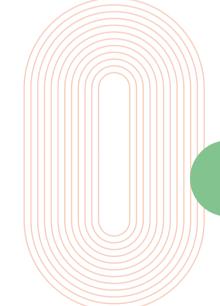




Bouygues Construction | Linkcity









Bouygues Construction & Linkcity

1, avenue Eugène Freyssinet - Guyancourt 78061 - Saint-Quentin-en-Yvelines Cedex - France Tél: +33 (0)1 30 60 33 00

www.bouygues-construction.com www.blog.bouygues-construction.com @Bouygues_C

www.linkcity.com @LinkCity

